철도종합안전기술개발사업 제3차년도 중간보고서

R&D/04철도안전 A-01

철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄

2007. 8

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
위탁연구기관 / 경희대학교
아주대학교

KICTEP
RPOOO47
2008 03 11
005755

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

건설교통부장관 귀하

본 보고서를 "철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄"의 최종 보고서로 제출합니다.

2007. 8. 7.

주관연구기관 : 한국철도기술연구원

원 장 : 채 남 희

■ 총 괄 연 구 책 임 자	/ 수석연구원	조 연 옥	총괄연구책임자/SE
■ 주관연구기관 참여연구원			
	/ 책임연구원	유 원 희	안전평가시설구축
	/ 책임연구원	최 경 진	안전평가시설구축
	/ 책임연구원	김 정 일	안전평가시설구축
	/ 책임연구원	왕 종 배	제도화 지원
	/ 선임연구원	김 상 암	시스템엔지니어링
	/ 선임연구원	홍 선 호	안전정보지원
	/ 선임연구원	곽 상 록	시스템엔지니어링
	/ 선임연구원	박 찬 우	시스템엔지니어링
	/ 선임연구원	박 주 남	시스템엔지니어링
	/ 선임연구원	윤 혁 진	시스템엔지니어링
	/ 선임연구원	한 순 우	시스템엔지니어링
	/ 선임연구원	권 태 수	안전평가시설구축
	/ 선임연구원	이 덕 희	안전평가시설구축
	/ 연 구 원	이 준 석	시스템엔지니어링
	/ 연 구 원	강 미 현	시스템엔지니어링
	/ 연 구 원	강 연 승	시스템엔지니어링
	/ 연 구 원	김 윤 미	시스템엔지니어링
	/ 연 구 원	김 미 현	시스템엔지니어링

요 약 문

Ⅰ. 제 목 : 철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄(3차년도)

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

가. 기술적 측면

철도산업에서 기반시설과 운영의 상하분리와 민영화를 추진해온 선진 철도운영국에서는 철도안전법을 근간으로 하여 일관된 국가안전체계를 구축하고 안전관리를 제도적으로 시행하고 있으며, 강력한 안전규제를 집행하는 것이 세계적인 추세이다. 우리나라도 04년 철도운영공사와 시설공단이 발족됨으로써 철도산업의 구조개편이 완성되었으며, 새로운 구조에서 철도의 안전을 확보하기 위해 정부가 제정한 철도안전법 05년 10월을 기해 발효되었다. 철도안전법은 시설관리자와 철도의 운영자간 안전 인터페이스를 확보하고, 정부규제 중심의 국가적인 안전관리체계를 시행할 수 있는 법적 근거를 제공하게 된다.

일반적으로 철도시스템은 안전성·쾌적성·정시성을 최대한 만족시키는 공공교통 수단으로서 철도운영 선진국은 인간요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 다양한 기술요소가 복합된 시스템 기술능력을 바탕으로 그동안의 다양한 시행착오를 거쳐 확립된 안전확보 기술과 안전관리 경험에 의해 철도시스템의 운행안전을 확보하고 있다.

선진국의 경우 철도안전을 향상하기 위한 기술개발은 국가주도하에 전략적·집중적으로 투자하고 있다. 미국은 1980년 이후 지속적인 안전연구를 실시하여 1981년 대비 사고빈도를 65% 저감시킨 바 있다. 영국의 경우 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)를 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행중이며, 안전체계가 선진화되어있음에도 불구하고 안전연구 Rolling Plan을 위하여 최근 5

년 동안 7개 연구분야, 24개 연구주제에 7500만 파운드(1500억원)를 연구에 투자하고 있는 실정이다. 프랑스, 독일, 일본 등에서도 국가 연구기관 주도로 철도안전 기술개발 및 관리시스템을 구축 운용 중에 있다. 따라서 우리나라도 더 이상 철도안전기술개발을 현 수준으로 방치할 수 없으며, 선진국 수준의 철도종합안전관리시스템을 확립할 수 있는 기술개발이 필요하다고 할 수 있다.

철도의 안전확보 및 관리는 인간요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 시스템 전반에 대한 위험분석 및 안전성 평가를 기본으로 하고 있으며, 대상 위험도를 사전에 제거하거나 적정수준으로 관리할 수 있는 시스템 차원의 안전성 평가 및 안전확보 기술이 필요하다.

현재 우리나라의 경우 사고발생 원인의 추적이나 안전성 평가에 대한 기술적 기반이 미흡한 상태로서 이미 발효된 철도안전법의 효율적인 시행기반을 마련하기 위해서는 안전규제시스템의 정의 및 절차 개발, 안전규정체계의 정비, 세부안전기준의 제정, 안전성 평가기술 개발, 시험평가기반의 구축, 중대사고 방지기술의 개발 및 안전정보관리체계의 구축 등이 이루어져야 할 뿐만 아니라, 개발된 기술들이 연계되어 종합적인 안전체계 내로 편입되어야 할 필요가 있다. 이를 위해서는 Top-down 방식의 시스템 엔지니어링 기법에 의한 철도시스템 안전요건 관리 및 사업관리가 필요하며, 본 과제의 필요성에 기인한다고 할 수 있다.

대규모의 복잡한 시스템에서 안전관리체계 개발의 필수적 요소는 운영에 관련된 모든 시설, 장비, 운영실무, 인간요소들이 시스템의 임무를 수행함에 있어서 오류가 사전에 예방되거나 피하지 못할 오류가 발생하더라도 피해 없이 즉각 관리 가능한 체제를 확립하는 일이다. 이를 위해 철도시스템의 구성요소와 도출된 안전요건들이 서로 추적성을 유지하면서 형상관리 되는 것이 매우 중요하다. 이로 인하여 안전관리체계 내의 관련주체들의 역할과 기능을 설계하고 분담하여 실행할 때 철도시스템의 안전도 향상효과는 배가될 수 있을 것이다.

시스템공학 도구들은 특히 시스템 요건, 기능, 거동 및 물리적 아키텍쳐를 비롯하여 안전규정/규격 요건과의 연관성을 정의하고 추적/관리하여 주기 때문에 문제의

정의와 해결책들을 체계적, 효율적으로 관리 할 수 있도록 도와준다. 따라서 시스템공학적 기법을 사용하여 안전관리체계를 구축하고 본 사업을 관리하게 되면 복잡한 Multi-disciplinary 철도시스템의 성능 및 안전 기준을 확립하고 위험관리체계를 정착시키며, 과제간 성과의 관리 및 사업의 성과물 자체인 철도안전관리체계 내 모든 요소들의 통합적 관리와 이해당사자 간의 참여와 의사소통을 지원하여, 시스템의 안전운행을 보장하기 위한 시스템안전계획 수립을 보다 성숙한 수준으로 발전시킬 수 있을 것으로 사료된다.

나. 경제 산업적 측면

철도시스템의 안전관리규정체계 및 주기적인 안전프로그램의 개발과 실행은 철도운행에 따른 사전 위험요인 도출에 의한 안전위험 제거 및 경감, 철도시스템의 신뢰성 저하로 유발될 수 있는 대형사고의 예방, 나아가 주기적인 안전점검과 성능확인에 의한 철도사고 발생 시 공공교통수단으로서 부담해야 하는 직·간접적인 사회적 손실 및 기회비용을 근본적으로 줄일 수 있고 국가수송체계의 경쟁력을 보장하는 대단히 중요한 기술개발 분야이다.

국내의 경우 최근 십여 년의 주기로 대형철도사고가 발생할 때마다 인명·재산피해·복구비용이 막대하였으며, 영업 손실, 대내외적 국가 이미지 추락 등 간접 피해도 심각한 수준이었던 것으로 아래와 같이 조사되었다.

가) 1981년 경산 열차 충돌 사고로 54명 사망, 243명 부상
나) 1993년 구포 열차 전복사고로 78명 사망, 163명 부상
다) 2003년 대구지하철화재참사 191명 사망, 146명 부상, 직접피해 595억원, 간접피해추정 7,053억원

현재 수립중인 철도 종합안전대책과 철도안전법 시행을 효율적·기술적으로 뒷받침하여 선진국 수준으로 철도사망사고율을 저감하여야 하나 그 동안 투자가 미흡했던 것이 사실이다. 현재, 일본에 비해 인·km당 사망자 수는 9배 수준이며, 100만 km당 중대열차사고(사상자 10명 이상 또는 차량탈선 10량 이상)율도 거의 2배(1999년 기준, 한국 0.06건 대비 일본 0.038건)

수준임. 선진국 수준 도달 시, 연간 266여명인 철도사고 사망자를 50명 이하로 감소 가능.

철도시스템 안전기준 및 성능시험기준의 규격화와 제도·규정화에 의한 일관성 있는 적용은 철도 운영기관 및 유지보수 기관의 자체 설계검증과 안전심사 준비 및 효율적인 철도 안전시설물 운영관리 측면에서의 부담을 크게 줄여줄 수 있다. 또한 표준화된 안전검증 체계에 의한 기존시스템과 신규시스템간의 호환성 유도에 의한 중복투자 방지 및 연계성 유지의 기술적 타당성을 확보할 수 있다.

따라서 국내여건에 부합되지 않는 외국기술의 불합리한 도입을 사전에 차단하고 낭비요소를 제거하는 경제적 효과의 기대와 안전검증 및 성능시험 체계의 효율적 구축과 제도적인 시행을 통해 철도 관련 용품, 시설, 장비 및 시스템의 품질향상과 전문기술력 확보에 의한 원가절감 및 대외 경쟁력 향상에 기여 할 것이며, 궁극적으로 열차 운행안전의 확보에 의한 국가교통 수송경쟁력의 향상에 기여할 수 있을 것이다.

다. 사회 문화적 측면

철도교통에 대한 기술적·사회적·문화적 안전위협요소가 날로 증가하는 추세에 있으며, 고속철도의 개통, 철도구조개혁 등으로 안전 위협요소는 증대하는 반면, 안전 불감증은 여전하여 IMF 사태 이후 빈부격차증대, 인명경시풍조 등으로 사고 위험요소는 감소하지 않고 있다. 철도시스템 안전확보의 근간인 안전규정체계의 구축과 제도적인 시행은 민간기업에 일임하거나 외국에서의 기술도입이 불가능한 분야로서, 국민의 생명권 보장과 국가 신뢰성 확보와 직결되는 국가적인 책무로서, 선진 철도운영국에서는 철도안전법을 근거로 하여 일관된 국가안전관리 체계를 수립하여 이를 제도적으로 시행하고 있으며, 이에 필요한 안전인증 및 성능평가 연구시설을 국가가 건설 또는 재정 지원을 하고 있는 국가기반 전략기술 분야이다.

결국 안전기준 및 성능시험기준 기술개발을 기반으로 하는 철도시스템의 안전성, 쾌적성, 정시성 및 친환경성의 확보는 다른 경쟁 교통수단과 대비하여 대중시민들에게 보편적으로 인식되는 철도의 특유의 장점이자 강력한 경쟁우위 확보 요소이다. 또한 철도를 운영 또는 관리하는 주체에 의한 안전확보 노력과 더불어 우리나라도 철도 운행선진국이라는 자신감을 바탕으로 범국민적인 철도안전

문화를 이끌어 갈 수 있는 핵심 기반인 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
3차년도 (2006년)	○ SE 기반의 3차년도 사업 총괄조정활동	-3차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 -3차년도 시스템엔지니어링 관리계획서 (SEMP) 통합 및 조정 -3차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영 -과제별 산출물의 정의 (3차년도) -과제간 인터페이스 정의 및 관리 (3차년도)
	○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축	-철도안전관리체계 구축 분야별 기능 요구사항 검토 -철도중대사고 평가기술 개발 분야별 기능 요구사항 검토 -철도안전성 분석시스템 기능 요구사항 검토 -안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침 작성 (1) -위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차 작성 (1)
	○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원	-안전체계/기준/기술개발 연구성과의 연차별 제도화 대상 선정 -제도화 대상 3차년도 연구성과물의 검증/논증 요구사항 작성 -제도화 대상 3차년도 연구성과물의 논증
	○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(1)	-철도안전 시험평가시설 구축계획의 작성 -철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 분석 -철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 검증 및 논증 -안전평가시험설비 지원 연구(설계검토)(1)
	○ 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축 연구 (1)	-철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검토 -철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검증 및 논증

Ⅳ. 연구개발결과

1. 철도안전체계 및 기준 제도화 지원

1. 안전체계/기준/기술개발성과 제도화 대상 연구 성과물 도출
2. 제도화 대상 연구 성과물의 제도화 절차서 작성
3. 안전성평가 및 분석 프로그램 기본요구사항 검토

2. SE 총괄조정활동

1. SE 요구사항 변경 관리체계 및 통합 WBS 체계 구축 운영
2. 사업총괄 SE 활동 정의 및 SE 절차 준용
3. 과제별 3차년도 산출물 정의 및 검증 체계 구축
4. 철도종합안전기술개발사업 성과 발표회 및 공정회의

3. 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축

1. 철도안전관리체계 구축 기본요구사항 검토/도출
2. 철도중대사고 평가기술개발 기본요구사항 검토/도출
3. 안전관리 조직(국가, 운영기관)의 개념도 작성
4. 안전대책 절차의 개념도 작성
5. 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검토 및 검증

4.. 안전평가시험시설 통합

1. 시험시설 설비별 기본사양서 작성 및 검토
2. 시험시설 구축 절차서 작성
3. 시험시설 총괄조정 지원연구 (사양검토)

V. 연구개발결과의 활용계획

- 단기적으로는(사업착수 후 2년간) 철도안전법 시행에 필요한 시스템 수준의 철도안전체계 구축 및 철도안전기준 작성에 필요한 시스템안전요건 등 연구성과를 도출하여 철도안전법 시행기반을 지원하고, 안전도 시험평가 설비 구축, 화재/충돌/탈선 등 중대사고로 우선순위가 높은 안전기술 개발을 수행
  - 중대사고를 중심으로 안전기준, 운행안전기술 등의 연구결과는 매년 제도화하거나 안전대책에 반영·시행
  - 대구지하철 사고로 제기된 철도 및 지하철안전기획단의 단기대책을 기술적으로 지원

- 중기적으로는(사업착수 후 3년~4년) 하부시스템 수준의 세부적인 철도안전기준 및 철도안전평가 기술을 개발함으로써, 이 결과를 활용하여 안전인증전문기관이 안전심사 및 안전평가를 효율적으로 수행 가능하도록 지원하며,
  - 차량 및 시설관련 안전기준 들을 제도화하고, 운영기관의 안전관리체계를 분석하여 새로운 안전관리 기법을 개발 적용
  - 중대사고 중심으로 안전도 시험평가 기준 및 절차, 시험 방법 등을 개발하여 시범적으로 현장에 적용

- 장기적으로는(사업착수 후 5년~6년) 정부, 안전인증전문기관 및 운영기관들이 철도안전관리를 효율적으로 수행하도록, 철도안전평가시험시설을 구축하고 중대사고방지기술을 확립하며, 또한 세부적인 철도안전기준의 현장 적용에 대한 검토 및 개정, 종합적인 안전정보시스템의 가동 등 종합적인 철도안전관리체계 확립 및 운영을 위한 연구지원을 수행함으로써 사업목표를 달성하고자 함.

- 사업이 완료된 후에는 영국, 미국 등과 같이 5년마다 기술발전 수준을 반영한 Rolling Plan형 상시 기술개발 프로그램으로 선진국 수준의 항구적인 철도안전 확보.

S U M M A R Y

Ⅰ. Project Title : Railway Safety Systems Engineering & General Project Management(Third year)

Ⅱ. Goals & Necessities of the R&D

A. Technological Aspect

Railroad Operation Administration which has been driving hierarchical separation and privatization of Infrastructure and Operation in railroad industry is establishing National Safety Structure, implementing safety management institutionally on the basis of Railroad Safety Act and enforcing strong safety regulations by the global trend. We, Korea, completed restructuring of railroad industry by launching railroad operation and facility public corporations in 2004 and made railroad safety act into effect in a new industrial structure for securing railroad safety from October, 2005. Railroad Safety Act ensures the safety interface between facilities management and railroad operations and provides legal grounds for executing national government regulations-oriented safety management structure.

Generally, through the railroad system which is a way of public transportation by satisfying safety, pleasantness and accuracy to the full extent, developed countries of railroad operation are ensuring operational safety by safety securing technology which is established by various trials and errors based on system technical abilities comprised of many kind of technical elements such as human factors, trains, track facilities, operation & control and maintenance and (by) safety management experiences.

Developed countries have invested on technological development for enhancing railroad safety strategically and intensively under the initiative of government. For example, U.S.A. has reduced accident probabilities by 65% compared to

those in 1981 by performing continual safety research since 1980. In U.K., they have been implementing systematical research & development program by Rail Safety & Standard Board. U.K. has been thought to develop system safety plan into matured level for ensuring safe operation of system by investing 7,500 million pounds on 7 research fields and 24 research subjects for safety research Rolling Plans although safety system has advanced to developed level. Also France, Germany, Japan, etc. are constructing and operating the railway safety technology development and management system taken the lead by National research institutes. Therefore Korea cannot leave the railway safety technology development any more under the current state, and needs the technology development to establish a railway overall safety management system like developed countries.

Safety assurance and management for railway are based on the risk analysis and safety evaluation for the whole system, such as human factor, train, line facility, operation control, maintenance, etc, and they require system's safety evaluation and safety assurance technology to eliminate beforehand and control objects' risk at an appropriate level.

Since Korea does currently have a weak technological basis for safety evaluation and traceability of the accident causes, there are demands for a definition and procedure development of safety regulation system, organization of safety case system, establishment of detailed safety standard, evaluation technology development for safety, construction of test assessment basis, technology development for a prevention of critical accidents and construction of safety information management system, etc, then the developed technologies need to be incorporated into the overall safety system, in order to prepare an efficient enforcement basis of the railway safety law already taken effect. For this, it requires a management for safety requirements and projects of railway system made by system engineering techniques in the way of Top-down, and it results from this project's necessity.

In a large scale of complicated systems, requisite elements for safety

management system development is to establish a immediate and possible management system without damage, even if errors are prevented beforehand and unavoidable errors happen while all facilities, equipments, operation practices and human factors are performing system's tasks. For this, it is highly important that when components and derived safety requirements of railway system maintains traceability each other, the configuration management is made. Due to this, when the role and function of relevant elements within safety management system is designed, allocated, and executed, the risk improvement effect of railway system can be augmented.

Especially, as system engineering tools define and trace/manage implications of safety case/specification requirements as well as system requirements, functions, behaviors and physical architectures, they help definitions and resolutions of the problems to be managed systematically and efficiently. Therefore, constructing safety management system by using systems engineering techniques, establishing multi-disciplinary railroad system performance and safety criteria when managing this project, settling safety management system down, supporting integrated management of all elements in railroad safety management system which is itself accomplishment between projects and its management, participation and communication between parties of interest.

B. Economic and industrial Aspect

Safety Management Regulation System of Railway System, and development and exercise of periodic Safety Program is a field of great significance technical development that remove and mitigation safety risk by draw from prior risk factors according to railway operation, prevent the large accident result in(set off) the falling reliability of Railway System, furthermore fundamentally can reduce direct and indirect social damages and chance cost which should cover by public transportation when periodic safety inspection and railway accident occurred by confirm performance, and ensure competitive of National

Transportation System.

In the country, there are examine such as the following that human and property damages, and restoration cost was extensive, indirect damages(e.g. business damages and a fall of National images etc.) was a serious level whenever it occurred large railway accident by cycle of recent about ten years.

1) on 1981, 54 death and 243 injure result of train crash accident in Kyongsan.
2) on 1993, 78 death and 163 injure result of train overthrow accident in Koopo.
3) on 2003, 191 death and 146 injure and direct damages 59.5 billions won, presumed indirect damages 705.3 billions won result of subway fire tragic a accident in Daekoo.

It should decrease the rate of Railway death and accidents by conduct of establishing Railway Integrated Safety Measure and Railway Safety Act in now support by effectively and technically and but, it is the true that investment the while was not enough. Now, the number of death per km was nine times level and also the rate of significance train accident(fatalities more than 10 or vehicle derailment more than 10 cars) per 1 million km was almost twice level(based on 1999, Korea 0.06 cases vs Japan 0.03 cases) in comparison with Japan. When reach at level of an advanced nation, it is possible that reduce from about 266 per years to below 50 death of railway accident.

In fact, investment has been insufficient to meet the requirement. The consistent adaption of Railway System Safety Standard and Performance Test Standard through specificating and institutionalizing can make it easy for Railway operation bureau and maintenance bureau to manage effectively the operation of railway safety equipment. Furthermore, with leading the compatibility between the existent system and new system by standardized safety verification system, it can be possible to prevent double - investment and to secure the mechanical validity of keeping the connection.

If these are realized, We can expect various benefits like that: intercepting

irrational introduction of foreign mechanism inconsistent with domestic condition, eliminating wasteful expenditure, getting improvement of items, facilities, equipments and systems related with Railway by building effectively safety verification system and performance examination system and taking institutionalized action, at last, effecting the development of competitive power of national transportation

C. Social & culture Aspect

These days, it seems that the mechanical, social, cultural threats to Railway Transportation has largely increased. In contrast, however, the hazard of accidents like difference between the rich and the poverty - stricken or lack of humanity hasn't been decreased. So, Building Safety Regulations and doing it should be the burden of private enterprise, or solved by introduction of foreign mechanism. Foreign Railway Authority makes consistent national safety management system and does it in law, makes it nation - based strategical mechanism.

At last, the safety, convenience, eco - friendly aspect based on mechanism development of safety standard and performance standard is Railway's strong, good point which is estimated popularly than any other transportation system. Korea also tries to secure the safety by the operational or managing entity and make it the most important infrastructure for National Railway Safety Culture

Ⅲ. Contents and Scope of the R&D

Section	Objectives of the R&D	Contents and Scope of the R&D
	○ Overall Coordination Activities of 3rd year Project based on System Engineering	- Operation of Management Systems of Modifications of Project Requirements in 3rd year - Integration and Coordination of 3rd year Systems Engineering Management Plan(SEMP)

Third year (2006)		- Construction and Operation of Integrated Project WBS in 3rd year - Definition of Output from Projects (3rd year) - Definition and Management of Interface between Projects
	○ Contruction of Railroad Safety Management Systems based on Risks	- Review of Functional Requirements according to Fields built by Railroad Safety Management Systems - Review of Functional Requirements according to Fields by Railroad Major Accidents Assessment Technology Development - Review of Functional Requirements of Railroad Safety Analysis Systems - Specifications of definition of duties, roles and functions in Management Organizations (Government, Operators) (1) - Procedures of Establishment, implementation, Review & Assessment of Safety Measures (1)
	○ Support of Institutionalization of Safety Criteria based on Railroad Safety Acts	- Selection of Yearly Institutionalization Objects from Safety Structures/ Standard/ Technology development - Verification and Validation Requirements Preparation of 3rd year Project Outputs - Verification of 3rd year Project Outputs
	○ Overall Coordination Activities of Railroad Safety Testing Facilities(1)	- Preparation of Construction Plan of Testing & Assessment Facilities for Railroad Safety - Analysis of Construction Requirements of Testing & Assessment Facilities for

		Railroad Safety - Verification and Validation of Construction Requirements of Testing & Assessment Facilities for Railroad Safety - Research of Supporting Safety Assessment & Testing Equipments (Design Review) (1)
	○ Research of Construction Education & Training Systems toward Railroad Safety Employees(1)	- Review of Basic Requirements for Construction of Education & Training Systems toward Railroad Safety Employees - Verification and Validation of Basic Requirements for Construction of Education & Training Systems toward Railroad Safety Employees

Ⅳ. R&D Results

1. Supporting of Railroad Safety Systems & Standards Institutionalization

1. Derivation of Outputs in Safety Systems/Standards/Technology Development and Institutionalization of Research Results

2 Preparations of Documents for Research Output Institutionalization Procedure

3 Review of Basic Requirements for Safety Assessment & Analysis Programs

2. Overall Coordination Activities of SE

1 Construction and Operation of Change Management Systems for SE Requirement and Integrated WBS Structures

2 Definition of Overall Project Activities of SE and Application of SE Procedure

3 Construction of Definition of 3rd year Outputs from Projects and Verification

Structures

4 Results Forum & Progress Meeting of Railroad Total Safety Technology Development Project

3. Construction of Railroad Safety Systems based on Risks

1 Review/Derivations of Basic Requirements for Construction of Railroad Safety Management Systems

2 Review/Derivations of Basic Requirements for Assessment Technology of Railroad Major Accidents

3 Preparations of Concept of Safety Management Organizations(Government, Operators)

4 Preparations of Concept of Safety Measures Procedures

5 Review and Verification of Basic Requirements for Construction of Education & Training Systems toward Railroad Safety Employees

4. Integration of Safety Assessment & Testing Facilities

1 Preparation and Review of Basic Specifications according to Testing Facilities and Equipments

2 Preparation of Procedures for Constructing Testing Facilities

3 Research of Supporting Overall Coordination of Testing Facilities (Specification Review)

목 차

제 1 장 서 론 1

제 1 절 연구개발의 목표 1
1. 최종 연구개발 목표 1
2. 연구개발 목표 및 내용 1

제 2 절 연구개발의 필요성 8
1. 연구개발의 과학기술, 사회 경제적 중요성 8

제 2 장 국내외 기술개발 현황 12

제 1 절 국내 기술개발 현황 12
1. 철도시스템 안전관련 법령체계 분석 12
2. 원자력 안전 분야 15
3. 가스 안전 분야 21
4. 항공우주분야 품질인증 및 형식증명 검사 24

제 2 절 국외 기술개발 현황 25
1. 영국의 국가철도관리체계 25
2. 미국의 철도안전규정체계 개발사례 27
3. 캐나다의 철도안전관리시스템(Safety Management System) 33
4. 호주의 철도 안전관리 매뉴얼 34
5. 국내·외 기술수준의 비교 39

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 41

제 1 절 요구사항(SR) 문서 ····· 41
1. 기능 아키텍처 ····· 43
2. 물리 아키텍처 ····· 43
3. 설계분석보고서 ····· 44
가. 요구사항과의 적합성 ····· 44
나. 설계기준 ····· 44
다. 성과물의 내용 및 결과 ····· 44

제 2 절 SEMP ····· 91
1. 기능 아키텍처 ····· 93
2. 물리 아키텍처 ····· 106
3. 설계분석보고서 ····· 127
가. 설계 요구사항과의 적합성 ····· 127
나. 설계기준 ····· 131
다. 성과물의 내용 및 결과 ····· 135

제 3 절 WBS ····· 164
1. 기능 아키텍처 ····· 166
2. 물리 아키텍처 ····· 166
3. 설계분석보고서 ····· 166
가. 요구사항과의 적합성 ····· 166
나. 설계기준 ····· 167
다. 검증 방법에 따른 증거 자료 ····· 167
라. 성과물의 내용 및 결과 ····· 167

제 4 절 성과물 검증 체계 문서 ····· 168
1. 기능 아키텍처 ····· 170
2. 물리 아키텍처 ····· 170
3. 설계분석보고서 ····· 171
가. 요구사항과의 적합성 ····· 171
나. 설계기준 ····· 171
다. 성과물의 내용 및 결과 ····· 171

제 5 절 과제간 인터페이스 문서 ····· 284
1. 기능 아키텍처 ····· 286
2. 물리 아키텍처 ····· 286
3. 설계분석보고서 ····· 286
가. 요구사항과의 적합성 ····· 286
나. 설계기준 ····· 287
다. 성과물의 내용 및 결과 ····· 287

제 6 절 기능요구사항 검토서 ····· 293
1. 설계분석보고서 ····· 295
가. 요구사항과의 적합성 ····· 295
나. 성과물의 내용 및 결과 ····· 295

제 7 절 기능 및 안전요구사항 검토서 ····· 332
1. 설계분석보고서 ····· 334
가. 요구사항과의 적합성 ····· 334
나. 성과물의 내용 및 결과 ····· 334

제 8 절 제도화 대상 연구성과물 목록 ····· 337

1. 기능 아키텍처 ····· 339
2. 물리 아키텍처 ····· 339
3. 설계분석보고서 ····· 340
가. 요구사항과의 적합성 ····· 340
나. 설계기준 ····· 340
다. 검증 방법에 따른 증거 자료 ····· 341
라. 성과물의 내용 및 결과 ····· 348

제 9 절 제도화 절차서 ····· 352
1. 기능 아키텍처 ····· 354
2. 물리 아키텍처 ····· 354
3. 설계분석보고서 ····· 355
가. 요구사항과의 적합성 ····· 355
나. 설계기준 ····· 355
다. 검증 방법에 따른 증거 자료 ····· 355
라. 성과물의 내용 및 결과 ····· 355

제 10 절 안전관리조직의 개념도 ····· 361
1. 기능 아키텍처 ····· 363
2. 물리 아키텍처 ····· 364
3. 설계분석보고서 ····· 364
가. 요구사항과의 적합성 ····· 364
나. 설계기준 ····· 365
다. 검증 방법에 따른 증거 자료 ····· 366
라. 성과물의 내용 및 결과 ····· 421

제 11 절 안전대책 절차의 개념도 ····· 432

1. 기능 아키텍처 ····· 434
2. 물리 아키텍처 ····· 434
3. 설계분석보고서 ····· 435
가. 요구사항과의 적합성 ····· 435
나. 설계기준 ····· 435
다. 검증방법에 따른 증거 자료 ····· 437
라. 성과물의 내용 및 결과 ····· 475

제 12 절 철도 안전 시험 평가시설 구축 절차서 ····· 498
1. 기능 아키텍처 ····· 500
2. 물리 아키텍처 ····· 500
3. 설계분석보고서 ····· 501
가. 요구사항과의 적합성 ····· 501
나. 성과물의 내용 및 결과 ····· 501

제 13 절 철도 안전 시험평가 시설별 기본사양서 ····· 510
1. 기능 아키텍처 ····· 512
2. 물리 아키텍처 ····· 512
3. 설계분석보고서 ····· 513
가. 요구사항과의 적합성 ····· 513
나. 성과물의 내용 및 결과 ····· 513

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 528

제 1 절 목표 달성도 ····· 528
1. 계획대비 진도 ····· 528

제 2 절 관련분야 기술발전에의 기여도 ····· 529
1. 기술적 기여도 ····· 529
2. 정책적 기여도 ····· 528
3. 산업적 기여도 ····· 530

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 535
제 1 절 향후 전망 ····· 535
제 2 절 활용방안 ····· 537

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 551
제 1 절 철도 사고조사 교육 ····· 551

제 7 장 참고문헌 ····· 567

부록 1. WBS
부록 2. 국가 안전관리 체계
부록 3. 철도안전성능평가 시험설비 기본사양서

표 차례

<표 1-1-1> 연도별 연구개발 목표 및 내용 ····· 1
<표 1-1-2> 3차년도 연구개발 목표 ····· 7
<표 2-1-1> 차세대 원자로 일반안전요건 체계 ····· 18
<표 2-1-2> 가스분야 SMS 종합 안전관리규정 및 안전성향상 계획서 ····· 22
<표 2-1-3> FOX(Florida Overland eXpress) 고속철도 안전기준 프로그램 ····· 31
<표 2-1-4> 캐나다 철도의 안전 성취 목표 사례 ····· 33
<표 2-1-5> 분야별 국내·외 기술수준 비교표 ····· 39
<표 2-1-6> 안전관리시스템의 구성요소의 기술수준 비교 및 사업목표수준 검토 ····· 40
<표 3-1-1> 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄 과제 요구사항 문서 ····· 44
<표 3-1-2> 철도차량 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 47
<표 3-1-3> 철도시설 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 50
<표 3-1-4> 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 52
<표 3-1-5> 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 55
<표 3-1-6> 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 56
<표 3-1-7> 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발 과제 요구사항 문서 ····· 60
<표 3-1-8> 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 67
<표 3-1-9> 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서 ····· 67
<표 3-1-10> 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발 과제 요구사항 문서 ····· 70
<표 3-1-11> 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발 과제 요구사항 문서 73
<표 3-1-12> 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발 과제 요구사항 ····· 76
<표 3-1-13> 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제 요구사항 ····· 79
<표 3-1-14> 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 과제 요구사항 ····· 81
<표 3-1-15> 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제 요구사항 ····· 83
<표 3-1-16> 위험원 코드 ····· 87
<표 3-2-1> System/Segment Specification (SSS) Outline (MIL-STD-490) ····· 94
<표 3-2-2> 개념 스키마의 클래스 사이 Relation (CORE® 2.1 기반) ····· 116
<표 3-2-3> 개념 스키마의 클래스 속성 (CORE® 2.1 기반) ····· 117
<표 3-2-4> 개념 스키마의 클래스 간 Relation (CORE® 5.x 기반) ····· 119
<표 3-2-5> 개념 스키마의 클래스 속성 (CORE® 5.x 기반) ····· 119
<표 3-2-6> Cradle® 스키마와 Cradle® 기반 개념 스키마 연관표 ····· 121
<표 3-4-1> 검증 요구조건 추적 매트릭스 (VRTM) ····· 182
<표 3-4-2> 과제별 성과물 검증 위원 ····· 219
<표 3-4-3> 과제별 성과물 검증 결과표 ····· 221
<표 3-4-4> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (SE) ····· 223
<표 3-4-5> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RS) ····· 226

<표 3-4-6> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (IS) ····· 229
<표 3-4-7> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (SW) ····· 232
<표 3-4-8> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (ER) ····· 235
<표 3-4-9> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RA) ····· 238
<표 3-4-10> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (HR) ····· 240
<표 3-4-11> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (HT) ····· 243
<표 3-4-12> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RT) ····· 245
<표 3-4-13> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (SA) ····· 248
<표 3-4-14> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RC) ····· 251
<표 3-4-15> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (TC) ····· 254
<표 3-4-16> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RP) ····· 257
<표 3-4-17> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (LC) ····· 260
<표 3-4-18> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RF) ····· 263
<표 3-4-19> 철도안전 SE 및 사업총괄 VRTM 수정본 ····· 266
<표 3-4-20> 철도차량 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본 ····· 267
<표 3-4-21> 철도시설 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본 ····· 269
<표 3-4-22> 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본 ····· 270
<표 3-4-23> 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 VRTM 수정본 ····· 271
<표 3-4-24> 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 VRTM 수정본 ····· 272
<표 3-4-25> 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발
VRTM 수정본 ····· 273
<표 3-4-26> 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 VRTM 수정본 ····· 274
<표 3-4-27> 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본 ····· 275
<표 3-4-28> 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발 VRTM 수정본 ····· 276
<표 3-4-29> 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발 VRTM 수정본 ····· 278
<표 3-4-30> 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발 VRTM 수정본 ····· 279
<표 3-4-31> 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 VRTM 수정본 ····· 280
<표 3-4-32> 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발
VRTM 수정본 ····· 281
<표 3-4-33> 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 VRTM 수정본 ····· 282
<표 3-6-1> 충돌사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 ····· 295
<표 3-6-2> 탈선사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 ····· 301
<표 3-6-3> 건널목사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 ····· 305
<표 3-6-4> 열차화재사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 ····· 309
<표 3-6-5> 사상사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 ····· 310
<표 3-6-6> 심각도에 따른 피해 금액 비율 산정표 ····· 313
<표 3-6-7> 철도 사고발생 시나리오 전개 ····· 320
<표 3-6-8> 위험도 추정을 위한 설문 결과 ····· 323
<표 3-6-9> '01~'06년 철도사고 현황 통계 (일부 발췌) ····· 324
<표 3-6-10> 실제 사고 발생건수를 고려한 위험사건별 순위표 ····· 324

<표 3-6-11> 운영기관의 보상금액 비율을 고려한 위험 사건별 순위 ····· 327
<표 3-7-1> 보완 제출된 요구사항 기술서 ····· 336
<표 3-8-1> 철도차량 안전기준 및 체계 구축 과제 세부지침/ 기준명 ····· 341
<표 3-8-2> 철도시설 안전기준 및 체계구축 과제 세부지침/ 기준명 ····· 344
<표 3-8-3> 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계구축 과제 세부지침/ 기준명 ····· 344
<표 3-8-4> 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 과제 세부지침/ 기준명 ····· 345
<표 3-8-5> 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 과제 세부지침/ 기준명 ····· 346
<표 3-8-6> 위험물수송 안전기준 및 체계구축 과제 세부지침/ 기준명 ····· 346
<표 3-8-7> 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술개발 과제
세부지침/ 기준명 ····· 347
<표 3-8-8> 3차년도 제도화 대상 및 해당되는 근거 조항 ····· 348
<표 3-8-9> 해당 규칙에서 발췌한 근거 상위 조항 ····· 349
<표 3-9-1> 논증표의 작성 예 ····· 358
<표 3-9-2> 제도화 대상 성과물의 논증 요구사항 ····· 360
<표 3-10-1> 안전관리체계 작성의 설계기준 ····· 365
<표 3-10-2> 국내외 철도 안전관리체계 비교 ····· 367
<표 3-10-3> 항공분야 안전관리체계 ····· 385
<표 3-10-4> SMS 인증단계 ····· 394
<표 3-10-5> 국내·외 안전관리체계에 따른 조직비교표 ····· 417
<표 3-11-1> 안전대책 절차에 수립에 대한 설계 기준 ····· 435
<표 3-11-2> 관련지침서 ····· 436
<표 3-11-3> 비교 국가의 철도관련 규정 ····· 441
<표 3-11-4> 국내외 기관사 교육훈련 방법 / 평가 비교 ····· 453
<표 3-11-5> 교육훈련 시스템 비교 ····· 453
<표 3-11-6> 항공 산업의 안전관리규정과 특징 ····· 464
<표 3-11-7> SMS 인증단계 ····· 470
<표 3-11-8> 국내외 철도안전체계 비교 ····· 475
<표 3-11-9> 국내외 철도 안전관리 체계 비교 결과 ····· 477
<표 3-11-10> 국내 철도 안전관리와 타 산업 (항공분야)의 안전관리 비교 ····· 478
<표 3-11-11> 국내 철도 안전관리와 타산업의 안전관리 비교결과 ····· 480
<표 3-11-12> 소지면허별 교육시간 ····· 493
<표 3-11-13> 경력별 교육시간 ····· 494
<표 3-12-1> 구축 예정 시험설비 ····· 501
<표 3-12-2> 주요 기관별 역할 ····· 502
<표 3-12-3> 과제별 역할 ····· 503
<표 3-12-4> 설비 별 발주 예정 ····· 504
<표 3-12-5> 설비 구축 주요 일정 및 계획 ····· 506
<표 3-12-6> 주요 기관별 구성 및 역할 ····· 507
<표 3-13-1> 차량구조 압괴 안전성 평가 시험설비의 용도 ····· 514
<표 3-13-2> 차량구조 압괴 설비의 국내외 보유 유사장비 현황 ····· 515

<표 3-13-3> 차륜탈선 시험설비의 국내외 보유 유사장비 현황 ····· 518
<표 3-13-4> 중형 화재안전성능 시험설비 ····· 523
<표 3-13-5> 소형 화재안전성능 시험설비 ····· 523
<표 3-13-6> 철도안전성능평가 시험설비의 주요 검토항목 분석 ····· 525
<표 4-1-1> 계획대비 진도 ····· 528
<표 5-2-1> 사업내용별 달성목표 ····· 537
<표 5-2-2> 예상결과물 및 활용방안 ····· 539
<표 6-1-1> 철도 사고조사 교육 참가자 현황 ····· 551
<표 6-1-2> 철도 사고조사 교육 주요일정 ····· 552
<표 6-1-3> 철도 사고조사 교육 일정표 ····· 554

그림 차례

<그림 2-1-1> 국내 교통시스템의 안전관련 법령체계 ····· 12
<그림 2-1-2> 철도시스템의 안전관련 법령체계 ····· 13
<그림 2-1-3> 철도시스템 구성요소와 규제관련 구조 ····· 14
<그림 2-1-4> 차세대 원자로 일반안전요건의 개발 흐름도 ····· 17
<그림 2-1-5> 차세대원자로 안전원칙 체계 ····· 18
<그림 2-1-7> 안전요건 법제화 절차 ····· 19
<그림 2-1-8> 법 규정 유지보수 절차 ····· 20
<그림 2-1-9> SMS 운영방안 ····· 21
<그림 2-1-10> 시스템 안전프로그램 ····· 28
<그림 2-1-11> 캐나다 철도 안전관리계획의 주요내용 및 절차 ····· 34
<그림 3-1-1> 요구사항(SR)문서의 기능 아키텍처 ····· 43
<그림 3-1-2> 요구사항(SR)문서의 물리 아키텍처 ····· 43
<그림 3-2-1> 시험/평가 계획서 양식 ····· 96
<그림 3-2-2> 사업 및 프로젝트 정의 시나리오 (CORE® 2.1 기반) ····· 98
<그림 3-2-3> 하위 프로젝트 생성 시나리오 (CORE® 2.1 기반) ····· 99
<그림 3-2-4> 사업 및 프로젝트 정의 시나리오 (CORE® 5.x 기반) ····· 99
<그림 3-2-5> 하위 프로젝트 생성 시나리오 (CORE® 5.x 기반) ····· 100
<그림 3-2-6> 사업 및 프로젝트 정의 시나리오 (Cradle® 기반) ····· 101
<그림 3-2-7> 프로젝트 착수 및 기획 프로세스 ····· 103
<그림 3-2-8> EIA-632 설계프로세스 ····· 104
<그림 3-2-9> 정의된 SEMP 목차 ····· 105
<그림 3-2-10> SSS출력을 위한 기본 스키마 ····· 106
<그림 3-2-11> SSS 스키마와 시스템 레벨과의 관계 ····· 107
<그림 3-2-12> 시스템과 문서 사이의 관계 ····· 107
<그림 3-2-13> SSS에서 포함하는 문서 사이의 관계 ····· 107
<그림 3-2-14> SSS 문서에서의 시스템과 하부 시스템과의 관계 ····· 108
<그림 3-2-15> SSS 문서에서의 시스템, Function, 하부 시스템과의 관계 ····· 108
<그림 3-2-16> SSS 문서에서의 시스템 간의 Interface 관계 ····· 109
<그림 3-2-17> SSS 문서에서의 Constraint와 Category와의 관계 ····· 109
<그림 3-2-18> 최종 출력된 SSS 문서 ····· 110
<그림 3-2-19> 시험/평가 계획서 출력을 위한 기본 스키마 ····· 110
<그림 3-2-20> 최종 시험/평가 계획서 문서 산출물 ····· 112
<그림 3-2-21> CORE® 2.1의 프로젝트 관리 스키마 ····· 113
<그림 3-2-22> CORE® 5.x의 프로젝트 관리 스키마 ····· 114
<그림 3-2-23> CORE® 2.1 기반의 개념 스키마 ····· 115
<그림 3-2-24> CORE® 5.x 기반의 개념 스키마 ····· 118
<그림 3-2-25> Cradle® 기반 개념 스키마 ····· 120

<그림 3-2-26> 프로젝트 착수 및 기획 스키마 ····· 122
<그림 3-2-27> Cradle®의 시스템 개발 스키마 ····· 123
<그림 3-2-28> 정의된 SEMP 스키마 ····· 124
<그림 3-2-29> 통합 철도 안전 SE 표준 스키마 ····· 125
<그림 3-2-30> Cradle®의 SEMP Template 작성 및 SEMP 출력 ····· 126
<그림 3-2-31> CORE® 2.1의 프로젝트 관리 스키마 ····· 132
<그림 3-2-32> CORE® 5.x의 프로젝트 관리 스키마 ····· 132
<그림 3-2-33> Cradle®의 시스템 개발 스키마 ····· 133
<그림 3-2-34> Blanchard가 제안한 SEMP 구조 ····· 134
<그림 3-3-1> WBS의 기능 아키텍처 ····· 166
<그림 3-3-2> WBS의 물리 아키텍처 ····· 166
<그림 3-4-1> 성과물 검증 체계 기능 아키텍처 ····· 170
<그림 3-4-2> 성과물 검증 체계 물리 아키텍처 ····· 170
<그림 3-4-3> 시스템엔지니어링 개발 프로세스 내 확인 및 검증의 역할 ····· 171
<그림 3-4-4> 확인 및 검증 활동 ····· 172
<그림 3-4-5> 검증의 방법 ····· 173
<그림 3-4-6> 다른 시스템 엔지니어링 요소들과 관련된 검증 인터페이스 ····· 176
<그림 3-4-7> 설계의 정의 ····· 192
<그림 3-4-8> 설계 영역의 구조 ····· 200
<그림 3-4-9> FRs와 DPs를 분해하기 위한 지그재깅 ····· 214
<그림 3-4-10> 15개 핵심과제 성과물 검증 종합 결과 ····· 222
<그림 3-4-11> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (SE) ····· 223
<그림 3-4-12> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (SE) ····· 224
<그림 3-4-13> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SE) ····· 224
<그림 3-4-14> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SE) ····· 225
<그림 3-4-15> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SE) ····· 225
<그림 3-4-16> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RS) ····· 226
<그림 3-4-17> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RS) ····· 227
<그림 3-4-18> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RS) ····· 227
<그림 3-4-19> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RS) ····· 228
<그림 3-4-20> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RS) ····· 228
<그림 3-4-21> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (IS) ····· 229
<그림 3-4-22> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (IS) ····· 230
<그림 3-4-23> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (IS) ····· 230
<그림 3-4-24> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (IS) ····· 231
<그림 3-4-25> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (IS) ····· 231
<그림 3-4-26> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (SW) ····· 232
<그림 3-4-27> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (SW) ····· 232
<그림 3-4-28> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SW) ····· 233
<그림 3-4-29> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SW) ····· 233

<그림 3-4-30> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SW) ····· 234
<그림 3-4-31> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (ER) ····· 234
<그림 3-4-32> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (ER) ····· 235
<그림 3-4-33> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (ER) ····· 236
<그림 3-4-34> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (ER) ····· 236
<그림 3-4-35> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (ER) ····· 237
<그림 3-4-36> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RA) ····· 237
<그림 3-4-37> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RA) ····· 238
<그림 3-4-38> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RA) ····· 238
<그림 3-4-39> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RA) ····· 239
<그림 3-4-40> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RA) ····· 239
<그림 3-4-41> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (HR) ····· 240
<그림 3-4-42> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (HR) ····· 240
<그림 3-4-43> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HR) ····· 241
<그림 3-4-44> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HR) ····· 241
<그림 3-4-45> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HR) ····· 242
<그림 3-4-46> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (HT) ····· 242
<그림 3-4-47> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (HT) ····· 243
<그림 3-4-48> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HT) ····· 243
<그림 3-4-49> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HT) ····· 244
<그림 3-4-50> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HT) ····· 244
<그림 3-4-51> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RT) ····· 245
<그림 3-4-52> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RT) ····· 246
<그림 3-4-53> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RT) ····· 246
<그림 3-4-54> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RT) ····· 247
<그림 3-4-55> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RT) ····· 247
<그림 3-4-56> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (SA) ····· 248
<그림 3-4-57> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (SA) ····· 249
<그림 3-4-58> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SA) ····· 249
<그림 3-4-59> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SA) ····· 250
<그림 3-4-60> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SA) ····· 250
<그림 3-4-61> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RC) ····· 251
<그림 3-4-62> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RC) ····· 252
<그림 3-4-63> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RC) ····· 252
<그림 3-4-64> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RC) ····· 253
<그림 3-4-65> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RC) ····· 253
<그림 3-4-66> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (TC) ····· 254
<그림 3-4-67> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (TC) ····· 255
<그림 3-4-68> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (TC) ····· 255
<그림 3-4-69> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (TC) ····· 256

<그림 3-4-70> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (TC) ····· 256
<그림 3-4-71> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RP) ····· 257
<그림 3-4-72> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RP) ····· 258
<그림 3-4-73> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RP) ····· 258
<그림 3-4-74> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RP) ····· 259
<그림 3-4-75> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RP) ····· 259
<그림 3-4-76> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (LC) ····· 260
<그림 3-4-77> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (LC) ····· 261
<그림 3-4-78> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (LC) ····· 261
<그림 3-4-79> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (LC) ····· 262
<그림 3-4-80> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (LC) ····· 262
<그림 3-4-81> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RF) ····· 263
<그림 3-4-82> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RF) ····· 264
<그림 3-4-83> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RF) ····· 264
<그림 3-4-84> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RF) ····· 265
<그림 3-4-85> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RF) ····· 265
<그림 3-5-1> 과제간 인터페이스 문서의 기능 아키텍처 ····· 286
<그림 3-5-2> 과제간 인터페이스 문서의 물리 아키텍처 ····· 286
<그림 3-5-3> 1차 인터페이스 조정 매트릭스(ICM) ····· 292
<그림 3-5-4> 2차 인터페이스 조정 매트릭스(ICM) ····· 292
<그림 3-6-1> 사고별 발생 비율 ····· 329
<그림 3-6-1> 사고별 발생 비율 ····· 329
<그림 3-6-2> 운영기관의 보상 비율을 고려했을 때 각 사고별 경중 ····· 330
<그림 3-6-3> 발생요인에 따른 사고별 발생 비율 ····· 330
<그림 3-6-4> 발생 요인과 운영기관 보상 비율에 따른 사고별 경중 ····· 331
<그림 3-8-1> 제도화 대상 연구 성과물 목록의 기능 아키텍처 ····· 339
<그림 3-8-2> 제도화 대상 연구 성과물 목록의 물리 아키텍처 ····· 339
<그림 3-8-3> 철도 안전법 체계 ····· 340
<그림 3-9-1> 제도화 절차서의 기능 아키텍처 ····· 354
<그림 3-9-2> 제도화 절차서의 물리 아키텍처 ····· 354
<그림 3-9-3> 시스템엔지니어링 개발 프로세스 내 확인 및 검증의 역할 ····· 356
<그림 3-9-4> 논증 및 검증 활동 ····· 356
<그림 3-9-5> 일반적인 논증 과정과 그 산출물 ····· 357
<그림 3-9-6> 제도화 성과물 논증 절차 ····· 359
<그림 3-10-1> 안전관리조직 임무, 역할 및 기능정의에 대한 기능 아키텍처 ····· 363
<그림 3-10-2> 안전관리조직 임무, 역할 및 기능정의에 대한 물리 아키텍처 ····· 364
<그림 3-10-3> 국내 철도 안전관리체계 ····· 369
<그림 3-10-4> 한국철도공사 안전관리체계 ····· 373
<그림 3-10-5> 서울도시철도 안전관리체계 ····· 374
<그림 3-10-6> 서울메트로 안전관리체계 ····· 374

<그림 3-10-7> 한국철도시설공단 안전관리체계 ····· 375
<그림 3-10-8> 인천지하철 안전관리체계 ····· 375
<그림 3-10-9> 부산지하철 안전관리체계 ····· 376
<그림 3-10-10> 대구지하철 안전관리체계 ····· 376
<그림 3-10-11> 광주지하철 안전관리체계 ····· 377
<그림 3-10-12> 영국 철도 안전관리체계 ····· 378
<그림 3-10-13> 호주철도의 안전관리체계 ····· 379
<그림 3-10-14> 캐나다 철도 안전관리체계 ····· 379
<그림 3-10-15> 독일 철도 안전관리 체계 ····· 380
<그림 3-10-16> 프랑스 철도 안전관리체계 ····· 381
<그림 3-10-17> 스웨덴 철도 안전관리체계 ····· 382
<그림 3-10-18> 일본 철도 안전관리체계 ····· 383
<그림 3-10-19> 원자력 분야 안전관리체계 ····· 384
<그림 3-10-20> 영국 항공 안전관리체계 ····· 387
<그림 3-10-21> 영국 CAP 728의 공항안전관리체계 구성 ····· 389
<그림 3-10-22> CAP 712에서 권고하는 조직구성도 ····· 389
<그림 3-10-23> 호주 항공의 안전관리체계 ····· 391
<그림 3-10-24> 캐나다 항공 안전관리체계 ····· 393
<그림 3-10-25> 미국 항공 안전관리체계 ····· 396
<그림 3-10-26> 런던 항만 안전관리체계 ····· 399
<그림 3-10-27> 철도공사 조직도 ····· 400
<그림 3-10-28> 한국철도 시설공단 조직도 ····· 401
<그림 3-10-29> 서울도시철도 조직도 ····· 402
<그림 3-10-30> 인천 지하철 조직도 ····· 403
<그림 3-10-31> 부산지하철 조직도 ····· 404
<그림 3-10-32> 대구지하철 조직도 ····· 405
<그림 3-10-33> 광주지하철 조직도 ····· 406
<그림 3-10-34> 호주 철도 조직도 ····· 407
<그림 3-10-35> 프랑스 철도 조직도 ····· 409
<그림 3-10-36> 일본 철도 조직도 ····· 410
<그림 3-10-37> 영국 철도 조직도 ····· 412
<그림 3-10-38> 국내 철도 안전관리체계 개선안 ····· 422
<그림 3-10-39> 시설 부분 Architecture ····· 424
<그림 3-10-40> 차량 부분 Architecture ····· 425
<그림 3-10-41> 인력수급 및 교육훈련 Architecture ····· 426
<그림 3-10-42> 사고자료 수집/보고 및 위험도 분석 Architecture ····· 427
<그림 3-10-43> 안전관리조직 제시안 ····· 428
<그림 3-11-1> 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 기능아키텍처 ····· 434
<그림 3-11-2> 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 물리아키텍처 ····· 434
<그림 3-11-3> 캐나다 안전관리체계 ····· 442

<그림 3-11-4> 영국의 안전관리체계 ····· 446
<그림 3-11-5> 호주안전관리체계 ····· 449
<그림 3-11-6> 철도기관사 교육 절차 ····· 451
<그림 3-11-7> 인증 절차 Process ····· 455
<그림 3-11-8> Safety Case를 면제 받는 절차 ····· 463
<그림 3-11-9> 영국 항공 안전관리체계 ····· 465
<그림 3-11-10> 영국 CAP 728의 공항안전관리체계 구성 ····· 467
<그림 3-11-11> 호주 항공 안전관리체계 ····· 469
<그림 3-11-12> 캐나다 항공 안전관리체계 ····· 471
<그림 3-11-13> FAA 안전관리체계 ····· 472
<그림 3-11-14> 국내 철도 안전관리체계 ····· 481
<그림 3-11-15> 시설 Architecture ····· 484
<그림 3-11-16> 차량 Architecture ····· 485
<그림 3-11-17> 인력수급 및 교육훈련 Architecture ····· 486
<그림 3-11-18> 사고자료 수집 / 보고 및 위험도분석 Architecture ····· 487
<그림 3-11-19> 국내 철도시스템의 교육 훈련 Architecture ····· 488
<그림 3-11-20> 교육훈련 Architecture ····· 489
<그림 3-12-1> 구축 절차서의 기능 아키텍처 ····· 500
<그림 3-12-2> 구축 절차서의 물리아키텍처 ····· 500
<그림 3-12-3> 설비 구축 절차 ····· 504
<그림 3-12-4> 설비 구축 주요 일정 및 계획 ····· 506
<그림 3-13-1> 설비별 기본사양서의 기능 아키텍처 ····· 512
<그림 3-13-2> 설비별 기본사양서의 물리 아키텍처 ····· 512
<그림 3-13-3> 정적압괴시험 ····· 513
<그림 3-13-4> Preparation Area의 압괴장비 구성도 ····· 515
<그림 3-13-4> 탈선안전성능 평가 시험설비 ····· 517
<그림 3-13-5> 차륜탈선 시험설비 배치 구상안 ····· 519
<그림 3-13-6> 대차시험동 탈선안전성평가설비 배치안 ····· 520
<그림 3-13-7> 소형 시편재료 안전성능평가 시험 장치 ····· 521
<그림 3-13-8> 중형 룸코너(ISO 9705) 시험기 구성도 ····· 521
<그림 3-13-9> 중소형 화재 안전설비 배치 구상안 ····· 524

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목표

1. 최종 연구개발 목표

가. 연구개발의 최종 목표

(1) 철도종합안전기술개발사업의 총괄적 조정, 관리, 및 제도화 지원
(2) 철도시스템 안전프로그램 구축 및 국가 표준절차서 개발

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 연도별 연구개발 목표 및 내용

<표 1-1-1> 연도별 연구개발 목표 및 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 방법
1차 연도	○ 철도종합안전기술개발사업의 1차년도 총괄조정 및 사업관리 ○ 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 - 시스템 안전요건(안전규정) 대상 및 기술기준 개발체계 정의①②	- 철도안전 시스템엔지니어링 요건관리 및 연계조정 체계 구축 - 시스템 안전요건(안전규정) 대상 정의 및 기술기준 개발 체계 정의 ① 성능기반의 정량적 목표수립 ② 안전관리시스템 구성요소(계획/심사/시행/감사) ③ 관련자의 권한/책무 할당 - 안전성능 정량화 목표 설정방안 제시 - 철도종합안전계획 수립절차 제시

2차 연도	○ 철도안전체계 및 기준 제도화 지원 ○ 2차년도 SE 조정활동 ○ 안전정보지원시스템 개발 연계 체계 구축을 위한 요구사항 정의 ○ 안전평가시험시설 기본 사양서 작성	- 철도안전종합계획 지침서 작성 - 사업 성과물 Peer-Review 체계 적용방안 도출 - 안전관리규정의 체계화 방안 도출 - 안전체계/기준/기술개발성과 제도화 대상 기본 요구사항 논증 - 안전정보지원시스템 기본요구사항 검증 및 논증 - SE요구사항관리 프로세스를 준용한 관리체계 및 PM체계 구축, 운영 (SE 및 PM 교육 시행) (분기별 사업조정 워크숍 개최) (월간 공정회의 개최) - 사업총괄 SE 활동 정의 및 SE 절차 준용 (SEMP, WBS,산출물) - 안전정보지원시스템 기본요구사항 검토 - 철도안전관리체계구축 기본요구사항 검토 - 철도중대사고평가기술개발 기본요구사항 검토 - 시험시설 기본 사양서 작성, 국내외 시험설비 공동 활용 방안 연구 - 시험시설 총괄조정 지원 연구(사양검토)
3차 연도	○ SE 기반의 3차년도 사업 총괄조정활동 ○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축 ○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원	- 3차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 3차년도 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 통합 및 조정 - 3차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영 - 과제별 산출물의 정의(3차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리(3차년도)

	○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(1) ○ 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축 연구 (1)	- 철도안전관리체계구축 분야별 기능 요구사항 검토 - 철도중대사고평가기술개발 분야별 기능 요구사항 검토 - 철도안전성 분석시스템 기능 요구사항 검토 - 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침 작성(1) - 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차 작성(1) - 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 선정 - 제도화 대상 3차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 3차년도 연구 성과물의 논증 - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 작성 - 철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 분석 - 철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 검증 및 논증 - 안전평가시험설비 지원 연구(설계검토)(1) - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검토 - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검증 및 논증
4차 연도	○ SE 기반의 4차년도 사업 총괄조정활동 ○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축	- 4차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 4차년도 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 통합 및 조정 - 4차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영

	○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원 ○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(2) ○ 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축 연구 (2)	- 과제별 산출물의 정의(4차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리(4차년도) - 철도안전성 분석시스템 구축 관련 안전요구사항 검증 절차서 개발 - 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침 작성(2) - 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차 작성(2) - 안전규정 및 철도안전기준의 추적관리에 필요한 기술적 안전심사 통합 및 검증 계획서 작성 - 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 보완(1) - 제도화 대상 4차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 4차년도 연구 성과물의 논증 - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 운영(1) - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 검증/논증 - 안전평가시험설비 지원연구(설계검토)(2) - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축의 현장적용 연구 - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 제도화 지원
5차 연도	○ SE 기반의 5차년도 사업 총괄조정활동 ○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축	- 5차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 5차년도 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 통합 및 조정 - 5차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영

	○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원 ○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(3)	- 과제별 산출물의 정의(5차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리(5차년도) - 철도안전성 분석시스템 기능 검증절차서 개발 - 안전규정 및 철도안전기준의 추적관리에 필요한 기술적 안전심사 통합 및 검증 절차서 작성 - 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 보완(2) - 제도화 대상 5차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 5차년도 연구 성과물의 논증 - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 운영(2) - 안전평가시험설비 지원연구(설계검토)(3)
6차 연도	○ SE 기반의 6차년도 사업 총괄조정활동 ○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축 ○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원 ○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(4)	- 6차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 6차년도 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 통합 및 조정 - 6차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영 - 과제별 산출물의 정의(6차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리(6차년도) - 안전정보 지원시스템 기능 및 통합 요구사항 검증 및 논증 - 안전규정 및 철도안전기준의 추적관리에 필요한 기술적 안전심사 통합 및 검증 평가, 조정 - 철도안전성 분석시스템 통합 및 현장 적용성 검증(평가)(1)

		- 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 보완(3) - 제도화 대상 6차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 6차년도 연구 성과물의 논증 - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 운영(3) - 안전평가시험설비 지원연구(설계검토)(4)
7차 연도	ㅇ SE 기반의 7차년도 사업 총괄조정활동 ㅇ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축 ㅇ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원 ㅇ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(5)	- 7차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 7차년도 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 통합 및 조정 - 7차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영 - 과제별 산출물의 정의(7차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리(7차년도) - 기술적 안전심사 표준절차 작성, 현장적용성 검토 및 보완 - 철도안전성 분석시스템 통합 및 현장적용성 검증(평가)(2) - 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 보완(4) - 제도화 대상 7차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 7차년도 연구 성과물의 논증 - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 운영(4) - 안전평가 시험설비 지원연구(설계검토)(5)

나. 당해 연도 연구개발 목표 (3차년도)

<표 1-1-2> 3차년도 연구개발 목표

연구개발목표	연구개발내용 및 방법
○ SE 기반의 3차년도 사업 총괄조정활동 ○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축 ○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원 ○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(1) ○ 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축 연구(1)	- 3차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 3차년도 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 통합 및 조정 - 3차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영 - 과제별 산출물의 정의(3차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리(3차년도) - 철도안전관리체계구축 분야별 기능 요구사항 검토 - 철도중대사고평가기술개발 분야별 기능 요구사항 검토 - 철도안전성 분석시스템 기능 요구사항 검토 - 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침 작성(1) - 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차 작성(1) - 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 선정 - 제도화 대상 3차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 3차년도 연구 성과물의 논증 - 철도안전 시험평가시설 구축계획의 작성 - 철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 분석 - 철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 검증 및 논증 - 안전평가시험설비 지원 연구(설계검토)(1) - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검토 - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검증 및 논증

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 과학기술, 사회 경제적 중요성

가. 기술적 측면

철도산업에서 기반시설과 운영의 상하 분리와 민영화를 추진해온 선진 철도운영국 에서는 철도안전법을 근간으로 하여 일관된 국가안전체계를 구축하고 안전관리를 제도적으로 시행하고 있으며, 강력한 안전규제를 집행하는 것이 세계적인 추세이다. 우리나라도 04년 철도운영공사와 시설공단이 발족됨으로써 철도산업의 구조개편이 완성되었으며, 새로운 구조에서 철도의 안전을 확보하기 위해 정부가 제정한 철도안전법 05년 10월을 기해 발효되었다. 철도안전법은 시설관리자와 철도의 운영자간 안전 인터페이스를 확보하고, 정부규제 중심의 국가적인 안전관리체계를 시행할 수 있는 법적 근거를 제공하게 된다.

일반적으로 철도시스템은 안전성·쾌적성·정시성을 최대한 만족시키는 공공교통수단으로서 철도운영 선진국은 인간요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 다양한 기술요소가 복합된 시스템 기술능력을 바탕으로 그동안의 다양한 시행착오를 거쳐 확립된 안전 확보 기술과 안전관리 경험에 의해 철도시스템의 운행안전을 확보하고 있다.

선진국의 경우 철도안전을 향상하기 위한 기술개발은 국가주도하에 전략적·집중적으로 투자하고 있다. 미국은 1980년 이후 지속적인 안전연구를 실시하여 1981년 대비 사고빈도를 65% 저감시킨 바 있다. 영국의 경우 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)를 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행중이며, 안전체계가 선진화되어있음에도 불구하고 안전연구 Rolling Plan을 위하여 최근 5년 동안 7개 연구 분야, 24개 연구주제에 7500만 파운드(1500억 원)를 연구에 투자하고 있는 실정이다. 프랑스, 독일, 일본 등에서도 국가 연구기관 주도로 철도안전 기술개발 및 관리시스템을 구축 운용 중에 있다. 따라서 우리나라도 더 이상 철도안전기술개발을 현 수준으로 방치할 수 없으며, 선진국 수준의 철도종합안전관리 시스템을 확립할 수 있는 기술개발이 필요하다고 할 수 있다.

철도의 안전 확보 및 관리는 인간요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 시스템 전반에 대한 위험분석 및 안전성 평가를 기본으로 하고 있으며, 대상 위험도를 사전에 제거하거나 적정수준으로 관리할 수 있는 시스템 차원의 안전성 평가 및 안전 확보 기술이 필요하다.

현재 우리나라의 경우 사고발생 원인의 추적이나 안전성 평가에 대한 기술적 기반이 미흡한 상태로서 발효된 철도안전법의 효율적인 시행기반을 마련하기 위해서는 안전규제시스템의 정의 및 절차 개발, 안전규정체계의 정비, 세부안전기준의 제정, 안전성 평가기술 개발, 시험평가기반의 구축, 중대사고 방지기술의 개발 및 안전정보 관리체계의 구축 등이 이루어져야 할 뿐만 아니라, 개발된 기술들이 연계되어 종합적인 안전체계 내로 편입되어야 할 필요가 있다. 이를 위해서는 Top-down 방식의 시스템 엔지니어링 기법에 의한 철도시스템 안전요건관리 및 사업관리가 필요하며, 본 과제의 필요성에 기인한다고 할 수 있다.

대규모의 복잡한 시스템에서 안전체계 개발의 필수적 요소는 운영에 관련된 모든 시설, 장비, 운영실무, 인간요소들이 시스템의 임무를 수행함에 있어서 오류가 사전에 예방되거나 피하지 못할 오류가 발생하더라도 피해 없이 즉각 관리 가능한 체제를 확립하는 일이다. 이를 위해 철도시스템의 구성요소와 도출된 안전요건들이 서로 추적성을 유지하면서 형상관리 되는 것이 매우 중요하다. 이로 인하여 안전관리체계 내의 관련주체들의 역할과 기능을 설계하고 분담하여 실행할 때 철도시스템의 안전도 향상효과는 배가될 수 있을 것이다.

시스템공학 도구들은 특히 시스템 요건, 기능, 거동 및 물리적 아키텍처를 비롯하여 안전규정/규격 요건과의 연관성을 정의하고 추적/관리하여 주기 때문에 문제의 정의와 해결책들을 체계적, 효율적으로 관리 할 수 있도록 도와준다. 따라서 시스템 공학적 기법을 사용하여 안전관리체계를 구축하고 본 사업을 관리하게 되면 복잡한 Multi-disciplinary 철도시스템의 성능 및 안전 기준을 확립하고 위험관리체계를 정착시키며, 과제간 성과의 관리 및 사업의 성과물 자체인 철도안전관리체계 내 모든 요소들의 통합적 관리와 이해당사자 간의 참여와 의사소통을 지원하여, 시스템의 안전운행을 보장하기 위한 시스템안전계획 수립을 보다 성숙한 수준으로 발전시킬 수 있을 것으로 사료된다.

나. 경제 산업적 측면

철도시스템의 안전관리규정체계 및 주기적인 안전프로그램의 개발과 실행은 철도운행에 따른 사전 위험요인 도출에 의한 안전위험 제거 및 경감, 철도시스템의 신뢰성 저하로 유발될 수 있는 대형사고의 예방, 나아가 주기적인 안전점검과 성능확인에 의한 철도사고 발생 시 공공교통수단으로서 부담해야 하는 직·간접적인 사회적 손실 및 기회비용을 근본적으로 줄일 수 있고 국가수송체계의 경쟁력을 보장하는 대단히 중요한 기술개발 분야이다.

현재 수립중인 철도 종합안전대책과 철도안전법 시행을 효율적·기술적으로 뒷받침하여 선진국 수준으로 철도사망사고율을 저감하여야 하나 그 동안 투자가 미흡했던 것이 사실이다.

국내의 경우 최근 아래와 같이 십여 년의 주기로 대형철도사고가 발생할 때마다 인명·재산피해·복구비용이 막대하였으며, 영업 손실, 대내외적 국가 이미지 추락 등 간접 피해도 심각한 수준이었던 것으로 조사되었다.

가) 1981년 경산 열차 충돌 사고로 54명 사망, 243명 부상

나) 1993년 구포 열차 전복사고로 78명 사망, 163명 부상

다) 2003년 대구지하철화재참사 191명 사망, 146명 부상, 직접피해 595억 원, 간접피해추정 7,053억 원

현재 수립중인 철도 종합안전대책과 철도안전법 시행을 효율적·기술적으로 뒷받침하여 선진국 수준으로 철도사망사고율을 저감하여야 하나 그 동안 투자가 미흡했던 것이 사실이다. 현재, 일본에 비해 인·km당 사망자 수는 9배 수준이며, 100만 km당 중대열차사고(사상자 10명 이상 또는 차량탈선 10량 이상)율도 거의 2배(1999년 기준, 한국 0.06건 대비 일본 0.038건) 수준임. 선진국 수준 도달 시, 연간 266여명인 철도사고 사망자를 50명 이하로 감소 가능하다.

철도시스템 안전기준 및 성능시험기준의 규격화와 제도·규정화에 의한 일관성 있는 적용은 철도 운영기관 및 유지보수 기관의 자체 설계검증과 안전심사 준비 및 효율적인 철도 안전시설물 운영관리 측면에서의 부담을 크게 줄여줄 수 있다. 또한 표준화된 안전검증 체계에 의한 기존시스템과 신규시스템간의 호환성 유도에 의한 중복투자 방지 및 연계성 유지의 기술적 타당성을 확보할 수 있다.

따라서 국내여건에 부합되지 않는 외국기술의 불합리한 도입을 사전에 차단하고

낭비요소를 제거하는 경제적 효과의 기대와 안전검증 및 성능시험 체계의 효율적 구축과 제도적인 시행을 통해 철도 관련 용품, 시설, 장비 및 시스템의 품질향상과 전문기술력 확보에 의한 원가절감 및 대외 경쟁력 향상에 기여 할 것이며, 궁극적으로 열차 운행안전의 확보에 의한 국가교통 수송경쟁력의 향상에 기여할 수 있을 것이다.

다. 사회 문화적 측면

철도교통에 대한 기술적·사회적·문화적 안전위협요소가 날로 증가하는 추세에 있으며, 고속철도의 개통, 철도구조개혁 등으로 안전 위협요소는 증대하는 반면, 안전 불감증은 여전하여 IMF 사태 이후 빈부격차증대, 인명경시풍조 등으로 사고 위험요소는 감소하지 않고 있다. 철도시스템 안전 확보의 근간인 안전규정체계의 구축과 제도적인 시행은 민간 기업에 일임하거나 외국에서의 기술도입이 불가능한 분야로서, 국민의 생명권 보장과 국가 신뢰성 확보와 직결되는 국가적인 책무로서, 선진 철도 운영 국에서는 철도안전법을 근거로 하여 일관된 국가안전관리 체계를 수립하여 이를 제도적으로 시행하고 있으며, 이에 필요한 안전인증 및 성능평가 연구시설을 국가가 건설 또는 재정 지원을 하고 있는 국가기반 전략기술 분야이다.

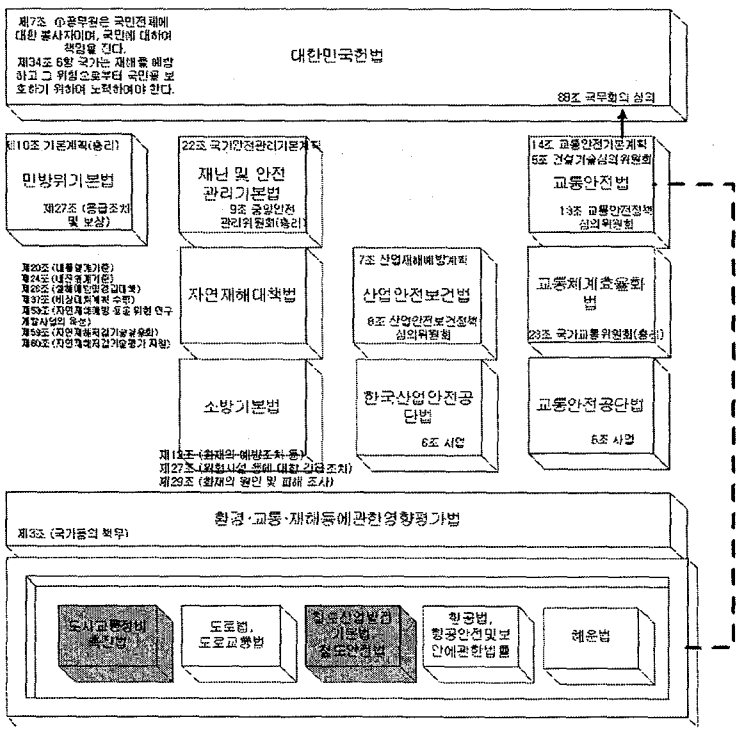
결국 안전기준 및 성능시험기준 기술개발을 기반으로 하는 철도시스템의 안전성, 쾌적성, 정시성 및 친환경성의 확보는 다른 경쟁 교통수단과 대비하여 대중시민들에게 보편적으로 인식되는 철도의 특유의 장점이자 강력한 경쟁우위 확보 요소이다. 또한 철도를 운영 또는 관리하는 주체에 의한 안전 확보 노력과 더불어 우리나라도 철도 운행선진국이라는 자신감을 바탕으로 범국민적인 철도안전문화를 이끌어 갈 수 있는 핵심 기반인 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발 현황

1. 철도시스템 안전관련 법령체계 분석

국내 철도의 안전관리체계를 분석하기 위하여 법령 및 관련 규정의 분석을 통해 상기 구조를 정의하였다. <그림 2-1-1>에서 보는 바와 같이 아키텍처의 최상위 요구사항인 헌법 제34조 6항에 의거 국가는 국민의 생명을 보호하여야 할 의무가 있으며, 이 조항에 따라 많은 법률이 제정되어지고 있다. 철도, 도시철도, 도로, 항공, 해운 등과 같은 교통시스템 또한 안전계획을 교통안전 법에서 요구하는 교통안전기본계획에 따라 교통 분야의 최상위 심의기구인 국무회의에서 심의하도록 구성되어 있으며, 각기 법령에서 이의 시행체계를 뒷받침하고 있다. 다시 도시철도와 철도의 안전 측면에서의 법령체계를 체계화 하면 <그림 2-1-1>과 같다.

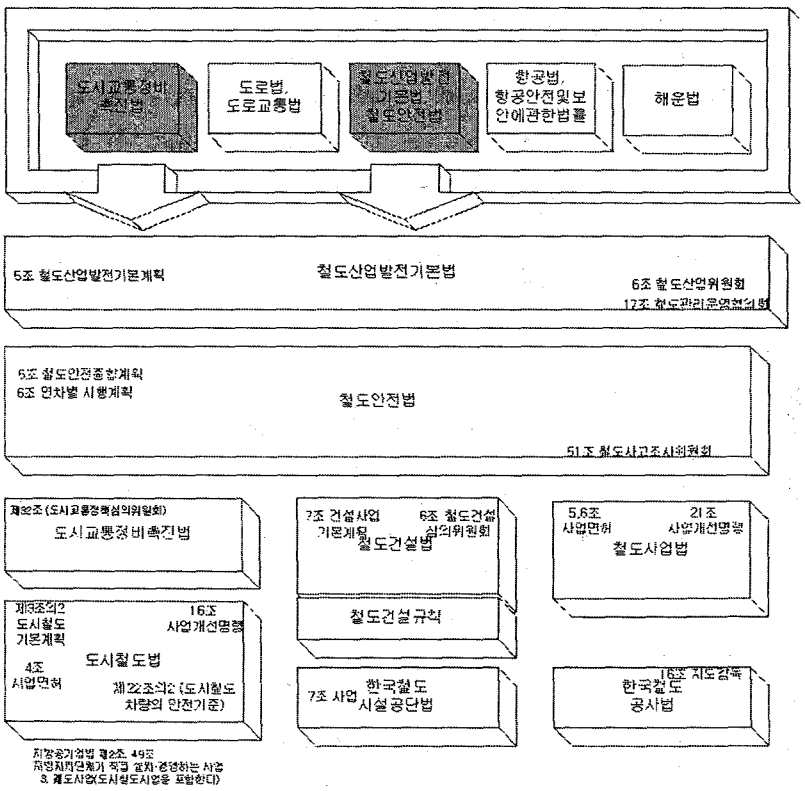


<그림 2-1-1> 국내 교통시스템의 안전관련 법령체계

<그림 2-1-1>에서 보는 바와 같이 철도는 철도산업발전기본법에 따라 철도종합안전계획을 철도산업위원회에서 심의토록 하고 있다. 법령 제2조 (적용범위)에 따르면 한국철도시설공단(구 한국고속철도건설공단)과 한국철도공사가 소유, 건설, 운영, 관리하는 철도를 대상으로 하고 있다. 따라서 도시철도는 전체 법조항의 적용대상에서는 제외되어 있으나, 단서조항으로서 제2장의 철도산업 발전기반의 조성조항에 따라 철도안전과 철도운영에 관한 중요정책 사항 등을 모든 철도에 대하여 적용하도록 하고 있으므로 도시철도 또한 철도종합안전계획의 수립대상이 된다.

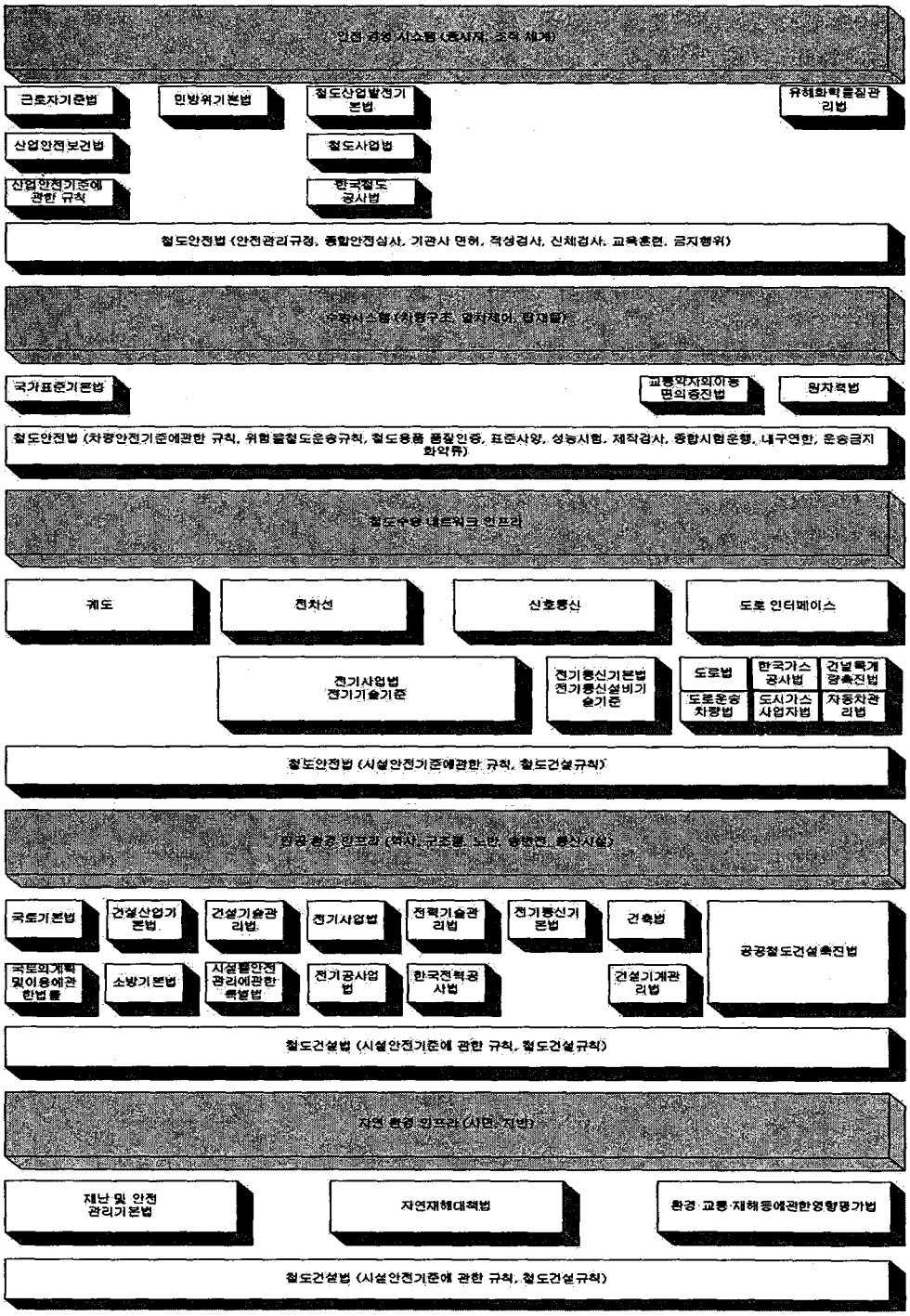
철도산업발전기본계획의 제3장 철도안전 및 이용자 보호 영역은 도시철도를 대상으로 정의하고 있지 않지만 도시철도법의 하위규칙에서 정의되고 있다.

따라서 철도산업위원회는 정책의 심의기능과 더불어 "시설투자확대, 산업지원, 전문 인력 교육훈련, 교육과정, 기술진흥, 정보화촉진, 국제협력"에 대한 도시철도와 철도의 공통시책을 심의대상으로 다루게 되며, 실제 안전관리 시행과 집행에 대해서는 도시철도법에 의해 다루어지고 있는 상황이다.



<그림 2-1-2> 철도시스템의 안전관련 법령체계

철도시스템은 다양한 기술의 영역이 복합되어 있으므로, 규제의 영역 또한 다양한 법령에 의해 구속을 받는다. 철도시스템의 물리적 구성요소별로 규제를 받는 법령은 다음 <그림 2-1-3>과 같이 정의할 수 있다.



<그림 2-1-3> 철도시스템 구성요소와 규제관련 구조

현재 철도시스템 안전규제체계를 구조화하여 분석한 결과 물리적인 영역구분은 조직 및 인간관계를 다루는 안전경영시스템 분야를 상위 개념으로 정의할 수 있으며, 자연 및 인공 환경에 대한 인프라에 대한 분야를 기반영역으로서 구조화하여 표현할 수 있다. 내용적인 측면에서 살펴보면 철도안전법의 제정이전 철도법 체계 하에서 정의하고 있는 다양한 안전요구사항이 존재하고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 철도안전법에서 다루어지는 주제는 두 가지 측면에서 다루어져야 한다. 첫 번째는 각기 법 규정에서 요구하는 사항을 시스템에 대한 관점에서 정의하며 체계화하는 영역을 대상으로 한다. 두 번째는 체계화를 통해 시스템 구성요소에서 미 정의된 사항을 설정하는 것을 대상으로 한다. 이를 위해서는 시스템 안전에 영향을 미치는 각종 위험을 정량화함으로서 전체 철도시스템의 안전요구사항을 체계화함으로서 가능해진다.

2. 원자력 안전 분야

원자력 분야의 안전관리는 원전 건설 및 운영경험이 축적된 1980 년대 이후 체계적인 안전규제 기술지원을 위해 한국원자력연구소 내에 원자력안전센터(1990년 한국원자력안전기술원으로 독립) 설립하여, 안전심사 및 검사능력 제고를 위한 독자적인 기술기준 확립 ,안전성능 연구의 강화 등 안전규제의 선진화를 지속적으로 추진하고 있다. 안전심사 대상은 발전용 원자로, 연구용 원자로 ,핵연료주기시설 및 방사성폐기물 처리시설 등 원자력법의 적용을 받는 모든 시설이 포함된다. 또한 이들 시설에 대한 건설 또는 운영허가 심사는 부지의 적합성과 구조물, 계통 및 기기의 설계안전성, 환경영향, 운전안전성을 포함한다. 이를 위해 운전조건별(Normal, Emergency, Upset, Faulted Condition)의 4단계로 사고시나리오(ASME Sec. XI 에 규정되어 있음)를 구성하여 대처능력을 평가하고 있다

가. 원자력 안전성 향상 기술개발(1992~현재)

(1) 확률론적 안전성 평가(PSA, Probabilistic Safety Assessment) 기반

(가) 확률 개념을 도입하여 발생빈도가 낮은 주요사건과 시나리오 파악

(나) 발생 가능한 사건으로부터 원자로의 손상 또는 주변에 미치는 영향까지를 원전의 설계, 운전, 보수 등을 포함하여 종합적으로 모델링하고 평가

(2) 단계별 PSA 적용

(가) Level-1 : NSSS(Nuclear Steam Supply System), BOP(Balance of Plant) 계통의 안전성 평가

(나) Level-2 : 격납 건물 내에서의 방사선 물질 누출 평가

(다) Level-3 : 추출된 방사선 물질이 주변에 미치는 영향 평가

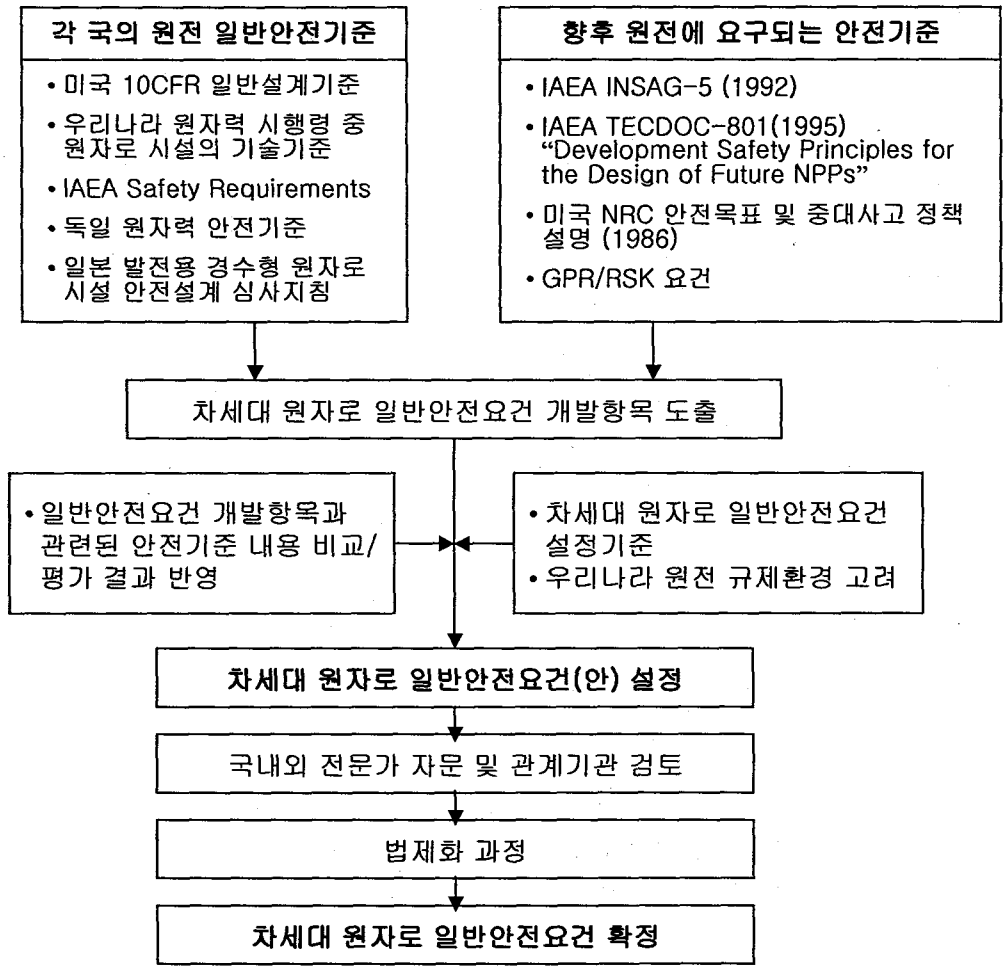
(3) 원전을 운전하는 운전원의 인적 요소에 대한 위험도 저감 방안 마련

(4) 원전의 운전 및 규제에 PSA의 결과를 이용하는 위험도 정보 이용 규제 및 응용(RIR&A, Risk Informed Regulation & Application)에 의해 기존 원전 규제의 효율성, 안전성 및 경제성 향상방안 도출에 활용

(5) PSA 방법론을 기초로 열 수력, 중대사고, 방사선 환경 분야 등 기존의 다른 분야의 결과들은 활용하여, 원전의 안전성을 종합적으로 평가하고 향상 방안을 도출하기 위한 종합적인 기술개발 수행

나. 차세대 원자로 일반안전요건의 개발

(1) 차세대 원자로 일반안전요건의 개발 흐름도



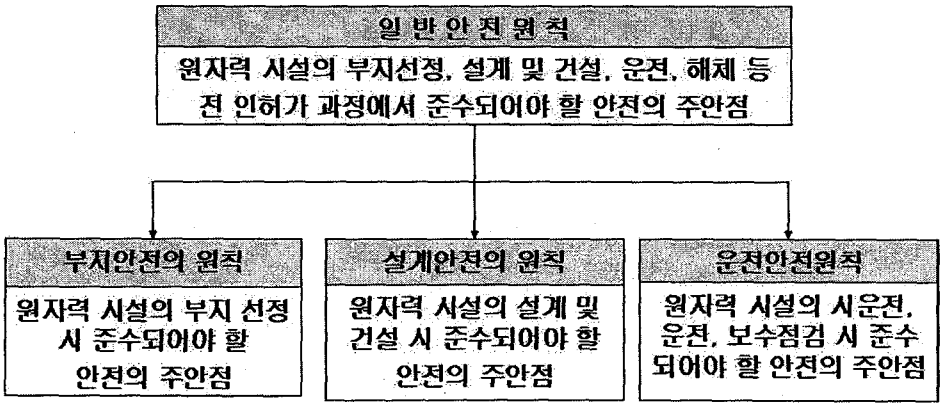
<그림 2-1-4> 차세대 원자로 일반안전요건의 개발 흐름도

(2) 차세대 원자로 일반안전요건 체계

<표 2-1-1> 차세대 원자로 일반안전요건 체계

요 건	정 의
· 안전 목표	- 궁극적으로 성취하고자 하는 안전의 지향 목표
· 안전원칙	- 안전 목표를 달성하기 위하여 원칙적으로 다루어져야 하는 안전의 주안점
· 일반안전요건	- 안전원칙을 만족시키기 위하여 준수되어야 하는 일반적인 기본요건
· 상세안전요건	- 안전원칙을 만족시키기 위하여 준수되어야 하는 기술적인 상세요건
· 안전규제지침	- 필수적인 규제요건(일반/상세 안전요건)을 반영하기 위해 선택적으로 제시되는 허용 가능한 방법론 및 사양
· 안전심사지침	- 안전규제심사의 일관성 및 효율성을 위한 심사범위/방법 및 연계성에 관한 내부 지침

(3) 차세대 원자로 안전수칙 체계 및 구성항목



<그림 2-1-5> 차세대원자로 안전원칙 체계

다. 원자력안전기술원(KINE)의 안전규제시스템

(1) 규제시스템 : 기관별(과기부, KINS, KAERI, 한국수력원자력 등) 역할, 안전보

고서의 심사/평가 비용 징수, 조직의 구성 등 원자력특별법을 제정하여 규제기관의 조직과 예산에 대한 법적 근거 확보

(2) 안전규정체계 : 절차적 기준, 기술적 기준

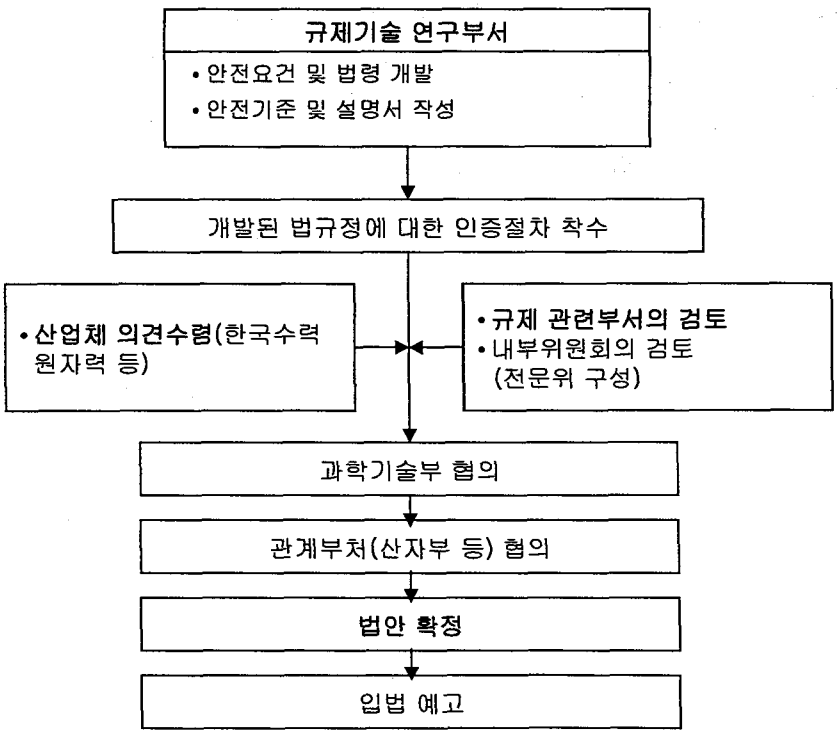
(가) 안전규제관련 법·규정체계는 상위법에서 System Level 기술기준 구조 기술, 세부적인 내용은 시행령, 규칙 등 하위 법에서 다룸, 기술기준에 대한 연구가 부족한 상태에서도 규제실행이 가능한 법적 근거 마련

(나) 절차적 기준 : 규제(허가)의 대상, 관련 서류, 규제(허가) 절차 및 검토방법, 적용 기술기준 등의 고려

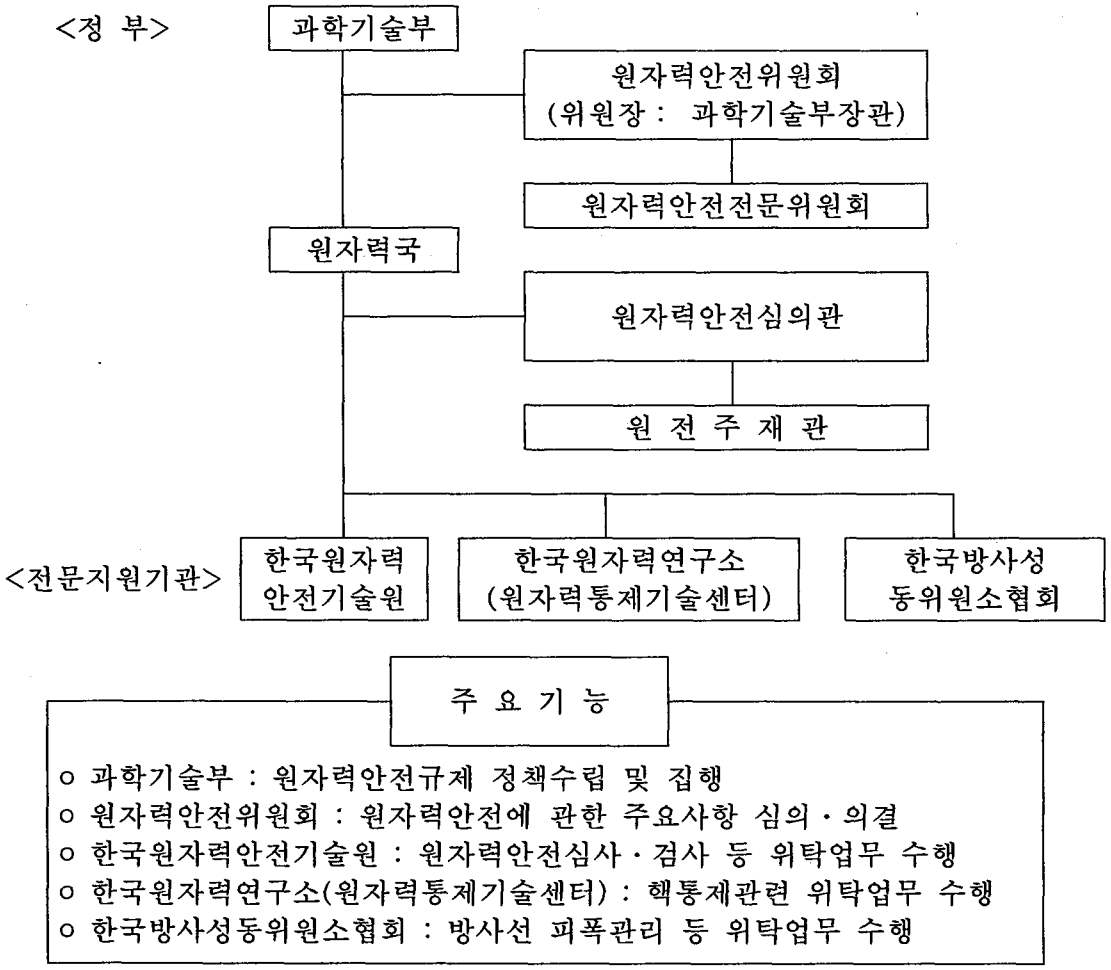
(다) 기술적 기준 : 기술 분야(전기/기계/토목 등)별이 아닌 시스템별 기준 수립

예) A1 시스템의 구성품 기본요건 - 만족기준, 필수기준 등

(3) 안전요건 법제화 및 법 규정 유지보수 절차



<그림 2-1-7> 안전요건 법제화 절차



<그림 2-1-8> 법 규정 유지보수 절차

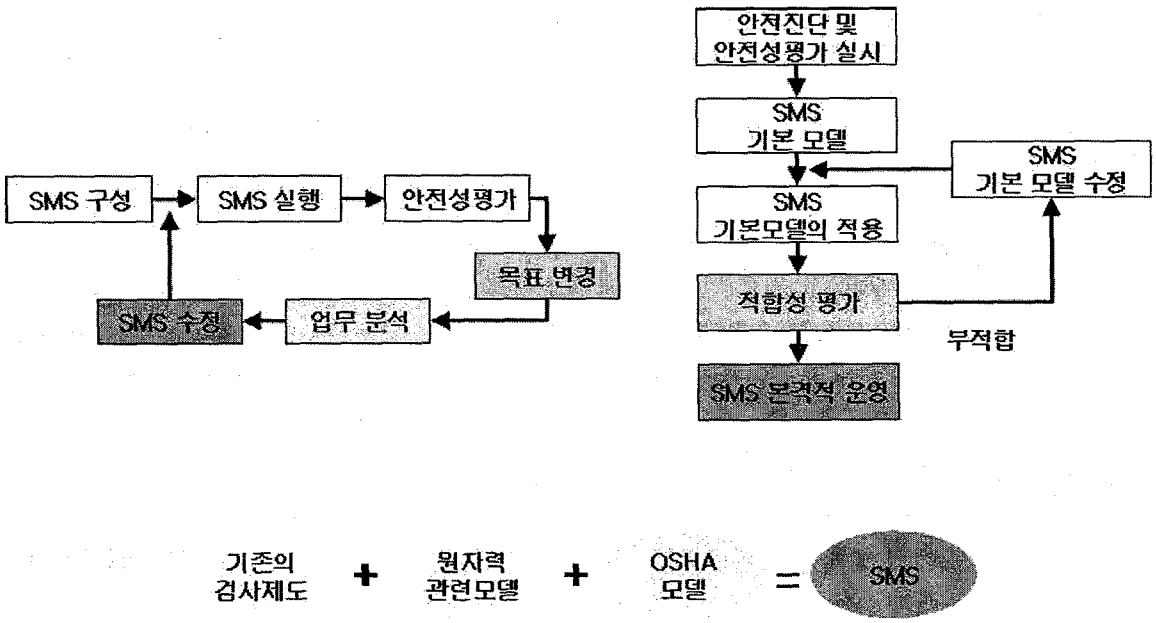
3. 가스 안전 분야

가. 안전관리시스템(Safety Management System ; SMS) 개발사례

(1) 목적

기업의 안전관리활동 전반에 존재하는 위해요인을 도출, 그 성격을 분석·평가하고, 사전에 필요한 조치를 강구함으로써 가스 사고를 근원적으로 예방하고, 가스시설의 정성적·정량적인 안전성 평가결과와 안전관리 업무절차의 분석결과를 바탕으로 SMS를 수정 보완시켜 나감으로써 안전관리의 효율성을 높이기 위함.

(2) SMS 운영방안



<그림 2-1-9> SMS 운영방안

(3) 구성요소

종합 안전관리규정(12개 주 구성요소, 40개 세부구성요소), 안전성 향상계획서(4개 주 구성요소, 31개 세부구성요소)로 구성이 되어 있으며, 자세한 내용은 <표 2-1-2>를 참고하라.

<표 2-1-2> 가스분야 SMS 종합 안전관리규정 및 안전성향상 계획서

종합적 안전관리규정		안전성향상 계획서	
주요소	세부구성요소	주요소	세부구성요소
경영방침	-경영이념 -안전관리목표 -안전투자 -안전문화		
안전조직	-안전관리조직구성 -권한 및 책임		
안전정보 기술	-정보관리체계 -시설·장치자료 -안전기술 자료 -인적요소 -변경관리 -안전기술향상	공정안전자료	-사업 및 설비개요 -물질의 종류 및 수량 -시설/설비의 목록 및 사양 -공정도면 -건물·설비의 배치도 -방폭 지역 구분도, 전기단선도 -설계·제작관련지침서 -기타 관련자료
안전성 평가	-안전성평가절차 -안전성평가기법 -안전성평가결과조치	안전성 평가서	-공정위험특성 -잠재위험의 종류 -사고빈도최소화 및 피해최소화 대책 -안전성평가 보고서 -안전성평가 수행자
수요자 관리	-시설안전점검 -안전홍보		
타공사 관리	-배관 정보관리 -타공사 정보관리 -타공사 정보관리		
시설관리	-설계품질보증	안전운전계획	-안전운전지침서

	-구매 품질보증 -시공 품질보증 -보수품질보증 -안전점검 및 진단		-점검·보수 및 유지지침서 -안전작업허가 -협력업체 안전관리계획 -종사자교육계획 -가동전 점검지침 -변경요소관리계획 -자체감사 및 사고조사계획 -기타 안전운전에 필요사항
작업관리	-시공관리 -운전관리 -보수 관리 -화기작업관리		
협력업체 관리	-협력업체 선정 -관리감독 -의무 및 책임		
교육훈련	-교육훈련계획 -교육성과 분석 -협력업체 종사자교육		
안전감사	-안전관리시스템 감사 -공정안전성감사		
비상조치 및 사고조사	-비상조치계획 -비상훈련 -사고조사 및 사후관리	비상조치계획	-비상장비 / 인력현황 -비상연락체계 -비상조직의 임무 및 수행절차 -비상조치교육계획 -주민홍보계획 -기타 비상조치 관련사항

4. 항공우주분야 품질인증 및 형식증명 검사

항공우주 분야의 품질인증은 1985년 항공공업진흥법(제5조)에 따른 전문기관 지정을 시작으로, 1992년 항공우주산업개발촉진법(시행규칙 제14조 2항)에 따른 전문검사기관 지정, 1997년 항공법(제154조 2항)에 따른 형식증명 전문검사기관 지정, 2000년 1월 항공인증그룹 및 제품보증그룹 설립을 거쳐 현재에 이르고 있다.

항공법에 의한 형식증명 전문검사기관은 항공기, 엔진, 프로펠러의 형식증명에 있어서 안전성능 기술 평가 업무를 담당하며, 항행안전 지원시설에 대한 평가와 인증을 수행하고 관련 기술 및 법제도를 연구하는 중추기관으로서의 역할을 담당하면서 비행 안전성, 구조 및 재료 적합성, 설계 및 제작 평가, 엔진 및 관련 시험 평가, 장비품 평가, 운용한계 및 정보사항, 소음 및 환경 적합성 평가, 계속 감항성 유지체제의 적합성 평가, 신뢰성 평가 업무를 수행하고 있다.

항공우주관련 기술규격은 기술 단체·협회규격, 국가규격, 군사규격과 국제규격으로 분류되며, 다음과 같은 국내외 항공우주관련 기술규격을 관리하고 있다.

가. KS 항공우주규격, MIL Standards, Specifications, SAE Standards,

나. FAA Advisory Circular, Orders, Specifications, FAR & JAR

다. ISO(국제표준화 기구) TC20(항공우주분과)과 IEC 간사기관

또한 위성의 성공적인 업무수행을 위하여 위성 체의 계약, 설계, 제작, 시험·조립 전 분야에 걸쳐 H/W 및 S/W 제품에 대한 품질보증 업무를 수행하면서, 하드웨어/소프트웨어 제작, 시험 기간 동안 하드웨어/소프트웨어의 품질을 확보하기 위하여 필요한 모든 절차 및 요구조건을 규격화하고, 이의 실행을 관리, 감독하는 업무를 수행한다. 아울러 항공우주산업체의 적합한 품질보증체제 구축을 위해서 품질보증체제의 적합성평가, 중소기업의 품질보증체제 개발지원, 품질관리요원 및 검사원 교육훈련, 품질관련 선진기술 및 자료보급 등의 관련 업무를 진행하고 있다.

제 2 절 국외 기술개발 현황

1. 영국의 국가철도관리체계

가. 철도안전체계 개요

영국의 철도안전은 Safety Case 1994에 의한 지배를 받으며, 여기에 안전관리의 기본방침, 시설·기기·취급·연수 등에 대한 기술기준, 위험도평가, 안전검증의 실시방법 및 안전성 모니터, 안전감독, 안전리포트 등을 규정하고 있다. 철도안전운행에 영향을 미치는 것은 반드시 국가안전규제기관인 HMRI에 의한 사전완성검사(안전검증 및 성능평가)를 실시하며, 국가적인 철도시스템 안전기준으로서 Railway Safety Principles and Guidance가 제정되어 있다.

(1) 철도안전규정(Railway Safety Case 1994)을 기초로 보건·안전국(HSE: Health and Safety Executive)에서 독립적으로 철도안전정책 및 법제도 제정 담당

(2) 철도안전법에 근거한 철도안전 정책수립, 안전규정 및 기술기준 체계 확보, 독립기관에 의한 사고조사 및 안전감사 시행

(3) HSE 내부의 안전정책국은 철도안전성 확보를 위해 법규제정 및 규칙 등을 작성하여 제안

(4) 철도감독자(HMRI: Her Majesty's Railway Inspectorate)는 제정된 규칙의 실행업무를 담당하며, 철도안전규정의 강화, 안전제도의 효용성 감시, 중대사고 조사 및 보고서 제공

나. 영국의 철도안전관리계획(Safety Case)

영국에서 철도에 대한 안전관리는 철도안전규정(Railway Safety Case, 1994)에 의한 지배를 받는다. 이 규정 하에 철도의 운영자 및 기반구조물 관리자(Network Rail, 런던지하철 등)는 HSE에 철도 Safety Case를 제출하여 안전승인을 받아야 한다. 이것은 기반시설에서 운영상 초래되는 위험을 관리하는 방법을 제시한 것으로서 국가는 매 3년마다 Railway Safety Case를 재검토한다.

(1) 산업계에 중점을 둔 폭넓은 위험도 감시 및 성능기반의 안전 목표 설정

(2) 안전에 대한 판정을 위한 기준의 설정

(3) Safety Case의 기본 골격

(가) 안전관리의 기본방침

(나) 시설·기기·취급·연수 등에 대한 기술기준

(다) 위험도 평가

(라) 안전관리의 실시방법

(마) 안전성의 모니터 방법, 안전감독, 안전리포트 등

다. Railway Safety Principles and Guidance

HMRI에의 수속시 안전성을 확보하기 위한 지침(guidance)과 권고(advice)를 정한 것으로서 Railway Safety Principles and Guidance가 있으며, Principle편(제1부) 및 Guidance(제2부)로 구성되어 있다.

(1) 제1부에는 안전관리의 기본목표인 33항이 제시되어 있고, 안전을 확보하기 위한 기본이념이 서술되어, 성능 기준화된 규정으로 되어 있다. 안전 확보는 여객만 보지 않고, 청부 작업 원을 포함한 종업원, 건널목 이용자, 불법침입자도 포함하여 모든 사람을 시야에 넣고 있다.

(2) 제2부는 인프라, 정차장, 전력시스템, 신호, 건널목, 열차 등 각각에 대해 "good example"로서 세부적인 요건이 제시되어 있다. 내용은 여객의 머리위의 간격(clearance), 주민이나 작업자에 대한 열차소음·진동 대책, 복수철도가 관계하는 역에서의 연계체제, 홈단부를 밝은 색으로 도장할 것 등 세부사항이 기술되어 있다.

라. Safety Case 작성을 위한 Railway Group Standard

일반적 접근법은 지시를 내리는 것보다는 당사자의 위험관리 협정의 일관성을 보장하고 협력하는 통일과 지시가 Railway Group Standard를 통해 이루어진다.

(1) 제1부는 기초 편으로 기본적인 안전방침의 자세, 조직의 구성과 역할, 철도에서의 위험도와 목표, safety·management·system(조직, 제도, 보고, 모니터 등)이 서술되어 있다. 그 가운데 특히, ① 인적요소에 대한 관리목표 수치가 주어져 있는 것,

② 안전시책의 도입 평가 시에는 비용편익분석을 하여 도입의 가부를 결정하고, ③ 그 때 사용하는 화폐단위인 「생명의 가치」(사망자를 1명 감소하는 것의 가치 : 1997년의 가치)는 통상의 case에서는 89만 파운드(약 21억 원), 대량사망사고로 이어질 수 있는 case의 경우에는 249만 파운드(약 59억 원)로 정하여 놓고 있다. 인적요소의 리스크 관리목표치는 사람이 1년간에 사망할 확률을 현업직원, 여객 및 공중에 대하여 최대한도, 단기목표, 사회적 용인 수준별로 정하고 있다.

(2) 제2부 A는 보조 편으로서, 본사의 조직, 기능 등이 서술되며, 제2부 B에서는 대규모 리스트 란킨크법에서 각종의 위험을 평가한 결과를 제시하고, 금후에 중점적으로 취급할 대상을 정하고 있다.

(3) 제3부는 Network Rail사의 7개 영역별 조직, 기능 등이 서술되어 있으며, Safety Performance(안전성능)를 공개하는 것으로 하고 있다.

2. 미국의 철도안전규정체계 개발사례

미국은 철도안전강화를 위해 철도안전법(U.S. Code Title 49)을 근거로 안전규정 및 각 부분별 안전기준이 제정되어 있으며, 시스템 안전프로그램을 기반으로 각 주정부 및 사업자의 공동 협력에 의한 안전규정 적용의 일관성 유지와 사고방지 대응에 중점을 두며, 연방정부 차원에서 FRA는 철도시스템 위험분석에 기초한 각종 철도안전규정과 기술기준을 제정하여 공지하고 안전관련 정보의 공개를 법으로 정하고 있다.

규정 준수에 대한 주기적인 안전 감사를 통해 철저한 안전개선 명령 및 권고를 시행하고, 철도차량에 대해서는 AAR 규격을 통해 설계, 제작, 시험평가 기준을 자국의 산업 환경에 맞추어 엄격하게 적용하고 있다. 철도 안전기준은 시스템적 접근을 취하며 시스템 사양기술, 시스템 안전, 신호, 궤도, 차량, 운전실행, 시스템 검증시험, 개인자격 및 배전을 포함하는 철도시스템의 모든 측면을 다루는 기준들을 포함한다. 대형사고 발생 시 국가교통안전위원회(NTSB)와 같은 독립적인 공식조사 기구에 의한 철저한 사고조사를 수행하여 동종사고의 재발방지에 노력을 기울이고 있다.

가. 철도시스템 안전프로그램 개발

(1) 사고/사건 조사

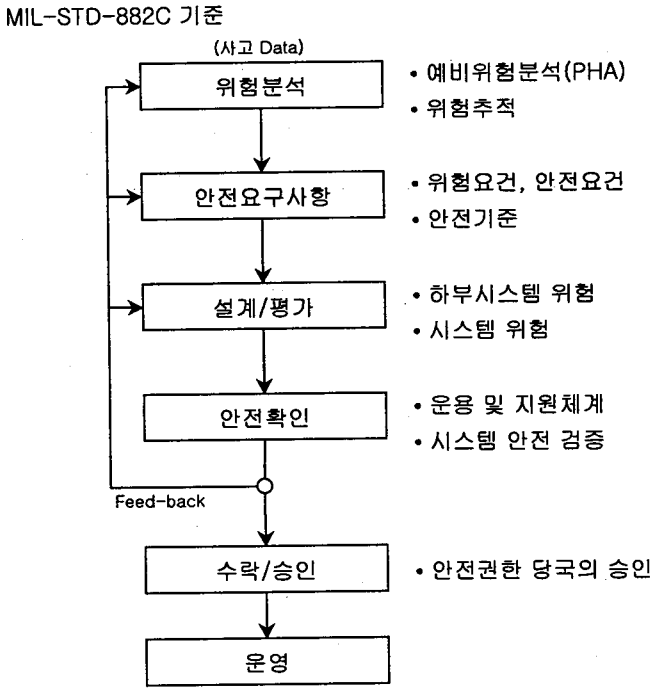
(가) Accidents/incident

(나) 사고/사건보고 준비용 FRA 지침, DOT/FRA/RRS-22

(2) 시스템 안전 프로그램 계획

시스템 안전에 대한 적절한 접근은 기본위험분석(PHA)에서 출발하는 시스템 안전 프로그램의 달성을 통해 이루어진다. 여기서 시스템 요구사항이 정의되면 위험을 규정하고, 추적하고, 평가하여, 제거하거나 위험진전을 조절하는 것이다.

시스템 안전프로그램은 <그림 2-1-10>과 같이 생산 개발의 설계, 달성 및 시험단계에 직접적인 입력을 제공한다. 이를 통해 안전 이슈를 다루는 설계 반복 비용을 회피케 한다. 이 기법은 안전에 대한 접근법으로 선호되는 것으로서 MIL-STD-882에 규정되어 있으며 다른 안전 규격과 같이 나타난다.



<그림 2-1-10> 시스템 안전프로그램

(1) 기본 위험 분석 및 추적 : 전체 시스템에 대한 PHA 분석 수행

(2) 안전 심사 : 철도 안전 심사 프로그램(행정 절차, 미국 공공운송협회)

(3) 소프트웨어 안전

(가) 품질원칙, 소프트웨어 : 기반 장치, 미국철도협회, 신호매뉴얼 17장, 1995

(나) 철도응용 : 철도 제어와 보호시스템용 소프트웨어, 유럽규격 prEN 50128

(다) 철도신호용 소프트웨어 관련 안전, BRB/LU LTD/RIA 기술사양 No.23

(4) 긴급 상황 대비 안전

(가) 노약자와 장애를 위한 긴급 상황 대비 추천 지침 : 미국 DOT, UMTA

(나) 승객열차를 위한 긴급 상황 대비 추천 지침 : 미국 DOT, UMTA

(다) 도시철도, 지역철도 및 특수 철도 시스템을 위한 긴급 상황 대비 추천 지침 : 미국 DOT, UMTA

(라) 긴급 상황 대응 안전계획 정보: 재원 매뉴얼, 미국 DOT, UMTA

(5) 안전보고 : 사후 설계 위험 분석

(가) 안전성 향상을 위한 설계변경과 시스템 보충

(나) 설계단계 안전 : 한계 영역을 규정으로 향후 생산성 강화와 유지관리지침 제시

(다) 시험에 영향을 주는 설계단계의 안전-한계 영역 규정

나. 철도안전규정체계 - 공동규정에 의한 철도안전 협력 및 일관성 유지

다. 안전 규칙 및 보고 - 일반

(1) 사고/사건보고

(2) 청색 신호 보호

(3) 교량 변위 검지 시스템(보고서)

(4) 음주 및 약물 사용 규제 : 랜덤 시험의 적용과 국외 철도 종사원 및 미국 내 성능 열차나 특송 서비스에 대한 다른 요건

(5) 사건 기록기 차세대 성능기준

(6) 플로리다 overland 고속열차

(7) 화차 안전기준 : 선로-유지보수 차

(8) 기관차 충돌성능(Crash worthiness)과 작업 조건

(9) 기관사 자격검증

(10) Northeast corridor(NEC) 신호 & 열차 제어

(11) NEC system 안전

(12) 승객장치 안전기준

(13) 승객열차 응급 준비사항

(14) PTC(positive 열차제어)

(15) Power Brakes(동력제동)

(16) 철도 통신

(17) 규정 재개정(reinvention)

(18) 철도노선 유지관리 기계(궤도 전동차 및 보선장비 안전)

(19) 여행객 철도 보고

(20) 궤도(track) 안전기준

(21) 미국 철도운영의 특송을 위한 미국 지리적 요건

라. 고속도로-철도 교차로 안전

(1) 상업 운전 자격박탈 : 철도-고속도로 등급별 교차로 위반

(2) 등급별 교차로 신호(조사, 시험 및 유지관리)

(3) 기관차 가시성/보조 경고등

(4) 사유 고속도로-철도 야외 건널목

(5) 경보장치가 자동화된 교차로 등급의 선택

(6) 기관차 경적의 사용(휘슬 bans)

마. 위험재료

(1) 철도 위험재료 안전을 위한 새로운 방향

(2) 탱크차량 충돌성능과 재시험

바. 기타 안전 프로젝트 및 협력구축 노력

교량 구조 안전 / 탈선 차륜 / 환경 충격 / 전자 기록유지의 운영 시간 / 원격 제어 기관차 / 일반 철도 시스템의 공유 / TOFC/COFC 보안/ 열차 특송 훈련 / Wisconsin Central R.R (정보 안전 요구)

사. FOX(Florida Overland eXpress) 고속철도 안전기준 프로그램

시스템적 접근을 취하며 시스템 사양기술, 시스템 안전, 신호, 궤도, 차량, 운전실행, 시스템 자격시험, 개인자격 및 배전을 포함하는 FOX 고속시스템의 모든 측면을 다루는 기준들을 포함한다.

<표 2-1-3> FOX(Florida Overland eXpress) 고속철도 안전기준 프로그램

조항	내 용
Subpart A	일반요건 : 목적과 범위, 적용, 정의, 승인(compliance), 책임, 집행, 선제효과(preemptive effects), 시스템 기술, 결함 장비의 이동
Subpart B	시스템 안전 프로그램과 계획
	243.101 일반 시스템 안전요건
	243.103 화재방지 프로그램
	243.105 소프트웨어 시스템 안전
	243.107 검사, 시험 및 유지보수 프로그램
	243.109 훈련, 자격 및 임명(designation) 프로그램
	243.111 긴급 사전대응 프로그램
	243.113 사전-세입(revenue) 서비스 시스템 자격시험 계획
	243.115 위험 판정과 감소
Subpart C	신호 시스템
Subpart D	궤도 안전기준
Subpart E	차량 : 화재 안전, 출입문, 응급장치, 운전자 조정과 동력차 배치, 안전 적용, 열차 검사, 시험 및 유지보수
Subpart F	운전 규칙
	243.501 목적
	243.503 운전규칙 : 서류정리 및 기록보관
	243.505 운전 시험 및 검사 프로그램 : 기록보관
	243.507 운전규칙에 대한 지시 프로그램 : 기록보관: 전자기록

005755

	보관
	243.509 운전규칙 승인
Subpart G	시스템 품질시험
Subpart H	개인 자격 요건 : 궤도종사원, 신호종사원, 차량종사원
Subpart I	배전 : 경고신호, 허가요건, 변전소 출입허가, 비상장치, 공중횡단보도, 안전작업규칙
부 록 A	시민 벌칙의 계획
부 록 B	기관실 및 승객실의 구조재 및 내장재에 사용되는 재료의 가연성 및 연기방출 특성에 대한 시험성능 기준
부 록 C	철도 안전 - 중요 운전규칙

3. 캐나다의 철도안전관리시스템(Safety Management System)

가. 철도 안전관리의 목표설정

캐나다 철도는 정량화가 가능하고, 목표설정에 의미 있으며, 실현 가능한 연도별 안전 성취목표를 설정하고, 연도별 목표준수를 위한 세부시행계획을 수립하여 중간 과정을 확인, 추적하고 이를 반복적으로 피드백 하여 차년도 안전관리계획에 반영하고 있다.

<표 2-1-4> 캐나다 철도의 안전 성취 목표 사례

구 분	1999	2000	2001	2002
20만 시간당 발생한 부상자 수				
FRA 부상자	3.80	3.50	3.20	3.00
비FRA 부상자	6.10	5.50	5.20	4.80
100만 여객마일 당 열차사고 수				
FRA 열차 사고(건널목 제외)	2.50	2.30	2.10	2.00
도로 열차 사고	1.25	1.15	1.05	1.00
조차장 열차 사고	1.25	1.15	1.05	1.00
비FRA 열차 사고(건널목 제외)	38.0	36.0	32.0	30.0
건널목 사고	4.15	4.01	3.89	3.77

나. 위험도 평가를 기반으로 하는 안전관리 시스템

(1) 위험도 평가

안전 문제/관심사는 위험도 분류기법을 사용하여 발생빈도 및 심각 도를 정성적 또는 정량적으로 평가하여 관련 위험도가 수용가능한지, 경감하여 수용가능한지, 또는 수용 불가한지 평가한다.

(2) 안전관리 시스템

위험도 관리는 위험도를 수용한다는 뜻이 아니고 위험요인을 파악하고 이를 감소 또는 제거하기 위한 작업을 한다는 것이다. 안전관리시스템에는 다음 단계들을 포함하는 정형화된 위험도 관리절차가 포함되어 있다.

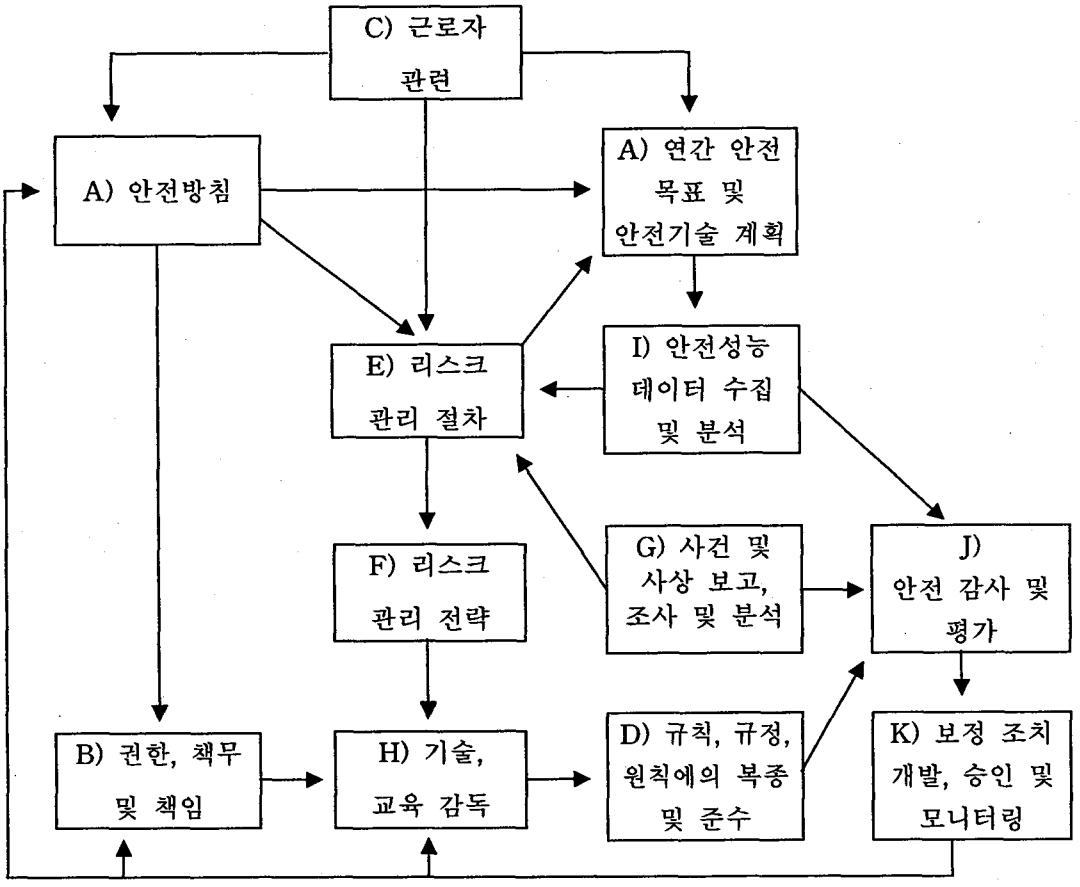
(가) 철도의 위험도 관리절차와 연계한다.

(나) 목표 달성하기 위한 안전기술 계획, 관련된 시간계획 및 절차를 평가하는 자료의 수집

(다) 목표에 따른 연간 성취도 평가계획을 수립한다.

(라) 안전성취 목표에 대한 연간 검토 및 개정 또는 재확인 사항을 포함한다.

다. 캐나다 철도 안전관리계획의 주요내용 및 절차



<그림 2-1-11> 캐나다 철도 안전관리계획의 주요내용 및 절차

4. 호주의 철도 안전관리 매뉴얼

호주의 모든 철도 관리자와 철도 운영자는 Transport Infrastructure Act (1994)에 따른 안전승인을 받아야 하며, 주정부 교통감독국은 철도 관리자 및 철도 운영자와

함께 일을 하면서 승인을 획득에 도움을 주는 모든 가능한 지침을 제공하고, 승인요건 지속성을 보장하며, 의무사항 준수를 위한 업무를 전담한다.

가. 법령에 의한 철도 안전관리의 요건

(1) 경쟁의 조성과 다른 운영자의 접근 허용

(2) 시설관리자와 다른 운영자에게 기반시설과 차량의 효과적인 관리와 그 방법을 허용하는 체계의 제공

(3) 철도 교통산업에서 적절한 안전 수준을 유지하기 위한 안전 인증 시스템의 도입

나. 철도 안전성능개선을 위한 안전관리 매뉴얼

철도안전관리 매뉴얼은 철도산업계에 대한 안전승인의 절차 지침과 승인된 철도에 대한 지속적인 승인사항의 만족여부 보장, 사고보고 및 조사 요구사항을 제공하며, 다음 사항을 다룬다.

(1) 철도 안전정책 : 철도 안전에 대한 정부의 전략적 정책 기술

(2) 철도 안전승인지침 : 현대적인 위험관리원칙을 적용한 철도 안전관리 시스템 개발세부 요구사항, 철도 안전승인 획득 절차, 승인 유지를 위한 지속 요건

(3) 철도 중대사고/사건 대응전략 : 전략 목표는 적절한 사고조사와 재발방지

(4) 철도 일반사고/사건 보고지침 : 전략 목표는 경향분석에 의한 적절한 대응책 강구

다. 안전관리 매뉴얼에 따른 승인문서(안전관리계획서) 내용

승인문서는 운영의 전제조건으로서 그 안전 적성을 검증하는 수단이다. 요구되는 상세한 수준은 철도조직사이에서도 위험수준과 운영범위에 따라 달라질 수 있다. 중요 쟁점사항을 명확히 제시해야 하고 그러한 쟁점사항에 대한 확신과 신뢰를 충분히 제공해야 하며, 지원 세부사항은(다른 문서에 포함될 수도 있는) 분명한 상호연관성을 가져야 한다. 승인 문서의 내용(Content of Accreditation Documentation)에서 요구되는 주요 문제는 다음 세 가지 분야이다.

(1) 철도운영 조직 측면; 세부조직구성, 목적 및 적용범위, 운영 상황 기술, 자산,

재정능력, 이전의 철도이력, 접근 승인권, 안전정책 및 안전 성능수준

(2) 위험도를 판별하기 위한 위험관리 절차

(3) 위험도 관리에 사용되는 제어를 포함한 안전관리 시스템

(가) 운영 조직

안전 핵심 책임을 가진 직원의 책임한계와 자격을 포함한 조직도 및 조직 내에서 관리되고 처리되는 위험도의 처리 방법을 기술한다.

운영상황

㉮ 교통흐름, 교통 빈도, 수송량, 지역적 경계, 신호시스템 등을 포함한 운영상의 활동에 대한 상세사항 기술

㉯ 주상호간 운영을 위해 지정된 경로의 세부사항

② 자산(Assets) : 다음과 같은 운영자산에 대한 세부목록

㉮ 역사

㉯ 신호와 열차제어 센터

㉰ 차량 형식과 수량

㉱ 기반시설 경로(신호시스템과 전기시스템 세부사항)

③ 재정 능력(Financial Capacity)

㉮ 안전규제자에게 모든 가능한 잠재적인 철도사고를 책임지는 재정능력 또는 공적인 위험도 보장 조치의 입증

㉯ 충분한 책임을 질 수 있는 조직에 의한 공적인 위험도 보증 제공과 보험금 결정

④ 이전 철도 이력(Previous Rail History)

㉮ 철도운영에 대한 사고이력을 포함한 이전의 이력사항

⑤ 접근 승인 권리(Right of Access)

㉮ 법령이 요구하는 접근승인 권리의 입증, 접근승인 협약의 부분으로서 간주할 필요가 있는 안전 인터페이스 요건의 명문화

⑥ 안전 정책(Safety Policy)

㉮ 조직의 안전정책을 이행하기 위한 위험도 관리와 조치에 대한 그 공약사항

⑦ 안전성능 수준(Safety Performance Levels)

㉮ 기획한 안전성능 수준의 달성 방법을 제시해야 하고, 가능한 위험도를 낮 출 수 있음을 보장하는 일정계획 포함

(나) 위험도 관리(Risk Management)

위험도 평가 부분은 문서의 중요 부분이며 안전관리 시스템의 핵심으로서, 이들 위험도 평가 과정이 안전에 영향을 미치는 의사결정시 사용되는 핵심수단임을 입증해야 한다.

① 위험도 규정 : 허용가능 위험도, 대체로 수용 가능한 위험도를 결정하는 체계를 상세히 규정할 필요가 있으며, 잔존 위험도를 어떻게 ALARP 수준으로 관리할지를 규정할 필요가 있다. Australian Standard AS 4360 Risk Management는 위험도 관리 절차의 수립과 시행을 위한 유용한 기초자료로서 ISO/IEC Guide 51 규격을 충실히 따르고 있다.

② 자격자 지명 : 조직은 적절한 자격을 가진 사람을 지명하여 위험도 평가의 조언을 받고, 보다 외부전문가를 포함하여 복잡한 위험도 평가법의 사용 시기를 결정할 필요가 있다. 이것은 문서상에 그 개인의 책임으로 반영되어야 한다.

③ 위험도 평가 : 활동에 부과되는 모든 중요 위험도를 자체적으로 인식하고자 추구하는 방법과 그러한 조치수단이 현재 존재하는지 또는 계획되어 있는지를 판별하는 방법을 입증할 필요가 있으며, 이것이 타당하고 실행 가능한지 여부를 고려해야 한다. 또한 이러한 평가 결과가 관계직원에게 전달되는 정보의 보급 방법을 입증해야 한다.

④ 효용성 검토 : 계획대비 진행과정을 감시하는 조치와 책임의 적정성과 위험도 평가의 결과에 따라 실행 수단의 효용성이 재검토되는 방법을 보장할 필요가 있다. 위험도 판별과 제어의 업무사례가 도움이 될 것이지만, 그러나 사례에 제시한 위험도 등급 규모는 신청자의 특별한 요건에 따라 이 모델의 변경이 요구된다면 수정할 필요가 있다.

라. 안전관리 시스템(Safety Management System)

안전관리 시스템은 위험도를 관리하기 위해 수행되는 문서화된 제어체계이다.

(1) 안전관리 제어의 4가지 기본요소

(가) 조직의 중요 위험도를 제어하기 위해 판별, 요구되는 제어수단

(나) 안전관리시스템에 포함되며 부록 B에 기술된 AS4292.1의 의도를 만족하는 제어

(다) 안전규제자가 설정한 어떤 조건을 만족할 필요가 있는 제어

(라) 조직에 의해 자체적으로 부과되는 추가적인 제어

(2) 안전규제자의 요구사항

(가) 정책 : 각 주어진 주제에 대한 조직상의 정책은 무엇인가 /

(나) 책임 : 정책집행의 책임자는 누구이며 어떤 훈련/자격이 필요 한가/

(다) 계획 : 정책을 달성하기 위해 조직이 하고자 하는 것은 무엇인가/

(라) 감시 : 계획 추진의 보장을 위해 조직은 무엇을 어떻게 감시해야 하는 가/

(마) 검토 : 정책, 결과 및 제어기구의 효용성을 조직은 언제, 어떻게 검토해야 하는 가/

※ 주 : 승인 신청 조직은 이 5가지 접근법을 정확히 따를 필요는 없지만, 그러나 이들 5가지 사항이 그들 과정 내에 투영됨을 보장하도록 요구받는다.

마. 승인문서의 재검토

(1) 승인된 문서는 언제든 현재의 조직, 위험도 및 제어 기구를 반영해야 한다.

(2) 승인된 철도관리자/철도운영자는 서면으로 문서개정을 신청할 수 있다.

(3) 응급조치이외에 중요한 문서의 변경에 앞서 안전규제자에 의한 승인을 구해야 한다.

(4) 승인된 변경사항이 조직전체를 통해 필요한 곳에 영향을 미칠 수 있도록 보장하는 기구조직이 있어야 한다.

(5) 문서의 현실성을 보장하도록 정기적인 년차 검토를 수행해야 하며, 검토결과는 안전규제자에게 보고해야 한다.

바. 준수 감사(Compliance Audit)

감사는 안전규제자와 승인된 철도가 공동으로 철도안전성능을 공개적이고 협조적인 방향으로 검토할 수 있는 기회를 제공한다. 감사는 다음사항 보장을 위해 수행된다.

(1) 조직의 안전관리 시스템 준수

(2) 안전규제자에게 공약한 사항의 실행

5. 국내·외 기술수준의 비교

가. 국내·외 기술수준 비교표

<표 2-1-5> 분야별 국내·외 기술수준 비교표

분야	선진국	국내	기술격차
SE기반 철도안전체계	철도안전 규제시스템 구축 (계획, 심사/승인, 실행, 모니터링, 사고조사/대응, 피드백, 비용-효과 분석)	철도공사 자체 안전관리 실행(구조개편 이후 규제시스템 준비 중)	50%
시스템안전프로그램	MIL-STD-882(C) SSPP 국가표준 SMS 개발/적용	원자력/항공 분야 등 적용	60%
철도안전규정체계	철도안전법 제정/적용 기술 분야별 안전/기술기준 수립/적용	철도안전법 세부시행규정 및 지침 마련	50%
중대 사고방지기술	탈선/충돌/화재 방지기술 개발 및 설계 적용	정적/동적 현상 분석 및 시뮬레이션	50%
안전도평가를 시험시설기반	충돌시험시설, 화재시험시설	시험시설 전무	10%

나. 기술동향에 대한 분석 및 예상 연구 성과에 대한 검토

철도종합안전기술개발사업의 목적은 철도안전 관리체계와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하여 급증하는 기술적·사회적 안전 위협요소에 적극 대응하고자함과 동시에, 철도시스템에 대한 종합 안전대책과 철도안전법의 효율적·기술적 시행기반 마련하는데 있다. 또한 사업이 완성되는 시점인 2010년에는 철도안전성능 정량화 달성 목표를 범국가적 철도종합안전시스템 구축과 시행에 의하여 대형 철도사고 발생률 및 사망률을 선진국 수준으로 저감시키는데 그 목표를 두고 있다. 따라서 선진국과의 단순한 기술수준 격차 비교보다는 리스크 기반의 철도시스템 안전 성능목표를 달성하는데 있어서 안전관리시스템의 구성요소라고 할 수 있는 체계(안전정책 및 규제시스템), 기술(안전성능 평가 및 중대사고 방지기술) 및 인프라(안전성능 시험평가

기반)요소에 대한 기술수준 비교 및 사업목표수준 검토가 필요하다고 할 수 있다. 다음 표는 대형 철도사고(화재, 충돌/탈선, 건널목사고 등) 예방 및 방지에 영향을 미칠 수 있는 안전체계 구성요소별 기술수준 격차를 줄여서 아래의 사업목표를 달성하기 위한 방안을 제시하고 있다.

- 철도사고 사망자 80% 감소 : 연간 252명('03년) → 50명('09년)
- 중대열차 사고율 50% 감소 : 백만km당 0.06건 → 0.03건
- 열차운전 사고율 50% 감소 : 백만km당 0.8건 → 0.4건

<표 2-1-6> 안전관리시스템의 구성요소의 기술수준 비교 및 사업목표수준 검토

철도사고	빈도(P)	심각도(C)	위험도(R=P×C)	평가항목	만점		현재 수준		사업 목표수준	
					Score(S)	Weighted Score(W=R×S)	Score(S)	Weighted Score(W=R×S)	Score(S)	Weighted Score(W=R×S)
화재	2	10	20	체계	100	2000	30	600	100	2000
				기술	100	2000	50	1000	70	1400
				인프라	100	2000	30	600	60	1200
충돌/탈선	10	3	30	체계	100	3000	10	300	100	3000
				기술	100	3000	50	1500	70	2100
				인프라	100	3000	10	300	60	1800
건널목	50	0.4	20	체계	100	2000	80	1600	100	2000
				기술	100	2000	90	1800	90	1800
				인프라	100	2000	90	1800	90	1800
사상	38	0.8	30.4	체계	100	3040	40	1216	80	2432
				기술	100	3040	30	912	70	2128
				인프라	100	3040	30	912	50	1520
				Overall Safety Score	30120		Overall Safety Score	12540	Overall Safety Score	23180
				Overall Safety %	100%		Overall Safety %	41.6%	Overall Safety %	77.0%

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 요구사항(SR) 문서

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** SE - SR01 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

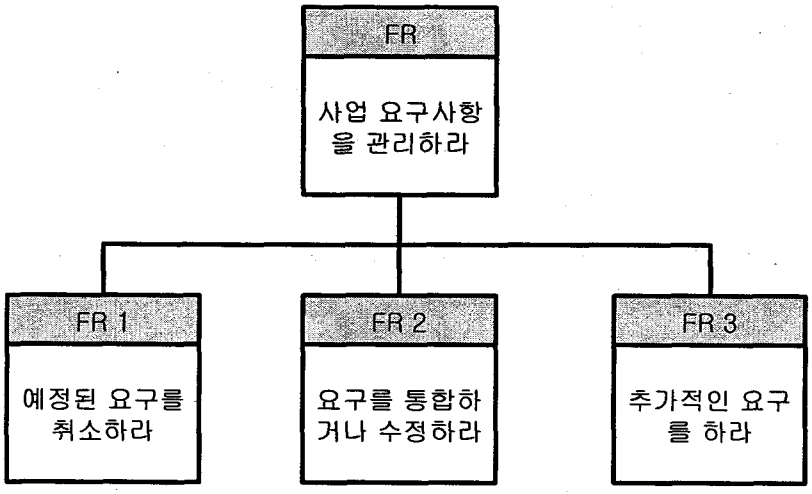
1.1 프로젝트는 사업 요구사항 변경관리를 수행한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 요구사항(SR) 문서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 0 명칭	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

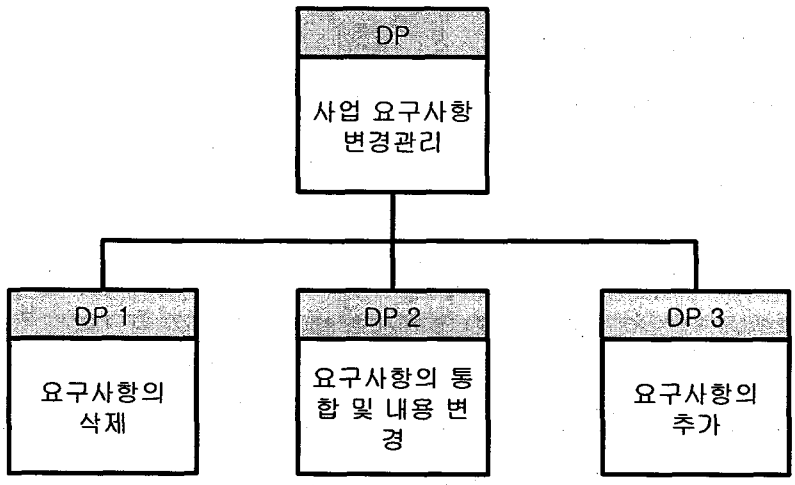
- 요구사항은 위험요인 해결에 적합하게 선정 되었는가
- 과제별 요구사항의 깊이와 폭은 적절 한가
- 요구사항의 시작시점과 완료시점은 적절히 선택 되었는가
- 전과제의 요구사항은 RFP를 충실히 반영하고 있는 가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-1-1> 요구사항(SR)문서의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-1-2> 요구사항(SR)문서의 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

본 절에서는 『SR 1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정 업무를 수행한다.』 중 『SR 1.4 프로젝트는 사업 요구사항 변경관리를 수행한다.』에 해당되는 내용으로 시스템 요구사항을 만족시키기 위해서 구축된 사업 요구사항의 변경 관리를 수행하였고, 업데이트 된 위험원 목록을 사용하여 해당 요구사항을 변경하였다.

나. 설계기준

National Airspace System 의 시스템 엔지니어링 매뉴얼, Nasa 시스템 엔지니어링 핸드북, Incose 시스템 엔지니어링 핸드북 등의 절차를 참고하여 사업 요구사항 변경 관리가 수행되었다.

다. 성과물의 내용 및 결과

(1) 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄

철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-1> 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원 (신규)	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.				
1.1	프로젝트는 사업 요구사항 변경관리를 수행한다.		2004.10	2011.08	Modify
1.2	프로젝트는 PM체계를 재정립한다.		2004.10	2006.08	
1.3	프로젝트는 SEMP를 작성하고 통합, 조정한다.		2004.10	2011.08	

1.4	프로젝트는 통합WBS체계를 구축, 운용한다.		2004.10	2011.08	
1.5	프로젝트는 사업 성과물 Peer - Review 체계 적용방안을 도출해야한다.		2004.10	2006.08	
1.7	프로젝트는 철도안전관리체계구축을 위한 기본요구사항을 작성한다.		2005.08	2006.08	
1.8	프로젝트는 철도중대사고평가기술개발 기본요구사항을 검토한다.		2005.08	2006.08	
1.9	프로젝트는 철도안전성 분석시스템 기본요구사항을 검토해야 한다.		2005.08	2006.08	Modify
1.10	프로젝트는 과제별 산출물을 정의한다.		2005.08	2011.08	
1.11	프로젝트는 과제 간 인터페이스를 정의하고 연계체계를 구축한다.		2005.08	2011.08	Modify
1.12	프로젝트는 철도안전관리체계구축과 중대사고평가기술개발을 위한 기능요구사항을 검토한다.		2006.08	2007.08	Modify
1.14	프로젝트는 철도안전성 분석시스템 기능 및 안전요구사항을 검토해야 한다.		2006.08	2008.08	Modify
1.16	프로젝트는 철도안전성 분석시스템 기능 검증 및 절차서를 개발, 적용해야 한다.		2008.08	2010.08	Modify
1.17	프로젝트는 철도안전성 분석시스템 통합 요구사항검증 및 절차를 개발, 적용해야 한다.		2009.08	2011.08	Modify
2	프로젝트는 철도안전법에 근거하여 안전기준의 제도화를 지원해야 한다.				
2.1	시스템 안전요건(안전규정) 대상 및 기술기준 개발체계 정의	체계 _15, 17	2004.10	2005.08	
2.2	안전관리규정의 체계화 방안 도출		2005.08	2006.08	
2.3	프로젝트는 년차별 제도화 대상 연구 성과물을 선정해야 한다.		2006.08	2011.08	Add
2.4	프로젝트는 제도화 대상 연구 성과물의 논증 요구사항을 작성하고 논증한다.		2006.08	2011.08	Modify

3	프로젝트는 철도안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.				
3.1	철도안전체계주체 권한/책무분석, 정의 및 할당	체계_15,17	2004.10	2005.08	
3.2	철도안전종합계획 수립절차 제시		2004.10	2005.08	
3.3	철도안전종합계획 지침서 작성		2005.08	2006.08	
3.4	리스크평가/안전성능 기반 정량적 목표 수립 방안		2004.10	2005.08	
3.5	프로젝트는 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침을 작성하여야 한다.		2006.08	2008.08	Add
3.6	프로젝트는 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차를 작성하여야 한다.		2006.08	2008.08	Add
3.7	안전규정 및 철도안전기준의 추적관리에 필요한 기술적 안전심사 통합 및 검증		2007.08	2011.08	Modify
3.8	프로젝트는 철도안전성 분석시스템을 통합하고 현장적용성에 대하여 검증(평가)해야 한다.		2009.08	2011.08	Modify
4	프로젝트는 안전평가시험시설 구축 계획을 통합 조정한다.				
4.1	프로젝트는 안전평가시험시설의 구축계획을 수립하고 운영해야 한다.	체계_06,07	2006.08	2011.08	Modify
4.2	프로젝트는 시험시설의 기본(일반) 사양서를 작성하여야 한다.		2005.08	2006.08	
4.3	프로젝트는 국내외 시험설비 공동 활용 방안을 제시한다.		2005.08	2006.08	
4.4	프로젝트는 시험시설 통합을 위한 총괄조정업무를 지원하기 위한 연구(요구사항 분석, 설계검토)를 수행해야 한다.		2006.08	2011.08	
4.7	안전평가시험시설 구축계획의 검증 및 논증		2007.08	2008.08	

(2) 철도차량 안전기준 및 체계 구축

철도차량 안전기준 및 체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-2> 철도차량 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 일반/고속/도시철도 차량안전규정체계를 구축해야 한다.				
1.1	프로젝트는 철도차량 안전규정 체계를 구축하여야 한다.	체계_07, 화재_01	2007.08	2008.08	
2	프로젝트는 동력차/객차/화차 안전기준을 개발해야 한다.				
2.1	프로젝트는 객차 안전기준을 수립하여야 한다.	체계_07, 화재_01~02	2005.08	2006.08	
2.2	프로젝트는 동력차 안전기준을 정립하여야 한다.	체계_07, 화재_01~03	2006.08	2007.08	
2.3	프로젝트는 화차 안전기준을 수립하여야 한다.	체계_07, 충돌_10, 탈선_10, 탈선_12	2007.08	2008.08	
4	프로젝트는 탈선 안전에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.				
4.1	프로젝트는 열차의 비상제동거리 기준을 정립하여야 한다.	충돌_01, 탈선_02, 탈선_07	2005.08	2006.08	
4.2	프로젝트는 탈선계수 측정 및 산정기준을 정립하여야 한다.	탈선_03	2005.08	2006.08	
4.3	프로젝트는 철도차량의 전복방지 기준을 정립하여야 한다.	체계_07, 탈선_02	2006.08	2007.08	
4.4	프로젝트는 대차프레임의 결함검사기준을 정립하여야 한다.		2006.08	2007.08	
4.5	프로젝트는 차륜의 결함검사기준을 정립하여야 한다.		2006.08	2007.08	
4.6	프로젝트는 차축의 결함검사기준을 정립하여야 한다.		2006.08	2007.08	
4.7	프로젝트는 윤축용 베어링 성능기준을 정립하여야 한다.		2007.08	2008.08	

4.8	프로젝트는 현수장치 안전기준을 정립하여야 한다.		2007.08	2008.08	
5	프로젝트는 충돌 안전에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.				
5.1	프로젝트는 차체구조 강도기준을 정립하여야 한다.(차종별 하중조건에 따른 세부기준)	체계_07, 충돌_16	2005.08	2006.08	
5.2	프로젝트는 연결기 안전세칙을 정립하여야 한다.(연결부 형태 포함)	충돌_16	2005.08	2006.08	
5.3	프로젝트는 유리창 안전기준을 정립하여야 한다.	체계_07, 충돌_17	2005.08	2006.08	
5.4	프로젝트는 타고 오름 방지장치 안전기준을 정립하여야 한다.	충돌_18	2005.08	2006.08	
5.5	프로젝트는 충돌안전도 설계통칙을 정립하여야 한다.(표준충돌사고 각본)	충돌_16~17	2006.08	2007.08	
5.7	프로젝트는 차량실내 충돌안전기준을 정립하여야 한다.	충돌_16~17	2006.08	2007.08	
5.8	프로젝트는 의자 안전기준을 정립하여야 한다.	체계_07, 충돌_17	2006.08	2007.08	
5.9	프로젝트는 승강용 출입문 안전세칙을 정립하여야 한다.	체계_07, 충돌_17	2006.08	2007.08	
5.10	프로젝트는 장애물제거기 충돌안전기준을 정립하여야 한다.	체계_07, 충돌_17	2007.08	2008.08	
5.11	프로젝트는 완충차막이 안전기준을 정립하여야 한다.	체계_07, 충돌_17	2007.08	2008.08	
5.13	프로젝트는 전두부 충격 관통방지기준을 정립하여야 한다.	충돌_17	2007.08	2008.08	
6	프로젝트는 화재 안전에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.				

6.1	프로젝트는 철도차량용 내장재료의 난연 기준을 정립하여야 한다.(내장판, 의자, 통로 연결 막, 바닥재, 단열재 등)		2005.08	2006.08	
6.2	프로젝트는 철도차량 소화기 비치 기준을 정립하여야 한다.	화재_09	2005.08	2006.08	
6.3	프로젝트는 열차비상용품(종류와 수량) 기준을 정립하여야 한다.	화재_09	2005.08	2006.08	
6.5	프로젝트는 철도차량용 전선 난연성 및 연소가스 안전기준을 정립하여야 한다.	화재_09	2006.08	2007.08	
6.6	프로젝트는 비상창문 기준을 정립하여야 한다.	화재_10	2006.08	2007.08	
6.7	프로젝트는 객실 내 공기 질 기준을 정립하여야 한다.	화재_10, 사상_08	2006.08	2007.08	A
6.8	프로젝트는 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준을 정립하여야 한다.	화재_08	2007.08	2008.08	
6.9	프로젝트는 화재 시 탈출 및 대피 기준을 정립하여야 한다.	화재_10	2007.08	2008.08	A
6.10	프로젝트는 화재차단막 기준을 정립하여야 한다.	화재_09	2007.08	2008.08	
6.11	프로젝트는 자동소화 장치 설비 기준을 정립하여야 한다.	화재_09	2007.08	2008.08	
7	프로젝트는 인터페이스에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.				
7.1	프로젝트는 철도차량 유지관리 계획의 작성기준 및 수립절차를 정립하여야 한다.	체계_07, 탈선_02	2005.08	2006.08	
7.2	프로젝트는 철도차량 유지보수 기록관리 절차를 수립하여야 한다.		2005.08	2006.08	

7.3	프로젝트는 철도차량 표기 기준을 정립하여야 한다.		2005.08	2006.08	
7.4	프로젝트는 객차의 기압변화에 따른 세부 기준을 정립하여야 한다.		2005.08	2006.08	
7.5	프로젝트는 철도차량 제원 산정기준을 정립하여야 한다.		2005.08	2006.08	
7.7	프로젝트는 차량-궤도 인터페이스를 수립하여야 한다.	체계_07, 탈선_02, 탈선_03	2005.08	2006.08	
7.9	프로젝트는 차량-승무원 인터페이스를 수립하여야 한다. (운전실 기기배치 안전기준)	사상_04	2006.08	2007.08	
7.10	프로젝트는 차량-전력 인터페이스를 수립하여야 한다.	체계_07, 탈선_02	2006.08	2007.08	
7.12	프로젝트는 차량-신호 인터페이스를 수립하여야 한다.		2007.08	2008.08	
7.13	프로젝트는 차량전기 안전세칙을 수립하여야 한다.		2007.08	2008.08	

(3) 철도시설 안전기준 및 체계 구축

철도시설 안전기준 및 체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-3> 철도시설 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도시설 안전체계를 구축하여야 한다.				
1.1	프로젝트는 국내외 철도시설 안전관리 체계 분석하여야 한다.		2004.10	2006.08	
1.2	프로젝트는 광역철도 안전관리 체계를 구축하여야 한다.	체계_18~21, 화재_06,12 사상_01~03	2005.08	2006.08	Add

2	프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.				
2.1	프로젝트는 궤도 안전기준을 작성하여야 한다. (궤도구조, 선로변, 안전구역 등)	체계_06,18~21, 탈선_01	2005.08	2008.08	
2.2	프로젝트는 노반 안전기준을 작성하여야 한다. (토공(제방 및 절토), 선로지하횡단시설 등)	체계_06,18~21, 탈선_01	2005.08	2008.08	
2.3	프로젝트는 구조물(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다. (교량, 터널, 건축한계/진입통제 등)	체계_06, 18~21, 충돌_11, 탈선_13	2005.08	2008.08	
2.4	프로젝트는 역 시설(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다. (승강장, 출입구, 방화시설/대책 등)	체계_06, 18~21, 화재_06	2005.08	2008.08	
3	프로젝트는 건널목 안전기준을 작성하여야 한다.				
3.1	프로젝트는 건널목 구조 및 설치기준을 작성하여야 한다. (일반지침, 설치기준 등)	체계_08~10, 건널목_01~09	2005.08	2008.08	
3.2	프로젝트는 건널목 안전설비 및 관리기준을 작성하여야 한다. (설비기준(교통안전표지, 차단기, 경보기, 고장표시 등))		2005.08	2008.08	
4	프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.				
4.1	프로젝트는 전철전력설비 안전기준을 작성하여야 한다. (전력, 변전, 송전, 전철 등)	체계_10	2005.08	2008.08	
4.2	프로젝트는 정보통신 설비 안전기준을 작성하여야 한다. (선로	체계_09, 화재_05	2005.08	2008.08	

	변/역사 화재방지, 터널/역사 탈출, 비상대응관련 등)				
4.3	프로젝트는 신호제어설비 안전기준을 작성하여야 한다. (열차진로제어, 열차속도제어, 선로장애물감지, 열차이선진로진입방지)	체계_08 충돌_01~03,10,12 탈선_12, 14	2005.08	2008.08	
5	프로젝트는 인터페이스 및 종합시험운행 절차서를 작성하여야 한다.				
5.1	프로젝트는 종합시험운행 지침/절차서를 작성하여야 한다. (종합시험운행 총괄, 시설물검증시험, 영업시운전 등)		2005.08	2008.08	
5.2	프로젝트는 차량/선로구조물 인터페이스 관련기준을 작성하여야 한다.	체계_06, 충돌_09, 탈선_11	2006.08	2008.08	

(4) 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축

철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-4> 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도분야 안전핵심 소프트웨어 안전성 관리체계를 구축해야 한다.				
1.1	프로젝트는 철도시스템 소프트웨어 안전규정을 조사 분석하여야 한다.	탈선_02 체계 _07~09,17	2004.10	2006.08	
1.3	프로젝트는 철도소프트웨어 안전성 수명주기별 관리기준(안)을 제시하여야 한다.		2005.08	2006.08	(SSR Num. 변동)

1.4	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전성 요구사양 기준(안)을 제시하여야 한다.		2005.08	2006.08	(SSR Num. 변동)
1.5	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전규정 프로세스 DB를 구축하여야 한다.		2005.08	2006.08	Add
1.6	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전성 활동조직의 안전관리 조직체계 및 책임기준을 제시하여야 한다.		2006.08	2007.08	Delete (SSR 1.3에서 이동)
1.7	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 구조기준(안)을 제시하여야 한다.		2006.08	2007.08	
1.8	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 설계 및 실행기준(안)을 제시하여야 한다.		2006.08	2007.08	
1.9	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 검증 및 시험기준(안)을 제시하여야 한다.		2006.08	2007.08	
1.10	프로젝트는 철도안전 소프트웨어/하드웨어 통합기준(안)을 제시하여야 한다.		2006.08	2007.08	
1.11	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 확인기준(안)을 제시하여야 한다.		2007.08	2008.08	
1.12	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 평가기준(안)을 제시하여야 한다.		2007.08	2008.08	
1.13	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 품질보증기준(안)을 제시하		2007.08	2008.08	

	여야 한다.				
1.14	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 유지보수기준(안)을 제시하여야 한다.		2007.08	2008.08	
1.15	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 DB를 구축하여야 한다.		2004.10	2005.08	Add
1.17	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전규정 개발관련 DB를 구축하여야 한다.		2006.08	2007.08	Add
1.18	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전규정 평가관련 DB를 구축하여야 한다.		2007.08	2008.08	Add
1.19	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전성 평가조직의 안전관리 조직체계 및 책임기준을 제시하여야 한다.		2007.08	2008.08	Delete (SSR 1.4에서 이동)
2	프로젝트는 철도시스템이 사용되는 Programmable제어설비의 RAMS 검증체계를 구축해야 한다.				
2.1	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전관리 조직체계 및 책임기준을 제시하여야 한다.	탈선_02 체계 _07~09,17	2005.08	2006.08	Add (SSR 1.2에서 이동)
2.2	프로젝트는 Programmable제어설비 RAMS관련규격의 기본 적용방안을 제시하여야 한다.		2005.08	2006.08	
2.3	프로젝트는 철도시스템에 사용되는 Programmable제어설비의 RAMS 체계 적용을 위한 개발자 프로세스를 제시하여야 한다.		2006.08	2007.08	
2.4	프로젝트는 철도시스템에 사용되는 Programmable제어설비의		2007.08	2008.08	

	RAMS 체계 적용을 위한 평가자 프로세스를 제시하여야 한다.				
2.5	프로젝트는 철도시스템에 사용되는 Programmable제어설비의 RAMS 검증체계를 조사 분석하여야 한다.		2004.10	2006.08	(SSR Num. 변동)

(5) 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축

철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-5> 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도 비상사태(위험물 수송/테러 사고 포함)에 대한 비상사태 대응 시나리오를 개발해야 한다.				
1.1	프로젝트는 대응 시나리오의 레벨을 설정하여야 한다.	체계_18 충돌_08 탈선_08 화재_04, 08~11	2004.10	2007. 08	
1.2	프로젝트는 대응 시나리오의 중요 이벤트를 설정하여야 한다.		2004.10	2007. 08	
1.3	프로젝트는 Worst case 시나리오를 설정하여야 한다.		2004.10	2007. 08	
2	프로젝트는 비상사태 피해확산 시나리오별 사고대응절차를 개발해야 한다.				
2.1	프로젝트는 심각도 평가 모델을 정립해야 한다.	체계_18	2006.08	2007. 08	
2.2	프로젝트는 ESF 평가 모델을 정립하여야 한다.		2006.08	2007. 08	
3	프로젝트는 비상사태 비상대응절차를 개발해야 한다.				

3.1	프로젝트는 오감에 의한 비상사태 초기인식 방안 및 전파체계를 구축하여야 한다.	체계_15,19 충돌_08, 탈선_08, 화재_04, 08~11	2005.08	2007. 08	
3.2	프로젝트는 비상대응 시나리오 이벤트의 Activity-Action diagram을 정의하고 도출하여야 한다.		2005.08	2007.08	
3.3	프로젝트는 Activity-Action Diagram을 활용하여 비상대응 절차를 개발하여야 한다.		2005.08	2007. 08	
3.4	프로젝트는 비상대응직원의 책임과 역할을 정립하여야 한다.		2005.08	2007. 08	
3.5	프로젝트는 비상대응 현장 지휘체계를 구축하여야 한다.		2005.08	2007. 08	
3.6	프로젝트는 비상대응 통신망 운영체제/자동안내방송체계/비상대응지도 등을 구축하여야 한다.		2005.08	2007. 08	
3.7	프로젝트는 비상대응 표준운영절차의 전산모델을 구축하여야 한다.		2005.08	2007. 08	
4	프로젝트는 비상대응절차서의 교육 및 훈련에 관한 현장 보급하는 방안을 수립해야 한다.				
4.1	프로젝트는 비상대응 모의 훈련 시나리오를 구축하여야 한다.	체계_19, 충돌_08, 탈선_08, 화재_04, 08~11	2007.08	2008. 08	
4.2	프로젝트는 비상대응 매뉴얼 교육 프로그램을 구축하여야 한다.		2007.08	2008. 08	
4.3	프로젝트는 비상대응 훈련 평가지침서를 구축하여야 한다.		2007.08	2008. 08	

(6) 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축

철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-6> 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도 사고유형을 분류해야 한다.				
1.1	프로젝트는 철도 사고유형별 원인분류 표준모델 제시한다.	체계_17,19	2004.01	2005.08	
2	프로젝트는 철도사고 기본위험분석(PHA)을 수행해야 한다.				
2.1	프로젝트는 국내외 철도 사고사례 수집해야 한다.	체계_17	2004.01	2005.08	
2.2	프로젝트는 국내외 철도 사고원인 분석해야 한다.	체계_17	2004.01	2005.08	
2.3	프로젝트는 철도 시스템 기본위험분석(PHA)-수명주기별/기술 분야별 위험분석을 해야 한다.	체계_17	2004.01	2005.08	
3	프로젝트는 철도 사고 진전 시나리오를 개발해야 한다.				
3.1	프로젝트는 철도사고 진행단계별 사고발생 시나리오 기술개발을 해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
3.2	프로젝트는 철도사고 위험요인의 중대사고(충돌, 탈선, 화재 등) 진전기구를 전개해야 한다.	체계_17	2006.08	2007.08	
4	프로젝트는 철도사고 위험추적기술을 개발해야 한다.				
4.1	프로젝트는 철도사고 유형/ 진행단계별 위험추적 기술개발을 해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
5	프로젝트는 철도 사고유형별 위험발생확률 평가기술을 개발해야 한다.				
5.1	프로젝트는 철도사고 고장수형분석(FTA)을 수행해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
5.2	프로젝트는 철도사고 유형별 위험확률의 정량평가 기술개발을 해야 한다.	체계_17	2006.08	2007.08	
5.3	프로젝트는 철도사고 원인-결과 전개단계별 위험확률의 정량평가 기술	체계_17	2007.08	2008.08	

	개발을 해야 한다.				
6	프로젝트는 철도 사고유형별 결과심각도 평가기술을 개발해야 한다.				
6.1	프로젝트는 철도사고 사건수형분석(ETA)을 수행해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
6.2	프로젝트는 철도사고 유형별 위험요인 진전에 따른 심각도 평가 모델을 전개해야한다.	체계_17	2006.08	2007.08	
6.3	프로젝트는 철도시스템 안전요건의 변경에 따른 심각도 평가 모델을 전개해야 한다.	체계_17	2006.08	2007.08	
7	프로젝트는 철도시스템 위험도 평가기술을 개발해야 한다.				
7.1	프로젝트는 국내외 사고사례 통계를 수집/분석해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
7.2	프로젝트는 국내외 사고사례 결과피해 자료 수집/분석해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
7.3	프로젝트는 국내외 위험도 평가시스템 기술개발 현황 분석해야 한다.	체계_17	2005.08	2006.08	
7.4	프로젝트는 위험도평가 전산 모듈을 개발해야 한다.	체계_17	2005.08	2009.08	A
7.5	프로젝트는 사고유형별 발생확률-피해심각도 평가를 통한 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	체계_17	2007.08	2008.08	
7.6	프로젝트는 사고유형별 위험도 평가결과의 사고 D/B와의 연계성 검토를 해야 한다.	체계_17	2007.08	2008.08	
7.7	프로젝트는 철도 사고유형별, 기술분야별, 수명주기별 위험도 평가지표를 제시해야 한다.	체계_17	2008.08	2009.08	
7.8	프로젝트는 철도시스템 변경요인 발생에 따른 위험도 평가 절차를 제시해야 한다.	체계_17	2008.08	2009.08	

7.9	프로젝트는 철도시스템 변경요인 발생에 따른 위험도 관리를 절차 제시해야 한다.	체계_17	2008.08	2009.08	
7.10	프로젝트는 위험도평가 전산 통합 전산 모듈 개발해야 한다.	체계_17	2008.08	2009.08	A
8	프로젝트는 철도시스템 핵심위험요인-안전요건 관리기술(RVM)을 개발한다.				
8.1	프로젝트는 철도시스템 위험요인 할당과 안전규정 요건과의 연계성을 부여해야 한다.	체계_17	2006.08	2007.08	
8.2	프로젝트는 철도시스템 위험요인의 안전기준 요건 할당해야 한다.	체계_17	2007.08	2008.08	
8.3	프로젝트는 철도시스템 위험요인과 안전기준의 연계성을 평가해야 한다.	체계_17	2008.08	2009.08	
8.4	프로젝트는 철도시스템 위험요인과 사고D/B와의 적합성을 검증해야 한다.	체계_17	2008.08	2009.08	
9	프로젝트는 철도 사고/장애 표준분류코드를 개발해야 한다.				
9.1	프로젝트는 사고/장애 표준분류(보고)코드를 제시해야 한다.	체계_19	2005.08	2006.08	
11	프로젝트는 철도시스템 안전투자 비용/편익 분석기술을 개발해야 한다.				
11.1	프로젝트는 철도시스템 위험우선 순위 선정 및 생명가치(VPF) 기술을 개발해야 한다.	체계_17,18	2009.08	2010.08	
11.2	프로젝트는 위험예방 대책의 비용-효과 평가에 의한 안전개선 목표를 제시해야 한다.	체계_17,18	2009.08	2010.08	
11.3	프로젝트는 철도 위험도평가 최적화 전산 모듈 개발해야 한다.	체계_17,18	2007.08	2008.08	A

(7) 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발

안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-7> 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발 과제 요구사항 문서

No.	SR	위원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도 안전작업수행자의 인적오류 관리 기준을 개발해야한다.				
1.1	프로젝트는 일반철도 기관사의 인적오류 관리 기준을 정립하여야 한다.	체계_01~05 충돌_04~07, 13~15 탈선_04~07, 15~17 건널목_05,08	2006. 9.	2007.8.	D
1.2	프로젝트는 고속철도 기장의 인적오류 관리 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
1.3	프로젝트는 도시철도 기관사의 인적오류 관리 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
1.4	프로젝트는 사령(관제요원)의 인적오류관리 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
1.5	프로젝트는 핵심안전취급자의 인적오류관리 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
1.6	프로젝트는 기관사, 사령, 핵심안전취급자의 인적오류 특성을 분석해야 한다.		2006.9	2007.8	A
1.7	프로젝트는 기관사, 사령, 핵심안전취급자의 인적오류 관리 기술 기준을 정립하여야 한다.		2006.9	2007.8	A
2	프로젝트는 기관차 운행 작업 수행자 자격요건 관리 기준을 개발해야 한다.				
2.1	프로젝트는 일반철도 기관사의 자격관리기술 기준을 정립하여야 한다.	체계_01~05 충돌_04~07,	2006. 9.	2007.8.	D

2.2	프로젝트는 고속철도 기장의 자격관리기술 기준을 정립하여야 한다.	13~15 탈선 _04~07, 15~17	2006. 9.	2007.8.	D
2.3	프로젝트는 도시철도 기관사의 자격관리기술 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
2.4	프로젝트는 국철 기관사, 도시철도 기관사의 자격관리 기술기준을 정립하여야 한다.		2006.9.	2007.8	A
3	프로젝트는 철도 안전작업수행자 업무적성 평가기준을 개발해야 한다.				
3.1	프로젝트는 일반철도 기관사의 업무적성 평가기술 기준을 정립하여야 한다.	체계_01~05 충돌 _04~07, 13~15 탈선 _04~07, 15~17	2006. 9.	2007.8.	D
3.2	프로젝트는 고속철도 기관사의 업무적성 평가기술 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
3.3	프로젝트는 도시철도 기관사의 업무적성 평가기술 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
3.4	프로젝트는 사령(관제요원)의 업무적성 평가기술 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
3.5	프로젝트는 핵심 안전취급자의 업무적성 평가기술 기준을 정립하여야 한다.		2006. 9.	2007.8.	D
3.6	프로젝트는 신체, 피로, 스트레스, 환경 등과 업무적성 평가와의 상관관계를 분석하여야 한다.		2006.9	2007.8	A
3.7	프로젝트는 기관사, 사령, 핵심		2006.9	2007.8	A

	안전취급자의 업무적성 평가 기술 기준을 정립하여야 한다.				
4	프로젝트는 철도 안전작업수행자의 인적오류 관리 시행지침을 개발해야한다.				
4.1	프로젝트는 일반철도 기관사의 인적오류 관리 시행지침을 정립하여야 한다.	체계_01~05 충돌 _04~07, 13~15 탈선 _04~07, 15~17 건널목 _05,08	2007. 8.	2008.8	
4.2	프로젝트는 고속철도 기장의 인적오류 관리 시행지침을 정립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
4.3	프로젝트는 도시철도 기관사의 인적오류 관리 시행지침을 정립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
4.4	프로젝트는 사령(관제요원)의 인적오류관리 시행지침을 정립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
4.5	프로젝트는 핵심안전취급자의 인적오류관리 시행지침을 정립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
5	프로젝트는 기관차 운행 작업 수행자 자격요건 관리 시행지침을 개발해야 한다.				
5.1	프로젝트는 일반철도 기관사의 자격관리 시행지침을 수립하여야 한다.	체계_01~05 충돌 _04~07, 13~15 탈선 _04~07, 15~17	2007. 8.	2008.8	
5.2	프로젝트는 고속철도 기장의 자격관리 시행지침을 수립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
5.3	프로젝트는 도시철도 기관사의 자격관리 시행지침을 수립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	

6	프로젝트는 철도 안전작업수행자 업무적성 평가 시행지침을 개발해야 한다.				
6.1	프로젝트는 일반철도 기관사의 업무적성 평가 시행지침을 수립하여야 한다.	체계_01~05 충돌_04~07, 13~15 탈선_04~07, 15~17	2007. 8.	2008.8	
6.2	프로젝트는 고속철도 기장의 업무적성 평가 시행지침을 수립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
6.3	프로젝트는 도시철도 기관사의 업무적성 평가 시행지침을 수립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
6.4	프로젝트는 사령(관제요원)의 업무적성 평가 시행지침을 수립하여야 한다.		2007. 8.	2008.8	
6.5	핵심안전취급자의 업무적성 평가 시행지침		2007. 8.	2008.8	
7	프로젝트는 비상대응절차서의 검토기준을 제시해야 한다.				
7.1	프로젝트는 비상대응절차서 검토기준을 수립하여야 한다.	체계_01~05	2006.9	2007.8	
7.2	프로젝트는 운전메뉴얼 개발 기준을 수립하여야 한다.		2006.9	2007.8	D
7.3	프로젝트는 안전업무종사자 훈련 프로그램 개발기준을 수립하여야 한다.		2006.9	2007.8	D
7.4	프로젝트는 비상대응절차의 행위별 적정 수행시간요건을 도출하여야 한다.		2006.9	2007.8	A
7.5	프로젝트는 인적오류 측면의 비상대응시나리오를 검토하여 의견을 제시하여야 한다.		2006.9	2007.8	A

8	프로젝트는 안전업무종사자의 인적오류 관리 및 업무적성 평가에 대한 제도화 요건을 도출하여야 한다.				
8.1	프로젝트는 인적오류 관리 및 업무적성 평가의 제도화에 대한 현업종사자의 의견을 수렴해야 한다.	체계_01~05 충돌 _04~07, 13~15 탈선 _04~07, 15~17	2005. 9	2006. 9	
8.2	프로젝트는 철도안전작업수행자의 직무특성 분석 및 오류관리 제도화요건을 도출하여야 한다.		2005. 9	2006. 9	
8.3	프로젝트는 운행작업 수행자 자격요건에 대한 사례분석 및 기본요건을 개발해야 한다.		2005. 9	2006. 9	
8.4	프로젝트는 철도 안전작업수행의 업무적성 평가 사례분석 및 기본요건을 도출해야 한다.		2005. 9	2006. 9	
8.5	프로젝트는 각종 산업계의 인적오류 분석 및 평가 관리 관련 고시, 기술기준을 분석하여야 한다.		2006.9	2007.8	A

(8) 안전업무종사자 교육훈련체계 구축

안전업무종사자 교육훈련체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-8> 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 국제산업표준 MNS (Modeling and Simulation)기술 기반의 철도기관사 운전직무 수행능력 평가 시뮬레이터를 개발하여야 한다.				
1.1	프로젝트는 기관사 자격요건 관리 기준 및 지침을 분석해야 한다.	체계_16,19	2006.9	2007.8	Add
1.2	프로젝트는 안전업무종사자 업무적성평가기준 및 지침을 분석해야		2006.9	2007.8	Add

	한다.				
1.3	프로젝트는 해외훈련시뮬레이터의 구조를 분석해야 한다.		2006.9	2007.8	Add
1.4	프로젝트는 기존 국내 시뮬레이터의 재활용 구성요소를 분석해야 한다.		2006.9	2007.8	Add
1.5	프로젝트는 철도기관사 운전직무 수행능력 평가시뮬레이터 개발환경을 구축해야한다.		2007.8	2008.8	Add
1.6	프로젝트는 철도기관사 운전직무 수행능력 평가시뮬레이터의 구조를 개발해야 한다.		2008.9	2009.8	
1.7	프로젝트는 철도기관사 운전직무 수행능력 평가시뮬레이터를 개발해야 한다.		2009.9	2010.8	
2	프로젝트는 국내 철도환경에 적합한 인적오류의 원인-결과 분석 및 대응방안 도출을 위한 인적오류 행위 개선 기법을 개발한다.				
2.1	프로젝트는 국내외 산업계의 인적오류 분석체계 현황을 분석해야 한다.	체계_01~05 충돌_04~07 탈선_04~10 기타_2	2005.9	2006.8	Add
2.2	프로젝트는 철도 인적오류 분석체계의 기본구조를 설계해야 한다.		2005.9	2006.8	Add
2.3	프로젝트는 철도 인적오류 분석체계의 절차를 개발해야 한다.		2006.9	2007.8	Add
2.4	프로젝트는 철도 인적오류 분석체계의 분석 및 보고양식을 개발해야 한다.		2006.9	2007.8	Add
2.5	프로젝트는 철도안전업무 종사자 인적오류 행위 개선체계를 현업에 적용하여 피드백을 받아야 한다.		2007.9	2008.8	

2.6	프로젝트는 인적오류 분석 체계와 시뮬레이터간의 인터페이스 기본 구조를 설계해야 한다.		2007.9	2008.8	
2.7	프로젝트는 현업 적용 결과를 토대로 인적오류 행위 개선체계를 개선해야 한다.		2008.9	2009.8	
2.8	프로젝트는 인적오류 개선체계와 시뮬레이터 연계 교육 방안을 설계해야 한다.		2008.9	2009.8	
2.9	프로젝트는 인적오류 행위 개선체계를 현장에 보급해야 한다.		2009.9	2010.8	
3	프로젝트는 철도기관사의 운전 직무 수행도 저해 인적요인 분석 및 평가를 위한 시험평가 설비를 구축한다.				
3.1	프로젝트는 철도기관사의 직무수행능력 시험평가 요건을 도출해야 한다.	체계_16,19	2005.9	2006.8	Add
3.2	프로젝트는 시험평가를 위한 H/W, S/W 구성 요소를 도출해야 한다.		2005.9	2006.8	Add
3.3	프로젝트는 멀티미디어 데이터 관리 개념을 설계해야 한다.		2005.9	2006.8	Add
3.4	프로젝트는 기관사 운전감시 및 제어 행위 관측 수집 구조를 설계해야 한다.		2006.9	2007.8	Add
3.5	프로젝트는 오디오/비디오 및 신체거동 관측 수집 구조를 설계해야 한다.		2006.9	2007.8	Add
3.6	프로젝트는 직무행위 관측 및 수집자료 관리체계의 개념을 설계해야 한다.		2006.9	2007.8	Add

3.7	프로젝트는 철도기관사 직무수행 시험설비를 개발해야 한다.		2007.9	2008.8	
3.8	프로젝트는 직무수행 시험설비와 시뮬레이터간의 인터페이스 기본 구조를 설계해야 한다.		2008.9	2009.8	
3.9	프로젝트는 직무수행 시험설비와 시뮬레이터를 통합해야 한다.		2009.9	2010.8	

(9) 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축

위험물 수송 안전기준 및 체계 구축 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-9> 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 위험물 수송사고 안전성평가 기술을 개발해야 한다.				
1.1	프로젝트는 위험물 사고의 원인 및 사고 MODE를 분석하여야 한다.	기타_01,02 사상_08	2005.10	2006.10	
1.2	프로젝트는 위험물의 성상 및 위험물 수송사고 발생 빈도를 분석하여야 한다.		2005.10	2006.10	
1.3	프로젝트는 위험물 사고 시나리오를 분석하여야 한다.		2005.10	2006.10	
1.4	프로젝트는 위험물 사고 피해 영향을 분석하여야 한다.		2005.10	2008.10	
1.5	프로젝트는 위험물 사고 위험성 평가를 수행하여야 한다.(F-N Curve 작성)		2005.10	2008.10	
1.6	프로젝트는 위험물 수송사고 안전성 평가 연계 소프트웨어를 개발하여야 한다.		2005.10	2008.10	
2	프로젝트는 위험물 수송시스템의 안전체계를 구축해야 한다.				

2.1	프로젝트는 위험물 수송, 취급 및 관리의 국제 안전기준을 분석하여야 한다.	기타_02	2005.10	2006.10	
2.2	프로젝트는 위험물 수송차량의 운행현황, 수송경로 및 인구 밀도 분석을 통해 최적의 수송시스템 안전체계를 구축하여야 한다.		2005.10	2006.10	
2.3	프로젝트는 위험물 수송사고 예방 Checklist를 개발하여야 한다.		2005.10	2007.10	
2.4	프로젝트는 위험물 수송차량 테러리스트 공격에 대한 대응방안을 수립하여야 한다.		2006.10	2008.10	
2.5	프로젝트는 위험경감대책 및 방안을 DB화하여야 한다.		2007.10	2008.10	
2.6	프로젝트는 소프트웨어 신뢰성 및 논리성을 검토하여야 한다.		2007.10	2008.10	
3	프로젝트는 위험물 수송 화물차량의 안전 기준을 개발해야 한다.				
3.1	프로젝트는 기존 위험물 수송차량의 설계 안전기준을 분석하여야 한다.	기타_01	2005.10	2007.10	
3.2	프로젝트는 현 위험물 수송차량의 각 차종별 설비 및 문제점을 조사하여야 한다.		2005.10	2006.10	
3.3	프로젝트는 위험물 수송차량의 운행현황 및 설계 안전기준을 개발하고 제시하여야 한다.		2005.10	2008.10	Modify
3.4	프로젝트는 차량의 안전기준 항목을 도출하여야 한다.		2005.10	2006.10	
3.5	프로젝트는 국내 위험물 수송차량의 안전기준을 제시하여야 한다.		2006.10	2007.10	Delete (3.3과

					통합)
3.6	프로젝트는 위험물질 수송차량의 정적 하중에 대한 취약부 평가기준을 개발하여야 한다.		2006.10	2008.10	
3.7	프로젝트는 위험물질 수송차량의 피로 하중에 대한 취약부 평가기준을 개발하여야 한다.		2006.10	2008.10	
3.8	프로젝트는 위험물질 수송차량의 비파괴 진단기술을 개발하여야 한다.		2006.10	2008.10	
4	프로젝트는 위험물 수송용기 및 장치의 안전 기준을 개발하여야 한다.				
4.1	프로젝트는 국내 위험물 수송용기 및 장치의 안전기준을 점검하여야 한다.	기타_01 사상_08	2006.10	2007.10	
4.2	프로젝트는 위험물 수송용기 및 장치의 운행현황 및 설계 안전기준을 개발하여야 한다.	기타_01 사상_08	2006.10	2008.10	
4.3	프로젝트는 위험물질 적재 및 하역설비의 안전성 평가 기준을 개발하여야 한다.	기타_02 사상_08	2006.10	2008.10	
5	프로젝트는 위험물 수송, 취급 및 관리 안전 기준을 개발하여야 한다.				
5.1	프로젝트는 위험물 수송, 취급 및 관리 안전기준을 개발하여야 한다.	기타_01 사상_08	2005.10	2008.10	
5.2	프로젝트는 수송용기의 안전기준 항목을 도출하여야 한다.	기타_02 사상_08	2006.10	2007.10	

(10) 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발

철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-10> 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 공학적 기반의 안전정보 분석체계를 구축하기 위한 전략을 수립하여야 한다.				
1.1	프로젝트는 철도중대사고 안전평가를 위한 입출력 자료의 표준화를 위한 전략을 수립해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
1.2	프로젝트는 고장, 부품 수명/신뢰도 정보에 대한 표준화 방안을 연구해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
2	프로젝트는 위험도평가에 기반한 철도안전성 분석용 정보DB를 개발하여야 한다.				
2.1	프로젝트는 국내 철도운영기관의 사고/장애/고장 정보를 수집해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
2.2	프로젝트는 국외 철도운영기관의 사고 정보를 수집해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
2.3	프로젝트는 안전성 분석을 위한 철도사고/운전 장애 DB 시스템의 기본사양을 작성해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
2.4	프로젝트는 안전성 분석을 위한 철도사고/운전 장애 정보 DB를 설계해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
3	프로젝트는 위험도평가에 기반한 철도안전 분석 정보관리프로세스를 개발하여야 한다.				
3.1	프로젝트는 철도시스템 분류에 따른 위험분석 연계 방안을 도출하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2006.08	2007.08	Modify
3.2	프로젝트는 철도 중대사고 안전성	체계	2006.08	2007.08	Modify

	평가 통합방안을 개발하여야 한다.	_06~11,18~21			
4	분석시스템은 철도안전요구사항 분석프로세스를 포함하여야 한다.				
4.1	프로젝트는 안전성 분석을 위한 철도운행시설장비 운영 절차를 분석해야 한다.	체계_06~11,18~21	2006.08	2007.08	신규
4.2	프로젝트는 안전성 분석을 위한 안전요구사항분석 절차서를 개발하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2006.08	2007.08	신규
5	프로젝트는 안전성을 평가 및 분석하는 통합시스템을 개발해야 한다.				
5.1	프로젝트는 2차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	신규
5.2	프로젝트는 3차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2006.08	2007.08	신규
5.3	프로젝트는 4차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2007.08	2008.08	신규
5.4	프로젝트는 5차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2008.08	2009.08	신규
5.5	프로젝트는 6차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2009.08	2010.08	신규
5.6	프로젝트는 7차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	체계_06~11,18~21	2010.08	2011.08	신규
5.7	프로젝트는 안전성 분석을 위한 안전요구사항 관리 시스템을 개발하	체계_06~11,18~	2006.08	2007.08	신규

	여야 한다.	21			
5.8	프로젝트는 안전성 분석을 위한 운영기관의 인적자원정보 관리 절차를 분석해야 한다.	체계_06~11,18~21	2007.08	2008.08	신규
5.9	프로젝트는 안전성 분석을 위한 공인기관의 시험, 진단및 인증자료 관리 절차를 제시해야 한다.	체계_06~11,18~21	2007.08	2008.08	신규
5.10	프로젝트는 안전성 평가를 위한 엔지니어링기반의 위험분석,평가,대책,시행,검토,공학적 사고장애 해석 안전정보를 분석해야 한다.	체계_06~11,18~21	2007.08	2008.08	신규
5.11	프로젝트는 운영기관의 안전성을 평가하기 위한 해석기반의 시스템을 개발해야 한다.	체계_06~11,18~21	2008.08	2009.08	신규
5.12	프로젝트는 안전성 평가를 위한 공학적 위험 예측정보 관리절차를 제시해야 한다.	체계_06~11,18~21	2008.08	2009.08	신규
5.13	프로젝트는 안전성 분석을 위한 공학적 위험 예측 운영시스템을 개발해야 한다.	체계_06~11,18~21	2008.08	2009.08	신규
5.14	프로젝트는 안전성 향상을 위한 교육홍보자료 운영 절차를 분석해야 한다.	체계_06~11,18~21	2009.08	2010.08	신규
5.15	프로젝트는 안전성 향상을 위한 대책기술자료 관리 절차를 분석해야 한다.	체계_06~11,18~21	2009.08	2010.08	신규
5.16	프로젝트는 의사결정지원정보 관리 절차를 개발해야 한다.	체계_06~11,18~21	2009.08	2010.08	신규
5.17	프로젝트는 안전성 기반의 의사결	체계	2009.08	2010.08	신규

	정지원시스템을 개발해야 한다.	_06~11,18~21			
5.18	프로젝트는 안전성 분석 통합 시스템 운영에 요구되는 절차를 제시해야 한다.	체계_06~11,18~21	2010.08	2011.08	신규
5.19	프로젝트는 안전성 분석 통합 시스템을 개발해야 한다.	체계_06~11,18~21	2010.08	2011.08	신규
5.20	프로젝트는 시제품 발주 설계서를 작성해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
5.21	프로젝트는 착수년도에 시제품제작사와 총괄 계약을 해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
5.22	프로젝트는 안전성 분석을 위한 위험도기반의 철도사고/ 운전 장애 정보 DB를 개발해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
5.23	프로젝트는 안전성 분석을 위한 사고/운전 장애 정보 분석 DB운영시스템을 구축해야 한다.	체계_06~11,18~21	2005.08	2006.09	
5.24	프로젝트는 안전성 분석에 요구되는 위험도 기반의 의사결정시스템 프레임 개발방안을 도출하여야한다.	체계_06~11,18~21	2006.08	2007.08	Modify

(11) 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발

철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-11> 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발 과제 요구사항 문서

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 충돌안전도를 개선한 차체표준 성능모델을 개발해야 한다.				
1.1	프로젝트는 고속철도 전두부 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.	충돌_16 충돌_16	2005.09	2010.08	
1.2	프로젝트는 고속철도 동력객차 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.		2007.08	2010.08	
1.3	프로젝트는 고속철도 운전자 보호 구조 모듈을 개발하여야 한다.		2008.08	2010.08	
1.4	프로젝트는 일반철도 전두부 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.		2005.09	2010.08	
1.5	프로젝트는 일반철도 객차 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.		2007.08	2010.08	
1.6	프로젝트는 일반철도 발전차 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.		2008.08	2010.08	
1.7	프로젝트는 일반철도 운전자 보호 구조 모듈을 개발하여야 한다.		2008.08	2010.08	
1.8	프로젝트는 전동차 전두부 하부구조를 개발하여야 한다.		2007.08	2010.08	
2	프로젝트는 충돌 시 승객의 생존가능성 증대방안을 수립해야 한다.				
2.1	프로젝트는 표준 충돌사고 시나리오를 수립하여야 한다.	충돌_16,18 사상_04	2005.09	2007.08	
2.2	프로젝트는 차종별 충돌설계 가이드라인을 수립하여야 한다.		2006.09	2007.08	
2.3	프로젝트는 급제동시 열차의 충돌안전성능 향상 방안을 수립하여야 한다.		2006.09	2008.08	Add

3	프로젝트는 충돌에 의한 탈선 및 타고오름 사고 예측기술을 개발해야 한다.				
3.1	프로젝트는 충돌 후 비정상적 거동을 예측하여야 한다.	충돌_18	2007.08	2010.08	
4	프로젝트는 에너지 흡수식 충돌안전장치 표준 성능모델을 개발해야 한다.				
4.1	프로젝트는 완충차막이를 개발하여야 한다.	충돌_16 사상_04	2006.09	2009.08	
4.2	프로젝트는 에너지 흡수식 연결기를 개발하여야 한다.	충돌_16,17 사상_04	2005.09	2009.08	
4.3	프로젝트는 승객보호용 충격에너지 흡수식 의자를 개발하여야 한다.	충돌_16 사상_04	2007.08	2010.08	
4.4	프로젝트는 에너지 흡수식 연결기의 충돌안전 성능평가기술을 개발하여야 한다.	충돌_16 사상_04	2006.09	2009.08	
4.5	프로젝트는 완충차막이의 충돌안전 성능평가기술을 개발하여야 한다.	충돌_16 사상_04	2008.08	2009.08	
5	프로젝트는 차체구조 충돌안전성능평가기술을 개발해야 한다.				
5.1	프로젝트는 에너지 흡수구조의 해석적 평가기술을 개발하여야 한다.	충돌_16	2005.09	2010.08	
5.2	프로젝트는 에너지 흡수구조의 시험적 평가기술을 개발하여야 한다.		2006.09	2010.08	
5.3	프로젝트는 열차 전복시 객실 압괴 평가기술을 개발하여야 한다.		2009.08	2010.08	
6	프로젝트는 차체구조 충돌안전성능평가 시험설비를 구축해야 한다.				
6.1	프로젝트는 장비 설계 엔지니어링을 수행하여야 한다.	충돌_16	2005.09	2008.08	
6.2	프로젝트는 실차 충돌시험 장비를 구축하여야 한다.		2007.08	2010.08	
6.3	프로젝트는 정적압괴장비를 구축하여야 한다.		2007.08	2010.08	
6.4	프로젝트는 SHPB를 구축하여야 한다.		2009.08	2010.08	

7	프로젝트는 탑승자의 충돌 상해치 평가기술을 개발해야 한다.				
7.1	프로젝트는 철도차량용 의자의 충돌안전 성능평가기술을 개발하여야 한다.	충돌_17 사상_04	2008.08	2010.08	
7.2	프로젝트는 철도승객 Sled test 시험기법을 연구하여야 한다.		2007.08	2009.08	
7.3	프로젝트는 열차 승객 상해치 기준을 연구하여야 한다.		2006.09	2008.08	
8	프로젝트는 탑승자의 충돌상해평가 시험설비를 구축해야 한다.				
8.1	프로젝트는 자동차 Sled test 장비와의 시험 연계 방안을 수립하여야 한다.	충돌_17 사상_04	2007.08	2009.08	
9	프로젝트는 공중사상자의 피해저감 방안을 제시해야 한다.				
9.1	프로젝트는 충돌시 공중인명 거동을 분석하여야 한다.	충돌_17 사상_04	2005.09	2008.08	
9.2	프로젝트는 구명장치 feasibility를 연구하여야 한다.		2005.09	2009.08	
9.3	프로젝트는 구명장치 실용화를 수행하여야 한다.		2009.08	2010.08	

(12) 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발

열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-12> 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발 과제 요구사항

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 열차제어시스템에 의한 국내외 사고발생 현황을 분석해야 한다.				
1.1	프로젝트는 국내 열차제어시스템 운용현황 및 사고발생현황을 분석하여야 한다.	충돌 _01~15 탈선 _04~17	2005.09	2006.9.	
1.2	프로젝트는 열차제어시스템 위험원		2005.09	2010.09	

	을 분석하여야 한다.				
2	프로젝트는 열차제어시스템 안전성 평가기술을 개발해야 한다				
2.1	프로젝트는 열차제어시스템 안전성 평가기술을 조사 분석하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17	2005.09	2007.09	
2.2	프로젝트는 열차제어시스템 안전성 평가기술을 개발하여야 한다.		2006.09	2010.09	
3	프로젝트는 열차제어시스템 소프트웨어 안전성 평가기술을 개발하여야 한다.				
3.1	프로젝트는 열차제어시스템 소프트웨어 안전성 평가기술을 개발하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17	2005.09	2010.09	
3.2	프로젝트는 열차제어시스템 안전핵심 소프트웨어 테스팅 기술을 개발하여야 한다.		2006.09	2010.09	
4	프로젝트는 열차제어시스템 사고방지에 관련된 기술을 조사 분석해야 한다.				
4.1	프로젝트는 열차제어시스템 사고방지기술을 조사 분석하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17	2005.09	2006.9.	
5	프로젝트는 열차제어시스템 안전향상 핵심기술을 개발하여야 한다				
5.1	프로젝트는 열차제어시스템을 위한 결함허용 시스템 기술을 분석하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17 충돌	2005.09	2006.8.	
5.2	프로젝트는 열차제어시스템을 위한 결함허용 시스템 기술을 개발하여야 한다.		2006.09	2010.9.	
5.3	프로젝트는 열차제어시스템 안전핵심 소프트웨어의 설계기술을 조사 분석하여야 한다.		2005.09	2007.09	
5.4	프로젝트는 열차제어시스템 안전핵심 소프트웨어의 정형기법에 의한		2006.09	2010.09	

	설계기술을 개발하여야 한다.				
5.5	프로젝트는 선로전환결함 방지기술을 분석하고 요구사항을 제시하여야 한다.		2009.09	2010.09	Add
5.6	프로젝트는 열차제어장치에 의한 열차분리 검지 기술을 분석하고 요구사항을 제시하여야 한다.		2008.09	2010.09	Add
7	프로젝트는 열차제어시스템 안전성 평가 및 사고방지기술개발을 위한 모의열차제어시스템을 설계 제작하여야 한다.				
7.1	프로젝트는 안전성평가기술 적용을 위한 대상 열차제어시스템을 선정하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17	2006.09	2007.09	
7.2	프로젝트는 안전성평가기술 적용을 위한 모의열차제어시스템을 설계하고 제작하여야 한다.		2006.09	2009.09	
7.3	프로젝트는 모의 열차제어장치 설계 및 제작을 위한 적용성 기술을 개발하여야 한다.		2006.09	2010.09	
8	프로젝트는 안전성 평가를 위한 열차제어시스템 소프트웨어 시험장치를 개발해야 한다.				
8.1	프로젝트는 열차제어시스템 소프트웨어 안전성 평가를 위한 시험기를 분석하고 설계하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17	2007.09	2008.09	
8.2	프로젝트는 열차제어시스템 소프트웨어 안전성 평가를 위한 시험기를 제작하여야 한다.		2008.09	2009.09	
8.3	프로젝트는 모의열차제어시스템 소프트웨어의 안전성을 평가하여야 한다.		2009.08	2010.09	
9	프로젝트는 안전성 평가를 위한 열차제어시스템 안전성능평가 모의 시험				

	기를 개발해야 한다.				
9.1	프로젝트는 안전성 평가를 위한 열차제어시스템 안전성능평가 모의 시험기를 분석하고 설계하여야 한다.	충돌_01~15 탈선_04~17	2007.09	2009.09	
9.2	프로젝트는 안전성 평가를 위한 열차제어시스템 안전성능평가 모의 시험기를 제작하여야 한다.		2009.09	2010.09	
9.3	프로젝트는 모의열차제어시스템의 안전성을 평가하여야 한다.		2009.09	2010.09	

(13) 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발

철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-13> 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제 요구사항

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 차량/궤도 결함에 따른 탈선안전성 평가기술을 개발해야 한다.				
1.2	프로젝트는 윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상에 의한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	탈선_02	2005.09	2008.09	
1.3	프로젝트는 곡선부 통과 시 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	탈선_01	2005.09	2009.09	
1.4	프로젝트는 분기부에 대한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	탈선_01,05	2005.09	2009.09	
1.5	프로젝트는 플랜지 마모에 의한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	탈선_02	2005.09	2009.09	
1.6	프로젝트는 측풍에 의한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	체계_12 탈선_03	2005.09	2010.09	Add

1.7	프로젝트는 윤축피로 및 레일구름 접촉 피로손상에 의한 탈선 대책 기술을 개발해야 한다.	탈선_02	2008.09	2009.09	
1.8	프로젝트는 곡선부 통과 시 탈선 대책기술을 개발해야 한다.	탈선_01	2010.09	2011.09	
1.9	프로젝트는 분기부에 대한 탈선 대책기술을 개발해야 한다.	탈선_01,05	2009.09	2011.09	
1.10	프로젝트는 플랜지 마모에 의한 탈선 대책기술을 개발해야 한다.	탈선_02	2010.09	2011.09	
1.11	프로젝트는 측풍에 의한 탈선 대책기술을 개발해야 한다.	체계_12 탈선_03	2010.09	2011.09	Add
1.12	프로젝트는 지진에 의한 탈선 위험도 평가 및 규제기준을 개발해야 한다.	체계_13 탈선_01	2005.09	2011.09	Add
1.13	프로젝트는 흑서기 장대레일에 의한 탈선 위험도 평가 및 규제기준을 개발해야 한다.	체계_12 탈선_01	2006.09	2011.09	Add
4	프로젝트는 탈선안전성 시험평가기술을 개발해야 한다.				
4.1	프로젝트는 탈선안전성 시험평가 시설을 구축하여야 한다.	탈선_03	2005.09	2010.09	
4.2	프로젝트는 탈선안전성 시험평가 기술을 개발하여야 한다.	탈선_03	2005.09	2011.09	
6	프로젝트는 탈선사고 위험 감시시스템을 개발해야 한다.				
6.1	프로젝트는 차량하부결함 감시경보시스템을 개발해야 한다.	탈선_02	2005.09	2011.09	Modify
6.2	프로젝트는 차륜이상 감시장치를 개발해야 한다.	탈선_02	2006.09	2011.09	Add(0701)
6.3	프로젝트는 차축압입부 접촉피로 손상검지장치를 개발해야 한다.	탈선_02	2006.09	2009.09	Add(0701)
6.4	대차진동을 이용한 궤도 이상감시	탈선_01	2006.09	2011.09	Add(070

	경보기술을 개발해야 한다.				1)
6.5	프로젝트는 레일절손 감시경보시스템을 개발해야 한다.	탈선_01	2007.09	2011.09	Add(0701)

(14) 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발

철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-14> 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 과제 요구사항

No.	SR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
1.1	프로젝트는 철도건널목에 정지된 도로교통차량의 검지 장치 기술을 검토해야 한다.	건널목_01~03 사상_04	2005.09	2006.09	
1.2	철도건널목에 정지된 도로교통차량의 검지 장치 설계를 하여야 한다.		2006.09	2007.09	
1.3	철도건널목에 정지된 도로교통차량의 검지 장치 제작 및 시범구축을 하여야 한다.		2007.09	2010.09	
2	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
2.1	프로젝트는 고속으로 이동하는 열차와의 원활한 통신을 위한 RF 특성에 대해 선행 분석해야 한다.	건널목_01~03	2005.09	2006.09	
2.2	프로젝트는 열차로의 정보전송을 위한 정보전송시스템을 기술검토하고 설계하여야 한다.		2006.09	2008.09	
2.3	프로젝트는 열차로의 정보전송을 위한 정보전송시스템을 제작하고 시범 구축하여야 한다.		2008.09	2009.09	
3	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
3.1	프로젝트는 열차와의 연계를 통한 안전	건널목	2007.09	2008.09	

	성 확보방안을 수립하여야 한다.				
3.2	건널목 정보송신장치와의 인터페이스 모듈을 제작하고 시범 구축하여야 한다.	_01~03 사상_04	2008.09	2010.09	
3.3	프로젝트는 열차와의 인터페이스 모듈을 제작하고 시범 구축하여야 한다.		2008.09	2010.09	
4	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
4.1	프로젝트는 도로이용자에게 가변정보시스템을 이용하여 정보를 제공하기 위한 방안을 작성하여야 한다.	건널목 _04~09 사상_04	2006.09	2007.09	
4.2	프로젝트는 철도건널목 통과 열차의 가감속을 고려하여 실시간 속도 및 도달시간을 측정하고 전송할 수 있는 장치를 설계하여야 한다.		2007.09	2008.09	
4.3	프로젝트는 철도건널목 통과 열차의 가감속을 고려하여 실시간 속도 및 도달시간을 측정하고 전송할 수 있는 장치를 제작하고 시범 구축하여야 한다.		2008.09	2010.09	
5	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
5.1	프로젝트는 철도건널목을 통과하는 차량에의 실시간 정보현시 장치를 설계하여야 한다.	건널목 _04~09 사상_04	2006.09	2008.09	
5.2	프로젝트는 철도건널목을 통과하는 차량에의 실시간 정보현시 장치를 제작하고 시범 구축하여야 한다.		2008.09	2010.09	
6	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
6.1	프로젝트는 건널목 지장 철도측 현시신호기의 시인성 평가기법을 개발하여야 한다.	건널목 _04~06 사상_04	2005.09	2006.09	
6.2	프로젝트는 건널목 지장 철도측 현시		2005.09	2006.09	

	신호기의 시인성 평가용 검지장치를 개발하여야 한다.				
7	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
7.1	프로젝트는 건널목 동작 해석 시뮬레이터를 설계하여야 한다.	건널목 _04~06	2005.09	2006.09	
7.2	프로젝트는 건널목 동작 해석 시뮬레이터를 제작하여야 한다.		2006.09	2007.09	
8	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.				
8.1	프로젝트는 건널목 인접교차로 연계신호장치의 기술을 검토하고 설계하여야 한다.	건널목 _07~09	2007.09	2008.09	
8.2	프로젝트는 건널목 인접교차로 연계신호 장치를 제작하여야 한다.		2008.09	2009.09	
8.3	프로젝트는 건널목 인접교차로 연계신호 장치를 시범 구축하여야 한다.		2009.09	2010.09	

(15) 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발

철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제의 요구사항 문서는 아래 표에 정리하였다.

<표 3-1-15> 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제 요구사항

No.	SSR	위험원	시작시점	완료시점	비고
1	프로젝트는 철도차량 화재안전도 시험 및 평가 기법을 개발해야 한다.				
1.1	프로젝트는 철도차량 화재안전도 평가 절차서를 개발하여야 한다.	화재_08	2005.11	2010.11	Modify
2	프로젝트는 철도차량 화재 시나리오를 분석하고 및 시뮬레이션 예측 기법을 정립해야 한다.				
2.1	프로젝트는 차량내장재별 연소특성을 평가하고 및 자료저장체계를 구축하여야 한다.(I)	화재 _08,09,10	2005.11	2006.11	
2.2	프로젝트는 철도차량 화재안전도 평가	화재_08,10	2005.11	2008.11	Modify

	를 위한 차량화재 시뮬레이션예측 평가 매뉴얼(Guideline)을 개발하여야 한다.	화재_08,10 화재_08,10 화재_08,10			
2.6	프로젝트는 주행철도차량의 화재를 해석하고 안전대책을 분석하여야 한다.		2007.11	2008.11	ADD
2.7	프로젝트는 차량화재시뮬레이션을 수행하고 신뢰성 검증 현장시험 절차를 작성하여야 한다.		2007.11	2009.11	
2.8	프로젝트는 차량화재시뮬레이션을 수행하고 신뢰성 검증 현장시험을 보완하여야 한다.		2008.11	2011.11	
3	프로젝트는 철도 장대터널/역사 화재안전도 시험 및 평가 기법을 개발해야 한다.				
3.1	프로젝트는 철도 장대터널/역사 화재안전도 평가 절차서를 개발해야 한다.	화재 _06,10,11	2005.11	2007.11	Modify
3.3	프로젝트는 철도터널 현장 화재 시험평가기법을 개발하여야 한다.	화재_10,11	2006.11	2009.11	
3.4	프로젝트는 장대 철도터널 현장 화재를 시험평가하고 평가기법을 검증 보완하여야 한다.	화재_10,11	2008.11	2011.11	
4	프로젝트는 (초)장대터널/구난역 화재시나리오를 분석하고 시뮬레이션 예측기법을 정립해야 한다.				
4.2	프로젝트는 철도터널 화재안전도 평가를 위한 시뮬레이션 분석기법을 개발하여야 한다. (주행열차 화재해석 기법 검토 포함)	화재_10,11	2005.11	2009.11	Modify
5	프로젝트는 차량화재 실대형 시험평가 장치를 개발해야 한다.				
5.1	프로젝트는 실대형 차량화재 설비 기초(사양)을 설계하여야 한다.	화재_08~10 사상_05	2005.11	2006.11	
5.2	프로젝트는 실대형 차량화재 설비를 상세 설계하여야 한다.		2006.11	2008.11	Modify
5.6	프로젝트는 모형 차량화재 설비를 제작		2008.11	2011.11	

	하고 부속장치를 평가 및 성능 개선하여야 한다.				
5.8	프로젝트는 모형 차량화재 설비 활용 성능평가 시험 및 설비를 보완하여야 한다.		2008.11	2011.11	
6	프로젝트는 터널화재 실대형 시험평가 장치를 개발해야 한다.				
6.1	터널화재 실대형 시험장치 기본(사양) 설계	화재_10,11	2005.11	2006.11	
6.2	프로젝트는 터널화재 승객피난 시험장치 및 화재 제어설비 시험 요건을 분석하여야 한다.		2005.11	2006.11	
6.3	프로젝트는 터널화재 실대형 시험장치를 개발하여야 한다.(제작완료 및 실대형 시험 수행)		2006.11	2009.11	
6.4	프로젝트는 터널화재 실대형 시험 수행을 검증하고 설비를 보완하여야 한다.		2008.11	2011.11	
7	프로젝트는 중소형 화재안전 성능평가 장치를 구축해야 한다.				
7.1	프로젝트는 중소형 화재시험설비의 배연설비 및 독성시스템 설치 사양을 작성하여야 한다.	화재_09	2005.11	2008.11	Modify
7.3	프로젝트는 건축 및 배연설비를 보완하여야 한다.		2007.11	2009.11	
7.4	프로젝트는 중소형 화재시험설비를 구매하고 설치하여야 한다.		2007.11	2009.11	
8	프로젝트는 철도차량 화재안전 설비를 표준화해야 한다.(내화/대피)				
8.1	프로젝트는 철도차량 대피지원 설비 관련 표준화를 수행하여야 한다.	화재_10 사상_05	2005.11	2006.11	
8.2	프로젝트는 철도차량 내화구조 관련 표준설계 요건을 분석하여야 한다.	화재_09 사상_05	2007.11	2008.11	
8.3	프로젝트는 철도차량 안전설비 설계사양서를 작성하고 검증하여야 한다.	화재_09,10 사상_05	2007.11	2008.11	

9	프로젝트는 (초)장대터널 화재안전시설을 표준화해야 한다.(피난루트/구난시설)				
9.1	프로젝트는 (초)장대 철도터널 및 지하 구난역의 화재안전 설계기법을 분석하여야 한다.	화재_10,11	2005.11	2006.11	
9.3	프로젝트는 (초)장대 철도터널 및 지하 구난역의 표준모델을 개발하여야 한다.		2006.11	2009.11	
9.4	프로젝트는 철도 지하역사/승강장내 매점의 표준 모델을 제시하여야 한다.		2007.11	2009.11	
9.5	프로젝트는 철도 역사/터널 화재안전시설 설계 사양을 작성하여야 한다.(스크린도어)		2006.11	2008.11	완료시점 변경
9.6	프로젝트는 초장대터널(구난역 포함) 안전시설 설계사양을 검증하고 방재기준을 작성하여야 한다.		2008.11	2009.11	
10	프로젝트는 철도차량 및 역사 화재 감지/소화 장치의 성능평가 방법을 개발해야 한다.				
10.1	프로젝트는 철도차량 및 역사 (자동)소화 장치별 사양 특성을 분석하여야 한다.	화재_06,09 사상_05	2005.11	2006.11	
10.2	프로젝트는 철도차량용 화재감지기 및 통합제어장치 성능을 개선하여야 한다.	화재 _06,08,09 사상_05	2005.11	2008.11	Modify
10.4	프로젝트는 철도차량용 화재감지기의 성능평가 방법을 개발하여야 한다.	화재 _06,08,09 사상_05	2008.11	2009.11	
10.5	프로젝트는 철도차량 및 역사용 화재진화 장치의 성능평가 방법을 개발하여야 한다.	화재_06,09 사상_05	2006.11	2009.11	Modify
10.6	프로젝트는 역사용 화재진화 장치의 국부방출 및 광역방출 성능을 개선하여야 한다.		2008.11	2009.11	

10.8	프로젝트는 철도차량용 공조 설비 화재 안전성능의 평가방법을 개발하여야 한다.		2009.11	2010.11	
10.9	프로젝트는 성능평가 기준안에 따른 최적 소화설비 사양을 작성하여야 한다.		2009.11	2011.11	ADD
11	프로젝트는 철도 터널용 지능형 배연시스템 및 성능평가방법을 개발해야 한다.				
11.1	프로젝트는 철도터널 유형을 분석하고 열차운행 화재 연관 시나리오를 정립하여야 한다.	화재_10,11	2005.11	2007.11	
11.2	프로젝트는 터널 화재형태별 지능 배연 제어 프로그램을 개발하여야 한다.		2007.11	2009.11	
11.3	프로젝트는 터널용 화재감시 시스템 및 오작동 방지 장치를 개발하여야 한다.		2007.11	2009.11	
11.4	프로젝트는 지능형 배연시스템의 성능평가 시험 및 평가방법을 개발하여야 한다.		2008.11	2009.11	
11.5	프로젝트는 지능형 배연시스템의 성능평가 시험을 수행하고 시스템을 보완하여야 한다.		2009.11	2011.11	

위의 요구사항에 표시되어 있는 위험원 코드는 다음과 같이 사고별 위험요인에 따라 새로이 작성되었다. 아래 표에 표시한 신규 위험원 코드는 제 6절에서 언급할 철도사고 별 주요기여요인 분류에 따라 작성되었다.

<표 3-1-16> 위험원 코드

위험원 코드	사고분류	위험요인	
충돌_01	충돌 사고	선행열차 이상	열차방해
충돌_02			열차퇴행
충돌_03			열차분리

충돌_04		운전취급 결함	폐색취급 결함(위반/오류)
충돌_05			선로전환 결함(위반/오류)
충돌_06			신호/지시 결함(위반 오류)
충돌_07			제동 결함/과속
충돌_08			열차 방호 실패
충돌_09		선로 지장	시설물/구조물 탈락/붕괴
충돌_10			차량설비/적재물 탈락/붕괴
충돌_11			한계지장-건축, 차량
충돌_12		외부 장애물	
충돌_13		차단구간 오진입	종단구간 오진입
충돌_14			작업구간 오진입
충돌_15		입환/조성 취급 결함	
충돌_16		충돌안전설계구조 미비	충돌에너지 분산 흡수 미흡
충돌_17			운전실/객실에 대한 침입, 관통
충돌_18			철도 차량 간 타오름
탈선_01	탈선 사고	기술적 결함	선로 결함
탈선_02			차량 결함
탈선_03			상호 작용
탈선_04		운전취급 결함	폐색취급 결함(위반/오류)
탈선_05			선로전환 결함(위반/오류)
탈선_06			신호/지시 결함(위반/오류)
탈선_07			제동 결함/과속
탈선_08			열차 방호 실패
탈선_09			구원견인 결함
탈선_10			화물적재 결함
탈선_11		선로 지장	시설물/구조물 탈락/붕괴
탈선_12			차량설비/적재물 탈락/붕괴
탈선_13			한계지장-건축, 차량
탈선_14		외부 장애물	
탈선_15		차단구간 오진입	종단구간 오진입
탈선_16			작업구간 오진입
탈선_17		입환/조성 취급 결함	
건널목_01	건널목 사고	건널목 갇힘	운전취급결함 - 엔진정지, 보판이탈
건널목_02			진출/입 통제결함 - 차량한계지장/간섭
건널목_03			안전설비/구조 결함
건널목_04		경보중 진입	운전취급 결함 - 정지위반/과속
건널목_05			진출/입 통제결함 - 차단/경보 취급결함
건널목_06			안전설비/구조 결함
건널목_07		차단기 우회	운전취급 결함 - 정지위반/과속
건널목_08			진출/입 통제결함 - 차단/경보 취급결함
건널목_09			안전설비/구조 결함
화재_01	열차화재 사고	차량기기 화재	전기장치 합선
화재_02			제동/주행장치 발열
화재_03			기관/엔진 과열
화재_04		불법행위	방화
화재_05		외부전파 화재	선로변화재

화재_06			역사화재
화재_07			전기화재
화재_08		비상대응 실패	화재검지/통보 실패
화재_09			초기대응 실패
화재_10			탈출/대피 실패
화재_11			외부지원 실패
기타_1	기타사고	위험물 누출/폭발	위험물 수송용기 결함
기타_2			위험물 운반취급 오류
사상_01	사상 사고	추락	열차/승강장/작업장
사상_02		전도/실족	열차/승강장/작업장
사상_03		끼임(끌림)	출입문/승강장, 장비
사상_04		충격	열차, 시설물, 물체
사상_05		화상	화재, 과열/고온부
사상_06		감전	전철/전력설비
사상_07			열차/승강장/작업장/선로변 전기설비
사상_08		질식	위험물 누출, 밀폐 환경
사상_09		기타	질병, 폭행/협박
체계_01	인적요인	인지/기억 오류	
체계_02		판단/행위 오류	
체계_03		정보전달 오류	
체계_04		고의적 위반	
체계_05		습관적 위반	
체계_06	기술적 결함 (고장/파손/변형/부적합)	선로/시설물	
체계_07		열차/차량	
체계_08		신호제어설비	
체계_09		정보통신설비	
체계_10		전철전력설비	
체계_11		안전방재설비	
체계_12	외부요인	기후조건	구름/안개, 강우/폭우, 서리/결빙, 강풍, 강설/폭설, 폭염, 낙뢰/우박 등
체계_13		환경조건	투시 지장/방해, 산사태/낙석/수목전도, 위험물 누출/확산 등
체계_14		불법행위	무단침입/통행, 무단설치/방치, 무단 공사/작업, 테러, 운행방해
체계_15	조직결함	조직구성	- 조직구성- 임무/역할, - 명령체계/권한위임, - 비상대응/정보연락
체계_16		자원관리	- 시설장비-구매/조달, 품질관리, 유지보수, - 인적자원-선발/고용, 인사관리 - 예산-확보, 집행, 감사
체계_17		운영관리	- 규정/지침-업무계획, 작업절차 - 작업환경- 작업장설치 / 배치, 업무수행지원

			- 안전관리 - 안전관리 프로그램, 안전문화/풍토
체계_18	관리결함	계획 수립	- 사전협의 - 계획수립 - 계획검토
체계_19		관리 실행	- 사전현장 확인 - 자격확인/교육진행 - 공정관리/안전관리 - 비상대응관리
체계_20		적발 교정	- 위반/결함 판별 - 초기오류교정 - 규칙/규정 강화
체계_21		감독 위반	- 불법/무단작업 허용 - 무자격자 승인

제 2 절 SEMP

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** SE - SR01 - SSR03 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

1.3 프로젝트는 SEMP를 통합, 조정한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : SEMP - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.2 외국자료와 비교	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

- SEMP의 세부항목은 사업의 용도에 맞게 적절히 선택 되었는가
- 현재 수행하고 있는 SE의 업무가 SEMP에 반영되어 있는가

1. 기능 아키텍처

스키마가 지원해야할 프로세스의 활동, 문서의 내용에 대한 아키텍처를 기술한다.

가. 기능 아키텍처 개발을 위한 참고 자료

기존에 존재하는 여러 스키마들이 각각 어떤 SE 활동과 문서들을 지원하며, 활동과 문서 내용을 어떻게 정의하였는지 파악한다.

(1) SSS (System and Segment Specification) 양식

SSS는 시스템과 하부 시스템, 컴포넌트의 정보를 모두 기술하는 사양서이다. 시스템이 동작하는 범위를 기술하고 시스템이 고려해야 할 국가법령 및 표준문서 등의 적용문서를 기술한다. 시스템이 요구하는 원천 요구사항에서 기술요구 사항을 통해 기능의 임무, 신뢰성, 유지 보수성, 가용성, 환경조건, 이동성 등 제약 사항을 기술 한다. 또한 시스템 검증을 위한 조직과 프로세스를 기술함으로 전 시스템을 관리, 감독하는 역할을 한다. SSS문서는 MIL-STD-490, DOD-STD-DID (DI-CMAN-80008A), DOD-STD-DTD (DI-IPSC-81431A, MIL-STD-SDD, DOD-STD-SDD Draft (SSS), MIL-STD-498, DID-2167A, DI-IPSC-81431 등의 미 국방부 규격이 존재하며, 본 SSS 양식은 미 국방 표준인 MIL-STD-490을 참조하여 각 항목을 나타내었다.

<표 3-2-1> System/Segment Specification (SSS) Outline (MIL-STD-490)

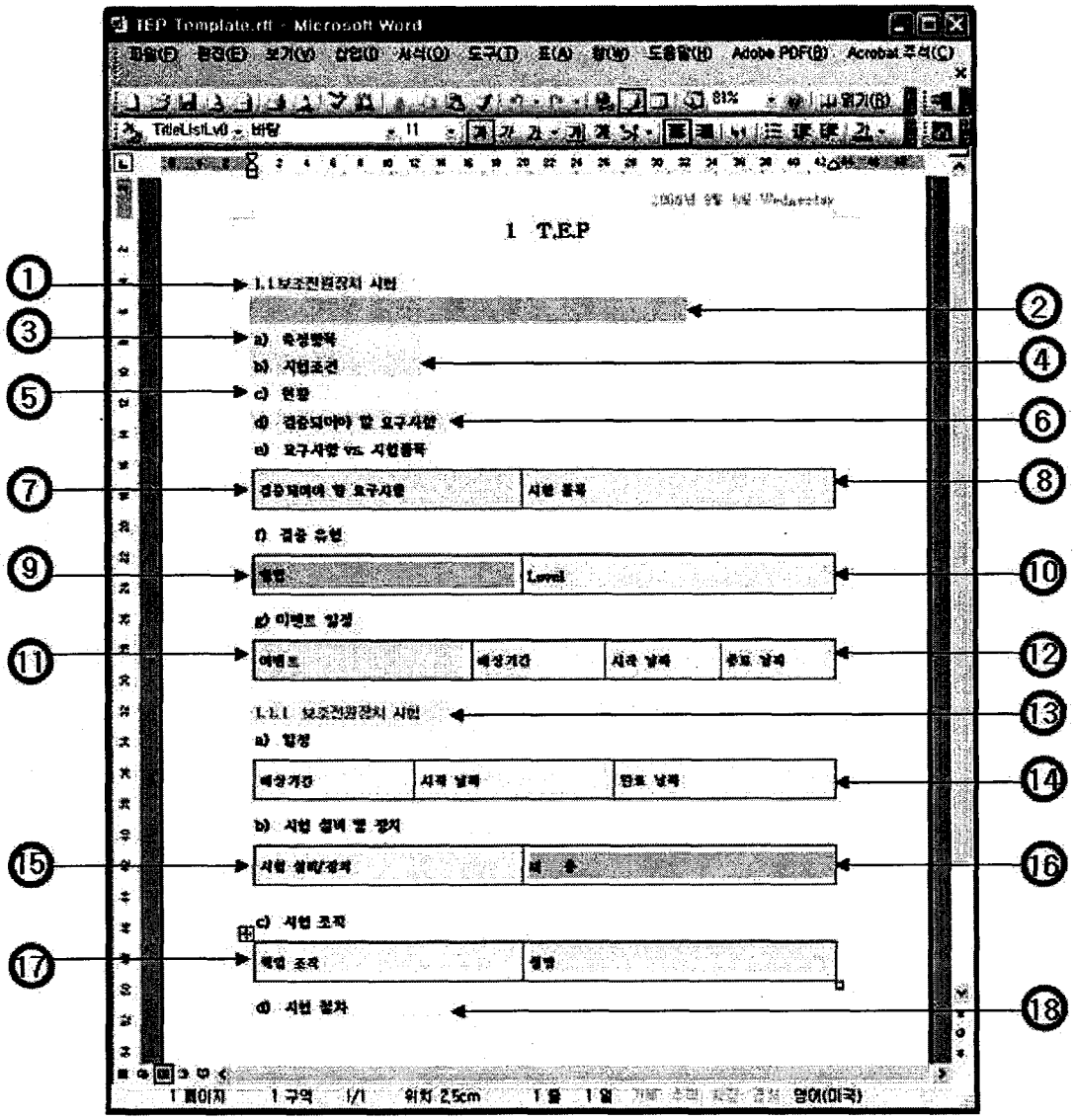
1	Scope	시스템 범위
1.1	Identification	시스템 식별
1.2	System Overview	시스템 개요
1.3	Missions and Threat	사명 및 위험요소
1.3.1	Missions	사명
1.3.2	Threat	위험요소
1.4	문서(Document) Overview and Use	문서 개요
2	Applicable 문서(Document)s	적용 문서
2.1	Government 문서(Document)s	국가 법령 및 표준 문서
2.2	Non-Government 문서(Document)s	기타 적용 문서
3	System Requirements	시스템 요구사항
3.1	Definition	시스템 정의
3.2	Characteristics	시스템 특성
3.2.1	Performance Characteristics	기능 요구사항
3.2.2	System Capability Relationships	시스템 기능-부품 할당표
3.2.3	Interface Requirements	인터페이스 요구사항
3.2.4	System Physical Requirements	시스템의 물리적 요구사항
3.2.5	System Quality Factors	시스템 품질 요소
3.2.5.1	Reliability	신뢰성
3.2.5.2	Maintainability	유지 보수성
3.2.5.3	Availability	가용성
3.2.5.4	Interoperability	상호 운용성
3.2.5.5	Durability	내구성
3.2.5.6	Flexibility and Expansion	유연성과 확장성
3.2.6	Environmental Conditions	환경 조건
3.3	Design and Construction Reqs.	설계 및 구축
3.3.1	Materials	재료
3.3.1.1	Toxic products and formulations	유독물
3.3.2	Nameplates and Product Marking	명패 및 제품 표기
3.3.3	Safety	안전성
3.3.4	Human Engineering	인간공학
3.3.4.2	Comfortability	안락성
3.4	Personnel and training	인력 및 교육 훈련
3.4.1	Personnel	인적 자원
3.4.2	Training	교육 훈련
3.5	Characteristics of subordinate elements	하부 구성품 특성
3.6	Standard Sample	표준 샘플
4	Quality Assurance Provisions	시스템 보증 책임 및 검증
4.1	Responsibility for Inspection	검사 책임 업체
4.2	Special Tests and Examinations (VR)	특정 시험 및 검사
4.3	Requirements Cross Reference	요구사항 - 검증요구사항 할당표
5	Preparation for Delivery	납품 준비
6	Notes	약어 및 용어정의
6.1	Acronyms and Abbreviations	약어
6.2	Glossary	용어정의
10	Appendix A - Verification Cross-Reference Matrix	부록 A - 시스템 요구사항 - 검증요구사항 할당표 (RVM)
20	Appendix B - RTM	부록 B - 요구사항 추적표 (RTM)

(2) 시험/평가 계획서 (TEP : Test Evaluation Plan) 양식

시스템의 주요 시험 및 평가 기술을 개발하는데 있어 시험 및 평가 계획서는 중요하게 사용된다. 이와 같은 시험/평가 계획서는 시스템 규격서와 마찬가지로 국내에서는 일정한 표준 없이 해당 시스템에서 나름대로의 체계를 가지고 사용하고 있다. 이에 반해 미국의 경우는 규정된 시험/평가 계획서를 수립하여 재사용함으로써 이러한 체계를 개발하는 노력을 줄이는 동시에 체계적인 시험/평가를 수행할 수 있도록 하는 노력을 기울이고 있다.

본 시험/평가 계획서 문서는 시스템 엔지니어링 체계에 따른 시험/평가 계획서를 구조화함으로써 효과적인 시험/평가를 수행할 수 있는 체계를 수립하기 위해 "미 국방부 규격 (DoD5000.3-M-1)의 시험 및 평가 종합 계획서"와 "미 국방부 규격 (DoD 5000.3-M-3)의 소프트웨어 시험 및 평가 매뉴얼"을 분석하여 나름대로의 시험/평가 계획서 양식을 결정하여 사용하였다.

시험/평가 계획서 양식은 아래 <그림 3-2-1>과 같다. 아래 그림에서 번호에 따라 문서의 내용을 설명하고자 한다.



<그림 3-2-1> 시험/평가 계획서 양식

① 검증 요구사항

② 검증 요구사항 내용

③ 측정 항목

④ 시험조건

⑤ 현황

⑥ 검증되어야 할 요구사항

⑦ 요구사항 VS 시험품목(검증되어야 할 요구사항)

⑧ 요구사항 VS 시험품목(시험 품목)

⑨ 검증 유형(방법)

⑩ 검증 유형(Level)

⑪ 이벤트 일정(이벤트)

⑫ 이벤트 일정(예상기간, 시작 날짜, 종료 날짜)

⑬ 검증 이벤트

⑭ 일정

⑮ 시험 설비 및 장치(시험 설비/장치)

⑯ 시험 설비 및 장치(내용)

⑰ 시험 절차

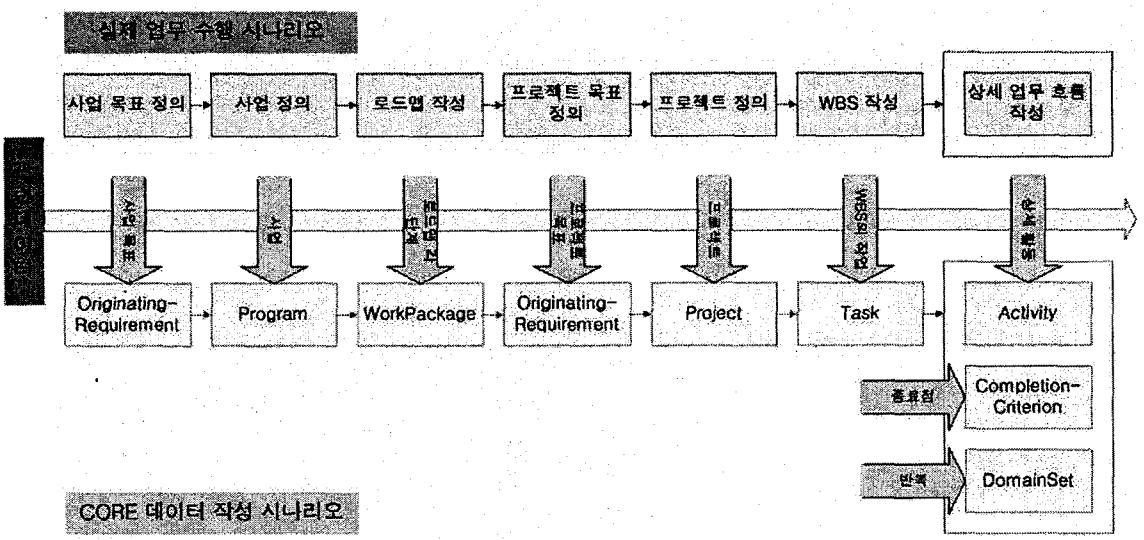
나. 본 연구에서 개발된 기능 아키텍처

철도 안전 SE 활동 수행을 위해 본 연구에서는 프로젝트 관리, 시스템공학 기반의 시스템설계 프로세스, 시스템공학 관리를 위한 시스템공학 관리 계획서 (SEMP)에 대해 스키마가 가져야할 내용을 분석하였다.

(1) 프로젝트 관리 스키마의 개념 정의

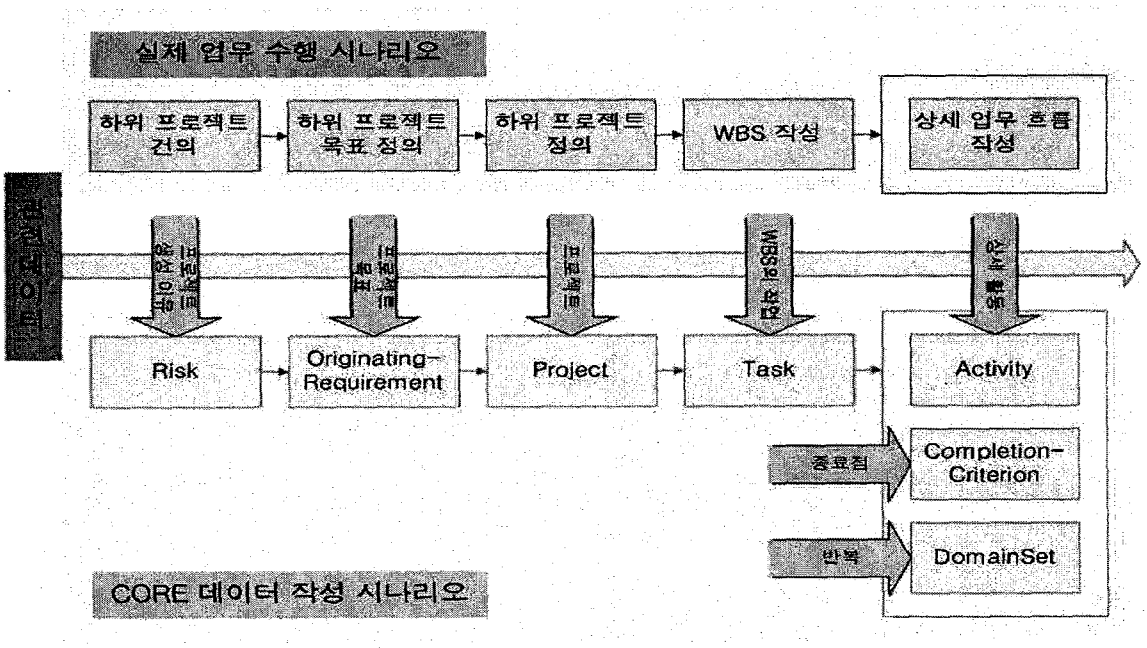
실제 프로젝트 관리 스키마를 작성하기 전에, 임의의 기능 아키텍처를 정의하고 이해당사자와 협의하기 위해 작성하였다. 이를 통해, 실제 개발할 프로젝트 관리 스키마에 대한 기능 아키텍처의 방향을 설정하였다.

(가) 스키마 운영 시나리오 (CORE® 2.1 기반)



<그림 3-2-2> 사업 및 프로젝트 정의 시나리오 (CORE® 2.1 기반)

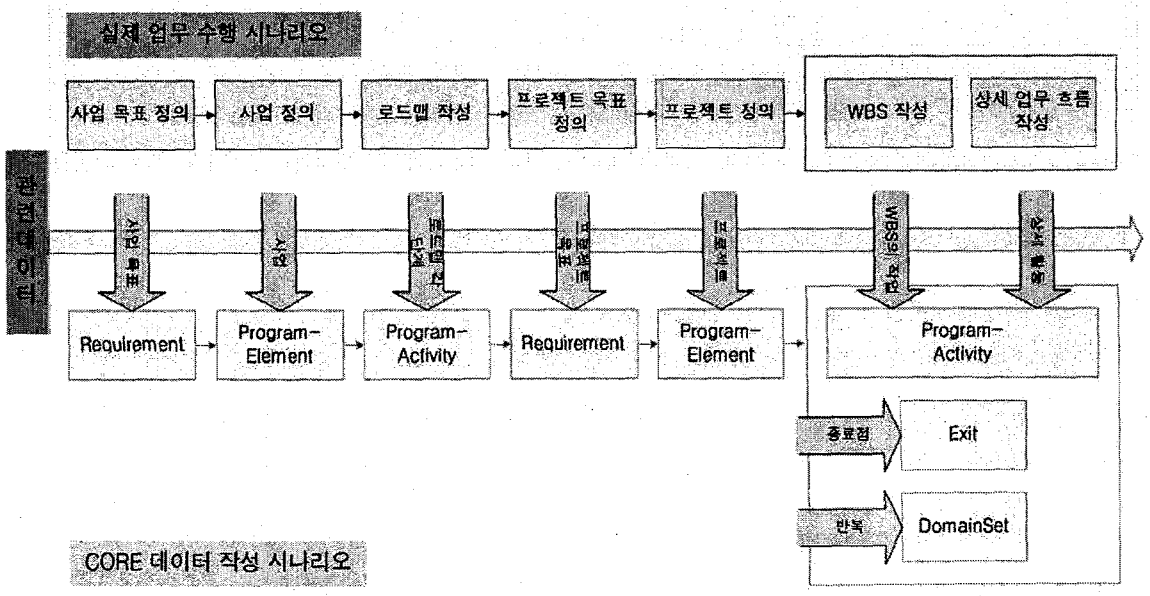
<그림 3-2-2>는 CORE® 2.1 기반에서 사업 및 프로젝트 정의를 할 시, 스키마를 활용하는 상황을 도식화한 것이다. 위의 파란 상자의 흐름은 실제 업무를 수행하는 과정이고, 아래 붉은 상자의 흐름은 각 업무 시 작성하게 되는 CORE® 데이터가 기록되는 클래스를 나타낸 것이다. 그리고 실제 기록되는 CORE® 데이터는 붉은색 화살표로 기록하였다. 또한 파란 상자와 붉은 상자는 세로로 대칭되게 구성되어 있다. 위의 그림을 이해하기 위해 한 가지 예를 들면, 첫 번째 파란 상자인 "사업 목표 정의" 활동은 붉은색 화살표 "사업 목표"라는 데이터를 붉은색 상자 "Orginating Requirement" 클래스에 기록한다. <그림 3-2-3>에서 다수의 붉은색 박스를 붉은색 선으로 묶어 놓은 것은, 해당 박스들이 동시에 고려되기 때문이다.



<그림 3-2-3> 하위 프로젝트 생성 시나리오 (CORE® 2.1 기반)

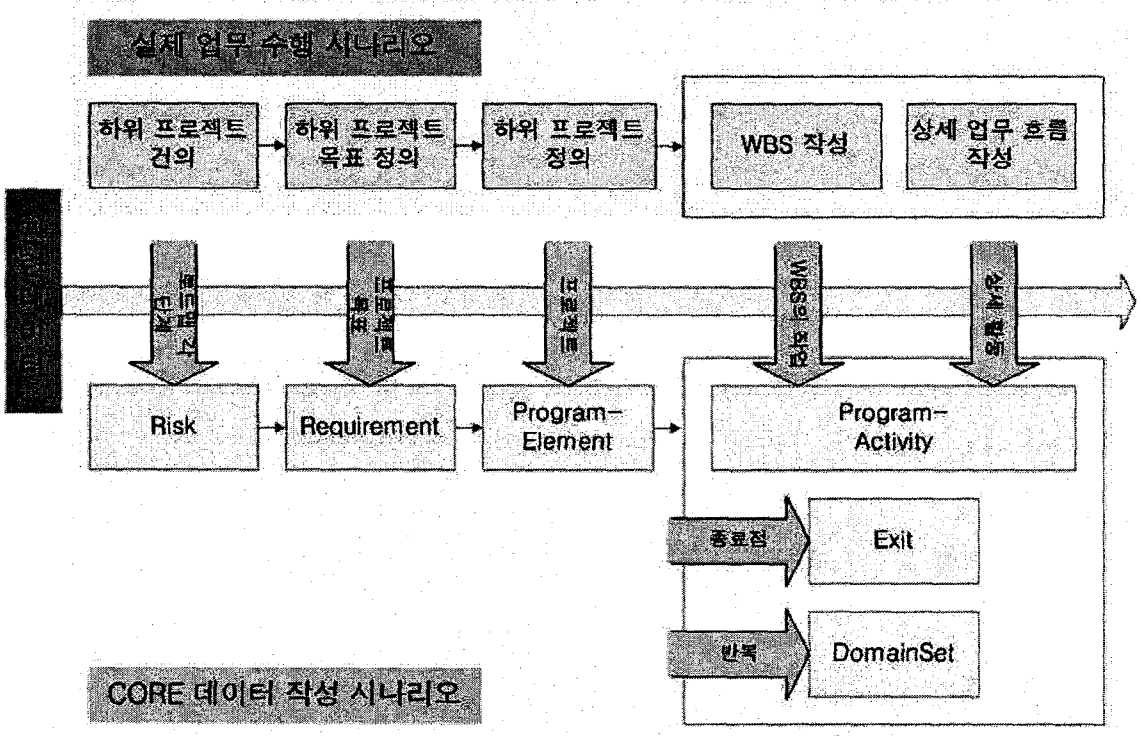
<그림 3-2-3>은 CORE® 2.1 기반에서 하위 프로젝트를 생성할 시, 스키마를 활용하는 상황을 도식화한 것이다. 그림의 구성은 <그림 3-2-2>와 같다.

(2) 스키마 운영 시나리오 (CORE® 5.x 기반)



<그림 3-2-4> 사업 및 프로젝트 정의 시나리오 (CORE® 5.x 기반)

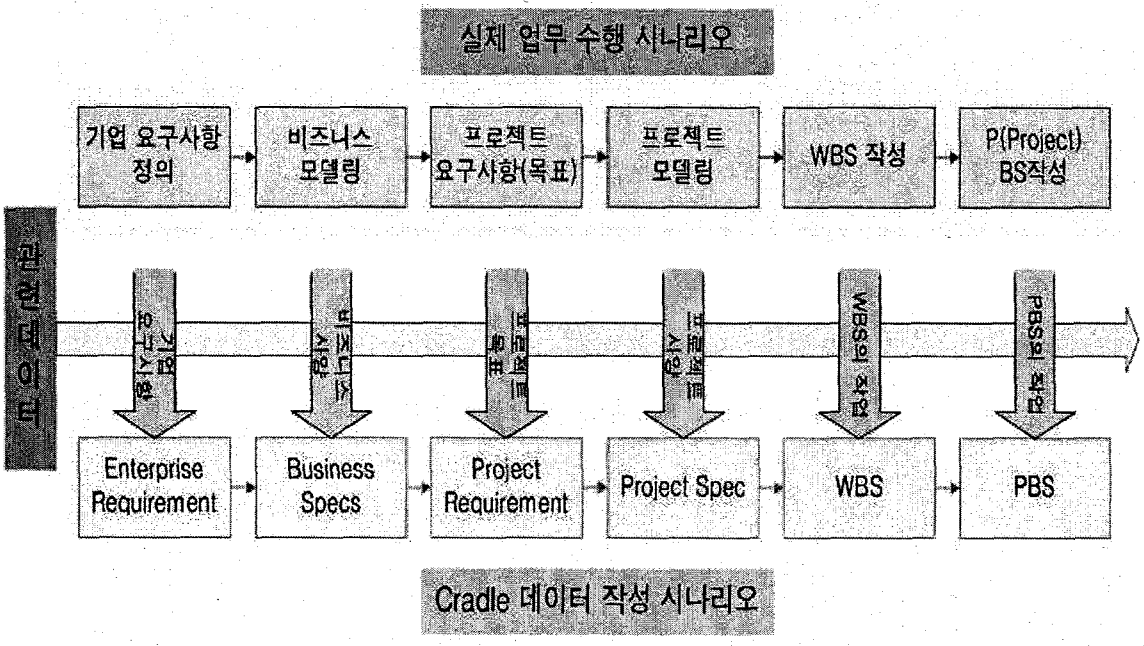
<그림 3-2-4>는 CORE® 5.x 기반에서 하위 프로젝트를 생성할 시, 스키마를 활용하는 상황을 도식화한 것이다. 그림의 구성은 <그림 3-2-2>와 같으나, CORE® 데이터 작성 시 데이터가 기록되는 클래스가 다르다 (즉, 스키마가 다르다). <그림 3-2-4>에서 파란색 상자를 묶어 놓은 이유는 <그림 3-2-2>와는 다르게 "WBS 작성"과 "상세 업무 흐름 작성" 이 동시에 이루어지기 때문이다.



<그림 3-2-5> 하위 프로젝트 생성 시나리오 (CORE® 5.x 기반)

<그림 3-2-5>는 CORE® 5.x 기반에서 하위 프로젝트를 생성할 시, 스키마를 활용하는 상황을 도식화한 것이다. 그림의 구성은 <그림 3-2-2>와 같으나, CORE® 데이터 작성 시 데이터가 기록되는 클래스가 다르다 (즉, 스키마가 다르다). <그림 3-2-5>에서 파란색 상자를 묶어 놓은 이유는 그림 3.4와 같은 이유이다.

(3) 스키마 운영 시나리오 (Cradle® 기반)



<그림 3-2-6> 사업 및 프로젝트 정의 시나리오 (Cradle® 기반)

<그림 3-2-6>은 Cradle® 기반에서 사업 및 프로젝트 정의를 할 시, 스키마를 활용하는 상황을 Cradle®의 기본 스키마를 토대로 하여 도식화한 것이다. 위의 파란 상자의 흐름은 실제 업무를 수행하는 과정이고, 아래 붉은 상자의 흐름은 각 업무 시 작성하게 되는 Cradle® 데이터 작성 과정을 나타낸 것이다. 파란 상자와 붉은 상자는 세로로 대칭된다. 예를 들어, 첫 번째 파란 상자인 "기업 요구사항 정의" 활동을 위해 Cradle®에서 작성하는 데이터는 첫 번째 붉은 상자인 "Enterprise Requirement"와 관련 있다. 그림에서 보라색 화살표는 이 시나리오의 시간 흐름을 나타낸다.

다. 프로젝트 관리 영역의 기능 아키텍처

표준 스키마를 구성하는 한 부분인 프로젝트 관리 영역에 대한 기능 아키텍처를 작성하였다.

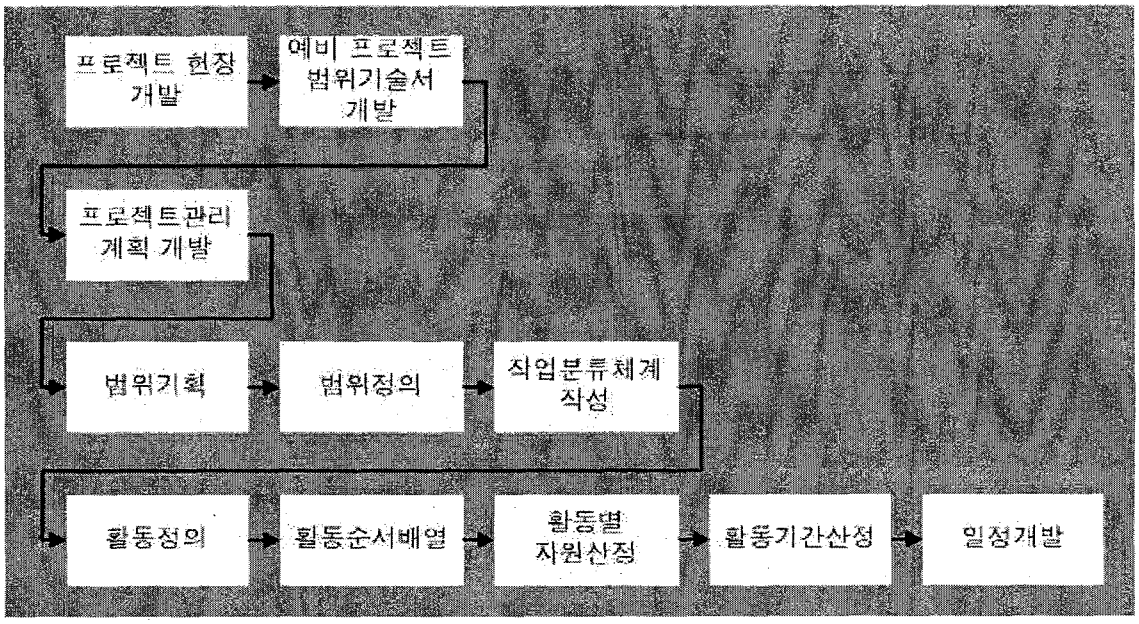
(1) PMBOK의 프로젝트 관리 프로세스 분석

PMBOK은 5개의 프로세스 그룹으로 구성된다. 착수, 기획, 실행, 감시 및 통제, 그리고 종료 프로세스 그룹이다. 각 프로세스 그룹들은 PMBOK에서 제시하는 9개의 지식영역을 기반으로 그룹에 맞는 활동들이 수행된다. 본 연구는 PMBOK의 프로젝트 관리 프로세스 전체를 다룰 필요가 없다. 그 이유는 이번년도 과제 목표가 시스템엔지니어링 수행을 위한 표준 스키마 개발과 이를 기반으로 한 SEMP의 전체 틀 개발 및 SEMP 자동 출력 체계 개발이기 때문이다. 그러므로 SEMP 초기에 작성되는 내용과 연관된 내용으로 연구 범위를 국한시켰다. 이에 따라 본 연구에서는 이 중에서 착수, 기획 프로세스 그룹만을 다루며 9개의 지식영역 또한 3개의 영역만을 다룬다. 다음은 PMBOK의 9개의 지식영역을 나타내며 굵게 표시한 부분이 본 연구에서 고려한 부분이다.

- **프로젝트 통합 관리**
- **프로젝트 범위 관리**
- **프로젝트 시간 관리**
- 프로젝트 원가 관리
- 프로젝트 품질 관리
- 프로젝트 인적자원 관리
- 프로젝트 의사소통 관리
- 프로젝트 리스크 관리
- 프로젝트 조달 관리

(2) PMBOK의 프로젝트 관리 프로세스 정의

본 연구에서 정의한 프로젝트 관리 프로세스는 다음 <그림 3-2-6>과 같다.

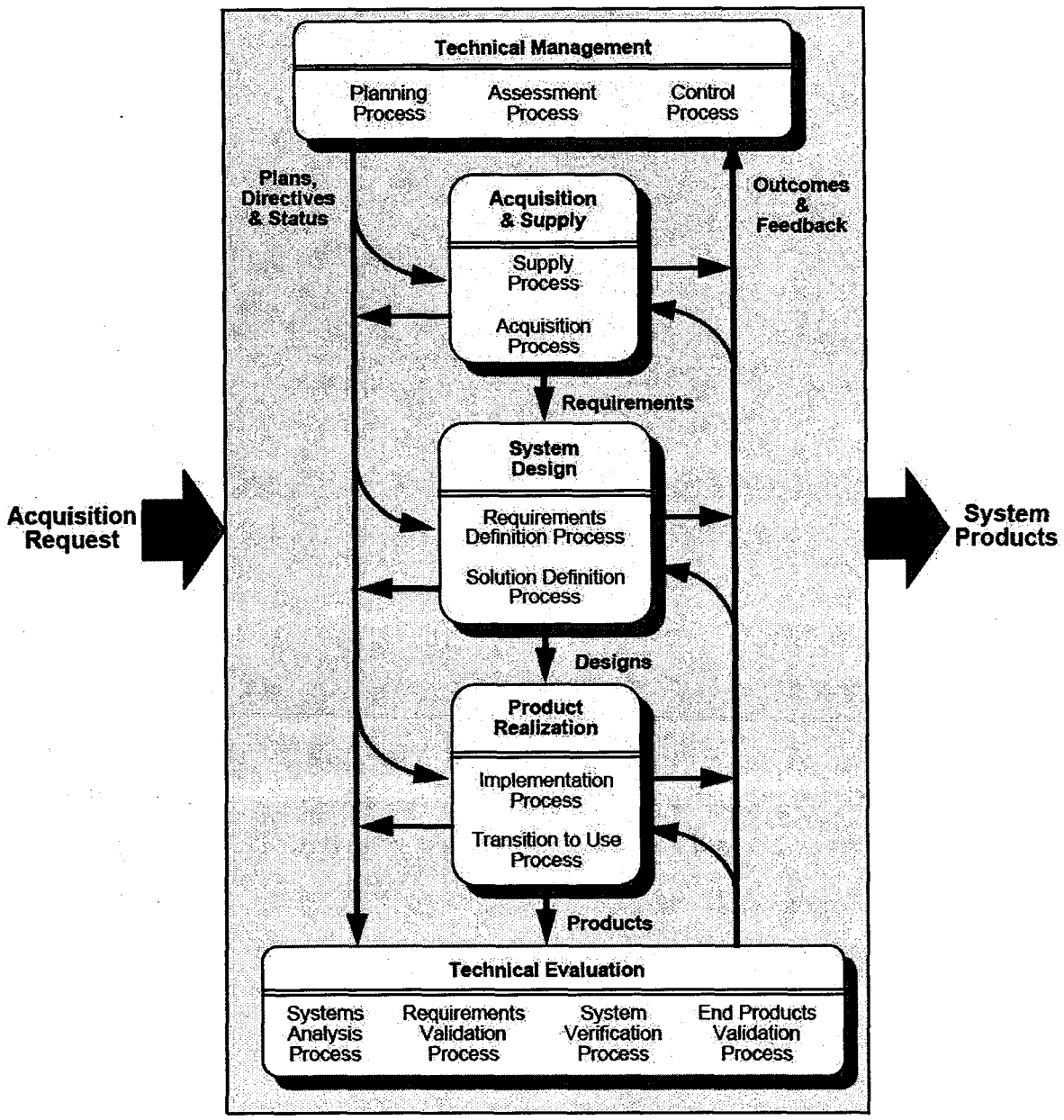


<그림 3-2-7> 프로젝트 착수 및 기획 프로세스

<그림 3-2-7>은 크게 4 줄로 나누어 볼 수 있다. 첫 줄의 프로젝트 헌장 개발과 예비 프로젝트 범위기술서 개발, 두 번째 줄의 프로젝트 관리 계획 개발, 세 번째 줄의 범위기획, 범위정의, 작업분류체계작성, 마지막으로 네 번째 줄의 활동정의, 활동순서배열, 활동별자원산정, 활동기간산정, 일정개발로 나눌 수 있다. 첫줄의 경우 착수 프로세스 그룹에 해당하며, 이는 통합 관리 영역에 속한다. 나머지 세 줄의 경우 기획 프로세스 그룹에 해당하며, 두 번째 줄은 통합 관리 영역, 세 번째 줄은 범위 관리 영역, 마지막 네 번째 줄은 시간 관리 영역에 속한다.

라. 시스템공학 기반의 시스템 설계 프로세스의 기능 아키텍처

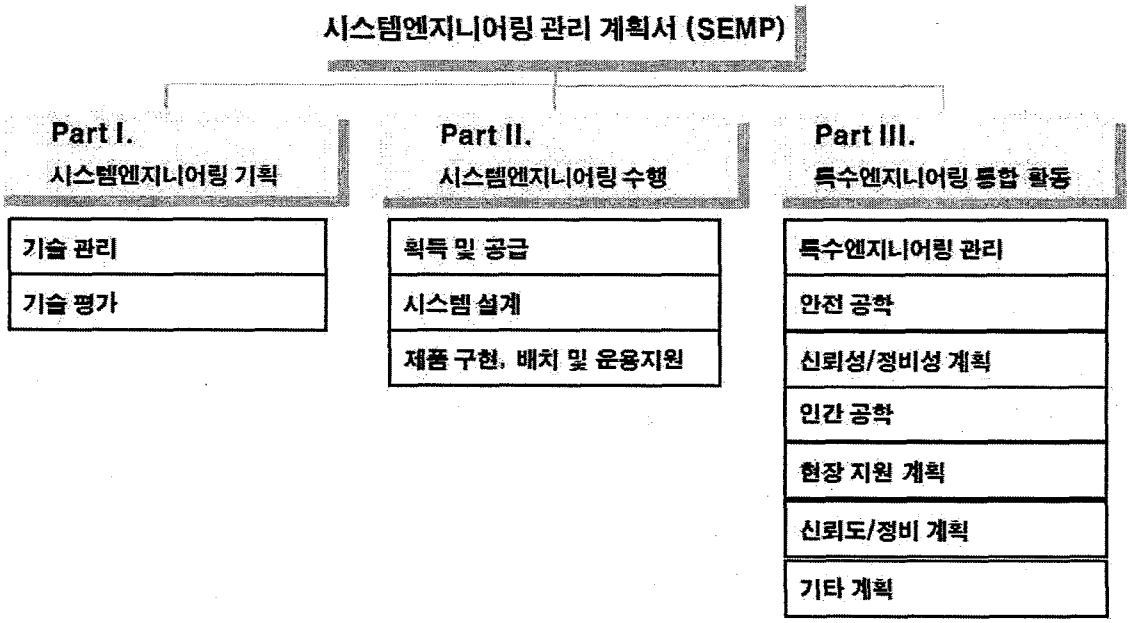
본 연구에서는 EIA-632의 시스템 설계 프로세스를 차용하였다. 아래 <그림 3-2-8>은 EIA-632 프로세스이다.



<그림 3-2-8> EIA-632 설계프로세스

마. SEMP의 기능 아키텍처

SEMP 스키마가 가져야 할 기능들은 SEMP 문서의 내용들이다. 문서의 내용을 정의하기 위해 다음 <그림 3-2-9>와 같은 SEMP의 목차를 정의 하였다. EIA-632를 기반으로 시스템엔지니어링을 수행하기 위하여 SEMP 목차를 구성하였다.



<그림 3-2-9> 정의된 SEMP 목차

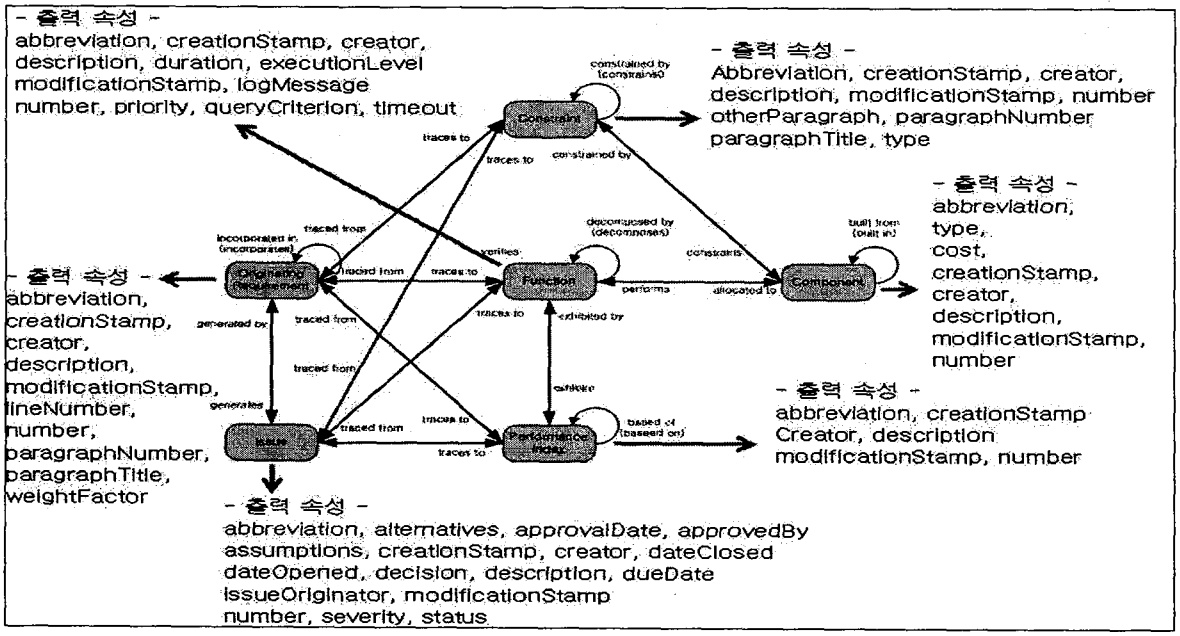
2. 물리 아키텍처

프로세스의 활동에서 발생하는 데이터와 문서로 작성되는 데이터들을 관리하기 위한 데이터 아키텍처를 기술한다.

가. 물리 아키텍처 개발을 위한 참고 자료

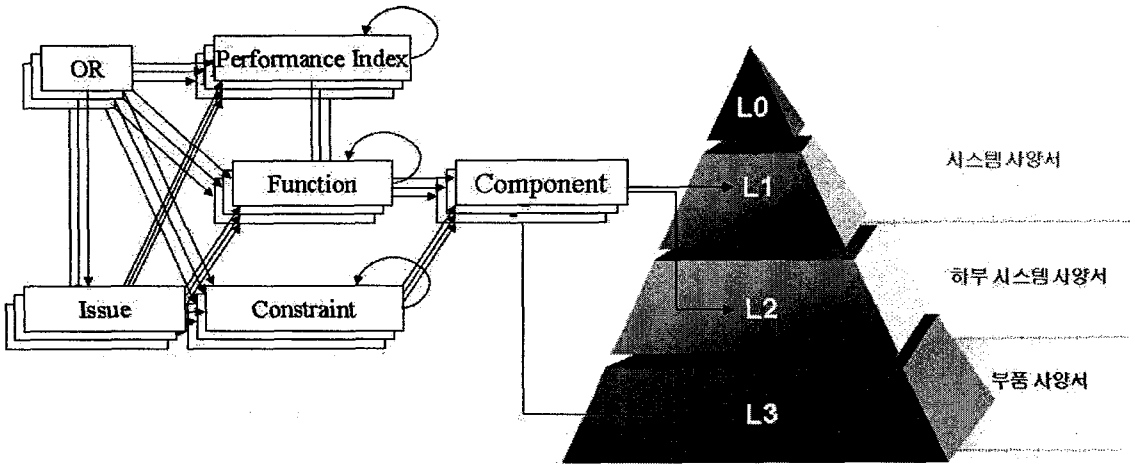
기존에 존재하는 각각 SE 활동과 문서들의 스키마 구조를 파악한다.

(1) SSS (System and Segment Specification) 스키마



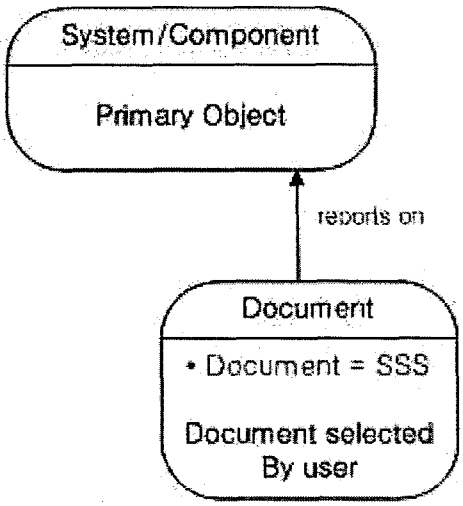
<그림 3-2-10> SSS출력을 위한 기본 스키마

SE 지원 도구인 CORE®에서는 SSS문서를 출력하기 위해 각 요소와 SSS 문서의 항목 사이에 대응하는 정보가 입력되어야 한다. <그림 3-2-11>는 대응되어야 할 시스템과 그 하부 시스템 그리고 파트까지의 모습을 나타낸다.

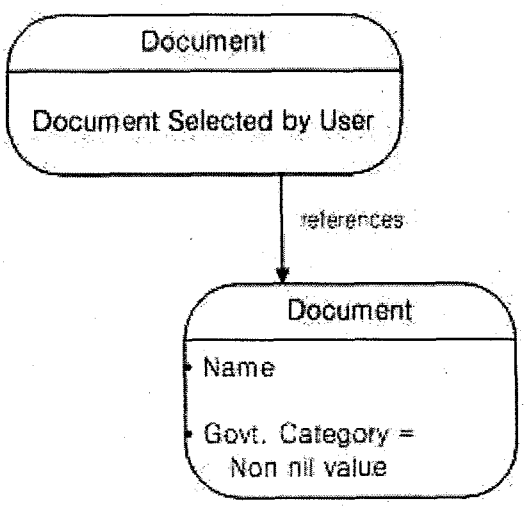


<그림 3-2-11> SSS 스키마와 시스템 레벨과의 관계

원천 요구사항에서 각 이해당사자들의 이슈를 통해 제약 사항을 기술하고 원천 요구사항에 따른 기능 요구사항 그리고 컴포넌트로 연결되는 스키마는 각각의 레벨을 이루어 하부로 분화된다. 좀 더 상세한 내용을 살펴보면 <그림 3-2-12>에서 보는 바와 같이 최상위 시스템이 SSS 타입의 문서와 연결되어 있어야 한다.



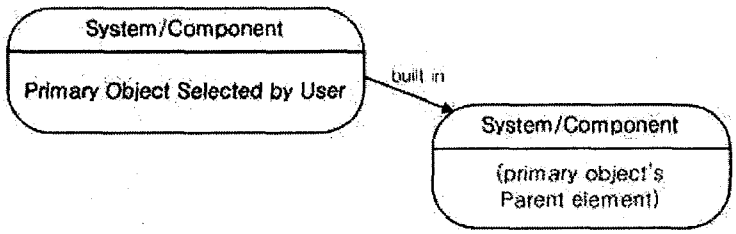
<그림 3-2-12> 시스템과 문서 사이의 관계



<그림 3-2-13> SSS에서 포함하는 문서 사이의 관계

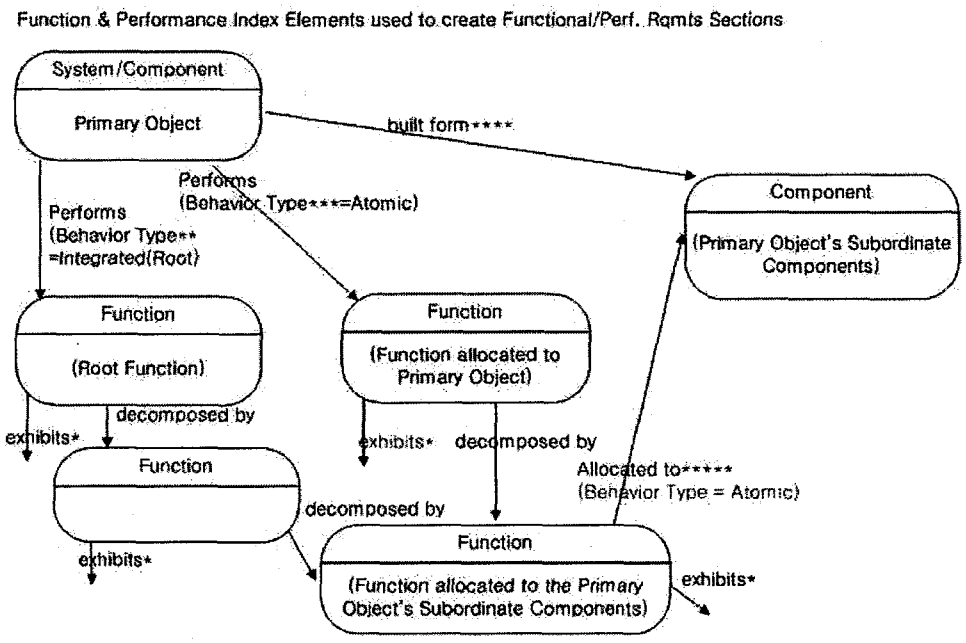
다음 참조사항으로 사용되는 문서들은 최상위 문서에 참조 (references) 관계로 연결되어야 한다. 각 문서는 정부 공인/비공인 문서로 설정되어 입력 될 수 있다. 최상위 시스템에 연계된 하부 시스템 또는 컴포넌트들은 Built in 관계로 연결되어 SSS

문서의 본질인 모든 하부 시스템 정보를 설정하는 구조를 이루게 된다.



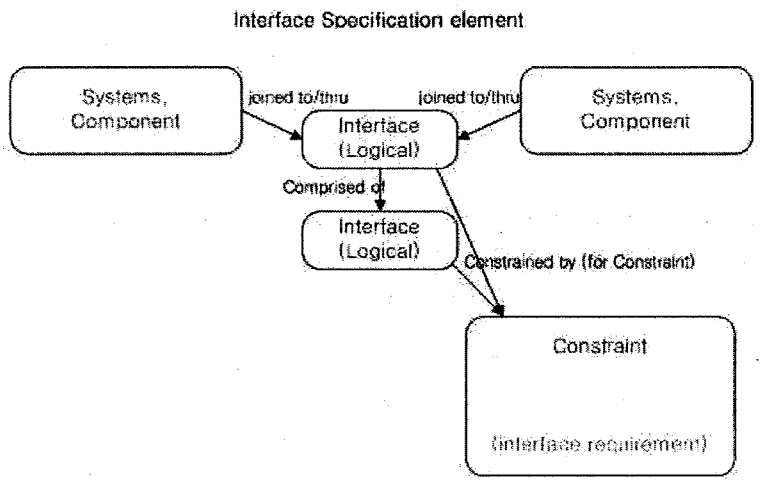
<그림 3-2-14> SSS 문서에서의 시스템과 하부 시스템과의 관계

시스템, 하부 시스템과 연계된 기능들을 나열하며 또 그 기능에 속하는 하부 기능을 기술함으로써 시스템, 기능, 수행 성능에 대한 정보를 완성한다.



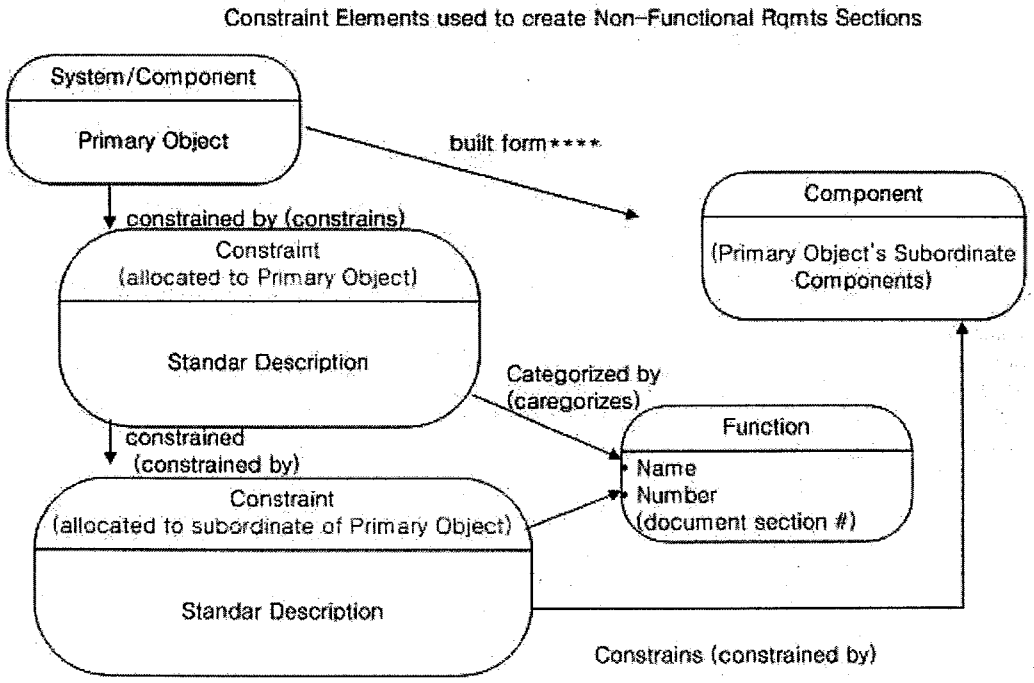
<그림 3-2-15> SSS 문서에서의 시스템, Function, 하부 시스템과의 관계

시스템과 시스템, 컴포넌트와 컴포넌트는 물리적인 인터페이스로 연결되며 이에 해당하는 물리적인 링크를 통해 표현된다. 링크와 인터페이스는 인터페이스 요구사항에 의해 제약된다.



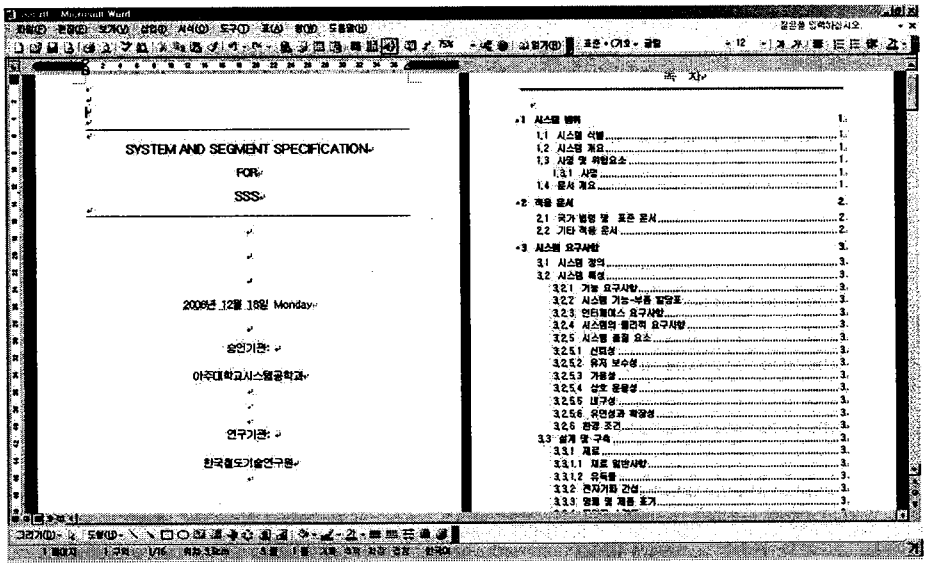
<그림 3-2-16> SSS 문서에서의 시스템 간의 Interface 관계

시스템의 하부 컴포넌트의 정보가 입력됨으로 모든 기본 정보가 입력되면 그 정보가 SSS 문서에 할당되어야 한다. 이때 카테고리를 설정함으로써 할당이 가능해 진다. 할당된 정보는 SSS 스크립트에 의해 해당 위치에 정렬되어 출력된다.



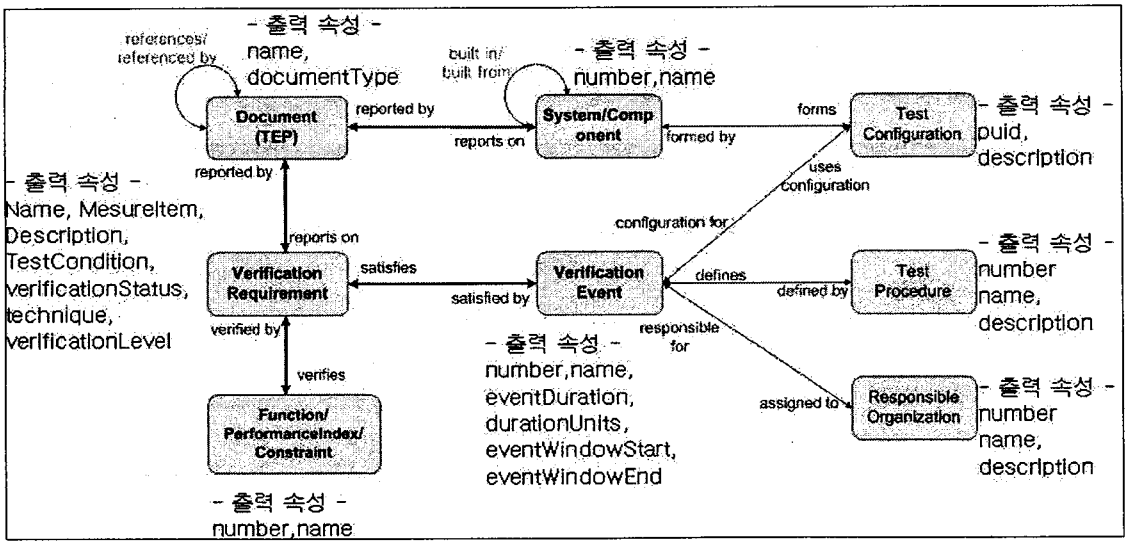
<그림 3-2-17> SSS 문서에서의 Constraint와 Category와의 관계

마지막으로 SSS 문서에 적용된 목차와 부록 등이 문서에 연계됨으로 최종 SSS 문서를 만들기 위한 정보 입력이 끝나게 된다. 최종적으로 출력되는 SSS 문서는 다음 그림과 같다.



<그림 3-2-18> 최종 출력된 SSS 문서

(2) 시험/평가 계획서 (TEP : Test Evaluation Plan) 스키마



<그림 3-2-19> 시험/평가 계획서 출력을 위한 기본 스키마

시험/평가 계획서 문서의 양식에 따라 활용되는 스키마의 내용은 다음과 같다.

① 검증 요구사항

- Verification Requirement 클래스의 속성 중 Name

② 검증 요구사항 내용

- Verification Requirement 클래스의 속성 중 Description

③ 측정 항목

- Verification Requirement 클래스의 속성 중 Measure Item

④ 시험조건

- Verification Requirement 클래스의 속성 중 TestCondition

⑤ 현황

- Verification Requirement 클래스의 속성 중 Test Status

⑥ 검증되어야 할 요구사항

- Verification Requirement 클래스와 Verifies 관계에 있는 최초요구사항, 기능/성능 및 제약사항 등의 Number와 Name

⑦ 요구사항 VS 시험품목(검증되어야 할 요구사항)

- Verification Requirement 클래스와 Verifies 관계에 있는 최초요구사항, 기능/성능 및 제약사항 등의 Number와 Name

⑧ 요구사항 VS 시험품목(시험 품목)

- 검증되어야 할 요구사항이 할당된 구성품의 Number와 Name

⑨ 검증 유형(방법)

- Verification Requirement의 속성 중 Technique

⑩ 검증 유형(Level)

- Verification Requirement의 속성 중 Verification Level

⑪ 이벤트 일정(이벤트)

- VR과 연관된 Verification Event의 속성 중 Number와 Name

⑫ 이벤트 일정(예상기간, 시작 날짜, 종료 날짜)

- Verification Event의 속성 중 Event Duration, Duration Units, Event Window Start, Event Window End

⑬ 검증 이벤트

- Verification Event의 속성 중 Name

⑭ 일정

- Verification Event의 속성 중 Event Duration, Duration Units, Event Window Start, Event Window End

⑮ 시험 설비 및 장치(시험 설비/장치)

- VE와 Uses Configuration 관계에 있는 Test Configuration의 속성 중 Number와 Name

⑯ 시험 설비 및 장치(내용)

- Test Configuration의 속성 중 Description

⑰ 시험 절차

- VE와 Defined by 관계에 있는 Test Procedure의 속성 중 Description

최종적으로 스키마를 활용하여 출력된 TEP는 다음과 같다.

<그림 3-2-20> 최종 시험/평가 계획서 문서 산출물

나. 본 연구에서 개발된 물리 아키텍처

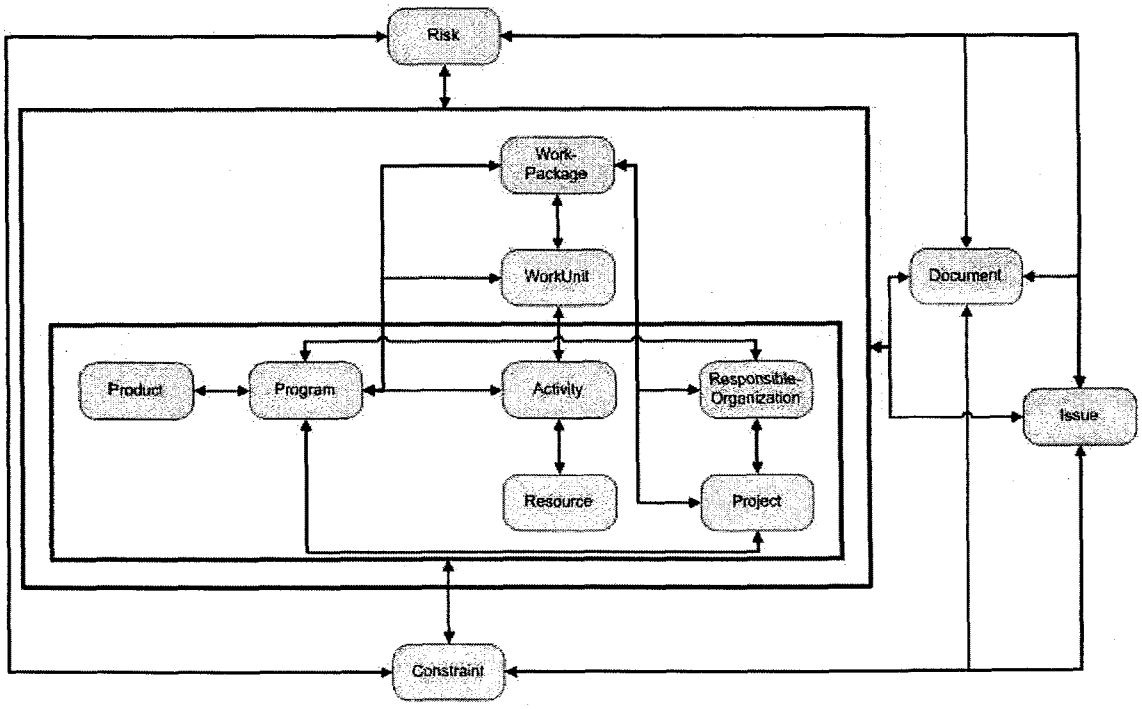
철도 안전 SE 활동 수행을 위해 본 연구에서는 프로젝트 관리, 시스템공학 기반의 시스템설계 프로세스, 시스템공학 관리를 위한 시스템공학 관리 계획서 (SEMP)에서 필요한 데이터의 구조를 분석하였다.

(1) 프로젝트 관리 스키마의 개념 정의

실제 프로젝트 관리 스키마를 작성하기 전에, 앞에서 작성한 개념 수준의 기능 아키텍처에 대한 물리 아키텍처를 정의하고 이해당사자와 협의하기 위해 작성하였다. 이를 통해, 실제 개발할 프로젝트 관리 스키마에 대한 물리 아키텍처의 방향을 설정하였다.

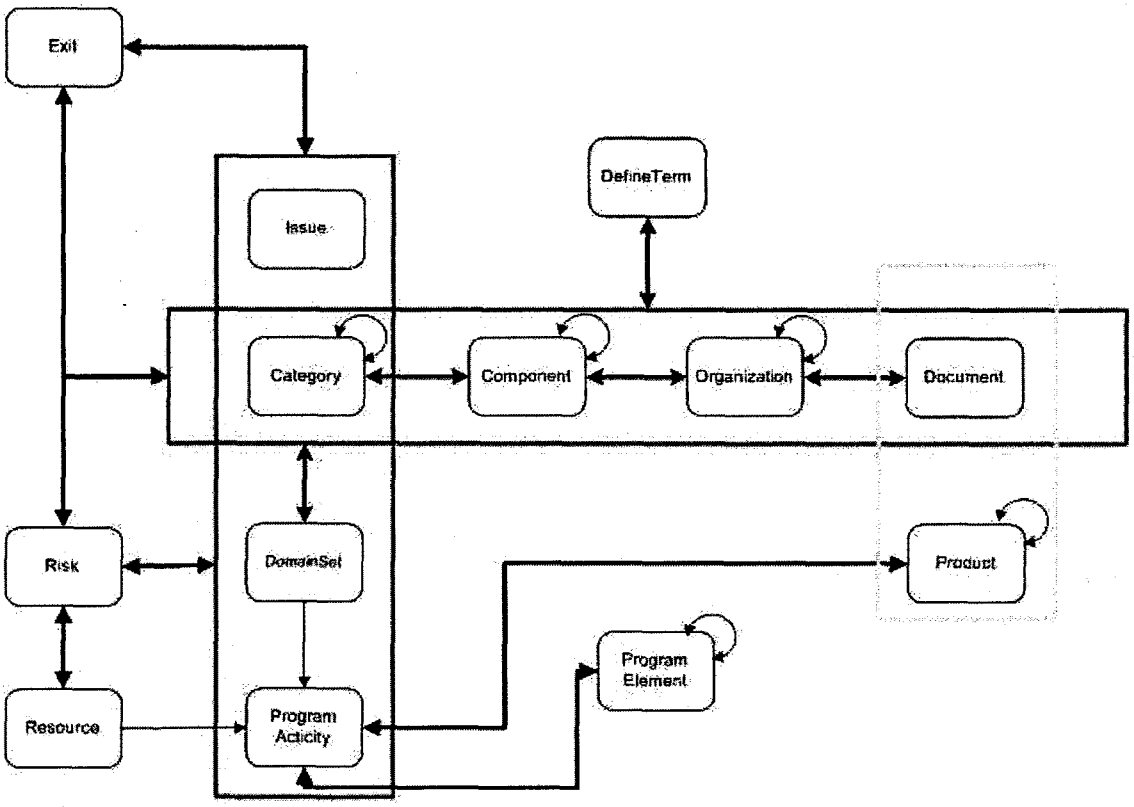
(가) CORE® 에서의 프로젝트 관리 스키마 참조

① CORE® 2.1 기반 스키마



<그림 3-2-21> CORE® 2.1의 프로젝트 관리 스키마

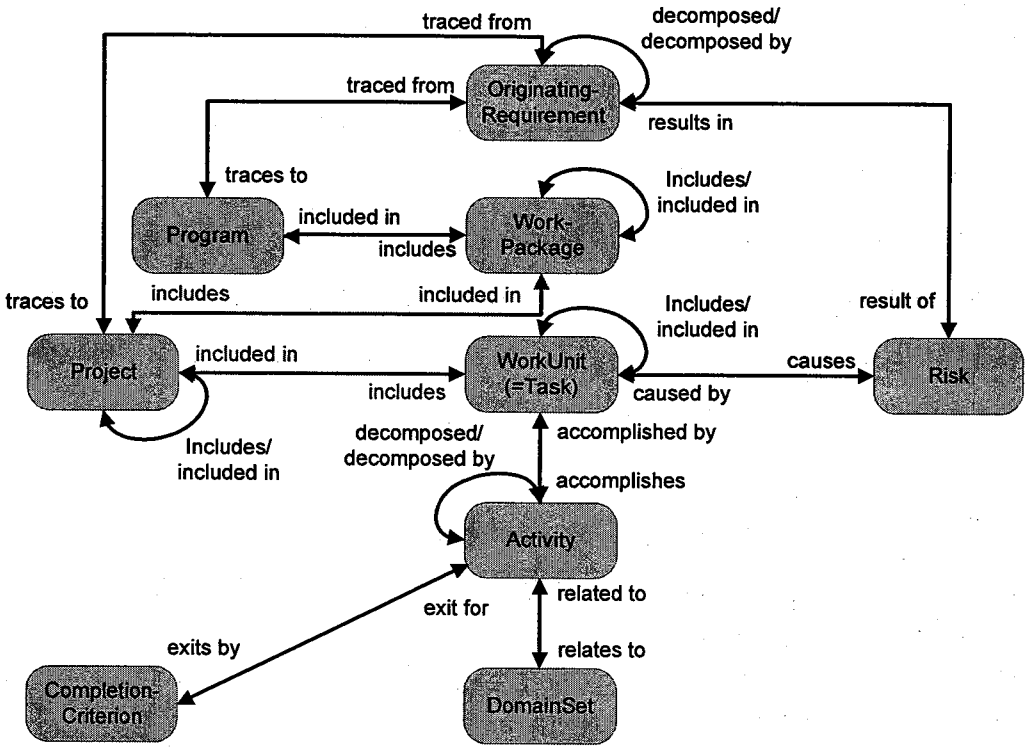
② CORE® 5.x 기반 스키마



<그림 3-2-22> CORE® 5.x의 프로젝트 관리 스키마

③ 프로젝트 관리에 대한 개념 스키마 (CORE® 2.1 기반)

위와 같은 운영 시나리오 및 데이터를 통해서 아래 <그림 3-2-23>과 같은 스키마를 정의하였다.



<그림 3-2-23> CORE® 2.1 기반의 개념 스키마

<그림 3-2-23>의 스키마는 E-R Diagram 형태로 작성하였다. 타원형의 도형은 클래스 (E-R Diagram에서의 Entity)를 나타내고, 클래스를 잇는 선분은 클래스 간의 Relation을 나타낸다. <그림 3-2-23>에서 짙은 빨간색의 선분과 그에 해당하는 글씨는 현재 CORE® 2.1에는 존재하지 않는 relation으로, 추가된 부분이다. 각각의 클래스를 설명하면 다음과 같다.

- OriginatingRequirement: 요구사항, 목표
- Program: 사업, 다수 프로젝트의 관리 프로그램
- Project: 프로젝트
- WorkPackage: 사업의 로드맵의 각 단계, 프로젝트의 업무 묶음
- WorkUnit: 프로젝트의 업무
- Activity: 프로젝트 업무의 실제 세부 활동 (= 프로젝트 업무 활동)
- Risk: 기술적이거나 프로젝트 운영적인 위험도 (Risk)
- DomainSet: 프로젝트 업무 활동들의 수행 흐름 내의 반복 (Iteration)

● CompletionCriterion: 프로젝트 업무 활동의 종료 조건

위에서 설명한 각 클래스는 실제 CORE® 2.1 자체에서 정의한 정의와는 약간 상의할 수 있다. 하지만 본래 개념을 개념 수준의 기능 아키텍처에 맞추기 위해 재해석한 것 일뿐, 전혀 다르지는 없다. 각각의 클래스들은 다른 클래스들과 relation (연관관계)이 있다. 예를 들어, "Program"은 "OriginatingRequirement"를 만족시키기 위해 발생한다. 그러므로, "Program"은 "OriginatingRequirement"로부터 추적된다 ("traced from"). 아래 <표 3-2-2>는 <그림 3-2-23>의 relation을 설명한다.

<표 3-2-2> 개념 스키마의 클래스 사이 Relation (CORE® 2.1 기반)

클래스 1	Relation	클래스 2	관계 설명
Originating-Requirement	traces to	Program	사업 목표는 사업으로 전이한다.
Program	traced from	Originating-Requirement	사업은 사업 목표에 의해 추적된다.
Program	includes	WorkPackage	사업은 로드맵을 가진다.
WorkPackage	included in	Program	로드맵은 사업에 포함된다.
Originating-Requirement	traces to	Project	프로젝트 목표는 프로젝트로 전이한다.
WorkPackage	includes	Project	로드맵은 프로젝트들을 포함한다.
Project	included in	WorkPackage	프로젝트들은 로드맵에 포함된다.
Project	traced from	Originating-Requirement	프로젝트는 프로젝트 목표에 의해 추적된다.
Project	includes	WorkUnit (= Task)	프로젝트는 업무를 포함한다.
WorkUnit (= Task)	included in	Project	업무는 프로젝트에 포함된다.
WorkUnit (= Task)	causes	Risk	업무는 위험도를 발생시킨다.
Risk	caused by	WorkUnit (= Task)	위험도는 업무에 의해 발생된다.
WorkUnit (= Task)	accomplishes	Activity	업무는 업무 활동을 이룩한다.
Activity	accomplished by	WorkUnit (= Task)	업무 활동은 업무에 의해 이룩된다.
Activity	relates to	DomainSet	업무 활동은 반복과 관련 있다.
DomainSet	related to	Activity	반복은 업무 활동에 관련된다.
Activity	exits by	Completion-Criterion	업무 활동은 종료점에 의해 종료된다.
Completion-Criterion	exit for	Activity	종료점은 업무 활동을 종료시킨다.

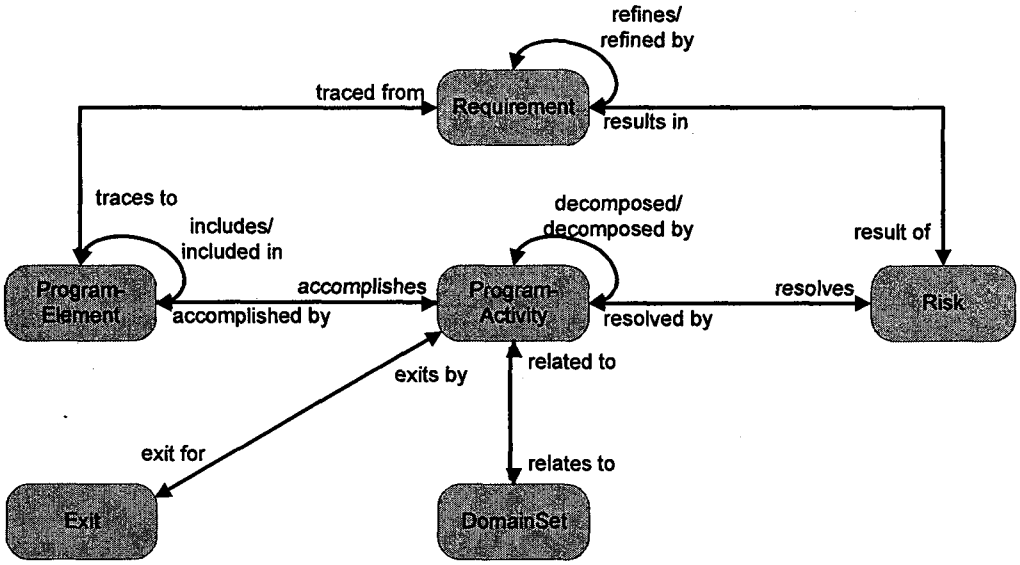
각 클래스는 Element (클래스의 실제 값)를 가지며 Element는 클래스에서 정의된 속성에 따라 속성값을 가진다. 예를 들어 "Project" 클래스는 비행기 개발 프로젝트 또는 철도 개발 등의 프로젝트라는 Element를 가진다. 클래스의 속성은 아래 <표 3-2-3>과 같다.

<표 3-2-3> 개념 스키마의 클래스 속성 (CORE® 2.1 기반)

클래스	속성 (attribute)	속성 설명
공통 (아래의 모든 클래스들에게 적용)	name	이름
	description	설명
	number	번호
OriginatingRequirement	-	-
Program	startDate	시작일
	endDate	종료일
Project	startDate	시작일
	endDate	종료일
WorkPackage	budgetDollars	할당된 예산
	budgetHours	할당된 예상시간
WorkUnit (= Task)	budgetDollars	할당된 예산
	budgetHours	할당된 예상시간
Activity	duration	수행 시간
Risk	mitigationPlan	경감대책
	mitigationStatus	경감상태
	riskFactor	빈도 x 영향
	riskType	위험도 종류
DomainSet	count	반복 값
	setDefinition	반복 단위
CompletionCriterion	-	-

④ 프로젝트 관리에 대한 개념 스키마 (CORE® 5.x 기반)

위와 같은 운영 시나리오 및 해당 데이터를 통해서 아래 <그림 3-2-24> 같은 스키마를 정의하였다.



<그림 3-2-24> CORE® 5.x 기반의 개념 스키마

<그림 3-2-24>의 스키마도 <그림 3-2-23>과 마찬가지로 E-R Diagram 형태로 작성하였다. 각각의 클래스를 설명하면 다음과 같다.

- Requirement: 요구사항, 목표
- ProgramElement: 사업, 다수 프로젝트의 관리 프로그램, 프로젝트
- ProgramActivity: 사업의 로드맵의 각 단계, 프로젝트의 업무 묶음, 프로젝트 업무 및 세부 활동
- Risk: 기술적이거나 프로젝트 운영적인 위험도 (Risk)
- DomainSet: 프로젝트 업무 활동들의 수행 흐름 내의 반복 (Iteration)
- Exit: 프로젝트 업무 활동의 종료 조건

위에서 설명한 각 클래스는 실제 CORE® 5.x 자체에서 정의한 정의와는 약간 상의할 수 있다. 하지만 본래 개념을 개념 수준의 기능 아키텍처에 맞추기 위해 재해석한 것 일뿐, 전혀 다르지는 없다. 아래 <표 3-2-4>는 <그림 3-2-24>의 relation을 설명한다.

<표 3-2-4> 개념 스키마의 클래스 간 Relation (CORE® 5.x 기반)

클래스 1	Relation	클래스 2	관계 설명
Requirement	traces to	Program-Element	사업 목표 및 프로젝트 목표는 사업 및 프로젝트로 전이한다.
Program-Element	traced from	Requirement	사업 및 프로젝트는 사업 목표 및 프로젝트 목표에 의해 추적된다.
Program-Element	accomplishes	Program-Activity	사업 및 프로젝트는 로드맵 및 업무 활동을 이룩한다.
Program-Activity	accomplished by	Program-Element	로드맵 및 업무 활동은 사업 및 프로젝트에 이룩된다.
Program-Activity	relates to	DomainSet	업무 활동은 반복과 관련 있다.
DomainSet	related to	Program-Activity	반복은 업무 활동에 관련된다.
Program-Activity	exits by	Completion-Criterion	업무 활동은 종료점에 의해 종료된다.
Completion-Criterion	exit for	Program-Activity	종료점은 업무 활동을 종료시킨다.

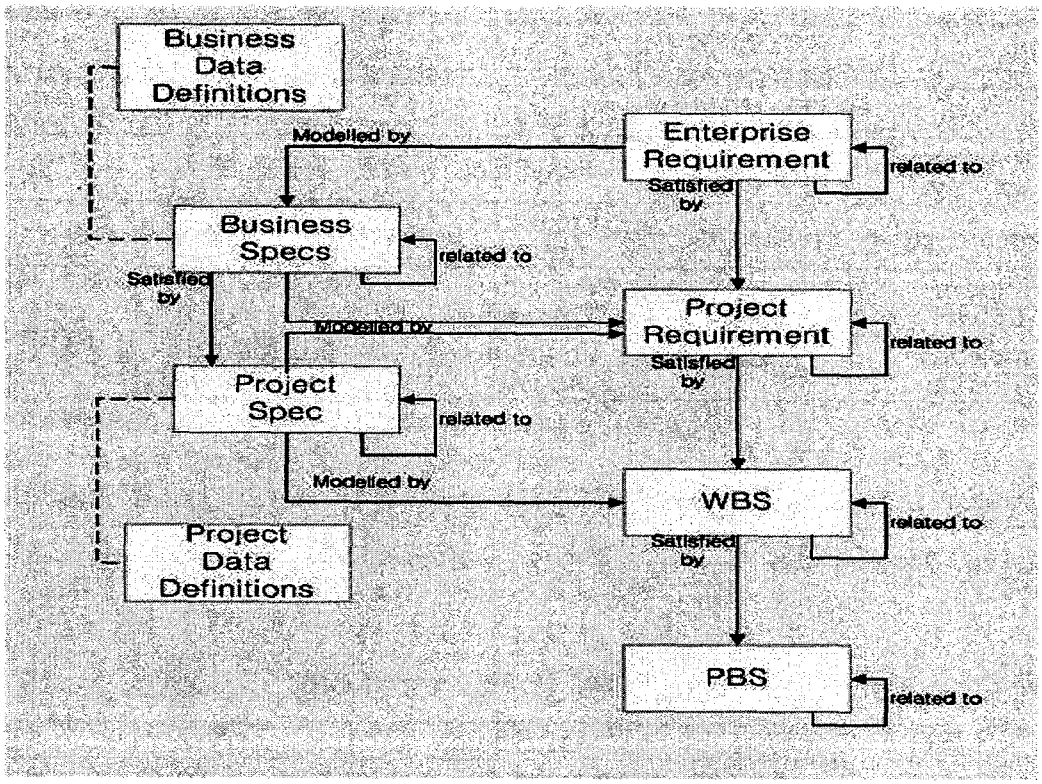
각 클래스는 Element를 가지며 Element는 클래스에서 정의된 속성에 따라 속성값을 가진다. 클래스의 속성은 아래 <표 3-2-5>와 같다.

<표 3-2-5> 개념 스키마의 클래스 속성 (CORE® 5.x 기반)

클래스	속성 (attribute)	속성 설명
공통 (아래의 모든 클래스들에게 적용)	name	이름
	description	설명
	number	번호
Requirement	-	-
ProgramElement	startDate	시작일
	endDate	종료일
	cost	예산
ProgramActivity	startDate	시작일
	endDate	종료일
	duration	수행 시간
Risk	mitigationPlan	경감대책
	mitigationStatus	경감상태
	riskFactor	빈도 x 영향
	riskType	위험도 종류
DomainSet	count	반복 값
	setDefinition	반복 단위
Exit	-	-

⑤ 프로젝트 관리에 대한 개념 스키마 (Cradle® 기반)

Cradle® 기본 스키마와 프로젝트 관리에 대한 개념 수준의 기능 아키텍처를 토대로 Cradle® 기반의 개념 수준의 물리 아키텍처를 정의 했다.



<그림 3-2-25> Cradle® 기반 개념 스키마

<그림 3-2-25> Cradle® 기반 개념 스키마"의 스키마는 E-R Diagram을 기준으로 작성되었다. 타원형의 도형은 Entity를 나타내고, Entity를 잇는 선분은 Entity 간의 Relation을 나타낸다. 각각의 Entity를 설명하면 다음과 같다.

- EnterpriseRequirement : 기업 요구사항 정의
- BusinessSpecs : 비즈니스 모델링
- BusinessDataDefinitions : 비니니스 데이터 정의
- ProjectRequirement: 프로젝트 요구사항 (목표)
- ProjectSpec: 프로젝트 모델링
- ProjectDataDefinitions : 프로젝트 데이터 정의

- WorkBreakdownStructure: 작업 분류 체계
- ProjectBreakdownStructure: 프로젝트 분할 체계

Cradle®의 기본 스키마는 시스템 설계 프로세스에 대한 스키마이므로, <표 3-2-6>과 같은 연관성을 가지고 기본 스키마를 변경하였다.

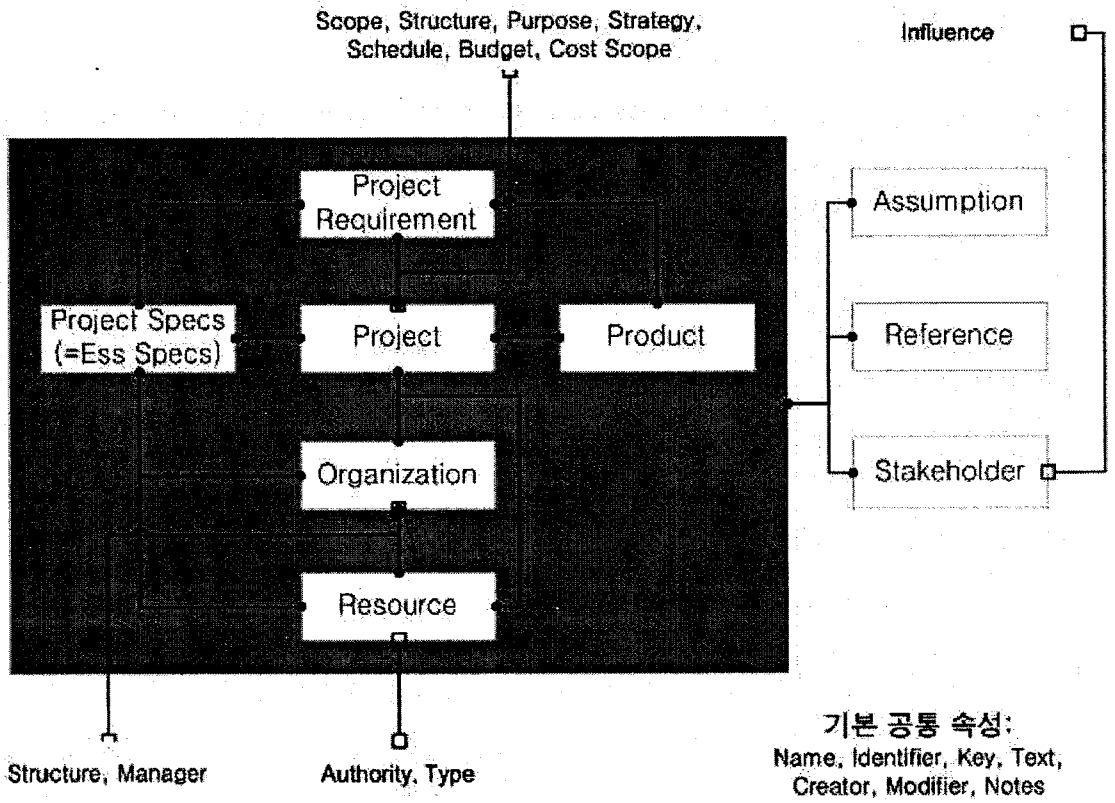
<표 3-2-6> Cradle® 스키마와 Cradle® 기반 개념 스키마 연관표

Cradle® 스키마	Cradle® 기반 개념 스키마	클래스 정의
Ess Data Definition	Business Data Definition	비즈니스 사양을 위한 정의
Ess Specs	Business Specs	비즈니스 사양
Requirement	Enterprise Requirement	기업 요구사항
Impl Specs	Project Spec	프로젝트 사양
Impl Data Definitions	Project Data Definitions	프로젝트 사양을 위한 정의
System Req	Project Requirement	프로젝트 요구사항 (목표)
System Breakdown Structure	Work Breakdown Structure	프로젝트를 위한 업무 분할 구조
Product Breakdown Structure	Project Breakdown Structure	프로젝트의 업무 분할 구조

이 프로젝트에서는 시스템을 프로젝트로 간주하여 모든 Entity를 관계를 성립 하였다. 위 표에서 정의한 각 클래스는 실제 Cradle® 자체에서 정의한 정의와는 약간 상의할 수 있다. 하지만 본래 개념을 기능 아키텍처에 맞추기 위해 재해석한 것 일 뿐, 전혀 다르지는 없다. 각각의 클래스들은 다른 클래스들과 relation (연관관계)이 있다.

(나) 프로젝트 관리 영역의 물리 아키텍처

표준 스키마를 구성하는 한 부분인 프로젝트 관리 영역에 대한 스키마를 작성하였다. 식별된 데이터를 기반으로 데이터의 구조를 작성하였다. 하나의 데이터가 하나 또는 다수의 Entity로 작성되기도 하고, 때에 따라 특정 Entity의 속성으로 작성되기도 하였다.

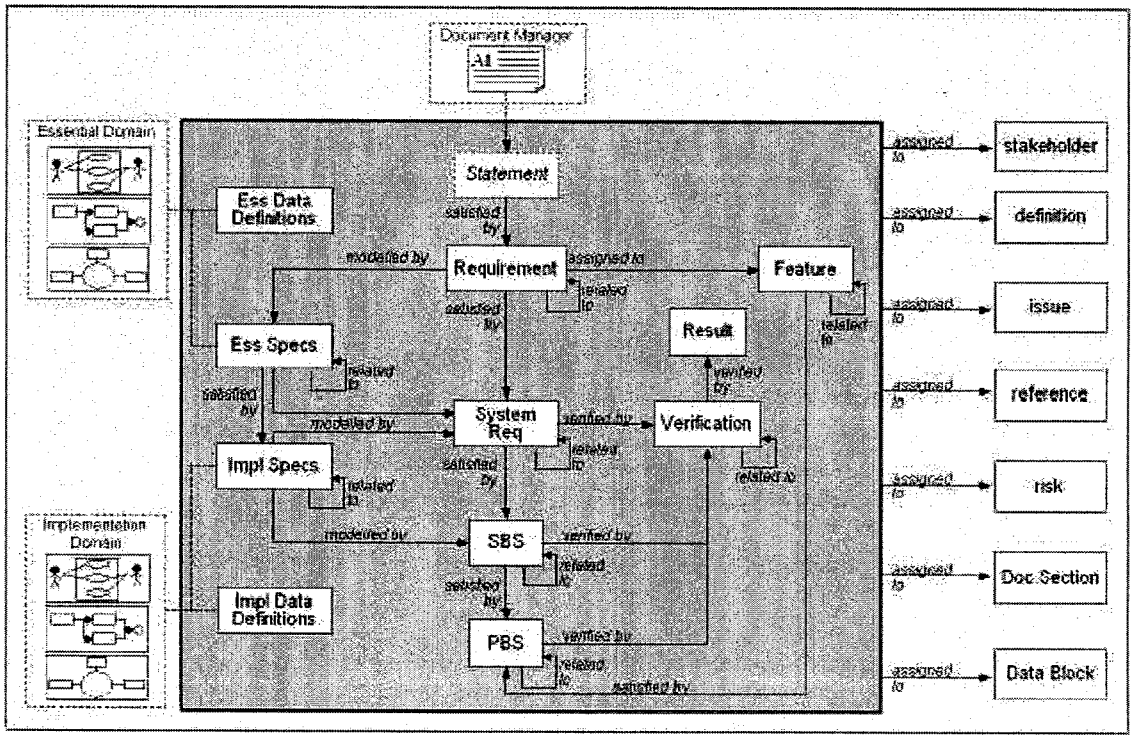


<그림 3-2-26> 프로젝트 착수 및 기획 스키마

<그림 3-2-26>은 PMBOK 기반의 프로젝트 관리 프로세스 중 착수 및 기획 프로세스에 대한 스키마이다. 옅은 주황색 박스와 좀 더 옅은 주황색 박스는 Entity를 나타내며, 박스간의 연관성을 선분으로 표시하였다. 짙은 파랑 박스 안에 포함된 Entity들은 옅은 파랑 박스의 Entity 3개와 모두 연관이 된다. 붉은 색 박스의 내용은 Entity의 속성을 말하며, 붉은 선분으로 해당 Entity를 표시하였다. 해당 정보 중 Cradle®로 구현할 시, 협의가 필요한 부분은 기울임 글꼴로 나타내었다.

① 시스템공학 기반의 시스템 설계 프로세스의 물리 아키텍처

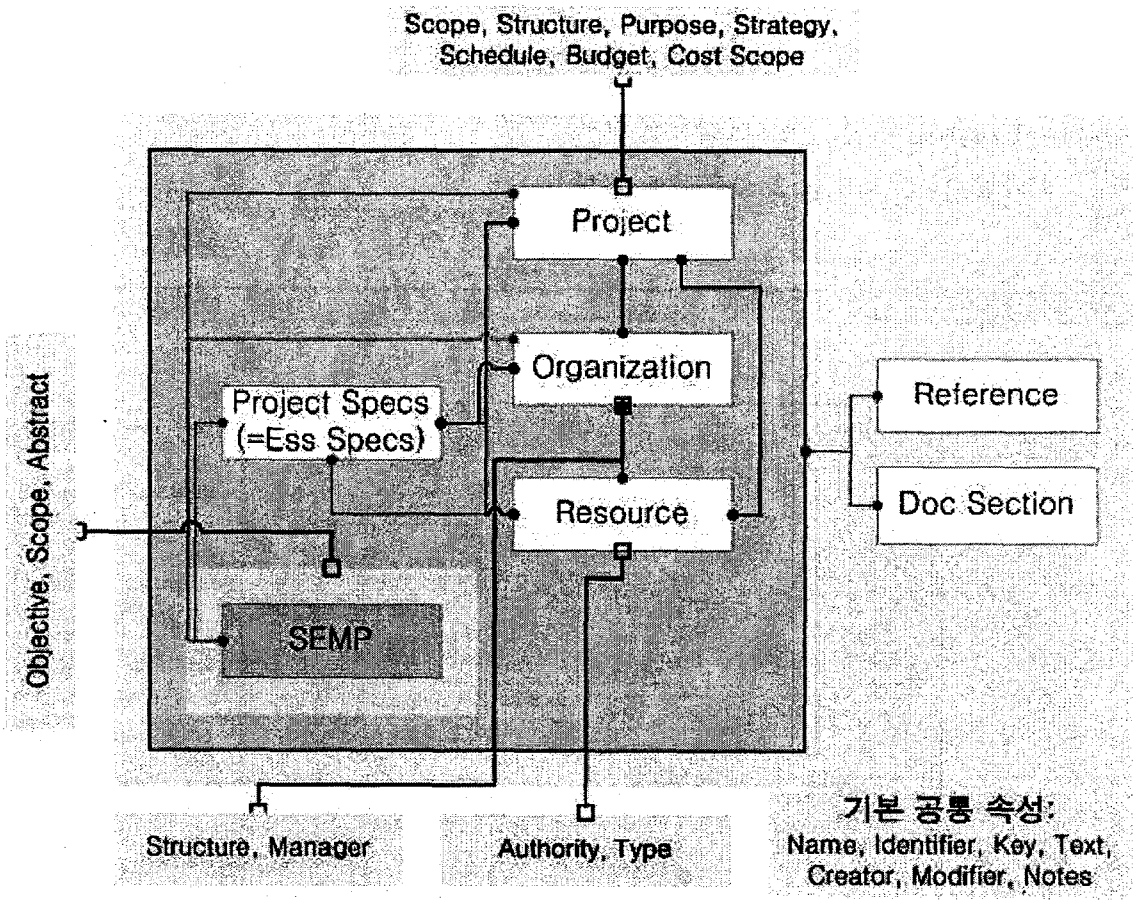
시스템 설계 프로세스의 경우 Cradle®이 EIA-632의 시스템 설계 프로세스를 지원하므로, Cradle®의 시스템 개발 스키마를 그대로 차용하였다. Cradle®의 시스템 개발 스키마는 다음 <그림 3-2-27>과 같다.



<그림 3-2-27> Cradle®의 시스템 개발 스키마

② SEMP의 물리 아키텍처

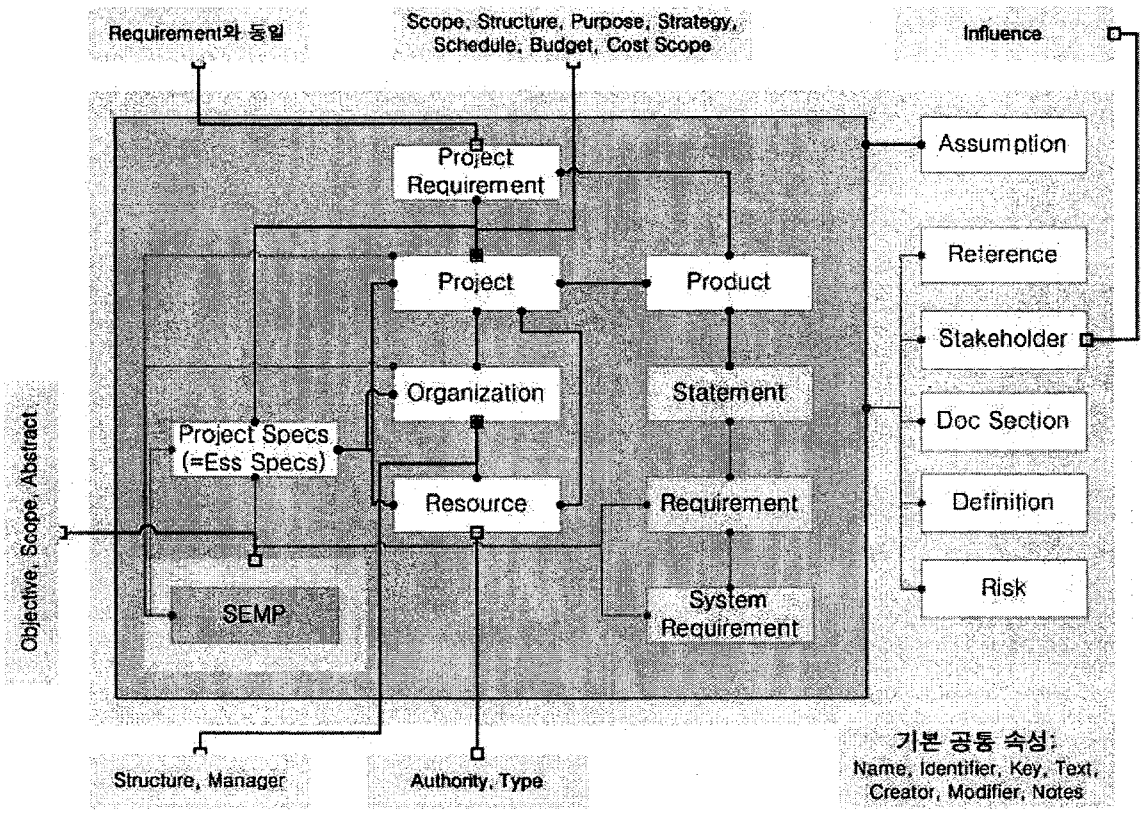
SEMP의 기능 아키텍처에 대한 스키마는 <그림 3-2-28>와 같다. 옅은 주황색 박스와 좀 더 옅은 주황색 박스는 Entity를 나타내며, 박스간의 연관성을 선분으로 표시하였다. 짙은 파랑 박스 안에 포함된 Entity들은 옅은 파랑 박스의 Entity 3개와 모두 연관이 된다. 붉은 색 박스의 내용은 Entity의 속성을 말하며, 붉은 선분으로 해당 Entity를 표시하였다. 보라색으로 표시한 "SEMP" Entity는 SEMP 문서를 하나의 Item으로 관리한다. 여기서 "Project Specs" Entity는 논리적으로 생성한 Entity 이다. 이는 Cradle®에서 생성할 수 없는 Entity이나 필요에 의해 정의하였으며, Cradle®에 존재하는 Essential Domain을 활용한다.



<그림 3-2-28> 정의된 SEMP 스키마

③ 최종 철도 안전 SE 표준 스키마

최종 철도 안전 SE 표준 스키마를 작성하기 위해 철도 안전 프로젝트 수행을 위한 프로젝트 관리, 시스템공학, 그리고 SEMP에 대한 스키마가 통합하였다. 스키마를 통합하기 위해 과제에서 정의한 스키마들을 각각 수집한다. 총 3개의 스키마가 존재하며, 프로젝트 관리 스키마, 시스템 개발 스키마, 그리고 SEMP 스키마가 그것들이다. 스키마 통합은 시스템 개발 스키마를 기준으로 통합을 하였다. 기본적으로 각각의 스키마를 개발할 당시 Cradle®에 기본으로 존재하는 스키마를 최대한 활용하여 정의하였으며, 시스템 개발 스키마의 경우는 Cradle®에 기본으로 존재하는 시스템 개발 스키마를 그대로 인용하였기 때문이다. 통합된 최종 스키마는 아래 <그림 3-2-29>와 같다.

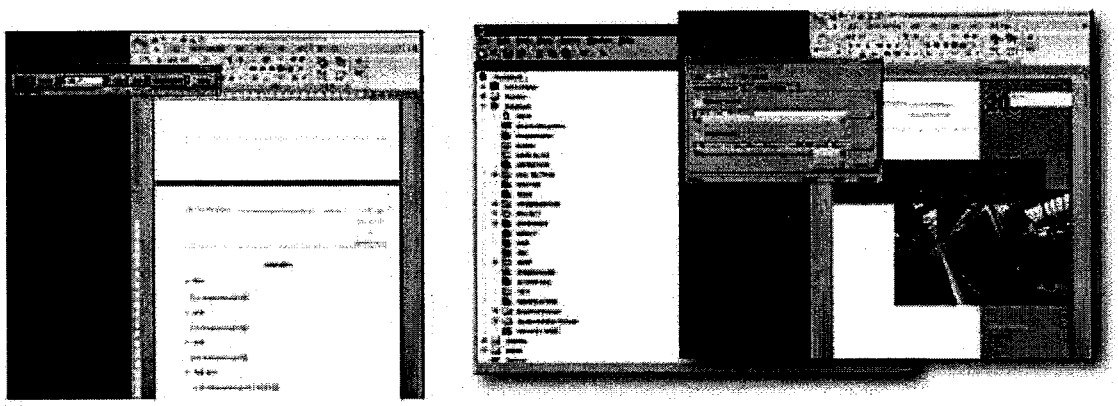


<그림 3-2-29> 통합 철도 안전 SE 표준 스키마

<그림 3-2-29>에서 옅은 주황색 박스와 좀 더 옅은 주황색 박스는 Entity를 나타내며, 박스간의 연관성을 선분으로 표시하였다. 짙은 파랑 박스 안에 포함된 Entity들은 옅은 파랑 박스의 Entity 3개와 모두 연관이 된다. 붉은 색 박스의 내용은 Entity의 속성을 말하며, 붉은 선분으로 해당 Entity를 표시하였다.

(다) SEMP 자동출력을 위한 Cradle® Template

SEMP의 자동출력을 위해 Cradle®의 자동문서 출력을 위한 Template를 작성하였다. <그림 3-2-30>과 같이 Template를 작성하고 문서를 자동으로 생성하였다.



<그림 3-2-30> Cradle®의 SEMP Template 작성 및 SEMP 출력

3. 설계분석보고서

가. 설계 요구사항과의 적합성

본 연구에서 개발하는 표준 스키마가 다루어야 하는 대상의 내용이 실제 스키마에 바르게 적용 되었는지 평가한다.

(1) 프로젝트 관리 데이터와 스키마의 연관성

다음은 프로젝트 관리 영역에 대한 기능 아키텍처와 물리 아키텍처의 연관성을 기술한다. 정보를 나열하고 해당되는 Entity를 괄호 안에 기입하였다. Entity의 속성으로 저장되는 데이터들은 "Entity명"의 "속성 명" 으로 표기하였다. 그리고 Cradle® 이 아닌 MS Project를 써서 관리해야 되는 부분은 MS Project를 명시하였다. 기본적으로 물리 아키텍처는 MS Project 데이터를 속성으로 가진다. ("Project" Entity의 "Schedule" 속성).

(가) 프로젝트 헌장 개발 정보

- 고객, 스폰서, 기타 이해관계자의 요구, 희망 사항 및 기대치를 충족하기 위해 요구되는 사항 (Project Requirement, Stakeholder)
- 사업 요구사항 사항, 개략적 수준의 프로젝트 기술 또는 프로젝트가 처리할 제품 요구사항 (Project Requirement)
- 프로젝트의 목적 또는 정당화 (Project의 Purpose)
- 선정된 프로젝트관리자 및 권한 수준 (Resource, Resource의 Authority)
- 일정마일스톤 요약 (Project Specs, Project의 Schedule: MS Project)
- 이해관계자의 영향력 (Stakeholder의 Influence)
- 기능 조직과 각 조직의 참여도 (Organization, Organization의 Participation)
- 조직, 환경 및 외부적 가정 (Assumption)
- 조직, 환경 및 외부적 제약 (Project Requirement)
- 투자 수익률을 비롯하여 프로젝트의 정당성을 뒷받침하는 사업 사례 (Reference)
- 개괄적 예산 (Project의 Budget)

(나) 예비 프로젝트범위기술서 개발 정보

- 프로젝트 및 제품 목표 (Project의 Objective, Product의 Objective)
- 제품 또는 서비스 요구사항 및 특성 (Project Requirement)
- 제품 인수 기준 (Project Requirement)
- 프로젝트 경계 (Project의 Scope)
- 프로젝트 요구사항 및 인도물 (Project Requirement)
- 프로젝트 제약 (Project Requirement)
- 프로젝트 가정 (Assumption)
- 초기 프로젝트 조직 (Organization)
- 초기에 정의한 위험 (Risk)
- 일정 마일스톤 (Project Specs, Project의 Schedule: MS Project)
- 초기 작업분류체계 (Project Specs, Project의 Schedule: MS Project)
- 원가 산정 규모 (Project의 Cost Scope)
- 승인 요구사항 (Project Requirement)
- 프로젝트 형상관리 요구사항

이 부분은 프로젝트 범위에 따라 포함되는 정보가 다르다. 위의 개발 정보는 프로젝트범위기술서의 정보로써, 예비 프로젝트 범위 기술서 에서는 그 중 일부 또는 전체를 다르다.

(다) 프로젝트관리계획 개발 정보

- 프로젝트관리팀에서 선별한 프로젝트관리 프로세스 (Project Specs)
- 선정한 프로세스를 완수하는 데 사용되는 도구 및 기법에 대한 설명 (Resource)
- 변경을 감시하고 통제하는 방법 (Project Specs)
- 형상관리를 수행하는 방법 (Project Specs)
- 선정된 프로젝트 생애주기 (다단계 프로젝트의 경우 연관된 프로젝트 단계 포함) (Project Specs)
- 선정한 각 프로세스의 구현 수준

- 해당 프로세스 간에 의존성 및 상호작용을 포함하여 특정 프로젝트 및 필수 투입물과 산출물을 관리하기 위한 선정된 프로세스의 사용 방법
- 프로젝트 목표를 달성할 수 있도록 작업을 실행하는 방법
- 성과 측정 기준선의 완전성을 유지하고 적용하는 방법
- 이해관계자 사이의 의사소통 필요성과 통신 기법
- 공개된 문제와 보류 상태의 의사결정사항 처리를 촉진하는데 활용되는 관련 내용물, 수준 및 적절한 시기성을 검토하는 중요한 관리진 검토 회의

이 부분에서 Project Specs에 대한 내용은 각각의 정보를 Cradle®의 모델링 기능을 통해 모델로써 구축한다.

(라) 범위 기획 정보

- 예비 프로젝트 범위 기술서를 토대로 하여 자세한 프로젝트 범위 기술서를 준비하는 프로세스 (Project Specs)
- 상세한 프로젝트 범위 기술서를 토대로 작업분류체계 (WBS)를 생성하고 작업분류체계의 유지 관리 및 승인 방법을 정의하는 프로세스 (Project Specs)
- 완료된 프로젝트 인도물에 대한 공식적인 검증 및 인수 방법을 지정하는 프로세스 (Project Specs)
- 상세한 프로젝트 범위 기술서에 대한 변경요청의 처리 방법을 통제하는 프로세스. (Project Specs)

기본적으로 범위 기획은 예비 프로젝트 범위 기술서를 상세화 한다. 이 부분에서 Project Specs에 대한 내용은 각각의 정보를 Cradle®의 모델링 기능을 통해 모델로써 구축한다.

(마) 범위 기획 정보

예비 프로젝트 범위 기술서를 토대로 프로젝트 범위 기술서를 정의한다.

(바) 작업분류체계 작성

- WBS (Project Specs, Project의 Schedule: MS Project)

(사) 활동정의

- 프로젝트 수행 활동 (Project Specs, Project의 Schedule: MS Project)

(아) 활동순서배열

- 프로젝트 수행 활동 순서 (Project Specs, Project의 Schedule: MS Project)

(자) 활동별자원산정

- 프로젝트 수행 활동 자원 (Resource, Project의 Schedule: MS Project)

(차) 활동기간산정

- 프로젝트 수행 활동 기간 (Project의 Schedule: MS Project)

(카) 일정개발

- 프로젝트 일정 (Project의 Schedule: MS Project)

(2) 시스템 설계 프로세스의 데이터와 스키마의 연관성

시스템 설계 프로세스는 기존에 Cradle®에 구축되어 있는 스키마를 이용하였으므로, 이에 대한 설계 분석은 수행하지 않았다.

(3) SEMP 데이터와 스키마의 연관성

다음은 각 목차에서 필요한 데이터들이 스키마의 어떤 Entity와 연관되는지 기술한다. 각 목차마다 해당되는 Entity와 속성을 나열하였다.

(가) 조직 및 책임

- Doc Section: Name, Text
- Project: Name, Structure, Strategy, Schedule
- Organization: Structure

(나) 기술적 프로그램 관리

- Doc Section: Name, Text
- Project Specs의 Diagrams (ACD)
- Project Specs의 Specifications (Activities)

괄호 안은 해당 Entity의 하위 Entity를 의미한다.

(다) 기타 목차

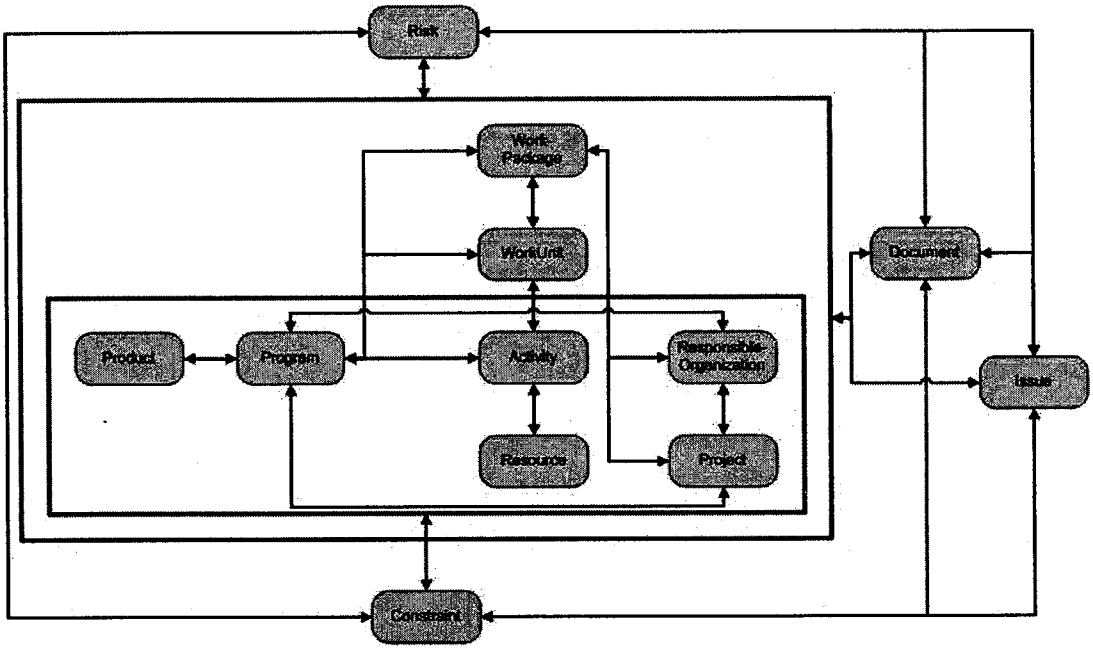
- Doc Section: Name, Text

나머지 목차의 경우 아직 SEMP가 완성되지 않았기에 내용이 기술되지 않았다. 기본적으로 각 항목의 제목과 항목에 들어가야 할 내용을 기술하였다. 이는 차후 SEMP가 완성되어 가면서 스키마와 함께 완성될 것이다.

나. 설계기준

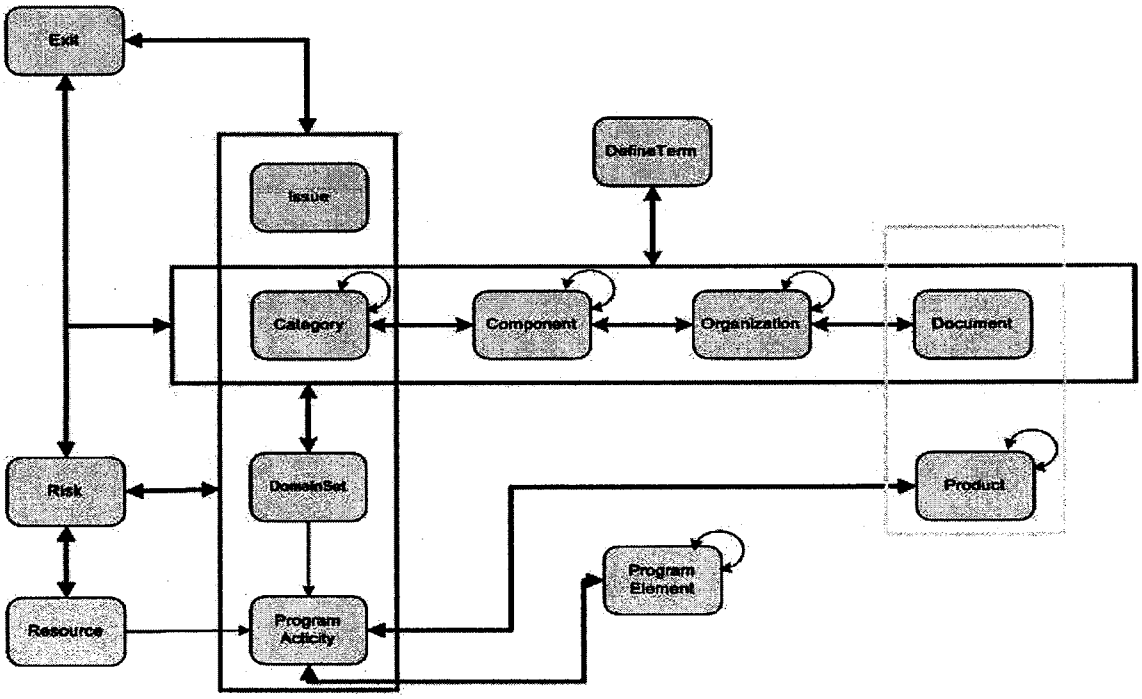
표준을 통해 표준 스키마가 다루어야 하는 대상들의 내용을 정의한다.
시스템엔지니어링 지원 도구에서 정의된 스키마의 구조를 기반으로 철도안전 SE표준 스키마를 개발하였다.

(1) 프로젝트 관리 스키마 (CORE® 2.1 기반)



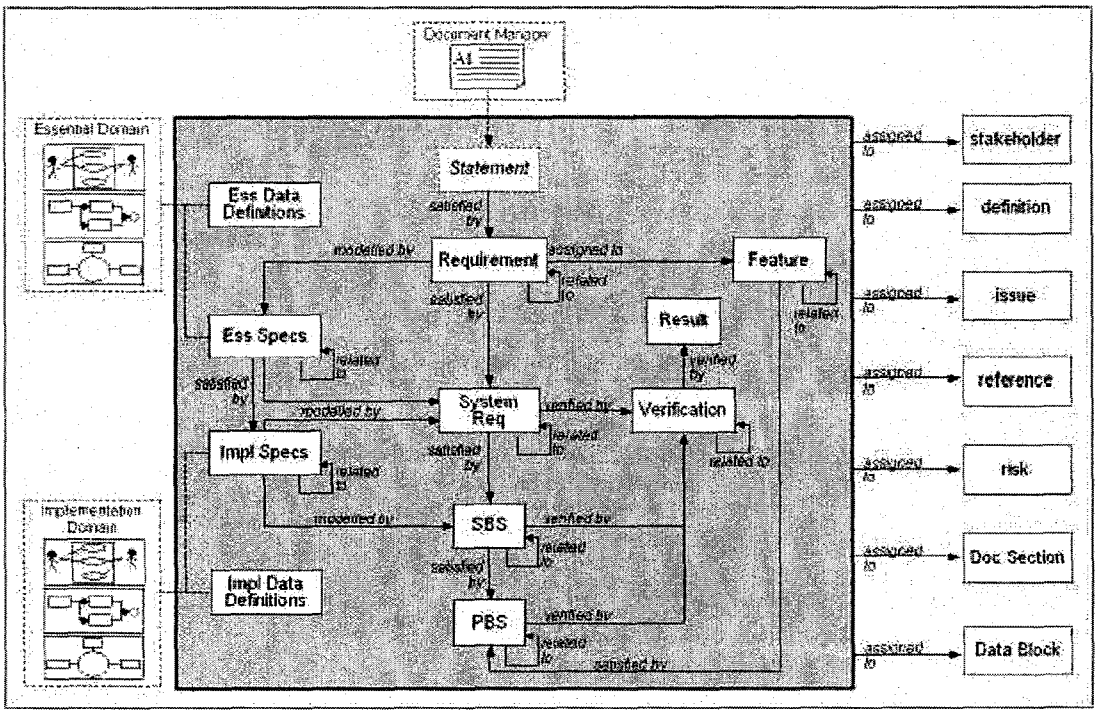
<그림 3-2-31> CORE® 2.1의 프로젝트 관리 스키마

(2) 프로젝트 관리 스키마 (CORE® 5.x 기반)



<그림 3-2-32> CORE® 5.x의 프로젝트 관리 스키마

(3) Cradle® 기본 스키마

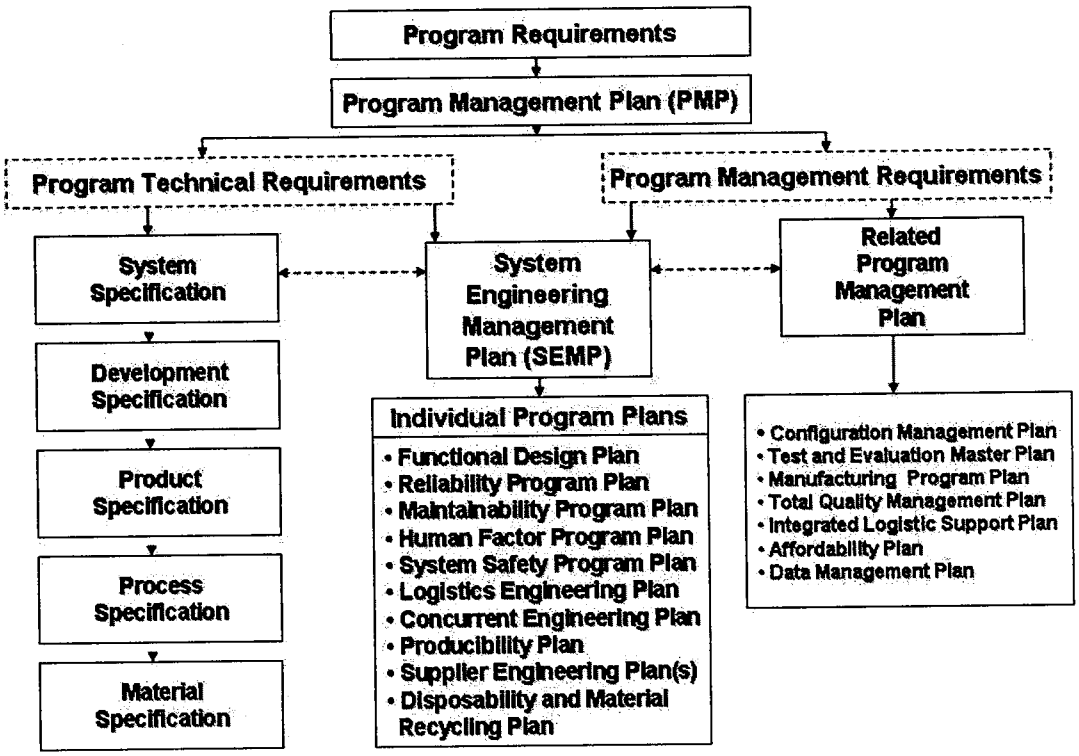


<그림 3-2-33> Cradle®의 시스템 개발 스키마

Cradle®의 기본 스키마는 실제 SE 프로세스에 대한 물리 아키텍처로 활용하였으며, 스키마가 Cradle® 기반으로 개발하였기 때문에 일관성을 유지하기 위해 물리 아키텍처를 개발할 시 설계 기준으로 활용하였다.

(4) 각 표준의 SEMP

SEMP에 관하여 많은 문서에서 다루고 있다. Blanchard와 fabrycky의 "System Engineering and Analysis"에서는 시스템 관리계획서의 구조를 다음과 같이 기술하고 있다. 프로그램의 요구사항으로부터 프로그램을 관리하는 프로그램 관리 계획, 프로그램 관리계획을 기술적 요구사항과, 관리 요구사항으로 나누고, 이를 시스템 규격서, 관련된 프로그램 관리 계획과 SEMP는 상호 보완적인 관계를 가지며 시스템 관리계획서는 3개의 부분으로 구성되어 기술적 프로그램, 시스템엔지니어링 프로세스, 각 전문 공학 통학관점에서 다루고 있다.



<그림 3-2-34> Blanchard가 제안한 SEMP 구조

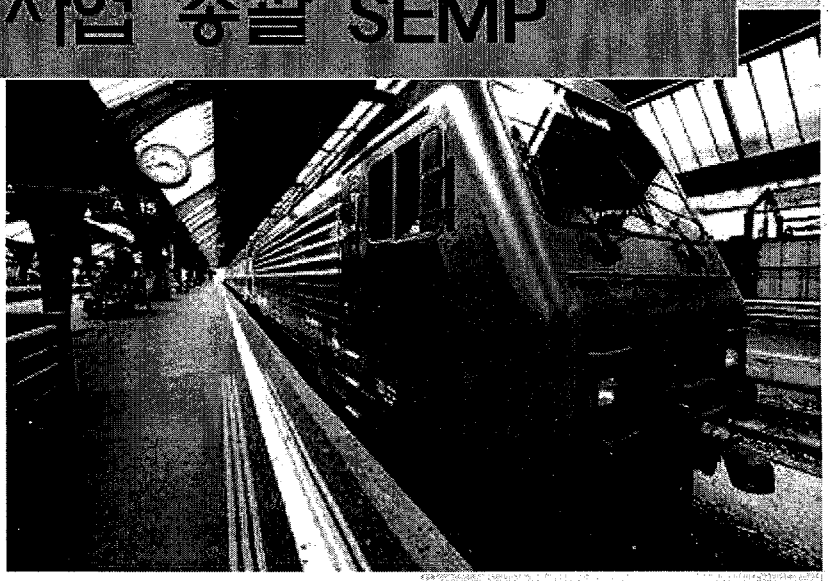
다. 성과물의 내용 및 결과

KRI 한국철도기술연구원 SYSTEMS ENGINEERING

MANAGEMENT PLAN

2007

철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업 총괄 SEMP



2007-09-20

<Table of Contents>

Part I. 시스템엔지니어링 기획

1. 기술 관리
   - 가) 프로세스 구현 전략
   - 나) 일정 및 조직
   - 다) 기술 계획 설립
   - 라) 결과물 관리
2. 기술 평가
   - 가) 확인
   - 나) 검증
   - 다) 절충 분석

Part II. 시스템엔지니어링 수행

1. 시스템 설계
   - 가) 요구사항 정의
   - 나) 논리적 해결방안 묘사
   - 다) 물리적 해결방안 묘사

Part III. 특수엔지니어링 통합 활동

1. 신뢰성/보전성/가용성 공학
   - 가) Reliability/Maintainability/Availability Process
2. 안전 공학
   - 가) Safety Risk Management Process
3. 인간 공학
   - 가) Human Engineering Process
4. 수명주기 공학
   - 가) Lifecycle Engineering

<List of Figures>

1 SEMP.13 Life Cycle
2 SEMP.15 Product Planning and Development Process
3 SEMP.16 Risk Management Process
4 SEMP.19 Configuration Management Process
5 SEMP.20 Validation Process
6 SEMP.21 Verification Process
7 SEMP.22 Trade Studies Process
8 SEMP.5 Requirement Definition Process
9 SEMP.6.1 Logical Solution Representations Process
10 SEMP.6.2 Physical Solution Representations Process
11 SEMP.17 Reliability/Maintainability/Availability Process
12 SEMP.14 Safety Risk Management Process
13 SEMP.18 Human Engineering Process
14 SEMP.23 Lifecycle Engineering

<List of Tables>

1 전체 과제 구성표

CONTENTS

1. 목적

본 시스템엔지니어링 관리계획서는 철도안전기술개발사업의 대과제중 하나인 " 철도안전 시스템 엔지니어링 & 사업총괄"과제의 관리와 수행을 위한 기술적 활동을 통합한 최상의 기술 관리에 적용되는 문서이다. 본 문서에는 1차년도 사업수행에 필요한 각 사업관리 요소, 수행해야 할 시스템엔지니어링 업무, 개발해야 할 부품, 적용되어야 할 기술적 방법, 조직 구성 및 책임, 적용해야 할 도구와 사업내의 각 활동 간의 인터페이스를 정의하고 문서화하여 사업의 효율성과 효과성을 제고함에 목적이 있다. 본 계획서는 사업이 진행됨에 따라 계속 개정될 것이며, 최종 사업이 종료된 후에는 차후의 사업에서 참고할 수 있는 경험적 지식이 축적된 계획서로 이용할 수 있도록 하는 것을 부가적인 목적으로 한다.

2. 범위

본 계획서는 "철도안전 시스템엔지니어링 & 사업총괄" 과제를 추진함에 있어 과제의 주제가 되는 한국철도기술연구원 철도시스템안전연구본부와 그에 따른 하부과제의 참여자들의 업무를 정의한다. 하부과제는 시스템엔지니어링 관리계획서를 작성해야 한다. 계획서는 과제관리영역과 기술관리 영역으로 나뉘어 작성한다.

3. 요약

본 계획서는 시스템엔지니어링에 있어서의 국제 표준인EIA-632, IEEE-1220 및 국제시스템엔지니어링 (INCOSE)에서 권장하는 표준 계획서 양식을 조정하여 작성되었다.

4. 적용 문서

가) 건설교통부, "철도안전종합안전기술개발 기획보고서", 2004
나) A/MICOM, "System Engineering Management Plan", 1990
다) DoD, "MIL-STD-499A", 1974
라) EIA, "EIA-632, Process for Engineering a System", 1999
마) INCOSE, "Systems Engineering Handbook", 2000
바) IEEE, "IEEE Std 1220-1998, IEEE Standard for Application and Manage", 1998
사) NASA, "NASA Systems Engineering Handbook", 1995

1. 기술 관리

가) 프로세스 구현 전략

① Life Cycle

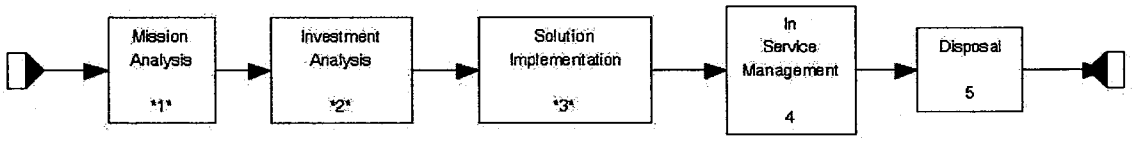


Figure 1 - SEMP.13 Life Cycle

A Mission Analysis
각 조직이 계획하는 장기 전략에 대한 기초를 수립한다.

B Investment Analysis
개발을 위한 대안 및 요구사항 수립하고 투자 프로그램을 계획한다.

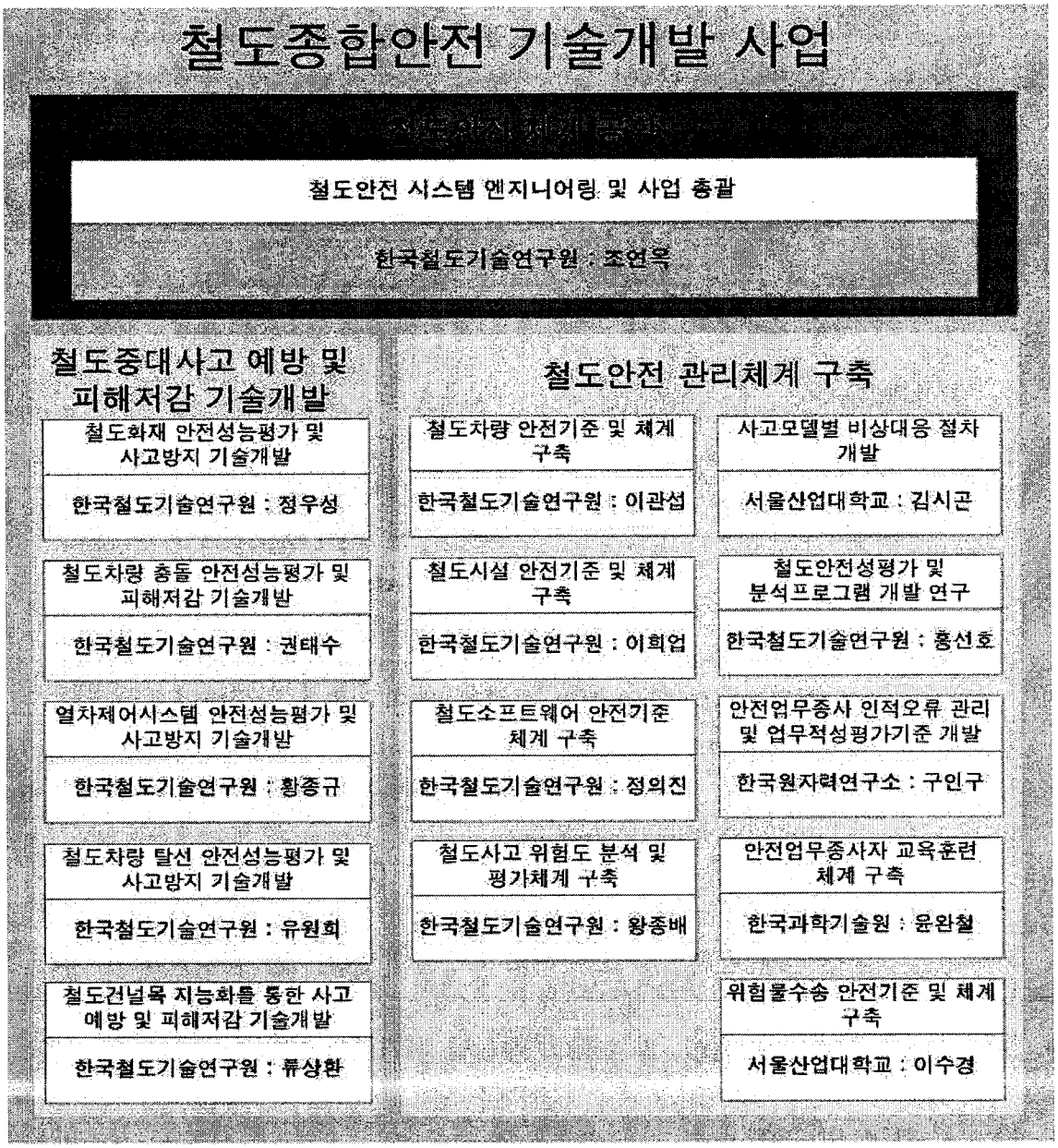
C Solution Implementation
시스템의 세부 설계를 수행하고 검증 및 생산한다.

D In-Service Management
시스템을 운영, 유지보수하고 시스템이 수행하는 임무를 지원한다.

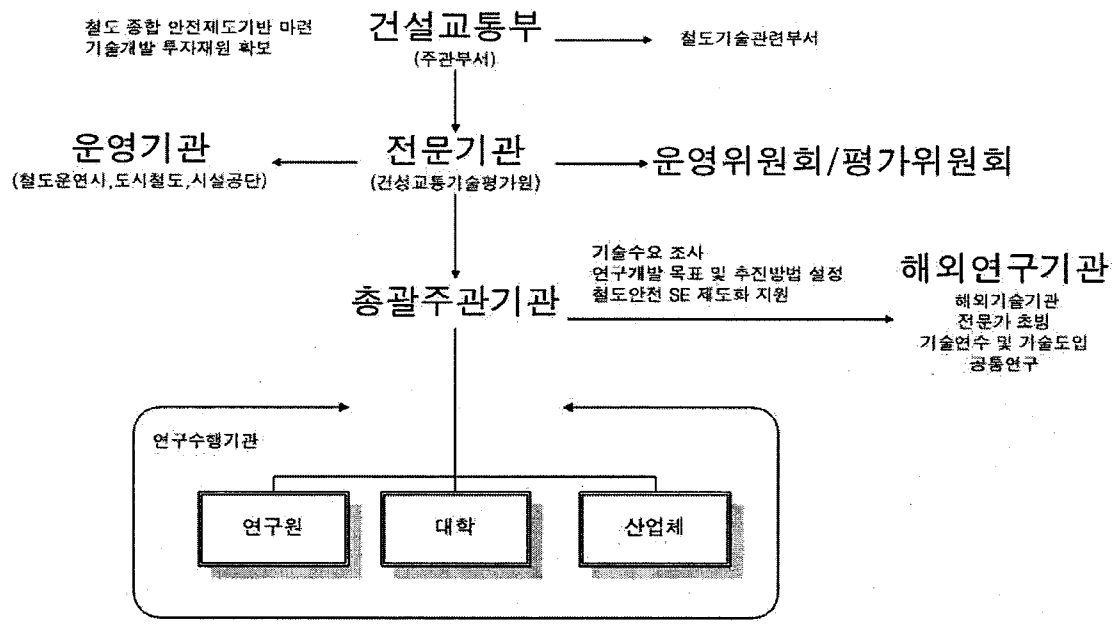
E Disposal
시스템, 부동산, 빌딩 등의 자산을 폐기한다.

나) 일정 및 조직

전체 사업은 아래 그림과 같은 조직으로 구성된다.



본 과제는 건설교통부가 시행하는 "철도종합안전기술개발사업"의 대과제 중 하나인 "철도안전 시스템엔지니어링 & 사업총괄" 과제이다. 본 과제의 목적은 철도종합안전기술개발사업의 총괄적 조정, 관리 및 제도화 지원과 철도시스템안전프로그램 구축 및 표준절차서 개발에 있다. 철도종합안전기술개발사업의 사업 추진체계는 아래의 그림과 같다.

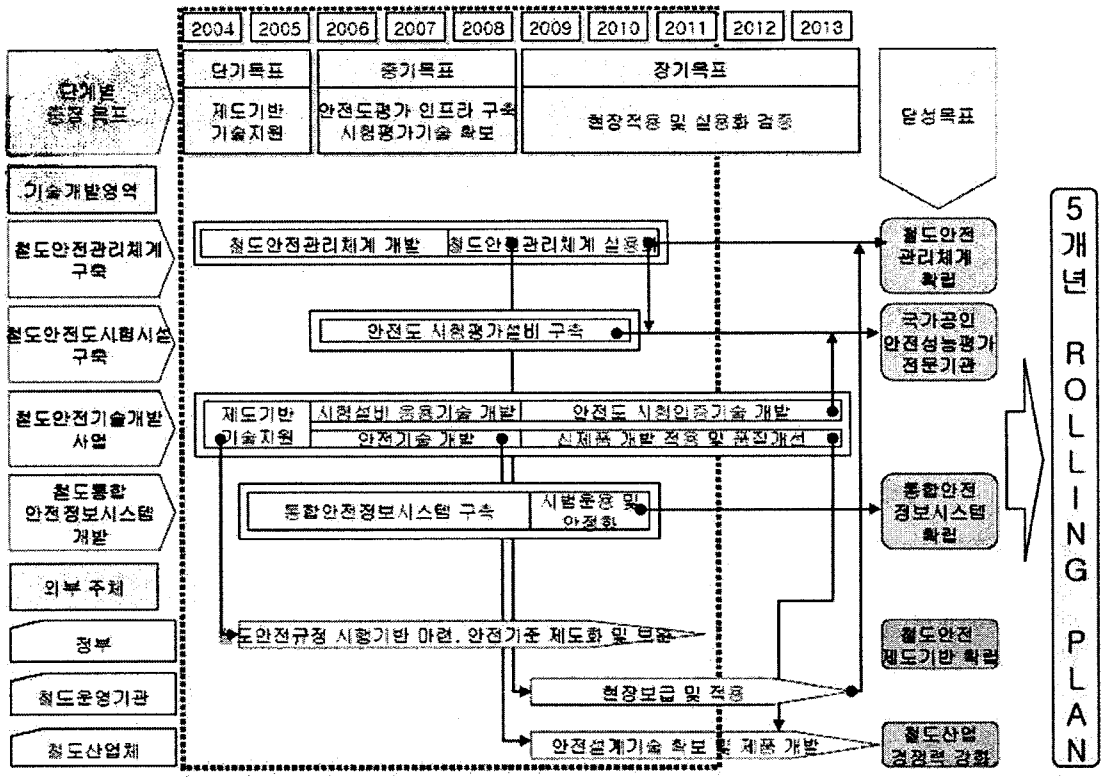


철도종합안전기술개발사업의 과제는 다음과 같이 구성된다.

Table 1 - 전체 과제 구성표 1

대과제	중과제
철도안전 기술개발 사업	- 철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄
	- 철도차량 안전기준 및 체계 구축
	- 철도시설 안전기준 및 체계 구축
	- 철도소프트웨어 안전기준 체계 구축
	- 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축
	- 사고모델별 비상대응 절차 개발
	- 철도안전성평가 및 분석프로그램 개발 연구
	- 안전업무종사 인적오류 관리 및 업무적성평가기준 개발
	- 안전업무종사자 교육훈련 체계 구축
	- 위험물수송 안전기준 및 체계 구축
	- 철도화재 안전성능평가 및 사고방지 기술개발
	- 철도차량 충돌 안전성능평가 및 피해저감 기술개발
	- 열차제어시스템 안전성능평가 및 사고방지 기술개발
	- 철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지 기술개발
	- 철도건널목 지능화를 통한 사고 예방 및 피해저감 기술개발

본 과제의 대일정표는 다음과 같다.



다) 기술 계획 설립

① Product Planning and Development Process

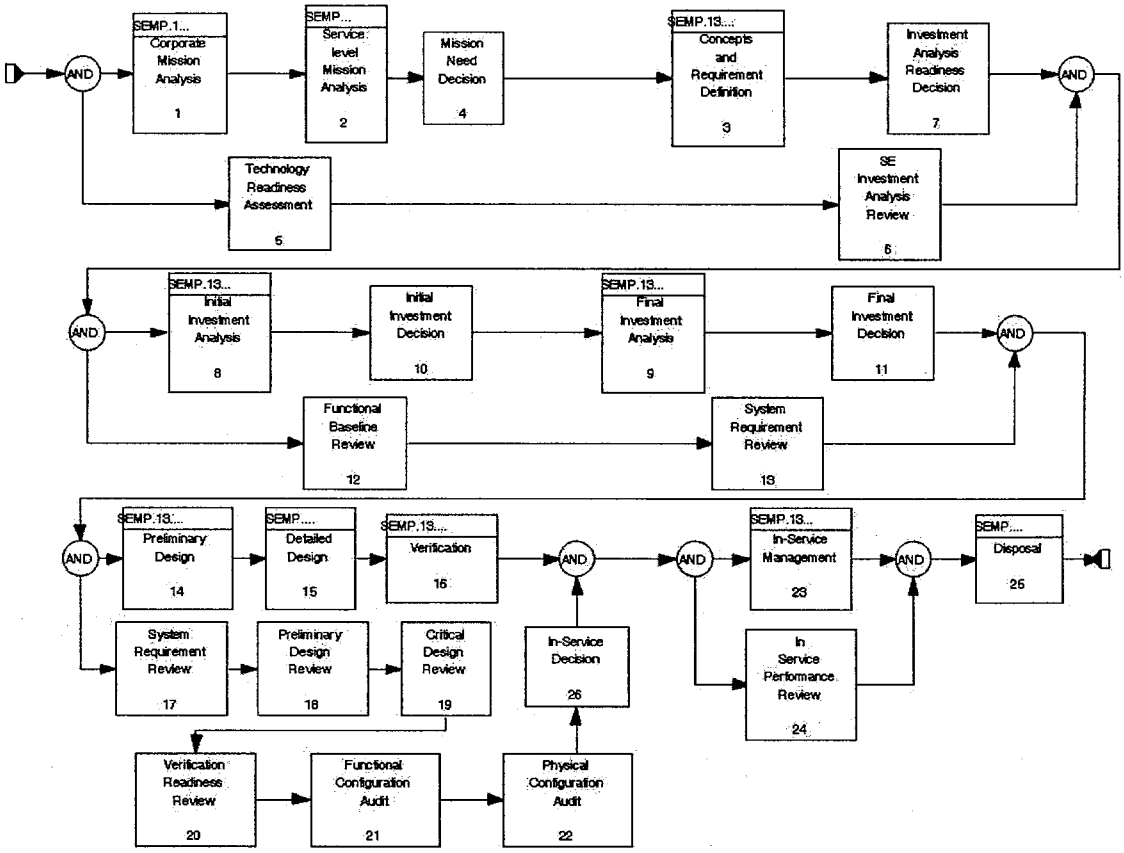


Figure 2 - SEMP.15 Product Planning and Development Process

A Mission Need Decision

임무 소요 결정은 매년 주기적인 예산과 전략 관리 프로세스와 더불어 발생한다. 이 결정에서 비지니스 라인의 수장은 운영상의 임무 소요 평가를 반영하고 엔터프라이즈 아키텍처에 대해 변경사항을 제안한 각 운영 조직에 의해 장기 계획을 검토한다.

B Technology Readiness Assessment

C SE Investment Analysis Review

임무 소요 능력치 부족과 대안에 수반되는 해결책들이 임무 소요 의사결정을 수행하는데 충분히 완벽한지를 결정하기 위해 검토한다.

D Investment Analysis Readiness Decision

운영 개념, 예비 요구사항, 엔터프라이즈 아키텍처 산출물, 규율 변경, 그리고 예비 대안이 투자 분석하기에 충분히 정의되었는지 결정한다.

E Initial Investment Decision

초기 투자 결정에서는 시스템 구현에 대한 대안을 선정한다.

F Final Investment Decision

자금 조달과 해결방안에 대한 구현을 승인한다.

G Functional Baseline Review

투자분석단계에서 요구사항을 검토하고, 식별한 후, 구현 기관과 이해당사자 사이를 이해시킨다.

H System Requirement Review

투자분석단계에서 SE 마일스톤의 기능 기준선 검토의 결과물, 고-사실성 모델링의 결과물을 통해 시스템 요구사항을 검토한다.

I System Requirement Review

해결방안 구현 단계에서 시스템 수준의 검토가 가능하도록 시스템 요구사항으로 정부와 계약자 사이를 이해시킨다.

J Preliminary Design Review

해결방안 구현 단계에서 SRR과 요구사항이 부합하는 계약 수준의 예비 설계 검토를 한다.

K Critical Design Review

해결방안 구현 단계에서 초기 설계에 적절한 인터페이스 설계의 완전성을 평가하여 검토한다.

L Verification Readiness Review

해결방안 구현 단계에서 하드웨어와 소프트웨어의 형상항목을 계약자가 검증을 시작하도록 문서화하여 검토한다.

M Functional Configuration Audit

서비스 제공 관리 단계에서 SE 마일스톤을 따라 기능 형상을 감사한다.

N Physical Configuration Audit

서비스 제공 관리 단계에서 SE 마일스톤을 따라 기능 형상과 부합하는 물리적 형상을 감사한다.

O In Service Performance Review

서비스 제공 관리 단계에서 SE 마일스톤을 따라 서비스 제공에 필요한 것들을 검토한다.

P In-Service Decision

운영 결정은 해결방안이 운영상의 환경에 배치되도록 인가한다. 이는 핵심 시험 현장에서 초기 운영 능력을 시현한 후 발생한다.

① Risk Management Process

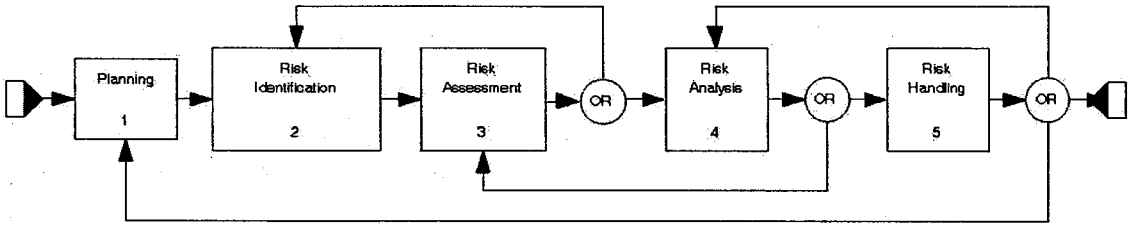


Figure 3 - SEMP.16 Risk Management Process

A Planning

위험 관리 프로그램 계획을 세우고 책임을 할당한다.

B Risk Identification

잠재된 부정적인 결과와 그와 관련된 근본 원인을 예측하고 인지하고 우선순위를 부여한다.

C Risk Assessment

위험도의 영향력과 발생 빈도를 평가한다.

D Risk Analysis

이용 가능한 위험도 경감책에 대한 비용과 이득을 평가한다.

E Risk Handling

위험도를 감소 또는 제거에 대해 프로그램 중재를 실행하고 위험도 관리 성공을 보증하기 위해 각각을 추적한다.

라) 결과물 관리

① Configuration Management Process

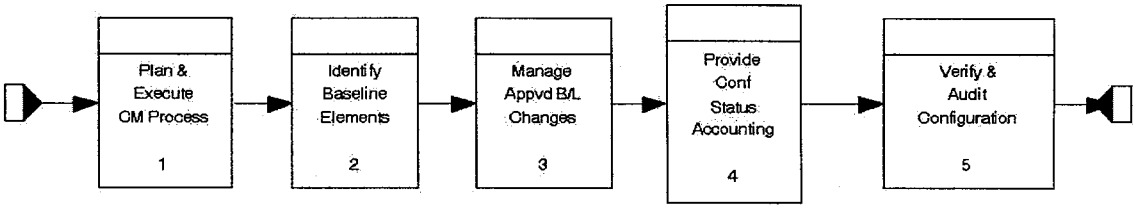


Figure 4 - SEMP.19 Configuration Management Process

A Plan & Execute CM Process

형성관리를 위한 계획은 성공적으로 프로그램 목표에 도달하는 것이 중요하다. 계획은 기본적으로 적용 가능한 시스템공학 프로세스의 각각을 통하여, 효과성과 능률적인 형상관리 행위의 활용의 확실하게 하는것을 제공한다. 형상관리를 위한 모든 계획의 토론은 형상관리를 실행하고 관

리하기 위해 통합 기술 계획(IPT)에서 나타낸다.

B Identify Baseline Elements

이 활동은 연관된 업무 제품을 확인하고, 형상 관리 프로세스로 부터 유래하는 업무 제품과 서비스의 요구사항을 설립, 유지하고 업무 제품의 변경 통제를 위한 요구사항의 설립을 포함한다. 제품의 제공하는 설립과 유지의 기본적인 의미를 확인하다. 시스템과/제품은 시스템공학, 통합기술계획(IPT), 합성 프로세스를 통하여 식별된다.

C Manage Appvd B/L Changes

형상 통제는 기준의 변화는 영향력, 수행, 검증 수준의 적당함에 의해서 확인, 문서화, 평가, 승인 알맞게 하는 것을 확인하는 체계과정이다.

D Provide Conf Status Accounting

Configuration Status Accounting (CSA)은 시스템 혹은 제품의 형상 상태의 체계적인 기록과 보고이다.

E Verify & Audit Configuration

감사와 품질 체크 행위는 시스템과 제품의 완전성을 확인하다.

2. 기술 평가

가) 확인

① Validation Process

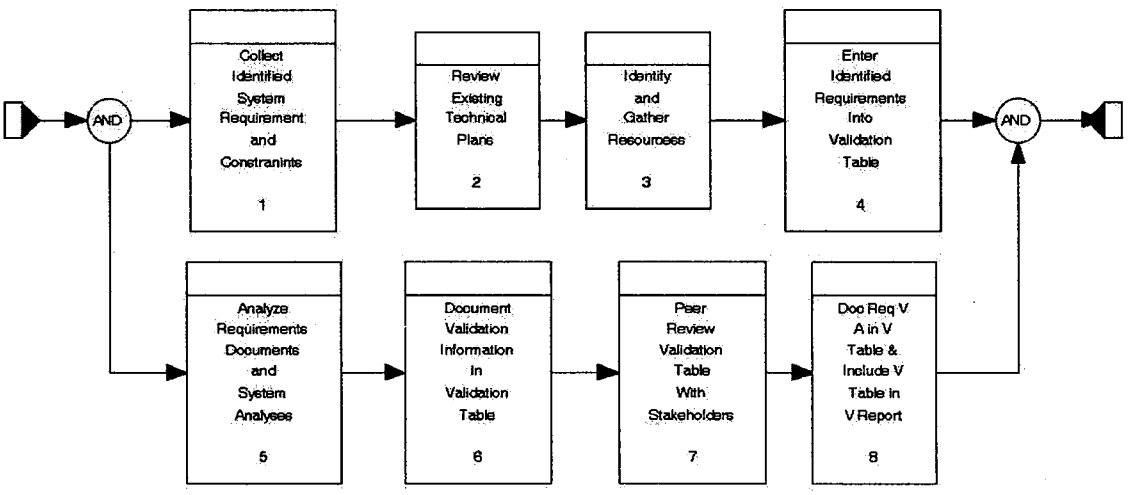


Figure 5 - SEMP.20 Validation Process

A Collect Identified System Requirement and Constraints

검증 프로세스의 시작 단계로 요구사항 관리 프로세스로부터 검증된 요구사항의 집합을 받는다. 추가적으로 검증을 모으기 위해 정보를 요구하

고, 각 문서는 시스템 요구사항, 자원, 제약사항의 기준이 된다.

B Review Existing Technical Plans

이 계획은 검증 업무를 수행하기 위한 조직, 일정, 비용의 책임을 할당하는 것을 포함한다. 목적은 계획에 따라 그것의 운영 환경 안에서 시스템 서비스를 유효하게 하고 소비자의 만족도를 달성하기 위한 전략을 정의하는 것이다.

C Identify and Gather Resources

검증 자원은 타당한 SE 자원에서 형성한다. 자원은 도구, 정보, 조직, 수행팀, 이해관계자, 시스템공학을 포함한다.

D Enter Identified Requirements Into Validation Table

요구사항 문서 (테이블, 스프레트시트, 데이터베이스, SE도구)에서 요구사항 들어가거나 복사한 것을 포함한다. 각 요구사항, 사양서는 시스템을 확인한다.

E Analyze Requirements Documents and System Analyses

존재하는 요구사항 문서의 재검토를 수행한다. 또한 이 단계에서 요구사항의 집합은 기존의 상부 요구사항 문서와 타당성을 검증하기 위해 비교된다.

F Document Validation Information in Validation Table

검증 자료를 검증 테이블에 수집, 분류, 대조 되고, 프로그램 및 획득 계획 안에 정의되는 표준에 따른다.

G Peer Review Validation Table With Stakeholders

시스템 요구사항의 이해관계자를 확인 한다. 검증 테이블을 완성하고 이해관계자들이 검토한다.

H Document (Req. Valid. Analysis -> Table -> Report)

검증 분석의 결과를 검증 테이블에 문서화 하고, 검증 보고서에 검증 테이블을 포함한다. 검증보고서는 요구사항 관리에서 전달되며, 요구사항 문서에 의해 추가되거나 참조된다.

가) 검증

① Verification Process

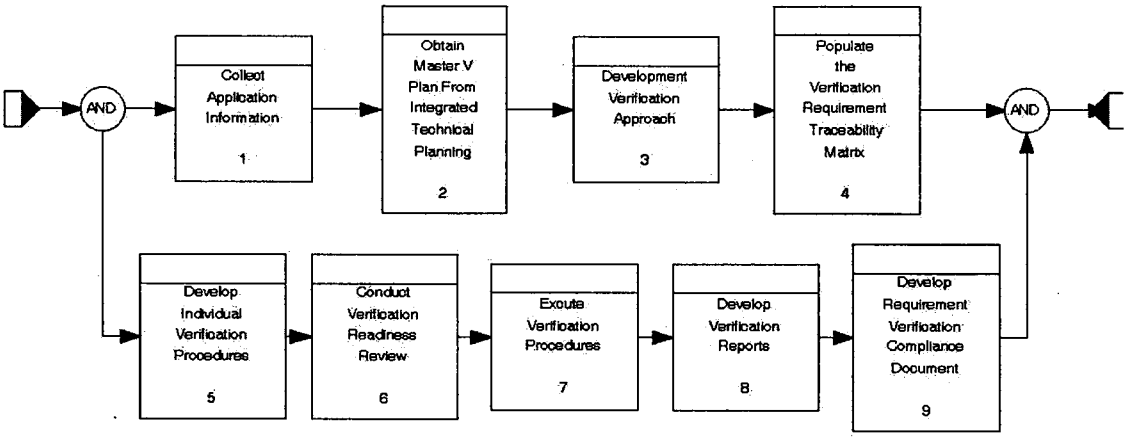


Figure 6 - SEMP.21 Verification Process

A Collect Application Information

토론된 입력을 확인 프로세스에 영향을 주기 위하여 수집하고 재검토한다

B Obtain Master V Plan From Integrated Technical Planning

시스템과 시스템 형상을 확인하고, 테스트 장비, 측정법 시설의 한정을 포함한다. 확인에 알맞은 모든 요구사항을 확인하고 대조한다. 각 요구사항을 위해 사용되는 명확한 확인 방법을 정의한다. 각 확인으로부터 각 요구사항에 대한 증명을 평가하기 위한 기준을 정의한다.

C Development Verification Approach

확인 접근은 어떤 요구사항인지 확인할 것이다. 이 접근은 요구사항 관리와 VRTM 문서에서 전개된다. 이 업무는 수령, 개정, 분석, 분해의 활동을 포함한다.

D Populate the Verification Requirement Traceability Matrix

확인은 시스템 전 수준에서 수행된다. 각 요구사항은 시험, 시스템공학 평가 둘 다에 의해 확인된다.

E Develop Individual Verification Procedures

이 과정은 확인 절차와 자원의 자세한 개발이다. 승인된 기관과 조정 절차를 사용하여 명확해진 확인 목적을 달성한다.

F Conduct Verification Readiness Review

VRR은 각각의 중요한 확인 혹은 작은 확인과 함께 공통의 요소 전에 확립한다.

G Execute Verification Procedures

이 업무는 확인 프로세스 (시험 혹은 시스템 공학 평가의 행위)의 실제적인 제품이다. 확인 프로그램을 시험하고 시현하기 위해 다음의 내용이 포함된다. (1) 확인 기구의 설계, 제작, 준비 확인 시설. (2) 확인 설비와

부서. (3) 데이터 획득과, 감소, 기록 시스템. (4) 확인 통제 시스템 계측 시스템.

H Develop Verification Reports

제품 확인을 완료하고, 확인 팀은 추후 검증 검토를 운영하고, 결과를 전파하기 위한 보고서를 준비한다. 검증 보고서는 검증 요구사항과 같이 수락을 결정한다.

I Develop Requirement Verification Compliance Document

RVCD는 각 요구사항의 전체 수준과 각 VRTM 요구사항을 위한 승인의 평가를 제공한다. 승인과 함께 시스템 수준의 요구사항을 충족하는 요구사항을 확보한다.

가) 절충 분석

① Trade Studies Process

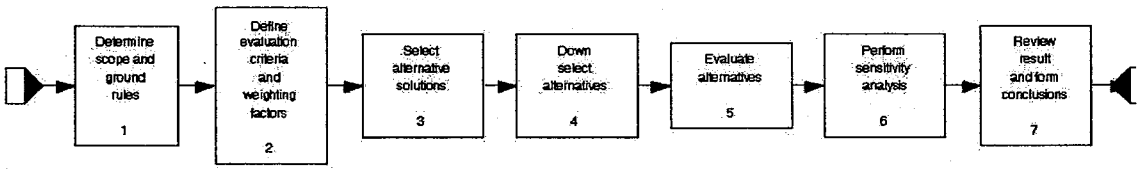


Figure 7 - SEMP.22 Trade Studies Process

A Determine scope and ground rules

1 연구 범위와 방법을 정하기 전에 만족해야 할 절충 연구 목표와 요구사항을 결정한다. 2 요구사항 정의 프로세스에 기술된 방법론을 통해 절충 연구에 대한 요구사항을 분석한다. 3 문제를 명확하게 정의하고 내부/외부 고객과 공동으로 만족해야 할 중요 요구사항들에 대해 조정한다. 4 연구를 지원할 수 있는 다학제 팀을 구성한다. 5 중요 마일스톤을 식별하고 달성 가능한 일정을 개발한다.

B Define evaluation criteria and weighting factors

시스템 효과성, 시스템 성능, 시스템비용에 대한 도량 정의와 측량 방법은 목표 및 성능 정의와 관련 있다. 이러한 측량은 의사 결정 기준들이다. 각 정량적인 도량은 정의된 측량 또는 계산 방법을 가진다. 이 업무는 절충 연구의 분석 부분을 개시하며 다음을 권고한다. (1) 요구사항분석 기반의 평가 기준 정의. (2) 요구사항 분석에 기반한 평가 기준에 대한 상대적인 중요도 결정. (3) 각 평가 기준에 대한 열과 평가해야 하는 각 대안들에 대한 행으로 구성된 점수표 준비. (4) 각 대안에 대한 각 기준들과 기준을 점수로 평가. (5) 각 평가 기준과 그에 대한 중요도에 대

한 열과 평가되는 대안들에 대한 행으로 구성된 중요도가 결정된 점수표 준비.

C Select alternative solutions

평가 방법을 구성하자마자, 모든 가용한 자원들을 대안들과 해결책을 개발하기 위해 사용한다. 정의한기본 원칙에 기반하여, 대안 개발 단계에서 여러개의 대안들을 평가하고 광범위한 평가 예상치를 줄인다. 대안 해결책을 합성하기 위해 평가 기준들과 자세한 요구사항들이 사용되어야 한다. 각 설계 대안들은 철저하게 평가되어야 한다. 각 요구사항에 대한 잠재 설계안이 다른 요구사항들에 대한 잠재 접근방안에 대비하여 검토되어야 한다. 위험도는 선정 후보들에 대한 의사 결정 요소이다.

D Down select alternatives

가능한 대안들이 매우 많이 식별되었을 때, 후보 대안들을 추린다. 고-위험도 후보들과 문제가될만한 가능성 또는 높은 수명주기 비용을 가진 후보들을 식별하는 것은 대안 개수를 줄이는데 도움이 된다.

E Evaluate alternatives

시스템 효과성, 기초적인 성능 또는 기술 속성, 그리고 시스템 비용에 대한 컴퓨터 추정치에 의한 산출 값들을 정량화한다. 다음의 활동들이 추천된다. (1) 모든 승인된 대안들에 대한 자세한 평가를 수행. (2) 절충 연구를 수행할 때, 평가 기준들과 관련된 대안 접근방법들을 평가. (3) Pass/Fail 기준들에 실패한 대안들을 식별. (4) 남아있는 평가 기준들로부터 비용 요소를 구분하여 평가.

F Perform sensitivity analysis

해결책들이 평가 점수가 비슷할 시 민감도 분석을 사용한다. 다음 활동들이 추천된다. (1) 중요도가 포함된 비교 평가 방법을 사용한다면, 점수들 간에 차이점이 중요한 의미가 있는지 그리고 선정에 영향을 줄 만한 기초적인 점수와 중요도 안에서 미세한 차이점인지를 결정하기 위해 모든 대안들을 분석. (2) 다양한 중요도에 대해 중요도가 매겨진 점수에 어떤 영향을 끼쳤는지 평가. (3) 점수 차에 대해 중요도가 매겨진 점수의 민감도를 평가. (4) 각 기준들에 대해 평가된 점수와 중요도 범위를 기록. (5) 적절한 통계 시험 또는 조사를 통해, 특별한 주의를 요구하는 점수차가 어떤 것들인지 결정. 중요도가 매겨진 점수 전체에 대한 영향을 평가

G Review result and form conclusions

이 단계에서는 전형적으로 요구사항과 균형을 이루는 하나의 대안과 비교를 위한 "zero change"를 표현한다. 모든 절충 분석은 추가적으로 획득되는 데이터가 어떤 것인지 그리고 개정될 필요가 있는 예비 결론이 무엇인지 검토되어야 한다. 이에 따라 절충 연구의 전체 또는 부분이 반복될 수도 있다.

Part II. 시스템엔지니어링 수행

1. 시스템 설계

가) 요구사항 정의

① Requirement Definition Process

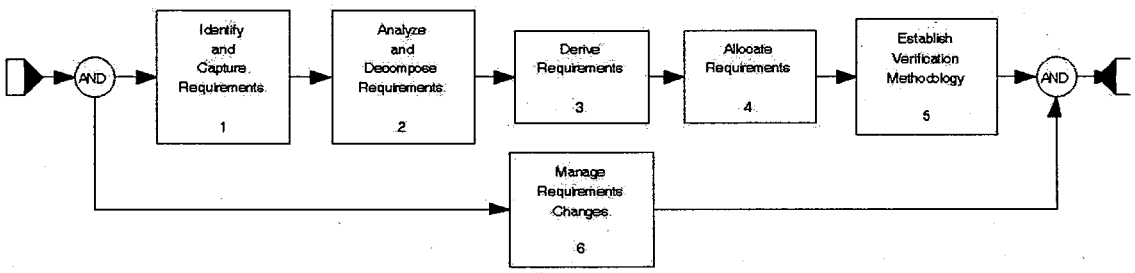


Figure 8 - SEMP.5 Requirement Definition Process

A Identify and Capture Requirements

시스템 생명주기의 각 단계와 관련한 이해관계자의 협상/토론 내용 및 내부적으로 도출된 요구사항들을 포함한 모든 문서화된 지령들을 식별하고, 우선순위를 매기고, 추출한다.

B Analyze and Decompose Requirements

기능 아키텍처로부터 원시적인 요구사항 진술서 (PRS)를 개발한다. 그 후, 이를 바탕으로 좋은 요구사항이 가져야 할 특성과 속성들을 만족하는 성숙된 요구사항 진술서 (MRS)를 개발한다. 개발된 MRS는 기술, 추적성, 작성법에 대해 평가되어야 한다. MRS는 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 규격화된 구조의 문단을 가진다. 문단번호, 문단제목, 주제, 조동사 (shall, may, will, should), 권고되는

C Derive Requirements

상위 요구사항을 명확하게 하고 상세화 시키는 요구사항들을 도출한다. 이들은 측정 가능한 매개 변수 하에 진술될 필요가 있으며, 다른 요구사항들과 일관성을 유지해야 한다.

D Allocate Requirements

요구사항들을 시스템, 개인, 또는 지원 활동 구성품 그리고/또는 적절한 조직으로 할당한다. 할당되는 요구사항들은 물리적인 특성, 기능, 신뢰성/정비성 변수, 그리고 성능 변수를 포함하는 모든 요구사항이다.

E Establish Verification Methodology

각 요구사항을 검증하기 위한 검증을 위한 접근 방법을 수립한다. 접근

방법으로는 조사, 분석, 시연, 시험 등이 있다.

F Manage Requirements Changes

정의된 변경 프로세스를 이용하여, 제품의 생명주기 전반에 걸쳐 요구사항을 관리하고 통제한다. 변경 프로세스는 새로운 요구사항이 식별되거나 요구사항이 변경되었을 때 호출된다. 이 활동은 형상관리 프로세스와 맞춰서 수행된다.

나) 논리적 해결방안 묘사

① Logical Solution Representations Process

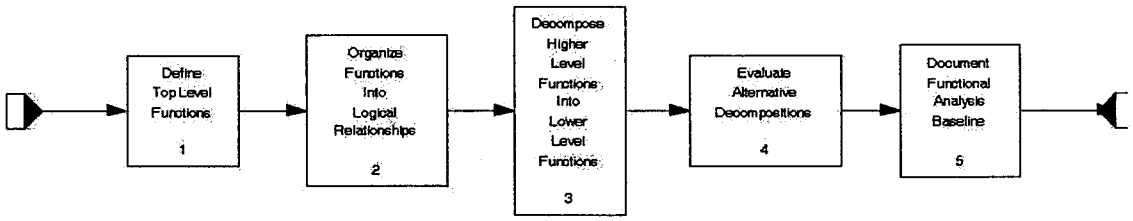


Figure 9 - SEMP.6.1 Logical Solution Representations Process

A Define Top Level Functions

최상위의 N2, FFBD, 기능 그리고 용어를 정의한다.

B Organize Functions Into Logical Relationships

N2, FFBD, 기능 그리고 용어가 정의된 최상위의 아키텍처를 논리적으로 구조화한다.

C Decompose Higher Level Functions Into Lower Level Functions

상위 기능을 하위 기능으로 분해한다. 분해 방법은 최상위 기능 정의와 그에 따른 논리적 구조 작성 방법과 같다.

D Evaluate Alternative Decompositions

현재까지 전 수준에 대한 기능과 요구사항의 대한 분해들에 대해 평가한다.

E Document Functional Analysis Baseline

기능 분석 문서 (FAD)를 통해 기능 분석 결과를 문서화한다.

다) 물리적 해결방안 묘사

① Physical Solution Representations Process

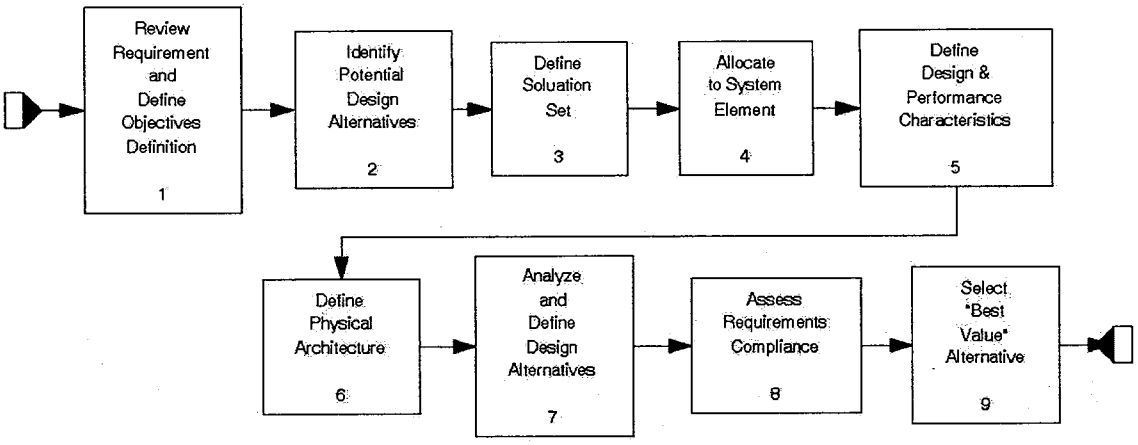


Figure 10 - SEMP.6.2 Physical Solution Representations Process

A Review Requirement and Define Objectives Definition

프로그램 요구사항과 기능 아키텍처가 무엇을 수행하는지 어느 정도의 성능을 나타내는지에 대해 검토한다. 그리고 설계 시 나타날 수 있는 기술적/프로그램적 한계 안에 요구사항들이 최적화될 수 있도록 목표를 수립한다. 목표는 성능/신뢰성/호환성/융통성/확장성/비용/일정 목표가 있다.

B Identify Potential Design Alternatives

기능들이 묶여서 하나의 구성품에 할당될 때 가능한 조합들을 식별한다.

C Define Solution Set

잠재적인 해결책들에 대한 설계 제약사항을 식별한다.

D Allocate to System Element

요구사항을 시스템 구성 요소에 할당한다.

E Define Design & Performance Characteristics

시스템 개념이 정의 된 후 설계 및 성능의 특성을 식별하고 문서화한다.

F Define Physical Architecture

물리적 아키텍처의 정의는 절충 분석결과, 설계 설명, 요구사항의 추적성을 위해 주요 결정사항을 저장한다.

G Analyze and Define Design Alternatives

정의된 시스템 개념과 함께 설계된 문서를 식별하고, 그에 대해 대안을 분석하고 개선한다.

H Assess Requirements Compliance

기능적인 측면에 대한 요구사항을 물리적으로 만족하는지 검토하고 분석한다.

I Select "Best Value" Alternative

여러 대안 중에서 가장 균형 잡힌 설계를 제공하는 해결책을 선정한다. 가장 좋은 대안은 합성, 요구사항 관리, 기능 분석, 절충 연구, 특수 공학, 위험도 관리 프로세스를 통해 선정된다.

1. 신뢰성/보전성/가용성 공학

가) Reliability/Maintainability/Availability Process

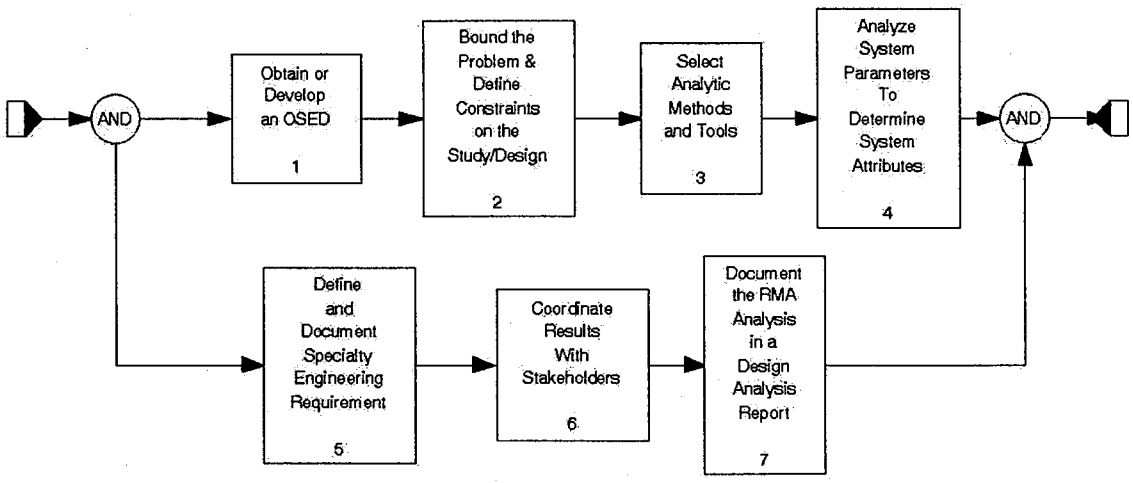


Figure 11 - SEMP.17 Reliability/Maintainability/Availability Process

① Obtain or Develop an OSED

적절한 수준에 시스템을 이해하고 기술하기 위해 운영상의 서비스 및 환경 기술서를 이용한다. 완전한 기능 분석 결과와 비슷하지만 고장 모드 및 정비 양상에 중점적으로 기술한다.

② Bound the Problem & Define Constraints on the Study/Design

모든 시스템 문제 및 분석은 폭과 깊이를 가진다. 폭은 시스템 범주를 나타내고, 깊이는 시스템 기술 상세도를 나타낸다. 적절한 폭과 깊이로 시스템 문제를 한정한다. 설계 제약사항은 분석 수행과 결과의 신뢰도에 중요한 역할을 한다. 제약사항 결정에는 분석 범위, 기본 원리, 그리고 추정을 결정하는 일이 포함된다.

③ Select Analytic Methods and Tools

요구사항과, 시스템 분석 소요, 비용, 일정, 기술 제약사항을 만족하는 분석 기법 및 도구를 선정한다. RMA 도구 선정에는 다음을 고려한다. (1) 설계 검토, (2) 고장 보고 분석 교정 활동 시스템, (3) 신뢰성 모델링, (4) 신뢰성 예측, (5) FMEA & FMECA, (6) 잠재 고장 회로 분석, (7) 구성품 고장 내구성 분석, (8) 부품 선정/활용, (9) 환경적인 스트레스 차단, (10) 신뢰성 증진 프로그램, (11) 신뢰성 보장 시험, (12) 현장 신뢰성 허용 시험.

④ Analyze System Parameters To Determine System Attributes

앞에서 선정한 기법 및 도구를 활용하여, RMA 요구사항 정의에 대한 근간으로 활용되는 시스템 특성을 결정한다. 결과는 기술 검토 및 동료 검토를 거친다.

⑤ Define and Document Specialty Engineering Requirement

정의한 시스템의 RMA 특성을 이용하여 요구사항을 정의한다. RMA 요구사항은 요구사항 정의를 통해 정의된 요구사항들을 만족해야 한다. 그리고 검증 및 확인 프로세스를 통해 검증 및 확인해야 한다.

⑥ Coordinate Results With Stakeholders

RMA 활동의 결과를 공식 및 비공식 포럼에서 프로젝트/프로그램 이해당사자와 조정해야 한다. 비공식 포럼은 동료 검토와 실무 그룹을 포함하고, 공식 포럼은 획득 검토 및 설계 검토를 포함한다.

⑦ Document the RMA Analysis in a Design Analysis Report

특수 공학 활동을 통해 작성되는 설계 분석 보고서에 RMA 결과를 기록한다.

2. 안전 공학

가) Safety Risk Management Process

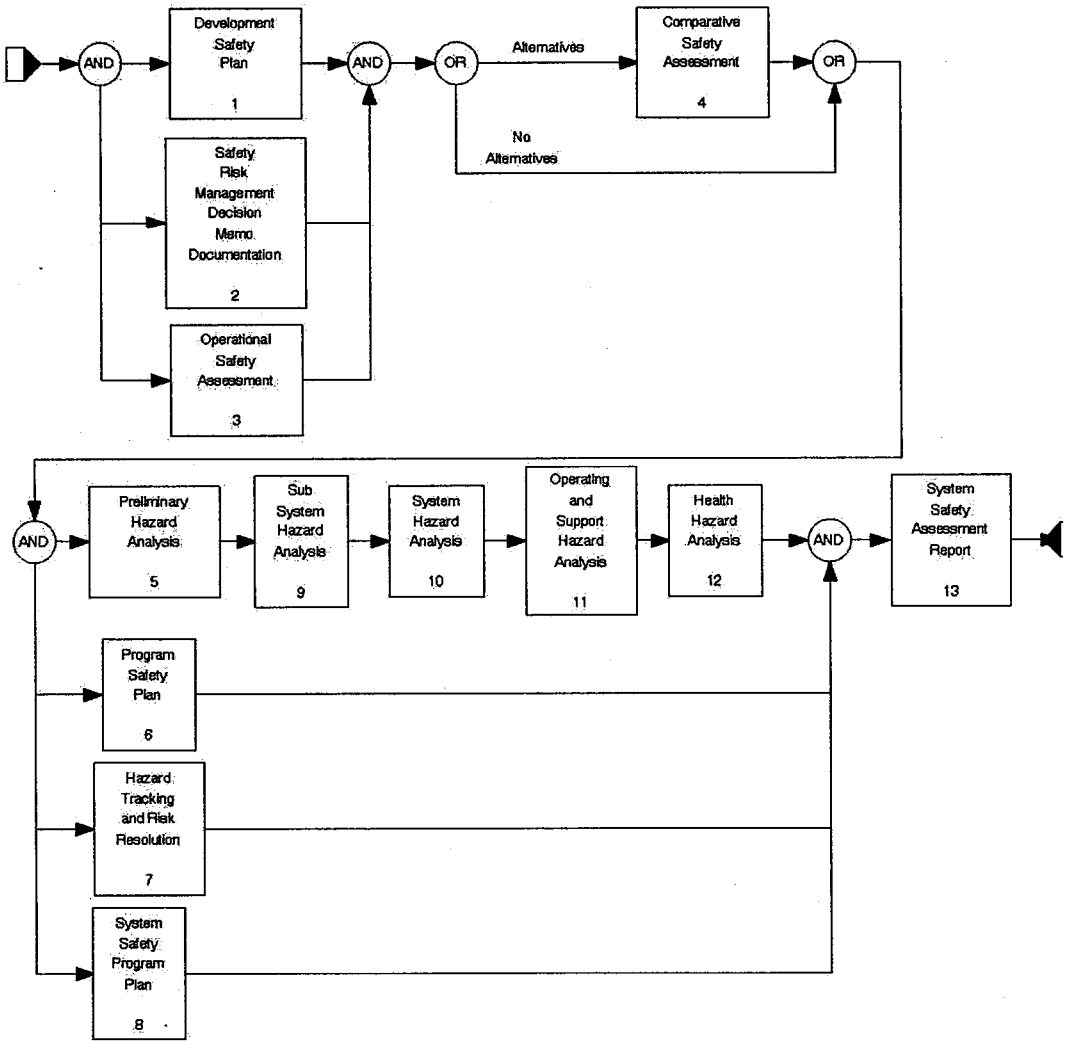


Figure 12 - SEMP.14 Safety Risk Management Process

① Development Safety Plan

EA, 예비 프로그램 요구사항 (pPR), 개념 및 요구사항 문서 (CRD) 계획서, 투자 분석 계획서 (IAP) 에 포함될 안전에 대한 소요를 개발한다. 시스템 안전 프로그램 문서는 다음의 내용의 포함한다. (1) Program Scope, (2) System Safety Organization, (3) Program Milestone, (4) Requirements and Criteria, (5) Hazard Analyses, (6) Safety Data, (7) Safety Verification, (8) Audit Program, (9) Training, (10) Accident/Incident Reporting, (11) Interfaces.

② Safety Risk Management Decision Memo Documentation
제안되는 변경사항이 안전에 중대한 영향을 끼치지 않았을 시, 해당 결정사항을 SRMDM로 기록한다.

③ Operational Safety Assessment
설계를 위한 안전 목표의 설계방안 및 관리를 제공한다.

④ Comparative Safety Assessment
대안 분석 결과 대안들이 존재할 시, 설계 변경과 관련된 모든 hazard의 리스트에 대한 관리를 제공한다.

⑤ Preliminary Hazard Analysis
PHL의 확장 분석이다.

⑥ Program Safety Plan
프로그램 안전을 위한 정부의 계획을 개발한다. 시스템 획득을 위한 안전 위험도 관리 지침 (SRMGSA)의 규정에 준수함을 보장하기 위해 사용된다.

⑦ Hazard Tracking and Risk Resolution
분석 또는 조사에 의해 위험원이 식별된 이후 위험원에 대해 문서화하고 추적성을 확보한다. 위험원에 대한 통제를 검증하기 위해 사용된다.

⑧ System Safety Program Plan
보증된 안전 시스템을 위해, 시스템 안전 공학에 관한 필요성을 계획하고 문서화 한다. 위험원 분석 방법을 식별하고 사용되고 있는 사고 위험도 평가 프로세스 내용을 포함한다. 통합 제품 개발 팀에 대한 통합된 시스템 안전 확보 방법을 포함해야 한다. 사업 관리자와 의사소통을 통해 위험원과 잔여 위험도에 대한 방법론을 정의하고 사업 관리자는 위험원과 잔여 위험도를 추적한다. 시스템 안전 프로그램 계획은 범위, 조직, 마일스톤, 요구사항, 안전 데이터, 안전 검증, 사고 보고, 그리고 안전 프로그램 인터페이스 등을 포함한다.

⑨ Sub System Hazard Analysis
하위 시스템 또는 구성품의 정상 또는 비정상적인 운영 그리고 다른 비정상적인 개체들과 연관된 위험원을 식별한다.

⑩ System Hazard Analysis
시스템 운영과 위험원이 시스템과 하위 시스템의 안전에 어떻게 영향을 미칠 수 있는지 결정한다.

⑪ Operating and Support Hazard Analysis
환경, 사람, 절차, 운영, 지원, 그리고 장비와 관련된 위험원을 식별하고 평가한다.

⑫ Health Hazard Analysis
보건 위험원을 식별하고, 제안된 위험 물질 평가한다. 또한 위험도 감소를 위한 보호 수단 제안한다.

⑬ System Safety Assessment Report

시스템 배치 전에 가정된 사고 위험도의 포괄적인 평가 수행 및 문서화. 모든 안전성 분석 결과물을 요약. 안전성 활동 기록 (SAR) 및 안전 요구사항 검증표 (SRVT) 포함.

3. 인간 공학

가) Human Engineering Process

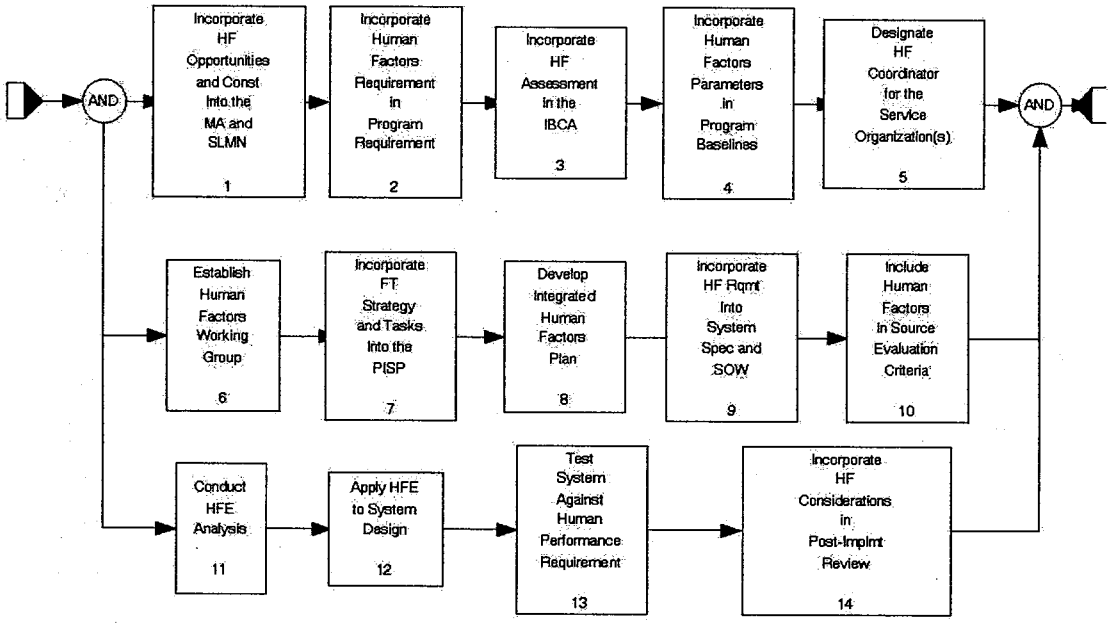


Figure 13 - SEMP.18 Human Engineering Process

① Incorporate HF Opportunities and Const Into the MA and SLMN

임무 분석 결과를 이용하여, 인간 성능 제약사항 및 이슈를 식별한다. 식별된 내용은 임무 정의서에 포함한다. 이를 위해, 운영 및 정비 분석/개념과 기타 문서들을 활용한다. 중요 인간 요소 정보들은 이전 아키텍처, 시스템 등에서 얻을 수 있다.

② Incorporate Human Factors Requirement in Program Requirement

시스템 설계에 영향을 주는 인간 성능 요소를 식별하여 요구사항 문서에 포함시킨다. 운영자, 정비사, 지원 인력 등을 위한 인지적, 육체적, 그리고 감각적 요구사항들을 수립한다. 작업 성능 또는 시스템 효과성을 저해하는 안전성, 보건 위험원, 중요 오류 등을 권고한다.

③ Incorporate HF Assessment in the IBCA

각 대안 등을 평가하기 위해, 시스템의 운영, 정비, 지원에 대한 적정 수준을 성취하기 위해 인간 성능 및 인터페이스 전체에 대해 논하고 투자 및 업무 분석 (IBCA)에 포함시킨다. 최소한의 시스템 성능 요구사항을 만족시키기 위해 인간 성능 위험도에 대해 알려지거나 알려지지 않은 정보들을 제공한다. 인간 성능 (인적 능력, 한계, 업무 비중, 할당된 기능, 하드웨어와 소프트웨어 설계, 의사결정 지원, 환경적 제약사항, 팀 대 개인 성능 등), 교육 (교육 기

간, 교육 효과, 재교육, 교육 장비 및 설비 등), 인적 구성 (인적 구성 수준, 팀 구성, 조직 구조 등), 인사 선출 (태도, 최소 기술 수준, 전문 기술, 경험 수준 등), 안전성 및 보건 위험 (위험 물질 또는 조건, 시스템 또는 장비 안전성 설계, 운영 및 절차상의 제약사항, 생물학적 영향, 보호 장비, 필요한 경고 및 경보) 등이 포함된다.

④ Incorporate Human Factors Parameters in Program Baselines

시스템 성능에 대해 요구되는 수준을 달성하기 위해 필요한 인간 성능 요구사항들을 획득 프로그램 베이스라인에 포함시킨다. 요구사항 문서에서 식별되는 규정된 시스템 성능 수준으로부터 이들을 유도한다. 이는 제약사항, 한계, 유일하거나 특별한 교육 요구사항, 인적구성 수준, 개인의 기술 요구사항 등을 권고한다.

⑤ Designate HF Coordinator for the Service Organization(s)

시스템 획득 동안의 인간 요소 공학 활동을 개발하고, 지시하고, 감시하는 인간 요소 조정자를 임명한다. 시장 조사, 절충 분석, 그리고 요구사항 정의에 대해 고려했단 것을 보장하기 위해 가능한 한 빠르게 임명한다. 인간 요소 조정자는 다음과 같은 일을 한다. (1) 투자 분석 및 요구사항 결정 동안 인간 요소 및 제약사항을 정의, (2) 시장 조사, 절충 분석, 그리고 프로토타이핑 중 인간-시스템 인터페이스를 평가, (3) 프로그램 계획 문서, 조달 패키지, 성능 기준 및 척도, 그리고 데이터 수집에서 인간 요소 공학 비중을 준비하고 갱신, (4) 운영자와 정비사를 위해 운영 시나리오와 인간-시스템 모델링을 개발하고 분석, (5) 인간 요소 공학 노력과 실무그룹 활동을 조정, (6) 다른 영역과 인간 요소 공학을 조정.

⑥ Establish Human Factors Working Group

인간 요소 공학 업무와 활동의 성취를 증진시키기 위해 인간 요소 조정자는 인간 요소 실무 그룹을 설립한다. 그룹의 구성은 획득 프로그램의 필요에 따라 조정된다.

⑦ Incorporate HF Strategy and Tasks Into the PISP

인간 요소 전략은 획득 시스템의 크기, 비용, 복잡성, 인간-제품 인터페이스의 성질과 복잡성에 의존한다. 인간 요소 전략은 다음과 같은 요소를 포함한다. (1) 범위와 수준, (2) 조직 및 조정자의 역할 및 책임, (3) 인간-기계 인터페이스 평가와 사용자 구매 성취 수단, (4) 필요한 데이터 소스와 설비, (5) 자금 및 자원의 분배, (6) 인간 요소 공학 활동의 시기와 범위, (7) 다른 프로그램 요소들과 인간 요소 공학의 관계.

⑧ Develop Integrated Human Factors Plan

잘 관리되는 시스템 획득 프로그램을 위해, SEMP에 통합 인간 요소를 준비한다. 계획에는 다음과 같은 업무가 포함된다. (1) 운영 개념 및 지원 개념 정의, (2) 목표 집단의 기술, (3) 인간/시스템 인터페이스 정의, (4) 시스템의

인적 영향 정의, (5) 인간 공학 전략 정의, (6) 인간 공학 구현 업무 및 활동 정의.

⑨ Incorporate HF Rqmt Into System Spec and SOW

시스템 사양서 및 업무 진술서를 인간 성능 요구사항과 적절한 인간 요소 공학 업무로 변환한다. 시스템 사양서는 인간 성능이 효과적으로 시스템 설계에 영향을 끼치도록 다음을 논해야 한다. (1) 인적구성 제약사항, (2) 운영자와 정비사에게 요구되는 기술, (3) 훈련 시간 및 비용, (4) 훈련되는 집단에 의해 운영되고 정비될 때 인간 성능과 시스템 성능의 허용 수준

⑩ Include Human Factors in Source Evaluation Criteria

소스 선정에서 주요 평가 요소 대안들이 되는 인간 성능을 권고한다. 운영자와 정비사가 시스템을 어떻게 수행하는지에 대한 명백한 지시자를 업체에게 제공함으로써, 기관은 운영 적합성과 효과성이 가장 중요한 것임을 강력하게 제시한다.

⑪ Conduct HE Analysis

인간 요소 공학 분석들을 수행하고, 관찰하고, 감시하고, 검토한다. 분석은 다음을 포함한다. (1) 시스템 요구사항을 정의하고 할당, (2) 정보 흐름 및 처리를 분석, (3) 운영자와 정비사의 능력을 측정, (4) 물리적이고 인식적인 업무 및 업무부하를 정의하고 분석, (5) 인간 오류 위험도를 식별 및 측정하고 경감책과 설계, 장비, 절차, 그리고 업무 성능에 대한 영향을 정의.

⑫ Apply HE to System Design

인간 요소 공학은 시스템 설계 활동에서 인간-시스템 인터페이스를 최적화하고 인적 성능 요구사항이 만족됨을 보장하기 위해 시스템 설계 활동에 적용된다. 인간 요소 공학은 실험, 시험, 연구를 포함한 시스템 설계 공학적 제도 업무 환경, 승무원 역사, 그리고 시설 설계 성능 및 설계 사양서 조달 개발 소프트웨어 개발 그리고 설명서 등의 전체 범위에 적용된다. 다음은 설계 동안 인간-제품 인터페이스를 효과적으로 정의하기 위해 사용된다. (1) 프로토타이핑과 컴퓨터 모델, (2) 3차원 실물크기 모형, (3) 축소 모형, (4) 동적 시뮬레이션.

⑬ Test System Against Human Performance Requirement

시스템이 인간 성능 요구사항을 만족하는지 알아보기 위한 시험은 시스템 개발 시 가능한 한 일찍 수행된다. 설계 검토, 프로토타이핑 검토, 모형 검사, 시연, 그리고 다른 초기 공학적 시험 등에서부터의 인간 요소 공학 발견점은 차후 시험 계획 및 수행에 사용된다. 의도된 운영 환경에서의 사용자 개개인을 검증하는 것에 대한 인간 요소 공학 시험 초점들은 시스템을 운영, 정비, 지원, 그리고 통제할 수 있다.

⑭ Incorporate HF Considerations in Post-Implmt Review

운영의 적합성과 효과성은 새로운 능력을 운영상의 서비스로 두기 위한 결

정을 내리는데 중요한 평가요인이다. 만족스러운 인간 성능은 운영 적합성 및 효과성의 필수 요소이다. 인간 요소 공학 문제의 넓은 범위는 이 활동 안에서 연결된다. 또한, 새로운 능력이 운영 환경에 배치되면서 인간-시스템 성능을 평가하고 감시하여 계획이 형성된다.

4. 수명주기 공학

가) Lifecycle Engineering

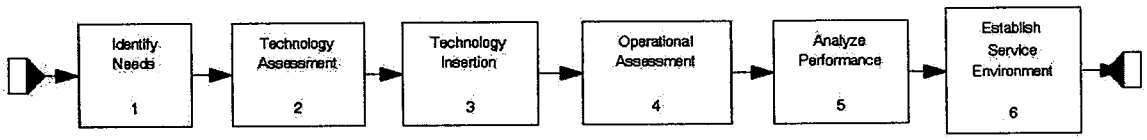


Figure 14 - SEMP.23 Lifecycle Engineering

① Identify Needs

자산 관리, 배치, 변천, 통합 군수 지원, 유지, 폐기를 포함한 시스템 수명주기 요구사항을 식별한다. 임무 분석 단계에서 주로 소요를 식별하고, 배치 이후에는 임무를 충족시키는데 필요로 되는 시스템 능력 식별에 집중한다.

② Technology Assessment

기술 평가는 운영 성능 검토에서 이루어진다. 운영 성능 평가는 운영 지원과 예산의 우선순위를 입증시키게 될 측정 가능한 형태로 위험도, 즉응력, 기술 상태, 경향을 평가함으로써 배치된 시스템의 운영상의 기술적/운영적 상태를 규정하기 위한 공식 기술 검토이다. 이 평가는 설계 해결책에 존재하는 기술의 잠재 결합뿐 아니라 기술에 의한 또는 기술에 있는 위험도와 한계점을 조사한다.

③ Technology Insertion

성능이나 기능 향상을 가능케 하는 새로운 기술에 대한 필요는 기술에 의해 발생하는 위험도에 대해 신중하게 평가되어야 한다. 기술 삽입의 잠재 혜택은 비용, 일정, 성능에 대한 잠재 위험도보다 가치가 있어야 한다. 잠재적인 기술 삽입을 고려할 때에는, 인간 공학 분석을 통해 최종 사용자에 대한 영향을 반드시 고려해야 한다. 기술 삽입은 다음과 같은 절차를 포함해야 한다. (1) 임무 분석 단계에서 기술적인 가능성을 식별. (2) 일정과 비용에 대한 의사 결정을 지원하고 베이스라인 변경을 가능케 하는 기술적인 데이터 수집. (3) 제안된 시스템 변경을 배치하기 위한 지원 장비 정의. (4) 새로운 기술 삽입으로 인해 발생하는 유지보수 지원 설비에 대한 변경사항.

④ Operational Assessment

승인된 베이스라인 마다 시스템의 성능을 주기적으로 측정한다. 성능 기준은

설계에서 정의된다. 성능 감사 목표를 정의하고 투자대비 성능을 분석한다.

⑤ Analyze Performance

운영 성능을 감시하고 분석함으로써, 현재 운영을 최적화하고 차후 업그레이드에 대한 계획을 위한 데이터가 제공된다. COTS 제품의 쇠퇴와 시스템 운영 능력과 유지에 대한 잠재적인 영향을 결정한다. 다음과 같은 내용이 업무에 포함된다. (1) 시스템 성능 감시 및 분석. (2) 현재 운영 최적화. (3) 기술 가능성과 향후 업그레이드 계획 식별. (4) 쇠퇴 문제점들을 식별하고 영향을 결정.

⑥ Establish Service Environment

수명주기 공학은 시스템 또는 시스템의 운영 환경과 제안된 변경사항들에 대해 초기 범위와 복잡도 평가를 제공한다. 또한 시스템의 수명주기를 관리한다. 본 업무에서는 다음과 같은 제약사항들을 식별한다. (1) 통합 군수 지원. (2) 배치 및 변천. (3) 자산 관리. (4) 유지. (5) 폐기.

제 3 절 WBS

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** SE - SR01 - SSR04 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

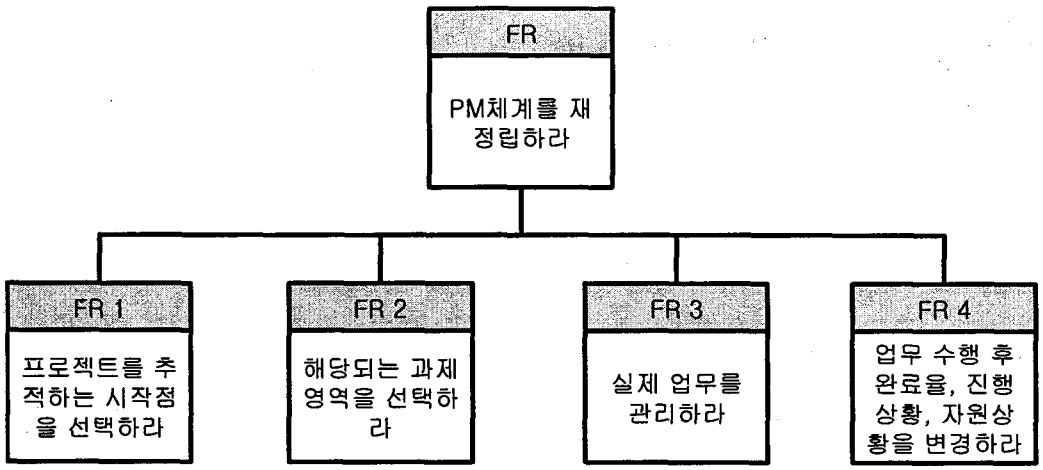
1.4 프로젝트는 통합WBS체계를 구축, 운용한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : WBS - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 4.1 컴퓨터 시뮬레이션	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

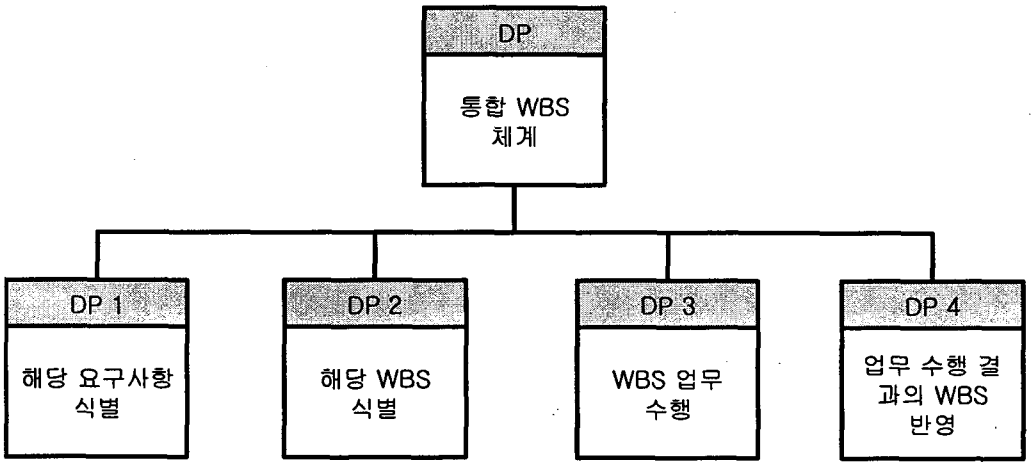
- WBS에는 과제 수행에 필요한 내용이 충분히 반영되어 있는 가
- 과제간 I/F가 WBS에 충실히 표현되어 있는 가
- 자원 및 시간 배분은 적절 한가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-3-1> WBS의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-3-2> WBS의 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

본 절에서는 『SR 1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정 업무를 수행한다.』 중 『SR 1.4 프로젝트는 통합 WBS 체계를 구축, 운영한다.』에

해당되는 내용으로 시스템 요구사항을 만족시키기 위해서 15개 과제간의 인터페이스가 포함된 WBS 체계를 구축하였고, 구축된 WBS를 운영하였다.

나. 설계기준

프로젝트 각 업무에 대한 인터페이스, 입력과 출력물, 최종 결과물을 정의하여 과제별 프로젝트 업무를 체계적으로 설정하였다. 이 과정에서 MIL-HDBK-881에서 지침으로 제시한 업무분해구조(WBS)를 활용하였다.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

부록에 컴퓨터 파일로 작성된 과제별 WBS를 수록하였다.

라. 성과물의 내용 및 결과

15개 과제의 WBS를 관리하였으며, 3차년도의 WBS는 부록에 수록하였다.

제 4 절 성과물 검증 체계 문서

검증계획서 (Verification Plan)	ID No : SE - SR01 - SSR10 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

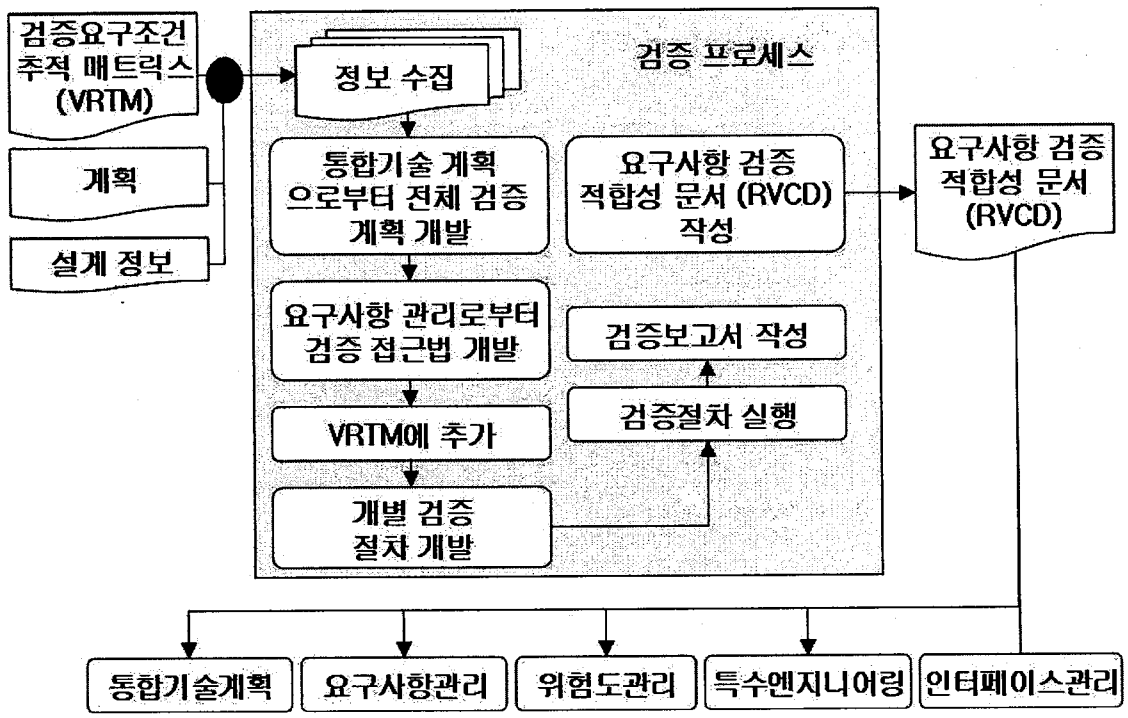
1.10 프로젝트는 과제별 산출물을 정의한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 성과물 검증 체계 문서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.2 외국자료와 비교	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

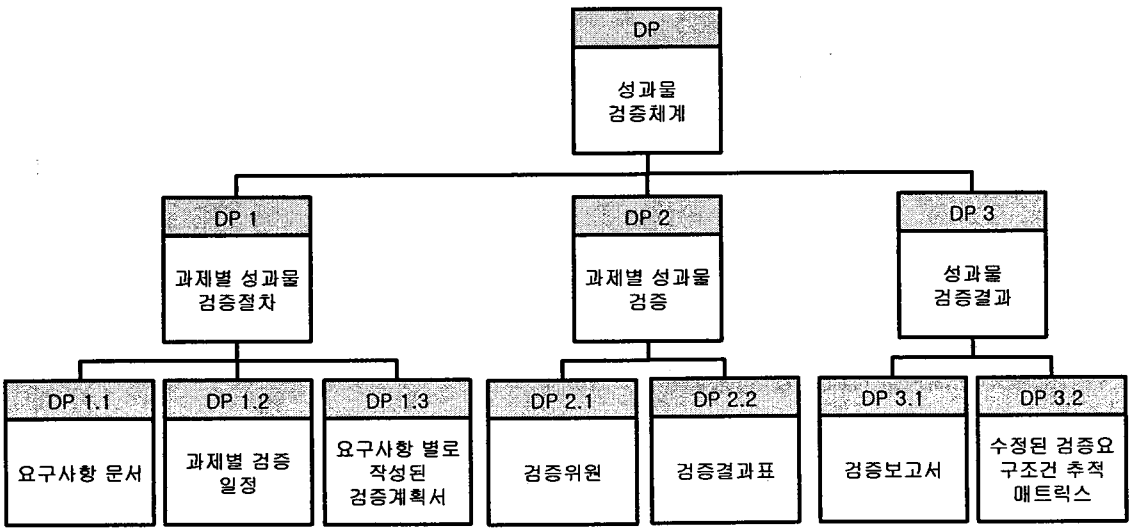
- 성과물 검증 시기는 적절 한가
- 과제별 성과물 검증 방법과 기준은 잘 선택 되었는가
- 성과물 검증 체계는 사업 성과물의 질을 향상시키도록 구성 되었는가
- 성과물 검증을 담당한 전문가들은 합당하게 선택 되었는가
- 성과물 검증에 제출한 자료는 검증에 충분 한가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-4-1> 성과물 검증 체계 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-4-2> 성과물 검증 체계 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

성과물 검증체계 문서는 「SR.1 프로젝트는 시스템 엔지니어링을 적용한 사업 총괄 조정 업무를 수행한다.」 중 「SR.1.10 프로젝트는 과제별 산출물을 정의한다.」 의 결과물이다. 당 해 년도의 각 과제별 성과물은 성과물 검증 체계 문서 입력 자료 중 VRTM에 기술되어 있으며, 구축된 성과물 검증 체계를 통해서 성과물의 내용이 검증되도록 하였다.

나. 설계기준

INCOSE SEH Working Group (2006), "시스템엔지니어링 핸드북", 시스템체계공학원.

Air traffic organization (2004), "National Airspace System - system engineering manual", Federal Aviation Administration.

다. 성과물의 내용 및 결과

(1) 성과물 검증 체계

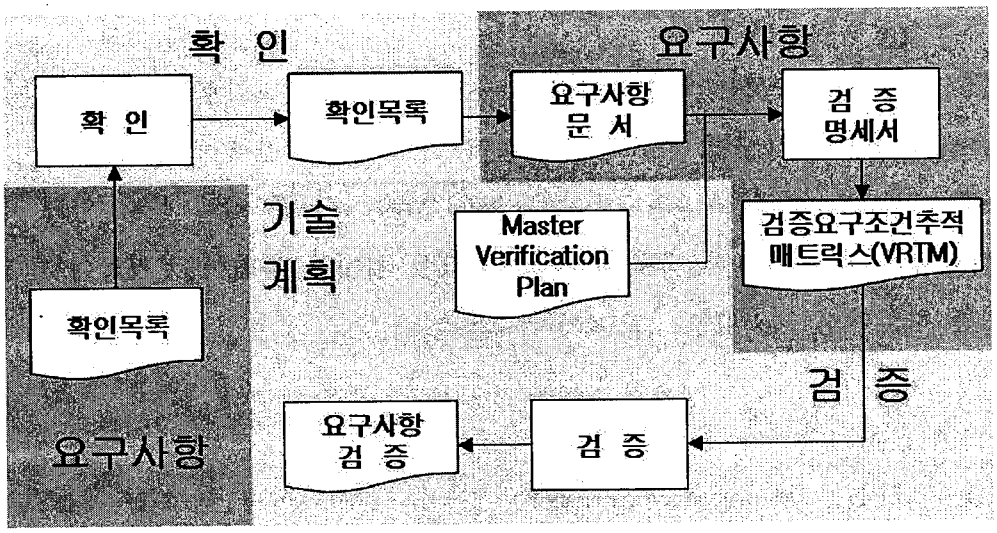
검증 프로세스는 <그림 3-4-3>에 나타난 바와 같이 시스템요구사항들이 올바르게 만족되었는가를 확증하는 시스템엔지니어링 프로세스 이다.

<그림 3-4-3> 시스템엔지니어링 개발 프로세스 내 확인 및 검증의 역할

확인 프로세스(Validation Process)는 시스템 요구사항들이 명백하고, 정확하며, 완벽하고, 일관성이 있으며, 운영 적으로나 기술적으로 타당하고, 검증 가능한지를 확인하는 프로세스이며, 검증 프로세스(Verification Process)는 설계 솔루션이 시스템 요구사항들을 만족시키며 예상 운영 환경 내에서 사용되어질 준비가 되었는지를 보증하기 위한 프로세스이다.

확인 및 검증 활동은 <그림 3-4-4>와 같이 묘사될 수 있으며, 세부 내용을 요약

하면 다음과 같다.



<그림 3-4-4> 확인 및 검증 활동

확인 활동을 수행하는 기간에 개발된 테이블은 완료된 확인 보고서 내에 포함되며, 작성된 확인 목록은 요구사항을 생성하는데 사용된다. 확인 과정 이후 업무는 통합 시스템엔지니어링과 시험 및 평가, 그리고 종합 검증 계획서를 통해서 문서화가 진행된다. 검증을 위한 검증 계획이 완료된 이후 요구사항을 검증하기 위한 규격서와 접근법이 요구사항 관리 내에서 개발되고, 확인 목록에 각 요구사항이 문서화된다. 확인 목록에 대한 이러한 업데이트는 검증 요구조건 추적 매트릭스(Verification Requirement Traceability Matrix[VRTM])로 전환된다. VRTM은 다음 활동을 위한 기초가 되며 업데이트되어 종합 검증 계획서에 포함된다. VRTM은 활동들이 완료되고 증거와 함께 검증 활동들이 수행 되고 난 후 업데이트 된다. 검증 팀은 검증 결과를 기록한 요구사항 검증 수락 문서 (Requirements Verification Compliance Document[RVCD])를 업데이트 된 VRTM을 사용하여 개발한다. 프로그램 관리는 위험 관리 프로세스(Risk Management process)에 관한 정보를 사용한다.

(가) 검증 (Verification)

검증 프로세스는 성과물이 시스템 요구사항들을 만족시키고 시스템이 운영 환경 내에서 애초에 의도한 대로 사용될 준비가 되어 있다는 것을 보증하기 위해서 사용

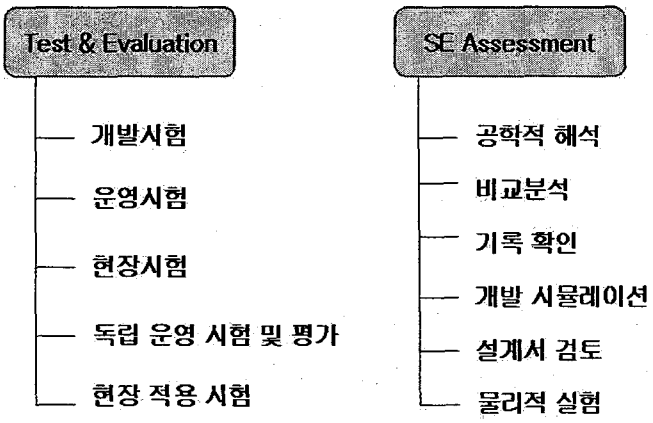
된다. 검증이 완료된 시스템은 임무 필요, 성능, 인터페이스 요구사항, 그리고 이해관계자의 필요 등을 달성할 수 있는지를 시연할 수 준비가 되어있다는 것을 의미한다. 검증 프로세스는 진보적 연구 및 예비적인 분석들을 위한 개념으로부터 설계 및 개발, 생산의 완결, 제품 수락, 운영, 그리고 폐기 단계에 이르기까지 시스템의 생명주기의 모든 수준에 대해 시스템 개발을 지원한다.

① 검증의 정의

이 보고서 및 미국 연방항공국 (Federal Aviation Administration[FAA])에서 인정된 검증의 정의는 다음과 같다.

"적용 가능한 요구사항들이 만족되었는지를 확인하기 위한 완성[시스템]의 평가"

검증은 시스템 요구사항을 만족시키는데 있어서 진도를 평가하고, 시스템 구성요소들이 변화하는 시스템 제품들 및 프로세스들의 효과성을 측정하기 위하여 요구되는 수행하는 모든 업무, 행위, 그리고 활동들의 복합체이다. 검증의 방법에는 시험 및 평가 검증 과 시스템 엔지니어링 판단을 통한 검증이 있다.



<그림 3-4-5> 검증의 방법

○ 시험 및 평가 검증 (Test and Evaluation Verification)

시험 및 평가 검증은 아래와 같은 사항을 위해서 수행된다.

- 의사결정을 지원하기 위해 필수적인 정보를 제공한다.
- 기술 및 획득 위험을 평가하기 위해 필수적인 정보를 제공한다.
- 기술적 성능 규격서 및 목적의 달성을 검증한다.

· 시스템이 시스템의 사용된 의도에 맞도록 운영상에 효과적이고 적합한지를 검증한다.

획득 관리 시스템(Acquisition Management System[AMS]) 생명주기 단계에 따라 시험 및 평가 검증의 목적은 잠재적인 운영 위험을 경감시키고 그 단계에 적절한 시스템 성능을 실연할 수 있도록 설계되도록 하기 위함이다. 정량적인 기준은 획득 관리 시스템을 통해 진행되도록 하기 위해 하드웨어, 소프트웨어, 그리고 시스템 성숙을 위한 증거를 제공한다.

각 시험 및 평가검증 단계는 다음 시험 및 평가 검증 단계에 들어가기 전에 특정 마일스톤(입력 및 출력 기준)을 만족하는 것을 가지고 있어야 한다.

시스템 성능은 실제적이거나 시연된 운용 조건하에서 시험을 통해서 수립되는 것이 매우 바람직하다.; 그러나, 이러한 조건들은 시스템이 배치되고 난 후에야 가능하며, 배치에서 들어난 문제점들은 많은 비용을 들여 수정된다. 따라서 조사, 분석, 그리고 시험의 조합은 초기에 나타난 문제점을 발견하기 위해서 프로그램 배치 기간에 종종 사용된다. 그 결과 위험이 감소되고 성공적이며, 비용·효과적인 프로그램을 보증하는데 도움을 줄 수 있다. 규격서에 명시된 각 요구사항이 준수되었는지는 하나 이상의 방법 및 검증 요구사항 추적 매트릭스(Verification Requirement Traceability Matrix[VRTM])에 나타낸 것과 같이 검증되어야만 하며, 시험 및 평가 검증의 세부 방법은 다음과 같다.

· 시연을 통한 검증 : 이 방법은 특정한 시나리오 하에서 설계 기능을 수행하는 운영, 조정, 또는 아이템의 재 형상을 통해 달성되는 검증을 의미한다. 이 방법은 실제적인 시연 기술이 요구사항과의 준수를 검증하기 위해 이용되어질 때에 사용된다. 엔지니어들이나 기구에 의해서 이루어지는 관찰은 요구사항에 기반을 둔 사전에 결정된 응답과 비교된다. 시연은 서비스, 신뢰성, 유지보수성, 수송성, 그리고 휴먼 인자 엔지니어링에 관한 요구사항들과의 준수를 검증하기 위해서 종종 사용된다.

· 시험을 통한 검증 : 이 방법은 적절한 조건하에서 성과물의 동작, 수집, 분석, 그리고 정량적인 데이터의 평가를 통해서 달성된다.

· 분석을 통한 검증 : 이 방법은 기술적 또는 수학적 평가, 수학적 모델 또는 시뮬레이션, 알고리즘, 차트, 회로 다이어그램, 그리고 대표적인 데이터를 통해서 달성된다.

· 조사를 통한 검증 : 이 방법은 실험실의 장비 또는 절차를 사용하지 않고 요구

사항으로의 일치를 확인하기 위해서 아이템의 시각적인 검사, 서술적인 문서의 검토, 그리고 사전 결정된 표준과의 적절한 특성들을 비교함으로서 달성된다. 조사는 일반적으로 간단한 물리적 조종, 기계적 및 전기적 측정 및 측량의 비파괴적인 방법을 사용하며 시력, 청력, 후각, 촉각, 그리고 미각의 감각을 사용한다. 조사에는 구조 특징, 크기, 품질, 그리고 청결, 설치, 그리고 마무리 손질과 같은 물리적 조건뿐만 아니라 시스템의 물리적 설계 특징들이 포함된다. 조사는 문서의 검토, 시스템 서술서, 그리고 사전에 결정된 표준과 실제적인 시스템을 비교하기 위한 다른 자료들을 포함하기도 한다.

○ 시스템엔지니어링 판단을 통한 검증(Verification by Systems Engineering Assessment)

시스템엔지니어링 판단을 통한 검증은 시스템 최종제품이 시스템 요구사항을 만족시키는지를 검증하기 위해 필요한 제품 및 서비스, 그리고 프로세스의 개발을 지원하기 위해서 수행된다. 검증 판단은 검증 요구사항 및 솔루션 대안을 위한 기준, 개념의 증거를 실연하기 위한 검증의 정의, 그리고 개발, 자격, 수락, 적절한 운영, 그리고 다른 시험에 대해 다룬다. 판단은 중대한 검증 방법 및 프로세스(분석을 통한 검증에서 사용된 중요 방법 및 가정 그리고 데이터의 검증 등)를 검증하기 위해 필요한 요구사항들과 절차들을 고려한다.

검증 판단은 설계 개념이 수립되었을 때 시작하여야 한다. 검증 판단은 종합검증계획서(MVP)와 검증 활동의 결과로부터 얻어지며, MVP의 목적은 시스템 규격서의 요구사항을 만족시키는 시스템의 능력을 실현하는 모든 검증활동을 정의하는 것이다. 이러한 활동들은 충분한 데이터가 할당된 시간 내에서 최소한의 비용으로 제공되는지를 보증하기 위해서 완전히 통합되어야만 한다. 제품 개발, 시험, 그리고 평가를 거쳐 검증 데이터의 지속적인 피드백은 위험을 줄이고 초기에 문제를 발견하기 위해서 필요하다. 최종 목적)은 생산 및 운영상의 사용 전에 모든 요구사항들을 만족시키는 시스템 능력을 완벽하게 검증하는 것이다. 시스템 엔지니어링 판단을 통한 검증 방법은 다음사항을 포함한다.

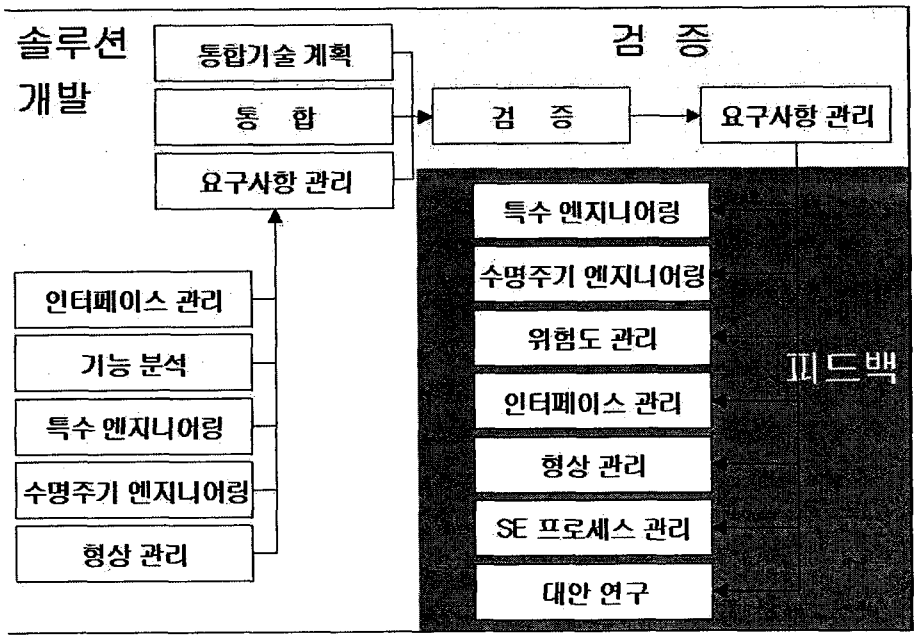
- 엔지니어링 분석을 통한 검증 : 이 프로세스는 시스템 엔지니어링 분석, 특수 엔지니어링, 통계적 및 정량적 분석, 시뮬레이션, 그리고 모델링 등의 기술을 포함한다. 엔지니어링 분석은 시험이 가능하지 않을 때, 비교분석이 적용 불가

능할 때, 그리고조사가 부적절할 때에 사용된다.

- 비교분석을 통한 검증 : 이 프로세스는 유사한 시스템의 시험 데이터, 형상, 그리고 적용 예를 검토하여 요구사항을 만족시키는지를 판단한다. 이 방법은 시스템들의 설계 및 제조가 유사하고, 이전의 시스템이 동등한 또는 그 이상의 규격서를 가지고 있을 때만 사용된다.
- 기록 확인 : 이 프로세스는 시스템의 특징 및 요구사항들을 검증하기 위해 최종 제품의 수락단계에서 제조 기록들을 검토한다.
- 시뮬레이션 : 이 프로세스는 시스템의 모의실험용 모델을 사용하여 설계 특징들, 시스템 거동, 그리고 성능을 검증한다.
- 설계 문서의 검토 : 이 프로세스는 획득 검토, 설계 검토, 그리고 다른 평가로부터 나온 보고서 및 설계도면과 같은 설계 문서의 훈련된 검토를 사용한다.
- 물리적 검사 : 이 프로세스는 미리 제정된 기준에 따라 물리적 아이템 또는 형상을 시각적으로 면밀하게 살핌으로서 요구사항에 준수하는지를 판단한다.

② 다른 시스템엔지니어링 프로세스와의 인터페이스

검증은 다른 시스템 엔지니어링 구성요소들과 복합적인 인터페이스를 가지고 있다. 이들 인터페이스는 <그림 3-4-6> 에서 나타난 바와 같다.



<그림 3-4-6> 다른 시스템 엔지니어링 요소들과 관련된 검증 인터페이스

○ 요구사항 관리

요구사항 문서들은 요구사항 관리 프로세스로부터 나오는 산출물이다. 이러한 문서들은 고객 운영 요구사항, 시스템 및 기술적 요구사항, 그리고 규정, 기관, 그리고 법에 의한 요구사항과 같은 근원적인 문서들뿐만 아니라 임무필요기술서(MNS) 및 다른 검증 규격서 문서도 포함한다. 실행 팀은 이러한 문서들을 관리한다.

○ 통합

시스템, 서브시스템, 구성품, 그리고 절차상의 설계들은 종합 프로세스의 출력물을 포함한다. 몇 가지 경우에 있어서, 이러한 설계, 시험 품목, 프로토 타입을 포함하는 정보는 검증을 위해 요구되어 진다.

○ 통합 기술 계획

기술 계획서는 통합 기술 계획 프로세스의 출력물이다. 이들은 특정 프로그램에 대해 프로그램의 조정된 업무를 정의한다. 통합 프로그램 계획서(Integrated Program Plan[IPP])는 전체 프로그램의 윤곽을 잡는다.

○ 특수 엔지니어링

특수 엔지니어링은 검증 프로세스에 의해서 정보를 공급하기도 하고 공급 받기도 한다. 특수 엔지니어링은 종종 확인 및 검증을 요구하는 요구사항의 소스 및 설계 제약사항이다. 추가적으로, 특수 엔지니어링 분석은 종종 판단의 일부분으로서 요구사항 검증에서 도움을 주는데 사용된다. 특수 엔지니어링 설계 분석 보고서(DARs)는 특수 엔지니어링 프로세스의 주요한 출력물로서, 요구사항의 식별 및 확인 및 검증 등의 결과를 낳는 특수 엔지니어링 분석의 결과가 문서화된다. 일단 검증이 완료되면, 검증된 요구사항은 특수 엔지니어링 설계 분석 보고서에 각 검증을 반영했는지를 보증하기 위해 조사된다.

○ 위험 관리

위험 관리는 검증 프로세스에 의해서 정보 등을 공급하기도 하고 공급 받기도 하는 다른 시스템 엔지니어링 구성요소이다. 위험 관리는 고위험 요구사항의 검증을 유도하며, 검증 기준을 만족하지 못한 모든 요구사항들은 프로그램에서 위험으로 간

주된다. 이러한 요구사항들은 위험 경감을 위해 위험 관리 프로세스의 입력물이 된다.

○ 인터페이스 관리

인터페이스 관리 프로세스는 시스템 요구사항의 근본적인 물리적 및 기능적 인터페이스를 보다 깊이 이해할 수 있도록 하며, 인터페이스 문서는 시스템 수준의 인터페이스 정의들을 포함한다.

○ 생명주기 엔지니어링

생명주기 엔지니어링은 검증 프로세스에 의해서 정보 등을 공급하기도 하고 공급받기도 하는 다른 시스템 엔지니어링 구성요소이다. 이 구성요소는 지원 가능성, 배치 및 전환, 부동산 및 폐기 요구사항들, 그리고 설계 제약사항들을 포함한다. 이러한 요구사항 및 설계 제약사항들은 준수여부를 보증하기 위해서 검증 프로세스를 거친다.

③ 검증을 위한 입력물

검증을 위한 입력물로는 4가지 주요한 카테고리가 있다.

○ 기술(Technology)

○ 기술 계획서(Technical Plan)

· 통합 프로그램 계획서(IPP)

· 종합 검증 계획서(MVP)

· 프로그램 시스템엔지니어링 계획서(program SEMP)

○ 요구사항

· 요구사항 문서 및 관련된 확인 보고서

· 요구사항이 존재하는 검증 요구사항 추적 매트릭스(VRTM) 템플릿

○ 설계 정보 및 시험 및 판단 품목

· 기능적 아키텍처 (Functional Architecture)

· 물리적 아키텍처 (Physical Architecture)

· 인터페이스 통제 문서 (ICD) 및 인터페이스 요구사항 문서(IRD)

· 시연(Demonstrations)

· 검증 기준

- 설계 분석 보고서(DARs)
- 업데이트된 베이스라인
- 형상 상태 보고서
- 승인된 베이스라인 변경

○ 기술(Technology)

최정상급 기술은 검증 방법들을 포함한다. 그러므로 검증 접근법의 개발 내에서 이러한 인자를 중요하게 고려하여야 한다.

○ 기술 계획서(Technical Plan)

통합 기술 계획 프로세스를 통해 개발되는 이러한 계획들은 검증의 시간적 조절과 절차를 포함하여 프로그램을 실행하기 위해 전체 비전을 상세하게 서술한다. 검증을 적절하게 수행하기 위해서 수집되어야 하는 계획서들은 통합 프로그램 계획서(IPP), 종합 검증 계획서(MVP), 그리고 프로그램 시스템엔지니어링 관리계획서(program SEMP)를 포함한다.

○ 요구사항

요구사항 문서들은 요구사항 관리 프로세스의 결과물이다. 이러한 문서들은 규제 기관 및 법에 의한 요구사항들뿐만 아니라, 고객 운영 요구사항들을 포함한다. 포함된 확인 보고서 및 검증 규격서를 통해서 이러한 문서들은 검증 프로세스를 위한 정보의 일차적인 소스가 된다. 이러한 문서들은 인터페이스, 기능 분석, 특수 엔지니어링 분석, 그리고 시스템 형상으로부터 가장 최신의 정보를 포함하고 있어야 한다.

○ 설계 정보 및 시험 및 판단 품목

이 입력물은 제품 형상을 이해하는데 필수적이다. MVP와 개별적 시험 계획서를 개발하기 위해서 시스템엔지니어는 물리적 아키텍처, 설계도면, 인터페이스 문서, 시스템 설계 규격서, 기능 규격서, 제품 규격서, 그리고 시험 장비 도안을 포함하는 유용한 설계 정보를 필요로 한다. 이 정보는 판단을 위해 사용된 특수 엔지니어링 설계 분석 보고서(DARs)를 포함하며, 기능 아키텍처들과 그들의 조합된 분석들은 가능한 한 필요로 한다. 기능 분석의 결과는 요구사항에 대한 근본적인 기능들과 논리

적 근거에 대해 보다 깊이 이해할 수 있도록 한다. 기능 분석 결과들이 검증의 시기에 나타난다면, 인터페이스 통제 문서들(ICDs)도 필요하다. 이러한 문서들은 시스템 운영과 관련된 인터페이스에 대한 상세한 정보를 제공한다. 시스템의 확인 및 검증의 일부는 이러한 인터페이스에 대한 요구사항들이 올바르고 만족되었는지를 대한 보증이다. 시험 및 판단 품목들은 검증이 수행되어지는 시스템의 구성 부품 또는 완전한 시스템이기도 하다.

④ 검증 프로세스

검증과정은 시험 및 평가 검증과 시스템 엔지니어링 평가의 조합을 통해 완성될 수 있으며 일반적인 검증 프로세스의 업무는 계획 수립, 검증 활동, 기록이라는 세 가지의 특징적인 단계로 나뉘는데 그중 계획 수립과 기록 단계는 시험 및 평가 검증과 시스템 엔지니어링 평가과정에서 매우 일상적인 프로세스이다. 계획 수립 단계에는 요구되는 자원 및 활동의 연속성과 시점을 결정하는 일, 검증의 결과물로 나타나야 할 데이터와 기록 그리고 평가 기준을 확립하는 일 등이 포함된다. 계획 수립 성과의 결과는 MVP에 기록되며 이때 과업이 완성되었다는 증거가 기록되고 대조된다. 검증 활동 단계에는 시험 및 평가 검증 또는 시스템 엔지니어링 평가기법 중 하나인 실제적 검증 방법이 적용되는 프로세스가 포함된다. 다음은 이러한 프로세스를 설명한 것이다.

○ 시스템 엔지니어링 평가에 의한 검증 프로세스

시스템 엔지니어링 평가에 의한 검증과정은 동시에 성취될 수 있으며 다른 시스템 엔지니어링 과정과 완벽하게 조화를 이룬다. 시스템 엔지니어링 평가의 예를 들면 통합 기술 계획, 요건 관리, 인터페이스 관리, 전문성 엔지니어링 그리고 위험도 관리 등이 있으며 또한 프로젝트 수행에 필요한 비용, 스케줄 및 위험도의 적용 정도 등이 관리된다. 효력 발생 및 검증 프로세스를 위한 프로그램 계획은 MVP에 규격화된 세부 형태로 기록되며 IPP에 일반적인 형태로 기록된다.

○ 검증 프로세스의 업무

시스템 엔지니어링 평가에 의한 요건 검증을 수행하기 위해 필요하다고 권장되는 프로세스 업무들은 다음에 제시되는 내용들을 통해 묘사된다.

- 업무 1 : 적용 가능한 정보들을 수집한다.

수집될 자료들은 검증 프로세스에 끼치는 영향을 중심으로 검토된다. 예를 들어 전문성 엔지니어링에 의해 양산된 DARs는 특수한 검증 프로세스나 필요를 식별할 수 있다.

- 업무 2 : 통합 기술 계획으로부터 종합 검증 계획을 도출하거나 즉시 개발한다.

검증과정을 수행하기 위한 접근법이 정제되면 검증 사건을 성취하는 데 필요한 편의시설, 예산, 인력, 테스트에 관련된 자료, 장치 및 데이터가 식별되고, 융화되며 승인된다. 그 결과 프로그램을 위한 승인된 검증 계획이 나오게 된다. 이러한 전략과 검증 프로세스를 위한 총체적 계획은 MVP에 기록되는데 이 MVP는 통합 기술 계획 프로세스에서부터 실행 검증 절차로 사용된다. 이 MVP는 검증 활동을 이해하기 위해 필요한 세부사항의 내용과 수준을 파악하기 위해 필요하다. 검증 프로세스의 각 활동은 세부적으로 정의되고 묘사된다. MVP는 하드웨어, 소프트웨어 및 프로세스에 관한 모든 자격사항, 수용도, 개발 준비단계, 운용 및 폐기 활동에 관한 검증 활동을 모두 다루고 있다. MVP는 주요 검증 활동에 관한 총괄적인 스케줄 및 사건의 연속에 관한 사항을 제시한다. 또한 검증 활동을 지원하기 위해 요구되는 테스트용 하드웨어와 소프트웨어, 지원 장비 및 편의시설 등에 관한 내용도 제시한다. MVP는 설계 엔지니어, 시스템 엔지니어 및 테스트 엔지니어에 의해 요구사항 기록문서, 세부 요구사항 및 규격사항 그리고 효력 발생 도표에 대한 철저한 이해를 바탕으로 개발된다.

계획 수립은 다음에 제시하는 활동들이 완료되고 나서 수행된다.

- 시스템과 시스템 형상을 식별한다. 테스트 장비와 통신수단, 편의 시설 및 지원 장비에 대한 정의도 이에 포함된다.
- 검증의 수준에 적합한 모든 요구사항을 식별하고 대조한다.
- 각 요구사항에 적용될 규격화된 검증 방법을 정의한다.
- 각 요구사항에 대한 각각의 검증과정을 통해 도출된 증거를 평가하기 위해 사용될 기준을 정의한다.

- 업무 3 : 검증에 관한 접근법을 개발한다.

검증에 관한 접근법이란 요건이 검증되어가는 방식이라고 볼 수 있다. 이러한 접근법은 요구사항 관리 과정을 통해 개발되며 VRTM에 기록된다. 이 업무에는 요구사항이 경제적이고 효율적인 방식으로 측정 가능한 상태이며 검증 계획의 수행을 위해

적절하게 할당될 수 있음을 확인하기 위해 요구사항을 수렴하고, 업데이트하며 분석하고 분해하며 요약하는 활동이 포함된다. 검증에 관한 접근법 개발의 목적은 시스템의 제품이 식별된 규격과 일치하는지 확인하기 위한 검증 접근법을 결정하고 기록하는 것이다.

이 단계에서, 요구사항 관리로부터 도출된 검증 규격사항은 효력 발생 도표에 기록되는 각 요구사항에 대한 검증 접근법을 개발하기 위해 사용된다. 효력 발생 도표는 VRTM을 통해 보다 완성된 형태를 갖춘다. VRTM 은 검증 과정의 핵심이라 할 수 있다. 각 요건을 검증하기 위해 사용된 전략 또는 방법이 검증 요건에 기록되어 있다면 검증 요건들은 VRTM 에 나열되어 있기 때문이다. VRTM 은 각 요구사항(기능 요건, 성능 요건, 설계 요건 등)이 검증되는 방법, 검증과정이 수행되어야 하는 단계 및 적용 가능한 검증의 수준을 정의한다. VRTM 은 본래 검증 프로그램을 위한 기반을 확립하도록 되어 있다. 시스템 엔지니어링 수행 팀과 검증 수행 팀이 협력하여 VRTM을 개발하게 된다. <표 3-4-1>은 VRTM 의 예시이다.

<표 3-4-1> 검증 요구조건 추적 매트릭스 (VRTM)

Requirements Paragraph Reference for Specification SCN (Paragraph No./Title)	Requirement Description	Verification Method	Verification Plan (Indicate which plan describes the Verification of the requirement)	Remarks
3.1.1.1 Aircraft I.D.		T = Test		
3.1.1.2		D = Demonstration		
3.1.1.3		A = Analysis		
3.2.1.1 System Alignment		I = Inspection		
3.3.1.1 Transmit Time		EA = Engineering Analysis		
3.3.1.2 Receive Time		SY = Similarity		
3.3.1.3 Process Time		VR = Validation of Records		
3.3.1.4 Display Time		SM = Simulation		
3.3.1.5 System Check		DC = Documentation		

- 업무 4 : 검증 요구사항 추적 매트릭스를 적용한다.

검증은 시스템의 모든 수준에서 수행될 수 있는 활동이다. 각 요건은 적합성에 따라 테스트나 시스템 엔지니어링 평가 또는 두 가지 모두에 의해 검증된다. 앞서 언급한 대로 각 요구사항을 검증하기 위해 사용된 전략 또는 방법이 검증 요건에 기록되어 있다면 검증 요구사항들은 VRTM 에 나열되어 있다. 따라서 테스트나 시스템 엔지니어링 평가에 대한 기록 및 각 검증 요건과의 일치 및 배치 상태를 결정하는데 사용되는 기준이 VRTM 에 포함된다.

- 업무 5 : 개별적인 검증 프로세스를 개발한다.

이 프로세스는 정규적인 프로세스를 사용하는 규격화된 검증 목표를 성취하기 위해 사용되는 검증 프로세스와 자원을 세부적으로 개발한 것이다.

제품 검증 프로세스는 시스템의 어느 수준에서도 실질적인 제품 검증과정을 차질없이 수행할 수 있도록 돕는 단계별 지도서로 구성되어 있다. VRTM 내부에서의 모든 요건에 대한 추적가능성은 반드시 이러한 프로세스들의 통합 부분의 하나로 제시되어야 한다. 실행되고 검증된 프로세스는 테스트 또는 시스템 엔지니어링 평가 계획으로써 프로젝트의 저장소에 보존된다.

하드웨어와 소프트웨어 두 가지를 위한 모든 검증프로세스는 테스트 계획, 프로세스 및 테스트 사례의 개발을 포함한다. 검증프로세스에는 이외에도 하부 시스템과 시스템 수준에서의 작업 수행 시점 및 작업 규모 결정 분석 검증 활동이 포함된다. 이러한 분석수행의 결과는 테스트 또는 시스템 엔지니어링 평가 계획 내부에 보존된다. 이 과정에서는 또한 하부 시스템과 시스템 수준에서의 비정상적이고 일탈된 환경테스트를 수행하며, 하드웨어와 소프트웨어의 통합, 하부 시스템의 테스트, 통합 및 시스템 테스트 과정까지 그 대상으로 포함하는 회귀 테스트 프로세스가 포함된다. 검증 프로세스는 모든 상업용 재고품 형태의 소프트웨어 또는 시스템 통합 과정 및 테스트 계획 과정에 속해있는 하드웨어와 통합된다.

- 업무 6 : 검증 안정성 검토를 수행한다.

VRR은 각각의 주요 검증이나 공통된 요소를 대상으로 하는 보다 작은 규모의 검증그룹들에 앞서 발생된다. VRR 수행 목적은 모든 시스템 엔지니어링에 관한 고려사항이 충족되었으며 모든 지원, 테스트 및 운용 시스템이 검증과정을 수행하기에 적합하다는 것을 확인하는 것이다. VRR 에는 편의 시설, 지반 지원 장치, 검증 설계, 소프트웨어, 프로세스, 그리고 검증 요건 등의 상태에 관한 세부적인 검토내용이 포

함된다. 이에 덧붙여 검증 활동과 스케줄의 윤곽이 제시되며 조직의 책임과 개별 인력의 책임이 식별된다. 이 때 각 검증 방법 또는 기술을 대상으로 식별된 모든 검증 요건이 검증 설계 및 프로세스에 반드시 포함되어 있어야 함이 강조된다. 설계 과정을 수행하는 인력이나 조직은 검증 활동을 수행하지 않는다는 것이 검증 프로세스의 기본 원칙이다. 검증 설계 프로세스 자체를 계획하고 수행하는 경우에도 이와 동일한 원칙이 적용된다. VRR은 검증 활동이 적절하게 계획되었고 그에 따라 위험도가 통제된다는 것을 확인하려는 목적으로 수행된다. VRR은 프로그램과 연관이 있는 것은 아니지만 평가 수행 과정에 속한 시스템과 운용 상태에 대해 전문적 지식을 가진 고위급 인력의 주도에 의해 수행하며, 프로그램의 수행 팀은 VRR을 관리한다.

- 업무 7 : 실행 검증 절차

이 업무는 검증 과정을 실제로 수행(예를 들면, 테스트 또는 시스템 엔지니어링 평가를 수행) 하는 것이다. 제품 검증 과정은 검증 활동에 관해 기록된 증거들을 통해 제품으로 대표되는 하드웨어와 소프트웨어가 기능 요건, 성능 요건, 그리고 설계 요건에 부합한다는 사실을 확인한다.

검증 수행 팀은 제품 검증을 수행해야 할 책임을 갖는데, 이때의 제품 검증은 제품 검증을 위한 준비 단계, 제품 검증 활동의 수행 단계, 그리고 제품의 사후 검증 및 기록 단계로 구성되어 있다. 실험 검증을 수행할 때는 검증 수행 팀이 반드시 구체적인 사항에 대한 예시를 얻기 위해 이 문서를 참조한다. 전문성 엔지니어링은 시스템 엔지니어링 평가를 수행하기 위한 규격화된 지침서를 제공한다.

테스트 수행과 시연을 이용한 검증 프로그램의 준비 단계 동안 검증 수행 팀의 책임 영역은 다음 사항을 포함하게 된다.

- 설계, 조합, 그리고/또는 검증 활동의 셋업을 위한 준비
- 검증 편의시설
- 검증 부착물 그리고 측점
- 데이터 습득, 축소 및 저장소 시스템
- 검증 통제 시스템
- 설비 시스템
- 검증 항목 하드웨어 / 소프트웨어의 설계 및 조합
- 검증 셋업 하드웨어 / 소프트웨어를 대상으로 한 제조 또는 조달 분석 수행
- 검증 항목 도입의 조정

· 검증 하드웨어 및 소프트웨어 도입의 조정 ·
· 지원 장비의 조정 및 특수 검증
· 검증 안전도, 위험원 및 환경 일치 계획의 준비
· 검증 항목, 부착물 그리고 셋업
· 일련번호가 부여된 구성품 설치 및 제거의 실행에 대한 기록
· 검증 형상 통제에 대한 관리
· 검증 항목들
· 장비 착장 및 척도
· 데이터 습득 및 제어 시스템
· 검증 지원 소프트웨어
· 검증 셋업 하드웨어 및 소프트웨어의 작동점검 및 보수 작업
· 검증 항목 형상 전권 조정 그리고/또는 일치성 승인 검열
· 사전검증 회의의 수행 또는 VRR
· 검증 준비 활동의 관리 및 상태 보고

준비 단계 동안 검증 팀의 품질 통제 담당인력들은 검증 항목 및 검증 방법의 일치성을 확립 및 검증하고 시스템 및 그에 따른 운용 상태를 확인하고 검증한다.

제품 검증 실행 기간 동안 검증 수행 팀이 감당해야 하는 책임범위에는 다음과 같은 사항들이 포함된다.

· MVP로부터의 모든 추측 사항을 포함하는 세부적인 검증 기록/일지의 유지 및 보수
· 검증 형상 통제의 유지
· 검증 편의시설 관리
· 검증 부착물과 측점
· 검증 항목 관리
· 장비 착장 및 척도
· 데이터 습득 및 제어 시스템
· 검증 지원 소프트웨어
· 검증 항목 형상 조정 그리고/또는 일치성 승인 검열(필요한 경우)
· 검증 입증의 조정
· 검증 셋업 하드웨어 및 소프트웨어의 작동점검 및 보수 작업

· 승인된 MVP와 일치하는 범위 내의 검증 수행
· 검증 데이터의 확인, 수집, 감소, 저장 및 도입
· 검증 활동의 관리 및 상태 보고
· 사전 검증 검열의 수행
· 시스템 및 하부시스템 의 공식적 테스트와 비공식적 테스트의 신뢰성 평가 기준 식별

- 업무 8 : 검증 보고서의 작성

제품 검증프로세스가 모두 끝나면, 검증 수행 팀은 사후 검증 검토를 수행하고 결과를 분석하기 위한 보고서를 준비한다. 검증 보고서를 작성하는 목적은 검증활동이 검증 요건에 일치하는지 판단하는 것이다.

제품 검증을 기록하는 일은 검증 수행 팀에 의해서 완료되며 그 기록은 이해 관계에 있는 모든 부서에 제공된다. 이 기록에는 요건에 대한 불일치, 고장 분석 및 기타 발견사항 등 각종 검증 결과에 대한 세부사항 보고가 포함된다.

각 테스트와 시스템 엔지니어링 평가에 대한 검증 보고서가 제시되며 최소한 각각의 주요 검증 활동에 대한 검증 보고서를 확보하도록 한다. 테스트가 장시간에 걸쳐 수행되거나 다른 활동들에 의해 분리되었다면 검증 보고서는 각각의 개별 활동에 대해 작성된다. 검증 보고서는 테스트가 수행된 이후 몇 주 안에 완성되며 검증의 수행근거가 되는 검증 요건에 일치한다는 증거를 포함한다. 또한 검증 보고서는 검증 프로세스가 동반되었으며 검증에 대한 결정이 올바르게 내려졌다는 것을 확신하기 위한 프로세스들을 기록하고 있다. 시스템 엔지니어링 평가에 의한 검증에 대해서는 전문성 엔지니어링에 정의된 것처럼 검증 보고서가 DAR로 작성된다.

- 업무 9 : 요구사항 검증 일치 기록의 작성

요구사항 검증 적합성 문서(Requirement Verification Compliance Document: RVCD)는 모든 수준에서의 각 요구사항에 대한 일치의 증거와 각 검증 요건 테스트 관리에 대한 일치의 증거를 제시한다. 요구사항 기록으로부터 검증 요구사항 테스트 관리로까지 하향하는 흐름은 총체적인 요구사항의 추적 가능성을 완성하게 된다. 모든 요구사항과의 일치성은 시스템 수준에서의 요구사항이 충족되어왔음을 확인한다.

요구사항 검증 일치 기록은 각 요구사항에 대해 검증의 방법과 요구사항과 상응하는 일치에 대한 정보를 정의한다. 완료의 결과를 포함하는 검증 활동의 결과는 RVCD에 저장되고 기록된다. RVCD는 각 검증 활동의 결과와 일치, 불일치, 결론 및

권고사항에 대한 서술 및 배치에 대한 정보를 포함하고 있다. 이 때 일치에 관한 정보는 실질적 데이터 또는 요구사항과의 일치를 증명하는 실질적 데이터의 장소에 대한 참고를 제시한다. 기록은 또한 모든 불일치 사항에 대한 해부사항 섹션을 포함한다. 이 섹션은 적합한 재검증 프로세스를 규격화 한다. RVCD는 요건 관리 프로세스이며 이 프로세스를 수행하는 동안 실제 활동과 일치하지 않는 요구사항을 어떻게 처리해야 할지에 대한 결정이 내려진다. 규격화된 일치 정보는 테스트 또는 시스템 엔지니어링 평가 보고서, 자동화된 테스트 프로그램 또는 검증 프로세스에 의해 양산된 다른 모든 데이터에 대한 참고가 된다. 이러한 투입요소들은 일반적으로 장기간 발생하며 커다란 프로그램에 이어지게 된다.

최신 정보에는 이미 검증된 구성요소의 VRR에 대한 일치 정보(RVCD)가 반드시 포함된다. 이 때 요구사항 검증 일치 기록은 프로그램의 생명주기 내내 업데이트 되므로 베이스라인으로 삼지는 않는다.

이러한 프로세스의 수행목적은 기존 데이터 및 업무 7: 실행 검증 절차의 결과를 분석하는 것이다. 만약 요구사항이 충족되지 못했다면, 요구사항. 설계. 그리고 검증에 대한 접근법에 끼치는 영향을 판단하기 위해 조정이 수행된다. 영향 분석의 결과로 일치 보고서가 양산되고 불일치에 대한 적절한 조치가 취해진다. 이러한 조치는 의무적인 것으로 업무 7이 시작될 때마다 반드시 수행된다. 일치 보고서는 요구사항의 식별 정보, 일치 상태 및 검증 접근 정보를 반드시 포함하게 된다. 확인과 검증 프로세스는 RVCD 기록 내부의 정보가 모든 식별된 요구사항이 검증 활동에 의해 제시되었으며 제품이 요구사항과 일치함을 기록할 때 완성된다.

⑤ 자원의 폐기

이 활동은 배송, 계약 이전, 판매, 수집, 기부 또는 검증 활동 자원에 대한 공식적인 지령 또는 동의를 포함한다. 폐기 활동은 모든 시스템 제품과 프로세스의 안전한 비활성화와 폐기 및 폐기 요건과의 일치를 확립하기 위해 필요한 검증 작업이 완료되었음을 확인한다.

일단 제품 검증작업이 시스템 엔지니어링과 검증 수행 팀에 의해 완료되고 수용되며 기록된 후에는, 검증 팀은 사용되지 않은 검증 자원, 과도한 양의 검증자원 또는 낡은 검증 자원을 식별한다. 자원의 소유권에 따라 요구된 폐기 기록이 종속되며 자원 폐기 프로세스가 수행된다. 모든 자원 폐기 조치는 요구에 따라 기록하고 철하거

나 저장된다.

(나) 확인과 검증의 결과물

확인과 검증 과정의 주요 결과물은 다음과 같다.

○ 개발 및 MVP 완성을 위한 통합 계획 수립에 관한 계획 수립 판단 기준

○ 절충 연구 활동에 영향을 끼칠 수 있는 제약사항

○ 분석을 위한 위험도 관리 프로세스에 대한 관심사와 주제

○ 확인 프로세스에 따라 개별화된 결과

· 확인된 필요성

· 확인 보고서에 기록된 확인 도표

○ 검증 프로세스에 따라 다른 결과

· 검증 결과와 함께 존재하는 VRTM

· 요구사항 검증 적합성 문서

· 계획된 검증 접근법을 수행하기 위한 도구, 분석 요건

· 시험 및 평가 검증과 시스템 엔지니어링 평가 계획

· VRRs

· 검증 보고서를 포함하는 검증 기록

(다) 확인 및 검증 도구

요구사항 및 요구사항 확인 그리고 요구사항 검증 방법 사이의 관계를 관리하는 작업을 보조하는데 사용할 만한 여러 가지 전문적 도구들이 존재한다. 이러한 도구들을 선별할 때는 데이터가 이동 가능하며 다른 시스템 엔지니어링 관련 결과들과 통합될 수 있는지 확인한다. 보다 규모가 작은 프로젝트라면 전문적 도구 대신 간단한 스프레드시트나 데이터베이스를 적용함으로써 이러한 관계를 효과적으로 관리할 수도 있다.

(라) 개별 맞춤 작업 수행에 대한 지침

규격화된 프로젝트의 검증 팀은 그 프로젝트에 맞는 특정한 검증 수단을 선별하는데 규모가 작은 프로젝트의 경우라면 프로젝트 팀이 검증 팀의 역할을 대신 수행할 것이다. 프로젝트 팀은 시스템 엔지니어링 수행 팀과 검증 팀의 기능 모두를 수행할

것이며 프로젝트의 범위와 상관없이 확인 및 검증 프로세스의 요구 또는 예상되는 가시성에 따라 프로젝트 팀은 확인 도표, VRTM,과 일치 데이터를 하나의 결합된 도표로 융합하는 작업을 고려한다. 이렇듯 융합된 관점은 간단한 스프레드시트의 적용, 확고한 요건 추적성의 적용 또는 관련된 데이터베이스의 적용 중의 하나라는 안정적인 결과로 나타난다. 이러한 도구 또는 비슷한 형태의 도구는 필요에 따라 일부 낮은 수준의 관점을 여과할 능력을 지닌 거시적 수준의 관점을 구축하는데 이용된다.

(마) 참고문헌

1. Blanchard, Benjamin S. System Engineering Management. 2nd edition. New York, NY : John Wiley & Sons. Inc.1998.

2. Blanchard, Benjamin S. and Walter Fabrycky. System Engineering and Analysis. 3rd edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1998.

3. Defense Systems Management College. System Engineering Fundamentals. Fort Belvoir, VA: Defense Systems Management College Press 1999.

4. Grady. J.O. A Grand Systems Development Course. Version 6.0. San Diego. CA : JOG System Engineering Inc. http:www.jogse.com/home.html

5. International Council on Systems Engineering. Systems Engineering Handbook. Version 2.0A. Seattle. WA: International Council on Systems Engineering, 2004. http://www.incose.org

6. Shishko. Robert. NASA Systems Engineering Handbook. NASA SP_6105. Washington DC: National Aeronautics and Space Administration. June 1995, pp. 37 - 44

7. RTCA Inc. Guidelines for the Approval of the Provision and Use of Air Traffic Services Supported by Data Communications. RTCA DO - 264. Washington DC: RTCA. Inc.14 December 2000 http://www.rtca.org

8. SAE International Guidelines and Method for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment. ARP - 4754. Warrendate. PA: SAE International.1996. http://www.sae.org

9. SAE International Guidelines and Method for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment. ARP - 4761.

Warrendate. PA: SAE International.1996. http://www.sae.org
10. Federal Aviation Adminstration. Test and Evaluation Process Guidelines. FAA Aquisition Management System. Washington D.C: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Adminstration. July 2001. http:// fast.faa.gov/toolsets/index. htm
11. Air traffic organization, National Airspace System - system engineering manual, Federal Aviation Administration, 2004.

(2) 성과물 설계 방법 : 기능, 물리 아키텍처

산업혁명(Industrial Revolution)이 시작된 이후 300년에 걸쳐 과학 및 관련 기술은 발전을 거듭해 왔다. 인류는 다른 행성으로 탐사선을 보내고 달에 착륙했으며, DNA 분자로 형성되어 있는 인간의 생리학적 요소를 분석해내기에 이르렀다. 단 하나에 불과한 메모리칩에는 수백 년 전부터 이용되었던 과학적 지식들을 저장할 수 있다. 이러한 칩은 초소형 전자 구성 요소를 작은 집적회로(IC; integrated circuit) 칩 안에 구축할 수 있는 장비를 이용하여 제작된다. 이 같은 현상은 모두 과학과 기술 분야에서 일어났던 큰 발전을 보여준다. 이와 같은 빛나는 업적에도 불구하고, 우리 주변에서는 빈약한 설계 과정에서 야기되는 기술 및 사회 관습적 문제들을 쉽게 찾아볼 수 있다. 몇 가지 설계 오류들은 이와 같은 문제를 잘 설명해 주는 대표적 문제들이다. 이러한 오류들은 소비자들을 불편하게 하고 화나게 하는 많은 문제들을 일으킨다. 모든 형태의 잘못된 설계 및 제품은 위험하고, 금전적 손해를 야기하며, 제품의 유용성을 침해할 뿐 아니라 새로운 제품의 도입을 지연시키기도 한다. 실제로도 많은 제품이 리콜 되고 있으며, 한 제품의 품질 보증 비용이 실제로 판매되는 금액의 상당 부분을 차지하고 있다. 잘못 설계된 장비는 지속적인 보수를 필요로 하고, 제품의 오작동은 제품의 특질을 저해하고 수명을 단축시키기 때문에 귀중한 자원의 낭비를 초래하게 된다. 게다가 적절치 못하게 설계된 개발 프로젝트는 계획 지연 및 비용 초과 등의 문제를 가져오며, 더 심각한 경우 완전한 실패 사례로 전락할 수도 있다. 물론 이러한 실패 사례는 과학적 지식의 부족 등에 의해 야기되는 경우도 많지만, 잘못된 제품, 처리 과정, 소프트웨어 및 시스템 설계로 인해 그 문제의 심각성이 더 커지는 경우도 많다.

수많은 설계 오류가 발생하는 이유 중 하나는 이러한 설계들이 보통 경험적으로

이루어지는 시행착오에 기초해 이루어지기 때문이다. 이러한 문제는 비단 한 국가나 한 기업에 국한되는 것이 아니라 모든 곳에 존재한다. 전 세계의 대학에서 지금까지 설계는 과학적 방법론에 따르지 않는 분야로 인식해 왔으므로, 설계상의 일반적·체계적· 시스템적 지식을 학생들에게 제공하는 것은 그리 일반적인 일이 아니었다. 다시 말해, 설계는 정밀하고 과학적인 학문이라기보다는 직관적으로 이해해야 하는 본질적인 학문이라는 인식이 강했다. 그러나 설계 분야는 다른 과학 기술 분야가 비슷한 발전 과정을 거쳐 온 것과 같이 이러한 성격의 국한된 경험주의 론에만 머무르지 않고, 과학적 근거에 기반을 둔 진정한 학문으로 발전해 나갈 전망이다.

(가) 설계의 정의

설계는 특정한 정황이나 흥미에 기초한 다양한 방법으로 규정되어 왔다. 기계 관련 엔지니어들은 종종 제품을 설계하고, 이때 설계라는 단어는 보통 제품 디자인을 일컫는다. 반면 제조 관련 엔지니어들은 설계를 새로운 제조 과정이나 시스템(예: 공장 및 제조셀)으로 인지한다. 시스템 기획자(system architects)가 특정한 목표를 달성하기 위해 많은 부분이 함께 작업해야 하는 기술적이고 유기적인 시스템 안에서 설계를 인식하는 반면, 전기 관련 엔지니어들에게 이는 개발 아날로그나 디지털회로, 커뮤니케이션 시스템 및 컴퓨터 하드웨어를 의미한다. 어떤 소프트웨어 엔지니어들은 그들의 기본적인 업무는 단순히 컴퓨터 코드를 쓰는 것이라고 생각하기도 하지만, 그들이 소프트웨어 아키텍처를 최초로 설계하지 않는 한 그들에게도 좋은 소프트웨어를 생산해 내는 것이 그리 쉬운 일은 아니다. 비즈니스 매니저들은 조직의 공통된 목표를 달성하기 위해 조직을 설계해 낸다. 이와 비슷한 방식으로, 인테리어 설계자들은 집이나 빌딩 안에 적절한 분위기를 창출해 내기 위해 가구와 장식품을 고르고 배열한다. 심지어 우리가 살고 있는 도시의 시장은 그 도시 내에서 그의 비전을 실현시키기 위해 보다 효과적이며 효율적인 정부 조직을 설계하고, 전략적인 계획을 만들어야만 한다.

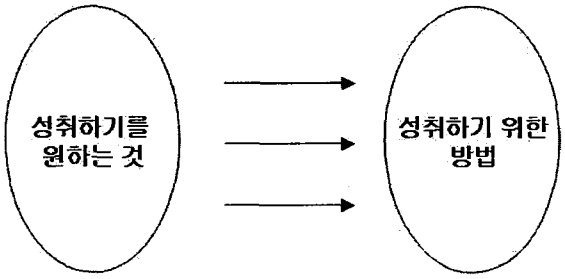
이 모든 설계 활동들은 비록 설계 목표를 달성하기 위해 필요한 지식과 구체적 내용은 다를지라도 특정 관련 분야임에 틀림없다. 이들 분야는 각기 다른 데이터베이스와 다른 설계 방식을 이용하고 있지만, 그들은 많은 설계 특징들을 공유하고 있다. 설계자들이 주의해야 할 이 활동의 공통점은 아래와 같다.

· 설계자가 고객들이 요구하는 바를 정확히 이해하여야 한다.

· 설계자가 그 요구를 만족시키기 위해 풀어야만 하는 문제점을 정의하여야 한다.
· 통합 과정(synthesis)을 통해 해결책을 개념화하여야 한다.
· 제안된 해결책을 극대화하기 위해 분석 과정을 실행하여야 한다.
· 설계상의 해결책이 처음 고객의 요구를 충족시키는지 확인하여야 한다.

설계란 우리가 성취하고자 하는 것과 이를 성취하기 위한 방법론 사이의 상호 사상(mapping)이다. 이와 같은 사상(mapping)은 Figure 1.1에서 나타내는 바와 같다. 다시 말해 정밀한 설계 접근법은 명백히 우리가 성취하고자 하는 것에서 시작해서, 그것을 성취하기 위한 명확한 방법론으로 마무리 되어야 한다는 것이다. 고객의 요구 사항은 추후 고객의 요구를 만족시키기 위해 "우리가 성취하고자 하는 것"을 적절하게 묘사해주는 기능요구사항(FR; functional requirement)으로 정의되는 최소한의 요구 사항으로 전환된다. "이를 성취하기 위한 방법론"의 기술어(descriptor)는 설계 인자(DP; design parameter) 형태로 묘사될 수 있다.

설계자들은 종종 "우리가 성취하고자 하는 것"을 정확히 인지하는 것이 상당히 어려운 과정이라는 것을 경험한다. 심지어 많은 설계자들은 그들의 설계 목표를 뚜렷하게 설정하기 보다는 암시적으로 남겨 두고, 설계 목표를 분명히 하지 않은 상황에서 설계 해결 방법을 찾기 위한 작업을 시작하기도 한다. 이러한 타입의 설계자들은 고객들이 원했던 바와는 상관없이, 설계 과정 당시 그들이 생각했던 설계 목표와의 비교를 통해 그 작업이 얼마나 성공적이었는지를 측정하곤 한다. 또 그들은 설계 해결 방법과 "그들이 원하는 것"이 통합될 때까지 설계를 발전시키고 반복하는데 상당한 양의 시간을 낭비한다. 보다 효율적으로 고객의 요구사항을 만족시키는 설계를 진행하기 위해, 설계자는 "우리가 성취하고자 하는 것"에 의한 설계 목표를 설정하고 설계 과정을 시작해야만 한다. 또 "무엇(what)"과 "어떻게(how)" 사이의 반복은 물론 필수적인 사항이지만, 각 반복 단계에서 "무엇"에 관한 사항이 명확하게 정의되어야 한다.



<그림 3-4-7> 설계의 정의

과거에는 많은 엔지니어들이 수년간의 경험, 지식, 창조성이나 시행착오에 기반을 두고 반복적 · 경험적 · 직관적으로 제품(처리 과정, 시스템 등)을 설계해 왔다. 물론 이러한 경험은 실용적인 설계에 관해 지식과 정보를 제공해 주기 때문에 중요한 요소가 될 수 있다. 그러나 경험적 지식은 적용 대상의 내용이 변화하는 등의 특정 상황에서 항상 높은 신뢰성을 보장하지 못하므로, 이 자체만으로는 충분하지 않다는 단점을 가지고 있다. 따라서 경험적 지식은 반드시 설계상의 시스템적 지식에 의해 확대되어야만 한다. 비록 설계 자체는 오랜 역사를 지닌 학문이지만, 엔지니어 및 설계자들이 교육 받을 수 있는 토대가 될 만한 체계적인 학문 활동은 원활히 이루어지지 못했던 것이 사실이다. 그렇게 분류되고 일반화된 지식은 좀 더 빠르고 정확한 결정을 하게 함으로써 더 나은 설계 해결 방법을 개발하는데 필요한 시간을 단축해 준다.

철도종합안전기술개발사업에서 사용하고자 하는 공리설계의 목적은 기초적인 원리, 이론, 방법을 제공함에 따라 설계자의 경험을 분류하고, 이를 통해 설계자의 창조성을 극대화하기 위한 것이다. 창조성은 사회나 인간이 성취하고자 하는 요구사항을 만족시키기 위해 이루어지는 독창적이고 예측하기 어려운 인간의 활동을 묘사하기 위해 사용되어 왔다. 또한 일반적으로 해결방법(solution)은 창조해내기 위해 설계한 것에 관한 별다른 규정 없이도 종종 영감이나 열망에 의해 발견되고 파생된다. 이러한 창조적인 활동은 인간의 두뇌가 데이터를 저장하고 연관된 기억장치, 패턴인식, 그리고 다양한 사실과 현상의 재조합 등을 통해 해결방법을 종합적으로 도출해 낼 수 있는 거대한 정보 저장소인 동시에 처리 장치이기 때문에 발생 가능하다. 때때로 창조성이라는 단어는 우리가 지적 능력을 이용해 처리 과정이나 로직을 이해하지 못할 때에도 불가사의한 능력을 발휘하여, 그러한 시도의 결과가 지적으로, 감정적으로, 또는 미학적으로 수락되는 것이다. 어떠한 과제가 다른 사람들에게 확실히 이해될 수 없는 경험, 견습과정, 시행착오 등에 습득된 처리 과정을 통한 함축적인 사실에 근거하고 있다면, 이는 언제나 불확실한 면을 내포하고 있다. 설계 분야는 바로 이러한 종류의 불확실한 영역 중의 하나이고, 따라서 이러한 지적, 정신적 방해물을 극복하기 위해 노력해야만 한다.

설계는 영감, 창조성 및 상상력이 이용될 때 항상 이로운 존재이지만, 우리는 이 처리 과정이 인간의 본성에 의한 것인지 아니면 기초 지식의 개발에 의한 것인지 구분해야 할 필요가 있다. 다시 말해 설계는 원리 원칙에 기반을 두는 주제가 되어야

한다는 말이다. 설계 주제는 열역학 및 기계공학 분야와 비슷하게 지적 이해 수준을 설정하는 것이 바람직하다. 설계와 다른 분야의 지식들은 특별한 공통점이 없이 단순히 현재 상황을 보여주기만 하기보다는, 서로 통합되며 단일 지식 집합체를 형성해야 한다. 실제로 설계 과정은 고차원적인 지적 탐구 영역이다. 따라서 구조화된 설계 지식의 직접적인 수혜자는 인류, 사회, 산업, 그리고 전 세계가 될 것이 틀림없다.

(나) 공리설계의 궁극적 목표

공리설계의 궁극적인 목표는 논리적이고 이성적인 처리과정과 도구에 기반을 둔 이론적 기초를 설계자에게 제공함으로써, 설계를 위한 과학적 기초를 설립하고 설계 활동을 발전시켜 나가는 것이다. 공리설계는 설계 분야의 과학적 기초 설립을 통해 설계자들을 보다 창조적으로 변화시키고, 복잡한 처리 과정을 간소화하며, 시행착오를 최소화하고, 최고의 설계를 제안하며, 컴퓨터에 창조력을 부여하는 등의 다양한 목표를 가진다고 할 수 있다. 공리설계는 창조력을 개선해 준다. 이는 기능요구사항(FR)과 제약조건(C; constraint)을 통해 설계 목표들의 명확한 공식을 결정한다. 공리설계는 가능한 한 신속하게 나쁜 설계 아이디어를 제거함으로써 설계자들이 실현 가능한 아이디어에 집중할 수 있도록 설계 결정을 위한 기준을 제공하기도 한다. 또한 개념 정립부터 세부적인 설계에 이르는 시스템적 흐름을 갖추는 분해 과정이 일정한 형태를 갖추도록 돕는다.

현재 설계 과정은 필요 자원에 집중되어 있고 비효율적이다. 산업 경쟁력은 각 산업에 해당하는 기업들이 설계 분야에서 기술적 능력을 갖추고 있는지 여부에 달려있다. 이러한 기업들은 새로운 제품을 도입하는 시간을 단축시키고, 제조 비용을 절감하며, 제품의 질과 신뢰성을 높이고, 보다 효율적으로 요구 사항을 만족시켜야 한다는 부담을 안고 있다. 이와 같은 산업적 요구들과 관련해 가장 큰 영향을 미치는 것은 역시 설계 방법 개발의 성능과 적절성에 있다고 볼 수 있다. 이러한 실용적인 목표를 성취해내기 위해, 우리는 뛰어난 설계자들에게서 지식, 상상력, 경험, 고된 업무 등과 같은 요소를 과학적으로 분류해야만 한다. 초기에는 대부분 시각적 표현, 솔리드 모델링, 제품 모델링, 설계 해결 방법의 극대화 등의 제한된 용도로 이용되었던 컴퓨터는 오늘날 설계 영역에서 점차 널리 사용되고 있다. 컴퓨터는 메모리 비용이 절감되고, 수치 처리가 신속해 지며 물리적인 크기도 작아지는 등 보다 강력해지고 사용에 필요한 비용은 감소하고 있다. 따라서, 설계자들은 컴퓨터를 정보 저장 장치

및 인간의 능력을 극대화 하여 설계 능력을 증가시키는 도구로서 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같은 추세는 설계 지식의 체계화 및 일반화를 통해 더욱 가속화될 수 있다. 설계 조사의 궁극적인 결과물은 아마도 컴퓨터가 제품을 설계하는 설계 도구의 일환으로 활용되도록 인식을 전환하는 것이 될 것이다.

설계 분야의 초기 설계란 단지 경험에 의해 습득된다는 비난 섞인 지적을 받았지만, 최근에는 창조력과 설계 지식의 경험적 요소를 개선해 주는 시스템적 · 과학적 도구라는 지지를 얻으며 지적 르네상스를 경험하고 있다. 이러한 지적 르네상스는 훌륭한 설계 결정이 단순히 즉흥적으로 나타나는 것이 아니라 설계 처리 과정을 향상시키기 위해 일반화된 개념인 시스템적 근거에 기초한 결과이기 때문에 가능한 현상이다. 공리설계는 엔지니어링, 관리 및 다른 지적 사업 진행에 도움을 줄 수 있다.

(다) 과학 및 기술 개발에서의 공리(Axioms)의 역할

역사적 사실에 따르면 그리스인들은 공리(axioms)의 개념을 처음으로 사용했던 것으로 알려졌다. 또 공리가 사용된 인류 역사상 가장 오래된 예는 거리를 측정하기 위해 창안되었던 유클리드 기하학일 것이다. 이 같은 공리는 제조업, 항법을 포함한 대부분의 과학과 기술 분야에서 쓰이는 현대적인 수학의 기초를 확립하는데 큰 영향을 미쳤다. 공리는 특정한 반증이나 예외가 없는 것으로 어딘가에서 유도될 수 없는 진리라고 볼 수 있으며, 이러한 이유에서 기타 많은 과학 및 기술 분야의 발전 과정은 공리의 발전과 존재 자체에 영향을 받게 된다. 대부분의 과학 및 기술 분야에서는 경험에 기초한 사례에서부터 공리에 기반을 두는 과학적인 이론과 방법론까지 적절한 전환 과정을 거쳐 이를 이용해 왔다. 이런 점에서, 공리설계는 과학 및 기술 분야에서 역사적인 흐름을 따라왔다고 볼 수 있다. 공리는 물리, 화학, 생물과 같은 자연과학의 발전에 있어 커다란 역할을 수행해 왔다. 이러한 분야는 에너지, 물질, 생물 등의 변환 과정과 상호작용을 다루고 있다. 각각의 분야에서 공리에 기반을 둔 예측이 양적이고 객관적으로 측정이 기능한 자연 현상들과 비교될 수 있기 때문에 공리가 보다 쉽게 허용되는 것이다.

열역학 제1, 2법칙과 같은 에너지 보존 법칙이 바로 공리의 대표 사례이다. 에너지가 보존된다는 열역학 제1법칙은 이 법칙에 기초하여 어떠한 관찰이나 측정 상의 오류가 없기 때문에 진리라고 통용된다. 이는 다양한 상황이나 물질에 관해서도 통용되는 에너지의 일반적인 개념을 정의해 준다. 이와 유사하게 열역학 제2법칙도 다른

식에서 유도된 것이 아니다. 이는 두 개의 다른 본체에서 열이 교환되지 않는 하나의 엔진에 의해 진행되는 일은 없다는 흔히 관찰되는 사실을 일반화한 것이다. 이 또한 다른 반증이나 예외가 없는 일반적인 진리라고 통용되는 공리의 사례이다. 이에 반해 열역학 제2법칙에 따르면, 엔트로피(entropy)의 개념은 유도된 것이라 볼 수 있다. 예를 들어 아무도 영구운동기관을 고안해내지 못했으며, 이를 비롯해 지금까지 열역학 제2법칙을 반증하려는 어떠한 시도도 성공하지 못했다. 열역학의 과학적 분야는 보다 나은 증기기관을 개발하기 위한 많은 사람들의 연구로부터 시작되었다. 열역학 분야가 분리되기 전까지 사람들은 보통 증기기관은 너무 복잡해서 설명하기 어렵다거나, 경험이 풍부하거나 영리한 설계자가 시행착오를 통해서만이 개발할 수 있는 것이라고 얘기하곤 했다. 실제로 바로 이러한 이유에서 탄광의 물을 빼내기 위해 1705년 발명된 뉴코먼 증기기관은 제임스 와트)가 이 증기기관의 불충분한 점을 발견하고 1769년 독자적인 증기기관을 발명할 때까지 무려 64년 동안 사용됐던 것이다. 훗날, 와트의 증기기관 발명은 마침내 산업혁명을 일으키게 된다. 열역학 공리는 제임스 와트를 돕기에 충분하지는 않았지만, 이 기술 개발은 열역학을 과학의 한 분야로 발전시키는데 충분한 기동력이 되었다.

또 심지어 물리량 보존 법칙도 일종의 공리이다. 비록 대부분의 엔지니어링 측정법이 측정 과정에서 광자, 전자 및 이온의 변화에 의해 일어나는 부피의 변화까지 모두 개량화 할 수는 없지만, 모든 측정방법이 이 보존 법칙을 지지해주고 있는 것이다. 아이작 뉴튼이 23세에서 25세가 될 때까지 불과 18개월 동안의 연구 결과는 전 세계의 과학과 기술 판도를 바꿔놓았다. 그는 미적분을 개발했고, 색채의 본성을 연구했으며, 기계학을 위한 공리에 기반한 궤도 안에서 달을 잡아 당기는 중력을 계산해 냈다. 이 같은 뉴튼식 기계학은 현재 과학 및 엔지니어링의 기초가 됐다. 뉴튼은 세가지 법칙과 공리를 공식화했다. 제 1 법칙은 외부에서 물체에 가해지는 힘이 없는 상태에서 원래 속도는 그대로 유지된다는 것이며, 제 2 법칙은 물체의 질량과 가속도의 곱이 물체에 적용되는 힘과 동일하다는 것이다. 제 3 법칙은 하나의 물체에서 다른 물체로 적용되는 힘은 두 번째 물체로 가해지는 힘과 항상 동일하며 방향은 반대라는 것이다. 이 같은 사실은 모두 공리이다.

이러한 법칙과 공리를 사용해서, 뉴튼은 태양 주위를 도는 행성의 움직임에 위와 같은 세 가지 법칙을 적용했다. 실제로, 그는 티코 브라헤의 법칙과 동일하게 케플러가 자신만의 독자적인 방식으로 행성의 움직임을 측정해 정립한 행성의 움직임에 관

한 케플러의 제 3 법칙을 예측하기 위해 세 가지 공리 모두를 필요로 했다. 그 측정법들은 행성의 방사상 가속도 값을 주었고, 뉴튼은 이를 통해 태양과 기타 행성 사이에 작용하는 구심력을 결정할 수 있었다. 그의 세 번째 법칙은 태양과 행성 사이에 동일한 힘이 반대 방향으로 적용된다는 사실을 의미한다. 뉴튼은 그의 세 가지 법칙을 통해 케플러의 행성 운동에 관한 세 가지 법칙을 증명했고, 이 를 통해 두 물질 사이의 중력을 규정할 수 있었다. 뉴튼의 세 가지 법칙은 사람들이 관찰했던 자연 현상과 물리적 측정에 의해 증명되므로 널리 통용되고 있다 뉴튼이 두 물질 사이의 중력과 행성 운동에 관한 법칙을 통해 케플러의 법칙을 설명하기 전에는, 행성의 운동이나 다른 명제에 관한 사항은 미스터리로 남아 있었다.

우리는 물론 뉴튼의 법칙을 어딘가에서 유도해 내거나, 그에 대한 예외 또는 반증을 제시할 수 없다. 다시 말해서, 뉴튼의 법칙은 논리적으로 증명되거나 유도된 것이 아니며 아인슈타인의 상대성 이론이 정립될 때까지 어떠한 예외나 반증도 없었기 때문에 공리이다. 현재는 아인슈타인의 이론 정립 이후 뉴튼의 법칙은 상대론적 효과가 작을 때에만 유효하다는 명제가 생겼다. 아인슈타인의 상대성 이론도 상대론적 효과가 중요할 때 뉴튼의 법칙이 가지고 있는 불충분한 점을 극복해 주는 공리이다. 아인슈타인의 상대성 이론은 또한 빛의 속도가 좌표에 의존하지 않는다는 공리에 기반을 두고 있다. 물론 자연과학은 공리에만 기반을 두고 구축된 학문은 아니다. 오히려 이것은 맥스웰 방정식, 보일의 법칙 및 스테판-볼츠만 방정식과 같이 보통 실험적 관찰과 측정에 기반을 두는 자연법칙 위에 구축되었다고 볼 수 있다. 자연과학은 또한 DNA의 발견이나 주기적인 자연 요소와 같이 발견에 의해 구축되는 것으로도 설명할 수 있다. 이 모든 법칙, 발견 및 공리는 과학, 엔지니어링과 기술 분야의 토대를 제공해 온 것이다.

과학적 발견이 다양한 기술의 발전을 이끌었다는 것은 잘 알려진 사실이다. 현대 생명공학 혁명은 크릭과 왓슨에 의해 규정된 DNA 구조의 발견에서 비롯되었다. 그러나 기술이 때때로 앞장서서 과학 분야의 설립을 이끌었다는 전환명제도 또한 사실이다. 열역학과 정보이론은 텔레커뮤니케이션 기술을 시스템화하기 위한 시도를 통해 창조되었다는 점에서 이에 대해 좋은 사례가 될 수 있다. 정보 이론은 많은 과학 관련 분야에서 적용사례를 발견해 내고 있다. 공리설계는 이와 유사하게 설계 기술이 설계과학을 어떻게 이끌었는지에 관한 사례이다.

(라) 공리적 접근법과 알고리즘에 의합 접근법

무엇인가를 설계하기 위해서는 공리적 접근법과 알고리즘에 의한 접근법이라는 크게 2가지 방법을 사용할 수 있다. 실제로 지식 개발은 공리로부터 알고리즘으로 진행되어야함에도 불구하고, 최근에는 많은 알고리즘이 기본 원리를 고려하지 않고 당면 문제에 대해서만 임시방편적으로 제시되고 있다.

순수한 알고리즘 설계에서는 우리가 설계 프로세스를 식별하거나 명하여 결국에는 프로세스가 설계 목표를 만족시키는 설계의 구현으로 이르게 될 것이다. 일반적으로, 알고리즘 접근은 설계 분야를 개선시키는 가장 좋은 방법은 최선의 설계 사례를 따름으로써 설계 프로세스를 이해하는 것이라는 생각을 기초로 이루어졌다. 알고리즘 설계는 구체적인 상황에 대해서는 임시방편적이다. 예를 들어, 조립을 위한 설계(DFA)와 제조를 위한 설계(DFM) 기법은 모두 알고리즘 방법이다. 모든 상황에서, 특별히 최상위 수준의 개념 수준에서 설계 알고리즘을 생각해내는 것은 어려운 일이고, 그리 바람직한 일이 아닐 것이다. 알고리즘은 일반적으로 상세 설계 즉, 조립을 위한 설계 수준에서는 그것들에 대한 관리가 가능하기 때문에 유용하다. 알고리즘 방법은 다음의 여러 종류로 나뉘어 질 수 있다.

- 패턴 인식
- 연상 기억
- 유사/유추
- 경험에 기초한 규칙
- 외삽/삽임
- 확률에 기초한 선정

이러한 기법의 일부는 설계가 단 하나의 기능 요구사항을 만족시켜야 한다면 매우 효과적일 수 있지만, 많은 기능 요구사항이 동시에 만족돼야할 때는 그리 효과적이지 않을 수 있다. 공리(axiom)는 일반적인 원리를 제공함은 물론 이러한 알고리즘이 유효한지의 경계를 제시한다.

어떤 주제에 대한 공리적(axiomatic) 접근은 조사되는 시스템의 기초적인 작동을 관리하는 일반화가 가능한 원리가 있다는 다른 전제로부터 시작한다. 공리적(axiomatic) 접근은 만족스러운 설계와 프로세스의 추상적인 개념에 기초한다. 앞서 설명한 대로, 공리(axiom)는 파생되거나 사실이 입증되어 질 수 없는 일반적인 원리이거나 스스로 입증하는 사실이지만, 그 공리(axiom)에는 반대되는 사례나 예외는

있을 수 없다. 공리(axiom)는 힘, 에너지 그리고 뉴턴(Newton)의 법칙과 열역학 법칙의 결과인 엔트로피와 같은 새로운 추상적인 개념을 만들어 낸다.

설계에 대한 공리적(axiomatic) 접근은 강력하고 추론(corollaries)이나 정리(theorems)가 파생될 수 있는 공리(axiom)의 일반화 가능성으로 인해 수많은 세분화된 영역을 갖게 될 것이다. 이러한 정리와 추론은 그것들이 공리에 기초하고 있기 때문에, 정확하게 그것들이 유효할 수 있는 한계를 규정하는 설계 규칙으로 사용될 수 있다. 설계 공리(axiom)는 많은 다른 종류의 문제와 사항에 적용된다.

많은 학문 분야에서 어떤 일이 수행되는 프로세스와 기초가 되는 원리들을 일반화할 수 있는 추상적 개념은 모두 똑같이 중요하다. 예를 들어, 우리가 아이들에게 숫자를 가르칠 때, 우리는 우리의 손가락을 세면서 - 예를 들어, 엄지손가락에서부터 새끼손가락까지 세면서 가르친다. 이것은 숫자를 세는 프로세스를 가르치기 위해 행해지고, 알고리즘적인 특성을 가진다. 하지만, 우리가 엄지손가락에서 시작해 새끼손가락에서 끝나는 숫자를 세는 프로세스를 계속한다면, 아이들은 엄지손가락은 "1"로 새끼손가락은 "5"로 불리게 된다고 생각할 지도 모른다. 그러므로 우리는 발가락이나 다른 물체를 사용하고, 숫자를 세는 프로세스의 추상적인 개념을 통해서 숫자를 가르치게 된다. 설계에서는 우리도 역시 그 두 가지를 필요로 한다. 우리는 프로세스와 추상화된 개념 그리고 무엇이 좋은 설계이고 좋은 설계는 어떻게 개발해야 하는지에 대해 모두 가르쳐야 한다.

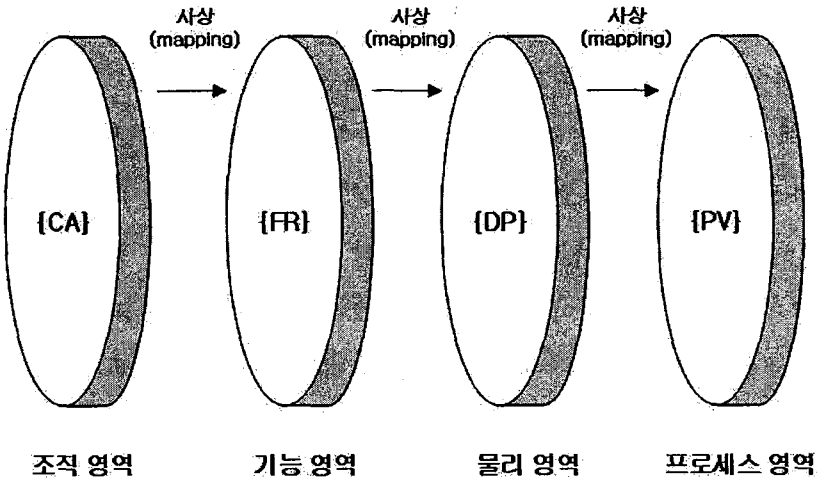
(마) 공리 설계 기본 구조

① 영역의 개념

설계 분야는 4개의 영역으로 구성된다. 설계는 "우리가 달성하고자 하는 것"과 "우리는 요구(즉, 그 무엇)를 만족시키는 것을 선택하는 방법"사이의 상호작용을 포함한다. 이 상호작용에 관련된 사고(思考) 프로세스를 체계적으로 만들기 위해, 4개의 다른 종류의 설계 활동 사이의 경계를 만드는 영역의 개념이 공리 설계의 중요한 기반을 제공한다.

설계는 고객 영역, 기능 영역, 물리적 영역 그리고 프로세스 영역의 4개의 영역으로 구성된다. 영역 구조는 <그림 3-4-8> 에 도식적으로 설명되어 있다. 오른쪽에 있는 영역은 설계 방안인 "왼쪽 영역에서 정해진 요구사항을 만족시키는 것을 제안하는 방법"을 나타내는 반면에, 오른쪽의 영역에 대해서 상대적으로 왼쪽에 있는 영역

은 "우리가 달성하고자 하는 것"을 나타낸다.



<그림 3-4-8> 설계 영역의 구조

고객 영역은 고객이 제품, 프로세스, 시스템 혹은 소재에서 찾는 요구(혹은 속성)에 의해서 특징지어진다. 기능적인 영역에서는 고객의 요구는 기능 요구사항(FRs)과 제약사항(Cs)의 형식으로 지정된다. 지정된 FRs를 만족시키기 위해서는 우리는 물리적 영역에서의 설계 변수(DPs)를 고려한다. 마지막으로, DPs의 형식으로 지정된 제품을 생산해내기 위해서는 우리는 프로세스 영역에서의 프로세스 변수(PVs)에 의해 특징지어지는 프로세스를 개발한다.

예를 들어, 반도체 산업에서의 고객들은 실리콘 웨이퍼를 감광성 수지로 칠하기를 것을 원한다. 고객의 요구에 대한 평가는 고객 영역에서 수행된다. 이 요구에 기초해서 장비 회사의 엔지니어는 두께와 균일성의 관점에서 FRs(기능요구사항)를 또한 오염 입자, 생산율과 비용의 허용가능한 수준의 관점에서 Cs(제약사항)를 수립할 것이다. 물론, 엔지니어는 프로세스 동안에 고객들로부터 입력사항을 찾아내야 한다. FRs의 형식은 기능 영역에서 수행된다. 실험 데이터와 과거의 경험에 기초해 장비 설계자는 설계 방안을 고안해내고 물리적 영역에서 중요한 DPs를 식별해야 한다. 설계자는 디스크에 감광성 수지를 뿌림으로써 표면을 감광성 수지로 입히는 것을 선택하고, (예를 들어, 하나의 DP는 분무기가 될 것이다.) 그 다음에 원심력을 이용해 고속에서 디스크를 회전시킴으로써 두께를 조절할 것이다. (다른 하나의 DP는 회전기가 될 것이다.) 다음에 프로세스 영역에서의 제조 엔지니어는 DPs를 규정할 수 있는 감

광성 수지의 운반, 회전 속도, 온도 등을 제어하는 수단과 같이 PVs를 지정하면서, 장비를 제작하는 방법을 고안해 낼 수 있다.

기계 엔지니어링에서 우리는 제품 설계와 주로 하드웨어 설계의 관점에서 설계를 생각한다. 하지만, 엔지니어는 또한 소프트웨어, 제조 프로세스, 시스템 그리고 조직과 같이 기타의 동등하고 중요한 설계도 다룬다. 모든 설계자는 일부 사람들은 그들의 설계가 독특하고 모든 사람들과의 설계와는 다르다고 믿는다 하더라도 그들이 노력하는 구체적인 목표와는 무관하게 유사한 사고(思考) 프로세스를 거친다.

재료 과학에서는 설계 목표는 특정한 성질(즉, FRs)을 가진 재료를 개발해내는 것이다. 이것은 이러한 FR을 만족시키기 위해 미세구조의 설계(DPs)를 통해서 그리고 원하는 미세구조를 만들어내기 위해 재료 프로세스 방법(즉, PVs)의 개발을 통해서 이루어진다. 기업에서는 사업 목표{FRs}가 수립된 후에, 다음 업무는 사업 목표를 만족시키기 위해 기업 구조, 조직과 전략{DPs}를 설계하고 직원이나 기업을 운영하기 위해 인적 재정적인 자원{PVs}을 찾는 것이다. 이와 비슷하게, 대학은 그 단체의 사명을 정의하고(즉, FRs), 효율적인 교육 및 연구 계획을 갖기 위해 조직을 설계하고 (즉, DPs) 인적 및 재정적인 자원에 관한 사항을 관리해야 한다. (즉, PVs) 미국 정부의 경우에는 대통령은 FRs의 적절한 조합을 정의하고, 그러한 FRs를 달성하기 위해 정부 조직과 프로그램을 설계하고, (DPs) 그 일을 제대로 처리하기 위해서 헌법과 의회의 승인이 필요한 자원을 확보해야 한다. (PVs) 모든 조직의 설계에서는 프로세스 영역은 인적 그리고 재정적인 자원을 나타낸다.

외견상으로 유사하게 보이는 서로 다른 분야에서의 설계 업무가 4개의 설계 영역의 관점에서 어떻게 설명될 수 있는지를 보여준다. 제품 설계의 경우에는 고객 영역은 고객들이 제품에서 찾고 있는 요구나 속성을 구성된다. 기능 영역은 FRs로 구성되고 종종 엔지니어링 세부사항과 제약사항으로써 정의된다. 물리적 영역은 주요 DPs(설계 변수)가 FRs를 만족시키기 위해 선정되는 영역이다. 마지막으로, 프로세스 영역은 DPs를 만들어낼 수 있는 제조 PVs를 지정한다.

모든 설계는 이 4가지의 영역에 들어맞는다. 그러므로 모든 설계 활동은, 그것들이 제품설계이든 소프트웨어 설계이든 간에, 동일한 원리로 일반화될 수 있다. 설계의 이러한 논리적은 구조로 인해, 일반화된 설계 원리는 모든 설계에 적용될 수 있고 우리는 4가지 영역에서 발생하는 모든 설계 사항들을 체계적으로. 필요시에는, 동시에 고려할 수 있다.

② 정 의

공리(axiom)들은 그 주요 용어들에 대한 정의들에 의해 설정된 범위 내에서만 유효하기 때문에, 몇 몇 주요 용어에 대한 정의를 제시하는 것이 중요하다. 열(heat)과 일의 양(work)이라는 단어가 열역학에서는 독특한 의미를 가지고 일상적으로 사용되는 의미와는 다른 것처럼, 공리(axiomatic) 설계에서 사용되는 주요 용어들도 바로 그런 경우이다. 정의는 다음과 같다.

공리(Axiom) : 반대되는 사례나 예외가 없는 스스로 입증하는 사실 혹은 기본적인 사실. 공리(axiom)는 다른 법칙이나 자연 원리로부터 파생될 수 없다.

추론(Corollary) : 입증된 공리(axiom)나 다른 명제(proposition)에 따라오는 공리(axiom)나 명제(proposition)로부터 파생되는 추론

정리(Theorem) : 스스로 증명되지는 않지만, 일반적으로 인정된 전제(premise)나 공리(axiom)로부터 증명될 수 있어 범칙이나 원리로 확립될 수 있는 명제

기능 요구사항 (Functional Requirement, FR) : 기능 요구사항은 기능적 영역에서 제품(이나 소프트웨어, 조직, 시스템 등)의 기능적인 필요성을 완벽하게 설명하는 독립적인 요구사항의 최소한의 조합이다. 정의에 따르면, 각 FR은 FRs이 설정되는 순간에는 다른 FR과는 서로 독립적이다.

제약사항 (Constraint, C) : 제약사항은 수용될 수 있는 해결 방안과 관련이 있다. 제약사항은 입력 제약사항과 시스템 제약사항의 두 가지의 종류의 제약사항이 있으며, 입력 제약사항은 설계 세부사항의 일부로써 부과된다. 시스템 제약사항은 설계 방안이 반드시 작용할 수 있는 시스템에 의해 부과된다.

설계 변수 (Design Parameter, DP) : 설계 변수는 지정된 FR을 만족시키는 설계를 특징짓는 주요 물리적인 변수(혹은 소프트웨어 설계 등의 경우에 다른 동급의 용어)이다.

프로세스 변수 (Process Variable, PV) : 프로세스 변수는 지정된 DPs를 만들어낼 수 있는 프로세스를 특징짓는 프로세스 영역에서의 주요 변수(혹은 소프트웨어 설계 등의 경우의 동급의 용어)이다.

나열된 대부분의 주요 용어는 독립 공리(axiom)와 관련되고 다음에서 논의된다. 정보 공리(axiom)와 관련된 주요 용어에 대한 추가적인 정의는 다음 항에서 제시될 것이다.

③ 고객의 요구와 기능적인 요구사항의 맵핑

제품에서 바라는 고객의 요구 및 속성(CAs)은 때때로 정의하기 어렵고 모호하게 정의된다. 그럼에도 불구하고, 그것들을 정의하기 위해 고객들과 협력함으로써 고객의 요구를 이해하기 위해 최선을 다해야 한다. 그 규칙은 적절한 시간에 적절한 고객에 대해 적절한 질문을 하는 것이다.

고객의 요구에 순위를 매기는 공식적인 방법에는 여러 가지가 있다. 고객의 요구 및 속성(CAs)을 결정하기 위한 품질 기능 전개(QFD)라고 불리는 공식적인 방법은 후지 제록스(Fuji Xerox)에서 개발되었고, 클라우징에 의해 미국에 도입되었다. 도요타는 고객의 요구를 식별하고 우선적으로 해결하며 고객의 요구와 엔지니어링 특징과 연계시키고, 그것들을 경쟁자들의 제품에 대해 벤치마킹하고 중요한 엔지니어링 특성을 설정하고 중요한 개선 영역을 선정하기 위해 고객 요구사항 정의 도구(House of Quality)를 생각해 냈다. 푸(Pugh) 매트릭스, 분석적 계층 프로세스(AHP), 다구치 손실 기능, 그리고 제품 속성의 가중치 합(weighted sum)과 같은 다른 기법들도 있다. 이러한 방법론은 기존의 제품을 개선시키는데 가장 유용하지만, 혁신적인 제품을 개발해내는 데는 그리 효과적이지는 않다. 해결 방안이 중립적인 환경에서는 FRs이 반드시 정의돼야 한다는 것을 기억하는 것이 최선이 될 것이다.

FRs을 결정하는데 고객의 입력 사항의 중요성에도 불구하고, FRs을 고객들에게 항상 선호 사항을 직접적으로 물어서 결정할 수는 없다. 애로우(Arrow)의 불가능성 정리는 일반적으로 한 그룹 내에서 개인에 의해 나타나는 선호는 그룹 전체의 선호를 결정하는데 아무런 의미가 없다고 설명한다.

우리가 일단 인지된 고객의 요구(혹은 고객들이 제품에서 찾는 속성)를 식별하고 정의하게 되면, 이러한 요구들은 FRs로 변환된다. 이것은 해결책에 중립적인 환경 내에서 이루어져야 한다. 이는 FRs는 이전에 설계되었던 것이나 설계 방안이 이런 식이 돼야 한다는 것을 고려하지 않고 정의되어야 한다는 것을 의미한다. FRs이 기존의 설계에 기초해 정의된다면, 우리는 그 제품의 FRs을 단순히 나열하게 될 것이고, 개인적인 편견을 적용되어 설계 노력의 결과는 창의적인 생각을 방해함으로서 기존의 제품과 유사하게 될 것이다.

고객의 요구를 FR로 변환할 때는 고객이 보통 범위를 지정하지 않는다 하더라도, 설계 용도의 범위가 반드시 고려돼야 한다. FRs은 설계의 요구사항으로써 기능저하가 있기 전에 기대되는 환경 변화, 고객의 용도 변화와 목표로 정한 유용 수명에 따

라서 설명되어야 한다. 그러한 잡음 변수가 설계의 요구사항으로써 나타난다면, 그 잡음을 다루기 위한 장치 및 조정은 설계의 필수적인 성질이 될 것이다. 이처럼 설계는 원래부터 그러한 변화의 원인에 대해서 저항력이 있고 최적화 프로세스는 상당히 단순하게 될 것이다.

일반 기업들은 종종 제품 세부사항 문서로써 마케팅 세부 요구사항 (MRS)이라는 용어를 사용한다. MRS 문서는 마케팅 직원들에 의해서 주요 입력사항이 제공되기 때문에, 일반적으로 상당히 분량이 많다. 일반적으로 문서는 CAs(Customer Attribute; 고객 속성), FRs, Cs, DPs 그리고 PVs의 무작위 조합이다. 마케팅 그룹이 DPs와 PVs를 열거하면, 그것들은 설계 선택 사항들을 제약하고 설계자는 혁신적인 설계 방안을 고안해내기 위한 자유재량을 잃게 되어, 설계 프로세스는 더욱 복잡해진다. 마케팅 입력사항은 CAs, FRs 그리고 Cs를 설정하는데 가장 유용하지만, 그것들에 대한 DPs와 PVs의 처방은 창의적인 설계 프로세스를 제약할 수 있다.

예를 들어 기능적인 영역에서 물리적인 영역으로 가는 맵핑 프로세스 동안에, 우리는 독립 공리(axiom)를 사용하여 올바른 설계 결정을 내려야 한다. 독립 공리(axiom)를 만족시키는 몇 개의 설계를 이용할 수 있을 때, 정보 공리(axiom)가 최선의 설계를 고르기 위해 사용될 수 있다. 단 하나의 FR가 하나의 수용 가능한 DP를 가짐으로써 만족될 때, 독립 공리(axiom)는 항상 만족되고 정보 공리(axiom)는 하나의 FR을 가진 설계가 반드시 만족시켜야 할 단 하나의 공리(axiom)이다.

설계에 대한 공리(axiomatic) 접근법의 기본 가정은 설계 프로세스를 관할하는 기본적인 공리(axiom)가 있다는 것이다. 두 개의 공리(axiom)가 좋은 설계에 항상 존재하는 공통적인 요소를 조사함으로써 식별되었다. 그것들은 또한 극적인 개선으로 이어지는 설계 단계 동안에 취해지는 조치들을 조사함으로써 식별되었다.

첫 번째 공리(axiom)는 독립 공리(axiom)로 불린다. 그것은 FRs는 설계 목표를 특징짓는 독립적인 요구사항의 최소한의 조합으로 정의되는 반면에, 기능 요구사항 (FRs)의 독립성은 반드시 유지돼야 한다는 것을 설명한다.

두 번째의 공리(axiom)는 정보 공리(axiom)이라고 불리고 이것은 독립 공리(axiom)를 만족시키는 설계 중에서 최소한의 정보 내용을 가지는 설계가 최선의 설계라고 설명한다. 설계를 작동시키기 위해서 정보 내용이 유한할 때, 정보는 반드시 - 설계 결과물의 사용자나 다른 수단에 의해서 - 제공되어야 한다. 정보 내용은 확률의 형식으로 정의되기 때문에, 두 번째의 공리(axiom)는 또한 성공 가능성이 가장

높은 설계가 최선의 설계라고 설명한다. 이러한 설계 공리(axiom)에 기초에 우리는 정리(theorem)와 추론(corollary)을 도출해낼 수 있다. 그 공리들은 다음과 같이 공식적으로 설명된다.

공리 1 독립 공리 : 기능 요구사항(FRs)의 독립성을 유지한다.

공리 2 정보 공리 : 설계 정보의 내용을 최소화한다.

제품, 프로세스, 소프트웨어와 조직의 성능, 내구성, 신뢰성과 기능성은 이러한 공리(axiom)들이 만족될 때, 상당히 개선되었다. 그와 반대로, 제대로 작동하지 않은 기계와 프로세스는 기능장애 혹은 오작동의 원인을 결정하고 설계 공리에 기초한 문제들을 해결하기 위해 분석될 수 있다.

④ 첫 번째 공리(axiom) : 독립 공리(axiom)

앞서 설명한 대로, FRs(기능요구사항)는 설계가 반드시 만족시켜야 할 독립적인 요구사항들의 최소한의 조합으로써 정의된다. 일련의 FRs는 설계 목표에 대한 설명이다. 독립 공리(axiom)는 두개 이상의 FRs이 있을 때, 설계 방안은 각 FRs중의 하나가 다른 FRs에 영향을 주지 않고 반드시 만족될 수 있어야 한다고 설명한다. 이것은 우리는 반드시 FRs를 만족시키고 그들의 독립성을 유지시킬 수 있도록 DPs(Design Parameters, 설계 변수)의 정확한 조합을 선정해야 한다는 것을 의미한다.

독립 공리(axiom)는 종종 잘못 이해되기도 한다. 많은 사람들은 기능적 독립성과 물리적 독립성을 혼동한다. 독립 공리(axiom)는 설계의 물리적인 부분들이 아니고, 기능들이 서로 독립적일 것을 요구한다. 두 번째의 공리(axiom)는 기능적인 독립성이 유지될 수 있다면, 정보의 내용을 줄이기 위해서는 물리적인 통합이 바람직하다고 제안한다.

FRs를 정의한 후에, 우리는 반드시 방안을 개념화해야 한다. 설계 프로세스 중에 언제 그리고 어떻게 개념화가 진행되는가? FRs이 설정된 후에, 설계 프로세스의 다음 단계는 개념화 프로세스이고 기능적인 영역에서 물리적인 영역으로의 맵핑(mapping) 프로세스 동안에 일어난다.

"무엇(what)"에서 "어떻게(how)"(기능적인 영역에서 물리적인 영역으로) 가기 위해서는 맵핑(mapping)이 필요하고 이것을 위해서는 창의적인 개념화과정이 수반된다. 전체 설계 개념이 맵핑(mapping)을 통해서 나오게 된 후에 우리는 반드시

DPs(Design Parameters, 설계 변수)를 식별하고 맵핑(mapping) 프로세스를 완료해야 한다. 그 프로세스 동안에 우리는 타당하다고 생각되는 DPs를 식별함으로써 각 FRs(Functional Requirements, 기능 요구사항)를 달성하기 위한 모든 다양한 방법들을 고려해야 한다. 때로는 특정 FRs를 만족시키기 위해 설계가 완료될 때까지 프로세스를 계속 반복하면서 구체적인 DP를 생각해보는 것이 유용할 수 있다. 브레인스토밍 및 형태학적인 기법 등을 통한 모든 종류의 데이터베이스, 다른 사례들로부터의 유추, 추정(extrapolation)과 삽입(interpolation), 자연 법칙, 대규모 분석과 분해공학(reverse engineering, 기존의 제품을 정밀하게 조사함으로써 다른 사람의 좋은 아이디어를 모방하는 것) 등이 사용될 수 있다. 주어진 FR(기능 요구사항)에 대한 DPs(설계 변수)를 식별하는 것이 상대적으로 수월하지만, 우리가 만족시켜야 할 많은 FRs이 있을 때는 설계 업무가 까다로워지고 많은 설계자들은 독립 공리(Axiom)를 어기는 실수를 범하게 된다.

영역간의 맵핑 프로세스는 설계 목표와 설계 방안을 정의하는 특유의 벡터(vector)의 형식으로 수학적으로 표현될 수 있다. 설계 계층의 일정 수준에서 특정 설계 목표를 정의하는 기능 요구사항의 조합은 기능 기능영역에서의 FR 벡터(vector)를 구성한다. 이와 비슷하게, FRs을 만족사키기 위해 선정된 물리적 영역에서의 설계 변수 조합은 DP(설계 변수) 벡터를 구성한다. 이 두 벡터사이의 관계는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\{FR\} = \{A\}\{DP\} \qquad (3\text{-}4\text{-}1)$$

여기에서는 [A]가 제품 설계를 특징짓는 설계 매트릭스로 불린다. 등식 (3-4-1)은 제품 설계에 대한 설계 등식이다. 설계 매트릭스는 세 가지의 FRs과 세가지의 DPs를 갖는 설계에 대해 다음의 형식을 취한다.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11}A_{12}A_{13} \\ A_{21}A_{22}A_{23} \\ A_{31}A_{32}A_{33} \end{bmatrix} \qquad (3\text{-}4\text{-}2)$$

등식 (3-4-1)은 다음과 같은 다른 형식으로 쓰인다.

$$\{dFR\} = [A]dDP \tag{3-4-3}$$

여기서 설계 매트릭스의 요소는 다음과 같이 주어진다.

$$A_{ij} = \partial FR_i / \partial DP_j \tag{3-4-4}$$

세 가지의 FRs과 세 가지의 DPs을 통해, 등식 (3-4-1)은 다음과 같은 요소의 형식으로 쓰일 수 있다.

$$FR_i = \sum_{j=1}^{3} A_{ij} DP_j \tag{3-4-5}$$

혹은

$$\begin{aligned} FR_1 &= A_{11}DP_1 + A_{12}DP_2 + A_{13}DP3 \\ FR_2 &= A_{21}DP_1 + A_{22}DP_2 + A_{23}DP3 \\ FR_3 &= A_{31}DP_1 + A_{32}DP_2 + A_{33}DP3 \end{aligned} \tag{3-4-6}$$

일반적으로는

$$FR_i = \sum_{i=1}^{n} A_{ij} DP_j \tag{3-4-7}$$

선형(linear) 설계에 대해서, Aij는 불변의 수이고, 비선형 설계에서는 Aij는 DPs의 기능들이다. 설계 매트릭스에는 두 가지의 특별한 경우가 으며, 대각선 매트릭스와 삼각형 매트릭스이다. 대각선 매트릭스에서는 i = j 인 경우를 제외하고는, 모든 Aij = 0이다.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix} \tag{3-4-8}$$

하위 삼각형(LT) 매트릭스에서는 모든 상위의 삼각형 매트릭스 요소는 아래와 같이 0 이다.

$$[A]=\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \qquad (3\text{-}4\text{-}9)$$

상위 삼각형(UT) 매트릭스에서도 모든 하위 삼각형 요소들은 0 이다.

물리적 영역의 DP(설계 변수) 벡터로부터 프로세스 영역의 PV(Process Variables, 프로세스 변수) 벡터로의 맵핑을 포함하는 프로세스의 설계에 대해서는 설계 등식은 다음과 같이 쓰일 수 있다.

$$\{DP\}=[B]\{PV\} \qquad (3\text{-}4\text{-}10)$$

여기에서는 [B]는 프로세스 설계의 특성을 정의하고 그 형식에서 [A]와 유사한 설계 매트릭스이다.

독립 공리(Axiom)를 만족시키기 위해서는 설계 매트릭스는 반드시 대각선이거나 삼각형의 형식이어야 한다. 설계 매트릭스 [A]가 대각선 모양이 될 때, 각 FRs는 하나의 DP에 의해 독립적으로 만족될 수 있다. 그러한 설계는 연계되지 않은(uncoupled) 설계라고 부른다. 매트릭스가 삼각형의 모양일 때, FRs의 독립성은 DPs가 적합한 순서에 의해 결정될 때에만 보장될 수 있다. 그러한 설계는 연결이 해제된(decoupled) 설계라고 한다. 다른 형식의 설계 매트릭스는 완전(full) 매트릭스라고 부르고 연계된(coupled) 설계가 된다. 그러므로 몇 개의 FRs가 반드시 만족돼야 할 때, 우리는 반드시 대각선이나 삼각형의 설계 매트릭스를 만들 수 있는 설계를 개발해야 한다.

설계 매트릭스 [A]와 [B]의 요소는 불변의 것이거나 기능이 될 수 있다. 매트릭스 요소가 불변의 것이라면, 설계는 선형이 된다. 요소들이 DPs의 기능이라면, 설계는 아마도 비선형일 것이다.

설계 매트릭스는 응력, 변형률, 관성 모멘트처럼 2차 텐서(tensor)이다. 하지만, 설계 매트릭스와 다른 2차 텐서 사이에는 커다란 차이가 있다. 다른 텐서들은 어떤 매트릭스를 대각선의 매트릭스로 바꾸는 동급의 변형을 통해서 바뀔 수 있다. 대각선 매트릭스의 대각선의 요소는 응력 텐서의 경우에 주요 응력과 같이 변하지 않는다.

하지만, 동급의 변형 기법은, 설계 매트릭스 [A]가 동급의 변형에 대해 수정할 수 없는 물리적인 것을 포함하지 않을 때, 일반적으로 불변의(즉, 대각선의) 매트릭스를 찾아내기 위해 설계 등식에 적용될 수 없다. 다른 말로 하면, 우리는 항상 어떠한 설계 매트릭스도 대각선의 매트릭스로 수학적으로 변형시킬 수 있지만, 대각선의 요소는 물리적으로 어떠한 중요성도 가지지 못할 것이다. 소프트웨어 설계와 조직 설계의 경우에는 동급의 변형이라는 개념은 뚜렷한 수학적인 근거는 가지지 않는다. 게다가, 매트릭스가 연계 설계를 만들어내는 완전 매트릭스일 때는, 우리는 FRs에 대해 정확한 값을 주는 유일한 방안을 얻을 수 있을 것이지만, 그러한 설계는 많은 문제를 발생시킨다. 예를 들어, FRs중의 하나가 변할 때, 모든 DPs(설계 변수)가 반드시 변해야 한다. 또한 DPs가 정확하지 않고 바람직한 값으로부터 벗어나게 되면, FRs은 만족될 수 없을 것이다. 대부분의 제조 프로세스는 정확하게 동일한 부품을 만들어 내지 못하기 때문에 시스템 혹은 제품은 개별적으로 조정될 것이다. 또한 설계 매트릭스의 모든 요소가 정확하게 지정되지 않은 상황에서는 FRs는 결정될 수 없다. 게다가 DPs중의 하나가 제품이나 프로세스 수명 주기 동안 변하면 기계는 모든 다른 DPs가 적절하게 변하지 않으면 폐기되어야 한다.

설계 목표는 종종 제약사항에 영향을 받게 된다. 제약 사항은 수용 가능한 설계 방안에 대한 한계를 제공하고 그것들은 독립적일 필요는 없다는 점에서 FRs과는 다르다. 제약사항에는 입력 제약사항과 시스템 제약사항의 두 가지 종류의 제약이 있다. 입력 제약사항은 전체 설계 목표에 대해 구체적이다. 즉 제안된 모든 설계는 입력 제약사항들을 만족시켜야 한다. 시스템 제약사항은 설계 의사결정의 결과이며, 주어진 설계에 대해 구체적이다.

설계자는 주로 설계 프로세스의 처음에 입력 제약사항들을 지정해야 한다. 설계된 제품 (혹은 프로세스, 시스템, 소프트웨어 혹은 조직)은 전압과 전력 공급시의 최대 전류 흐름과 같은 외부의 한계 조건을 만족시켜야 한다. 설계가 그 안에서 반드시 기능을 해야 하는 환경에는 많은 제약 사항이 따른다. 이러한 모든 제약사항은 설계의 구체적인 세부사항에 관계없이 모든 제안된 설계 구현으로 만족되어야 한다.

일부 제약사항은 설계가 진행될 때 결정된 설계로 인해 발생한다. 모든 상위 수준의 결정은 하위 수준에서는 제약 사항으로 작용한다. 예를 들어 자동차에 디젤 엔진을 사용하는 것으로 정해지면 이에 따르는 차량에 관계된 모든 결정은 이 결정과 서로 맞아야 한다. 이것이 시스템 제약사항이다.

또는 비용을 제약사항으로 취급하는 것도 좋은 방법이다. 비용은 모든 설계 변경에 영향을 받고, 그러므로 비용은 연계되지 않은 설계에서의 다른 FRs와는 독립적이 될 수 없을 것이다. 비용이 반드시 기능 요구사항이어야 한다고 결정이 내려지면 우리가 할 수 있는 최선의 방법은 연결이 해제된 설계를 개발하는 것이고 이것은 또한 독립적인 공리(axiom)를 만족시킨다. 제약사항으로써의 비용으로, 비용이 정해진 한계를 초과하지 않는 한에서 설계는 수용이 가능해진다. 제품의 제조비용과 판매 가격이 서로 관련성이 없다면, 가격은 FR로써 취급될 수 있다.

PVs, 프로세스 변수는 물론 FRs와 DPs는 우리가 완벽하게 세부적인 설계를 얻거나 설계가 완료될 때까지 계층으로 분해될 수 있어야 한다. 하지만, 분해에 대한 일반적인 통념과는 반대로, 그것들은 하나의 영역에 계속 남아있음으로 해서 분해될 수 없다. FRs, DPs와 PVs를 분해하가 위해서 우리들은 반드시 영역들 사이에서 지그재깅(zigzag)해야 한다. 이러한 지그재깅을 통해서 각 설계 영역에서의 FRs, DPs와 PVs에 대한 계층을 만들어낸다.

FRs, DPs와 PVs를 분해하고 그들의 계층을 만들어 내기 위한 지그재깅(zigzagging)은 공리(axiomatic) 설계의 중요한 부분이다. 예를 들어, 차량을 설계하려고 할 때, 최상위 수준의 FRs는 4 가지가 될 것이다. : FR1 = 전진, FR2 = 후진, FR3 = 정지 그리고 FR4 = 회전. 우리는 물리적인 영역을 조사함으로써 (즉, 지그재그(zigzagging)를 통해서) FR을 만족시킬 수 있는 DPs에 대해 결정하기 전까지는 이러한 FRs들을 분해할 수 없다. DP1을 선택함으로써 우리가 어떻게 FR1을 만족시키게 되는가를 결정하기까지는 우리는 기능적인 영역으로 다시 뒤로 물러날(즉, 지그재그(zigzag)할) 수 있고, FR1을 분해할 수 있다. 예를 들어, FR1은 첫째로 "우리는 어떻게 앞으로 나아가게 되는가."에 대한 물리적인 영역을 결정하지 않고는 분해될 수 없다. 우리가 앞으로 나아가기 위한 DP로써 말이나 마차를 선택한다면, FR의 다음 단계는 자동차가 앞으로 나아가기 위한 DP로써 선택되었을 때의 FR과 다를 것이다. 다른 말로 하면, FR, DP와 PV 계층을 만들어내기 위해서는 우리는 왼쪽의 영역("무엇" 영역)을 오른쪽의 영역("어떻게" 영역)으로 맵핑해야 하고 왼쪽의 영역으로 되돌아와 오른쪽 영역의 다음 수준을 만들어내야 한다는 등이다.

많은 경우에는 고객의 요구와 속성은 그것들은 최고 수준의 요구의 형식으로 표현되기 때문에 분해될 수 없고 그럴 필요도 없다. 예를 들어, 일반적인 고객들은 자동차가 가속, 방향전환, 제동, 미끄러운 도로에서의 이동, 외관 및 전체적인 안락함 등

에 대한 그들이 알고 있던 필요성을 만족시키기만 하면, 자동차의 세부적인 사항들은 개의치 않는다. 하지만, 향후는 더 많은 제품이 개인적인 취향과 선호를 만족시키기 위해 주문 제작되어야 한다. 이것은 고객의 영역과 기능적인 영역 사이에서의 지그재깅(zigzagging)을 통해서 이루어 질 수 있고 고객들은 공장에서 만들 수 있는 그러한 FR중에서 그들이 바라는 기능을 선택할 수 있데 된다.

⑤ 이상적인 설계, 중복 설계와 연결 설계 : DPs와 FRs의 상대적인 수의 문제

지금까지 독립 공리(axiom)에 대한 논의가 FRs(기능 요구사항)의 수와 DPs(설계변수)의 수가 동일한 경우에 대해서 다루어졌다. 대각선 매트릭스와 삼각형 매트릭스는 독립 공리(axiom) 즉 연결되지 않은 설계와 연결이 해제된 설계를 만족시키는 설계로 보는 반면에, 연결된 설계는 전체 설계 매트릭스가 있는 경우로 간주되었다. 설계 변수의 수가 기능 요구사항의 수보다 많거나 적으면 어떻게 되는지 살펴보겠다. DPs와 FRs의 상대적인 수에 좌우되어 설계는 연결, 중복 그리고 이상적인 것으로 분류될 수 있다.

CASE 1 DPs의 수 < FRs의 수 : 연결된 설계

DPs의 수가 FRs의 수보다 적을 때, 우리는 항상 연결된 설계를 갖게 된다. 이것은 1 정리로써 설명되고 아래와 같이 주어진다.

정리 1 (DPs의 충분하지 않은 수에 의한 연결)

DPs의 수가 FRs의 수보다 적을 때, 연결 설계의 결과나 FRs는 만족될 수 없다.

증명

만족시켜야 할 FRs이 세 가지가 있고 설계자는 단 두개의 DPs를 가진 설계를 제안한다고 가정하자. 그러면, 설계 등식은 다음과 같이 쓰일 것이다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ 0 & X \\ A_{31} & A_{32} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix} \qquad (3\text{-}4\text{-}11)$$

A31과 A32가 0이라면, FR3은 만족시킬 수 없다. A31이나 A32가 0이 아니라면, 설

계는 연결된 설계이다.

CASE 2 DPs의 수 > FRs의 수 : 중복 설계

FRs보다 많은 DPs가 있을 때 설계는 중복 설계라고 부른다. 중복 설계는 독립 공리(axiom)를 아래와 같이 어기거나 어기지 않을 수 있다.

다음 2차원의 경우를 살펴보자.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & A_{13} & A_{14} & A_{15} \\ A_{21} & A_{22} & 0 & A_{24} & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{Bmatrix} \qquad (3\text{-}4\text{-}12)$$

이 설계는 어떤 설계 변수가 변하며 어떤 것이 고정되어 있는지에 따라 여러 가지 특성을 취한다. 다른 모든 DPs들이 FRs의 값을 통제하기 위해 고정되었지만 DP1과 DP4가 변한다면, 설계는 연결 설계이다. 다른 식으로는 우리가 DP1, DP4 그리고 DP5의 값을 고정시킨다면, 설계는 연결되지 않은 설계처럼 작동한다. DP3, DP4 그리고 DP5가 고정되었다면, 설계는 연결이 해제된 설계이다. DP1과 DP4가 처음에 설정되면 설계는 연결되지 않은 중복 설계처럼 작동한다. 정리 3은 다음과 같은 사실을 설명한다.

정리 3 (중복 설계)

FRs보다 많은 DP가 있을 때, 설계는 중복 설계이거나 연결 설계이다.

CASE 3 DPs의수 = FRs의 수 : 이상적인 설계

FRs의 수가 DPs의 수와 같을 때, 독립 공리(axiom)가 만족된다고 가정하면, 이 설계는 이상적인 설계이다. 이것은 정리 4로 설명된다.

정리 4 (이상적인 설계)

이상적인 설계에서는 DPs의 수는 FRs의 수와 같고 FRs는 항상 서로에게 독립적으로 유지된다.

증명

정리 1은 FRs의 수가 DPs의 수보다 많다면 설계는 연결된다는 것을 보여준다. 이와 비슷하게, 정리 3은 FRs보다 많은 DPs가 있을 때는 설계가 중복 설계이거나 연결 설계이라는 것을 설명한다. 그러므로 설계가 독립 공리(axiom)를 항상 만족시킬 수 있는 단 한 가지 방법은 FRs의 수가 DPs의 수와 같고 독립 공리(axiom)를 만족시킬 때이다. 같은 수의 FRs의 수와 DPs의 수를 가지고 매트릭스가 대각선이나 삼각형의 매트릭스를 가진 설계는 항상 독립 공리(axiom)를 만족시키고 이처럼 이상적인 설계가 된다. 이러한 설계에서는 연결은 발생하지 않는다.

⑥ 분해, 지그재깅(Zigzagging)과 계층

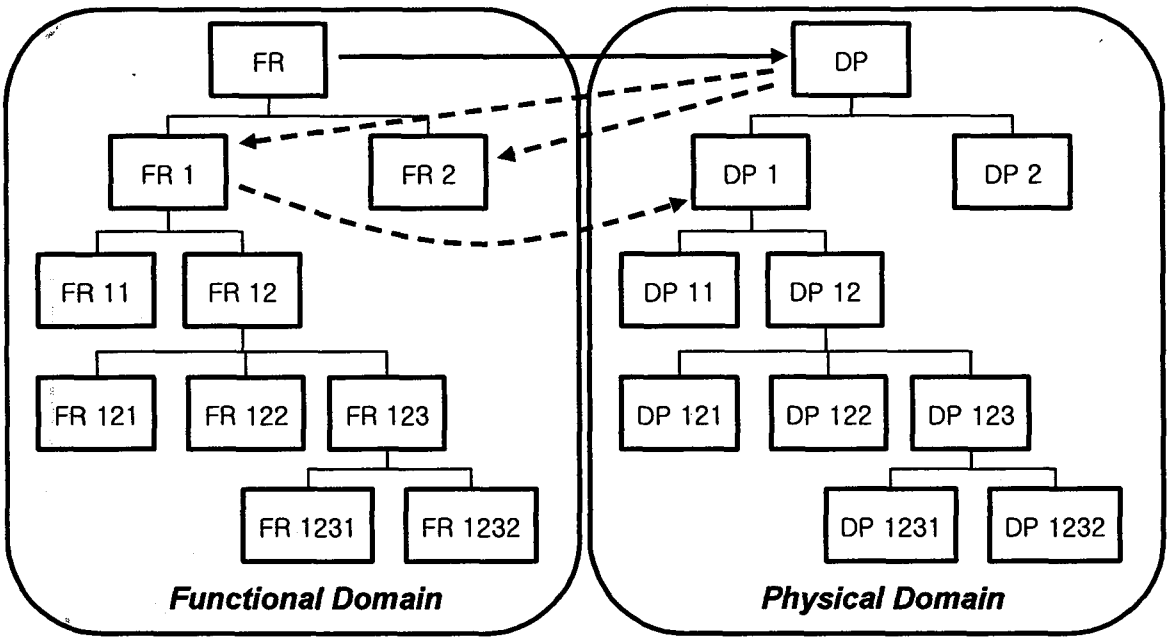
최상위 수준의 개념 설계는 완전히 실행될 때 설계가 성공적으로 되었다는 것을 알게 되는 개념 수준에서의 충분한 설계 정보를 제공한다. 예를 들어서 튜브 밴딩(tube-bending) 기계의 설계를 완료하기 위해서는 벤딩 작용, 구부러진 모양과 서보 조정장치(servo-control)에 대한 세부적인 설계가 최상위 수준의 FRs와 DPs를 분해함으로써 개발돼야 한다. 이 분해 프로세스는 설계가 실행될 수 있는 최종 단계에 이를 때까지 단계적으로 진행돼야 한다. 이러한 분해 프로세스를 통해서 우리는 FRs, DP와 PVs의 계층을 수립하고 이것은 설계 아키텍처를 표시하게 된다.

설계를 완료하기 위해서는 우리는 설계가 종료되어 실행될 수 있을 때까지 FRs와 DPs를 각각 하위 수준의 FRs와 DPs로 분해할 필요가 있다.

설계 세부사항이 최상위 수준의 설계에서 빠져있을 때, 설계 등식은 설계 의도(intent)를 표시한다. 우리는 최상위 수준의 설계를 분해해서 실행될 수 있는 설계 세부사항을 개발해야 한다. 우리가 최상위 수준의 설계를 분해할 때, 하위 수준의 설계 결정은 최상위 수준의 설계 의도와 일치해야 한다. 설계 결정이 독립 공리(Axiom)를 어기게 될 때, 우리는 결함이 있는 설계를 계속 진행시키기보다는 다시 뒤로 가 다시 설계해야 할 것이다.

FR과 DP 특유의 벡터(vector)를 분해하기 위해서는 우리는 영역 사이에서 지그재깅(zigzag)해야 한다. 이것이 우리 "무엇" 영역에서 시작하여 "어떻게" 영역으로 가는 것이다. 기능 영역에서의 FR에서부터 설계를 개념화하고 그와 관련된 DP를 결정하기 위해 우리는 물리적인 영역으로 가게 된다. 그런 다음, 우리는 다시 기능 영역으로 돌아와 최상위 수준의 FR을 전체적으로 만족시키는 다음 수준에서의 FR1과 FR2

를 만들게 된다. FR1과 FR2는 최상위 수준에 대한 FRs이다. 그 다음, 우리는 물리적인 영역으로 가서 FR1과 FR2를 각각 만족시키는 수준에서의 설계를 개념화함으로써 DP1과 DP2를 찾는다. 이 분해의 프로세스는 모든 부분이 최종 상태에 이르러 더 이상의 분해가 없이 FR이 만족될 때까지 계속 추진된다. 최종 상태는 <그림 3-4-9> 굵은 줄의 상자에 의해 표시된다.



<그림 3-4-9> FRs와 DPs를 분해하기 위한 지그재깅

우리가 올바른 설계 결정을 했다는 것을 확인하기 위해서 우리는 각 분해 수준에서의 설계 등식 {FR} = [A] {FP} 을 작성해야 한다. 예를 들어, <그림 3-4-9>에서 보아는 경우에, FR과 DP이 FR1, FR2, DP1, 그리고 DP2로 분해된 이후에 우리는 이 수준에서의 설계 의도를 표시하기 위해 설계 등식을 작성해야 한다. 설계 프로세스의 상위 수준에서 우리는 아직 하위 수준의 세부적인 설계를 개발하지 못했을 때는 설계의도를 언급만 할 수 있다. 우리는 설계가 반드시 연결되지 않았거나 연결이 해제되어야 하고 그러므로 계획된 설계는 반드시 대각선이나 삼각형의 매트릭스를 가져야 한다는 것을 알고 있다. 설계자가 설계 등식으로 표시된 연결이 해제된 설계를 가지고자 한다는 것을 가정하자.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X\,0 \\ X\,X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix} \qquad (3\text{-}4\text{-}13)$$

설계 프로세스의 이 단계에서 설계 세부사항이 알려지지 않았기 때문에, 삼각형 매트릭스는 설계 의도를 나타낸다. 결과적으로 발생하는 모든 하위 수준의 설계 결정은 상위 수준의 설계 결정과 일치되어야 한다. 모든 하위 수준의 설계 결정의 일관성은 전체 설계 매트릭스를 만듦으로써 점검될 수 있다.

설계 분해 프로세스를 통해서, 설계자는 설계 의도를 실현가능한 설계 세부사항으로 변형시킬 것이다. 최상위 수준의 설계 프로세스에서 가능한 지식에 기초해 설계자는 설계 개념을 개발한다. 설계자는 설계 의도(intent)를 개발한다. 세부적인 설계를 완료하기 위해서 FR과 DP 벡터는 하위 수준의 FRs와 DPs로 즉 하위수준의 FRs와 DPs로 분해돼야 한다. 분해 프로세스를 전반에 걸쳐 설계자는 상위 수준의 설계 매트릭스에 의해 표현되는 설계 의도(intent)를 하위 수준의 설계 매트릭스에 의해 제시되는 실현 가능한 세부적인 설계로 변형시킨다. 각 분해 수준에서는 설계 결정은 이미 정해진 모든 상위 수준의 설계 결정과 일치해야 한다. 최상위 수준의 설계 매트릭스가 대각선의 매트릭스라면, 모든 하위 수준의 결정은 영이 아닌 최상위 수준의 설계 매트릭스의 대각선에서 벗어난(off diagonal) 요소를 만들어서는 안된다. 설계 결정의 이러한 충실도와 일관성을 점검하기 위해서는, 전체 설계 매트릭스는 반드시 모든 하위 수준의 설계 매트릭스를 하나의 종합 매트릭스로의 연결을 통해 만들어져야 한다.

설계자가 최초의 설계 의도를 훼손시키지 않는 세부적인 설계를 개발할 때, 설계자는 기존의 기술이 사용될 수 없다는 것을 알게 될지도 모른다. 그럼, 설계자는 최초의 설계 목표를 달성할 수 있는 새로운 기술을 개발할 수도 있다. 기존 기술 혹은 설계의 결점을 인식하는 프로세스는 종종 발명과 혁신으로 이어진다. 연결 설계가 연결되지 않거나 연결이 해제된 설계에 의해 대체될 때, 주요 개선이 이루어진다. 이러한 참신한 방안은 종종 발명과 혁신을 만들게 된다.

일부 대규모의 조직에서는 "세부사항 엔지니어링에 관한 부문"이 존재하고 여기에서 모든 수준에서의 FRs를 만들 책임이 있다. 그 부문의 주요 업무는 기능 요구사항이나 그 제품에 대한 세부사항을 개발하는 것이다. 이러한 부문들은 통상적으로 조직되어 지그재깅(zigzag) 없이 기능적이거나 물리적인 영역에서만 남아있음으로써 모든 수준에서의 FRs를 만들어내야 한다. 현재까지 이러한 것들이 명백하다면, 모든

수준의 FRs은 하나의 영역에 남아있음으로써는 지그재깅(zigzag)없이는 분해될 수 없기 때문에 그들의 업무를 올바르게 수행할 수 없다. 이처럼, 설계자/엔지니어가 그러한 조직에서 일을 해야 한다면 그들은 종종 FRs이나 세부사항들을 기존의 있던 설계만을 고려함으로써 개발할 것이고, 이것은 결국에는 이미 존재하고 있는 것들을 다시 열거하는 것이 될 것이다.

FRs과 DPs를 분해하기 위해서는 설계자는 반드시 지그재깅(zigzag)해야 한다. 예를 들어, 다음의 4가지 FRs : 전진, 후진, 정지 그리고 방향 전환을 만족시키는 차량을 설계하고자한다고 가정하자. 우리는 먼저 이러한 최상위 수준의 FRs를 만족시키는 DPs를 개념화하지 않는다면, 이러한 FRs를 분해할 수 없다. 우리가 전진을 위한 FR을 만족시키기 위한 DP로써 전기 모터를 사용하기로 결정한다면, 다음 수준에서 분해된 FRs는 우리가 가솔린 터빈을 DP로써 선택했을 때 나올 수 있는 것과는 상당히 다를 것이다. 그러므로 우리가 해결방안과 무관한 환경에서 FRs를 정의했을 때, 우리는 물리적인 영역으로 맵핑하고 적절한 DPs가 선택된 후에는 그 이상의 분해를 위해서는 기능적인 영역으로 맵핑한다. 영역간의 지그재깅(zigzag)없이 모든 수준에서의 FRs을 일일이 지정하는 업무를 위한 부서를 만든 조직은 그들이 찾고 있는 결과를 얻지 못할 것이고 혁신을 위한 중요한 기회를 놓치고 말 것이다.

설계 시도를 통해 독립 공리(axiom) 형식의 수용 가능한 여러 가지 설계를 만들어 낸다면, 우리는 정보 공리(Information Axiom)를 유발시킴으로써 제시된 여러 공리들 중에서 최선의 설계를 선택해야 한다. 설계 범위는 설계자에 의해 정해지고 시스템 범위는 정해진 시스템(즉, 제품 혹은 시스템)이 열거된 기능 요구사항들을 어떻게 만족시킬 수 있는지를 나타낸다. 최선의 설계는 최고로 높은 성공 확률을 가지고 있으므로, 최소한의 정보 내용(content)을 가진 것이다.

독립 공리(Axiom)를 만족시키는 설계들 중에서 최선의 설계는 가장 낮은 정보의 내용을 가진 것이라고 설명되었다. 설계를 만들어 내거나 설계를 분석하면서 수년간의 경험을 통해서도 우리는 아직 연결된 설계가 연결되지 않은 설계보다 낮은 내용의 정보를 가진 상황은 접해보질 못했다. 만약 그런 상황이 있다면, 연결된 정보보다 낮은 내용의 정보를 가진 연결되지 않은 설계를 찾아봐야 할 것이다.

독립 공리(axiom)에 따라서 연결되지 않은 설계는 항상 연결된 설계보다 우수하고, 연결된 설계의 내용보다 적은 내용의 정보를 가진 연결되지 않았거나 연결이 해제된 설계가 반드시 존재해야 한다. 독립 공리(aAxiom)를 만족시키는 일부 서툰 설계에서

는 FRs과 DPs를 복잡한 방법으로 분해함으로써 - 일반적으로 FRs보다 더 많은 DPs가 있는 중복된 설계를 만들어냄으로써 정보의 내용이 불필요하게 증가될 수 있다. 지금까지 논의된 사례에서 제안된 설계에서는 DPs의 수는 항상 FRs의 수와 같았다. 만약에 이렇게 되지 않는다면, 결국 엄청나게 많은 내용을 가진 연결되지 않은 설계가 될 것이다. 더 많은 DPs와 FRs를 가지게 되어 의도하지 않게 정보의 내용을 증가시킨 설계를 생각해 냈을 것이다. 분해 단계의 수와 증가한 DPs의 수에 따라 정보의 내용도 역시 비슷하게 증가하게 된다. 예를 들어, 단열 부품의 VCM(Vented Compression Molding)은 프로세스 변수의 수와 분해 단계의 수를 줄임으로써 기존의 몰딩 프로세스의 복잡성을 획기적으로 감소시켰다.

설계를 개선시키기 위해서 우리는 가능한 경우에는 언제나 제안된 설계를 모델화하고 분석해야 한다. 앞선 세 가지의 예에서, 설계 매트릭스는 X와 0의 형식으로 만들어졌다. 일부 경우에는 단순히 X와 0을 사용하여 설계를 완료하게 하는데 충분할 수 있다. 대다수의 경우에는 설계 변수들의 정확한 값을 결정하기 위해 더 많은 단계를 밟을 수 있다. 개념 설계가 X와 0의 형식으로 수행된 후에 Xs를 등식이나 숫자로 대체하기 위해 우리는 설계를 좀 더 정확하게 모델화할 필요가 있다. 이 모델링을 통해서 우리는 각 X를 DP를 포함하는 불변의 수나 기능으로 대체할 수 있다. 그러면 우리는 FRs와 DPs를 연결시키는 일련의 등식을 갖게 된다. 이러한 일련의 등식/방정식은 연결되지 않은 설계에 대해서나 연결이 해제된 설계에 대한 설계 매트릭스에 의해 제시된 순서에 따라서 풀릴 수 있다.

(3) 성과물 검증 결과

(가) 성과물 검증 추진 경위

○ 06. 8. 8 : 성과물 검증 형식, 방법 등에 관한 안전기술연구팀 회의

○ 06. 8. 21 : 성과물의 범위, 검증방법, 수준에 대해 안전기술연구팀 회의

○ 06. 8. 24 : 철도종합안전기술개발사업 공정회의에서 검증계획 설명 및 그룹 토의를 통해서 VRTM 작성

○ 06. 9. 6~8 : 2차년도가 종료된 6개 과제(사업총괄, 차량, 시설, SW, 위험도, 비상대응)에 대해서 VP 작성 요령 및 VP 템플릿 제출 일정 협의

○ 06. 9.15 : 협의된 6개 과제에 대해서 수정된 VP 템플릿 제출 완료

○ 06. 9.18 : 설계분석보고서, PM 등 검증작업에 필요한 서류 양식에 대해서 안전기술연구팀 회의

○ 06.11. 23-24, 12. 8 : 철도종합안전기술개발사업 공정회의에서 체계 구축 9개 과제와 기술개발 6개 과제에 대해서 작성된 성과물 검증 서류 양식 설명 및 2차년도 종료된 사업에 대해서 검증 일정 협의

○ 06.12. 8 : 철도종합안전기술개발사업 공정회의에서 기술개발 6개 과제에 대해서 작성된 성과물 검증 서류 양식 설명 및 2차년도 종료된 사업에 대해서 검증 일정 협의

○ 06.12. 27 : 철도종합안전기술개발사업 15개 과제 검증 서류 제출 완료

○ 06.12. 28 : 모든 과제 책임자들이 참석한 검증 회의에서 과제별 검증보고서, 검증결과표 배포 및 검증위원 선정

○ 07.1. 8 : 검증관련 추가 서류 검증위원에게 배포

○ 07.1.19 : 검증결과표 취합으로 1차 SE 검증 종료

○ 07. 2. 9, 15, 23 : 철도종합안전기술개발사업 공정회의에서 3차년도 연구성과물 검증계획 설명 및 검증방법, 기준 협의

○ 07. 3. 22 : 15개 과제 검증계획서 취합 완료

○ 07. 4. 6 : 15개 과제의 검증기준 SE 검토 후 검토안 작성 완료

○ 07. 4. 27 : 검증기준 최종 확정

○ 07. 5. 2: 검증 계획서 배포

(나) 철도종합안전기술개발사업 2차년도 과제 성과물 검증 결과

2차년도 철도종합안전기술개발사업 성과물에 대해서 검증 보고서 작성이 완료되어 2007년 1월 19일 검증이 수행되었다. 검증위원은 15개 과제 책임자들로 선정하였으며, 검증위원은 3개씩의 과제에 대해서 검증 결과표를 사용하여 검증을 수행하였다. 선정된 검증위원은 <표 3-4-2>와 같다.

<표 3-4-2> 과제별 성과물 검증 위원

검증 대상 세부 과제명	과제 코드	검증 위원	
		소속	이름
철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄	SE	한국철도기술연구원	왕종배
		한국철도기술연구원	류상환
		한양대학교	백동현
철도차량 안전기준 및 체계 구축	RS	한국철도기술연구원	이희업
		서울산업대학교	이수경
철도시설 안전기준 및 체계 구축	IS	한국철도기술연구원	정의진
		한국철도기술연구원	황종규
		한국철도기술연구원	정우성
철도소프트웨어 안전기준 및 체계구축	SW	한국원자력연구소	구인수
		한국철도기술연구원	류상환
		한국철도기술연구원	황종규
철도사고 및 비상대응 관리체계 구축	ER	한국원자력연구소	구인수
		한양대학교	백동현
		한국철도기술연구원	정우성
철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축	RA	한국철도기술연구원	정의진
		한국철도기술연구원	황종규
		한국철도기술연구원	정우성
안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발	HR	한국철도기술연구원	홍선호
		서울산업대학교	김시곤
		한양대학교	백동현
안전업무종사자 교육훈련 체계 구축	HT	한국철도기술연구원	왕종배
		한국철도기술연구원	조연옥
		서울산업대학교	이수경
위험물수송 안전기준 및 체계 구축	RT	한국원자력연구소	구인수
		서울산업대학교	김시곤
철도 안전성 평가 및 분석 프로그램 연구개발	SA	서울산업대학교	이수경
		한양대학교	백동현
		한국철도기술연구원	정우성
철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발	RC	한국철도기술연구원	왕종배
		한국철도기술연구원	조연옥
열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고 방지기술 개발	TC	한국철도기술연구원	정의진
		한국철도기술연구원	권태수
		한국철도기술연구원	류상환
철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고 방지기술 개발	RD	한국철도기술연구원	홍선호
		한국철도기술연구원	이희업
		한국철도기술연구원	권태수
철도 건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발	LC	한국철도기술연구원	이희업
		한국철도기술연구원	권태수
		한국철도기술연구원	정우성
철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발	RF	한국철도기술연구원	홍선호
		서울산업대학교	김시곤
		한국철도기술연구원	조연옥

검증 위원은 검증을 수행 할 해당 과제의 검증 보고서를 수령하고 검증결과표를 사용하여 당해 연도 성과물이 도출되는 모든 SR에 대해서 검증을 수행하였다. 성과물 검증 결과표는 다음 <표 3-4-3>과 같으며, 그림과 같이 10개의 항목에 점수를 균등 배분하였다. 검증은 검증방법 선택의 적절성, WBS의 효율적 관리, 성과물이 추구하는 기능실현의 적합성, 성과물이 가지는 물리적 구조의 적합성, 성과물의 세부내용이 담겨진 설계분석보고서의 적합성의 5가지 항목으로 이루어졌다. 성과물이 추구하는 기능실현이 적합한지를 판단하기 위해서 기능 아키텍처 상에서 기능이 충실하게 표현 되었는지 와 기능 솔루션의 레벨이 잘 설정되었는지를 검증 항목으로 설정하였다. 성과물이 가지는 물리적 구조가 적합한지를 판단하기 위해서 물리적 구조가 충실하게 표현 되었는지 와 해당 기능을 만족시키기 위해서 선택된 물리적 솔루션의 해당 항목이 적합하게 선택되었는지를 검증의 기준으로 삼았다. 성과물의 세부적인 내용이 표현되는 설계분석보고서는 해당 시스템 요구사항이 얼마나 만족되었는지, 설계근거는 적절한지, 독창적인 내용이 포함되어 있는지, 성과물의 내용은 충실한지를 통해서 검증할 수 있도록 하였다. 모든 항목은 A부터 E까지 5단계로 나뉘어 평가를 할 수 있도록 검증 결과표가 작성되었다.

<표 3-4-3> 과제별 성과물 검증 결과표

철도종합안전기술개발사업 성과물 검증 결과표

검증위원 소속 : _____ 성명 _____ (인)

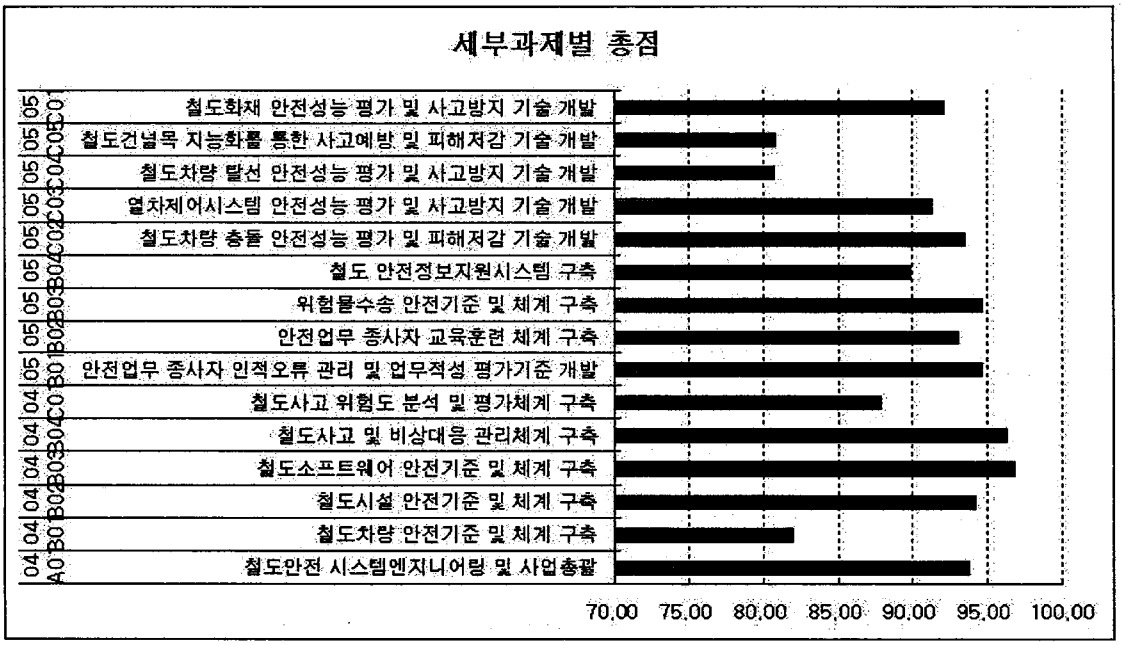
검증 과제명	
SR	
SSR	

해당 평가 등급에 √ 표시 해주시기 바랍니다.

평가 항목	평가 등급				
	A	B	C	D	E
해당 성과물 검증을 위한 검증 방법은 적절히 선택 되었는가					
업무분해구조 (WBS) 에 해당 작업을 위한 자원과 일정은 적절하게 할당되고 관리 되었는가					
검증기준 1: 기능 실현의 적합성					
성과물이 가져야할 기능이 충실히 잘 표시되어 있는가					
기능적 솔루션의 레벨은 잘 정리되어 있는가					
검증기준 2: 물리적 구조의 적합성					
성과물의 물리적 구조가 충실히 잘 표시되어 있는가					
선택된 DP는 해당 FR을 만족시킬 수 있도록 적절하게 선택되었는가					
검증기준 3: 설계분석보고서의 적합성					
구현된 성과물은 요구사항을 충분히 반영하고 있는가					
성과물의 설계근거는 잘 표시되어 있고 적정한가					
성과물은 독창적인 특징을 지니고 있는가					
성과물의 내용이 잘 표시되어 있는가					
기타 의견					

A : 100점, B : 80점, C : 60점, D : 40점, E : 20점, 각 항목 균등 배점

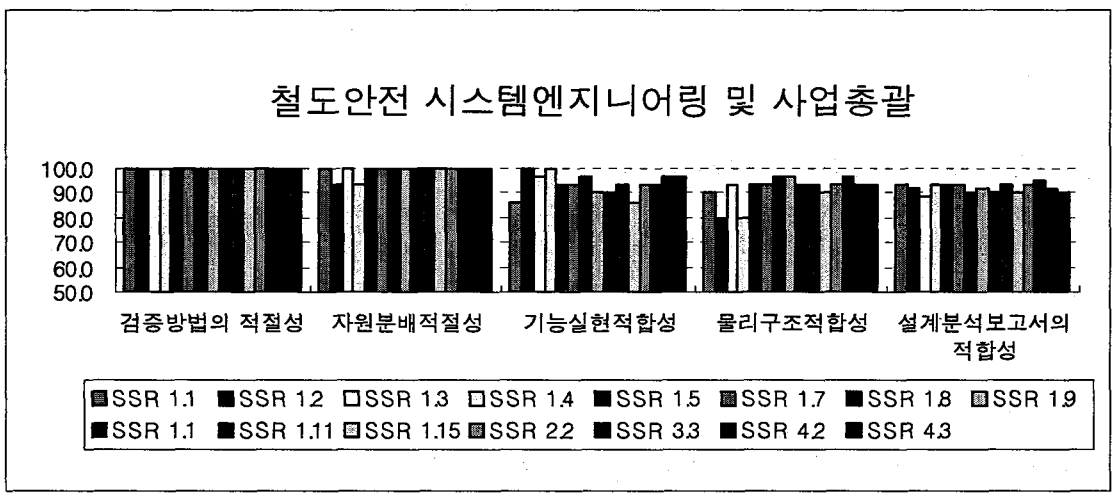
검증은 SSR별로 검증 결과표를 사용하여 이루어졌으며, 해당 과제의 SSR 수행에 따른 검증 점수를 모두 합하여 평균을 취함으로써 과제 점수를 집계하였다. 집계된 평균 점수는 <그림 3-4-10>과 같다. 모든 과제는 80점 이상의 높은 평가를 받았으며, 과제들이 전체적으로 잘 수행되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 이번 검증에서는 과제별로 다른 검증위원이 참여 하였으므로, 평가위원 별 판단기준에 대한 특성이 전혀 고려되지 않은 단순 평균 점수로 과제의 달성도를 상호 비교 평가하기에는 곤란하다.



<그림 3-4-10> 15개 핵심과제 성과물 검증 종합 결과

각 핵심과제별 검증항목에 따른 검증 결과는 아래에 모두 나타내었으며, 과제별로 검증 항목의 달성도를 분석하고 추후 개선점을 파악하기 위해서 평가 위원의 판단기준이 고려된 표준점수를 사용하였다. 표준점수 50은 해당 과제가 획득한 평균 점수를 의미하므로, 50 이상은 해당 과제에서 상대적으로 잘 수행했다고 평가된 항목이고 50 이하는 보완이 필요한 항목을 의미한다. 따라서 표준점수는 과제별 비교를 위해서 사용될 수 없으며, 해당 과제에서 평가 항목 당 상대적 비교로만 사용될 수 있다.

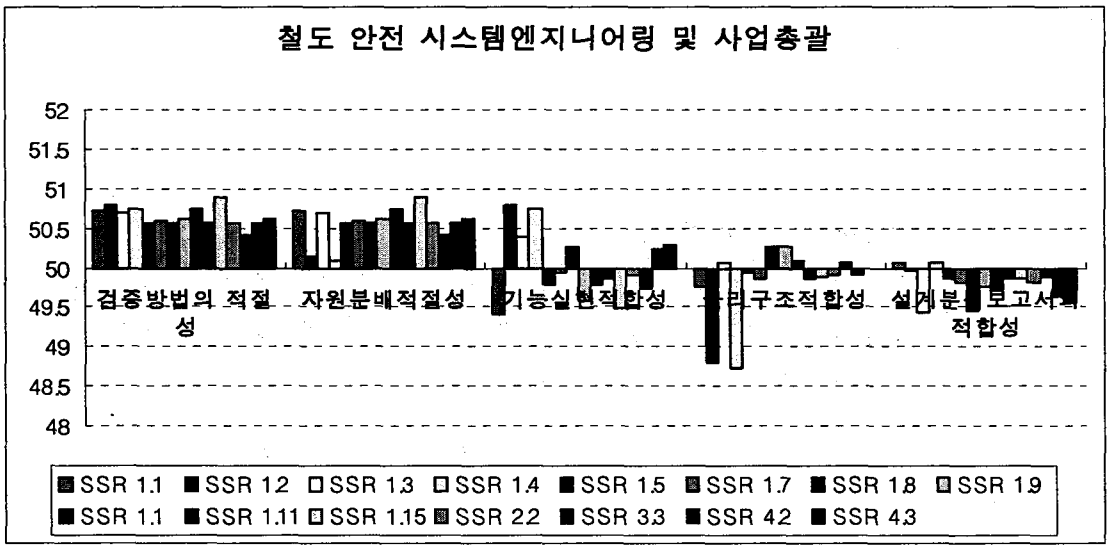
① 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄 과제 검증 결과



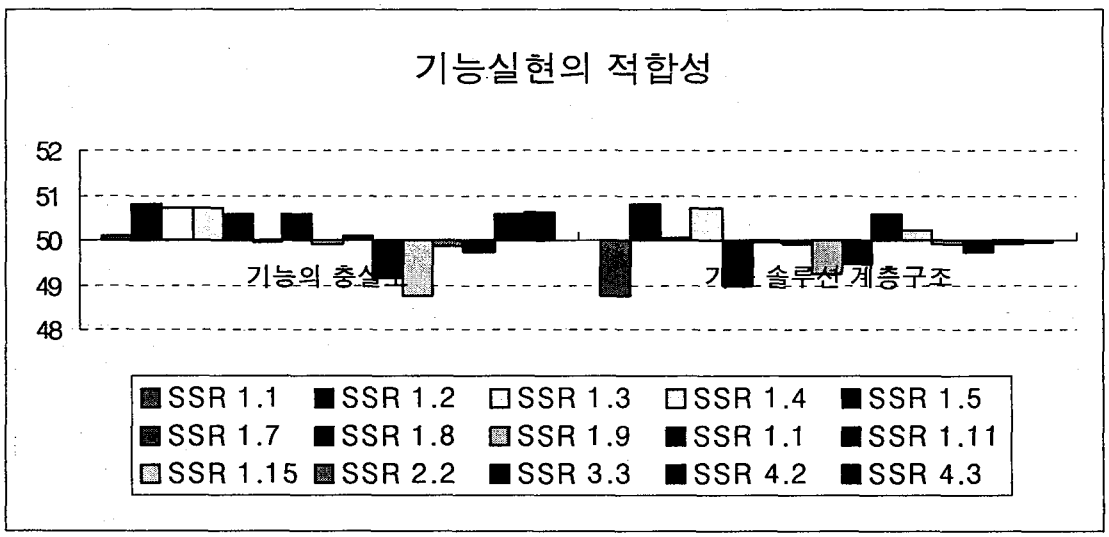
<그림 3-4-11> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (SE)

<표 3-4-4> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (SE)

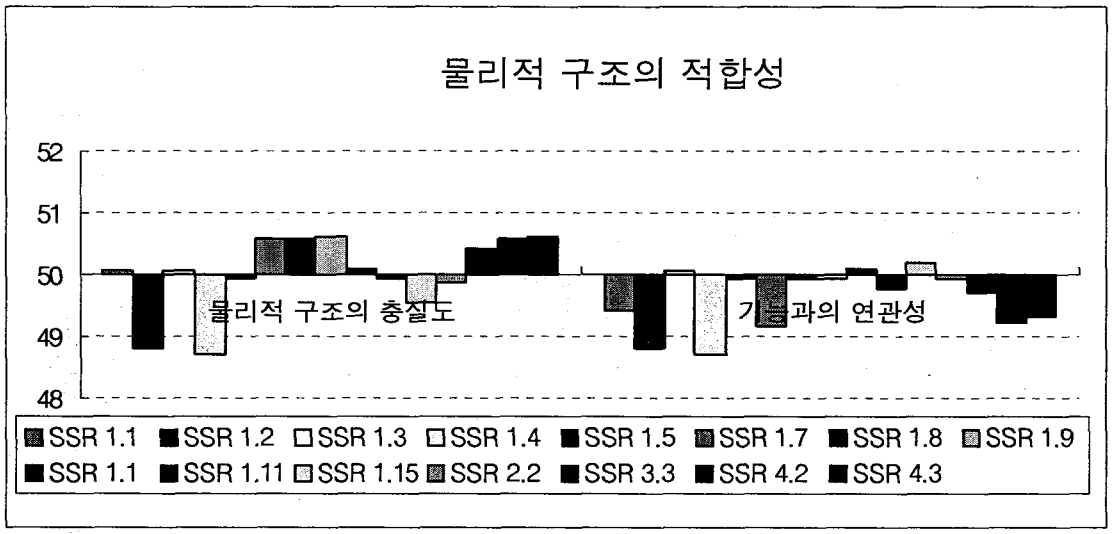
	검증방법의 적절성	자원분배 적절성	기능실현 적합성	물리구조 적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	100.0	100.0	86.7	90.0	93.3	**94.0**
SSR 1.2	100.0	93.3	100.0	80.0	91.7	**93.0**
SSR 1.3	100.0	100.0	96.7	93.3	88.3	**95.7**
SSR 1.4	100.0	93.3	100.0	80.0	93.3	**93.3**
SSR 1.5	100.0	100.0	93.3	93.3	93.3	**96.0**
SSR 1.7	100.0	100.0	93.3	93.3	93.3	**96.0**
SSR 1.8	100.0	100.0	96.7	96.7	90.0	**96.7**
SSR 1.9	100.0	100.0	90.0	96.7	91.7	**95.7**
SSR 1.1	100.0	100.0	90.0	93.3	90.0	**94.7**
SSR 1.11	100.0	100.0	93.3	93.3	93.3	**96.0**
SSR 1.15	100.0	100.0	86.7	90.0	90.0	**93.3**
SSR 2.2	100.0	100.0	93.3	93.3	93.3	**96.0**
SSR 3.3	100.0	100.0	93.3	96.7	95.0	**97.0**
SSR 4.2	100.0	100.0	96.7	93.3	91.7	**96.3**
SSR 4.3	100.0	100.0	96.7	93.3	90.0	**96.0**



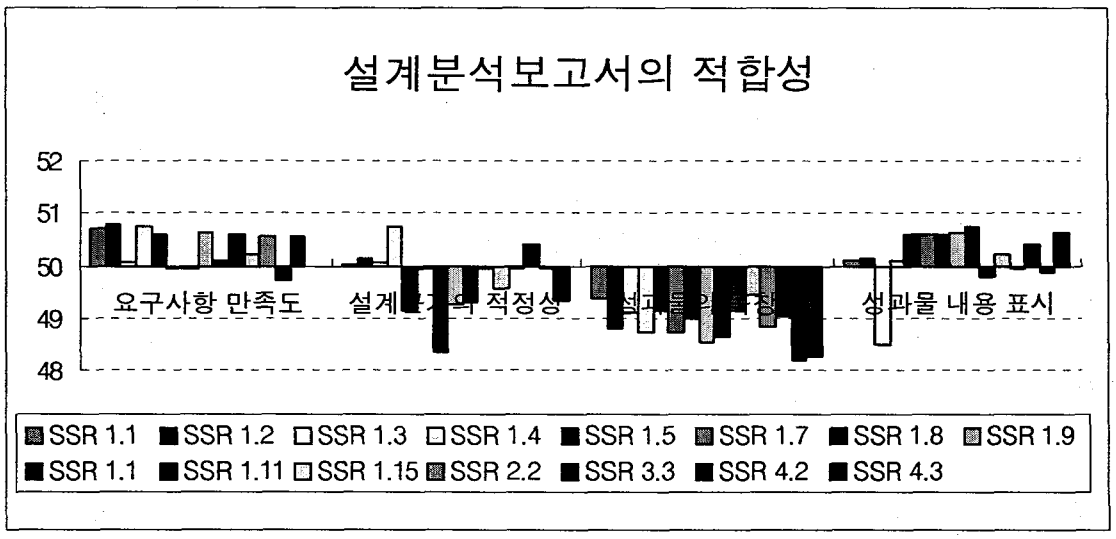
<그림 3-4-12> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (SE)



<그림 3-4-13> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SE)

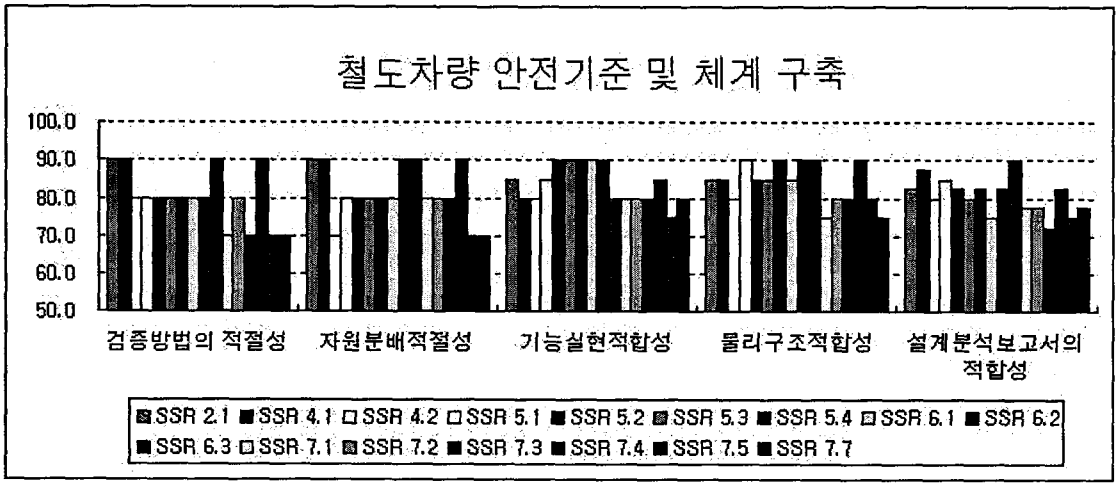


<그림 3-4-14> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SE)



<그림 3-4-15> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SE)

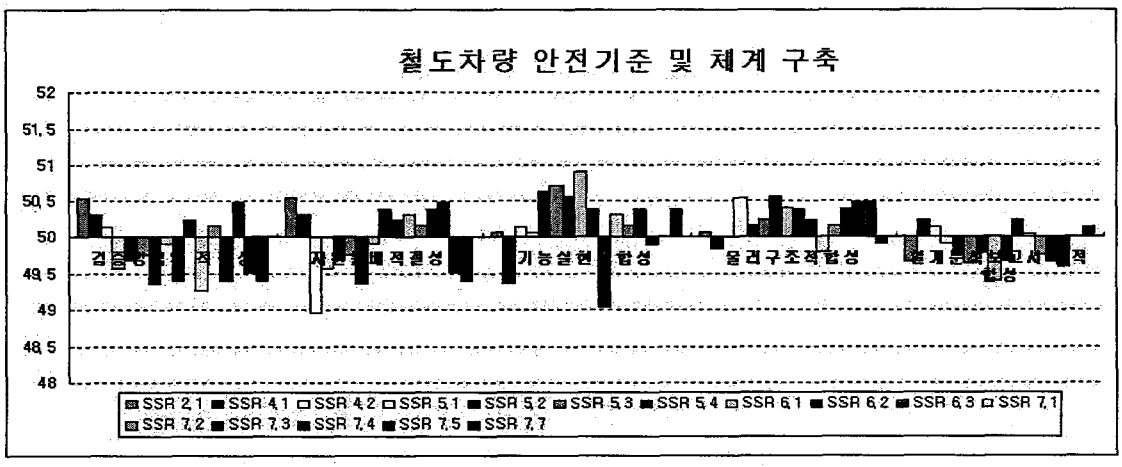
② 철도차량 안전기준 및 체계 구축 과제 검증 결과



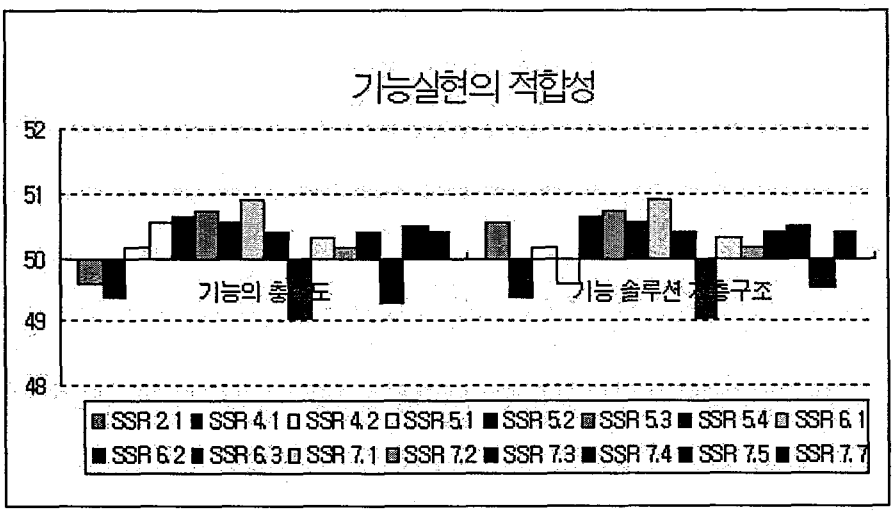
<그림 3-4-16> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RS)

<표 3-4-5> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RS)

	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 2.1	90.0	90.0	85.0	85.0	82.5	86.5
SSR 4.1	90.0	90.0	80.0	85.0	87.5	86.5
SSR 4.2	80.0	70.0	80.0	80.0	80.0	78.0
SSR 5.1	80.0	80.0	85.0	90.0	85.0	84.0
SSR 5.2	80.0	80.0	90.0	85.0	82.5	83.5
SSR 5.3	80.0	80.0	90.0	85.0	80.0	83.0
SSR 5.4	80.0	80.0	90.0	90.0	82.5	84.5
SSR 6.1	80.0	80.0	90.0	85.0	75.0	82.0
SSR 6.2	80.0	90.0	90.0	90.0	82.5	86.5
SSR 6.3	90.0	90.0	80.0	90.0	90.0	88.0
SSR 7.1	70.0	80.0	80.0	75.0	77.5	76.5
SSR 7.2	80.0	80.0	80.0	80.0	77.5	79.5
SSR 7.3	70.0	80.0	80.0	80.0	72.5	76.5
SSR 7.4	90.0	90.0	85.0	90.0	82.5	87.5
SSR 7.5	70.0	70.0	75.0	80.0	75.0	74.0
SSR 7.7	70.0	70.0	80.0	75.0	77.5	74.5

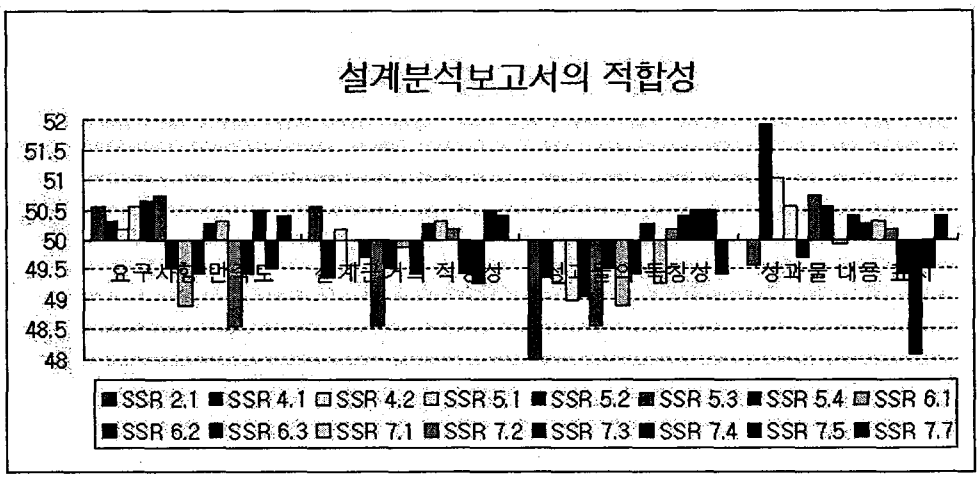


<그림 3-4-17> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RS)



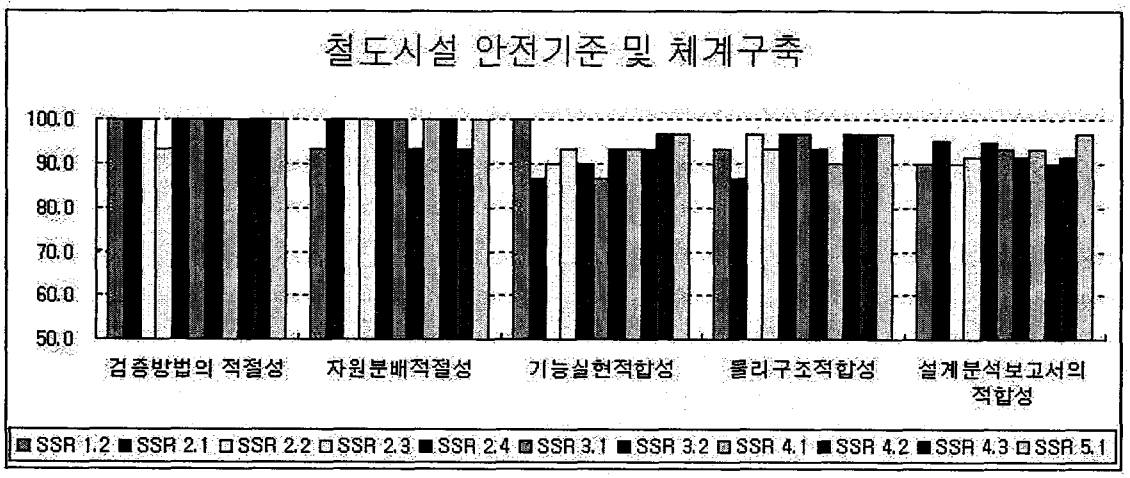
<그림 3-4-18> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RS)

<그림 3-4-19> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RS)



<그림 3-4-20> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RS)

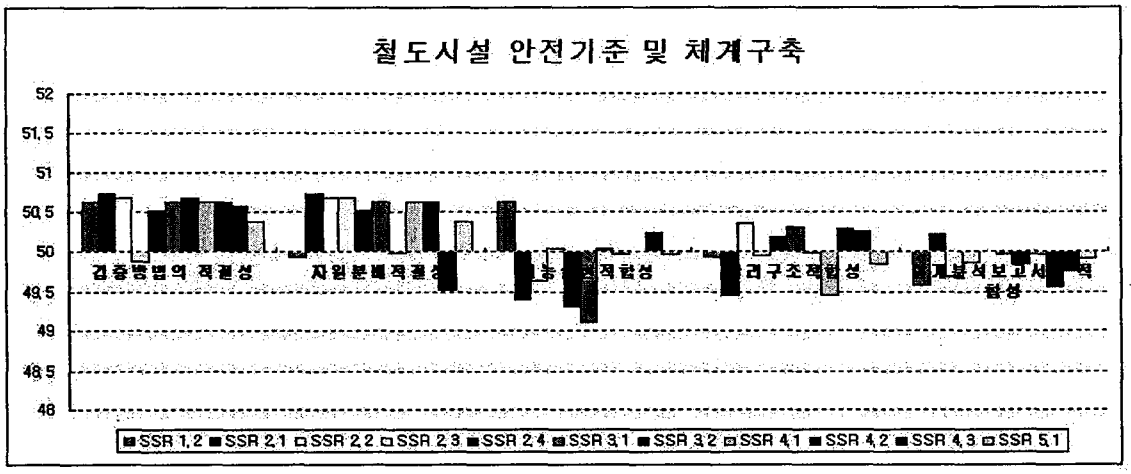
③ 철도시설 안전기준 및 체계 구축 과제 검증 결과



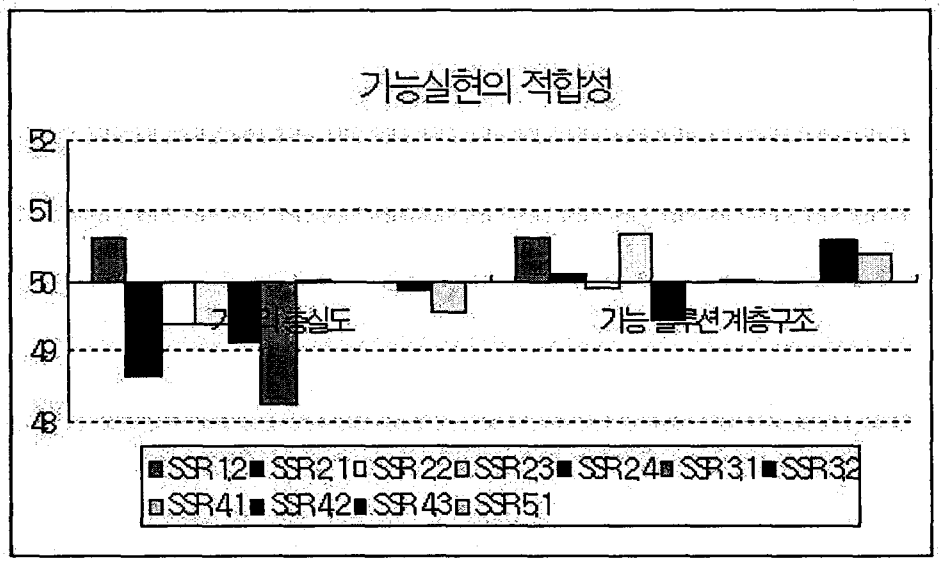
<그림 3-4-21> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (IS)

<표 3-4-6> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (IS)

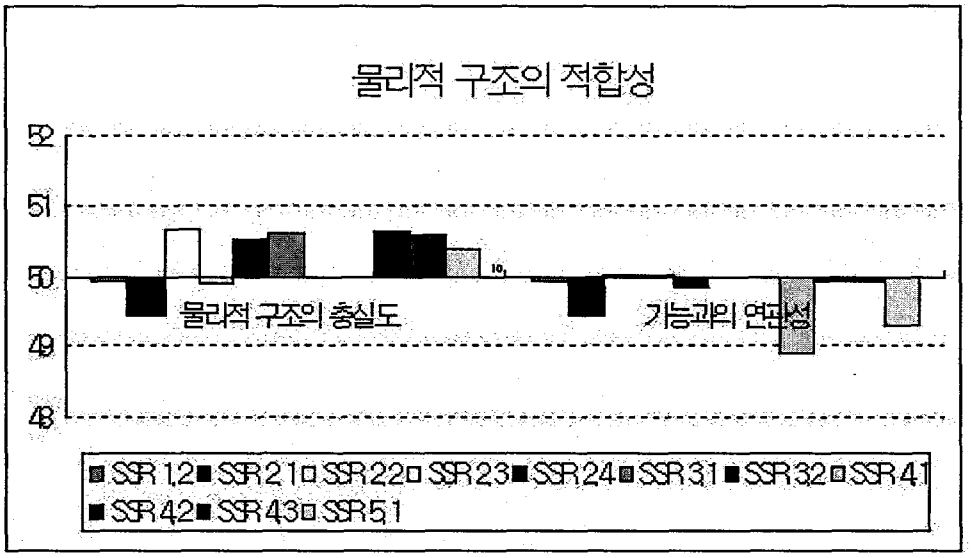
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.2	100.0	93.3	100.0	93.3	90.0	**95.3**
SSR 2.1	100.0	100.0	86.7	86.7	95.0	**93.7**
SSR 2.2	100.0	100.0	90.0	96.7	90.0	**95.3**
SSR 2.3	93.3	100.0	93.3	93.3	91.7	**94.3**
SSR 2.4	100.0	100.0	90.0	96.7	95.0	**96.3**
SSR 3.1	100.0	100.0	86.7	96.7	93.3	**95.3**
SSR 3.2	100.0	93.3	93.3	93.3	91.7	**94.3**
SSR 4.1	100.0	100.0	93.3	90.0	93.3	**95.3**
SSR 4.2	100.0	100.0	93.3	96.7	90.0	**96.0**
SSR 4.3	100.0	93.3	96.7	96.7	91.7	**95.7**
SSR 5.1	100.0	100.0	96.7	96.7	96.7	**98.0**



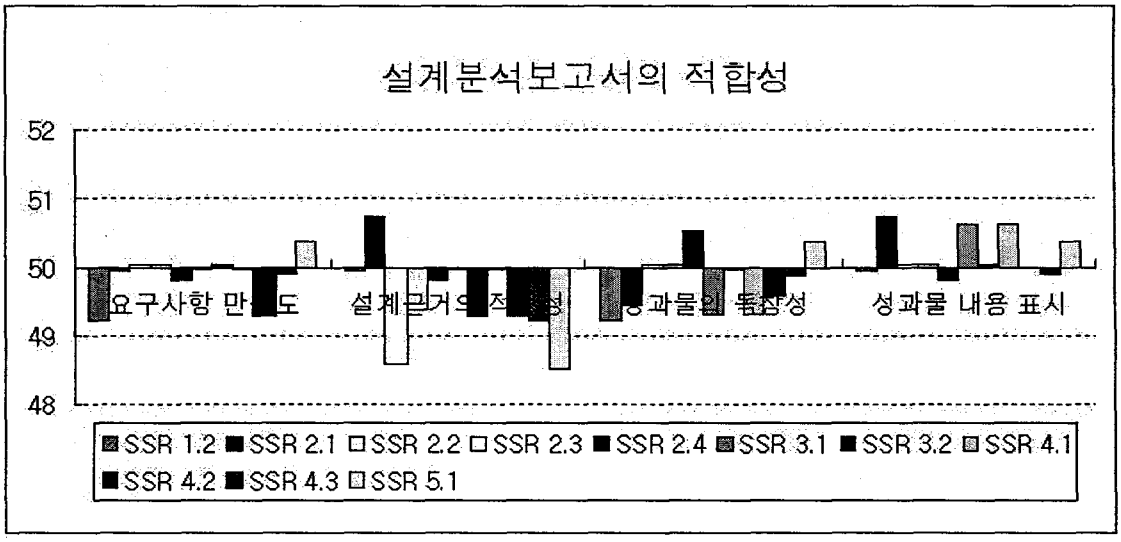
<그림 3-4-22> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (IS)



<그림 3-4-23> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (IS)

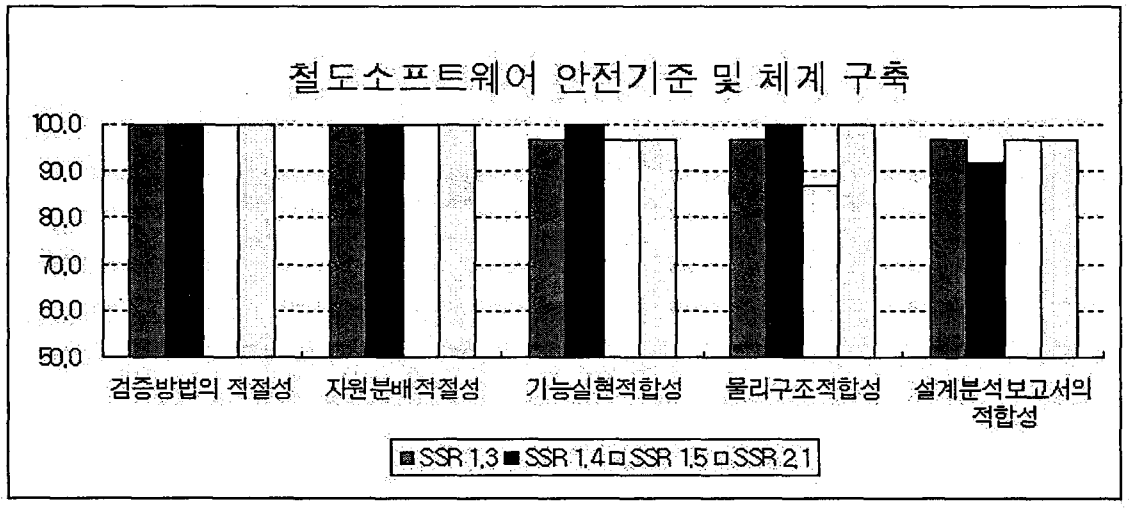


<그림 3-4-24> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (IS)



<그림 3-4-25> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (IS)

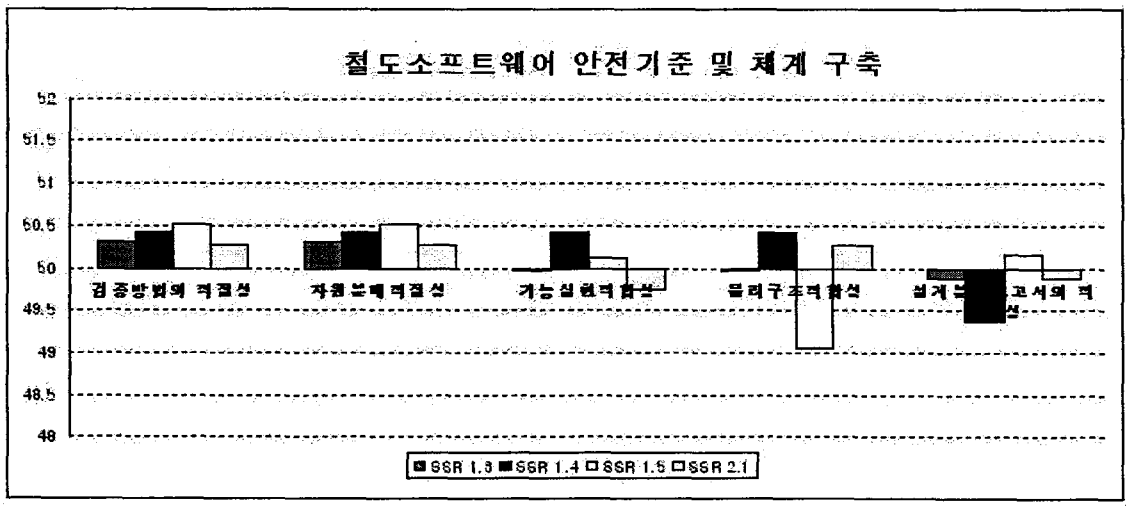
④ 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축 과제 검증 결과



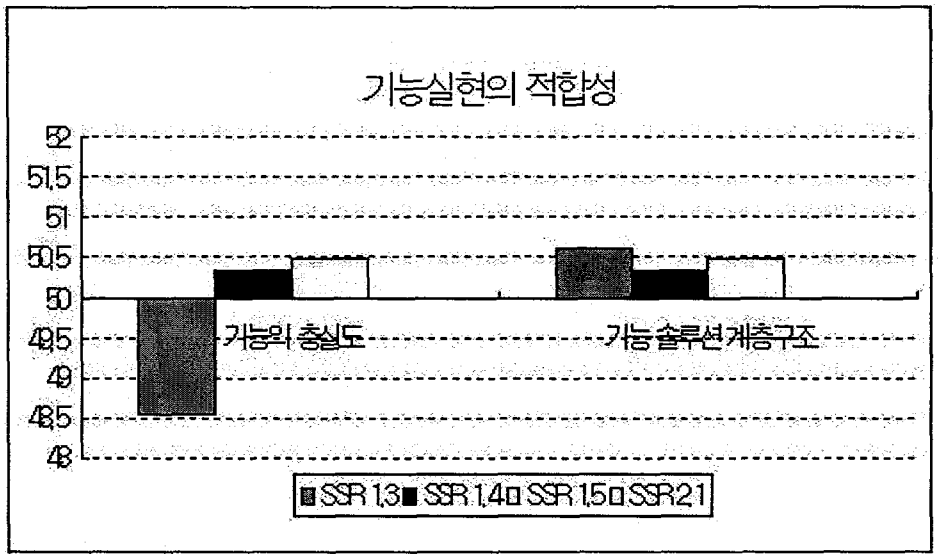
<그림 3-4-26> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (SW)

<표 3-4-7> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (SW)

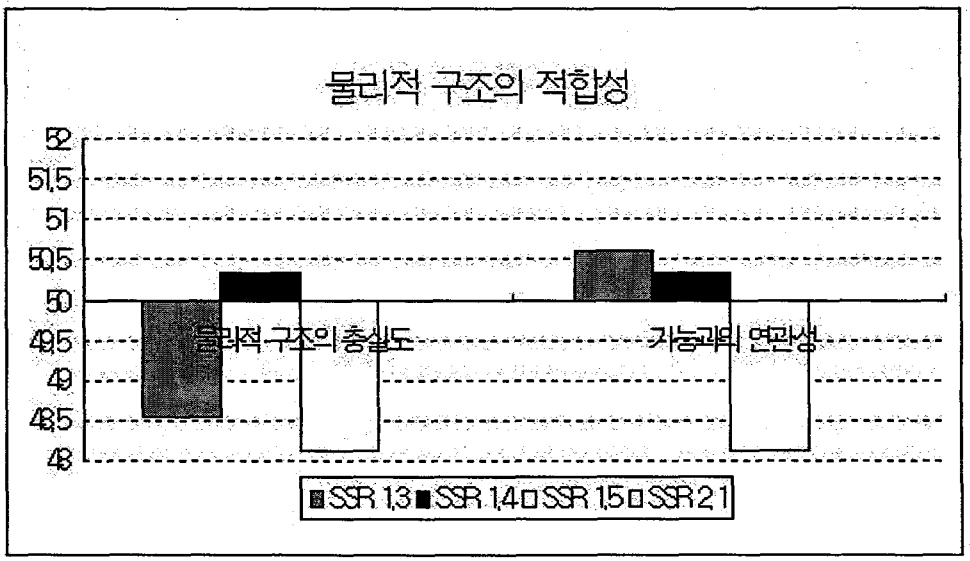
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.3	100.0	100.0	96.7	96.7	96.7	**98.0**
SSR 1.4	100.0	100.0	100.0	100.0	91.7	**98.3**
SSR 1.5	100.0	100.0	96.7	86.7	96.7	**96.0**
SSR 2.1	100.0	100.0	96.7	100.0	96.7	**98.7**



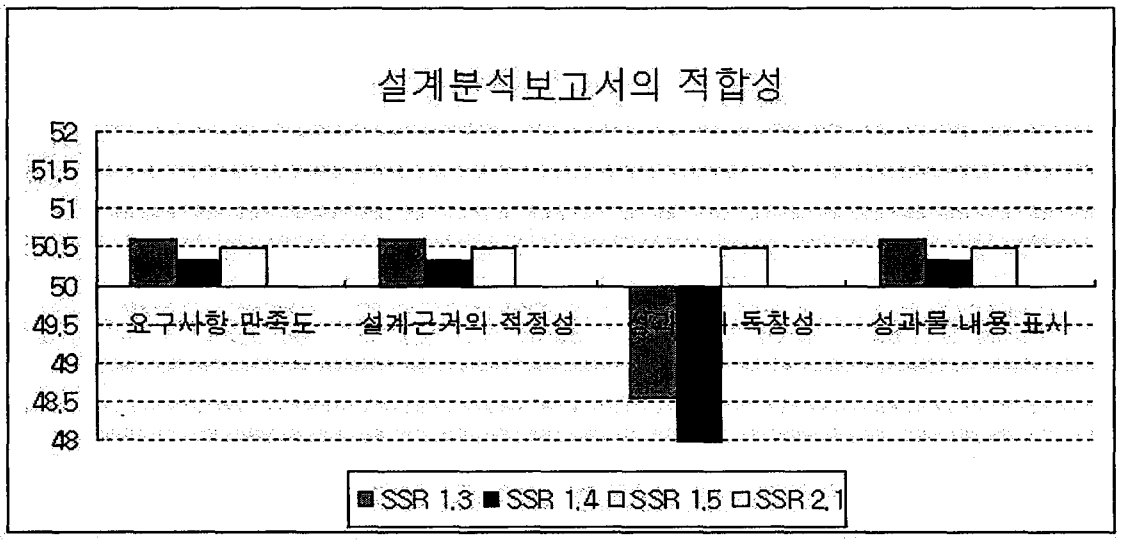
<그림 3-4-27> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (SW)



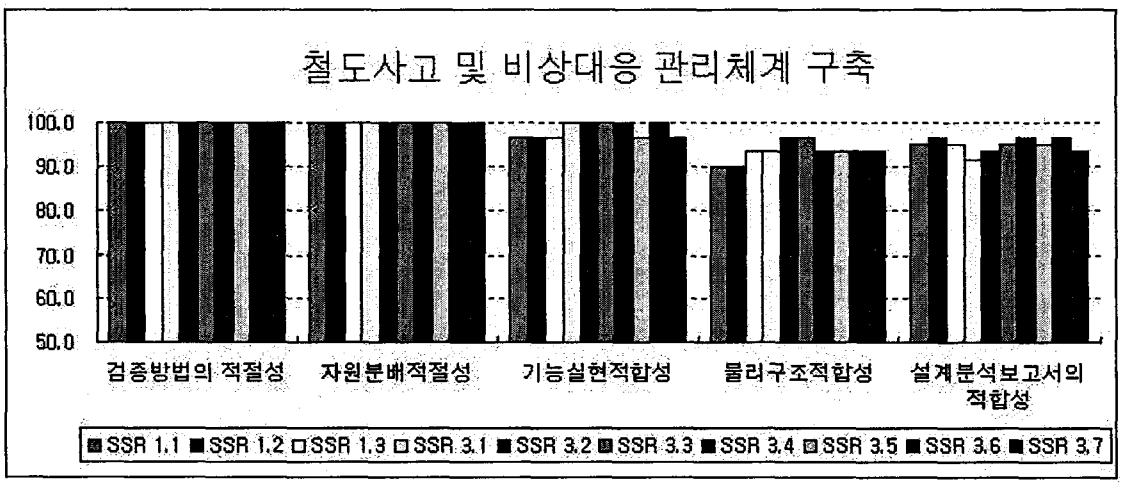
<그림 3-4-28> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SW)



<그림 3-4-29> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SW)



<그림 3-4-30> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SW)

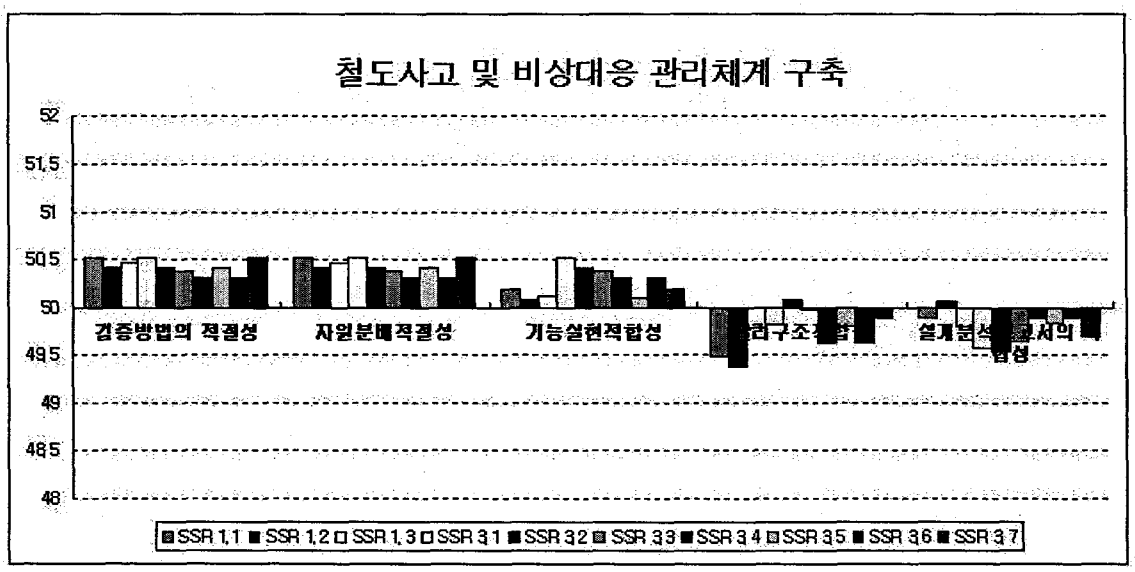


<그림 3-4-31> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (ER)

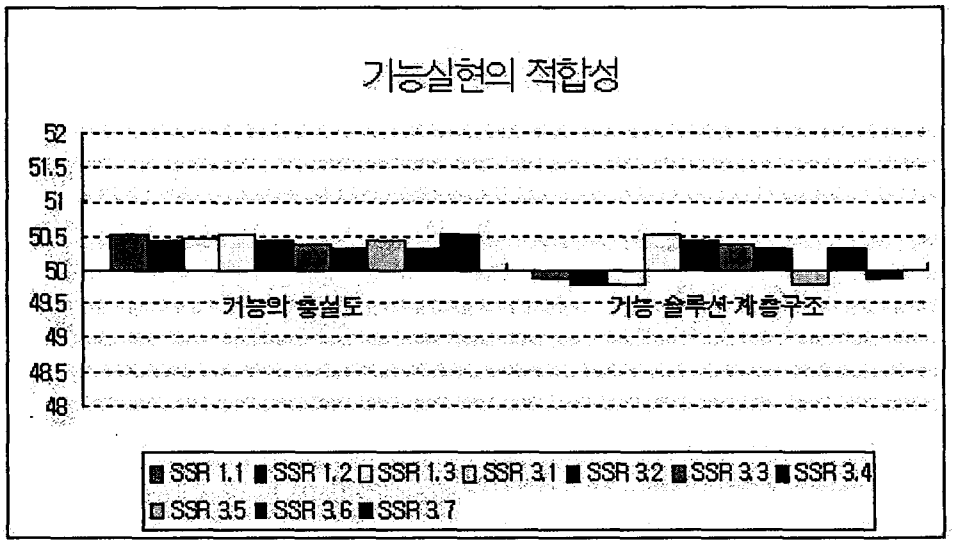
⑤ 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 과제 검증 결과

<표 3-4-8> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (ER)

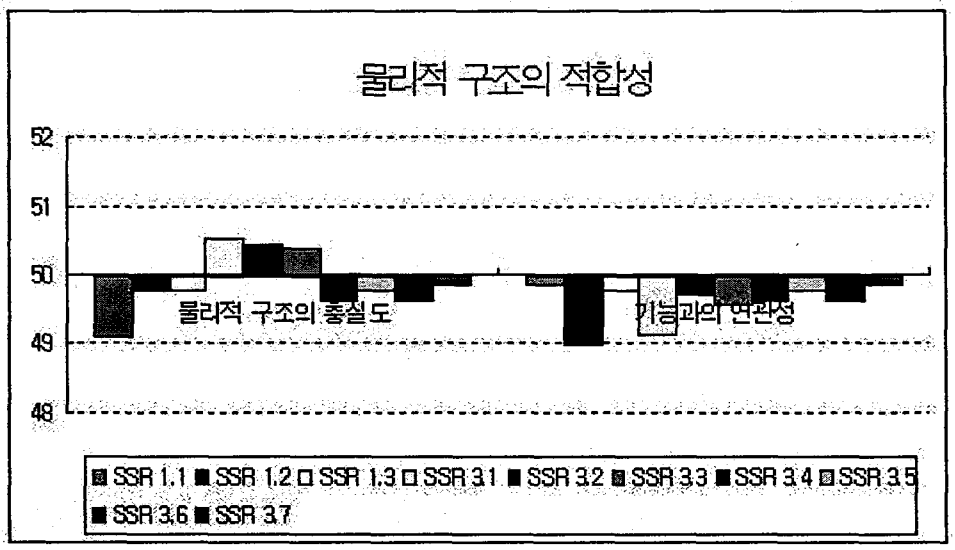
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	100.0	100.0	96.7	90.0	95.0	**96.3**
SSR 1.2	100.0	100.0	96.7	90.0	96.7	**96.7**
SSR 1.3	100.0	100.0	96.7	93.3	95.0	**97.0**
SSR 3.1	100.0	100.0	100.0	93.3	91.7	**97.0**
SSR 3.2	100.0	100.0	100.0	96.7	93.3	**98.0**
SSR 3.3	100.0	100.0	100.0	96.7	95.0	**98.3**
SSR 3.4	100.0	100.0	100.0	93.3	96.7	**98.0**
SSR 3.5	100.0	100.0	96.7	93.3	95.0	**97.0**
SSR 3.6	100.0	100.0	100.0	93.3	96.7	**98.0**
SSR 3.7	100.0	100.0	96.7	93.3	93.3	**96.7**



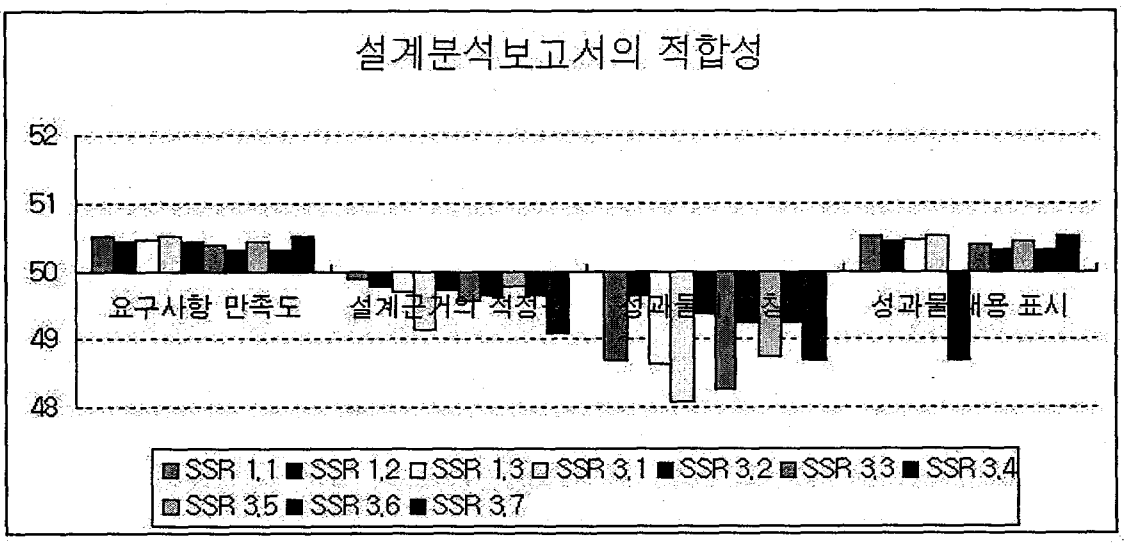
<그림 3-4-32> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (ER)



<그림 3-4-33> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (ER)

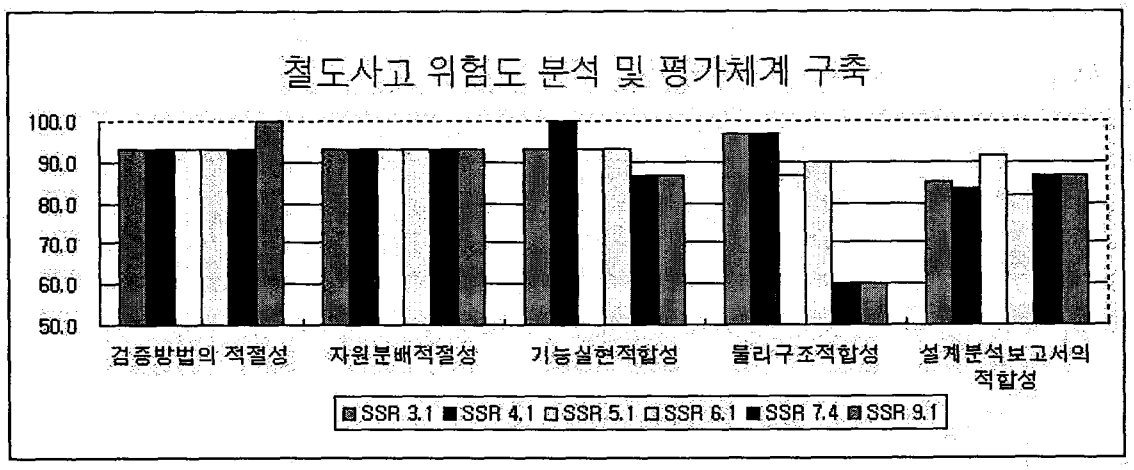


<그림 3-4-34> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (ER)



<그림 3-4-35> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (ER)

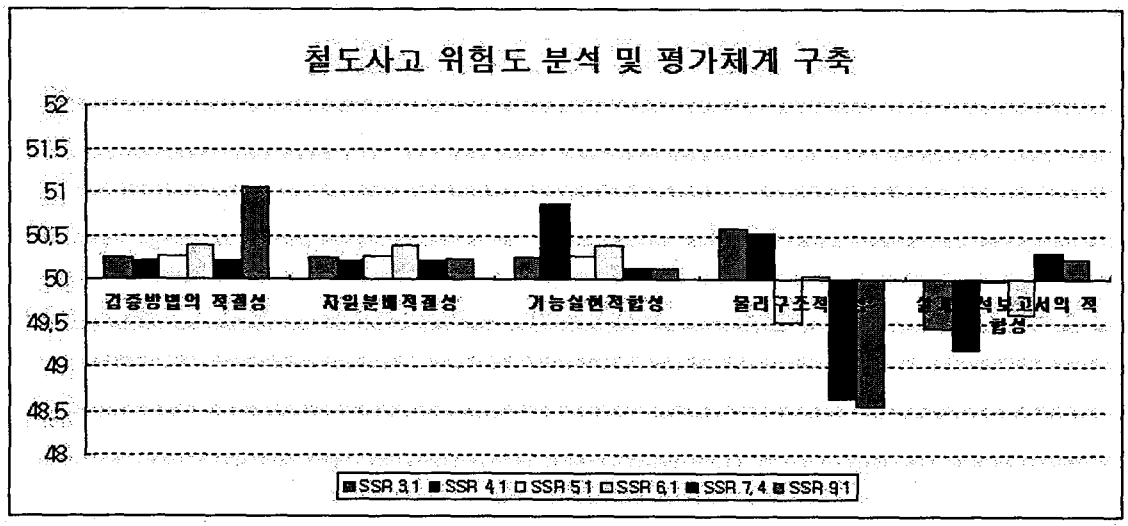
⑥ 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 과제 검증 결과



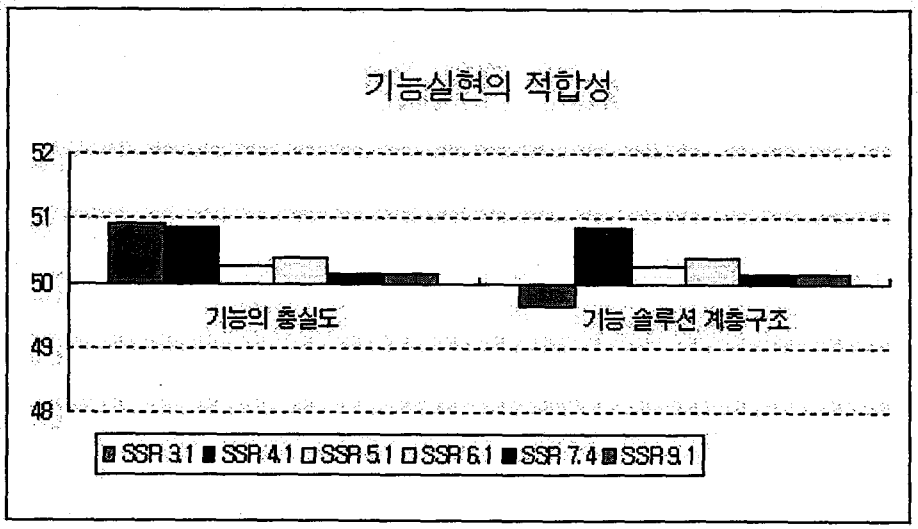
<그림 3-4-36> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RA)

<표 3-4-9> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RA)

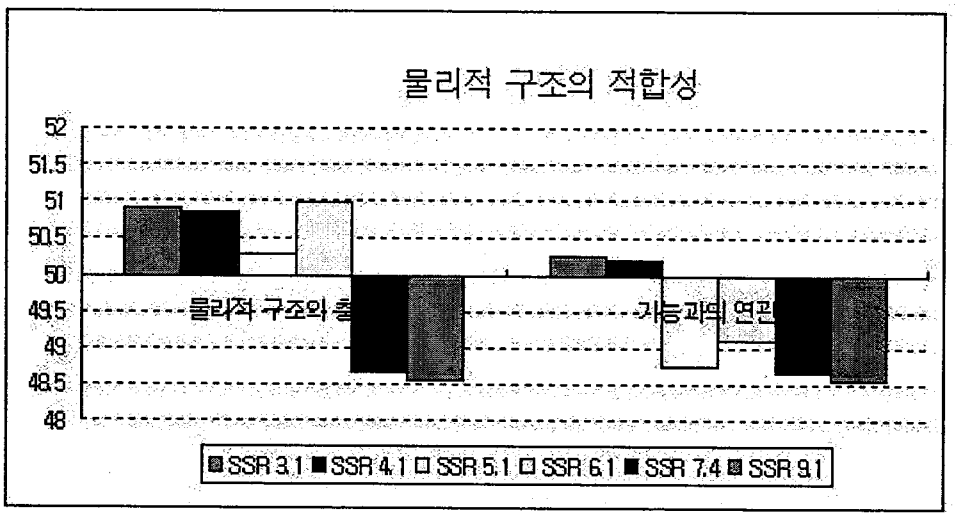
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 3.1	93.3	93.3	93.3	96.7	85.0	92.3
SSR 4.1	93.3	93.3	100.0	96.7	83.3	93.3
SSR 5.1	93.3	93.3	93.3	86.7	91.7	91.7
SSR 6.1	93.3	93.3	93.3	90.0	81.7	90.3
SSR 7.4	93.3	93.3	86.7	60.0	86.7	84.0
SSR 9.1	100.0	93.3	86.7	60.0	86.7	85.3



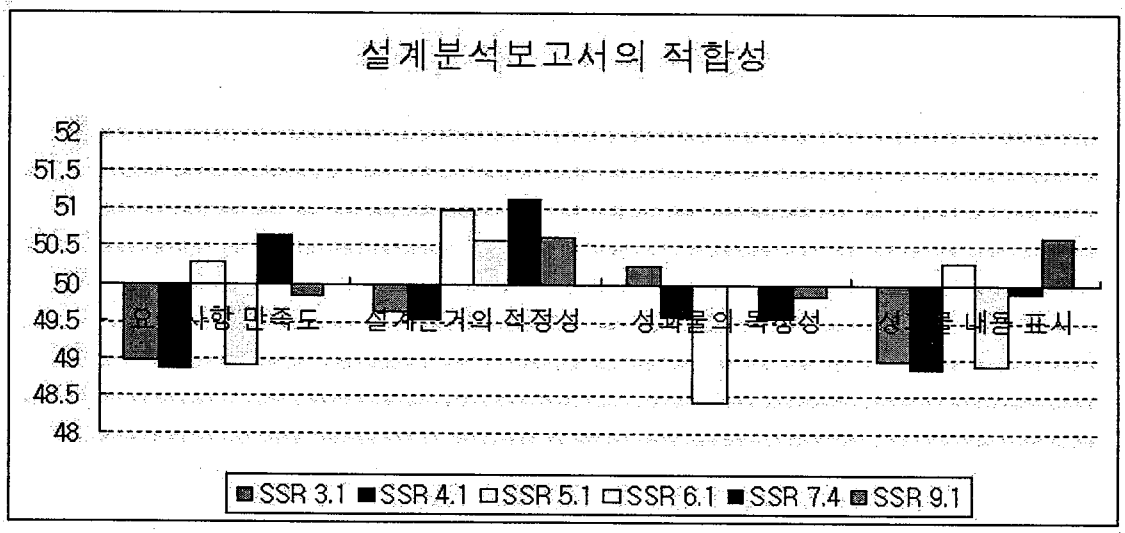
<그림 3-4-37> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RA)



<그림 3-4-38> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RA)

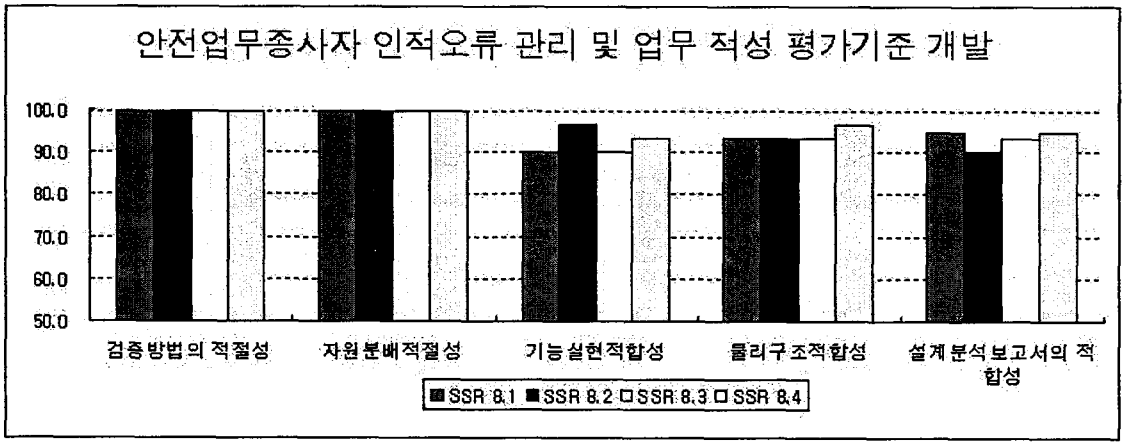


<그림 3-4-39> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RA)



<그림 3-4-40> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RA)

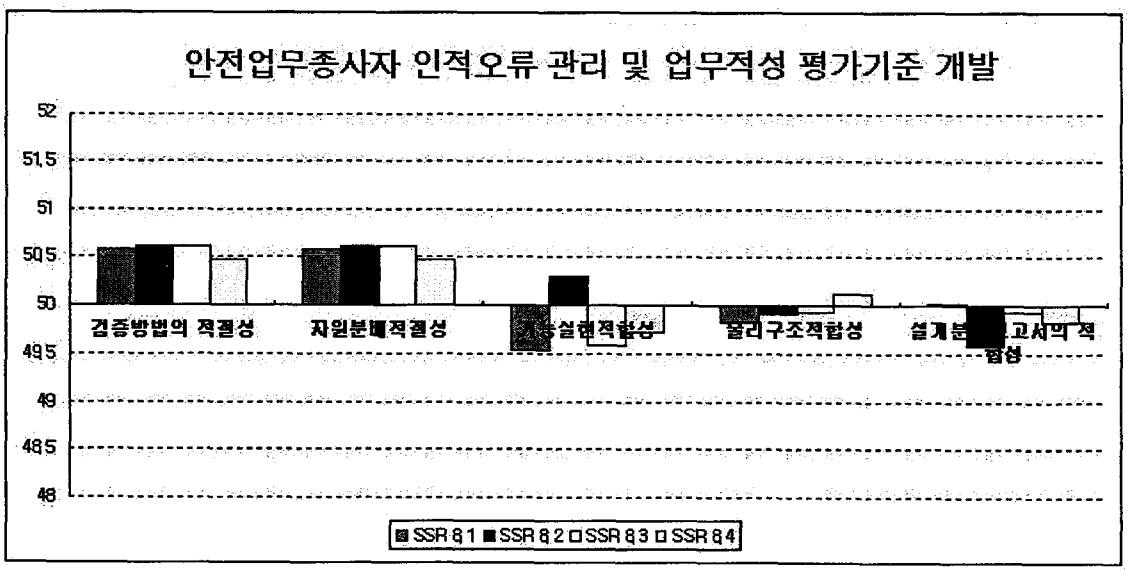
⑦ 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발 과제 검증 결과



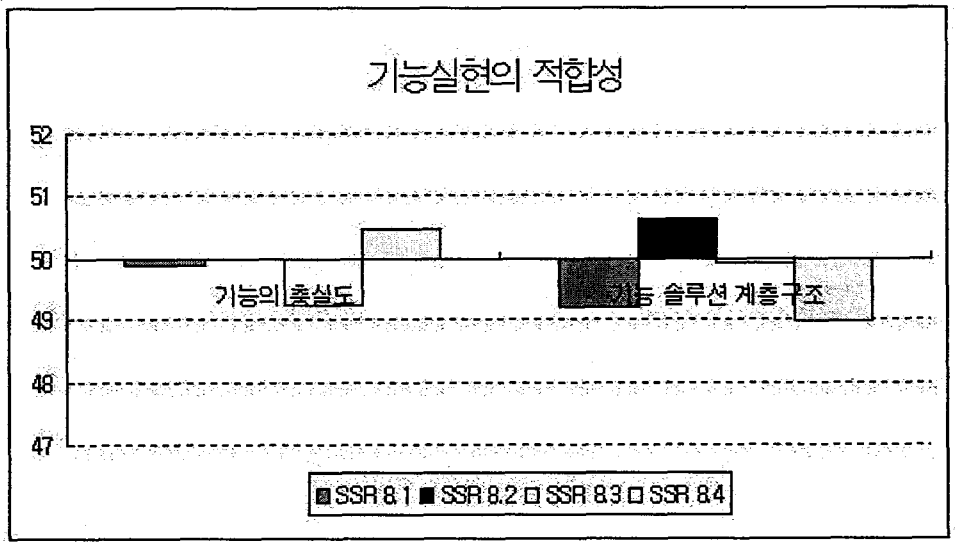
<그림 3-4-41> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (HR)

<표 3-4-10> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (HR)

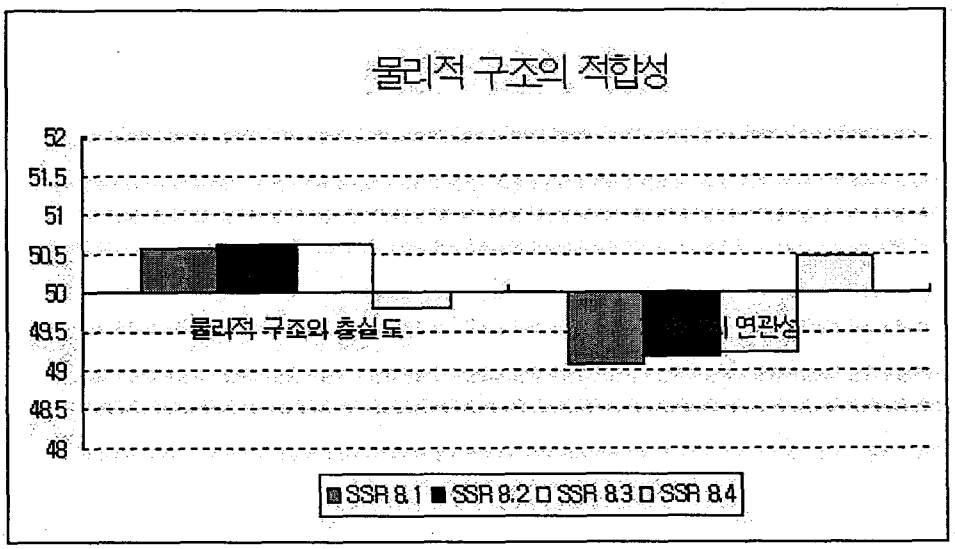
	검증방법의 적절성	자원분배적절성	기능실현적합성	물리구조적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 8.1	100.0	100.0	90.0	93.3	95.0	**95.7**
SSR 8.2	100.0	100.0	96.7	93.3	90.0	**96.0**
SSR 8.3	100.0	100.0	90.0	93.3	93.3	**95.3**
SSR 8.4	100.0	100.0	93.3	96.7	95.0	**97.0**



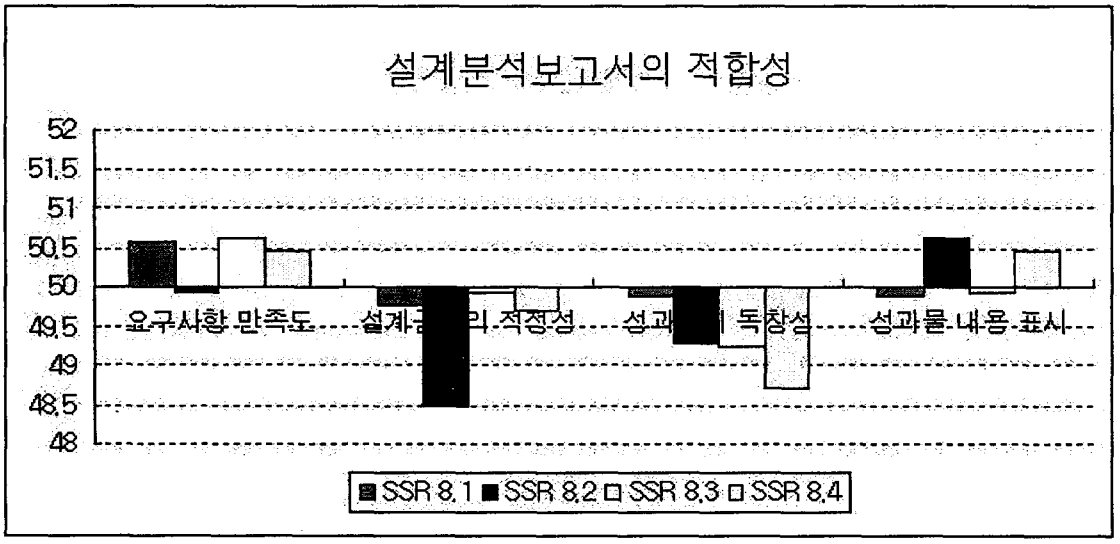
<그림 3-4-42> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (HR)



<그림 3-4-43> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HR)

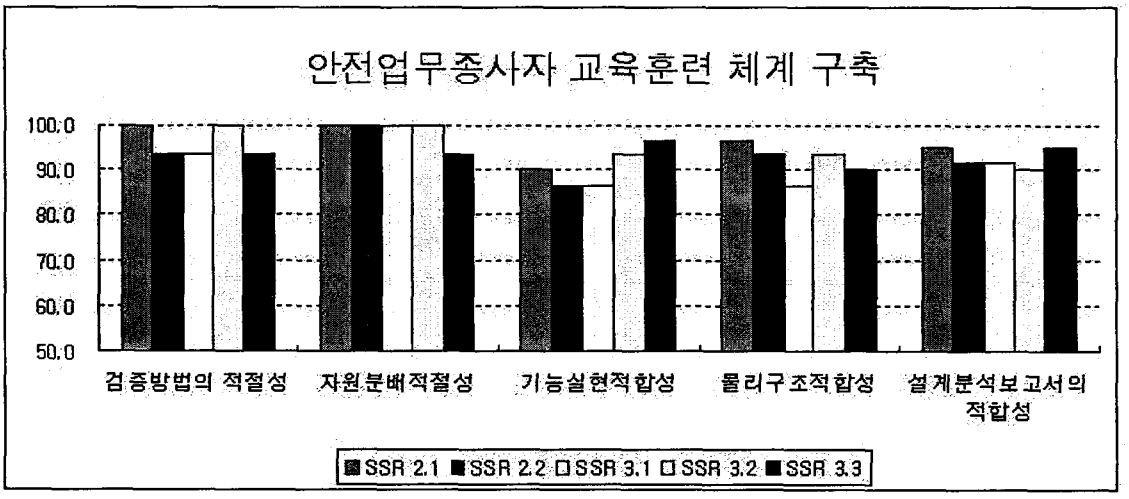


<그림 3-4-44> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HR)



<그림 3-4-45> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HR)

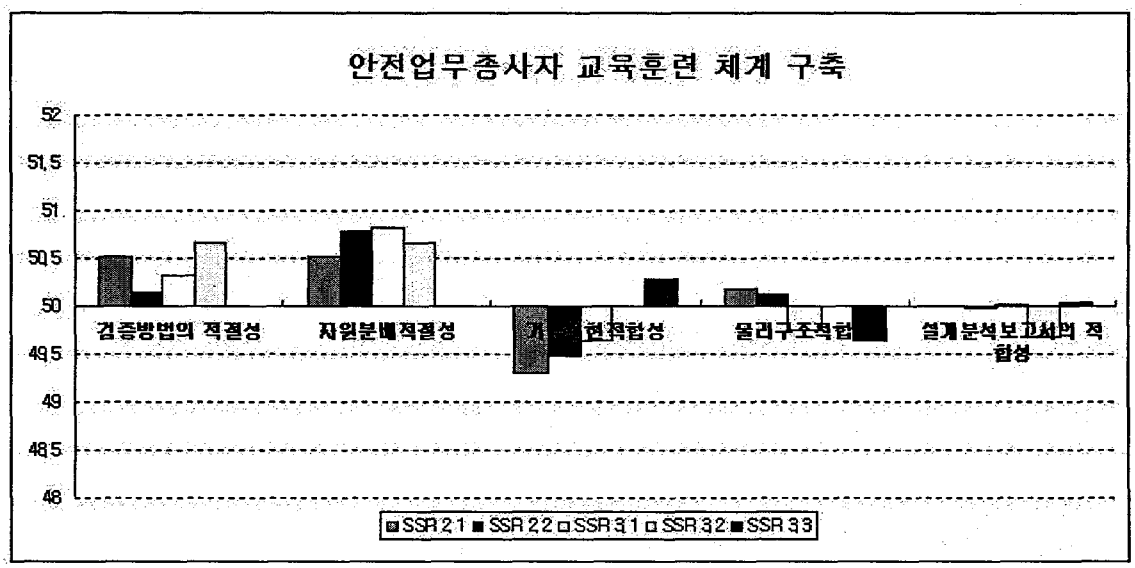
⑧ 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 과제 검증 결과



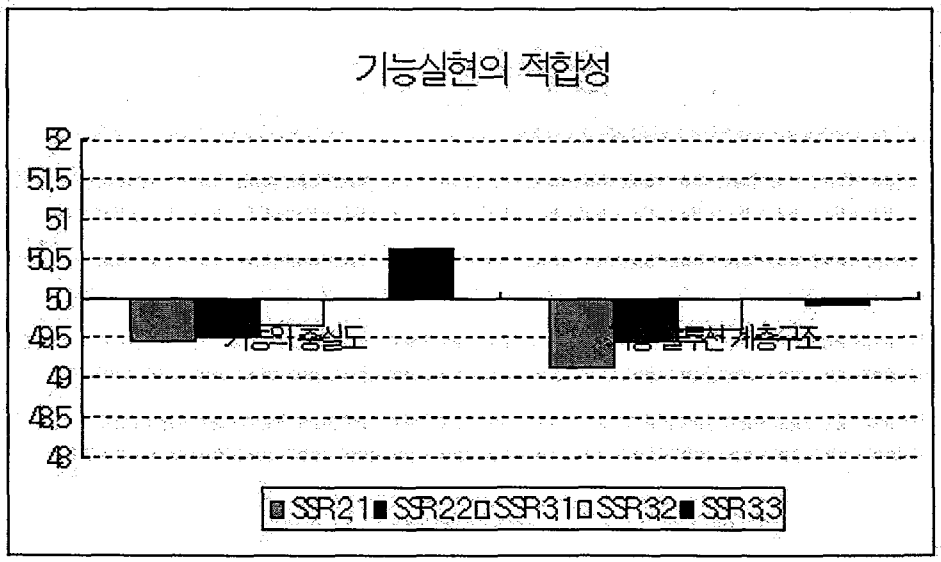
<그림 3-4-46> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (HT)

<표 3-4-11> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (HT)

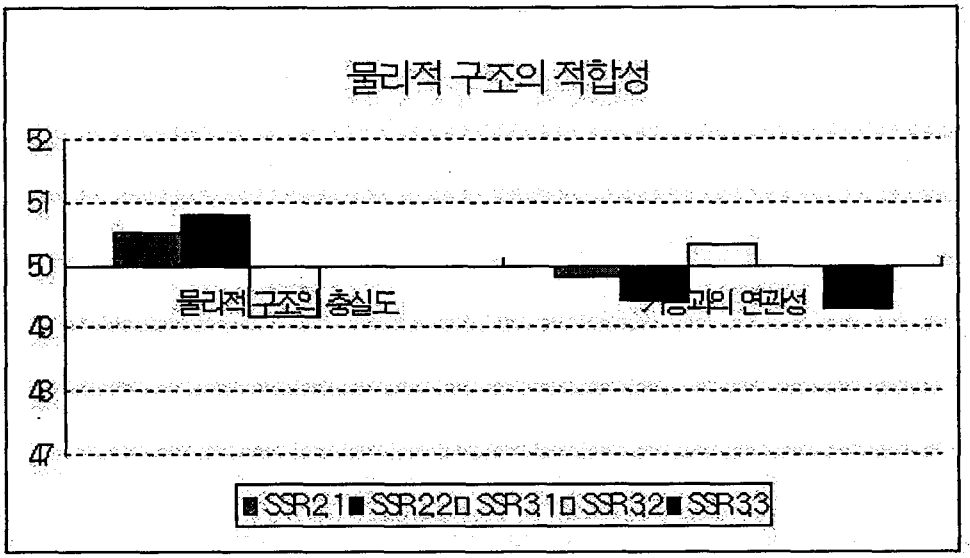
	검증방법의 적절성	자원분배적절성	기능실현적합성	물리구조적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 2.1	100.0	100.0	90.0	96.7	95.0	**96.3**
SSR 2.2	93.3	100.0	86.7	93.3	91.7	**93.0**
SSR 3.1	93.3	100.0	86.7	86.7	91.7	**91.7**
SSR 3.2	100.0	100.0	93.3	93.3	90.0	**95.3**
SSR 3.3	93.3	93.3	96.7	90.0	95.0	**93.7**



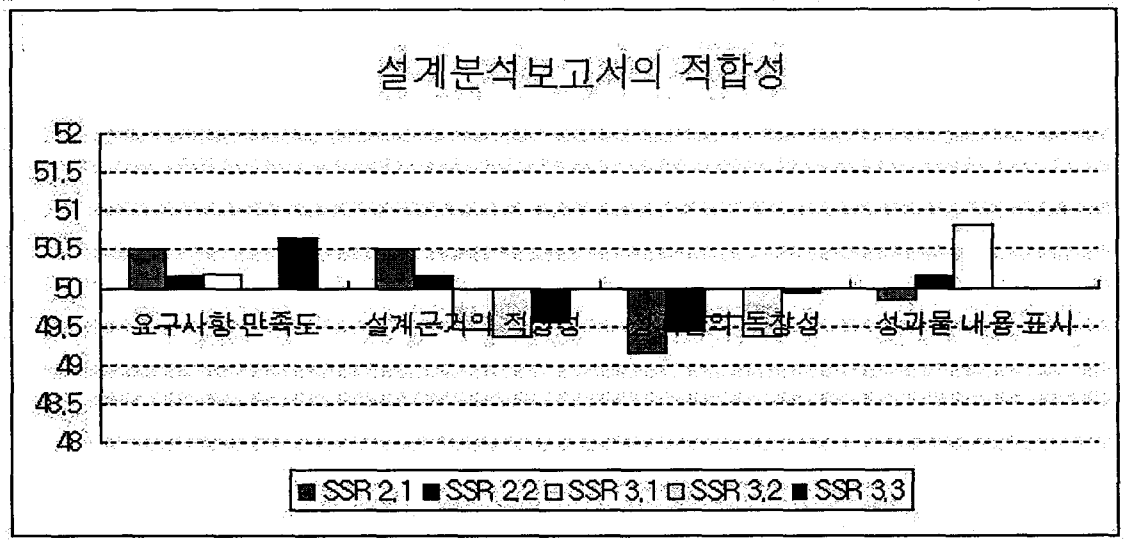
<그림 3-4-47> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (HT)



<그림 3-4-48> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HT)

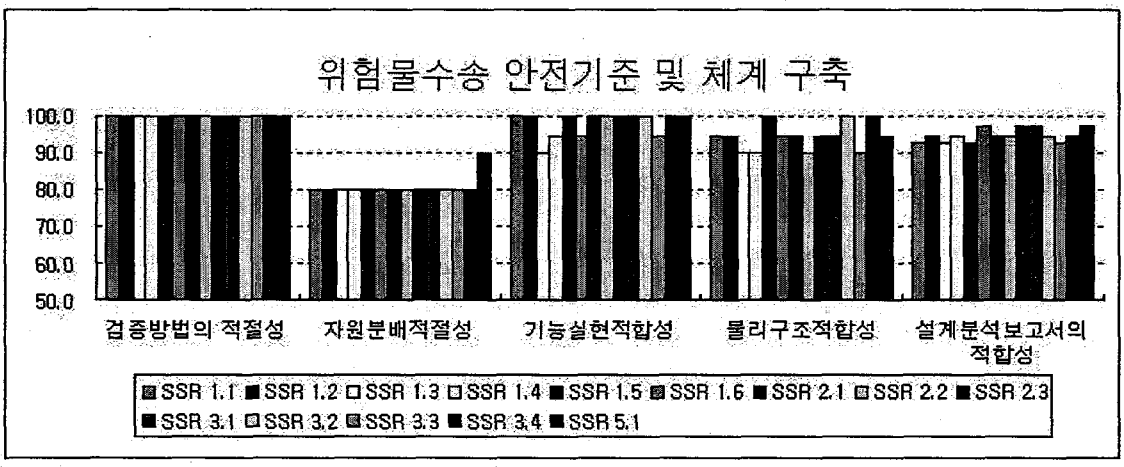


<그림 3-4-49> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HT)



<그림 3-4-50> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (HT)

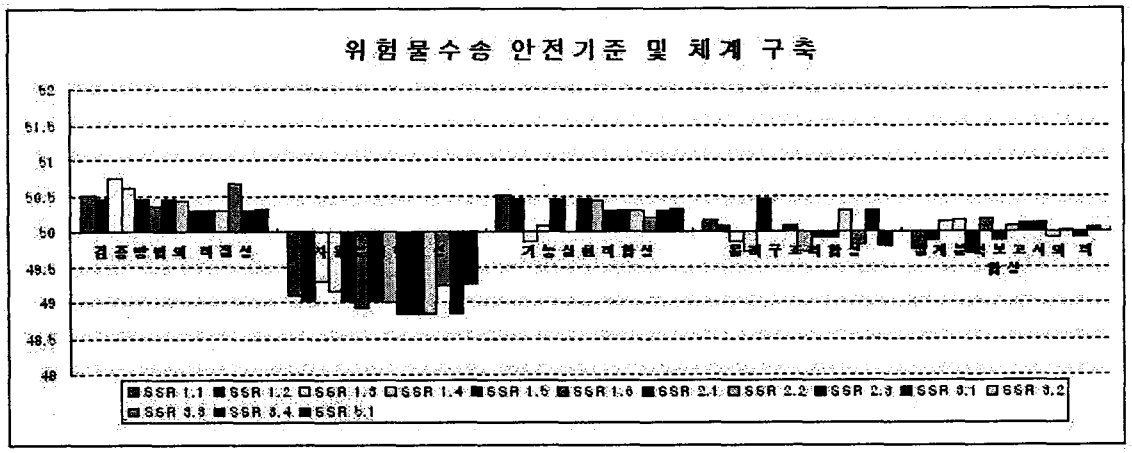
⑨ 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축 과제 검증 결과



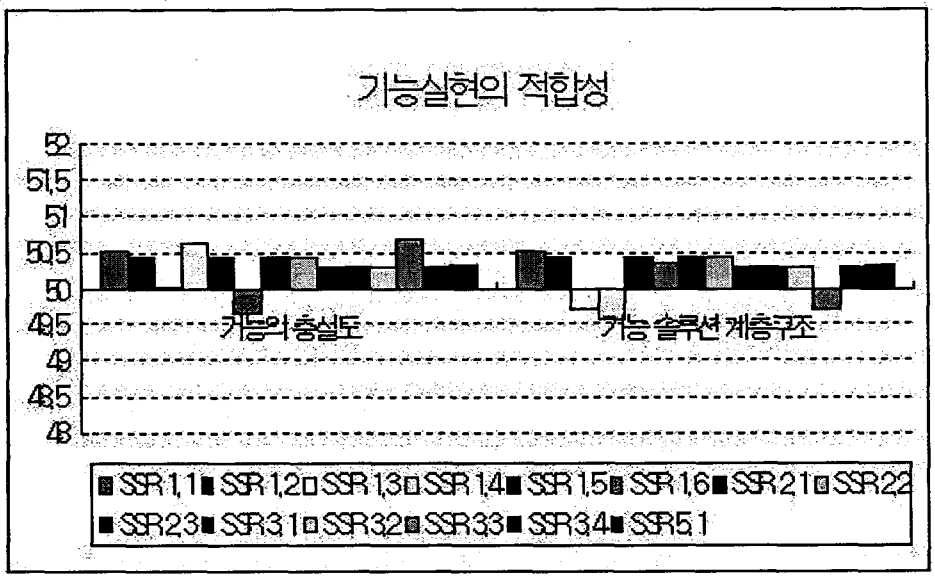
<그림 3-4-51> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RT)

<표 3-4-12> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RT)

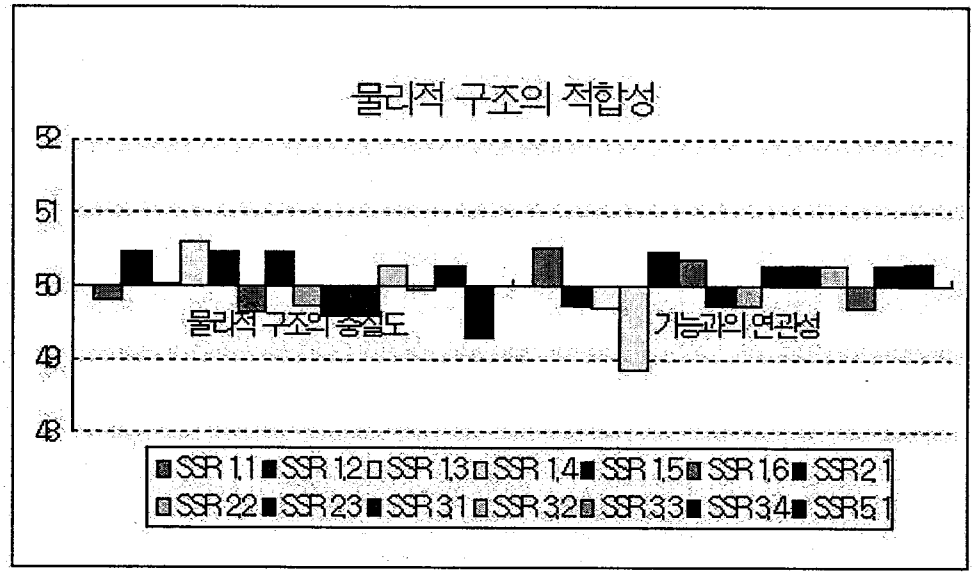
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	100.0	80.0	100.0	95.0	92.5	**93.5**
SSR 1.2	100.0	80.0	100.0	95.0	95.0	**94.0**
SSR 1.3	100.0	80.0	90.0	90.0	92.5	**90.5**
SSR 1.4	100.0	80.0	95.0	90.0	95.0	**92.0**
SSR 1.5	100.0	80.0	100.0	100.0	92.5	**94.5**
SSR 1.6	100.0	80.0	95.0	95.0	97.5	**93.5**
SSR 2.1	100.0	80.0	100.0	95.0	95.0	**94.0**
SSR 2.2	100.0	80.0	100.0	90.0	95.0	**93.0**
SSR 2.3	100.0	80.0	100.0	95.0	97.5	**94.5**
SSR 3.1	100.0	80.0	100.0	95.0	97.5	**94.5**
SSR 3.2	100.0	80.0	100.0	100.0	95.0	**95.0**
SSR 3.3	100.0	80.0	95.0	90.0	92.5	**91.5**
SSR 3.4	100.0	80.0	100.0	100.0	95.0	**95.0**
SSR 5.1	100.0	90.0	100.0	95.0	97.5	**96.5**



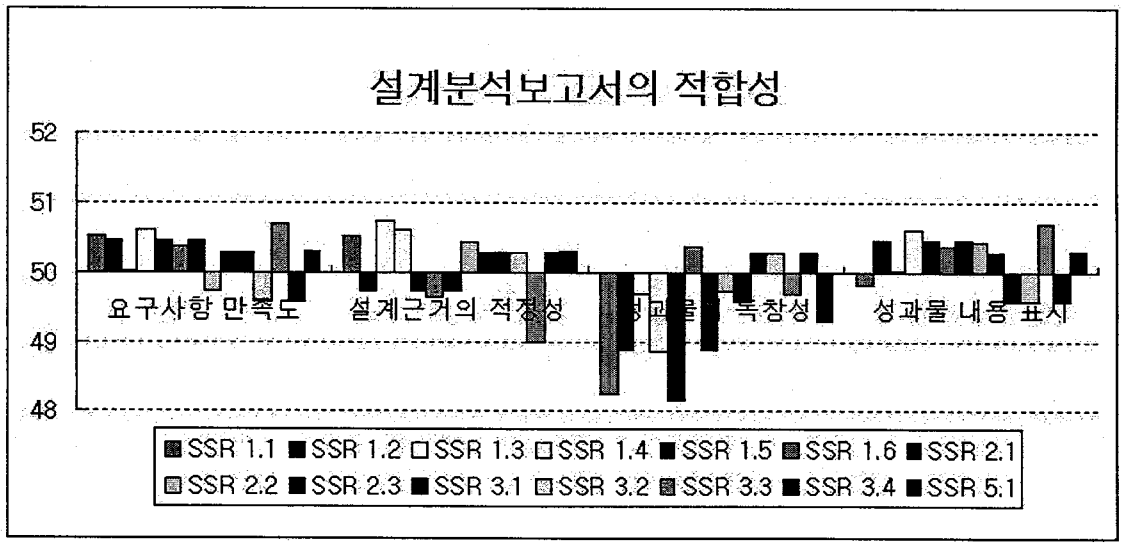
<그림 3-4-52> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RT)



<그림 3-4-53> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RT)

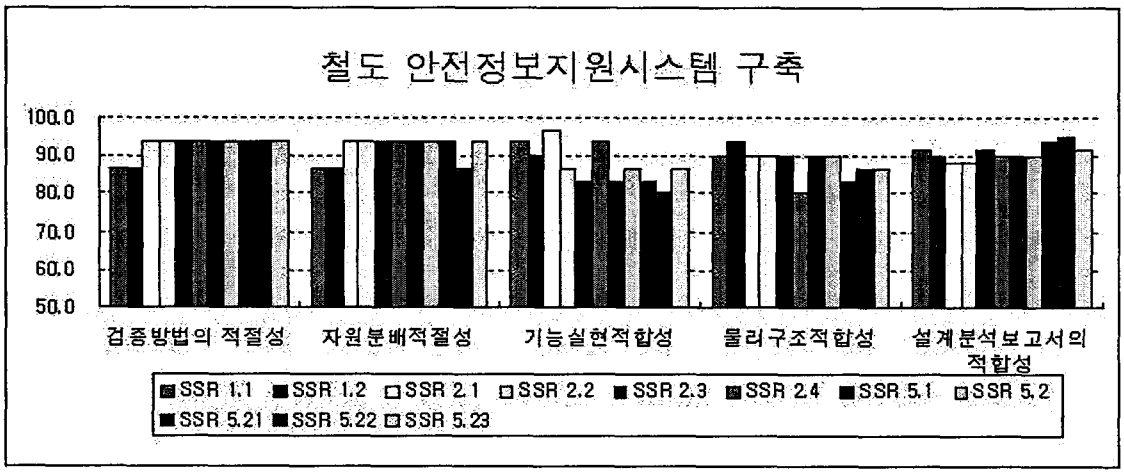


<그림 3-4-54> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RT)



<그림 3-4-55> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RT)

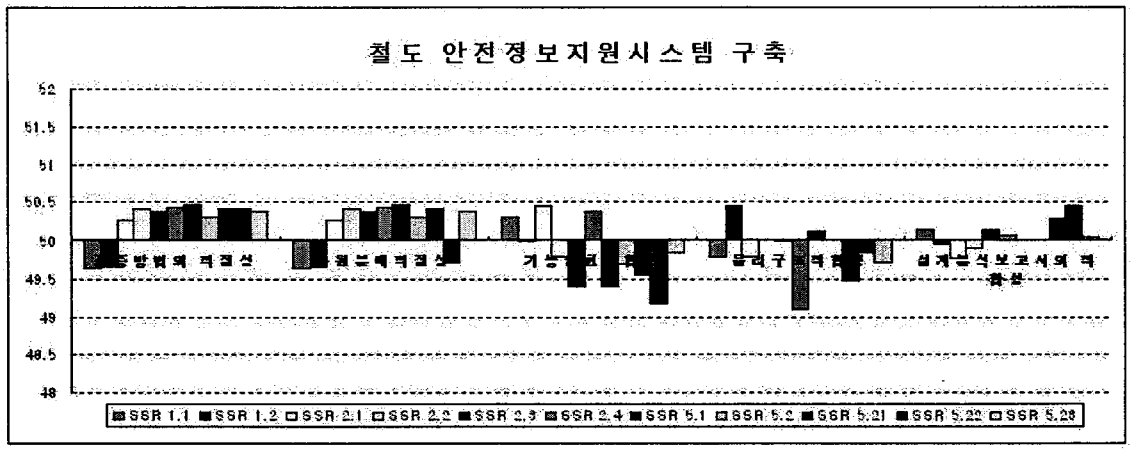
⑩ 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발 과제 검증 결과



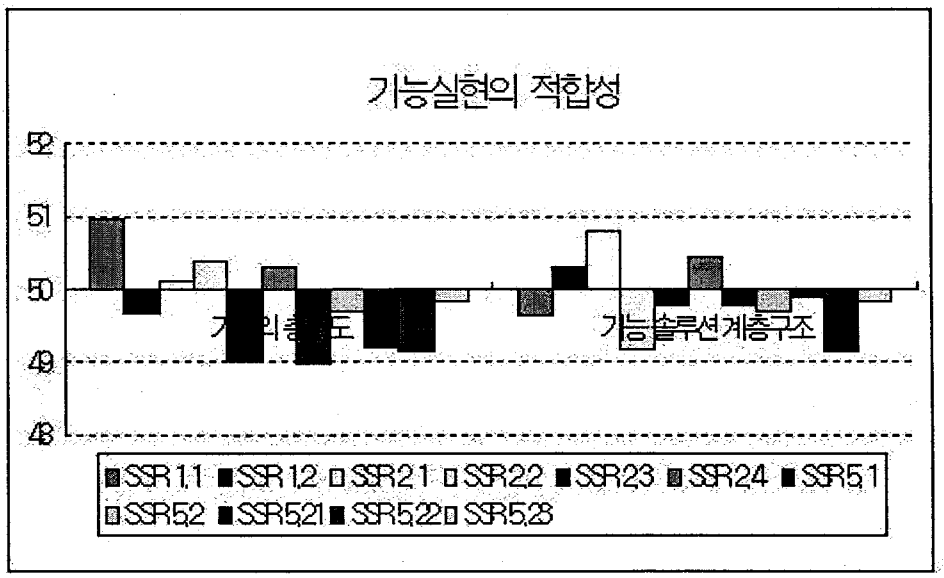
<그림 3-4-56> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (SA)

<표 3-4-13> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (SA)

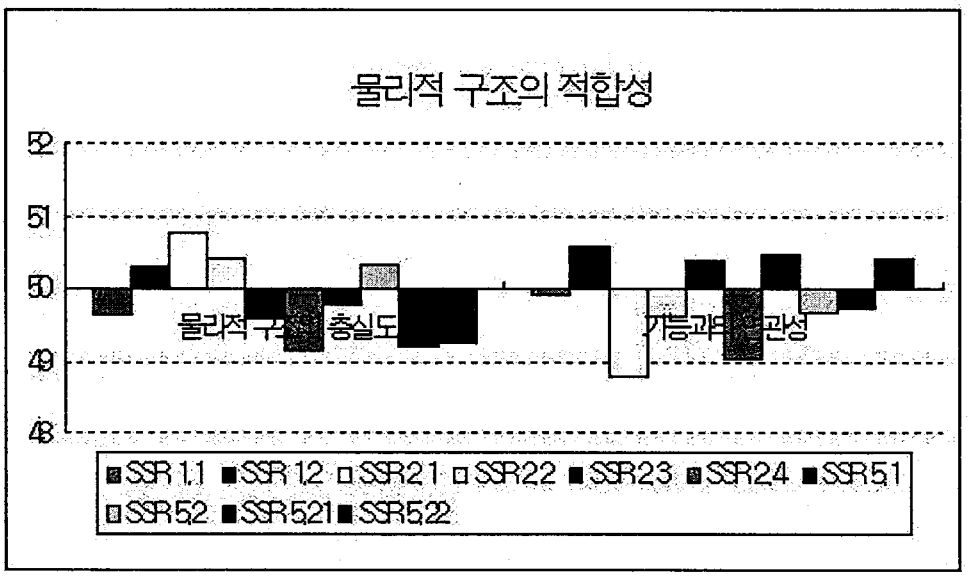
	검증방법의 적절성	자원분배적절성	기능실현적합성	물리구조적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	86.7	86.7	93.3	90.0	91.7	**89.7**
SSR 1.2	86.7	86.7	90.0	93.3	90.0	**89.3**
SSR 2.1	93.3	93.3	96.7	90.0	88.3	**92.3**
SSR 2.2	93.3	93.3	86.7	90.0	88.3	**90.3**
SSR 2.3	93.3	93.3	83.3	90.0	91.7	**90.3**
SSR 2.4	93.3	93.3	93.3	80.0	90.0	**90.0**
SSR 5.1	93.3	93.3	83.3	90.0	90.0	**90.0**
SSR 5.2	93.3	93.3	86.7	90.0	90.0	**90.7**
SSR 5.21	93.3	93.3	83.3	83.3	93.3	**89.3**
SSR 5.22	93.3	86.7	80.0	86.7	95.0	**88.3**
SSR 5.23	93.3	93.3	86.7	86.7	91.7	**90.3**



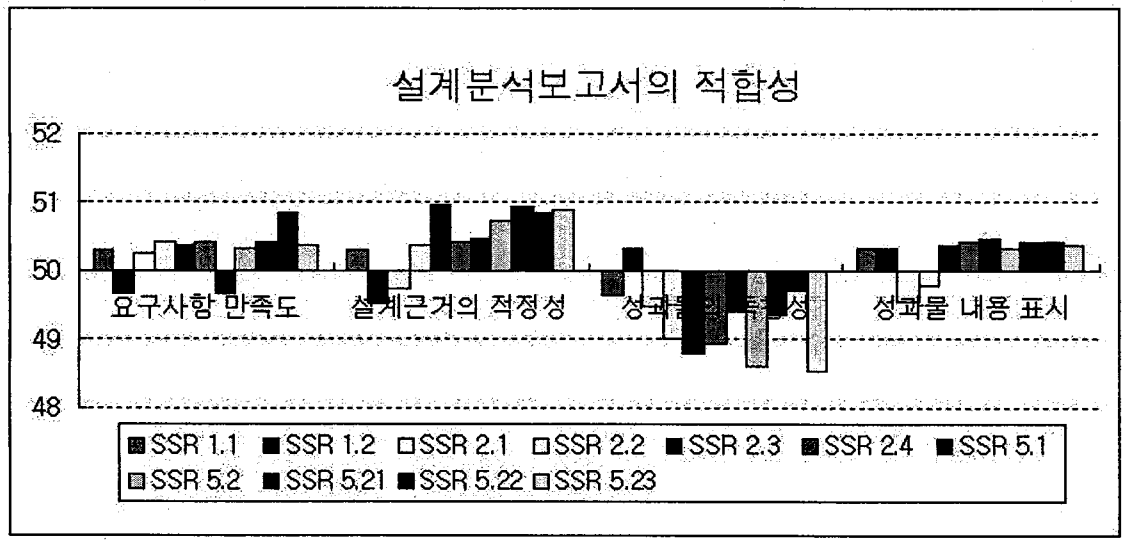
<그림 3-4-57> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (SA)



<그림 3-4-58> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SA)

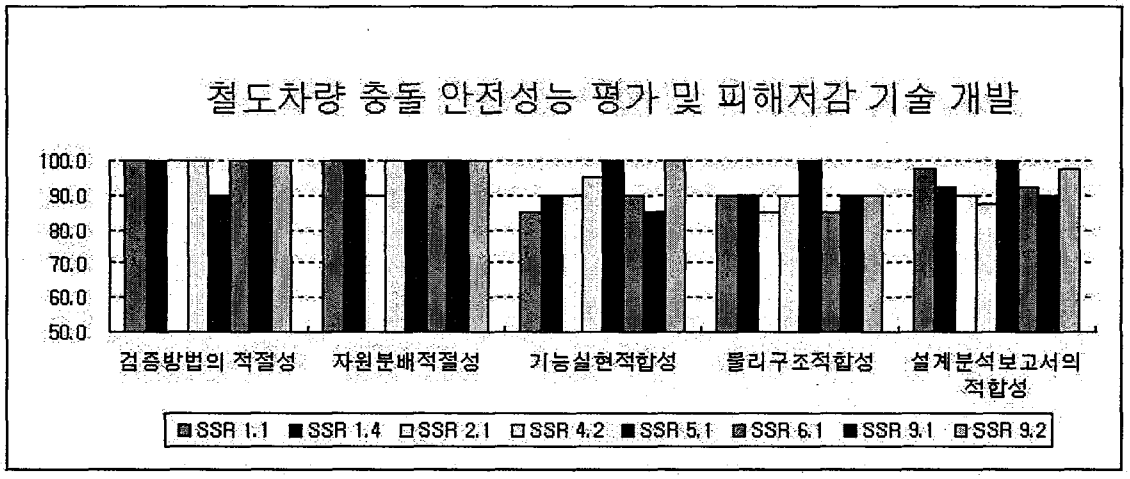


<그림 3-4-59> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SA)



<그림 3-4-60> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (SA)

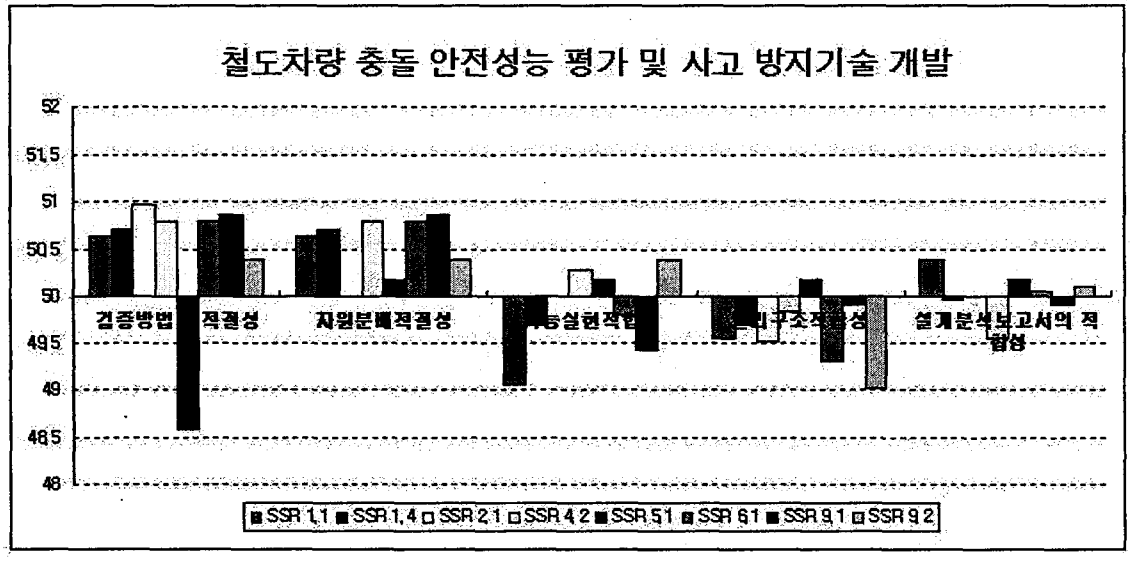
⑪ 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발 과제 검증 결과



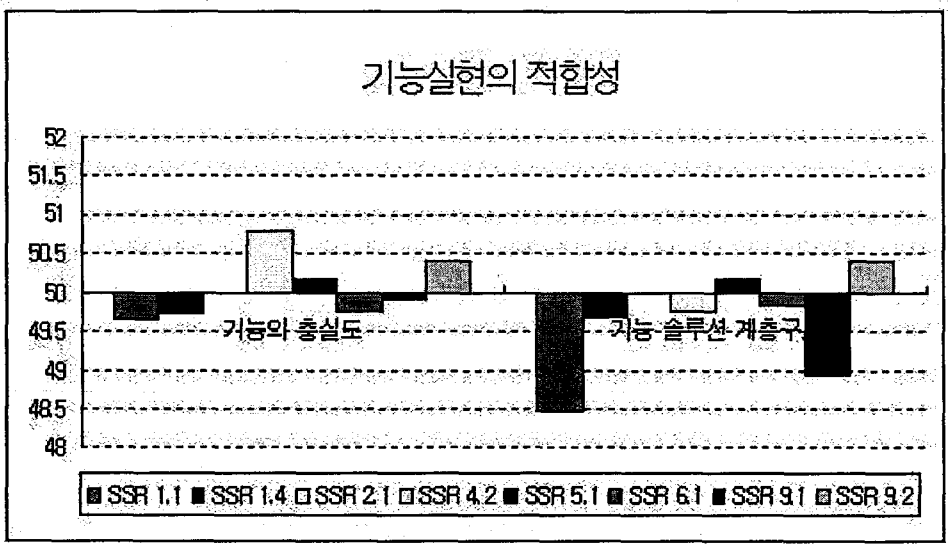
<그림 3-4-61> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RC)

<표 3-4-14> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RC)

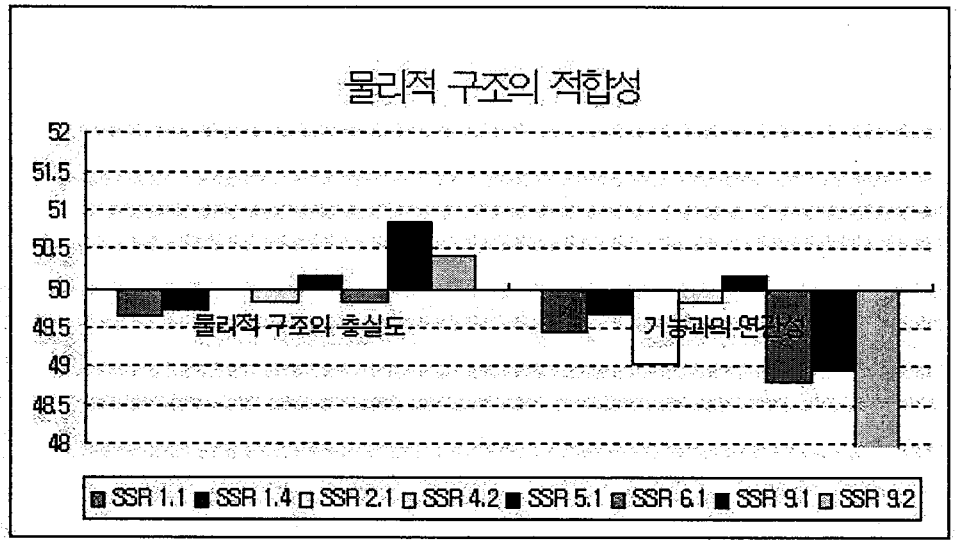
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조 적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	100.0	100.0	85.0	90.0	97.5	**94.5**
SSR 1.4	100.0	100.0	90.0	90.0	92.5	**94.5**
SSR 2.1	100.0	90.0	90.0	85.0	90.0	**91.0**
SSR 4.2	100.0	100.0	95.0	90.0	87.5	**94.5**
SSR 5.1	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	**98.0**
SSR 6.1	100.0	100.0	90.0	85.0	92.5	**93.5**
SSR 9.1	100.0	100.0	85.0	90.0	90.0	**93.0**
SSR 9.2	100.0	100.0	100.0	90.0	97.5	**97.5**



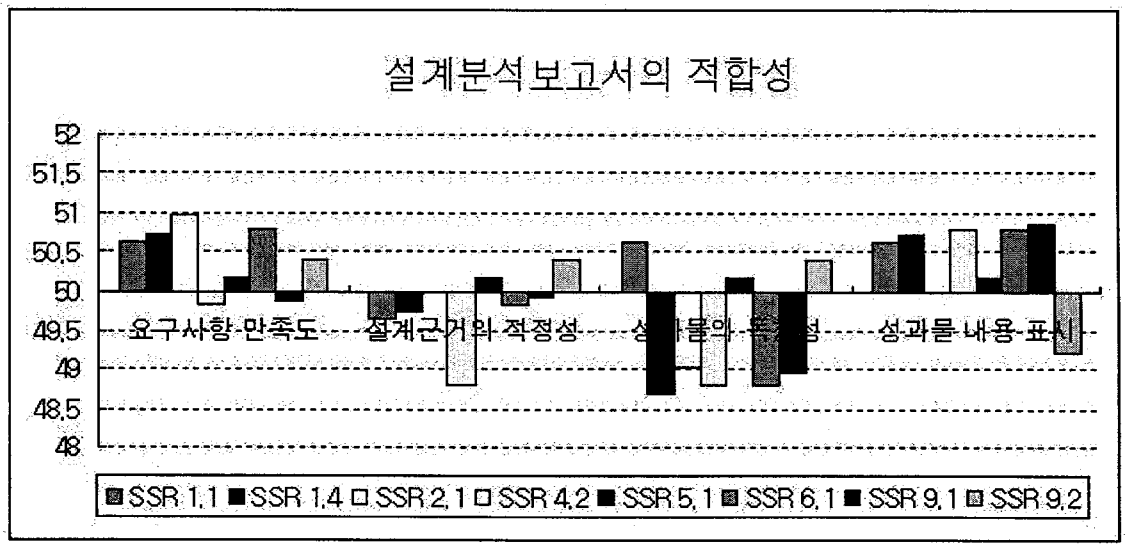
<그림 3-4-62> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RC)



<그림 3-4-63> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RC)

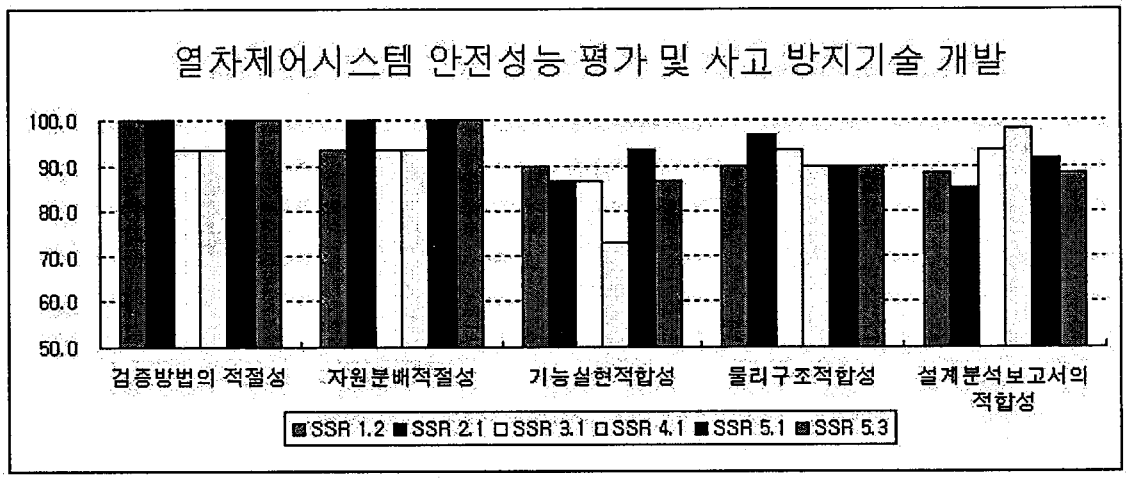


<그림 3-4-64> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RC)



<그림 3-4-65> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RC)

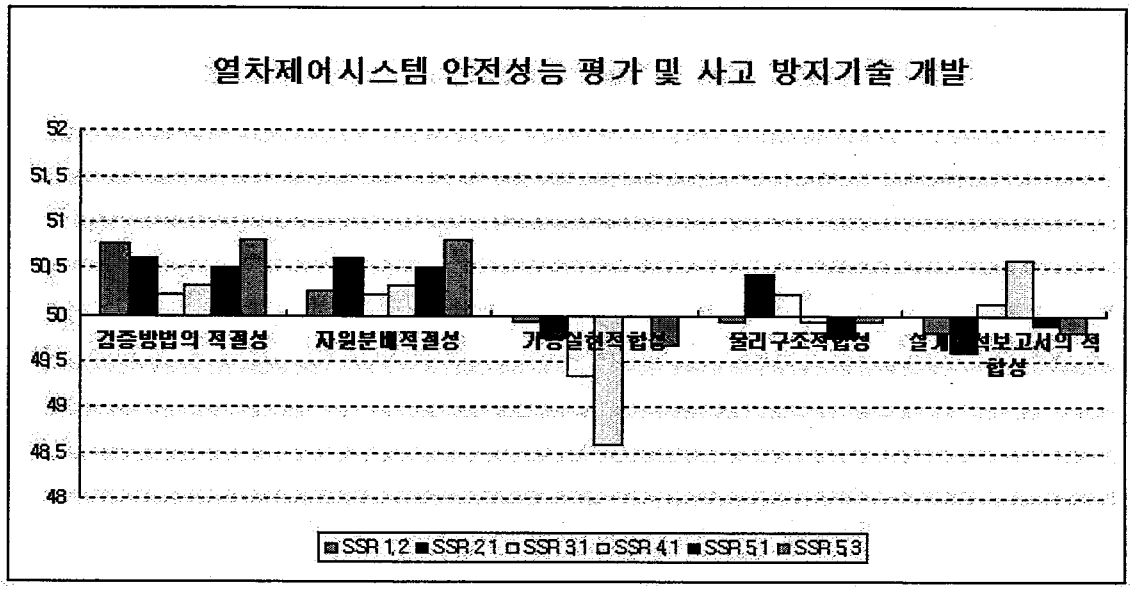
⑫ 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발 과제 검증 결과



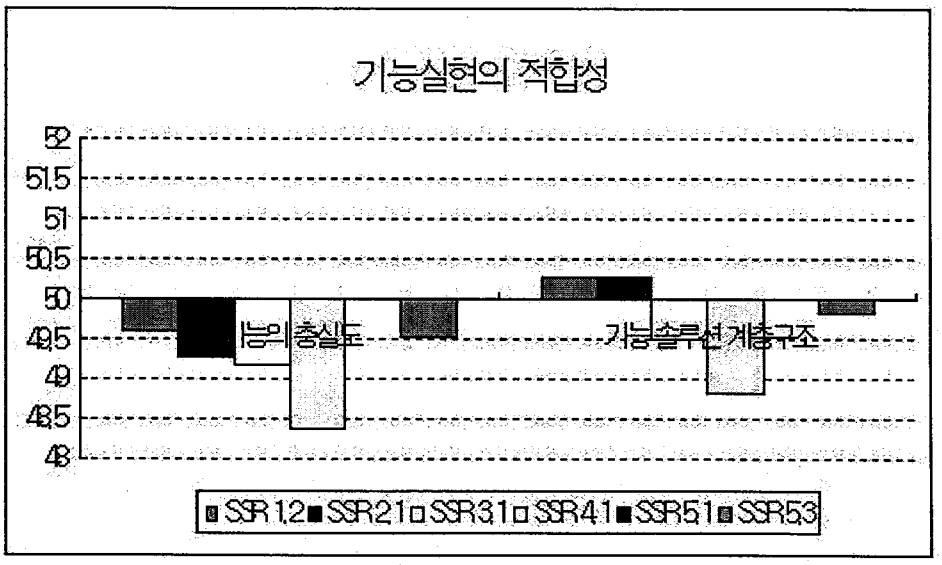
<그림 3-4-66> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (TC)

<표 3-4-15> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (TC)

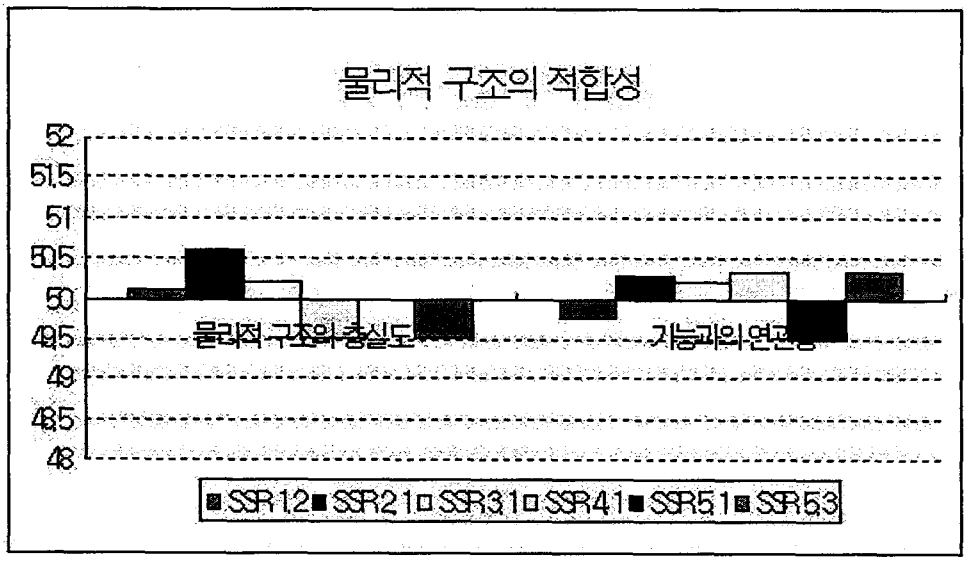
	검증방법의 적절성	자원분배적절성	기능실현적합성	물리구조적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.2	100.0	93.3	90.0	90.0	88.3	**92.3**
SSR 2.1	100.0	100.0	86.7	96.7	85.0	**93.7**
SSR 3.1	93.3	93.3	86.7	93.3	93.3	**92.0**
SSR 4.1	93.3	93.3	73.3	90.0	98.3	**89.7**
SSR 5.1	100.0	100.0	93.3	90.0	91.7	**95.0**
SSR 5.3	100.0	100.0	86.7	90.0	88.3	**93.0**



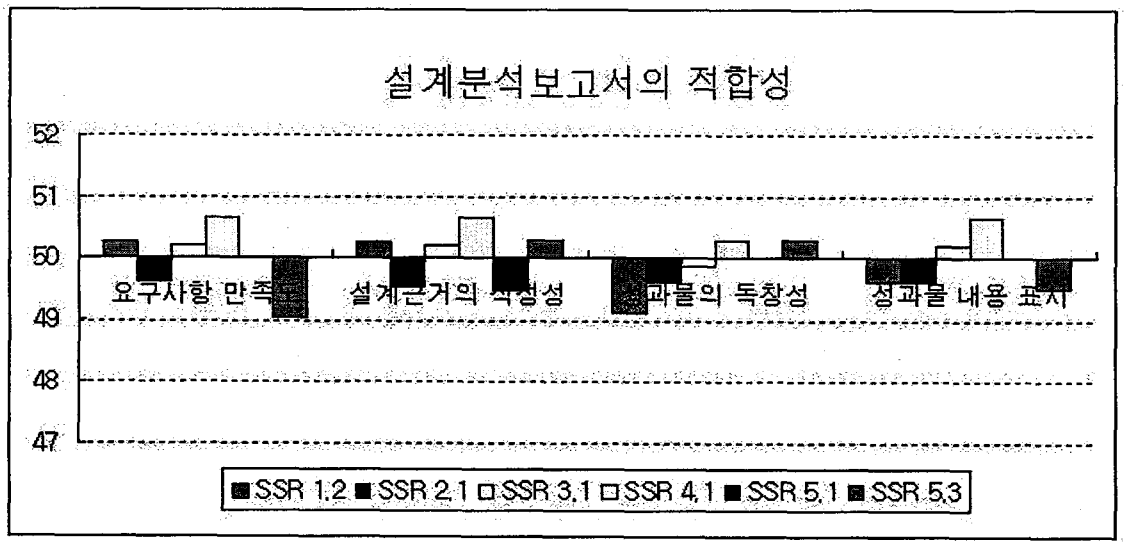
<그림 3-4-67> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (TC)



<그림 3-4-68> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (TC)

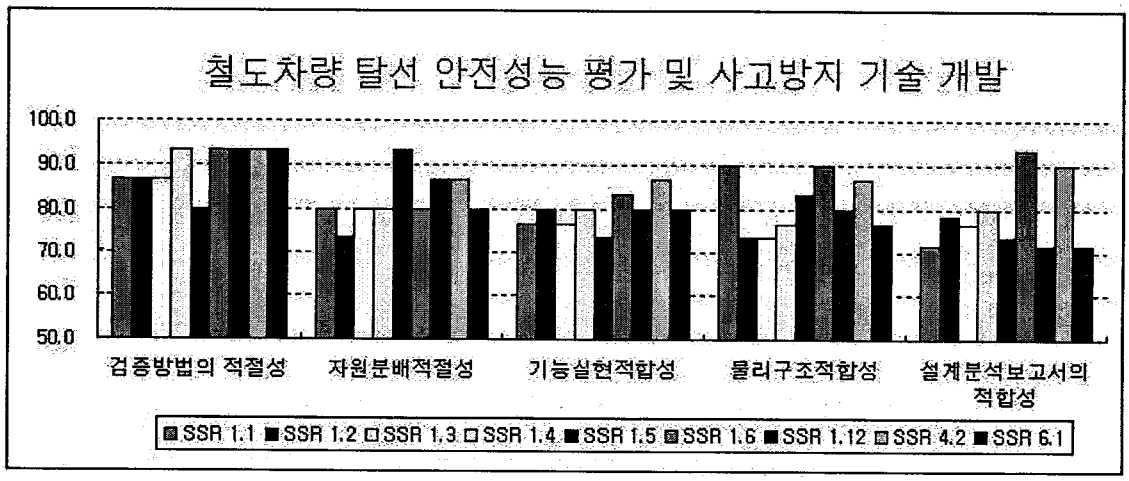


<그림 3-4-69> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (TC)



<그림 3-4-70> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (TC)

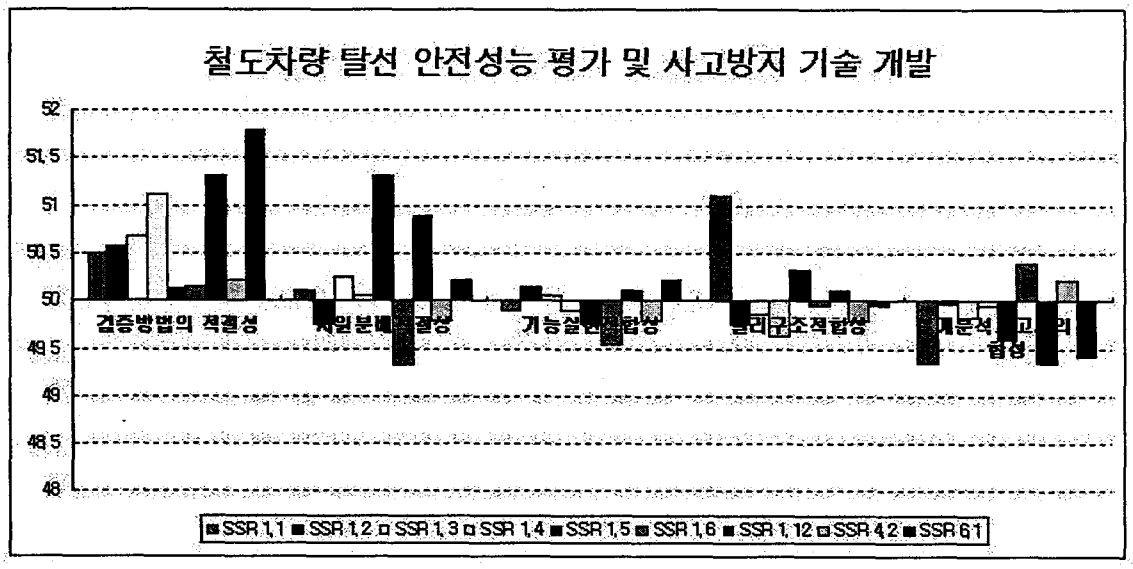
⑬ 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제 검증 결과



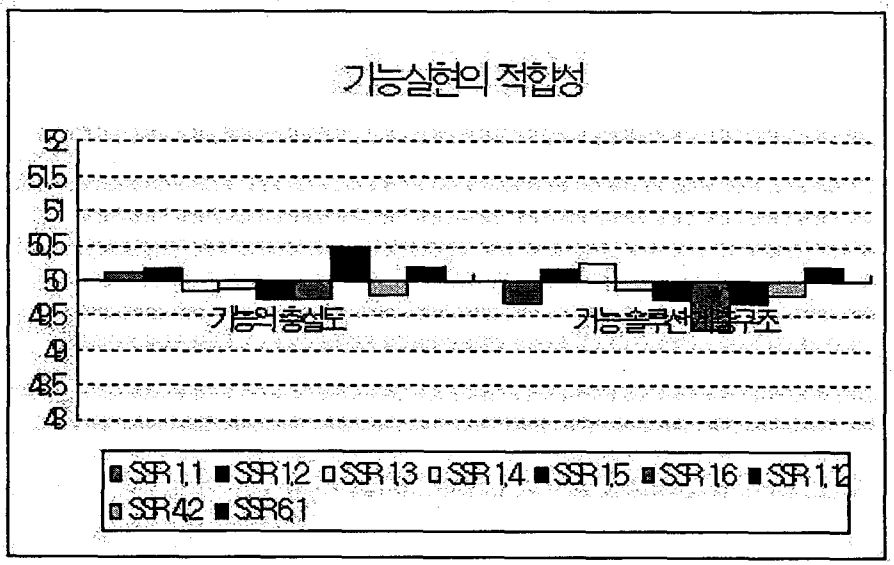
<그림 3-4-71> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RP)

<표 3-4-16> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RP)

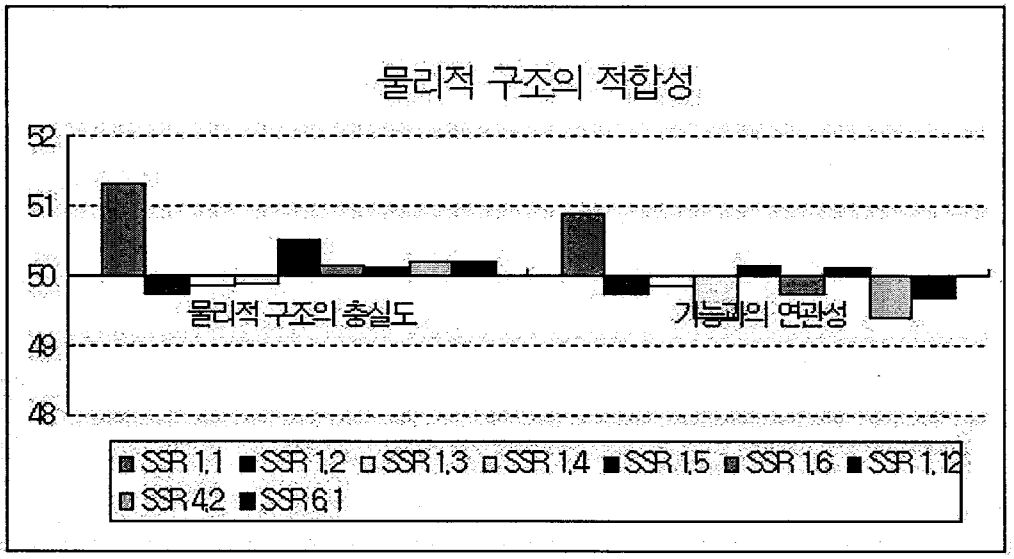
	검증방법의 적절성	자원분배적절성	기능실현적합성	물리구조적합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	86.7	80.0	76.7	90.0	71.7	**81.0**
SSR 1.2	86.7	73.3	80.0	73.3	78.3	**78.3**
SSR 1.3	86.7	80.0	76.7	73.3	76.7	**78.7**
SSR 1.4	93.3	80.0	80.0	76.7	80.0	**82.0**
SSR 1.5	80.0	93.3	73.3	83.3	73.3	**80.7**
SSR 1.6	93.3	80.0	83.3	90.0	93.3	**88.0**
SSR 1.12	93.3	86.7	80.0	80.0	71.7	**82.3**
SSR 4.2	93.3	86.7	86.7	86.7	90.0	**88.7**
SSR 6.1	93.3	80.0	80.0	76.7	71.7	**80.3**



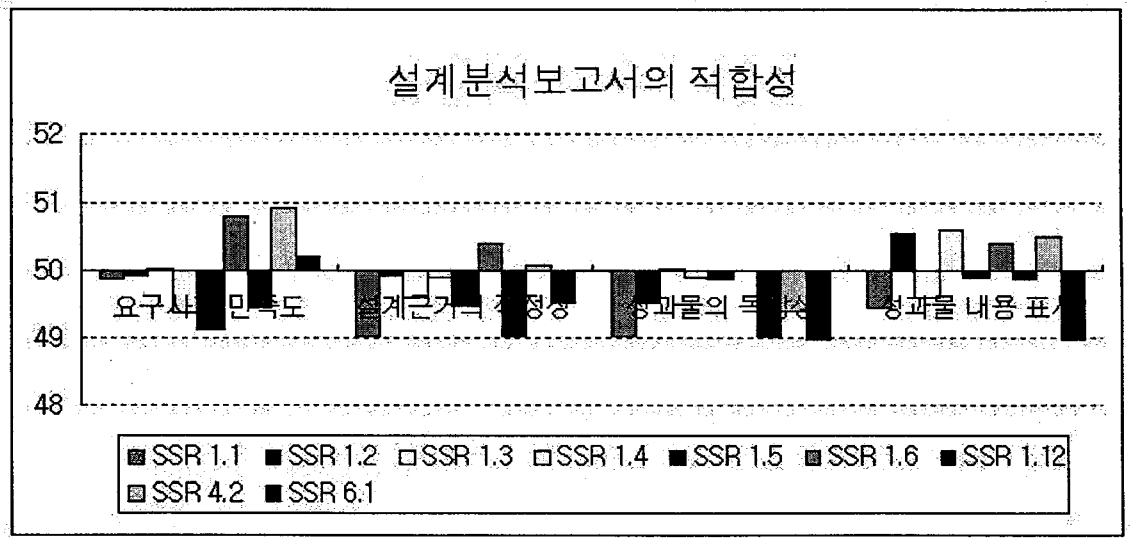
<그림 3-4-72> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RP)



<그림 3-4-73> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RP)

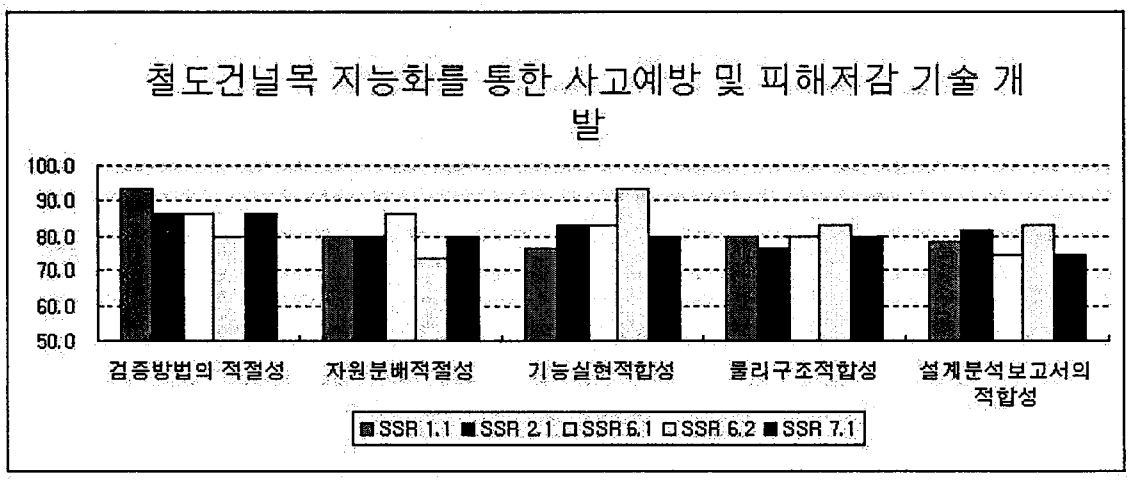


<그림 3-4-74> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RP)



<그림 3-4-75> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RP)

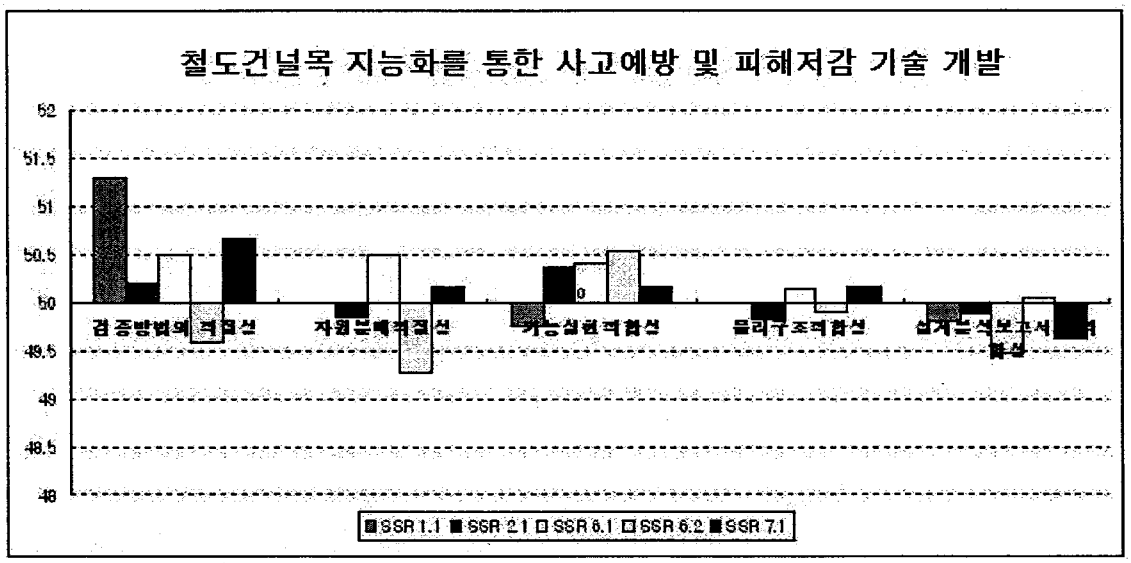
⑭ 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 과제 검증 결과



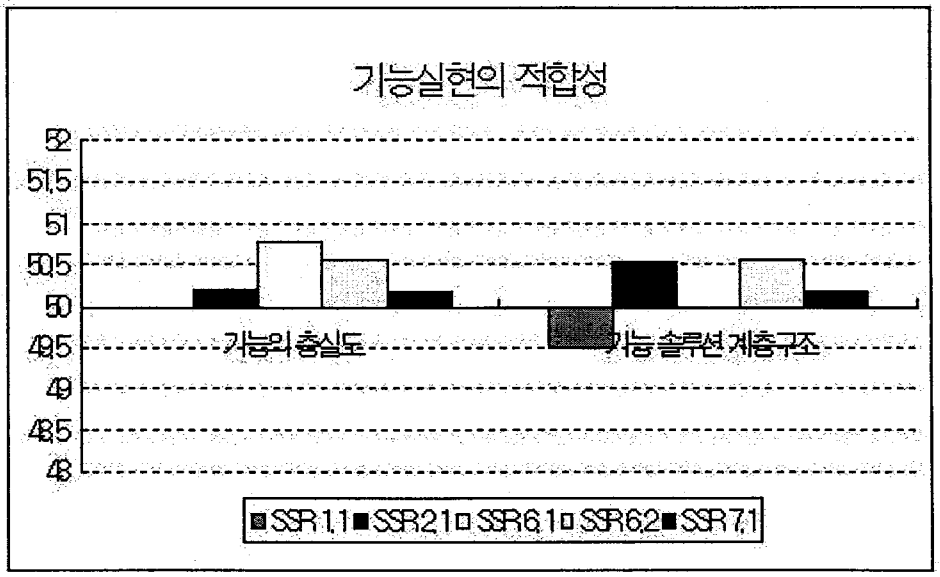
<그림 3-4-76> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (LC)

<표 3-4-17> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (LC)

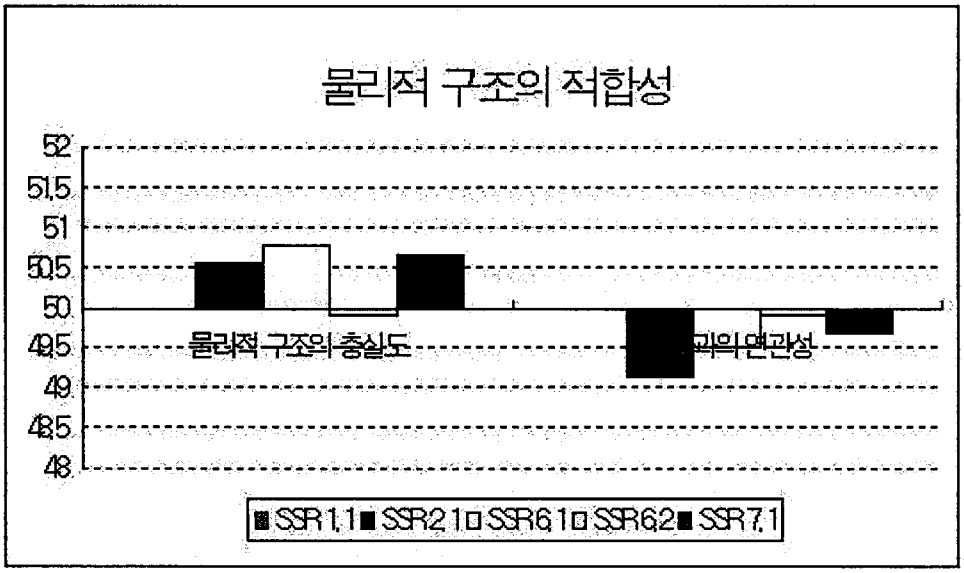
	검증방법의 적절성	자원분배 적절성	기능실현 적합성	물리구조 적합성	설계분석 보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	93.3	80.0	76.7	80.0	78.3	**81.7**
SSR 2.1	86.7	80.0	83.3	76.7	81.7	**81.7**
SSR 6.1	86.7	86.7	83.3	80.0	75.0	**82.3**
SSR 6.2	80.0	73.3	93.3	83.3	83.3	**82.7**
SSR 7.1	86.7	80.0	80.0	80.0	75.0	**80.3**



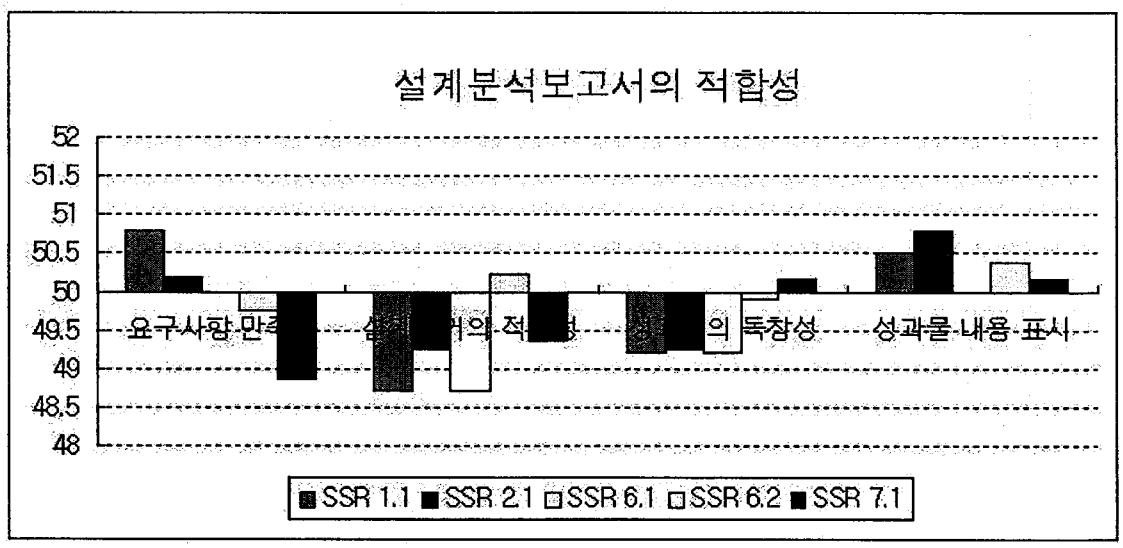
<그림 3-4-77> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (LC)



<그림 3-4-78> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (LC)

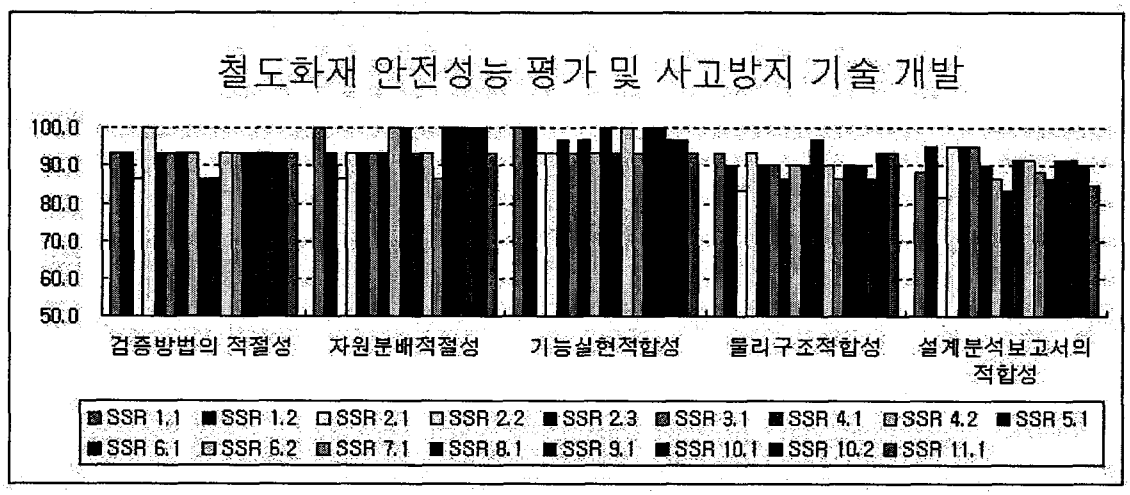


<그림 3-4-79> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (LC)



<그림 3-4-80> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (LC)

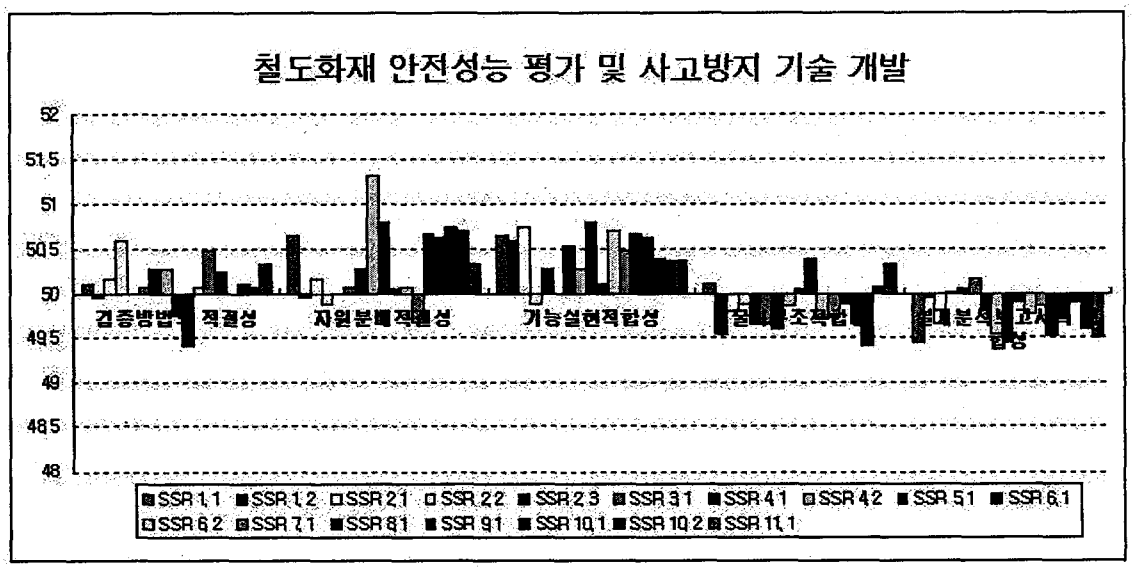
⑮ 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 과제 검증 결과



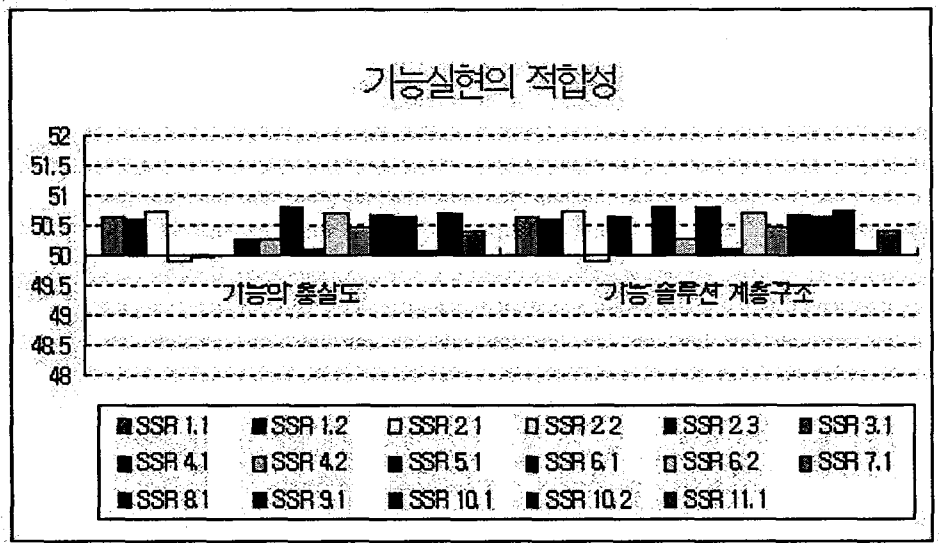
<그림 3-4-81> 검증 평가 항목 당 평균점수 분포도 (RF)

<표 3-4-18> 검증 평가 항목 당 평균점수 세부내역 (RF)

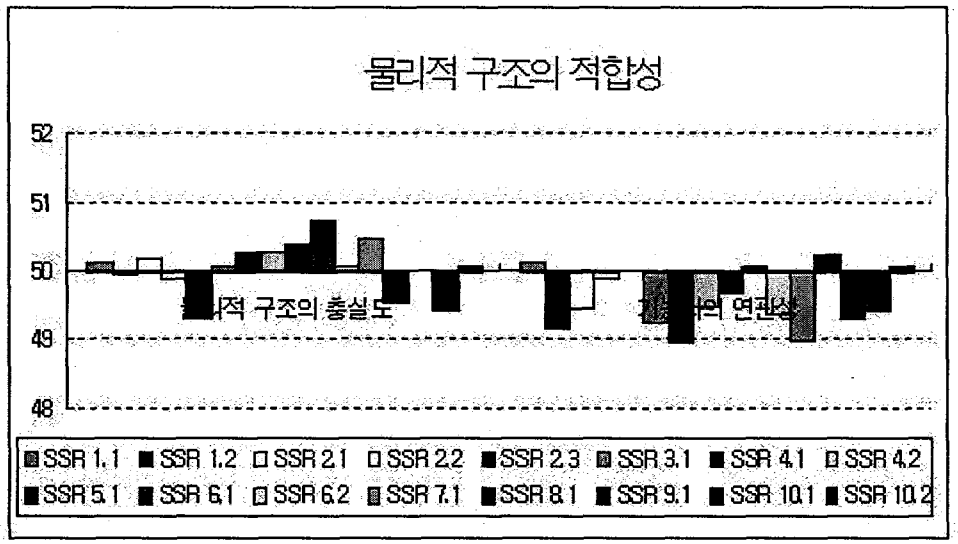
	검증방법의 적절성	자원분배적 절성	기능실현적 합성	물리구조적 합성	설계분석보고서의 적합성	평균
SSR 1.1	93.3	100.0	100.0	93.3	88.3	95.0
SSR 1.2	93.3	93.3	100.0	90.0	95.0	94.3
SSR 2.1	86.7	86.7	93.3	83.3	81.7	86.3
SSR 2.2	100.0	93.3	93.3	93.3	95.0	95.0
SSR 2.3	93.3	93.3	96.7	90.0	95.0	93.7
SSR 3.1	93.3	93.3	93.3	90.0	95.0	93.0
SSR 4.1	93.3	93.3	96.7	86.7	90.0	92.0
SSR 4.2	93.3	100.0	93.3	90.0	86.7	92.7
SSR 5.1	86.7	100.0	100.0	90.0	83.3	92.0
SSR 6.1	86.7	93.3	93.3	96.7	91.7	92.3
SSR 6.2	93.3	93.3	100.0	90.0	91.7	93.7
SSR 7.1	93.3	86.7	93.3	86.7	88.3	89.7
SSR 8.1	93.3	100.0	100.0	90.0	86.7	94.0
SSR 9.1	93.3	100.0	100.0	90.0	91.7	95.0
SSR 10.1	93.3	100.0	96.7	86.7	91.7	93.7
SSR 10.2	93.3	100.0	96.7	93.3	90.0	94.7
SSR 11.1	93.3	93.3	93.3	93.3	85.0	91.7



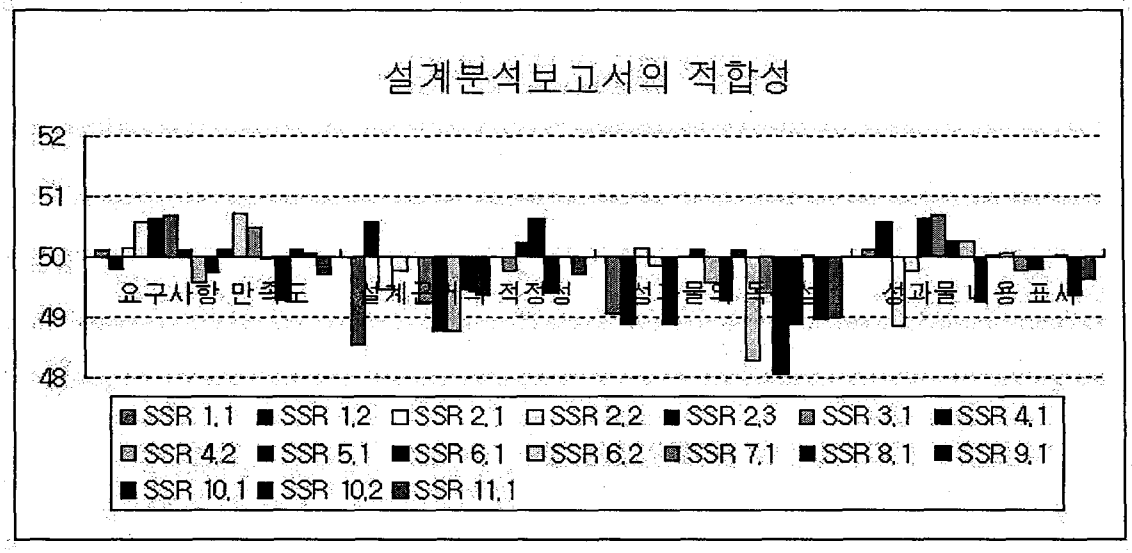
<그림 3-4-82> 과제 평가 항목 당 표준점수 분포 (RF)



<그림 3-4-83> 기능실현의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RF)



<그림 3-4-84> 물리적 구조의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RF)



<그림 3-4-85> 설계분석보고서의 적합성에 대한 표준점수 분포 (RF)

(다) 수정된 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM)

① 철도안전 SE 및 사업총괄

<표 3-4-19> 철도안전 SE 및 사업총괄 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증방법	검증 일자
1	프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.			
1.1	프로젝트는 사업 요구사항 변경관리를 수행한다.	사업 요구사항 변경관리	기록 확인 (과제 SR_SSR 문서 확인)	2007.01.19
1.2	프로젝트는 PM체계를 재정립 한다	통합 WBS 체계	운영시험 (WBS 운용시험)	2007.01.19
1.3	프로젝트는 SEMP를 작성한다.	SEMP (시스템 엔지니어링 관리계획서)	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
	프로젝트는 SEMP를 통합, 조정한다.			2007.01.19
1.4	프로젝트는 통합WBS체계를 구축, 운용한다.	통합 WBS 체계	운영시험 (WBS 운용시험)	2007.01.19
1.5	프로젝트는 사업 성과물 Peer-Review 체계 적용방안을 도출해야한다.	Peer-Review 프로세스	기록 확인 (Peer-Review 적용 결과 확인)	2007.01.19
1.7	프로젝트는 철도안전관리체계구축을 위한 기본요구사항을 작성한다.	철도안전관리체계구축 기본 요구사항	기록 확인 (기본요구사항), 설계서 검토 (요구사항 도출 템플릿 확인)	2007.01.19
1.8	프로젝트는 철도중대사고평가기술개발 기본요구사항을 검토한다.	철도중대사고 평가기술개발 기본 요구사항	기록 확인 (기본요구사항), 설계서 검토 (요구사항 도출 템플릿 확인)	2007.01.19
1.9	프로젝트는 철도안전성 분석시스템 기본요구사항을 검토해야 한다.	철도안전성 분석시스템 기본요구사항	기록 확인 (기본요구사항)	2007.01.19

1.10	프로젝트는 과제별 산출물을 정의한다.	제도화 대상 세부기준	기록 확인	2007.01.19
1.11	프로젝트는 과제간 인터페이스를 정의한다.	과제간 인터페이스 요구사항	기록 확인 (인터페이스 조정 문서 확인)	2007.01.19
1.15	프로젝트는 철도안전성 분석시스템 과제와 타 과제간의 연계체계를 구축한다.	철도안전성 분석시스템 과제의 인터페이스 요구사항	기록 확인 (인터페이스 조정 문서 확인)	2007.01.19
2	프로젝트는 철도안전법에 근거하여 안전기준의 제도화를 지원해야 한다.			
2.2	안전관리규정의 체계화 방안 도출	안전관리규정 작성지침	공학적 해석, 기록 확인 (안전관리규정 작성지침의 확인)	2007.01.19
3	프로젝트는 철도안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.			
3.3	철도안전종합계획 지침서 작성	철도안전종합계획 지침서	기록 확인	2007.01.19
4	프로젝트는 안전평가시험시설 구축 계획을 통합 조정한다.			
4.2	프로젝트는 시험시설의 기본(일반) 사양서를 작성하여야 한다.	시험시설 사양서	기록 확인, 설계서 검토 (사양서 검토)	2007.01.19
4.3	프로젝트는 국내외 시험설비 공동 활용 방안을 제시한다.	시험설비 공동 활용방안	기록 확인	2007.01.19

② 철도차량 안전기준 및 체계 구축

<표 3-4-20> 철도차량 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증방법	검증 일자
2	프로젝트는 기관차/객차/화차 안전기준을 개발해야 한다.			
2.1	프로젝트는 객차 안전기준을	객차 안전	엔지니어링	2007.01.19

	수립하여야 한다.	기준	분석, 비교검증	
4	프로젝트는 탈선 안전에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.			
4.1	프로젝트는 열차의 비상제동거리 기준을 정립하여야 한다.	열차의 비상제동거리 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
4.2	프로젝트는 탈선계수 측정 및 산정기준을 정립하여야 한다.	탈선계수 측정 및 산정기준 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
5	프로젝트는 충돌 안전에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.			
5.1	프로젝트는 차체구조 강도기준을 정립하여야 한다.(차종별 하중조건에 따른 세부기준)	차체구조 강도 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
5.2	프로젝트는 연결기 안전세칙을 정립하여야 한다.(연결부 형태 포함)	연결기 안전세칙 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
5.3	프로젝트는 유리창 안전기준을 정립하여야 한다.	유리창 안전기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
5.4	프로젝트는 타고 오름 방지장치 안전기준을 정립하여야 한다.	타고 오름 방지장치 안전기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
6	프로젝트는 화재 안전에 대한 세부안전 기준을 개발해야 한다.			
6.1	프로젝트는 철도차량용 내장 재료의 난연 기준을 정립하여야 한다.(내장판, 의자, 통로 연결 막, 바닥재, 단열재 등)	철도차량의 불연 및 난연재료 기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
6.2	프로젝트는 철도차량 소화기 비치 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 소화기 비치 기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
6.3	프로젝트는 열차비상용품(종류와 수량) 기준을 정립하여야 한다.	열차 비상용품 설치 기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
7	프로젝트는 인터페이스에 대한 세부안전기준을 개발해야 한다.			
7.1	프로젝트는 철도차량 유지관리계획의 작성기준 및 수립절차를 정립하여야 한다.	철도차량 유지관리계획의 작성기준 및 수립절차	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19

		기준		
7.2	프로젝트는 철도차량 유지보수기록관리 절차를 수립하여야 한다.	철도차량 유지보수기록 관리절차 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
7.3	프로젝트는 철도차량 표기 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 표기 기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
7.4	프로젝트는 객차의 기압변화에 따른 세부 기준을 정립하여야 한다.	객차의 기압변화에 따른 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
7.5	프로젝트는 철도차량 제원 산정기준을 정립하여야 한다.	철도차량 제원 산정 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
7.7	프로젝트는 차량-궤도 인터페이스를 수립하여야 한다.	차량-궤도 인터페이스 세부기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19

③ 철도시설 안전기준 및 체계 구축

<표 3-4-21> 철도시설 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 철도시설 안전체계를 구축하여야 한다.			
1.2	프로젝트는 국내외 철도시설 안전관리 체계 분석하여야 한다.	광역철도 안전관리 체계 안	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
2	프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.			
2.1	프로젝트는 궤도 안전기준을 작성하여야 한다. (궤도구조, 선로변, 안전구역 등)	광역철도 안전관리 체계 안	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
2.2	프로젝트는 노반 안전기준을 작성하여야 한다. (토공(제방 및 절토), 선로지하횡단시설 등)	노반안전기준안	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
2.3	프로젝트는 구조물(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다. (교량,	구조물 화재 안전관리체계	엔지니어링 분석,	2007.01.19

	터널, 건축한계/진입통제 등)		비교검증	
2.4	프로젝트는 역 시설(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다. (승강장, 출입구, 방화시설/대책 등)	역 시설 안전관리체계	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
3	프로젝트는 건널목 안전기준을 작성하여야 한다.			
3.1	프로젝트는 건널목 구조 및 설치기준을 작성하여야 한다. (일반지침, 설치기준 등)			2007.01.19
3.2	프로젝트는 건널목 안전설비 및 관리기준을 작성하여야 한다. (설비기준(교통안전표지, 차단기, 경보기, 고장표시 등))			2007.01.19
4	프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.			
4.1	프로젝트는 전철전력설비 안전기준을 작성하여야 한다. (전력, 변전, 송전, 전철 등)	전철전력설비 안전기준안	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
4.2	프로젝트는 정보통신 설비 안전기준을 작성하여야 한다. (선로변/역사 화재방지, 터널/역사 탈출, 비상대응관련 등)			2007.01.19
4.3	프로젝트는 신호제어설비 안전기준을 작성하여야 한다. (열차진로제어, 열차속도제어, 선로장애물감지, 열차이선진로진입방지)	신호제어설비 안전기준	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
5	프로젝트는 인터페이스 및 종합시험운행 절차서를 작성하여야 한다.			
5.1	프로젝트는 종합시험운행 지침/절차서를 작성하여야 한다. (종합시험운행 총괄, 시설물검증시험, 영업시운전 등)	종합시험운행 지침 / 절차서	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19

④ 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축

<표 3-4-22> 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 철도분야 안전핵심 소프트웨어 안전성 관리체계를 구축해야			

	한다.		
1.3	프로젝트는 철도소프트웨어 안전성 수명주기별 관리기준(안)을 제시하여야 한다.	철도 소프트웨어 수명주기별 관리기준안	2007.01.19
1.4	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전성 요구사양 기준(안)을 제시하여야 한다.	소프트웨어 안전성 요구사항 기준안	2007.01.19
1.5	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전규정 프로세스 DB를 구축하여야 한다.	철도SW안전 규정 프로세스DB	2007.01.19
2	프로젝트는 철도시스템이 사용되는 Programmable제어설비의 RAMS 검증체계를 구축해야 한다.		
2.1	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 안전관리 조직체계 및 책임기준을 제시하여야 한다.	철도안전SW 안전관리 조직 체계 및 책임사항 관련 기본기준	2007.01.19

⑤ 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축

<표 3-4-23> 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 철도 비상사태(위험물 수송/테러 사고 포함)에 대한 비상사태대응 시나리오를 개발해야 한다.			
1.1	프로젝트는 대응 시나리오의 레벨을 설정하여야 한다.	비상대응 시나리오 레벨 설정	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.2	프로젝트는 대응 시나리오의 중요 이벤트를 설정하여야 한다.	비상대응 시나리오 레벨별 중요이벤트 설정	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.3	프로젝트는 Worst case 시나리오를 설정하여야 한다.	Worst Case Scenario 설정	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19

3	프로젝트는 비상사태 비상대응절차를 개발해야 한다.			
3.1	프로젝트는 오감에 의한 비상사태 초기인식 방안 및 전파체계를 구축하여야 한다.	오감에 의한 비상사태 초기 인식 및 전파 처계 구축 방안	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.2	프로젝트는 비상대응 시나리오 이벤트의 Activity-Action diagram을 정의하고 도출하여야 한다.	시나리오 이벤트의 Acrivity-Action 정의 및 도출	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.3	프로젝트는 Activity-Action Diagram을 활용하여 비상대응 절차를 개발하여야 한다.	비상대응절차 개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.4	프로젝트는 비상대응직원의 책임과 역할을 정립하여야 한다.	비상대응 주체별 역할과 책임 구축	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.5	프로젝트는 비상대응 현장 지휘체계를 구축하여야 한다.	비상대응 내외부 지휘체계 구축	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.6	프로젝트는 비상대응 통신망 운영체제를 구축하여야 한다.	비상대응 통신망 운영방법 개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.7	프로젝트는 비상대응 표준운영절차의 전산모델을 구축하여야 한다.	비상대응표준 운영절차 전산 모델	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19

⑥ 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축

<표 3-4-24> 철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 VRTM 수정본

SR Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
3	프로젝트는 철도 사고 진전 시나리오를 개발해야 한다.			
3.1	프로젝트는 철도사고 진행단계별 사고발생 시나리오 기술개발을 해야 한다.	사고 진행 단계별 사고발생 시나리오	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
4	프로젝트는 철도사고 위험추적기술을 개발해야 한다.			

4.1	프로젝트는 철도사고 유형/ 진행단계별 위험추적 기술개발을 해야 한다.	철도사고 진행단계별 위험추적 기술	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
5	프로젝트는 철도 사고유형별 위험발생확률 평가기술을 개발해야 한다.			
5.1	프로젝트는 철도사고 고장수형분석(FTA)을 수행해야 한다.	철도사고 고장수형분석(FTA)	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
6	프로젝트는 철도 사고유형별 결과심각도 평가기술을 개발해야 한다.			
6.1	프로젝트는 철도사고 사건수형분석(ETA)을 수행해야 한다.	철도사고 사건수형분석(ETA)	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
7	프로젝트는 철도시스템 위험도 평가기술을 개발해야 한다.			
7.4	프로젝트는 위험도평가 전산 모듈을 개발해야 한다.	위험도평가 전산 모듈	엔지니어링 분석, 설계서 검토, 기록 확인	2007.01.19
9	프로젝트는 철도 사고/장애 표준분류코드를 개발해야 한다.			
9.1	프로젝트는 사고/장애 표준분류(보고)코드를 제시해야 한다.	사고/장애 표준분류 (보고) 코드	엔지니어링 분석, 기록 확인, 비교검증	2007.01.19

⑦ 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발

<표 3-4-25> 안전업무종사자 인적오류 관리 및 업무적성 평가기준 개발 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
8	프로젝트는 안전업무종사자의 인적오류 관리 및 업무적성 평가에 대한 제도화 요건을 도출하여야 한다.			
8.1	프로젝트는 인적오류 관리 및 업무적성 평가의 제도화에 대한 현업종사자의 의견을 수렴해야 한다.	현업종사자 의견수렴을 통한 철도 인적 오류영향요인	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
8.2	프로젝트는 철도안전작업수행자의 직무특성 분석 및 오류관리 제도화요건을 도출하여야 한다.		비교, 분석, 기록 확인	2007.01.19

8.3	프로젝트는 운행작업수행자 자격요건에 대한 사례분석 및 기본요건을 개발해야 한다.	기관사 자격요건에 관한 제도화 기본요건서	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
8.4	프로젝트는 철도 안전작업수행의 업무적성 평가 사례분석 및 기본요건을 도출해야 한다.		엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19

⑧ 안전업무종사자 교육훈련체계 구축

<표 3-4-26> 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
2	프로젝트는 국내 철도환경에 적합한 인적오류의 원인-결과 분석 및 대응방안 도출을 위한 인적오류 행위 개선 기법을 개발한다.			
2.1	프로젝트는 국내외 산업계의 인적오류 분석체계 현황을 분석해야 한다.	국내외 산업계의 인적오류 분석	비교분석, 개발시뮬레이션, 설계서 검토	2007.01.19
2.2	프로젝트는 철도 인적오류 분석체계의 기본구조를 설계해야 한다.	철도 인적오류 분석	비교분석, 개발시뮬레이션, 설계서 검토	2007.01.19
3	프로젝트는 철도기관사의 운전 직무 수행도 저해 인적요인 분석 및 평가를 위한 시험평가 설비를 구축한다.			
3.1	프로젝트는 철도기관사의 직무수행능력 시험평가 요건을 도출해야 한다.	직무수행능력 시험평가	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.2	프로젝트는 시험평가를 위한 H/W, S/W 구성 요소를 도출해야 한다.	시험평가를 위한 H/W, S/W 구성 요소설정	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
3.3	프로젝트는 멀티미디어 데이터 관리 개념을 설계해야 한다.	시험평가 데이터 관리 개념 설계	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19

⑨ 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축

<표 3-4-27> 위험물 수송 안전기준 및 체계 구축 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 위험물 수송사고 안전성평가 기술을 개발해야 한다.			
1.1	프로젝트는 위험물 사고의 원인 및 사고 MODE를 분석하여야 한다.	프로젝트는 위험물 사고의 원인 및 사고 MODE 분석	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
1.2	프로젝트는 위험물의 성상 및 위험물 수송사고 발생 빈도를 분석하여야 한다.	프로젝트는 위험물의 성상 및 위험물 수송사고 발생 빈도 분석	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
1.3	프로젝트는 위험물 사고 시나리오를 분석하여야 한다.	위험물 사고 시나리오 분석서	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
1.4	프로젝트는 위험물 사고 피해 영향을 분석하여야 한다.	위험물 사고 피해 영향 분석서	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
1.5	프로젝트는 위험물 사고 위험성 평가를 수행하여야 한다.(F-N Curve작성)	위험물 사고 위험성 평가	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
1.6	프로젝트는 위험물 수송사고 안전성 평가 연계 소프트웨어를 개발하여야 한다.			
2	프로젝트는 위험물 수송시스템의 안전체계를 구축해야 한다.			
2.1	프로젝트는 위험물 수송, 취급 및 관리의 국제 안전기준을 분석하여야 한다.	국제 안전기준 분석서	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
2.2	프로젝트는 위험물 수송차량의 운행현황, 수송경로 및 인구 밀도 분석을 통해 최적의 수송시스템 안전체계를 구축하여야 한다.	위험물 수송시스템 안전체계 구축	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
2.3	프로젝트는 위험물 수송사고 예방 Checklist를 개발하여야 한다.	위험물 수송사고 예방 Checklist 작성	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19

3	프로젝트는 위험물 수송 화물차량의 안전 기준을 개발해야 한다.			
3.1	프로젝트는 기존 위험물 수송차량의 설계 안전기준을 분석하여야 한다.	위험물 수송차량의 설계 안전기준 분석서	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
3.2	프로젝트는 현 위험물 수송차량의 각 차종별 설비 및 문제점을 조사하여야 한다.	위험물 수송차량 별 설비 및 문제점 분석서	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
3.3	프로젝트는 위험물 수송차량의 운행현황 및 설계안전기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 운영현황 분석서	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19
3.4	프로젝트는 차량의 안전기준 항목을 도출하여야 한다.			
5	프로젝트는 위험물 수송, 취급 및 관리 안전 기준을 개발하여야 한다.			
5.1	프로젝트는 위험물 수송, 취급 및 관리 안전기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송, 취급 및 관리 안전기준 작성	비교분석, 기록확인, 문서검토	2007.01.19

⑩ 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발

<표 3-4-28> 철도 안전성 평가 및 분석프로그램 연구개발 VRTM 수정본

SR Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 공학적 기반의 안전정보분석체계를 구축하기 위한 전략을 수립하여야 한다.			
1.1	프로젝트는 철도중대사고 안전평가를 위한 입출력 자료의 표준화를 위한 전략을 수립해야 한다.	중대사고 기술개발분야 안전평가용 데이터 표준화 전략수립서	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
1.2	프로젝트는 고장, 부품 수명/신뢰도 정보에 대한 표준화 방안을 연구해야 한다.	고장, 부품 수명 등신뢰도 정보에 대한 표준화 방안 제시	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19

2	프로젝트는 위험도평가에 기반을 둔 철도안전성 분석용 정보DB를 개발하여야 한다.			
2.1	프로젝트는 국내 철도운영기관의 사고/장애/고장 정보를 수집해야 한다.	사고/장애/고장 정보 수집 및 분석서	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
2.2	프로젝트는 국외 철도운영기관의 사고 정보를 수집해야 한다.	국외 철도운영기관의 사고 정보 수집 및 분석서	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
2.3	프로젝트는 안전성 분석을 위한 철도사고/운전 장애 DB 시스템의 기본사양을 작성해야 한다.	안전성 분석을 위한 철도사고/운전 장애 DB 시스템 기본사양 작성	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
2.4	프로젝트는 안전성 분석을 위한 철도사고/운전 장애 정보 DB를 설계해야 한다.	안전성 분석을 위한 철도사고/운전 장애 정보 DB 설계서	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
5	프로젝트는 안전성을 평가 및 분석하는 통합시스템을 개발해야 한다.			
5.1	프로젝트는 2차년도 철도안전SE와의 연계를 위한 요구사항을 분석하여야 한다.	철도안전SE 요구사항 연계 및 조정	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
5.20	프로젝트는 시제품 발주 설계서를 작성해야 한다.	시제품 발주 설계서	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
5.21	프로젝트는 착수년도에 시제품제작사와 총괄 계약을 해야 한다.	시제품제작사와 총괄 계약	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
5.22	프로젝트는 안전성 분석을 위한 위험도기반의 철도사고/운전 장애 정보 DB를 개발해야 한다.	철도사고/운전 장애정보 DB 개발	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19
5.23	프로젝트는 안전성 분석을 위한 사고/운전 장애 정보 분석 DB운영시스템을 구축해야 한다.	사고/운전 장애 정보 분석 DB운영시스템 구축	설계서 검토(전문가 자문)	2007.01.19

⑪ 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발

<표 3-4-29> 철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 충돌안전도를 개선한 차체표준 성능모델을 개발해야 한다.			
1.1	프로젝트는 고속철도 전두부 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.	고속철도 전두부 충돌에너지 흡수구조 개념설계	설계서 검토	2007.01.19
1.4	프로젝트는 일반철도 전두부 충돌에너지 흡수 구조를 개발하여야 한다.	일반철도 전두부 충돌에너지 흡수구조 개발	물리적 실험	2007.01.19
2	프로젝트는 충돌 시 승객의 생존가능성 증대방안을 수립해야 한다.			
2.1	프로젝트는 표준 충돌사고 시나리오를 수립하여야 한다.	표준충돌사고 통계분석서	비교분석	2007.01.19
4	프로젝트는 에너지 흡수식 충돌안전장치 표준 성능모델을 개발해야 한다.			
4.2	프로젝트는 에너지 흡수식 연결기를 개발하여야 한다.	표준 성능모델 규격검토서	설계서 검토	2007.01.19
5	프로젝트는 차체구조 충돌안전성능평가기술을 개발해야 한다.			
5.1	프로젝트는 에너지 흡수구조의 해석적 평가기술을 개발하여야 한다.	연결 충돌시 차량 안전성 해석 보고서	개발 시뮬레이션	2007.01.19
6	프로젝트는 차체구조 충돌안전성능평가 시험설비를 구축해야 한다.			
6.1	프로젝트는 장비 설계 엔지니어링을 수행하여야 한다.	시험설비 구축 계획안	공학적 해석	2007.01.19
9	프로젝트는 공중사상자의 피해저감 방안을 제시해야 한다.			
9.1	프로젝트는 충돌시 공중인명 거동을 분석하여야 한다.	인체상해 비교분석서	개발 시뮬레이션	2007.01.19
9.2	프로젝트는 구명장치 feasibility를 연구하여야 한다.	초기 시제품 제작	물리적 실험	2007.01.19

⑫ 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발

<표 3-4-30> 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지기술 개발 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 열차제어시스템에 의한 국내외 사고발생 현황을 분석해야 한다.			
1.2	프로젝트는 열차제어시스템 기능 모델링 및 위험원을 분석하여야 한다.	열차제어시스템 기능 모델링 및 위험원 분석서	비교분석	2007.01.19
2	프로젝트는 열차제어시스템 하드웨어 안전성 평가기술을 개발해야 한다.			
2.1	프로젝트는 열차제어시스템 안전성 평가기술을 조사 분석하여야 한다.	안전기술 평가 분석서	비교분석	2007.01.19
3	프로젝트는 열차제어시스템 소프트웨어 안전성 평가기술을 개발하여야 한다.			
3.1	프로젝트는 열차제어시스템 소프트웨어 안전성 평가기술을 개발하여야 한다.	열차제어시스템 소프트웨어 평가기술 조사 분석서	비교분석	2007.01.19
4	프로젝트는 열차제어시스템 사고방지에 관련된 기술을 조사 분석해야 한다.			
4.1	프로젝트는 열차제어시스템 사고방지기술을 조사 분석하여야 한다.	사고발생현황 및 방지기술 조사 분석서	비교분석	2007.01.19
5	프로젝트는 열차제어시스템 안전향상 핵심기술을 개발하여야 한다.			
5.1	프로젝트는 열차제어시스템을 위한 결함허용 시스템 기술을 분석하여야 한다.	결함허용 시스템 기술 분석서	비교분석	2007.01.19
5.3	프로젝트는 열차제어시스템 안전핵심 소프트웨어의 설계기술을 조사 분석하여야 한다.	안전핵심 소프트웨어 설계기술 분석서	비교분석	2007.01.19

⑬ 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발

<표 3-4-31> 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 VRTM 수정본

SR Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 차량/궤도 결함에 따른 탈선안전성 평가기술을 개발해야 한다. (프로젝트는 탈선 위험도 평가 및 대책기술을 개발해야 한다.)			
1.2	프로젝트는 윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상에 의한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	RCF손상기술 분석서	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.3	프로젝트는 곡선부 통과 시 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	탈산안전성능 향상 기술개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.4	프로젝트는 분기부에 대한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	분기부에 대한 탈선평가기술 개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.5	프로젝트는 플랜지 마모에 의한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	플랜지 마모에 의한 탈선 위험도 평가기술 개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.6	프로젝트는 측풍에 의한 탈선 위험도 평가기술을 개발해야 한다.	측풍에 의한 탈선 위험도 평가기술 개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
1.12	프로젝트는 지진에 의한 탈선 위험도 평가 및 규제기준을 개발해야 한다.	지진 시 철도안전대책 및 운영규정 분석서	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
4	프로젝트는 탈선안전성 시험평가시설 및 시험평가기술을 개발해야 한다.			
4.2	프로젝트는 탈선안전성 시험평가기술을 개발하여야 한다.	탈선안전성 시험평가기술 개발	엔지니어링 분석, 기록 확인	2007.01.19
6	프로젝트는 탈선사고 위험 감시 시스템을 개발해야 한다.			
6.1	프로젝트는 차량하부결함 감시경보 시스템을 개발해야 한다.	탈선사고 위험 감시 시스템의 개발	개발 시뮬레이션	2007.01.19

⑭ 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발

<표 3-4-32> 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 철도건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치를 설계해야 한다.			
1.1	프로젝트는 철도건널목에 정지된 도로교통차량의 검지 장치 기술을 검토해야 한다.	철도건널목에 정지된 도로교통 차량의 검지 장치기술 검토	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
2	프로젝트는 열차로의 정보전송 방안을 개발해야 한다.			
2.1	프로젝트는 고속으로 이동하는 열차와의 원활한 통신을 위한 RF 특성에 대해 선행 분석해야 한다.	고속으로 이동하는 열차와의 원활한 통신을 위한 RF 특성에 대해 선행 분석	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
6	프로젝트는 건널목 시인성 평가용 검지장치를 개발해야 한다.			
6.1	프로젝트는 건널목 지장 철도측 현시 신호기의 시인성 평가기법을 개발하여야 한다.	건널목 지장 현시 신호기의 시인성 평가기법 개발	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
6.2	프로젝트는 건널목 지장 철도측 현시 신호기의 시인성 평가용 검지장치를 개발하여야 한다.	건널목 지장 현시 신호기의 시인성 평가기법 개발	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19
7	프로젝트는 건널목 동작을 해석할 수 있는 시뮬레이터를 개발해야 한다.			
7.1	프로젝트는 건널목 동작 해석 시뮬레이터를 설계하여야 한다.	건널목 동작해석 시뮬레이터 개발	엔지니어링 분석, 비교검증	2007.01.19

⑮ 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발

<표 3-4-33> 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 VRTM 수정본

SR. Num	SR	성과물	검증 방법	검증 일자
1	프로젝트는 철도차량 화재안전도 시험 및 평가 기법을 개발해야 한다.			
1.1	프로젝트는 차량 구조/재료/피난 평가 및 정량화 기법을 정립하여야 한다.	철도차량 연소특성 평가 및 정량화 기법 정립	공학적 해석	2007.01.19
1.2	프로젝트는 철도차량 실차 화재시험 평가 절차 및 평가 측정항목을 정립하여야 한다.	철도차량 실차 화재시험 평가 절차 및 평가 측정항목 정립	공학적 해석, 비교분석	2007.01.19
2	프로젝트는 철도차량 화재 시나리오를 분석하고 및 시뮬레이션 예측 기법을 정립해야 한다.			
2.1	프로젝트는 차량내장재별 연소특성을 평가하고 및 자료저장체계를 구축하여야 한다.(I)	차량내장재별 연소특성 평가 및 자료저장체계 구축	공학적 해석	2007.01.19
2.2	프로젝트는 철도차량 화재안전도 평가를 위한 차량화재 시나리오를 정립하여야 한다.	철도차량 화재안전도 평가를 위한 차량화재 시나리오를 정립	공학적 해석, 비교분석	2007.01.19
2.3	프로젝트는 철도차량 화재안전도의 평가 절차를 정립하여야 한다.	철도차량 화재안전도 평가 절차 정립	공학적 해석	2007.01.19
3	프로젝트는 철도 장대터널/역사 화재안전도 시험 및 평가 기법을 개발해야 한다.			
3.1	프로젝트는 터널 화재원인에 대한 확률적 평가 기법을 분석하여야 한다.	터널 화재원인에 대한 확률적 평가 기법을 분석	공학적 해석	2007.01.19
4	프로젝트는 (초)장대터널/구난역 화재시나리오를 분석하고 시뮬레이션 예측기법을 정립해야 한다.			
4.1	프로젝트는 화재 시나리오에 대한 피난루트 계획 기법 및 탈출 분석기법을 연구하여야 한다.	화재 시나리오에 대한 피난루트 계획 기법 및 탈출 분석기법 개발	공학적 해석	2007.01.19
4.2	프로젝트는 철도터널 화재안전도 분석기법을 개발하여야 한다.	철도터널 화재 안전도 분석기법을 개발	공학적 해석, 비교분석	2007.01.19

5	프로젝트는 차량화재 실대형 시험평가 장치를 개발해야 한다.			
5.1	프로젝트는 실대형 차량화재 설비 기초(사양)를 설계하여야 한다.	철도차량 실대형 화재시험 설비 기초 사양 작성	공학적 해석	2007.01.19
6	프로젝트는 터널화재 실대형 시험평가 장치를 개발해야 한다.			
6.1	터널화재 실대형 시험장치 기본(사양) 설계	터널 화재 실대형 시험장치 개발	공학적 해석	2007.01.19
6.2	프로젝트는 터널화재 승객피난 시험장치 및 화재 제어설비 시험 요건을 분석하여야 한다.			
7	프로젝트는 중소형 화재안전 성능평가 장치를 구축해야 한다.			
7.1	프로젝트는 중소형 화재시험설비의 활용요구조건 및 활용방안을 검토하여야 한다.	중소형 화재시험설비의 활용요구조건 및 활용방안 검토	비교분석	2007.01.19
8	프로젝트는 철도차량 화재안전 설비를 표준화해야 한다.(내화/대피)			
8.1	프로젝트는 철도차량 대피지원 설비 관련 표준화를 수행하여야 한다.	철도차량 대피 지원 설비 표준화 작성	공학적 해석	2007.01.19
9	프로젝트는 (초)장대터널 화재안전시설을 표준화해야 한다.(피난루트/구난시설)			
9.1	프로젝트는 (초)장대 철도터널 및 지하 구난역의 화재안전 설계기법을 분석하여야 한다.	(초)장대 철도 터널 및 지하 구난역의 화재안전 설계기법을 분석	공학적 해석	2007.01.19
10	프로젝트는 철도차량 및 역사 화재 감지/소화 장치의 성능평가 방법을 개발해야 한다.			
10.1	프로젝트는 철도차량 및 역사 (자동)소화 장치별 사양 특성을 분석하여야 한다.	철도차량 및 역사 (자동)소화 장치별 사양 특성을 분석	공학적 해석	2007.01.19
10.2	프로젝트는 철도차량용 화재감지기의 성능을 개선하여야 한다.	철도차량용 화재감지기의 성능 개선	공학적 해석	2007.01.19
11	프로젝트는 철도 터널용 지능형 배연시스템 및 성능평가방법을 개발해야 한다.			
11.1	프로젝트는 철도터널 유형을 분석하고 열차운행 화재 연관 시나리오를 정립하여야 한다.	화재 연관 시나리오 정립	공학적 해석	2007.01.19

제 5 절 과제간 인터페이스 문서

검증계획서 (Verification Plan)	ID No : SE - SR01 - SSR11 - 2006 작성일 : 2007.03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

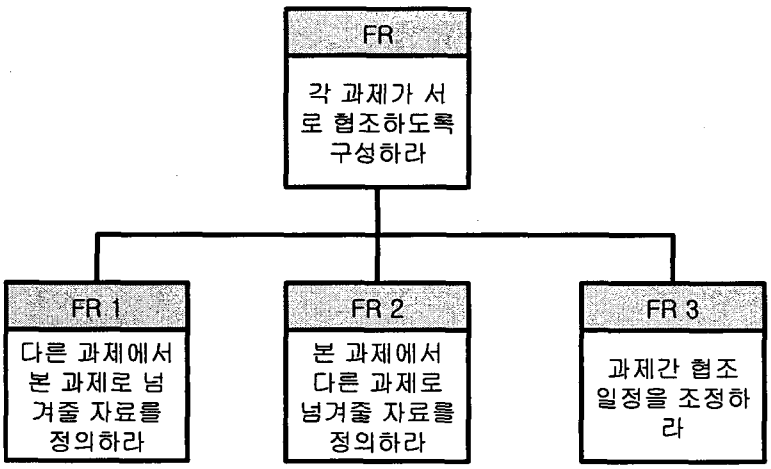
1.11 프로젝트는 과제간 인터페이스를 정의하고 연계체계를 구축한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 과제간 인터페이스 문서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 0 명칭	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

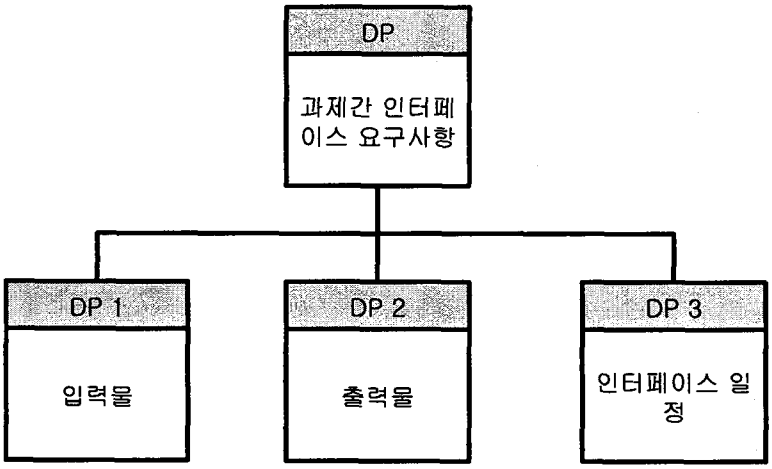
- 과제가 중복되는 일을 하지 않도록 잘 인터페이스 되어 있는가
- 인터페이스 할 시기는 명확히 표시되어 있는가
- 인터페이스시 넘겨줄 문서와 넘겨받을 문서는 정확히 명기되어 있는가
- 인터페이스 문서에 해당 책임자들의 서명이 들어가 있는가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-5-1> 과제간 인터페이스 문서의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-5-2> 과제간 인터페이스 문서의 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

본 절에서는 『SR 1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정 업무를 수행한다.』 중 『SR 1.11 프로젝트는 과제간 인터페이스를 정의하고 연계체

계를 구축한다.』에 해당되는 내용으로 시스템 요구사항을 만족시키기 위해서 15개 과제간의 인터페이스를 정의하고 연계체계를 구축하고 운영 하였다.

나. 설계기준

National Airspace System 의 시스템 엔지니어링 매뉴얼, Nasa 시스템 엔지니어링 핸드북, Incose 시스템 엔지니어링 핸드북 등을 참고하여 과제간 인터페이스 업무가 수행되었다

다. 성과물의 내용 및 결과

본 사업은 15개의 과제가 서로 입력물, 결과물이 연관되어 있고, 세 개의 분야로 그룹화 되어 있다. 이러한 상황에서 서로의 연관성 즉 인터페이스를 관리하는 것은 쉬운 일이 아니다. 인터페이스 식별 및 관리 프로세스를 수립하기 위해 RFP 및 각 과제와의 협의를 통해 3차년도의 인터페이스 요구사항을 찾아내었고, 이를 시스템요구사항으로 변경하여 각 과제 연구책임자에게 승인을 받고서 이를 문서화 하였고, 인터페이스를 지원하였다. 이러한 Off-Line 활동을 반복적으로 수행하여 최종적인 인터페이스 요구사항을 확정하였다.

회의록

(1) 회의명 : 철안사 3차년도 4, 5, 6차 공정회의

(가) 일　　시 : 2007년 02월 09일, 2007년 02월 15일, 2007년 02월 23일
(나) 장　　소 : 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 2층 회의실, 연구지원동 소회의실, 한국원자력연구소 국제연수원 2층 대회의실
(다) 참　　석 : 조연옥 외 46
(라) 내　　용 :

① 3월 중 사업단 출범 후 각 과제에 대한 사업단 자체 평가를 수행할 예정임.
② 사업 평가 중 논문 실적이 차지하는 부분에 대한 논의:
- 논문 실적 목표량을 사업비 대비가 아닌 인건비 대비로 가져가는 것이 바람직함. (KAIST)

③ 과제간 교차 검증에 대한 제안: 검증 위원 선정 등이 필요함.

④ 3월 중 제도화에 대한 가이드라인 제시 예정.

- SE 팀에서 이에 대한 스키마를 작성하고 제시할 것임. (제도화를 위한 총괄 과제와 각 핵심 과제간의 협력 방안 등)
- 제도화 및 건교부 대응 등의 업무는 원칙적으로 SE팀이 전담하는 것이 필요함.

⑤ 기능 및 물리 아키텍처는 SE 팀과 각 과제간의 협업을 통해 cradle을 이용하여 작성.

⑥ RFP 재수정 작업에 관한 논의.

- 금년부터는 세분화된 위험도를 기준으로 작성할 예정:

기존의 체계와 크게 틀려지지는 않지만 위험원 코드가 세분화될 것임.

'인적요인', '제도적요인(결함)' 등이 새로운 위험요인으로 들어갈 것임.

초기 RFP에는 대표적인 인적 오류만 들어 있지만 이제는 이에 대한 심화된 논의가 필요함.

- 각 사고별 요인에 대해 가중치를 부여할 예정임 (전문가 poll을 통하여): 3월 공정회의 때 각 사고 요인에 대해 가중치를 임의로 산정해 볼 계획을 갖고 있음.
- 상기 안에 대해 인적오류 과제 관계자들이 먼저 작업을 수행하여 3월 공정회의 때 발표할 예정임. (원자력연구원, KAIST)

⑦ 3월 공정회의는 3월 마지막 주에 개최 예정임.

(2) 회의명 : 철도종합안전기술개발사업 3차년도 7차 공정회의

(가) 일 시 : 2007년 4월 11(수) 13:30 - 12일(목) 16:00

(나) 장 소 : 일성 남한강 콘도 (여주)

(다) 참 석 : 한국철도기술연구원 조연옥 외 66인

(라) 내 용 :

① SE 제도화 지원 방안 토의

- 개별과제책임자가 고시를 하는 것은 부담이 있음. 철안사가 일괄 대응하여 창구를 일원화할 필요가 있음.
- 논증의 방향은 정부에서 요청하는 형식에 맞게 제도화 안을 제시할 것임. 공청회 등의 여론수렴과정도 일괄적으로 이루어지는 것이 효과적임.

- 과제별로 제도화 시점(시기)에 맞춰서 일정 조정이 필요할 것으로 보임.
- 기준 과제들의 성과물은 일단 고시를 추진하고, 4차년도 이후에는 SE 과제에 참여해서 계속 follow up을 하도록 하는 것이 효율적임.
- 기술 과제들은 집중적으로 사용할 수 있는 기술 개발에 집중해 줄 것.
- 원자력 안전기술원과 협의하여 제도화 과정은 더 보완해 갈 계획임.

② 성과물 검증 기준 협의
- 기 제출된 성과물 검증 기준에 대해서 SE 차원의 검토 안을 작성하였음.
- 성과물 검증과 과제 성과물에 대한 평가는 이원화되지 않도록 한 번에 끝날 수 있도록 하겠음.
- 성과물 검증 기준안은 확정해서 추후 이메일로 통보하기로 함.

③ 국가안전관리 아키텍처 및 연구추진방향 재설정(안) 논의
- 국가 안전관리 아키텍처가 작성되었으며, 기준 과제들에서는 이 아키텍처에 입안하여 어떻게 기여할 수 있는지를 고려해 줄 것.
- 위험요인인 신규로 추가되었으므로, 과제에서 더 맡아줘야 할 SR에 대해서 고려해서 앞으로 계속 SE과제와 협의하기로 함.

④ 인적 위험요인 관리 대책 발표

(3) 회의명: 철도종합안전기술개발사업 3차년도 8차 공정회의

(가) 일　　시: 2007년 05월 31일 - 06월 01일

(나) 장　　소: 양평 대명콘도

① 3차년도 과제 평가 관련

○ 평가단 구성 방식:
- 분야별(체계, 기술, 인적) 구성 방안
- 과제 특성에 관계없이 하나로 구성하는 방안

: 추후 각 과제 담당자의 의견 청취 필요

○ 과제 평가 방법 및 시기:
- 6월 17일-27일 사이에 SSR 별로 검증 결과표 작성 (사업단 선정 전문 위원이 수행)

: 실적 평가를 검증 결과로 대체하는 것임 (총점의 40%)

② 연구추진방향 재설정(안) 관련

○ SE 및 총괄의 재설정안

- 철안사의 궁극적 목표인 철도사고 사망자 50명을 달성하기 위해서는 새로운 기획 방안이 나와야 함.
- 체계 과제는 내년에 종결되며, 현재 잘못 기획된 부분이 없다고 보이므로 현행대로 수행할 예정
- 공중 사상 및 인적오류 관련 부분 연구를 늘릴 예정
  - 예산 확보가 필요하며, 예산은 시설설비(약 180억 원) 부분을 조정하여 확보하는 방안을 검토하고 있음.
  - 이에 대해서는 과제를 신설하기 보다는 기존 과제에 할당하는 것이 더 낫다고 판단됨
- 일부 과제의 SR은 위험도와의 연관성이 약하며 표현에 문제가 있다고 판단됨 (충돌과제의 SR 1,5 번은 위험도와 연관성이 약하며, 화재 과제의 SR 8,9 번은 표현에 문제가 있음)
- 6월 7일에 건교부 담당자 및 건기평 관계자들과 각 과제 책임자들이 모여서 RFP 재 기획에 대해 회의할 예정이므로 각 과제별로 이에 대한 방안을 화요일까지 총괄에게 넘겨주기 바람.

○ 이하는 질의응답 내용

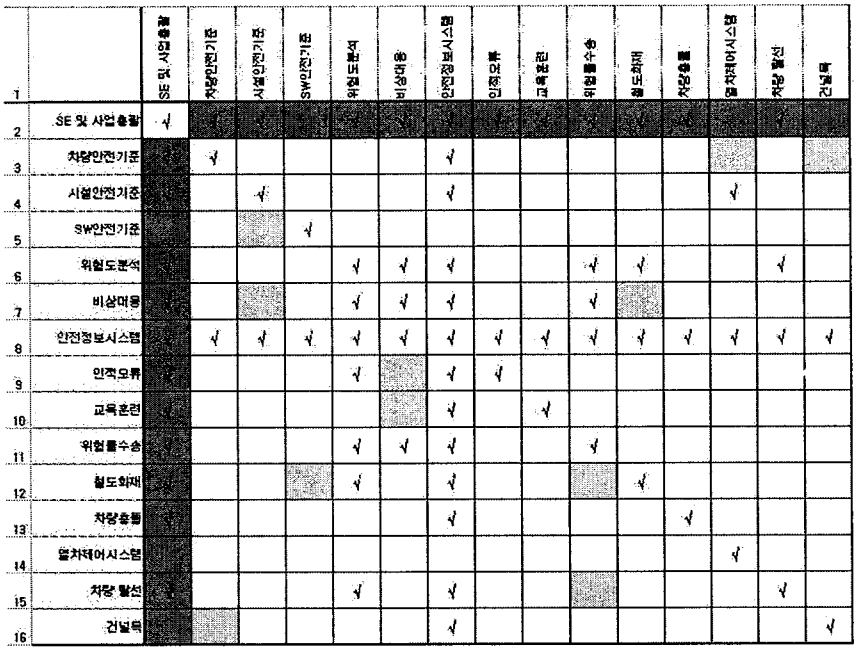
- 위험사건별 분류가 세분화되면 사건별 위험도가 낮아지는 것은 아닌가?
  - 실제 위험도에 대한 조사 결과 그렇지 않다.
- 위험도 순위 결과에 오류가 있다. 설문에 의해 추정을 한다는 것은 위험한 것 아닌가?
  - 과거의 사고 통계에는 사고별 위험사건이 나타나 있지 않으므로 과거의 통계를 사용하기 힘들다. 이런 상황에서는 설문에 의해서라도 추정을 해야만 한다.
- 빈도가 이중 계산된 것은 아닌지?
  - 상대적 빈도는 사건 1건에 대한 점유율(%)이고 여기에 실제 빈도를 곱한 것이므로 빈도가 이중계산된 것은 아니다.
- 보상금액을 고려하는 것은 운영자의 관점에서만 사고하는 것은 아닌지?
  - 철도안전종합계획에 보상 금액 관련 내용이 이미 들어가 있다.

- 인적오류 과제에서 공중사상 감소에 기여할 부분을 찾아보겠다. 해외 연구 사례를 보면 건널목에서 운전자들의 행동특성에 대한 분석 사례가 있다.
- 금번 회의자료(위험사건별 순위)를 참조해서 인적오류 과제의 기여 방안을 수립해 달라.
- User interface 관련 부분을 보강하는 등 사람과 관련한 시설물에 대한 연구가 필요하다. (지하철의 경우) track 표지판이 미흡하여 승객 혼잡시 큰 사고가 날 수 있다.
- 지하공간에서 화재 발생 시 대중의 행동 pattern에 대한 연구가 필요하다.
- 기술을 개발하는 것에서 멈추지 않고 이를 실제 적용하여 평가하는 작업이 필요하다.
- 화재 과제 SR 8,9 번을 변경해야 한다는 근거가 부족하다.
- 표현상의 문제가 있으며, 기업을 위한 연구 성과물이 되어서는 곤란하다.
- 충돌과제 SR 1,5번 또한 기업과의 문제 및 표준 관련 문제가 있다.
- 구조안전성 등에 대한 표현의 문제가 있다.
- SSR의 일부가 기업에 편향되어 있어서 이것에 대한 획기적인 검토가 필요하다. 위험도를 참조하여 SR 1,5 번에 대해 재검토할 필요가 있다.
- 충돌 또한 사고예방에 관한 부분이 RFP에 고려되어야 한다.

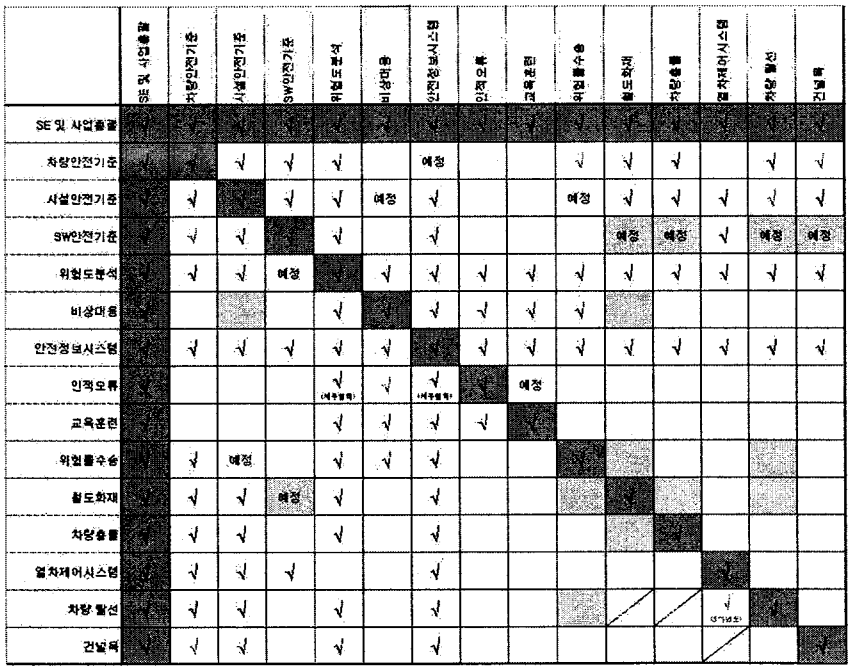
(4) 인터페이스 통제 매트릭스(Interface Control Matrix : ICM)

또한 과제간 인터페이스 요구사항을 찾아내기 위한 노력으로 인터페이스 통제 매트릭스 (Interface Control Matrix : ICM)를 수립하였다. 15개의 단위과제가 매트릭스 형태를 이루면서 서로 관련된 과제와의 연관성을 일차적으로 쉽게 찾아내는데 도움을 준다. 이 ICM은 인터페이스 요구사항 분석을 통해 보다 구체화 되고 총괄적인 ICM를 수립하고 난 후에는 단위과제간 인터페이스 회의가 이루어지면서 전체적인 ICM는 세부적으로 분해되고 완성되어 간다. 시스템수준의 인터페이스 요구사항은 서브시스템 수준으로 분해되고 이를 위한 노력이 새로이 식별되고 수행되어 진다. 아래의 <그림 3-5-1>은 1차적인 ICM를 나타내고 있으며, 특징적인 내용을 몇 가지 언급하고자 한다. SE 및 사업총괄과제는 전 과제와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 또한 체계구축과제들이 많은 인터페이스를 가지고 있다. 이는 사업의 중심이 SE 및

사업총괄을 중심으로 형성되고 이를 위한 체계구축과제가 핵심 활동을 수행하며, 기술개발과제에서는 위 결과를 바탕으로 기술개발을 수행해야 하는 사업 기본계획을 재확인하게 되었다.



<그림 3-5-3> 1차 인터페이스 조정 매트릭스(ICM)



<그림 3-5-4> 2차 인터페이스 조정 매트릭스(ICM)

제 6 절 기능요구사항 검토서

# 검증계획서 (Verification Plan)	ID No : SE - SR01 - SSR12 - 2006 작성일 : 2007.03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

1.12 프로젝트는 철도안전관리체계구축과 중대사고평가기술개발을 위한 기능요구사항을 검토한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
□ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) □ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) □ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 기능요구사항 검토서 - 설계 분석 보고서 (DARs) □ **검증 방법** - 0. 명칭	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

- 기능요구사항의 정확성과 완결성이 검토 되었는가
- 전문가의 의견은 충분히 반영 되었는가
- 검토과정은 상세히 기술되어 있는가

1. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

본 절에서는 『SR 1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정 업무를 수행한다.』 중 『SR 1.12 프로젝트는 철도안전관리체계구축과 중대사고평가 기술개발을 위한 기능요구사항을 검토한다.』 에 해당되는 내용으로 시스템 요구사항을 만족시키기 위해서 15개 과제의 기능 요구사항을 검토하였고, 위험사건에 따른 심각도를 평가하여 개선사항을 도출하였다.

나. 성과물의 내용 및 결과

철도종합안전기술개발 사업의 궁극적인 목표인 철도사고 및 사망자 감소를 위해서는 위험도 분석에 기반 하여 물적/인적 자원의 우선 투입 순위를 결정하는 것이 필수적이다. 이에 따라 본 사업의 '철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축'과제에서 작성한 '철도사고 및 주요 기여요인'을 참조하여 위험원 코드를 새로이 작성하였다. 아래에는 철도사고 및 주요 기여요인을 각 사고별로 정리해 놓은 표를 나열하였다. 여기에서는 1) 차량 충돌사고, 2) 차량 탈선사고, 3) 건널목사고, 4) 열차화재사고, 5) 사상사고의 5가지 주요 철도사고를 열거하였다. 이로부터 제 1절에서 언급한 신규 위험원 코드를 산출하였다.

(1) 충돌사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 분류

<표 3-6-1> 충돌사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인

사고 종류	사고 형식	위험원인		주요 기여요인	비고
충돌 사고	열차 간 충돌 -정면 -측면 -후방	운전 취급 결함 -인적 오류	교통관제 취급결함 (*이동/정지 진입/진출)	▪ 잘못된 이동/정지 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 선로전환 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 폐색취급 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 권한변경 및 변경사항 미 전달 ▪ 잘못된 이례상황 전파/열차방호 부재	육체/신체 -능력한계 -스트레스 정신/심리 -능력한계 -스트레스 지식-교육/
			신호지시 취급결함 (*정지위반)	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반 -안전/경보장치 차단	

		-취급 위반	과속운행 -최고속도 -제한속도	▪ 잘못된 속도 설정-열차운행/운전규제 ▪ 잘못된 신호/지시 전달/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반 -안전/경보장치 차단	경험 기능-훈련/지도 동기부여 -평가/보상부당 -강압/압박풍토 -처벌/단속부당
			제동취급 결함	▪ 제동취급 미 시행 ▪ 제동취급 지연/부족	
			이선진입	▪ 잘못된 폐색/선로전환 취급 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			열차퇴행	▪ 정지위치 어김/열차퇴행/이선진입 ▪ 잘못된 열차이동(무단이동) ▪ 열차방호시스템 미적용/오적용	
			열차분리 /차량구름	▪ 열차 조성(연결)/취급(주차) 결함 ▪ 열차 보안/안전점검 결함 ▪ 열차방호시스템 미적용/오사용	
		기술적 결함 -고장 -파손 -변형	신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기/선로표지 -속도제한/거리/경사/한계 ▪ 선로전환기/궤도회로/연동/폐색장치 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상 ▪ 선로안전시설: 지장물 검지장치	설계/제작 -재료/재질 불량 -품질/기능 불량 -설계 오류 도입/설치 -설치하지 않음 - 잘 못 된 설치 (위치/기능/규격) -불필요한 설치 사용/취급 -사용하지 않음 - 잘 못 된 적용 -불필요한 적용 유지관리 -하지 않음 - 잘 못 된 적용 -불필요한 적용 외부요인 -환경/
			정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	
			전철전력 설비결함	▪ 변전소, 급전소(구분소) ▪ 전차선로, 배전선로 ▪ 전기사령-통신설비/정보처리장치	
			열차/차량 설비결함	▪ 운행 제어장치 -추진제어, 제동제어, 집전제어 -속도표시, 신호보안, 열차통신 -고장경보장치: 시각/청각 ▪ 운전보안장치 -비상정지장치 -열차무선방호장치 ▪ 종합제어장치 -차상신호장치	
충돌 사고	열차 간 충돌 -정면 -측면 -후방		열차/차량 설비결함	-컴퓨터 정보전송 계통 -운행상태 확인/고장경보 장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기 공급 장치/제동 압력관 -관통제동기/수용제동기 ▪ 전기장치 -집전장치, 주회로 차단기 -인버터/컨버터, 견인전동기 -보조전원장치, 축전기	

				-기타 고전압 기기 보호 장치 ▪ 연결기 장치: 자동/밀착/통로 연결기	불법행위
		외부 요인	기후/환경 악조건	▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙 폭염/지진/낙뢰 등 ▪ 환경조건: 시계/조명 불량, 선로오염	
			불법행위	▪ 테러: 구조물/시설물의 파괴/변형 점거/탈취, 협박/폭행 ▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업장비 무단운행 -매설물/시설물 파손 ▪ 운행방해: 차량/열차 파손 ▪ 간섭/교란: 통신/신호/전력	
		조직 감독 결함	조직구성	▪ 조직구성-임무/역할 ▪ 명령체계/권한위임 ▪ 비상대응/정보연락	*체계요인 (공통)
			자원관리	▪ 시설장비-구매조달/품질관리/유지보수 ▪ 인적자원-선발/고용, 인사관리 ▪ 예산-확보/집행/감사	
			운영관리	▪ 규정/지침-계획/절차 결함 ▪ 작업환경-작업장 설치/배치, 업무지원 ▪ 안전관리프로그램-위험평가, 사고조사, 안전심사/점검 ▪ 안전문화/풍토-압박, 은폐	
			감독결함	▪ 계획수립/관리실행 결함 ▪ 적발교정 결함 ▪ 감독위반	

사고종류	사고형식	위험원인		주요 기여요인	비고
충돌사고	지장물 충돌	외부 요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -산사태, 낙석, 수목전도 -외부 지장물: 자동차, 낙하물 -시계/조명 불량, 선로오염 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙 폭염/지진/낙뢰 등	
			불법행위	▪ 테러 -구조물/시설물의 파괴/변형 -지장물체 투척/발사 ▪ 무단공사/임의작업	

				-공사열차/작업 장비 무단운행 ▪ 무단설치/방치 -선로지장: 공사장비/도구/재료, 동물 -한계지장: 시설물 설치/방치 ▪ 간섭/교란: 통신/신호/전력	
		운전 취급 결함 -인적 오류 -취급 위반	화물추락	▪ 한계초과: 크기(길이/높이/폭) ▪ 적재불량: 중량분포/결박 불량, 유동 ▪ 관리감시: 출발 전 점검/운행 중 확인	육체/신체 -능력한계 -스트레스 정신/심리 -능력한계 -스트레스 지식-교육/경험 기능-훈련/지도 동기부여 -평가/보상부당 -강압/압박풍토 -처벌/단속부당
			점유권한 교통관제 취급결함	▪ 잘못된 이례상황 전파/열차방호 부재 ▪ 잘못된 이동/정지 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 권한변경 및 변경사항 미 전달	
			신호지시 취급결함	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			과속운행 -최고속도 -제한속도	▪ 잘못된 속도 설정-열차운행/운전규제 ▪ 잘못된 신호/지시 전달/판단 ▪ 습관적 무시/위반 ▪ 고의적 위반-안전/경보장치 차단	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미 시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
		기술적 결함 -고장 -파손 -변형	선로/시설물 결함	▪ 구조물: 교량/터널 설비/구성품 탈락 ▪ 선로 변 구조물/역 시설물/건축물 붕괴	설계/제작 -재료/재질 불량 -품질/기능 불량 -설계 오류 도입/설치 -설치하지 않음 -잘 못 된 설치 (위치/기능/규격) -불필요한 설치 사용/취급 -사용하지 않음 -잘 못 된 적용 -불필요한 적용
			신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기/선로표지 -속도제한/거리/경사/한계 ▪ 선로안전시설: 지장물 검지/끌림 검지 ▪ 선로전환기/궤도회로/연동/폐색장치 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상	
			정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	
			전철전력 설비결함	▪ 변전소, 급전소(구분소) ▪ 전차선로, 배전선로 ▪ 전기사령-통신설비/정보처리장치	
충돌사고	지장물 충돌		열차/차량 설비결함	▪ 운행 제어장치 -추진제어, 제동제어, 집전제어 -속도표시, 신호보안, 열차통신 -고장경보장치: 시각/청각 ▪ 운전보안장치 -비상정지장치 -열차무선방호장치	

				▪ 종합제어장치 -차상신호장치 -컴퓨터 정보전송 계통 -운행상태 확인/고장경보 장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기 공급 장치/제동압력 관 -관통제동기/수용제동기	유지관리 -하지 않음 -잘 못 된 적용 -불필요한 적용 외부요인 -환경/불법행위
		조직 감독 결함	조직구성	▪ 조직구성-임무/역할 ▪ 명령체계/권한위임 ▪ 비상대응/정보연락	*체계요인 (공통)
			자원관리	▪ 시설장비-구매조달/품질관리/유지보수 ▪ 인적자원-선발/고용, 인사관리 ▪ 예산-확보/집행/감사	
			운영관리	▪ 규정/지침-계획/절차 결함 ▪ 작업환경-작업장 설치/배치, 업무지원 ▪ 안전관리프로그램-위험평가, 사고조사, 안전심사/점검 ▪ 안전문화/풍토-압박, 은폐	
			감독결함	▪ 계획수립/관리실행 결함-비상대응 ▪ 적발교정 결함 ▪ 감독위반	

사고 종류	사고 형식	위험원인		주요 기여요인	비고
충돌 사고	차단 구간 충돌 -종점 -작업 -입환	외부 요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -산사태, 낙석, 수목전도 -외부 지장물: 자동차, 낙하물 -시계/조명 불량, 선로오염, 투시방해 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙	
			불법행위	▪ 구조물/시설물의 파괴/변형 ▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업 장비 무단운행 ▪ 무단설치/방치 -선로지장: 공사 장비/도구/재료, 동물 -한계지장: 시설물 설치/방치 ▪ 운행방해: 차량파손, 비상제동 ▪ 간섭/교란: 통신/신호/전력	

		운전취급결함 - 인적오류 - 취급위반	한계초과/간섭	▪ 차량한계, 건축한계 초과/간섭 -차량, 시설, 구조물, 장비/재료	육체/신체 -능력한계 -스트레스 정신/심리 -능력한계 -스트레스 지식-교육/경험 기능-훈련/지도 동기부여 -평가/보상부당 -강압/압박풍토 -처벌/단속부당
			열차조성/취급결함	▪ 차량 배치/이동 결함-과속/제동위반 ▪ 열차 조성/취급 결함-돌방입환	
			교통관제 취급결함	▪ 잘못된 점유권한 전파/작업방호 부재 ▪ 잘못된 이동/정지 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 권한변경 및 변경사항 미 전달	
			신호지시 취급결함 (*정지위반)	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			과속운행 -제한속도	▪ 잘못된 속도 설정-열차운행/운전규제 ▪ 잘못된 신호/지시 전달/판단 ▪ 습관적 무시/위반 ▪ 고의적 위반-안전/경보장치 차단	
			선로전환 취급결함	▪ 잘못된 선로전환 설정/해제 ▪ 불완전한 조건/상황의 관리감시 결함 ▪ 선로전환전 임의이동, 진출후 재진입	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
			열차퇴행	▪ 정지위치 어김/열차퇴행/이선진입 ▪ 잘못된 열차이동(무단이동) ▪ 열차방호시스템 미적용/오적용	
			열차분리/차량구름	▪ 열차 조성(연결)/취급(주차) 결함 ▪ 열차 보안/안전점검 결함 ▪ 열차방호시스템 미적용/오사용	
충돌사고	차단구간 충돌 -종점 -작업 -입환	기술적 결함 -고장 -파손 -변형	선로/시설물 결함	▪ 교량/터널 설비/구성품 탈락 ▪ 선로변 구조물/역시설물/건축물 붕괴 ▪ 선로안전시설 결함 -안전측선/완충차막이 -종점표지/사구간표지 ▪ 구조적 결함: 급곡선/구배, 투시지장	설계/제작 -재료/재질 불량 -품질/기능 불량 -설계 오류 도입/설치 -설치하지 않음 - 잘 못 된 설치 (위치/기능/규격) -불필요한
			신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기/선로표지 -속도제한/거리/경사/한계 ▪ 선로전환기/궤도회로/연동/폐색장치 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상	
			정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	
			전철전력 설비결함	▪ 변전소, 급전소(구분소) ▪ 전차선로, 배전선로	

				▪ 전기사령-통신설비/정보처리장치	설치
			열차/차량 설비결함	▪ 운행제어장치 -추진제어, 제동제어, 집전제어 -속도표시, 신호보안, 열차통신 -고장경보장치: 시각/청각 ▪ 운전보안장치 -비상정지장치 -열차무선방호장치 ▪ 종합제어장치 -차상신호장치 -컴퓨터 정보전송 계통 -운행상태 확인/고장경보 장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기공급장치/제동압력관 -관통제동기/수용제동기 ▪ 기타 장치: 연결기, 살사장치	사용/취급 -사용하지 않음 - 잘 못 된 적용 -불필요한 적용 유지관리 -하지 않음 - 잘 못 된 적용 -불필요한 적용 외부요인 -환경/불법행위

(2) 탈선사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 분류

<표 3-6-2> 탈선사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인

사고 종류	사고 형식	위험원인		주요 기여요인	비고
탈선 사고	본선 탈선 -일반 -선로 전환	외부 요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -산사태, 낙석, 수목전도 -외부지장물: 자동차, 낙하물 -시계/조명 불량, 선로오염, 투시방해 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙 폭염/지진/낙뢰 등	
			불법행위	▪ 테러 -구조물/시설물의 파괴/변형 -지장물체 투척/발사, 설치 -열차/관제 점거/탈취, 협박/폭행 ▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업장비 무단운행 ▪ 무단설치/방치 -선로지장: 공사장비/도구/재료, 동물 -한계지장: 시설물 설치/방치 ▪ 운행방해: 차량파손, 비상제동 ▪ 간섭/교란: 통신/신호/전력	

		운전취급결함 - 인적오류 - 취급위반	적재물 추락	▪ 한계초과: 크기(길이/높이/폭) ▪ 적재불량: 중량분포/결박 불량, 유동	육체/신체 -능력한계 -스트레스 정신/심리 -능력한계 -스트레스 지식-교육/경험 기능-훈련/지도 동기부여 -평가/보상부당 -강압/압박풍토 -처벌/단속부당
			한계초과/간섭	▪ 차량한계, 건축한계 초과/간섭 -차량, 시설, 구조물, 장비/재료	
			교통관제 취급결함	▪ 잘못된 이례상황 전파/열차방호 부재 ▪ 잘못된 이동/정지 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 권한변경 및 변경사항 미전달	
			신호지시 취급결함	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			과속운행 -최고속도 -제한속도	▪ 잘못된 속도 설정-열차운행/운전규제 ▪ 잘못된 신호/지시 전달/판단 ▪ 습관적 무시/위반 ▪ 고의적 위반-안전/경보장치 차단	
			선로전환 취급결함	▪ 잘못된 선로전환 설정/해제 ▪ 이동중 선로전환 설정/해제 ▪ 불완전한 조건/상황의 관리감시 결함 ▪ 선로전환전 임의이동, 진출후 재진입	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
			열차퇴행	▪ 정지위치 어김/열차퇴행/이선진입 ▪ 잘못된 열차이동(무단이동) ▪ 열차방호시스템 미적용/오적용	
			열차분리/차량구름	▪ 열차 조성(연결)/취급(주차) 결함 ▪ 열차 보안/안전점검 결함 ▪ 열차방호시스템 미적용/오사용	
			구원결함	▪ 구원견인 취급결함-제동 불완해	
탈선사고	본선탈선 -일반 -선로전환	기술적결함 -고장 -파손 -변형	선로/시설물 결함	▪ 선로결함: 궤도(레일/침목), 노반 결함 ▪ 구조적 결함: 급곡선/구배, 투시지장 ▪ 교량/터널 설비/구성품 탈락 ▪ 선로변 구조물/역시설물/건축물 붕괴 ▪ 선로안전시설 결함 -안전측선 -차축온도검지, 지장물검지, 끌림검지 -지진감시, 기상검지, 레일온도검지	설계/제작 -재료/재질 불량 -품질/기능 불량 -설계오류 도입/설치 -설치하지 않음 -잘못된 설치(위치/기능/규격) -불필요한 설치 사용/취급
			신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기/선로표지 -속도제한/거리/경사/한계 ▪ 선로안전시설: 지장물검지/끌림검지 ▪ 선로전환기/궤도회로/연동/폐색장치 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상	
			정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	
			전철전력	▪ 변전소, 급전소(구분소)	

			설비결함	▪ 전차선로, 배전선로 ▪ 전기사령-통신설비/정보처리장치	-사용하지 않음 - 잘 못 된 적용 -불필요한 적용 유지관리 -하지않음 - 잘 못 된 적용 -불필요한 적용 외부요인 -환경/불법행위
			열차/차량 설비결함	▪ 운행제어장치 -추진제어, 제동제어, 집전제어 -속도표시, 신호보안, 열차통신 -고장경보장치: 시각/청각 ▪ 운전보안장치 -비상정지장치 -열차무선방호장치 ▪ 종합제어장치 -차상신호장치 -컴퓨터 정보전송 계통 -운행상태 확인/고장경보 장치 ▪ 주행장치 -대차/고정축거 -차륜/차축/플렌지/윤축 -현수장치/차체지지장치 -구동장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기공급장치/제동압력관 -관통제동기/수용제동기 ▪ 전기장치 -집전장치, 주회로차단기 -인버터/컨버터, 견인전동기 -보조전원장치, 축전기 -기타 고전압 기기 보호장치 ▪ 기타 장치: 연결기, 배장기, 살사장치	

사고 종류	사고 형식	위험원인		주요 기여요인	비고
탈선 사고	차단 구간 탈선 -종점 -작업 -입환	외부 요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -산사태, 낙석, 수목전도 -외부지장물: 자동차, 낙하물 -시계/조명 불량, 선로오염, 투시방해 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙	
			불법행위	▪ 구조물/시설물의 파괴/변형 ▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업장비 무단운행 ▪ 무단설치/방치 -선로지장: 공사장비/도구/재료, 동물 -한계지장: 시설물 설치/방치 ▪ 운행방해: 차량파손, 비상제동 ▪ 간섭/교란: 통신/신호/전력	

		운전취급결함 - 인적오류 - 취급위반	적재물 추락	▪ 한계초과: 크기(길이/높이/폭) ▪ 적재불량: 중량분포/결박 불량, 유동	육체/신체 -능력한계 -스트레스 정신/심리 -능력한계 -스트레스 지식-교육/경험 기능-훈련/지도 동기부여 -평가/보상부당 -강압/압박풍토 -처벌/단속부당
			한계초과 /간섭	▪ 차량한계, 건축한계 초과/간섭 -차량, 시설, 구조물, 장비/재료	
			열차조성 /취급결함	▪ 차량 배치/이동 결함-과속/제동위반 ▪ 열차 조성/취급 결함-돌방입환	
			교통관제 취급결함	▪ 잘못된 점유권한 전파/작업방호 부재 ▪ 잘못된 이동/정지 권한의 승인/전달 ▪ 잘못된 권한변경 및 변경사항 미전달	
			신호지시 취급결함 (*정지위반)	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			과속운행 -제한속도	▪ 잘못된 속도 설정-열차운행/운전규제 ▪ 잘못된 신호/지시 전달/판단 ▪ 습관적 무시/위반 ▪ 고의적 위반-안전/경보장치 차단	
			선로전환 취급결함	▪ 잘못된 선로전환 설정/해제 ▪ 이동중 선로전환 설정/해제 ▪ 불완전한 조건/상황의 관리감시 결함 ▪ 선로전환전 임의이동, 진출후 재진입	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
			열차퇴행	▪ 정지위치 어김/열차퇴행/이선진입 ▪ 잘못된 열차이동(무단이동) ▪ 열차방호시스템 미적용/오적용	
			열차분리 /차량구름	▪ 열차 조성(연결)/취급(주차) 결함 ▪ 열차 보안/안전점검 결함 ▪ 열차방호시스템 미적용/오사용	
			구원결함	▪ 구원견인 취급결함-제동 불완해	
탈선사고	차단구간탈선 -종점 -작업 -입환	기술적결함 -고장 -파손	선로/ 시설물 결함	▪ 선로결함: 궤도(레일/침목), 노반 결함 ▪ 구조적 결함: 급곡선/구배, 투시지장 ▪ 교량/터널 설비/구성품 탈락 ▪ 선로변 구조물/역시설물/건축물 붕괴 ▪ 선로안전시설 결함 -안전측선/완충차막이 -종점표지/사구간표지	설계/제작 -재료/재질 불량 -품질/기능 불량 -설계 오류 도입/설치 -설치하지 않음 -잘 못 된 설치
			신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기/선로표지 -속도제한/거리/경사/한계 ▪ 선로전환기/궤도회로/연동/폐색장치 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상	

		-변형	정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	(위치/기능/규격) -불필요한 설치 사용/취급 -사용하지 않음 -잘 못 된 적용 -불필요한 적용 유지관리 -하지 않음 -잘 못 된 적용 -불필요한 적용 외부요인 -환경/불법행위
			전철전력 설비결함	▪ 변전소, 급전소(구분소) ▪ 전차선로, 배전선로 ▪ 전기사령-통신설비/정보처리장치	
			열차/차량 설비결함	▪ 운행제어장치 -추진제어, 제동제어, 집전제어 -속도표시, 신호보안, 열차통신 -고장경보장치: 시각/청각 ▪ 운전보안장치 -비상정지장치 -열차무선방호장치 ▪ 종합제어장치 -차상신호장치 -컴퓨터 정보전송 계통 -운행상태 확인/고장경보 장치 ▪ 주행장치 -대차/고정축거 -차륜/차축/플렌지/윤축 -현수장치/차체지지장치 -구동장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기공급장치/제동압력관 -관통제동기/수용제동기 ▪ 전기장치 -집전장치, 주회로차단기 -인버터/컨버터, 견인전동기 -보조전원장치, 축전기 -기타 고전압 기기 보호장치 ▪ 기타 장치: 연결기, 배장기, 살사장치	

(3) 건널목사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 분류

<표 3-6-3> 건널목사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인

사고 종류	사고 형식	위험원인		주요 기여요인	비고
건널목 사고	건널목 갇힘	운전 취급 결함	엔진정지	▪ 운전부주의 ▪ 도로차량 결함	육체/신체 정신/심리 지식-교육/경험
			보판이탈		
			한계지장	▪ 한계초과(차량 길이/높이/폭) 진입	

				▪ 적재불량: 중량분포/결박 불량, 유동	
		- 인적 오류 - 취급 위반	진출입 통제결함	▪ 감시 소홀: 차단기, 경보기 작동 ▪ 진출입통제소홀: 교통정체, 출구혼잡	기능-훈련/지도 동기부여 -처벌/단속부당
			신호지시 취급결함	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
		기술적 결함 -고장 -파손 -변형	안전설비 결함	▪ 차단기(차단봉/제어장치) 고장 -출구측 차단/경보 오동작 ▪ 경보기(음향/시각) : 고장/시인성 부족 ▪ 전철/구간빔 스펜선 결함 ▪ 보판/경사판 결함: 포장상태/통과폭 ▪ 안전표지류 결함: 미설치/시인성 부족 -교통안전표지/고장표지 ▪ 조명설비 결함 : 고장/미설치 ▪ 지장물검지장치 결함 : 고장/오작동 ▪ 정시간제어기/원격감시장치 결함	설계/제작 -재료/재질 불량 -품질/기능 불량 -설계 오류 도입/설치 -설치하지 않음 -잘 못 된 설치 (위치/기능/규격) -불필요한 설치 사용/취급 -사용하지 않음 -잘 못 된 적용 -불필요한 적용 유지관리 -하지 않음 -잘 못 된 적용 -불필요한 적용 외부요인
			건널목 구조결함	▪ 상구배 추진부족, 하구배 제동부족 ▪ 투시지장: 급곡선/교차각/지장물	
			신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기-지장검지신호 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상	
			정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	
			열차/차량 설비결함	▪ 운전보안장치 -비상정지장치, 열차무선방호장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기공급장치/제동압력관	

					-환경/불법행위
		외부요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -투시방해: 초목, 급곡선/구배, 지장물 -시계/조명 불량, 선로오염 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙	
			불법행위	▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업장비 무단운행 ▪ 간섭/교란: 통신/신호/전력	
건널목사고	차단기돌파(우회)	운전취급결함-인적오류-취급위반	일시정지 무시	▪ 운전자 위반	육체/신체 정신/심리 지식-교육/경험 기능-훈련/지도 동기부여 -처벌/단속부당
			진출입 통제결함	▪ 감시 소홀: 차단기, 경보기 작동 ▪ 진출입통제소홀: 교통정체/장시간차단	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
		기술적결함-고장-파손-변형	건널목 안전설비	▪ 경보기(음향/시각) : 고장/시인성 부족 ▪ 안전표지류 결함: 미설치/시인성 부족 -교통안전표지/고장표지 ▪ 조명설비 결함 : 고장/미설치	설계/제작 도입/설치 사용/취급 유지관리 외부요인
			건널목 구조결함	▪ 상구배 추진부족, 하구배 제동부족 ▪ 투시지장: 급곡선/교차각/지장물	
		외부요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -투시방해: 초목, 급곡선/구배, 지장물 -시계/조명 불량, 선로오염 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙	
			불법행위	▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업장비 무단운행	
건널	경보	운전	일시정지	▪ 운전자 위반	육체/신체

목사고	중진입	취급결함-인적오류-취급위반	무시		정신/심리 지식-교육/경험 기능-훈련/지도 동기부여 -처벌/단속부당
			진출입 통제결함	▪ 감시 소홀: 차단기, 경보기 작동 ▪ 진출입통제소홀: 교통정체/장시간차단	
			신호지시 취급결함	▪ 잘못된 신호/지시 인지/접수 ▪ 잘못된 신호/지시 착각/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			과속운행 -최고속도 -제한속도	▪ 잘못된 속도 설정-열차운행/운전규제 ▪ 잘못된 신호/지시 전달/판단 ▪ 고의적 신호/지시 무시/위반	
			제동취급 결함	▪ 제동체결 미시행-안전/경보장치 차단 ▪ 제동체결 지연/부족-전도주시 소홀	
		기술적결함-고장-파손-변형	건널목 안전설비	▪ 차단기(차단봉/제어장치) 고장 -출구측 차단/경보 오동작 ▪ 경보기(음향/시각) : 고장/시인성 부족 ▪ 안전표지류 결함: 미설치/시인성 부족 -교통안전표지/고장표지 ▪ 조명설비 결함 : 고장/미설치	설계/제작 도입/설치 사용/취급 유지관리 외부요인
			건널목 구조결함	▪ 상구배 추진부족, 하구배 제동부족 ▪ 투시지장: 급곡선/교차각/지장물	
			신호제어 설비결함	▪ 주신호기/보조신호기-지장검지신호 ▪ 자동열차정지장치(지상 ATS) ▪ 열차집중제어장치(CTC)-지상/차상	
			정보통신 설비결함	▪ 통신선로-유/무선, 전송설비 ▪ 열차무선설비, 역무용 통신설비	
			열차/차량 설비결함	▪ 운전보안장치 -비상정지장치, 열차무선방호장치 ▪ 제동장치 -제동제어/제동차단 장치 -기초제동/주차제동/전기제동 장치 -압축공기공급장치/제동압력관	
		외부요인	기후/환경 악조건	▪ 환경조건 -투시방해: 초목, 급곡선/구배, 지장물 -시계/조명 불량, 선로오염 ▪ 기후조건: 강우/강설/강풍/안개/결빙	
			불법행위	▪ 무단공사/임의작업 -공사열차/작업장비 무단운행	

	조직 감독 결함	조직구성	▪ 조직구성-임무/역할 ▪ 명령체계/권한위임 ▪ 비상대응/정보연락	*체계요인 (공통)
		자원관리	▪ 시설장비-구매조달/품질관리/유지보수 ▪ 인적자원-선발/고용, 인사관리 ▪ 예산-확보/집행/감사	
		운영관리	▪ 규정/지침-계획/절차 결함 ▪ 작업환경-작업장 설치/배치, 업무지원 ▪ 안전관리프로그램-위험평가,사고조사, 안전심사/점검 ▪ 안전문화/풍토-압박, 은폐	
		감독결함	▪ 계획수립/관리실행 결함-비상대응 ▪ 적발교정 결함 ▪ 감독위반	

(4) 열차화재사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 분류

<표 3-6-4> 열차화재사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인

사고종류	사건형식	주요 기여요인	
열차화재	차량내부 화재	방화	불법행위
		대차부 고장	재질불량
			유지보수 소홀
			부적절한 사용
		기관실/전장품 고장	재질불량
			유지보수 소홀
			부적절한 사용
		전기합선	재질불량
			유지보수 소홀
	차량외부 화재	선로변 화재유입	부적절한 사용
			선로변 수목

		역사 화재유입	승강장
			에스컬레이터
			부대시설
			엘리베이터
			기타
		설비화재	변전소/터널/ 전차선
		기타	유독가스 유입

(5) 사상사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인 분류

<표 3-6-5> 사상사고의 사고 형식 및 주요 기여 요인

사고 종류	사건형식		주요 기여요인
사상사고(여객사상, 공중사상, 직무사상)	추락	열차 추락	뛰어내림/뛰어탐
			열차출입문 개방/열차출입문 오동작 (반대측 개방)
			열차출입문 오사용(반대측)
			열차출입문 매달림
		승강장 추락	안전설비(펜스, 경고장치) 결함
			떠밀림 추락(혼잡, 범죄)
			개인부주의(자살포함)
		작업장 추락	안전설비(펜스, 경고장치) 결함
			작업장비(사다리, 비계, 곤도라) 결함
			개인부주의
	전도/실족	열차내 전도/실족	급제동/급출발
			바닥 결함(미끄러움, 결빙)/통로 장애물 지장
			안전설비(손잡이) 결함
			개인부주의
		승강장 전도/실족	바닥 결함(미끄러움, 결빙)/통로 장애물 지장
			안전설비 결함

			개인부주의
		역구내 전도/실족 (계단/육교, 건널목, 개표구/집표구)	운반/이동 장비(승강기 등) 급제동/급출발
			바닥 결함(미끄러움, 결빙)/통로 장애물 지장
			안전설비 결함
			개인부주의
		작업장 전도/실족	바닥 결함(미끄러움, 결빙)/통로 장애물 지장
			안전설비 결함
			작업장비 결함
			개인부주의
	끼임 (끌림)	열차 외부출입문 끼임	출입문 고장/오작동
			개인부주의
		열차 내부출입문 끼임 (열차 통로문/화장실문)	출입문 고장/오작동
			개인부주의
		기타 출입문 끼임 (역구내 각종 출입문)	출입문 고장/오작동
			개인부주의
		열차-승강장 끼임	승강장 곡선부 간격 과다
			안전설비(발판) 결함
			개인부주의(승/하차 과정)
		작업장비 끼임	작업장비 결함
			개인부주의
	충격	열차/차량 충격	선로추락(열차/승강장/작업장)
			승강장 열차근접 통행/이동
			선로 무단 침입/통행
			선로(변) 이동/작업
			차량입환작업(돌방입환, 차량분리/구름)
		시설물 충격 (기둥, 건물, 표지, 창문)	시설물 붕괴/구성품 탈락
			안전설비(보호/방호) 결함
			개인부주의

		물체 충격	열차운행 비산물(자갈/눈, 궤도/열차 탈락물)
			열차내 화물 추락
			외부 물체 투사/낙하
			작업 도구/공구 투사/낙하
			재료/자재 낙하/붕괴
			기타 물체 충격
	화상	열차 화재	내장재 연소, 화물연소
		기기 과열	전기합선, 난방기 과열, 제동부 과열
		고온부 접촉	식당 온수, 뜨거운 물체
	감전	전철/전력 설비	설치/안전보호 결함(파손, 노출, 누전)
			개인부주의, 오사용
		열차내부 전기설비	설치/안전보호 결함(파손, 노출, 누전)
			개인부주의, 오사용
		승강장 전기설비	설치/안전보호 결함(파손, 노출, 누전)
			개인부주의, 오사용
		작업장 전기설비	설치/안전보호 결함(파손, 노출, 누전)
			개인부주의, 오사용
		선로변 전기설비	설치/안전보호 결함(파손, 노출, 누전)
			개인부주의, 오사용
	질식	위험물 노출	독가스, 매연, 화학물질
	기타	질병	
		폭행/협박	

이로부터 다음과 같이 사고별 주요 기여요인에 의해 발생되는 위험사건을 나열하고, 각 사고마다 기여요인이 차지하는 비율과 이에 따른 사고 심각도에 대한 설문을 실시하기 위한 설문표를 작성하였다. 화재 사고의 예를 들어 이 설문표에 대해 설명하자면, 화재 사고가 100건 발생한다고 할 때 화재 사고의 5가지 위험 사건 각각은 어느 몇 건이나 발생할 것인가에 대해 묻고자 하는 것이다. 이는 바로 사고별로 위험사건이 차지하는 상대적 비율(%)을 묻는 것이기 때문에, 다른 사고간(ex) 충돌사고와 화재사고간)의 위험사건의 상대적 빈도를 비교하는 것은 무의미하다.

사건의 위험도는 사고의 빈도와 심각도의 곱으로 결정된다. 아래 설문표에서는 사고의 심각도를 '경상자발생'부터 '사망자다수'까지의 5단계로 나누었는데 위험도를 구하기 위해서는 각 심각도마다 적절한 피해 금액 비율을 할당해야 한다. 본 설문에서는 아래 <표 3-6-6>와 같이 피해 금액 비율을 산정하였다.

<표 3-6-6> 심각도에 따른 피해 금액 비율 산정표

심각도	경상자 발생	중상자 소수	중상자 다수	사망자 소수	사망자 다수
피해 금액비	**1**	**10**	50	**100**	500

철도 사고의 위험도 추정을 위한 설문표

* 조사대상은 충돌사고, 탈선사고, 건널목사고 및 열차화재사고 입니다.
* 위험도는 위험사건별 "발생빈도(년간 발생건수) × 심각도(인명사상자)"로서 정의하며
  - 발생빈도 예측은 우리나라 전체 철도시스템을 대상으로 추정하십시오.
    (본 설문에서는 붙임의 설문 작성예를 참조하셔서 개별 사고마다 해당 위험사건들의 상대적 발생빈도(%) 를 표시하여 주십시오. 사고별 위험사건의 상대적 발생빈도 총합이 가능한 한 100%가 되도록 작성하여 주십시오.)
  - 심각도 예측에서 관련열차는 여객열차를 대상으로 사상자를 예측하십시오.
* 사고종류별 위험사건의 발생은 붙임의 "위험요인(원인)-위험사건-사고발생" 시나리오를 참조하십시오.

과 제 명:_____

소　　속:_____

성　　명:_____

1. 충돌사고

충돌사고 위험사건 별 분류	충돌사고 중 개별 위험사건의 상대적 발생빈도 (총합 = 100%)										사고 심각도 (사고 1회 발생 시 심각도 추정치)				
											심각도 낮음 <----------> 심각도 높음				
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100 %	경상자만 발생	중상자 소수 (1-4명)	중상자 다수 (5명 이상)	사망자 소수 (1-4명)	사망자 다수 (5명 이상)
열차간 충돌 - 선행열차 이상(열차정지, 열차퇴행, 열차분리 등)에 의한 충돌															
열차간 충돌 - 후행열차의(신호지시위반 등) 폐색구간 오진입에 의한 열차간 충돌															
지장물 충돌 - 시설물 탈락/붕괴, 시설물의 한계지장 등 선로지장 시설물과의 충돌															
지장물 충돌 - 외부 지장물(낙석, 수목 등)과의 충돌															
차단구간 충돌 - 종단구간, 작업구간 등의 차단구간 오진입에 의한 (작업차량, 공사장비 등과의) 충돌															
차단구간 충돌 - 입환/조성 과정의 취급 결함에 의한 충돌															

2. 탈선사고

탈선사고 위험사건 별 분류	탈선사고 중 개별 위험사건의 상대적 발생빈도 (총합 = 100%)										사고 심각도 (사고 1회 발생 시 심각도 추정치)				
											심각도 낮음 <----------> 심각도 높음				
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100 %	경상자만 발생	중상자 소수 (1-4명)	중상자 다수 (5명 이상)	사망자 소수 (1-4명)	사망자 다수 (5명 이상)
본선주행탈선 - 선로결함, 차량결함 등 기술적 결함에 의한 탈선															
본선주행탈선 - 급제동, 급가속, 과속 등 운전취급 결함에 의한 탈선															
지장물 탈선 - 시설물 탈락/붕괴, 시설물의 한계지장 등 선로지장 시설물에 의한 탈선															
지장물 탈선 - 외부 지장물(낙석, 수목 등)에 의한 탈선															
차단구간 탈선 - 종단구간, 작업구간 등의 차단구간 오진입에 의한 탈선															
차단구간 탈선 - 입환/조성 과정의 취급 결함에 의한 탈선															

3. 화재사고 (열차화재)

화재사고 위험사건 별 분류	화재사고 중 개별 위험사건의 상대적 발생빈도 (총합 = 100%)										사고 심각도 (사고 1회 발생 시 심각도 추정치)				
											심각도 낮음 <----------> 심각도 높음				
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100 %	경상자만 발생	중상자 소수 (1-4명)	중상자 다수 (5명 이상)	사망자 소수 (1-4명)	사망자 다수 (5명 이상)
차량내부 화재 - 불법행위(방화)에 의한 차량내부 화재															
차량내부 화재 - 차량기기 과열/합선에 의한 차량내부 화재															
외부전파 화재 - 산불 등 선로변 화재가 차량으로 전파되는 화재															
외부전파 화재 - 승강장/이동로 등 역사 화재가 차량으로 전파되는 화재															
외부전파 화재 - 변전소/전차선 등의 설비화재가 차량으로 전파되는 화재															

4. 건널목사고

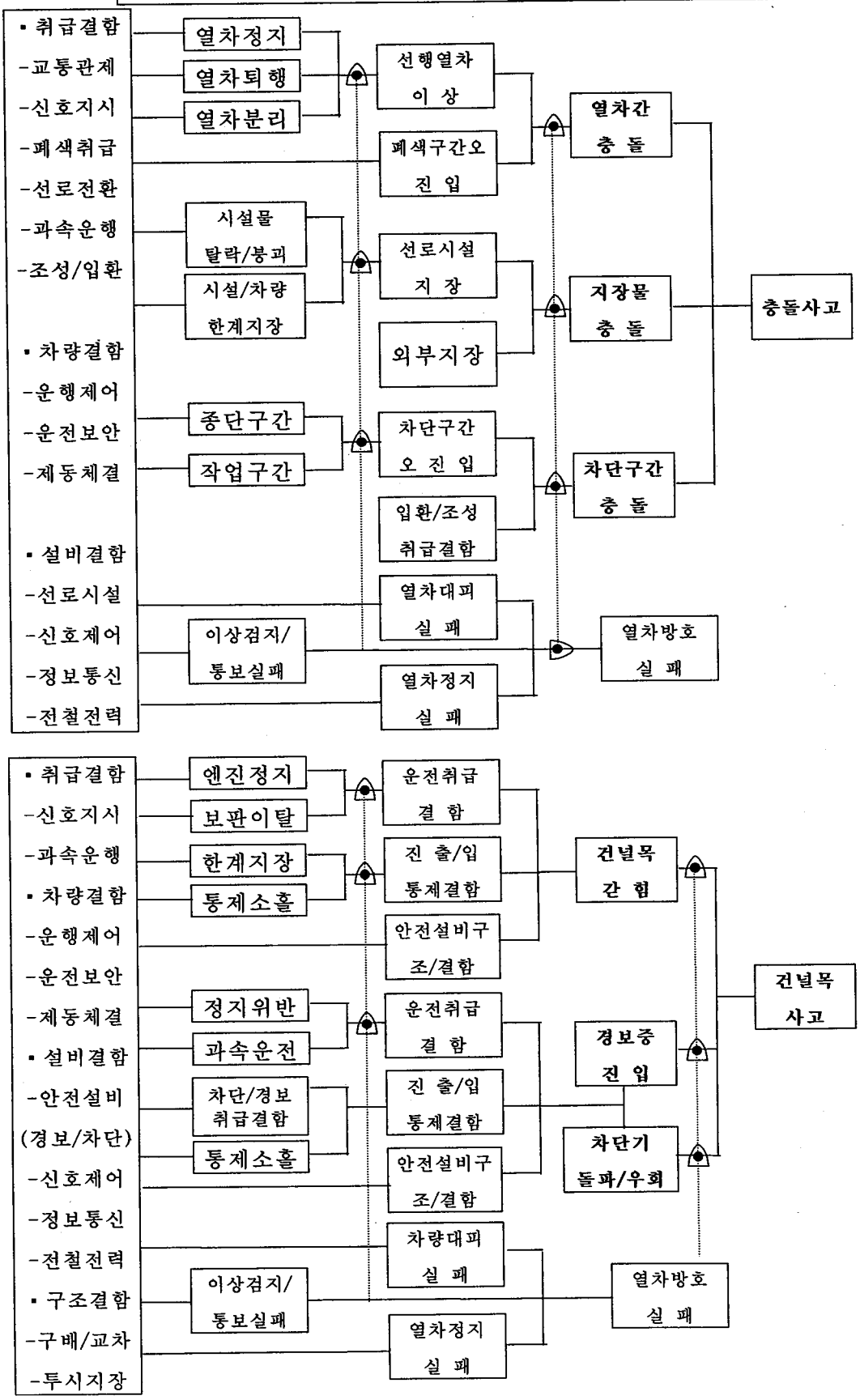
건널목사고 위험사건 별 분류	건널목사고 중 개별 위험사건의 상대적 발생빈도 (총합 = 100%)										사고 심각도 (사고 1회 발생 시 심각도 추정치)				
											심각도 낮음 <----------> 심각도 높음				
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100 %	경상자만 발생	중상자 소수 (1-4명)	중상자 다수 (5명 이상)	사망자 소수 (1-4명)	사망자 다수 (5명 이상)
건널목 갇힘 (경보 전) - 엔진정지, 보판이탈 등 도로 차량 결함 및 운전자 부주의로 건널목에 갇힘															
건널목 갇힘 (경보 전) - 교통정체, 통제소홀 등 건널목 진출입 통제 결함으로 건널목에 갇힘															
건널목 갇힘 (경보 전) - 안전설비 결함(경보/차단기 오동작 등)으로 건널목에 갇힘															
경보중 진입 - 일단정지위반, 과속진입 등 운전자 위반이나 도로차량 결함으로 경보 중에 진입															
경보중 진입 - 경보/차단 오취급, 통제소홀 등 진출입 통제 결함으로 경보 중에 건널목 진입															
경보중 진입 - 안전설비결함(경보/차단기의 고장/오동 작)으로 경보 중에 건널목 진입															
차단기 돌파/우회- 일단정지위반, 과속진입 등 운전자 위반이나 도로차량 결함으로 차단기 돌파/우회 진입															
차단기 돌파/우회- 차단/경보기 취급결함, 통제소홀 등 진출입 통제 결함으로 차단기 돌파/우회 진입															
차단기 돌파/우회- 안전설비결함(경보/차단기의 고장/ 오동작)으로 차단기 돌파/우회 진입															

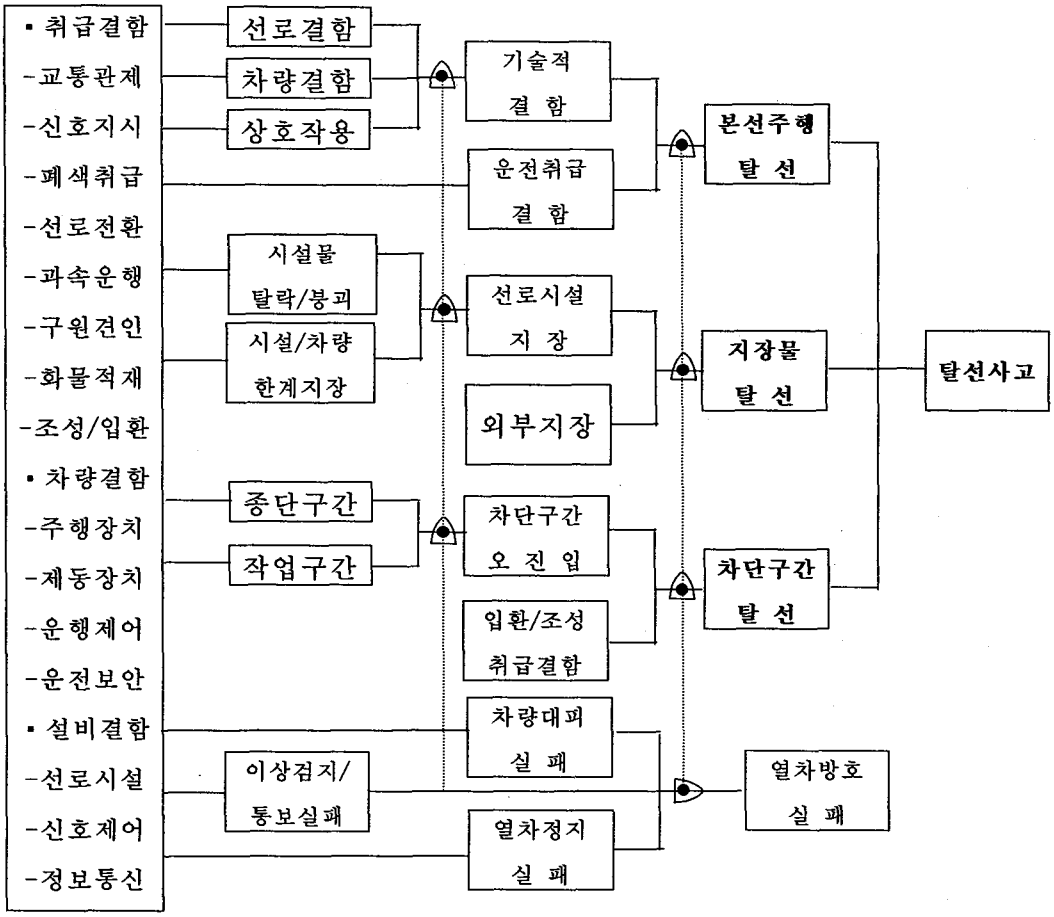
붙임 1: 설문 작성예

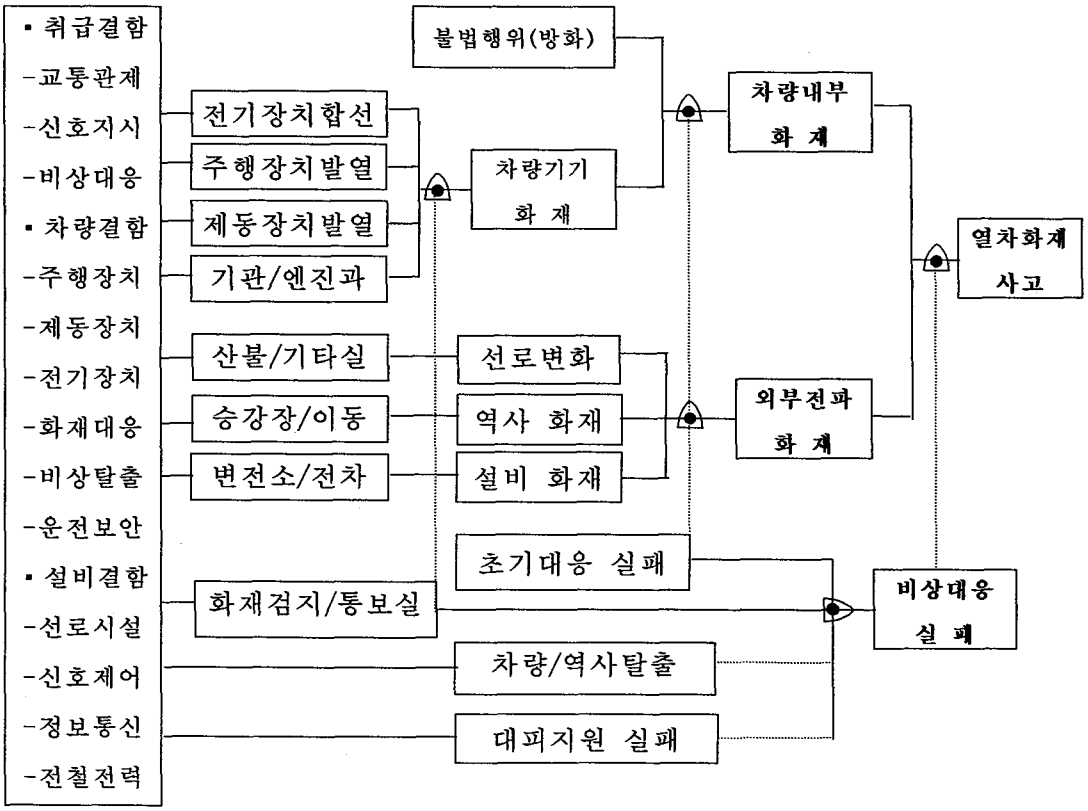
OO사고

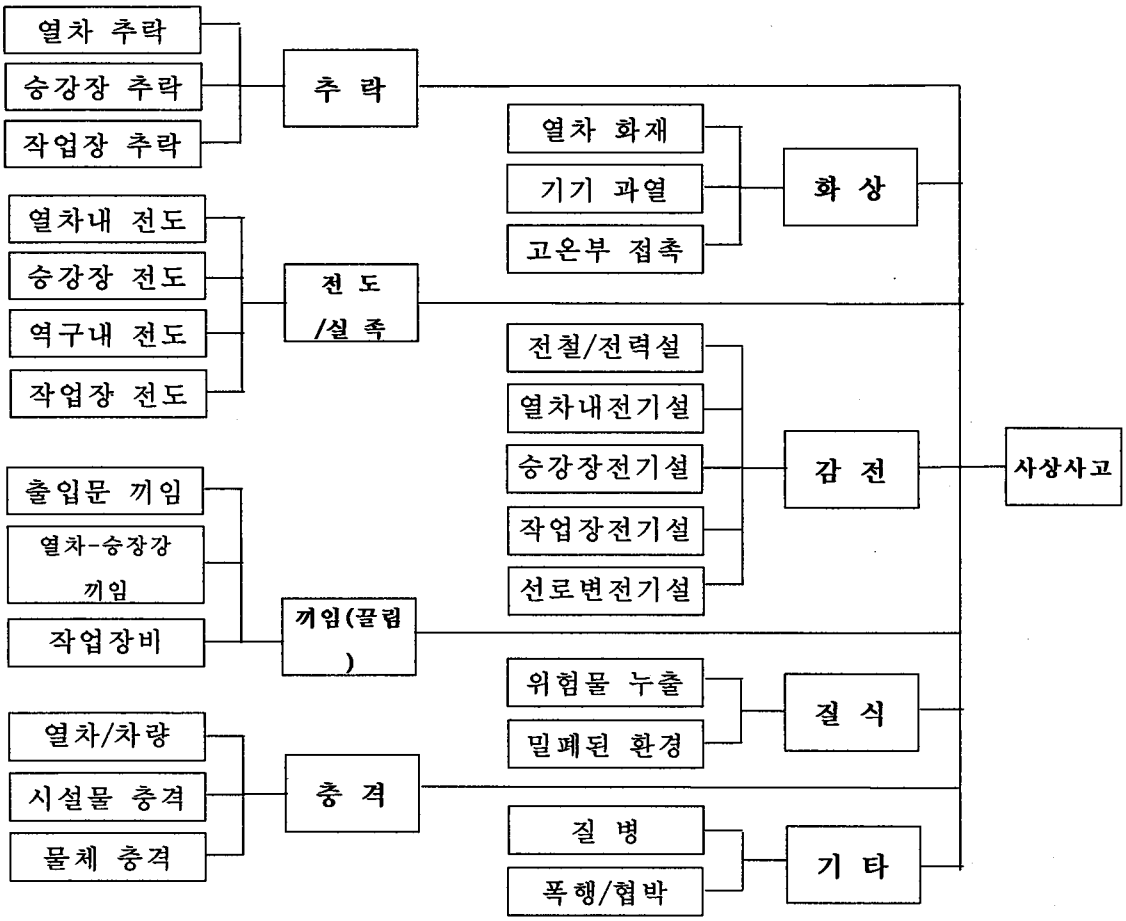
OO사고 위험사건 별 분류	OO사고 중 개별 위험사건의 상대적 발생빈도 (총합 = 100%)										사고 심각도 (사고 1회 발생 시 심각도 추정치)				
											심각도 낮음 <----------> 심각도 높음				
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100 %	경상자만 발생	중상자 소수 (1-4명)	중상자 다수 (5명 이상)	사망자 소수 (1-4명)	사망자 다수 (5명 이상)
A - ...					O						O				
B - ...	O												O		
C - ...		O										O			
D - ...	O													O	
E - ...	O												O		

<표 3-6-7> 철도 사고발생 시나리오 전개




▪ 취급결함
-교통관제
-신호지시
-폐색취급
-선로전환
-과속운행
-구원견인
-화물적재
-조성/입환
▪ 차량결함
-주행장치
-제동장치
-운행제어
-운전보안
▪ 설비결함
-선로시설
-신호제어
-정보통신
선로결함
차량결함
상호작용
시설물 탈락/붕괴
시설/차량 한계지장
종단구간
작업구간
이상검지/ 통보실패
기술적 결 함
운전취급 결 함
선로시설 지 장
외부지장
차단구간 오 진 입
입환/조성 취급결함
차량대피 실 패
열차정지 실 패
본선주행 탈 선
지장물 탈 선
차단구간 탈 선
열차방호 실 패
탈선사고


▪ 취급결함
-교통관제
-신호지시
-비상대응
▪ 차량결함
-주행장치
-제동장치
-전기장치
-화재대응
-비상탈출
-운전보안
▪ 설비결함
-선로시설
-신호제어
-정보통신
-전철전력
불법행위(방화)
전기장치합선
주행장치발열
제동장치발열
기관/엔진과
산불/기타실
승강장/이동
변전소/전차
화재검지/통보실
차량기기 화 재
선로변화
역사 화재
설비 화재
초기대응 실패
차량/역사탈출
대피지원 실패
차량내부 화 재
외부전파 화 재
비상대응 실 패
열차화재 사고


열차 추락
승강장 추락
작업장 추락
추 락
열차내 전도
승강장 전도
역구내 전도
작업장 전도
전 도
/설 족
출입문 끼임
열차-승장강
끼임
작업장비
끼임(끌림
)
열차/차량
시설물 충격
물체 충격
충 격
열차 화재
기기 과열
고온부 접촉
화 상
전철/전력설
열차내전기설
승강장전기설
작업장전기설
선로변전기설
감 전
위험물 누출
밀폐된 환경
질 식
질 병
폭행/협박
기 타
사상사고

철도종합안전기술개발사업의 각 과제 담당자를 통해 과제 연구자들에게 배포하였으며 그 결과를 정리하면 아래와 같다. 설문의 총 응답자는 82명이다.

<표 3-6-8> 위험도 추정을 위한 설문 결과

철도사고위험도추정설문결과				
사고분류	위험사건	상대적발생빈도(%)	사고심각도	사고내 위험도
충돌 사고	열차간 충돌 - 선행열차 이상	16	사망자 소수	1600
	열차간 충돌 - 후행열차 폐색구간 오진입	16	사망자 소수	1600
	지장물 충돌 - 선로지장 시설물	15	중상자 다수	750
	지장물 충돌 - 외부 지장물	16	중상자 소수	160
	차단구간 충돌 - 차단구간 오진입	18	중상자 다수	900
	차단구간 충돌 - 입환/조성 과정의 취급 결함	19	중상자 소수	190
탈선 사고	본선주행탈선 - 기술적 결함	19	사망자 소수	1900
	본선주행탈선 - 운전취급 결함	20	사망자 소수	2000
	지장물 탈선 - 선로지장 시설물	14	중상자 다수	700
	지장물 탈선 - 외부 지장물	14	중상자 다수	700
	차단구간 탈선 - 차단구간 오진입	15	중상자 다수	750
	차단구간 탈선 - 입환/조성 과정의 취급 결함	18	중상자 소수	180
건널목 사고	건널목 갇힘 (경보전) - 엔진정지, 보판이탈	12	중상자 소수	120
	건널목 갇힘 (경보전) - 건널목 진출입 통제 결함	12	중상자 소수	120
	건널목 갇힘 (경보전) - 안전설비 결함	10	중상자 소수	100
	경보중 진입 - 운전자 위반	14	중상자 다수	700
	경보중 진입 - 진출입 통제 결함	11	중상자 다수	550
	경보중 진입 - 안전설비결함	10	중상자 다수	500
	차단기 돌파/우회 - 운전자 위반	11	사망자 소수	1100
	차단기 돌파/우회 - 진출입 통제 결함	10	사망자 소수	1000
	차단기 돌파/우회 - 안전설비 결함	9	중상자 다수	450
열차화재 사고	차량내부 화재 - 차량기기 과열/합선	28	중상자 다수	1400
	차량내부 화재 - 불법행위 (방화)	27	사망자 다수	13500
	외부전파 화재 - 선로변 화재	14	중상자 다수	700
	외부전파 화재 - 역사 화재	16	중상자 다수	800
	외부전파 화재 - 설비화재	15	중상자 소수	150

설문 결과를 보면, 상대적 발생빈도는 응답자 간에 큰 차이를 보이지 않지만 사고

심각도는 사건별로 확연히 경중을 주고 있다.

이 설문 결과를 바탕으로, 아래와 같은 '01 - '06 년 사이의 실제 사고현황 통계에서 각 사고별 발생 빈도를 곱하여 <표 3-6-10>와 같은 위험사건별 순위를 산출하였다. 사상 사고는 별도의 설문을 수행하지 않았으나, 모든 위험사건의 심각도를 '중상자 소수'로 설정하고 가장 많이 일어나는 사상 사건인 '충격'의 상대적 발생빈도를 50%로 놓아서 위험사건별 순위를 산출하였다.

<표 3-6-9> '01-'06년 철도사고 현황 통계 (일부 발췌)

철도사고현황('01-'06)				
구분				6년('01~'06)합계
철도사고(건)	철도교통사고	열차사고	열차충돌	4
			열차탈선	20
			열차화재	2
			소계	26
		건널목사고		280
		철도교통사상사고	여객교통사상	997
			공중교통사상	1006
			직무교통사상	118
			소계	2121
	철도안전사고	철도안전사상사고	여객안전사상	881
			공중안전사상	45
			직무교통사상	677
			소계	1603
		사상사고 계		3724

<표 3-6-10> 실제 사고 발생건수를 고려한 위험사건별 순위표

위험사건별순위(실제 사고 발생건수를 고려한)				
순위	사고분류	위험사건별분류	위험도	사고발생건수(통계치)* 위험도
1	사상	충격	2500	9310000
2	사상	추락	500	1862000
2	사상	전도/실족	500	1862000

2	사상	끼임(끌림)	500	1862000
5	사상	화상	250	931000
5	사상	감전	250	931000
5	사상	질식	250	931000
5	사상	기타(질병,폭행/협박)	250	931000
9	건널목	차단기 돌파/우회 - 운전자 위반	1100	308000
10	건널목	차단기 돌파/우회 - 진출입 통제 결함	1000	280000
11	건널목	경보중 진입 - 운전자 위반	700	196000
12	건널목	경보중 진입 - 진출입 통제 결함	550	154000
13	건널목	경보중 진입 - 안전설비결함	500	140000
14	건널목	차단기 돌파/우회 - 안전설비 결함	450	126000
15	탈선	본선주행탈선 - 운전취급결함	2000	40000
16	탈선	본선주행탈선 - 기술적결함	1900	38000
17	건널목	건널목 갇힘 (경보전) - 엔진정지, 보판이탈	120	33600
17	건널목	건널목 갇힘 (경보전) - 진출입 통제 결함	120	33600
19	건널목	건널목 갇힘 (경보전) - 안전설비 결함	100	28000
20	열차화재	차량내부 화재 - 불법행위 (방화)	13500	27000
21	탈선	차단구간 탈선 - 차단구간 오진입	750	15000
22	탈선	지장물 탈선 - 선로지장 시설물	700	14000
22	탈선	지장물 탈선 - 외부 지장물	700	14000
24	충돌	열차간 충돌 - 선행열차 이상	1600	6400
24	충돌	열차간 충돌 - 후행열차 오진입	1600	6400
26	충돌	차단구간 충돌 - 차단구간 오진입	900	3600
26	탈선	차단구간 탈선 - 입환/조성 과정의 취급 결함	180	3600
28	충돌	지장물 충돌 - 선로지장 시설물	750	3000
29	열차화재	차량내부 화재 - 차량기기 과열/합선	1400	2800
30	열차화재	외부전파 화재 - 역사 화재	800	1600
31	열차화재	외부전파 화재 - 선로변 화재	700	1400
32	충돌	차단구간 충돌 - 입환/조성 과정의 취급 결함	190	760
33	충돌	지장물 충돌 - 외부 지장물	160	640
34	열차화재	외부전파 화재 - 설비화재	150	300

위의 결과를 보면, 통계상 실제 사고 빈도가 3724건으로 가장 많은 사상 사고의 위험 사건들이 상위 순위를 차지하고 있다. 그 다음으로는 건널목 사고의 순인데 이 또한 실제 사고 빈도가 많음에 기인한 것이라 하겠다.

최종적인 사건별 순위 산출을 위해서는 운영 기관의 보상 금액 비율을 고려하였다. 예를 들어 자살 사고와 같이 운영 기관의 명백한 배상 책임이 없는 경우의 보상 금액이 1이라고 하면, 건널목의 안전설비 결함에 의한 사고와 같이 운영 기관이 배상을 해야 하는 경우의 보상 금액을 100이라 놓고서 위험 사건별 순위를 산출한 것이다. 이는 아래 <표 3-6-11>에 정리되어 있다.

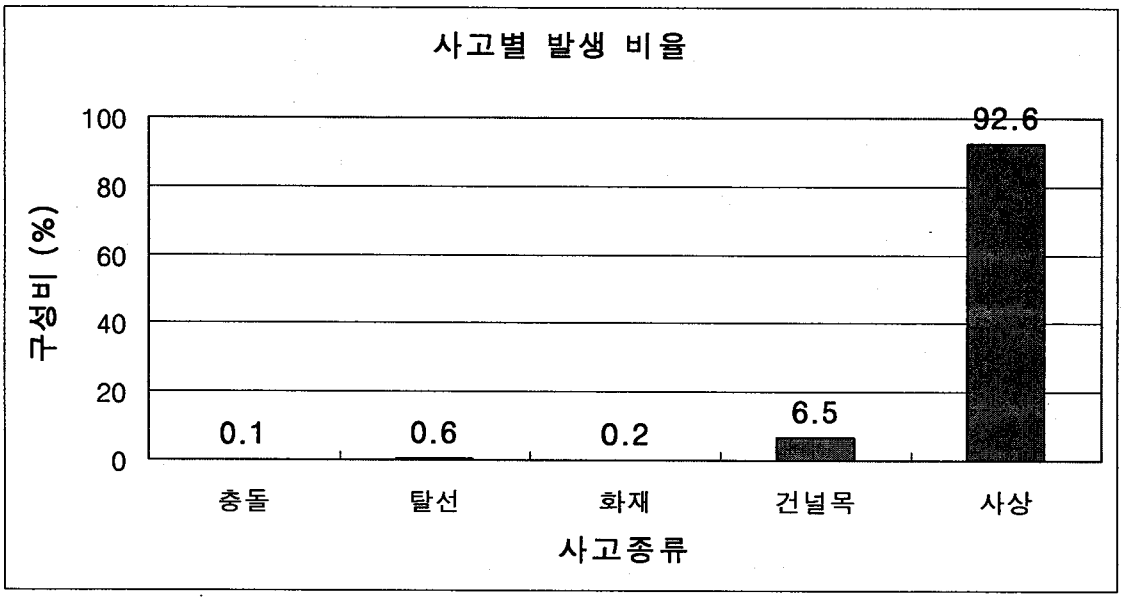
<표 3-6-11> 운영기관의 보상금액 비율을 고려한 위험 사건별 순위

위험사건별 순위 (운영기관의 보상금액 비율을 고려한)

순위	사고분류	위험사건별분류	위험도	사고발생건수(통계치)* 위험도(i)	보상금액비율 (ii)	i*ii
1	건널목	경보중 진입 - 안전설비결함	500	140000	100	14000000
2	건널목	차단기 돌파/우회 - 안전설비 결함	450	126000	100	12600000
3	사상	충격(자살포함)	2500	9310000	1	9310000
4	탈선	본선주행탈선 - 운전취급결함	2000	40000	100	4000000
5	탈선	본선주행탈선 - 기술적 결함	1900	38000	100	3800000
6	건널목	건널목 갇힘 (경보전) - 엔진정지, 보판이탈	120	33600	100	3360000
7	건널목	건널목 갇힘 (경보전) - 안전설비 결함	100	28000	100	2800000
8	열차화재	차량내부 화재 - 불법행위 (방화)	13500	27000	100	2700000
9	사상	추락	500	1862000	1	1862000
9	사상	전도/실족	500	1862000	1	1862000
9	사상	끼임(끌림)	500	1862000	1	1862000
12	탈선	차단구간 탈선 - 차단구간 오진입	750	15000	100	1500000
13	탈선	지장물 탈선 - 선로지장 시설물	700	14000	100	1400000
13	탈선	지장물 탈선 - 외부 지장물	700	14000	100	1400000
15	사상	화상	250	931000	1	931000
15	사상	감전	250	931000	1	931000
15	사상	질식	250	931000	1	931000
15	사상	기타(질병, 폭행/협박)	250	931000	1	931000

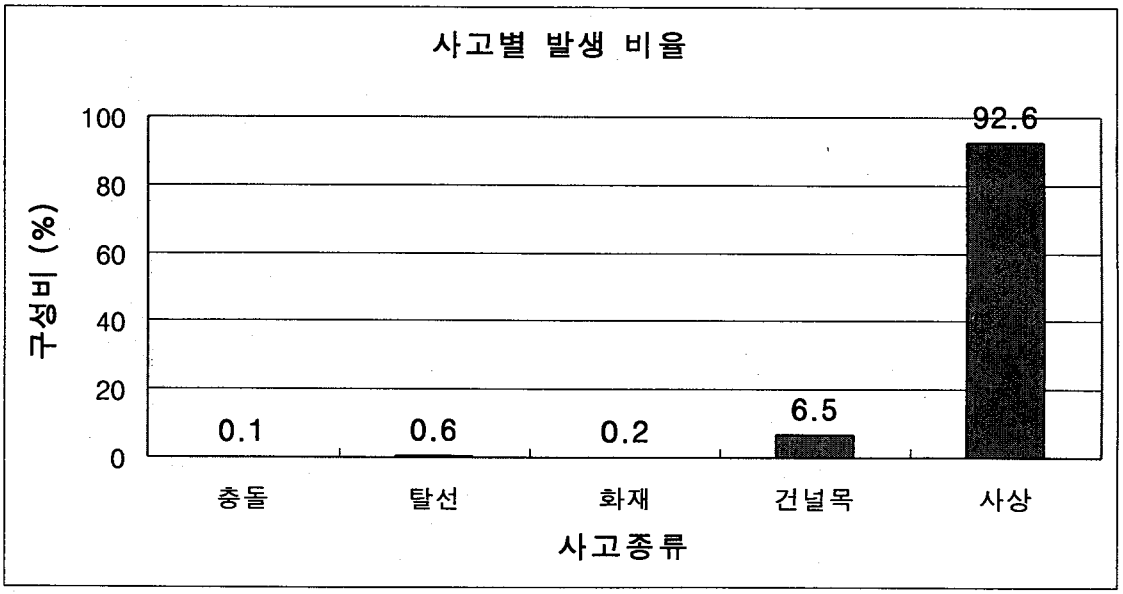
19	충돌	열차간 충돌 - 선행열차 이상	1600	6400	100	640000
19	충돌	열차간 충돌 - 후행열차 오진입	1600	6400	100	640000
21	충돌	차단구간 충돌 - 차단구간 오진입	900	3600	100	360000
21	탈선	차단구간 탈선 - 입환/조성 과정의 취급 결함	180	3600	100	360000
23	건널목	차단기 돌파/우회 - 운전자 위반	1100	308000	1	308000
24	충돌	지장물 충돌 - 선로지장 시설물	750	3000	100	300000
25	건널목	차단기 돌파/우회 - 진출입 통제 결함	1000	280000	1	280000
25	열차화재	차량내부 화재 - 차량기기 과열/합선	1400	2800	100	280000
27	건널목	경보중 진입 - 운전자 위반	700	196000	1	196000
28	열차화재	외부전파 화재 - 역사 화재	800	1600	100	160000
29	건널목	경보중 진입 - 진출입 통제 결함	550	154000	1	154000
30	열차화재	외부전파 화재 - 선로변 화재	700	1400	100	140000
31	충돌	차단구간 충돌 - 입환/조성 과정의 취급 결함	190	760	100	76000
32	충돌	지장물 충돌 - 외부 지장물	160	640	100	64000
33	건널목	건널목 갇힘 (경보전) - 진출입 통제 결함	120	33600	1	33600
34	열차화재	외부전파 화재 - 설비화재	150	300	100	30000

위의 위험사건별 순위로부터 각 사고의 발생 비율을 그래프로 나타내면 아래와 같다.

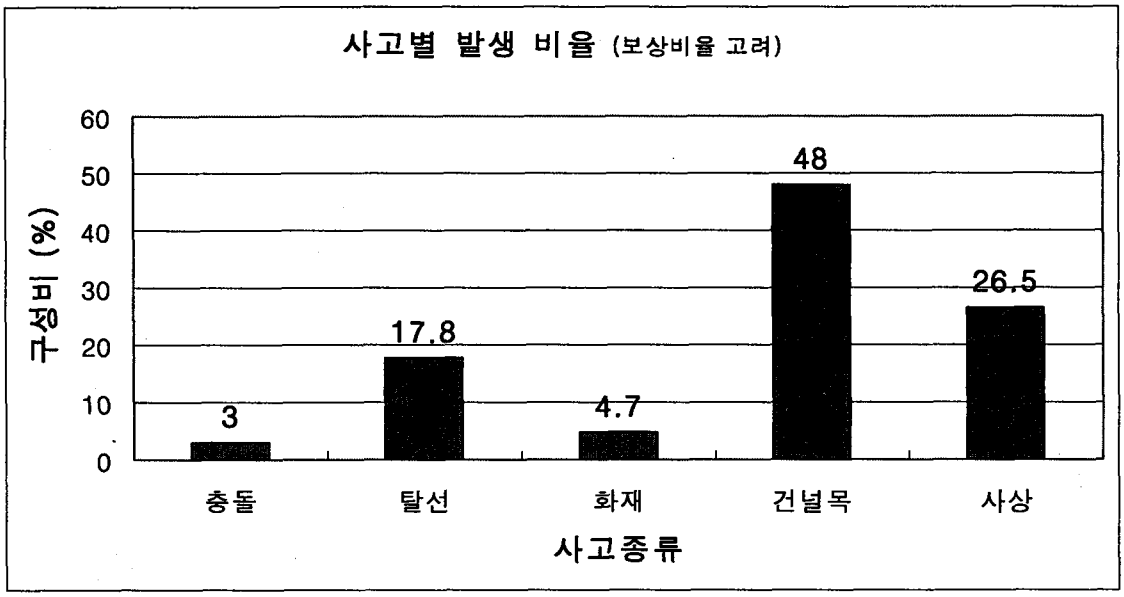


<그림 3-6-1> 사고별 발생 비율

위의 위험사건별 순위로부터 각 사고의 발생 비율을 그래프로 나타내면 아래와 같다.

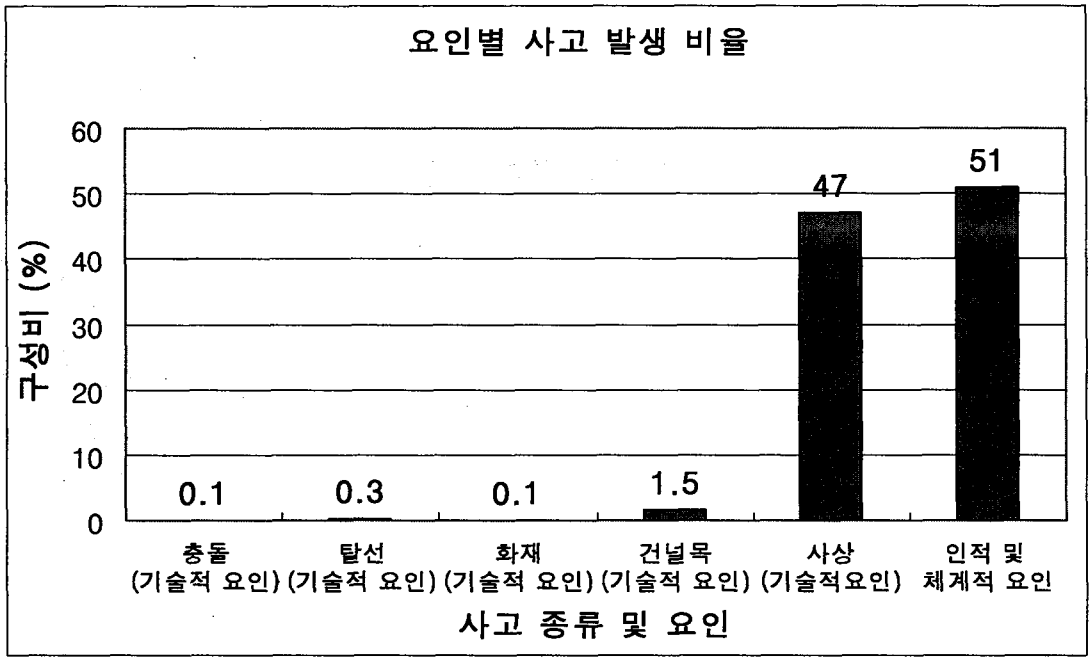


<그림 3-6-1> 사고별 발생 비율

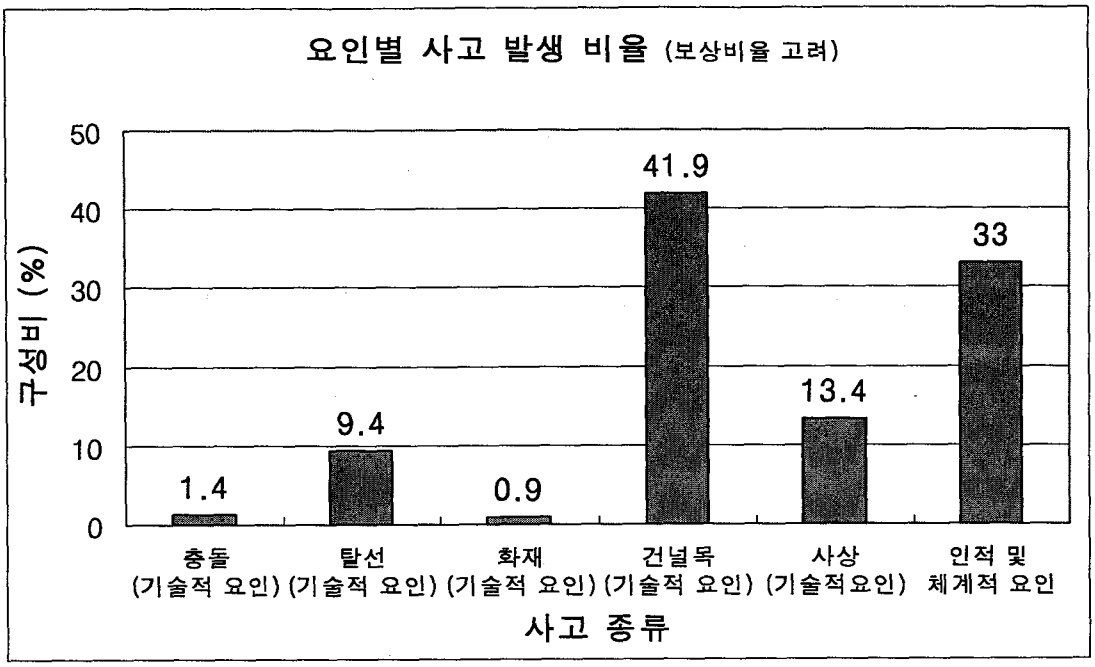


<그림 3-6-2> 운영기관의 보상 비율을 고려했을 때 각 사고별 경중

여기에서 나아가, 각 위험사건의 발생 요인을 기술적 요인과 인적/체계적 요인으로 양분하여 사고 발생 비율을 다시 그려보면 아래 <그림 3-6-3>, <그림 3-6-4>와 같다.



<그림 3-6-3> 발생요인에 따른 사고별 발생 비율



<그림 3-6-4> 발생 요인과 운영기관 보상 비율에 따른 사고별 경중

이 결과는 다음과 같은 점을 시사하고 있다.

1) 철도사고의 사망자 수 감소를 위해서는 사상 사고와 건널목 사고의 방지에 자원 투입의 우선순위가 부여되어야 한다.

2) 건널목 및 사상 사고의 발생을 막기 위해서는 사고 발생의 기술적 요인 제거에도 중점을 두어야 하지만, 이에 못지않게 인적요인(인적 오류 등에 의해 일어나는)을 제거하기 위한 노력을 경주해야 한다.

3) 차량 탈선 사고를 일으키는 기술적 요인 또한 시급히 제거되어야 한다.

제 7 절 기능 및 안전요구사항 검토서

검증계획서 **(Verification Plan)**	ID No : SE - SR01 - SSR14 - 2006 작성일 : 2007.03. 26 수정일 :

1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정업무를 수행한다.

1.14 프로젝트는 철도안전성 분석시스템 기능 및 안전요구사항을 검토해야 한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 기능 및 안전요구사항 검토서 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 0. 명칭	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

- 기능 및 안전요구사항의 정확성과 완결성은 검토되었는가
- 전문가의 의견은 충분히 반영되었는가
- 검토과정이 상세히 기술되어 있는가

1. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

본 절에서는 『SR 1. 프로젝트는 시스템엔지니어링 절차를 적용한 사업 총괄조정 업무를 수행한다.』 중 『SR 1.14 프로젝트는 철도안전성 분석시스템 기능 및 안전 요구사항을 검토해야 한다.』에 해당되는 내용으로 시스템 요구사항을 만족시키기 위해서 철도 안전성 평가 및 분석 프로그램 개발 과제와 연계 체계 구축하고 운영하였다.

나. 성과물의 내용 및 결과

철도 안전성 평가 및 분석 프로그램 연구 개발 과제와의 협의를 통해 기능 및 안전요구사항을 검토하여 문서화하였고, 이를 지원하였다. 이러한 Off-Line 활동은 과제 수행 중 반복적으로 수행되었다. 다음은 수행된 회의 내용이다.

회의록

일　　시 : 2007년 3월 14일
장　　소 : 한국철도기술연구원 안전기술연구팀 회의실
내　　용 :

o 2차년도 안전요구사항분석관리 프로세스와 프로그램에 대한 보완요구에 대하여
- 안전요구사항 도출, 검토/보완 , 확정, 추적성 연결 등에 대한 프로세스를 보완하고 요구사항 검토에 대한 체크리스트 정의 기능등을 도출
- 도출된 프로세스와 기능에 대한 이미지 설명 (최요철)
- 작성된 안전요구사항분석 프로세스에 대한 조연옥 박사님께 협의 요청 (3/12)
- 기능위험분석, 안전성 평가 프로그램에 대해서는Yellow Book, ESM, Review of Techniques To Support the EATMP SAFETY ASSESSMENT METHODOLOGY를 참조하여 타스크 도출 및 프로세스, 기능 도출 요망
- 3월 13일 안전요구사항분석, 관리 프로세스에 대하여 조연옥 박사님과 합의 요청
- 3월 14일 기능위험분석, 안전성평가 타스크, 프로세스 도출 협의

o 2차년도 사업 요구사항 협의회의
- 2차년도 안전요구사항분석관리 프로세스에 대한 조연옥 박사님과의 협의결과 제

시된 프로세스 안으로 구현을 요청함. (홍선호 선임)

- 기능위험분석 및 3차년도 안전성평가 프로그램에 대한 구축개념 등에 대한 정의 설명
- 시스템 안전성평가(SSA) 태스크 검토, 프로세스 및 기능을 도출하여 3차년도 기능과의 연관성 검토
- 안전요구사항분석과정에서 필요한 프로세스를 기능화 하려고 함 (원규식, 이우준)
- 구축기능에 대하여 너무 확장하지 말고, 가급적이면 타 과제에서 결과를 받아 관리하고, 시제품에서 안전요구사항 분석에 필요한 자료로 활용할 수 있는 기능을 구현하도록 요청(홍선호 선임) (예: 리스크평가 -> 리스크 평가결과관리, 옵션분석-> 옵션분석결과관리)

또한, 철도안전성 요구사항분석 프로그램 시제품 요구사항에 대한 검토가 수행되었다. 제출된 요건은 58개 항목으로서 개별 검토가 수행되었으며 다음과 같은 수정 요구사항이 협의되었다. SE 요건 검토결과 안전성 요구사항 분석 단계에서 다음의 요구사항에 대한 추가가 요구되는 것으로 식별되었다.

- 추적성 확보의 대상을 설정하여 확정된 요구사항을 포함한 변경된 요구사항으로 하여야 한다.
- 위험분석을 수행하기 이전 시스템 요구사항 분석이 요구되며 이때 SE의 검증을 반영할 것을 요구하였다.
- 요구사항의 추적성을 유지하기 위한 프로세스 단계에서의 제/개정 제안, 검토, 진행현황, 승인 기능 포함되어야 한다.
- 분석한 결과와 위험자료와의 추적이 되어야 한다.

상기 검토결과에 따라 철도안전성 평가 및 분석 프로그램 시제품에 반영한 요구사항은 다음과 같다.

<표 3-7-1> 보완 제출된 요구사항 기술서

주제	내용	반영 일자
추적성의 범위	안전요구사항에 대한 추적정보의 범위는 예비 안전요구 사항부터 확정된 요구사항을 포함한 변경된 요구사항으로 한다.	2007-02-28
안전요구사항 분석기능	안전요구사항분석기능에는 제/개정 제안, 검토, 진행현황, 승인 기능이 포함되어야한다.	2007-05-23
문장논증과 기술적분석	안전요구사항 분석 시 문장논증과 기술적분석을 포함한다.	2007-02-28
위험분석 결과와 연계	안전요구사항 분석결과와 위험분석결과가 상호 연계 되어 구성 되어져야 한다.	2007-05-23

제 8 절 제도화 대상 연구성과물 목록

검증계획서 **(Verification Plan)**	ID No : SE - SR02 - SSR03 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

2. 프로젝트는 철도안전법에 근거하여 안전기준의 제도화를 지원해야 한다.

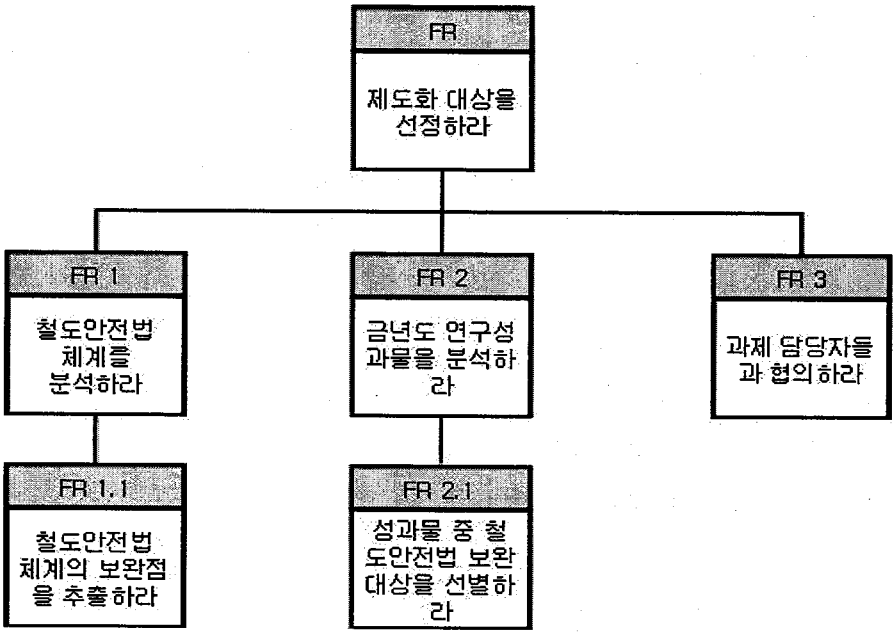
2.3 프로젝트는 년차별 제도화 대상 연구성과물을 선정해야 한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 제도화 대상 연구성과물 목록 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 2.1 단순 상황 분석	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

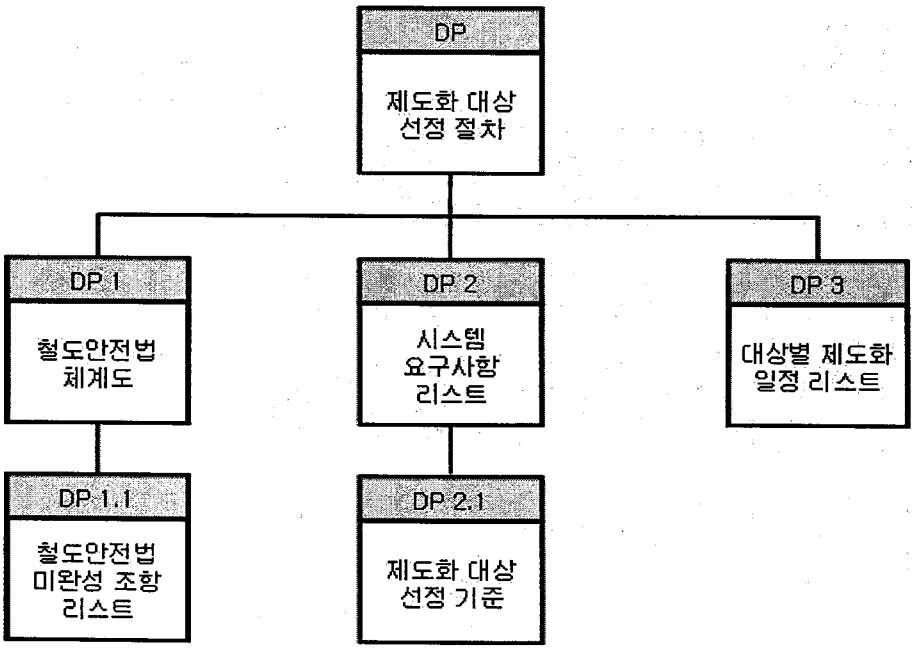
- 제도화 대상 성과물 선정은 적합한가
- 제도화 시기는 적절한가
- 해당 기관 및 담당관과 충분한 협의를 거쳤는가
- 성과물은 해당 위험원을 제거하기에 충분한가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-8-1> 제도화 대상 연구 성과물 목록의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-8-2> 제도화 대상 연구 성과물 목록의 물리 아키텍처

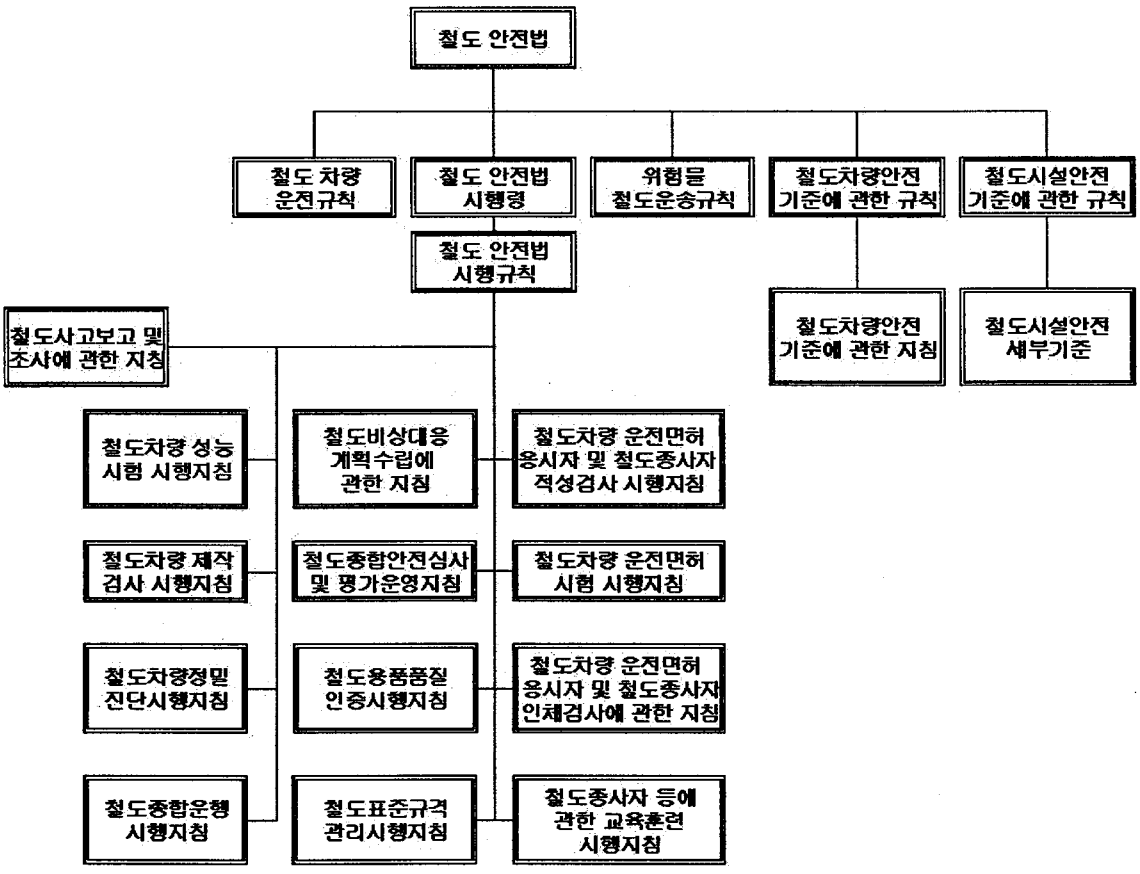
3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

작성된 년차별 제도화 대상 연구성과물 선정 결과는 철도안전 시스템 엔지니어링 및 총괄 과제의 『SR.2 프로젝트는 철도안전법에 근거하여 안전기준의 제도화를 지원해야 한다.』 중 『SSR. 2.3 프로젝트는 년차별 제도화 대상 연구성과물을 선정해야 한다.』에 해당하는 내용이며 요구사항과 성과물이 정확히 일치한다.

나. 설계기준

당해 연도에 최종적인 성과를 얻게 되는 연구 결과물 중에서 철도안전법 체계의 세부 기준 보완에 필요한 성과물들을 금년도의 제도화 대상으로 선정하였다. 철도안전법 체계를 도식화하면 다음과 같다.



<그림 3-8-3> 철도 안전법 체계

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

(1) 제도화 대상 목록

철도종합안전기술개발사업의 전체 SR 별 제도화 대상 및 제도화될 경우의 세부지침 및 기준명에 대해서 정리하면 다음과 같다. 여기에서 회색으로 표시되어 있는 SR은 이미 제도화되어 철도안전법 체계에 반영된 사항들이다.

<표 3-8-1> 철도차량 안전기준 및 체계 구축 과제 세부지침/ 기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
1.1	프로젝트는 철도차량 안전규정 체계를 구축하여야 한다.		2008	2008
2.1	프로젝트는 객차 안전기준을 수립하여야 한다.	객차 안전기준(안)	2006	2008
2.2	프로젝트는 동력차 안전기준을 정립하여야 한다.	동력차 안전기준(안)	2007	2008
2.3	프로젝트는 화차 안전기준을 수립하여야 한다.	화차 안전기준(안)	2008	2008
4.1	프로젝트는 열차의 비상제동거리 기준을 정립하여야 한다.	열차 비상제동거리 세부기준	2006	2006
4.2	프로젝트는 탈선계수 측정 및 산정기준을 정립하여야 한다.	탈선계수 측정 및 산정기준(안)	2006	2008
4.3	프로젝트는 철도차량의 전복방지 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 전복방지 기준(안)	2007	2007
4.4	프로젝트는 대차프레임의 결함검사기준을 정립하여야 한다.	대차 프레임의 결함검사 기준(안)	2007	2007
4.5	프로젝트는 차륜의 결함검사기준을 정립하여야 한다.	차륜의 결함검사 기준(안)	2007	2007
4.6	프로젝트는 차축의 결함검사기준을 정립하여야 한다.	차축의 결함검사 기준(안)	2007	2007
4.7	프로젝트는 윤축용 베어링 성능기준을 정립하여야 한다.	윤축용 베어링 성능기준(안)	2008	2008
4.8	프로젝트는 현수장치 안전기준을 정립하여야 한다.	현수장치 안전기준(안)	2008	2008

5.1	프로젝트는 차체구조 강도기준을 정립하여야 한다.	차종별 하중조건 세부기준	2006	2006
5.2	프로젝트는 연결기 안전세칙을 정립하여야 한다.	연결기 연결부의 형태 세부기준	2006	2006
5.3	프로젝트는 유리창 안전기준을 정립하여야 한다.	유리창 안전기준(안)	2006	2008
5.4	프로젝트는 타고오름 방지장치 안전기준을 정립하여야 한다.	타고오름 방지장치 안전기준(안)	2006	2008
5.5	프로젝트는 충돌안전도 설계통칙을 정립하여야 한다.(표준충돌사고 각본)	충돌안전도 설계통칙(안)	2007	2007
5.7	프로젝트는 차량실내 충돌안전기준을 정립하여야 한다.	차량실내 충돌안전기준(안)	2007	2007
5.8	프로젝트는 의자 안전기준을 정립하여야 한다.	의자 안전기준(안)	2007	2007
5.9	프로젝트는 승강용 출입문 안전세칙을 정립하여야 한다.	승강용 출입문 안전세칙(안)	2007	2007
5.10	프로젝트는 장애물제거기 충돌안전기준을 정립하여야 한다.	장애물제거기 충돌안전기준(안)	2008	2008
5.11	프로젝트는 완충차막이 안전기준을 정립하여야 한다.	완충차막이 안전기준(안)	2008	2008
5.13	프로젝트는 전두부 충격 관통방지기준을 정립하여야 한다.	전두부 충격 관통방지기준(안)	2008	2008
6.1	프로젝트는 철도차량용 내장 재료의 난연기준을 정립하여야 한다.	객차 등의 실내설비의 화재성능 세부기준	2006	2006
6.2	프로젝트는 철도차량 소화기 비치 기준을 정립하여야 한다.	철도차량의 소화기 설치 세부기준	2006	2006
6.3	프로젝트는 열차비상용품 (종류와 수량)기준을 정립하여야 한다.	열차비상용품 (종류와 수량) 세부기준(안)	2006	2006
6.5	프로젝트는 철도차량용 전선 난연성 및 연소가스 안전기준을 정립하여야 한다.	전선 난연성 및 연소가스 안전기준(안)	2007	2007
6.6	프로젝트는 비상창문 기준을 정립하여야 한다.	비상창문 기준(안)	2007	2008
6.7	프로젝트는 객실내 공기 질 기준을 정립하여야 한다.	객실내 공기 질 기준(안)	2007	2007
6.8	프로젝트는 철도차량용 화재감지 /경보장치	철도차량용 화재감지/	2008	2008

	성능기준을 정립하여야 한다.	경보장치 성능기준(안)		
6.9	프로젝트는 화재시 탈출 및 대피 기준을 정립하여야 한다.	화재시 탈출 및 대피 기준(안)	2008	2008
6.10	프로젝트는 화재차단막 기준을 정립하여야 한다.	화재차단막 기준(안)	2008	2008
6.11	프로젝트는 자동소화장치 설비 기준을 정립하여야 한다.	자동소화장치 설비기준(안)	2008	2008
7.1	프로젝트는 철도차량 유지관리계획의 작성기준 및 수립절차를 정립하여야 한다.	철도차량 유지관리계획 세부기준	2006	2006
7.2	프로젝트는 철도차량 유지보수기록관리 절차를 수립하여야 한다.	철도차량 유지보수 기록관리 세부기준	2006	2006
7.3	프로젝트는 철도차량 표기 기준을 정립하여야 한다.	철도차량의 표기 세부기준	2006	2006
7.4	프로젝트는 객차의 기압변화에 따른 세부기준을 정립하여야 한다.	객차 등의 기압변화 세부기준	2006	2006
7.5	프로젝트는 철도차량 제원 산정기준을 정립하여야 한다.	철도차량 구조의 제원 산정 세부기준	2006	2006
7.7	프로젝트는 차량-궤도 인터페이스를 수립하여야 한다.	차량-궤도 인터페이스 기준(안)	2006	2008
7.9	프로젝트는 차량-승무원 인터페이스를 수립하여야 한다. (운전실 기기배치 안전기준)	차량 승무원 인터페이스 기준(안)	2007	2008
7.10	프로젝트는 차량-전력 인터페이스를 수립하여야 한다.	차량-전력 인터페이스 기준(안)	2007	2008
7.12	프로젝트는 차량-신호 인터페이스를 수립하여야 한다.	차량-신호 인터페이스 기준(안)	2008	2008
7.13	프로젝트는 차량전기 안전세칙을 수립하여야 한다.	차량전기 안전세칙(안)	2008	2008

<표 3-8-2> 철도시설 안전기준 및 체계구축 과제 세부지침/ 기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
2.1	프로젝트는 궤도 안전기준을 작성하여야 한다.	궤도 안전기준(안)	2008	2008
2.2	프로젝트는 노반 안전기준을 작성하여야 한다.	노반 안전기준(안)	2008	2008
2.3	프로젝트는 구조물(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다.	구조물(화재포함) 안전기준(안)	2008	2006, 2008
2.4	프로젝트는 역시설(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다.	역시설(화재포함) 안전기준(안)	2008	2008
3.1	프로젝트는 건널목 구조 및 설치기준을 작성하여야 한다.	건널목 구조 및 설치기준(안)	2008	2008
3.2	프로젝트는 건널목 안전설비 및 관리기준을 작성하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안)	2008	2008
4.1	프로젝트는 전철전력설비 안전기준을 작성하여야 한다.	전철전력설비 안전기준(안)	2008	2008
4.2	프로젝트는 정보통신설비 안전기준을 작성하여야 한다.	정보통신설비 안전기준(안)	2008	2008
4.3	프로젝트는 신호제어설비 안전기준을 작성하여야 한다.	신호제어설비 안전기준(안)	2008	2008
5.1	프로젝트는 종합시험운행 지침/절차서를 작성하여야 한다.	종합시험운행 절차서(안)	2008	2006, 2008
5.2	프로젝트는 차량/선로구조물 인터페이스 관련기준을 작성하여야 한다.	차량/선로구조물인터페이스 관련 기준(안)	2008	2010

<표 3-8-3> 철도 소프트웨어 안전기준 및 체계구축 과제 세부지침/ 기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
1.7	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 구조기준(안)을 제시하여야 한다.	철도안전 SW 구조기준(안)	2007	2010
1.8	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 설계 및 실행기준(안)을 제시하여야 한다.	철도안전 SW 설계 및 실행기준(안)	2007	2010
1.9	프로젝트는 철도안전 소프트웨어 검증 및 시험기준(안)을 제시하여야 한다.	철도안전 SW 검증 및 시험기준(안)	2007	2010
1.10	프로젝트는 철도안전 소프트웨어/하드웨어 통합기준(안)을 제시하여야 한다.	철도안전 SW/HW 통합기준(안)	2007	2010

<표 3-8-4> 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 과제 세부지침/ 기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
1.3	프로젝트는 Worst case 시나리오를 설정하여야 한다.	비상대응 시나리오(안)	2007	2009
2.1	프로젝트는 심각도 평가 모델을 정립해야 한다.	비상대응 시나리오(안)	2007	2009
2.2	프로젝트는 ESF 평가 모델을 정립하여야 한다.	비상대응 시나리오(안)	2007	2009
3.1	프로젝트는 오감에 의한 비상사태 초기인식 방안 및 전파체계를 구축하여야 한다.	비상대응 오감인지대응(안)	2007	2009
3.2	프로젝트는 비상대응 시나리오 이벤트의 Activity - Action diagram을 정의하고 도출하여야 한다.	Activity-Action Diagram 구축(안)	2007	2009
3.3	프로젝트는 Activity-Action Diagram을 활용하여 비상대응 절차를 개발하여야 한다.	비상대응절차(안)	2007	2009
3.5	프로젝트는 비상대응 현장 지휘체계를 구축하여야 한다.	비상대응 현장지휘체계도	2007	2009
3.6	프로젝트는 비상대응 통신망 운영체제 /자동안내방송체계/비상대응지도 등을 구축하여야 한다.	비상대응통신망 운영체제(안) 자동안내방송체계(안) 비상대응지도(안)	2007	2009
3.7	프로젝트는 비상대응 표준운영절차의 전산모델을 구축하여야 한다.	철도비상사태대응관리시스템 구축(안)	2007	2009
4.1	프로젝트는 비상대응 모의 훈련 시나리오를 구축하여야 한다.	비상대응 모의 훈련시나리오(안)	2008	2009
4.2	프로젝트는 비상대응 메뉴얼 교육프로그램을 구축하여야 한다.	비상대응 매뉴얼 교육프로그램(안)	2008	2009
4.3	프로젝트는 비상대응 훈련 평가지침서를 구축하여야 한다.	비상대응 훈련 평가지침서(안)	2008	2009

<표 3-8-5> 안전업무종사자 교육훈련체계 구축 과제 세부지침/ 기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
1.6	프로젝트는 철도기관사 운전직무 수행능력 평가시뮬레이터의 구조를 개발해야 한다.	시뮬레이터 구조기준(안)	2009	2010년 이후

<표 3-8-6> 위험물수송 안전기준 및 체계구축 과제 세부지침/ 기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
3.3	프로젝트는 위험물 수송차량의 운행현황 및 설계안전 기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2008	2009
3.4	프로젝트는 국내 위험물 수송차량의 안전기준을 제시하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2006	2009
3.5	프로젝트는 국내 위험물 수송차량의 안전기준을 제시하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2007	2008
3.6	프로젝트는 위험물질 수송차량의 정적 하중에 대한 취약부 평가기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2008	2009
3.7	프로젝트는 위험물질 수송차량의 피로 하중에 대한 취약부 평가기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2008	2009
3.8	프로젝트는 위험물질 수송차량의 비파괴 진단기술을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2008	2009
4.1	프로젝트는 국내 위험물 수송용기 및 장치의 안전기준을 점검하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2007	2009
4.2	프로젝트는 위험물 수송용기 및 장치의 운행현황 및 설계안전 기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2008	2009
4.3	프로젝트는 위험물질 적재 및 하역설비의 안전성 평가 기준을 개발하여야 한다.	위험물 수송차량 안전기준(안)	2008	2009

<표 3-8-7> 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술개발 과제 세부지침 /기준명

SR No.	SR	세부지침/기준명	과제 완료 시점	제도화 (예상) 시점
1.3	철도건널목에 정지된 도로교통차량의 검지장치 제작 및 시범구축을 하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안) 건널목 구조 및 설치 기준(안)	2010	2010
2.3	프로젝트는 열차로의 정보전송을 위한 정보전송시스템을 제작하고 시범구축 하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안) 건널목 구조 및 설치 기준(안)	2009	2010
3.3	프로젝트는 열차와의 인터페이스 모듈을 제작하고 시범구축 하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안) 건널목 구조 및 설치 기준(안) 동력차 안전기준(안)	2010	2010
5.2	프로젝트는 철도건널목을 통과하는 차량에의 실시간 정보현시 장치를 제작하고 시범구축 하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안) 건널목 구조 및 설치 기준(안) 도로교통법 시행규칙(안)	2010	2010
6.2	프로젝트는 건널목 지장 철도측 현시 신호기의 시인성 평가용 검지장치를 개발하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안) 건널목 구조 및 설치 기준(안)	2006	2008
8.3	프로젝트는 건널목 인접교차로 연계신호장치를 시범구축 하여야 한다.	건널목 안전설비 및 관리기준(안) 건널목 구조 및 설치 기준(안) 도로교통법 시행규칙(안)	2010	2010

상기의 제도화 대상 및 제도화 일정은 각 핵심 과제의 책임자들과 협의하여 결정하였다. 금년도의 제도화 대상의 근거가 되는 철도안전법 관계 조항에 대해서는 다음 '라'절에 기술하였다.

라. 성과물의 내용 및 결과

앞 절에 기술한 제도화 대상 중에서 금년도에 제도화할 부분을 정리하면 다음 표와 같다. 즉, 금년도의 제도화 대상은 '철도차량 안전기준에 관한 규칙'의 세부 시행지침의 미비한 부분을 보완하는 것으로서, 선정된 제도화 대상은 '철도차량 안전기준에 관한 지침'(이하 지침)의 세부 조항으로 신설될 예정이다. 금년도 제도화 대상 및 해당되는 근거 조항을 상세히 기술하면 다음과 같다.

<표 3-8-8> 3차년도 제도화 대상 및 해당되는 근거 조항

SSR NO.	SSR	세부지침/기준명 - 세부조항 명	근거 상위 조항
4.3	프로젝트는 철도차량의 전복방지 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 철도차량 전복방지 기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 34조
4.4	프로젝트는 대차프레임의 결함검사 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 대차 프레임 결함검사 기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 52조 2항
4.5	프로젝트는 차륜의 결함검사 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 차륜의 결함검사 기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 54조 6항
4.6	프로젝트는 차축의 결함검사 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 차축의 결함검사 기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 56조 2항
5.5	프로젝트는 충돌안전도 설계통칙을 정립하여야 한다. (표준충돌사고 각본)	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 충돌안전도 설계통칙(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 35조 3항
5.7	프로젝트는 차량실내 충돌안전 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 차량실내 충돌안전기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 35조 2항 및 4항
5.8	프로젝트는 의자 안전기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 의자 안전기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 48조 2항
5.9	프로젝트는 승강용 출입문 안전세칙을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 승강용 출입문 안전세칙(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 44조 1항
6.5	프로젝트는 철도차량용 전선 난연성 및 연소가스 안전기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 전선 난연성 및 연소가스 안전기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 8조 6항
6.7	프로젝트는 객실내 공기질 기준을 정립하여야 한다.	철도차량 안전기준에 관한 지침 - 객실내 공기질 기준(안)	철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 49조 4항

상기 표에서 언급한 근거 상위 조항을 해당 규칙에서 발췌하여 정리하면 다음과 같다.

<표 3-8-9> 해당 규칙에서 발췌한 근거 상위 조항

규칙 명	조항	조문
철도차량 안전기준에 관한 규칙	제 34조(철도차량의 전복방지 등)	철도차량은 건설교통부장관이 정한 기준에 따라 설정된 최대 캔트의 곡선구간을 규정된 속도로 운행하는 경우 전복하지 아니하고 통과할 수 있는 구조와 장치를 갖추어야 한다.
	제 52조(주행장치틀) 2항	주행장치틀은 용접 후 열응력(熱應力)제거가 시행되어야 하고, 주행장치틀의 주요부위의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 하며, 결함 여부에 대한 검사를 위하여 자분탐상검사·초음파검사·방사선검사 등 건설교통부장관이 정하는 비파괴검사가 시행되어야 한다.
	제54조(차륜) 6항	차륜의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다.
	제56조(차축) 2항	차축의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다.

규칙 명	조항	조문
철도차량 안전기준에 관한 규칙	제35조(철도차량의 충돌안전설계 등) 1항	철도차량은 충돌사고에 대비하여 다음 각 호의 기준에 적합하게 설계되어야 한다. 1. 충돌사고가 발생한 경우 철도차량운전업무종사자 및 여객이 위치하는 부분의 변형 및 철도차량 간 올라타는 현상 등을 최소화하도록 할 것 2. 충돌사고가 발생한 경우 철도차량의 차체구조물 등이 여객 등이 위치한 장소에 침입하는 것을 최소화하도록 할 것 4. 연결기의 허용하중을 초과하는 충돌사고가 발생한 경우 여객 및 승무원의 피해를 최소화할 수 있도록 차체부위에 구조적으로 약한 부위를 설계하여 충돌에너지가 흡수되도록 할 것
	제35조(철도차량의 충돌안전설계 등) 2항	철도차량제작자 및 철도운영자등은 객차 등이 건설교통부장관이 정하는 표준충돌사고각본(충돌안전도 설계 및 시험평가를 위하여 과학적이고 통계적인 근거에 의해 열차의 충돌속도·피 충돌체 종류 등을 정하는 표준 시나리오를 말한다. 이하 같다)에 의하여 제1항의 규정에 의한 기준을 만족하는 지의 여부를 확인하여야 한다.

규칙 명	조항	조문
철도차량 안전기준에 관한 규칙	제35조(철도차량의 충돌안전설계 등) 3항	제 2항의 규정에 따른 표준충돌사고각본의 방법·조건·평가 등에 관하여 필요한 세부사항은 건설교통부장관이 정하여 고시한다.
	제48조(의자 및 선반 등)	객실의 의자는 여객의 안전을 위하여 주행하거나 충돌사고가 발생한 경우에 충격을 흡수할 수 있는 구조로 설계되어야 한다.
	제44조(여객용 출입문) 1항	여객용 출입문 장치는 여객에 의한 하중과 운행 중에 발생하는 하중을 견딜 수 있는 구조이어야 한다.
	제8조(철도차량의 화재안전 등) 6항	차체에 배선되는 전선은 제 3항의 규정에 의한 재료 또는 전선의 성능을 고려한 난연(爛然) 규격을 적용하고, 필요한 경우 전선관 또는 차단막으로 보호되어야 한다.
	제49조(객실 냉난방장치) 4항	객실에는 공기의 질을 적절한 수준으로 관리할 수 있는 장치 또는 설비를 갖추어야 한다.

제 9 절 제도화 절차서

검증계획서 **(Verification Plan)**	ID No : SE - SR02 - SSR04 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

2. 프로젝트는 철도안전법에 근거하여 안전기준의 제도화를 지원해야 한다.

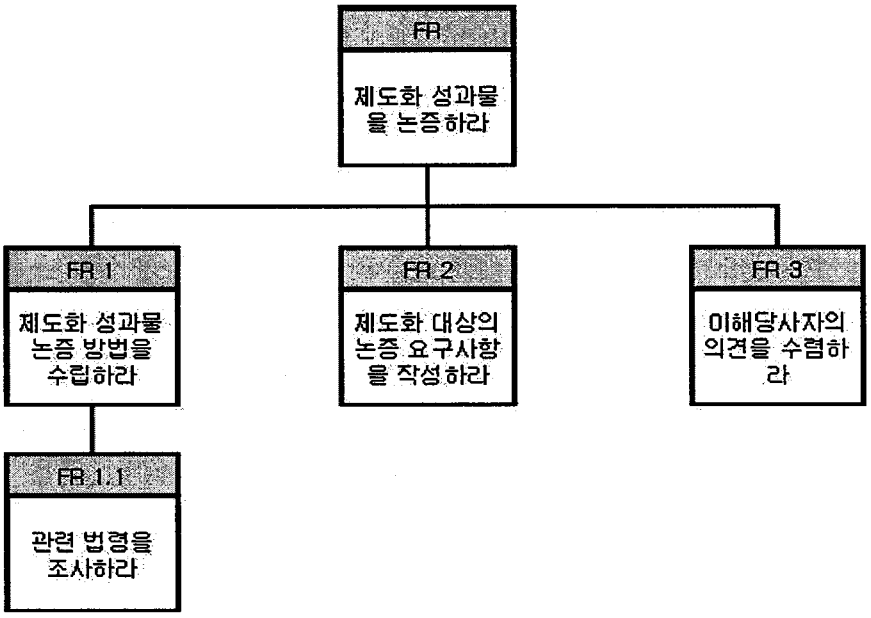
2.4 프로젝트는 제도화 대상 연구성과물의 논증 요구사항을 작성하고 논증한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 제도화 절차서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 3.3 전문가 검토	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

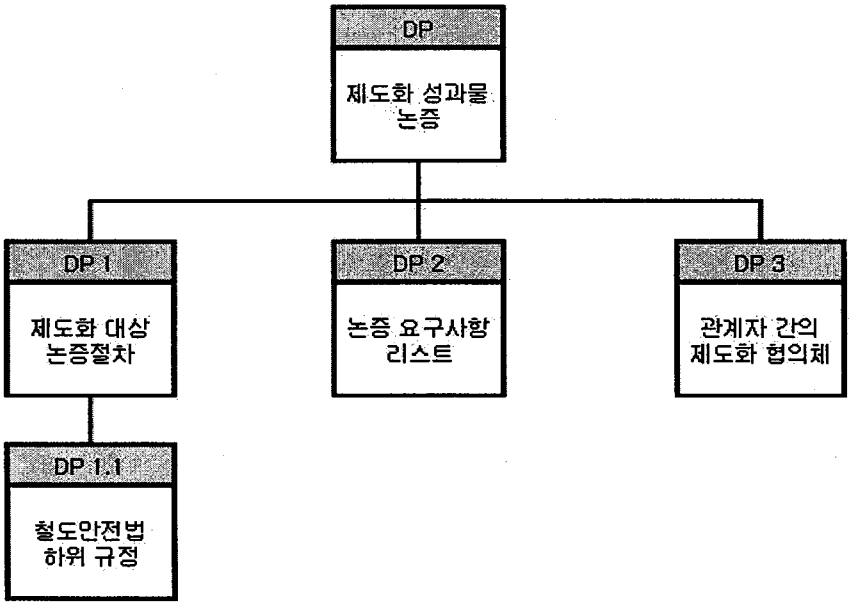
- 제도화 지원 프로세스는 현실적인가
- 과제에서 넘겨받을 문서가 정확히 명시되어 있는가
- 제도화 단계의 각 과정에서 수행될 업무는 명확히 표시되어 있는가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-9-1> 제도화 절차서의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-9-2> 제도화 절차서의 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

작성된 년차별 제도화 대상 연구성과물 선정 결과는 철도안전 시스템 엔지니어링 및 총괄 과제의 『SR.2 프로젝트는 철도안전법에 근거하여 안전기준의 제도화를 지원해야 한다.』 중 『SSR. 2.4 프로젝트는 제도화 대상 연구성과물의 논증 요구사항을 작성하고 논증한다.』에 해당하는 내용이며 요구사항과 성과물이 정확히 일치한다.

나. 설계기준

성과물의 논증을 위한 프로세스는 미국 연방항공청(FAA)에서 발간한 'National Airspace System - System Engineering Manual'의 4.12절 'Validation(논증) and verification(검증)' 을 참조하였다. 또한 문서화되어 있지는 않지만 그간에 여러 과제 담당자들이 수행해 오던 제도화 절차를 토대로 하였다.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

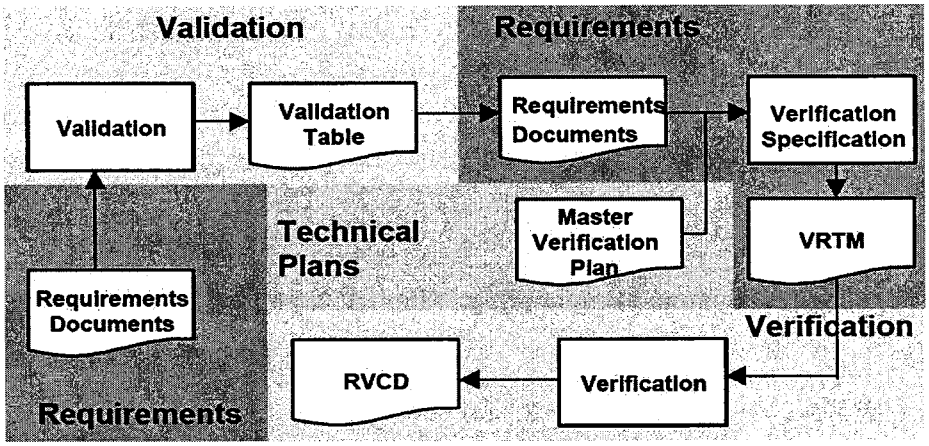
증거자료는 제8절 '다'항의 제도화 성과물 목록과 동일하다.

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 시스템 엔지니어링 프로세스에서 논증(validation)의 의미

논증 및 검증은 시스템 엔지니어링 프로세스의 하나로서 시스템 요구사항들이 올바르고 만족되어졌는지를 확증하는 과정이다(<그림 3-9-3> 및 <그림 3-9-4>). 이 중에서 논증 프로세스(validation process)는 올바른 시스템이 만들어졌는지를 확인하게 된다. 논증 과정에서 시스템 요구사항들이 명백하고, 정확하고, 완벽하며, 일관성이 있으며, 운영적 으로나 기술적으로 타당하며, 검증 가능한지에 대해 검토하게 된다. 논증 과정은 개발자가 시스템의 요구사항을 명확히 이해하고 있는지와 가능한 모든 기술적/재정적 자원과 개발 일정 내에서 요구사항을 만족시킬 수 있는 설계를 수행할 수 있는가를 확인하기 위해 필요하다.

<그림 3-9-3> 시스템엔지니어링 개발 프로세스 내 확인 및 검증의 역할



<그림 3-9-4> 논증 및 검증 활동

(2) 논증을 위한 입력물(inputs)

FAA의 매뉴얼에 따르면 일반적인 시스템 엔지니어링 과정에서 논증을 위해서는 다음과 같은 입력물들이 필요하다.

- 이해관계자들의 필요성
- 표준들
- 기술 계획서, 시스템 아키텍처, 프로그램 시스템엔지니어링 관리계획서
- 요구사항들
- 기능 분석- 기능 아키텍처, 운영 개념서
- 운영 개념 실연(Demonstrations)
- 인터페이스 요구사항 문서
- 실연(Demonstrations)
- 설계 분석 보고서

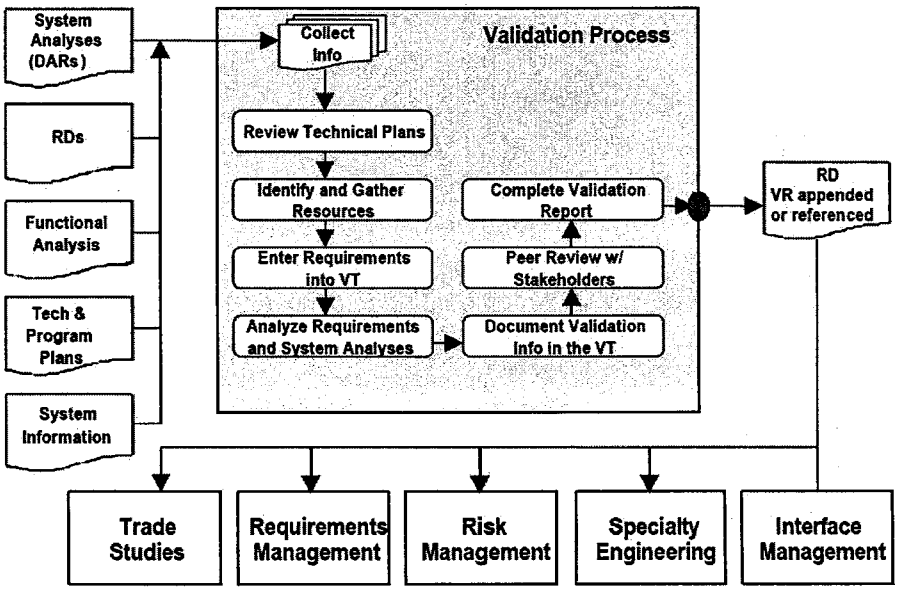
- 시스템엔지니어링 계획서(NAS SEMP)
- 물리적 아키텍처

이 중에서 본 과제에서는 제도화 대상 성과물의 논증을 위해 필요한 입력물을 다음과 같이 설정하였다.

- 제도화 요구사항 문서 (제 8절의 '다'항에 기술)
- 물리적 아키텍처
- 관계 법령
- 관련 기존 기준/지침
- 논증 대상 성과물의 내용이 기술되어 있는 설계분석보고서

(3) 논증 절차

FAA 매뉴얼에서 정의한 일반적인 논증 프로세스는 다음 <그림 9-9-5>와 같다.



<그림 3-9-5> 일반적인 논증 과정과 그 산출물

위의 그림에서 가운데 상자 부분에 들어 있는 내용이 논증 과정을 요약한 것인데, 이에 대해 상세히 기술하면 다음과 같다.

a. 현재 식별된 요구사항 및 제약조건의 수집

b. 현재의 기술계획서의 검토

c. 가용 자원의 식별 및 모집

d. 다음과 같은 형식의 논증표 작성 및 요구사항 입력

<표 3-9-1> 논증표의 작성 예

(PUI)	Requirement	Requirements Document or specification?	Validated? Y/N	Source(s)	Location in Source	Conformance information	Corrective Action Owner
Program Unique Iden-tifier. Enter a unique number here to ID the Require-ment. This ID is the paragraph number from the require-ments document.	Copy the Requirement here verbatim from the requirements document and specification.	Identify where the Requirement is found.	Indicate whether the Requirement was validated.	Explain the source of the Validation, (e.g., a safety analysis or other means).	Where specifically in the source the Requirement is validated.	State conformance basis. If nonconformance is found, state recommended or required corrective action.	Organization or individual that owns the conformanc e or corrective action
3.2.1.1.1	The ADS-B system shall continue to operate nor-mally in icing conditions up to heavy icing, as defined in 14 CFR FAR 25. (example only)	iRD	YES or check	IRD, ADS-B, OSA	IRD: Paragraph 3.2.1.1.1 OSA: Paragraph 2.5.5	System safety confirms that icing is expected in the operational environment description.	En Route Service

e. 요구사항의 분석

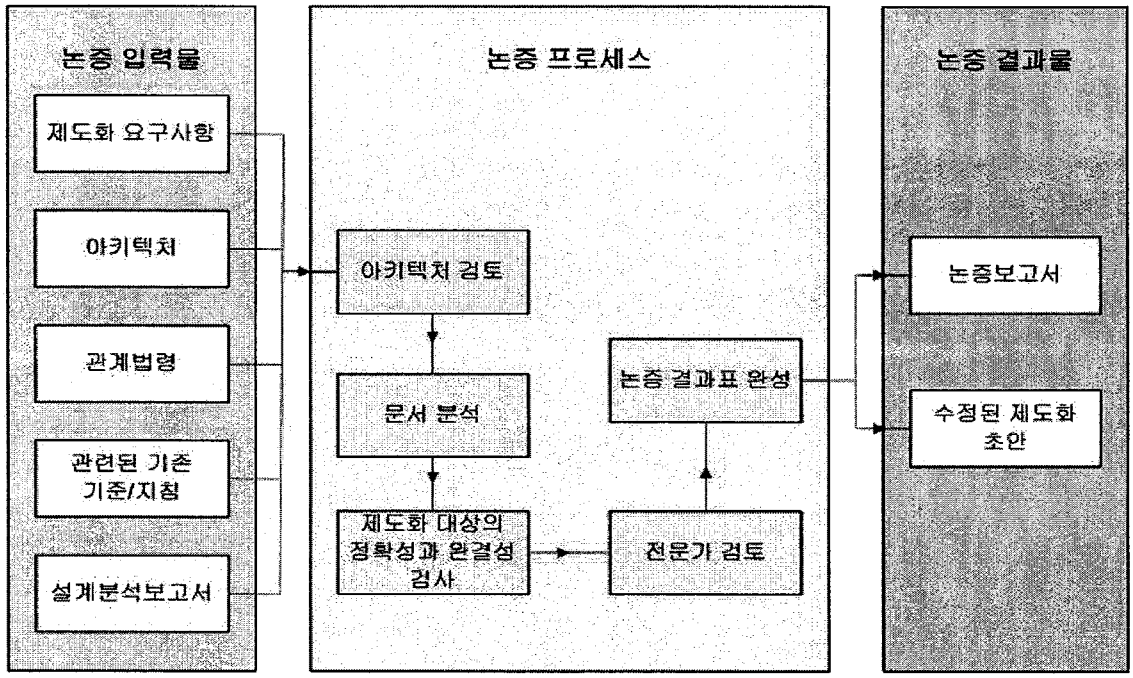
f. 논증 정보를 논증표 (표 1의 양식)에 입력

g. 이해당사자와 검토

h. 논증 보고서 작성

이러한 점을 바탕으로 본 과제에서는 제도화 대상 성과물의 논증을 위해 다음과

같은 과정을 수립하였다.



<그림 3-9-6> 제도화 성과물 논증 절차

이는 <그림 3-9-5>의 일반적인 논증 과정과 유사하지만, '제도화 대상의 정확성과 완결성 검사'라는 과정이 추가되었다. 여기에서 '정확성'이란 제도화 대상에 불명료함이나 오류가 없음을, '완결성'이란 핵심적인 사항이 누락되지 않고 포함되어 있음을 의미한다.

(4) 제도화 대상 성과물의 논증 요구사항 도출

그림 <그림 3-9-6>에 나타낸 논증 입력물(자료)와 그간의 제도화 절차를 바탕으로 다음 표와 같은 제도화 대상 성과물의 논증 요구사항을 도출하였다.

<표 3-9-2> 제도화 대상 성과물의 논증 요구사항

과제명	제도화 대상 성과물	위험원	논증 요구사항	논증 자료
* 및 * 체계 구축	**안전기준	충돌*	** 안전기준은 위험도 평가를 기반으로 하여야 한다.	위험도 과제와의 협의록
			** 안전기준은 관계 법령에 기준하여야 한다.	관계 법령 (최상위법령/규칙 등)
			과제 책임자는 제도화 대상의 수준을 결정하여야 한다.	관계 법령
			과제 책임자는 철도안전체계 구축 과제의 책임자들과 인터페이스 하여야 한다.	관련 과제 책임자들과의 I/F 협의록
		탈선*	과제 책임자는 ** 안전기준의 유관기관과 사전 조율하여야 한다.	유관기관과의 회의록
		체계*	과제 책임자는 ** 안전기준의 필요성을 설득하여야 한다	건교부 과제 담당관과의 회의록
			과제 책임자는 제도화 일정을 제시하여야 한다.	제도화 일정
			(기존 기준을 개정하여야 하는 경우) 과제 책임자는 개정 사유를 제시하여야 한다.	기존 기준 및 개정 사유 문서
			과제 책임자는 성과물 간의 제도화 우선 순위를 부여하여야 한다.	

제 10 절 안전관리조직의 개념도

검증계획서 (Verification Plan)	ID No : ER - SR03 - SSR05 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

3. 프로젝트는 철도안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.

3.5 프로젝트는 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능정의에 대한 세부지침을 작성하여야 한다.

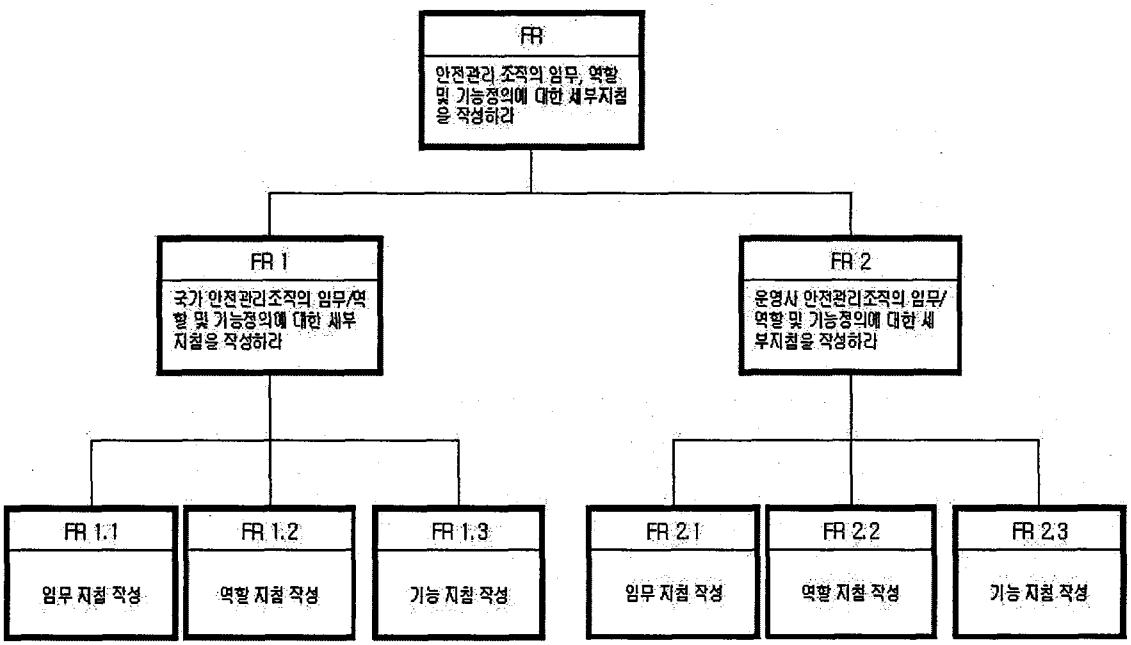
입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 안전관리조직의 개념도 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 국외자료와 비교, 3.3 전문가 검토	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

- 국내외 자료와의 비교분석 방법의 타당성
- 전문가 검토방법의 타당성
- 해외 안전관리체계와 비교하여 타당한가
- 국내 실정에 적합한가

1. 기능 아키텍처

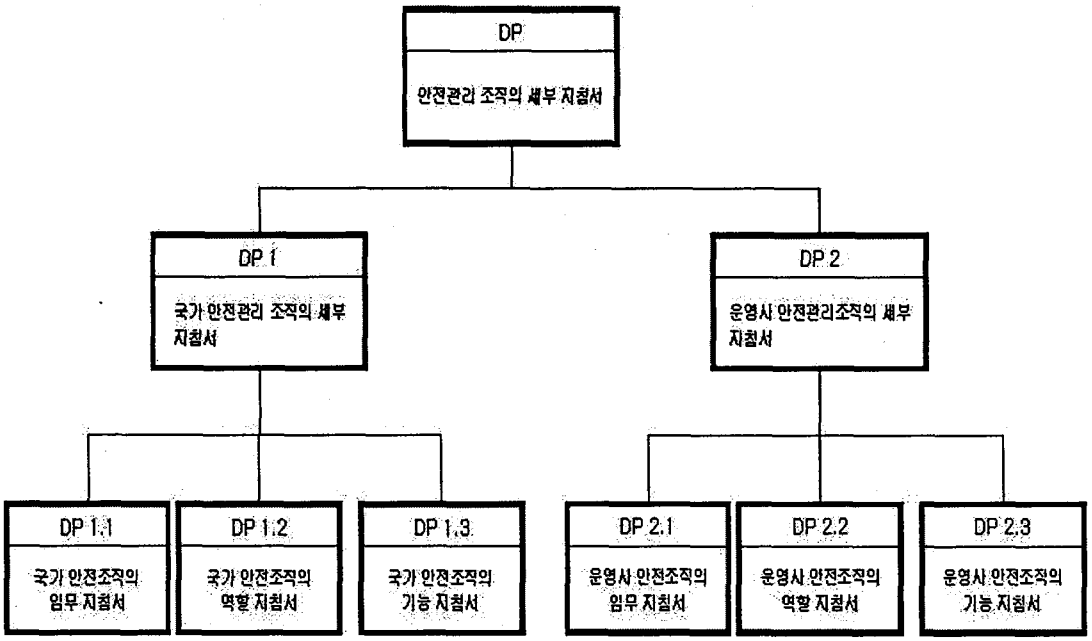
<그림 3-10-1>은 안전관리조직 구축에 대한 기능 아키텍처이다.



<그림 3-10-1> 안전관리조직 임무, 역할 및 기능정의에 대한 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처

<그림 3-10-2>는 안전관리조직 구축에 대한 물리 아키텍처이다.



<그림 3-10-2> 안전관리조직 임무, 역할 및 기능정의에 대한 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

o 본 시스템 요구사항은 『SR 3. 프로젝트는 철도안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.』중 『SSR 3.5 프로젝트는 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능정의에 대한 세부지침을 작성하여야 한다.』이다. 따라서 기능 요구사항 "안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능정의"에 대한 설계 결과물로서 먼저 "안전관리체계(SMS)"를 제시하였고, 안전관리체계(SMS)를 바탕으로 "안전관리조직의 개념도"를 제시하였다.

o "안전관리체계(SMS)"는 철도안전법을 기반으로 한 국가수준의 안전관리체계를 제시하였고, "안전관리조직의 개념도"는 안전관리체계(SMS)와 현재 존재하고 있는 국가수준의 안전관리 조직, 철도 운영사의 안전관리 규정을 기초로 작성하여 제시하였다.

o 그리고 본 연구에서는 국가수준의 안전관리조직과 운영사수준의 안전관리조직을 제시하였으나, 운영사 안전조직 구성은 국가수준의 안전관리조직이 만들어지면, 그에 맞게 운영사 현실에 맞게 구성해야 한다.

o 또한 이번 과제에서는 안전관리조직 개념도를 작성하여 임무, 역할, 기능에 대한 구성과 개념을 정의하였으며, 차년도 과제에서 구체적인 세부지침서를 작성할 예정이다.

나. 설계기준

(1) 국내 안전관리체계(국가수준)

○ 국내 안전관리체계(SMS)는 국내 철도안전법(시행령, 시행규칙 및 관련 고시 포함)을 근간으로 작성되었으며, 철도산업과 관련하여 캐나다, 영국, 호주의 안전관리시스템을 참고하였다. 또한 타 관련 산업으로 원자력 산업과 항공 산업의 안전관리시스템을 참고하였다<표 3-10-1>

<표 3-10-1> 안전관리체계 작성의 설계기준

대상 산업	대상 국가		관계 법령	비고
철도	우리나라		철도안전법 제10조 - 제24조	
	캐나다		Railway Safety ACT.	
	호주		AS 4292:1995	
	EC 회원국	영국	Railways Act, 1993 Railway Safety Case, 1994	
		독일	일반철도법(AEG)	
		프랑스	운영사 자체규정 (철도안전일반규정, RGS)	
		스웨덴	Railway Safety Act, 1990	
	일본		철도사업법, 철도영업법	

원자력	우리나라	원자력법	
	미국	US Code 10, Part 55 NUREG	
항공	우리나라	항공법	
	미국	FAA ORDER 8040.4 (1998)	

(2) 국내 철도안전관리 조직

○ 국내 안전관리조직은 국내 현존하는 정부의 철도 안전관련 조직을 근간으로 작성되었으며, 운영사의 안전관련 조직은 각 운영사의 안전관리 규정, 기존 안전관련 조직과 해외 철도 안전관련 조직을 근간으로 작성되었다.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

(1) 국내외 비교연구에 따른 증거자료로 국내외 철도 안전관리체계 비교표는 다음 <표 3-10-2>와 같다.

<표 3-10-2> 국내외 철도 안전관리체계 비교

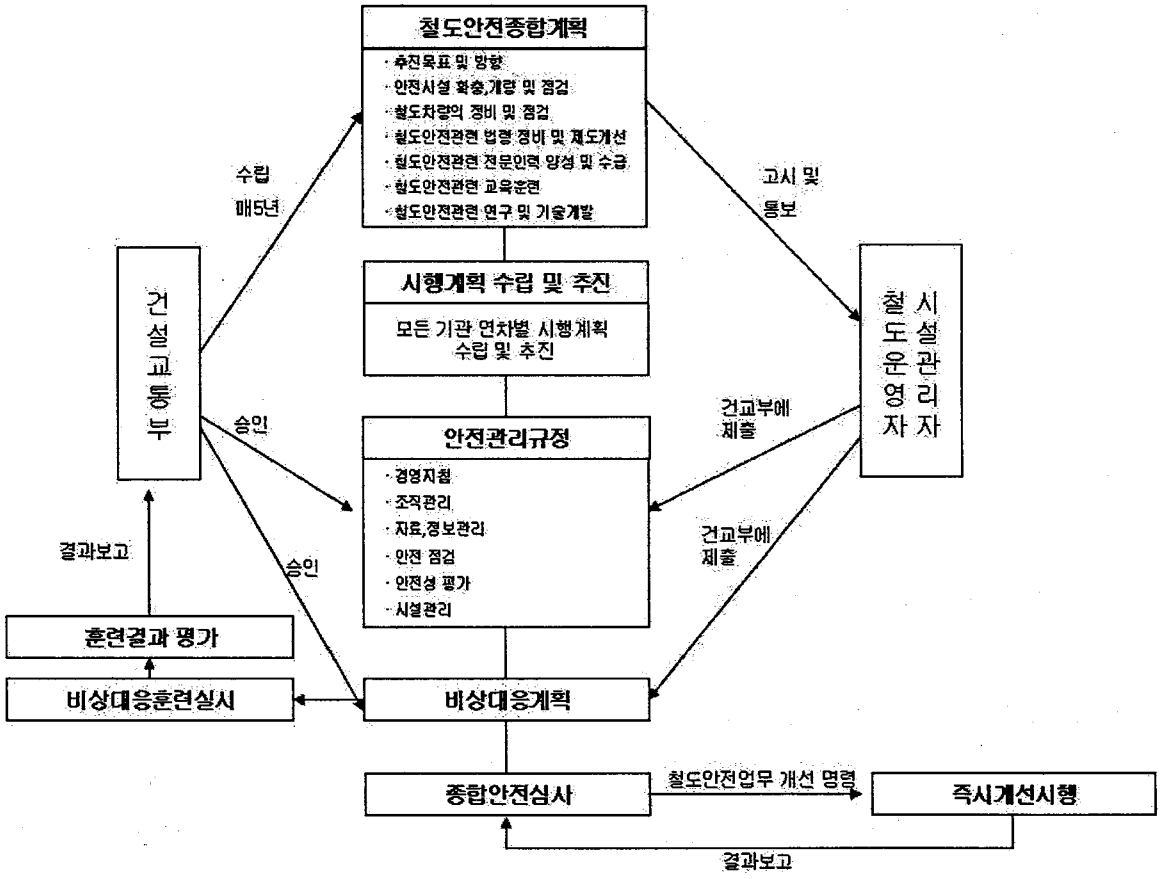
	국내		해외			타 산업			
	국가	운영사 (철도공사)	캐나다	영국	호주	항공 영국, 미국, 캐나다, 호주		선박 런던항만	시설 원자력, 가스공사
관계 법령	철도안전법	안전관리규정	RAILWAY SAFETY ACT.	UK RAILWAY ACT.	AS 4292:1995	영국 CAP 728,726,168,642,700,712, 726,728,729,730 미국 FAA ORDER 8040.4(1998) 호주 AC 139-16(0) 캐나다		HS(G)65	
구성 요소	1.국가안전 방침 2.국가안전 목표 3.철도안전종합계획 4.철도시설안전 5.철도차량안전 6.전문 인력양성 및 수급관리 7.교육훈련 8.사고보고/조사 및 처리	1.경영 지침화 2.안전 목표 수립 3.철도종합안전계획 4.비상대응계획 5.철도시설안전 6.철도차량안전 7.전문 인력양성 및 수급 관리 8.교육훈련 9.사고보고/조사 및 처리	1.안전정책 2.책임과 권한 할당 3.근로자참여 4.연간안전 목표 및 안전우선순위 5.안전성능 데이터 수집 및 분석 6.사건 및 상황보고 조사 및 분석 7.규정, 규칙, 지시	1.안전정책 2.예비 안전계획 3.위험원 로그 작성 4.위험원도출 및 분석 5.리스크평가 6.안전요구사항작성 7.안전계획준비 8.안전계획실행 9.안전평가위임 10.종합 안전 대책	1.안전 정책 2.안전 목표설정 3.책임과 권한할당 4.위험과 사고관리 5.교육훈련 6.공학적 운영관리 7.자료 및 정보관리 8.프로세스실행 9.성과측정 10.안전효능분석	영국 1.안전 관리자 지정 2.안전관리절차 3.안전규정사업규정 4.안전개선계획 5.문서화 6.안전교육 7.계약업무 기준설정, 감시 8.시설업무시스템감시 9.위험요소분석, 위험성평가 10.비상대처계획 작성 11.교육훈련 12.정기적 점검 13.의사소통조정, 관리변화 14.비상자료 분석	미국 1.목적정의 2.시스템설명 3.위험요인 판별 4.위험성평가 5.의사결정 6.확인과 조정 7.문서화 8.시스템 및 절차의 점검 캐나다 1.안전관리계획 2.안전규정 3.최초위험성분석 4.심층조사	1.안전정책 2.조직과 책임 3.관리기준 4.성과향상 5.감사, 재검토	

		10.열차운행 및 철도보호 11.철도운영 및 시설안전 점검 12.위험도분석 및 평가 13.안전홍보	사항의 준수 8.안전감사 및 평가 9.교정 조치 개발, 승인 및 모니터링 10.리스크관리절차 11.리스크관리전략 12.기술교육 및 감독	기술서 준비 11.안전 책임 이양	11.수정/보완 12.프로세스감사 13.요구사항재검토 14.외부감사 15.재검토	15.안전사건, 문제점의 서면보고 16.안전검사구성 17.결과공개 18.조정. 점검결과공개 19피드백 호주 1.정책 2.관리책임 3.위험성관리절차 4.보고시스템 5.훈련과 교육 6.안전점검 및 사고조사 7.자료와 문서조정 시스템구성 8.시스템 평가	5.위험성분석 6.근본원인결정 7.교정행동결정 및 실행 8.교정행동 감시 9.교정행동 확인 10.훈련/교육과 비상대응절차 11.정보관리 12.안전성평가 13.보고서작성		

(2) 국내외 비교연구에 따른 증거자료로 국내외 철도 안전관리체계 비교 내용은 다음과 같다.

우리나라

현재 우리나라는 철도안전법에 철도 안전관리체계에 대한 조항이 명시되어 있으며, 내용은 아래와 같다.<그림 3-10-3> 참조.



<그림 3-10-3> 국내 철도 안전관리체계

(가) 철도안전종합계획 및 시행계획 수립 및 추진

o 철도 안전시책을 체계적이고 지속적으로 추진하기 위해 국가는 5년마다 철도종합안전계획을 수립함.

- 추진목표 및 방향
- 안전시설 확충, 계량 및 점검
- 철도차량의 정비 및 점검
- 철도안전관련 법령 정비 및 제도개선
- 철도안전관련 전문인력 양성 및 수급
- 철도안전관련 교육훈련
- 철도안전관련 연구 및 기술개발

o 철도 운영자 및 철도시설관리자 등은 종합계획의 단계적 시행을 위한 연차별시행계획을 수립하여 추진하여야 함.

o 국가가 장·단기 계획을 수립하여 시행함으로써 정부나 철도 운영자등이 철도안전에 관심을 가지게 되고, 필요한 예산확보도 가능하게 됨.

(나) 안전관리규정제정 및 비상대응계획 수립·시행

o 철도운영자 및 철도시설관리자는 자체 안전관리를 강화하기 위하여 안전관 리추진체계(조직·책임자 지정등), 철도 안전시행계획을 수립·시행절차, 교육훈련·적성검사·신체검사 시행절차, 철도시설 및 차량 관리체계 등을 포함한 안전관리규정을 제정하여 국가의 승인을 받아야 함.

o 또한, 사고발생 등 비상상황에 철저히 대비하기위한 긴급상황 유형별 매뉴얼 작성·관리, 직원 및 관계기관의 비상연락망 비치·관리, 기관사, 관제사, 승무원 등의 개인별 임무지정, 비상대응훈련, 사고발생시 긴급대응, 승객대피, 사고수습에 관한사항 등을 포함하는 비상대응계획을 수립하여 국가의 승인을 받아야 함.

(다) 종합안전심사 실시

o 철도의 건설·운영이 확대되고, 철도사고가 빈발함에 따라 철도안전 확보를 위한 국가의 관리감독이 강화하기 위해서 철도운영기관의 철도안전업무와 안전관리실태에 대하여 주기적으로 점검·심사·평가하고, 필요한 경우 개선 명령을 할 수 있도록 종합안전심사 제도를 마련함.

(라) 철도기관사면허제 및 철도교통관제사 자격기준 지정

o 고속철도의 개통, 지하철 운행도시의 확대 등에 따라 안전핵심요원인 철도 차량 운전업무종사자에 대한 자격기준을 표준화하고 체계적인 양성과 수급관리를 위하여 자격제를 도입함.

o 철도교통관제사의 경우에는 열차운행을 실질적으로 통제하면서, 각종 사고발생시 초동지휘를 하여야 하는 중요한 안전관리 책임자이므로 직무수행에 적합한 경력요건 등 자격기준을 정하여 전문성을 확보하도록 하고 있음.

(마) 철도시설 및 차량안전기준 마련

o 대구지하철 화재사고를 통하여 지하 역사나 철도터널 등 밀폐된 지역에서 갖추어야 할 환기시설, 소화설비, 피난시설, 구난장비 등이 부족한 것으로 나타남.

o 철도시설의 안전에 관하여 현재 운용중인 "국유철도건설규칙"에는 안전측면 보다는 선로, 정거장 등 철도시설의 구조기준 중심으로 규정되어 있어 안전시설의 설비기준을 별도로 마련함.

o 또한 철도차량의 안전기준을 정하여 철도차량 제작시 이를 준수하도록 하고, 차량구매 후에도 열차 안전운행에 지장이 없도록 유지관리를 철저히 하도록 명문화 함.

(바) 철도시설/차량에 대한 성능시험 및 신규노선에 대한 종합시험운행 실시

o 선로나, 전기설비, 운전보안장치 등을 새로 설치하거나 개량할 경우에는 사전에 성능시험을 하여 이상이 없는 것을 확인한 후에 운영하도록 함.

o 철도차량을 제작·조립하거나 수입할 때에는 성능시험을 한 후 운행할 수 있도록 함. 또한 철도노선을 새로 건설하여 운영하고자 할 때에는 철도시설의 설치상태 및 열차운영체계의 점검과 철도종사자의 업무숙달 등을 위하여 영업 운행 전 시설관리자와 철도운영자가 참여하는 종합시험운행을 실시하여 개통하도록 함.

(사) 철도용품의 표준화와 품질인증

o 철도투자 확대 및 철도구조개혁에 의한 다수 운영자의 철도시장 진입 가능성이 조성됨에 따라 철도용품의 표준화 및 호환성 확보의 중요성이 증대하고 있음.

o 국가표준규격(KS)이 철도차량과 같은 고유한 기술특성을 가진 규격을 포괄하지 못하므로 철도관련 국가표준을 제정함으로써 기술표준화를 통한 기반기술을 확립시키고 유지보수의 호환성을 보장하도록 함.

(아) 열차내 폭발물·독극물 등 위해물품 휴대금지

o 철도는 각종 사고발생시 인명피해가 크게 발생할 우려가 있으므로 무기, 도검류, 폭발물 또는 인화성이 높은 물건 등은 열차 안에서 휴대할 수 없도록 규정하고 있음.

(자) 철도보호지구 안에서의 행위제한

o 최근 전국적으로 철도개량사업이 많이 이루어지고 있고, 고속철도사업 등 신규 철도건설사업도 크게 확대되고 있으므로 철도인접지역 또는 열차운행 선상에서 공사시행에 따른 안전관리 소홀로 철도사고가 자주 일어나고 있어, 철도보호지구 안에서 토지이용행위와 관련된 인·허가를 할 때와 철도보호지구 안에서 토지이용행위를 하고자 하는 자는 미리 철도운영자와 협의 및 신고를 하도록 하고 있음.

(차) 철도사고조사위원회 설치·운영

o 지금까지는 철도운영기관에서 직접 사고조사를 하고 있기 때문에 객관성에 한계가 있다는 지적을 해소하고 시설 관리자와 운영주체가 분리됨에 따라 책임 전가 등의 문제를 예방하기 위하여 전문적이고 공정한 철도사고조사를 할 수 있도록 철도사고조사위원회를 설치, 운영할 예정임.

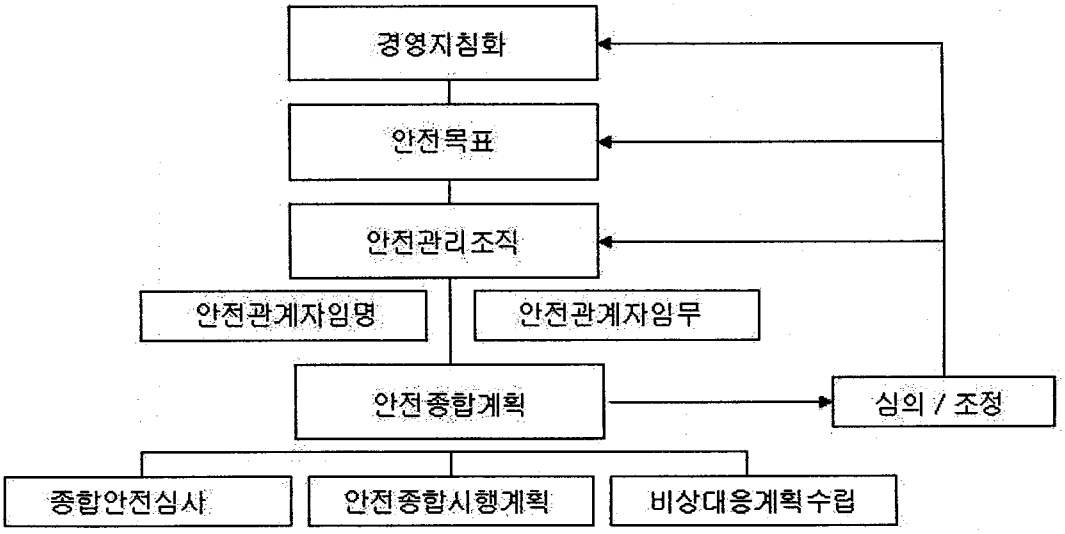
(카) 철도안전에 관한 정보관리시스템 구축

o 현재는 운영기관별로 사고관련 자료를 관리함에 따라 자료 활용에 많은 제약이 따르나, 향후 철도운영기관의 모든 사고관련 자료를 종합관리하고, 자료를 데이터베이스화하여 사고원인분석과 사고예방활동에 활용할 예정임.

다음으로 국내 운영사 수준의 안전관리체계 현황을 살펴보면 아래와 같다.

(가) 한국철도공사

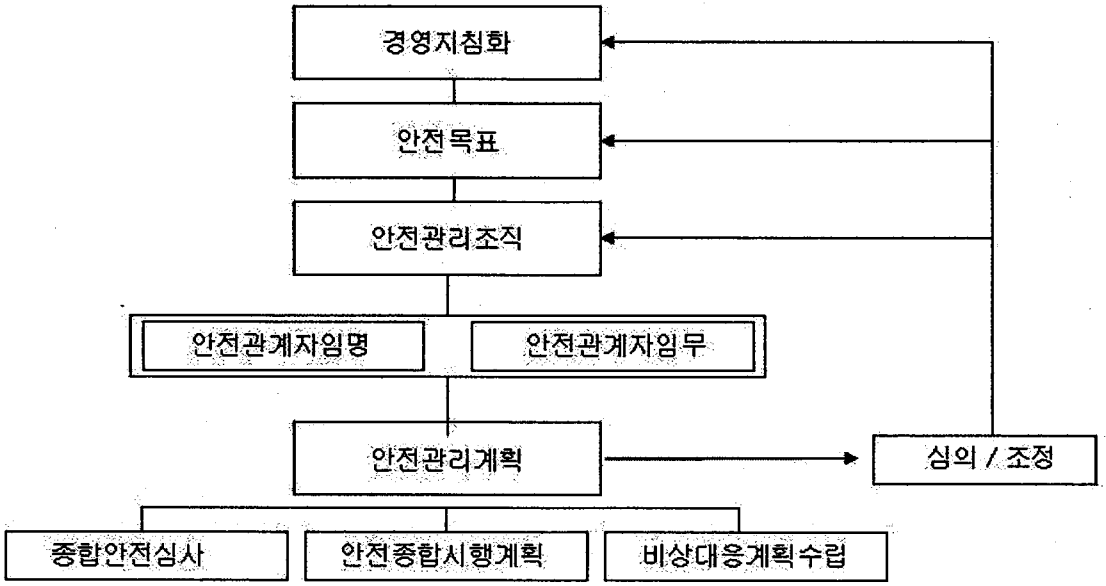
한국철도공사의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-4>와 같다



<그림 3-10-4> 한국철도공사 안전관리체계

(나) 서울도시철도

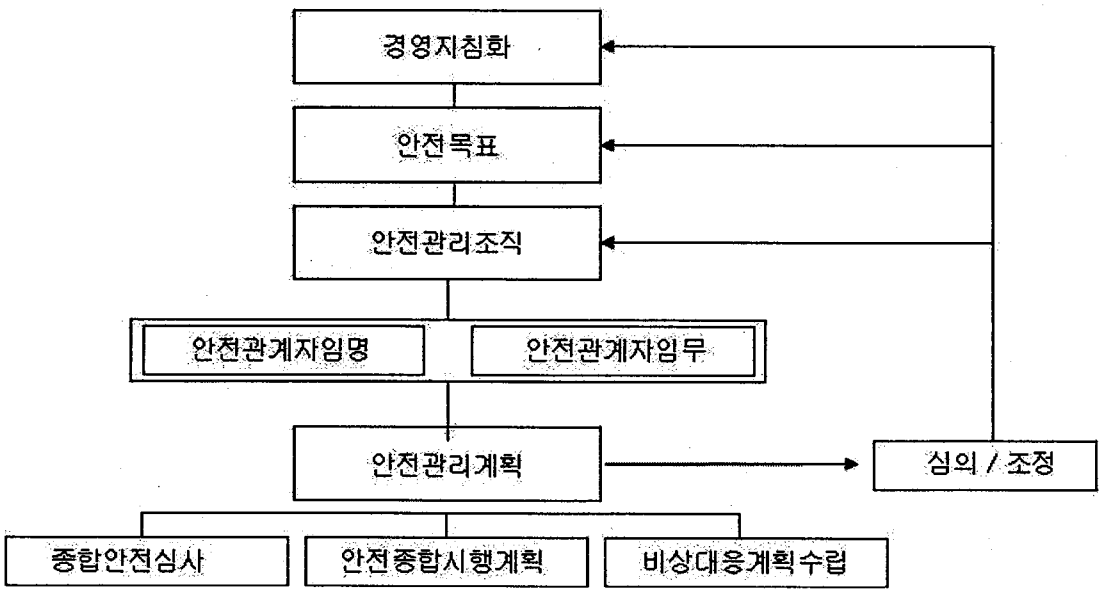
서울도시철도의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-5>와 같다



<그림 3-10-5> 서울도시철도 안전관리체계

(다) 서울메트로

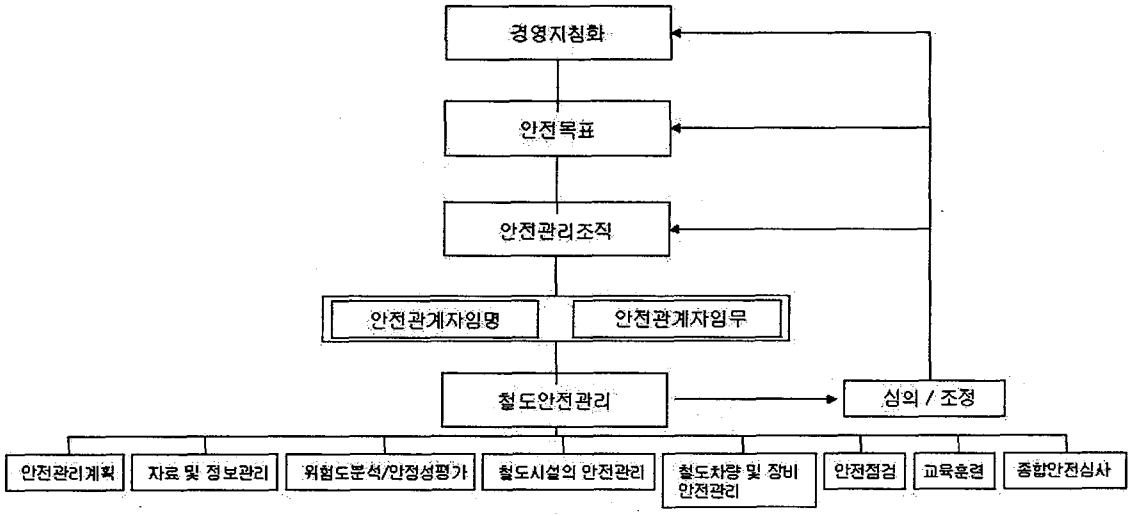
서울메트로의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-6>과 같다



<그림 3-10-6> 서울메트로 안전관리체계

(라) 한국철도시설공단

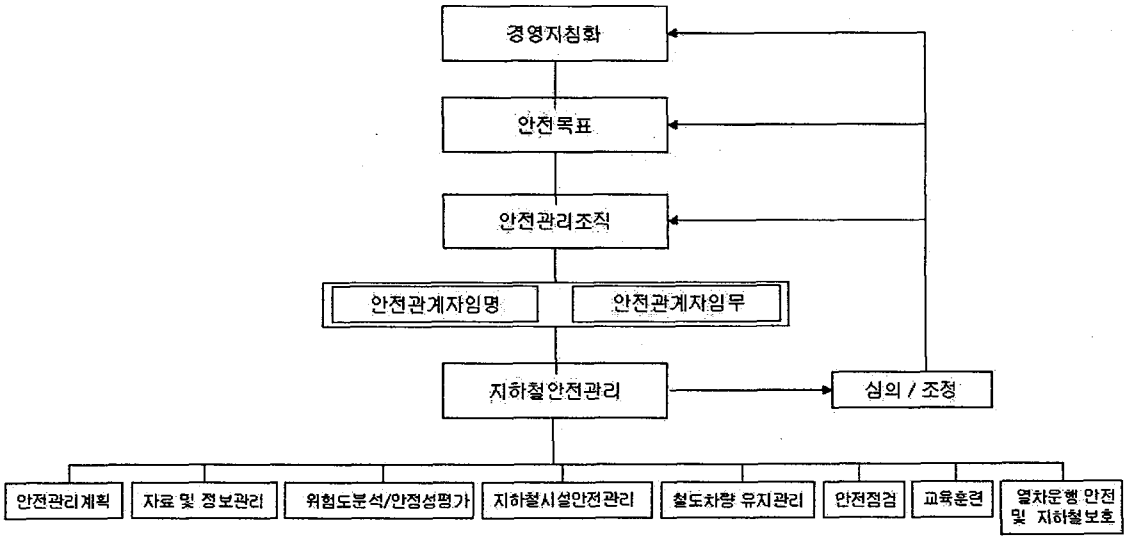
한국철도시설공단의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-7>와 같다



<그림 3-10-7> 한국철도시설공단 안전관리체계

(마) 인천지하철

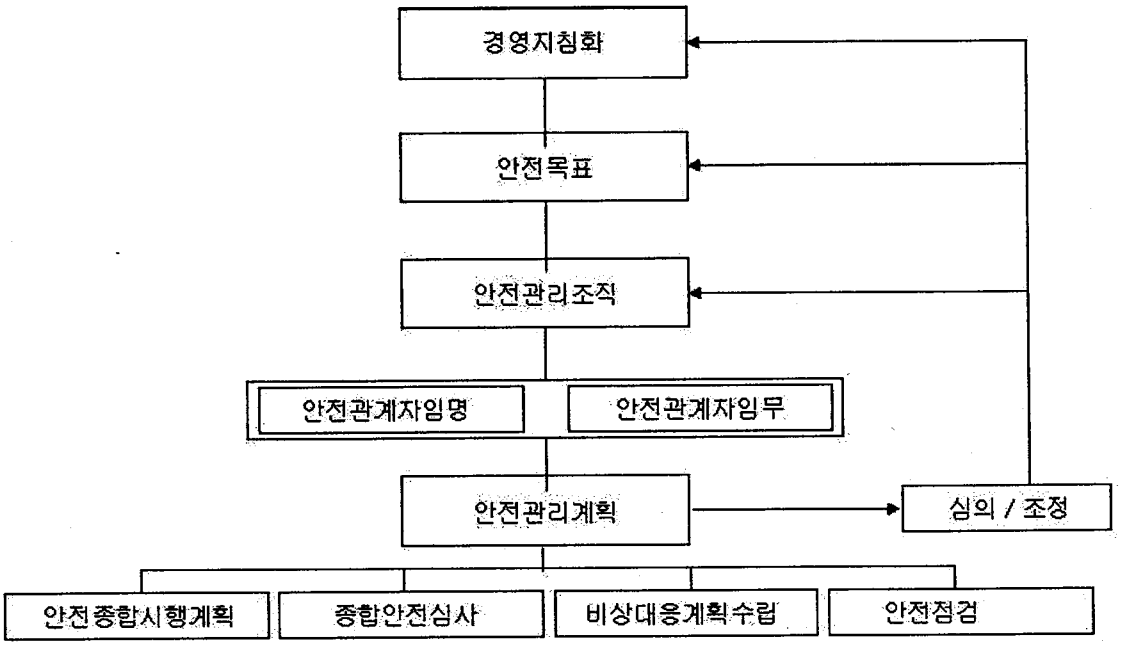
인천지하철의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-8>과 같다



<그림 3-10-8> 인천지하철 안전관리체계

(바) 부산지하철

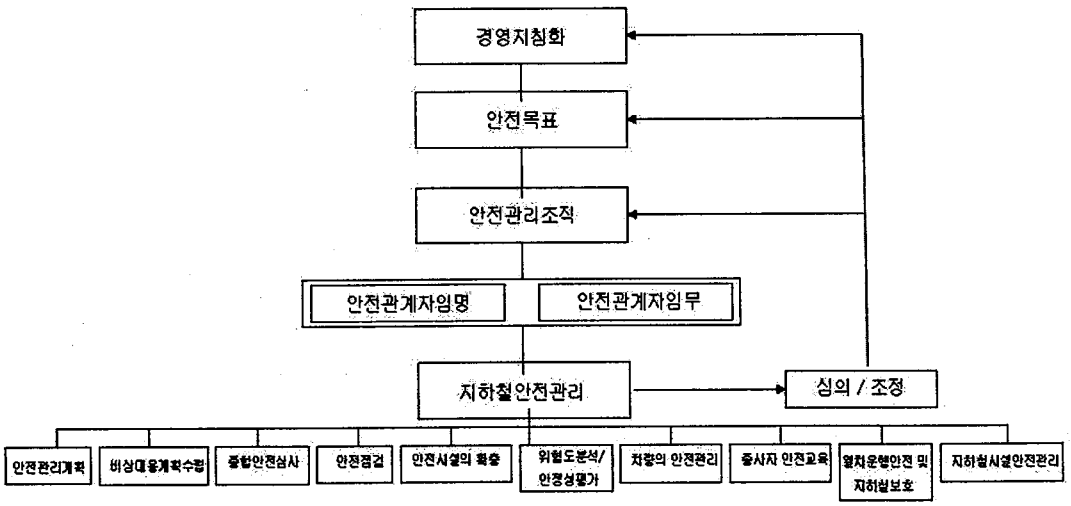
부산지하철의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-9>와 같다



<그림 3-10-9> 부산지하철 안전관리체계

(사) 대구지하철

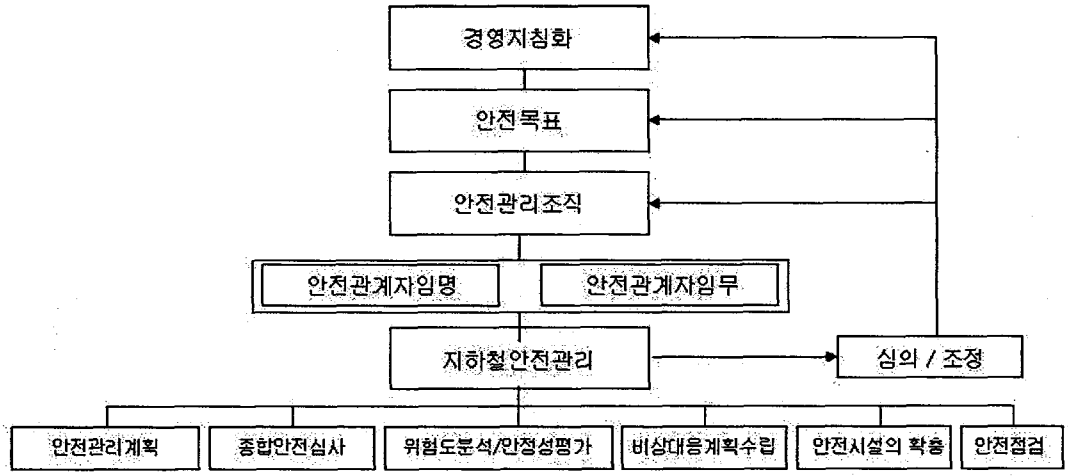
대구지하철의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-10>와 같다



<그림 3-10-10> 대구지하철 안전관리체계

(아) 광주지하철

광주지하철의 안전관리체계 현황은 <그림 3-10-11>과 같다



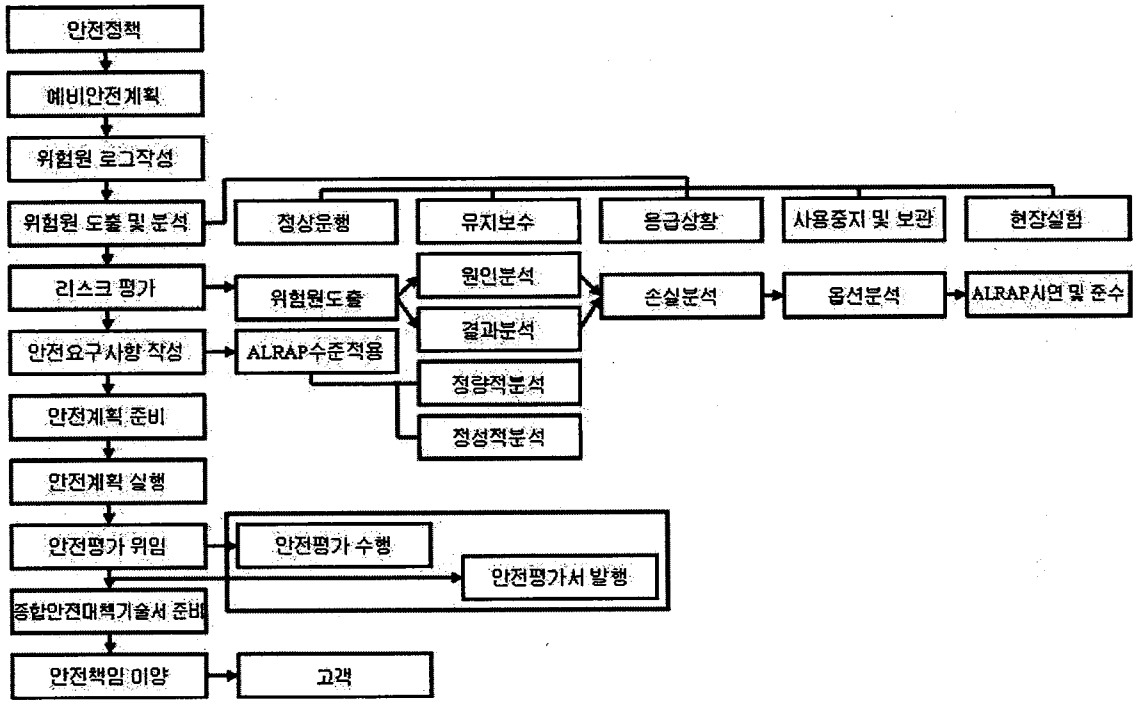
<그림 3-10-11> 광주지하철 안전관리체계

해외 철도 안전관리체계가 잘되어있는 곳은 일부 선진국이며, 그 선진국 중 몇 개의 나라를 선택하여 안전관리체계를 확인하였다.

국외 철도 안전관리체계

(가) 영국철도 안전관리체계

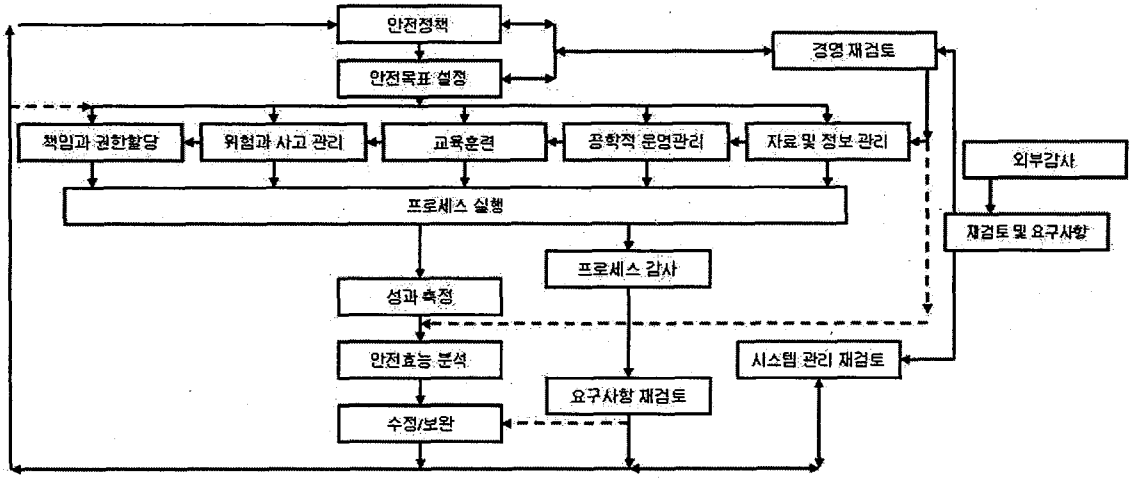
영국철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-12>과 같다



<그림 3-10-12> 영국 철도 안전관리체계

(나) 호주철도 안전관리체계

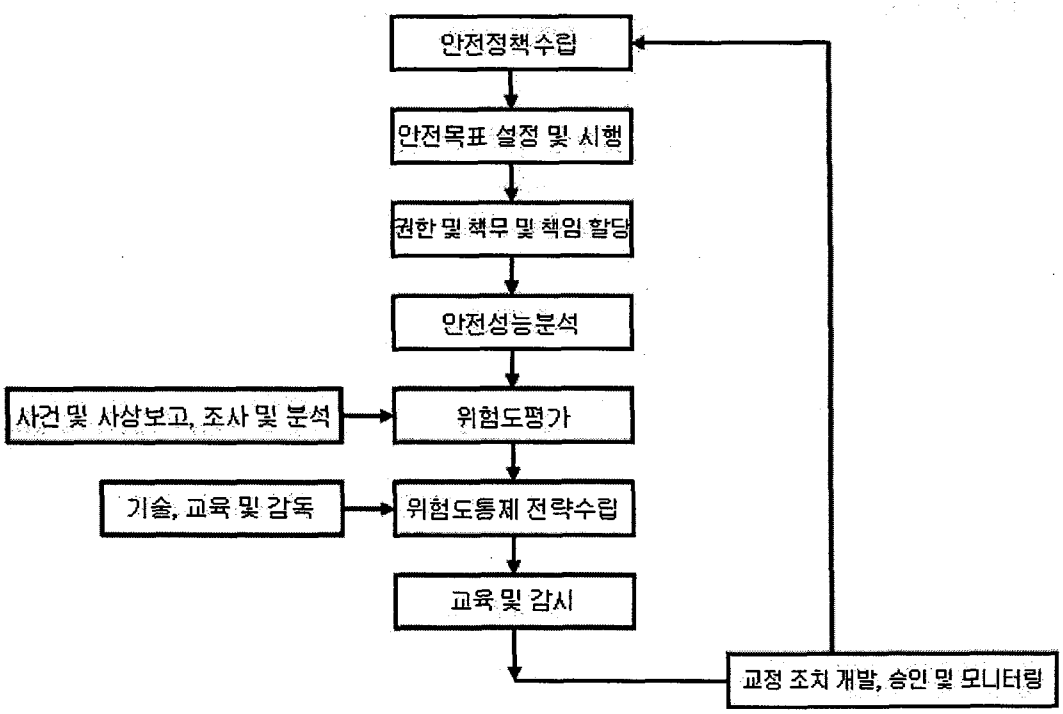
호주철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-13>와 같다



<그림 3-10-13> 호주철도의 안전관리체계

(다) 캐나다철도 안전관리체계

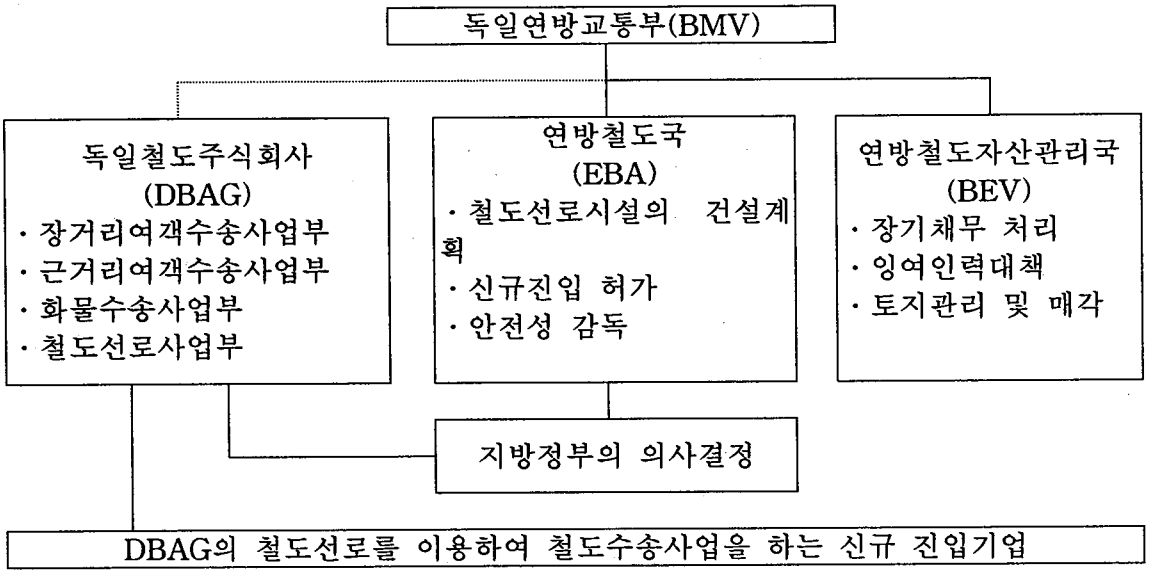
캐나다철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-14>과 같다



<그림 3-10-14> 캐나다 철도 안전관리체계

(라) 독일철도 안전관리체계

독일철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-15>와 같다

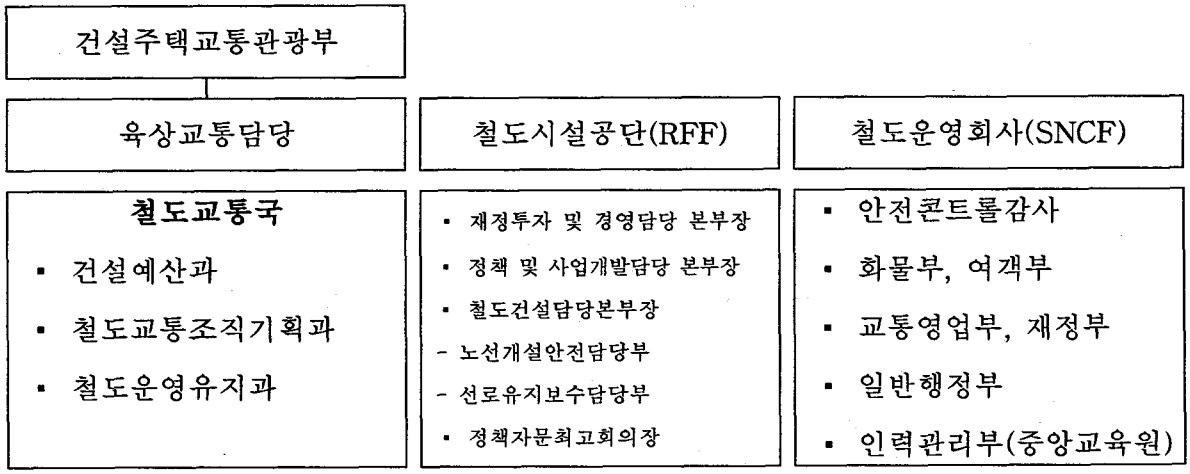


<그림 3-10-15> 독일 철도 안전관리 체계

일반철도법의 제4조 제1항에서 철도회사는 그 운행을 안전하게 실시하고, 철도 인프라, 차량, 제반 설비를 안전하게 정비하며, 안전하게 운행 가능한 상태로 유지할 것을 의무로 부가하고 있다.

(마) 프랑스철도 안전관리체계

프랑스철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-16>과 같다.

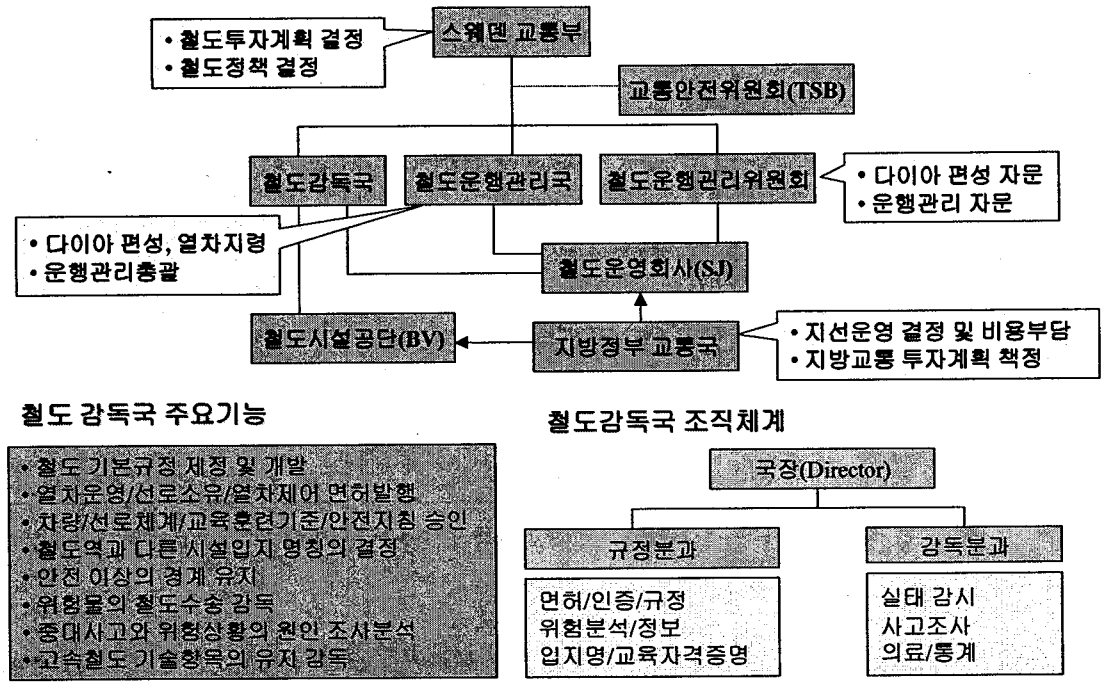


<그림 3-10-16> 프랑스 철도 안전관리체계

철도안전은 철도운영회사인 SNCF가 통합운영체계를 유지하면서 본청->지방청->현업사무소의 3단계로 조직되어 각 단계별로 안전책임을 구분하고 있으며, 본청 차원에서 안전 제어 및 감사기능을 보유하고 있다.

(바) 스웨덴철도 안전관리체계

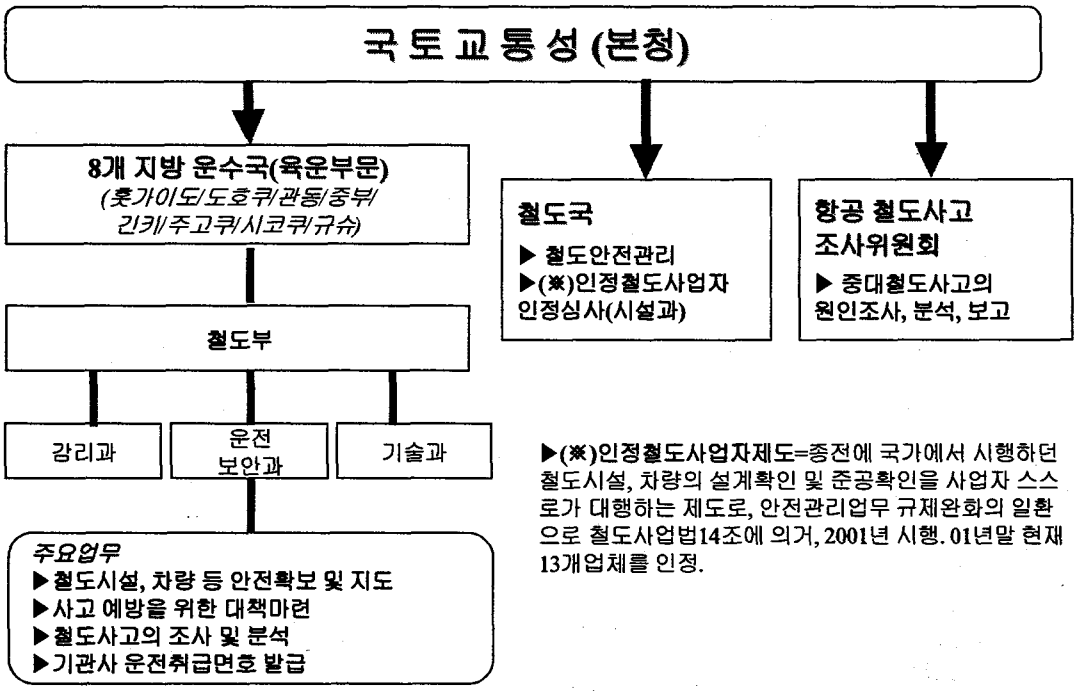
스웨덴철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-17>과 같다.



<그림 3-10-17> 스웨덴 철도 안전관리체계

(사) 일본철도 안전관리체계

일본철도의 안전관리체계는 <그림 3-10-18>과 같다.



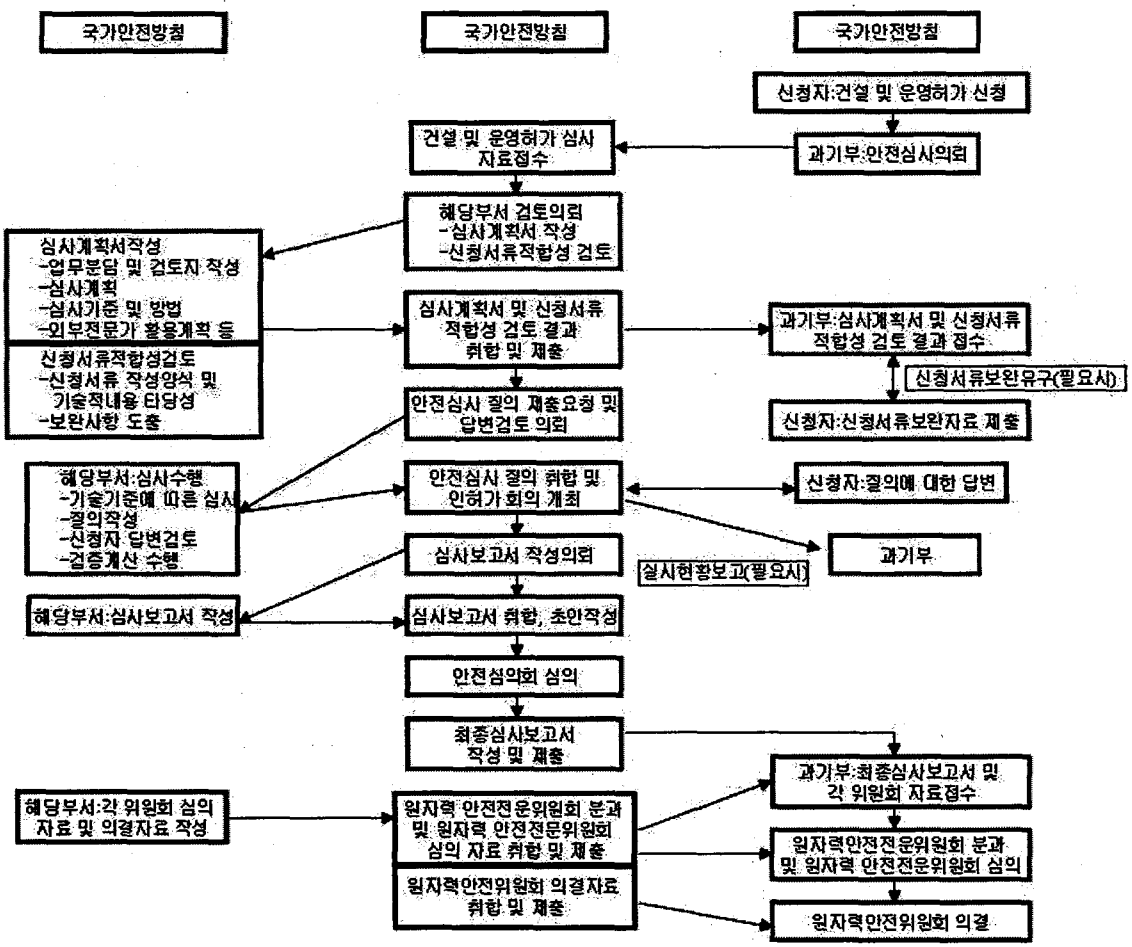
<그림 3-10-18> 일본 철도 안전관리체계

타 관련 산업 안전관리체계

타 관련 산업 안전관리체계는 위험이 높은 산업의 안전관리체계를 통해 철도안전 관리체계 구성을 위한 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

(가) 원자력 안전관리체계

원자력분야의 안전관리체계는 <그림 3-10-19>와 같다



<그림 3-10-19> 원자력 분야 안전관리체계

(나) 항공분야 안전관리체계

<표 3-10-3> 항공분야 안전관리체계

제정년도	국가	제정기관	공항인증 관련법	관련지침서	특징
2002년	영국	CAA/SRG	CAP 168	CAP 726 CAP 712 CAP 730	- CAP 726은 안전관리체계의 개발과 감사에 관한 지침서 - CAP 712은 상업항공운영에 대한 안전관리체계 - CAP 730은 항공교통관리에 대한 안전관리체계
2002년	캐나다	TCCA	CARs Part Ⅲ	TP 13739 TP 13881 TP 13095	- 안전관리체계의 개요 - 안전관리체계 매뉴얼 - 위험성관리와 의사결정
2002년	호주	CASA	CASR Part 139	AC 139-16(0) AC 119-270	- AC 133-16(0)은 공항안전관리체계 - AC 119-270은 항공안전관리체계 • 2003년 호주항공법 수정안 139.250에 ICAO 공항인증과 관련된 공항안전관리체계 구축을 명시 • 139.900에 항공 업무에 대한 안전관리체계 구축을 명시

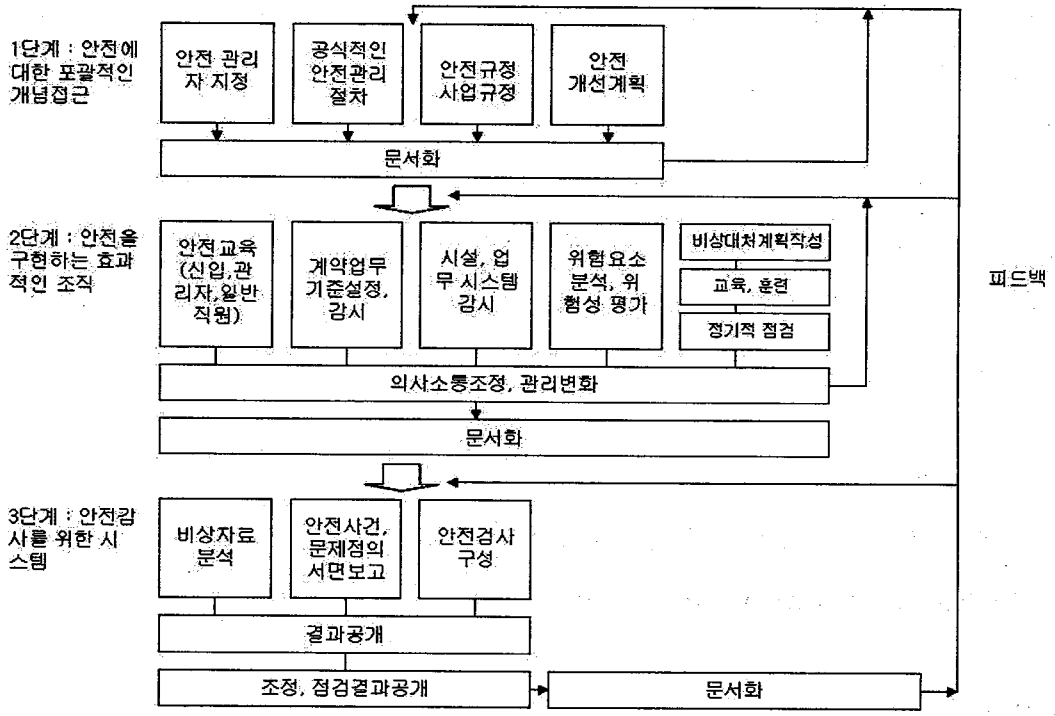
각국의 법령 체계는 모두 다르기 때문에 안전관리체계에 필요한 요구조건들을 모두 다른 형식의 법률이나 규정, 지침서로 명시하였다. 기본적으로 유사하나, 각 세부 내용들이 각 국의 환경에 따라서 법령, 규정, 지침서의 서로 다른 위치에 명시되기도 한다.

각 국의 법령 제정에 있어 공통점은 우선 공항인증을 위한 법률에 안전관리체계가 명시되어 있으며, 기타부문으로 영국은 안전관리체계의 포괄적 개념만을 법령에 명시하였고, 호주는 도입시한과 간략한 구성요소만을 법령에 명시하였으며, 캐나다는 공항안전관리체계에 관한 지침서가 없고 전 항공분야에 활용하는 지침서만 가지기 때문에 안전관리체계의 구성요소와 내용을 법령에 명시하였다는 것이다.

각 국은 지침서를 지정함에 있어, 필요에 따라 지침서를 사업부문(운항, 관제, 공항, 정비) 또는 내용별(안전관리체계 구성, 안전관리체계 평가)로 작성하였다. 지침서는 의무규정이 아닌 권고로서 각 사업장이 자율적으로 시행할 수 있도록 하였다. 캐나다와 미국은 감사지침서가 없는 상태이며, 영국과 호주만이 감사지침서를 구성하였다.

① 영국의 항공안전관리체계

영국 항공안전관리체계는 <그림 3-10-20>와 같다



<그림 3-10-20> 영국 항공 안전관리체계

o 구성요소

안전관리체계를 도입하게 되는 조직의 경영자를 지침하기 위해 4가지 요소(안전관리정책 및 전략, 안전보장문서(SAD; Safety Assurance Document), 위험성 평가방법, 조직의 안전검사)를 중심으로 권고하였다.

영국의 안전관리체계는 크게 정책, 조직, 계획을 수립하는 1단계, 조직과 안전관리 절차를 운영하게 되는 2단계, 안전관리를 점검하고 분석하는 3단계로 구성된다. 안전의 위험평가기준을 권고하고 있으며 평가지침서인 CAP 726에서는 감사에 관한 사항들을 명확하게 지정하였으나 공항의 규모 운영의 복잡성에 따라 달라질 수 있는 조직이나 보고체계, 교육훈련에 대한 기준을 제시하지 않음으로써 CAP 728과 마찬가지로 운영의 규모와 복잡성이 서로 다른 조직에서도 적용할 수 있도록 하였다. <그림 3-1-20~21>

o 조직구성

조직구성은 각 부서(또는 line)별 중간급 실무자 또는 안전관리자로 구성되어 위험성평가절차와 다른 안전관련 업무를 보조하는 안전실천조직(Safety Action Group : SAG)과 최고 경영층으로 구성되는 항공안전점검위원회(Air Safety Review Board : ASRB)를 권고하였다.

o 타 분야와의 협력

영국은 안전관리체계(SMS)와 관련한 안전규정의 제정, 안전관련 활동, 조사검사에 대해 민간항공청(CAA UK)과 산업안전보건청(HSE)간 협정서(1998년)를 교환하여 공동의 노력을 기울이고 있다.

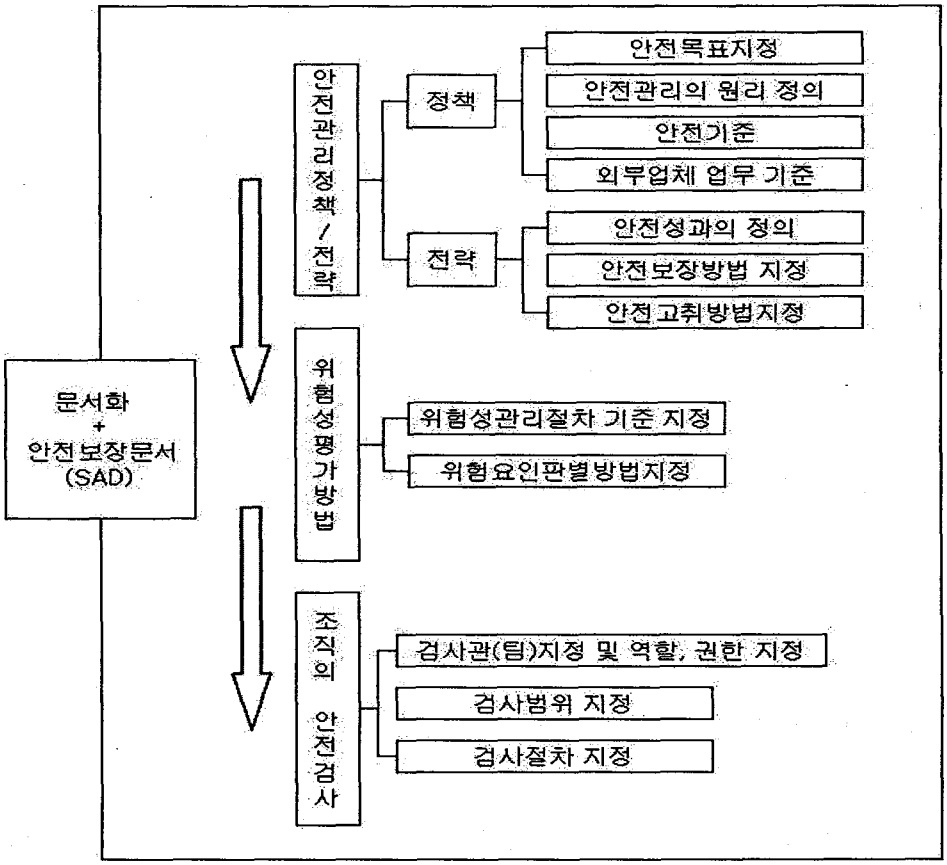
o 위험성 평가기준

영국은 위험성 평가기준으로서 발생가능성 5단계, 심각도 4단계, 위험성 3단계로 구분한 JAR(Joint Aviation Requirements)25를 활용하도록 권고하고 있다.

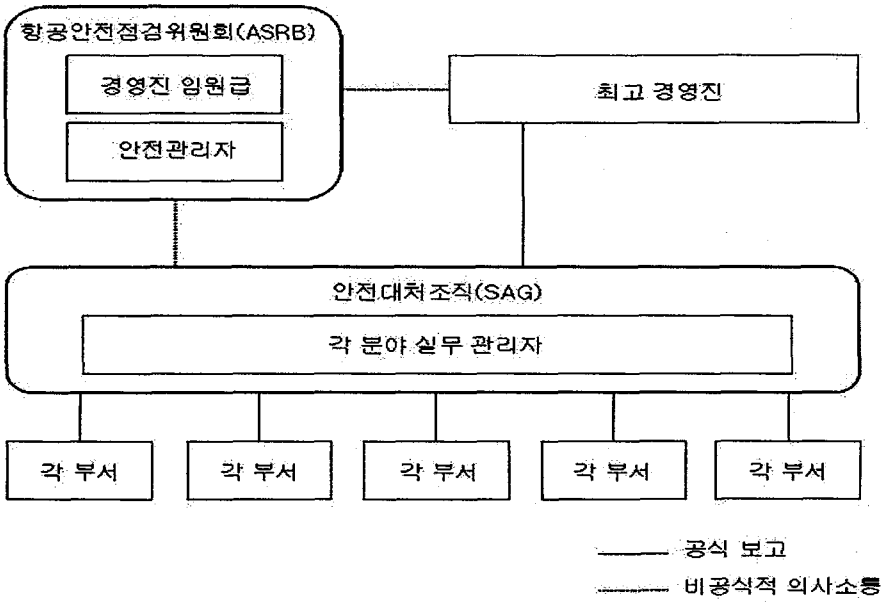
o 지침서 구성

안전관리 도입지침서(CAP 728), 평가지침(CAP 726)을 개발하여 배포하고 있으며, 이외의 다음과 같은 관련 법률 및 지침을 지속적으로 개발하고 있다.

- CAP 168 (공항인증, Licensing of Aerodromes)
- CAP 642 (에어사이드 안전관리, Airside Safety Management)
- CAP 700 (안전운영자격, Operational Safety Competences)
- CAP 712 (상업항공운영에 대한 안전관리체계)
- CAP 726 (공식적 안전관리체계에 대한 개발과 검사 지침서)
- CAP 728 (공항과 항공교통관제기관의 안전관리체계의 개발 지침서)
- CAP 729 (공항개발 지침서)
- CAP 730 (항공교통관제에 대한 안전관리체계)



<그림 3-10-21> 영국 CAP 728의 공항안전관리체계 구성



<그림 3-10-22> CAP 712에서 권고하는 조직구성도

o 영국의 공항안전관리체계의 특징

공항안전관리체계의 절차와 구성요소를 4가지 구성요소로 지정하였다.

- 안전관리정책과 전략
- 안전보장 문서(SAD)
- 위험성 평가방법
- 조직의 안전검사

공항안전관리체계의 이해를 위한 지침서(CAP 728)와 검사를 위한 지침서(CAP 726)를 구분해 지정하였다.

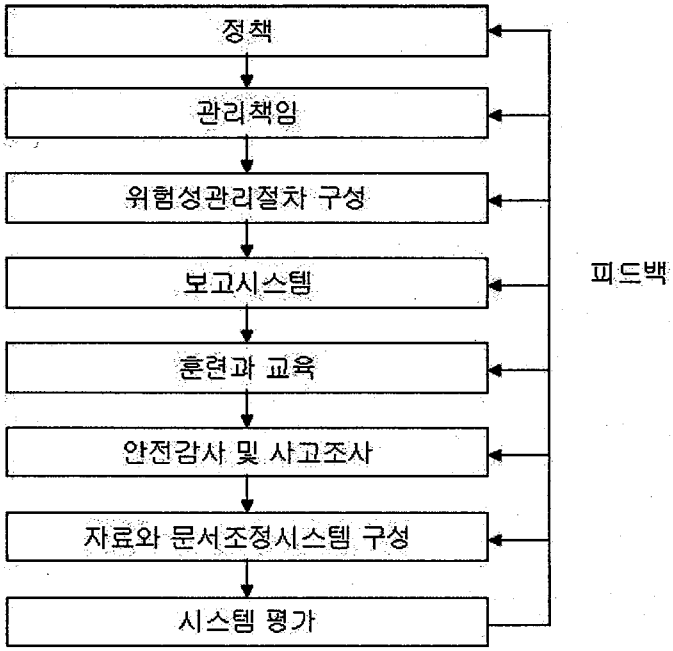
안전관리절차(위험요인판별, 위험성분석, 안전관리)의 기준으로 JAR (Joint Aviation Requirements)을 사용하였다.

검사관(팀)지정, 검사범위, 검사절차 등에 관한 사항들을 명확하게 지정하였다.

공항의 규모, 운영의 복잡성에 따른 예외적 조건의 명시가 없다(조직이나 보고체계, 교육훈련에 대해 기준 제시 없음). 즉, 조직구성을 제한하지 않아 각 조직에 적절한 SMS를 구성할 수 있도록 하였다.

② 호주의 항공안전관리체계

호주 항공의 안전관리체계는 <그림 3-10-23>와 같다



<그림 3-10-23> 호주 항공의 안전관리체계

o 구성요소

안전관리체계의 도입을 위해 단순화된 8단계의 구성을 지니고 있다. 또한 지침서 구성에 있어 도입자가 원리를 쉽게 하고 적용하기 위해 구성요소들을 단계적으로 설명하고 있으며, 안전관리체계의 원리와 구성을 위한 지침서인 AC 139-16(0)은 영국과 달리 평가와 감사에 대한 내용도 통합되어 구성되어 있다. 안전관리절차(위험요인 판별, 위험성평가, 안전관리)를 위해서 사용하는 위험성 평가기준으로 호주 / 뉴질랜드 표준(AS/NZS)를 사용 중이다.

o 조직구성

조직구성은 안전담당관 지정을 권고하고 있으며, 안전담당관은 안전관련 문제를 실무책임자를 거치지 않고 최고실무경영자에게 직접 보고하여 보고정보의 왜곡을 줄이고 투명성을 높이도록 권고하고 있다.

o 위험성 평가기준

- 위험관리절차로서 호주/뉴질랜드 표준(AS/NZS)를 사용하길 권고.

- 호주/뉴질랜드 표준은 심각도와 발생가능성을 각각 5단계로 구분하고 이를 조합하여 위험성을 4단계(매우 높은 위험성, 높은 위험성, 보통 위험성, 낮은 위험성)로 구분하였다

o 호주 공항안전관리체계의 특징

- 법령(CASR)에 안전관리체계에 대한 명시가 적다.

- 안전관리체계의 도입을 위해 단순화된 8단계의 구성을 제시하였다.

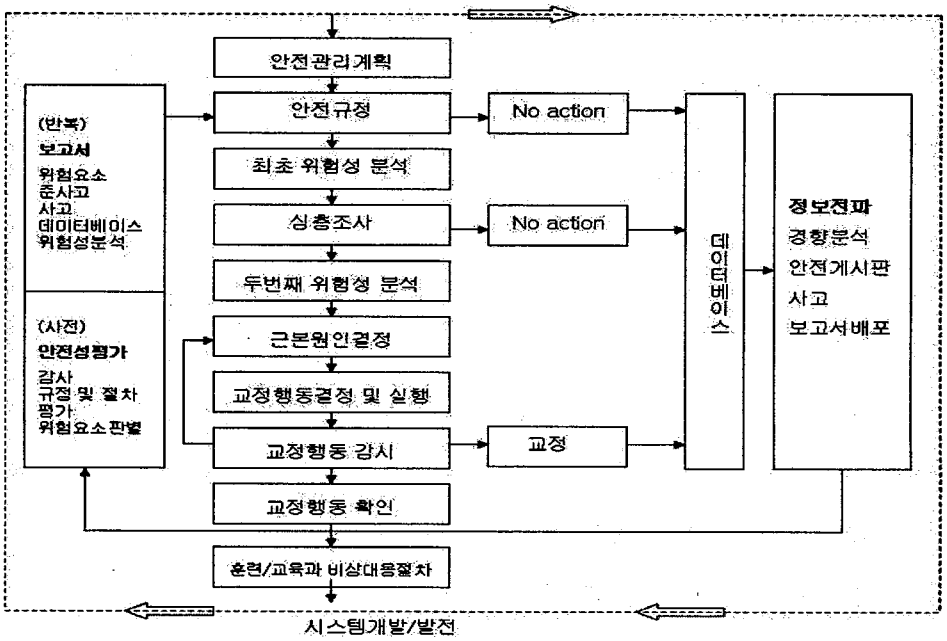
- 안전관리체계 지침서와 평가/검사 지침서를 AC 139-16(0)에 통합하여 발간하였다.

- 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)를 위해서 호주/뉴질랜드 표준(AS/NZS)을 사용하고 있다.

- 안전관리체계의 검사와 평가를 위한 점검 내용은 있지만, 검사관의 구성이나, 검사절차, 검사 시기에 관한 언급이 없다.

③ 캐나다의 항공안전관리체계

캐나다 항공의 안전관리체계는 <그림 3-10-24>과 같다



<그림 3-10-24> 캐나다 항공 안전관리체계

o 구성요소

공항안전관리체계에 관한 원리와 구성요소, 절차에 대하여 지침서를 구성하지 않고 법령에 명시하였기 때문에 안전관리체계 도입을 위한 지침서에는 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)와 의사결정 절차에 중점을 두어 설명하고 있다. 조직구성이나 안전관련 규정보다 안전관리절차를 강조한 캐나다의 안전관리체계는 미국의 시스템안전과 안전관리체계의 중간 형태로 볼 수 있다. 안전관리절차에 사용하는 위험평가기준으로는 캐나다 표준인 Q850의 위험성 평가기준을 사용하며, 공항, 관제, 정비 분야를 나누어 지침서를 별도로 구성하지 않고 있다.

o SMS 인증단계

캐나다는 SMS를 다음과 같이 3년에 걸쳐 순차적으로 도입하고 있다. <표 3-10-5>

<표 3-10-4> SMS 인증단계

법령발효 일자	1단계	2단계	3단계	4단계
	+90일4단계	+1년	+2년	+3년
	최초 인증+3년	1년차	2년차	3년차

- 1단계 : 최초 인증

SMS 규정이 공표된 후 3개월 이내에, 최초 인증을 위해 캐나다 교통성에 다음의 사항 제출이 필요하다.

책임 있는 경영자의 성명 : SMS 시행의 책임을 가진 자의 성명

책임 있는 경영자가 승인한 시행 확인서

조직의 기존 시스템과 SMS 규정의 요구조건과 차이점을 분석한 서류.

면제 요구조건에 기초한 조직의 도입시행계획 문서와 인증 소지자 내부의 최초 차이분석.

- 2단계 : 1년차 시행

인증 소지자는 다음의 요소들을 포함하는 시스템을 제시하여야 한다.

문서화된 안전관리계획

SMS 필요요소들과 관련된 문서화된 정책과 절차

교육훈련, 자료의 수집, 저장, 배포 방법과 위험성 관리절차와 같은 지원요소와 연관된 보고절차

- 3단계 : 2년차

인증 소지자는 2단계에서 시범한 요소들에 추가하여 사후 위험요소 판별 절차와 자료의 수집, 분석, 배포 방법과 위험성 관리 절차에 관한 절차를 갖추어야 한다. 필요요소는 다음과 같다.

문서화된 안전관리 계획

문서화된 정책과 절차

보고와 교육의 순환절차

위험요소의 사후 판별절차

- 4단계: 3년차

인증 소지자는 2-3단계에 추가하여 다음을 갖추어야 한다.

교육훈련

품질 보증

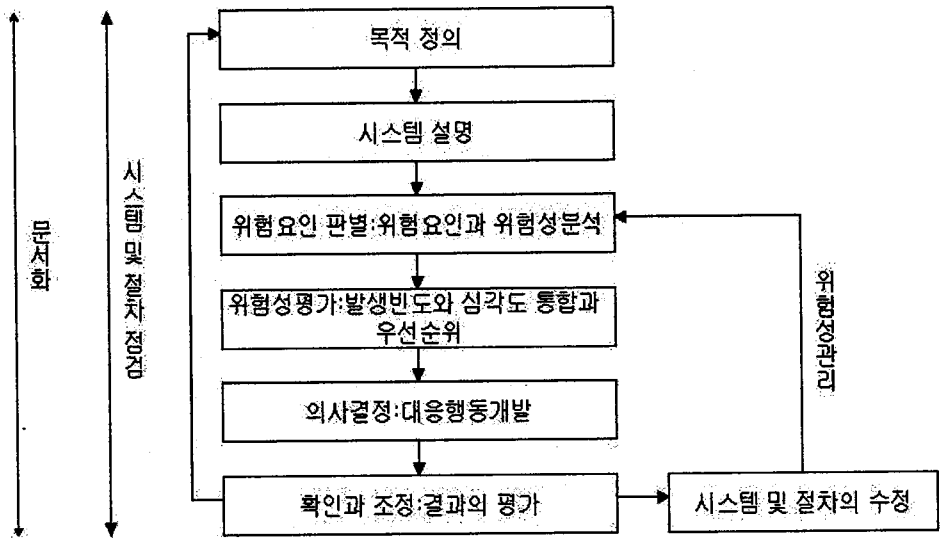
비상대처 준비

o 캐나다 공항안전관리체계의 특징

- 공항안전관리체계에 관한 원리와 구성요소, 절차는 법령에 명시하였다.
- 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)와 의사결정 절차에 중점을 두어 설명한 지침서를 발간하였다.
- 캐나다 표준인 Q850의 위험성 평가기준을 사용하기를 권고하고 있다.
- 안전관리체계의 세부적인 도입 시기와 연차적 계획은 수립하였지만, 법령에 도입하지 않았다.

④ 미국의 항공안전관리체계

미국 항공의 안전관리체계는 <그림 3-10-25>와 같다



<그림 3-10-25> 미국 항공 안전관리체계

o 구성요소

미국은 안전관리체계와 유사한 개념으로 NAS(국가공역체계)에 초점을 둔 시스템 안전관리에 대한 지침서를 개발하였다.(Faa System Safety Handbook, 2000) 시스템 안전관리는 안전관리체계의 안전관리절차 부분의 내용과 유사하며, 표준화가 어려운 경영적 측면이나 조직구성의 측면보다는 위험성평가와 의사결정 절차에 대해 각 시스템(상위, 하위)의 성격에 맞추어 여러 가지 방법론과 절차를 공학적 측면으로 접근하여 표준화 정도를 높였다.

미국 관련 법령에는 안전관리체계가 명시되어 있지 않으나, 중장기 정책계획인 Flight Plan 2004~2008에서는 항공교통관제 부문에서 ICAO의 안전관리체계 기준을 시스템안전에 적용하여 시행할 방침을 가지고 있다.

⑤ 한국의 항공안전관리체계

o 안전관리 시스템

국내의 안전관리체계의 경우 2005년 2월 '항공법 제111조 공항운영증명'에 의거해 개정된 공항안전운영기준에 안전관리체계 도입을 명시하였다. 공항안전운영기준에 명시된 안전관리 체계는 8가지의 구성요소를 지니고 있다.

- 경영진참여

경영자의 책임과 역할을 지정함으로써 시작되며, 경영자의 안전에 관한 인식과 의지를 전 직원에게 알려 참여를 유도하도록 적절한 문서에 경영자의 책임과 역할을 명시하여야 한다. 경영자의 인식 전환이 중요하다.

- 안전관리방침

운영자가 안전 목표를 정의하고, 수립하여 이를 달성하기 위한 전략과 세부계획을 수립하는 것이다. 안전관리방침은 조직 내에서 명확히 수립되고 전파 될 수 있도록 문서화하여 조직의 안전관리가 지속적으로 개선되도록 명확한 목표와 성과를 지정해 효과적인 안전관리절차나 위험성평가를 수행할 수 있도록 수립되어야 한다.

- 조직구성

조직의 규모에 적절한 안전관리담당자 또는 안전관리조직을 지정하고, 이에 관한 세부 역할, 임무, 책임을 지정해야 하고, 조직구성에 있어 가장 중요한 점은 안전관리조직이 실무부서나 상급자의 간섭을 받지 않고 중립적으로 업무를 수행 할 수 있도록 해당 안전관리조직과 안전관리자의 책임과 업무를 명확히 보재해주는 구조를 가져야 한다. 조직구성은 보고 체계와 동시에 구축되고 활용되어야 한다. 효과적이지 못한 조직구조는 보고체계의 혼란이나 비효율을 유발할 것이며, 경영진의 의사결정 지연이나 보고정보의 왜곡과 같은 결과를 초래 할 수 있다.

- 안전관리절차 및 실행

각 작업장에서 실행되며 실무에서 가장 중요한 요소이다. 안전관리절차는 위험성평가, 비상대응체계 구축, 교육 및 훈련, 자격관리 등의 방법으로 실행되게 되며, 이중 가장 중요한 위험성 평가는 사전적으로 잠재된 위험요인을 찾아, 위험성을 분석하고, 위험성이 높다고 결정되면, 의사 결정하여 대응하는 체계적인 절차이다.

일반적으로 잠재위험요인을 체크리스트, 전문가 설문, 브레인 스토밍 등의 방법으로 찾아내고, 이를 발생빈도와 심각성에 따라 분류한 후 위험정도를 분석하게 된다. 분석된 위험정도는 의사결정과정을 거쳐 대처방안을 시행하게 된다. 안전관리절차는

시행되면서 문서화 되어야 하고, 위험정보자료는 데이터베이스화하여 활용하여야 한다.

- 보고체계 설침 및 감시

투명성과 신속성, 편리성의 원칙을 가져야 하며, 정식보고체계는 경영자까지의 투명한 보고가 원칙이며 이를 최대한 보장할 수 있어야 한다. 비공식적 의사소통체계는 신속하고, 원활하게 모든 안전정보에 관한 의사소통이 이루어져야한다.

- 검사 및 점검

안전관리시스템을 평가하고 분석하는 단계로 감사계획, 감사실행, 보고서작성의 순으로 시행된다. 감사계획은 감사시기, 감사관, 감사방법 등을 정하고 삼사실행은 업무감사와 문서감사로 이루어지게 되며, 보고서 작성은 문서화를 하는 단계로서 이때 중요한 안전관련 정보는 데이터베이스화하고, 배포하여 안전정보를 활용한다.

- 경영진 검토

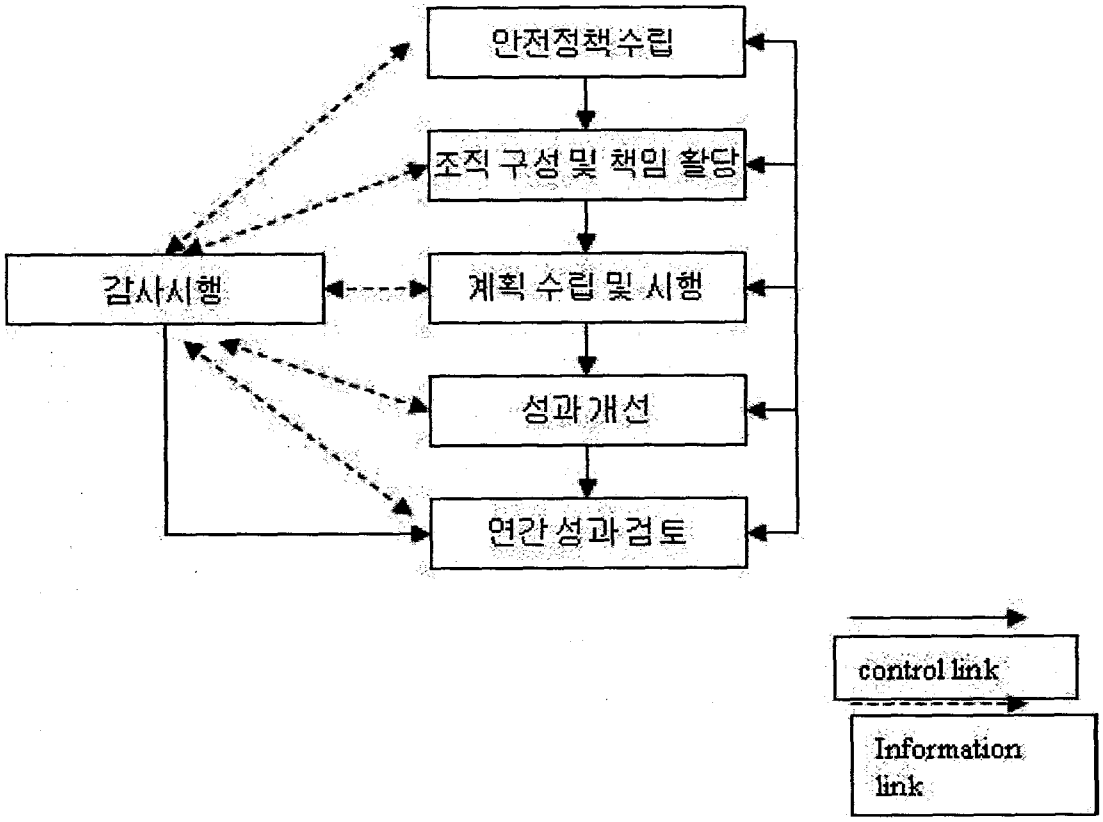
보고체계나 감사의 결과로 보고된 안전관련 문제들에 관하여 경영진이 의사 결정하여 피드백 하는 단계이다. 안전관련 최종책임은 경영진이 지게 되며 경영진의 결정은 명확히 문서화하며, 안전관련 정보를 직원에게 배포하여 직원들의 안전의식을 고취시켜야 한다.

- 문서화

안전관리시스템은 모든 단계에서 문서화 과정을 거친다. 필요한 사항이 적절한 문서에 명확하게 명시되어야 하며, 문서를 확인하거나 필요한 경우, 최대한 빨리 찾아 활용할 수 있도록 체계적으로 구축하여야 한다.

⑥ 런던 항만안전관리체계

런던 항만의 안전관리체계는 <그림 3-10-26>와 같다



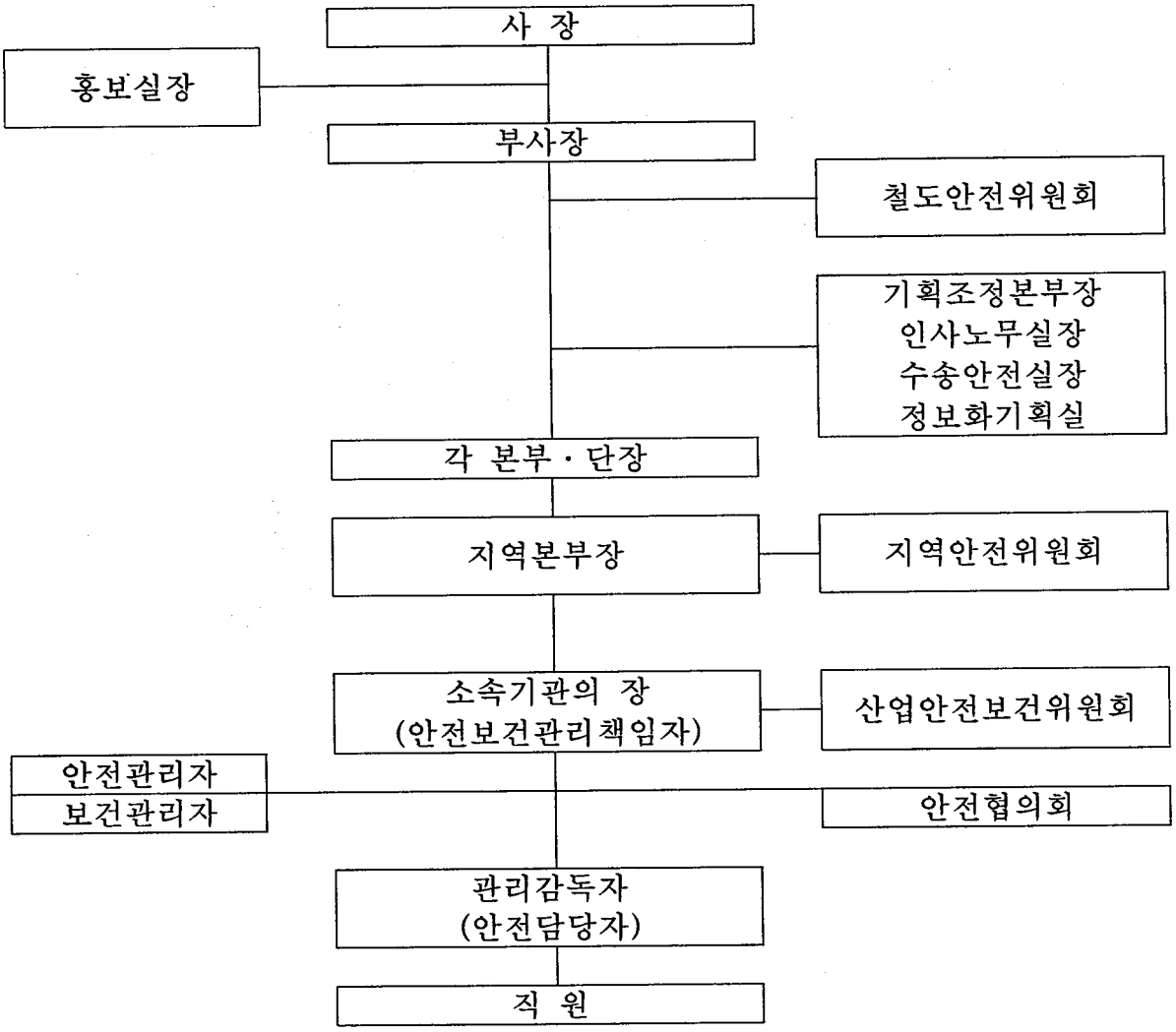
<그림 3-10-26> 런던 항만 안전관리체계

(2) 안전관리 조직에 대한 증거자료

국내 철도안전관리 조직은 다음과 같다.

(가) 철도공사 조직도

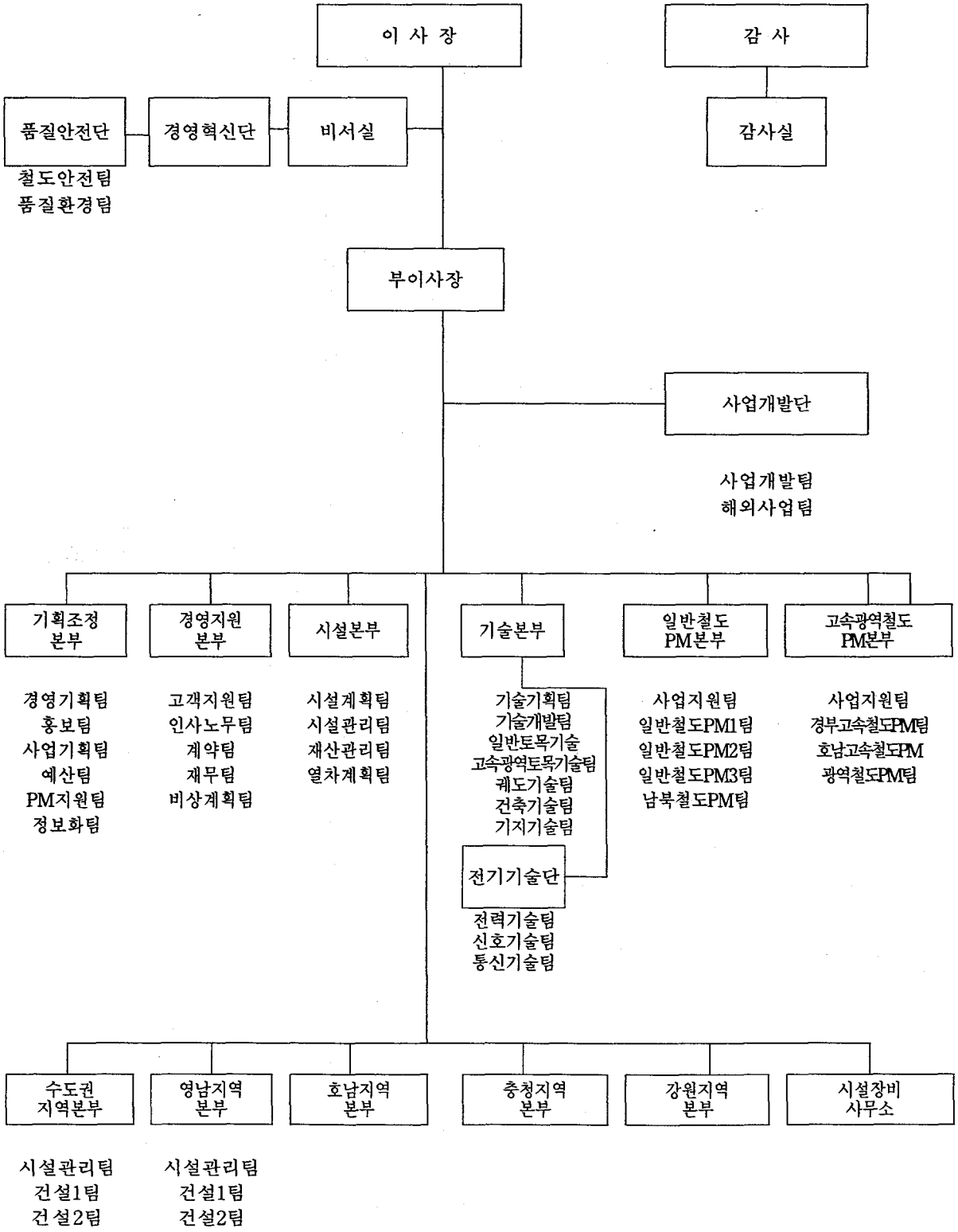
철도공사 조직도는 <그림 3-10-27>과 같다



<그림 3-10-27> 철도공사 조직도

(나) 한국철도 시설공단 조직도

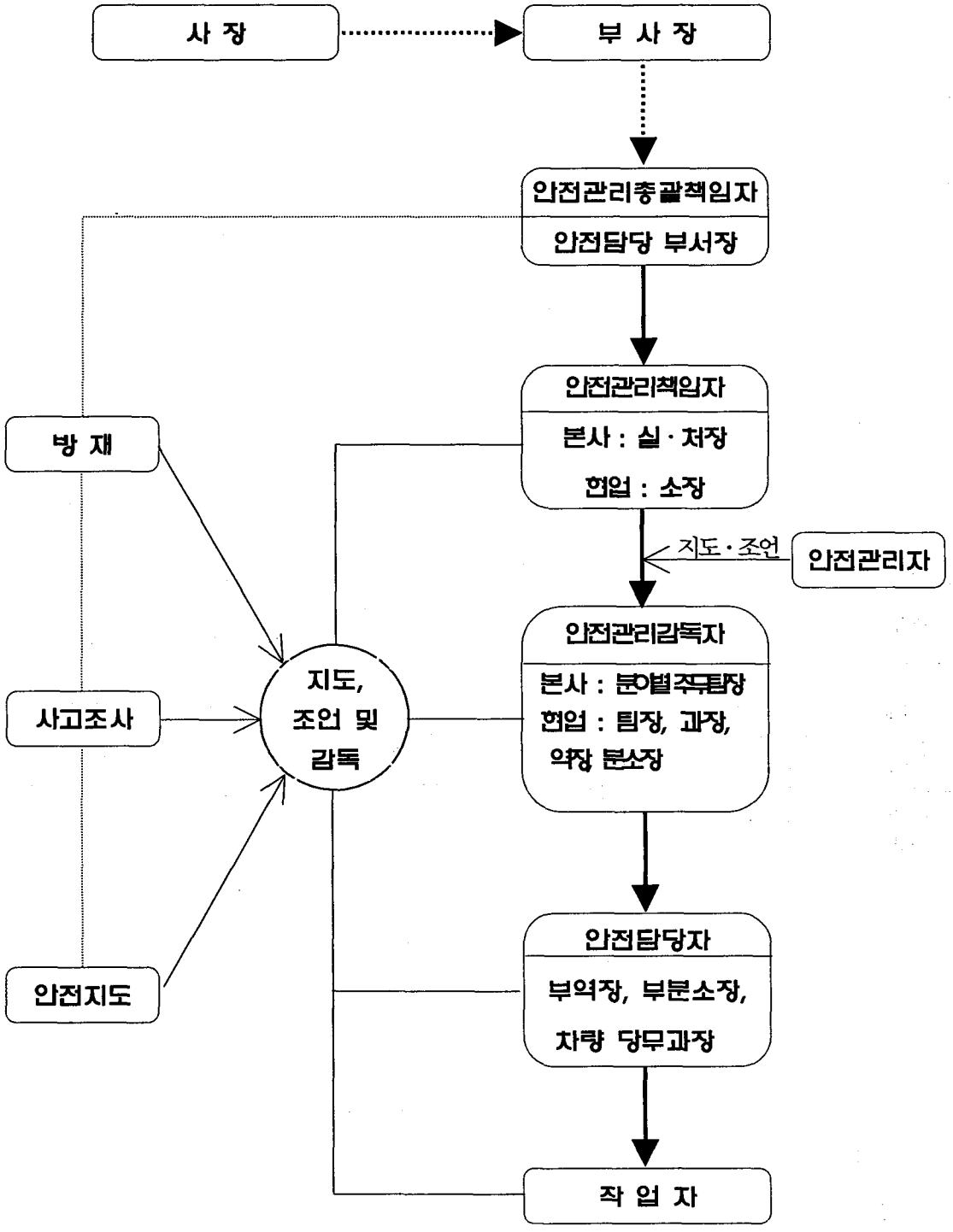
한국철도 시설공단의 조직도는 <그림 3-10-28>와 같다



<그림 3-10-28> 한국철도 시설공단 조직도

(다) 서울도시철도

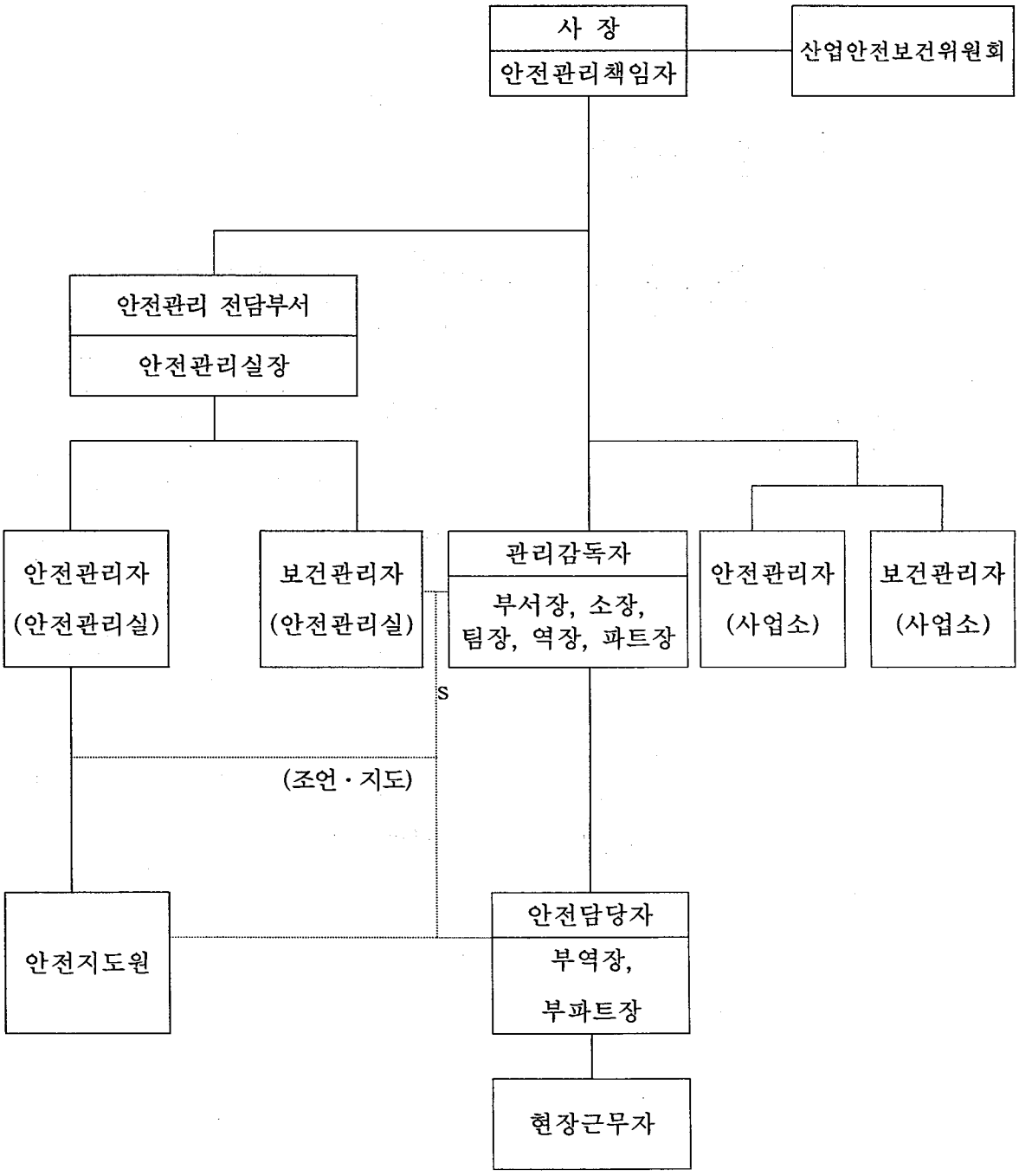
서울도시철도 조직도는 <그림 3-10-29>과 같다



<그림 3-10-29> 서울도시철도 조직도

(라) 인천지하철

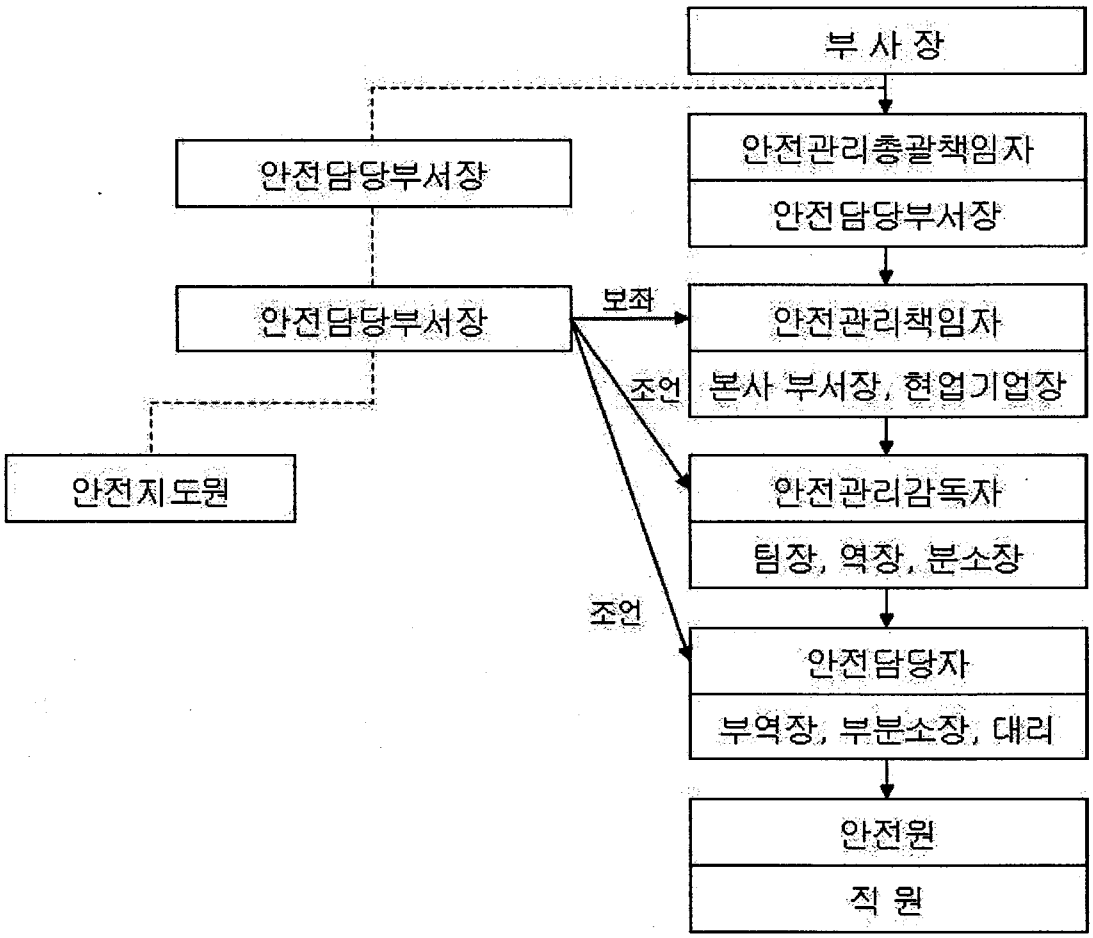
인천지하철의 조직도는 <그림 3-10-30>와 같다



<그림 3-10-30> 인천 지하철 조직도

(마) 부산지하철

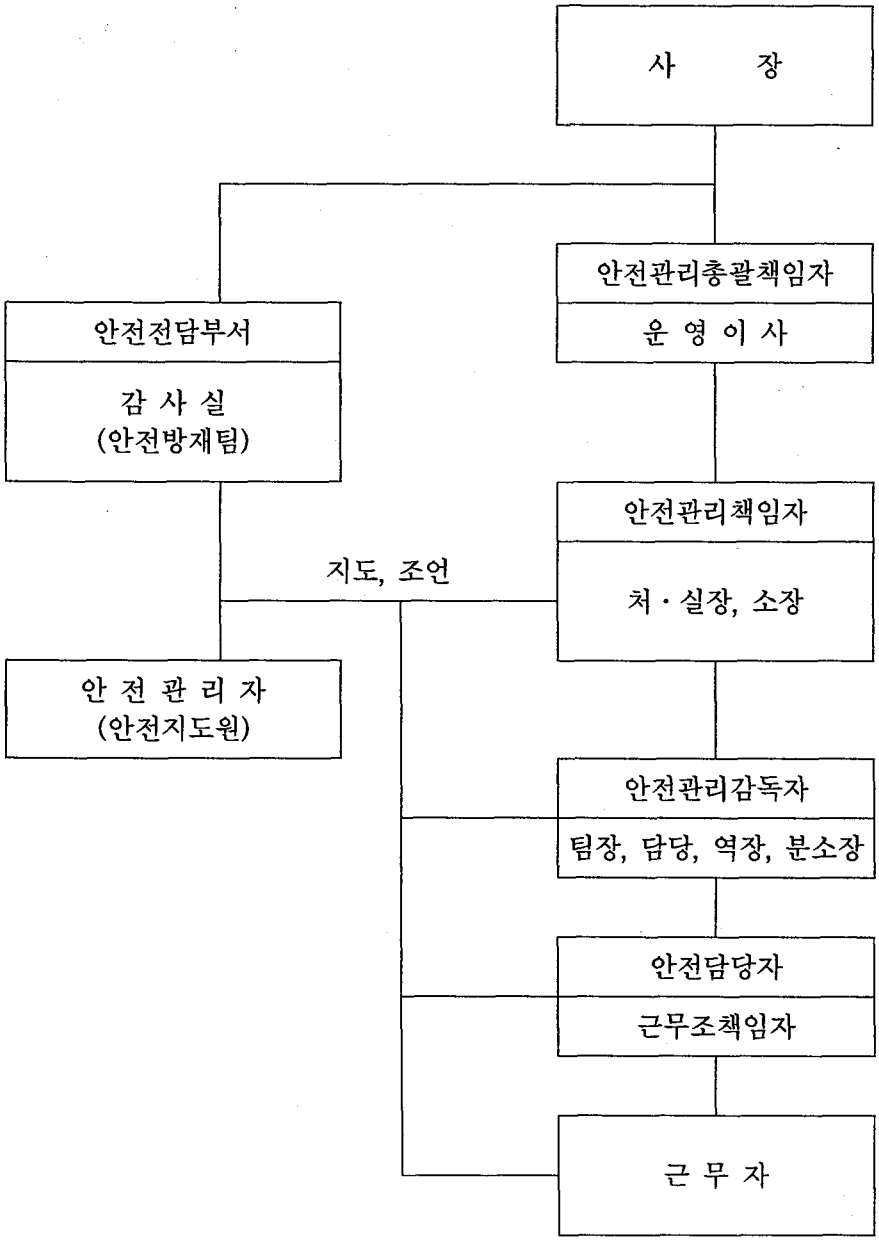
부산지하철의 조직도는 <그림 3-10-31>과 같다



<그림 3-10-31> 부산지하철 조직도

(바) 대구지하철

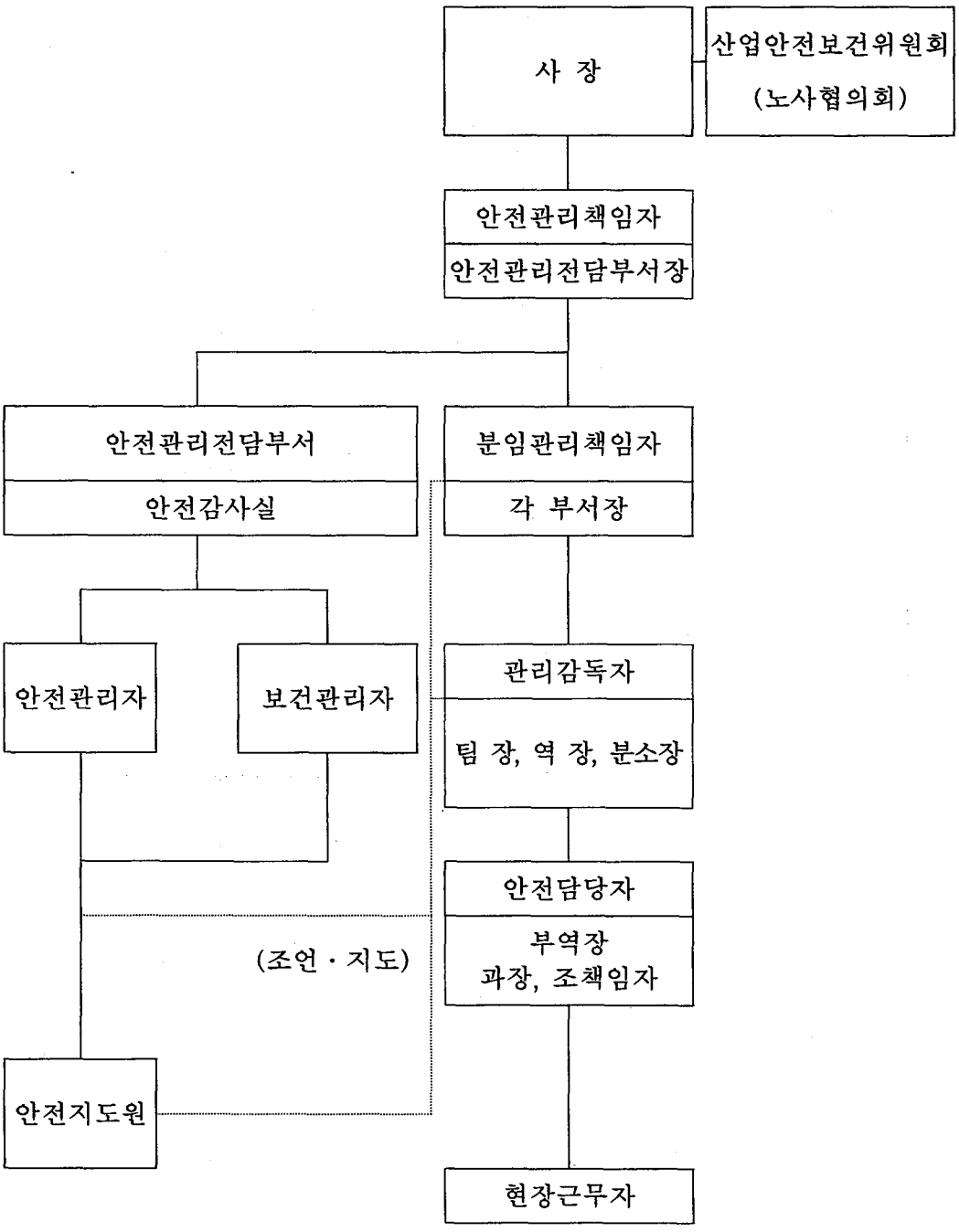
대구지하철의 조직도는 <그림 3-10-32>과 같다



<그림 3-10-32> 대구지하철 조직도

(사) 광주지하철

광주지하철 조직도는 <그림 3-10-33>와 같다

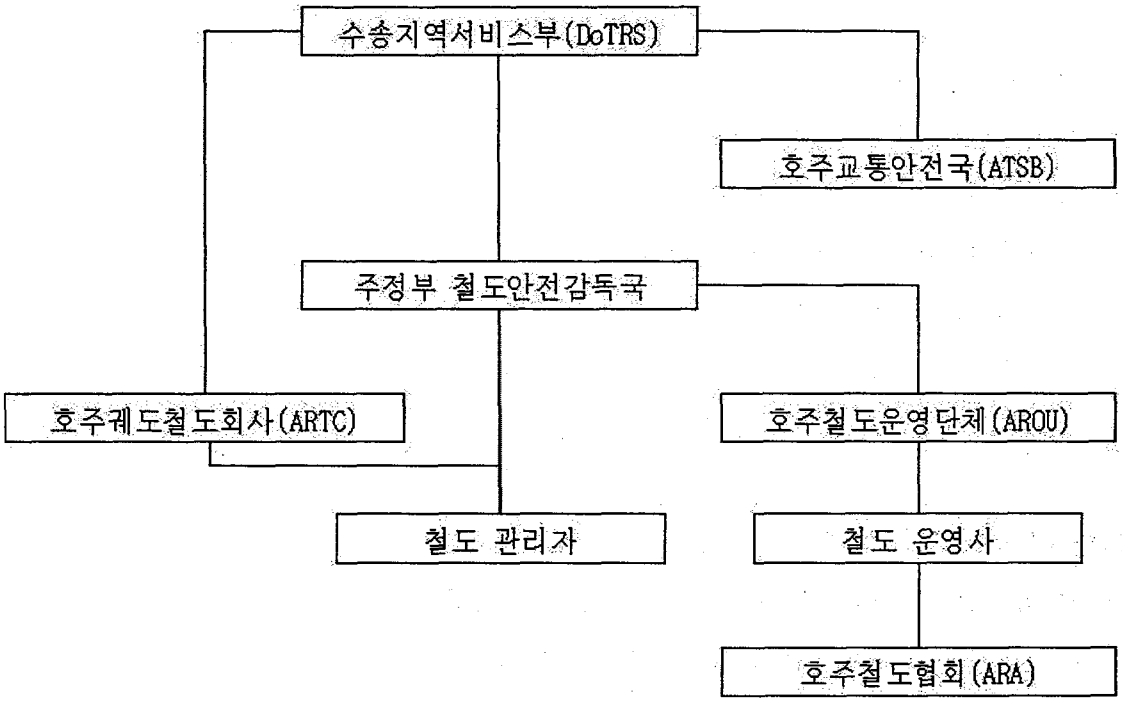


<그림 3-10-33> 광주지하철 조직도

해외 철도안전관리 조직

(가) 호주 철도안전관리 조직

호주철도의 조직도는 <그림 3-10-34>과 같다



<그림 3-10-34> 호주 철도 조직도

o 조직

호주의 교통안전 유지는 수송지역서비스부(DoTRS), 주(States), 준주(Territories) 및 지방정부(Local Governments)사이에 책임이 분산되며, 철도와 도로에 관해서는 주정부나 자치정부와 헌법상의 역할을 공유함

o 조직별 업무

수송지역서비스부(DoTRS)

- 교통안전에 대한 기본적인 헌법상의 역할
- 철도, 도로에 대한 요소는 주정부와 헌법상의 역할 공유

호주교통안전국(ATSB)

- 교통안전 및 사고조사 수행
- 독립적인 다중 형식의 단체구성
- 주 상호운영 사고조사, 분석, 보고
- 국가 철도안전사고 D/B 개발

주정부 철도안전감독국

- 철도 안전승인 및 안전 규제
- 안전 증진, 유지, 개선 정책 실행
- 안전 D/B 관리와 안전 자료 분석
- 안전 승인체계(절차)집행과 관리
- 철도 안전시스템 감사
- 사고조사 협조, 검토 및 참여

호주궤도철도회사(ARTC)

- 주 상호간 국가궤도에 대한 신규 접근승인 책임
- 국가전략 교통망으로서 통합적, 지속적인 역할 보장

호주철도운영단체(AROU)

- 주 상호간 철도망에 대한 국가통합 운영조건 개발
- 철도운영 통합에 대한 주 정부 간 합의에 따라 DoTRS so 비규정 단체
- 산업계 이행 촉진

호주철도협회(ARA)

- 철도시설 소유자/철도 운영자
- 사유/정부 철도운영자의 이익 대표
- 통합규격준비와 국가실행코드 개발 시 연방/주정부와 업무협력
- 주 상호간 협정에 의해 제공되는 철도안전관리체계 개발참여
- 철도관리자와 철도운영자는 규정에 따른 안전승인 획득

(나) 프랑스 철도안전관리 조직

프랑스 철도의 조직도는 <그림 3-10-35>와 같다

<그림 3-10-35> 프랑스 철도 조직도

o 조직

철도안전에 대한 정책 및 제도는 건설주택교통관광부 산하의 철도교통국에서 마련하고 있으며, 철도운영회사인 SNCF가 통합운영체계를 유지하며 본사, 지방지사, 현업사무소의 3단계로 조직되어 각 단계별로 안전책임을 구분하고 본청 차원에서 안전통제 및 감사기능을 하고 있다.

o 조직별 업무

프랑스 철도안전조직은 SNCF가 통합운영체계를 유지, 본사-지방지사-현업사무소의 3단계로 조직하여 각 단계별로 안전책임을 구분하고 있다.

- 본사차원에서 안전 통제 및 감사기능을 가짐

철도교통국

- 정책/제도

- 건설예산과 : 건설계획, 연구/조사 총괄 조성, 신규노선 건설투자
- 철도교통조직기획과 : 철도안전시스템 및 규격 형식 승인
- 철도운영유지과 : 여객 및 화물서비스 적정 수행조사/감독

철도운영회사(SNCF)

- 안전규제 실행
- 기획 및 피드백 부서 : 안전전반규정(RGS) 기획과 운영시설부문의 자료기획 담당
- 조정 및 감사부서(DAS) : 1개 사무소에 대해 4년 주기로 약 15일간 안전감사 실시

(실행안전감사, 기획 안전감사, 직원안전감사, 화재일반 안전감사)

자사, 운영, 단위 사무소

- 안전규제 대상
- 안전경영 : 목표-방법-수단의 계약 및 평가

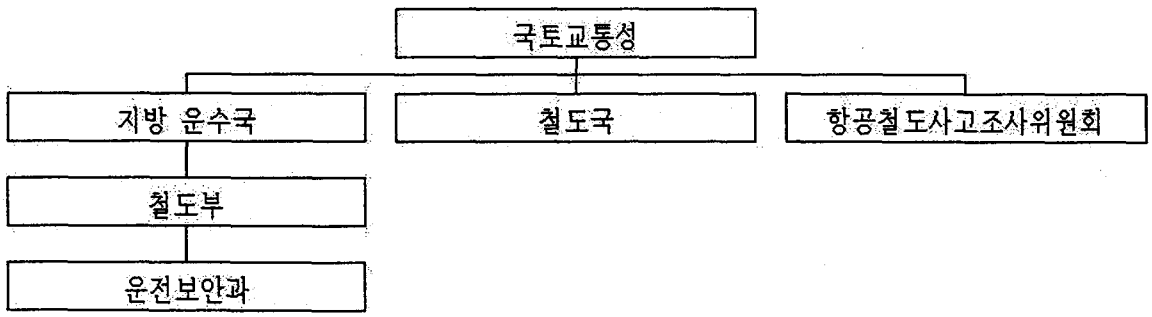
(본사사장-지방 사무소장-운영사무소장-단위부서장 사이 계약)

- 운영사무소 안전 활동계획(PAS)
- 안전 활동 현장 점검

(현장직원이 제 1단계 안전 통제 책임자로서 규칙적인 안전감시와 안전 점검을 수행)

(다) 일본 철도안전관리 조직

일본철도의 조직도는 <그림 3-10-36>와 같다



<그림 3-10-36> 일본 철도 조직도

o 조직

일본은 교토교통성의 철도국에서 철도사업에 관한 감독/감사업무를 맡고 있으며 각 지역의 안전관리와 사고조사는 8개 지구별로 나누어져 있는 국토 교통성의 지방 운수국에서 전담하고 있다.

o 조직별 업무

국토교통성과 철도국

- 정책/제도
- 철도사업 감독/감사
- 안전대책 업무

(기술기획과 안전대책 담당)

국토교통성, 지방운수국, 철도운전보안과

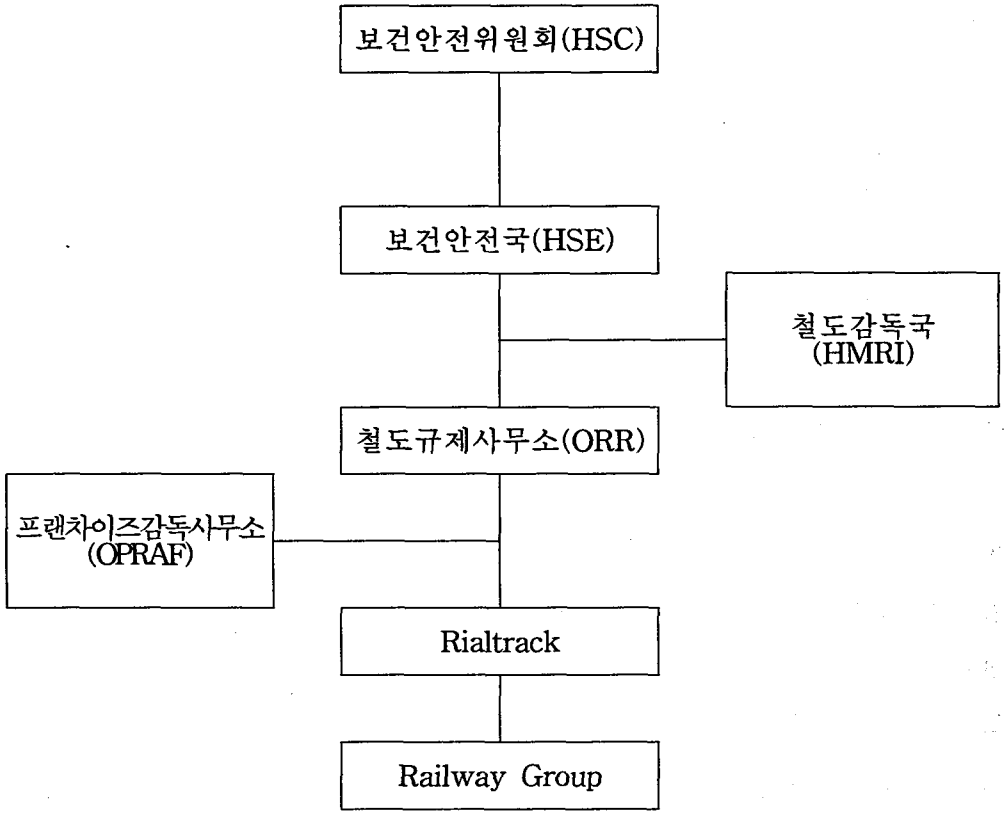
- 안전규제 실행
- 안전관리와 사고조사
- 철도시설/차량 안전검사
- 사고예방 대책 마련
- 철도사고 조사 및 분석
- 기관사 운전면허 발급

철도운영자

- 안전규제 대상

(라) 영국 철도안전관리 조직

영국철도의 조직도는 <그림 3-10-37>와 같다



<그림 3-10-37> 영국 철도 조직도

o 조직별 업무

영국의 철도안전관리 체계는 Railway Act 1993에 근거하여 보건안전위원회(HSC)와 보건안전국 (HSE)의 공동협력체 관계로 실행되어 진다.

정책 / 제도

보건안전위원회

- 교통부와 행정부 장관이 위원을 임명
- 건강/안전 기준의 명확성 유지
- EC나 다른 외국의 기관들과의 기준설정에 관한 교섭을 행함

보건안전국

- HSC의 계획을 실제 실행하는 기관
- 법률에 위임된 규칙작성
- 철도안전규정의 강화
- 안전제도의 효율성 감시
- 중대사고/위험조사 보고서 제공
- 신규 철도작업의 승인

안전규제

철도감독국

- 기술부 : 신설, 개량검사승인
- 정책 입안부 : Safety Case 인정심사, 정책, 전략, 민영화
- 사고조사 전문 부 : 사고조사, 보안감사

철도규제기관

- 철도사업면허를 발행

프랜차이즈감독사무소

- 여객운송지역영업권 부여

규제 대상

Railtrack

- 철도기반시설의 유지/개선
- HMRI의 직접적인 안전감독
- Railway Group을 위한 기술기준 Standard 작성, 제시

Railway Group

- 열차/정거장 운영자
- Railtrack에 의한 안전협정 승인 및 감독

o 심사업무

영국의 철도안전심사는 철도감독국이 철도사업자들의 안전관련 법률 준수 여부를 심사, 평가, 보고하고, 2006년에는 업무의 효율성을 높이기 위해 정부조직의 하나인 철도규제기관으로 책임이 이양.

Section 1(위험성 평가의 적절성)
- 위험성평가를 위한 방법론 설정, 평가방침의 적절성
- 예상 징후별 발생빈도, 심각성, 분석결과

Section 2(안전관리시스템의 적절성)
- 안전관리시스템의 체계구성, 방침, 조직, 업무역량, 상호협조, 인력관리
- 계획 및 실행, 성과측정, 자체심사
- 철도안전심사, 보건 안전 환경 신규 규정 및 지침

Section 3(종사자의 자질향상 및 관리 분야)
- 방침, 조직, 계획 및 실행, 성과측정, 검토, 기록

Section 4
- 사양서 및 절차서의 적절성 및 준수도

Section 5(시설관리의 적절성)
- 안전운전, 선로작업을 위한 안전작업 조건, 위치식별, 기반구조의 병용성, 유지보수, 신호, 터널, 토목, 역, 건널목, 철도보호지구 관리

Section 6(열차운행관리의 적절성)
- 열차운행, 신호 미 작동, 주행선에서의 출발, 선로작업허가
- 일인운전, 차량, 및 시설의 불량, 열차장비의 불량, 통신

- 화물적재, 위험물 관리, 고장 및 수리

Section 7(철도차량관리 및 유지보수적절성)

- 열차 유지보수, 기술기준, 설계
- 구조 및 성능, 동력시스템, 제동장치, 운행 장애 보고, 차량임대 및 회송관리

Section 8(철도역관리 적절성)

- 특정역의 위험성, 역 유지보전, 플랫폼 안전관리
- 역 구내 질서유지, 화재예방 및 소방관리

Section 9(구매 및 계약업체관리 적절성)

- 구매조직, 계약업체 선정, 계약업체와의 의사소통, 부서 간 협조, 구매성과 계약업체감사

Section 10

- 철도사고 및 장애조사

Section 11

- Safety Case 준수

Section 12(비상시 대비 및 대응관리 적절성)

- 비상대응의 효과성, 비상대응 조직, 동원인력, 비상대응 장비, 훈련, 비상기획

Section 13(변경관리 적절성)

- 철도운영방법, 기술변경, 환경변경 관리

Section 14

- 철도운영자의 안전 개선활동의 적절성

이상의 국내외 철도안전관리체계에 따른 조직을 비교분석한 증거자료는 다음 <표

3-10-5>와 같다.

<표 3-10-5> 국내·외 안전관리체계에 따른 조직비교표

	국내		해외			타 산업			
	국가	운영사 (철도공사)	캐나다	영국	호주	항공		선박	시설
						영국, 미국, 캐나다, 호주		런던항만	원자력, 가스공사
관계법령	철도안전법	안전관리규정	RAILWAY SAFETY ACT.	UK RAILWAY ACT.	AS 4292:1995	**영국** CAP 728,726,168,642,700,712, 726,728,729,730 **미국** FAA ORDER 8040.4(1998) **호주** AC 139-16(0) **캐나다** Q850		HS(G)65	
구성요소	1.국가안전방침 2.국가안전 목표 3.철도안전종합계획 4.철도시설안전 5.철도차량안전 6.전문 인력 양성 및 수급관리 7.교육훈련 8.사고보고/조사 및 처리	1.경영 지침 화 2.안전 목표 수립 3.철도종합안전계획 4.비상대응계획 5.철도시설안전 6.철도차량안전 7.전문 인력양성 및 수급 관리 8.교육훈련 9.사고보고/조사 및 처리 10.열차운행 및 철도보호 11.철도운영 및 시설안전	1.안전정책 2.책임과 권한 할당 3.근로자참여 4.연간안전 목표 및 안전우선순위 5.안전성능 데이터 수집 및 분석 6.사건 및 상황보고 조사 및 분석 7.규정, 규칙, 지시 사항의 준수	1.안전정책 2.예비안전 계획 3.위험원 로그 작성 4.위험원도출 및 분석 5.리스크평가 6.안전요구사항작성 7.안전계획준비 8.안전계획실행 9.안전평가위임 10.종합안전 대책기술서 준비	1.안전정책 2.안전 목표설정 3.책임과 권한할당 4.위험과 사고관리 5.교육훈련 6.공학적 운영관리 7.자료 및 정보관리 8.프로세스실행	**영국** 1.안전 관리자 지정 2.안전관리 절차 3.안전규정사업규정 4.안전개선계획 5.문서화 6.안전교육 7.계약업무 기준 설정, 감시 8.시설업무시스템감시 9.위험요소분석, 위험성평가 10.비상대처 계획 작성 11.교육훈련 12.정기적 점검 13.의사소통 조정, 관리변화 14.비상자료 분석 15.안전사건, 문제점의 서면보고 16.안전검사규성 17.결과공개 18.조정 점검 결과공개 19피드백	**미국** 1.목적정의 2.시스템설명 3.위험요인 판별 4.위험성평가 5.의사결정 6.확인과 조정 7.문서화 8.시스템 및 절차의 점검 **캐나다** 1.안전관리계획 2.안전규정 3.최초위험성분석 4.심층조사 5.위험성분석 6.근본원인결정 7.교정행동결정	1.안전정책 2.조직과 책임 3.관리기준 4.성과향상 5.감사, 재검토	

		점검 12.위험도분석 및 평가 13.안전홍보	8.안전감사 및 평가 9.교정 조치 개발, 승인 및 모니터링 10.리스크관리절차 11.리스크관리전략 12.기술교육 및 감독	11.안전책임이양	9.성과측정 10.안전효능분석 11.수정/보완 12.프로세스감사 13.요구사항재검토 14.외부감사 15.재검토	호주 1.정책 2.관리책임 3.위험성관리절차 4.보고시스템 5.훈련과 교육 6.안전점검 및 사고조사 7.자료와 문서조정 시스템구성 8.시스템 평가	및 실행 8.교정행동 감시 9.교정행동 확인 10.훈련/교육과 비상대응절차 11.정보관리 12.안전성평가 13.보고서작성		
조직구성	건설교통부장관 철도운영자 철도시설관리자 철도종사자 철도사고조사위원회	사장,부사장,홍보실장,각본부단장,지역본부장,안전관리자 보건관리자,안전담당자,철도안전위원회,기획조정본부장,인사노무실장,수송안전실장,정보화기획실장,지역안전위원회,산업보건위원회,안전협의회	안전담당자 철도종사자 보건 및 안전위원회 안전감독 기관	관리감독관 안전담당자 시설물관리자 철도운영자	최고경영자 비서 운영담당자 마케팅담당자 사업개발담당자 장비관리자 교역관리자 안전담당자 지역운영담당자	영국(중간급실무자, 안전관리자, 최고경영자) 미국(안전담당자, 안전기술자, 최고경영자) 호주(안전담당관,실무책임자,최고실무경영자,관리감독관) 캐나다(최고경영자, 안전담당자, 실무책임자)	최고경영자 집행위원회 재정 관리자 항구관리자 비서 인재개발과장 서비스지원과장 법률지원과장		
특징	-철도법령, 안전기준에 관한 규칙, 제작검사, 성능시험에 관한 지침 등 81개 조항 및 부칙으로 구성되어 있다. -철도안전종합계획(매5년) 및 시행계획(매년)을 수립하고 있다 -철도차량운전면허	-철도안전 관련법 제7조 및 소방관련 법령에 의한 한국철도공사의 철도 및 소방안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 . 보여주고 있다	-위험도 분류기법을 사용하여 발생빈도 및 심각도를 정성적 또는 정량적으로 평가하여 관련위험도가 수용가능한지, 경감하여 수용가능한지, 또는 수용 불가능한지 평가한다.	-영국의 철도 안전관리는 철도안전규정에 의한 지배를 받아 기반구조물 관리자는 당국에 SAFETY CASE를 제출 승인 받아야 한다.(3년 주기) -위험성평가를 위한 방법론으로	-호주에서 철도소유자와 운영자에 대한 종합적인 안전 승인 계획의 개발, 실행 및 관리는 국가기준 AS4292에 기초하여 철도안전법 1996에 따라서 시행된다. -	영국 -안전관리체계의 절차를 안전관리정책과 전략,안전보장문서,위험성평가방법,조직의안전점검의 4가지 구성요소로 구성 -안전관리 체계를 위한 지침서와 검사를 위한 지침서를 구분해 지정 -검사관지정, 검사범위, 검사절차 등에 관한 사항들을 명확하게 지정하였다. 호주	-level 1~3까지의 수준에 따른 SMS 구성요소를 보여주고 있다. -PLASMA, PLACID등의 SMS데이터베이스 저장 방법을		

	제 도입 및 운전업무 관제업무종사자 자격기준을 지정하고 있다. -열차 내 위험물 및 보호지구 안에서의 행위 수송관련 세부기준을 제시되어 있다		-캐나다 철도의 안전관리시스템의 주요 구성요소 및 이들 간의 관계가 보정 피드백 루프를 보여주고 있다.	ALA,RP 원칙을 적용하고 있다.		-안전관리체계의 검사와 평가를 위한 점검내용은 있지만 검사관의 구성이나 검사 절차, 검사 시기에 대한 언급은 없다. -안전관리절차를 위해서 호주/뉴질랜드 표준을 사용하였다. -안전관리체계 지침서와 평가/검사 지침서를 AC 139-16(0)에 통합하여 발간 **미국** -NAS에 초점을 둔 시스템안전관리는 위험성평가와 의사결정절차에 대해 각 시스템의 성경에 맞추어 여러 가지 방법론과 절차를 공학적 측면으로 접근하여 표준화 정도를 높였다. **캐나다** -안전관리체계에 관한 원리와 구성요소, 절차는 법령에 명시하였다. -안전관리절차와 의사결정 절차에 중점을 두어 설명한 지침서를 발간하였다 -캐나다 표준인 QS850의 위험성 평가기준을 사용하기를 권고하고 있다. -안전관리체계의 세부적인 도입시기와 연차적 계획은 수립하였지만 법령에 도입하지 않았다.	적용하고 있다.		

본 연구에서는 안전관리조직의 구성과 조직의 임무, 역할 및 기능을 정의하기 위하여 다음과 같은 자료를 활용하였다.

(가) 철도안전법

o 철도안전법은 본 연구의 철도안전관리체계를 구성하는 근간이 되는 법이며, 가급적 법의 테두리 안에서 철도안전관리체계를 구성하고, 철도안전관리체계 중 안전과 관련된 안전관리조직 추출하여, 조직의 임무, 역할 및 기능에 대한 정의를 내리고자 했음.

(나) 안전관리규정

o 국내 8개(철도공사, 한국철도 도시시설 공단, 서울메트로, 사울도시철도, 인천지하철, 부산지하철, 대구지하철, 광주지하철) 철도관련 운영사의 안전관리 규정을 분석하여 안전관리체계와 안전관리 조직을 구성하였음.

(다) Yellow book part 3,4

o Yellow book의 3의 3장 엔지니어링 안전관리 기본사항 중 조직에 관련된 내용을 참고하였음.

o Yellow book의 4의 경우 3장에서 부족하였던 유지보수부분을 보강하여 본 연구의 안전관리체계에 반영하였음.

(라) Australia southern railroad의 2004년 출간된 RAIL SAFETY MANAGEMENT PLAN을 참고하여 호주 안전관리체계 및 안전관리조직에 조사 본 연구의 안전관리체계 및 조직을 구성하는데 반영하였음.

(마) RAIL SAFETY TRANSPORT CANADA "SAFETY MANAGEMENT SYSTEM"

(바) 항 공

- 2006년에 발간된 FAA "SYSTEM SAFETY MANAGEMENT PROGRAM"

- 2000년에 발간된 FAA "SYSTEM SAFETY HANDBOOK"
- 2006년에 발간된 "공항 안전관리체계 매뉴얼"
- 2002년에 발간된 영국 CAP 730 "SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS FOR AIR TRAFFIC MANAGEMENT"

(사) 항 만

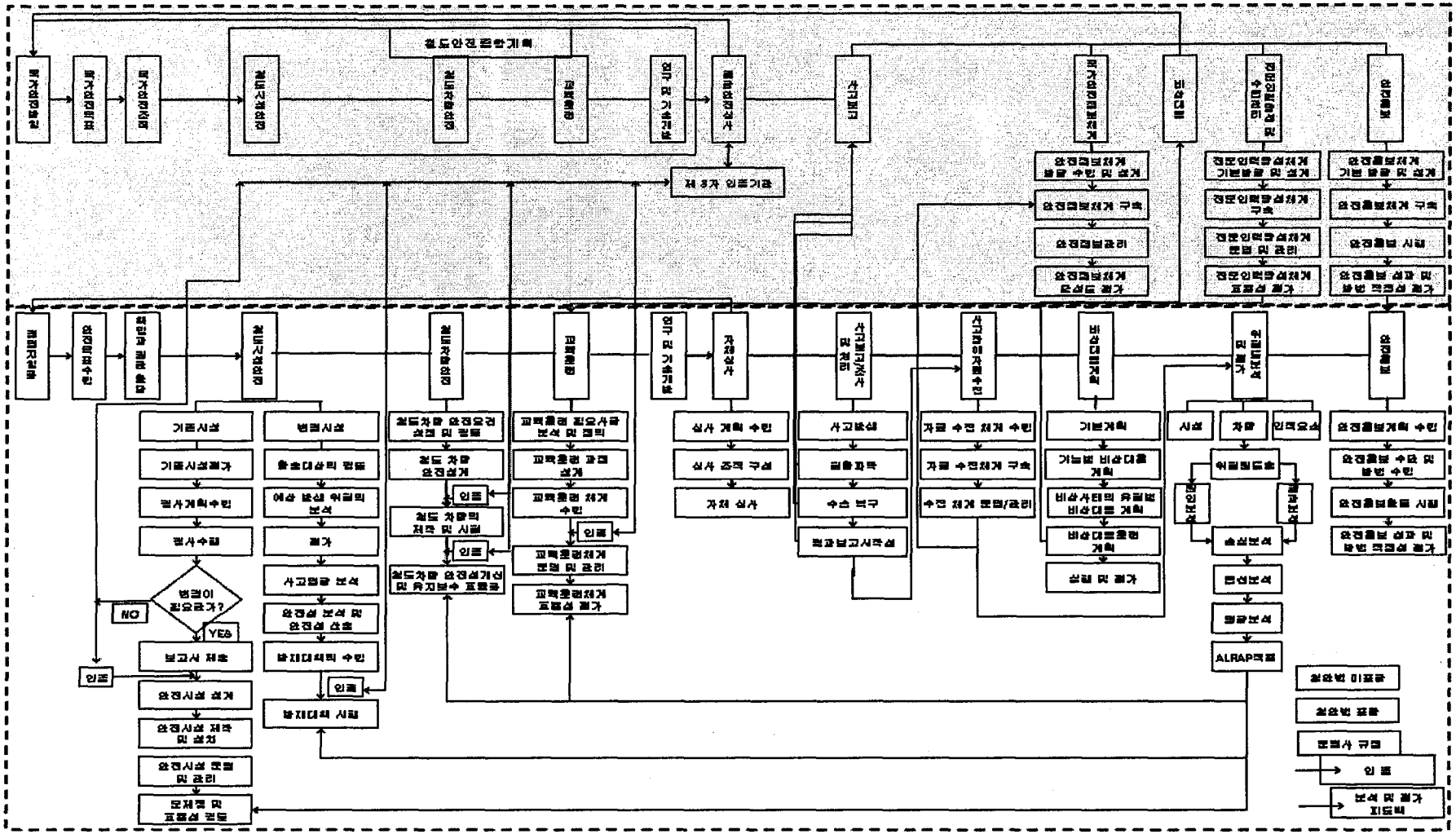
o 2003년에 발간된 PORT OF LONDON AUTHORITY "MAVIGATION SAFETY MANAGEMENT SYSTEM MANUAL"을 통하여 항만 안전관리체계 및 안전관리조직을 살펴봄.

라. 성과물의 내용 및 결과

본 연구에서는 국내 철도안전관련 법령과 해외사례 및 타 산업 사례를 분석하여 국내에 맞는 안전관리체계 작성하였고, 작성된 안전관리체계를 바탕으로 안전관리 조직을 추출하여, 조직의 임무, 역할 및 기능 정의를 하였다.

(1) 국내 철도 안전관리체계

국내 철도 안전관리체계는 <그림 3-10-38>과 같다



<그림 3-10-38> 국내 철도 안전관리체계 개선안

(가) 국가수준의 안전관리체계 구성

o 그림에서 윗부분은 국가수준의 안전관리체계를 나타낸 것으로 국가안전방침, 국가 안전 목표, 국가안전조직, 철도안전종합계획, 종합 안전심사, 사고보고, 국가안전정보체계, 비상대응, 전문 인력 양성 및 수급관리, 안전홍보 등으로 구성되어 있다.

(나) 운영사수준의 안전관리체계 구성

o 운영사수준의 안전관리체계는 경영 지침화, 안전 목표수립, 책임과 권한 할당, 철도시설 안전, 철도차량안전, 교육훈련, 연구 및 기술개발, 자체심사, 사고보고/조사 및 처리, 사고장애자료 수집, 비상대응계획, 위험도 분석 및 평가, 안전홍보 등으로 구성되어 있다.

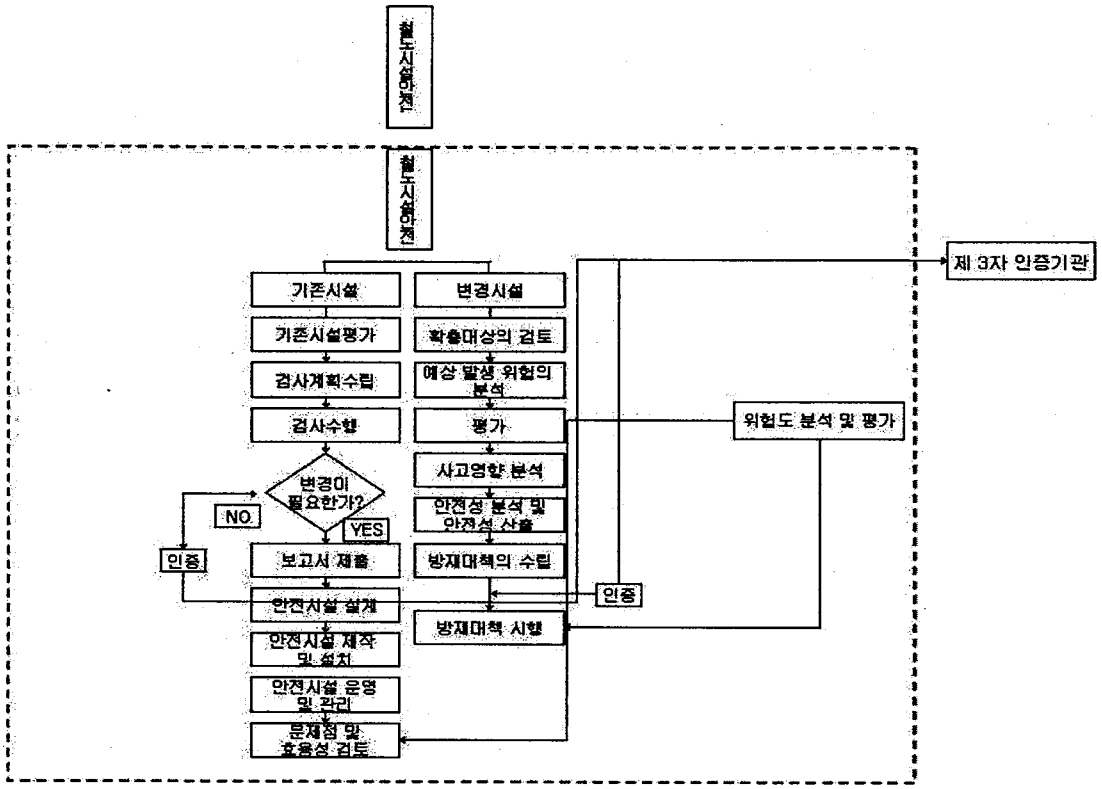
(다) 국가수준의 안전관리체계와 운영사수준의 안전관리체계의 유기적 관계

o 국가수준의 안전관리체계와 운영사수준의 안전관리체계는 별도로 움직이는 것이 아니고 서로 유기적으로 움직인다.

o 국가수준의 안전관리체계와 운영사수준의 안전관리체계의 유기적인 세부 도식은 아래의 그림들과 같다.

① 시설

개선안중 시설 부분은 <그림 3-10-39>이다



<그림 3-10-39> 시설 부분 Architecture

운영사가 수행하는 철도시설 안전부분에 있어 시설의 도입과 변경에 대한 인증체계를 제시하였다.

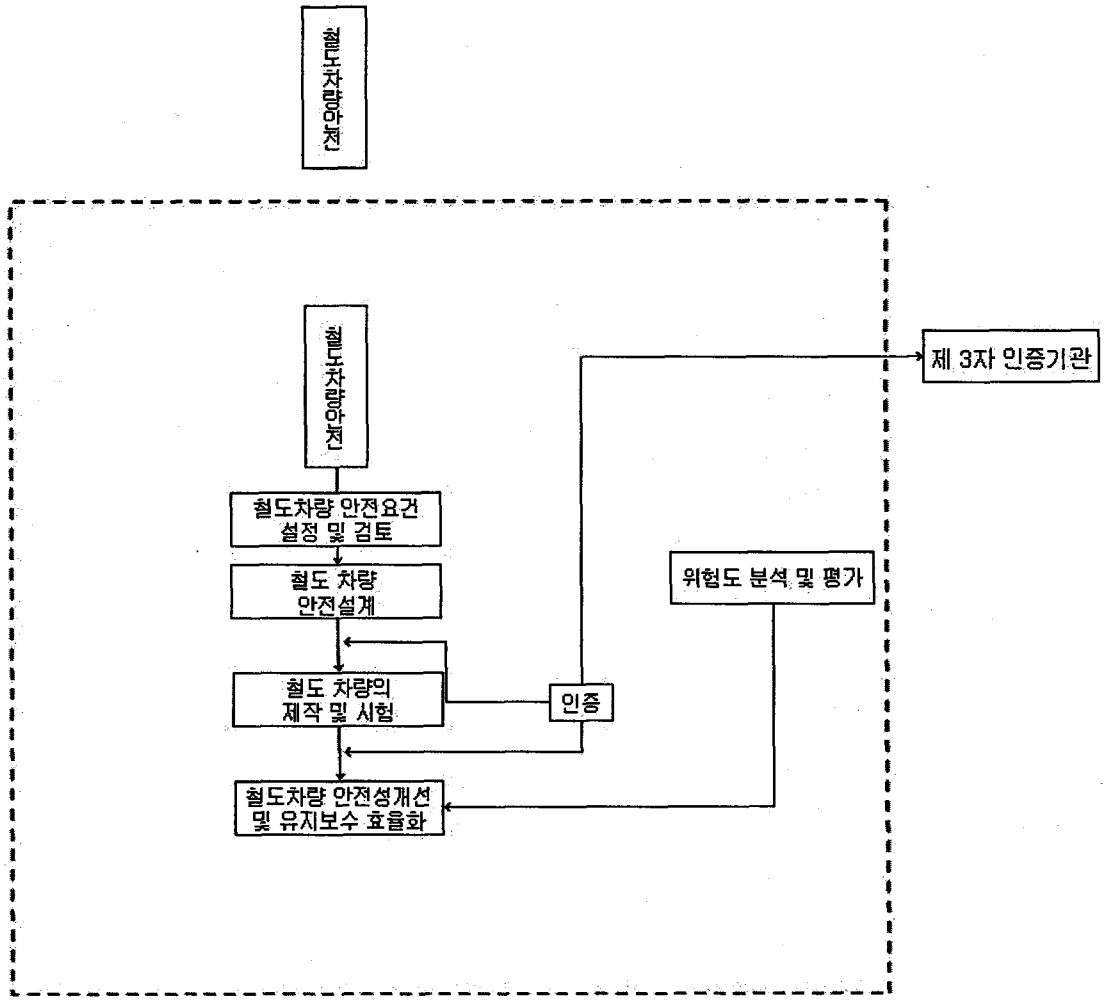
먼저 기존시설에 대해서는 시설에 대한 평가를 위한 계획 수립을 실시하여 시설에 대한 안전사항을 파악한 후 변경이 필요할 시 설계 단계에 들어간다. 설계 단계에서는 외부 인증기관에 인증을 받아야 한다.

시설에 대한 운영 및 관리는 위험도 분석 및 평가를 통해 계획수립과 설계과정에 재 반영 된다.

변경시설에 대해서는 현 시설에 대한 안전성분석을 통해 수용 가능한 위험성인지 아닌지를 판단하여야 한다. 안전성분석을 통해 산출된 결과를 통해 시설에 대한 방재 대책을 수립하고 시행한다.

② 차량

개선안중 차량 부분은 <그림 3-10-40>이다



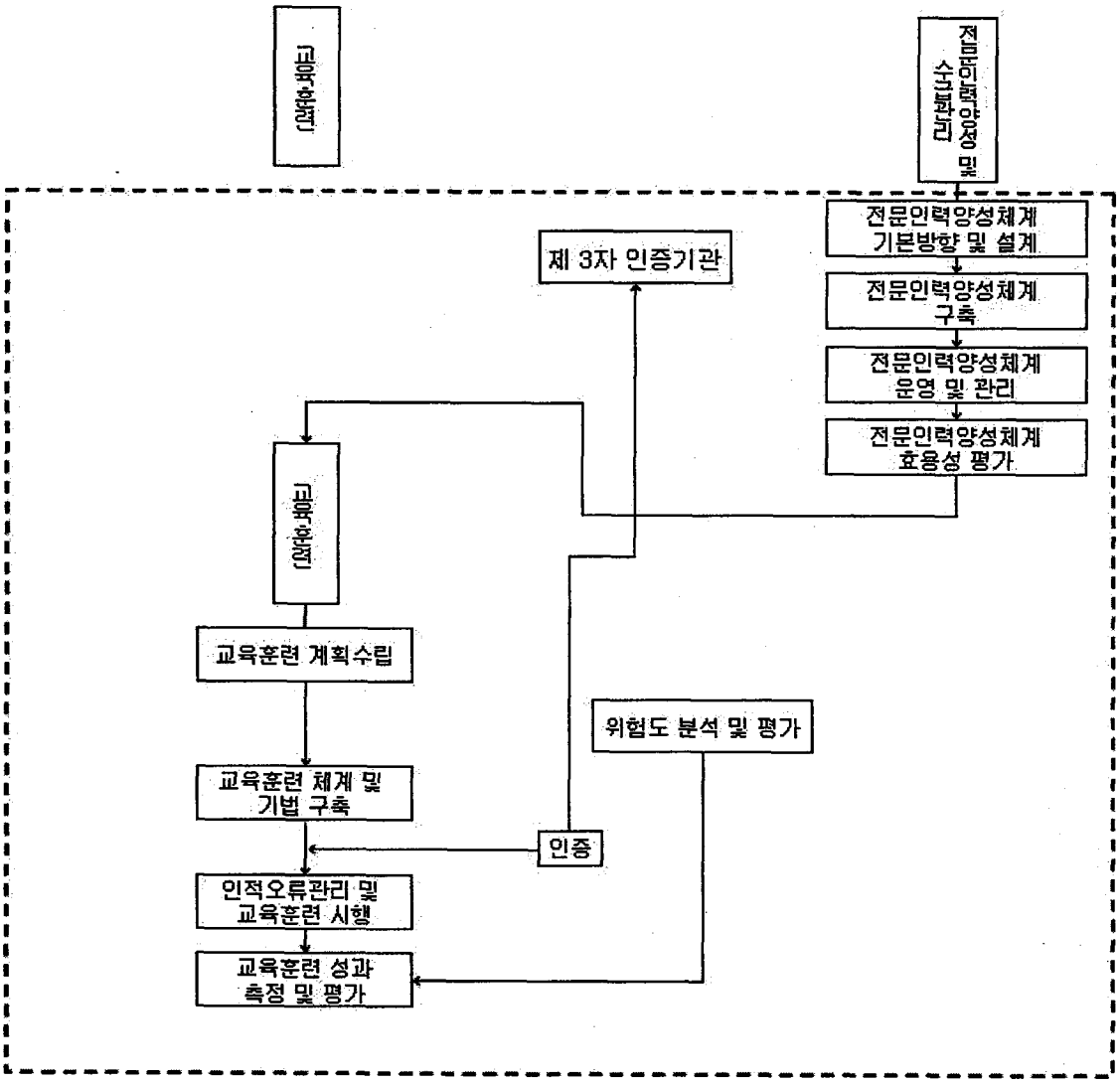
<그림 3-10-40> 차량 부분 Architecture

차량의 안전향상을 위한 철도차량이 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하고 안전성 평가를 하는 단계이다.

차량의 설계과정과 차량의 제작 및 시험과정에서 성능 및 안전성을 확보하기 위하여 인증기관에 인증을 획득해야 한다.

③ 인력수급 및 교육훈련

개선안중 인력수급 및 교육훈련 부분은 <그림 3-10-41>이다



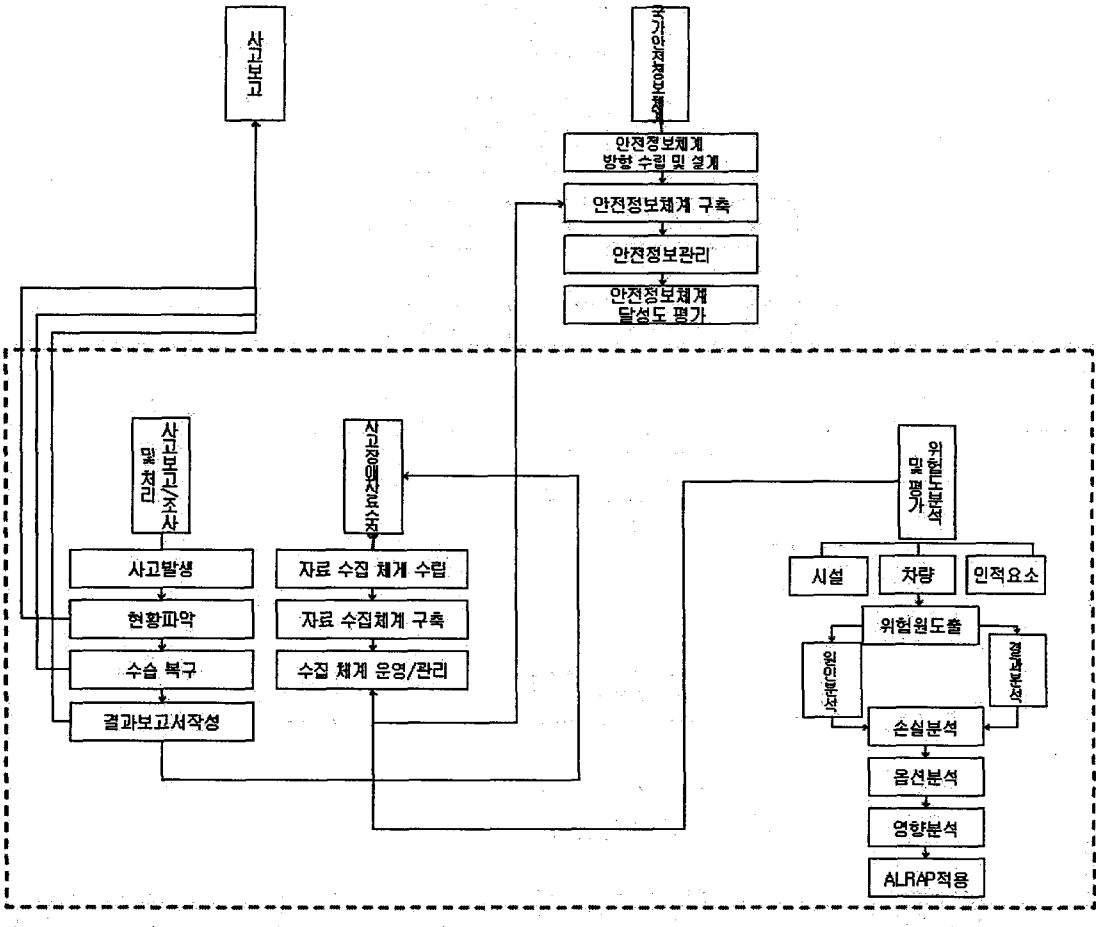
<그림 3-10-41> 인력수급 및 교육훈련 Architecture

교육훈련 계획에 포함되어져야 할 사항으로 교육 목표, 교육의 기본방향, 교육훈련의 기준, 최대교육가능 인원 및 수용계획, 교육과정별 세부계획, 교육시설 및 장비의 유지와 운용계획을 포함하고 교육 훈련 체계 및 기법 구축 단계에서는 실제 교육훈련 프로그램을 개발하는 단계이다. 인적오류관리 및 교육 훈련 시행 단계에서는 실제 일반응시자, 경력자의 면허발급, 실무교육, 면허갱신까지의 내용을 포함한다. 측정

및 평가에서 도출된 결과물은 다시 피드백 된다.

④ 사고자료 수집 / 보고 및 위험도 분석

개선안중 사고자료 수집 / 보고 및 위험도 분석 부분은 <그림 3-10-42>이다

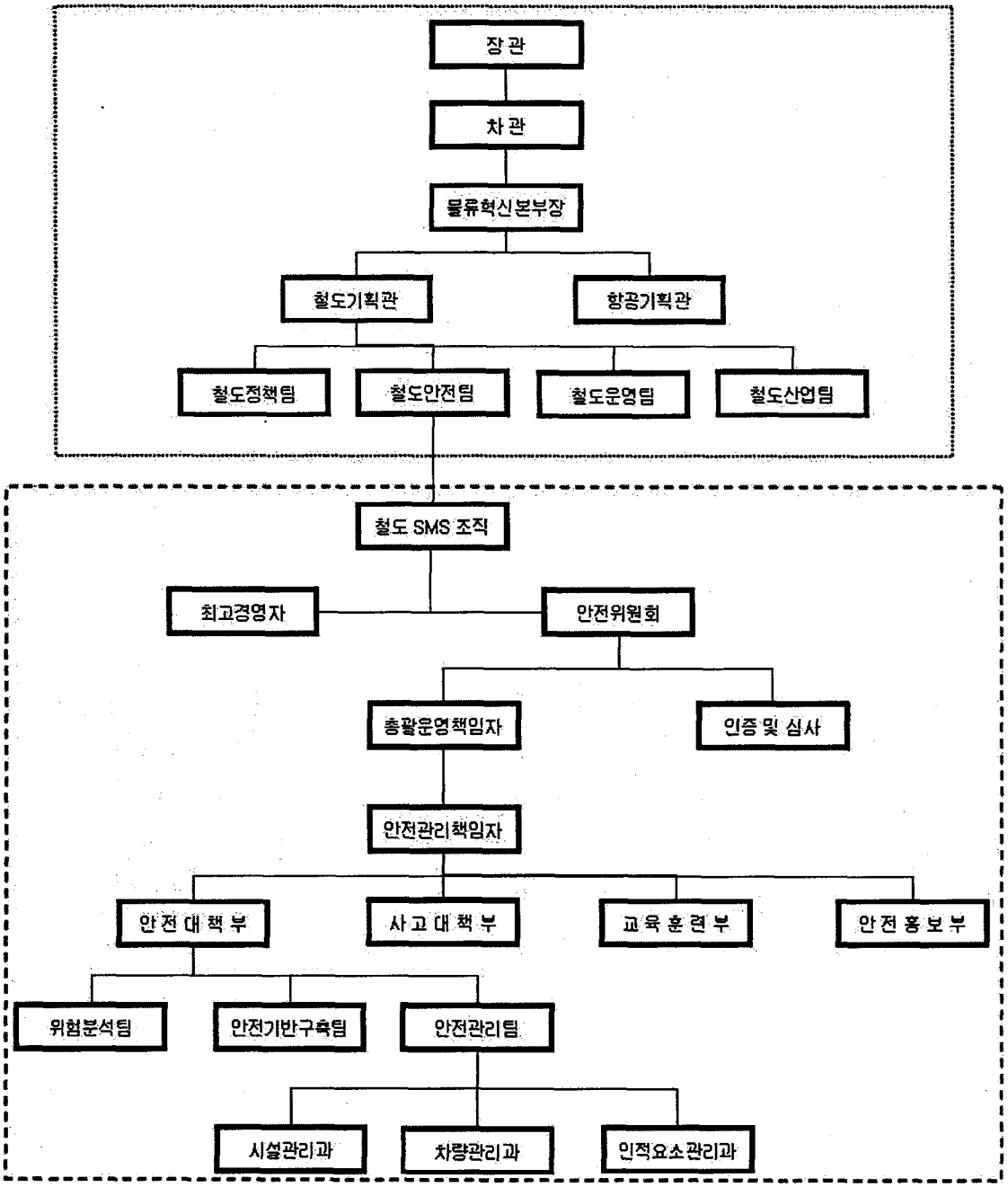


<그림 3-10-42> 사고자료 수집/보고 및 위험도 분석 Architecture

안전사고 발생 시 취해야 할보고, 조사, 처리의 수습단계를 나타내고 있다. 사고에 대한 결과보고서는 위험도 분석 및 평가의 데이터로 쓰이고 국가안전정보체계에 기록된다.

(2) 국내 철도안전관리 조직

위에 제시된 안전관리체계를 바탕으로 안전관리조직을 제시하면 <그림 3-10-43>와 같다.



<그림 3-10-43> 안전관리조직 제시안

(가) 철도정책팀 업무내용

o 철도정책팀의 업무내용은 아래와 같은 업무를 수행한다.

- 철도산업발전기본법, 한국철도시설공단법, 한국철도공사법 운용
- 철도산업정책의 입안 및 연구·발전
- 철도산업발전기본계획의 수립·조정
- 철도산업위원회의 운영
- 철도시설부문과 운영부문의 상호협력 및 조정에 관한 사항
- 철도경영개선에 관한 사항
- 철도노선의 지정고시 및 폐지에 관한 사항
- 철도노사협력 지원 및 파업대책 등의 수립시행
- 한국철도대학의 육성발전
- 한국철도시설공단 및 한국철도공사에 대한 지도감독
- 철도예산의 총괄조정
- 철도정책분야 비영리법인의 지도감독

(나) 철도안전팀 업무내용

o 철도안전팀의 업무내용은 아래와 같은 업무를 수행한다.

- 철도안전에 관한 정책의 총괄 조정
- 철도안전에 관한 제도의 입안 및 연구 발전
- 철도안전계획 및 대책의 수립 시행
- 건널목개량에 관한 제도의 입안 및 연구 발전
- 철도교통관제시설의 관리 및 운용
- 철도종합안전심사제도의 입안 및 연구발전
- 철도차량운전면허제도 및 자격제도에 관한 사항
- 철도안전에 관한 교육 및 훈련에 관한 사항
- 철도재난 및 대테러 대책에 관한 사항
- 위험물의 철도운송에 관한 사항
- 철도종합시험운행제도에 관한 사항
- 철도사고의 복구에 관한 사항

- 철도안전에 관한 정보의 수집 및 분석 관리
- 철도안전전문기관의 지정 및 육성
- 철도안전기술의 개발 및 진흥

(다) 철도운영팀 업무내용

o 철도운영팀의 업무내용은 아래와 같은 업무를 수행한다.

- 철도사업법 운용, 철도사업제도의 입안 및 연구 발전
- 철도사업(여객 및 화물 운송)면허 등 철도사업에 관한 각종 인허가
- 철도운임, 철도서비스의 평가 및 인증에 관한 사항
- 공익서비스(PSO) 비용의 부담에 관한 사항
- 철도역의 폐지와 철도서비스의 제한 또는 중지 조치의 승인에 관한 사항
- 철도수송정책, 철도물류체계의 개선에 관한 사항
- 국유철도재산관리(한국철도시설공단에 위탁관리) 및 현물출자에 관한 사항
- 국유철도자산 : 철길(선로), 승강장, 신호제어설비 등

* 한국철도공사에 출자된 자산(역사, 역 광장, 철도차량, 차량정비창 등)은 한국철도공사에서 관리

- 철도공안제도의 수립 및 연구 발전
- 다른 기관과의 철도범죄 수사업무의 협조에 관한 사항

(라) 철도산업팀 업무내용

o 철도산업팀의 업무내용은 아래와 같은 업무를 수행한다.

- 철도산업기술에 관한 연구 개발
- 철도시설 유지보수 계획 수립
- 철도차량관리제도 및 정책
- 고속철도차량 등의 기술개발
- 철도차량수급계획 및 철도차량부문 예산
- 철도용품 및 철도차량용품 표준규격 및 품질인증
- 철도차량 성능시험·제작검사 및 정밀진단제도
- 철도시설 · 열차운전보안장치 · 철도 전기·신호·통신시설 · 철도정보시스템 설치기준
- 철도산업정보화 기본계획 수립

- 철도산업정보센터 운영
- 철도시설 재해대책 수립
- 철도(시설·전기·신호·통신부문)기술 분야 비영리사단법인 지도·감독

(마) 조직의 임무, 역할, 기능의 정의

이상의 국내 철도안전관리 조직체계를 바탕으로 각 조직의 임무, 역할, 기능의 정의는 차년도 연구를 통해 상세히 제시할 예정이다.

제 11 절 안전대책 절차의 개념도

검증계획서 **(Verification Plan)**	ID No : SE - SR03 - SSR06 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

3. 프로젝트는 철도안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.

3.6 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차를 작성하여야 한다.

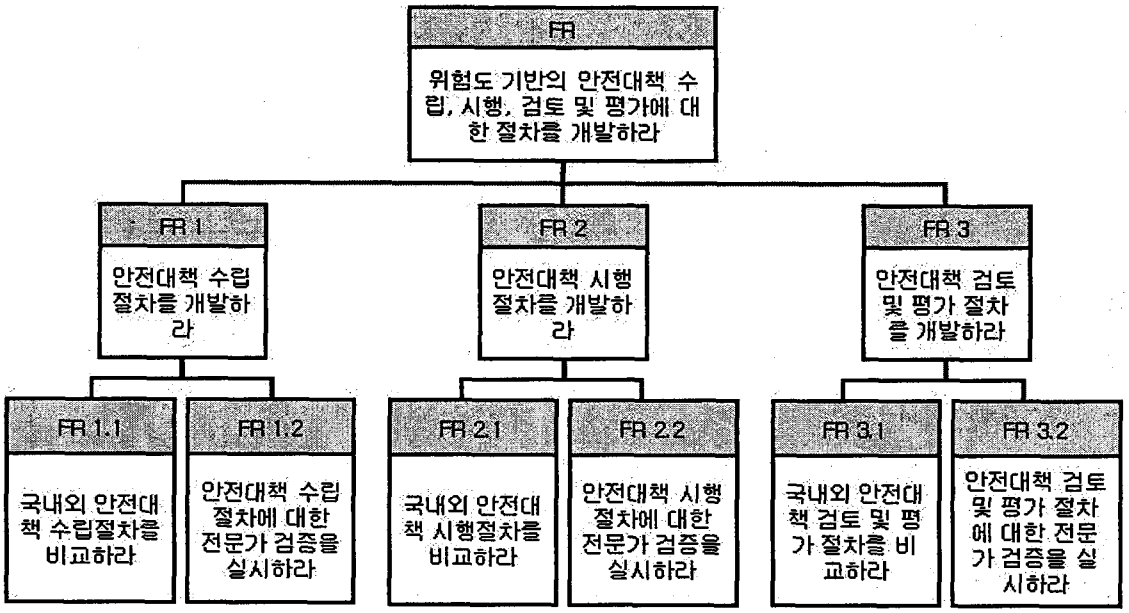
입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 안전대책 절차의 개념도 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 국외자료와 비교, 3.3 전문가 검토	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

- 국내외 자료와의 비교분석 방법의 타당성
- 전문가 검토방법의 타당성
- 수립된 절차는 국내 실정에 적합한가.

1. 기능 아키텍처

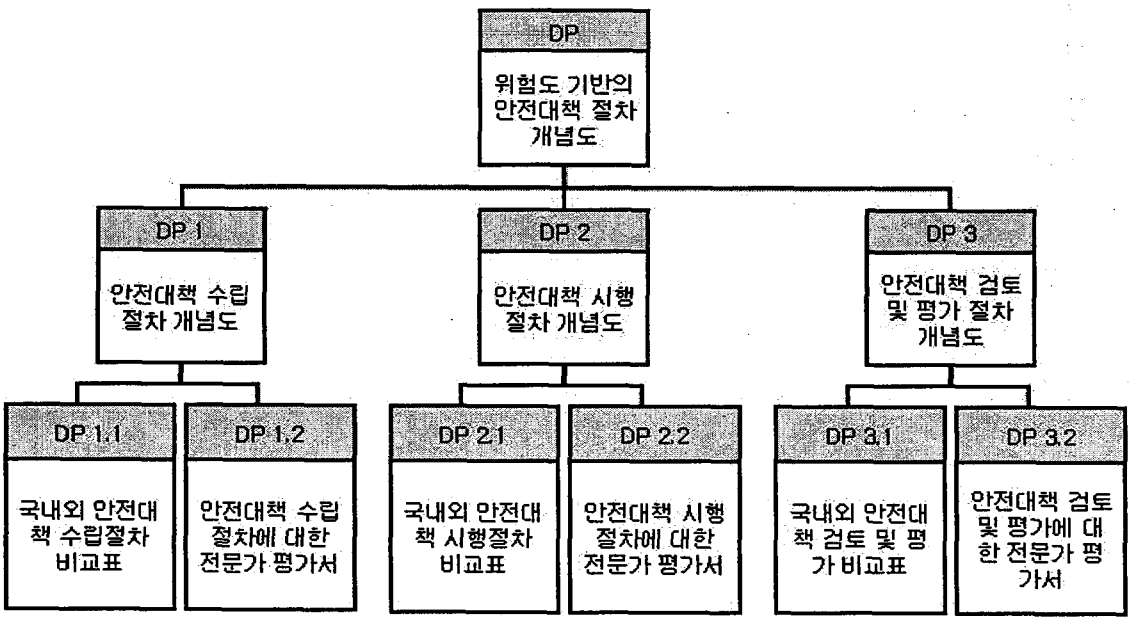
<그림 3-11-1>은 안전대책절차에 대한 기능아키텍처이다.



<그림 3-11-1> 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 기능아키텍처

2. 물리 아키텍처

<그림 3-11-2>는 안전대책절차에 대한 물리아키텍처이다.



<그림 3-11-2> 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 물리아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

○ 본 위탁과제의 시스템 요구사항은 『SR 3. 프로젝트는 철도안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.』 중 『SSR 3.6 프로젝트는 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차를 작성하여야 한다.』이다. 따라서 본 보고서에서는 국내 철도 안전관리체계(SMS)의 모델링을 통해 안전대책 수행절차를 개념적으로 기술하고 있다. 특히, 철도 안전관리체계 전반적인 측면보다는 세부적인 교육훈련 및 인증절차에 대한 개선안을 중점적으로 제시하였다. 국내 철도안전관리체계 전반적인 안전대책 수행절차는 차년도 과제를 통해 보다 심층적으로 보완 및 검증작업을 수행할 예정이다.

나. 설계기준

○ 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차는 국내 철도안전법(시행령, 시행규칙 및 관련고시 포함)을 근간으로 작성되었으며, 개선안에 대한 비교 대상으로 국외 선진철도 국가(영국, 캐나다, 호주)의 안전대책과 국외 항공 산업의(영국, 미국, 캐나다, 호주)의 관련 법령 및 지침을 참고 하였다. 이상의 설계 기준을 정리하면 <표 3-11-1>과 같다.

<표 3-11-1> 안전대책 절차에 수립에 대한 설계 기준

대상 산업	대상 국가	관계 법령	비고
철도	우리나라	철도안전법	
	캐나다	Railway Act 1985 Railway Regulation	
	영국	Railway Act 1994	
	호주	Railway Act 1996 AS 4292	

항공 (공항)	우리나라	항공법	
	영국	CAP 168	
	호주	CASR Part 139	
	캐나다	CARs Part Ⅲ	
	미국	FAA 관련 지침	

○ 국내외 철도산업과 항공산업분야의 관련 지침서<표 3-11-2>의 비교 결과를 활용하여 안전 대책의 요구사항에 대한 전문가 검증을 통해 안전대책 제시안을 마련하였다. 검증에 대한 전문가로 철도 현직 종사자, 철도안전 관리 전문가, 그리고 학계 전문가 등으로 구성 되었다.

<표 3-11-2> 관련지침서

구분	관련 기술보고서 및 학계 논문
국내	- 건설교통부 "제1차 철도안전종합계획" - 교통안전공단 "해외 선진사례 분석 요약" - 손명선 "철도안전법에 근거한 철도안전관리체계 개선방안"(2005) - 한국철도기술연구원 "건설교통 안전관리 개선방안 철도안전부문 연구"(2003) - 한국철도기술연구원 "건설교통 안전관리 개선방안 철도안전부문 연구"
국외	- FAA "SYSTEM SAFETY MANAGEMENT PROGRAM"(2004) - FAA "SYSTEM SAFETY HANDBOOK"(2000) - NASA "SAFETY MANUAL"(2006) - NASA "SYSTEM ENGINEERING HANDBOOK"(1995) - "YELLOW BOOK PART 3, 4" - PORT OF LONDON AUTHORITY " NAVIGATION SAFETY MANAGEMENT SYSTEM MANUAL"(2003) - AUSTRALIA SOUTHERN RAILROAD "RAIL SAFETY MANAGEMENT PLAN"(2004) - LU UNDERGROUND "RAILWAY SAFETY CASE"(2005) - RAIL SAFETY TRANSPORT CANADA "SAFETY MANAGEMENT SYSTEM"
타산업	- 한국교통연구원 "항해안전시설 안전관리체계 지침서 개발 연구" - 신현삼 외 3명 "공항안전관리체계 구축방안" - 건설교통부, 항공안전본부 "공항 안전관리체계 매뉴얼"(2006)

다. 검증방법에 따른 증거 자료

(1) 국내 안전관리체계 현황

○ 국내 철도안전관리체계 절차는 철도안전법을 기본으로 하여 시행령과 시행규칙 및 관련 고시를 통해 규정되어 있다.

○ 현재의 철도안전관리는 철도의 사고, 재해 등 안전에 대한 효과적인 대응을 하기에 미비한 실정이다. 철도 구조개혁, 고속철도 개통, 도시철도 운행증가 등 철도산업 발달에 따라 증가하는 철도안전 위협요인을 효과적으로 관리하고 대형 사고나 재해 등에 대한 효율적인 비상대응계획 수립이 요구되고 있다.

○ 현재의 철도 운영기관들이 자체 수립하는 안전에 대한 종합계획은 각각 상이한 경향이 있으며 이러한 상이한 점을 보완하기 위한 법/제도적인 안전기준과 시설, 차량 및 인적 안전관리, 위기관리 등에 대한 체계적인 계획이 필요하다.

○ 현재의 철도안전수준을 한 단계 높이기 위해 철도안전에 대한 중장기적인 비전과 목표 설정이 필요하며 이러한 중장기 계획은 각 운영사의 안전지침에 반영되어져야 할 것이다.

(가) 철도안전관리체계

① 철도안전종합계획

교통 안전법에 따르면 모든 교통수단에 대해서 안전에 관한 종합적인 시책을 수립하고 이를 실시하도록 되어 있다. 따라서 철도에 대한 안전종합계획은 5년 단위로 수립하는 교통안전 기본계획에 포함되어 수립하고 있다. 운영사들은 매년 시행계획을 수립·추진하여야 한다.

○ 철도안전종합계획에는 다음과 같은 요구사항들을 포함하고 있다.

- 철도안전종합계획의 추진 목표 및 방향
- 철도안전시설의 확충, 개량 및 점검 등에 관한 사항

- 철도차량의 정비 및 점검 등에 관한 사항
- 철도안전관련 법령의 정비 등 제도개선에 관한 사항
- 철도안전관련 전문 인력의 양성 및 수급관리에 관한 사항
- 철도안전관련 교육훈련에 관한 사항
- 철도안전관련 연구 및 기술개발에 관한 사항
- 그 밖의 철도안전에 관한 사항으로서 건설교통부장관이 필요하다고 인정 하는 사항

② 비상대응계획

철도를 운영함에 있어 철도에서 화재·폭발·열차 탈선 등 비상사태의 발생을 대비하기 위하여 표준운영절차 및 비상대응계획을 수립하여 승인을 받도록 하고 있다. 비상대응계획의 내용은 사고발생 등 비상 상황에 대비하기 위한 기능별, 유형별 계획, 사고에 대한 보고, 수습, 정보의 수집 그리고 비상대응의 평가에 대한 사항 등을 실시하고 있다.

철도안전을 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 제 1항의 규정에 의한 비상대응계획의 변경을 명할 수 있다. 이 경우 변경 명령을 받은 철도운영자등은 특별한 사유가 없는 한 이에 응해야 한다.

③ 종합 안전심사

각 분야별 안전관리상태를 종합적으로 심사하고, 평가하여 안전관리에 있어 문제점을 도출, 개선하기 위하여 종합 안전심사를 실시하고 있다. 이러한 종합 안전심사의 결과물은 다시 검토되어 각 업무에 피드백 되고 있다.

④ 철도 종사자의 안전관리

철도안전법에는 철도의 안전을 위한 인적오류를 제거하기 위하여 철도차량운전면허제도를 시행하고 있다. 운전면허를 취득하기 위한 신체적 요건, 적성 요건 등에 맞게 운전면허를 교부하게 하고 있으며, 또한 운전면허의 갱신과, 취소, 정지등에 대한 기준을 세워 실시하고 있다.

○ 일반·고속철도(한국철도공사)

- 차량요인(부품·재질불량 등 차량결함) : 26%
- 인적요인(규정위반, 취급오류 등 인적결함) : 34%
- 시설요인(신호, 전철분야 등의 시설결함) : 6%
- 외적요인(폭우, 폭설 등 외적요인) : 34%

○ 도시철도(한국철도공사, 서울메트로 등 도시철도 운영기관)

- 차량요인(부품·재질불량 등 차량결함) : 10%
- 인적요인(규정위반, 취급오류 등 인적결함) : 36%
- 시설요인(신호, 전철분야 등의 시설결함) : 7%
- 외적요인(폭우, 폭설 등 외적요인) : 47%

○ 사고결과 분석

고속철도 등에 비해 시설 등이 낙후된 일반철도는 시스템보다 인적자원에 의존하여 철도를 운영, 상대적으로 인적요인 사고 등이 다수

- 인적요인 사고(장애) 방지를 위한 철도시스템(차량·시설 등)개선투자와 함께 제도적 규정보완이 필요
- 특히 중장기적으로 기관사 등 철도 안전핵심요원의 인적결함을 보완할 수 있는 설비개량 등을 위한 연구와 투자 필요

철도사고는 철도종사자의 안전수칙 위반이나 자동차 운전자의 무단횡단과 같은 안전의식 결여.

종사자 인적요인은 채용·교육, 직무·장비설계, 안전문화 개선 등 다양한 분야별 접근이 요구되나, 단기간에 효과가 나타나지 않음.

철도시설·차량 안전에 대한 투자가 부족하고, 사고예방을 위한 보수·점검 기술이 낙후.

체계적인 위기관리시스템 부재로 자연재해나 대형 철도사고 시 대규모 피해발생 우려.

철도운영기관 자체 인력중심의 안전관리활동으로 사전 예방보다는 사고 ·재 해 등 발생 시 사후 수습 중심으로 대응하여 실효성이 낮음. 철도운영기관의 경우 재정여건상 수익과 직접 연관이 적은 안전관련 사업에 대한 투자확대에 소극적 이상 2007년도 철도안전종합 시행계획(안)의 안전관리 문제 사안

⑤ 철도사고조사 · 처리

철도사고 등이 발생 시 재산 · 인명을 최소화하고 신속한 처리를 위한 사고 시 조치 사항과, 보고 등의 계획을 수립하여 실시하고 있다.

(나) 안전문제 현황

(2) 국외 안전관리체계 현황

○ 현재 철도에 대한 안전관리체계를 가장 적극적으로 도입하여 실시하고 있는 국가는 영국, 호주, 캐나다가 있다. 세 국가는 모두 철도정책 담당조직이 안전 관리체계의 기준을 연구 · 제안하고 있으며, 안전감독국에 의해 감독되어지고 있다.

○ 각국의 법령 체계와 규정, 지침서 <표 3-11-3>는 서로 다르기 때문에 안전관리체계에 필요한 구성요소와 요구사항들은 모두 각각의 특징을 지니고 있다. 각 국의 안전관리체계에 있어 기본적으로 유사한 면을 보이고 있으나, 각각의 요소의 세부 요건들은 각 국의 특징에 맞게 상이한 면을 가지기도 한다.

<표 3-11-3> 비교 국가의 철도관련 규정

가	관련법	규정	관련지침서
캐나다	Railway Act 1985	Railway Regulation	Railway Guidance
영국	Railway Act 1994	Railway Act 1994	Railway Group Standard
호주	Railway Act 1996	AS 4292	AS 4292 Section

(가) 캐나다

캐나다 철도안전관리체계는 정책 수립, 목표 설정, 권한 및 책무 할당, 안전 성능 분성, 위험도 평가, 위험도통제 전략 수립, 교육 및 감시의 단계가 상호 보정 피드백 루프를 통해 교정조치가 이루어지고 있다.

특히 캐나다의 리스크 평가 법은 미리 결정된 리스크 해결 매트릭스와 같은 리스크 분류법/기법을 이용하는데, 이는 미국 대중교통협회의 Manual for the Development of System Safety Program Plans for Commuter Railroads를 토대로 하여 수정 한 것이다. 또한 운영자의 안전성능평가를 위한 데이터 수집과 분석을 위한 절차가 지침서에 설명되어 있다.

다음은 캐나다 철도관리체계의 구성요소이다.

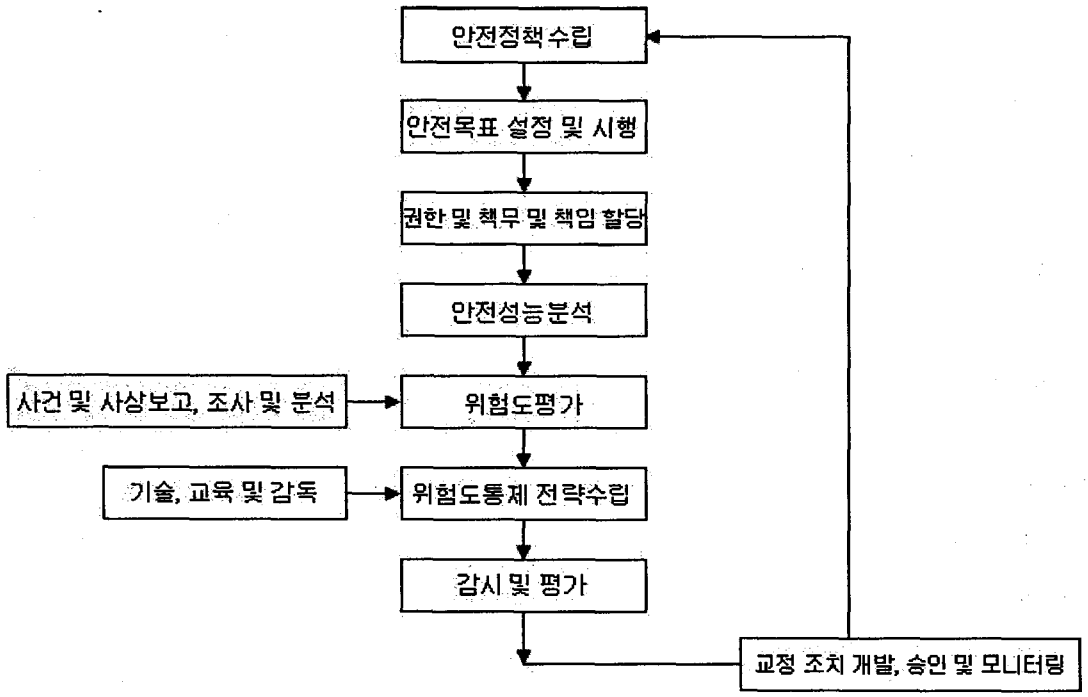
① 안전정책 수립

승객, 종사자등 안전에 영향을 미치는 모든 부분에 대한 적절한 대책을 마련하는 단계

- 안전 목표 설정 및 시행
- 안전 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 계획을 수립하는 단계이다. 궁극적인 목표는 사고를 완전히 없애는 것인데, 이는 궁극적인 목표를 달성하기까지의 중간 과정에 대한 연간 목표를 통해 중간 목표를 세우는데 효과적이다. 연간 목표는 회사가 자체 안전성취 목표를 준수하기 위하여 마련한 안전기술 계획과 공동으로 추진된다.

- 정량화가 가능하고, 의미가 있어야 하며, 실현 가능해야 한다.
- 지속적인 안전개선을 촉진시킬 수 있어야 한다.
- 조직의 요구에 알맞게 조정 되어야 한다.
- 조직 내 각각의 관련 계층에 따라 설정 된다.

<그림 3-11-3>은 캐나다 안전관리체계이다.



<그림 3-11-3> 캐나다 안전관리체계

② 권한, 책무 및 책임할당

- 모든 계층의 안전에 대한 명확한 권한, 책무, 책임을 정의하는 단계이다
- 권한, 책무 및 책임할당은 다음과 같은 사항을 포함하고 있다.

• 안전관리시스템을 유지보수하고 구축하기 위한 전반적인 책무를 갖는 선임관리자 지정

• 연간 안전기술 계획 및 다양한 안전관리시스템의 구성요소에 대한 책임 지정

• 안전 역할, 책임, 권한 및 모든 조직 내 부서 및 철도 안전에 영향을 주는 업무를 관리, 수행 및 검증하는 모든 계층의 근로자간의 관계

③ 안전성능 분석

- 철도의 안전성능평가를 위한 데이터 수집 및 분석을 위한 단계이다
- 안전성능 분석단계에서는 다음과 같은 사항을 포함하고 있다.

• 연간 안전 목표에 따라 안전성능을 평가하고 기타 통계요건을 충족시키기 위하여 수집하여야 하는 안전 데이터 파악

• 사고 및 안전관련 사건에 대한 데이터 수집 시스템

• 주기적인 데이터 분석 및 리스크 관리절차로의 피드백

• 조직의 연간 목표와 관련한 안전 성능 평가 및 적절한 통계기법을 사용한 안전 경향 파악을 위한 안전데이터 분석

- 안전성능데이터는 검사활동 또는 보고 시스템을 통하여 자동화된 기법으로 결과를 얻을 수 있어야 하며, 시험 차량, 영향감지기, 교차로 시스템과 같은 현대적인 기술들을 통하여 합리적인 비용으로 여러 가지 종류 및 많은 양의 안전 데이터를 얻을 수 있게 한다.

④ 위험도 평가

- 데이터를 바탕으로 관련 리스크가 수용가능한지, 경감하여 수용가능한지 또는 수용불가능한지를 평가하는 절차이다
- 평가는 미리 결정된 리스크 해결 매트릭스와 같은 리스크 분류법을 이용 하는데 이 기법은 미국 대중교통협회(Manual for the Development of System Safety Program Plans for Commuter Railroads)를 기초로 하여 수정되어진 것이다.
- 리스크 해결 매트릭스는 다양한 개수의 발생 가능성 및 심각도 분류 등급을 가지며, 등급의 개수 및 등급의 정의는 회사의 규모 및 경험에 근거하여 마련된다.

⑤ 위험도통제 전략 수립

- 신규운영이나, 기술, 직원 수준, 운영 종류 또는 철도 회사의 이력 데이터, 경험이 부족한 영역이 변경되는 경우, 정형화된 리스크 관리절차를 수행하도록 한다.
- 안전관리시스템 내에서 필요한 전략개발 절차, 적정한 관리계층에서의 승인, 그리고 효과적인 구축이 포함되도록 한다. 근로자 및 이들의 조직에게 리스크 관리전략, 특히 이들이 파악한 리스크에 대한 관리전략에 대하여 그에 따라 취하고 있는 조치 및 계획된 조치들을 통보하도록 한다.

⑥ 사고 및 사건보고, 조사 및 분석

- 내외부 사고 및 사건 통보 및 보고 절차
- 조사를 위한 절차, 형식 및 접근법
- 리스크 관리 절차와의 정형화된 연계
- 기록, 결론 및 권고안에 대한 보고 및 문서화 절차와 권고 및 교정조치를 실시하도록 보장하는 절차 등을 포함한다.

⑦ 기술, 교육 및 감독

- 기관사를 비롯한 철도업무종사자에 대한 모든 안전 요건을 준수할 수 있도록 적절한 기술 및 교육, 그리고 적절한 감독을 받아야 한다.
- 효율성 시험, 준수사항 평가, 리스크 평가, 사고/사건 조사 및 안전데이터 분석 결과를 고려하는 자격 요건에 대한 주기적 검토가 필요하다
- 종사자들이 필요한 교육 및 자격사항을 갖출 수 있도록 하고 자격사항이 최신의 것으로 유지 될 수 있도록 보장하는 절차가 필요하다
- 교육 및 자격 요건에 따른 종사자들의 현황을 비롯한 모든 사항을 기록해야 한다.

⑧ 감시 및 평가

- 기관사를 비롯한 철도업무종사자에 대한 모든 안전 요건을 만족시킬 수 있는 교육시스템이 마련되어야 한다.
- 안전 감사 및 평가는 안전관리시스템의 모든 조직상의 요소, 기능 및 절차가 올바르게 기능하도록 보장하는 중요한 요소이다. 내부 감사 및 평가는 시스템에 필요한 변경사항을 파악하는데 필요한 주요 피드백 루프로 이용된다.
- 감사 및 평가주기는 철도의 규모 및 복잡성, 관련 리스크 및 철도의 안전성능 이력에 따라 달라진다.

⑨ 교정조치 개발, 승인 및 모니터링

캐나다 안전관리시스템의 핵심 요소는 교정조치가 수행될 수 있도록 하는 피드백 루프이다. 캐나다 안전관리시스템에서는 교정조치 개발, 승인 및 모니터링 단계에서 다음과 같은 사항을 포함하고 있다.

- 문제점, 사건 및 사고가 재발하지 않도록 보장하는데 중점을 둔 교정조치 계획 개발 절차
- 권고한 교정조치에 대한 적절한 관리 승인 획득 절차
- 공식적인 실시 모니터링 및 관리자들이 승인한 교정 조치 준수 절차

(나) 영국

영국 철도안전관리체계의 가장 큰 특징이라고 할 수 있는 점은 당국과 프로젝트, 안전평가자, 고객이 밀접한 관계를 가지면서도 독립적인 형태를 가지고 있다는 것이다. 이러한 요소들 간에는 안전승인이라는 절차를 거친 후 안전책임이 이양되게 된다. 안전관리체계 도입을 위한 지침서에는 이러한 안전책임을 이양하는데 있어 가장 중점을 두고 있는 요소가 바로 위험도 분석과 위험도 관리 전략이라고 할 수 있다. 위험도 분석을 위한 방법으로 지침서에 위험원 도출, 원인/결과 분석, 손실 분석, 옵션 분석, 영향분석을 거쳐 ARLAP 원칙을 적용하고 있다.

- 철도사업면허요건으로서 Railway Safety Case의 승인(HMRI, Railtrack)필요 하며, 이를 위한 지침과 기술을 보유해야 한다.
- 운영상 초래되는 위험을 관리하는 방법을 제시한 것으로서 회는 매 3년마다 Railway Safety Case를 재검토해야 한다.

다음은 영국의 안전대책 요구사항이다.

① 예비안전계획과 안전계획 준비 및 실행

- 예비 안전계획서는 프로젝트 개시 후 가능한 한 빠른 시기에 수립되는 것으로 안전계획서의 짧고, 높은 수준의 버전이다. 또한 안전 리스크 감소를 위한 전략과 접근법을 제시한다.
- 안전계획서에 포함되어져야 할 내용은 다음과 같다.

• 개요와 배경 : 철도에 가해진 변경사항의 목적, 범위 및 내용을 기술
• 안전 분석 : 시스템이나 장비에 나타나는 리스크를 결정할 때와 언전 요구사항을 수립 할 때 도입되는 기술을 설명해야 한다. 위험원 도출과 분석 작업을 수행하는 핵심 인력의 자격에 대해서도 상세히 기술한다.
• 주요인력 : 핵심 안전 역할 수행을 위해 제안된 요원의 수와 이들의 자격을 명료화

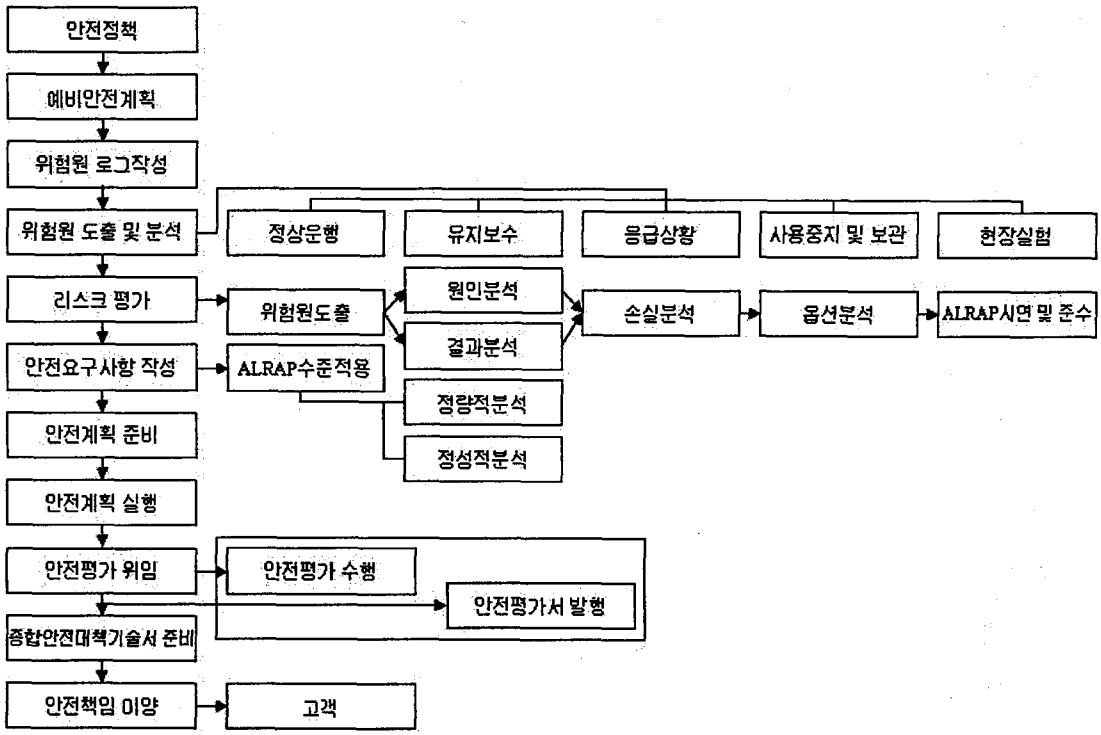
• 안전 진단과 평가 : 심사자와 평가자들의 능력과 독립성 요구사항을 명시.

• 안전문서 : 문서화 하는 과정으로 문서 목록으로는 위험원 로그, 안전계획 및 안전 분석 문서가 있고, 사용되는 종합안전대책기술서가 점진적이어야 하는 비점진적이어야 하는지를 포함한다.

• 안전 엔지니어링 : 높은 수준에서 리스크 감소를 위해 취해지는 중심 엔지니어링 단계

상세계획은 안전 요구사항이 설정 된 후 실행되고 안전계획서에 문서화 된다.

<그림 3-11-4>는 영국의 안전관리체계이다.



<그림 3-11-4> 영국의 안전관리체계

② 로그원 작성과 위험원 도출 및 분석

- 정상운행에서 발생 할 수 있는 사고, 유지 보수, 응급상황, 고장 등 일어 날 수 있는 모든 상황을 고려해야 한다.
- 위험원을 도출 할 때는 변경으로 인해 철도와 인근에 발생 할 수 있는 모든 영

향요소를 고려해야 한다.

③ 리스크 평가

- 리스크는 발생할 수 있는 사고와 피해에 대한 가능성을 측정하는 것으로 사고와 피해에 대해서 고려하는 동시에 어떤 조직에 영향을 미치는지에 대해서도 고려해야한다.
- 영국은 리스크를 평가하기 위해 ALARP 원칙을 적용하고 있다.

※ ALRAP 원칙

○ 리스크가 수용 가능한 수준이 된다는 것을 증명하기 위한 방법

- 위험원 도출 : 위험원을 도출하고 순위를 정하는 것
- 원인분석 : 위험원을 발생시킬 수 있는 주된 원인요소를 설정하는 것과 각 위험원의 발생가능성을 추정하는 것
- 결과 분석 : 위험원으로부터 발생 할 수 있는 중간 조건과 최종결과를 설정하는 것과 각 위험원으로부터 발생하는 사고 가능성을 추정하는 것
- 손실분석 : 리스크 감소를 위한 옵션을 고려하기에 앞서 안전손실(인간에게 피해를 주는)에 대한 크기의 추정을 필요로 한다.
- 옵션분석 : 어떤 방법을 취할 것인지에 대한 결정과 수행비용 산정을 절충하는 것
- 영향분석 : 리스크 감소를 위하여 각 리스크 감소방법의 시행으로 발생된 순수 효과를 평가하는 것. 리스크 감소는 조치들의 효과를 고려하기 위하여 이전 단계를 수정하면서 얻어짐
- ALRAP 시연 및 준수 : 어떤 리스크 감소 조치가 도입되어야 하는지를 결정하고 나머지 리스크의 수용을 정당화는 것

④ 안전요구사항 작성

- 안전요구사항은 변경작업으로 인해 제시된 안전 리스크가 허용 가능한 수준까지 줄어들었다고 확신 할 때까지 계속된다. 규정과 표준을 충족시키기 위해 안전요구사항을 수립해야 하며, 기타 요구사항은 위험원을 도출하고 리스크 평가 및 감소를 하는 과정에서 발생한다.

⑤ 종합안전대책기술서 준비

- 종합안전대책기술서는 모든 자료(설계 원칙과 계산, 테스트 사항과 결과, 안전 분석)를 포함하여 설계의 안전을 확인할 수 있는 기술적인 원칙을 설명
- 종합안전대책기술서에 포함되는 요소

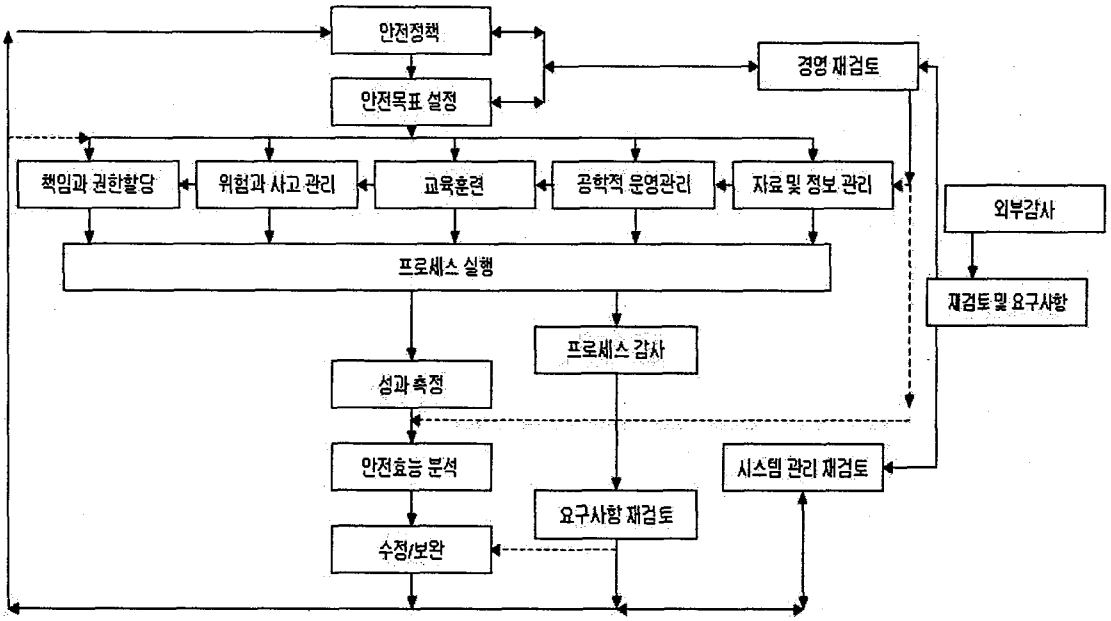
• 개요
• 정확한 기능 동작의 보장
• 결함의 영향
• 외적인 영향에 대한 운영
• 안전 관련 적용 조건
• 안전자격 테스트
• 기타 특수 안전 이슈

(다) 호주

호주의 철도 소유자와 운영자에 대한 종합적인 안전승인계획의 개발, 실행 및 관리는 국가표준인 AS4292에 기초한 철도안전법(Rail Safety Act 1996)에 의해 실행되고 있다.

<그림 3-11-5>는 호주의 안전관리 절차이다.

안전정책과 목표단계 실행 단계 모든 단계에서 재검토 단계를 거치고 있으며 외부 감사를 실시하고 있다. 각 단계에서 발생한 데이터들은 D/B에 보관되어 피드백 되어 진다.



<그림 3-11-5> 호주안전관리체계

(3) 국외 철도 교육훈련체계

일본

(가) 기관사자격증 제도 법령

- 기관사자격증 취득 : 국토교통성에서 발행
- 철도관련법령 제21조 : 기관사에 관한 자격부여 기준정립
- 정기적인 철도운전 (자동차관리법 중 제8조 자격)
- 열차조작자는 운행자격을 취득하기 전에 개인적인 차량운행을 할 수 없다.
- 차량의 운행에 관련된 법률 (제6조 운행자격의 취소)
- 차량운행에 관한 법률을 위반한 경우, 육체적, 정신적으로 무능력한 경우차량운행자격을 정지 또는 취소 할 수 있다.

(나) 기관사자격증 취득 방법

- 국토교통성에서 주관하는 시험에 직접 합격하는 방법
- 국토교통성이 지정한 기관에서 자격시험에 합격하는 방법

(동일본철도 종합훈련센터는 국토교통성에서 지정한 기관)

(다) 기관사자격증 종류

- 전기차 운전자격증
- 디젤차 운전자격증
- 증기기관차 운전자격증
- 신간센열차 운전자격증

(라) 기관사 자격증 획득을 위한 검사 시스템

- 운전적성검사 : 직원에게 운전적성에 관한 시험시행
- 신체검사 : 동일본철도에서 지정한 의료기관
- 동일본종합훈련센터에서 학과 및 기술교육 후 평가
  이론 및 실기시험 70점이상시 합격
  ※ 국토교통성 주관 시험합격자는 기술교육만 시행
- 평가결과 합격자는 국토교통성에 자격증 신청
- 종합훈련센터 교육 후 기관사자격증 취득(약 10개월 소요)
- 영구 라이센스 자격증 취득 (약3개월 정도 견습 후)

(마) 교육훈련 방법

선구별 및 차량특성에 따른 훈련, 전철의 정차위치 합치 훈련 반복습득 훈련 구간(복선, 단선)에 따른 사고처치요령 반복훈련, 폭설지역 또는 산악, 특수지역에 대한 특별 운전 취급법 훈련

○ 종합훈련센터 교육체계

- 학과수업 : 8과목 총 400시간 (3개월)
  • 철도 일반 21시간
  • 정비 119시간
  • 운전규정 92시간
  • 신호 및 선로 42시간
  • 전차선 40시간
  • 운전이론 60시간
  • 검사 및 응급조치 18시간

• 안전관리 8시간

- 기술 강의 : 4과목 515시간 (4개월)

• 기초강의 15시간

• 열차검사 후 정거장외 본선운전 10시간

• 열차의 실승무 강의 440시간

• 비상응급조치 50시간

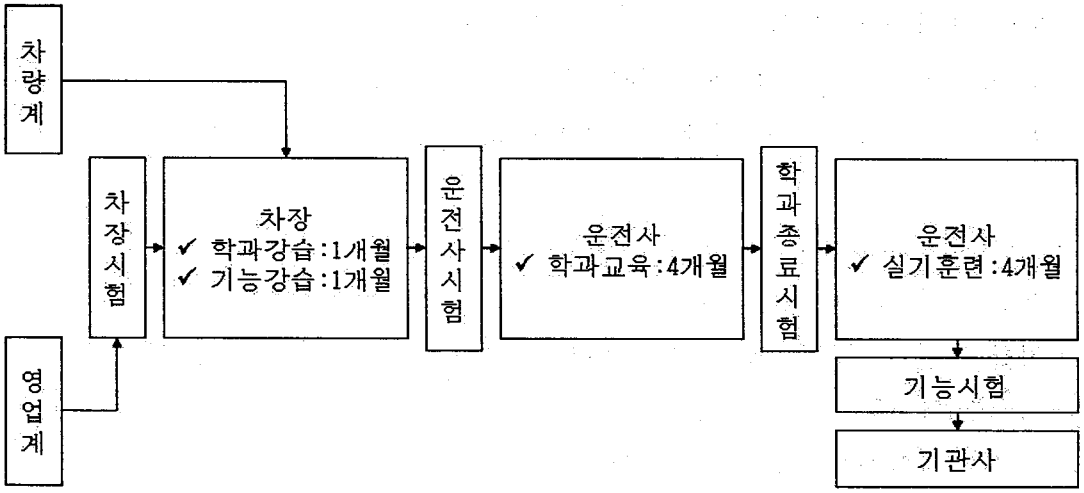
• 종합훈련센터 입교 후 단독승무까지 약 10개월 정도소요

• VTR을 통한 기술 강의

기관사 훈련의 진행, 운전실습, 차량검사 등의 학습방법, 시험에 통과, 운전 지도, 국토교통성에서의 운전면허의 취득과정 등을 교육받는다.

일본에서 기관사가 되고자 한다면 학과시험, 운전적성검사, 신체적성검사를 통과해야 하며, 학과교육을 이수 후 실기시험에 합격해야 면허를 부여 받을 수 있다.

다음 <그림 3-11-6>은 일본의 기관사 면허취득의 과정이다.



<그림 3-11-6> 철도기관사 교육 절차

(사) 기관사 능력향상 교육

기관사 운전면허 취득 후 JR Training Center : 3개월, 6개월, 1년, 2년 단위 능력향상 교육 훈련, JR East General Education Center 4년, 6년 후에는 훈련센터에 입

교하여 교육 훈련

(사고 시에는 한 달 동안 현업소속에서 법규지정 훈련)

○ 기관사 교육훈련 내용

- 1년 이내 : 기초 부분, 규칙, 고장처리능력
- 2년 이내 : 정신교육강화와 신 차량 기술습득
- 3년 이상 : 전 분야 훈련

(현업소속에서 매월 2시간 신 차량 및 규정 등 자체교육 시행)

미국

(가) 기관사 교육 방법

○ 추천으로 입사 후 이론교육 5주, 시뮬레이터 교육 3주 시행

- 교과목 : 철도시스템, 동력차 구조, 엔진구조 등 Amtrak과 동일
- 교육인원 : 15-20명
- 수습기관사 승무

야드(정거장)에서 60회 이상 승무 : 약 1년 소요

- 기존기관사와 달리 색깔이 다른 옷을 착용하여 신규직원으로 확인용이
- 교육수료와 수습 후 기관사로서의 진로는 본인이 결정
- 정식 기관사 평균 임용 기간 : 약 3년 소요

(나) 기관사 자격 취득

① 수습이 끝나고 본인이 선택

② 기관사 평가 과정을 통과 (시뮬레이터 및 이론 시험)

③ Simulator 3주 : 매일 시험

④ 이론과정 평가시 : 85% 이하 탈락

⑤ 평가 결과 합격시 정식직원으로 입사

⑥ OJT교육 이수 : 2년 정도

⑦ 슈퍼바이저와 메니저 승인시 연방 라이센스 자격증 취득

⑧ 3년 후 재차 테스트 실기시험 : 실패시 자격상실

(다) 경력기관사 교육 및 평가

- 3개월 마다 시행
- 기관사 자질을 향상하기 위한 자체평가 지속적 시행
- 평가 후 성적 불량시 기관사자격(라이센스) 상실

<표 3-11-4>는 국내외 기관사의 교육훈련 방법/평가 비교이다. 이론교육과 현장 교육에 대한 각 나라의 현황을 보여 주고 있다.

<표 3-11-4> 국내외 기관사 교육훈련 방법 / 평가 비교

교육구분	한국철도	미 국	일본
교육원 교 육	- 5년 주기 교육 ·선택전문교육 (신차량 기술교육)	- 1년마다 3주 교육 (동부 연수센타) - 2일 교육 신차량 도입시 기술교육 및 정신교육 (수시교육)	- 기관사 운전면허 취득 후 3개월, 6개월, 1년, 2년 단위 능력 향상 교육 훈련 - 4년, 6년 후 교육
현 장 교 육	-OJT교육 -CYBER교육 -매월 2시간 신차량 및 규정교육	- 기관사 능력 평가 ·3개월마다 1회 시행 ·평가 후 탈락시(2회차시) 전직 또는 퇴직	- 현장에서 매월 2시간 신차량 및 규정 교육
기 타	-책임사고 발생시 현 업소속 지상교육	-슈퍼바이저에 의해 위규 사항 적발시 30일 운전정지	- 사고 시에는 한 달 동안 법규지정 훈련(현업소속)

<표 3-11-5> 교육훈련 시스템 비교

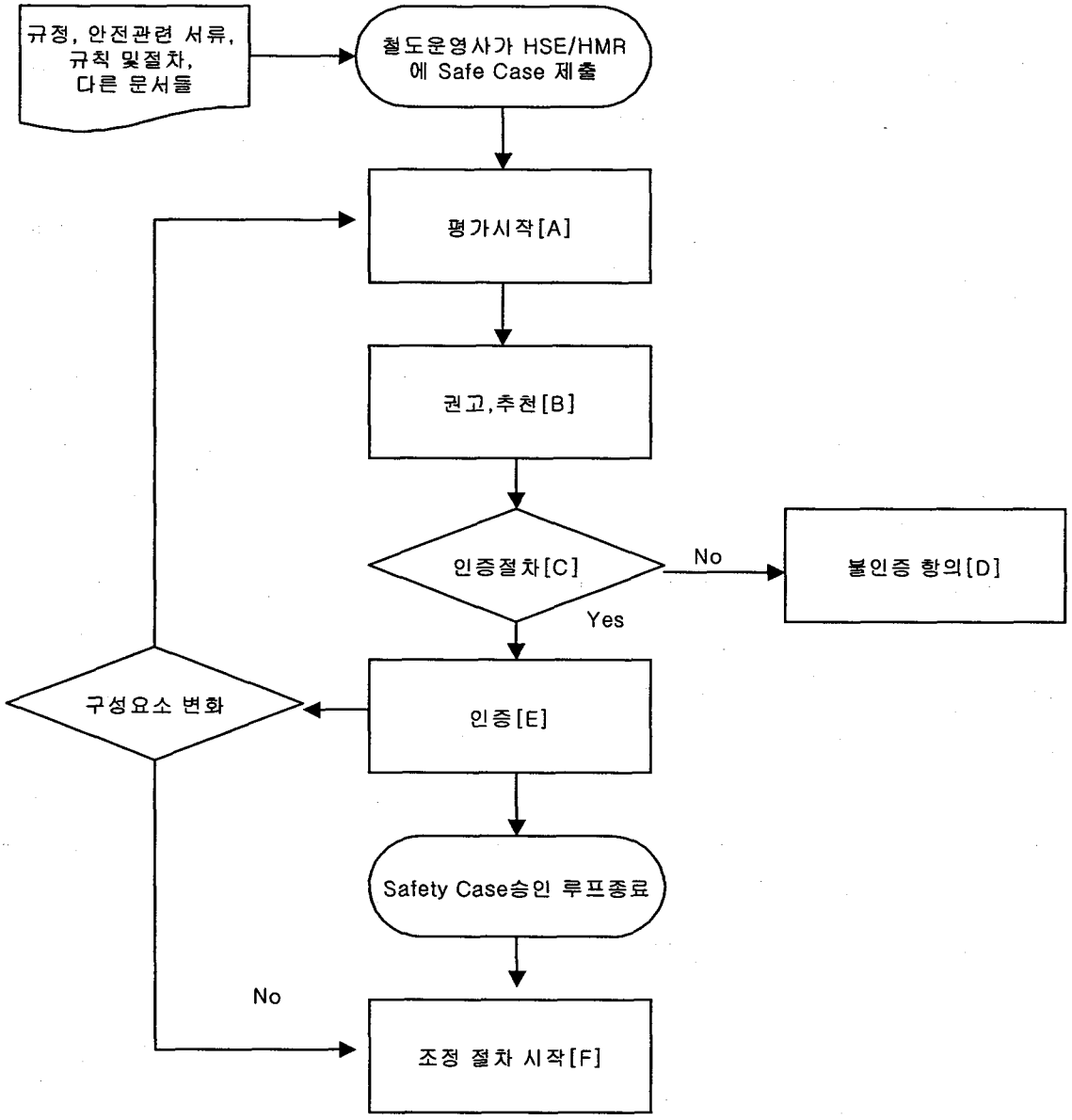
비교항목	한국철도	미 국 (암트랙 기준)	일 본 (동일본 종합훈련센타)
기관사 임용	부기관사 경력 2년 이상 근무자	수시공개 채용, 내부직원 채용	역근무, 차장직에서 채용
등용기관사 교육훈련기간	이론교육 위주 11주 시행	이론교육 7주 실습교육 3주	이론 3개월 실기 4개월

등용기관사 교육인원	50-60명	10-15명	30명
용기관사 교육 평가	이론교육 60점 이상	이론 85점 실기 100점	이론 및 실기시험 70점 이상
교육훈련방법	강의식 위주	이론 및 컴퓨터 지원학습에 의한 교육	이론 및 실물 강의 후 CAI에 의한 체계적인 교육
시뮬레이터 운용	시뮬레이터 6대	시뮬레이터 4대	시뮬레이터 90대 (3개의 강의실에 각 30대씩) 절차 및 운전시뮬레이터
선로영상	LDP (실제 선로화면)	CGI (실제선로를 영상 그래픽으로 처리)	CGI (선로영상변동 가능)
강의 자료	교재 사용	교재 및 CAI에 의한 교육	교재 및 컴퓨터지원학습 CAI에 의한 교육
승무원 교육 내용 구분	디젤동력차, 전동차로 구분	디젤동력차 교육 후 전기차 추가교육	전동차, 디젤동력차, 증기기관차, 신간센, AC-DC혼용 전동차
기관사자격증	철도청 발행 규격양식	국토 교통성 발행 수첩형식	미 연방에서 발행 자동차 면허증과 동일

<표 3-11-5>은 세 나라의 교육훈련시스템의 비교이다. 교육훈련센터의 시설 및 교육 방법 그리고 교육 기재에 대한 비교 내용을 보여 주고 있다.

(4) 국외 철도안전관리를 위한 인증체계(영국)

<그림 3-11-7>는 영국의 인증절차 과정이다.



<그림 3-11-7> 인증 절차 Process

(5) 인증절차 Process

(가) 평가 절차

① HMRI 본부에서 RSC 제출서의 초기 수령, 완성도 체크. 등록 및 배포한다.

② 이러한 활동이 완료되면, RSC를 제출한 운영사를 책임지는 현장 팀(field team)은 평가를 계획하고, 그것을 평가한다.

③ 현장 팀의 평가자은 전체 평가 담당자로서 활동하고, 평가책임자(lead Assessor)로 활동할 평가자를 임명한다. lead Assessor는 매일 평가활동을 관리한.

④ 평가책임자(Lead Assessor)는l 평가를 위해 충분한 내용인지를 확인하는 규정의 스케줄 1, 2에 따라 제출서를 처음 심사한다. 제출서가 요구하는 내용을 포함하고 있지 않다면, 운영사에 대해 다시 제출할 것을 요구한다.

⑤ 평가를 위한 제출서가 적절하다면, 평가책임자는 제출서의 평가를 계획하기 위해 다른 정보자료와 함께 초기 심사한 것을 사용한다. 대부분의 RSC는 HSE 평가시간이 효율적으로 이용되도록 하기 위해 목표 대상에 접근하는 평가가 이뤄질 것이다.

⑥ 평가 계획은 평가책임자에 의해 이뤄지고, 제안된 평가의 동의를 얻기 위해 HSE의 평가자들에게 배포한다. 계획은 무엇이, 어느 평가자에 의해, 어떤 시간 척도 내에서 평가되어질지를 확인한다.

⑦ 평가의 목적은 해결해야 될 필요가 있는 issue와 제출서의 강점 및 나중의 조정에 관한사항을 확인하는 것이다. 모든 평가활동은 평가자들이 RSC가 규정의 스케줄 1,2에서 요구하는 정보를 포함하는지를 결정하는 것을 돕기 위해 'RSC를 위한 평가기준'을 이용하여 수행된다.

⑧ 평가자들은 그들의 결과물을 평가책임자에게 전달한다. 대부분의 경우 평가책임자는 HSE와 같이 제출서를 평가할 관련 사회기반시설 관리자에 의해 확인 될 이슈

들에 대해 고려할 필요가 있을 것이다.

⑨ HSE는 인증이 진행되기 전에 요구되는 것들에 대해 상세히 기술하여 이슈 경과 기록을(issue log) DH에게 전달할 것이다. 이슈경과기록의 복사본은 평가에 필요한 모든 관련 부서들에게 보내진다. DH는 조치를 취할 것이고, 평가책임자는 조치가 수용가능한지를 결정하기 위해 다른 평가자들과 의논할 것이다. 이 프로세스는 HSE의 이슈가 검토될 때까지 필요하다면 추가적인 이슈들을 제기 함으로써 계속될 것이다.

⑩ 평가책임자는 또한 관련 사회기반시설 관리자들에 의해 만들어진 보고서와 권고들을 평가할 것이다. 평가책임자는 평가 결과를 요약하는 최종 평가 보고서를 준비하고 평가매니저(assesment manager)에게 전한다. 평가매니저는 제공된 정보들을 고려하고 관련 general manager에게 제출서의 인증 또는 거부에 관해 권고한다.

⑪ 평가 절차를 통해 평가자들과 평가 매니저들은 잘못된 이해와 지연을 피하기 위해 DH와 이슈에 대해 반드시 토론해야한다.

⑫ 인증의 결정은 HSE가 효과적인 평가 및 사회기반시설 관리자들의 보고서, 권고들을 고려하여 설계된 인증절차에 따라 행해진다.

(나) 권고, 추천(recommendation)

① 평가 매니저는 최종 평가 보고서를 반드시 검토하고, 완성하고, 평가 매니저의 추천서에 사인한다.

② 평가 매니저는 현장 지원팀에 보낼 평가 매니저의 추천서, 최종평가 보고서를 정리한다.

③ safety case 담당 기관(administration)은 현장 지원팀부터 받은 문서들이 완전한지를 체크하고, 이메일로 현장지원팀의 문서수령을 확인하고 평가 기록들의 위치를 기록한다.

(다) 인증 절차

① safdty case/구성요소 개정(materia revision)의 수령

② safty case 담당기관이 RSC를 수령하면, safty case 담당기관은 인증 검토를 수행할 임명된 인증자 리스트를 조사하여 적절한 인증자를 선택할 것이다.

③ 요구되는 인증 수준의 결정

④ 평가 보고서 검토

⑤ HSE 패널의 safety case 검토

⑥ 인증 결정시 인증 결정을 DH, 관련 사회기반시설 관리자 및 평가 매니저에게 통보, safety case 담당기관은 인증서 준비, DH와 평가매니저에게 인증서 복사본 전달, safety case 담당기관은 평가 및 인증 절차 파일화 한다.

⑦ safety case담당기관은 safety case의 특성과 행해진 평가분야의 피드백을 제공하기 위해 safety case 인증자의 검토 보고서를 관련 general manager와 평가 매니저에게 보낸다.

(라) Non acceptance appeal 절차

HSE의 결정이 서면으로 DH에게 통보될 것이다. 거기에는 RSC가 인정되지 않는 이유가 설명되어져 있고, DH는 관련 general manager와 의논할 수 있고 또한 철도안전 감독(Director Rail Safety)과 검토할 수 있는 요구를 포함하는 DH의 항의(appeal)권리가 있다.

① DH는 불 인증 통보서한을 수령한 21일 내에 철도 안전 감독에 항의 신청서를 제출한다.

② DH는 리뷰미팅을 요구하면 철도안전 감독은 10일내에 시간과 장소를 통보한다.

③ 리뷰 미팅 실시

④ 리뷰 미팅을 위해 철도안전감독 및 철도안전 감독에서 지정한 general manager, HSE 소송대리인으로 구성된 선발그룹이 구성되고, 필요하다면 리뷰과정을 통보하기 위해 다른 이가 참석할 수 있다

⑤ 리뷰결과 평가

(마) 인증

RSC는 안전을 위한 문제가 해결될 때 인증되어지지만, safety case 전개 계획에서 다뤄져야 할 추가적인 문제가 있을 수 있다. 이러한 문제들은 covering letter에 포함되어야한다.

또한 인증절차에서 일어나는 추가적인 RSC 전개 계획문제들은 적절하다면 DH와의 토론을 위해 평가 매니저에게 전해져야한다.

○ 인증기준

- 인증 가능한 RSC의 유일한 모델은 없다.
- 인증 가능한 case는 R(SC)R2000 규정에서 요구하는 모든 정보와 증명을 포함하는 것이다
- 인증과 불 인증은 반드시 정밀히 조사되고 감독되어야 한다.

(바) 조정 절차

① DH를 위한 조정계획을 준비한다.

② 연간 검토 및 연간 계획의 조정

- 이전 년도 계획의 수행을 확인한다.
- 다음 년을 위한 계획에 (날짜, 수단, 방법, 자원 등과 같은)상세한 걸 추가한다.
- 중요한 사건 뒤 알게 된 교훈과 DH가 이러한 것들을 어떻게 평가하였는지를 포함한다.

(6) 역할과 책임

(가) 철도안전관리자(Director of Rail Safety)

효과적인 RSC 평가정책을 HSE의 집행정책과 운영처의 성가척도에 따라서 안전하게 발전시키고 유지하고 요구한다.

(나) 일반적인 관리운영(General Manger Operation-GMs 1to 4)

정해진 수행기준에 따라서 RSC의 모든 결정을 지원하기위해 충분한 평가의 적절하고 전문적인 완성과 효과적으로 자원을 관리한다. 중재계획이 전달되는 것을 확인한다. 공식적으로 HSE를 대신해서 RSC를 받아들인다.

(다) RSC 프로세스 오너

HMRI는 전반적인 RSC 평가정책과 전략에 대해 조언하고, RSC 운영과 평가시스템을 개선하는 것을 이끈다.

(라) 인증자(Acceptor)

RSC의 인수 프로세스를 수행하기 위해 그들은 평가하는 것을 약속한다. 그들은 이전에 중요하게 다루는 직무가 있었다면 그 수락으로부터 그들 스스로 제외한다.

(마) 평가관리자(Assessment Manager)

문제 해결과 신분증에 적절하고 알맞은 전문가의 평가를 넣은 것을 확인하기 위해 RSC에 할당된 평가를 관리하고, 원본과 대조하여 확인하고, 수행 기준에 따라서 수락된 추천물을 지원하기 위한 중요한 증거를 기록한다.

(바) 평가책임자(Lead Assessor)

적절한 신분과 문제 해결을 확인하여 개인적인 RSC 평가 입력을 관리하고, 명백하게 전달하고, 포괄적이고 안전한 것을 기초로 알맞은 품질기준을 보고한다.

(사) 평가자(Assessor)

개인적인 RSC를 위한 동의된 평가 범위 안에 적절한 기술적인 충고와 견해를 평가책임자(lead assessor)에게 제공한다.

(아) Safety Case Administration

평가기록 하드카피 키의 영구적인 보유와 RSC의 적절한 분배와 수령에 중심을 맞춘다.

(자) 현장지원팀(Field Support Team)

지원된 지역의 RSC 평가 활동들을 기관에 제공한다.

대부분의 경우에는 평가책임자가 조정계획 준비에 대한 책임이 있다. 그러나 그 계획은 차단에 발전시킬 필요가 없고 다른 것들은 포함하는 기여된 토픽에 책임이 있고, 수행 계획을 위한 그들이 이용할 수 있는 자원의 세부 항목을 제공하고 적당한 곳에서 정보를 기록한다.

평가책임자는 HMRI에 의한 조정계획과 사전 책임에 대한 정보를 제공하고(국제 전문가팀 포함해서 기타), 조사, 회계감사, 사건기록, RIDDOR과 다른 통지, 시행기록에 대한 사전 조정을 찾아 알려주고, 리드팀이 다가간 중요한 회사들의 계획을 제공하고, 조정계획의 개발을 위한 회의를 이끈다.

계획을 검토하기위해 안전관련평가팀을 재소집할 필요는 없지만 평가책임자는 전문가들과 다른 사람들에게 검토를 받을 필요는 있다.

계획에 배치된 모든 사람들은 그들의 의무를 다 할 수 없을 때 평가책임자에게 알릴 책임이 있다. 평가책임자는 그들의 조사책임관(이나 직속상관)과 함께 계획을 어떠한 교정에 동의하고, 모든 관련된 사람들에게 알린다.

조사책임관은 전체적인 운영팀 계획을 가지고 있어야하며 모든 조정계획 평가책임자들을 통합시킨다. 팀 관리계획의 중요한 두 가지 목표가 있다. 팀은 합의된 조정계획의 운반하기 위한 중요한 자원을 가진 것을 확인하고 팀들은 구분운영 계획 영향력을 행사할 수 있다.

평가책임자는 그들의 조사책임 직속상관과 적어도 1년에 한 번씩 계획을 검토해야 한다. 검토 시 조사 관리자는 자원과 제출된 조정 토픽 세부사항과 관계된 조정 사이에 다른DH와 우선순위 사이에서 판단해야한다. 그리고 그들의 팀 안에서 조정의 우선순위에 대해 내려진 결정에 책임이 있다.

몇몇의 계획된 조정은 평가책임자가 포함되지 않을 수도 있다. 그것들은 승인된 전문 조사관들에 의해 단독으로 수행한다. 국제 전문가팀 조정자들은 DH에 제안된 조정계획과 함께 조사책임관 특수한 운영팀에게 제공할 책임이 있다. 이 제안된 조정은 평가책임자의 조정 계획을 통합해야한다.

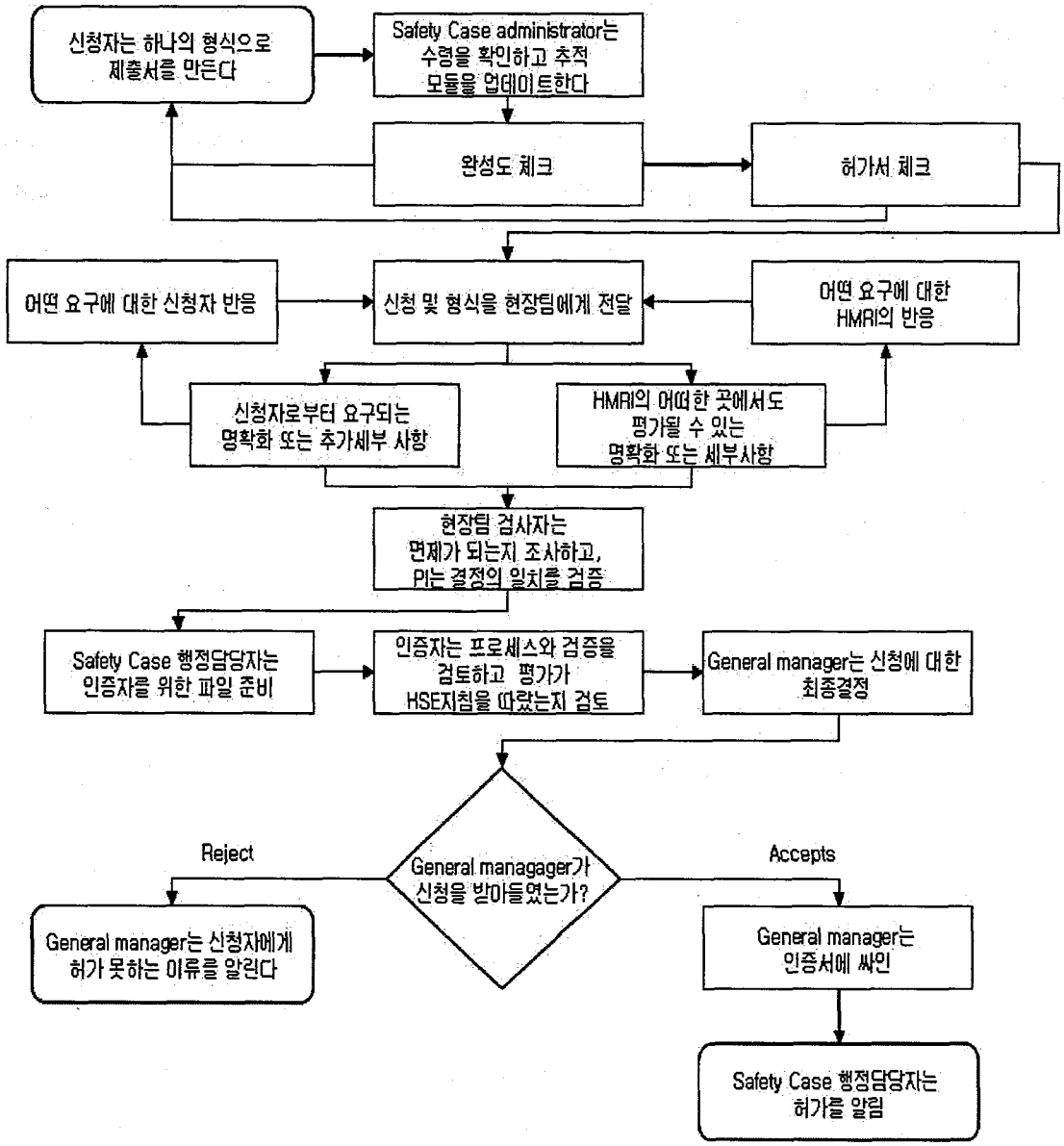
책임조사관은 계획의 수행한 것을 모니터 해야 한다. 이것은 매년 작업 계획 단계의 검토 중의 한부분이다.

일반 관리자는 확인된 조정계획은 운영팀에 의한 이 절차와 함께 수행하는 책임이 있다.

Director of Delivery는 조정계획 프로세스, 절차가 수행여부 및 현장 팀이 절차를 수행할 수 있게 이용 가능한 리소스가 전개되었는지를 궁극적으로 확인할 책임이 있다.

(7) Safety Case를 면제 받는 절차

<그림 3-11-8>은 Safety Case를 면제 받는 절차이다.



<그림 3-11-8> Safety Case를 면제 받는 절차

(8) 타 산업 안전관리체계 현황(항공 산업)

각 국의 법령 제정에 있어 공통점은 우선 공항인증을 위한 법률에 안전관리체계가 명시되어 있으며, 기타부문으로 영국은 안전관리체계의 포괄적 개념만을 법령에 명시하였고, 호주는 도입시한과 간략한 구성요소만을 법령에 명시하였으며, 캐나다는 공항안전관리체계에 관한 지침서가 없고 전 항공분야에 활용하는 지침서만 가지기 때문에 안전관리체계의 구성요소와 내용을 법령에 명시하였다는 것이다.<표 3-11-6>

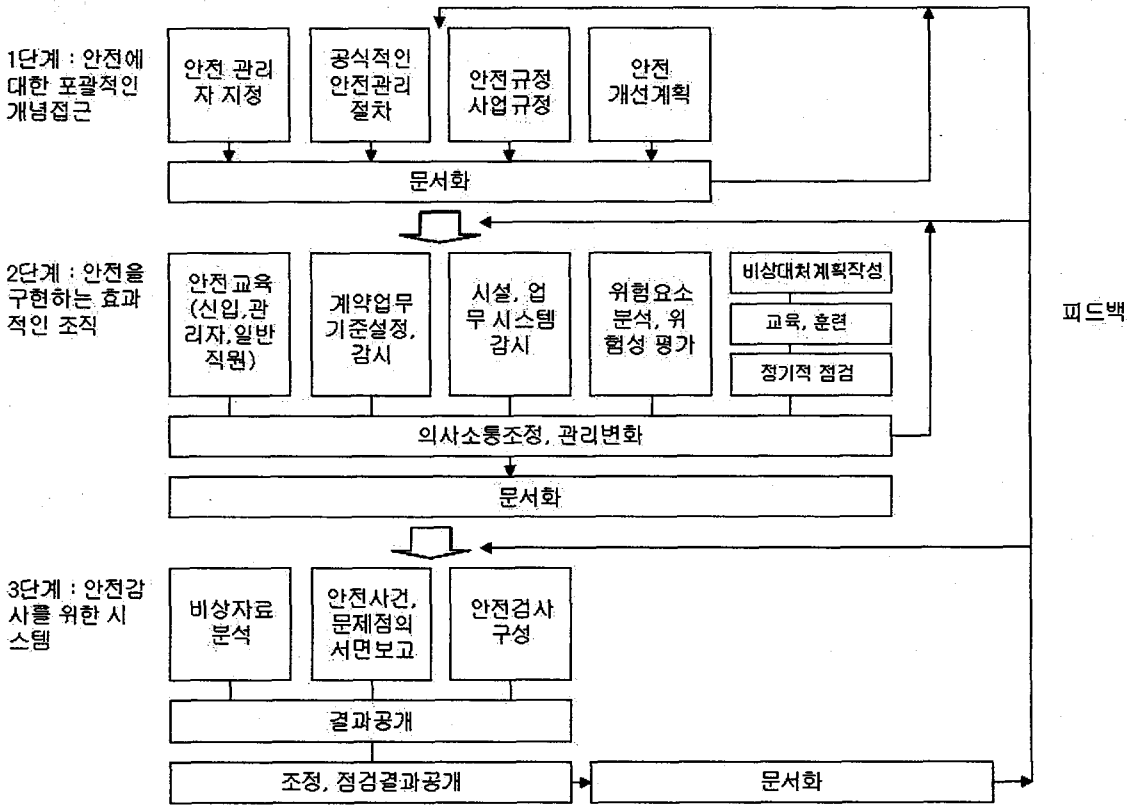
각 국은 지침서를 지정함에 있어, 필요에 따라 지침서를 사업부문(운항, 관제, 공항, 정비) 또는 내용별(안전관리체계 구성, 안전관리체계 평가)로 작성하였다. 지침서는 의무규정이 아닌 권고로서 각 사업장이 자율적으로 시행할 수 있도록 하였다. 캐나다와 미국은 감사지침서가 없는 상태이며, 영국과 호주만이 감사지침서를 구성하였다.

<표 3-11-6> 항공 산업의 안전관리규정과 특징

제정 년도	국가	제정 기관	공항인증 관련법	관련 지침서	특징
2002년	영국	CAA / SRG	CAP 168	CAP 726 CAP 712 CAP 730	- CAP 726은 안전관리체계의 개발과 감사에 관한 지침서 - CAP 712는 상업항공운영에 대한 안전관리체계 - CAP 730은 항공교통관리에 대한 안전관리체계
2002년	캐나다	TCCA	CARs Part Ⅲ	TP 13739 TP 13881 TP 13095	- 안전관리체계의 개요 - 안전관리체계 매뉴얼 - 위험성관리와 의사결정
2002년	호주	CASA	CASR Part 139	AC 139-16(0) AC 119-270	- AC 133-16(0)은 공항안전관리체계 - AC 119-270은 항공안전관리체계 • 2003년 호주항공법 수정안 139.250에 ICAO 공항인증과 관련된 공항안전관리체계 구축을 명시 • 139.900에 항공 업무에 대한 안전관리체계 구축을 명시

영국

<그림 3-11-9>은 영국 항공의 안전관리체계이다.



<그림 3-11-9> 영국 항공 안전관리체계

○ 구성요소

안전관리체계를 도입하게 되는 조직의 경영자를 지침하기 위해 4가지 요소(안전관리정책 및 전략, 안전보장문서(SAD; Safety Assurance Document), 위험성 평가방법, 조직의 안전검사)를 중심으로 권고하였다.

영국의 안전관리체계는 크게 정책, 조직, 계획을 수립하는 1단계, 조직과 안전관리 절차를 운영하게 되는 2단계, 안전관리를 점검하고 분석하는 3단계로 구성된다. 안전의 위험평가기준을 권고하고 있으며 평가지침서인 CAP 726에서는 감사에 관한 사항들을 명확하게 지정하였으나 공항의 규모 운영의 복잡성에 따라 달라질 수 있는 조직이나 보고체계, 교육훈련에 대한 기준을 제시하지 않음으로써 CAP 728과 마찬가

지로 운영의 규모와 복잡성이 서로 다른 조직에서도 적용할 수 있도록 하였다.<그림 3-11-10>

○ 타 분야와의 협력

영국은 안전관리체계(SMS)와 관련한 안전규정의 제정, 안전관련 활동, 조사검사에 대해 민간항공청(CAA UK)과 산업안전보건청(HSE)간 협정서 (1998년)를 교환하여 공동의 노력을 기울이고 있다.

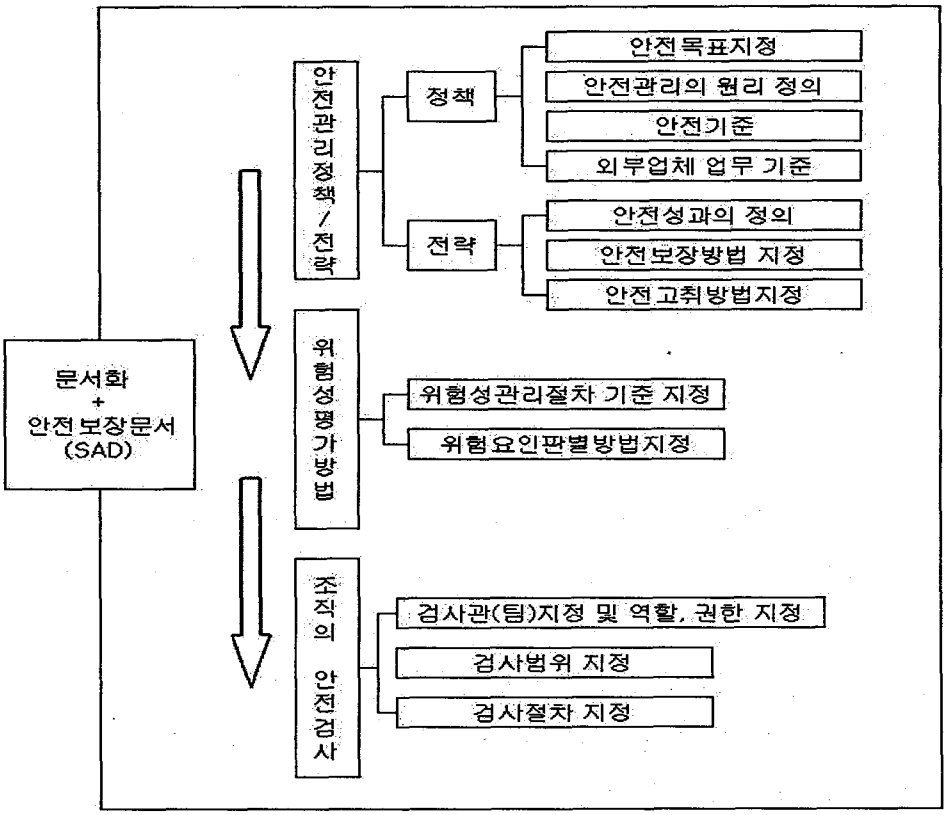
○ 위험성 평가기준

영국은 위험성 평가기준으로서 발생가능성 5단계, 심각도 4단계, 위험성 3단계로 구분한 JAR(Joint Aviation Requirements)25를 활용하도록 권고하고 있다.

○ 지침서 구성

안전관리 도입지침서(CAP 728), 평가지침(CAP 726)을 개발하여 배포하고 있으며, 이외의 다음과 같은 관련 법률 및 지침을 지속적으로 개발하고 있다.

- CAP 168 (공항인증, Licensing of Aerodromes)
- CAP 642 (에어사이드 안전관리, Airside Safety Management)
- CAP 700 (안전운영자격, Operational Safety Competences)
- CAP 712 (상업항공운영에 대한 안전관리체계)
- CAP 726 (공식적 안전관리체계에 대한 개발과 검사 지침서)
- CAP 728 (공항과 항공교통관제기관의 안전관리체계의 개발 지침서)
- CAP 729 (공항개발 지침서)
- CAP 730 (항공교통관제에 대한 안전관리체계)



<그림 3-11-10> 영국 CAP 728의 공항안전관리체계 구성

○ 영국의 공항안전관리체계의 특징

공항안전관리체계의 절차와 구성요소를 4가지 구성요소로 지정하였다.

- 안전관리정책과 전략
- 안전보장 문서(SAD)
- 위험성 평가방법
- 조직의 안전검사

○ 공항안전관리체계의 이해를 위한 지침서(CAP 728)와 검사를 위한 지침서(CAP 726)를 구분해 지정하였다.

○ 안전관리절차(위험요인판별, 위험성분석, 안전관리)의 기준으로 JAR (Joint aviation Requirements)을 사용하였다.

○ 검사관(팀)지정, 검사범위, 검사절차 등에 관한 사항들을 명확하게 지정하였다.

○ 공항의 규모, 운영의 복잡성에 따른 예외적 조건의 명시가 없다(조직이나 보고체계, 교육훈련에 대해 기준 제시 없음). 즉, 조직구성을 제한하지 않아 각 조직에 적절한 SMS를 구성할 수 있도록 하였다.

호주

○ 구성요소

안전관리체계의 도입을 위해 단순화된 8단계의 구성을 지니고 있다. 또한 지침서 구성에 있어 도입자가 원리를 쉽게 하고 적용하기 위해 구성요소들을 단계적으로 설명하고 있으며, 안전관리체계의 원리와 구성을 위한 지침서인 AC 139-16(0)은 영국과 달리 평가와 감사에 대한 내용도 통합되어 구성되어 있다. 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)를 위해 서 사용하는 위험성 평가기준으로 호주 / 뉴질랜드 표준(AS/NZS)을 사용 중이다.

○ 위험성 평가기준

- 위험관리절차로서 호주/뉴질랜드 표준(AS/NZS)를 사용하길 권고.
- 호주/뉴질랜드 표준은 심각도와 발생가능성을 각각 5단계로 구분하고 이를 조합하여 위험성을 4단계(매우 높은 위험성, 높은 위험성, 보통 위험성, 낮은 위험성)로 구분하였다

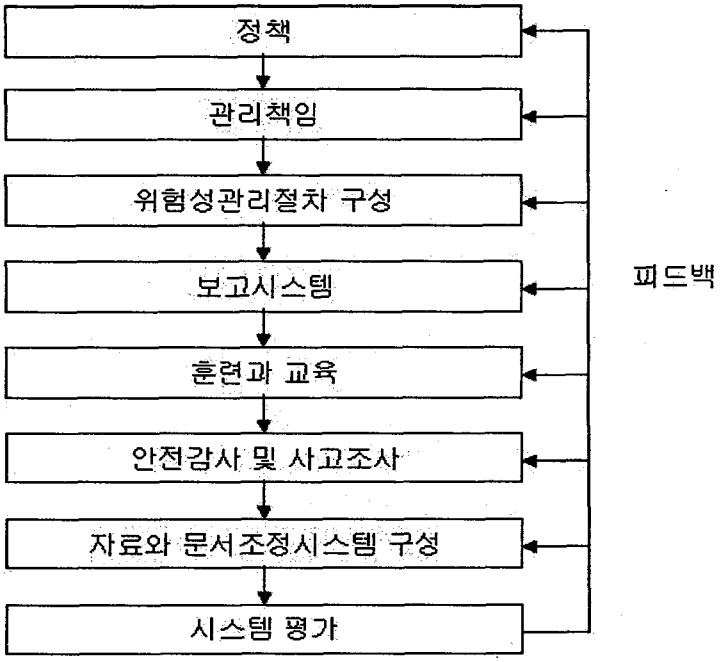
○ 호주 공항안전관리체계의 특징

- 법령(CASR)에 안전관리체계에 대한 명시가 적다.
- 안전관리체계의 도입을 위해 단순화된 8단계의 구성을 제시하였다.
- 안전관리체계 지침서와 평가/검사 지침서를 AC 139-16(0)에 통합하여 발간하였다.
- 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)를 위해서 호주/뉴질랜드 표준(AS/NZS)을 사용하고 있다.

○ 안전관리체계의 검사와 평가를 위한 점검 내용은 있지만, 검사관의 구성이 나,

검사절차, 검사 시기에 관한 언급이 없다.

<그림 3-11-11>은 호주 항공 안전관리체계 이다.



<그림 3-11-11> 호주 항공 안전관리체계

캐나다

○ 구성요소

공항안전관리체계에 관한 원리와 구성요소, 절차에 대하여 지침서를 구성하지 않고 법령에 제시하였기 때문에 안전관리체계 도입을 위한 지침서에는 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)와 의사결정 절차에 중점을 두어 설명하고 있다. 조직구성이나 안전관련 규정보다 안전관리절차를 강조한 캐나다의 안전관리체계는 미국의 시스템안전과 안전관리체계의 중간 형태로 볼 수 있다. 안전관리절차에 사용하는 위험평가기준으로는 캐나다 표준인 Q850의 위험성 평가기준을 사용하며, 공항, 관제, 정비 분야를 나누어 지침서를 별도로 구성하지 않고 있다.

○ SMS 인증단계

캐나다는 SMS를 다음과 같이 3년에 걸쳐 순차적으로 도입하고 있다.<표 3-11-7>

<표 3-11-7> SMS 인증단계

법령발효 일자	1단계	2단계	3단계	4단계
	+90일4단계	+1년	+2년	+3년
	최초 인증+3년	1년차	2년차	3년차

- 1단계 : 최초 인증

SMS 규정이 공표된 후 3개월 이내에, 최초 인증을 위해 캐나다 교통성에 다음의 사항 제출이 필요하다.

책임 있는 경영자의 성명 : SMS 시행의 책임을 가진 자의 성명

책임 있는 경영자가 승인한 시행 확인서

조직의 기존 시스템과 SMS 규정의 요구조건과 차이점을 분석한 서류.

면제 요구조건에 기초한 조직의 도입시행계획 문서와 인증 소지자 내부의 최초 차이분석.

- 2단계 : 1년차 시행

인증 소지자는 다음의 요소들을 포함하는 시스템을 제시하여야 한다.

문서화된 안전관리계획

SMS 필요요소들과 관련된 문서화된 정책과 절차

교육훈련, 자료의 수집, 저장, 배포 방법과 위험성 관리절차와 같은 지원 요소와 연관된 보고절차

- 3단계 : 2년차

인증 소지자는 2단계에서 시범한 요소들에 추가하여 사후 위험요소 판별 절차와 자료의 수집, 분석, 배포 방법과 위험성 관리 절차에 관한 절차를 갖추어야 한다. 필요요소는 다음과 같다.

- 문서화된 안전관리 계획
- 문서화된 정책과 절차
- 보고와 교육의 순환절차
- 위험요소의 사후 판별절차

- 4단계: 3년차

인증 소지자는 2-3단계에 추가하여 다음을 갖추어야 한다.

- 교육훈련
- 품질 보증
- 비상대처 준비

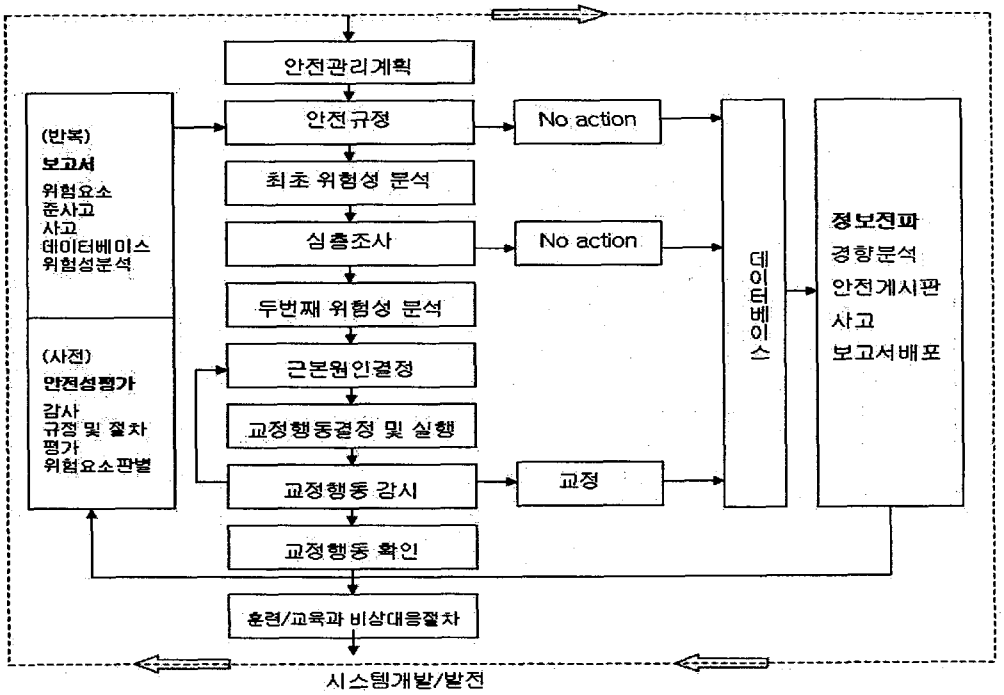
○ 캐나다 공항안전관리체계의 특징

- 공항안전관리체계에 관한 원리와 구성요소, 절차는 법령에 명시하였다.
- 안전관리절차(위험요인판별, 위험성평가, 안전관리)와 의사결정 절차에 중점을 두어 설명한 지침서를 발간하였다.

○ 캐나다 표준인 Q850의 위험성 평가기준을 사용하기를 권고하고 있다.

○ 안전관리체계의 세부적인 도입 시기와 연차적 계획은 수립하였지만, 법령에 도입하지 않았다.

<그림 3-11-12>는 캐나다 항공 안전관리체계 이다.



<그림 3-11-12> 캐나다 항공 안전관리체계

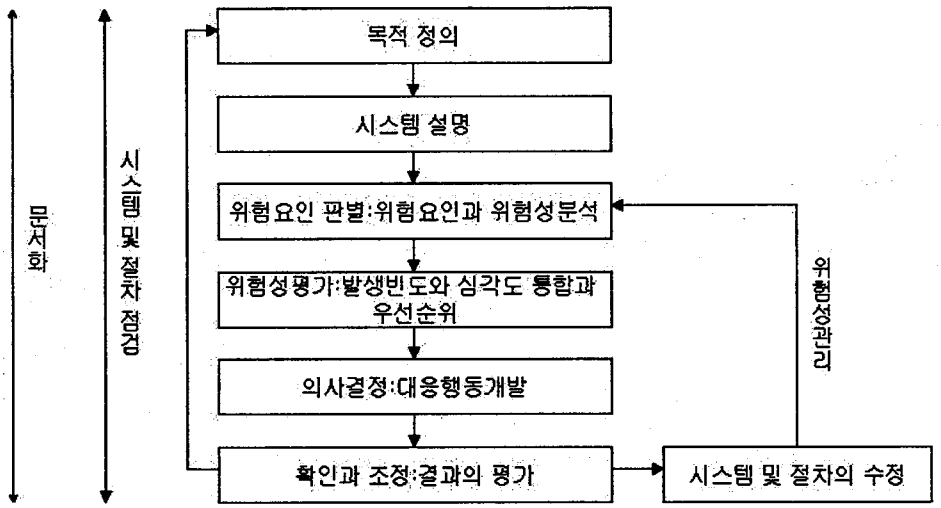
미국

○ 구성요소

미국은 안전관리체계와 유사한 개념으로 NAS(국가공역체계)에 초점을 둔 시스템 안전관리에 대한 지침서를 개발하였다.(FAA System Safety Handbook, 2000) 시스템안전관리는 안전관리체계의 안전관리절차 부분의 내용과 유사하며, 표준화가 어려운 경영적 측면이나 조직구성의 측면보다는 위험성평가와 의사결정 절차에 대해 각 시스템(상위, 하위)의 성격에 맞추어 여러 가지 방법론과 절차를 공학적 측면으로 접근하여 표준화 정도를 높였다.

미국 관련 법령에는 안전관리체계가 명시되어 있지 않으나, 중장기 정책계획인 Flight Plan 2004~2008에서는 항공교통관제 부문에서 ICAO의 안전관리체계 기준을 시스템안전에 적용하여 시행할 방침을 가지고 있다.

<그림 3-11-13>은 FAA의 안전관리체계이다.



<그림 3-11-13> FAA 안전관리체계

우리나라

○ 구성요소

국내의 안전관리체계의 경우 2005년 2월 '항공법 제111조 공항운영증명'에 의거해 개정된 공항안전운영기준에 안전관리체계 도입을 명시하였다. 공항안전운영기준에 명시된 안전관리 체계는 8가지의 구성요소를 지니고 있다.

○ 경영진참여

경영자의 책임과 역할을 지정함으로써 시작되며, 경영자의 안전에 관한 인식과 의지를 전 직원에게 알려 참여를 유도하도록 적절한 문서에 경영자의 책임과 역할을 명시하여야 한다. 경영자의 인식 전환이 중요하다.

○ 안전관리방침

운영자가 안전 목표를 정의하고, 수립하여 이를 달성하기 위한 전략과 세부계획을 수립하는 것이다. 안전관리방침은 조직 내에서 명확히 수립되고 전파 될 수 있도록 문서화하여 조직의 안전관리가 지속적으로 개선되도록 명확한 목표와 성과를 지정해 효과적인 안전관리절차나 위험성평가를 수행할 수 있도록 수립되어야 한다.

○ 조직구성

조직의 규모에 적절한 안전관리담당자 또는 안전관리조직을 지정하고, 이에 관한 세부 역할, 임무, 책임을 지정해야 하고, 조직구성에 있어 가장 중요한 점은 안전관리조직이 실무부서나 상급자의 간섭을 받지 않고 중립적으로 업무를 수행 할 수 있도록 해당 안전관리조직과 안전관리자의 책임과 업무를 명확히 보재해주는 구조를 가져야 한다. 조직구성은 보고 체계와 동시에 구축되고 활용되어야 한다. 효과적이지 못한 조직구조는 보고체계의 혼란이나 비효율을 유발할 것이며, 경영진의 의사결정 지연이나 보고정보의 왜곡과 같은 결과를 초래 할 수 있다.

○ 안전관리절차 및 실행

각 작업장에서 실행되며 실무에서 가장 중요한 요소이다. 안전관리절차는 위험성 평가, 비상대응체계 구축, 교육 및 훈련, 자격관리 등의 방법으로 실행되게 되며, 이 중 가장 중요한 위험성 평가는 사전적으로 잠재된 위험요인을 찾아, 위험성을 분석

하고, 위험성이 높다고 결정되면, 의사 결정하여 대응하는 체계적인 절차이다.

일반적으로 잠재위험요인을 체크리스트, 전문가 설문, 브레인스토밍 등의 방법으로 찾아내고, 이를 발생빈도와 심각성에 따라 분류한 후 위험정도를 분석하게 된다. 분석된 위험정도는 의사결정과정을 거쳐 대처방안을 시행하게 된다. 안전관리절차는 시행되면서 문서화 되어야 하고, 위험정보자료는 데이터베이스화하여 활용하여야 한다.

○ 보고체계 설침 및 감시

투명성과 신속성, 편리성의 원칙을 가져야 하며, 정식보고체계는 경영자까지의 투명한 보고가 원칙이며 이를 최대한 보장할 수 있어야 한다. 비공식적 의사소통체계는 신속하고, 원활하게 모든 안전정보에 관한 의사소통이 이루어져야 한다.

○ 검사 및 점검

안전관리시스템을 평가하고 분석하는 단계로 감사계획, 감사실행, 보고서 작성의 순으로 시행된다. 감사계획은 감사시기, 감사관, 감사방법 등을 정하고 삼사실행은 업무감사와 문서감사로 이루어지게 되며, 보고서 작성은 문서화를 하는 단계로서 이때 중요한 안전관련 정보는 데이터베이스화하고, 배포하여 안전정보를 활용한다.

○ 경영진 검토

보고체계나 감사의 결과로 보고된 안전관련 문제들에 관하여 경영진이 의사결정하여 피드백 하는 단계이다. 안전관련 최종책임은 경영진이 지게 되며 경영진의 결정은 명확히 문서화하며, 안전관련 정보를 직원에게 배포하여 직원들의 안전의식을 고취시켜야 한다.

○ 문서화

안전관리시스템은 모든 단계에서 문서화 과정을 거친다. 필요한 사항이 적절한 문서에 명확하게 명시되어야 하며, 문서를 확인하거나 필요한 경우, 최대한 빨리 찾아 활용할 수 있도록 체계적으로 구축하여야 한다.

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 국내외 철도 안전관리 체계 비교

국내외 철도 안전관리에 대한 관계 법령과 SMS Manual등을 관계법령, 구성요소, 그리고 각국의 안전관리체계의 특징은 <표 3-11-8>과 같다.

<표 3-11-8> 국내외 철도안전체계 비교

	국내		해외		
	국가	운영사 (철도공사)	캐나다	영국	호주
관계법령	철도안전법	안전관리규정	RAILWAY SAFETY ACT.	UK RAILWAY ACT.	AS 4292:1995
구성요소	1.국가안전방침 2.국가안전목표 3.철도안전종합계획 4.철도시설안전 5.철도차량안전 6.전문인력 양성 및 수급관리 7.교육훈련 8.사고보고/조사 및 처리	1.경영지침화 2.안전목표수립 3.철도종합안전계획 4.비상대응계획 5.철도시설안전 6.철도차량안전 7.전문인력양성 및 수급관리 8.교육훈련 9.사고보고/조사및 처리	1.안전정책 2.책임과 권한 할당 3.근로자참여 4.연간안전목표 및 안전우선순위 5.안전성능 데이터 수집 및 분석	1.안전정책 2.예비안전계획 3.위험원로그작성 4.위험원도출및분석 5.리스크평가 6.안전요구사항작성 7.안전계획준비 8.안전계획실행	1.안전정책 2..안전목표설정 3.책임과권한할당 4.위험과사고관리 5.교육훈련 6.공학적운영관리 7.자료및정보관리 8.프로세스실행 9.성과측정

		10.열차운행 및 철도보호 11.철도운영 및 시설안전점검 12.위험도분석 및 평가 13.안전홍보	6.사건 및 상황보고 조사 및 분석 7.규정,규칙,지시사항의 준수 8.안전감사 및 평가 9.교정 조치 개발, 승인 및 모니터링 10.리스크관리절차 11.리스크관리전략 12.기술교육 및 감독	9.안전평가위임 10.종합안전대책기술서준비 11.안전책임이양	10.안전효능분석 11.수정/보완 12.프로세스감사 13.요구사항재검토 14.외부감사 15.재검토
특정	-철도법령, 안전기준에 관한 규칙, 제작검사, 성능시험에 관한 지침 등 81개 조항 및 부칙으로 구성되어 있다. -철도안전종합계획(매5년) 및 시행계획(매년)을 수립하고 있다 -철도차량운전면허제 도입 및 운전업무 관제업무종사자 자격기준을 지정하고 있다. -열차 내 위험물 및 보호 지구안 에서의 행위 수송관련 세부기 준을 제시되어 있다	-철도안전관련법 제7조 및 소방관련법령에 의한 한국철도공사의 철도 및 소방안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 .보여 주고 있다	-위험도 분류기법을 사용하 여 발생빈도 및 심각도를 정성적 또는 정량적으로 평z가하여 관련위험도가 수용 가능한지, 경감하여 수용가능 한지, 또는 수용불가능한지 평가한다. -캐나다 철도의 안전관리 시스템의 주요 구성요소 및 이들간의 관계가 보정 피드 백 루프를 보여주고 있다.	-영국의 철도 안전관리는 철도안전규정에 의한 지배를 받아 기반구조물 관리자는 당국에 SAFETY CASE를 제출 승인 받아야 한다. (3년 주기) -위험성평가를 위한 방법론으로 ALARP 원칙을 적용하고 있다.	-호주에서 철도 소유자와 운영자에 대한 종합적인 안전 승인 계획의 개발, 실행 및 관리는 국가기준 AS4292에 기초하여 철도안전법 1996에 따라서 시행된다.

(2) 국내외 철도 안전관리 체계 비교 결과

<표 3-11-9>는 안전관리체계 비교 결과 이다.

<표 3-11-9> 국내외 철도 안전관리 체계 비교 결과

SMS 구현 단계	SMS general components	국 외			국 내	분석결과
		영국	호주	캐나다		
안전에 대한 개념 수립단계	1.안전정책	○	○	○	○	-안전을 향상 시키는 것을 최우선으로 하는 안전에 대한 계획 수립단계에서는 국외 철도 정책과 크게 다르지 않았으나 시스템 시행단계와 검토 및 평가 시스템 구현 단계에서 상이한 부분과 벤치마킹 할 부분이 나타났다. 대표적인 부분이 위험도 분석과 외부감사 시스템이다.
	안전 시스템 시행단계	○	○	○	○	
	안전 검토 및 평가 단계	○		○		
	3.안전조직구성	○	○	○	○	
안전 시스템 시행단계	4.차량 안전관리	○	○	○	○	
	5.시설 · 안전관리	○	○	○	○	
	6.교육 훈련	○	○	○	○	
	7.위험도 분석	○	○	○		
	7-1.위험도 측정 방법	○	○	○		
	7-2.위험도 관리 전략	○	○	○		
	8.연구 및 기술개발				○	
	9.사고보고/조사 및 처리	○	○	○	○	
	10.자료 및 정보관리	○	○	○		
	10-1.안전성능 데이터 수집 및 분석	○	○	○		
	11.비상대응계획	○	○	○	○	
	12.종사자 안전관리	○	○	○	○	-
	13.전문인력양성 및 수급관리				○	
	14.안전홍보				○	
안전 검토 및 평가단계 시스템 구현단계	15.안전감사 및 평가	○	○	○	○	
	16.교정 및 모니터링	○	○	○		

(3) 국내 철도 안전관리와 타 산업 (항공분야)의 안전관리 비교

국내외 철도 안전관리와 타 산업 안전관리 체계에 대한 관계 법령과 SMS Manual등을 관계법령, 구성요소, 그리고 각국의 안전 관리체계의 특징은 <표 3-11-10>과 같다.

<표 3-11-10> 국내 철도 안전관리와 타 산업 (항공분야)의 안전관리 비교

	국내		타 산업	
	국가	운영사 (철도공사)	항공	
			영국, 미국, 캐나다, 호주	
관계법령	철도안전법	안전관리규정	영국 CAP 728,726,168,642,700,712, 726,728,729,730 미국 FAA ORDER 8040.4(1998) 호주 AC 139-16(0) 캐나다 TP 13739, TP 13881, TP 13095	
구성요소	1.국가안전방침 2.국가안전목표 3.철도안전종합계획 4.철도시설안전 5.철도차량안전 6.전문인력 양성 및 수급관리 7.교육훈련 8.사고보고/조사및 처리	1.경영지침화 2.안전목표수립 3.철도종합안전계획 4.비상대응계획 5.철도시설안전 6.철도차량안전 7.전문인력양성 및 수급관리 8.교육훈련 9.사고보고/조사및 처리 10.열차운행 및 철도보호 11.철도운영 및 시설안전점검 12.위험도분석 및 평가 13.안전홍보	영국 1.안전관리자지정 2.안전관리절차 3.안전규정사업규정 4.안전개선계획 5.문서화 6.안전교육 7.계약업무기준설정,감시 8.시설업무시스템감시 9.위험요소분석,위험성평가 10.비상대처계획작성 11.교육훈련 12.정기적점검 13.의사소통조정,관리변화 14.비상자료분석 15.안전사건,문제점의 서면보고 16.안전검사구성 17.결과공개	미국 1.목적정의 2.시스템설명 3.위험요인 판별 4.위험성평가 5.의사결정 6.확인과조정 7.문서화 8.시스템 및 절차의 점검 캐나다 1.안전관리계획 2.안전규정 3.최초위험성분석 4.심층조사 5.위험성분석 6.근본원인결정 7.교정행동결정 및 실행

			18.조정 점검결과공개 19.피드백 **호주** 1.정책 2.관리책임 3.위험성관리절차 4.보고시스템 5.훈련과교육 6.안전점검 및 사고조사 7.자료와 문서조정 시스템구성 8.시스템 평가	8.교정행동감시 9.교정행동확인 10.훈련/교육과 비상대응절차 11.정보관리 12.안전성평가 13.보고서작성
특징	-철도법령,안전기준에관한 규칙, 제작검 사, 성능시험에 관한 지침등 81개조항 및 부칙으로 구성되어 있다. -철도안전종합계획(매5년) 및 시행계획(매년)을 수립하고 있다 -철도차량운전면허제 도입 및 운전업무 관제업무종사자 자격기준을 지정하고 있다. -열차내 위험물 및 보호지구안에서의 행위 수송관련 세부기준을 제시되어 있다	-철도안전관련법 제7조 및 소방관련법령에 의한 한국철도공사의 철도 및 소방안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 보여주고 있다	**영국** -안전관리체계의 절차를 안전관리정책과 전략,안전보장문서,위험성평가 방법,조직의안전점검의 4가지 구성요소로 구성 -안전관리체계를위한 지침서와 검사를 위한 지침서를 구분해 지정 -검사관지정,검사범위,검사절차등에 관한 사항들을 명확하게 지정하였다. **호주** -안전관리체계의 검사와 평가를 위한 점검내용은 있지만 검사관의 구성이나 검사절차,검사시기에 대한 언급은 없다. -안전관리절차를 위해서 호주/뉴질랜드 표준을 사용하였다. -안전관리체계 지침서와 평가/검사 지침서를 AC 139-16(0)에 통합하여 발간 **미국** -NAS에 초점을 둔 시스템안전관리는 위험성평가와 의사결정절차에 대해 각 시스템의 성경에 맞추어 여러 가지 방법론과 절차를 공학적 측면으로 접근하여 표준화 정도를 높였다. **캐나다** -안전관리체계에 관한 원리와 구성요소,절차는 법령에 명시하였다. -안전관리절차와 의사결정 절차에 중점을 두어 설명한 지침서를 발간하였다 -캐나다 표준인 QS850의 위험성 평가기준을 사용하기를 권고하고 있다. -안전관리체계의 세부적인 도입시기와 연차적 계획은 수립하였지만 법령에 도입하지 않았다.	

(4) 국내 철도 안전관리와 타 산업(항공분야)의 안전관리 비교결과

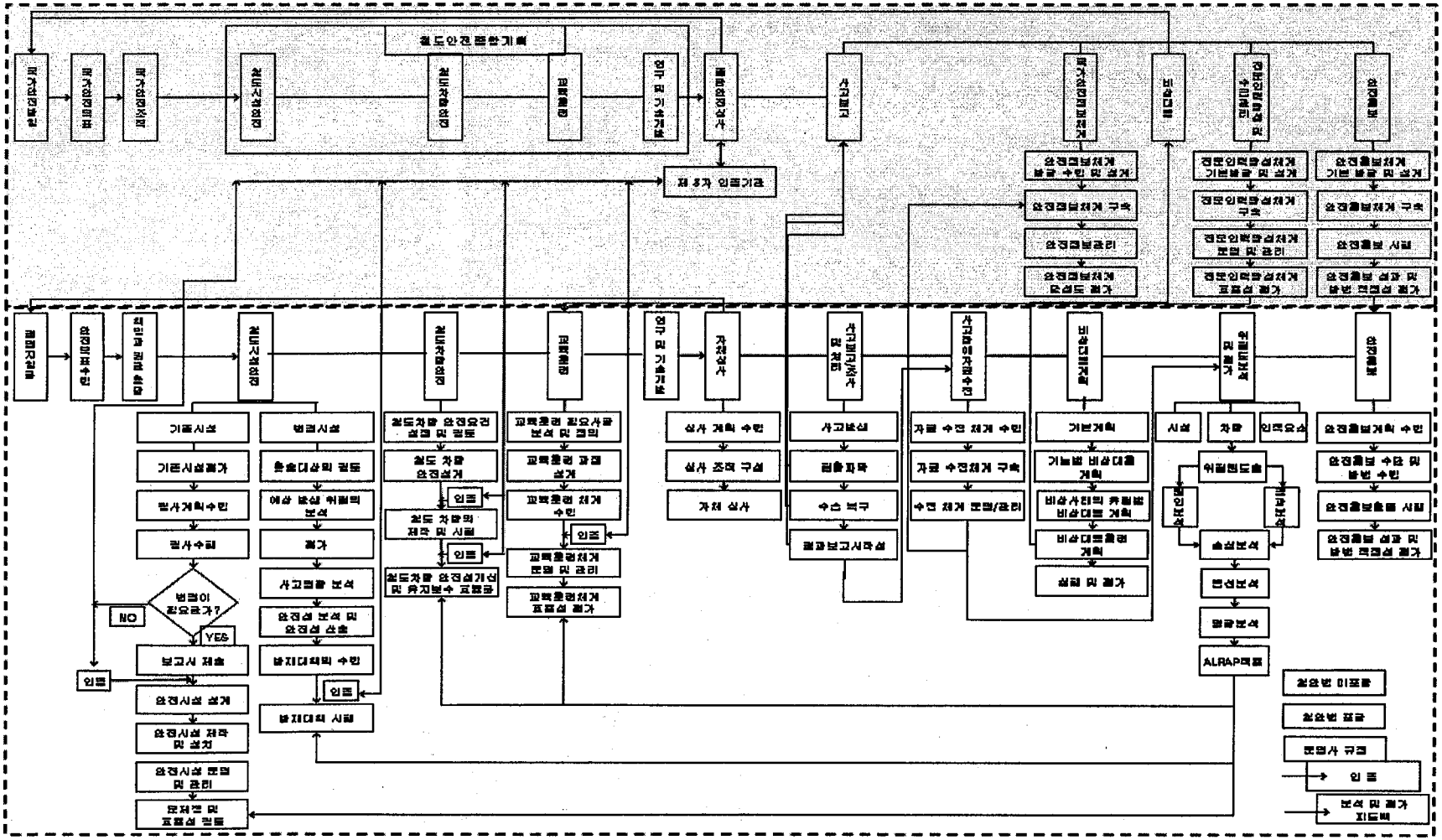
<표 3-11-11>은 국내 철도 안전관리와 타산업의 안전관리 비교결과이다.

<표 3-11-11> 국내 철도 안전관리와 타산업의 안전관리 비교결과

SMS 구현 단계	SMS general components	국 외				국 내	분석결과
		영국	호주	캐나다	미국		
안전에 대한 개념 수립단계	1.안전정책	○	○	○	○	○	-사고보고/조사 및 처리 단계는 타산업과 국내 안전관리 체계 모두 요구사항으로 포함하고 있지만, 타산업의 경우 국내 철도 안전관리체계와 비교 시 중요성의 더 높은 결과가 나왔다.
	2.안전목표설정	○	○	○	○	○	
	2-1.안전우선순위						
	3.안전조직구성	○				○	
안전 시스템 시행단계	4.차량 안전관리					○	
	5.시설 · 안전관리	○				○	
	6.교육 훈련	○	○	○	○	○	
	7.위험도 분석	○	○	○	○		
	7-1.위험도 측정 방법	○	○	○	○		
	7-2.위험도 관리 전략	○	○	○	○		
	8.연구 및 기술개발				○	○	
	9.사고보고/조사 및 처리	○	○	○	○	○	
	10.자료 및 정보관리	○	○	○	○		
	10-1.안전성능 데이터 수집 및 분석	○	○	○	○		
	11.비상대응계획	○		○		○	
	12.종사자 안전관리	○	○	○	○	○	
	13.전문인력양성 및 수급관리					○	
	14.안전홍보					○	
안전 검토 및 평가 단계	15.안전감사 및 평가	○	○	○	○	○	
	16.교정 및 모니터링	○	○	○	○		

(5) 국내 철도 안전관리체계

이상의 국내외 비교연구 및 전문가 평가를 통해 국내 철도 안전관리체계를 다음 <그림 3-11-14>와 같이 제안하였다.



<그림 3-11-14> 국내 철도 안전관리체계

○ <그림 3-11-11>의 Architecture는 국외 철도안전관리체계와 타 산업 안전관리체계를 비교, 분석하여 도출한 국내 안전관리체계 제시안이다.

◎ 국가수준의 안전관리체계와 국가수준의 안전관리체계를 바탕으로 한 운영사수준의 안전관리체도이다.

○ 기존의 철도안전법과 시행규칙 등의 국내 관계 법령의 요구사항 중 중요성에 비해 부족했던 절차를 보완하고, 비교대상과의 비교를 통해 국내에 없는 요구 사항에 대해서는 추가로 국내 실정에 맞게 적용하였다.

○ 안전관리체계 내의 모든 구성요소(인력, 절차, 도구, 장비, 시설, 소프트웨어 ,환경 등)의 관계가 시스템적으로 검토되어야 하며, 모든 필요자료(규정의 효과, 문서화된 목표의 효과 등)는 안전정보체계에 분석 자료로 활용되어야 한다.

○ 오랜 국영화에서 비롯된 안전 규제가 부실하다는데 있고, 대부분 철도 내부훈련으로 추진되고 있다. 따라서 안전관리체계는 보다 안전에 대한 관리를 효과 적으로 규제하고 관리할 수 있는 체계를 구축해야 하며, 규제를 위한 일환으로 안전업무와 안전관리실태에 대하여 정기적으로 점검·평가·인증하는 제3의 조직을 구성하여 안전을 관리할 필요가 있다.

○ 다음으로 안전관리절차가 미흡하다는 것이다. 안전관리절차는 차량·시설관리 , 교육훈련, 비상대응계획, 위험성 평가, 종사자 안전관리 등의 방법으로 진행되고 있으며, 그 중에서 위험성 평가는 안전의 실행에 앞서 사전에 위험의 잠재적 요인을 찾아 위험성을 관리하는 전략중 하나로 우리나라 체계에 맞는 위험성 평가 방법을 도입 할 필요가 있다. 또한 위험성 평가를 통해 도출된 결과를 문서화하여 자료를 데이터베이스화 하여 활용하여야 한다.

○ 철도안전관리체계를 도입·운용하는 운영자는 안전관리방침과 안전 목표에 부합하는 안전관리체계를 시행하고 있는지 자체적으로 심사를 시행하여야 한다. 자체검사는 특정부서나 특정인에게 영향을 받지 않고 독립적으로 시행되어 정확성을 유지해야 한다.

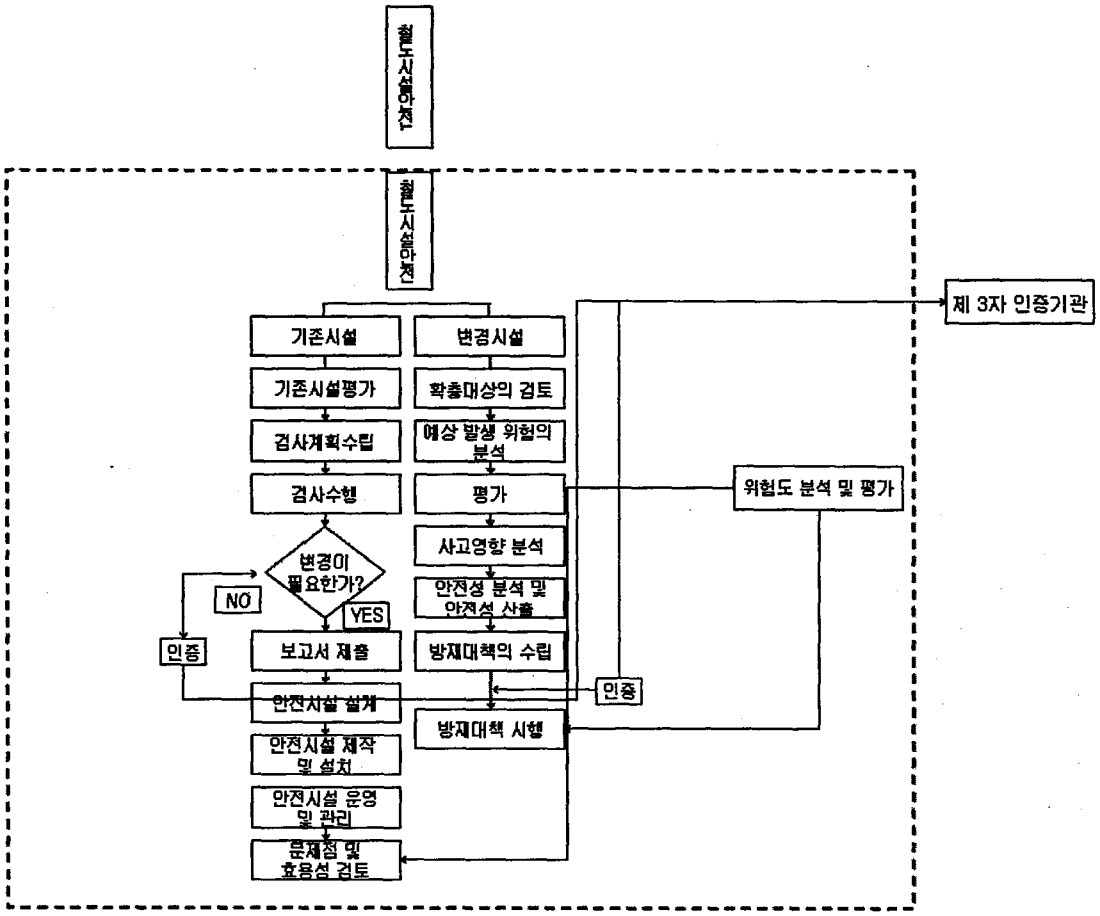
○ 심사는 검사계획, 검사실행, 보고서작성의 순서로 이루어지며, 정기적인 검사를 수행하고, 미비점이나 문제가 발견될 시 추가적인 재검사를 실시하게 된다.

○ 보고체계로 수집된 정보는 지속적으로 감시하고, 문서로 기록·유지하여야 하며, 안전관련 정보를 데이터베이스화 하여야 한다. 또한, 안전관련 정보는 홍보물로 공개하거나 배포하여 유사한 사고·재해를 방지하여야 한다.

○ 외국의 안전관리체계는 공정성과 투명성을 높이기 위하여 운영자와 시설관리자 등에게 안전 목표를 부여하고 안전계획을 승인하는 안전정책국과 안전관리 활동을 점검, 감시하는 안전감독국으로 이원화된 국가 안전관리 전담조직을 운영하고 있다. 감사 및 평가는 안전관리시스템의 조직상의 기능과 요소 그리고 절차가 올바르게 운영되고 있는지를 관리하는 요소이며 시스템에 대한 재검토 요구사항을 파악하여 피드백 될 필요가 있다.

(가) 시설

<그림 3-11-15>는 개선안 중 시설 Architecture 부분이다



<그림 3-11-15> 시설 Architecture

○ 운영사가 수행하는 철도시설 안전부분에 있어 시설의 도입과 변경에 대한 인증 체계를 제시하였다.

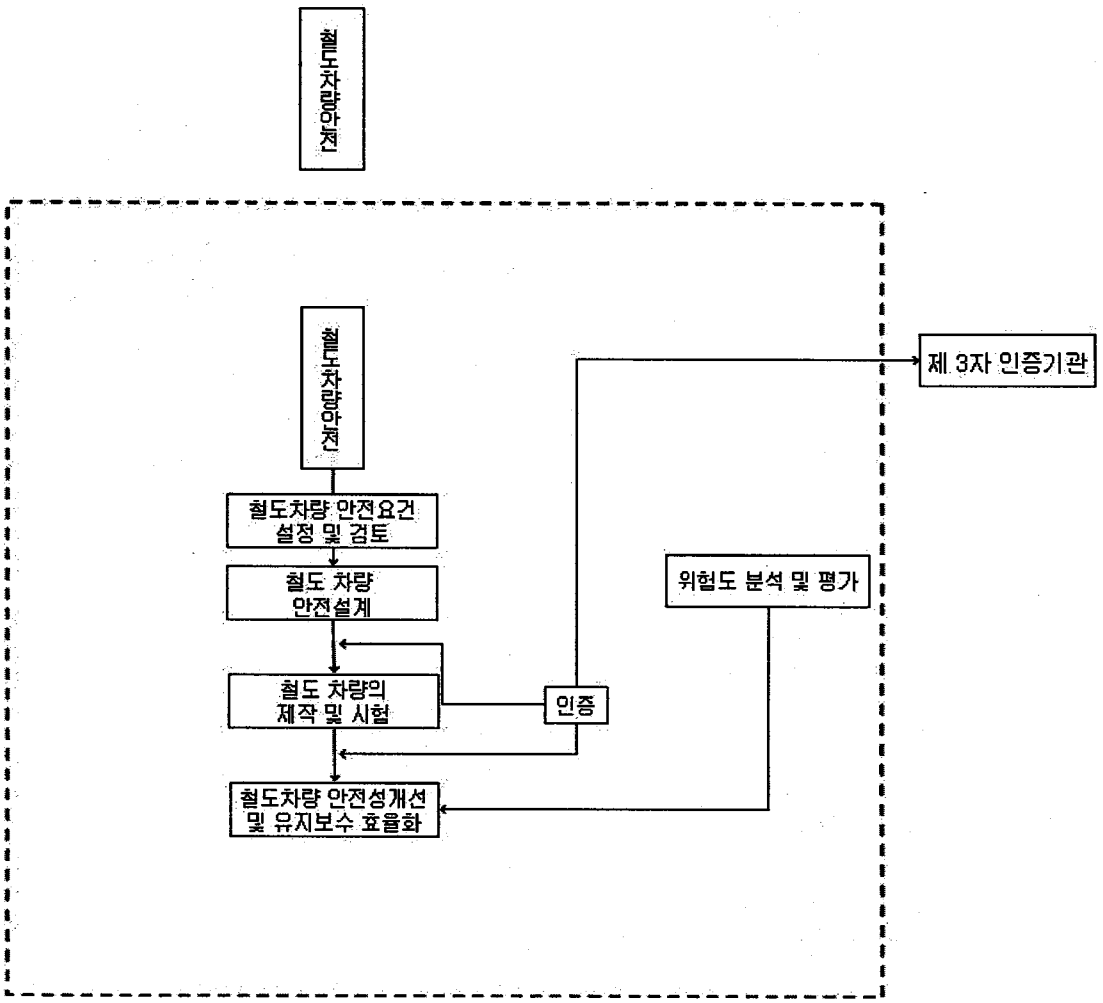
○ 먼저 기존시설에 대해서는 시설에 대한 평가를 위한 계획 수립을 실시하여 시설에 대한 안전사항을 파악한 후 변경이 필요할 시 설계 단계에 들어간다. 설계 단계에서는 외부 인증기관에 인증을 받아야 한다.

○ 시설에 대한 운영 및 관리는 위험도 분석 및 평가를 통해 계획수립과 설계과정에 재 반영되어진다.

○ 변경시설에 대해서는 현 시설에 대한 안전성분석을 통해 수용 가능한 위험성인지 아닌지를 판단하여야 한다. 안전성분석을 통해 산출된 결과를 통해 시설에 대한 방재 대책을 수립하고 시행한다.

(나) 차량

<그림 3-11-16>은 개선안 중 차량 Architecture 부분이다

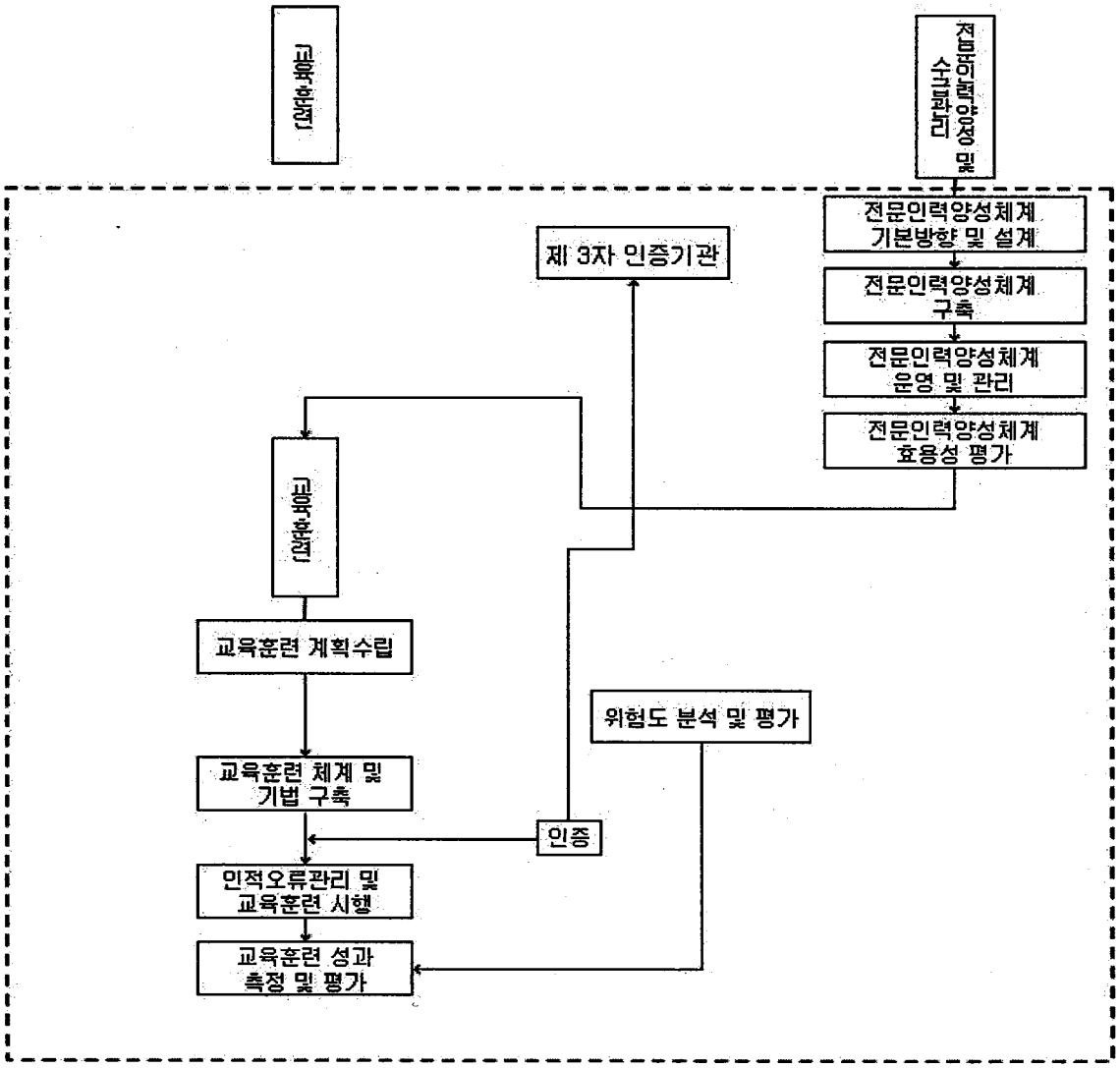


<그림 3-11-16> 차량 Architecture

○ 차량의 안전향상을 위한 철도차량이 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하고 안전성 평가를 하는 단계이다. 차량의 설계과정과 차량의 제작 및 시험과정에서 성능 및 안전성을 확보하기 위하여 인증기관에 인증을 획득해야 한다.

(다) 인력수급 및 교육훈련

<그림 3-11-17>는 개선안 중 인력수급 및 교육훈련 Architecture 부분이다

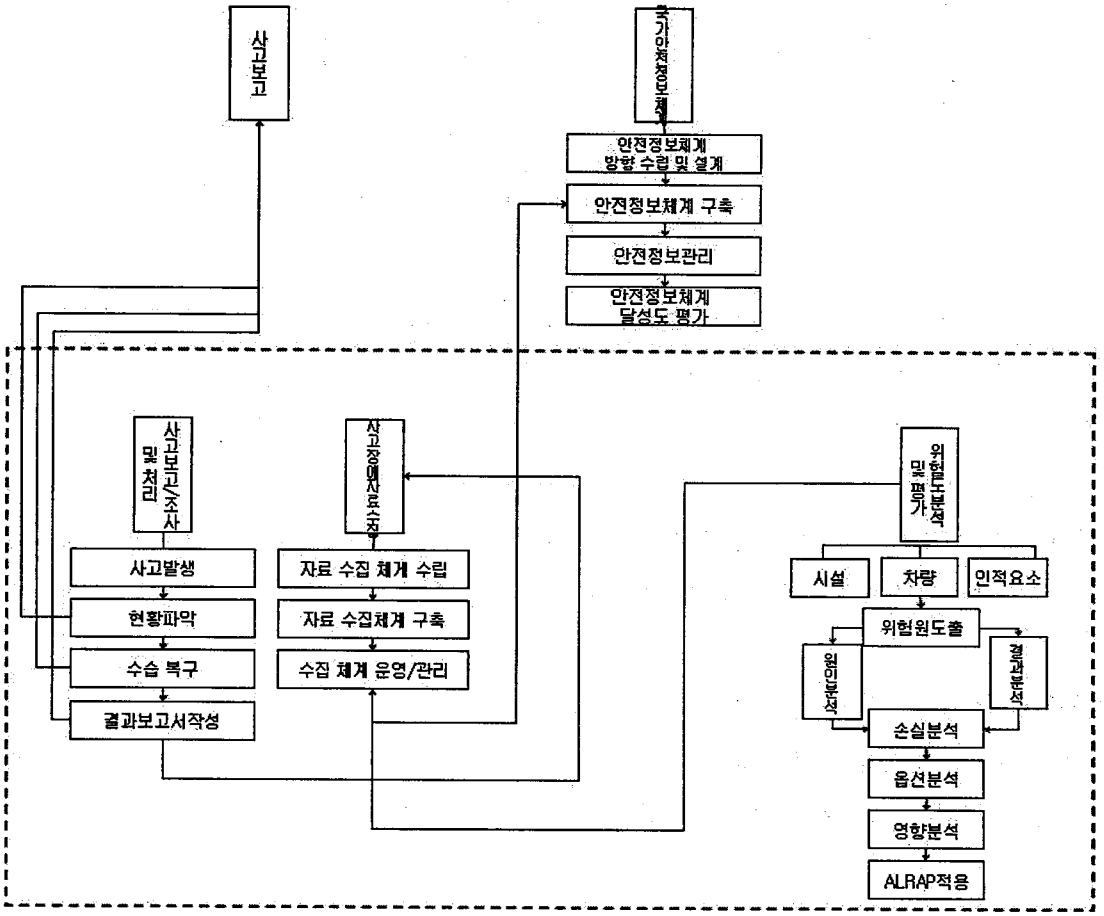


<그림 3-11-17> 인력수급 및 교육훈련 Architecture

○ 교육훈련 계획에 포함되어져야 할 사항으로 교육 목표, 교육의 기본방향, 교육훈련의 기준, 최대교육가능 인원 및 수용계획, 교육과정별 세부계획, 교육시설 및 장비의 유지와 운용계획을 포함하고 교육 훈련 체계 및 기법 구축 단계에서는 실제교육훈련 프로그램을 개발하는 단계이다. 인적오류관리 및 교육 훈련 시행 단계에서는 실제 일반응시자, 경력자의 면허발급, 실무교육, 면허갱신까지의 내용을 포함한다. 측정 및 평가에서 도출된 결과물은 다시 피드백 되어 진다.

(라) 사고자료 수집 / 보고 및 위험도 분석

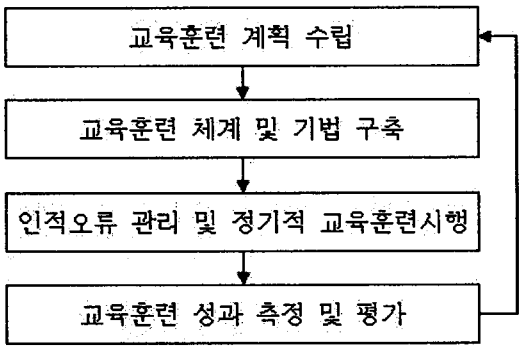
<그림 3-11-18>은 개선안 중 사고자료 수집/보고 및 위험도분석 Architecture 부분이다



<그림 3-11-18> 사고자료 수집 / 보고 및 위험도분석 Architecture

○ 안전사고 발생 시 취해야할 보고, 조사, 처리의 수습단계를 나타내고 있다. 사고에 대한 결과보고서는 위험도 분석 및 평가의 데이터로 쓰이고 국가안전정보체계에 기록된다.

(마) 국내 철도시스템의 교육훈련 체계



<그림 3-11-19> 국내 철도시스템의 교육 훈련 Architecture

<그림 3-11-19>는 교육 훈련에 대한 전체적인 Architecture를 보여주고 있다. 각 단계에 대한 세부적인 Architecture의 내용은 다음과 같다.

○ 교육훈련 계획 수립

교육훈련기관의 장 및 철도운전전문 기관의 장은 매년 10월말까지 다음 연도의 교육계획을 수립하여 건설교통부장관에게 제출해야 한다.

교육훈련 계획에 포함되어져야 할 사항으로 교육 목표, 교육의 기본방향, 교육훈련의 기준, 최대교육가능 인원 및 수용계획, 교육과정별 세부계획, 교육시설 및 장비의 유지와 운용계획, 기타 건설교통부장관이 제시한 사항이 포함되어 야 한다.

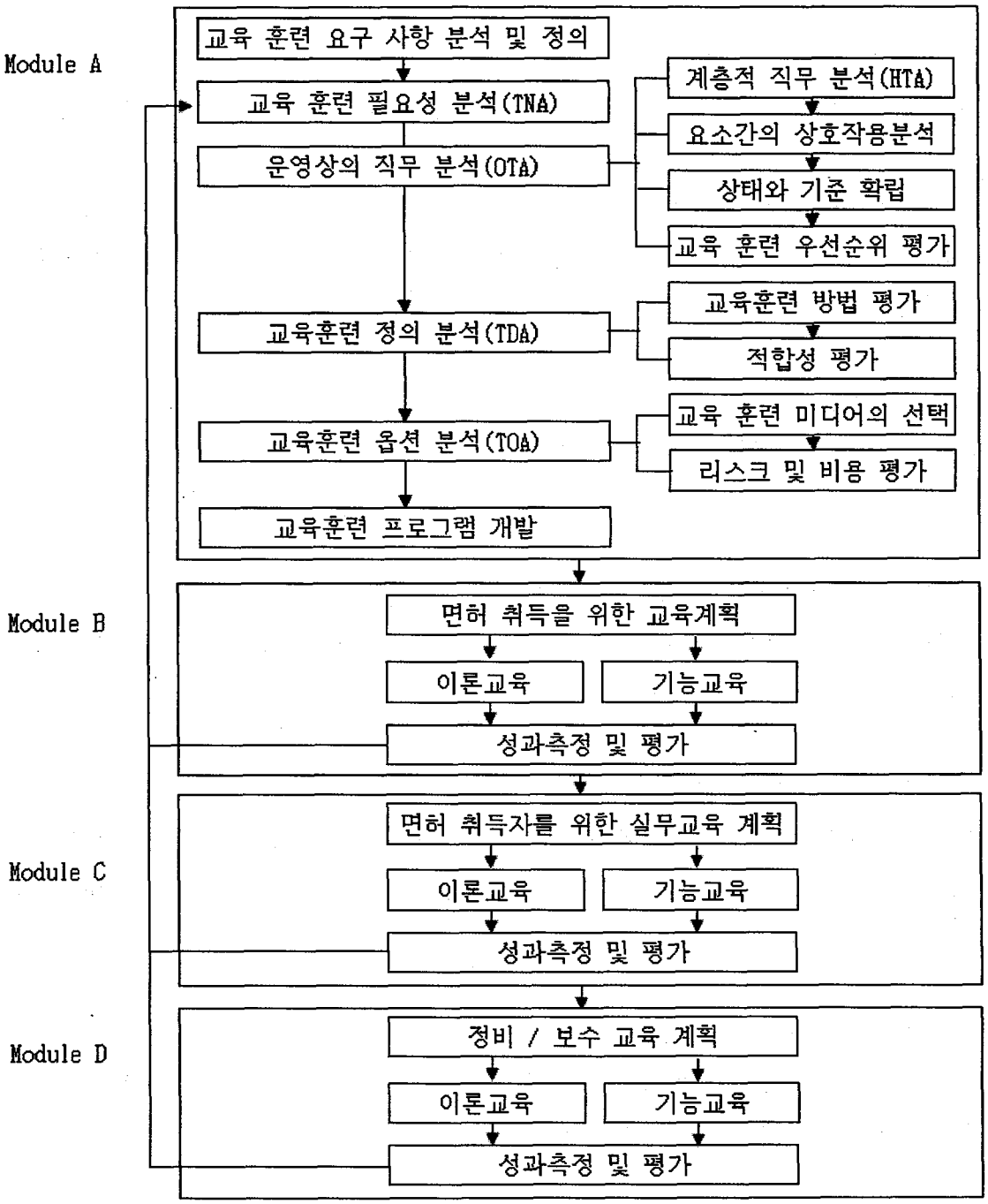
○ 교육훈련 체계 및 기법 구축(Module A)

TNA 기법을 통한 교육훈련 개발 절차로 교육훈련의 요구 사항 및 교육훈련의 정의 분석을 통해 TNA가 수행된다. TNA의 기법의 단계로 운영사의 직무분석(OTA), 교육훈련 정의 분석 (TDA), 교육훈련 정의 분석을 통해 교육훈련 프로그램이 개발된다.

○ 교육훈련 요구사항 분석 및 정의

교육훈련 과정을 계획하기 전에 무엇이 필요로 하고 어떻게 이것이 전달되고 평가되어야 할지를 결정한다.

<그림 3-11-20>은 교육훈련이 프로그램이 개발되고, 수행, 검토 및 평가 피드백 되어지는 과정을 나타낸 것이다.



<그림 3-11-20> 교육훈련 Architecture

○ 교육훈련 필요성 분석(TNA)

개인이나 팀의 교육훈련 요구사항을 확인하고 가장 적합한 방안을 결정함으로써 어떻게 요구사항들을 충족시킬지를 결정한다.

○ 운영상의 직무 분석(OTA)

개인의 직무를 수행하는데 필요한 모든 업무와 하위 업무의 내용을 정하는 것이다.

○ 계층적 직무분석(HTA)

개인이 수행하여야 할 역할, 활동을 정의함으로써 직무수행에 있어 요구되는 활동들을 정의한다.

○ 요소간의 상호 작용 분석

HTA가 완료되면, 직무구성요소들의 원인과 결과를 통해 요소간의 상호작용을 분석한다.

○ 상태와 기준 확립

직무구성요소 각각의 상태에 대한 기준을 확립함으로써 활동수준, 절차 및 정확성과 같은 것들을 확인할 수 있게 한다.

○ 교육훈련 우선순위 평가

운영상의 환경에서 직무를 수행하는데 있어 요구되는 것들을 확인하여, 활동의 난이도, 중요성, 빈도 등을 고려하여 어느 교육훈련들이 우선순위가 되어야 하는지를 평가한다.

○ 교육훈련 정의 분석(TDA)

요구되는 자질에 필요한 배경지식을 정의함으로써 교육훈련 내용 요구사항들을 확인하고, 교육훈련 환경에서 요구되는 충실도, 현실성을 평가한다.

○ 교육훈련 자질 평가

교육훈련에 요구 되는 각각 항목에 대한 자질을 평가한다.

○ 적합성평가

교육훈련에 대한 개개인의 적합도를 평가한다.

○ 교육훈련 옵션분석(TOA)

효율적이고 효과적으로 문제를 해결하기 위한 성과 기준, 이해력, 평가 방법, 교육훈련 요구 사항들을 분석한다.

○ 교육훈련 미디어의 선택

복잡성과 비용 그리고 시간에서 자유로울 수 있고 교육 훈련 문제를 해결하는데 최적의 미디어를 선택 한다.

○ 리스크 및 비용평가

새로운 교육 훈련법에 대한 확실하고 구체적인 리스크와 미디어를 이용함으로써 발생하게 되는 비용을 평가하는 단계

(3) 인적 오류 관리 및 정기적 교육훈련 시행(Module B, C, D)

(가) 철도기관사의 교육훈련

철도운전면허제도는 국가가 통일적인 기준을 세워 운전면허를 부여, 체계적으로 인적요소를 관리하고 기관사의 자질 향상과, 기관사의 과실로 인한 철도사고를 최소화 시키기 위함이다. 이러한 철도면허제도와 함께 인적 오류를 최소화하기 위해 교육훈련의 방법과 기간을 정의하였다.

① 국내 철도운전면허의 종류

- 고속철도차량운전면허 : 고속철도차량 및 철도장비 운전면허에 의하여 운전할 수 있는 차량
- 제1종 전기차량운전면허 : 전기기관차 및 철도장비 운전면허에 의하여 운전할 수 있는 차량
- 제2종 전기차량운전면허 : 전기동차 및 철도장비 운전면허에 의하여 운전할 수 있는 차량
- 디젤차량운전면허 : 디젤기관차, 디젤동차, 증기기관차 및 철도장비 운전면허에

○ 교육훈련 필요성 분석(TNA)

개인이나 팀의 교육훈련 요구사항을 확인하고 가장 적합한 방안을 결정함으로써 어떻게 요구사항들을 충족시킬지를 결정한다.

○ 운영상의 직무 분석(OTA)

개인의 직무를 수행하는데 필요한 모든 업무와 하위 업무의 내용을 정하는 것이다.

○ 계층적 직무분석(HTA)

개인이 수행하여야 할 역할, 활동을 정의함으로써 직무수행에 있어 요구되는 활동들을 정의한다.

○ 요소간의 상호 작용 분석

HTA가 완료되면, 직무구성요소들의 원인과 결과를 통해 요소간의 상호작용을 분석한다.

○ 상태와 기준 확립

직무구성요소 각각의 상태에 대한 기준을 확립함으로써 활동수준, 절차 및 정확성과 같은 것들을 확인할 수 있게 한다.

○ 교육훈련 우선순위 평가

운영상의 환경에서 직무를 수행하는데 있어 요구되는 것들을 확인하여, 활동의 난이도, 중요성, 빈도 등을 고려하여 어느 교육훈련들이 우선순위가 되어야 하는지를 평가한다.

○ 교육훈련 정의 분석(TDA)

요구되는 자질에 필요한 배경지식을 정의함으로써 교육훈련 내용 요구사항들을 확인하고, 교육훈련 환경에서 요구되는 충실도, 현실성을 평가한다.

○ 교육훈련 자질 평가

교육훈련에 요구 되는 각각 항목에 대한 자질을 평가한다.

- <표 3-11-12>와 같이 경력과 면허종류별로 교육과정이 이루어진다.

<표 3-11-12> 소지면허별 교육시간

소지면허	교육과정	이론 시간	주	기능 시간	주	합계 시간	주
디젤차량 제 1종전기차량 제2종전기차량	고속철도차량	140	4	280	8	420	12
디젤차량	제1종 전기차량	70	2	35	1	105	3
	제2종 전기차량	70	2	35	1	105	3
제1종전기차량	디젤차량	70	2	35	1	105	3
	제2종전기차량	70	2	35	1	105	3
제2종전기차량	디젤차량	140	4	70	2	210	6
	제1종전기차량	140	4	70	2	210	6
철도장비	디젤차량	440	13	260	7	700	20
	제1종전기차량	340	10	260	7	600	17
	제2종전기차량	250	7	170	5	420	12

- 필기 / 기능 시험

• 필기시험 : 교통안전공단에서 면허종류별로 시행하는 5개 과목에서 과목 당 40점 이상 평균 60점 이상 점수를 획득하여야 합격(철도관련법의 경우 60점 이상)

• 기능시험 : 면허종류별로 시행하는 5개 과목에서 과목당 60점 이상 평균 80점 이상 점수를 획득하여야 합격

- 면허증 발급

- 실무 교육

200시간 이상 또는 10,000km 이상의 실무수습을 마치고 해당 운영기관에 배치

<표 3-11-13> 경력별 교육시간

경력	교육과정	이론 시간	주	기능 시간	주	합계 시간	주
철도차량운전업무보조경력1년 이상 또는 철도장비운전업무수행경력3년 이상	디젤 차량 또는 제1종 전기 차량	270	8	100	3	370	11
철도차량운전업무보조경력1년 이상 또는 전동차차장경력 2년 이상	제2종 전기 차량	230	7	100	3	330	10
철도차량운전업무보조경력1년 이상	철도장비	85	2	20	1	105	3
철도건설 및 유지보수에필요한기계 또는 장비작업경력1년 이상	철도장비	100	3	65	2	165	5
조작판취급자,철도시설관리자,열차조성승무,역무서비스제공자,철도차량을정비하는업무경력3년 이상	디젤 차량	485	14	145	4	630	18
	제1종 전기 차량	485	14	145	4	630	18
	제2종 전기 차량	350	10	110	3	460	13
	철도장비	160	5	85	2	245	7

④ 운전면허소지자(Module C)

디젤 차량, 제 1종 전기차량, 제 2종 전기차량, 철도장비 운전면허 소지자는 상위 면허를 획득하기 위해서는 일반 응시자와 같은 교육훈련 과정을 거치게 된다.

○ 예외

- 고속전기차량 운전면허시험 응시자는 법 제21조의 규정에 의한 디젤차량, 제1종 전기차량, 제2종 전기차량에 대한 운전업무 수행 경력이 3년 이상 있어야 한다.
- 법 제21조의 규정에 의하여 디젤 차량의 운전업무수행의 경력이 2년 이상 있고 제1종 전기차량 운전면허에 필요한 교육훈련을 받은 자는 필기 및 기능시험을 면제 한다
- 운전면허 소지자가 다른 종류의 운전면허를 취득하기 위하여 운전면허 시험에 응시하는 때에는 신체검사 및 적성검사의 증명서류를 운전면허증 사본으로 갈음

한다. 다만, 철도장비 운전면허 소지자의 경우에는 적성검사 증명서류를 첨부하여야 한다.

- 고속전기차량은 차량의 특수성과 인적 오류의 측면을 고려하여 교육훈련 방법, 시간에서 차이점을 보인다.
  - 이론과 기능 교육에 있어 보다 많은 시간이 할애 되어야 할 것이다.
  - 교육훈련 이수 과정에서 시뮬레이터 사용에 있어 적극적이어야 할 것이다.
  - 실제차량을 운행하면서 이례사항 발생시, 처리사항에 관한 기관사와 차장간 합동훈련
  - 학습보조프로그램(CAI) 등 적극 활용으로 교육효과 극대화

(나) 철도관제사의 교육훈련

관제업무에 종사하길 원하는 자는 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 전문교육훈련 과정을 이수 등 관제업무에 필요한 요건을 갖추어야 한다.

○ 관제업무의 교육 내용 및 방법

- 관제사에 대한 교육은 일반인 360시간, 철도경력자 105시간으로 하고 있다.
- 철도안전법령 및 제 규정
- 철도안전, 운전, 차량, 시설, 전철, 신호, 통신 등 철도시스템
- 열차운행선 지장 공사, 시행을 위한 협의 및 승인 절차 등 안전관리
- 운행정보시스템의 구성 및 운영
- 철도사고 등 비상상황 발생 시 대응
- 열차 운행 스케줄, 조작판 취급 등 관제설비의 운영 등
- 기타 철도관제시스템 일반

○ 실무수습의 방법

철도운영자는 관제교육에 관한 실무수습, 교육항목에 관한 세부교육 기준을 마련, 시행하여야 한다.

- 열차집중제어(CTC)장치 및 콘솔의 운용(시스템의 운용을 포함한 현장설비의 제어 및 감시능력 포함)
- 운행정리 및 작업의 통제와 관리(작업수행을 위한 협의, 승인 및 통제 포함)

- 규정, 절차서, 지침 등의 적용능력
- 각종 이례상황의 처리 및 운행 정상화 능력
(사고 및 장애의 수습과 운행정상화 업무포함)
- 작업의 통제와 이례상황 발생 시 조치 요령
- 기타 관제 업무 수행을 위한 필요 사항

○ 도입과 변경
- 철도운영자들은 운전업무수행 경력자가 기기취급 방법이나 작동원리 및 조작방식 등이 다른 철도차량을 신규 도입하여 운행하고자 하는 때에는 조작방법 등에 관한 교육을 실시하여야 한다.
- 철도운영자들은 운전업무수행 경력자가 영업운행하고 있는 구간을 연장 운행하거나 이설구간을 운전하고자 할 때에는 실무수습·교육을 실시하여야 한다.

(4) 교육훈련 성과 측정 및 평가

(가) 철도기관사

○ 평가방법

철도운영자들은 철도차량운전면허 취득자에 대한 실무수습을 종료하는 경우에는 다음 각 호의 항목이 포함된 평가를 실시하여 운전업무수행에 적합여부를 종합평가하여야 한다.
- 기본업무
- 제동취급 및 제동기 이외 기기취급
- 운전속도, 운전시분, 정지위치, 운전충격
- 선로, 신호 등 시스템의 이해
- 이례사항, 고장처치, 규정 및 기술에 관한 사항
- 기타 운전업무수행에 필요하다고 인정되는 사항

(나) 철도관제사

○ 평가방법

철도운영자들은 관제업무에 종사하고자 하는 자에 대한 실무수습을 종료하는 경우에는 제8조 제2항의 규정에 의한 실무수습 교육 내에 대하여 평가를 실시하여 관제

업무 수행에 적합여부를 종합평가하여야 한다.

성과측정 및 평가 과정의 모든 자료들은 교육 훈련 개발과정인 교육훈련 필요성 분석(TNA) 단계로 피드백 되어 교육훈련 개발 과정을 지원한다.

제 12 절 철도 안전 시험 평가시설 구축 절차서

검증계획서 **(Verification Plan)**	ID No : SE - SR04 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

4. 프로젝트는 안전평가시험시설 구축 계획을 통합 조정한다.

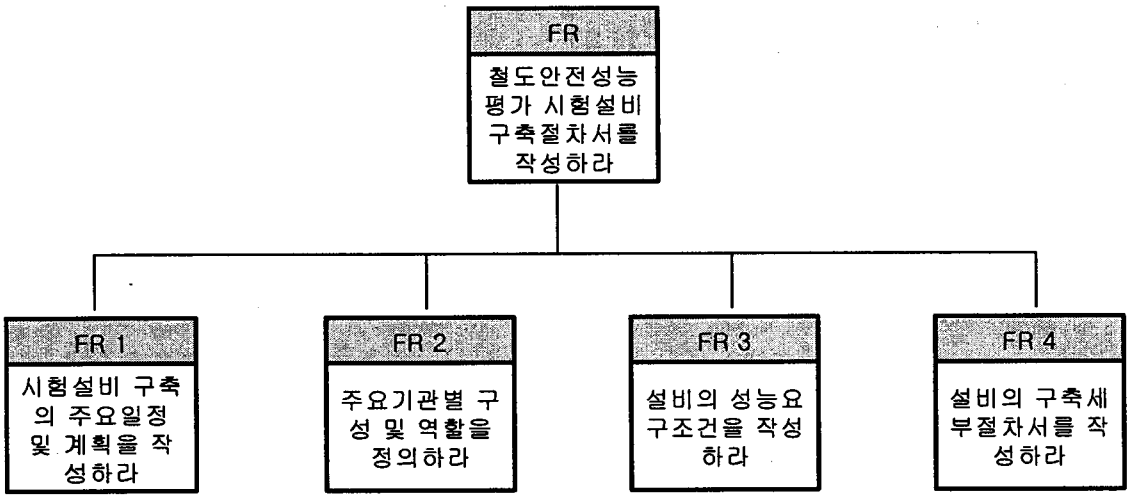
4.1 프로젝트는 안전평가시험시설의 구축 계획을 수립하고 운영해야 한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 구축 절차서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 3.3 전문가 검토	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

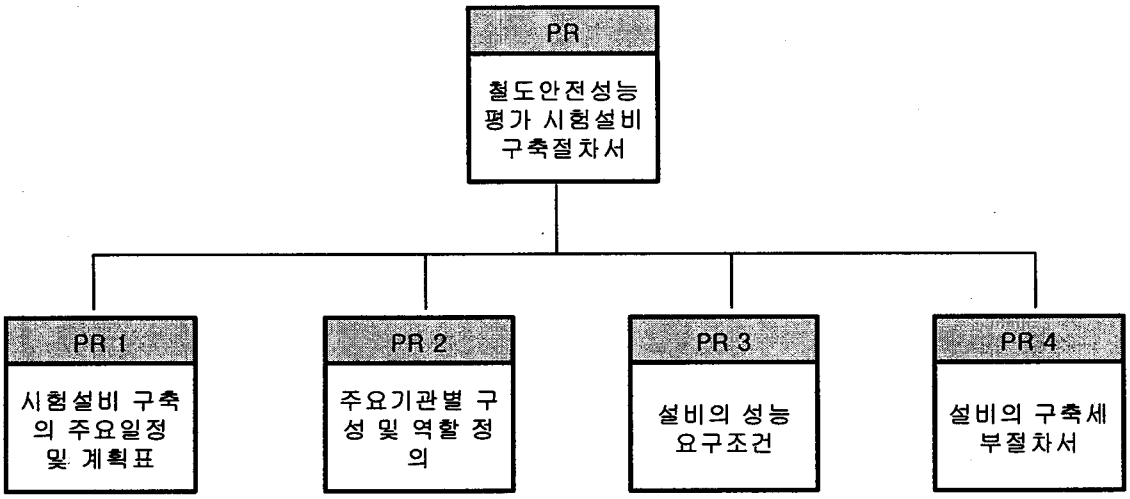
- 현실적으로 실현 가능한가
- 구축 절차서는 일반적인 절차를 따르고 있는가
- 관련 전문가(해당 과제)와는 충분한 의견 조율을 하였는가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-12-1> 구축 절차서의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-12-2> 구축 절차서의 물리아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

철도안전평가 시험설비 구축절차서는 『SR 4. 프로젝트는 안전평가시험시설 구축 계획을 통합 조정한다.』 중 『4.1 프로젝트는 안전평가시험시설의 구축 계획을 수립하고 운영해야 한다.』에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 철도안전평가 시험설비의 구축절차서를 작성하여 이를 토대로 시험설비를 구축, 운영하고자 한다.

나. 성과물의 내용 및 결과

I 철도안전성능평가 시험설비 구축 계획

1. 목적

철도안전법의 시행기반을 마련하고 철도종합안전기술개발사업 연구결과의 효용성 및 활용도를 극대화하기 위한 '철도안전 성능평가 시험설비'의 구축

2. 사업개요

■ **총 사업기간 : 2004. 10 ~ 2011. 7**

(계획수립 기간 : 2004. 10 ~ 2007. 7)

■ **총 사업비 : 99억 원**

■ **구축 예정 시험설비 (3종)**

<표 3-12-1> 구축 예정 시험설비

분야	설비명	추정예산 (백만 원)	용 도
충돌	2.차량구조 압괴 안전성 평가 설비	2,850	-차체 압괴 변형도 시험 -차체 에너지 흡수 시험 -연결기 등의 압괴 시험 [대형구조물의 단순한 강도측정이 주목적 아님]
탈선	1.차륜탈선 안전성능 평가 시험설비	5,000	-차량탈선 위험도평가 및 시험기준 -차륜거동변화 탈선위험 시험 -플랜지 진입각별 탈선현상규명 **<종합 대형 시험평가>**

화재	3.중/소형 철도설비 화재안전 성능평가 시험 설비	2,050	-의자, 도어 등 중형화재 평가 -국제기준의 일반장비 및 소형 시편 성능시험 -내장재별 화재특성 평가시험 -중/소형 배기 및 집진 설비 **<일부 노후장비 교체>**
총 계		**9,900**	

3. 기관별, 과제별 역할

■ **주요 기관별 역할***

<표 3-12-2> 주요 기관별 역할

조 직	구 성	역 할
주관부처 (건설교통부)	-철도안전팀	-철도종합안전성능평가 기반 마련 -기술개발투자재원 확보
전문기관 (건설교통기술평가원	-교통사업 1실	-사업관리 및 연구 성과 보급 -사업 시행계획 수립
총괄주관기관 (철도연 SE)	-안전기술연구팀	-설비구축 계획 작성 -설비별 기본사양/요구기술사양 검증 -입찰, 발주, 구축업체 선정 및 계약 -설비 구축 절차의 모니터링 및 승인
주관연구기관 (화재/충돌/탈선 연구사업 수행)	-연구책임자(과업수행자) -시험설비 설계 전문가 -설비 감독자	-철도안전 SE와 협력체계 구축 -설비별 기본사양 및 요구기술사양 작성 -구축에 필요한 기술적 지원 -설비구축에 필요한 예산의 집행
산업체 (제작사)	-시험장비 설계자 -시험장비 제작자 -외국 전문 제작자	-시작품 제작 기본사양 분석 -설계 및 평가 장비 제작(감독 검증) -평가 장비 성능시험 규격/시운전 -설비 유지보수 및 평가 매뉴얼
자문위원회 (전문가)	-안전 평가 설비 전문가 -안전 제어 설비 전문가 -안전 시험 평가 전문가	-안전성능 평가 설비 선정 자문 -안전도 평가 설비 구축 시행 자문

■ 과제별 역할 (철도연)※

<표 3-12-3> 과제별 역할

과 제 명	과제 코드	과제 책임자	해당 시험설비	역 할
철도안전 SE 및 사업총괄	SR06001	조연옥	전체 3종	- 설비구축 계획 작성 - 설비별 기본사양/요구기술사양 검증 - 입찰, 발주, 구축업체 선정 및 계약 - 설비 구축 절차의 모니터링 및 승인
철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술개발	SR06008	권태수	충돌 1종	- 철도안전 SE와 협력체계 구축 - 설비별 기본사양 및 요구기술사양 작성 - 구축에 필요한 기술적 지원 - 설비구축에 필요한 예산의 집행
철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발	SR06009	유원희	탈선 1종	
철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발	SR06014	정우성	화재 1종	

※ 철도종합안전기술개발사업의 사업단 발족 후에는 사업단이 '총괄주관기관'과 '철도안전 SE 및 사업총괄과제'의 역할을 대체함

4. 일정 및 추진 현황

■ 주요 추진 사항

- **1차년도 보고서 (2005. 8)** : 화재 5종, 충돌 5종, 탈선 3종 등 총 13종 설비구축 검토 및 계획 수립

- **1차 자문회의 (2006. 5. 30)** : 철도종합안전성능평가설비 구축사업의 목적에 부합성이 적은 소규모 장비 제외 및 유사시설 통합을 통하여 총 9개 장비(화재 3, 충돌 3, 탈선 3) 선정 및 우선순위 결정

- **철도연 연구업무심의회 (2006. 7. 10)** : 필요성 및 경제성 고려 및 전체 설비구축 예산 180억 원에 맞추어 6개 설비 선정 (화재 3, 충돌 2, 탈선 1)

- **2차 자문회의 (2006. 10. 12)** : 선정 설비의 활용성 및 경제성 제고방안 검토

- **3차 자문회의 (2007. 4. 24)** : 선정 설비의 활용성 및 필요성 검토

- 건기평, 건교부, SE 종합검토회의 (2007. 5. 2) : 자문회의 결과를 종합하여 3종 최종 선정)

■ 전체 사업의 주요 일정

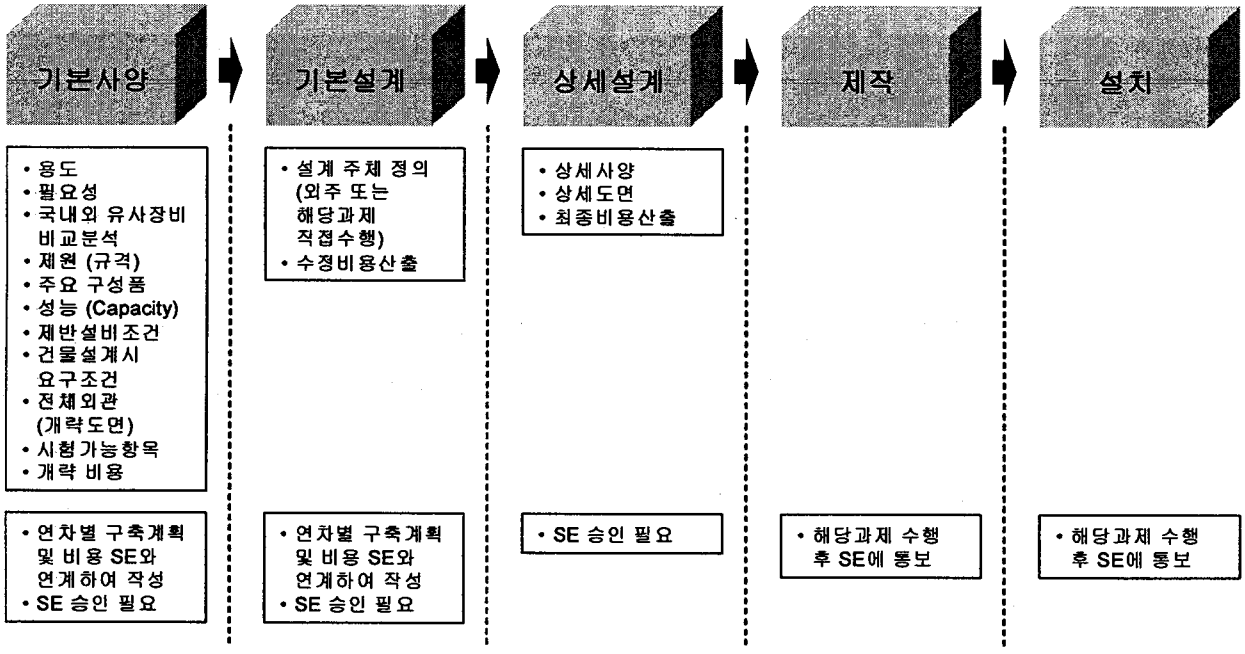
- 사업기본계획 및 기본사양 작성 (3종) : 2004.10 ~ 2007. 6(철도연 수행)
- 발주 및 장비구입 계약 : 2007.3 ~ 2008. 7(기본설계 검토)
- 상세설계 및 제작·설치·시운전 : 2007.8 2010. 7(전문 제조기업 구축)
- 종합 안전시험 평가기술 구축 : 2009.8 ~ 2011. 7(평가기반 구축)

※ 설비 별 발주 예정

<표 3-12-4> 설비 별 발주 예정

시험설비 명	발주시기
차량구조 압괴 안전성능평가 시험설비	2007. 6 ~ 2007.7
차륜탈선 안전성능평가 시험설비	
중소형 철도설비 화재 안전성능평가 시험설비	

■ 설비 구축 절차



<그림 3-12-3> 설비 구축 절차

■ 3차년도 추진 현황

1) SE 총괄(안전기술연구팀)

- 기본사양의 검증 및 시험설비 구축 추진 공정 협의
(화재/충돌/탈선 기본사양 작성 및 기본설계 요건 제시)
- 시험설비의 구축절차 검증 및 협조 (건기평/건교부/철도연 내부)
- 우선발주 설비 3종에 대한 설비 입찰 및 계약 (예정)
- 나머지 구축대상 설비(3종)에 대해서는 추후 추진

2) 화재/충돌/탈선 과제

- 장비별 기본설계 준비/구매 시방서 작성 및 장비심의위원회 제출 : 연구책임자
- 기본설계 발주 및 협조(SE승인) : 절차(장비별/분야별 분할 검토 후 추진)

II "철도 종합안전 성능 시험평가 설비" 구축 절차서(안)

1. 개 요

1.1 목 적

본 절차서는 "철도 종합안전 성능 시험평가 설비"(이하 '안전평가 설비'라 한다.)를 구축하기 위하여 제반 안전 평가 설비에 대한 사업추진사항을 절차로 정하여 시행하도록 한다.

장비구축과 국가 철도의 종합안전기술개발의 효용성 및 활용도를 극대화하기 위한 전 공정을 SE체계의 요구조건에 충족하는 절차서로 제시하는 데 그 목적이 있다.

1.2 적용범위

1.2.1 일반사항

본 절차서에 포함한 적용범위는 안전평가 설비를 구축하는 데 요구조건을 만족하기 위한 기본사양, 기본 및 상세설계, 개발 및 제작, 설치, 시운전, 평가매뉴얼에 필요한 기술적 사항의 지원을 포함한다.

1.2.2 범위

다음의 기술사항이 절차서에 포함되어야 한다.

(1) 설비의 단계별 구축절차 지원 및 승인에 관한 기술적 사항

(2) 설비의 기본사양에 관한 적용항목

(3) 설비의 기본 및 상세설계의 적용항목

(4) 설비의 개발 및 제작에 관한 기술문서 및 제작시험에 관련한 사항

(5) 설비의 설치 및 시운전에 관한 기술문서

(6) 안전 성능시험 평가매뉴얼에 관한 사항

(6) 기타, 설비를 구축하기 위한 인프라시설과의 인터페이스에 관련한 지원 및 협조 사항

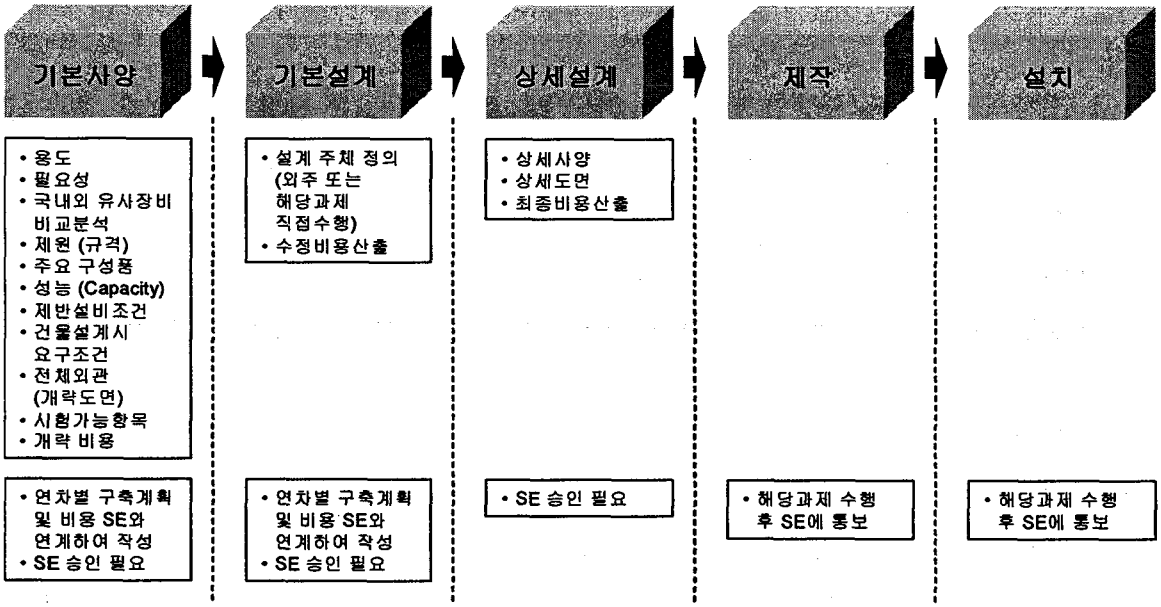
1.2.3 주요일정

종합안전평가설비를 구축하는 과업수행자는 철도종합안전기술개발사업의 주요 일정에 따라 과업을 완료하여야 한다.

■ **설비구축 주요 일정 및 계획(Master Plan)**

<표 3-12-5> 설비 구축 주요 일정 및 계획

2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	장비별 예상비용 (백만원)
2005.10~06.9	06.10~07.9	07.10~08.9	08.10~09.9	09.10~10.9	10.10~11.9	
220						



<그림 3-12-4> 설비 구축 주요 일정 및 계획

1.2.4 주요 기관별 구성 및 역할

<표 3-12-6> 주요 기관별 구성 및 역할

조 직	구 성	역 할
주관부처 (건설교통부)	-철도안전팀	-철도종합안전성능평가 기반 마련 -기술개발투자재원 확보
전문기관 (건설교통기술평가원)	-교통사업 1실	-사업관리 및 연구 성과 보급 -사업 시행계획 수립
총괄주관기관 (철도연 SE)	-안전기술연구팀	-설비구축 계획 작성 -설비별 기본사양/요구기술사양 검증 -입찰, 발주, 구축업체 선정 및 계약 -설비 구축 절차의 모니터링 및 승인
주관연구기관 (화재/충돌/탈선 연구사업 수행)	-연구책임자(과업수행자) -시험설비 설계 전문가 -설비 감독자	-철도안전 SE와 협력체계 구축 -설비별 기본사양 및 요구기술사양 작성 -구축에 필요한 기술적 지원 -설비구축에 필요한 예산의 집행
산업체 (제작사)	-시험장비 설계자 -시험장비 제작자 -외국 전문 제작자	-시작품 제작 기본사양 분석 -설계 및 평가 장비 제작(감독 검증) -평가 장비 성능시험 규격/시운전 -설비 유지보수 및 평가 매뉴얼
자문위원회 (전문가)	-안전 평가 설비 전문가 -안전 제어 설비 전문가 -안전 시험 평가 전문가	-안전성능 평가 설비 선정 자문 -안전도 평가 설비 구축 시행 자문

2. 성능의 요구조건 및 구축 세부 절차서

2.1 성능 요구조건

2.1.1 신뢰성 요구조건

안전 평가 설비의 신뢰성은 이를 검증하기 위한 계획을 제출하고 계산방법과 검증 시험은 국제적으로 인정된 규격에 기초를 두어야 한다.

2.1.2 가용성 요구조건

설비의 가용성은 20년간 98.5% 이상이어야 한다.

부품을 교환하기 위하여 필요한 고장진단하고 수정하는 시간은 최소한으로 하되 특별한 요구조건이 없는 한 1일 이하라야 한다.

2.2 설계 요구조건

2.2.1 기본설계 요건

특수시험 및 평가 장비는 연구결과에 의존하여 직접 수행 방안

(1) 설계요소 설명, 기본사양의 수치계산 및 연구결과의 반영

(2) 운영과 기능적 요구조건을 만족하는 전기, 제어, 운전 개념도와 S/W 설계

(3) 시작품(proto type)의 1차 시험 검증(연구과제)

2.2.2 상세설계 요건

전문 제작업체에서 제작과 관련한 세부 설계를 시행하도록 한다.(과제별 감독)

2.3 세부 절차서

2.3.1 절차서 일반사항

(1) 안전 평가 설비의 구축절차는 아래 그림에서와 같이 기본사양, 기본설계, 상세설계, 제작, 설치, 시운전, 평가매뉴얼의 주요항목에 대하여 적용한다.

(2) 화재, 충돌, 탈선의 중대 사고에 의한 시험설비 구축에 필요한 절차는 안전평가 설비의 특성에 따라 연구사업 기간의 범위 내에서 설계, 제작, 설치의 기간을 조정하게 되며, 주요항목에서 전문 업체에 의뢰하여 시행하도록 한다.

2.3.2 기본사양서 작성 요건

(1) 안전평가 설비의 기본 사양서에 작성하는 주요항목은 다음과 같다.

용도, 필요성, 국내외 유사장비 비교분석, 가능시험평가항목(안전/연구/형식/인증) 및 활용도(연간사용빈도 × 사용시간) 제원(규격), 주요 구성품, 성능(capacity), 제반 부대설비조건, 건물 설계 시 요구조건, 전체외관(개략도면), 개략비용(견적서 포함)

(2) 설비에 대한 연차별 구축계획 및 예산

(3) 철도안전기술개발사업의 SE총괄과제와 SR 및 SSR과 연계하여 작성한다.

(4) 기본 설계의 주체를 직접수행 또는 전문 업체에 외주수행 여부를 명시하여야 한다.

(5) 기본사양서는 SE의 승인을 득해야 한다.

2.3.3 설계

(1) 기본 설계

기본 설계는 2.1항 성능요구조건 및 2.2.1항의 기본설계 요건을 갖추어야 하며, 설비의 안전성능 평가시험을 시행하기 위한 모든 결과를 예측하고 기술적 안전성을 충분히 검증할 수 있어야 한다. 기본 사양을 근거로 설계되어야 하며, 안전성능 시험평가를 수행하기 위한 코드 및 평가매뉴얼을 제공해야 한다.

(2) 상세 설계

상세 설계는 2.1항 성능요구조건 및 2.2.2항의 상세설계 요건을 갖추어야 하며, 제작에 필요한 설계로서 전문 업체에서 제작을 고려하여 상세하게 설계되어야 하고, 설비의 안전 및 신뢰성, 가연성을 충분히 고려하여 설계되어야 한다.

(3) 승인

성과물은 평가시험 설비 및 기본/상세 설계로 구분하여 SE의 승인을 득해야 한다.

2.3.4 제작 및 설치

(1) 제작 및 제작 시험

제작은 상세설계서에 의해 제작되어지며, 부품 및 조립품에 대하여는 제작 공장에서 충분한 제작 시험을 감독자의 입회하에 시행하고 제작 시험 성적서를 제출해야 한다.

(2) 설치

설치는 제작 후 부품 및 조립품에 대한 제작 시험을 합격한 후에 시험공간에 설치하여야 한다.

(3) 승인

설비별 감독자를 지정(원장 승인)하여 수행하고, 그 결과는 SE의 승인을 득해야 한다.

2.3.5 시운전 및 평가 매뉴얼

(1) 시운전

시운전은 안전 성능평가 시험의 설비별로 시험운전을 하여 이상이 없어야 한다. 시운전의 적용규격은 화재, 충돌, 탈선 과제별 안전도 평가의 지표에 반영하기 위한 시험항목별 시험코드를 제안해야 한다.

(2) 평가 매뉴얼

안전평가 설비에 대하여 시험항목별 평가 절차 및 시험코드별 사용설명서를 평가 매뉴얼로 작성하여 제출해야 한다.

(3) 승인

장비별로 감독자를 과제별로 지정(원장 승인)하여 수행하고, 그 결과는 SE의 승인을 득해야 한다.

제 13 절 철도 안전 시험평가 시설별 기본사양서

	검증계획서 **(Verification Plan)**	ID No : SE - SR04 - SSR04 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

4. 프로젝트는 안전평가시험시설 구축 계획을 통합 조정한다.

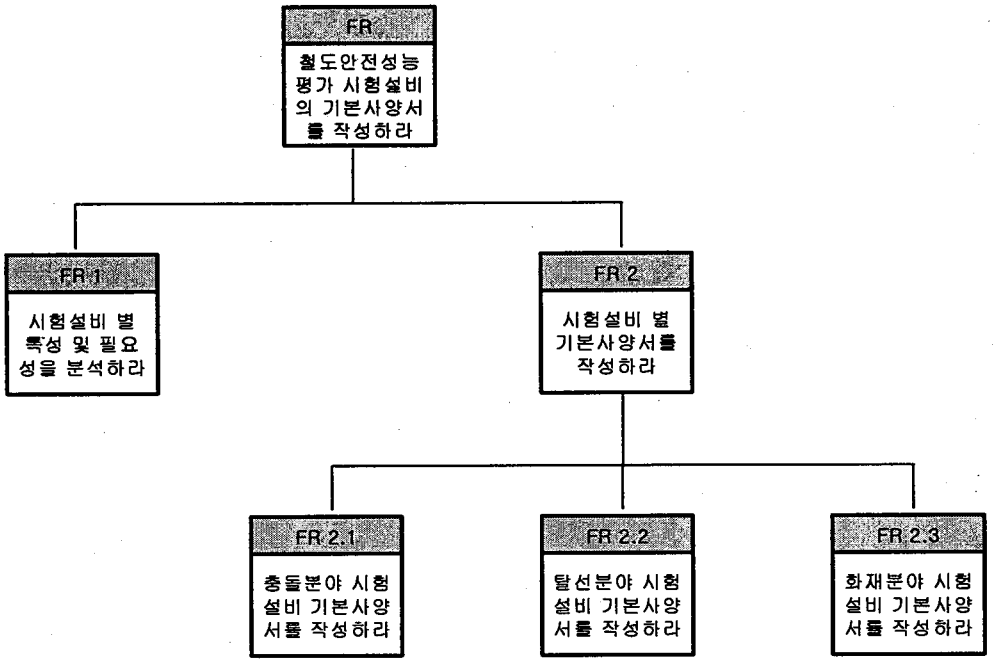
4.4 프로젝트는 시험시설 통합을 위한 총괄조정업무를 지원하기 위한 연구 사양 검토, 설계검토)를 수행해야 한다.

입력물 :	**업무 :**	**출력물 :**
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 설비별 기본사양서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

Verification Specification (검증기준) :

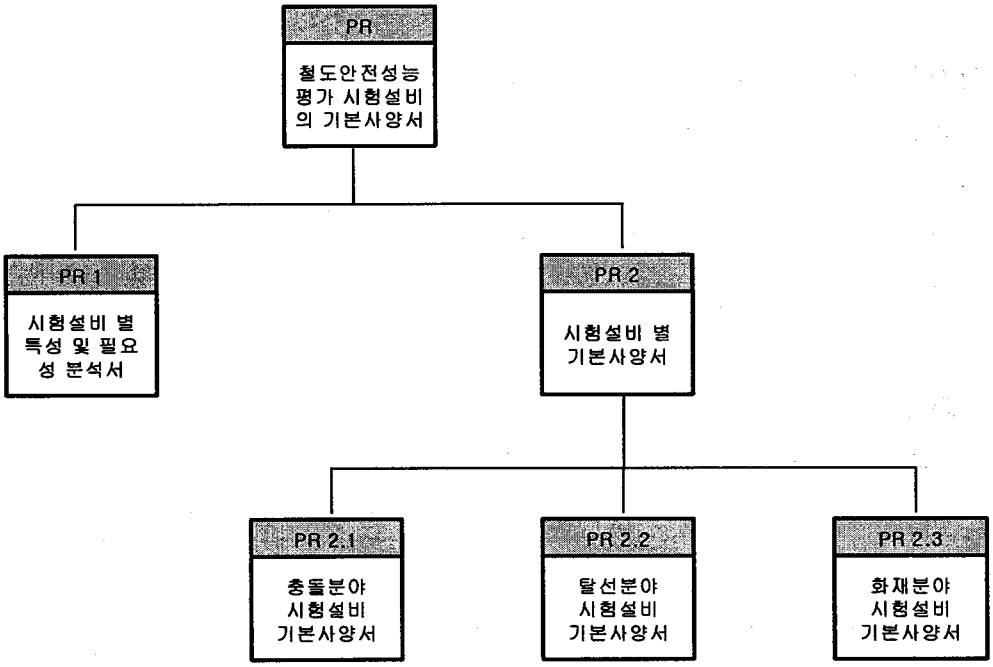
- 설비별 필요조건을 만족하고 있는가
- 필요한 실험에 부족함이나 과함이 없도록 구성 되었는가

1. 기능 아키텍처



<그림 3-13-1> 설비별 기본사양서의 기능 아키텍처

2. 물리 아키텍처



<그림 3-13-2> 설비별 기본사양서의 물리 아키텍처

3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

철도안전평가 시험설비 구축절차서는 『SR 4. 프로젝트는 안전평가시험시설 구축계획을 통합 조정한다.』 중 『4.4 프로젝트는 시험시설 통합을 위한 총괄조정업무를 지원하기 위한 연구(사양검토, 설계검토)를 수행해야 한다.』에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 철도안전평가 시험설비의 사양 및 설계검토의 목적으로 기본 사양서를 작성하고자 한다.

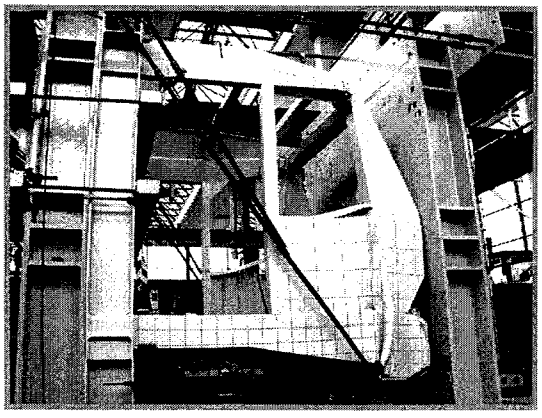
나. 성과물의 내용 및 결과

I 철도안전성능평가 시험설비 개요

1. 차량구조 압괴 안전성 평가 시험설비 (충돌분야)

(1) 시험장비 개요

- 장비의 목적: 대형구조물의 단순한 강도를 측정하는 것이 주목적이 아니라, 철도차량차체를 완전히 붕괴시켜 압괴 특성과 관련된 물리량을 측정한다. 정적하중 시험 장비이다.
- 장비의 원리: 이 장비의 원리는 지그에 설치된 엑추에이터를 유압과 제어기로 가동하여 차체 등을 붕괴시킨다.
- 시험 대상 제원 : 최대 압괴 하중 500 ton 기준, 최대 행정 3,000 mm



<그림 3-13-3> 정적압괴시험

(2) 구축필요성

철도차량의 충돌안전도를 종합적으로 평가하기 위한 필수적 대형 시험 설비 임.

<표 3-13-1> 차량구조 압괴 안전성 평가 시험설비의 용도

분류		내용
연구용 활용	사업 진행 중	본 사업의 기술개발과제에서 안전구조 및 장치를 개발할 때, · 제품의 설계→평가→수정의 반복과정에서 연구개발용 · 개발된 안전장치의 성능검증용 · 충돌안전도 평가기법개발에서의 연구용으로 사용
인증용 활용	사업 완료 후	안전기준의 세부시행지침을 수행하기 위해 차량의 인증용 장비로 사용

(3) 수행가능 시험 명 (S:안전, R:연구, T:인증, Tr:형식)

- 차체 압괴 특성시험(S/R/T)
- 충돌안전 장치 부품별 압괴 특성 시험(S/R/T)

(4) 예상 활용 빈도

- 국내발주차량 개발시험 연간 2회 이상
- 해외발주차량 개발시험 연간 2회 이상

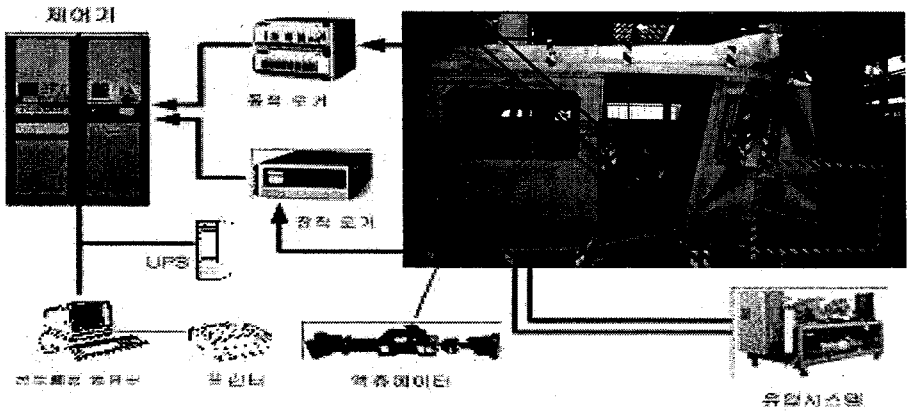
(5) 국내외 보유 유사장비 현황

<표 3-13-2> 차량구조 압괴 설비의 국내외 보유 유사장비 현황

보유국	보유기관	장비명	주요제원	활용가능성
한국	건기연	대형 압괴 시험장비	시험하중 1000ton, 압괴길이 1.2m	- 열차충돌시를 모사한 압괴 시험을 하기에는 압괴 길이(스트로크) 및 부가하중이 부족 함
영국	AEA Technology	정적 압괴 시험설비	반력벽 1000ton 엑추에이터 속도 50km/h,	- 비용이 많이 들어 활용하기 어려움
프랑스	VITRY 연구소	정적 압괴 시험설비	시험하중 1,000ton 엑추에이터 속도 50km/h	- 비용이 많이 들어 활용하기 어려움

(6) 건물, 부지 조건

- 단일 형태 장비로 충돌 시험설비의 설치 장소를 고려하여 배치 예정 ("철도차량 실물충돌 안전성 평가 시험설비" 시험소 배치도 참조).
- 압괴구조 실물 크기로 일반도를 작성중이며, 기본설계 시 완성 예정



<그림 3-13-4> Preparation Area의 압괴장비 구성도

2. 차륜탈선 안전성능평가 시험설비 (탈선분야)

(1) 시험장비 개요

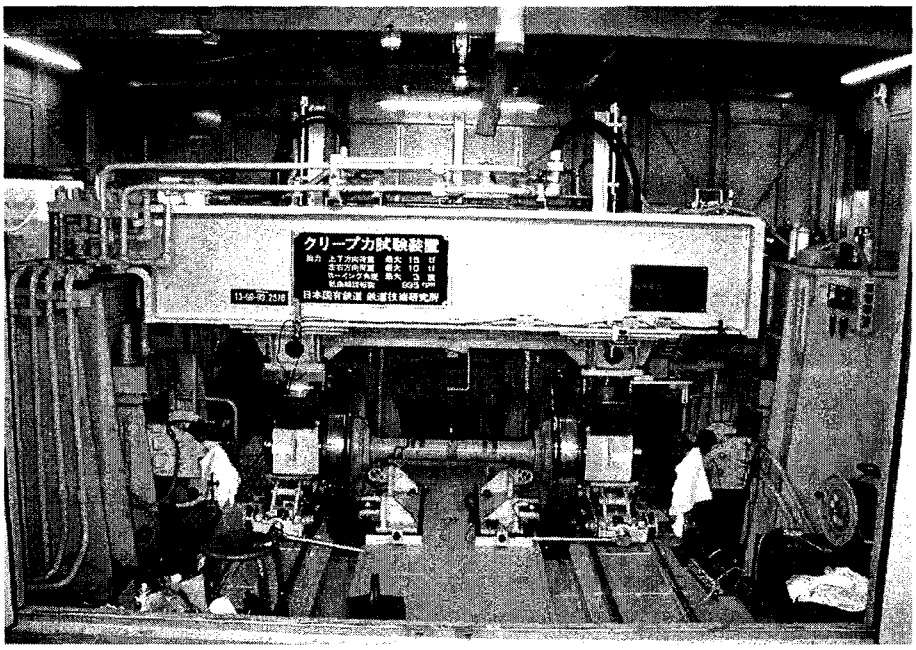
- 장비의 목적: 본 장비의 목적은 차륜/레일의 답면 형상, 주행속도, 수직하중, 수평하중, 차륜/레일의 좌우접촉위치, 공격 각에 따라 탈선을 야기하는 크리프력이 어떻게 변화하는지를 측정함에 있으며, 아울러 탈선현상 특히 Climbing Derailment의 현상을 보다 정확히 규명함에 있다.

- 장비의 원리: 실물 윤축을 장착하고 레일과 동일한 형상을 가지는 궤조륜으로 제작하여 주행 시 차륜과 레일이 접촉하는 현상을 실차 주행상황과 동일하게 구현하는 것을 기본으로 한다. 차량의 속도와 동일하도록 궤조륜을 회전시키고 차륜이 받는 수직하중과 수평하중을 유압실린더에 의해 윤축에 가해주며 레일과 차륜간의 공격각(Attack Angle)도 별도의 세팅에 의해 구현할 수 있도록 하며, 레일과 차륜의 슬립을 구현할 수 있다.

(2) 구축 필요성

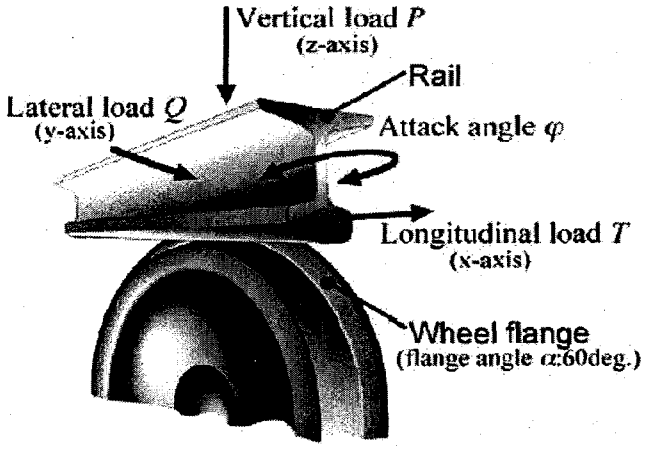
- 철도차량의 탈선은 대형사고로 이어질 수 있는 가능성을 항상 내포하고 있다. 최근에 일본과 인도 등에서의 탈선사고는 모두 속도 및 곡선부와 관련된 차륜/레일 접촉 메카니즘에 대한 이해의 부족에 있다. 차륜/레일의 접촉 상황이 탈선에 어떻게 영향을 주는가를 시험설비를 이용한 시험을 통해 분석하고, 이로부터 차륜과 레일의 접촉위치, 마모 정도, 공격각, 답면형상, 수평하중 및 수직하중 등의 영향에 따른 탈선안전도를 평가하는 한편, 철도차량의 안전도를 향상시킬 수 있는 방안을 구체적으로 제시할 수 있게 된다.

- 일본의 경우 이미 오래전부터 탈선에 관련된 시험설비를 확보하여 현재는 4종의 탈선 관련 시험설비를 보유하고 있으며, 때로는 탈선사고의 원인규명이 여의치 않을 경우가 있기 때문에 새로운 시험설비를 계획하고 있다. 우리나라는 아직까지 탈선원인 규명 및 탈선안전도 평가를 위한 시험설비가 확보되어 있지 않기 때문에 탈선원인 규명 및 탈선안전도 평가가 불가능한 상태에 있다. 철도차량의 탈선사고를 최소화하기 위해서는 탈선에 대한 원인 규명 및 탈선안전도 평가가 필수적이다.



(a) 고속부

(b) 저속부



<그림 3-13-4> 탈선안전성능 평가 시험설비

(3) 수행가능 시험명 (S:안전, R:연구, T:인증, Tr:형식)

- 철도차량-궤도 상호 적합성 시험(S/R/Tr)
- 차륜/궤도 상호작용력 시험(S/R/Tr)
- 윤중, 횡압 측정시험(S/R/T/Tr)
- 탈선계수 시험(S/R/T)

(4) 예상 활용 빈도

- 연간 3회 (1회 시험 4개월 소요)
  - 차량/선로 작용력 측정
  - 윤중 감소량, 횡압 및 탈선계수
  - 표면조도 변화에 따른 타오름 탈선현상 분석
  - 마철계수 변화에 따른 타오름 탈선현상 분석
  - 공격각 변화에 따라 발생되는 타오름 탈선현상 분석
  - 운전조건에 따른 타오름 탈선현상 분석

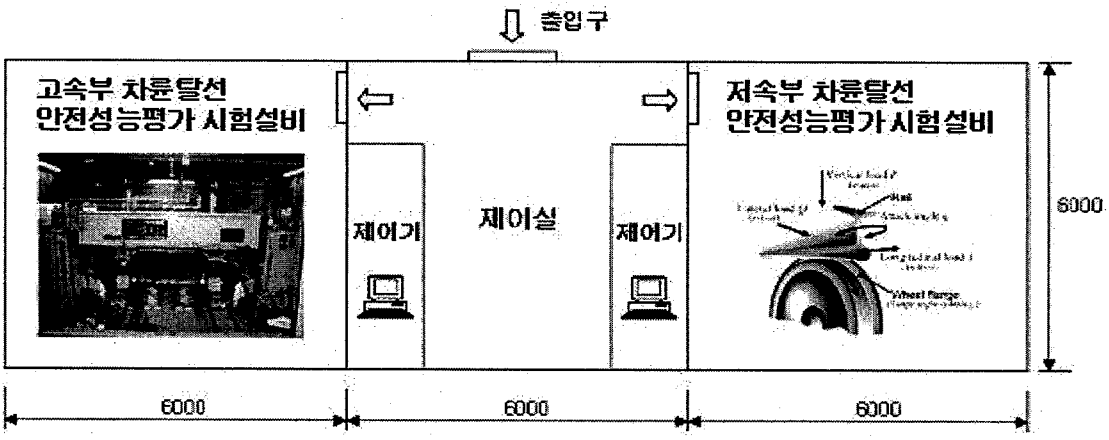
(5) 국내외 보유 유사장비 현황

<표 3-13-3> 차륜탈선 시험설비의 국내외 보유 유사장비 현황

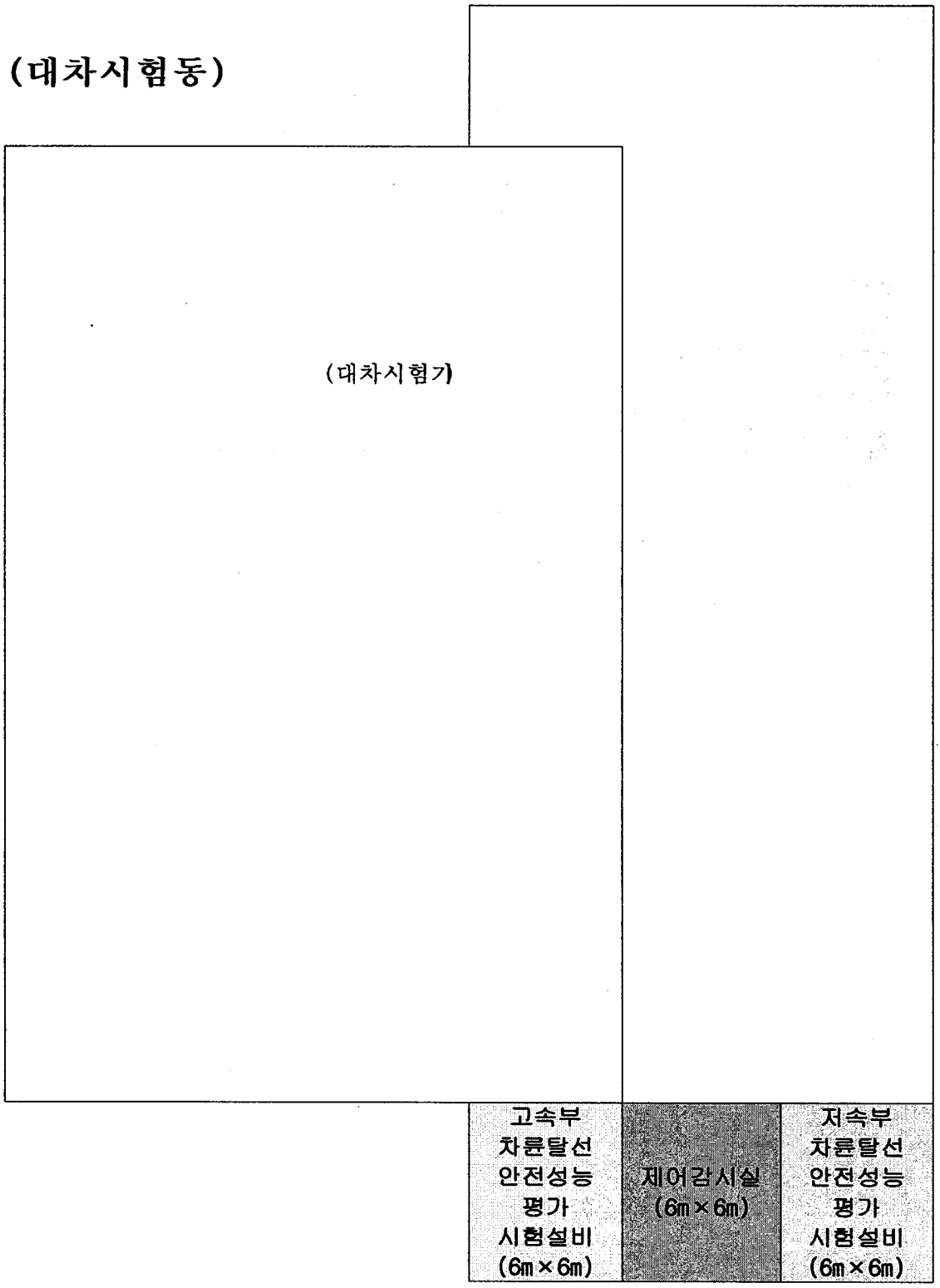
보유국	보유기관	장비명	주요제원	활용가능성
일본	RTRI	Creep force test bed	최고차량속도 300Km/h의 차륜/레일 크리프력 측정	-20년 된 노후화 장비로 성능개량이 필요한 장비 -탈선현상규명시험은 장기간이 소요되며, 본 장비의 장기간 활용은 불가
일본	RTRI	Wheel-rail contact reciprocating motion unit	저속의 차량속도시 실제 레일과 차륜간의 Tribology 시험	-저속에서의 whee-rail 접촉부의 재료적 특성을 파악하기 위한 장비 -중고속의 탈선현상규명시험 불가
미국	TTCI	Vibration Test Unit	실차량 진동시험대로 차량의 동역학적 파라미터 도출을 위한 시험기	-차량의 동특성분석을 위한 기본 파라미터 도출 가능 -실질적인 주행동특성 시험은 불가

(6) 건물, 부지 조건

- 단일 형태 장비로 일반 연구시험 대차 시험동에 배치 예정



<그림 3-13-5> 차륜탈선 시험설비 배치 구상안



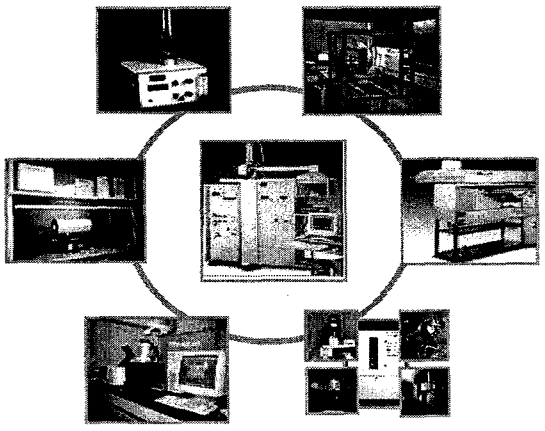
<그림 3-13-6> 대차시험동 탈선안전성평가설비 배치안

3. 중/소형 철도설비 화재 안전성능 평가 시험설비 (화재분야)

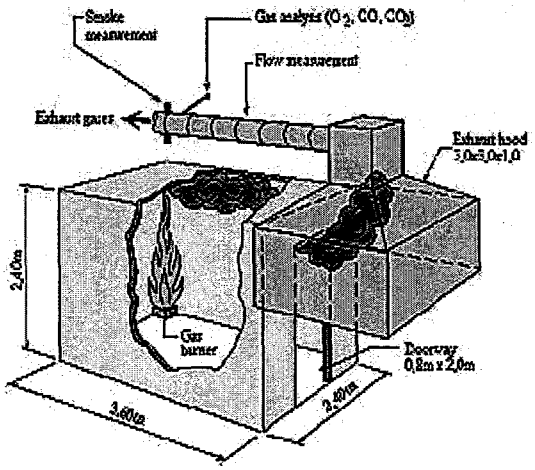
(1) 시험장비 개요

- 장비의 목적: 철도차량 및 역사, 터널의 화재안전도 평가의 신뢰성 향상을 위하여 차량 및 시설재료 조립체의 화재시험 및 도시철도차량안전기준에관한 규칙 및 철도차량 및 터널 안전기준에관한규칙에서 규정되었거나 규정하게 될 내외장 재료의 화재시험 수행

- 장비의 원리: 철도차량 및 시설물 내외장재에 대한 불연, 난연 기준에 따라 각 재료들은 소형 시편시험을 수행하여야 함. 재료기준으로 화재안전을 확보해온 것은 매우 오래전부터 행해지던 고전적인 방법으로 발열량, 산소지수, 화염전파, 착화시간 등과 같은 연소성 평가 시험과 연기발생량, 연소가스 독성과 같이 가스 유해성을 평가하는 방법이 동시에 검토되고 있다. 그러나 시편의 연소특성이 조립체나 구조물에서는 배치 형상 등에 영향을 받기 때문에 철도차량 및 시설물 재료의 화재특성을 보다 신뢰성 있게 평가하기 위해서는 기본재료의 시편단위에서의 연소성 평가 시험 외에도 의자, 도어 등과 같은 주요 부품의 조립품 상태의 발열량평가지수(FIGRA), 연소가스 평가지수(SMOGRA) 등의 중형 설비를 이용한 평가가 요구된다. 룸 코너 장비는 국제기준으로 정해진 중형화재시험 평가 장비이다.



<그림 3-13-7> 소형 시편재료 안전성능평가 시험 장치



<그림 3-13-8> 중형 룸코너(ISO 9705) 시험기 구성도

(2) 구축필요성

본 장비들은 국내 도시철도차량안전기준에관한 규칙, 철도차량안전기준에관한지침 및 철도터널 방재기준에서 규정되었거나 규정하게 될 내외장 재료의 화재시험수행용 장비로 결정되었거나 검토되고 있는 장비들이다. 현재 도시철도차량안전기준으로 수행되고 있는 전동차 내장재 교체 작업에서도 국내 시험설비 여건이 충분치 않은 사유로 많은 기업체가 상당한 시간과 비용을 소비하며 영국, 미국, 캐나다 등의 해외 시험소에서 시험을 수행하여 왔다. 상기 편성된 시편 시험장비의 경우 국내 시험 연구기관에서도 일부 보유하고 있는 점, 철도차량안전기준에관한규칙, 철도터널안전기준에관한규칙 등에서 내장재 시험장비(안)의 결정 사항에 따라 세부 장비내역은 다소 변동가능성이 있다.

특히, 철도시스템의 화재안전도 평가를 위해서 소형시편 시험의 구조적 한계와 대형 실물시험 비용문제를 타협하는 중형시험에 가장 많이 활용될 것으로 추정된다.

(3) 수행가능 시험명 (S:안전, R:연구, T:인증, Tr:형식)

- 조립체 연소거동[FIGRA 등](S/T/Tr)
- 가스거동[SMOGRA 등] 시험(S/T/Tr)
- 시편연소성[화염전파성 외] 및 시편가스 성분분석[동성지수 외] 시험(S/T/Tr)
- 중/소형 연소시험(S/R/T)

(4) 예상 활용 빈도

- 연 100회 이상 (연간 빈도 매우 많음)

(5) 국내외 보유 유사장비 현황

- 중형 화재안전성능 시험설비

<표 3-13-4> 중형 화재안전성능 시험설비

보유국	보유기관	장비명	주요제원	활용가능성
미국	NIST, FM, ATF etc	룸코너 SBI	ISO 9705, prEN 13823	- 시험빈도가 높아 해외시설 이용은 비효율적임. 국내 설비 활용은 가능 (건기연 설비 공동 활용 시는 본 사업의 중형설비는 5MW급 칼로리미터 제작으로 변경하여 공동 활용 가능)
호주	CSIRO			
영국	BRE			
스웨덴	SP			
핀란드	VTT			
기 타	-			
국내	건설기술연구원			

- 유럽에서 사용되는 SBI(Single Burning Item)는 룸을 이동할 수 있는 가변성을 두면 보다 보편적인 연소시험에 활용되어 질수 있다. 약 5MW급 정도의 열량계(Calorimeter)로 활용 예정이다.

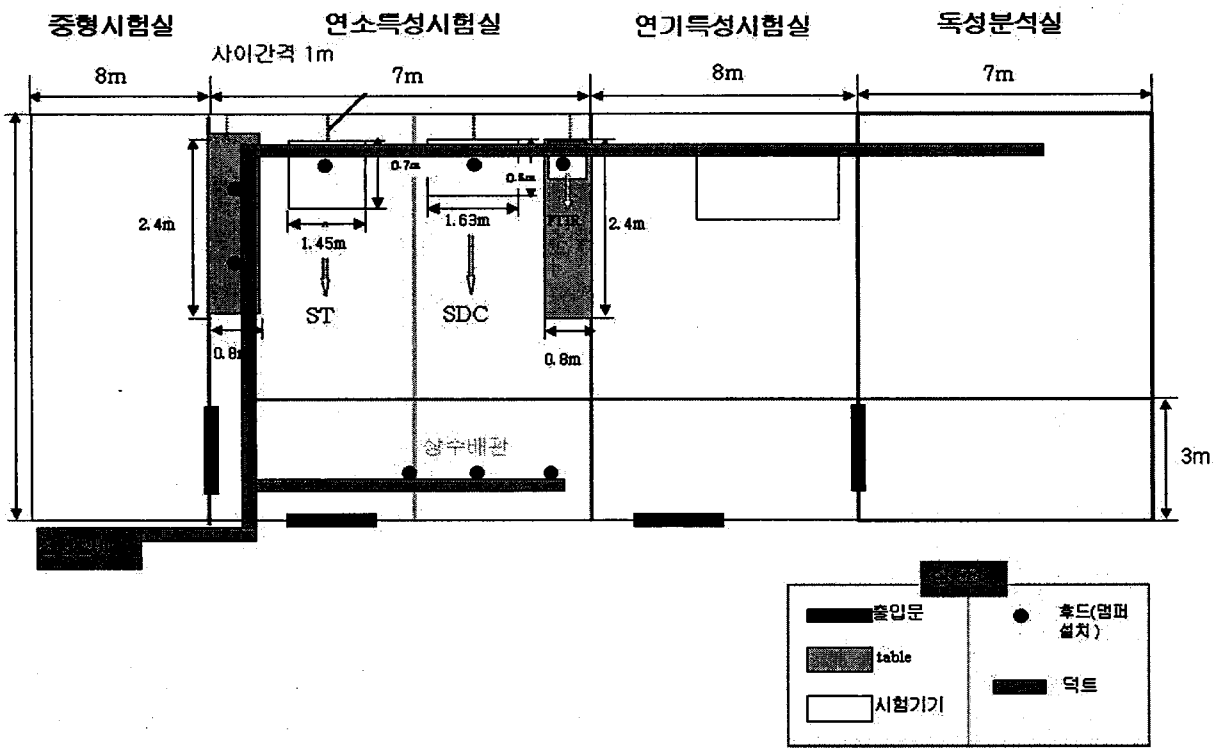
- 소형 화재안전성능 시험설비

<표 3-13-5> 소형 화재안전성능 시험설비

보유국	보유기관	활용가능성
국 내	방재시험연구원, 소방검정공사, 건설기술연구원, 건자재시험연구원, 철도기술연구원, 원사직물시험연구원	- 화재관련 시험 및 연구기관의 기초시험장비로 기관의 성격에 따라 장비 차등 또는 공통 보유하고 있음. 공동 활용 가능 하지만 사용빈도가 높은 기초 장비의 경우 개별 보유가 효율적임.
국 외	각 국의 화재시험 및 연구기관	- 화재관련 기초 장비임. 해외 장비활용은 소요시간 및 비용 측면에서 비효율적임.

(6) 건물, 부지 조건

- 소형 장비로 구성요소는 일반 시험동에 배치 추진(의왕 실험동)
- 장비별 소요면적에 의한 세부 배치도 작성은 기본설계에서 보완 예정



<그림 3-13-9> 중소형 화재 안전설비 배치 구상안

<표 3-13-6> 철도안전성능평가 시험설비의 주요 검토항목 분석

<검토 요악> 철도안전성능평가 시험설비의 주요 검토항목 분석 검토 2007.5.28

분야	항목 / 장비명	용도	시험항목(S:안전/R:연구/T:인증/Tr:형식)	안전법규/규칙/지침	안전/연구/인증활용(사용빈도x시간, 연간)	국내외 보유 유사 장비 현황	국내 설계 및 제작 기술분석 (국내 기술/국외 도입)	기존시설 활용 가능 여부	추정예산 (백만원)
충돌	차량구조 압괴 안전성 평가 시험설비	-차량차체압괴 변형도 시험 -차체 에너지 흡수 시험 -연결기 등의 압괴시험 대형구조물의 단순한 강도 측정이 주목적 아님	-차체압괴 특성시험(S/R/T) -충돌안전 장치 부품별 압괴특성 시험(S/R/T)	1.철도차량 안전기준에 관한 규칙(건455호) -제35조(표준충돌사고각본의방법등 세부고시 (지침의 고시에 시험설비 인프라 구축) 2. 충돌안전장치 부품별 압괴특성시험 -연구개발시에 수시활용	1.연구 기간 중 : 2~3회/년 소요(총 13회 예상) -에너지 흡수능력 시험 (고속 3회, 일반철도 4회, 전동차 2회 이상) -연결기 및 완충차막이 부품시험(각 2회 이상) **※ 기간 활용불가 문제 : 구축지연 07년 외국추진** 2. 연구종료 후 -국내발주차량 6회/년, 해외발주 2회/년 이상	1.국내 : 건기연[용량 부족] 2.국외 : 연 20억 원 시험비 예상> -영국: 정적압괴시험설비 -프랑스: 정적압괴시험설비 -폴란드 Zmigord CNTK <소형 : 약10만 EURO/1회>	1.외국 : 설계 2.국내 제작 가능 -계측장비 도입 -분석 프로그램 개발 ☞압괴 부지 및 건물 -충돌부지 공동	1.국내 : 불가 (용량부족) 2.외국 : 가능 (비용 과다 및 효율저하)	2,850 <3,042> >
탈선	차륜탈선 안전성능 평가 시험설비	-차량탈선 위험도평가 시험기준 -차륜거동변화 탈선위험 시험 -플랜지 진입각별 탈선 현상규명 **<종합 대형 시험평가>**	-철도차량-궤도 상호 적합성 시험(S/R) -차륜/궤도 상호작용력 시험(S/R/Tr) -윤중,횡압 측정시험(S/R/T/Tr) -탈선계수 규명시험(S/R/T)	1.철도차량 안전기준에관한규칙(건455호,06/7) -제29조(철도차량과선로간의작용력 등) -제30조(윤중감소량) -제31조(횡압) -제34조(탈선계수) 2.철도차량안전기준에관한지침(07/7 고시추진) -탈선계수 측정 및 산정기준(안) 등	1.사용빈도(3회/년) -1회 시험 4개월 소요(준비 2개월) -차량/선로 작용력, 윤중, 횡압, 탈선계수 예측 2.연구 종료 후(5회/년) -신차종 3회, 탈선차량 2회 이상	-일본 RTRI: Creep force test bed -일본 RTRI: Wheel-rail contact reciprocating motion unit -미국 TTCI: Vibration Test Unit	1.외국 : 설계 (국내 설계경험 무) 2.국내 : 제작 불가(제휴) -선진국의 10% 수준 ☞기존건물 활용(현대차)	1.국내 : 불가 2.외국 : 불가 -시험요구사항 충족불가 (차량모델 달라 불가) -국내기술의 해외 유출 (개발비용 과다지급 필요) -장기간소요활용불가(10개월)	5,000 <5,300> >

화재	중/소형 철도설비 화재 안전성능 평가 시험설비	-의자, 도어등 중형화재 평가 -국제기준의 일반장비 및 소형 시편 성능시험 -내장재별 화재특성 평가시험 -중/소형 배기 및 집진 설비 <일부 노후장비교체>	-연기밀도시험(S/R/T/Tr) -가스독성시험(S/R/T/Tr) -화염 전파시험(수평/수직)(S/R/T/Tr) -발열량/발연량 시험(S/R/T/Tr) -산소지수시험 등(S/R/T/Tr)	1.차량 화재 안전도 평가 -ASTM-E 2061(미), BS 6853(영) -SMT4-CT 96-2136(EU), -NIST6536(미) 2.철도안전법 시행규칙(건456호,05/7) -제59조(성능시험의 대상 및 기준) -제60조(성능시험의 절차) 3.철도차량안전기준에관한규칙(건455호,06/7) -제 6조(위험도 분석) -제 8조(철도차량의 화재안전 등) -제 9,10조(화재발생예방, 화재전파의 방지) -제11조(화재의 감지 및 경보) -제12,13조(화재발생시 대피, 진압설비) -제14조(작동상태의 표시) 4.철도차량안전기준에관한지침(건438,05/12) -제 4조(철도차량의 불연 및 난연재료) 5.철도시설안전기준에관한규칙(건476,05/10) -제14조(전기시설물의보호) 6.철도시설안전기준에관한지침(건395,06/9) -제16조(터널구조물의 보호 -제17조(전기시설물의 보호) 7.도시철도차량 화재안전기준(건,04/12) -10조 (화재예방을 위한 기준)	1.연구기간 중 -연기밀도시험외 8항목 : 100회/년 -본사업의 안전도평가용 기초화재 특성시험 2.사업 후 인증용 -안전기준지침, 인증시험 9항 : 200회/년 (연간 빈도 매우 많음) -안전기준 연구개발용 활용 3.철도소재 화재시험(사례) -'06년 242회(4.0억 원) -'05년 600회(6.5억 원) -'04년 448회(3.9억 원) '03년 116회(1.0억)	[중형] 1.호주, 미국, 영국, 스웨덴, 핀란드 등 : 콘 코너 SB 2.국내: 건설기술연구원(설치 중) [소형] 1.국내 : 5개 기관 -방재시험연, 건설기술연구원 -소방검정공사, 건자재시험연구원 -철도기술연구원,원사직물시험연 2.국외 : 각국 화재시험/연구기관	1.외국 : 설계 2.국내 : 조립 및 도입 -시편시험용 도입 구성 -중형설치조립경험활용 ☛기존 건물 활용 (의왕시험동 외)	1.국내 -소형 : 활용가능 (고빈도 기초장비보유 효율) -중형 : 건기연 이용 가능 (고빈도 장비보유 효율적) 2.외국 : 일부가능 (비용과다 및 효율저하)	2,050 <2,750>

II 철도안전성능평가 시험설비 기본사양서 - 부록 참조

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표 달성도

1. 계획대비 진도

<표 4-1-1> 계획대비 진도

세부 연구개발 목표	달성내용	달성도 (%)
○ SE 기반의 3차년도 사업 총괄조정활동	- 3차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영 - 3차년도 시스템엔지니어링 관리계획서 (SEMP) 통합 및 조정 - 3차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영 - 과제별 산출물의 정의 (3차년도) - 과제간 인터페이스 정의 및 관리 (3차년도)	100
○ 위험도 기반의 철도안전관리체계 구축	- 철도안전관리체계 구축 분야별 기능 요구사항 검토 - 철도중대사고 평가기술 개발 분야별 기능 요구사항 검토 - 철도안전성 분석시스템 기능 요구사항 검토 - 안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침 작성 (1) - 위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차 작성 (1)	100
○ 철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원	- 안전체계/기준/기술개발 연구 성과의 연차별 제도화 대상 선정 - 제도화 대상 3차년도 연구 성과물의 검증/논증 요구사항 작성 - 제도화 대상 3차년도 연구 성과물의 논증	100
○ 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정(1)	- 철도안전 시험평가시설 구축계획의 작성 - 철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 분석 - 철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 검증 및 논증 - 안전평가시험설비 지원 연구(설계검토)(1)	100
○ 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축 연구 (1)	- 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검토 - 철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검증 및 논증	100

제 2 절 관련분야 기술발전에의 기여도

1. 기술적 기여도

- 시스템 엔지니어링 기법에 의한 전체사업의 공정관리를 통한 단계별 및 최종 목표 달성 및 사업비용 절감효과
- SE 기반 철도안전 요건관리, 사업총괄조정 및 관리를 통한 전 과제간 유기적인 연계 및 연구 성과의 신속하고 효율적인 현장적용
- 철도시스템의 위험요인, 안전요건, 안전규정/안전기준 및 사고/장애 관련 안전정보 등 기술개발결과의 관리체계를 수립함으로써 사업종료 후 활용효과 극대화
- 철도안전에 대한 체계적 연구를 통한 철도기술 인프라 조성

- 업체·운영기관 등에서 자체 보유·운영이 곤란한 안전도 시험평가 설비를 공동 활용하게 함으로서 기술개발 및 안전성 향상 기반 제공

2. 정책적 기여도

- 철도시스템에 대한 국가안전체계의 확립과 관련주체(운영, 시설관리, 규제)별 임무와 역할의 정의로 구조개혁에 따른 안전인터페이스 혼란 해소
- 철도안전법에 의거한 분야별 세부 안전기준 작성 및 제도화 지원을 통한 효율적인 철도안전규제 시행기반 마련
- 리스크 기반 안전 엔지니어링을 근간으로 하는 시스템안전프로그램 및 국가표준원칙 및 지침서의 개발로 신기술의 적용, 시스템 변경 시에도 안전을 확보하고 관리할 수 있는 사고예방환경 구현
- 국가교통핵심기술개발 사업('03~'07)에서 개발된 철도방재핵심요소기술의 실용화·제품화를 연계추진하고, 도시철도표준화사업('95~'05)에 안전기준연구, 정보화연구 결과를 지원하는 등 관련 연구개발 사업들의 통합추진으로 국가연구 개발사업 들의 연구 성과 극대화 실현
- 전체 교통의 안전성을 향상시키기 위해서 안전성 높은 철도교통의 수송 분담률을 증대시키고, 이에 따른 정책적 안전 목표를 설정

- 철도안전목표 설정과 주기적 실적평가를 통한 안전정책의 연속성 확보
- 안전 목표 설정 시 위험도 및 사고심각도와 같이 정량화된 지표를 활용
- 안전 목표 달성을 위해 철도안전법을 근거로 일관된 국가 안전관리체계를 수립하여 철저히 안전규제 시행
- 국가에서 제시한 철도안전 목표에 미달되는 운영자는 엄격히 제재
- 사고예방, 대응체계 및 안전규제를 위한 체계적인 기술기준 확보
- 인적요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 철도시스템 차원의 위험분석과 안전성평가를 기초로 안전 위협요인을 사전에 제거하거나 적정한 수준으로 관리

3. 산업적 기여도

- 국가 기간산업인 철도의 안전성 확보 및 향상된 서비스 제공을 위하여 국가차원의 정책적인 투자 확대
- 철도업계의 안전 기술수준 상승 계기 마련
- 철도안전관리의 공정성·투명성 확보를 위해, 이원화된 국가 안전관리 전담조직 운영
- 안전정책 및 감독기능 강화: 여객운영/화물운송/시설관리 종사자에게 안전 목표를 부여하고, 해당 조직의 여건과 상황을 고려한 안전계획을 승인, 안전관리 활동 점검 및 감시
- 위험평가 및 안전관리 정보지원시스템을 운영하여 시스템 최적화, 위험도 평가와 대책의 선정, 단위 비용 당 위험도 감소율을 계산하여 효율적인 안전투자 시행

※ 철도종합안전기술개발사업의 비용효과분석

□ 비용효과분석을 위한 정량화지수 항목

o 연구개발비

- 948억 원(국고 883억 원, 민간 65억 원), 연평균 158억 원 투입
- 연평균 물가상승률 3%를 고려 시 총 1,171억 원 투입('05년 기준)

o 연구개발 효과(성과지표)

- 직접 경제적 효과
- 간접 경제적 효과

① 목표 달성에 따른 사회·문화적 효과의 정량화

② 목표 달성에 따른 과학기술적 파급효과의 정량화

□ 철도종합안전기술개발사업 성과지표에 의한 비용효과분석

o 사업기획(사업계획)상의 기대성과

▪ 직·간접 경제적 효과

① 사망/부상자 수 감소에 따른 기대성과

· '99년~'03년 舊 철도청통계자료를 기준으로 연평균 철도사고 사망자는 245명이며, 부상자 수는 451명임

· 현재 추세가 계속 유지된다면, 연구종료(2010년) 시점이후 향후 10년간 사망자 2450명과 부상자 4510명이 발생할 것으로 예상됨

· 연구종료(2010년) 시점에서 사업목표 달성(목표 100% 달성 가정) 시, 철도사고 사망자 80% 감소하여 사망자수는 연간 50명 수준으로 유지될 것이며, 사고율이 50%감소하여 부상자 수는 225.5명 선으로 유지될 것으로 예상됨

· 따라서 연구종료(2010년) 시점에서 사업목표 달성 시 향후 10년간 사망자 수는 500명이 될 것이며, 부상자 수는 2,255명으로 감소할 것임

· 1999년 기준 1인당 교통사고비용 사망자 31,769만원, 부상자 2,439만원과 연평균 물가상승률 3%를 고려 시 7,871억 원의 편익이 발생할 것임

→ 사망자 감소 편익 = (2,450명 - 500명) × (31,769만원 × 1.03^5)

≒ 71,816 억 원

→ 부상자 감소 편익 = (4510명 - 2,255명) × (2,439만원 × 1.03^5)

≒ 690 억 원

- 영국 철도에서는 대중 교통수단으로써 철도사고 중요성을 반영하여 생명가치를 ¥3,640,000으로 평가하고, 1명의 부상자에 대해 1/10의 등가사망자기준을 사용 중
- 영국 철도를 기준으로 환율과 1인단 GDP 반영 시 56,323억 원의 편익 발생할 것임

→ 사망자 감소 편익 = (2,450명 - 500명) × (¥3,640,000 × ₩1,936 × ($10,980/$30,140))

≒ 50,061 억 원

→ 부상자 감소 편익 = (4510명 - 2,255명) × (¥3,640,000 × ₩1,936 × ($10,980/$30,140)× 10^{-1})

≒ 6,261 억 원

- 영국 도로교통 분야에서는 생명가치를 ¥1,300,000을 사용하고, 1명의 부상자에 대해 1/10의 등가사망자 기준을 사용 중.
- 영국 도로교통 분야를 기준으로 환율과 1인당 GDP 반영 시 20,115 억 원의 편익 발생할 것임

→ 사망자 감소 편익 = (2,450명 - 500명) × (¥1,300,000 × ₩1,936 × ($10,980/$30,140))

≒ 17,879 억 원

→ 부상자 감소 편익 = (4510명 - 2,255명) × (¥1,300,000 × ₩1,936 × ($10,980/$30,140)× 10^{-1})

≒ 2,236 억 원

▪ 전체 교통의 안전성을 향상시키기 위해서 안전성 높은 철도교통의 수송 분담률을 증대시키고, 이에 따른 정책적 안전 목표를 설정

- 철도안전목표 설정과 주기적 실적평가를 통한 안전정책의 연속성 확보
- 안전 목표 설정시 위험도 및 사고심각도와 같이 정량화된 지표를 활용

▪ 안전 목표 달성을 위해 철도안전법을 근거로 일관된 국가 안전관리체계를 수립하여 철저히 안전규제 시행

- 국가에서 제시한 철도안전 목표에 미달되는 운영자는 엄격히 제재
- 사고예방, 대응체계 및 안전규제를 위한 체계적인 기술기준 확보
- 인적요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 철도시스템 차원의 위험분석과 안전성평가를 기초로 안전 위협요인을 사전에 제거하거나 적정한 수준으로 관리

▪ 중대열차 사고율 50% 감소 : 백만km당 0.06건 → 0.03건

·인명피해저감의 누적에 따른 경제적 이익이 10년간 약 6천억 원 이상 발생함(1999년 기준 1인당 교통사고비용 사망자 31,769만원, 부상자 2,439만원과 연평균 물가상승률 3%를 고려함. 본 사업으로 인한 연구투자비용 948억원 소요)

·영국 철도공중사망사고 기준 사용 시 경제적 이익이 10년간 약 1조3만천만원 이상 발생함(영국 철도공중사상)

② 본 사업이 완수되고 Rolling Plan이 운영되면 인명피해저감의 누적에 따른 경제적 이익은 20년 뒤 1조7천억 원 이상 발생하며, 30년 뒤에는 3조2500억 원 이상 발생함(Rolling Plan 운영비용이 매 10년간 1천억 원 소요된다고 가정함)

③ 10년 주기로 발생하던 대형 참사 방지효과까지 고려하게 된다면, 사고방지효과로만 30년 동안 약 5조원 이상의 경제적 이익 발생

④ 안전투자 내실화에 따른 비효율요소 절감(투자액 3조 8천억 원 중 비효율 요소 5% 제거 시 5년간 1,900억 원 절감 가능)

⑤ 도시철도차량 내장재 개발의 경우, 수입대체효과가 연간 250차량 신규발주 시 75억 원 절감효과

⑥ 선진국 수준 철도안전기술 확보와 국제표준 시험규격/안전심사기준 개발로 해외수출에 기여(제품원가 10% 저감 및 해외시장 10% 확대 가능)

o 연구개발비 효율

- 1999년 1인당 교통사고비용 기준= $\frac{7,871억 + 75억 + 1,900억}{1,171억}$ = 8.4

- 영국 철도 기준= $\frac{56,323억 + 75억 + 1,900억}{1,171억}$ = 49.78

- 영국 도로교통 분야 기준= $\frac{20,115억 + 75억 + 1,900억}{1,171억}$ = 18.86

o 성과지표 개발 시 고려사항

사업기간 : 6년

사업목표(사망자수 감소)에 따른 직접 경제적 효과(사망자, 부상자수, 목표달성시점의 일인당 사망회피가치, 연구개발 효과의 지속기간 등을 고려하여 계산)

※ 연구종료(2010년) 시점에서 아래의 목표 달성(목표 100% 달성 가정)

- 철도사고 사망자 80% 감소 : 연간 247명('03년) → 50명('09년)
- 중대열차 사고율 50% 감소 : 백만km당 0.06건 → 0.03건
- 열차운전 사고율 50% 감소 : 백만km당 0.8건 → 0.4건

안전투자 비효율요소 절감액

제품 개발에 따른 원가절감액(수입대체효과 등)

현재가치(연구 개발효과의 발현시점 또는 연구비 투입시점 등 시점기준 통일 필요)

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 향후 전망

- 선진국의 경우, 20여 년 전부터 화재, 충돌, 탈선과 같은 중대사고 안전도를 평가하여, 사고 발생 시 피해를 저감시킬 수 있는 시험평가 설비와 기술을 확보하고 있음. 그러나 국내에서는 예산상의 문제로 이러한 연구개발이 뒷전으로 밀려나 있었음. 본 철도종합안전기술개발 사업이 이루어지면 선진국과 대등한 수준의 중대사고 안전도 시험평가 시설과 기술을 보유하게 됨.
- 철도교통의 안전도를 획기적으로 높이려면 무엇보다도 철도 시설 및 차량의 설계, 시공, 제작 유지보수 단계에서 위험원 발생을 근원적으로 차단하는 수준 높은 공학적 기술이 요구됨. 그 동안 국내에서는 철도기술 개발에 대한 투자가 상대적으로 소홀하고 일천하여 설계 원천 기술 및 유지보수 노하우가 확보가 미흡한 편임. 본 사업을 통하여 충돌/탈선/화자 등 중대 사고에 대한 방지기술 및 안전도 평가기술이 확보되어 철도 전반에 걸친 기반기술 수준도 한 단계 높아질 것으로 사료됨.
- 본 사업에서 통합안전정보시스템이 구축되면, 그 동안 운영기관별로 또는 성능평가 검증기관별로 따로 관리되던 안전 관련 자료들이 축적되고, 신뢰성 평가 인증 자료 및 유지 보수 정보의 공유, 객관적인 안전성 평가 비교분석, 운영기관의 안전 대책 미흡에 대한 비교평가, 안전정보의 공유 등이 가능하여 철도 운영자와 이용자들이 함께 하는 철도안전문화의 정착 기반이 마련될 것임.
- 단기적으로는(사업 착수 후 2년간) 철도안전법 시행에 필요한 시스템 수준의 철도안전체계 구축 및 철도안전기준 작성에 필요한 시스템안전요건 등 연구 성과를 도출하여 철도안전법 시행기반을 지원하고, 안전도 시험평가 설비 구축, 화재/충돌/탈선 등 중대사고로 우선순위가 높은 안전기술 개발을 수행

- 중대 사고를 중심으로 안전기준, 운행안전기술 등의 연구결과는 매년 제도화하거나 안전대책에 반영·시행
- 대구지하철 사고로 제기된 철도 및 지하철안전기획단의 단기대책을 기술적으로 지원

- 중기적으로는(사업 착수 후 3년~4년) 하부시스템 수준의 세부적인 철도안전기준 및 철도안전평가 기술을 개발함으로써, 이 결과를 활용하여 안전인증전문기관이 안전심사 및 안전평가를 효율적으로 수행 가능하도록 지원하며,
  - 차량 및 시설관련 안전기준 들을 제도화하고, 운영기관의 안전관리체계를 분석하여 새로운 안전관리 기법을 개발 적용
  - 중대사고 중심으로 안전도 시험평가 기준 및 절차, 시험 방법 등을 개발하여 시범적으로 현장에 적용
- 장기적으로는(사업 착수 .후 5년~6년) 정부, 안전인증전문기관 및 운영기관들이 철도안전관리를 효율적으로 수행하도록, 철도안전평가시험시설을 구축하고 중대사고 방지기술을 확립하며, 또한 세부적인 철도안전기준의 현장 적용에 대한 검토 및 개정, 종합적인 안전정보시스템의 가동 등 종합적인 철도안전관리체계 확립 및 운영을 위한 연구지원을 수행함으로써 사업목표를 달성하고자 함.
- 사업이 완료된 후에는 영국, 미국 등과 같이 5년마다 기술발전 수준을 반영한 Rolling Plan형 상시 기술개발 프로그램으로 선진국 수준의 항구적인 철도안전 확보.

제 2 절 활용방안

□ 사업내용별 달성목표

<표 5-2-1> 사업내용별 달성목표

사업 내용	달성목표 및 제도화지원
Ⅰ- 연구사업 총괄	**총괄조정 및 철도안전법 시행 제도화 지원 철도시스템 안전프로그램 구축**
- 철도안전시스템엔지니어링 및 사업 총괄 세부과제 : 1. 철도안전SE 및 사업총괄	· 철도종합안전기술개발사업의 총괄조정관리 및 제도화지원 · 철도안전법 기반 철도시스템 안전관리체계 구축 · 철도안전평가시험시설통합조정
Ⅱ. 철도안전관리체계 구축	**철도안전기준 및 체계 구축 (철도안전법 시행기반확보)**
- 안전업무종사자 사고예방 안전관리 체계 구축 세부과제 : 1. 인적오류 관리 및 업무적성 평가 기준 개발 2. 안전업무종사자 교육훈련 체계 구축	· 철도사고의 인적오류 관리체계 확립 · 철도 안전업무종사자의 업무적성 평가 기준 체계 확립 · 일반철도기관사 운전직무수행능력 평가시뮬레이터 개발 · 현업종사자 참여 지향적 인적오류분석 관리 체계 개발 · 일반철도기관사 직무수행능력시험설비개발 · 대국민 철도안전홍보 및 교육 프로그램 개발 제10조(철도기관사면허) 제16조(교육훈련) 제22조(관제업무수행요건) 제24조(철도종사자안전교육)
- 철도시스템 사고예방 안전관리 체계 구축 세부과제 : 1. 철도차량 안전기준 및 체계 구축 2. 철도시설 안전기준 및 체계 구축 3. 철도S/W 안전기준 및 체계 구축 4. 위험물수송 안전기준 및 체계 구축	· 철도안전법 시행을 위한 철도차량/시설의 안전규정체계구축 및 분야별 세부 안전기준 · 철도에 사용되는 컴퓨터 기반 제어기의 SW 안전성 확보를 위한 안전규제체계 · 철도 위험물수송에 관한 안전기준 개발 및 안전체계 구축 제25조(철도시설안전기준) 제26조(차량 안전기준) · 철도위험물운송규칙

- 철도사고 위험도평가 및 비상대응체계 구축 세부과제 : 1. 철도사고위험도 분석 및 평가체계 구축 2. 사고모델별 비상대응 절차 개발	· 철도사고위험 표준분류모델 개발 및 시스템 위험도 평가기술 개발 · 중대사고 시나리오에 따른 비상대응 절차 개발 및 현장적용 제8조(비상대응계획) 제60조(철도사고 발생 시 조치)
- 철도안전정보지원시스템 구축 세부과제 : 1. 철도 안전성 평가 및 분석 프로그램 연구개발	· 철도안전정보지원시스템 구축 제5조(철도안전종합계획) 제9조(종합안전 심사) 제7조(안전관리규정)

□ 사업내용별 달성목표(계속)

사업 내용	달성목표
Ⅲ. 철도 중대사고 예방 및 피해저감 기술개발	대형 철도사고 예방, 사고/사망율 저감 및 철도시스템 안전성 시험평가 기반 확보
- 철도화재 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 철도화재 안전성능평가 및 사고방지 기술개발 (철도차량 및 역사/터널 화재방지 기술개발)	· 철도화재 안전평가시스템 구축 · 화재 안전성 향상 핵심기술개발
- 열차충돌 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 철도차량 충돌 안전성능평가 및 피해저감기술개발 2. 열차제어시스템 안전성능평가 및 사고방지 기술개발	· 충돌안전성 향상기술 개발 · 충돌안전성 평가기술 개발 · 충돌안전성 시험평가시설 구축
- 열차탈선 사고방지 기술 개발 세부과제 : 1. 철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지 기술개발	· 탈선안전성 평가기술 개발 · 탈선사고 대책기술 개발 · 탈선위험 통합모니터링시스템 · 자연요인 평가기술 개발
- 철도건널목 사고방지 기술 개발 세부과제 1. 철도건널목지능화를 통한 사고예방 및 피해저감기술개발	· 철도건널목 제어시스템의 정보화를 통한 철도건널목 통행자(열차, 자동차, 사람 등)의 안전성향상 기술 개발

□ 예상결과물 및 활용방안

<표 5-2-2> 예상결과물 및 활용방안

사업수행내용		예상 결과물	활용방안
연구사업 총괄	철도안전 SE 및 사업총괄	• SE 기반의 철도안전요건관리체계	• 과제간 유기적 연계 조정을 통한 목표달성효과 극대화
		• 철도안전종합계획 지침서 • 제도화대상 안전기준 확인 및 검증 결과	• 국가 철도안전관리체계 구축 및 철도안전법의 효율적인 시행기반 마련(국가)
철도안전 관리체계 구축	안전업무종사자 사고예방 안전관리체계 구축	• 인적오류 관리 기술기준 및 시행지침	• 철도 안전 종사자 인적오류 관리 기준(운영기관)
		• 기관사 자격관리 기술기준 및 시행지침	• 철도 기관사 자격관리 기준(면허관리기관)
		• 안전작업수행자 업무적성 평가기술기준 및 시행지침	• 철도 안전 종사자 업무적성 평가 (운영기관)
		• 철도 운전직무수행자모의 교육훈련체계(시뮬레이터)	• 교육훈련용 시뮬레이터 교육 / 훈련기관)
		• KR-HPES(인적행위강화시스템)	• 사건유발 기여 원인 요소 분석 등 인적자원 관리체계 구축 (운영기관)
		• 기관사 직무수행능력 시험설비	• 기관사 운전행위 관측자료 수집 및 분석용 돌발 비상 가상 운전상황 유발 시나리오기반의 관리체계 및 설비 개선 항목도출 운영기관)
	철도시스템 사고 예방 안전체계 구축 (차량/시설/소프트웨어/위험물수송)	• 엔지니어링 안전관리 (ESM) 준수절차를 적용한 기술 분야별 국가 규제요건 -차량(기관차/객차/화차, 탈선 충돌/화재) -시설(선로구축물, 건널목, 전기신호) -소프트웨어(수명주기에 따른 핵심소프트웨어 안전성 관리체계) - 위험물 수송안전	• 위험도 기반 국가 철도안전관리체계의 기술적 시행기반 마련(국가) • 국제안전기준에 적합한 철도차량 등의 제작을 통한 수출경쟁력 제고(기업)
	철도사고 위험도 분석 및	• 철도사고 원인 - 결과 위험분석모델 개발 및 표준 분류체계 제시 • 철도사고 위험도(발생빈도 및 피	• 국가 표준의 일원화된 철도사고/장애 자료수집 및 안전정보 관리

	평가체계 구축	해심각도) 평가도구 및 위험관리 지수(RMI) · 철도사고 위험요인 - 안전요건의 연계성 부여 및 추적성 관리 체계(RVM) · 철도사고생명가치 (VPF) 산정기준 정립 및 안전투자 비용 효과 분석	· 체계적인 사고원인 분석 및 위험요인 도출에 의한 사고재발 방지 · 철도 시스템의 정량적인 위험도 관리 및 안전대책 우선순위 평가 · 철도 사고 예방을 위한 RVM 기반의 안전요건 도출 및 안전설계 적합성 인증 · VPF 기준의 국제적인 안전성능 수준 비교 및 효율적인 위험예방-안전개선 대책 수립
	사고모델별 비상대응 절차 개발	· 중대사고(화재/충돌/탈선/위험물 수송/테러) 피해확산 시나리오 · 대응주체별 비상대응 매뉴얼 철도운영기관, 시설관리자, 유관기관) · 비상대응 모의훈련 절차서/교육지침서	· 중대사고 대응체계 수립 (국가) · 비상시 사고현장의 체계적인 비상대응(운영기관) · 비상대응 모의훈련 (운영기관)
	안전성평가 및 분석 프로그램 연구개발	· 철도사고/운전 장애 통합 DB · 안전요구사항관리시스템 · 안전엔지니어링 DB · 위험예측지원시스템 · 투자우선순위 및 비용효과분석 지원시스템 · 안전 목표 및 목표설정 지원시스템 · 정보지원시스템 사용자 권한관리 시스템	· 국가/시설관리자/운영자의 기초분석자료 제공 · 2년 주기 종합안전심사의 근거자료로 제공 (교통안전공단) · 안전성평가기술개발 성과를 활용한 중대사고 개선방안 도출시 활용 (국가) · 위험도평가기반의 사고위험확률 산출(국가) · 비용대비 투자효과의 정책적 판단 근거자료로 활용 (국가) · 위험예측 및 비용효과분석 기반의 철도안전정책부서의 목표설정 지원(국가) · 정보지원시스템 접근권한관리 (운영센터)

사업	수행내용	예상되는 결과물	활용방안
철도중대사고방지및피해저감기술개발	철도 중대사고 방지 및 피해저감 기술 개발 (화재/충돌/탈선/건널목)	**·중대사고 예방 및 피해저감 기술/장비** - 철도차량 화재 시나리오 분석 및 시뮬레이션 예측기법 - 철도 터널/역사 화재시나리오 분석 및 시뮬레이션 예측기법 - 차량/궤도 결함에 따른 탈선대책 기술 - 승객용 가상피난 시뮬레이터 - 운전직무 수행능력 평가 시뮬레이터 - 비상대응 표준운영절차 전산모델 - 에너지 흡수식 자동연결기 - 에너지 흡수식 차막이 - 공중인명 구명장치 - 안전성 향상 및 평가를 위한 열차제어시스템 - 차량결함(차륜이상, 낙실, 이상진동) 경보시스템 - 궤도 이상개소 감시경보시스템 - 레일절손 검지시스템 - 자연요인 감시경보장치 - 철도건널목 상황을 열차 및 사령에 전송하는 경보장치 - 철도건널목 통과차량 정보현시장치	·중대사고로 인한 대형 인명/재산 피해 예방 및 저감 **(국가/운영기관)** ·주요 안전기술의 산업화, 국산화로 부가가치 유발 **(기업)**
		·중대사고 위험도 평가 기술 - 철도차량 화재안전도시험&평가기법 - 철도터널/역사 화재안전도시험 및 평가 기법 - 철도차량 화재안전설비표준화 (내화구조/안전용품/통신/대피설비) - 철도역사/터널 화재안전시설 표준화 (내화구조/재료/구난역) - 철도차량 및 역사용 화재제어 핵심장치 및 성능평가기술(감지/ 진화/공조 장치) - 철도 터널용 지능형 배연시스템 및 성능평가기술 - 차체구조 충돌안전성능평가기술 - 승객의 충돌 상해치 평가기술 - 열차제어시스템 확률론적 종합 안전성 평가기술 - 열차제어시스템 하드웨어 및 소프트웨어 안전성 평가기술 - 안전성 향상 및 평가를 위한 열차제어시스템 및 시험기 - 열차제어시스템 안전성 평가 및 인증기술 - 차량/궤도 결함에 따른 탈선안전도평가기술 - 자연요인에 따른 탈선안전도평가기술 - 탈선안전도 시험평가기술 및 시설	·중대사고 안전기준의 기술적 시행기반 및 인프라 확보 **(국가/시설관리자)**

□ 연도별 유형적 연구 성과 및 활용계획

<표 5-2-3> 연도별 유형적 연구 성과 및 활용계획

유형	과제	구분	유형적 결과물	년차	해당 결과물 수혜자			결과물 운영주체
					국가	운영기관	민간	
시험평가설비	철도화재	철도화재 안전성능 시험평가 시스템	차량화재 실대형 시험평가 장치	5	O			주관기관
			터널화재 실대형 시험평가 장치	5	O			주관기관
			중형화재시험 장치	3	O			주관기관
			소형시편시험 장치	2	O			주관기관
	차량충돌	실차충돌시험설비	충돌시험용 트랙	4	O			주관기관
			충돌시험용 반력벽	4	O			주관기관
			정적압괴장치	4	O			주관기관
			연결기성능시험장치	4	O			주관기관
		재료동적거동특성시험	SHPB 장비	2	O			주관기관
	열차제어	안전성 평가 시험기	열차제어시스템 안전성평가용 시험기(HW, SW)	4	O			주관기관
	열차탈선	탈선안전도 시험평가시설	연속식 탈선계수 측정장치	3	O			주관기관
			윤중검증 시험설비	2	O			주관기관
			차축피로시험기	2	O			주관기관
			차륜/레일접촉시험기	3	O			주관기관
			탈선시험기	3	O			주관기관
	건널목	건널목 시뮬레이터	건널목 동작해석시뮬레이터, 건널목 시인성 평가	3		O		주관기관
시제품	비상대응	비상대응 표준운영절차	비상대응 표준운영절차의 디지털 북	4		O		주관기관

		전산모델						
	차량 충돌	고속철도 에너지 흡수 표준 구조	전두부 구조	2		O	O	주관/민간업체
			동력객차 구조	3		O	O	주관/민간업체
			운전자 보호구조 모듈	5		O	O	주관/민간업체
		일반철도 에너지 흡수 표준 구조	전두부 구조	2		O	O	주관/민간업체
			객차구조	3		O	O	주관/민간업체
			발전차 구조	3		O	O	주관/민간업체
			운전자 보호구조 모듈	5		O	O	주관/민간업체
		전동차 에너지 흡수 표준 구조	전두부 하부 구조	3		O	O	주관/민간업체
		에너지 흡수식 자동연결기	연결기	2		O	O	주관/민간업체
		에너지 흡수식 차막이	에너지 흡수용량별 차막이	2		O	O	주관/민간업체
		공중인명 구명장치	구명장치	4		O	O	주관/민간업체
	열차 탈선	차량결함 감시경보시스템	차체하부 기기류 낙실 위험 감시 장치	3		O	O	주관/민간업체
			차륜이상감지장치	3		O	O	주관/민간업체
			주행 중 차량 이상진동 감시 장치	4		O	O	주관/민간업체
		궤도이상개소감시경보시스템	실시간 궤도 이상개소 평가시스템	4		O	O	주관/민간업체
		레일절손검지시스템	레일절손 검지시스템 시제품	3		O	O	주관/민간업체

유형	과제	구분	유형적 결과물	년차	해당 결과물 수혜자			결과물 운영주체
					국가	운영기관	민간	
시제품	건널목	철도건널목 상황을 열차 및 사령에 전송하는 경보장치	철도건널목에서 정지된 차량(대기행렬, 고장 등) 감험 검지장치	3		O	O	주관/민간업체
			열차 및 사령으로의 정보전송 장치	4		O	O	주관/민간업체
		철도건널목을 통과하는 차량(자동차 등)에의 정보현시 장치	철도건널목 통과 열차의 속도, 도달 시간 등의 측정 장치	3		O	O	주관/민간업체
			열차의 속도, 도달 시간 등을 송/수신하는 장치	4		O	O	주관/민간업체
			도로교통(자동차, 보행자 등)에의 진입경고 장치	3		O	O	주관/민간업체
	인적 오류 교육 훈련 체계	기관사 직무수행능력 시험설비	기관사 직무행위측정 및 직무행위관측용 정신부하 측정, 수집설비 (신체거동 측정설비, 눈동자 움직임 측성설비)	4	O	O	O	국가/주관기관
			기관사 운전행위 관측 돌발 비상 가상 운전 상황 유발 시나리오, After Action Review S/W	5	O	O	O	국가/주관기관
			직무수행 관측 자료관리 체계 (멀티미디어 데이터 관리 기본구조)	2	O	O	O	국가/주관기관
		운전직무 수행능력 평가 시뮬레이터	기관사 운전직무 시뮬레이션 소프트웨어	4	O	O	O	국가/주관기관
			기관사 모의 운전 장치용 전동차모형설비	4	O	O	O	국가/주관기관
			사고 및 사건 유발 강사 모델 구현 소프트웨어	4	O	O	O	국가/주관기관
			기관사 철도운행 자연환경 모의 소프트웨어	5	O	O	O	국가/주관기관
			기관사 운전직무수행 평가 모델(직무평가소	5	O	O	O	국가/주관기관

			프트웨어)					
	열차제어	평가대상 열차제어시스템	안전대책을 반영한 열차제어시스템	4	O	O	O	국가/주관기관
정보시스템	안전 SE	안전성 평가 및 분석 프로그램	사고/장애 DBMS	2	O	O		국가/주관기관
			안전요구사항관리시스템	3	O	O		국가/주관기관
			위험예측지원시스템	5	O			국가/주관기관
			투자우선순위 및 비용효과분석 지원시스템	5	O	O		국가/주관기관
			안전대책 및 목표설정 지원시스템	5	O			국가/주관기관
			통합운영시스템	6	O			국가/주관기관
기준/절차서	안전 SE	철도안전체계 및 기준 제도화	철도종합안전계획 수립절차	1	O	O		국가/심사기관
			리스크평가/정량적 목표수립방안	1	O	O		국가/심사기관
			철도종합안전계획 지침서	2	O	O		국가/심사기관
			안전요건 대상항목 및 기술기준 개발체계	1	O	O		국가/주관기관
			SE 관련 절차서 (SEMP, WBS)	1	O	O		주관기관
			안전규정 및 철도안전기준의 추적관리에 필요한 기술적 안전심사 통합 및 검증 계획서	5	O	O		국가/심사기관
		시험평가시설 구축	시험시설 기본 사양서, 시험설비 국내외 공동활용 방안	2	O	O		국가/심사기관

유형	과제	구분	유형적 결과물	년차	해당 결과물 수혜자			결과물 운영주체
					국가	운영기관	민간	
기준/절차서	인적오류 업무적성 평가기준	철도 안전작업 수행자 인적오류 관리체계	인적오류 관리 제도화 요건	1	O	O		국가/심사기관
			인적오류 관리 기술기준	2	O	O		국가/심사기관
			인적오류 관리 시행지침	3	O	O		국가/심사기관
		기관차 운행작업 수행자 자격요건 관리체계	운전작업수행자 자격관리 제도화 요건	1	O	O		국가/심사기관
			자격관리 기술기준	2	O	O		국가/심사기관
			자격관리 시행지침	3	O	O		국가/심사기관
		철도 안전작업 수행자 업무적성 평가기준체계	업무적성 평가 제도화 요건	1	O	O		국가/심사기관
			업무적성 평가 기술기준	2	O	O		국가/심사기관
			업무적성 평가 시행지침	3	O	O		국가/심사기관
	인적오류 교육훈련 체계	운전직무 수행능력 평가 시뮬레이터	기관사 운전직무 시뮬레이션 절차	4		O	O	국가/주관기관
			기관사 운전직무 시뮬레이션 모델 유지보수 절차서	4		O	O	국가/주관기관
			철도 기관사 운전직무 수행 평가용 직무평가 기준	6		O	O	국가/주관기관
		KR-HPES(한국 철도 인적행위 개선 시스템)	KR-HPES 분석절차 (사건 경위분석 절차)	2		O	O	국가/주관기관
			KR-HPES 분석절차 개발 (작업자 오류상황분석	2		O	O	국가/주관기관

			절차, 인지오류분석절차)					
			KR-HPES 분석절차 개발 (사건유발 기여 원인 요소 분석절차, E&CF 차트 작성절차)	2		O	O	국가/주관기관
			KR-HPES 분석절차 개발 (재발방지 철도환경 개선사항 작성절차, 보고서작성절차)	2		O	O	국가/주관기관
	차량 안전 기준	탈선안전기준	차량한계	4	O	O		국가/심사기관
			동적하중(수직) 허용기준	4	O	O		국가/심사기관
			방향하중 허용기준	4	O	O		국가/심사기관
			탈선계수 산정기준	4	O	O		국가/심사기관
			제동 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			탈선계수 측정방법	4	O	O		국가/심사기관
			주행 장치 유해물질 기준	4	O	O		국가/심사기관
			차륜 비파괴검사 기준	4	O	O		국가/심사기관
			차축결함기준	4	O	O		국가/심사기관
			윤축/주행 장치 분리 방지 강도기준	4	O	O		국가/심사기관
			현수장치 설계기준	4	O	O		국가/심사기관
			전복방지 기준	4	O	O		국가/심사기관

유형	과제	구분	유형적 결과물	년차	해당 결과물 수혜자			결과물 운영주체
					국가	운영기관	민간	
기준/절차서	차량 안전 기준	충돌안전기준	차체강도 측정기준	1	O	O		국가/심사기관
			차량기밀기준	1	O	O		국가/심사기관
			연결기 기준	4	O	O		국가/심사기관
			치수, 면적, 용적, 자중 산정기준	4	O	O		국가/심사기관
			전면/객실유리창 강도 기준	1	O	O		국가/심사기관
			표준충돌각본	4	O	O		국가/심사기관
			운전실/의자 틀 강도기준	4	O	O		국가/심사기관
			장애물제거기 기준	4	O	O		국가/심사기관
			승강용 출입문 강도기준	1	O	O		국가/심사기관
			에너지 분산흡수구조	4	O	O		국가/심사기관
			차체의 부식, 노후, 마모기준	4	O	O		국가/심사기관
			전기부식 기준	4	O	O		국가/심사기관
			운전실/계기판 조도기준	4	O	O		국가/심사기관
		화재안전기준	소화기 기준	4	O	O		국가/심사기관
			열차 비상장비	1	O	O		국가/심사기관
			불연/난연재료 기준	1	O	O		국가/심사기관
			화염전파, 연기밀도, 독성기준	4	O	O		국가/심사기관
			차량전기 안전	4	O	O		국가/심사기관
			비상시 차량 탈출 장치 기준	1	O	O		국가/심사기관
			전선용 난연재료 기준	4	O	O		국가/심사기관
			연로탱크 설치기준	4	O	O		국가/심사기관
			발열량 기준	4	O	O		국가/심사기관
			화재 시 탈출구조 기준	4	O	O		국가/심사기관

			공조/환기장치 설비기준	4	O	O		국가/심사기관
			화재감지기 성능기준	4	O	O		국가/심사기관
			자동소화설비 성능기준	4	O	O		국가/심사기관
	시설 안전 기준	선로구축물 안전기준	궤도 및 노반 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			궤도-구조물 인터페이스 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			궤도-차량 인터페이스 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			승강장 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			이동시설 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			시설물 배치 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			조명허용기준	4	O	O		국가/심사기관
			표지판 허용기준	4	O	O		국가/심사기관
			비상시 대피로 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			방화벽 및 방화천정 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
		건널목 안전기준	구조 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			시설 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			설치 및 관리 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
		전기신호 안전기준	전철전력설비 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			정보통신설비 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
			신호제어설비 안전기준	4	O	O		국가/심사기관
	소프트웨어 안전 기준	철도 안전핵심 소프트웨어 안전성 관리체계	수명주기별 관리기준	2	O	O		국가/심사기관
			안전관리 조직 및 책임 기준	2	O	O		국가/심사기관
			안전 요구사항 기준	2	O	O		국가/심사기관
			안전 요구사항 기준 해설서	2	O	O		국가/심사기관

			구조기준	3	O	O		국가/심사기관
			설계 및 실행기준	3	O	O		국가/심사기관
			검증 및 시험기준	3	O	O		국가/심사기관
			소프트웨어 /하드웨어 통합기준	3	O	O		국가/심사기관
			확인기준	3	O	O		국가/심사기관
			평가기준	3	O	O		국가/심사기관
			품질보증기준	3	O	O		국가/심사기관
			유지보수기준	3	O	O		국가/심사기관
			응용프로그램 포팅기준	3	O	O		국가/심사기관
			각 기준별 해설서	4	O	O		국가/심사기관
	비상대응절차	비상대응절차 개발	중대사고 시나리오	1	O	O		국가/주관기관
			운영기관(기관사, 관제요원, 역사운영요원) 비상대응 매뉴얼	2	O	O		국가/운영기관
			시설관리자 비상대응 매뉴얼	3	O	O		국가/운영기관
			유관기관(소방방재, 복구장비 외) 비상대응 매뉴얼	3	O	O		국가/운영기관
		현장보급 적용성 및 교육훈련체계	비상대응 모의훈련 지침서	4	O	O		국가/운영기관
			비상대응 교육지침서	4	O	O		국가/운영기관
기준/절차서	위험물 수송 안전기준	위험물 수송차량 안전기준	정하중 안전기준	3	O	O		국가/운영기관
			충격하중 안전기준	3	O	O		국가/운영기관
			피로하중 안전기준	3	O	O		국가/운영기관
			비파괴 안전기준	3	O	O		국가/운영기관
			차량구조 안전기준	3	O	O		국가/운영기관
		수송용기 및 장비 안전기준	수송용기 안전기준	4	O	O		국가/운영기관
			장비 안전기준	4	O	O		국가/운영기관
		수송, 취급 및 관리기준	수송 및 취급 안전기준	4	O	O		국가/운영기관
			관리기준	4	O	O		국가/운영기관

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 철도 사고조사 교육

1. 참가목적 및 필요성

○ 교육 장소 : 영국(Cranfield University, Cranfield)

○ 참가목적 및 필요성

- 철도사고조사 교육 체계 조사
- 철도사고조사 주체별 수행되는 안전조치사항의 처리절차 조사
- 사고현장 조사, 비상대응, 사고현장의 안전점검 방법 습득
- 현장복구, 증거수집, 인터뷰 기법, 승객행동과 생존력 자료 수집
- 언론대책, 사고 경로, 사고조사관을 위한 법정 절차 습득
- 사고의 근본 원인 규명 방안 조사
- 자료 수집과 분석, 연구자료 처리, 피해자와 가족과의 연락 방법 파악
- 관련 규제자와의 관계, 사고조사 보고서 작성 방법 조사

2. 관련과제

○ 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄

3. 참가자 현황

<표 6-1-1> 철도 사고조사 교육 참가자 현황

참가자	소속(직위)	교육 참가목적
윤혁진	안전기술연구팀(선임)	- Fundamentals of Accident Investigation 교육 참석: - 사고의 근본 원인 규명 방법 습득 - 사고 방지 대책 수립을 위한 사고 사례 조사 - 철도 사고조사 교육 체계 조사

4. 교육 참가 기간 : 5월 12일(출발) ~ 6월 3일(도착), 21박 23일

5. 주요일정

<표 6-1-2> 철도 사고조사 교육 주요일정

일 자	세부 활동 내역	방문지 (연박수)
5.12(토)	-인천공항 출발/영국 HEATHROW 공항 도착	국가간 이동
5.13(일)	□ London→Cranfield이동 (기차)	London, Cranfield
5.14(월) ~ 6.1(금)	□ Cranfield University 에서 Fundamentals of accident investigation 교육 참가 - Cranfield Safety and Accident Invesitgation Centre 주관 - 강의, 워크숍, 케이스 스터디 , 시뮬레이션 , 사고 현장 방문으로 구성 - 20 여명의 AAIB, MAIB, RAIB 의 사고조사관으로 강사진 구성	Cranfield, Cranfield Univesity
6.2(토)	□ Cranfield→London 이동 (기차) -영국 HEATHROW 공항 출발	국가간 이동
6.3(일)	-인천공항 도착	

6. 주요 교육내용

□ 일 시 : 2006년 5월 14일~6월 1일 (08:45~17:45)

□ 장 소 : 영국(Cranfield University, Cranfield)

□ 참 석 :

영국 철도사고조사기관(RAIB), 항공사고조사기관(AAIB), 해양사고조사기관(MAIB), 군사고조사기관(Australian, RNFSAIC, Canadian army), 운영기관(Olympic Airlines, Brussels Airlines, National Iranian Tanker Co.), 홍콩 민간항공(Hong Kong Civil Aviation Dept) 기관의 안전 관련 전문가 31명 참석

<표 6-1-3> 철도 사고조사 교육 일정표

	Monday 14 May	Tuesday 15 May	Wednesday 16 May	Thursday 17 May	Friday 18 May
08:45	Course Director's Brieging				
09:00 – 10:00	Course Structure *Graham Braithwaite*	Regulatory requirements *Graham Braithwaite*	Disaster Victim Identification *Tony Cullen*	On-site Evidence Collection *Cable / Braithwaite*	Crashworthiness *Rob Carter*
10:10 – 11:10	Investigation Approach *Graham Braithwaite*	Wreckage Recovery *Tim Wakeman*	Accident Pathology *Tony Cullen*	Concorde F-BTSC at Gonesse *Tony Cable*	Crashworthiness *Winston Rasaiah*
11:35 – 12:35	Roles and Responsibilities Exercise		Organisational Accidents *Graham Braithwaite*	Concorde F-BTSC at Gonesse *Tony Cable*	
14:00 – 15:00	Roles and Responsibilities Exercise *Ken Smart* *Peter Stuart* *Graham Braithwaite*	Health and safety at the accident site *Sid Hawkins*	"Lord Jeffrey Sterling" Braithwaite / Greaves	Photography for Investigation *Donald Peach*	Passenger Behaviour (Evacuation simulator) *Rebecca Wilson*
15:25 – 16:25		Health and safety at the accident site *Sid Hawkins*	Site Familiarisation *Bryan Stott* *Tony Cable* *Wim Hart*		
16:35 – 17:35	Investigation roles and responsibilities *Ken Smart*				Tangara rollover at Waterfall *Bryan Stott*
evening		18:00 – 19:00 Kings Norton Library		19:30 – 21:00 Major rail accidents Carl Wilson	

□ 일정표

	Monday 21 May	Tuesday 22 May	Wednesday 23 May	Thursday 24 May	Friday 25 May
08:45	Course Director's Brieging				
09:00 – 10:00	Accident or Crime Scene? *Ian Capewell*	Investigative Interviewing *Kent Police College*	Human Factors for Investigators *John Chappelow*	Investigative Analysis *John Chappelow*	Investigation Simulation Evidence Collection
10:10 – 11:10					
11:35 – 12:35	Investigative Interviewing *Kent Police College*		Human Factors for Investigators	Investigative Analysis	
14:00 – 15:00	Investigative Interviewing *Kent Police College*	Investigative Interviewing *Kent Police College*	Human Factors for Investigators	Investigative Analysis	Investigation Simulation Evidence Collection *Bryan Stott* *(Timings to be notified during week)*
15:25 – 16:25	Investigative Interviewing *Kent Police College*	Investigative Interviewing *Kent Police College*	Human Factors for Investigators	Investigative Analysis	
16:35 – 17:35					
evening		17:30 – 21:00 Rail accident investigation.		19:00 – 22:00 Simulation Briefing	

<table>
<tr><th></th><th>Monday
28 May</th><th>Tuesday
29 May</th><th>Wednesday
30 May</th><th>Thursday
31 May</th><th>Friday
1 June</th></tr>
<tr><td>08:45</td><td colspan="5">Course Director's Brieging</td></tr>
<tr><td>09:00
–
10:00</td><td rowspan="2">Evidence collection debrief

Braithwaite / Stott</td><td rowspan="2">Analysis presentations</td><td>Relations with the regulator

Rob Carter</td><td>Data recorders / GPS

Richard James</td><td>Rail Data Recorders

Chris Fulford</td><td>Follow up to an accident

Graham Williams</td></tr>
<tr><td>10:10
–
11:10</td><td rowspan="2">Recommendations presentations and feedback

Mick Charles / Rob Carter / Stuart</td><td colspan="2" rowspan="2">Recovery of NVM

Anne Evans</td><td rowspan="2">Courtroom procedures

Bond Solon</td></tr>
<tr><td>11:35
–
12:35</td><td rowspan="5">Analysis workshop</td><td rowspan="2">Reporting

Bryan Stott</td></tr>
<tr><td>14:00
–
15:00</td><td>The relatives' perspective

Pamela Dix</td><td>Discussion with BBC journalists</td><td colspan="2">Course Test</td><td rowspan="3">Courtroom procedures

Bond Solon</td></tr>
<tr><td>15:25
–
16:25</td><td>Liasing with victims and their families

Mick Charles</td><td rowspan="2">Breakers workshop

News makers forum

John Curran
Tom Symonds</td><td colspan="2">Putting it all into practice

Mike Abbey</td></tr>
<tr><td>16:35
–
17:35</td><td>Planning for disasters

Tim Whitaker</td><td colspan="2">Investigation – a management perspective

Steve Clinch</td></tr>
</table>

□ 요 약 :

이 교육은 크게 사고 대응, 증거, 인적 요소, 사고 원인 분석, 개선 권고안의 5가지 축을 중심으로 구성되어 있다.

1) 사고 대응

- 준비

: 사고조사의 목적

· 사고조사관의 책임과 역할

· 사고사실 보고 프로세스

- 서론

· 사고에 대처하는 그룹 시스템

· 사고현장에서의 안전

· 사고현장에서의 초동 대처

- 사고 대응

· 재난 관리

· 잔해 복구

· 증거 사진 촬영

2) 증거

- 증거수집

· 현장 조사 기법

· 공학적 조사

· 조직적 사고

· 목격자 인터뷰

· 인터뷰 기법

· 사고 분석

- 물리적 증거

· 내충격성

· 구조

· 재료의 파괴와 복합재료

- 사고조사 시뮬레이션

· 현장 연습

· 사고현장 훈련

3) 인적 요인

- 인적 요인

· 심리학

· 생리학

· 인간공학

· 승객 행동

- 현장 방문

· 언론의 역할

- 목격자

· 사고 경로

· 사체의 회수 및 신원파악

· 법정 진술

4) 사고 원인 분석

- 기록

· 데이터 기록 (음성/운행 기록)

· 기록의 해석

· 비휘발성 메모리

- 해석

· 해석의 원리

· 해석의 접근방법

· 해석 도구의 적용

· 해석의 함정

5) 권고안

- 주요 사건
  - 대형 사고조사의 관리
  - 희생자와 유가족들의 연락
  - 사고조사 보고서 작성
- 권고안
  - 안전관리규정 부서와의 관계
  - 권고안 관리
  - 다면적인 사고조사
  - 추가적인 행동

□ 주요 교육 내용 :

1) 현장 자료 수집

사고현장에서 증거물에 대한 사진을 찍고 자료를 수집하는 방법에 대한 교육이 이루어졌다. 사고조사현장의 위험원으로는 크게 환경, 재료, 물리적, 생물학적 위험원이 존재한다. 환경위험원은 사고 현장의 위치, 고도, 현장까지의 거리, 시차, 지역 보안(범죄, 정치, 테러), 현장의 날씨 등을 의미한다. 사고 현장의 잔해들은 인체에 치명적인 해를 일의 킬 수 있는 물질을 다수 함유하고 있으므로 주의하여야 하며 이를 재료 위험원이라고 한다. 잔해의 상당수는 날카로운 면을 지니고 있거나, 다수의 가연성 또는 폭발성 물질인 물리적 위험원이 도처에 산재해 있다. 사망자가 다수 생긴 대형사고의 경우 혈액에 노출될 여지가 많은데, 이는 치명적인 감염에 이를 수도 있으므로 주의하여야 한다. 이러한 위험원들로부터 조사관을 보호하기 위하여 개인 보호 장구(PPE)가 필수적이며, 상황에 맞게 적절한 수준으로 착용하여야 한다.

2) 목격자 인터뷰 절차

- 1단계 : 목격자와 만남과 친근 관계 구축
- 2단계 : 인터뷰의 목적 설명
- 3단계 : 자유롭게 사고 현장 상황을 설명하도록 유도

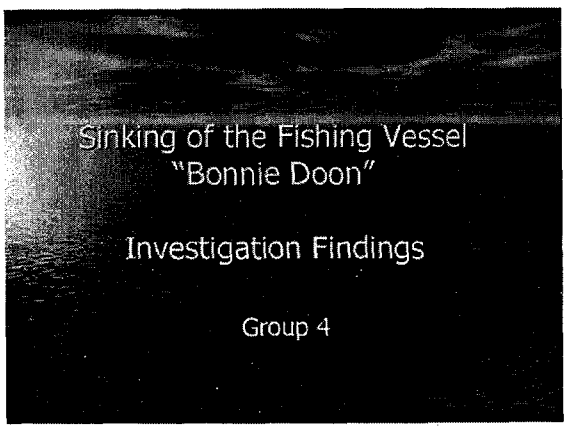
- 4단계 : 질문
- 5단계 : 요약 설명
- 6단계 : 인터뷰 종료

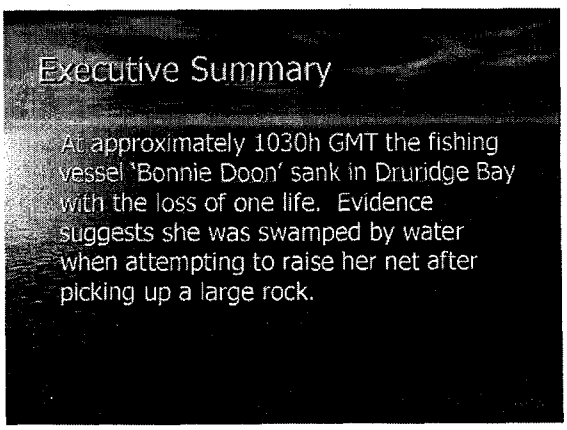
목격자 인터뷰를 위한 기본적인 기술은 다음과 같다

- 인터뷰 전 목격자와 어색한 관계 제거
- 주의 깊게 경청하기
- 인터뷰어가 질문하기를 기다리지 말고, 목격자가 적극적으로 정보를 전달하도록 유도하기
- 열려 있는 질문을 하기
- 목격자의 답변 이후 추가 질문 전에 조금씩 시간을 가질 것
- 진술을 방해하지 말 것
- 세밀한 진술을 명확하게 요구할 것
- 현장 상황에 목격자가 집중할 수 있도록 유도하기
- 목격자가 마음에 형상을 그릴 수 있도록 유도하기
- 목격자의 관점을 받아들이기
- 목격자에게 적합한 질문을 할 것
- 인터뷰 절차를 미치 갖추어 놓고 그 순서에 따라갈 것

3) 사고조사 시뮬레이션

실제 사고 현장 조사로부터 원인을 찾고 분석하는 사고조사 시뮬레이션을 수행하였으며, 실제 수행한 사고조사 시뮬레이션 결과 발표 자료는 다음과 같다.





Key Questions

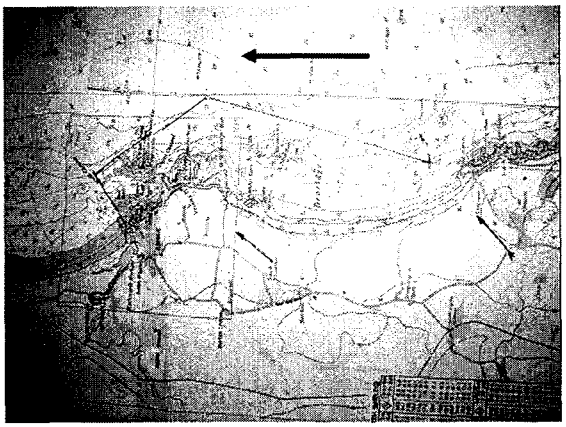
- What caused the vessel to take on water?
- Why was the sea water cooling hose cut?
- What caused the vessel to capsize / sink?
- What led to the death of the skipper?

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• On 30 Apr 07 at about 0730h the Bonnie Doon left Amble Harbour.	• CCTV stills provided by the Amble Harbour Master
• The vessel headed for Druridge Bay to commence trawling.	• Interview with deck hand

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Vessel had been trawling for about 2 hrs on initial trawl run when the net became snagged.	• Interview with deck hand and analysis of speed and track of the vessel.



Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Initial attempts to release the snag were unsuccessful.	• Interview with deck hand.
• The net was then partially recovered, doors stowed and dog rope retrieved.	• Interview with deck hand, divers report and physical inspection of wreck.

Sequence of Events

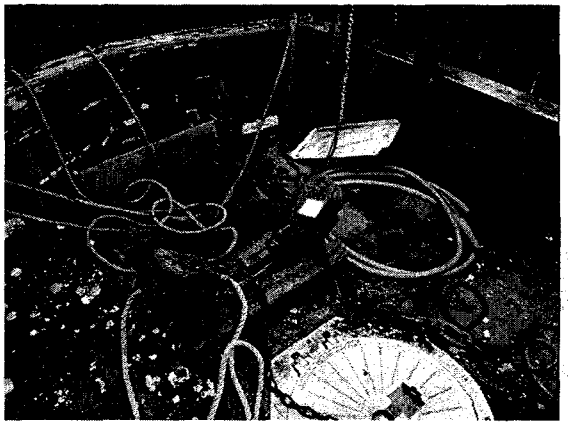
FINDING	EVIDENCE
• Vessel had been modified from original build and now sat lower in the water than originally intended.	• Interview with previous owner and physical inspection of wreck.

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• The crew next attempted to recover the net using the winch to pull the dog rope. When unsuccessful the dog rope was re-routed over the top of the trawl frame. More net was retrieved, however in the process the freeing ports were dragged below the water line.	• Interview with deck hand and physical inspection of wreck.

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Water entered the aft void probably through the aft well on the deck or access hatch. Engine space took on water either past bulkhead or through aft engine space hatch.	• Interview with deck hand and physical inspection of wreck.

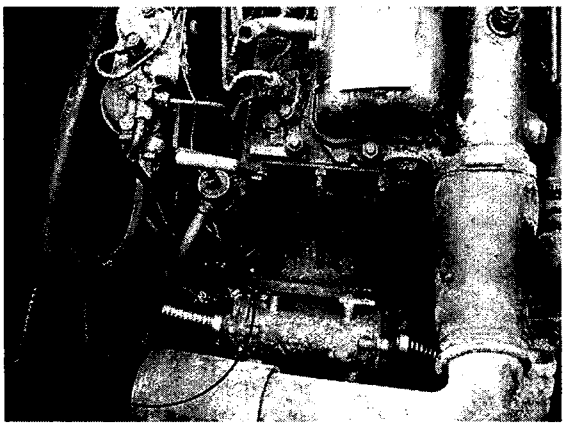


Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Deck hand attempted to bail aft deck and alerted skipper to water ingress.	• Interview with deck hand.
• Bilge pumps were used at some stage.	• Divers report

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Skipper left wheel house, entered engine compartment and cut suction line on sea water cooling pump in an effort to reduce water in engine compartment.	• Interview with deck hand, divers report, physical inspection of cut line, logical reasoning.



Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• It is unclear if the sea water intake valve was closed or if any water would have entered the engine space if it was open.	• Divers report and physical inspection of wreck.

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Whilst the skipper was away from the bridge the boat came off the wind and began to list to starboard.	• Interview with deck hand.

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Deck hand cut dog rope in an unsuccessful attempt to prevent further water ingress.	• Interview with deck hand.

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Boat began to sink. Skipper ran to wheel house to radio MAYDAY to coast guard.	• Interview with deck hand and transcript of MAYDAY to coast guard.
• Skipper threw life buoy to deck hand.	• Interview with deck hand.

Sequence of Events

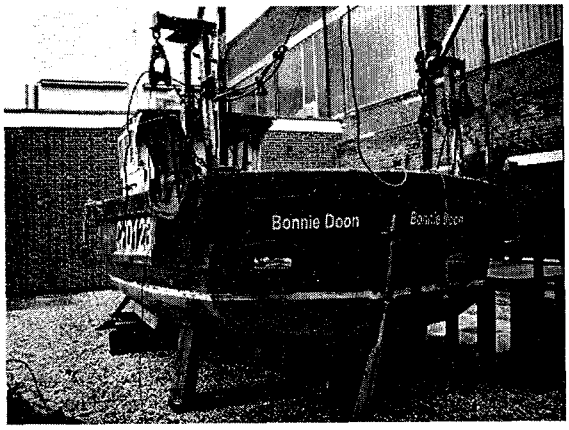
FINDING	EVIDENCE
• Deck hand was thrown off boat. Boat then sank stern first.	• Interview with deck hand and damage to rudder assembly.
• Skipper became entangled in wheel house and drowned.	• Divers report and initial medical report.

Sequence of Events

FINDING	EVIDENCE
• Deck hand rescued by RAF helicopter crew.	• Video footage from RAF.

Contributing Factors

FINDING	EVIDENCE
• The boat was poorly maintained and the lack of rubber flaps on the freeing ports directly contributed to the intake of water.	• Physical examination of the wreck.
• GPS may not have been working.	• Transcription of MAYDAY communication.

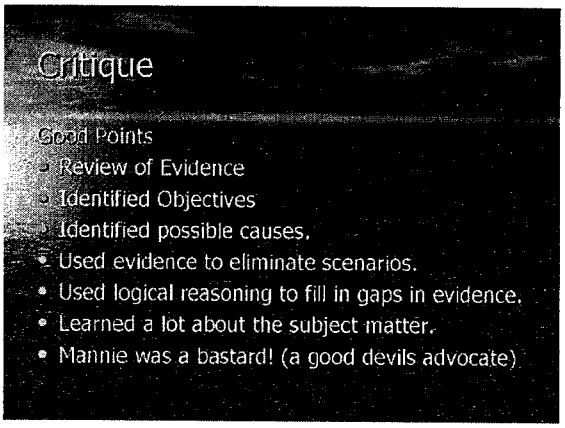


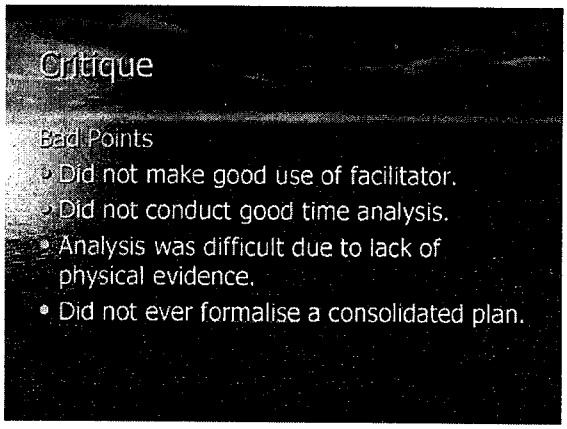
Contributing Factors

FINDING	EVIDENCE
• Financial considerations contributed to the skippers decision not to cut the net free.	• Interview with deck hand.
• Messy state of wheel house directly contributed to the skippers death.	• Physical inspection of wheel house, divers report and interviews.

Contributing Factors

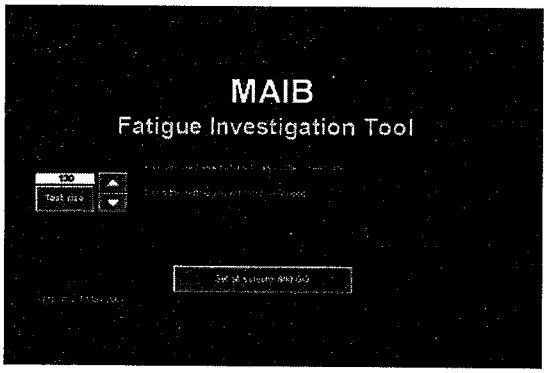
FINDING	EVIDENCE
• Manning was insufficient for this type of emergency.	• Skipper had to leave wheel house to attend to engine room. The winch operation was modified to retract the net with out an operator present.
• Deck hand had insufficient training.	• Interview with deck hand

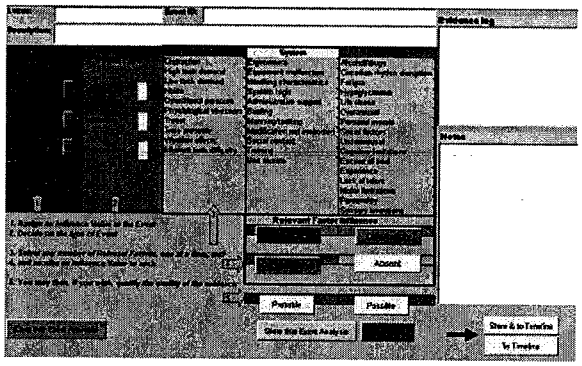




4) 사고 원인 분석

- 인적오류 측면에서의 원인분석을 위해서 2가지 프로그램이 주로 사용되었다. 영국 철도사고조사위원회 (MAIB)에서 사용하는 개인 피로도 테스트 프로그램과 사고 원인을 1차, 2차, 3차 원인으로 분류하고 환경, 시스템. 개인 오류의 영향을 파악하는 프로그램이 사용되었다.





7. 접수자료

1) 철도 사고와 원인 규명 사례

2) 사고조사 교육 자료집

3) 인적오류 분석 프로그램

4) 목격자 인터뷰 기법 자료

5) 사고 원인 규명 자료집

8. 강사진

<표 6-1-4> 철도 사고조사 교육 강사진

기관및연락처	이름
Safety and Accident Investigation Cranfield University +44 1234 754252	Prof. Graham Braithwaite
MSc Safety & Accident Investigation Cranfield University +44 1234 754234	Simon Hegarty
Visiting Fellow Cranfield University b.stott@cranfield.ac.uk	Bryan Stott
Chief Inspector, AAIB Visiting Professor Cranfield University ken.smart1@ntlworld.com	Ken Smart
Crisis Management Consultant +44 7776 187001	Peter J. Stuart
Recovair +44 1276 858822	Tim Wakeman
Engineering Support and Health & Safety Manager AAIB +44 1252 510300	Sid Hawkins
Consultant Pathologist	Dr. Tony Cullen
Senior Inspector, AAIB +44 1252 531521	Tony Cable
Inspector, MAIB +44 23 8039 5502	Wim Hart

Lecturer, Dept. of Materials and Medical Sciences, Defence College of Management and Technology +44 1793 785751	Dr. Donald Peach
Senior Inspector, RAIB +44 1932 440014	Carl Wilson
Principal Inspector, AAIB +44 1252 510300	Robert Carter
Senior Inspector, RAIB +44 1332 253307	Winston Rasaiah
Senior Inverstigator, RAIB +44 1932 440000	Ian Capewell
Passenger Behaviour Specialist +44 1234 758235	Rebecca Wilson
Principal Inspector, AAIB Visiting Fellow, Cranfield Univ.	Michael Charles
Principal Inspector, MAIB +44 23 8039 5525	Stuart Withington
Home Assignment Editor, BBC News	John Curran
Principal Inspector, AAIB +44 1252 510300	Richard James
Senior Inspector, AAIB +44 1252 510300	Anne Evans
Senior Advisor, Royal Navy Flight Safety & Accident Investigation Center	Lt Cdr Mike Abbey EN MBE
Deputy Chief Inspector, MAIB Steve.Clinch@dft.gsi.gov.uk	Steve Clinch

제 7 장 참고문헌

1. Railroad Safety Statistics - Annual Report, 1999
2. HSC, Railway (Safety Case) Regulations, 2000
3. HSC, Railway Safety Critical Work, 1999
4. HSC, Railway Safety Priciples and Guidance, 1996
5. HSC, Railway Safety 2000/2001
6. 조연옥 외, "철도시스템 안전성 평가체계 구축사업 기획보고서", 한국철도기술연구원, 2001.12
7. Rao V. Koluru, et. al,, "Risk Assessment and Management HandBook, Mcgrow-Hill", Inc., 1996
8. Engineering Safety Mangement, Issue 3, "Yellow Book 3", Vol. 1-2, Fundamentals and Guidance, Railtrack PLC 2000
9. P. Proctor, "Infrastructure Risk Modelling - Elcetrification and Plant", Railtrack EE&CS Report IRM_31~37, 1997
10. Railtrack, "Rrofile of safety risk on Railtrack PLC-contraolled infrastructure issue 1", January 2001
11. O. Nordland, F. Renpenning, "Risk Acceptability Criteria"
12. H. Zerkin, R. N. Dumolo, V. Ho, "Benchmarking of the Risk Management Indices"
13. 舊 철도청, "철도청법규관리시스템", 철도통계연보 각 년도
14. "대구지하철 화재참사 원인추정 및 개선사항 검토", 한국철도기술연구원 철도종합안전개선대책반 분석보고서, 2003년 2월
15. http://www.kcose.org/
16. http://www.tc.gc.ca/railway/SMSGuide,
17. http://www.hse.gov.uk/railway/manual/intro.htm
18. 최요철, 조연옥, "철도안전프로젝트에 적용한 시스템엔지니어링 관리계획서 작성에 관한 연구", 한국철도학회논문집 제9권 4호 pp. 482-486, 2006
19. 최요철, 조연옥, "철도안전프로젝트를 위한 시스템엔지니어링 적용 체계 연구",

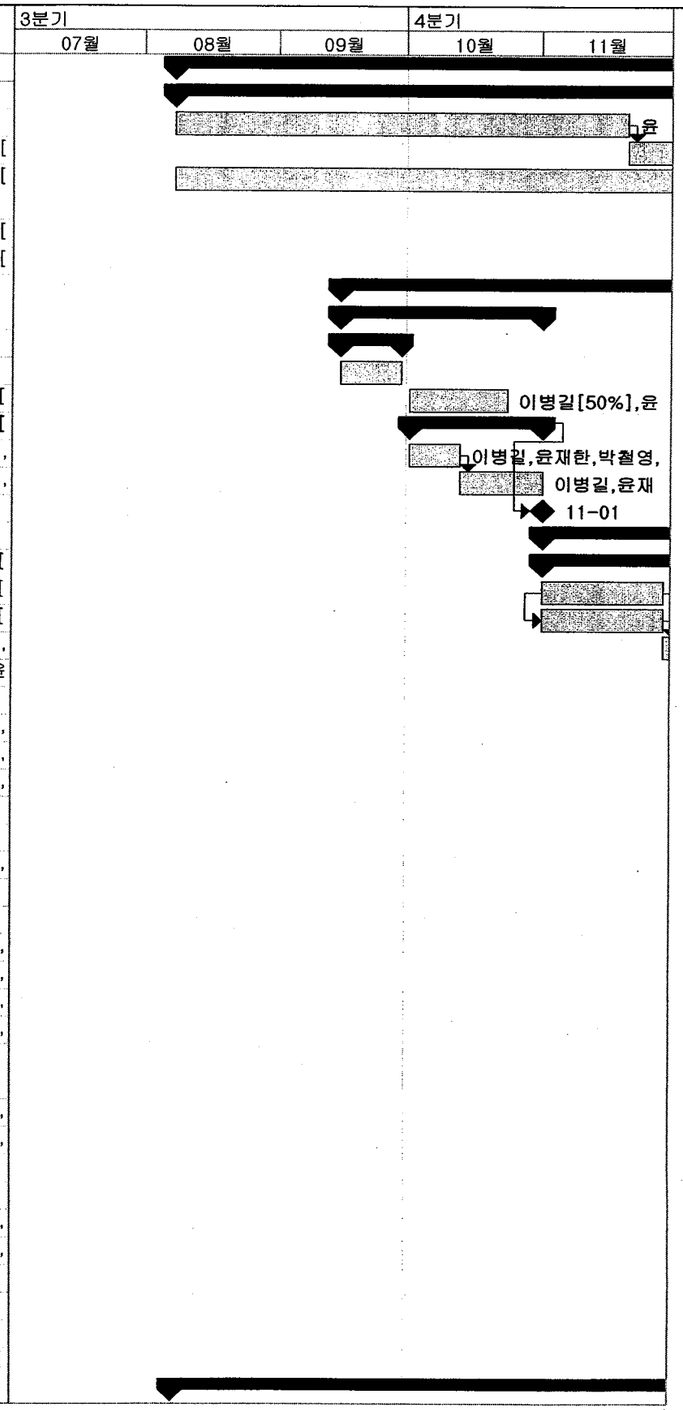
한국철도학회논문집 제9권 4호 pp. 487-492, 2006
18. 홍용기 외, "철도안전성능평가기술개발사업 1차년도 연구보고서", 한국철도기술연구원, 2002.12
19. 왕종배 외, '철도사고방지 및 안전 확보를 위한 핵심기술개발 연구", 한국철도기술연구원, 2003.12
20. 건설교통부, "철도안전향상프로그램 개발연구(1단계)", 2003.4
21. INCOSE, "Systems Engineering Handbook" ver 2.0, July 2000
22. EIA, " Process for Engineering a System", EIA-632, Jan 7 1999
23. ISO/IEC, "Systems engineering-System life cycle processes, ISO/IEC 15288", 2002
24. DoD, " Work Breakdown Structure", MIL-STD-881, 2 Jan 1998
25. 건설교통부, "철도종합안전기술개발사업 기획보고서", 2003
26. 건설교통부, "철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄 2차년도 보고서", 2006
27. Federal Aviation Administration ATO Operations Planning, "National Airspace System- System Engineering Manual", 2004

- 부 록 -

WBS

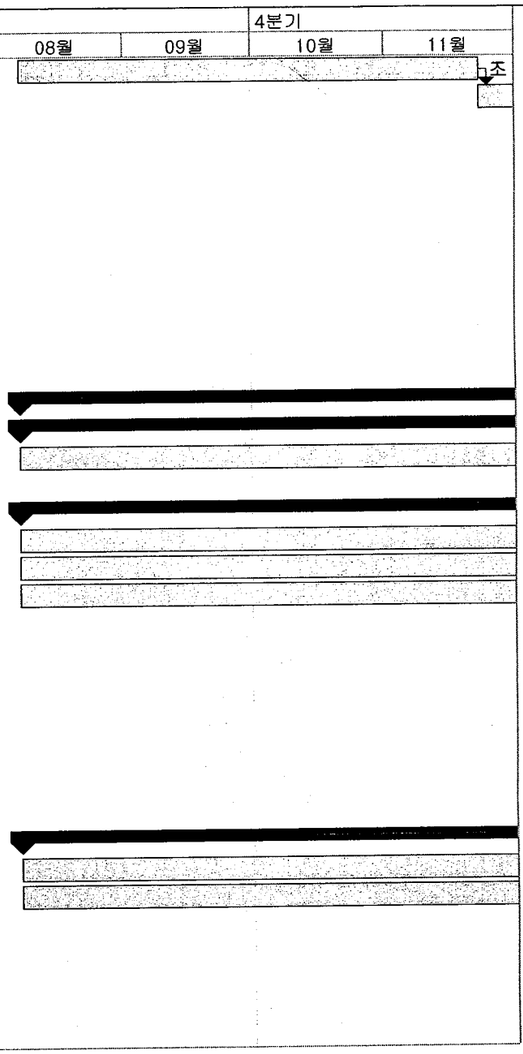
철도안전 SE 및 사업총괄

ID	작업 이름	기간	시작 날짜	완료 날짜	선행 작업	자원 이름
1	**SE 기반의 3차년도 사업 총괄조정활동**	**258.64 일?**	**06-08-08 (화)**	**07-08-03 (금)**		
2	**3차년도 사업요구사항의 변경사항 관리체계 운영**	**146 일**	**06-08-08 (화)**	**07-02-27 (화)**		
3	요구사항과 RFP 매칭작업	75 일	06-08-08 (화)	06-11-20 (월)		윤혁진[30%],이준석
4	요구사항 오류 사항 정정	58 일	06-11-21 (화)	07-02-08 (목)	3	한순우[30%],윤혁진[
5	중대사고에 대한 위험사건 정리	96 일	06-08-08 (화)	06-12-19 (화)		왕종배[30%],박찬우[
6	철도사고의 위험도 추정을 위한 설문표 작성	10 일	06-12-20 (수)	07-01-02 (화)	5	박주남[50%]
7	위험사건에 요구사항 할당	30 일	07-01-03 (수)	07-02-13 (화)	6	윤혁진[20%],한순우[
8	위험사건에 해당하는 요구사항 추가 및 변경	10 일	07-02-14 (수)	07-02-27 (화)	7	한순우[30%],윤혁진[
9	**3차년도 시스템엔지니어링관리계획서 통합 및 조정**	**230.08 일?**	**06-09-15 (금)**	**07-08-03 (금)**		
10	**표준 스키마 분석**	**33.02 일?**	**06-09-15 (금)**	**06-11-01 (수)**		
11	**철도안전 SE 표준 스키마 구조의 개념 정의**	**10.44 일?**	**06-09-15 (금)**	**06-09-29 (금)**		
12	SE 도구에서의 스키마 수집	10.44 일?	06-09-15 (금)	06-09-29 (금)		
13	스키마 구조 개념 정의	16.52 일?	06-10-02 (월)	06-10-24 (화)		이병길[50%],윤재한[
14	**철도안전 관련 조직 및 업무 데이터 수집**	**22.58 일?**	**06-10-02 (월)**	**06-11-01 (수)**		**이병길[50%],윤재한[**
15	데이터 수집 템플릿 개발	9.7 일?	06-10-02 (월)	06-10-13 (금)		이병길,윤재한,박철영,
16	철도안전 조직 및 업무 데이터 요청 및 획득	12.88 일?	06-10-13 (금)	06-11-01 (수)	15	이병길,윤재한,박철영,
17	표준 스키마 구조의 개념 및 관련 데이터	0 일	06-11-01 (수)	06-11-01 (수)	14	
18	**표준 스키마 개발**	**92.06 일?**	**06-11-01 (수)**	**07-03-09 (금)**		
19	**철도안전 관련 조직 및 업무 데이터 구조화**	**45 일**	**06-11-01 (수)**	**07-01-03 (수)**		**이병길[50%],윤재한[**
20	철도안전 조직 속성 정의	20 일	06-11-01 (수)	06-11-29 (수)		이병길[50%],윤재한[
21	철도안전 관련 내부 산출물 속성 정의	20 일	06-11-01 (수)	06-11-29 (수)	20SS	이병길[50%],윤재한[
22	철도안전 관련 조직 및 업무 데이터 범주화	12.13 일	06-11-29 (수)	06-12-15 (금)	20,2	이병길,윤재한,박철영,
23	철도안전 관련 조직 및 업무 데이터 관계 설정	12.88 일	06-12-15 (금)	07-01-03 (수)	22	이병길,박철영,김옹,윤
24	**철도안전 표준 SEMP 구조화**	**46.06 일?**	**07-01-03 (수)**	**07-03-08 (목)**	**19**	
25	철도안전 표준 SEMP 데이터 속성 정의	15 일?	07-01-03 (수)	07-01-24 (수)		이병길,윤재한,박철영,
26	철도안전 표준 SEMP 데이터 범주화	12.13 일?	07-01-24 (수)	07-02-09 (금)	25	이병길,윤재한,박철영,
27	철도안전 표준 SEMP 데이터 관계 정의	18.94 일?	07-02-09 (금)	07-03-08 (목)	26	이병길,윤재한,박철영,
28	철도안전 관련 조직 및 업무 와 SEMP 데이터 구조	0 일	07-03-08 (목)	07-03-08 (목)	24	
29	**중간 보고**	**1 일?**	**07-03-08 (목)**	**07-03-09 (금)**	**24**	
30	[보고] 과제 참여자 중간보고	1 일?	07-03-08 (목)	07-03-09 (금)		이병길,윤재한,박철영,
31	**표준 스키마 구축**	**76.06 일?**	**07-03-09 (금)**	**07-06-25 (월)**	**18**	
32	**철도안전 SE 표준 스키마 정의**	**57.88 일?**	**07-03-09 (금)**	**07-05-30 (수)**		
33	철도안전 조직 및 업무 데이터 구조 & SEMP 구조 통합	12.88 일?	07-03-09 (금)	07-03-28 (수)		이병길,윤재한,박철영,
34	철도안전 SE 표준 스키마 Entity 정의	15 일?	07-03-28 (수)	07-04-17 (화)	33	이병길,윤재한,박철영,
35	철도안전 SE 표준 스키마 릴레이션 정의	12.13 일?	07-04-18 (수)	07-05-04 (금)	34	이병길,윤재한,박철영,
36	철도안전 SE 표준 스키마 속성 정의	17.88 일?	07-05-04 (금)	07-05-30 (수)	35	이병길,윤재한,박철영,
37	철도안전 SE 표준 스키마	0 일	07-05-30 (수)	07-05-30 (수)	32	
38	**철도안전 표준 SEMP 출력**	**18.19 일?**	**07-05-30 (수)**	**07-06-25 (월)**	**32**	
39	철도안전 표준 SEMP 템플릿 정의	6.06 일?	07-05-30 (수)	07-06-07 (목)		이병길,윤재한,박철영,
40	철도안전 표준 SEMP 자동 출력 체계 구축	12.13 일?	07-06-07 (목)	07-06-25 (월)	39	이병길,윤재한,박철영,
41	철도안전 표준 SEMP	0 일	07-06-25 (월)	07-06-25 (월)	38	
42	**표준 스키마 완료**	**18.94 일?**	**07-07-09 (월)**	**07-08-03 (금)**	**31**	
43	표준 스키마 내부 평가	6.81 일?	07-07-09 (월)	07-07-18 (수)		이병길,윤재한,박철영,
44	차후 연구 방안 모색	12.13 일?	07-07-18 (수)	07-08-03 (금)	43	이병길,윤재한,박철영,
45	**3차년도 사업 통합 WBS 구축 및 운영**	**87 일**	**06-12-13 (수)**	**07-04-12 (목)**		
46	2차년도 WBS 취합 및 평가	28 일	06-12-13 (수)	07-01-19 (금)		이준석 [50%],윤혁진
47	1차 WBS 진도 현황 점검	11 일	07-02-09 (금)	07-02-23 (금)		이준석 [50%],강미현
48	2차 WBS 진도 현황 점검	2 일	07-04-11 (수)	07-04-12 (목)		조연옥[30%],김상암[
49	**과제별 산출물의 정의(3차년도)**	**238 일**	**06-08-08 (화)**	**07-07-05 (목)**		

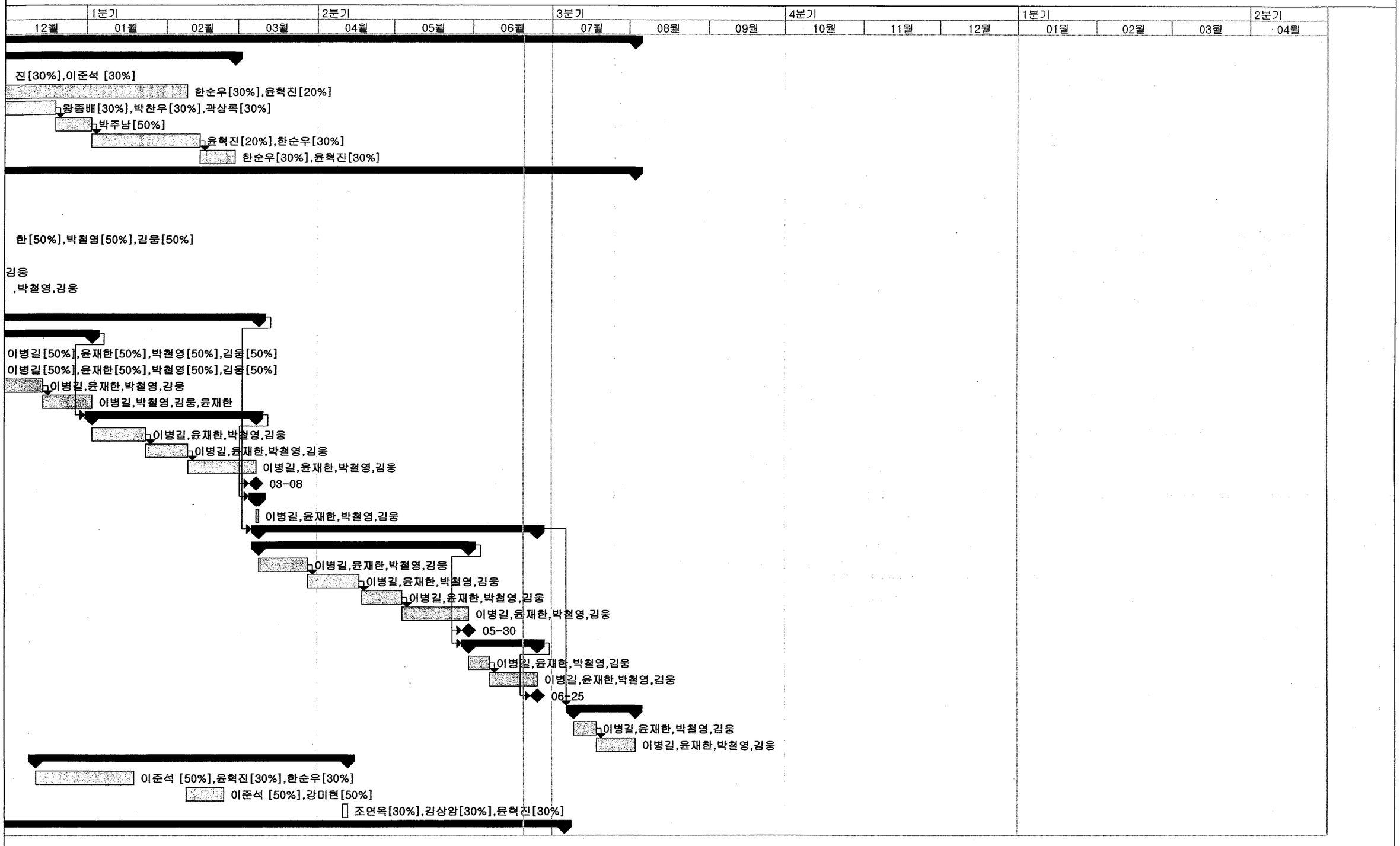


철도안전 SE 및 사업총괄

ID	작업 이름	기간	시작 날짜	완료 날짜	선행 작업	자원 이름
50	2차년도 산출물의 검증 프로세스 구축	77 일	06-08-08 (화)	06-11-22 (수)		조연옥[40%],김상암[
51	2차년도 산출물의 검증 수행	42 일	06-11-23 (목)	07-01-19 (금)	50	윤혁진[50%],한순우[
52	3차년도 과제별 산출물의 정의	28 일	07-01-22 (월)	07-02-28 (수)	51	윤혁진[10%],김주원[
53	3차년도 산출물의 검증 계획서 작성	37 일	07-03-01 (목)	07-04-19 (목)	52	한순우[20%],김주원[
54	검증 보고서 작성	35 일	07-04-20 (금)	07-06-07 (목)	53	윤혁진[30%],한순우[
55	검증 수행	20 일	07-06-08 (금)	07-07-05 (목)	54	윤혁진[80%],이준석
56	**과제간 인터페이스 정의 및 관리**	**45 일**	**07-02-09 (금)**	**07-04-12 (목)**		
57	1차 점검	11 일	07-02-09 (금)	07-02-23 (금)		이준석 [50%],강미현
58	2차 점검	2 일	07-04-11 (수)	07-04-12 (목)		조연옥[10%],김상암[
59	철도안전관리체계구축 분야별 기능 요구사항 검토	35 일	07-04-20 (금)	07-06-07 (목)	53	윤혁진[20%],한순우[
60	철도중대사고평가기술개발 분야별 기능 요구사항 검토	35 일	07-04-20 (금)	07-06-07 (목)	53	윤혁진[20%],한순우[
61	철도안전성 분석시스템 기능 요구사항 검토	35 일	07-04-20 (금)	07-06-07 (목)	53	홍선호[80%],조연옥[
62	**위험도 기반의 철도안전관리체계 구축**	**204 일**	**06-08-08 (화)**	**07-05-18 (금)**		
63	**안전관리조직(국가, 운영기관)의 임무, 역할 및 기능 정의에 대한 세부지침 작**	**191 일**	**06-08-08 (화)**	**07-05-01 (화)**		
64	기존 관련 조직의 기능 및 업무 조사, 분석	89 일	06-08-08 (화)	06-12-08 (금)		변승남[30%],김사길[
65	아키텍처 수정 및 보완	103 일	06-12-11 (월)	07-05-01 (화)	64	변승남[30%],김사길[
66	**위험도 기반의 안전대책 수립, 시행, 검토 및 평가에 대한 절차 작성**	**204 일**	**06-08-08 (화)**	**07-05-18 (금)**		
67	기존 안전관리조직의 업무 프로세스 분석	89 일	06-08-08 (화)	06-12-08 (금)		변승남[30%],김사길[
68	영국 Yellowbook 3,4 분석	175 일	06-08-08 (화)	07-04-06 (금)		김사길
69	기타 국내외 ESM 사례 분석	175 일	06-08-08 (화)	07-04-06 (금)		김정호[50%],허은미[
70	아키텍처 수정 및 보완	66 일	06-12-11 (월)	07-03-12 (월)	67	변승남[30%],김사길[
71	ESM 포준모델 및 절차에 대한 개념 설계	50 일	07-03-13 (화)	07-05-18 (금)	70	변승남[30%],김사길[
72	**철도안전법 기반의 안전기준 제도화 지원**	**141 일**	**07-01-22 (월)**	**07-08-06 (월)**		
73	안전체계/기준/기술개발 연구성과의 연차별 제도화 대상 선정	15 일	07-01-22 (월)	07-02-09 (금)		한순우[50%],조연옥[
74	**제도화 대상 3차년도 연구성과물의 검증/논증 요구사항 작성**	**69 일**	**07-02-12 (월)**	**07-05-17 (목)**		
75	제도화 대상물의 논증 프로세스 작성	50 일	07-02-12 (월)	07-04-19 (목)	73	한순우[80%],윤혁진[
76	제도화 대상물의 논증 요구사항 작성	20 일	07-04-20 (금)	07-05-17 (목)	75	한순우[80%],윤혁진[
77	제도화 대상 3차년도 연구성과물의 논증	57 일	07-05-18 (금)	07-08-06 (월)	76	한순우[80%],윤혁진[
78	**철도안전 시험평가시설 구축의 총괄조정**	**234 일**	**06-08-08 (화)**	**07-06-29 (금)**		
79	철도안전 시험평가시설 구축계획의 작성	160 일	06-08-08 (화)	07-03-19 (월)		최경진[50%],박주남[
80	철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 분석	160 일	06-08-08 (화)	07-03-19 (월)		최경진[50%],박주남[
81	철도안전 시험평가시설 구축 요구사항의 검증 및 논증	35 일	07-03-20 (화)	07-05-04 (금)	80	최경진,박주남,김윤미
82	안전평가시험설비 지원 연구(설계검토)	40 일	07-05-07 (월)	07-06-29 (금)	81	최경진[50%],박주남[
83	**철도안전 종사자 교육훈련체계 구축 연구**	**60 일**	**07-04-16 (월)**	**07-07-06 (금)**		
84	철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검토	30 일	07-04-16 (월)	07-05-25 (금)		박찬우,박주남
85	철도안전 종사자 교육훈련체계 구축을 위한 기본요구사항 검증 및 논증	30 일	07-05-28 (월)	07-07-06 (금)	84	곽상록,박찬우

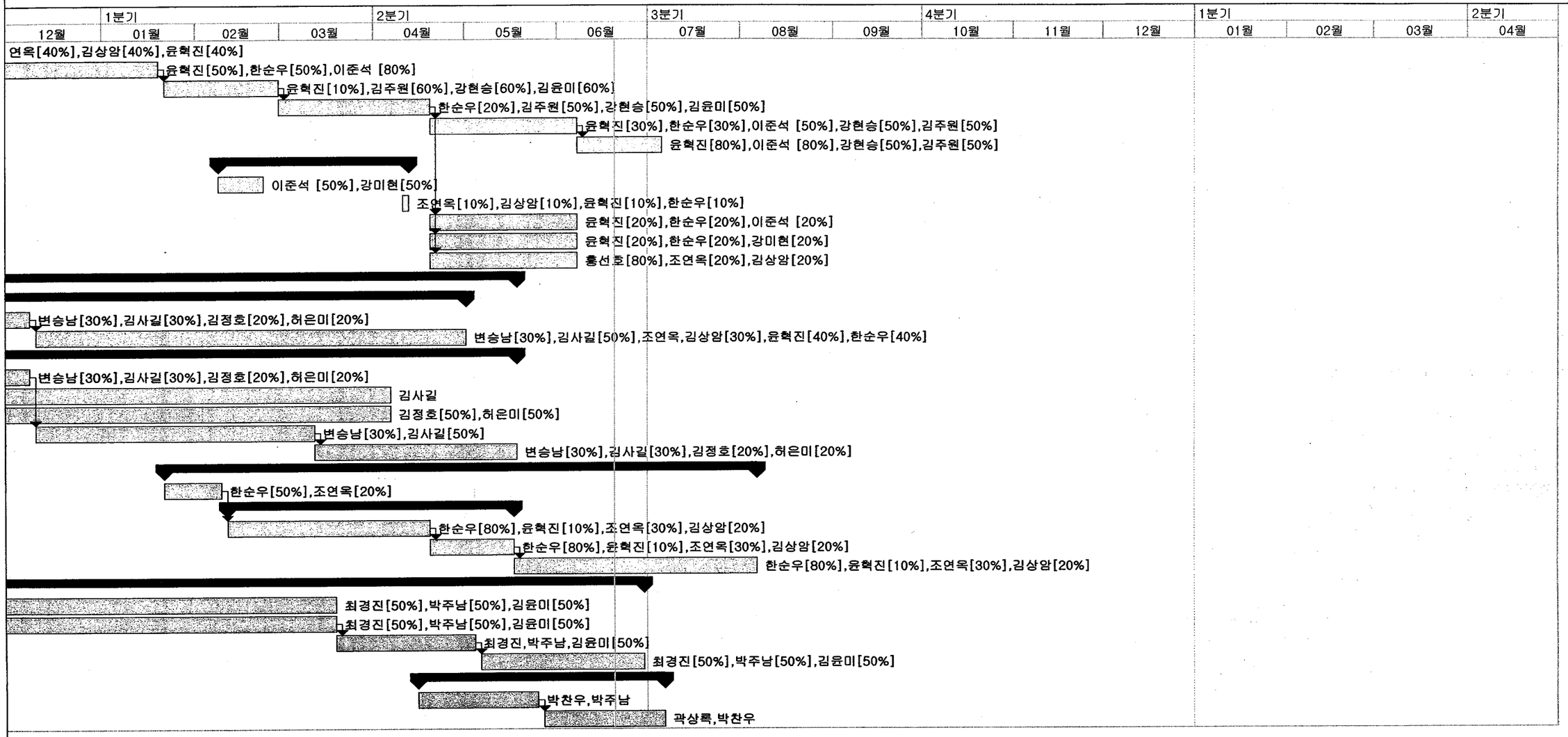


철도안전 SE 및 사업총괄

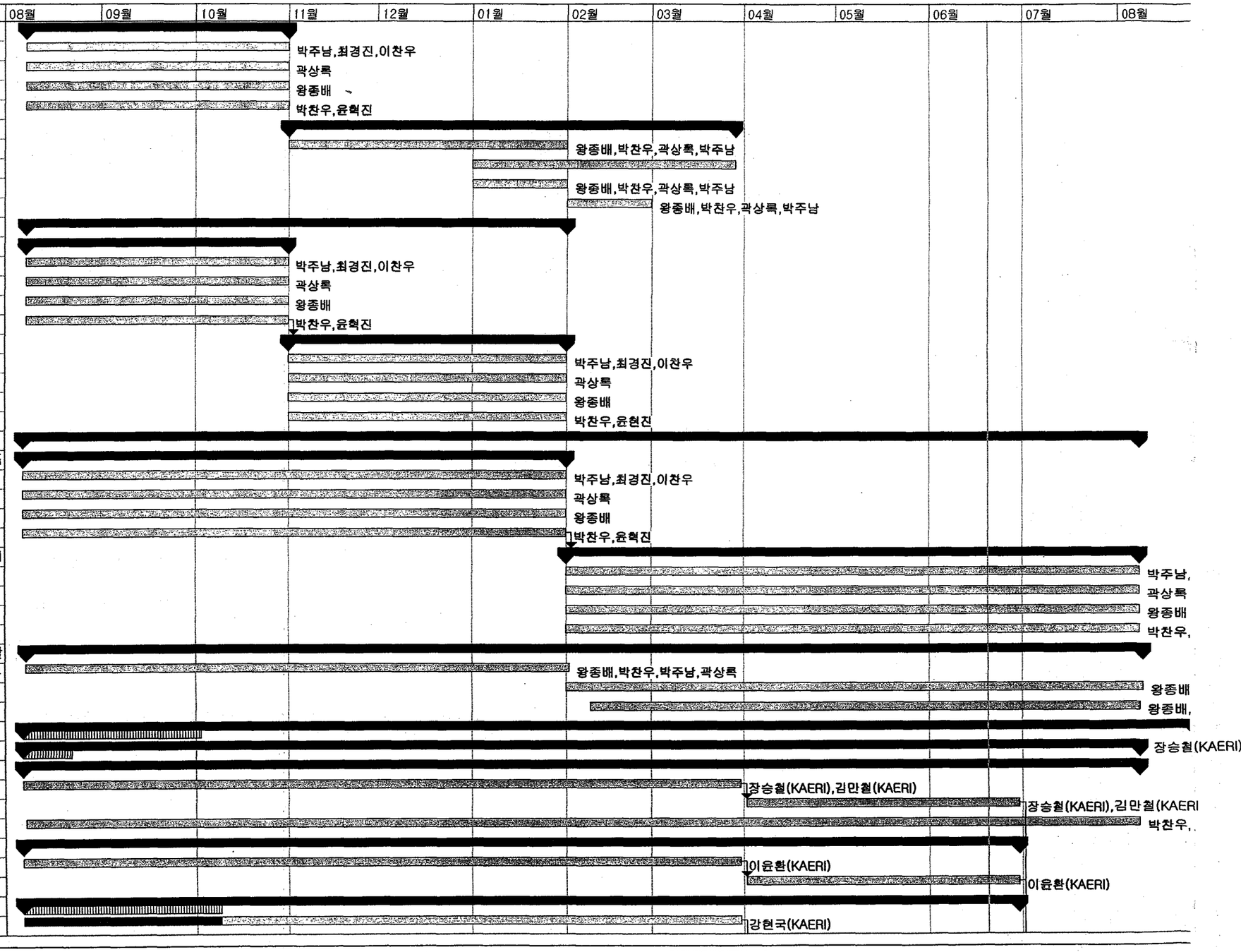


3

철도안전 SE 및 사업총괄



ID	작업 이름
1	**철도사고 위험요인의 중대사고 진전기구 전개**
2	충돌/탈선사고
3	화재사고
4	건널목사고
5	사상사고
6	**철도사고보고지침 작성지원**
7	철도사고장애 구분, 분류, 종류, 위험사건 정의
8	철도사고 정규화 지수 정의
9	철도사고 원인 코드화 작업
10	철도사고 장소/위치 등 기타코드 정의
11	**철도사고 유형별 위험추적 및 위험확률의 정량평가 기술개발**
12	**사고유형별 위험요인의 단계별 추적성 부여**
13	충돌/탈선사고
14	화재사고
15	건널목사고
16	사상사고
17	**사고유형별 위험요인의 위험확률 평가**
18	충돌/탈선사고
19	화재사고
20	건널목사고
21	사상사고
22	**철도사고 유형별-원인별 결과 심각도 평가모델 기술개발**
23	**철도사고 유형별 위험요인 진전에 따른 심각도 평가 모델**
24	충돌/탈선사고
25	화재사고
26	건널목사고
27	사상사고
28	**철도시스템 안전요건의 변경에 따른 심각도 평가 모델 전**
29	충돌/탈선사고
30	화재사고
31	건널목사고
32	사상사고
33	**철도시스템 핵심 위험요인-안전요건 관리체계(RVM) 기술개발**
34	철도시스템 위험요인 할당과 안전규정 요건과의 연계성 부
35	철도시스템 위험요인할당과 사고D/B와의 적합성 검토
36	철도위험도 평가 및 안전인증의 독립 검토 체계 구축 방안
37	**철도 위험도평가도구 개발**
38	**철도 사고 시나리오 개발 지원 분야**
39	**충돌/탈선 사고**
40	충돌/탈선 ET/FT 개발 지원
41	충돌/탈선 사고 위험도 정량평가 지원
42	윕모듈 개발지원
43	**열차화재 사고**
44	화재 ET/FT 개발 지원
45	화재 사고 위험도 정량평가 지원
46	**건널목사고**
47	건널목 ET/FT 개발 지원



프로젝트:WBS
날짜:07-06-20 (수)

요주의 작업 | 나눈 요주의 작업 | 진행 중인 요주의 작업 | 작업

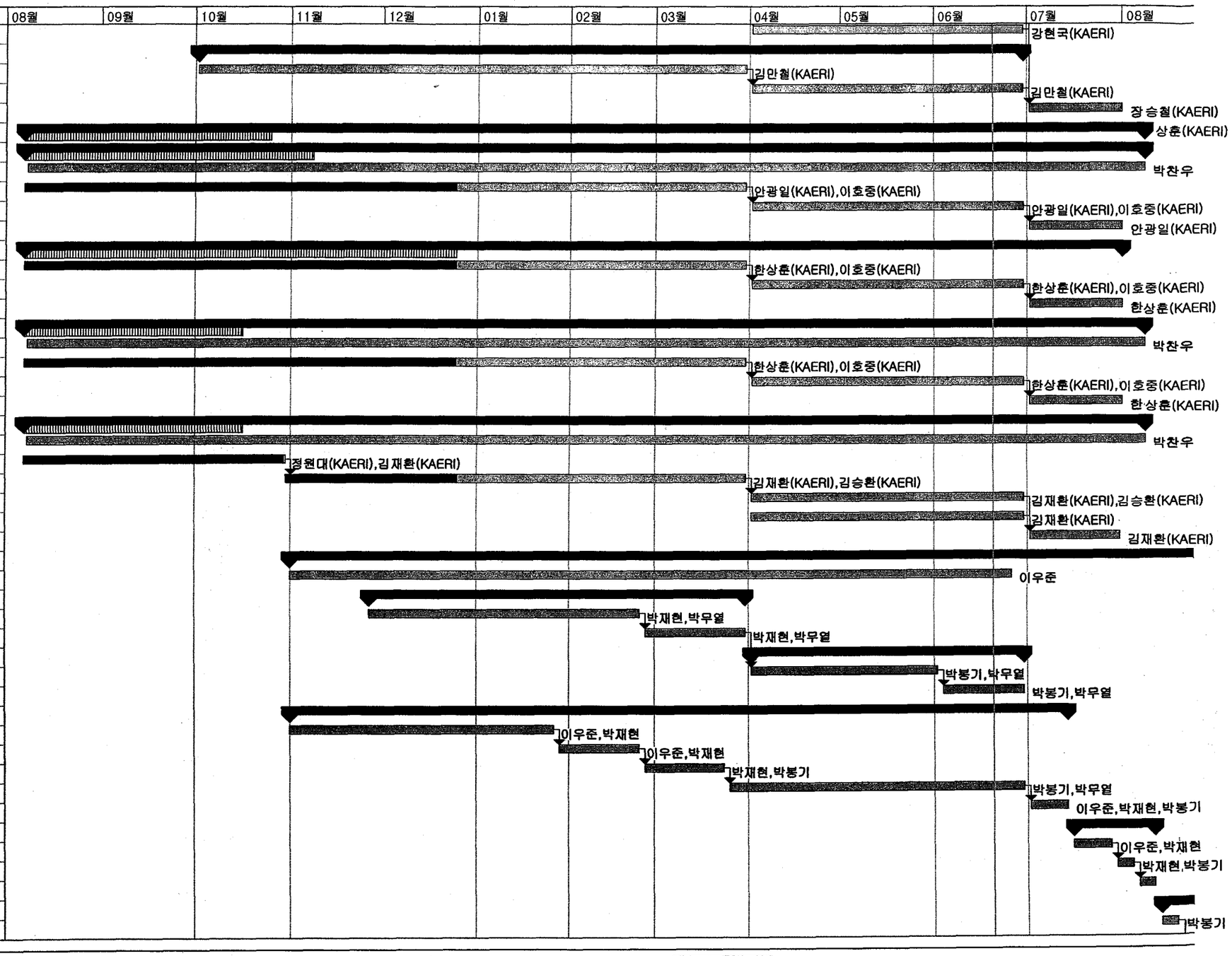
나눈 작업 | 작업 진행 | 초기 계획 | 나눈 초기 계획

초기 중요 시정 | 중요 시정 | 진행 중인 요약 작업 | 요약

프로젝트 요약 | 외부 작업 | 외부 중요 시정 | 마감일

1

ID	작업 이름
48	건널목 사고 위험도 정량평가 지원
49	**사상사고**
50	사상사고 ET/FT 개발지원
51	사상사고 위험도 정량평가
52	보고서 작성 지원
53	**위험도평가 S/W 개발**
54	**R-ETA Rev.0**
55	R-ETA 개발지원
56	R-ETA Update
57	R-ETA V&V
58	R-ETA 보고서(매뉴얼)
59	**R-IQ 통합툴 (AIMS-PSA)**
60	R-IQ Update
61	R-IQ V&V
62	R-IQ 보고서(매뉴얼)
63	**R-FTA Rev.0**
64	R-FTA 개발지원
65	R-FTA Update
66	R-FTA V&V
67	R-FTA 보고서(매뉴얼)
68	**R-HRA Rev.0**
69	R-HRA 개발지원
70	R-HRA 평가방법론 보완
71	R-HRA 구조설계/Coding
72	R-HRA V&V
73	R-HRA 예비평가 지원
74	R-HRA 보고서 (매뉴얼)
75	**웹기반 위험도 정보관리 시스템 개발 (KoRTS)**
76	사업관리
77	**철도위험도 평가 전산모듈 업그레이드**
78	기개발 모듈 업그레이드
79	철도 현황 관리
80	**웹기반 위험도 정보관리 프로그램 개발**
81	철도사고 분류별 발생빈도 분석
82	철도사고 분류별 피해심각도 분석
83	**철도 위험도 평가용 입출력 자료 연계**
84	요구사항 파악
85	요건 분석
86	설계
87	구현
88	테스트
89	**시험 및 평가**
90	시험 절차서 및 시나리오 작성
91	통합테스트
92	인수테스트
93	**교육 및 검수**
94	S/W 지침서 작성

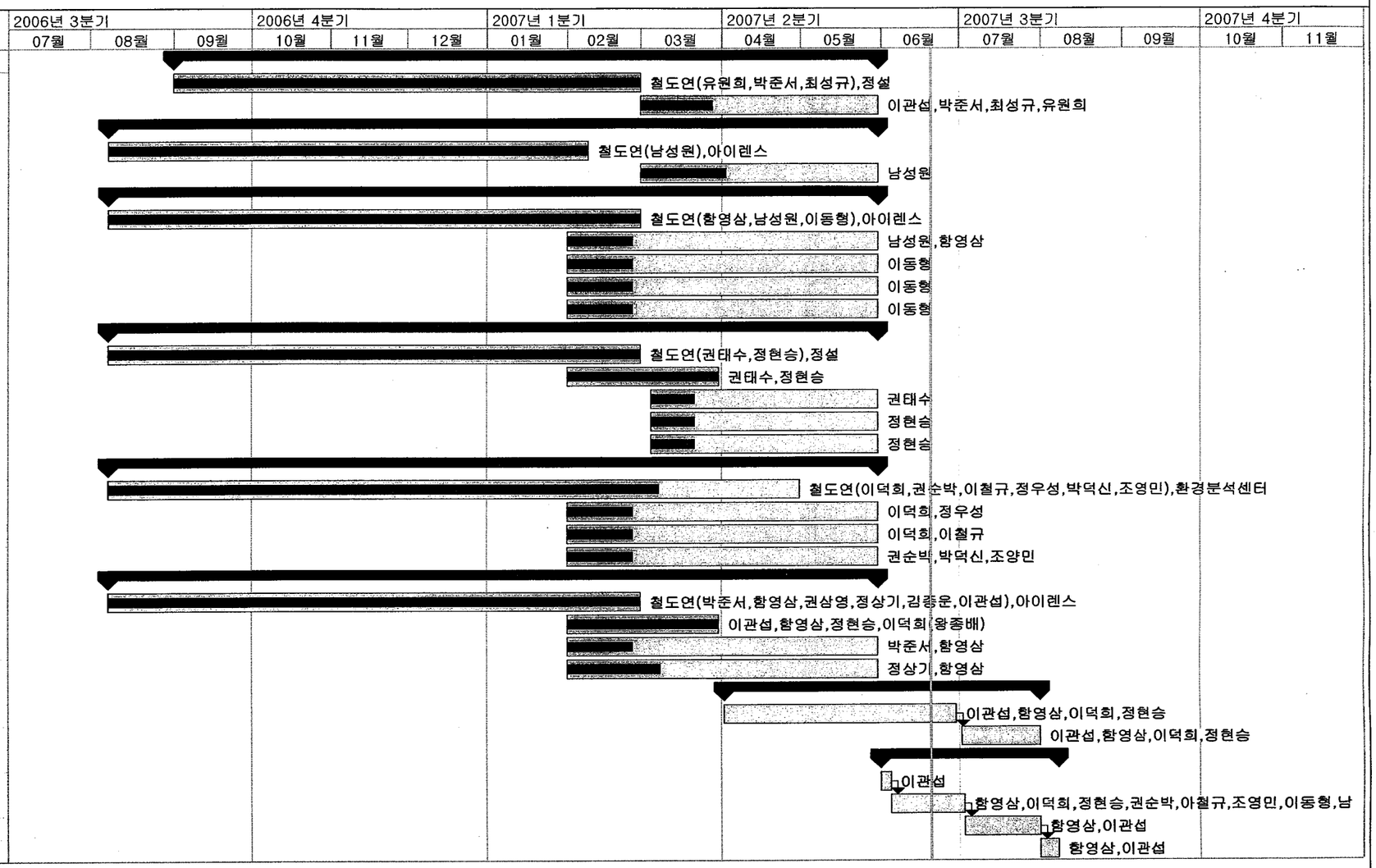


프로젝트 WBS
날짜 07-06-20 (수)

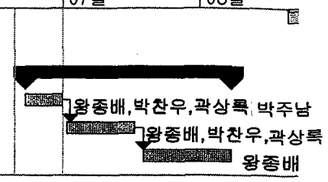
요주의 작업 | 나눈 작업 | 초기 중요 시점 | 프로젝트 요약
나눈 요주의 작업 | 작업 진행 | 중요 시점 | 외부 작업
진행 중인 요주의 작업 | 초기 계획 | 진행 중인 요약 작업 | 외부 중요 시점
작업 | 나눈 초기 계획 | 요약 | 마감일

철도차량 안전기준 및 체계 구축

ID	WBS	작업 이름
1	1	**차량안전체계 구축방안 작성**
2	1.1	현황 및 자료조사
3	1.2	차량안전체계 보안(안) 작성
4	2	**동력차 안전기준(안)작성**
5	2.1	현황 및 자료조사
6	2.2	동력차 안전기준(안)작성
7	3	**탈선안전분야 세부기준서(안)작성**
8	3.1	현황 및 자료조사
9	3.2	철도차량의 전복방지기준(안)작성
10	3.3	대차프레임의 결함기준(안)작성
11	3.4	차륜의 결함검사기준(안)
12	3.5	차축의 결함검사기준(안)
13	4	**충돌안전분야 세부기준서(안)작성**
14	4.1	현황 및 자료조사
15	4.2	표준충돌사고각본(충돌안전도 설계통칙)(안)작성
16	4.3	차량실내 충돌안전기준(안)작성
17	4.4	의자 안전기준(안)작성
18	4.5	승강용 출입문 안전세칙(안)작성
19	5	**화재안전분야 세부기준서(안)작성**
20	5.1	현황 및 자료조사
21	5.2	철도차량용 전선 난연성 및 연소가스 안전기준(안)작성
22	5.3	비상창문 기준(안)작성
23	5.4	객실내 공기질 기준(안)작성
24	6	**인터페이스분야 세부기준서(안)작성**
25	6.1	현황 및 자료조사
26	6.2	차량 위험도분석 세부기준(안)작성
27	6.3	차량-승무원 인터페이스 기준(안)작성
28	6.4	차량-전력인터페이스 기준(안)작성
29	7	**세부기준서(안)고시지원**
30	7.1	관련기관 및 의견수렴
31	7.2	세부기준서(안)고시지원
32	8	**연구보고서 작성**
33	8.1	연구보고서 목차 및 지침작성
34	8.2	연구보고서 분야별 작성
35	8.3	연구보고서 취합
36	8.4	연구보고서 제본 및 제출



ID	작업 이름	08월	09월	10월	11월	12월	01월	02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월
95	S/W 교육													
96	S/W 검수													
97	년차보고서 작성/평가, 차년계획수립													
98	년차보고서 평가													
99	년차보고서 작성													
00	년차보고서 수정													

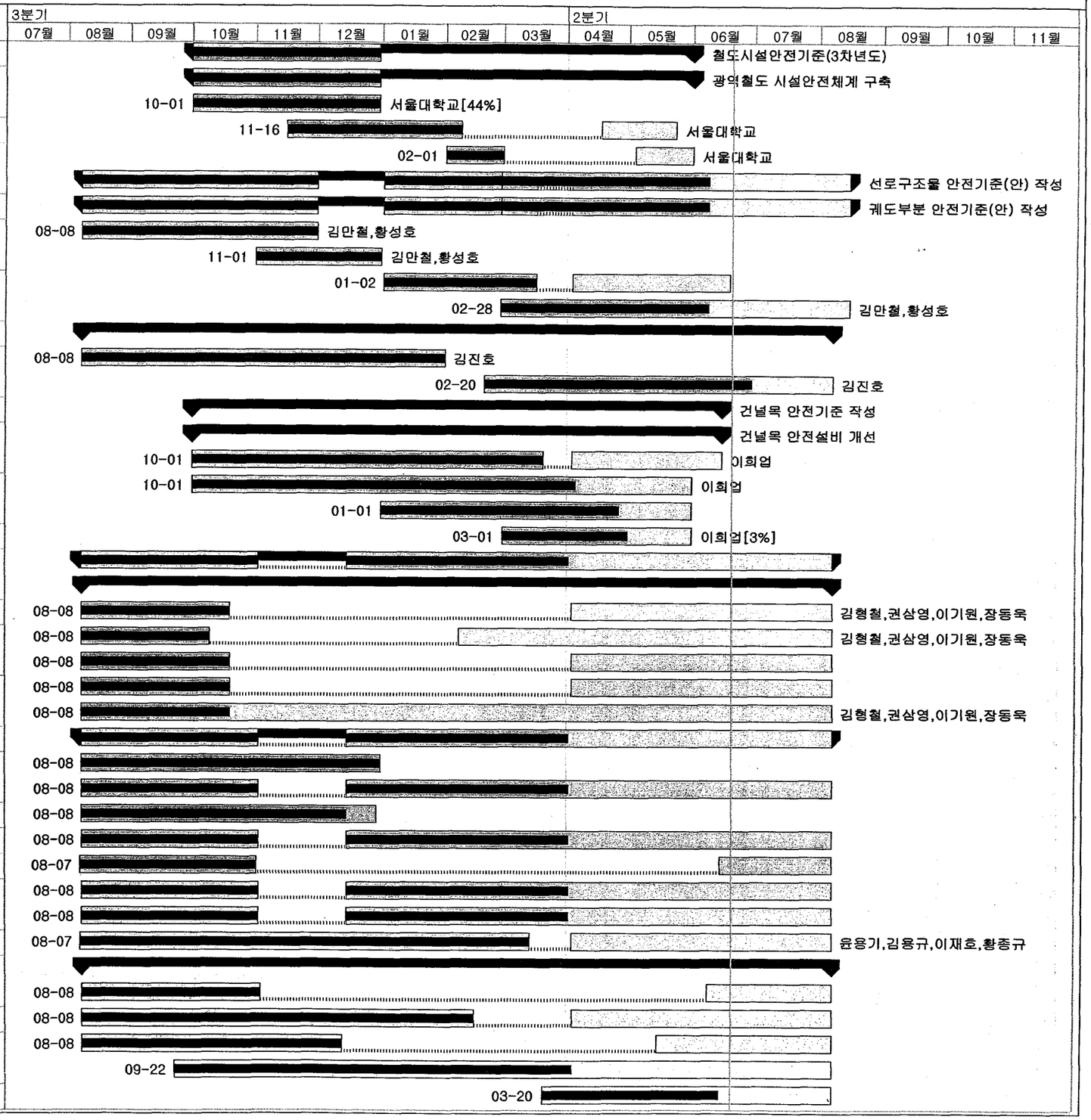


프로젝트WBS
날짜 07-06-20 (수)

요주의 작업		나눈 작업		초기 중요 시점	◇	프로젝트 요약	
나눈 요주의 작업		작업 진행		중요 시점	◆	외부 작업	
진행 중인 요주의 작업		초기 계획		진행 중인 요약 작업		외부 중요 시점	◆
작업		나눈 초기 계획		요약		마감일	⇩

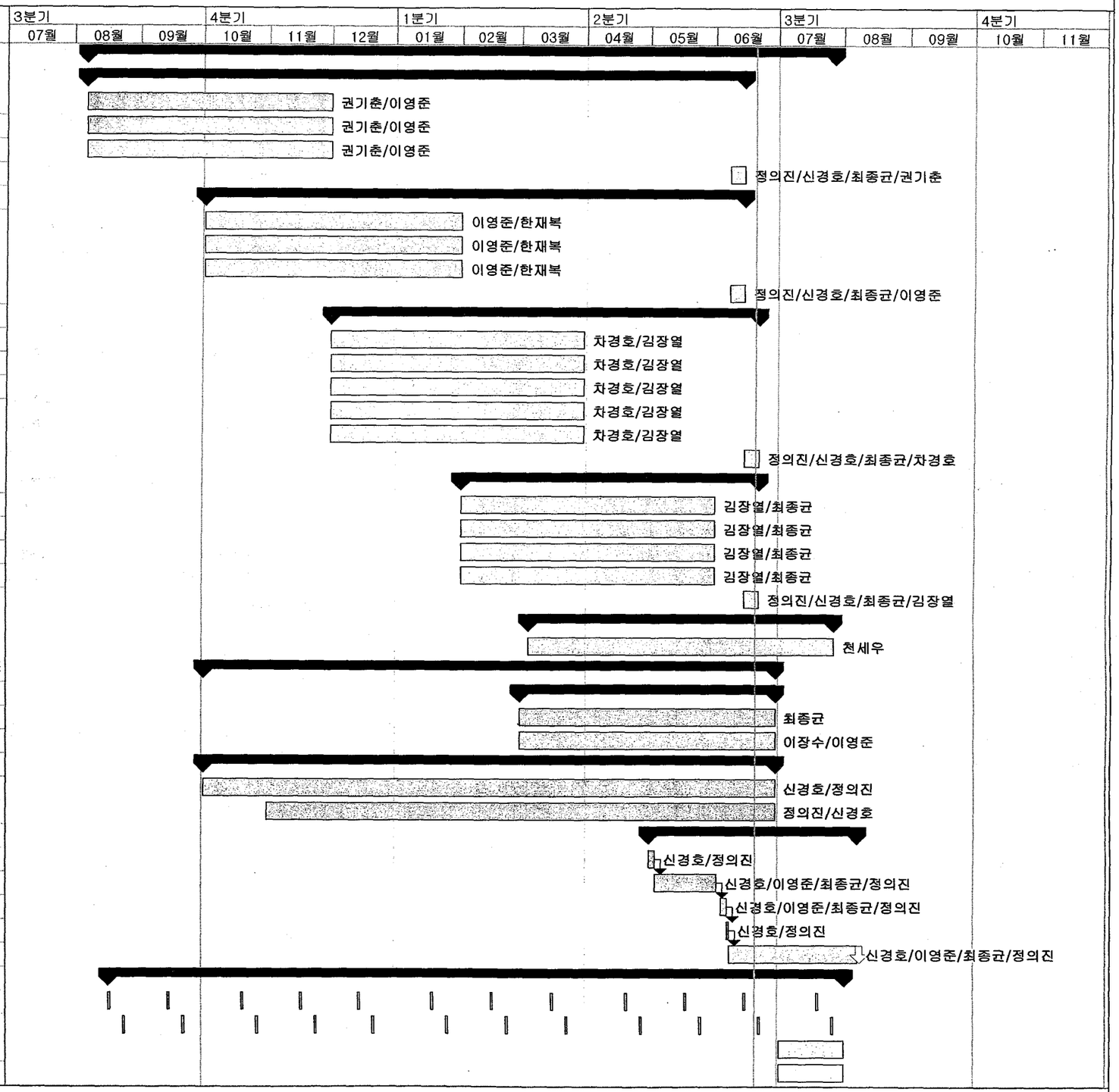
철도시설 안전기준 및 체계 구축

ID	WBS		작업 이름
1	1		**철도시설안전기준(3차년도)**
2	1.1		**광역철도 시설안전체계 구축**
3	1.1.1	✓	자료수집 및 검토(선행연구, 관련법령 및 규정, 지침 등)
4	1.1.2		철도 연계/환승구간 안전관리체계 정립
5	1.1.3		광역철도 시설안전체계 구축
6	2		**선로구조물 안전기준(안) 작성**
7	2.1		**궤도부분 안전기준(안) 작성**
8	2.1.1	✓	곡선사이 직선삽입
9	2.1.2	✓	선로 기울기
10	2.1.3		종곡선
11	2.1.4		건축한계
12	2.2		**역시설 안전기준(안) 작성**
13	2.2.1	✓	설치제한, 역광장, 피난시설
14	2.2.2		장애인, 노약자 안전설비
15	3		**건널목 안전기준 작성**
16	3.1		**건널목 안전설비 개선**
17	3.1.1		건널목 구조 및 설치 기준
18	3.1.2		건널목 신호 보안 설비
19	3.1.3		교통안전 표지
20	3.1.4		보판 및 차량 진입금지 설
21	4		**전기신호 안전기준(안) 작성**
22	4.1		**전철전력설비 안전기준(안) 작성**
23	4.1.1		변압기기준
24	4.1.2		개폐기 기준
25	4.1.3		보호계전기 기준
26	4.1.4		배전반 기준
27	4.1.5		케이블
28	4.2		**신호통신 안전기준(안) 작성**
29	4.2.1	✓	**철도신호설비 일반**
30	4.2.2		신호기
31	4.2.3		열차검지
32	4.2.4		열차간격제어
33	4.2.5		열차연동제어
34	4.2.6		선로전환기
35	4.2.7		열차방호(안전) 설비
36	4.2.8		교육
37	4.3		**통신설비 안전기준(안) 작성**
38	4.3.1		철도통신설비 일반
39	4.3.2		구성
40	4.3.3		장치
41	4.3.4		설치
42	4.3.5		교육

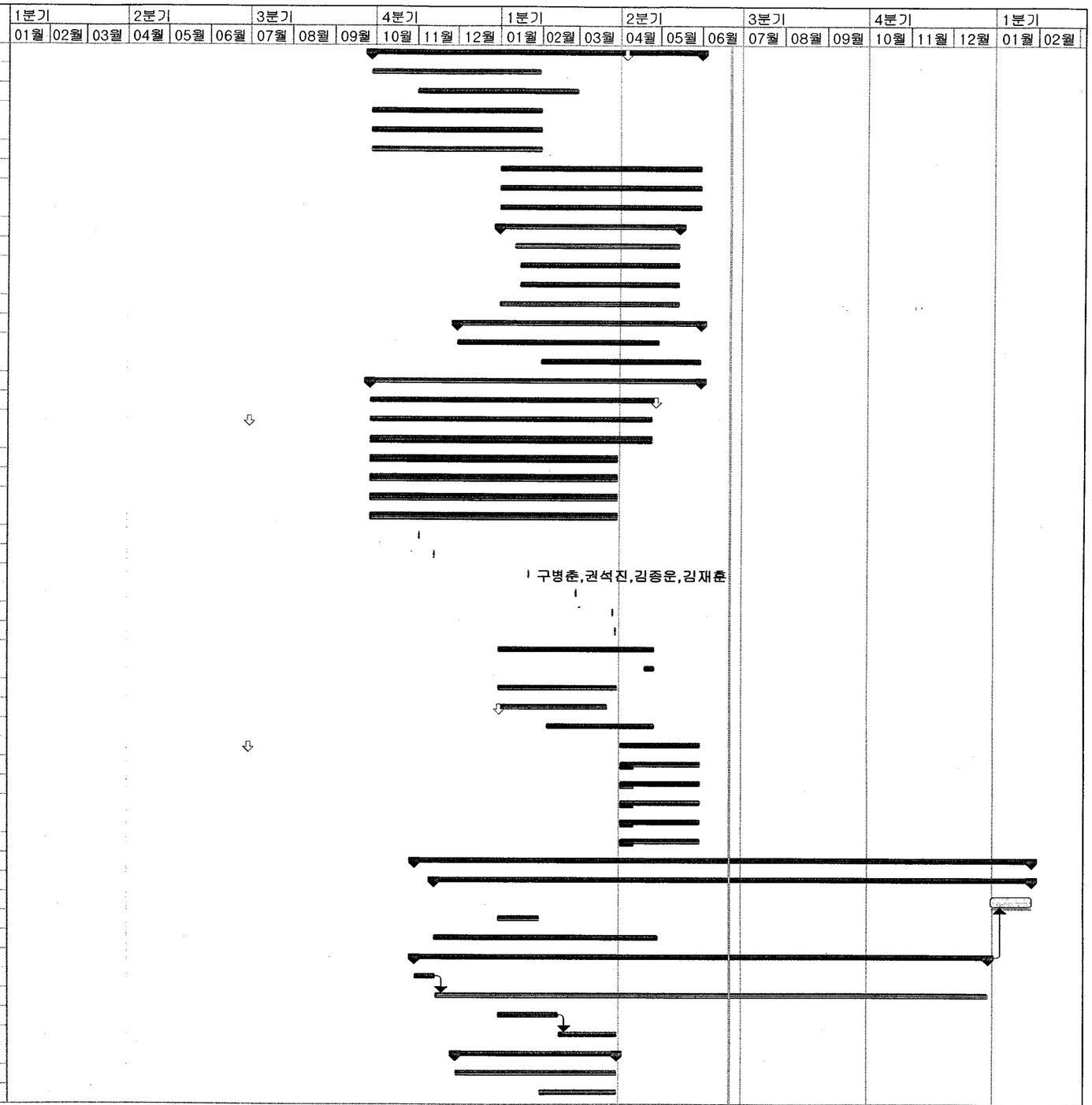


철도 소프트웨어 안전기준 및 체계 구축

ID	WBS		작업 이름
1	1		**철도시스템 소프트웨어 안전성 활동 기술 권고(안) 제시**
2	1.1		**철도 소프트웨어 구조기준(안) 개발**
3	1.1.1		구조설계 계획기준
4	1.1.2		구조설계 기준
5	1.1.3		구조설계 기준 해설서
6	1.1.4		자문위원회 점검
7	1.2		**철도 소프트웨어 설계 및 실행기준(안) 개발**
8	1.2.1		상세설계 계획기준
9	1.2.2		상세설계 기준
10	1.2.3		상세설계 기준 해설서
11	1.2.4		자문위원회 점검
12	1.3		**철도 소프트웨어 검증 및 시험기준(안) 개발**
13	1.3.1		검증계획 및 시험계획 기준
14	1.3.2		요구사항 검증기준
15	1.3.3		설계 검증기준
16	1.3.4		구현 검증기준
17	1.3.5		검증 및 시험기준 해설서
18	1.3.6		자문위원회 점검
19	1.4		**철도 소프트웨어 하드웨어 통합기준(안) 개발**
20	1.4.1		하드웨어 통합계획 기준
21	1.4.2		하드웨어 통합기준
22	1.4.3		하드웨어통합 검증기준
23	1.4.4		하드웨어통합기준 해설서
24	1.4.5		자문위원회 점검
25	1.5		**기준 데이터베이스 구축**
26	1.5.1		고시/해설서/기준/지침서 규격 데이터베이스 구축
27	2		**철도시스템에 사용되는 Programable 제어설비의 개발자 지원 RAMS체계 제도**
28	2.1		**철도시스템에 사용되는 Programable 제어설비의 RAMS 적용방안 연구**
29	2.1.1		국제IEC, 원자력분야 안전체계 분석
30	2.1.2		안전 소프트웨어개발 및 검증도구환경(TAU Architect) 구축
31	2.2		**Programable 제어설비의 개발자 지원 RAMS체계 적용절차 제시**
32	2.2.1		안전기준의 단계별 현장 적용방안 개발
33	2.2.2		안전관련 소프트웨어 개발방법론 개발
34	3		**보고서 작성**
35	3.1		보고서 목차 작성
36	3.2		보고서 본문 작성
37	3.3		보고서 검토 및 수정
38	3.4		보고서제출(심사용)
39	3.5		보고서 심사, 수정, 최종본 제출
40	4		공정회의
41	4.1		**팀전체회의**
54	4.2		**주관-협동연구기관간 공정회의**
67	4.3		안전기준과제(차량,시설,위험도분석)와의 인터페이스
68	4.4		열차제어시스템 안전성향상과제와의 인터페이스



ID	WBS	작업 이름	기간	시작 날짜
1	1	**위험물 수송사고 안전성평가 기술 개발**	**176 일**	**06-09-28 (목)**
2	1.1	사고사례 내용 수집 분석	89 일	06-09-28 (목)
3	1.2	위험물 사고 위험성 평가	86 일	06-11-01 (수)
4	1.3	사고 모드분류 및 각 사고모드 별 영향도 평가	90 일	06-09-28 (목)
5	1.4	사고시나리오 DB작업	90 일	06-09-28 (목)
6	1.5	피해영향평가 DB작업	90 일	06-09-28 (목)
7	1.6	사고발생빈도 그래프 DB작업	109 일	07-01-01 (월)
8	1.7	수송경로 도면 DB작업	109 일	07-01-01 (월)
9	1.8	수송경로별 인구조사에 따른 위험구간 DB작업	109 일	07-01-01 (월)
10	2	**위험물 수송시스템의 안전체계 구축**	**97 일**	**07-01-01 (월)**
11	2.1	위험물 수송사고 예방 Checklist 항목 도출	88 일	07-01-12 (금)
12	2.2	해외 테러사건 조사	86 일	07-01-16 (화)
13	2.3	테러리스트 공격 동향 조사	86 일	07-01-16 (화)
14	2.4	위험물 테러리스트 공격 대응 방안 조사 분석	97 일	07-01-01 (월)
15	3	**위험물 수송용기의 안전기준 항목 도출**	**130 일?**	**06-12-01 (금)**
16	3.1	위험물 수송용기 국내/국외기준 조사 분석	107 일?	06-12-01 (금)
17	3.2	위험물 수송용기의 안전기준 항목 도출	86 일?	07-02-01 (목)
18	4	**위험물 수송 화물차량의 안전기준 개발**	**176 일**	**06-09-28 (목)**
19	4.1	자료조사 및 분석	152 일	06-09-28 (목)
20	4.1.1	국내자료 수집 및 분석	150 일	06-09-28 (목)
21	4.1.1.1	유조차	150 일	06-09-28 (목)
22	4.1.1.2	황산조차	132 일	06-09-28 (목)
23	4.1.1.3	프로필렌조차	132 일	06-09-28 (목)
24	4.1.1.4	아스팔트조차	132 일	06-09-28 (목)
25	4.1.1.5	무개화차	132 일	06-09-28 (목)
26	4.1.1.6	수송사령부 방문	1 일	06-11-03 (금)
27	4.1.1.7	산업대학교 과제협의	1 일	06-11-14 (화)
28	4.1.1.8	여수 LG화학 및 흥국사 역 현장 조사	1 일	07-01-23 (화)
29	4.1.1.9	탄약사령부 방문	1 일	07-02-28 (수)
30	4.1.1.10	탄약사 현장조사	1 일	07-03-27 (화)
31	4.1.1.11	위험물수송차량 제작사 SLS 방문조사	1 일	07-03-29 (목)
32	4.1.2	국외자료 수집 및 분석	85 일	07-01-01 (월)
33	4.1.2.1	미국 출장 및 자료수집	6 일	07-04-20 (금)
34	4.1.2.2	JIS E 7102	65 일	07-01-01 (월)
35	4.1.2.3	JIS B 8266	60 일	07-01-01 (월)
36	4.1.2.4	미국 AAR 규정 수집 및 분석	59 일	07-02-06 (화)
37	2	안전규정 작성	44 일	07-04-02 (월)
38	2.1	유조차	44 일	07-04-02 (월)
39	2.2	황산조차	44 일	07-04-02 (월)
40	2.3	프로필렌조차	44 일	07-04-02 (월)
41	2.4	아스팔트조차	44 일	07-04-02 (월)
42	2.5	무개화차	44 일	07-04-02 (월)
43	5	**위험물 수송차량 설계안전기준 방안검토**	**324 일?**	**06-11-01 (수)**
44	5.1	**위험물 수송차량의 운영현황조사**	**314 일?**	**06-11-15 (수)**
45	5.1.1	한국철도공사 정비창	21 일?	07-12-31 (월)
46	5.1.2	유류 운송기관(프로필렌)	23 일?	07-01-01 (월)
47	5.1.3	탄약 운송기관	119 일?	06-11-15 (수)
48	5.2	**위험물 수송차량의 사양 검토**	**303 일?**	**06-11-01 (수)**
49	5.2.1	유류 탱크 차량	11 일?	06-11-01 (수)
50	5.2.2	프로필렌 탱크 차량	292 일?	06-11-16 (목)
51	5.2.3	황산 탱크 차량	34 일?	07-01-01 (월)
52	5.2.4	탄약 운반 차량	31 일?	07-02-16 (금)
53	5.3	**철도차량 및 위험물 수송차량 관련 규격 검토**	**86 일?**	**06-12-01 (금)**
54	5.3.1	위험물 수송차량 관련 기준 검토	86 일?	06-12-01 (금)
55	5.3.2	철도차량 안전기준 검토	42 일?	07-02-01 (목)

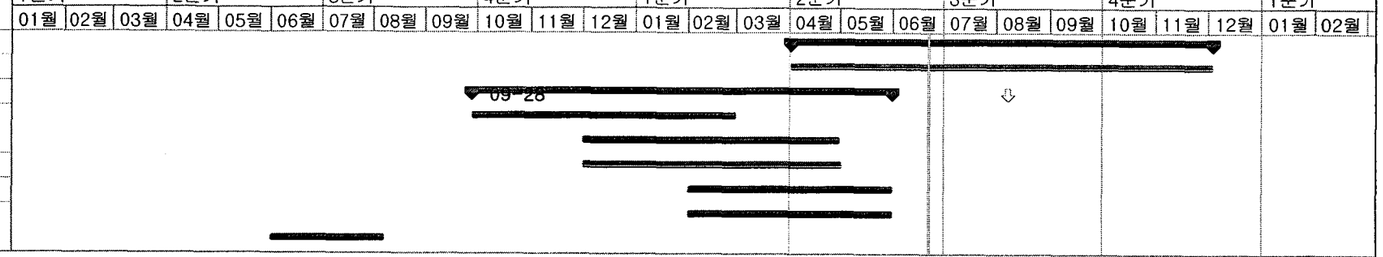


프로젝트: 박사님
날짜: 07-06-22 (금)

작업 진행 요약 외부 작업 마감일
나눈 작업 중요 시정 프로젝트 요약 외부 중요 시정

1

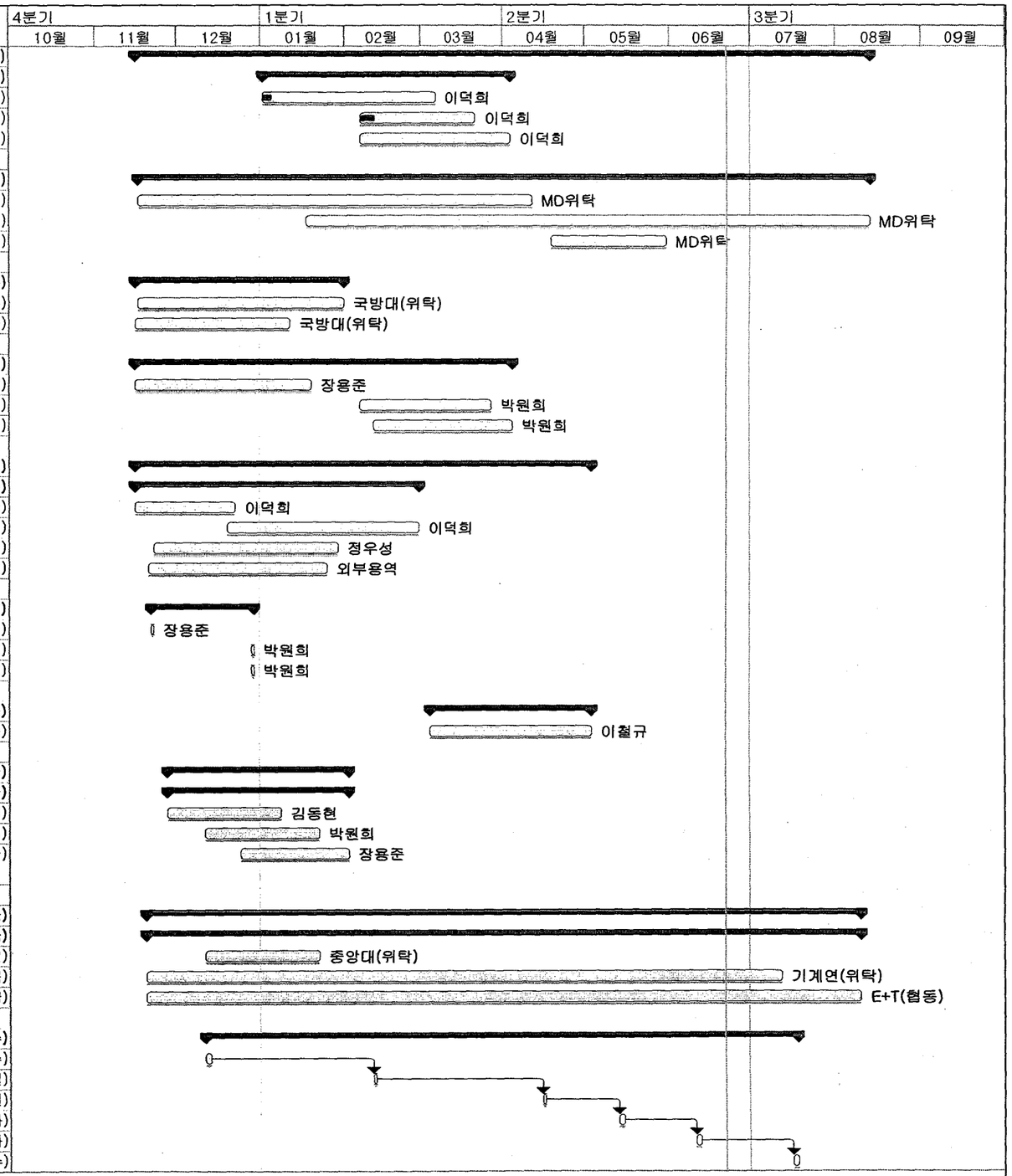
ID	WBS	작업 이름	기간	시작 날짜
56	**5.4**	**위험물 수송차량의 설계 안전기준 검토**	**176 일?**	**07-04-02 (월)**
57	5.4.1	위험물 수송차량의 안전기준 사양 작성(안)	176 일?	07-04-02 (월)
58	**6**	**위험물 수송, 취급 및 관리 안전기준 개발**	**176 일**	**06-09-28 (목)**
59	6.1	위험물질 분류	110 일	06-09-28 (목)
60	6.2	위험물질 시험 방법	107 일	06-12-01 (금)
61	6.3	위험물 표지	108 일	06-12-01 (금)
62	6.4	사용 빈도가 높은 위험물질 분석	86 일	07-02-01 (목)
63	6.5	사용빈도가 높은 위험물질 관리 설정	86 일	07-02-01 (목)
64	**7**	**보고서 작성**	**48 일**	**06-06-01 (목)**



프로젝트: 박사님
날짜: 07-06-22 (금)

작업 진행 요약 외부 작업 마감일
나눈 작업 중요 시점 프로젝트 요약 외부 중요 시점

ID	WBS	작업 이름	기간	시작 날짜	완료 날짜
1	1	**철도시스템 화재안전도 예측 기법 개발**	193 일	06-11-16 (목)	07-08-13 (월)
2	1.1	**철도차량 화재안전도 시험 및 평가 기법 개발**	66 일	07-01-02 (화)	07-04-03 (화)
3	1.1.1	차량 구조/재료/피난 평가 및 정량화 기법 개발(I)	46 일	07-01-02 (화)	07-03-06 (화)
4	1.1.2	철도차량 실차 화재시험 평가 절차 및 평가 측정항목 정립	31 일	07-02-07 (수)	07-03-21 (수)
5	1.1.3	연소특성 평가기법 정립(발열량, 발연량 등)	40 일	07-02-07 (수)	07-04-03 (화)
6					
7	1.2	**철도차량 화재 시나리오 분석 및 시뮬레이션 예측 기법 정립**	192 일	06-11-17 (금)	07-08-13 (월)
8	1.2.1	각 모델 입력인자 감도분석에 의한 주요입력인자 선정	104 일	06-11-17 (금)	07-04-11 (수)
9	1.2.2	철도차량화재 시뮬레이션 입력인자 선정 표준지침 개발	148 일	07-01-18 (목)	07-08-13 (월)
10	1.2.3	화재발생 요인별 가연물 특성조사	30 일	07-04-19 (목)	07-05-30 (수)
11					
12	1.3	**철도 장대터널/역사 화재안전도 시험 및 평가 기법 개발**	55 일	06-11-16 (목)	07-01-31 (수)
13	1.3.1	터널 화재에 대한 국내외 사례원인분석 및 확률적 평가기	54 일	06-11-17 (금)	07-01-31 (수)
14	1.3.2	화재 요인에 맞는 평가 모델 확립	41 일	06-11-16 (목)	07-01-11 (목)
15					
16	1.4	**(초)장대터널/구난역 화재시나리오 분석 및 시뮬레이션 예측**	100 일	06-11-16 (목)	07-04-04 (수)
17	1.4.1	**화재 시나리오에 대한 피난루트 계획기법, 탈출 분석기법**	47 일	06-11-16 (목)	07-01-19 (금)
18	1.4.2	주행열차 화재 시뮬레이션 예측기법 분석	35 일	07-02-07 (수)	07-03-27 (화)
19	1.4.3	다중구조 터널 에 대한 1D, 3D 시뮬레이션 예측기법 분석	38 일	07-02-12 (월)	07-04-04 (수)
20					
21	2	**철도화재 안전성능 시험평가 시스템 개발**	121 일?	06-11-16 (목)	07-05-03 (목)
22	2.1	**차량화재 실대형 화재안전성능평가 장치 개발**	75 일	06-11-16 (목)	07-02-28 (수)
23	2.1.1	모형 차량화재 설비 제작 및 부속장치 개발	27 일	06-11-16 (목)	06-12-22 (금)
24	2.1.2	차량 화재 실대형 시험평가 장치 실시 설계	51 일	06-12-20 (수)	07-02-28 (수)
25	2.1.3	기본 설계(안)에 세부적인 장치 요소기술을 연계하여 최종	48 일	06-11-23 (목)	07-01-29 (월)
26	2.1.4	시험평가 장치 실시 설계에 따른 실험동 최종 설계 작성	48 일	06-11-21 (화)	07-01-25 (목)
27					
28	2.2	**터널화재 실대형 화재안전성능평가 장치 개발**	28 일?	06-11-22 (수)	06-12-29 (금)
29	2.2.1	**터널화재 실대형 시험장치 개발**	1 일?	06-11-22 (수)	06-11-22 (수)
30	2.2.2	터널화재 실대형 시험장치 개발	1 일?	06-12-29 (금)	06-12-29 (금)
31	2.2.3	터널 화재 실대형 시험장치 기본 설계	1 일?	06-12-29 (금)	06-12-29 (금)
32					
33	2.3	**중/소형 화재안전성능평가 장치 구축**	44 일	07-03-05 (월)	07-05-03 (목)
34	2.3.1	건축 및 배연설비 및 화염전파시험기, 독성평가시스템외	44 일	07-03-05 (월)	07-05-03 (목)
35					
36	3	**철도 화재 안전시설 및 설비 표준화**	49 일	06-11-28 (화)	07-02-02 (금)
37	3.1	**(초)장대터널 화재안전시설 표준화(피난루트/구난시설)**	49 일	06-11-28 (화)	07-02-02 (금)
38	3.1.1	(초)장대 철도터널 및 지하구난역 표준모델 개발	30 일	06-11-28 (화)	07-01-08 (월)
39	3.1.2	(초)장대 철도터널 제연해석	30 일	06-12-12 (화)	07-01-22 (월)
40	3.1.3	(초)장대터널 방재설계기준을 위한 국내환경 분석 및 초안	30 일	06-12-25 (월)	07-02-02 (금)
41					
42					
43	4	**철도차량 및 역사/터널 화재제어 장치 성능평가 방법 및 통합화재**	190 일	06-11-20 (월)	07-08-10 (금)
44	4.1	**철도차량 및 역사 화재 감지/소화 장치 성능평가 방법 개발**	190 일	06-11-20 (월)	07-08-10 (금)
45	4.1.1	철도차량용 (자동)소화설비 전역방출 소화성능 향상	30 일	06-12-12 (화)	07-01-22 (월)
46	4.1.2	전산수치해석을 이용한 철도차량용 (자동)소화설비 소화	169 일	06-11-20 (월)	07-07-12 (목)
47	4.1.3	차세대 지능형 연기 및 불꽃 감지기 개발	190 일	06-11-20 (월)	07-08-10 (금)
48					
49	5	**총괄공정회의일정**	157 일	06-12-12 (화)	07-07-18 (수)
50	5.1	1차공정회의	2 일	06-12-12 (화)	06-12-13 (수)
51	5.2	2차공정회의	1 일	07-02-12 (월)	07-02-12 (월)
52	5.3	3차공정회의	1 일	07-04-16 (월)	07-04-16 (월)
53	5.4	4차공정회의	2 일	07-05-14 (월)	07-05-15 (화)
54	5.5	5차공정회의	2 일	07-06-11 (월)	07-06-12 (화)
55	5.6	6차공정회의	2 일	07-07-17 (화)	07-07-18 (수)



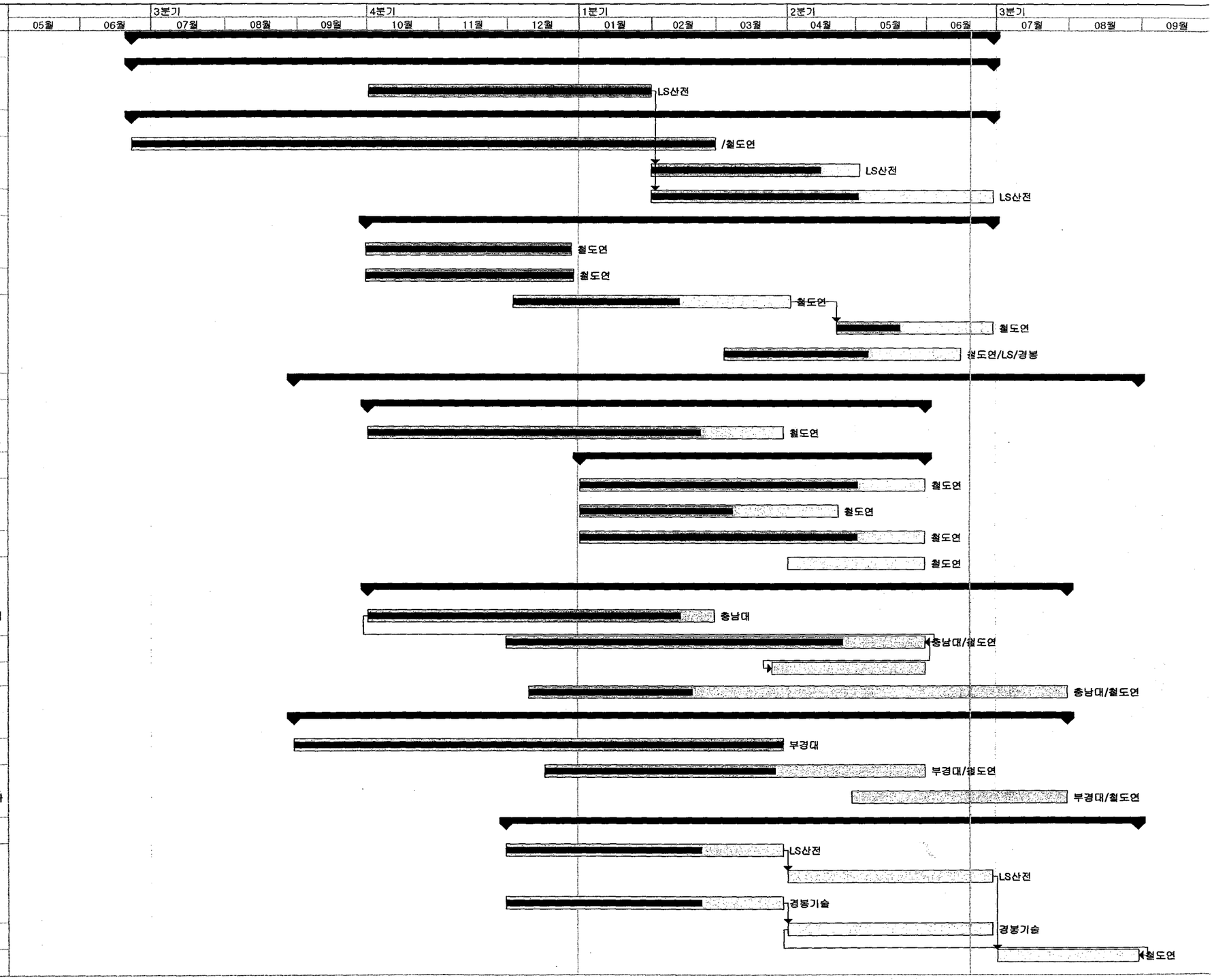
프로젝트: 프로젝트관리-주관-화
날짜: 07-06-22 (금)

작업 진행 요약 외부 작업 마감일
나눈 작업 중요 시정 프로젝트 요약 외부 중요 시정

1

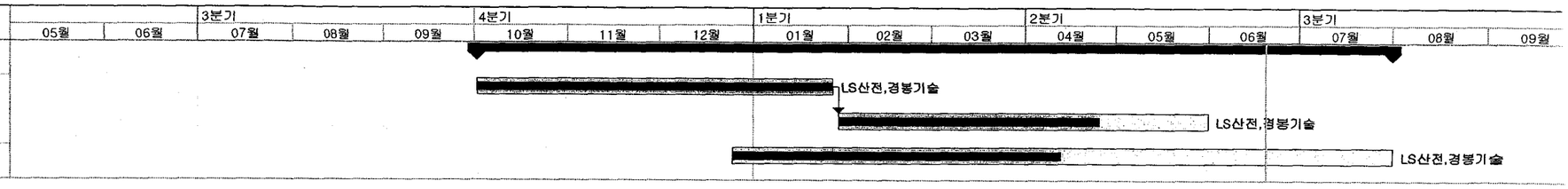
열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발

ID	WBS	작업 이름
1	1	**열차제어시스템 안전성 향상기술 개발(1)**
2	2	**열차제어시스템을 위한 결함허용 시스템 기술 개발**
3	3	열차제어용 결함허용시스템 구성안 정립
4	4	결함허용시스템 기본설계
5	5	다중계 제어시스템 선정
6	6	H/W구성설계
7	7	S/W Process 정의
8	8	**열차제어시스템 안전핵심 S/W 개발절차 및 방법 연구**
9	9	안전핵심 S/W.정형명세 툴 분석
10	10	안전핵심 S/W 정형검증 툴 분석
11	11	안전핵심 S/W 개발절차 분석
12	12	정형기법에 의한 바이탈 S/W 개발절차 제시
13	13	정형명세를 통한 적용성 분석(Z, StateMate)
14	14	**열차제어시스템 안전성 평가기술개발(1)**
15	15	**열차제어시스템 안전성 평가기술 세부수행기술 분석**
16	16	안전성 활동 및 평가를 위한 세부수행기술 분석 및 정리
17	17	열차제어시스템 안전성 평가기술 관련 템플릿 정립
18	18	위험원 분석관련 템플릿, 위험원 목록 템플릿 정립
19	19	안전계획서, 평가계획서 템플릿 분석 및 정리
20	20	Safety Case 목차 분석 및 정리
21	21	열차제어시스템 안전성 평가기술 초안 정리 및 전문가 의견수립
22	22	**열차제어시스템 바이탈 S/W 안전성 평가기술 연구**
23	23	열차제어시스템 바이탈 S/W 평가를 위한 테스트 항목 선정 및 제시
24	24	열차제어시스템 바이탈 S/W 안전성 평가 가이드라인 작성
25	25	열차제어시스템 바이탈 S/W 안전성 평가 가이드라인 전문가 의견수렴
26	26	열차제어시스템 바이탈 S/W 테스트 도구 개발사양 작성
27	27	**열차제어시스템 통신안전성 평가 방안 및 기술연구**
28	28	열차제어시스템 통신안전성 관련 국제규격 분석
29	29	열차제어시스템 통신 안전성 평가항목 제시
30	30	열차제어시스템 통신 안전성 검증 및 판단을 위한 테스트 툴 요구사항 제시
31	31	**열차제어시스템 주요 위험원 도출**
32	32	열차간격제어분야 주요 위험원 분석
33	33	열차간격제어분야 주요 위험원 리스트 도출
34	34	진로제어분야 주요 위험원 분석
35	35	진로제어분야 주요 위험원 리스트 도출
36	36	열차제어시스템 위험원 리스트 정리



열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발

ID	WBS	작업 이름
37	37	**안전성 평가기술 적용성 연구**
38	38	mock-up 시스템 선정
39	39	mock-up 시스템 기본설계
40	40	mock-up 시스템 안전성 활동

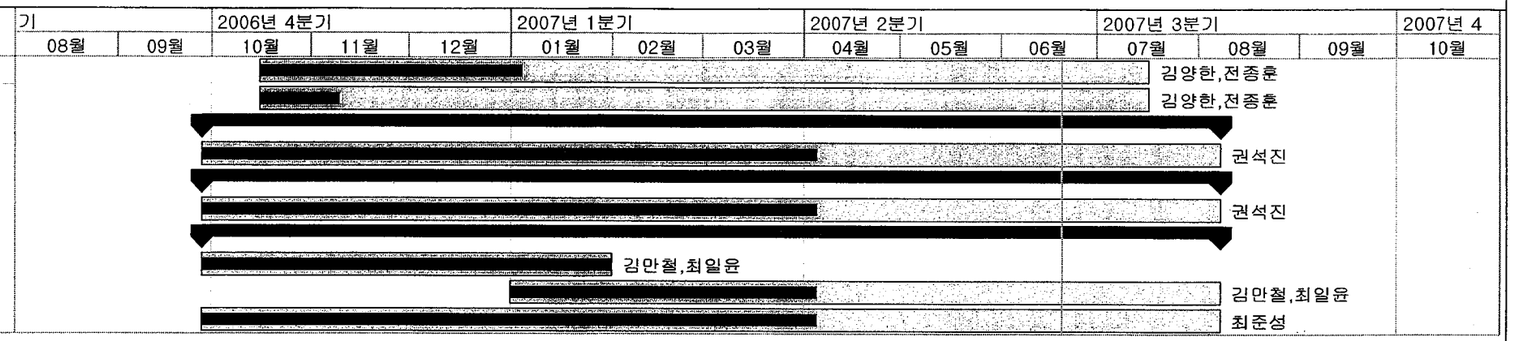


철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지 기술개발

ID	WBS	작업 이름	기	2006년 4분기			2007년 1분기			2007년 2분기			2007년 3분기			2007년 4
			08월	09월	10월	11월	12월	01월	02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월	09월	10월
1	1	**탈선안전성 평가기술 개발**															
2	1.1	**차륜-궤도 접촉력 및 접촉 위치에 따른 주행안전성 분석**															
3	1.1.1	-분기기 주행안전성 해석기법 개발													이희성		
4	1.2	**윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상에 의한 탈선 위험도 평가기술 개발**															
5	1.2.1	-차륜/레일재의 RCF 특성평가													권석진		
6	1.2.2	-레일 라체팅 모델평가													권석진		
7	1.2.3	-차륜/레일재의 손상도 평가기술													권석진		
8	1.2.4	-레일의 RCF의 피로수명 평가모델 해석													양진승(위탁)		
9	1.3	**곡선부 통과 시 탈선 위험도 평가기술 개발**															
10	1.3.1	-해석 모델을 이용한 영향인자별 민감도 해석													이희성		
11	1.3.2	-타고 오름 탈선 현상에 대한 조사													이희성		
12	1.3.3	-곡선부 모형실험장치에 의한 탈선 현상모사 시험													이희성		
13	1.3.4	-소형탈선시뮬레이터개발을 위한 기본 사양 선정													김정태(위탁)		
14	1.4	**분기부에 대한 탈선 위험도 평가기술 개발**															
15	1.4.1	-국내외 분기기 유지관리기준 분석									김만철						
16	1.4.2	-분기부 주행안전도 해석기법 정립													이희성		
17	1.4.3	-분기부 현장 성능검증방법 수립													김만철		
18	1.4.4	-분기부 탈선사고 저감을 위한 탈선방지장치 개발													이대영		
19	1.5	**플랜지 마모에 의한 탈선 위험도 평가기술 개발**															
20	1.5.1	-차륜 유지관리 현황및 규정 조사									김형진,정설시스템						
21	1.5.2	-차륜 유지관리 기준 분석및 개선안 검토													허현우		
22	1.6	**측풍에 의한 탈선 위험도 평가기술 개발**															
23	1.6.1	**자연풍 현장계측**															
24	1.6.1.1	-자연풍 현장계측시스템 풍속측정													권혁빈,남성원		
25	1.6.1.2	-영종대교 자연풍 계측 DB분석													권혁빈,남성원		
26	1.6.2	**측풍 취약지구 자료 축적 및 관리방안 연구**															
27	1.6.2.1	-선로 변 자연풍에 영향을 미치는 인자 도출													권혁빈,남성원		
28	1.6.2.2	-경부고속선 선로구축물 DB 구축 및 취약개소 평가 프로그램 개발													권혁빈,남성원		
29	1.6.2.3	-측풍 취약개소 관리방안 연구													권혁빈,남성원		
30	1.6.3	**국내 철도차량 단면형상 자료 축적**															
31	1.6.3.1	-전산유체해석 대상 선정													남성원,권혁빈		
32	1.6.3.2	-공항철도 열차 형상 모델링													남성원,권혁빈		
33	1.6.3.3	-KTX열차, 공항철도 열차 격자계 형성													남성원,권혁빈		
34	1.12	**지진에 의한 탈선 위험도 평가 및 규제기준 개발**															
35	1.12.1	-탈선취약요소를 고려한 철도차량 지진응답 분석													김성일		
36	1.12.2	-고속철도 취약개소 평가프로그램 개발													김성일		
37	1.13	**흑서기 장대레일에 의한 탈선위험도 평가 및 규제기준 개발**															
38	1.13.1	-흑서기 장출사고에 의한 사고사례 조사									최진유,김은						
39	1.13.2	-사고모드 분석 및 주요 위험요인 도출													최진유,김은		
40	1.13.3	-위험요인들에 대한 확률변수 자료 구축													최진유,김은		
41	4	**탈선안전성 시험평가기술 개발**															
42	4.1	**탈선안전성 시험평가시설 구축**															
43	4.1.1	-탈선시험설비 구매발주 사양 작성													유원희,함영상		
44	4.2	**탈선안전성 시험평가기술 개발**															
45	4.2.1	-센서 배치법 적용가능성 검증													함영상		
46	4.2.2	-새로운 연속식 탈선계수 측정기술 검증													정흥채		
47	6	**탈선사고 위험 감시시스템 개발**															
48	6.1	**차량하부결함 감시경보시스템 개발**															
49	6.1.1	-개발된 이론의 실제 차량 결함검출에 적용 가능성 검토													김양한,전종훈		

철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지 기술개발

ID	WBS	작업 이름
50	6.1.2	-결함 진단 소프트웨어 제작
51	6.1.3	-축소 모형 실험을 통한 적용가능성 검증
52	6.2	**차륜이상 감시장치 개발**
53	6.2.1	-사양설계 및 시험품 제작
54	6.3	**차축압입부 접촉피로 손상검지장치 개발**
55	6.3.1	-검지시스템 시제작
56	6.4	**대차진동을 이용한 궤도이상 감시경보기술 개발**
57	6.4.1	-대차진동을 이용한 차량 주행안정 판정기준 조사
58	6.4.2	-궤도결함과 대차진동과의 수학적 상호관계 분석
59	6.4.3	-대차진동 무선계측시스템 기본설계

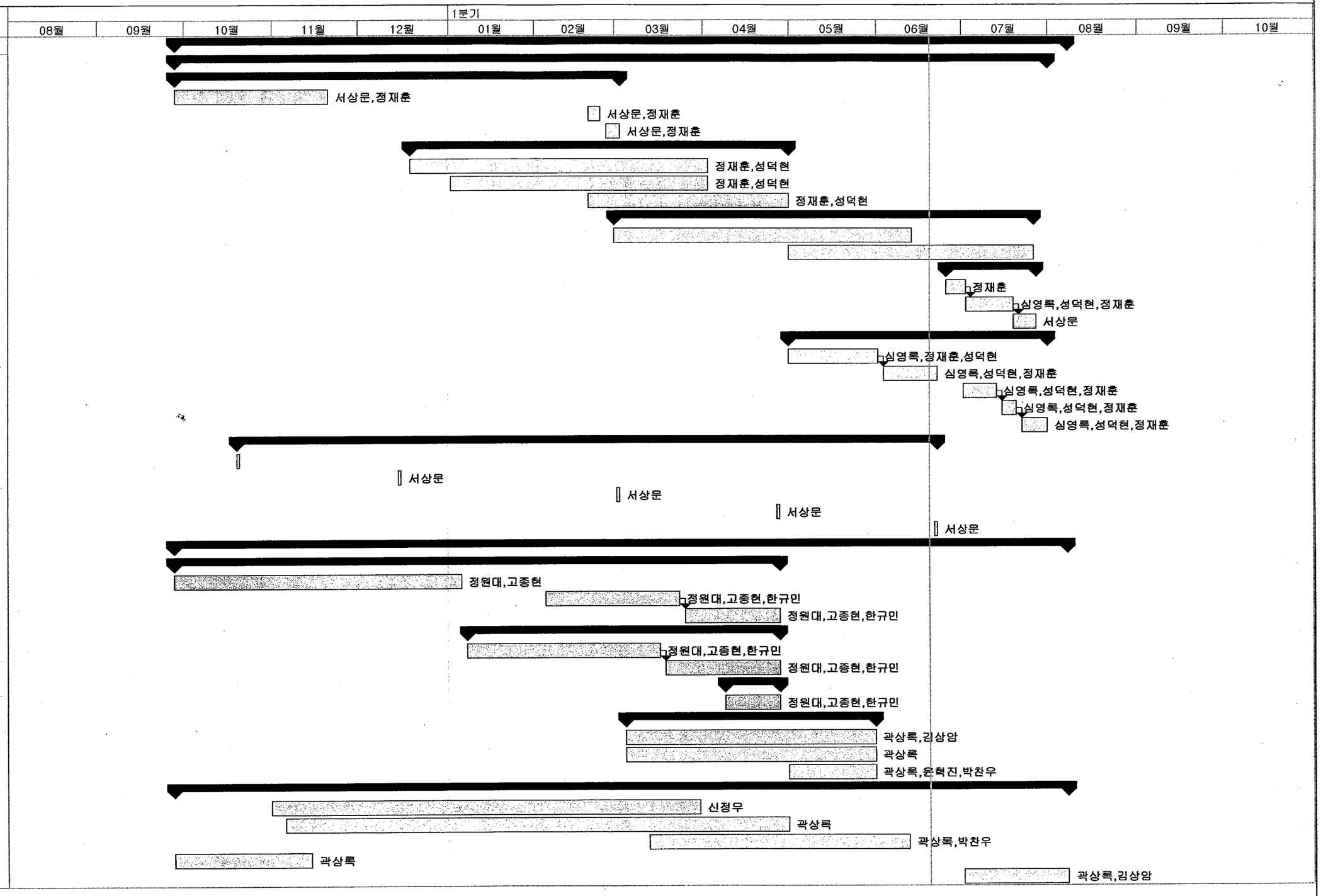


자료5. 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 PROCESS

분류번호 (05C10	Process	추적성	PM(자원) 분석대상 보유자료/요구자료? (PM자원폴더)	PM 출력물 (PM출력물 폴더)	시작날짜 추정	완료날짜 추정	시작날짜	완료날짜	예상소요기간 (Day)	자원인력1 (PM자원폴더)	자원인력2 (PM자원폴더)	자원인력3 (PM자원폴더)	활용장비1 (PM자원폴더)	활용장비2… (PM자원폴더)	선행작업1	작업제한	공정기여도(총 100%기준)
1	사업 협약준비 및 제출	05C10-SS01			2006-09-17	2006-10-10	2006-09-17	2006-10-10	9	류상환							5
2	-협약체결 서류 작성	05C10-SS01	협약서 공문		2006-09-17	2006-09-25	2006-09-17	2006-09-25	3	류상환						완료	0.5
3	-협약서 제출 및 검토	05C10-SS01	05C10-L14		2006-09-28	2006-09-28	2006-09-28	2006-09-28	1	류상환					05C10-P02	완료	2.5
4	-협약서 보완 및 제출	05C10-SS01		05C10-Z01	2006-10-01	2006-10-10	2006-10-01	2006-10-10	5	류상환					05C10-P03	완료	2
5	건널목 상황을 열차에 전송하는 경보장치 개발	05C10-SS02			2006-09-28	2007-08-07	2006-09-28		810								45
6	-상위과제와의 연계 및 과제간 인터페이스 조정	05C10-SS03		05C10-Z02	2006-10-01	2007-08-07	2006-10-01		171								15
7	① 세부 과제간 세부공정 도출 및 조정	05C10-SS04			2006-10-01	2007-08-07	2006-10-01		27								5
8	+ 상위과제와의 연계 사항 조정	05C10-SS05			2006-11-01	2007-08-07	2006-11-01	2007-08-07	10	류상환	김용규					수시발생	3
9	+ 세부과제의 일정관리 및 조정(월간 공정회의)	05C10-SS05			2006-10-01	2007-08-07	2006-10-01	2007-08-07	15	류상환	조봉관	한수연, 조정민				수시발생	1
10	+ 세부 과제간 정보공유방안 관리 및 지원(Web Hard 이용)	05C10-SS06			2006-11-07	2007-07-31	2006-11-07		2	조봉관	김용규	조정민, 한수연				수시발생	1
11	② 2차년도 월간 공정회의	05C10-SS03			2006-11-30	2007-06-22	2006-11-30		7								7
12	+ 1차 공정회의	05C10-SS14			2006-11-30	2006-11-30	2006-11-30	2006-11-30	1	류상환	조봉관	신미이				완료	1
13	+ 2차 공정회의	05C10-SS15			2006-12-19	2006-12-19	2006-12-19	2006-12-19	1	류상환	조봉관	신미이				완료	1
14	+ 3차 공정회의	05C10-SS16			2007-01-19	2007-01-19	2007-01-19	2007-01-19	1	류상환	조봉관	조정민				완료	1
15	+ 4차 공정회의	05C10-SS17			2007-03-16	2007-03-16	2007-03-16	2007-03-16	1	류상환	조봉관	조정민				완료	1
16	+ 5차 공정회의	05C10-SS18			2007-04-16	2007-04-20			1	류상환	배창한	한수연				날짜에완료	1
17	+ 6차 공정회의	05C10-SS19			2007-05-21	2007-05-25			1	류상환	배창한	조정민				날짜에완료	1
18	+ 7차 공정회의	05C10-SS20			2007-06-18	2007-06-22			1	류상환	배창한	한수연				날짜에완료	1
19	③ 기술 자문회의 운영	05C10-SS04			2006-12-01	2007-06-07	2006-12-01		137								3
20	+ 전문가 자문회의 개최 계획 수립	05C10-SS05			2006-12-01	2006-12-05	2006-12-01	2006-12-05	5	류상환	양도철	이준호				완료	0.5
21	+ 자문회의 개최를 위한 원고 요청 및 자문회의 준비	05C10-SS14			2007-02-22	2007-03-22	2007-02-22	2007-03-22	30	류상환	양도철	신미이, 조정민				완료	0.5
22	+ 전문가초청 자문회의 개최(1차, 신호정보분석장치)	05C10-SS14			2007-03-22	2007-03-22	2007-03-22	2007-03-22	1	류상환	양도철					완료	0.5
23	+ 전문가초청 자문회의 2차 개최 준비				2007-04-09	2007-05-07			30	류상환	이준호					날짜에완료	0.5
24	+ 전문가초청 자문회의 2차 개최				2007-05-07	2007-05-07			1	류상환	이준호					날짜에완료	0.5
25	+ 자문결과에 따른 기술개발 방향 반영	05C10-SS14			2007-03-22	2007-06-07	2007-03-22		70	류상환	이준호					날짜에완료	0.5
26	-건널목에 정지된 차량 등의 검지장치 개발	05C10-SS03		05C10-Z04	2006-09-28	2007-08-06	2006-09-28		365								20
27	① 이동물체 검지모듈 개발	05C10-SS04		05C10-Z05	2006-09-28	2007-05-27	2006-09-28		270								10
28	+ 영역분할 알고리즘 개발	05C10-SS05			2006-09-28	2006-11-27	2006-09-28	2006-11-27	90	염흥수	신현호	이진수				완료	2.5
29	+ 영역정합을 이용한 이동영역 검지 알고리즘 개발	05C10-SS05			2006-11-28	2007-01-27	2006-11-28	2007-01-27	60	염흥수	신현호	이진수			05C10-P35	완료	2.5
30	+ 이동군집화를 이용한 이동영역 검지 알고리즘 개발	05C10-SS05			2007-01-28	2007-03-27	2007-01-28	2007-03-27	60	염흥수	신현호	이진수			05C10-P36	완료	2.5
31	+ 이동물체 모델 생성 알고리즘 개발	05C10-SS05			2007-03-28	2007-05-27	2007-03-28		60	염흥수	신현호	이진수			05C10-P37	가능한빨리	2.5
32	② 건널목 차량 등의 검지장치 상세 설계	05C10-SS08			2007-05-28	2007-08-06			95								10
33	+ 건널목 차량 등의 검지장치 제작				2007-05-28	2007-07-27			60	지일천	이진수	신현호			05C10-P38	가능한빨리	5
34	+ 검지장치 성능 검증 및 보완				2007-07-01	2007-08-06			35	지일천	이진수	신현호			05C10-P40	가능한빨리	5
35	-열차로의 정보 송수신 장치 개발	05C10-SS03			2006-09-29	2007-06-30	2006-09-29		274								10
36	① RF 통신 모듈에 대한 스펙 규정	05C10-SS04			2006-09-29	2006-11-30	2006-09-29	2006-11-30	63								4
37	+ 통신모듈 개발시 사용되는 기술에 대한 상세 규정	05C10-SS05			2006-09-29	2006-10-31	2006-09-29	2006-10-31	33	신동렬	김남호	김동욱				완료	3
38	+ 설계상의 기술 타당성 검토 및 보완	05C10-SS05			2006-11-01	2006-11-30	2006-11-01	2006-11-30	30	신동렬	김남호	김동욱			05C10-P43	완료	1
39	② RF 통신 모듈 기본 설계	05C10-SS08			2006-12-01	2007-03-31	2006-12-01		121						05C10-P43		3
40	+ RF 통신 모듈 확정				2006-12-01	2006-12-31	2006-12-01	2006-12-31	31	신동렬	김남호	정이석			05C10-P43	완료	1
41	+ 확정된 RF 통신 모듈 디바이스 드라이버 설계				2007-01-01	2007-01-30	2007-01-01	2007-01-30	30	신동렬	정이석	이건하			05C10-P46	완료	1
42	+ 보안 알고리즘 기본 설계				2007-02-01	2007-03-31	2007-02-01		60	신동렬	김남호	정이석			05C10-P44	날짜에완료	1
43	③ RF 통신 시스템 구성 설계	05C10-SS03			2007-04-01	2007-06-30			90						05C10-P45		3
44	+ 보안 알고리즘 적합성 테스트				2007-04-01	2007-05-31			60	신동렬	김남호	이건하			05C10-P47	가능한빨리	0.5
45	+ RF 통신 모듈과 보안 모듈 통합 시스템 구성 설계	05C10-SS14			2007-06-01	2007-06-30			30	신동렬	정이석	이건하			05C10-P50	가능한빨리	2.5
46	도로측 경보를 위한 기술 개발	05C10-SS19			2006-09-29	2007-08-07	2006-09-29		614								20
47	① 도로측 정보제공을 위한 열차검지 시스템 개발	05C10-SS21			2007-02-01	2007-07-31	2007-02-01		180								8
48	+ 열차 검지 시스템 개발을 위한 기본조사	05C10-SS21			2007-02-01	2007-04-30	2007-02-01		90	박지형	조한선	익, 조항영, 채찬들,				가능한빨리	4
49	+ 건널목도착시간 예측알고리즘 개발을 위한 기본조사	05C10-SS21			2007-05-01	2007-07-31			90	박지형	조한선	영, 김근정, 문대식				날짜에완료	4
50	② 철도건널목을 통과하는 차량에의 실시간 정보현시장치 기본설계	05C10-SS22			2006-09-29	2007-08-07	2006-09-29		434								12
51	+ VMS 관련 자료 수집	05C10-SS22			2006-09-29	2007-01-31	2006-09-29	2007-01-31	125	박창호	김혜란	한진석, 김류미				완료	4
52	+ 철도건널목 VMS 컨텐츠 프로토타입 개발	05C10-SS22			2007-02-01	2007-06-30	2007-02-01		150	박창호	김혜란	김류미				가능한빨리	4
53	+ 철도건널목 VMS 정보전달방식 프로토타입 개발				2007-03-02	2007-08-07	2007-03-02		159	박창호	한진석	이충렬				가능한빨리	4
54	건널목 시뮬레이터 개발	05C10-SS23		05C10-Z6	2007-01-01	2007-07-27	2007-01-01		356								20
55	① 건널목 시뮬레이터 제작	05C10-SS21			2007-01-01	2007-06-20	2007-01-01		320								8
56	+ 하드웨어 설계 및 인터페이스를 위한 프로토콜 정립	05C10-SS21			2007-01-01	2007-03-31	2007-01-01		90	이기서	오상민	노경태, 방승재				날짜에완료	2
57	+ 컨트롤러 소프트웨어 개발	05C10-SS21			2007-02-01	2007-04-30	2007-02-01		90	이기서	오상민	노경태, 방승재				날짜에완료	2
58	+ GUI 소프트웨어 개발	05C10-SS21			2007-02-01	2007-04-30	2007-02-01		90	이기서	오상민	노경태, 방승재				날짜에완료	2
59	+ 시뮬레이터와 GUI 간의 인터페이스 소프트웨어 개발				2007-05-01	2007-06-20			50		오상민	노경태, 방승재				가능한빨리	2
60	② 현장시험을 통한 건널목 동작특성 해석	05C10-SS22			2007-06-21	2007-07-27			36								12
61	+ 현장 건널목 설비와의 인터페이스를 통한 성능 시험	05C10-SS22			2007-06-21	2007-06-30			10	이기서	오상민	노경태, 방승재				가능한빨리	6
62	+ 문제점 파악 및 디버깅	05C10-SS22			2007-07-01	2007-07-19			19	이기서	오상민	노경태, 방승재				가능한빨리	4
63	+ 메뉴얼 작성	05C10-SS22			2007-07-20	2007-07-27			7	이기서	오상민	노경태, 방승재				가능한빨리	2
64	보고서 작성	05C10-SS30			2007-05-07	2007-08-07			60								10
65	+ 보고서 초안 작성	05C10-SS31			2007-05-07	2007-06-07			30	류상환	조봉관	조정민				날짜에완료	7
66	+ 2차년도 최종보고서 작성	05C10-SS32		05C10-Z3	2007-06-07	2007-08-07			30	류상환	조봉관	한수연				이후에완료	3

안전업무종사자 인적오류 및 업무적성평가기준 개발

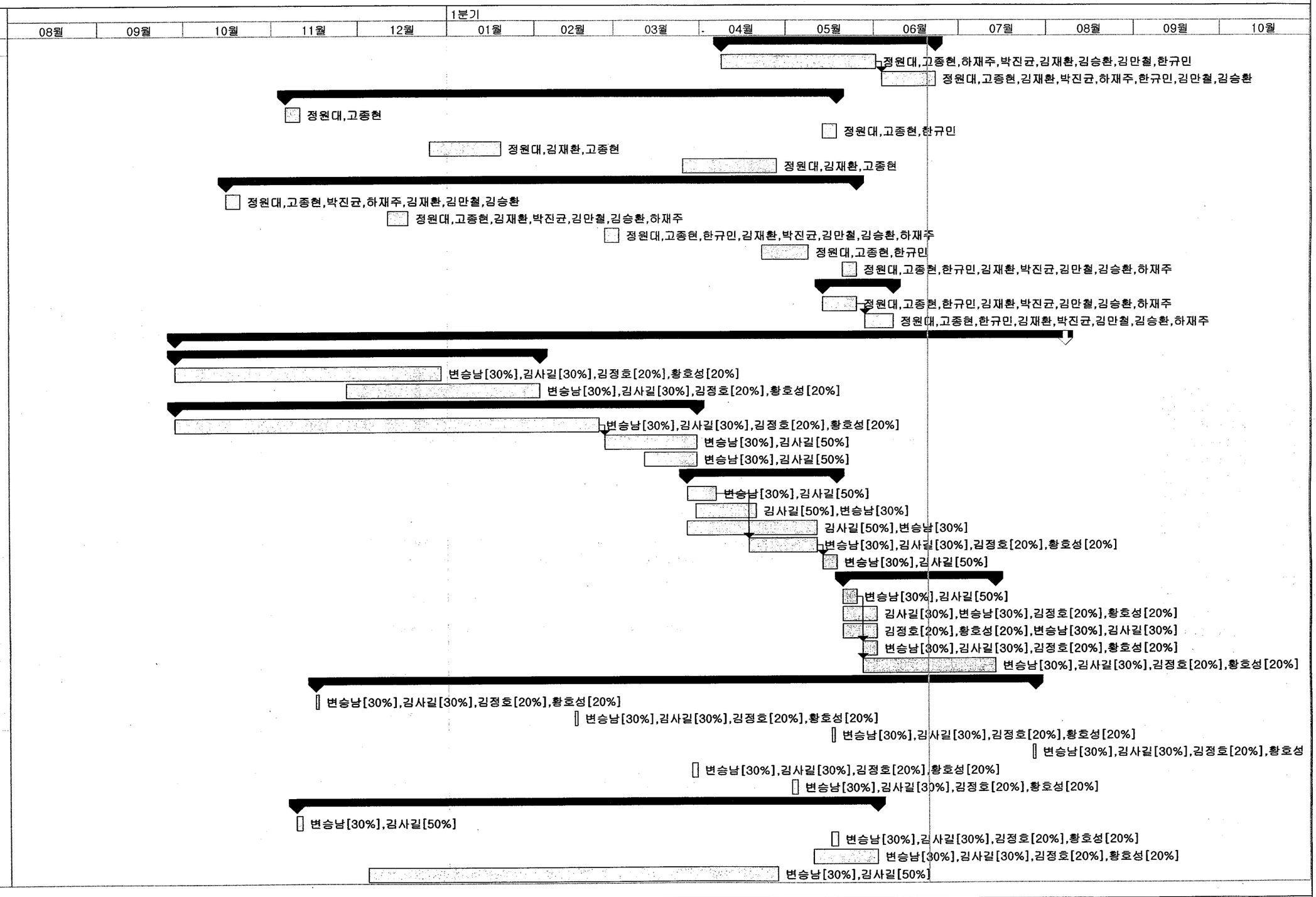
ID	WBS	
1	**R513-0000**	
2	**R513-1000**	
3	**R513-1010**	
4	R513-1011	
5	R513-1012	
6	R513-1013	
7	**R513-1020**	
8	R513-1021	
9	R513-1022	
10	R513-1023	
11	**R513-1030**	
12	R513-1031	
13	R513-1032	
14	**R513-1040**	
15	R513-1041	
16	R513-1042	
17	R513-1043	
18	**R513-1050**	
19	R513-1051	
20	R513-1052	
21	R513-1053	
22	R513-1054	
23	R513-1055	
24	**R513-1060**	
25	R513-1061	
26	R513-1062	
27	R513-1063	
28	R513-1064	
29	R513-1065	
30	**R513-2000**	
31	**R513-2010**	
32	R513-2011	
33	R513-2012	
34	R513-2013	
35	**R513-2020**	
36	R513-2021	
37	R513-2022	
38	**R513-2030**	
39	R513-2031	
40	**R513-2040**	
41	R513-2041	
42	R513-2042	
43	R513-2043	
44	**R513-2050**	
45	R513-2051	
46	R513-2052	
47	R513-2053	
48	R513-2054	
49	R513-2055	



1

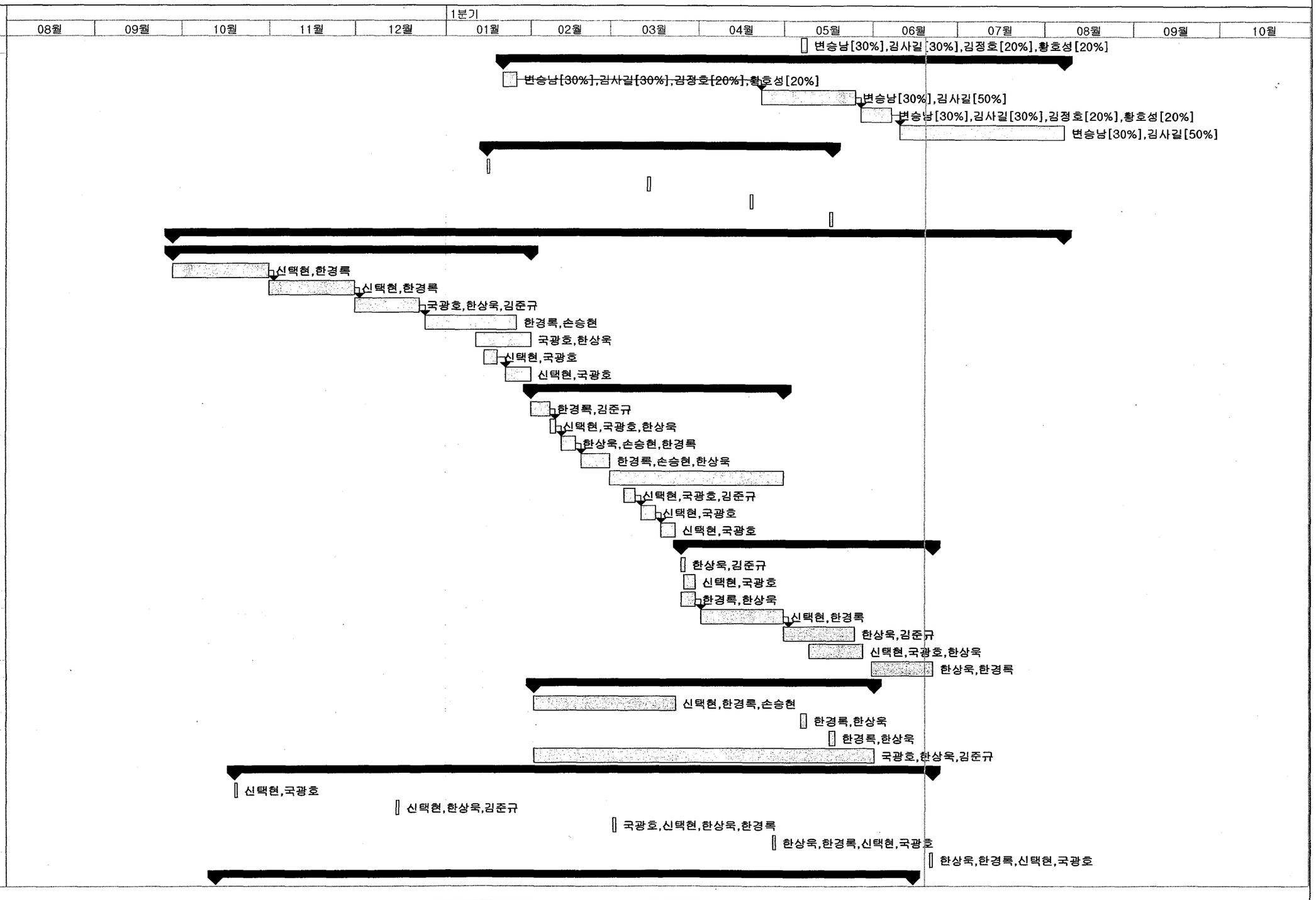
안전업무종사자 인적오류 및 업무적성평가기준 개발

ID	WBS	
50	**R513-2060**	
51	R513-2061	
52	R513-2062	
53	**R513-2070**	
54	R513-2071	
55	R513-2072	
56	R513-2073	
57	R513-2074	
58	**R513-2080**	
59	R513-2081	
60	R513-2082	
61	R513-2083	
62	R513-2084	
63	R513-2085	
64	**R513-2090**	
65	R513-2091	
66	R513-2092	
67	**R513-3000**	
68	**R513-3010**	
69	R513-3011	
70	R513-3012	
71	**R513-3020**	
72	R513-3021	
73	R513-3022	
74	R513-3023	
75	**R513-3030**	
76	R513-3031	
77	R513-3032	
78	R513-3033	
79	R513-3034	
80	R513-3035	
81	**R513-3040**	
82	R513-3041	
83	R513-3042	
84	R513-3043	
85	R513-3044	
86	R513-3045	
87	**R513-3050**	
88	R513-3052	
89	R513-3053	
90	R513-3054	
91	R513-3055	
92	R513-3056	
93	R513-3057	
94	**R513-3060**	
95	R513-3061	
96	R513-3062	
97	R513-3063	
98	R513-3064	



안전업무종사자 인적오류 및 업무적성평가기준 개발

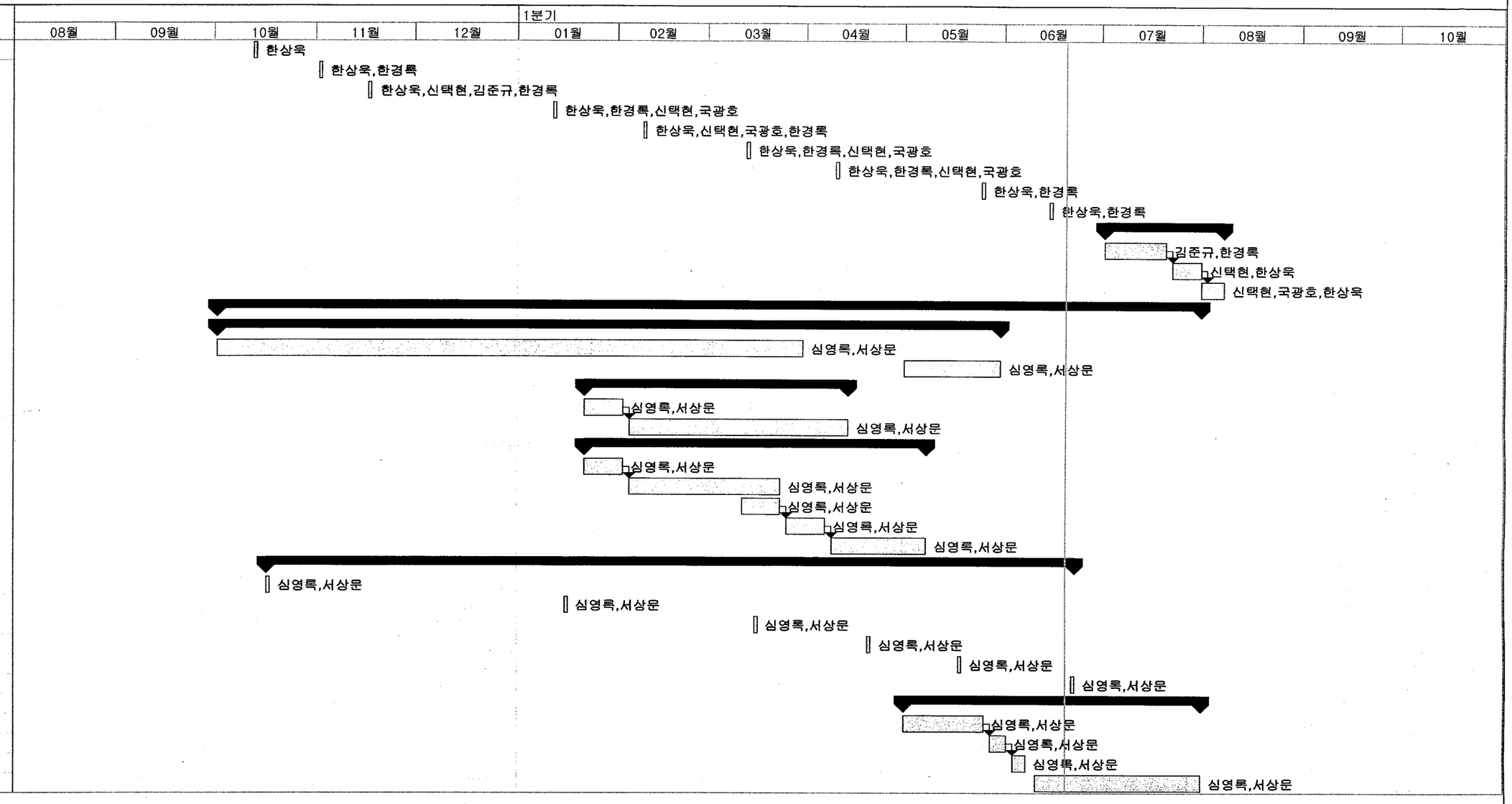
ID	WBS	
99	R513-3058	
100	**R513-3070**	
101	R513-3071	
102	R513-3072	
103	R513-3073	
104	R513-3074	
105	1.3.8	
106	1.3.8.1	
107	1.3.8.2	
108	1.3.8.3	
109	1.3.8.4	
110	**R513-4000**	
111	**R513-4010**	
112	R513-4011	
113	R513-4012	
114	R513-4013	
115	R513-4014	
116	R513-4015	
117	R513-4016	
118	R513-4017	
119	**R513-4020**	
120	R513-4021	
121	R513-4022	
122	R513-4023	
123	R513-4024	
124	R513-4025	
125	R513-4026	
126	R513-4027	
127	R513-4028	
128	**R513-4030**	
129	R513-4031	
130	R513-4032	
131	R513-4033	
132	R513-4034	
133	R513-4035	
134	R513-4036	
135	R513-4037	
136	**R513-4040**	
137	R513-4041	
138	R513-4042	
139	R513-4043	
140	R513-4044	
141	**R513-4050**	
142	R513-4051	
143	R513-4054	
144	R513-4056	
145	R513-4057	
146	R513-4058	
147	**R513-4060**	



3

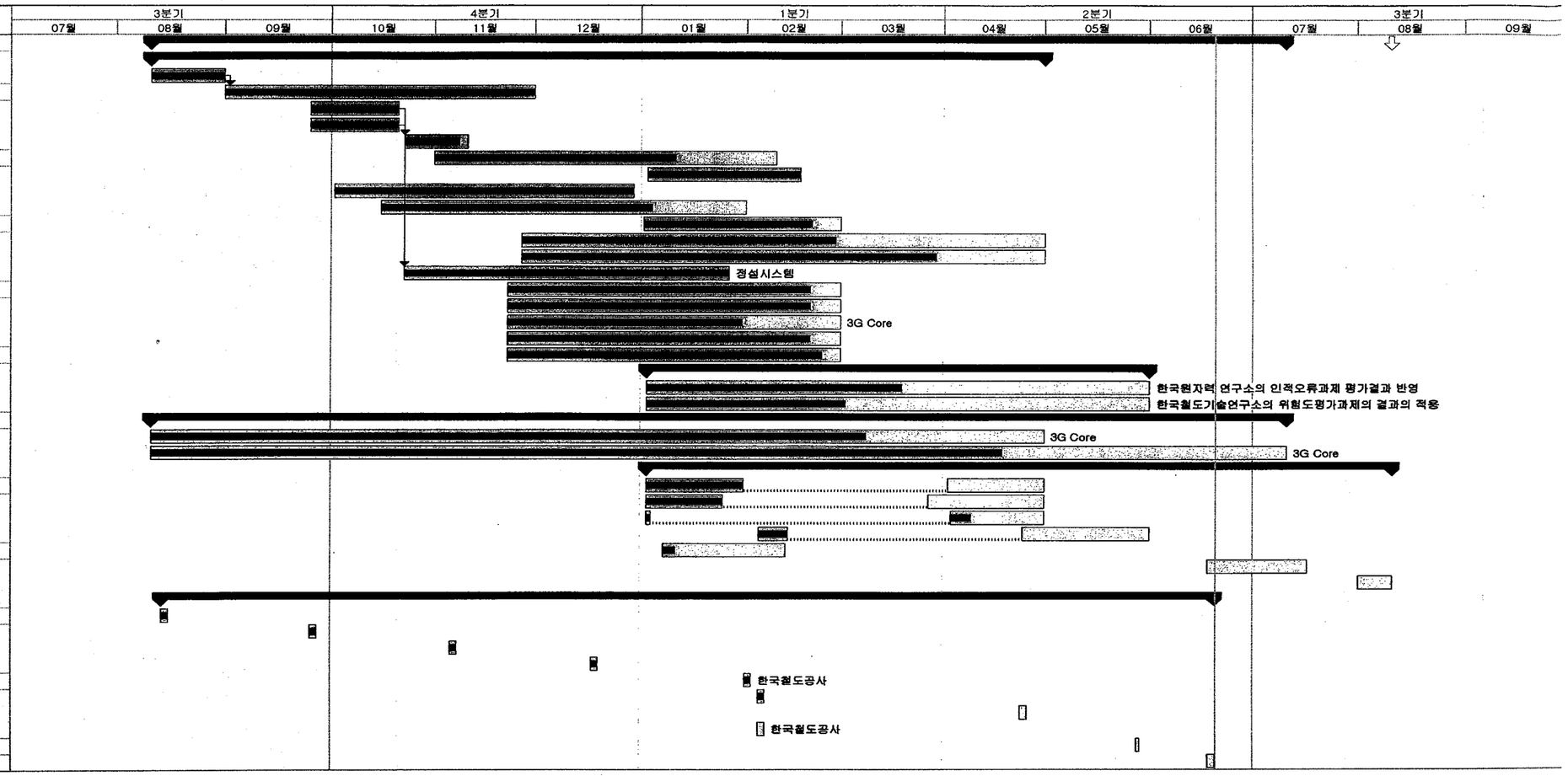
안전업무종사자 인적오류 및 업무적성평가기준 개발

ID	WBS	
148	R513-4061	
149	R513-4062	
150	R513-4063	
151	R513-4064	
152	R513-4065	
153	R513-4066	
154	R513-4067	
155	R513-4068	
156	R513-4069	
157	**R513-4070**	
158	R513-4071	
159	R513-4072	
160	R513-4073	
161	**R513-5000**	
162	**R513-5010**	
163	R513-5011	
164	R513-5012	
165	**R513-5020**	
166	R513-5021	
167	R513-5022	
168	**R513-5030**	
169	R513-5031	
170	R513-5032	
171	R513-5033	
172	R513-5034	
173	R513-5035	
174	**R513-5040**	
175	R513-5041	
176	R513-5042	
177	R513-5043	
178	R513-5044	
179	R513-5045	
180	R513-5046	
181	**R513-5050**	
182	R513-5051	
183	R513-5052	
184	R513-5053	
185	R513-5054	



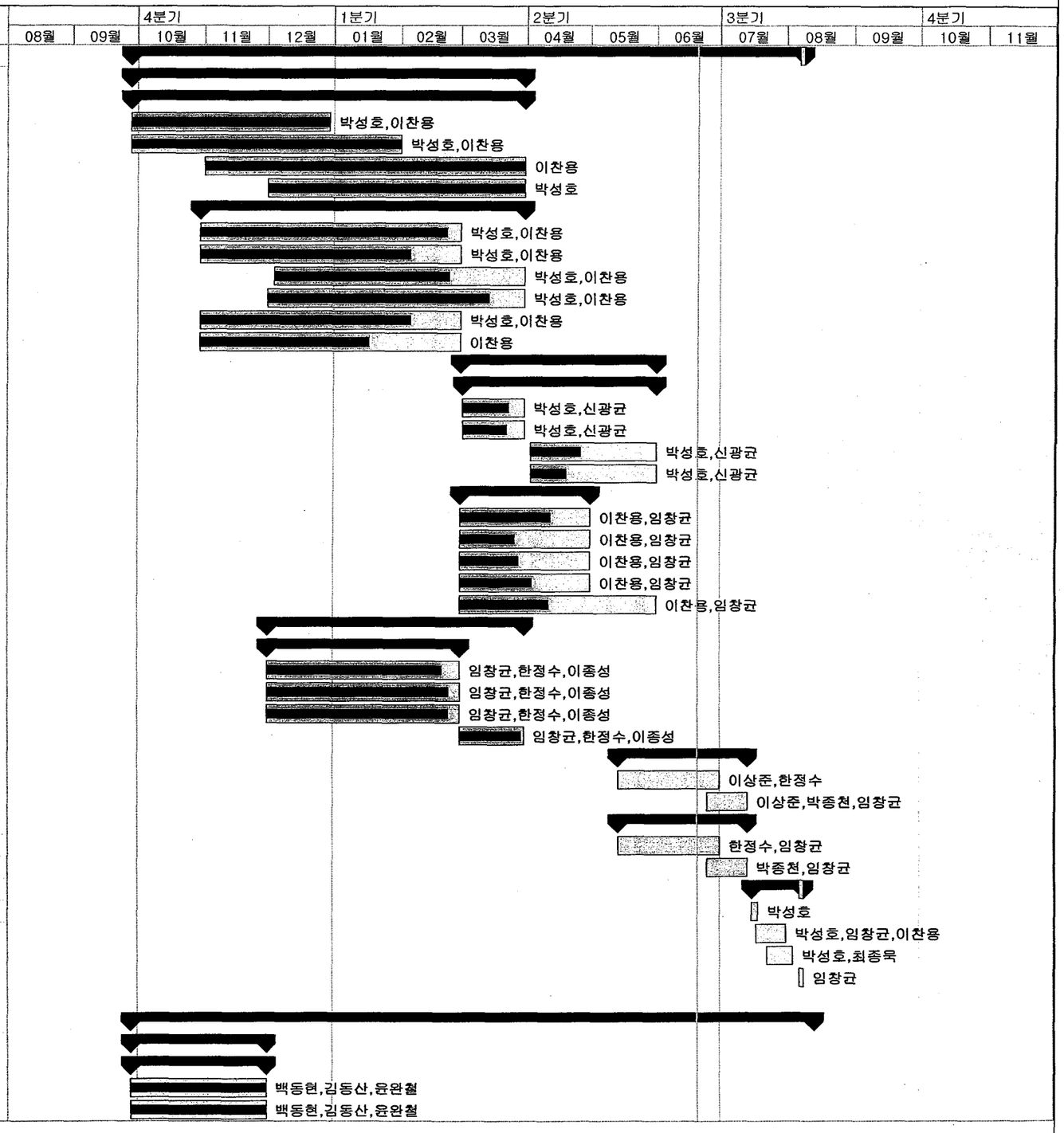
사고모델별 비상대응 절차 개발

ID	작업 이름
1	철안사 3차년도 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축
2	철도종류별 비상대응 표준절차 개발
3	비상사태유형별 비상대응 시나리오 개발절차
4	철도종류별 비상대응관점에서의 차이점 분석
5	철도사고 특징에 따른 시나리오 Level 정의
6	비상사태유형별 중요 Event 설정
7	비상사태유형별 비상대응 시나리오 개발
8	비상대응표준운영절차(SOP) 개발절차
9	五感(五感)에 의한 비상사태 초기인식 및 전파
10	Activity-Action Diagram의 도출
11	시나리오 기반 Activity-Action을 활용한 비상대응절차 개발
12	비상대응 주체별 역할과 책임
13	시간경과에 따른 행동요령 개발
14	비상대응주체별 행동요령 개발
15	비상대응 내`외부 지휘체계 개발
16	비상대응 통신망 운영방법 개발
17	비상대응 자동안내 방송체계 개발
18	비상대응지도 개발
19	승객 긴급 신고요령 개발
20	화재발생시 연기 확산 억제 및 배연대책
21	철도종류별 인적오류 및 심각도 평가모델을 적용한 비상사태유형별 시나리오 작성
22	철도종류별 인적오류를 적용한 시나리오 작성
23	철도종류별 심각도 평가 모델을 적용한 시나리오 작성
24	철도종류별 시나리오 기반 상황 및 대응 주체별 비상대응절차 전산 모델 개발
25	시나리오 기반 상황을 고려한 전산 모델 개발
26	대응 주체별 비상대응절차 전산 모델 개발
27	보고서작성
28	철도 종류별 Worst Case 비상대응절차 작성
29	철도종류별 비상대응절차 검토 및 수정
30	철도종류별 사고유형별 보고서 본문 작성
31	철도종류별 사고유형별 보고서 검토 및 수정
32	3차년도 중간보고서 본문 작성
33	3차년도 중간보고서 검토 및 수정
34	3차년도 중간보고서 제출
35	팀 전체회의
36	3차년도 착수회의
37	1차회의
38	2차회의
39	3차회의
40	1차 워크샵 개최
41	4차회의
42	5차회의
43	2차 워크샵 개최
44	6차회의
45	7차회의



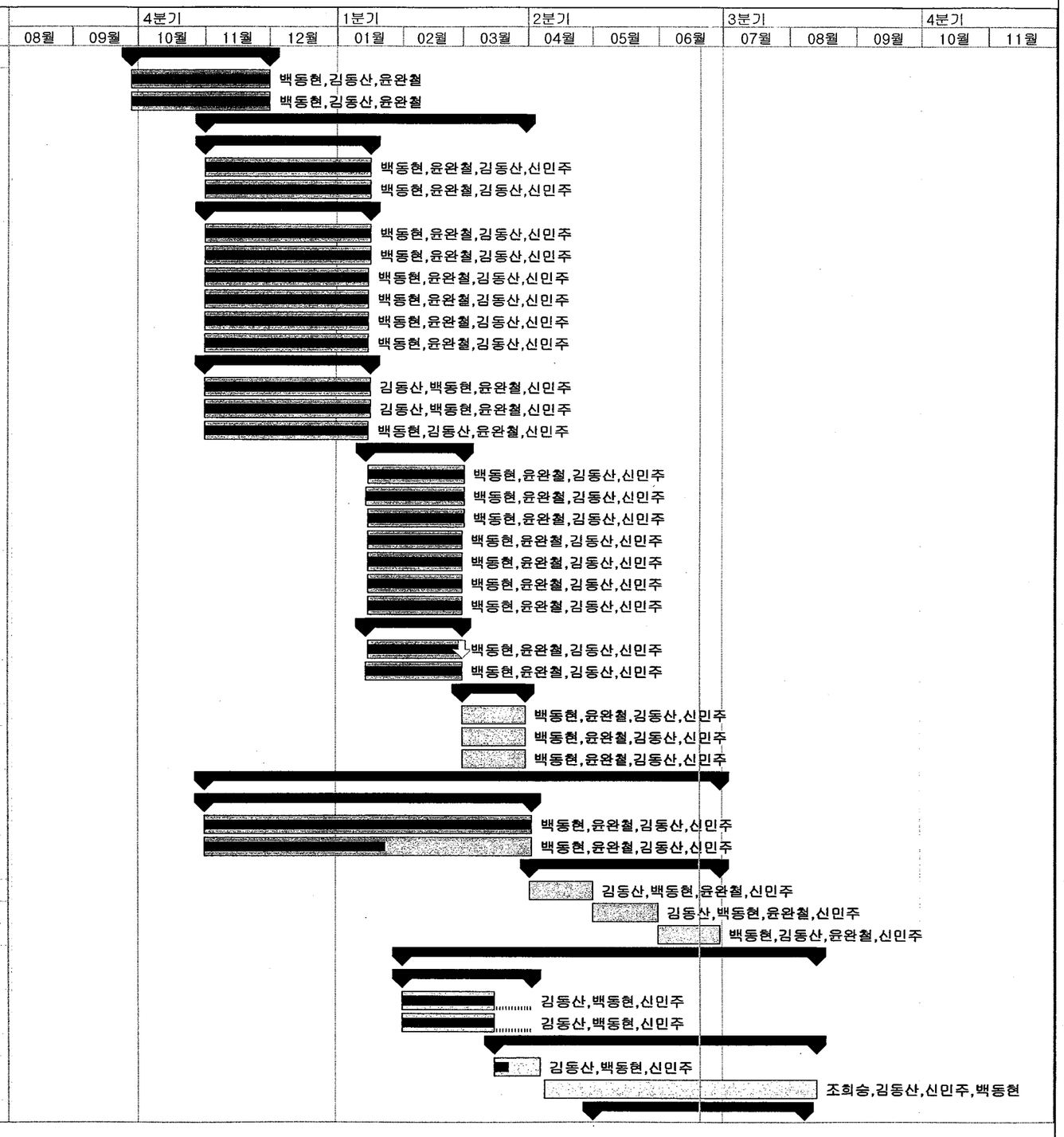
안전업무 종사자 교육훈련 체계 구축

ID	WBS	❶	작업 이름
1	1		시뮬레이터 기본설계
2	1.1		해외시뮬레이터 구성 및 기능 조사
3	1.1.1	✓	시뮬레이터 하드웨어 구성조사
4	1.1.1.1	✓	교관스테이션 구성조사
5	1.1.1.2	✓	운전자 캐빈 구성조사
6	1.1.1.3	✓	컴퓨터시스템 구성조사
7	1.1.1.4	✓	모션시스템 조사
8	1.1.2		시뮬레이터 소프트웨어 구성 및 기능조사
9	1.1.2.1		교관스테이션 소프트웨어 구성 및 기능조사
10	1.1.2.2		동역학 소프트웨어 구성 및 기능조사
11	1.1.2.3		차량로직 소프트웨어 구성 및 기능조사
12	1.1.2.4		영상 소프트웨어 구성 및 기능조사
13	1.1.3		운영체계 관련자료조사
14	1.1.4		훈련프로그램 관련자료조사
15	1.2		해외시뮬레이터 구성 및 기능 분석
16	1.2.1		하드웨어 구성 및 기능분석
17	1.2.1.1		교관스테이션 구성 및 기능분석
18	1.2.1.2		운전자캐빈 구성 및 기능분석
19	1.2.1.3		컴퓨터시스템 구성 및 기능분석
20	1.2.1.4		모션시스템 구성 및 기능분석
21	1.2.2		소프트웨어 구성 및 기능분석
22	1.2.2.1		교관 소프트웨어 구성 및 기능분석
23	1.2.2.2		동역학 소프트웨어 구성 및 기능분석
24	1.2.2.3		차량로직 소프트웨어 구성 및 기능분석
25	1.2.2.4		영상 소프트웨어 구성 및 기능분석
26	1.2.3		훈련프로그램 체계분석
27	1.3		국내기존시뮬레이터 재활용 요소분석
28	1.3.1		구성 및 기능분석
29	1.3.1.1		교관시스템 구성 및 기능분석
30	1.3.1.2		영상시스템 구성 및 기능분석
31	1.3.1.3		호스트 시스템 구성 및 기능분석
32	1.3.2		재활용가능요소 검토
33	1.4		운행수행작업자 관련조사
34	1.4.1		자격요건 관리기준분석
35	1.4.2		관리지침 분석
36	1.5		안전작업수행자 관련조사
37	1.5.1		업무적성평가 기준분석
38	1.5.2		평가지침 분석
39	1.6		보고서작성
40	1.6.1		보고서 목차작성
41	1.6.2		보고서 본문작성
42	1.6.3		보고서 검토 및 수정
43	1.6.4		보고서 제출
44			
45	2		철도안전업무종사자 인적오류 분석체계 개발
46	2.1	✓	이론적 모형 재정립
47	2.1.1	✓	사고 모형 재정립
48	2.1.1.1	✓	구성요소 및 관계 재설정
49	2.1.1.2	✓	인적오류 분석체계 절차와의 연계성 검토



안전업무 종사자 교육훈련 체계 구축

ID	WBS	❶	작업 이름	담당자
50	**2.1.2**	✓	**인간 의사결정 모형 재정립**	
51	2.1.2.1	✓	인적오류 유형 구분의 필요성 재검토	백동현,김동산,윤완철
52	2.1.2.2	✓	모형의 적절성 검토	백동현,김동산,윤완철
53	**2.2**		**인적오류 분석체계 분석절차 및 분석/보고양식 개발**	
54	**2.2.1**	✓	**분석준비 단계**	
55	2.2.1.1	✓	예비차트작성 양식 개발 (post-it 포함)	백동현,윤완철,김동산,신민주
56	2.2.1.2	✓	예비차트작성 가이드라인 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
57	**2.2.2**	✓	**정보수집 단계**	
58	2.2.2.1	✓	기본상황분석 항목 검토 (국내 철도환경에 적합한 항목으로)	백동현,윤완철,김동산,신민주
59	2.2.2.2	✓	항목별 관련 원인요소의 적정성 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
60	2.2.2.3	✓	기본상황분석 양식 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
61	2.2.2.4	✓	수집정보 및 문서내용 정리 양식 검토 (예비차트작성 양식과의 통합 고려)	백동현,윤완철,김동산,신민주
62	2.2.2.5	✓	인터뷰 기록양식 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
63	2.2.2.6	✓	인터뷰 가이드라인 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
64	**2.2.3**	✓	**사건재구성 단계**	
65	2.2.3.1	✓	사건재구성 양식 검토	김동산,백동현,윤완철,신민주
66	2.2.3.2	✓	사건재구성 가이드라인 검토	김동산,백동현,윤완철,신민주
67	2.2.3.3	✓	분석대상오류 선정기준 검토	백동현,김동산,윤완철,신민주
68	**2.2.4**	✓	**원인분석 단계**	
69	2.2.4.1	✓	오류유형 결정흐름도 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
70	2.2.4.2	✓	원인요소 찾는 방법 및 절차 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
71	2.2.4.3	✓	원인분류체계 항목 및 구성 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
72	2.2.4.4	✓	원인분석 양식 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
73	2.2.4.5	✓	방지벽 분석의 범위 및 절차 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
74	2.2.4.6	✓	방지벽 분석 양식 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
75	2.2.4.7	✓	오류대응과정 분석절차 및 양식 개발	백동현,윤완철,김동산,신민주
76	**2.2.5**	✓	**예방대책마련 단계**	
77	2.2.5.1	✓	예방대책 분류체계 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
78	2.2.5.2	✓	예방대책 작성 및 평가 양식 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
79	**2.2.6**		**분석결과보고 단계**	
80	2.2.6.1		기존 보고양식 검토	백동현,윤완철,김동산,신민주
81	2.2.6.2		보고양식 개발	백동현,윤완철,김동산,신민주
82	2.2.7		**관련 용어 정의 및 분석/보고 체계 정리**	백동현,윤완철,김동산,신민주
83	**2.3**		**인적오류 분석체계 확인 및 검증**	
84	**2.3.1**		**1차년도 결과물(기본구조)의 확인 및 검증**	
85	2.3.1.1	✓	인적오류 분석체계 기본구조에 국내외 철도사고 사례 적용 및 개선점 도출	백동현,윤완철,김동산,신민주
86	2.3.1.2		도출된 개선점을 토대로 분석체계 기본구조 수정/보완	백동현,윤완철,김동산,신민주
87	**2.3.2**		**2차년도 결과물(분석절차 및 양식)의 확인 및 검증**	
88	2.3.2.1		대표적인 표본 철도 사고/사건 선정 (전문가 자문 통해)	김동산,백동현,윤완철,신민주
89	2.3.2.2		완성된 분석체계에 표본 철도 사고/사건 적용 및 개선점 도출	김동산,백동현,윤완철,신민주
90	2.3.2.3		도출된 개선점을 토대로 분석절차 및 양식 수정/보완	백동현,김동산,윤완철,신민주
91	**2.4**		**인적오류 분석지원시스템 Prototype 개발**	
92	**2.4.1**		**인적오류 분석지원시스템 개념 설계**	
93	2.4.1.1		인적오류 분석지원시스템 설계 요구사항 도출	김동산,백동현,신민주
94	2.4.1.2		인적오류 분석지원시스템 아키텍처 설계	김동산,백동현,신민주
95	**2.4.2**		**인적오류 분석지원시스템 Prototype 설계**	
96	2.4.2.1		인적오류 분석지원시스템 화면 디자인	김동산,백동현,신민주
97	2.4.2.2		인적오류 분석지원시스템 Prototype 구현 및 평가	조희승,김동산,신민주,백동현
98	**2.5**		**2차년도 보고서 작성**	

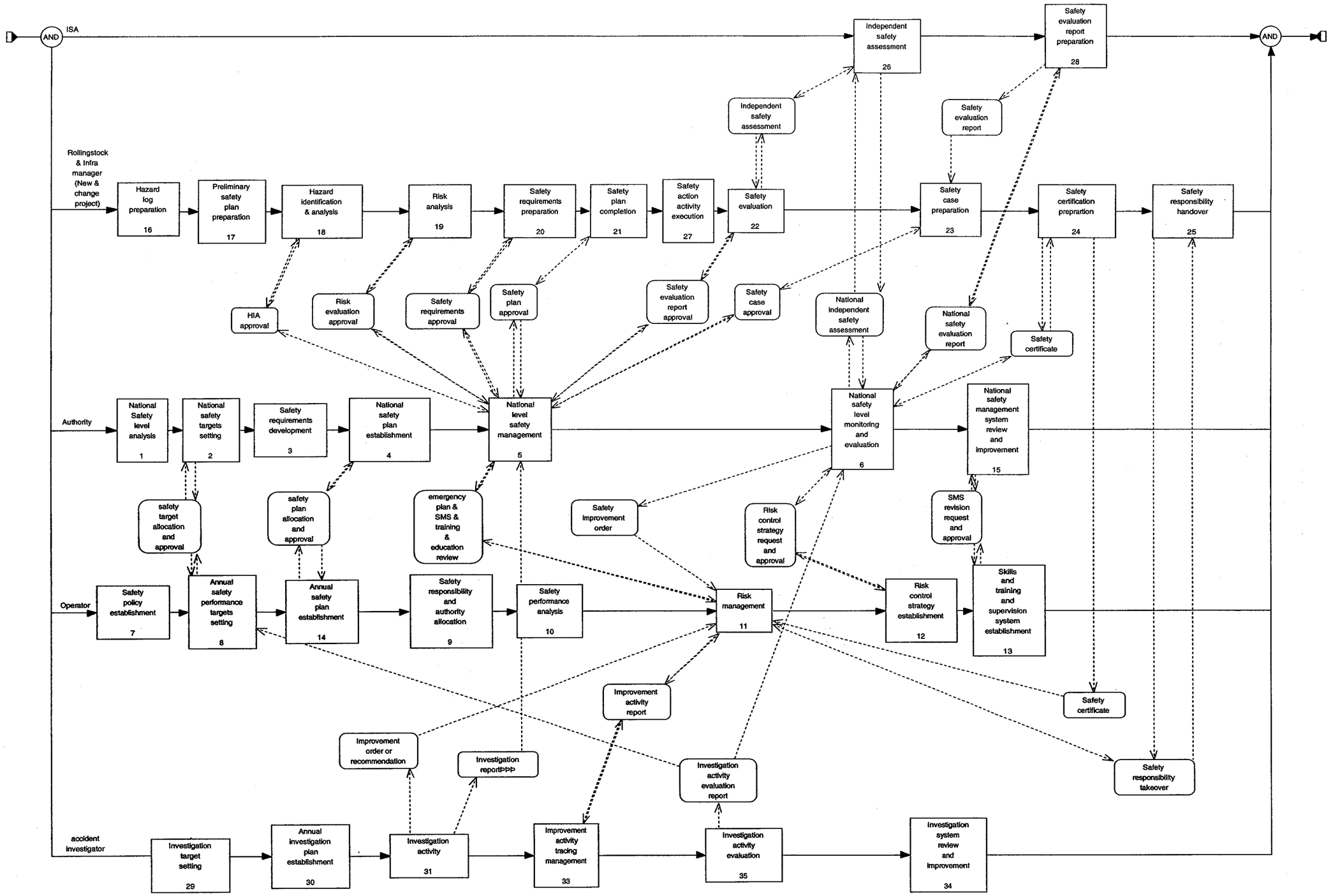


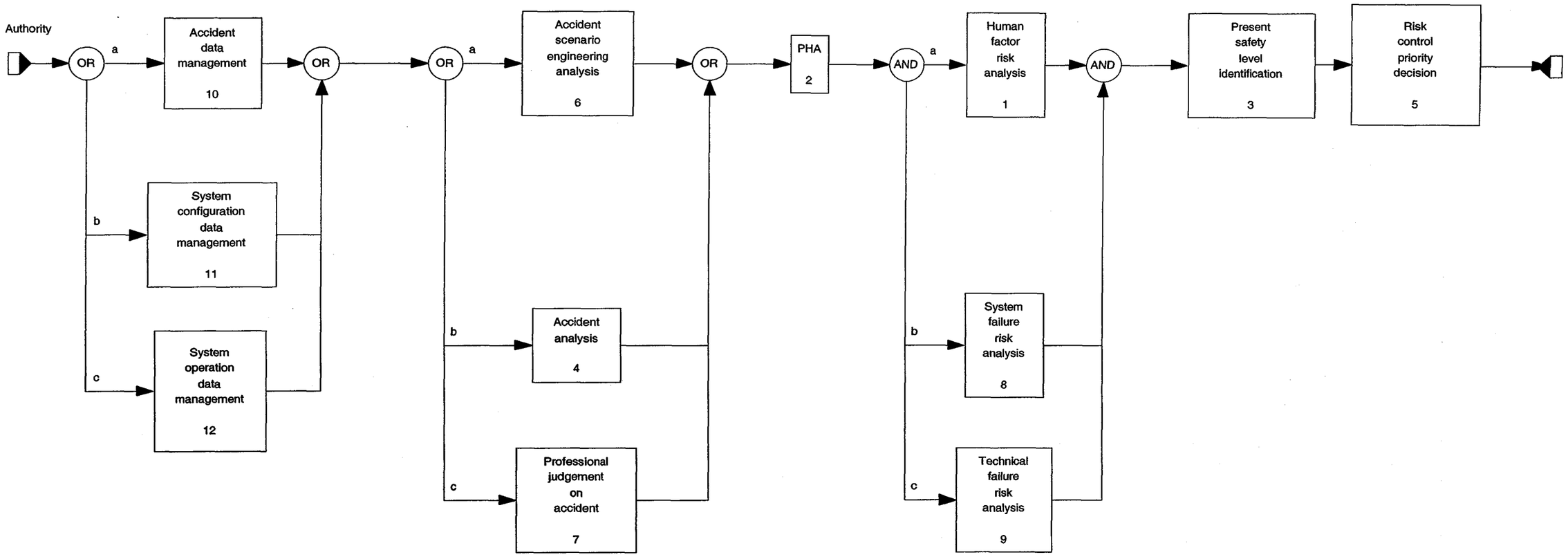
안전업무 종사자 교육훈련 체계 구축

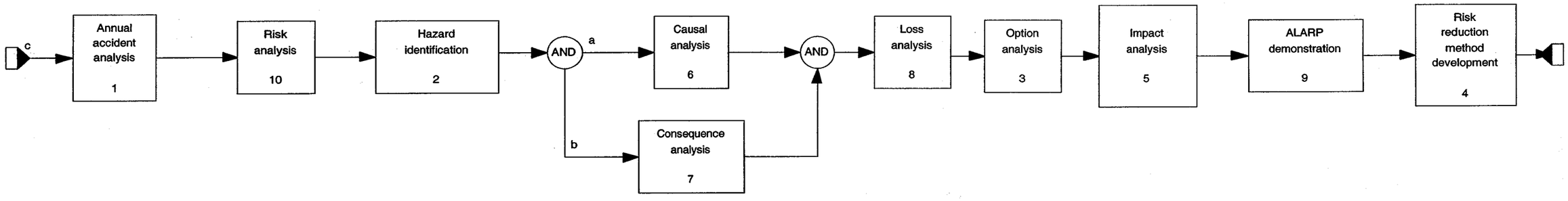
ID	WBS	ⓘ	작업 이름	4분기		1분기			2분기			3분기			4분기	
				08월	09월	10월	11월	12월	01월	02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월	09월	10월	11월
99	2.5.1		2차년도 중간보고서 작성 및 제출											백동현,유승열,김동산,신민주					
100	2.5.2		2차년도 최종보고서 작성 및 제출												백동현,유승열,김동산,신민주				

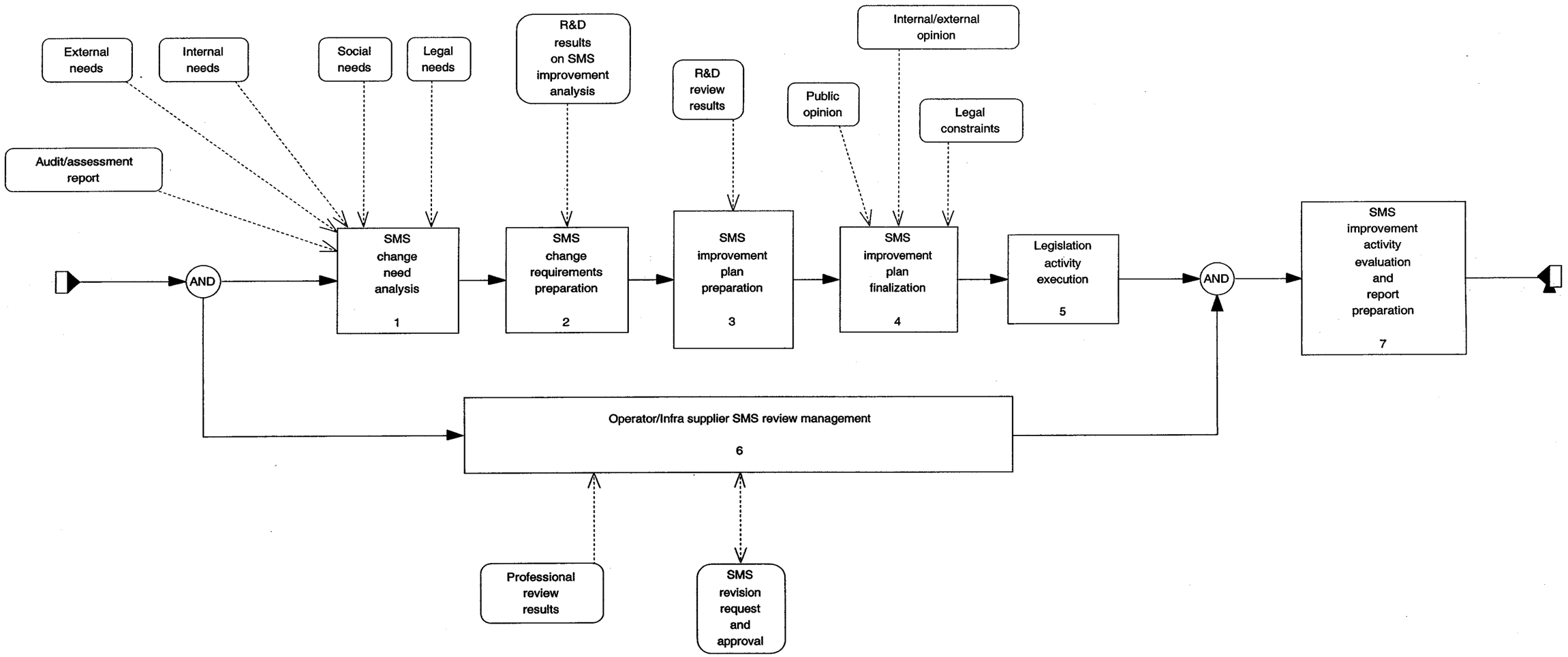
- 부 록 -

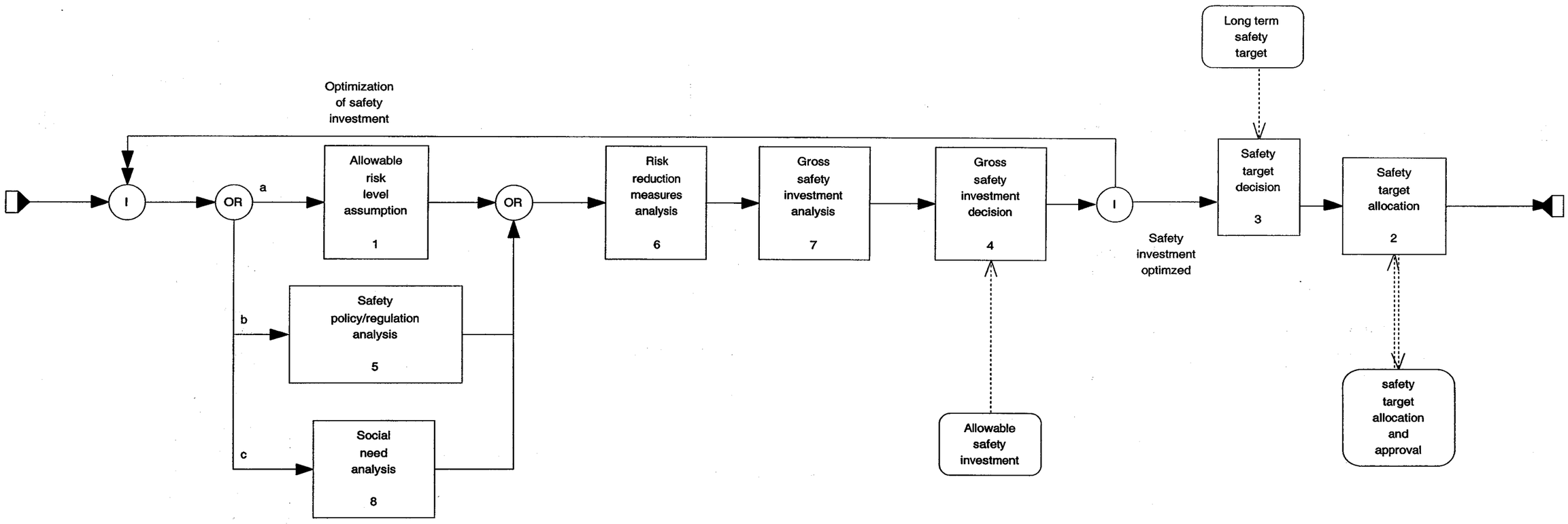
국가 안전관리 체계

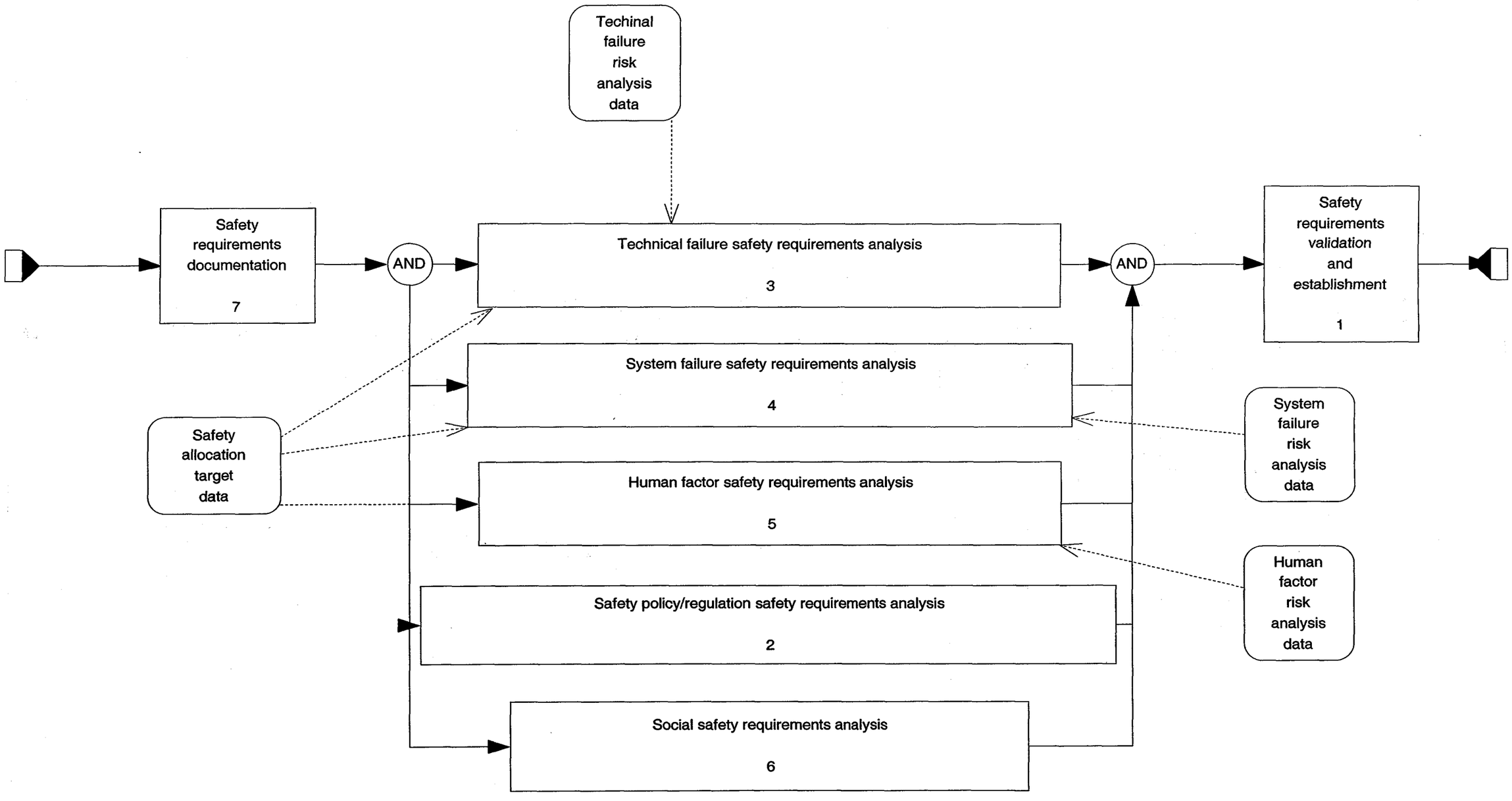

ISA
AND
AND
Independent safety assessment 26
Safety evaluation report preparation 28
Independent safety assessment
Safety evaluation report
Rollingstock & Infra manager (New & change project)
Hazard log preparation 16
Preliminary safety plan preparation 17
Hazard identification & analysis 18
Risk analysis 19
Safety requirements preparation 20
Safety plan completion 21
Safety action activity execution 27
Safety evaluation 22
Safety case preparation 23
Safety certification preprartion 24
Safety responsibility handover 25
HIA approval
Risk evaluation approval
Safety requirements approval
Safety plan approval
Safety evaluation report approval
Safety case approval
National independent safety assessment
National safety evaluation report
Safety certificate
Authority
National Safety level analysis 1
National safety targets setting 2
Safety requirements development 3
National safety plan establishment 4
National level safety management 5
National safety level monitoring and evaluation 6
National safety management system review and improvement 15
safety target allocation and approval
safety plan allocation and approval
emergency plan & SMS & training & education review
Safety improvement order
Risk control strategy request and approval
SMS revision request and approval
Operator
Safety policy establishment 7
Annual safety performance targets setting 8
Annual safety plan establishment 14
Safety responsibility and authority allocation 9
Safety performance analysis 10
Risk management 11
Risk control strategy establishment 12
Skills and training and supervision system establishment 13
Improvement activity report
Safety certificate
Improvement order or recommendation
Investigation report???
Investigation activity evaluation report
Safety responsibility takeover
accident investigator
Investigation target setting 29
Annual investigation plan establishment 30
Investigation activity 31
Improvement activity tracing management 33
Investigation activity evaluation 35
Investigation system review and improvement 34

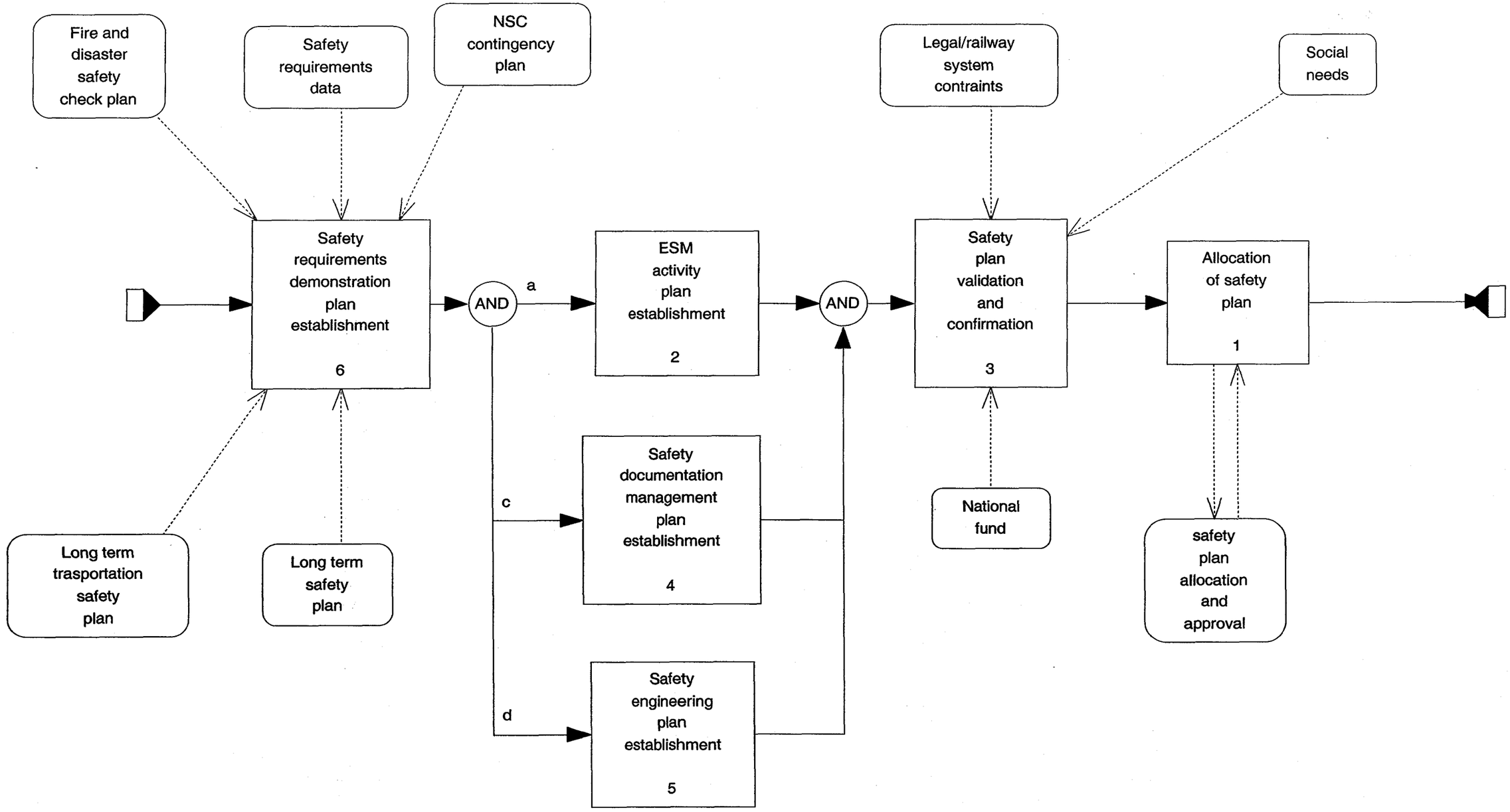

Authority
OR
a
Accident data management
10
OR
OR
a
Accident scenario engineering analysis
6
OR
PHA
2
AND
a
Human factor risk analysis
1
AND
Present safety level identification
3
Risk control priority decision
5
b
System configuration data management
11
c
System operation data management
12
b
Accident analysis
4
c
Professional judgement on accident
7
System failure risk analysis
8
Technical failure risk analysis
9


c
Annual accident analysis
1
Risk analysis
10
Hazard identification
2
AND
a
Causal analysis
6
AND
Loss analysis
8
Option analysis
3
Impact analysis
5
ALARP demonstration
9
Risk reduction method development
4
b
Consequence analysis
7

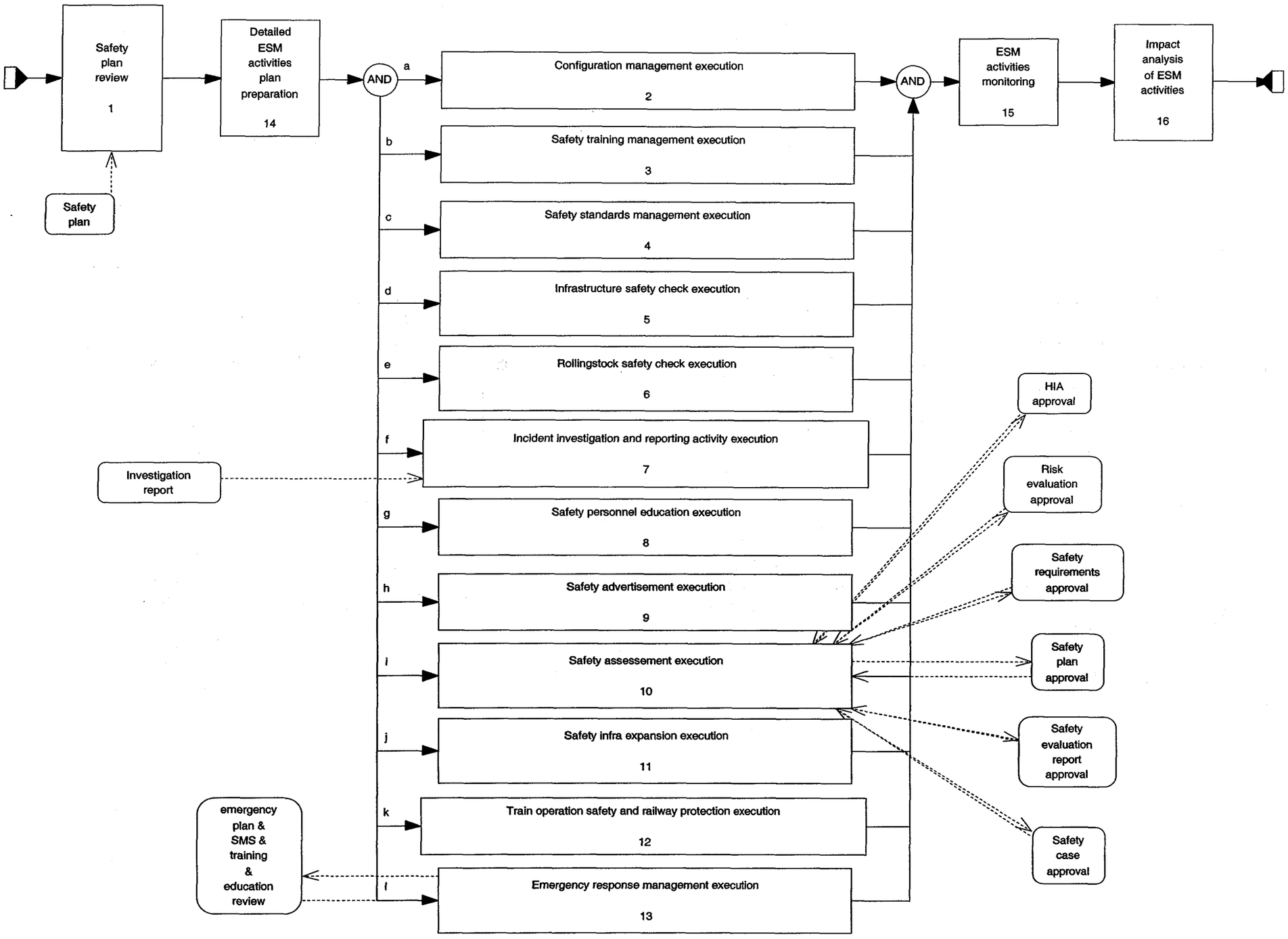

External needs
Internal needs
Social needs
Legal needs
R&D results on SMS improvement analysis
R&D review results
Internal/external opinion
Public opinion
Legal constraints
Audit/assessment report
AND
SMS change need analysis 1
SMS change requirements preparation 2
SMS improvement plan preparation 3
SMS improvement plan finalization 4
Legislation activity execution 5
AND
SMS improvement activity evaluation and report preparation 7
Operator/Infra supplier SMS review management 6
Professional review results
SMS revision request and approval


Long term safety target
Optimization of safety investment
I
OR
a
Allowable risk level assumption
1
OR
Risk reduction measures analysis
6
Gross safety investment analysis
7
Gross safety investment decision
4
I
Safety investment optimzed
Safety target decision
3
Safety target allocation
2
b
Safety policy/regulation analysis
5
c
Social need analysis
8
Allowable safety investment
safety target allocation and approval

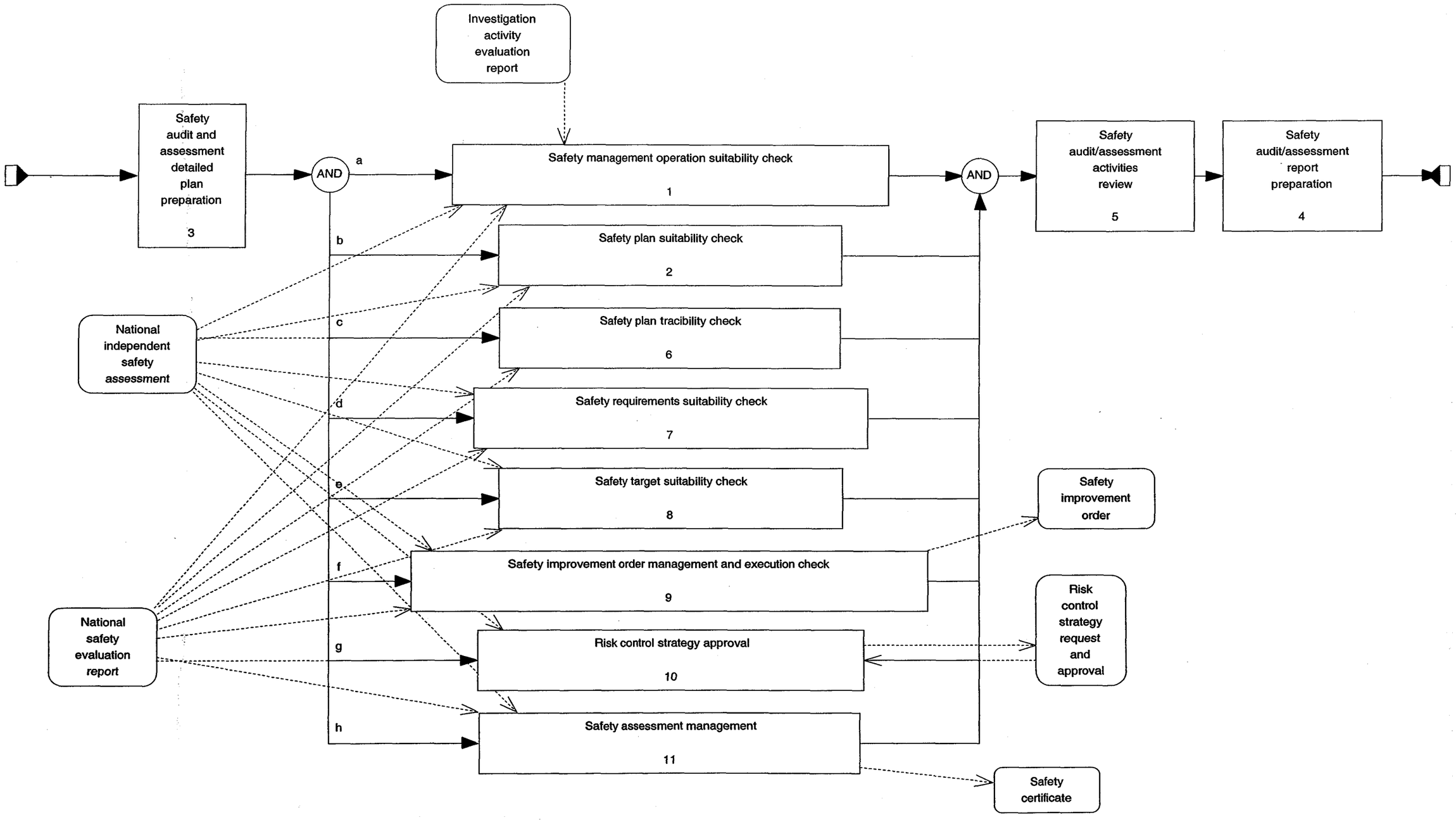

Techinal failure risk analysis data
Safety requirements documentation
7
AND
Technical failure safety requirements analysis
3
AND
Safety requirements validation and establishment
1
System failure safety requirements analysis
4
Safety allocation target data
System failure risk analysis data
Human factor safety requirements analysis
5
Human factor risk analysis data
Safety policy/regulation safety requirements analysis
2
Social safety requirements analysis
6


Fire and disaster safety check plan
Safety requirements data
NSC contingency plan
Legal/railway system contraints
Social needs
Safety requirements demonstration plan establishment
6
AND
a
ESM activity plan establishment
2
AND
Safety plan validation and confirmation
3
Allocation of safety plan
1
Long term trasportation safety plan
Long term safety plan
c
Safety documentation management plan establishment
4
National fund
safety plan allocation and approval
d
Safety engineering plan establishment
5

I	1.5	Owner: MANAGER	Versn:	Dft: A	Created: 07/05/06
BD	National level safety management		Baseline:		Last Mod: 07/05/06



CRADLE V5.3	Produced by: MANAGER	Date: 07/05/06	Page: 1 of 1	UNCLASSIFIED


Investigation activity evaluation report
Safety audit and assessment detailed plan preparation
3
AND
a
Safety management operation suitability check
1
AND
Safety audit/assessment activities review
5
Safety audit/assessment report preparation
4
b
Safety plan suitability check
2
National independent safety assessment
c
Safety plan tracibility check
6
d
Safety requirements suitability check
7
e
Safety target suitability check
8
Safety improvement order
f
Safety improvement order management and execution check
9
Risk control strategy request and approval
National safety evaluation report
g
Risk control strategy approval
10
h
Safety assessment management
11
Safety certificate

- 부 록 -

철도안전성능평가 시험설비 기본사양서

충돌분야 철도안전성능평가 시험설비 기본사양서

1. 장비명

차량구조 압괴 안전성능평가 시험설비

■ 용도 및 원리

○ 목적 :

대형구조물의 단순한 강도를 측정하는 것이 주 목적이 아니라, 철도차량차체를 완전히 붕괴시켜 압괴특성과 관련된 물리량을 측정하는 정적하중 시험장비이다.

○ 원리:

이 장비의 원리는 그림에서 보는 것처럼 지그에 설치된 엑추에이터를 유압과 제어기로 가동하여 차체 등을 붕괴시킨다.

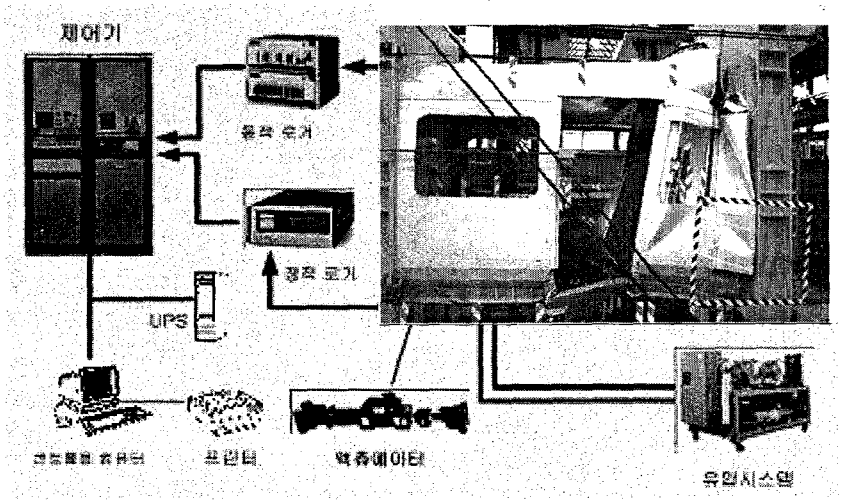


그림 1. 개략도

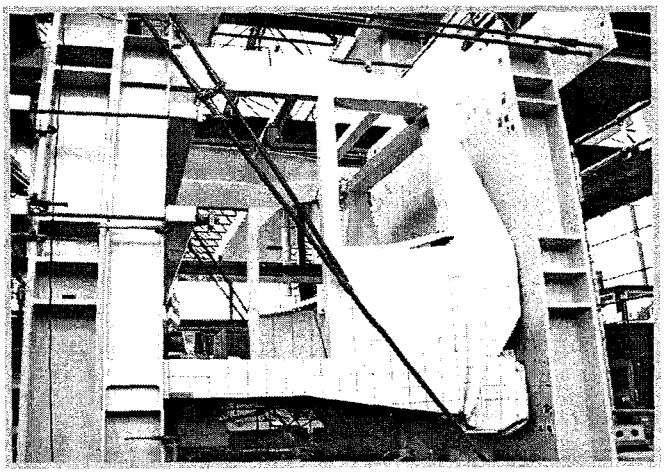


그림 2. 정적압괴시험 (SafeTrain)

○ 주요 제원

- 기본 시설 제원

가) 시험대상 : 최대 500 ton 기준

나) 최대 stroke : 3,000 mm

- 하드웨어적 구성요소

장비명	주요사양	비고
이동식 반력벽	최대 3,000mm 스트로크 철도차량(20m 정도) 시험가능	
유압식가력장치	최대 500ton 정도	
제어기	미정	
데이터 획득장비	① Amplifier 32ch ② Calibration board : ③ Trailing cable box ④ High-speed camera : 1,000 frame/sec, 내충격 장비	실차충돌시험장비와 공동활용 가능
센서류	가속도, 변위, 자이로, 스트레인센서	
데이터 분석장비	데이터 분석용 시스템 및 소프트웨어, Portable 방식	
조명시설	실내용(150,000 Lux, 내충격용)/야외용(100,000 Lux)	
악세사리류	밧데리(Amp용), 케이블, connector류 등	

■ 구축 필요성

- 철도차량의 충돌안전도를 종합적으로 평가하기 위한 필수적 대형 시험설비임.
- 장비의 활용은 두 가지로 나뉠 수 있다.

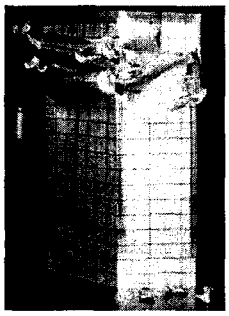
표 1. 장비의 연구용 활용과 인증용 활용

분류		내용
연구용 활용	사업 진행중	본 사업의 기술개발과제에서 안전구조 및 장치를 개발할 때, ·제품의 설계→평가→수정의 반복과정에서 연구개발용 ·개발된 안전장치의 성능검증용 ·충돌안전도 평가기법개발에서의 연구용으로 사용
인증용 활용	사업 완료후	안전기준의 세부시행지침을 수행하기 위해 차량의 인증용 장비로 사용

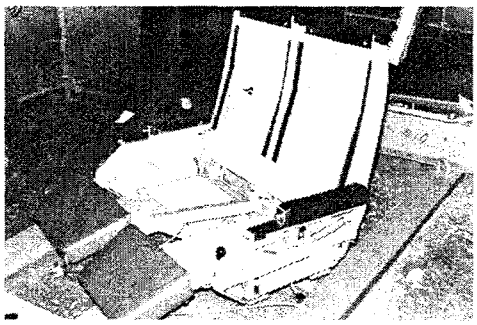
- 인증용 활용은 (6)항에서 언급함.
- 연구용 활용 계획은 아래와 같다.

구분	시험명	시험종류		희망시험회수
향후 계획된 시험	에너지 흡수구조시험	고속철도	전두부	2회
			동력객차	2회
			운전자보호구조	2회
		일반철도	전두부	2회
			객차	2회
			발전차	2회
			운전자보호구조	2회
		도시철도	전두부	2회
	충돌안전장치 실차시험	객실의자 강도시험		4회
		연결기 강도시험		3회
		타고오름방지장치 시험		3회
향후 가능성 있는 시험	에너지 흡수구조시험	객차 지붕 전복압괴 시험		2회

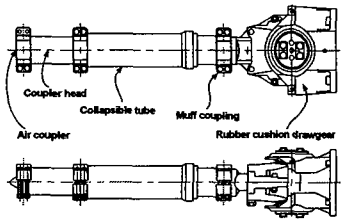
① 에너지 흡수구조 시험

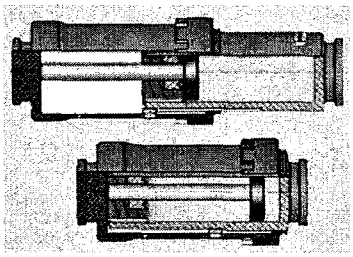


② 객실의자 강도시험

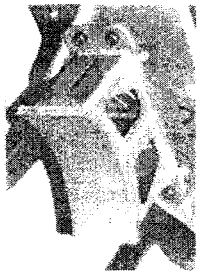


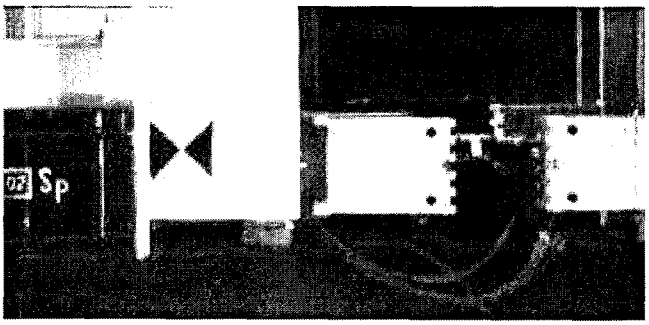
③ 연결기 강도시험



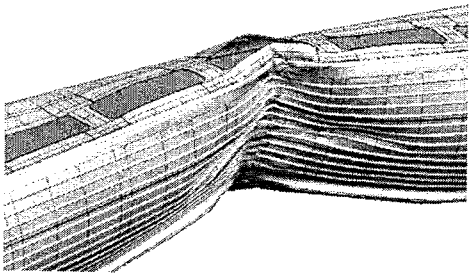


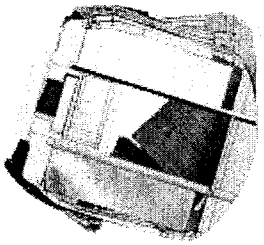
④ 타고오름방지장치 시험





⑤ 객차지붕 전복압괴 정적실험





■ 추정 비용

분류	품 명	규 격	예상단가	가 격	비 고
시설류	Pressure Barrier(가안)	4000(H)X4000(L)X800(D)	400,000	400,000	Load Cell type 약 200 ton 압축하중 용량 최대 3,000 mm stroke 최대 20 m의 차량시험 적용가능
	Barrier Moving 구조물	유압식 액츄에이터	1,800,000	2,400,000	최대 300 ton 용량
		Support Beam 구조물	100,000		최대하중 부하 시 변형되지 않는 조건을 만족해야 할 것
		Barrier 이동가이드	500,000		약 30M, 바닥기초작업 제외
	카메라, 조명 마운팅 용 기둥구조물	3,000(H)	500	2,000	등간격 마운팅브라킷 포함
	전원공급용 설비		미정	-	
장비류	고속카메라	Max 2,000 FPS	50,000	-	실차충돌설비와 공용
	실내조명	150,000 Lux(5개 1set type)	300,000	-	
	데이터획득 장치	32 channel, Analog/Digital In/Out	240,000	240,000	
	주변기기	다) Trailing Cable Box	39,000	-	실차충돌설비와 공용
		Calibration Board	30,000	-	
		Software System	5,000	-	
센서류	변위, 스트레인센서		8,000	-	
본 시험설비는 실내용이며 초안예산 중 시험동 내의 기초공사비용은 포함되지 않았음 실차충돌설비와 공용활용장비를 고려한 비용임					
총 계				3,042,000	

■ 가능시험 평가항목

시험명	시험 근거	내용
에너지 흡수구조 시험	철도차량 안전기준에 관한 규칙(안) 제 38조 (철도차량의 충돌안전설계 등)	③고정편성 철도차량의 경우 열차에 조성되는 동력차, 객차는 충돌시 발생하는 충돌에너지를 철도차량별로 충분히 분산 흡수하여 여객 및 승무원의 상해를 최소화하여야 한다.
	CFR 49 Chapter II 238절 (객차안전기준) D (2종객차 상세요건) 238.403조 (충돌에너지 제어)	(c) 최소한, 2종 객차는 다음의 필요조건을 따르도록 되어있다. (1) 13 메가줄(MJ)의 에너지는 빈 공간의 제어되면서 부서짐에 의해 기차의 각 끝부분에서 흡수되며, 그리고 이 만큼의 충격에 대해 각 동력차의 운전자 칸앞에서 최소 5 메가줄(MJ)의 에너지가 흡수된다. (2) 최소 3메가줄(MJ)의 추가 에너지는 운전석 칸과 첫 번째 트레일러 사이의 동력차구조물에 의해 흡수된다. 그리고 (3) 동력차에 인접한 첫 번째 트레일러 차의 끝부분은 제어되어 부서짐으로 인해 최소 5메가줄(MJ)의 에너지를 흡수한다.
차체압괴 특성시험	철도차량 안전기준에 관한 규칙(안) 제 38조 (철도차량의 충돌안전설계 등)	④단위철도차량의 경우 연결기의 허용하중을 초과하는 충돌사고의 발생시 여객 및 승무원이 위치하는 부위는 충돌에 의한 변형이 최소화되어야 하며 또한 여객 및 승무원의 피해를 최소화할 수 있는 차체부위에 구조적으로 약한 부위를 설계하여 충돌에너지가 흡수되도록 하여야 한다.
	CFR 49 Chapter II 238절 (객차안전기준) D (2종객차 상세요건) 238.403조 (충돌에너지 제어)	(a) 각 동력차와 트레일러 차는 충돌 시 동적인 에너지를 분산시키도록 하는 충돌에너지 제어시스템을 갖추도록 설계된다. 충돌에너지 제어시스템은 충돌에너지를 흡수하기 위한 그리고 채워진 공간으로 전달되는 동적인 힘으로부터 발생된 승객들과

		승무원들에 대한 감속을 줄이기 위한 빈 공간 내에서 지시된 부분의 제어된 변형과 붕괴가 발생하게 한다. (b) 각 장치는 두 개의 규칙적으로 빈 공간사이에 위치한 한 채워진 공간으로 구성된다. 실제 장소에서, 채워지지 않은 공간내의 부분들은 구조적으로 채워진 공간보다 더 약하게 설계되어 있다. 충돌 시 채워지지 않은 공간내의 지시된 부분은 변형되기 시작할 것이고 결과적으로 어떤 구조적 손상이 채워진 공간에 발생하기 전에 에너지를 분산시키는 방식으로 붕괴된다.
안티클라이머 안전성능 시험	철도차량 안전기준에 관한 규칙(안) 제 38조 (철도차량의 충돌안전설계 등)	①철도차량은 충돌시 철도차량운전자 및 여객이 위치하는 부위의 변형 및 철도차량간 올라타는 현상 등이 최소화 되도록 설계되어야 한다.
	CFR 49 Chapter II 238절 (객차안전기준) D (2종객차 상세요건) 238.205조 (타고오름방지장치)	(a) 이 조의 조항 (b)에 규정한 경우를 제외하고 2000년 9월 8일을 시작으로 운송에 들어간 모든 객차는 실패 없이 상하로부터 100,000파운드의 수직 응력을 견딜 수 있는 타고오름방지장치를 전후 가장자리에 갖추어야 한다. 두 차량을 함께 결합하여 연결할 때 미국철도협회(AAR) H형과 F형 밀착식 연결기는 이 요구사항들을 만족시켜야 한다. (b) 기관차 차량이나 다목적 기관차를 제외하고 2000년 9월 8일을 시작으로 주문하였거나 2002년9월 9일을 시작으로 운송에 들어간 기관차는 실패 없이 상하로부터 200,000파운드의 수직 응력을 견딜 수 있는 타고오름방지장치를 갖추어야 한다.

■ 국내외 유사 장비 현황

보유국	보유기관	장비명	주요제원	활용가능성
한국	건기연	대형압괴시험장비	시험하중1000ton, 압괴길이 1.2m	- 열차충돌시를 모사한 압괴시험을 하기에는 압괴길이(스트로크) 및 부가하중이 부족 함
영국	AEA Technology	정적압괴시험설비	엑추에이터 속도 50km/h, 반력벽 1000ton	- 비용이 많이 들어 활용하기 어려움
프랑스	VITRY 연구소	정적압괴시험설비	시험하중 1,000ton 엑추에이터 속도 50km/h	- 비용이 많이 들어 활용하기 어려움

■ 국내기술 설계, 제작 가능 여부 및 국외 도입 기술 분석

○ 외국 설계
○ 국내 제작 가능 : 계측장비 도입, 분석 프로그램 개발
☞건물 및 시설구축 별도

■ 건물, 부지 요구조건

○ 건물 설계 시 요구조건
- 단일 형태 장비로 충돌 시험설비의 설치와 같이 고려하여 배치 예정.

■ 요약

- 필요성 : 안전기준의 완전한 시행을 위해서 중요
- 대체가능성 : 국내에 요구되는 스펙을 만족하는 장비는 없으나, 시험대상체가 소규모일 경우는 외국장비의 활용이 가능함
- 사용빈도 : (3)항 참조하여, 5년간 26회 사용예정 (5회이상/년간)
- 기술의 선진성 : 1900년대부터 철도선진국에서 시험과 관련된 기술이 연구되어, 현재는 정착된 상태로, 선진국에 근접하는 기술임 (80%이상)
- 중대사고 방지 기여도 : 에너지 흡수구조의 용량을 충분히 갖추는 것은 중대사고 방지에 필수적임

탈선분야 철도안전성능평가 시험설비 기본사양서

1. 장비명

차륜탈선 안전성능평가 시험설비

■ 용도 및 원리

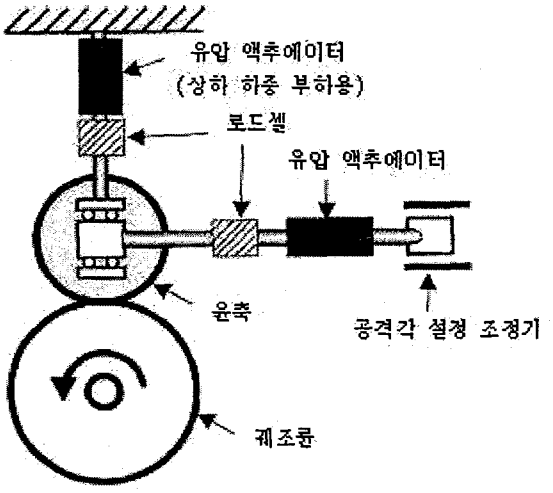
○ 목적

본 장비의 목적은 차륜/레일의 단면 형상, 주행속도, 수직하중, 수평하중, 차륜/레일의 좌우접촉위치, 공격각에 따라 탈선을 야기하는 크리프력이 어떻게 변화하는지를 측정함에 있으며, 아울러 탈선현상 특히 Climbing Derailment의 현상을 보다 정확히 규명함에 있다. 또한, 차륜의 답면과 플랜지의 마모상태 및 표면상태 등에 의한 마찰/마모와 탈선현상과의 관계를 정확히 규명하고자 한다.

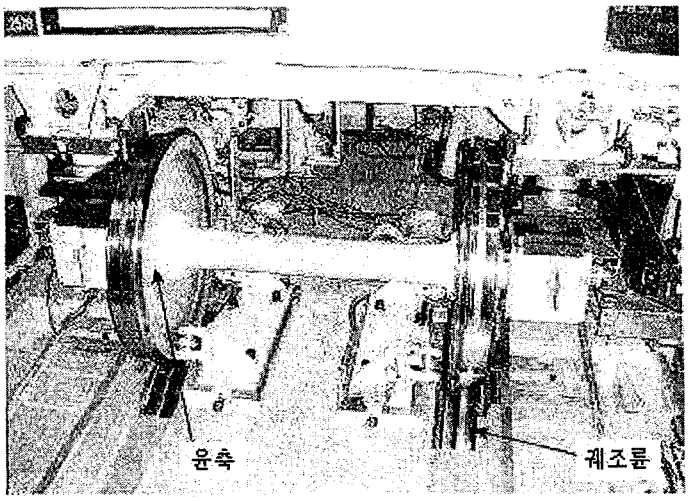
○ 원리

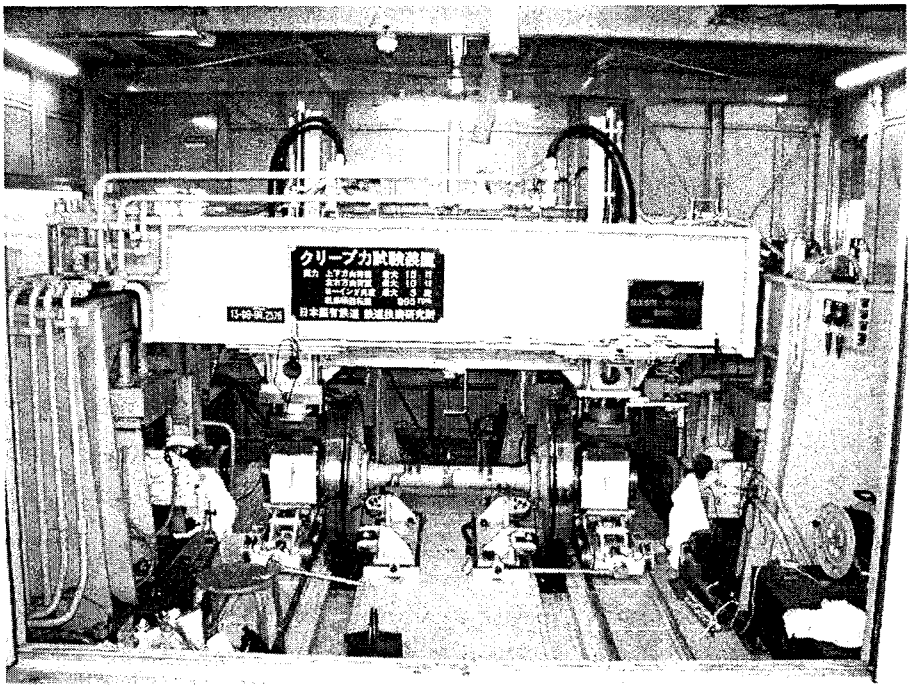
(1) 고속부 차륜탈선 안전성능평가 시험설비

• 실물 윤축을 장착하고 레일과 동일한 형상을 가지는 궤조륜으로 제작하여 주행 시 차륜과 레일이 접촉하는 현상을 실차 주행상황과 동일하게 구현하는 것을 기본으로 한다. 차량의 속도와 동일하도록 궤조륜을 회전시키고 차륜이 받는 수직하중과 수평하중을 유압실린더에 의해 윤축에 가해주며 레일과 차륜간의 공격각(Attack Angle)도 별도의 세팅에 의해 구현할 수 있도록 하며, 레일과 차륜의 슬립을 구현할 수 있다. Fig. 1은 시험장비의 원리를 보여주는 개략도, Fig. 2는 RTRI에 설치된 장비이다.



<Fig. 1 탈선메카니즘 시험 개략도>

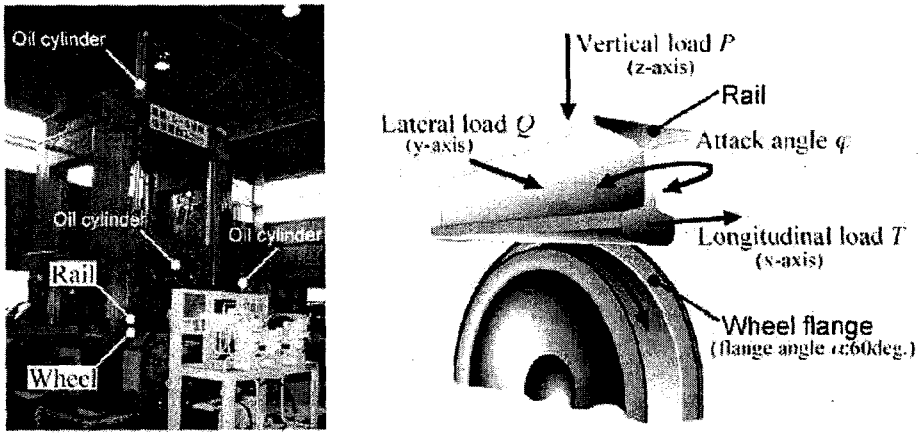




<Fig. 2 고속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비(RTRI)>

(2) 저속부 차륜탈선 안전성능평가 시험설비

- 실물의 차륜/레일 접촉상태를 준 정적으로 재현하기 위한 것으로서, 레일과 차륜을 반전시키고 상호 접촉하는 차륜 플랜지와 레일 게이지 코너 사이에 실차에 상당하는 윤중과 횡압을 부하한 상태에서 레일을 왕복운동 시킨다. 이 때, 레일의 장방향(x-방향), 횡압 부하 방향(y-방향) 및 윤중 부하 방향(z-방향)의 힘과 변위를 계측함으로써 마찰계수가 반영된 횡압/윤중비를 구할 수 있다.



<Fig. 3 저속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비(RTRI)>

○ 장비의 용도

- 탈선현상을 실제상황과 동일하게 구현하고, 탈선원인을 규명함으로써 탈선방지를 위한 대책마련과 차륜과 레일의 최적의 유지보수조건 등을 파악함으로써 탈선방지를 위한 차량 및 레일의 설계기준, 유지보수기준 등을 설정하기 위해 사용된다. 또한, 제작된 차량의 각종 주행조건에 따른 탈선안전도를 평가 및 인증하기 위한 장비로도 활용될 수 있다.

○ 주요 제원

(1) 고속부 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비

항목	세부항목	제원
수직하중	가압위치 수	2 set
	가압방식	독립 유압엑츄에이터
	제어방식	전기-유압서어보 제어
	최대하중(1륜당)	150KN
수평하중	가압위치 수	2 set
	가압방식	독립 유압엑츄에이터
	제어방식	전기-유압서어보 제어
	최대하중	100KN
	동하중	75KN
	진동	최대주파수 5Hz(변위=5mm) 최대변위 15mm(주파수=2.5Hz)
Yawing하중	가압위치 수	2 set
	Yawing각	±3°
	가압방식	독립 유압엑츄에이터
	제어방식	전기-유압서어보 제어
	최대하중	40KN
	동하중	25KN
	진동	최대주파수 5Hz(변위=5mm) 최대변위 25mm(주파수=2.5Hz)
궤조륜 (railwheel)	직경	1600mm
	회전속도	1327rpm
	차량속도	400Km/h
	관성모멘트(flywheel)	14.63T-m^2
	가속성능	2.5Km/h/sec
차륜	직경	500~860mm
	회전속도	2460rpm
	차량속도	400Km/h
차륜-레일 접촉	슬립비	-10%~100%
	공격각	±3° semiauto
	접촉각	0~30°
주동력기 (motor)	용량	AC 350KW
	회전속도	1327rpm
	회전방향	1방향
	회전정밀도	FS. ±0.03%
제동장치	방식	Motor brake +Air brake
기타	소음레벨	75dB
	추가장치	Profile grinder
		탈선보호장치
		showering unit
		계측기 및 데이터분석장치

주) : 시험장치 본체는 선택사양으로 확장 가능하게 설계되어야 함.

(2) 저속부 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비

항목	세부항목	제원
수직하중	가압위치 수	1 set
	제어방식	유압제어
	최대하중	40KN
수평하중	가압위치 수	1 set
	제어방식	유압제어
	최대하중	40KN
진행방향하중	가압위치 수	1 set
	제어방식	유압제어
	최대하중	20KN
레일	종류	실제 레일(전삭 및 마모 상태)
차륜	직경	780~860mm
차륜-레일 접촉	공격각	0~3°
	접촉각	0, 1/40, 1/20, 1/10
기타	소음레벨	75dB 이하
	추가장치	계측기 및 데이터분석장치

주) : 시험장치 본체는 선택사양으로 확장 가능하게 설계되어야 함.

■ 필요성

- 탈선을 발생시키는 모든 영향인자에 대해 실험적으로 현상을 규명하는 것은 탈선방지대책 수립을 위해 필수사항임.
- 궤도와 차륜의 최적의 유지보수조건을 본 시험설비를 통해 도출할 수 있으므로 차량 및 궤도의 효율적인 관리를 위해 시험장비가 필요
- 철도안전법의 시행을 위한 차량안전기준 특히, 탈선안전기준 제정과 이에 대한 인증시험을 위해 본 장비는 필수적임
- 일본의 경우, 2000년 3월에 발생한 영단 히비야선 탈선사고를 계기로 주행시의 타오름 탈선발생에 대한 연구가 본 시험설비를 통해 수행되고 있으며, 국내에서도 탈선의 현장 실차시험은 비용과 기간이 과다 소요되므로 효율적인 원인파악 및 대책마련에 본 장비가 필요함.

■ 추정 비용 : 총 50억 원

- 장비비
  - 고속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비 : 3,600,000천원
  - 저속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비 : 420,000천원
  - Engineering/피트/부대설비 : 980,000천원

■ 가능시험 평가항목(S:안전, R:연구, T:인증, Tr:형식)

- 철도차량-궤도 상호 적합성 시험(S/R)
- 차륜/궤도 상호 작용력 시험(S/R/Tr)
- 윤중, 횡압 측정시험(S/R/T/Tr)
- 탈선계수 시험(S/R/T)

■ 관련 안전기준/규격

시험명	시험 근거	내용
철도차량-궤도 상호적합성 시험	철도차량 안전기준에 관한 규칙(안) 제9조 (운행환경과의 상호연관성)	②철도차량은 시설물과의 간격, 강도, 하중측면에서 궤도시설물 및 토목구조물과의 적합성을 고려하여 설계되어야 한다.
차륜-궤도 상호작용력 시험	철도차량 안전기준에 관한 규칙(안) 제29조 (철도차량과 선로간의 작용력 등), 30조 (윤중감소량), 31조(횡압)	②철도차량은 정상적인 선로조건하에서 차륜 답면과 궤도 두부간의 접촉지점에서 초과응력과 변형이 발생하여 철도차량의 안전이 침해되지 않도록 정적윤중, 차륜직경 및 차륜 답면형상간의 조합된 효과를 고려하여 설계하여야 한다.
탈선계수 시험	철도차량 안전기준에 관한 규칙(안) 제34조 (탈선계수)	①철도차량은 주행시 안전성을 확보하기 위해서는 탈선계수는 ----
탈선계수 측정 및 산정기준	철도차량 안전기준에 관한 지침(안)	① 시험차량 조건의 차륜 형상에서 '탈선시험은 신조차륜 및 마모차륜으로 실시하여야 한다' ② 측정방법에서 '정상적 방법과 단순화 방법 외에 차량탈선 방지대책을 수립을 위하여 차륜 플랜지의 진입각에 따른 탈선현상을 규명하여야 한다'

■ 국내외 유사장비 현황 및 공동 활용 가능 여부

보유국	보유기관	장비명	주요제원	활용가능성
일본	RTRI	Creep force test bed	최고차량속도 300Km/h의 차륜/레일 크리프력 측정	-20년 된 노후화 장비로 성능개량이 필요한 장비 -탈선현상규명시험은 장기간이 소요되며, 본 장비의 장기간 활용은 불가
일본	RTRI	Wheel-rail contact reciprocating motion unit	저속의 차량속도시 실제 레일과 차륜간의 Tribology 시험	-저속에서의 whee-rail 접촉부의 재료적 특성을 파악하기 위한 장비 -탈선현상규명시험은 장기간이 소요되며, 본 장비의 장기간 활용은 불가
미국	TTCI	Vibration Test Unit	실차량 진동시험대로 차량의 동역학적 파라미터 도출을 위한 시험기	-차량의 동특성분석을 위한 기본 파라미터 도출 가능 -실질적인 주행동특성 시험은 불가

■ 활용계획 및 예상활용 빈도

○ 탈선사고 유형별 빈도(순수한 탈선사고만 고려)

사고유형	'99	'00	'01	'02	'03	계
차량/선로 결함	10	8	5	5	4	32
곡선부 고속주행	4	5	7	1	3	20
계	14	13	12	6	7	52

○ 탈선위험시험설비를 이용한 탈선위험 평가시험 예상 횟수(과거 데이터 참고)

- 탈선계수 측정 및 산정기준('07년 7월 고시예정)에 반영사항에 의함
- 신조차종 30% 및 탈선사고 30%에 대해 탈선위험 평가시험 실시(가정)

년도	'00	'01	'02	'03
신조차종의 30%	2	3	2	3
탈선사고의 30%	4	4	2	2
합계	**6**	**7**	**4**	**5**

■ 주요 구성품 상세

○ 고속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비

- 궤조륜, 실물 윤축, 유압액츄에이터, 궤조륜 구동모터, 유압펌프, 냉각기, 시험설비 제어기, 안전감시장치 등

○ 저속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비

- 실물 레일, 실물 윤축, 유압액츄에이터, 구동모터, 유압펌프, 냉각기, 시험설비 제어기, 안전감시장치 등

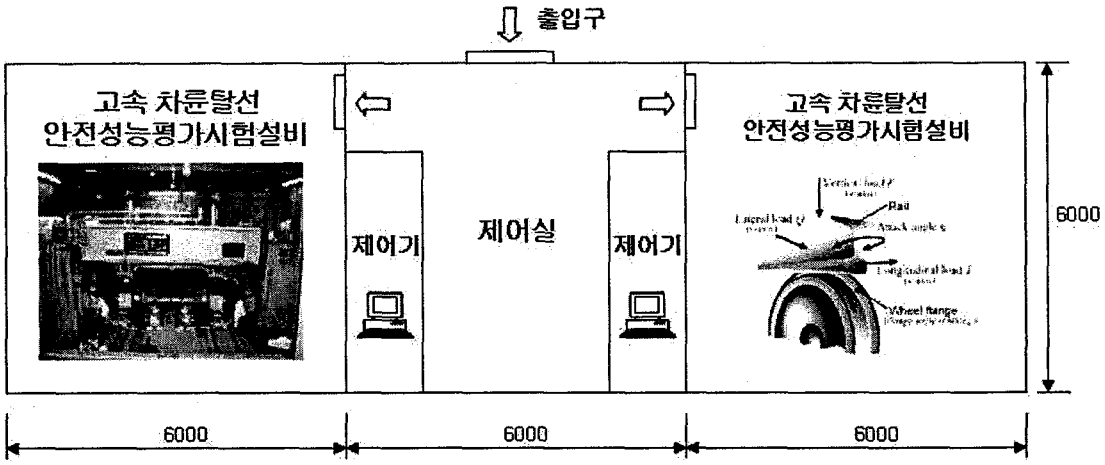
■ 국내기술 설계, 제작 가능 여부 및 국외 도입 기술 분석

○ 외국 설계 : 국내 설계경험 무

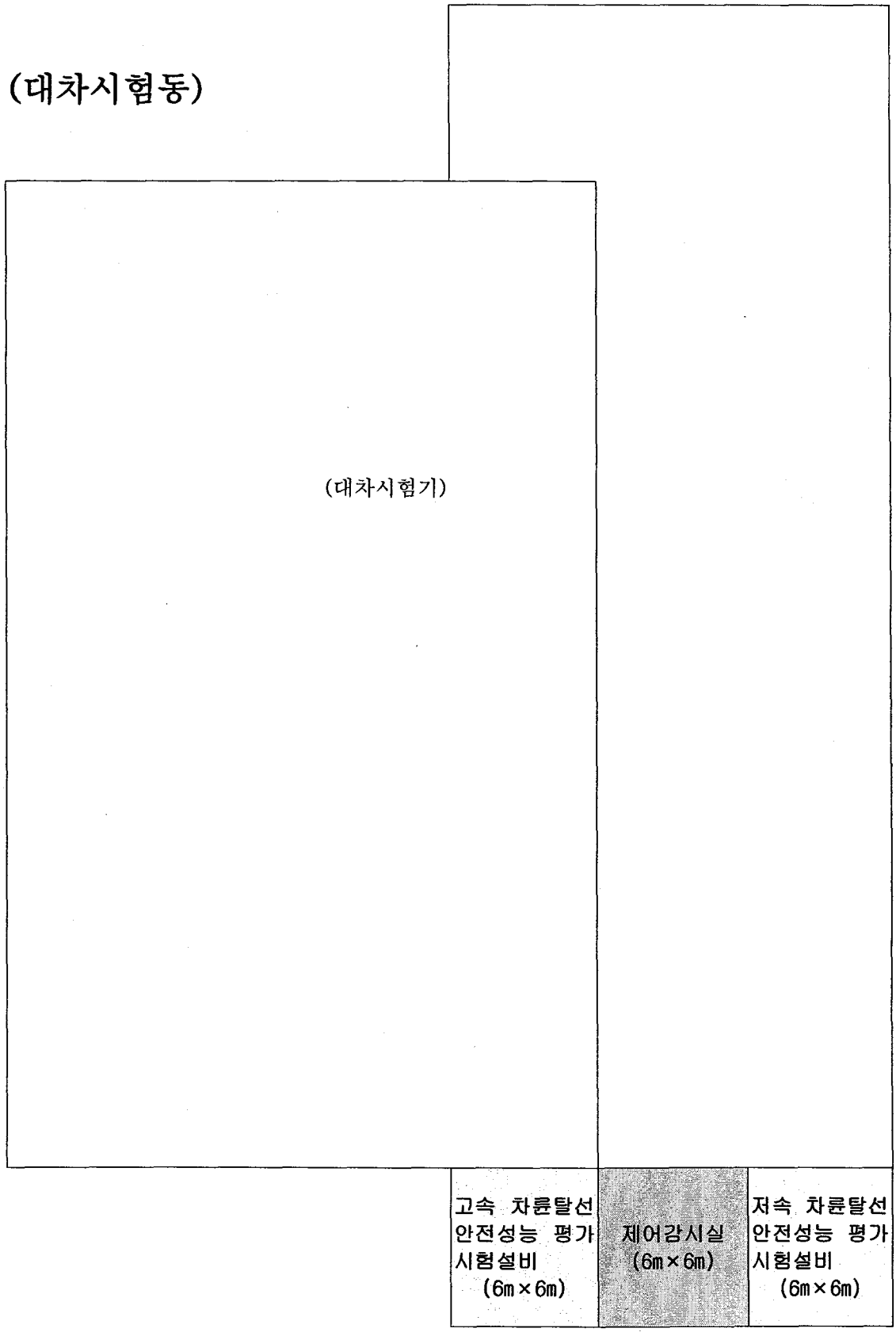
○ 국내 제작 불가 : 선진국의 10% 수준

■ 건물, 부지 요구조건

○ 단일 형태 장비로 대차시험동에 배치 추진



(대차시험동)


(대차시험기)
고속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비 (6m×6m)
제어감시실 (6m×6m)
저속 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비 (6m×6m)

■ 요약

- 본 시험장비는 탈선에 관한 원인 규명은 물론 탈선 사고 방지를 위한 대책을 마련하기에 필수적인 장비이다. 특히 각종 주행조건과 관련된 탈선안전도 평가 및 인증에 매우 유용한 장비로서 철도선진국에서는 어느 나라나 모두 보유하고 있다. 일본의 경우 4가지의 유사장비가 있으나 기능들이 서로 다르다. 이들의 기능을 적절히 가감하여 성능이 우수하고 탈선메카니즘에 대한 종합적인 시험이 가능한 하나의 시험장비를 갖추고자 하며, 탈선안전도의 평가 및 방지대책 마련을 위해서는 반드시 확보되어야 한다.

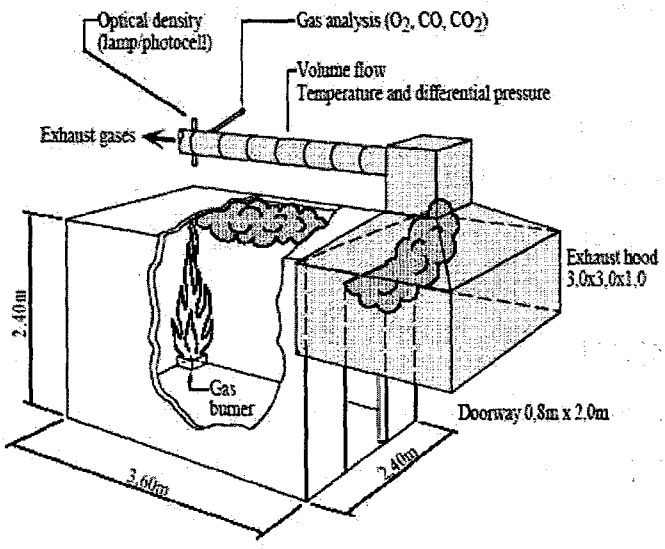
1. 중소형 화재 안전성능평가 시험 설비

1.1 룸코너 시험기(Room Corner)

1.1.1 일반사항(General)

1.1.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

룸코너 시험기(ISO 9705, Room Corner Tester)는 국제기준으로 정해진 중형 화재시험평가 장비로서 철도차량 및 시설물에서 시편단위의 연소특성에서는 볼 수 없는 의자, 도어등의 연소거동 및 발열량(Heat Lease Rate), 산소소모량, 일산화/이산화 탄소 발생량, 연기발생량/연기밀도 등을 평가할 수 있는 장비이다. 뿐만아니라, 철도차량과 관련된 내장재 외에도 가구, 축소 마감재 등의 발열량, 발연속도, 가스발생량, 유독가스 측정등 건축법에 해당하는 재료 또한 시험가능하다.



1.1.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.1.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 철도차량 내장재

(나) 철도차량 도어 및 의자, 연결통로막

(다) 가구(의자, 소파, 장식장 등)

(라) 건축물 내부 마감재료(인테리어 필름, 벽지, 천정마감재, 샌드위치 판넬 등)

1.1.1.2.2 시험대상의 사양

(가) 상온 23±2 ℃, 습도 50±5%에서 양생

(나) 불연성 Fibre-reinforced silicate board는 680kg/m^3 ± 50kg/m^3 이상의 밀도를 가져 야 한다.

(다) 불연성 Board는 1650 kg/m^3 ± 150 kg/m^3 이상의 밀도를 가져야 한다.

(라) Chipboard는 상온 23±2 ℃, 습도 50±5%에서 양생한후 후 680kg/m^3 ± 50kg/m^3 이상의 밀도를 가져야 한다.

(마) 석고보드는 상온 23±2 ℃, 습도 50±5%에서 양생한후 후 725 kg/m^3 ± 50kg/m^3 이 상의 밀도를 가져야 한다.

1.1.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 시험시편의 연소거동 측정

(나) 시험시편(철도차량 내장재, 건축물내부마감재료, 가구, 의자, 도어 등)의 열방출율 측정

(다) 시험시편 연소시 산소소모량 측정

(라) 일산화/이산화 탄소 생성량 측정

(마) 연기발생량(연농도) 측정

1.1.1.2.4 적용 시험규격

(가) ISO 9705 : Fire tests - Full-scale room test for surface products

(나) ASTM E 1537: Standard Test Method for Fire Testing of Upholstered Furniture

(다) ASTM E 603 : Standard Guide for Room Fire Experiments

(라) prEN 14390 : Fire Test - Full Scale Room Test for Surface Products.

1.1.2 주요사양 (Principal Specification)

1.1.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.1.2.1.1 시험기 제원

(가) 전체 시스템 구성

번호	구분	주요구성 내용	사양
1	Test enclosure assembly	Test Room	3.6M(L)×2.4M(W)×2.4M(H)
		Deck & Stair	Steel pipe & SUS 304
		Truck & Rail	Test room moving system (약 3M 이상 이동)
		Hood & Duct	ISO 9705 규격 준수
2	Measuring Station	Dirrerential Pressure Measuring System	Bi-directional probe DPT(MKS)
		Gas Analysis System	O2:0~25%, CO/CO2:0~1%/0~10%
		Smoke Detetection System	Helium- Neon Laser
		Control & Data Acquisition	NI Field Pointer, LabView

A.Test enclosure assembly 적용기준 및 제원

- ISO 9705 규정을 적용한다.
- 가스포집 Hood : 3m × 3m
- Fire Test Room
 ① Length: 6m ± 0.05m
 ② Width: 2.4m ± 0.05m
 ③ Height: 2.4m ± 0.05m
- Door Way
 ① Width: 0.8m ± 0.01m
 ② Height: 2.0m ± 0.01m
-Exhaust Duct
 ① Inner Diameter: 400mm
 ② Length: 4.8m
- Guide Vane (Flow Staightener)

B. 일반사항
-R.C.T. 본체는 전후이동(Stroke : 3m 이상)이 가능하도록 설계 시공한다.
-R.C.T. 본체는 피 실험물의 종류에 관계없이 Room 규격을 유지할 수 있도록 구성한다.

-R.C.T. 본체는 연소실험에 충분한 내구성을 유지할 수 있는 SUS 304 이상의 재료를 선택 한다.
-R.C.T. 상부에 가스분석장치 설치 및 점검을 위한 Deck 및 Stair를 설치한다.
-R.C.T. 운전용 Control Panel을 포함한다.
-R.C.T실 출입문(1600 W X 1900 H)을 감안하여 장비의 진입이 가능하도록 설계, 제작한다.

(나) Measuring Station 시스템 구성 아래 항목 또는 동등한 성능의 사양으로 구성

측정 장비	요구사항	수량
Differential pressure transducer at bi-directional probe	-	1
Data Aquisition Board	-	1
DAQ 제어 프로그램	-	1
Oxygen analyzer	O2:0~25%, CO/CO2:0~1%/0~10%	1
Carbon monoxide analyzer		
Carbon dioxide analyzer		
5.0mW He-Ne Laser	-	1
Si Photodiode with quartz window	-	1

A. 분석 및 제어 구성 Rack(Analysys and control Rack)

가) Rack 타입 또는 동등한 형태로 구성

- 다음의 구성항목이 장착될 수 있는 Rack Type 또는 동등한 형태로 구성
① 가스분석기(Gas Analyser_산소, 일산화 및 이산화 탄소 포함)
② 온도조절기를 포함한 냉각기(Cold Trap included Temperature controller)
③ 연소 검댕이 제거 필터(Soot removal filter)
④ 가스 추출용 펌프(Gas Sampling Dual Headed Pump)
⑤ 가스 추출 Line(Gas Sampling Pipe & Instrument Diagram)
⑥ 열유지 가스 분석용 Line 온도 조절기(Heated Line Temperature controller)

⑦ 무선통신 중계기(Bluetooth relay station)

⑧ 데이터 취득용 수집장치(Data Acquisition Logger)

- 19" 최소 Rack 크기는 높이: 1800mm, 가로: 900mm , 깊이: 600mm 이상의 크기로 구성 할 것

나) 가스분석기(Gas Analyser)

- 산소 및 일산화, 이산화 탄소(Oxygen Consumption & Carbon Monoxide, Carbon Dioxide productin yield)를 동시에 분석 가능 할 것
- 가스 분석기의 분해능은 산소(0~25%), 일산화 탄소(0~1%), 이산화 탄소(0~10%)의 측정범위를 갖는 분석기로 선정될 것
- 각각의 분석기 센서 Type은 산소: Paramagnetic, 일산화/이산화 탄소: NDIR 이 장착되어 있을 것
- 빠른 응답 특성을 갖기위한 BY-PASS가 달려있을 것.
- Flow 또는 Pressure Driven Control 중 산소측정 중 압력보정 및 자동제어 가능할 것
- 다음의 구성(Specification)을 포함할 것

Gas Measured	O2	CO/CO2
Technology	Prarmanetic	Infrared
Intrinsic error (accuracy)	<0.02%	0.1ppm(V)
Linearity	<0.05%	0.1ppm(V)
Repeatability	<0.02%	0.1ppm(V)
Response time	<12 sec	<20 sec
Sample flow rate	200 ml/min	2000 ml/min
Zero drift/week	<0.01%	0.2ppm(V)
Span drift/week	<0.02%	2% of reading

- 가스 분석기의 Zero/Span 교정(Calibration)이 가능한 다음과 같은 교정가스 (Calibration Gas)를 각각의 Gas Cylinder(47L)와 2 Stage Regulator를 포함 할 것

① 질소(Nitrogen) 가스 : Zero Calibration을 위한 99.99%이상의 고순도 가스

② 일산화/이산화 탄소 혼합가스(CO/CO2 Mixing Gas) : Spa calibration을 위한 CO(0.8% 이상), CO2(8% 이상)의 성적서를 포함한 고순도 가스

다) 온도조절기를 포함한 냉각기(Cold Trap included Temperature controller)

- 시험 중 가스 추출 시 분석기로 공급되는 수분을 충분히 제거할 수 있는 용량을 가질 것
- Cold Trap의 Drain부분을 항상 5 ℃ 이하로 유지 시킬 수 있는 온도 조절기 및 표시장치를 포함할 것
- 분석기로 공급되는 포집 가스의 충분한 수분 제거를 위한 2차 수분제거제를 분석기와의 화학적 간섭이 없는 Drierite, 8 mesh with Indicator 가 사용 될 수 있도록 수분제거용 Column을 포함할 것

라) 연소 검댕이 제거 필터(Soot removal filter)

- 연소 시험시 생성된 검댕이(Soot)로부터 가스 분석기를 충분히 보호할 수 있을 것
- Filter의 공극은 40 Micron 이며, 손 쉽게 교체가 가능한 구조 및 Housing을 포함할 것
- 2차 적인 검댕이를 제거하기 위하여 1~5 Micron의 Hepa Vent Filter 또한 포함할 것
- 각각의 Filter는 10ea(Package)의 수량을 기본으로 포함 할 것.

마) 가스 포집용 펌프(Gas Sampling Dual Headed Pump)

- 가스 포집용 펌프는 약 30M에 달하는 분석기까지 연소 시 발생된 Sampling Gas를 최소 40 PSIG압력 이상으로 전달 가능할 것
- 연소가스에 의한 부식을 방지하기 위한 Teflon 코팅이 되어있는 제품이 사용할 것
- 펌프 방식은 Diaphragm 방식이며, 최소 압력을 보장하기 위한 Dual Headed 타입을 사용 할 것

바) 가스 포집 Line(Gas Sampling Pipe & Instrument Diagram)

- 19" Rack에 구성될 Gas Sampling Pipe & Instrument Diagram은 SUS를 사용한 Tube 및 Fitting으로 구성 할 것
- 덕트내 측정부위로부터 얻어진 Sampling Gas의 유량을 체크하기 위한 산소 및 일산화/이산화 탄소 각각에 해당하는 약 3~ 3.5 l/min을 측정가능한 Flowmeter 가 부착될 것
- 연소시 발생되는 2차 검댕이를 제거할수 있는 Filter System이 부착될 것
- 열방출율 측정시 산소소모량만을 단독적으로 이용 계산 가능하게 하는 3 way 밸브와 연소가스중 일산화/이산화 탄소를 제거할수 있는 Scurb Column을 포함할 것
- 분석기의 산소 및 일산화/이산화 탄소의 Span/Zero 값을 설정 가능하게 하는 5 way 밸브를 포함할 것

B. 열유지 가스 분석용 Line 및 개별 히터 온도 조절기
(Gas samplihng heated analytical line & each line heater temperature controller)

가) 열유지 가스 분석용 Line (Gas sampling heated analytical Line)

- Gas sampling line의 수증기 응결에 의한 연소가스 흡착을 방지하기 위해 200 ℃ 가열이 가능한 구조로 제작 할 것
- Gas sampling line의 길이가 최소 30M 이상 이며, 중앙 제어실 및 분석기까지 (상온~200 ℃)이 유지 가능할 것
- Gas sampling line의 Flat ribbon heater의 구성은 다음을 만족할 것

① 폭 : 25mm, 길이 : 5000 mm
② Watt : 1000 W
③ 전력밀도 : 1.1 W/cm^2

나) 열유지 가스 분석용 Line 개별 히터 온도 조절기
(Gas samplihng heated analytical line heater temperature controller)

- 상기 항목에서 언급된 Line heater(Flat ribon heater)의 온도의 제어가 가능한 온도조절기가 선정되어야 하며, 개별 Line heater의 최장 길이는 5M 이므로

30M 이상의 Gas sampling line을 구성하기 위해서는 최소 6개 이상의 온도조절기가 19" Rack에 부착 가능하도록할 것

- 온도조절기(Temperature controller)는 2개의 표시창을 갖는 디지털타입이 선정되어야하며, K 타입의 열전대를 구성 만족하고 200 ℃까지 의 조절이 가능하도록 할 것

- 온도조절기의 세부 사양은 다음을 만족하거나 또는 동등 이상이어야 한다

① Input type : K-type thermocouple

② Range : -270 to 1370 (deg C)

③ Measured Value input :

- Sampling period for measured value input: 500ms
- Input: 1 point
- Input type: Universal; can be selected by software
- Input accuracy (at 23 ±2°C ambient temperature)
- Thermocouple: ±2°C

④ Control Output

- Output: 1 point or 2 point (for heating & cooling control model)
- Output type: Choose one from (1) to (3) below:

(1) Relay contact output

- Contact capacity: 3A at 240V AC or 3A at 30V DC (with resistance load)

(2) Voltage pulse output

- On voltage: 12-18V DC load resistance: 600ohm or greater
- Off voltage: 0.1V DC or less short-circuit current: approx. 30mA

(3) Current output (Except for UT130)

- Output signal: 4 to 20mA
- Maximum load resistance: 600ohm
- Accuracy: ±0.3% of span (at 23±2°C ambient temperature)

C. 데이터 취득 장치 및 운용 프로그램
(Data acquisition system & operating program)

가) 데이터 취득 장치 (Data acquisition system)

- 데이터 취득장치의 시스템은 LabView 프로그래밍 언어와 호환가능할 수 있도록 할것
- 측정부위에 데이터 취득용 Enclosure가 설치되어야 하며, 이로부터 발생되는 신호는 Data Logger 또는 NI(National Insturment)사의 Field Poiter로 취득가능 할 수 있도록 할 것
- 데이터 취득용 Enclosure로부터 전송되는 신호는 무선통신(Blue Tooth) 기능을 사용 가능케하는 Module을 설치 할 것
- 데이터 취득용 시스템은 다음의 구성을 만족해야한다

① 16 Bit Thermocouple Input Module
② 16 Bit Analog Input Module
③ Digital Input / Ouput Module
④ 12 Bit Analog Output Module
⑤ 4 & 8 Slot Backplane
⑥ Connector Block
⑦ Labview Real-Time Module
⑧ Labview Real-Time/Ethernet Network Module
⑨ Power Supply 24 VDC 5A Universal power input

나) 데이터수집용 컴퓨터

- CPU : 펜티엄 4 630(3.0 GHz) 이상
- RAM : DDR2 1GB 이상
- HDD : SATA 100 GB 이상
- DVD Combo, CD ± RW 52X 이상
- 모니터 : 19" LCD 이상
- Laser Printer
- 운용소프트웨어 : WINDOWS XP 이상의 최신사양
- 상기의 구성을 만족하거나 이상의 제품을 납품할 것
- 데이터 수집용 컴퓨터를 설치가능한 테이블을 포함할 것

1.1.2.1.2 주요구성품의 치수

(가) Test Room : 3.6M(L)×2.4M(W)×2.4M(H)

(나) Hood : 3M(D)×3M(W)×1.05M(H)

(다) Duct : 0.4 M(덕트직경), 5M(덕트길이, Guide vanes포함)

(라) Sampling Probe : 17 hole ∅2mm, 16 hole ∅3mm (Sample flow 방향으로 설치)

1.1.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 제작사양 따름

1.1.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 가로 3M, 세로 2.4M, 높이 2.4M의 Test Room내에는 반드시 내화단열재 혹은 Calcium Slicate Board로 마감 처리가 되어있을 것

(나) Room Corner Tester (ISO 9705) 시험목적 외에 Furniture Calorimeter(1 MW)급으로도의 사용을 가능하게하는 Test Room 이송장치가 설치되어야 하며, 이 이송장치는 전 후 이동이 3M이상 가능해야 한다.

(다) Furniture Calorimeter 사용 시 Mass loss rater (질량감소율)의 측정을 위해 시험편(가구, 의자 등)무게를 500Kg 까지 측정 가능한 Load Cell 장착

(다) Duct내에 난류 형성을 방지하도록 하는 규격에 따른 Guide vane 설치할 것

(라) ISO 9705 규격에 정확히 부합하는 Hood를 설치할 것

(마) 중앙제어실로 공급되는 분석용 Gas는 모두 Filtering과 수증기응결법(Cold trap)을 사용함으로서 가스 분석기기에 손상을 방지하도록 설계될 것

1.1.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) 운전 : 1Φ, 220Vac, 60Hz (Test Room 이송장치 : 3Φ, 380Vac, 60Hz)

(나) 제어 : (사례) 1Φ, 220Vac, 60Hz

1.1.2.1.6 환경

(가) Test Room 의 전후 3M 이동이 가능한 공간을 확보할 것

(나) Test Room 의 전후 이동시 Signal Cable들의 간섭이 없도록 할 것

(다) 시험 시 관찰 와 시험자의 안전을 고려한 중앙제어실의 설계

(라) 시험 시 시험진행자의 안전을 고려한 대피장소와 안전대책

1.1.2.1.7 제어조건

(가) 가로 3M, 세로 3M의 후두 외부로 연소가스가 배출되지 않도록 덕트내 질량유속의 조절이 가능할 것

(나) 가스분석기로 공급되는 유량조절 및 시간조절

(다) 연농도 측정에 관한 Laser의 Span/Zero 설정이 가능하도록 조절

(라) 연소시 발생되는 Soot으로부터 가스분석기를 보호하기위한 Cold trap의 온도조절이 가능하도록 할것

1.1.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) LabView 프로그램을 사용하여 제작할 것

특히, 연농도 측정프로그램은 Helium-Neon Laser를 사용하여 측정가능하도록 할 것

(나) 열방출율(HRR, Heat Release Rate), 산소소모량(Oxygen Consumption), 일산화/이산화탄소 생성량(CO/CO2 Production Yields), 덕트내 온도(Stack Temperature), 연농도 (Smoke Density), 차압계에 의한 덕트내 체적 유속(Mass Flow)등을 표시 가능하도록 제작 할 것

특히, 차압계(Differential Pressure Transducer)에 의한 체적 유속이 국제규격 ISO 9705 에서 요구하는 0.6 m3/s(약 7.7 m/s) 체적 유속이 표시될 수 있도록 이에 따르는 차압계 선정과 프로그램 상으로 표시 가능하도록 제작할 것

(다) 열방출율값은 최고 1 MW이상의 값을 표시 가능하도록 프로그램을 제작할 것

(라) 시험에 의한 결과 값들은 전원이 제거된 후에도 데이터를 보존 가능하도록 저장 기능이 있어야하며 또한 모든 데이터들은 Raw 데이터로도 저장 가능토록 할 것

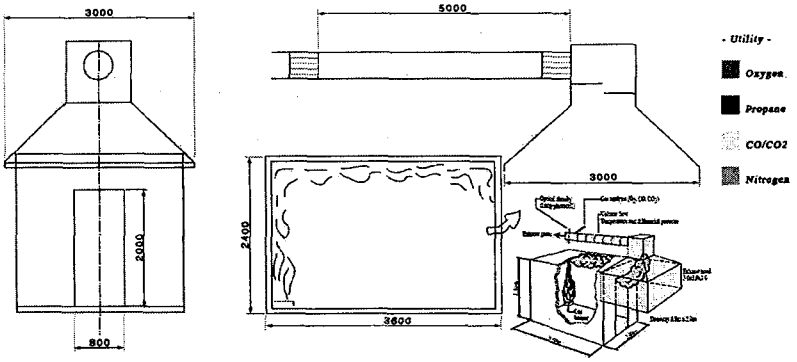
(마) 시험에 의한 결과 출력은 국제규격 ISO 9705에 의거 출력 가능하도록 할 것

(바) 이에 해당하는 프로그램은 운용 PC가 교체되어도 다시 설치 가능하도록 Install Software를 제공 할 것

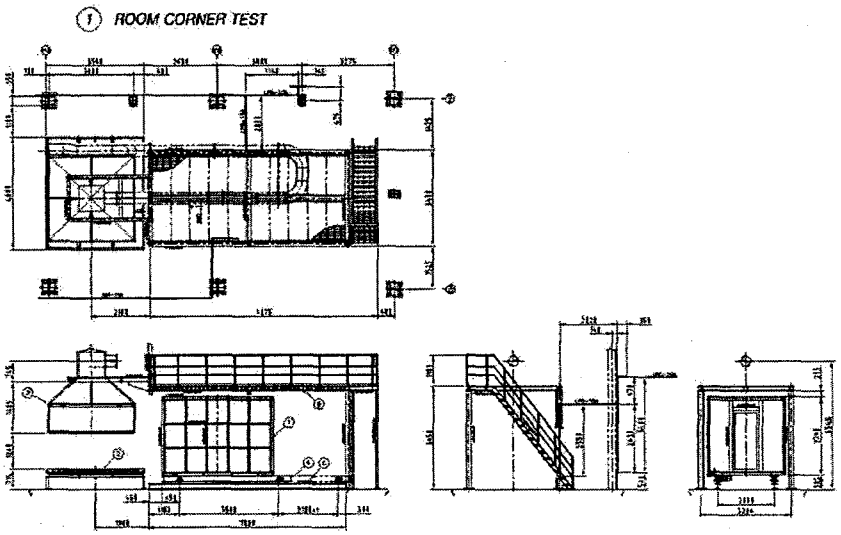
1.1.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.1.3.1 시험설비의 구성도



1.1.3.2 시험설비의 배치도

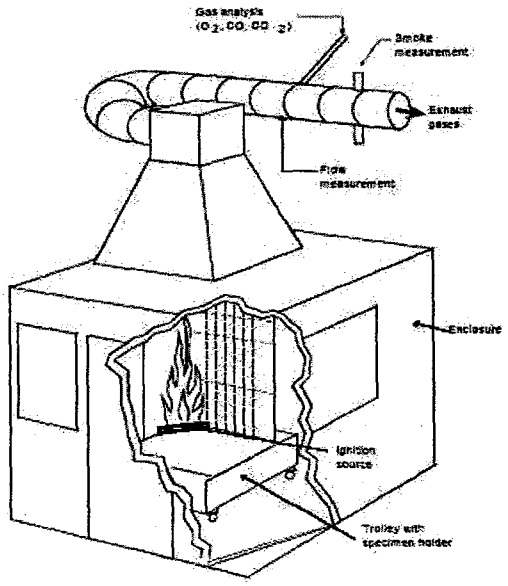


1.2 Single Burning Item

1.2.1 일반사항(General)

1.2.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

싱글버닝 아이템(Single Burning Items, prEN 13823)은 국제기준으로 정해진 중형 화재시험평가 장비로서 철도차량 내장재 및 건축물 내부 마감재료 등의 시편단위의 연소거동 및 발열량(Heat Lease Rate), 산소소모량, 일산화/이산화 탄소 발생량, 연기발생량/연기밀도 등을 평가할 수 있는 장비이다. 특히, 싱글버닝 아이템은 발열량 평가지수(FIGRA, Fire Growth Index), 연소가스 평가지수(SMOGRA, Smoke Growth Index)등을 평가할수 있어 유럽인의 건출물 내부 마감재료 기준(European Standard, A~F Class)에 부합되는 실험 및 평가가 가능한 장비이다.



1.2.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.2.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 철도차량 내장재

(나) 건축물 내부 마감재료(인테리어 필름, 벽지, 천정마감재, 샌드위치 판넬 등)

1.2.1.2.2 시험대상의 사양

(가) Short wing : (495±5)mm × (1500±5)mm,

Long wing : (1000±5)mm × (1500±5)mm

(나) 시험시편의 두께가 200mm가 넘을 경우에는 200mm 줄여서 시험

(다) 평평하지 않은 시험편은 노출된 시험편에서 250mm × 250mm 의 연소면적 중 30%가 초과되지 않을때 시험 가능

1.2.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 시험시편의 연소거동 측정

(나) 시험시편(철도차량 내장재, 건축물내부마감재료 등)의 열방출율 측정

(다) 시험시편 연소시 산소소모량 측정

(라) 일산화/이산화 탄소 생성량 측정

(마) 연기발생량(연농도) 측정

(바) 시험시편의 열방출율 평가지수 FIGRA(Fire Growth Index) 측정

(사) 시험시편의 연기발생량 평가지수 SMOGRA(Smoke Growth Index) 측정

1.2.1.2.4 적용 시험규격

(가) EN 13823 : Reaction to Fire Tests for Building Products - Building Products Excluding Floorings Exposed to the Thermal Attack by a Single Burning Item

(나) BS EN 13823 : Reaction to Fire Tests for Building Products - Building Products Excluding Floorings Exposed to the Thermal Attack by a Single Burning Item

1.2.2 주요사양 (Principal Specification)

1.2.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.2.2.1.1 시험기 제원

(가) 전체 시스템 구성

번호	구분	주요구성 내용	사양
1	Test enclosure assembly	Test Room	3M(L)×3M(W)×2.6M(H)
		Deck & Stair	Steel pipe & SUS 304
		Frame & Trolley	Steel plate/Specimen Trolley는 이송가능
		Hood & Duct	EN 13823 규격 준수
2	Measuring Station	Dirrerential Pressure Measuring System	Bi-directional probe DPT(MKS)
		Gas Analysis System	O2:0~25%, CO/CO2:0~1%/0~10%
		Smoke Detetection System	White Light Source (DIN 50055)
		Control & Data Acquisition	NI Field Pointer, LabView

(1) 일반 사양 (Common Sepcification)

1) 적용기준 : prEN 13823 에 준한다.

2) 공급 전원 : AC 230V, 50/60Hz

3) Utilities

① Air Supply : Pressure Regulated 2-4 bar

② Gas Supply : propane 95%, 1.5-2 bar

③ Valve, Tube, Coupling, Flow Meter, T/R, Gauge etc.

4)설계기준

① 배출가스량 : 0.5-0.65 ㎥/sec, at 298K

② Test Room 규격(내부) :

(3,000+/-600)mm x (3,000+/-600)mm x (2,400+/-100)mm H

③ Test Room 전면 개구부 : 1,470mm x 2,450mm H 이상

④ Test Room 측면에 내부 관찰구 2개소 설치

⑤ Test Room 일측면에 Door 설치 측벽과 Trolley 간의 이격거리 : 0.5m 이상 유지

⑥ Trolley 밑부분 Air Inlet 부분과 Smoke 배출부분을 제외 하고는 개구면적이 0.05 ㎡를 초과 해서는 안된다.

⑦ 모든 재질은 K.S 규격 또는 그 이상의 재질을 사용한다.

5) 기타사항

① 본체는 연소실험에 충분한 내구성을 유지할 수 있는 재료를 선택한다.

② 본체 상부에는 가스분석장치 설치 및 점검을 위한 Deck와 계단을 설치한다.

③ 실험실 출입문 규격(1600 W X 1900 H)을 감안하여 장비의 진입이 가능하도록 설계, 제작 한다.

(2) 상세사양서 (Details specification)

1) Test Room

A. Body Casing

가. 규 격

① Test Room (inner Demension)

② Rectangular Floor : (3.0 x 3.0) +/- 0.6m

③ Height : 2.4 +/- 0.1m

나. 재 질

① Casing : Carbon Steel Plate 4.5t 이상

② Inner Panel : Gypsum Board or Fibre Board 100t, 500kg/㎥ 이상

③ Reinforcement : Steel Flat Bar 75x9t

다. 부대시설

① Sight Hole : 2 측면에 2개소 이상

② Door : 1 측면에 1개소

③ 기타사항

④ Trolley 와 내측면의 공간은 0.5m 이상 유지 되도록 한다.

⑤ 일측벽에 Trolley의 진,출입이 가능하도록 개구부를 설치하고, 규격은 1,470mm(wide), 2,450mm(height) 이상으로 한다.

B. Fixed Frame

가. 규 격 : 1,470 x 1,470 x 2,440H

나. 재 질

① Frame : Tube Profile

② Backing Board : Calcium Silicate Board (450 kg/㎥)

다. 부대시설 : Auxiliary Burner

C. Trolley

가. 규 격 : 1,375 x 1,330 x 2,126H

나. 재 질

① Frame : Tube Profile

② Backing Board : Calcium Silicate Board (870 / 450 kg/㎥)

다. 부대시설

① Main Burner

② Door

③ Hinge, Handle & Lock

④ Turning & Fixed Wheel

2) Hood & Collector

A. Hood

가. 규 격 : 1,450 x 1,255 x 1,093H

나. 재 질

① Frame & Side Plate : SUS 304 2.0t

② Insulaton : Vermicculite 50t (Density: 475 kg/㎥) 또는 동등 이상의 재질

B. Collector

가. 규 격 : 524 x 504 x 704H

나. 재 질

① Top & Side Plate : SUS 304 2.0t

② Insulaton : Vermicculite 50t (Density: 475 kg/㎥)

3) Smoke Exhaust System

A. Connection Duct

가. 규 격 : I.D 315mm(O.D 400) x 500mm

나. 재 질

① Duct : SUS 304 2.0t

② Insulaton : Mineral Wool 50t

B. Measuring Duct

가. 규 격 : I.D 315mm (O.D 400) x 1,000mm

나. 재 질

① Duct : SUS 304 2.0t

② Insulaton : Mineral Wool 50t

C. Bend

가. 규 격 : I.D 315mm(O.D 400) x R400mm

나. 재 질

① Duct : SUS 304 2.0t

② Insulaton : Mineral Wool 50t

③ 수 량 : 2 EA

D. Standard Duct

가. 규 격 : I.D 315mm(O.D 400) x 1,625mm

나. 재 질

① Duct : SUS 304 2.0t

② Insulaton : Rock Wool 50t

다. 부대설비

① Guide Vane

② Reducing Ring

4) Stair & Hand Rail

A. Stair

가. 규 격 : 500W x 2,630H

나. 재 질

① Frame : SS 400

② Grating : SS 400 + White Cr 도금

B. Hand Rail

가. 규 : 1,100mm H

나. 재 질 : SGP 25A

(나) Measuring Station 시스템은 아래 또는 동등한 사양으로 구성

측정 장비	요구사항	수량
Differential pressure transducer at bi-directional probe	-	1
Data Aquisition Board	-	1
DAQ 제어 프로그램	-	1
Oxygen analyzer	O2:0~25%, CO/CO2:0~1%/0~10%	1
Carbon monoxide analyzer		
Carbon dioxide analyzer		
White Light Source	DIN 50055 규격을 만족할 것	1
Si Photodiode with quartz window		1

A. 분석 및 제어 구성 Rack(Analysys and control Rack)

가) Rack 타입 또는 동등의 형태로 구성할 것

- 다음의 구성항목이 장착될 수 있는 Rack 타입 또는 동등의 것으로 구성
  ① 가스분석기(Gas Analyser_산소, 일산화 및 이산화 탄소 포함)
  ② 온도조절기를 포함한 냉각기(Cold Trap included Temperature controller)
  ③ 연소 검댕이 제거 필터(Soot removal filter)
  ④ 가스 추출용 펌프(Gas Sampling Dual Headed Pump)
  ⑤ 가스 추출 Line(Gas Sampling Pipe & Instrument Diagram)
  ⑥ 열유지 가스 분석용 Line 온도 조절기(Heated Line Temperature controller)
  ⑦ 무선통신 중계기(Bluetooth relay station)
  ⑧ 데이터 취득용 수집장치(Data Acquisition Logger)

- 19" 최소 Rack 크기는 높이: 1800mm, 가로: 900mm , 깊이: 600mm 이상의

크기로 구성 할 것

나) 가스분석기(Gas Analyser)

- 산소 및 일산화, 이산화 탄소(Oxygen Consumption & Carbon Monoxide, Carbon Dioxide productin yield)를 동시에 분석 가능 할 것
- 가스 분석기의 분해능은 산소(0~25%), 일산화 탄소(0~1%), 이산화 탄소(0~10%)의 측정범위를 갖는 분석기로 선정될 것
- 각각의 분석기 센서 Type은 산소: Paramagnetic, 일산화/이산화 탄소: NDIR 이 장착되어 있을 것
- 빠른 응답 특성을 갖기위한 BY-PASS가 달려있을 것.
- Flow 또는 Pressure Driven Control 중 산소측정 중 압력보정 및 자동제어 가능할 것
- 다음의 구성(Specification)을 포함할 것

Gas Measured	O2	CO/CO2
Technology	Prarmanetic	Infrared
Intrinsic error (accuracy)	<0.02%	0.1ppm(V)
Linearity	<0.05%	0.1ppm(V)
Repeatability	<0.02%	0.1ppm(V)
Response time	<12 sec	<20 sec
Sample flow rate	200 ml/min	2000 ml/min
Zero drift/week	<0.01%	0.2ppm(V)
Span drift/week	<0.02%	2% of reading

- 가스 분석기의 Zero/Span 교정(Calibration)이 가능한 다음과 같은 교정가스 (Calibration Gas)를 각각의 Gas Cylinder(47L)와 2 Stage Regulator를 포함 할 것

① 질소(Nitrogen) 가스 : Zero Calibration을 위한 99.99%이상의 고순도 가스

② 일산화/이산화 탄소 혼합가스(CO/CO2 Mixing Gas) : Spa calibration을 위한 CO(0.8% 이상), CO2(8% 이상)의 성적서를 포함한 고순도 가스

다) 온도조절기를 포함한 냉각기(Cold Trap included Temperature controller)

- 시험 중 가스 추출 시 분석기로 공급되는 수분을 충분히 제거할 수 있는 용량을 가질 것
- Cold Trap의 Drain부분을 항상 5 ℃ 이하로 유지 시킬 수 있는 온도 조절기 및 표시장치를 포함할 것
- 분석기로 공급되는 포집 가스의 충분한 수분 제거를 위한 2차 수분제거제를 분석기와의 화학적 간섭이 없는 Drierite, 8 mesh with Indicator가 사용 될 수 있도록 수분제거용 Column을 포함할 것

라) 연소 검댕이 제거 필터(Soot removal filter)

- 연소 시험시 생성된 검댕이(Soot)로부터 가스 분석기를 충분히 보호할 수 있을 것
- Filter의 공극은 40 Micron 이며, 손 쉽게 교체가 가능한 구조 및 Housing을 포함할 것
- 2차 적인 검댕이를 제거하기 위하여 1~5 Micron의 Hepa Vent Filter 또한 포함 할것
- 각각의 Filter는 10ea(Package)의 수량을 기본으로 포함 할 것.

마) 가스 포집용 펌프(Gas Sampling Dual Headed Pump)

- 가스 포집용 펌프는 약 30M에 달하는 분석기까지 연소 시 발생된 Sampling Gas를 최소 40 PSIG압력 이상으로 전달 가능할 것
- 연소가스에 의한 부식을 방지하기 위한 Teflon 코팅이 되어있는 제품이 사용할 것
- 펌프 방식은 Diaphragm 방식이며, 최소 압력을 보장하기 위한 Dual Headed 타입을 사용 할 것

바) 가스 포집 Line(Gas Sampling Pipe & Instrument Diagram)

- 19" Rack에 구성될 Gas Sampling Pipe & Instrument Diagram은 SUS를 사용한 Tube 및 Fitting으로 구성 할 것
- 덕트내 측정부위로부터 얻어진 Sampling Gas의 유량을 체크하기 위한 산소 및 일산화/이산화 탄소 각각에 해당하는 약 3~ 3.5 l/min을 측정가능한

Flowmeter 가 부착될 것

- 연소시 발생되는 2차 검댕이를 제거할수 있는 Filter System이 부착될 것
- 열방출율 측정시 산소소모량만을 단독적으로 이용 계산 가능하게 하는 3 way 밸브와 연소가스중 일산화/이산화 탄소를 제거할수 있는 Scurb Column을 포함할 것
- 분석기의 산소 및 일산화/이산화 탄소의 Span/Zero 값을 설정 가능하게 하는 5way 밸브를 포함할 것

B. 열유지 가스 분석용 Line 및 개별 히터 온도 조절기
(Gas samplihng heated analytical line & each line heater temperature controller)

가) 열유지 가스 분석용 Line (Gas sampling heated analytical Line)

- Gas sampling line의 수증기 응결에 의한 연소가스 흡착을 방지하기 위해 200 ℃ 가열이 가능한 구조로 제작 할 것
- Gas sampling line의 길이가 최소 30M 이상 이며, 중앙 제어실 및 분석기까지 (상온~200 ℃)이 유지 가능할 것
- Gas sampling line의 Flat ribbon heater의 구성은 다음을 만족할 것

① 폭 : 25mm, 길이 : 5000 mm
② Watt : 1000 W
③ 전력밀도 : 1.1 W/cm^2

나) 열유지 가스 분석용 Line 개별 히터 온도 조절기
(Gas samplihng heated analytical line heater temperature controller)

- 상기 항목에서 언급된 Line heater(Flat ribon heater)의 온도의 제어가 가능한 온도조절기가 선정되어야 하며, 개별 Line heater의 최장 길이는 5M 이므로 30M 이상의 Gas sampling line을 구성하기 위해서는 최소 6개 이상의 온도조절기가 19" Rack에 부착 가능하도록 할 것

- 온도조절기(Temperature controller)는 2개의 표시창을 갖는 디지털타입이 선정되어야하며, K 타입의 열전대를 구성 만족하고 200 ℃까지 의 조절이 가능하도록할 것

- 온도조절기의 세부 사양은 다음을 만족하거나 동등이상의 것이 되어야 한다.

① Input type : K-type thermocouple

② Range : -270 to 1370 (deg C)

③ Measured Value input :

- Sampling period for measured value input: 500ms
- Input: 1 point
- Input type: Universal; can be selected by software
- Input accuracy (at 23 ±2°C ambient temperature)
- Thermocouple: ±2°C

④ Control Output

- Output: 1 point or 2 point (for heating & cooling control model)
- Output type: Choose one from (1) to (3) below:

(1) Relay contact output

- Contact capacity: 3A at 240V AC or 3A at 30V DC (with resistance load)

(2) Voltage pulse output

- On voltage: 12-18V DC load resistance: 600ohm or greater
- Off voltage: 0.1V DC or less short-circuit current: approx. 30mA

(3) Current output (Except for UT130)

- Output signal: 4 to 20mA
- Maximum load resistance: 600ohm
- Accuracy: ±0.3% of span (at 23±2°C ambient temperature)

C. 데이터 취득 장치 및 운용 프로그램
(Data acquisition system & operating program)

가) 데이터 취득 장치 (Data acquisition system)

- 데이터 취득장치의 시스템은 LabView 프로그래밍 언어와 호환가능할 수 있도록 할것
- 측정부위에 데이터 취득용 Enclosure가 설치되어야 하며, 이로부터 발생되는

신호는 Data Logger 또는 NI(National Insturment)사의 Field Poiter로 취득가능 할 수 있도록 할 것

- 데이터 취득용 Enclosure로부터 전송되는 신호는 무선통신(Blue Tooth) 기능을 사용 가능케하는 Module을 설치 할 것
- 데이터 취득용 시스템은 다음의 구성을 만족하거나 동등이상의 것이 되어야 한다

① 16 Bit Thermocouple Input Module
② 16 Bit Analog Input Module
③ Digital Input / Ouput Module
④ 12 Bit Analog Output Module
⑤ 4 & 8 Slot Backplane
⑥ Connector Block
⑦ Labview Real-Time Module
⑧ Labview Real-Time/Ethernet Network Module
⑨ Power Supply 24 VDC 5A Universal power input

나) 데이터수집용 컴퓨터

- CPU : 펜티엄 4 630(3.0 GHz) 이상
- RAM : DDR2 1GB 이상
- HDD : SATA 100 GB 이상
- DVD Combo, CD ± RW 52X 이상
- 모니터 : 19" LCD 이상
- Laser Printer
- 운용소프트웨어 : WINDOWS XP 이상
- 상기의 구성을 만족하거나 이상의 제품을 납품할 것
- 데이터 수집용 컴퓨터를 설치가능할 테이블을 포함할 것

1.2.2.1.2 주요구성품의 치수

(가) Test Room : 3M(L)×3M(W)×2.6M(H)

(나) Hood : 1.45M(D)×1.45M(W)×1.093M(H)

(다) Duct : 0.4 M(덕트직경), 4.87M(틱트길이, Guide vanes포함)

(라) Specimen Trolley : 1.45M(D)×1.45M(W)×2.126M(H)

1.2.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 제작사양 따름

1.2.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 가로 3M, 세로 2.4M, 높이 2.4M의 Test Room내에는 반드시 내화단열재 혹은 Calcium Slicate Board로 마감 처리가 되어있을 것

(나) Duct내에 난류 형성을 방지하도록 하는 규격에 따른 Guide vane 설치할 것

(다) 규격(EN 13823, prEN 13823)에서 요구하는 Duct 사양을 정확히 만족할 것

(라) Specimen Trolley 내에 U profile을 설치하여 Main Burner의 연소 시 시험편과의 간섭을 최소화 할 것

(마) Specimen Trolley는 시험편의 적재가 용이 하도록 이송이 가능해야 하며, 또한 Test Room 내부의 접근을 용이하게 하기 위해서 Door가 설치 되어야 한다.

1.2.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) 운전 및 제어 : (사례) 1Φ, 220Vac, 60Hz

1.2.2.1.6 환경

(가) Test Room 의 전면부에 Specimen Trolley의 이동이 가능한 공간을 확보할 것

(나) Test Room 에는 2개의 연소거동을 관찰 가능한 창을 설치 할 것

(다) 시험 시 관찰 와 시험자의 안전을 고려한 중앙제어실의 설계

(라) 시험 시 시험진행자의 안전을 고려한 대피장소와 안전대책

1.2.2.1.7 제어조건

(가) 1.45M(D)×1.45M(W)×1.093M(H)의 후두 외부로 연소가스가 배출되지 않도록 덕트내 질량유속의 조절이 가능할 것

(나) 가스분석기로 공급되는 유량조절 및 시간조절

(다) 가스분석기의 해당 가스에 대한 Span/Zero 설정이 가능하도록 조절

(라) 연농도 측정에 관한 White Light Source의 Span/Zero 설정이 가능하도록 조절

(마) 연소시 발생되는 Soot으로부터 가스분석기를 보호하기위한 Cold trap의 온도조절이 가능하도록 할것

1.2.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) LabView 프로그램을 사용하여 제작할 것

특히, 연농도 측정프로그램은 White Light Source를 사용하여 측정가능하며, DIN 50055의 규격을 정확히 만족 하도록 할 것

(나) 열방출율(HRR, Heat Release Rate), 산소소모량(Oxygen Consumption), 일산화/이산화탄소 생성량(CO/CO2 Production Yields), 덕트내 온도(Stack Temperature), 연농도 (Smoke Density), 차압계에 의한 덕트내 체적 유속(Mass Flow)등을 표시 가능하도록 제작 할 것

특히, 차압계(Differential Pressure Transducer)에 의한 체적 유속이 국제규격 prEN 13823 에서 요구하는 0.6 m3/s(약 7.7 m/s) 체적 유속이 표시될 수 있도록 이에 따르는 차압계 선정과 프로그램 상으로 표시 가능하도록 제작할 것

(다) 상기 (나) 항목에서 언급된 열방출율, 산소소모량, 일산화/이산화 탄소 생성량(CO/CO2 Production Yields), 덕트내 온도(Stack Temperature), 연농도(Smoke Density), 차압계에 의한 덕트내 체적 유속(Mass Flow)등의 측정항목으로 European Standard에서 요구하는 발열량 지수(FIGRA, Fire Growth Index), 연기발생량 지수(SMOGRA, Smoke Growth Index)등이 측정 가능하여야 한다.

(라) 열방출율값은 최고 1 MW이상의 값을 표시 가능하도록 프로그램을 제작할 것

(마) 시험에 의한 결과 값들은 전원이 제거된 후에도 데이터를 보존 가능하도록 저장 기능이 있어야하며 또한 모든 데이터들은 Raw 데이터로도 저장 가능토록 할 것

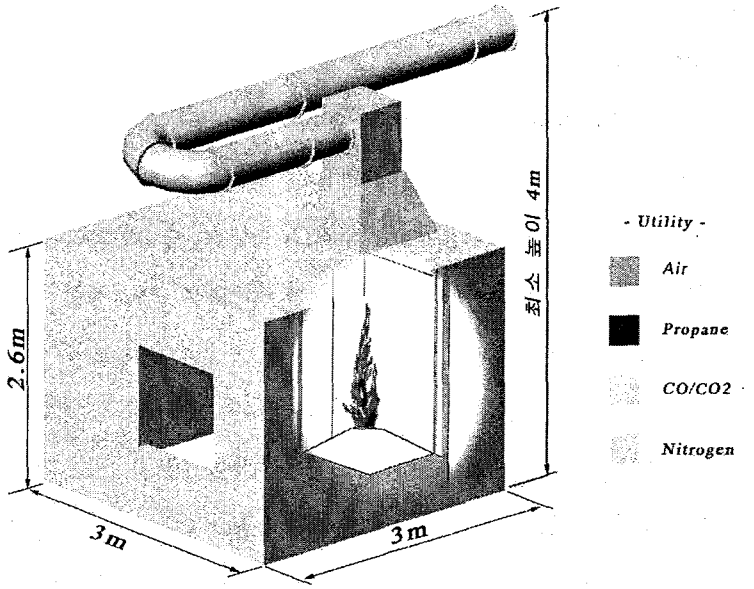
(바) 시험에 의한 결과 출력은 국제규격 prEN 13823에 의거 출력 가능하도록 할 것

(사) 이에 해당하는 프로그램은 운용 PC가 교체되어도 다시 설치 가능하도록 Install Software를 제공 할 것

1.2.3 구성도 및 배치도(참고)

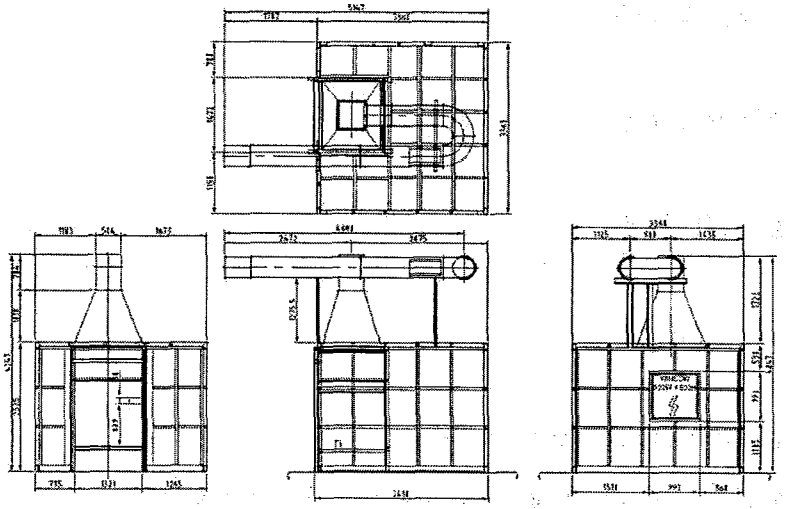
(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.2.3.1 시험설비의 구성도



1.2.3.2 시험설비의 배치도

① SINGLE BURNING ITEM



1.3 배연처리시설

1.3.1 일반사항(General)

1.3.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

- 배연처리시설은 ISO 9705(Room Corner시험기) 및 EN 13823(SBI) 연소장치 및 소형화재시험기에서 발생되는 연소에 따른 Carbon 입자 또는 가스상 물질을 정화시켜 대기에 배출하고자 하는 설비이다.
- 본 설비는 여과집진시설(Bag Filter) 및 Wet Scrubber로 구성되어 배출시설에서 발생되는 함진가스(입자상 물질)를 여과재에 통과시켜 입자를 관성충돌, 차단, 확산 등에 의해 포집하고 가스상 물질을 포집하는 방식이다.
- 포집 먼지의 입자 직경은 0.1 - 20㎛ 범위로 미세 입자에 대한 집진효율이 90 - 99% 정도로 높으며, 여러 가지 형태의 분진을 포집할 수 있다. 집진율에 비하여 시설비 및 유지비가 적게드는 장점이 있다.
- 이러한 설비는 설치 후 운영에 필요한 인허가 업무까지 포함되어야 한다.

1.3.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.3.1.2.1 시험대상의 종류

1.3.1.2.2 시험대상의 사양

1.3.1.2.3 적용 시험 항목

1.3.1.2.4 적용 시험규격

1.3.2 주요사양 (Principal Specification)

1.3.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.3.2.1.1 시험기 제원

1) 방지기기의 선정

① 명 칭 : 여과집진시설

② 형 식 : AIR PULS TYPE

2) 설계 사양

① 인입 가스량 : 100㎥/min

② 형 식 : Air Puls Type

③ 재 질 : SS - 41

3) 설계조건

① 설계가스량 : 100㎥/min 이상의 연소가스를 처리할 수 있는 설비로 구성되어야 한다.

② 설비는 다음의 사항을 포함하거나 동등이상의 것으로 설계되어야 한다.

- 필터 규격은 ø150 × 3000L(1.41㎡/bag · ea) 으로 규정한다.
- 필터 종류는 Bag Filter 타입 또는 동등이상의 것으로 한다.
- 여과속도(V)는 1.5m/min 또는 이상으로 처리할 수 있도록 설계한다.
- 여과면적(A)은 $\frac{Q}{V} = \frac{100㎥/min}{1.5\ m/min}$ = 67㎡ ≒ 75㎡ 또는 이상으로 설계한다.
- filter bag 1ea 여과면적 (a)은
  · a = 1.41㎡ 또는 이상으로 설계한다.
- filter bag 소요수량 (N)

$$N = \frac{A}{a} = \frac{75㎡}{1.41㎡/min.ea}$$

$$= 53EA$$

∴ 여과포 배열을 고려하여 6EA × 9EA = 54EA로 산정 또는 필요시 추가할 수 있다..

③ 제작사양은 다음을 만족하여야 한다.

· 본 체는 다음의 형태로 구성한다.
  ·· 규격은 1600W × 2350L × 5250H 또는 이상으로 할 수 있다.
  ·· 재질은 SS41 4.5T 또는 동등이상으로 하여야 한다.
  ·· 수량은 1set 으로 한다.

· Fiter bag
  ·· 규격은 Ø150 × 3000L 또는 동등이상으로 치부한다
  ·· 재질은 P.E 재질 또는 동등이상의 것을 사용한다.
  ·· 수량은 54EA 또는 이상으로 구성할 수 있다.

2) 인입가스량 및 연소챔버 등에서 발생되는 물질은 추후 업체와 상세제원 파악 후 수정가능하다.

1.3.2.1.2 주요구성품의 치수

1) 여과집진시설(Bag Filter)은 다음을 만족하여야 한다.

- 규격은 1600W × 2350L × 5250H 또는 이상으로 할 수 있다.
- 재질은 SS41 또는 동등이상의 것을 사용한다.

2) Filter Bag 규격

- 규격은 Φ150 × 3000L 또는 동등이상의 것을 사용한다.
- 내열성 또는 동등이상의 재질을 사용하여야 한다.

3) 송풍기의 설계는 다음을 만족하여야 한다.

- 형식은 turbo fan 또는 동등이상의 것을 사용한다.
- 풍량은 100㎥/min 또는 이상으로 설계하여야 한다.
- 풍압은 250mmAq 또는 이상으로 설계하여야 한다.
- 효율은 70% 또는 이상을 만족하여야 한다.
- 동력(HP)은 $\frac{Q \times \Delta P_T}{4,500 \times \eta} = \frac{100 \times 250}{4,500 \times 0.7} \times 1.2\% = 10HP$

∴ 10HP또는 이상의 성능으로 설계해야 한다.

4) 부대시설은 다음과 같이 또는 이상의 설비로 구성되어야 한다.

- ROTARY VALVE
- DIAPHRAGM VALVE
- AIR NOZZLE PIPE
- TIMER
- Air Compressor

1.3.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 여과집진시설(Bag Filter) 중량 : 4톤 또는 동등 이상의 성능으로 구성되어야 한다.

1.3.2.1.4 기계적인 요구조건

- 배연용량에 맞도록 구성 또는 동등한 성능을 만족할 수 있도록 설계되어야 한다.

1.3.2.1.5 전기적인 요구조건

- 전압 : 현장 조건에 맞춤
- 송풍기 : 7.5kw × 1set
- Timer : 220V, 단상

1.3.2.1.6 환경

- 설비의 가동 시 발생되는 소음, 진동 및 비산 등의 부가적인 문제점은 최소화 될 수 있도록 설계되어야 한다.
- 설비의 가동으로 발생되는 부가적인 문제 발생 시 구매자는 계약자에게 시정요구를 할 다.

1.3.2.1.7 제어조건

- 배출오염물질을 정화, 처리할 수 있도록 제어조건을 구성 또는 동등한 성능을 만족할 수 있도록 설계되어야 한다.
- 장비의 가동 및 정지 상태, 필터 등 소모품의 오염상태 또는 교환주기 등은 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 제어 또는 정보가 제공되어야 한다.

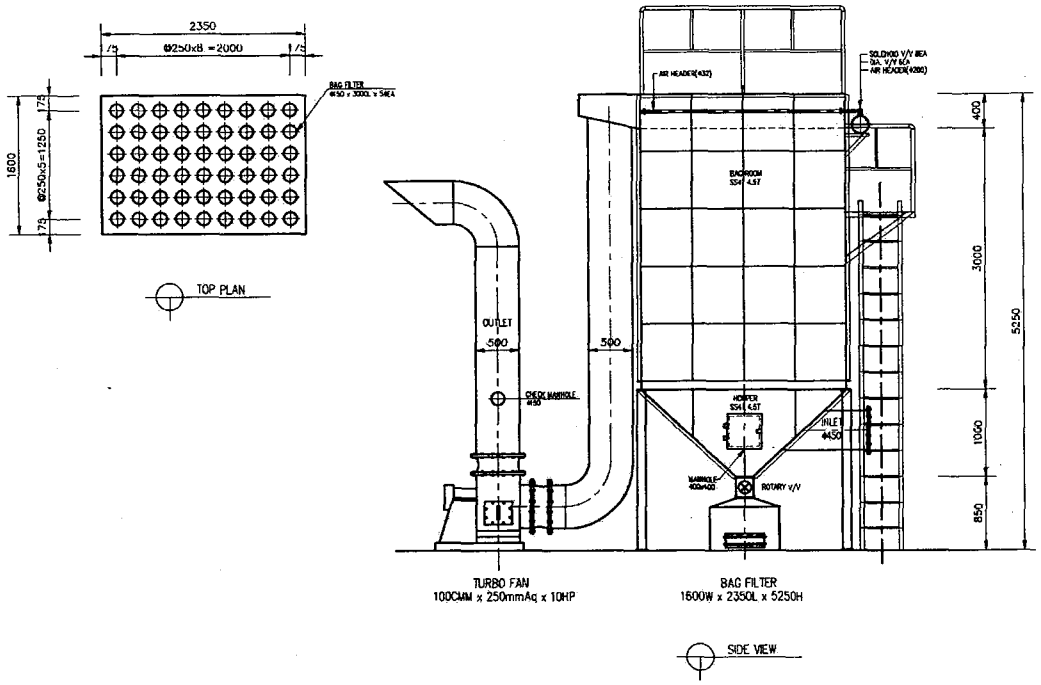
1.3.2.1.8 계측조건 및 정확도

- 설비구축에 따른 정상 작동 시 모든 시험설비로부터 발생되는 대기오염물질의 정화결과자료를 제시하고 법적기준과 비교데이타를 제출하여야 한다.

1.3.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.3.3.1 시험설비의 구성도



1.3.3.2 시험설비의 배치도

- 해당사항 없음

1.4 독성시험기

1.4.1 일반사항(General)

1.4.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

본 장비는 기체의 분자단위에서 발생하는 적외선 흡광 진동의 원리를 이용하여 철도차량 및 시설재료 연소가스에서 발생하는 유독 성분의 가스를 분석하는 FT-IR 분석기로 재료의 연소에서 발생되는 각종 성분에 대한 정량분석이 가능하다. 재료별 연소가스를 발생시키기 위해서는 연소챔버가 다음과 같은 필요하다.

Toxicity Index Chamber는 편평한 시편이 적정한 복사열을 받아 생성된 정적인 연기(Static Smoke)를 일정한 부피(0.73G)의 Chamber내에서 독성 색인(Toxcity Index)을 측정하는 시스템이다. Chamber 옆쪽에 장착된 Valve를 사용하여 측정된다. 좀 더 구체적으로 원리에 대해 살펴보면 다음과 같다.

(가) Toxicity Index Chamber 의 규격 범위

이 실험은 물질의 작은 시편이 주어진 상황에서 완전연소가 일어났을 때, 연소된 물질의 독성 을 조사한다. 이 시험은 연소물질의 전체의 독성에 대한 평가에는 적합하지 않다. 시험은 물질의 질적인 상태를 조절하는데 유용하다. 또한 연구 및 발전에도 유용하다. 시험은 물질의 특정한 연소 특징을 비교하는데 사용될 수 있다. 연소 특징 실험은 실제의 화재 상황에서 위험을 평가하는 데는 적합하지 않다.

(나) Toxicity Index Chamber 정의

NES의 목적을 위한 적용은 다음의 정의를 따른다. Toxicity Index주어진 상황 아래서 완전 연소에 의해 발생된 가스의 Toxicity Factor의 수적인 합이다. 이 Toxicity Factor는 100g의 물질이 1㎥볼륨의 공기 중에서 연소 되었을 때 만들어진다. 산출된 물질의 농도는 30분간 연소 시 사람에게 치명적인 영향을 줄 수 있는 양으로 정의된다.

(다) Toxicity Index Chamber 원리

주어진 화염 상황 아래서 완전 연소로부터 얻어진 물질의 Gas에 대한 분석적 데이터는Toxicity Index를 유추하기 위해서 30분의 연소 시간 안에 각각의 Gas의 적합한

레벨을 이용한다.

1.4.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.4.1.2.1 시험대상의 종류

(가) Interior horizontal supine surface Materials

(나) Interior vertical surface Materials

(다) Interior horizontal prone surface Materials

(라) Exterior minor use materials of mass 400g to 2000g

(마) Seat trim Materials

(바) Interior cables Materials

(사) Exterior cables Materials

1.4.1.2.2 시험대상의 사양

ISO 5660 또는 ISO 5659 규격에 적합한 재료, 가스상태의 시료 등

1.4.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 연소가스 독성성분 실시간 정성, 정량분석
(나) 가스상 시료 정성, 정량분석

1.4.1.2.4 적용 시험규격

(가) BS 6853

- acceptable control of the risk of ignition has been achieved;
-acceptable control of the rate of and total emission of heart,smoke and toxic fume has been achieved for all major usage materials and surface when exposed to a source of ignition;
- acceptable resistance to fire has been achieved for all materials and items required to perform as a barrier to fire or which are required to perform some fuction when exposed to fire.

(나) NES 713 : Naval Engineering Standard 713;

- Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimen of materials

1.4.2 주요사양 (Principal Specification)

1.4.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.4.2.1.1 시험기 제원

(가) 독성성분분석기기의 사양(FT-IR)

A. 장비는 다음 또는 동등 이상으로 구성되어야 한다.

1. 0.5cm-1 resolution
2. Hermetically sealed
3. Compact and suitable for portable applications
4. Compatible with wide variety of industrial sample interfaces
5. PC compatible data system with easy-to use WindowsTM software

B. 장비의 상세사양은 다음을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

1. Optical System 1 set
   1) IR분석범위는 7800~650 cm-1이어야 한다.
   2) 파장정밀도는 0.01 cm-1이상이어야 한다.
   3) 분해능은 0.5cm-1 ~ 32 cm-1 범위여야 한다.
   4) Ordinate precision : 0.1%T
   5) Interferometer : Michelson type with dual mechanical bearings and liner force monitor 이어야 한다.
   6)Beam splitter : ZnSe
   7)Detector : MCT detector
   8)Source : 1650 K, high energy SiC, air cooled
   9)Mirror control : HeNe Laser with quadrature phase detectors
   10)Reflector: gold coated, diamond turned
   11) Purge : Dry N2 or air is purgeable

2. 10 m Gas cell , ZnSe windows
3. Interface for 10 m gas cell
4. Heating option for 10 m gas cell
5. 10cm Gas cell, ZnSe windows
6. Interface for 10 cm gas cell
7. Heating option for 10 cm gas cell
8. Electronically Actuated Rotary Optical switches
9. Base plate
10. Peripheral device package

Includes power supply, fiber optic distribution board, numerical display For up to 2
pressure sensors, temperature and limit controllers for up to 2 heater bands, and
redundant high current relays. Controls temperatures to 240 Celsius and monitors
pressure with transducer. Allows for data transfer to computer for recording
information on spectra file headers. Temperature controller accuracy 1% full scale +
ILSD (40 degrees F to 500 degrees F). Communicates with data system via fiber optic
distribution board, with spectrometer via 25 pin ribbon cable, and with up to four valve
manifolds via 15 pin connectors.

11. Pressure transducer, 0-30 psi

Calibrated and temperature-compensated industrial pressure transducer

12. Corrosion-Resistant, oilless diaphragm pump Capable of pumping virtually and gas
or vapor. The pump has an infinitely variable flow over full performance curves.
Corrosion resistant features include : pressure or vacuum operation, PSC motor, Teflon
coated head assembly, stainless steel valves, Neoprene diaphragm, Armalon diaphragm,
muffler. Capacity to 31 LPM

13. Software- AutoQuant Pro

For Windows 2000, both dual and single ADC. Features automated data collection and
real-time spectral analysis with alarm outputs (implemented by means of an advanced
multivariate algorithm originally developed by engineers at NASA Kennedy Space
Center). This algorithm has been enhanced to allow analysis of nonlinear components
using a proprietary piece-wise linear fit approach.
Spectra an quantitative results may be archived; and time of collection, concentration,
and error analysis data may be later exported to any program(Excel, Lotus,

etc.) or
used to generate concentration versus time plots for individual components.
With appropriate hardware, data can be transmitted via an analog current line(4-20mA),
or using dynamic data exchange (DDE) or net DDE.
Concentration data can automatically be corrected for temperature and pressure changes, and mass emissions can be calculated in near real time.
The AutoQuant software package is based on a C++ platform. New features include:
Enhanced user interface, spectral search function,faster calculations, additional choices
for concentration calculations and enhanced data display capabilities. Spectral files
collected in AutoQuant are compatible with Galatic's GRAMS and may also be converted
to Galatic's LabCalc format
14. Mobile cart
15. Local Supply PC
-Intel Pentium 4
-HDD 120GB
-RAM 1GB
-HP Inkjet Printer

(나) 연소챔버의 사양

① Chamber는 최소 0.7㎥의 볼륨의 밀폐공간이어야 한다. 투명한 플라스틱 판넬이 장착된 불투명한 플라스틱 판금이 된 문을 사용한다.

어떤 연소 기체 물질은 Chamber의 벽에 반응을 하거나 흡수된다. Chamber를 구성하는 물질은 이런 것들을 최소화 해야 한다. 투명함을 필요로 하는 곳에는 Polycarbonate를 포함한 Polypropylene가 적합하다.

② Chamber는 강제적인 공기배출시스템이 장착되어있어야 한다.

③ Chamber에는 샘플링을 할 수 있는 부분이 있어야 한다.

④ Chamber은 Mixing Fan을 켜고 끌 수 있는 스위치가 있어야 한다.

1.4.2.1.2 주요구성품의 치수

- ISO5659-2 Smoke Test Chamber : 1600(W) x 800(D) x 1900(H)

- FTIR Spectrometer Gas analysis system: 1000(W) x 900(D) x 1200(H)

1.4.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 제작사양에 따름

1.4.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 독성성분분석기기(FT-IR)

- 이동측정 또는 고정측정이 가능하도록 구성 및 외부 진동에 영향이 없어야 함

(나) 연소챔버

- Test chamber내의 연소거동을 측정할수 있는 Door내 Window 장착
- 연소시간 설정을 위한 Gas burner의 Solenoid valve 제어와 Stirrer fan등의 자동제어 가 가능한 Auto 모드 추가
- Gas Burner의 온도를 측정가능한 열전대 및 온도 지시계 설치
- 독성의 농도를 표시하도록 하는 검지관의 Auto pump 설치
- Chamber 좌측면의 12개의 독성 분석관 설치

1.4.2.1.5 전기적인 요구조건

- 제작사양을 따른다

1.4.2.1.6 환경

(가) 검측기 부분의 밀폐로 시험기의 환경 또는 실험실의 환경과 무관함

1.4.2.1.7 제어조건

(가) 연소챔버

- Gas (10 l/min, 30 psi), Air(15 l/min, 30 psi)의 유량 조절가능
- 비상시 Gas 공급을 차단시키는 Emergency switch
- 시험 연소후 배출가스 배출시스템의 Auto On/Off
- 챔버내 Mixing Fan의 Auto On/Off
- Main burner 온도 표시

(나) 독성성분분석기기

- 별도의 제어조건은 없음

1.4.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 독성성분분석기기

1. Optical System
 1)Spectral range : 7800~650 cm-1
 2)Wavenumber accuracy : 0.01 cm-1
 3)Resolution : 0.5cm-1 ~ 32 cm-1
 4)Ordinate precision : 0.1%T
 5)Interferometer : Michelson type with dual mechanical bearings and liner force monitor
 6)Beam splitter : ZnSe
 7)Detector : MCT detector
 8)Source : 1650 K, high energy SiC, air cooled
 9)Mirror control : HeNe Laser with quadrature phase detectors
 10)Reflector: gold coated, diamond turned
 11)Purge : Dry N2 or air is purgeable
2. 10 m Gas cell , ZnSe windows
3. Interface for 10 m gas cell
4. Heating option for 10 m gas cell
5. 10cm Gas cell, ZnSe windows
6. Interface for 10 cm gas cell
7. Heating option for 10 cm gas cell
8. Electronically Actuated Rotary Optical switches
9. Base plate
10. Peripheral device package

Includes power supply, fiber optic distribution board, numerical display For up to 2 pressure sensors, temperature and limit controllers for up to 2 heater bands, and redundant high current relays. Controls temperatures to 240 Celsius and monitors pressure with transducer. Allows for data transfer to computer for recording information on spectra file headers. Temperature controller accuracy 1% full scale + ILSD (40 degrees F to 500 degrees F). Communicates with data system via fiber optic distribution board, with spectrometer via 25 pin ribbon cable, and with up to four valve manifolds via 15 pin connectors.

11. Pressure transducer, 0-30 psi

Calibrated and temperature-compensated industrial pressure transducer

12. Corrosion-Resistant, oilless diaphragm pump

Capable of pumping virtually and gas or vapor. The pump has an infinitely variable flow over full performance curves. Corrosion resistant features include : pressure or vacuum operation, PSC motor, Teflon coated head assembly,

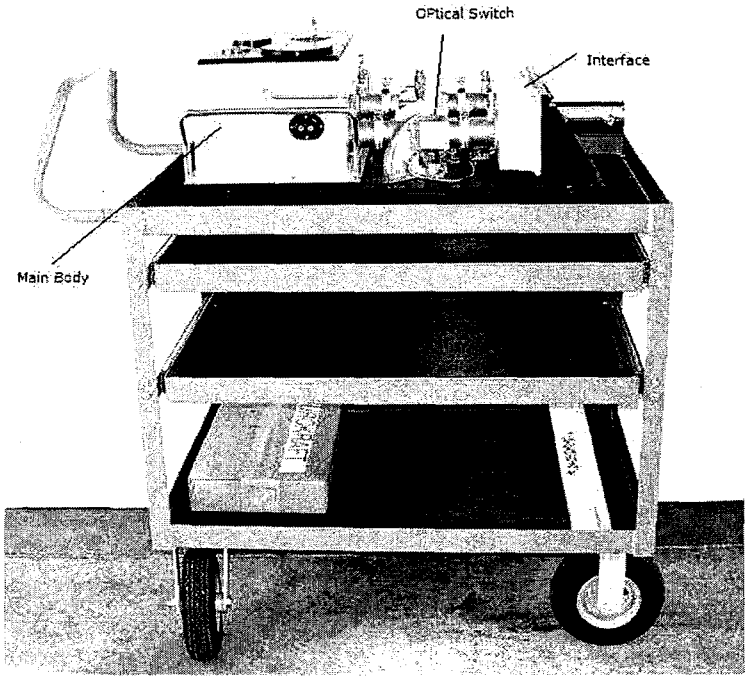
stainless steel valves, Neoprene diaphragm, Armalon diaphragm, muffler. Capacity to 31 LPM

1.4.3 구성도 및 배치도(참고)

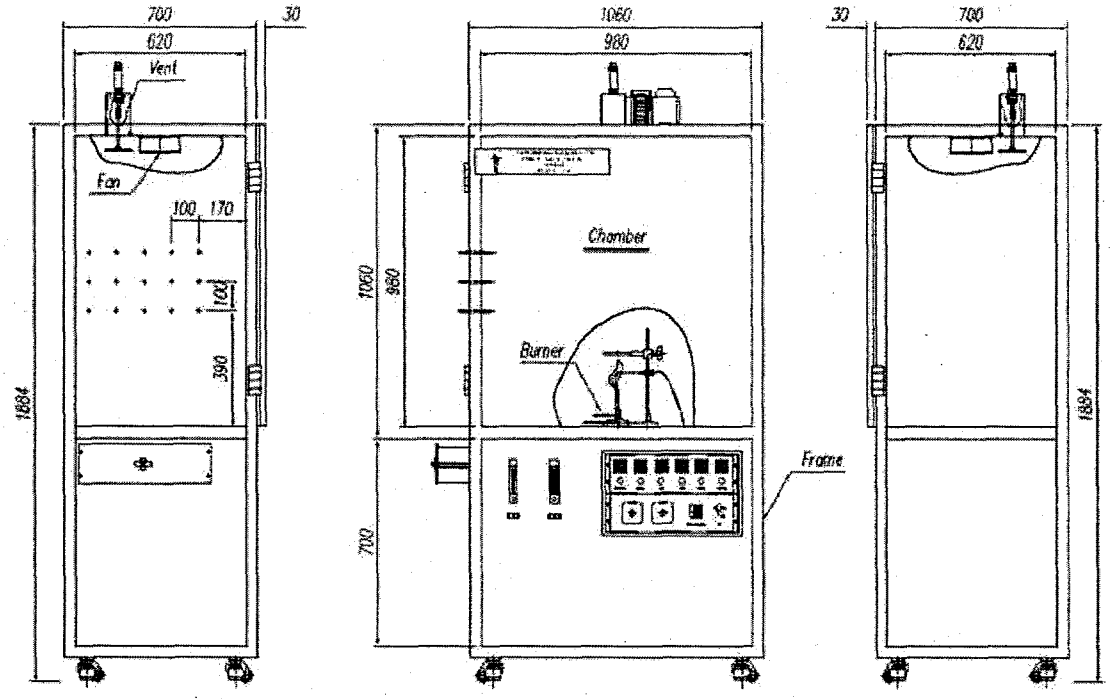
(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.4.3.1 시험설비의 구성도

(가) 독성성분분석기기



(나) 연소챔버



1.4.3.2 시험설비의 배치도

- 해당사항 없음

1.5 연기시험기(3M Cube)

1.5.1 일반사항(General)

1.5.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

본 연기시험기(3M Cube Smoke Tester, IEC 60134)는 전선류(Cables), 매트리스, seating 재료 등의 화재 시 발생되는 연기밀도(Smoke Density)가 본 장비로의 시험시 연소거동(Burrning performance)에 따른 인명 피해 및 피난 예측 또는 소화능력과의 상관성이 얼마나 중요한가를 보여주는 장비이다. 본 장비는 IEC 60134에 의해 정확하고 자세하게 언급될 것이며, 전선 또는 광케이블이 규정된 조건(예, 수평으로 놓여진 전선묶음 다발)하에서 연소 시 생성된 연기발생량을 측정하는 장비이며, 이때 발생된 광학적 투과율(l_t)에 의한 연기밀도(D_s)로서 측정된다.

1.5.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.5.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 철도차량 내외장재료
(나) 각종 플라스틱 및 복합재료
(다) 각종 천연 및 합성고무
(라) 각종 섬유 및 쿠션류
(라) 전선(Electrical Cables)
(마) 광케이블(Optical Cables)
(바) 전선묶음류(Bunched Cables)

1.5.1.2.2 시험대상의 사양

(가) seating 류 : 400(mm) × 400(mm)
(나) flooring 류 : min. 300(mm) × 300(mm), max 600(mm) × 600(mm)

1.5.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 광학적 투과율(light transmittance, l_t) 측정
(나) 연기밀도(Smoke Density, D_s) 측정

1.5.1.2.4 적용 시험규격

(가) IEC 61034-1, 1997-08

;Measurement of smoke density of cable - burning under defined conditions

1.5.2 주요사양 (Principal Specification)

1.5.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.5.2.1.1 시험기 제원

(가) 3 meter cube assembly

- Frame dimension : 3000(W) × 3000(D) × 3000(H)
- Frame material : Stainless Steel SUS 301
- Transparent sealed window : 100 × 100 mm
- Foundation Fixeds : Fixture unit
- Electrical Power : 220 V AC, 60 Hz, 15 A

(나) Standard fire source (Alcohol tray)

- Demension

① bottom base : 210mm × 110mm

② top base : 240mm × 140mm

③ height : 80 mm

④ all demension : ±2mm

⑤ thickness of tray : 1.0mm ± 0.1mm

- Fire source : 1.00 liter ± 0.01 litre

① Ethanol : 90% ± 1%

② Methanol : 4% ± 1%

③ Water : 6% ± 1%

(다) Photometric system

- Nominal power : 100W
- Nominal voltage : 12V dc
- Nominal luminous flux : 2,000 lm to 3,000 lm
- Nominal colour temperature : 2,800K to 3,200K
- The light source shall be maintained at an operating voltage require to provide

a brightness temperature of 2200±100°K

- The light source shall be an incandescent lamp.

(라) Smoke stirrer fan and Sample mounting frames

- Sample mounting frame material : Stainless Steel SUS 304
- Fan Flow : 7 m^3/min ~ 15 m^3/min

(마) Extraction fan and ducting

- Fan Flow : 7 m^3/min ~ 15 m^3/min
- Stainless Steel SUS 301
- Blower ; MS11/080-Multi Stage

(바) Data Acquisition System

- NI PCI card for Data Acquisition & Control
- Application software '3 M Cube'
- Pesonal Computer & PC Printer for Data Result

1.5.2.1.2 주요구성품의 치수

(가) Test Room (3M Cube) : 3000(W) × 3000(D) × 3000(H)

(나) Alcohol tray

① bottom base : 210mm × 110mm

② top base : 240mm × 140mm

③ height : 80 mm

④ thickness of tray : 1.0mm ± 0.1mm

1.5.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 제작사양 따름

1.5.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 연소체적을 정확하게 3M Cube(3m^3)로 제작할 것

(나) Test Room내에는 반드시 내화단열재 혹은 Calcium Slicate Board로 마감 처리가 되어있을 것

(다) Fire Source는 정확하게 ethanol : 90% ± 1%, methanol : 4% ± 1% water : 6% ± 1% 로 구성될 것

(라) Optical path height 는 정확하게 2,150mm로 맞추며, Zero(0%)/Span(100%) Calibration이 가능할 것

(마) 연소가스의 교반을 위한 Fan Flow는 정확하게 7 m^3/min ~ 15 m^3/min 만족해야 하며, Fan flow의 방향은 Door에서 Light soure 방향으로 진행되어야 한다.

1.5.2.1.5 전기적인 요구조건

(1) 1Φ, 230VAC, 60Hz, 5A

1.5.2.1.6 환경

(가) Test Room 내의 진입이 용이 하도록 Door를 설치할 것

(나) 시험 후 7 m^3/min ~ 15 m^3/min의 유속으로 연소가스가 배출가능하도록 한느 배출Port를 Test Room 외부에 설치 할 것

1.5.2.1.7 제어조건

(가) 가로, 세로, 높이 3M내의 Test Room 내의 연소가스의 교반이 가능하게 하는 Fan flow(7 m^3/min ~ 15 m^3/min)의 조절

(나) Fire Source(Alcohol tray) 점화 제어

(다) Optical System의 Span(100%)/Zero(0%) Calibration 제어

1.5.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 전선 묶음의 연소거동 측정

(나) 전선 묶음의 착화 시간 및 연소시간 측정

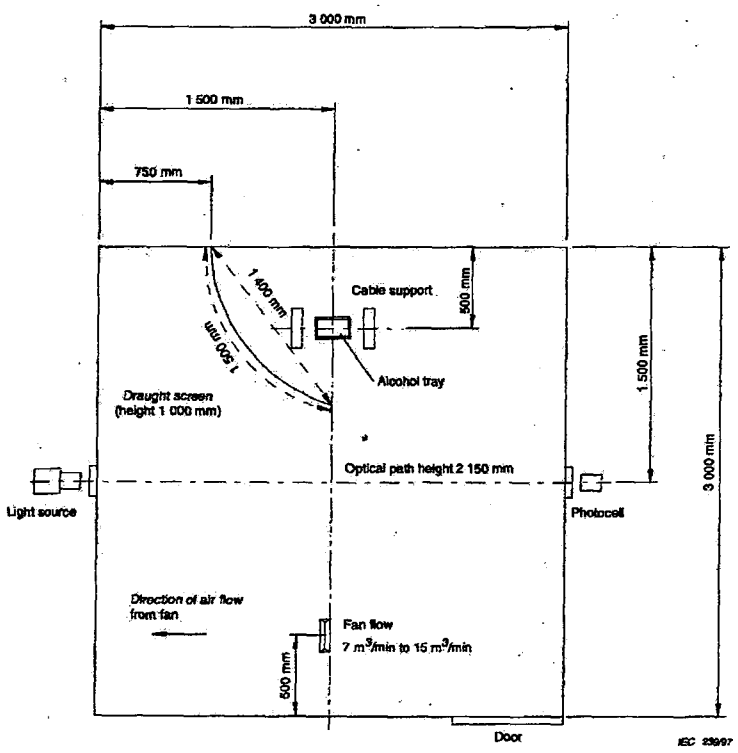
(다) 규격 IEC 60134-1에 정확히 만족하는 연기밀도 값(A_m, A_0)의 측정

1.5.3 구성도 및 배치도(참고)

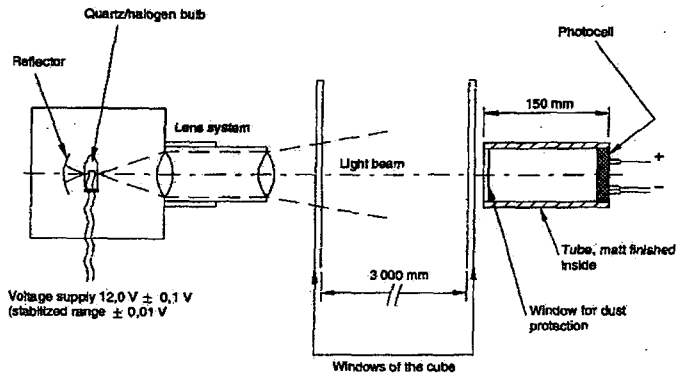
(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.5.3.1 시험설비의 구성도

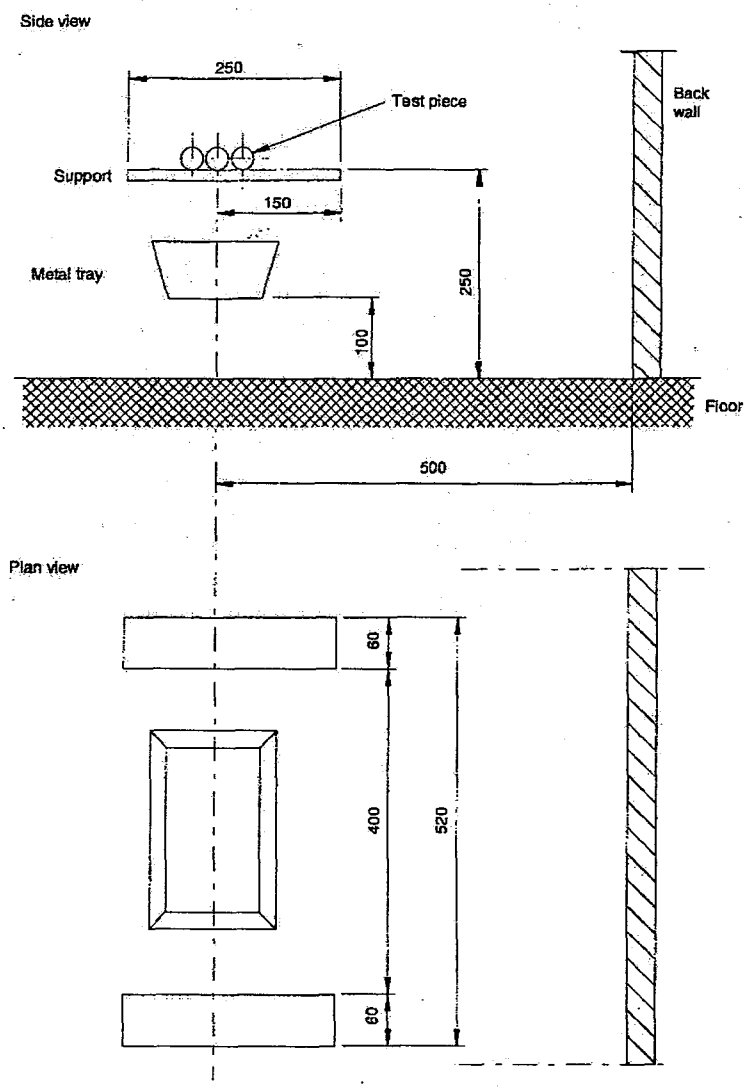
(가) Test Room 내부



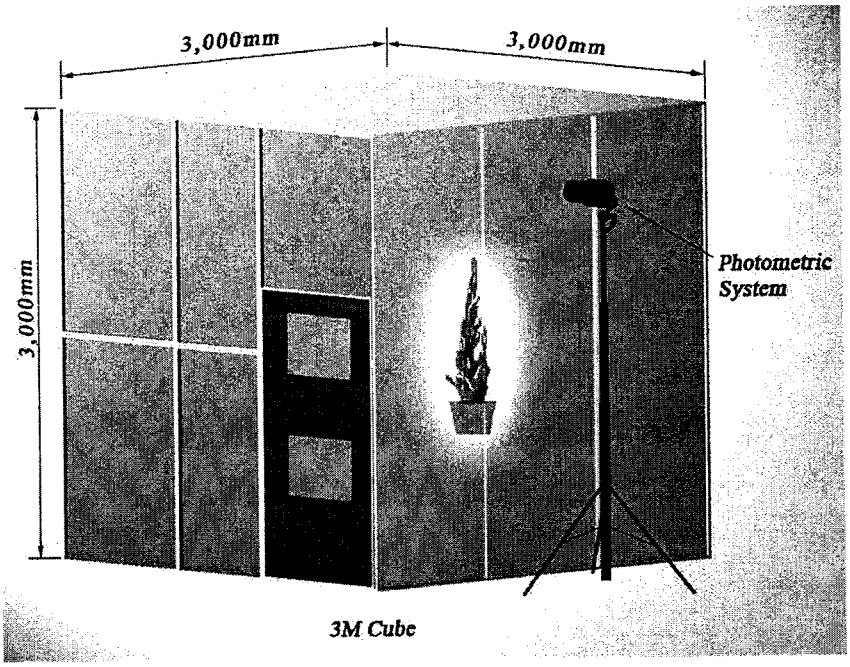
(나) Photometric System



(다) 시험편 거치 방법


Side view
250
Test piece
Back wall
Support
150
Metal tray
250
100
Floor
500
Plan view
60
400
520
60

1.5.3.2 시험설비의 배치도



1.6 발열량 시험기(콘-칼로리미터)

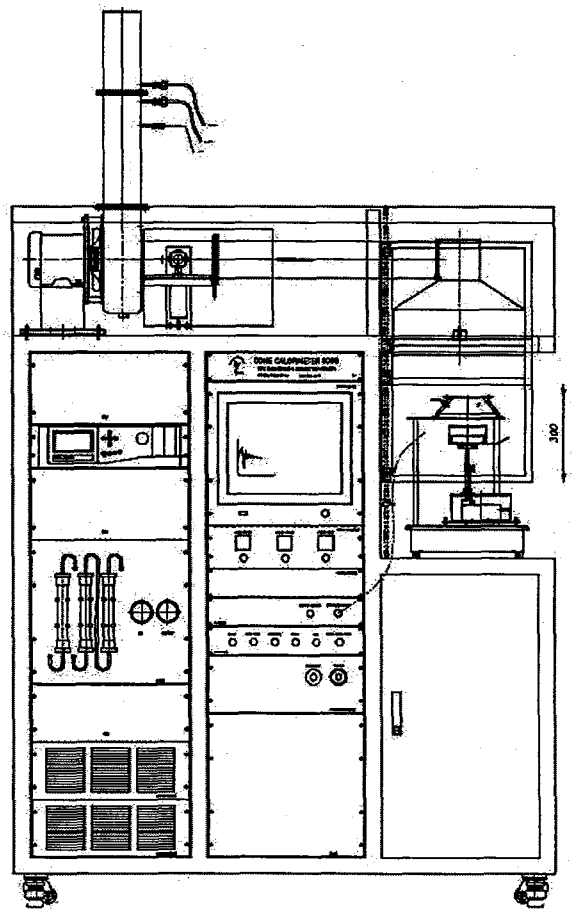
1.6.1 일반사항(General)

1.6.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

1.6.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

발열량 시험기 (Cone Calorimeter)는 수평방향에서 외부 점화장치를 부착한 상태로 일정하게 조절된 크기의 복사열에 노출된 시편의 열방출률을 평가하는 장치이며, 유래는 Dr. Vytenis Babrauskas가 NIST에서 개발한 bench scale oxygen depletion은 100㎾/㎡까지의 flux를 가지고 test specimen(100㎜×100㎜)을 조사하기 위해서 사용했던 원뿔 형의 heater 모양에서 유래되었다.

발열량 시험기 (Cone Calorimeter)의 시험방법은 순 연소열량은 연소에 필요한 산소의 양에 비례한다는 점을 기초로 산소 1kg이 소모될 때 13.1 MJ/kg의 열량을 발생한다는 기본원리에서 시작되며 시험재료에서 발생하는 열방출율, 착화시간, 산소소모량, 일산화탄소 및 이산화 탄소의 생성량, 연소된 가스의 유량 등이 측정된다.



1.6.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.6.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 금속, 목재, 콘크리트, 광물질섬유, 고분자와 같이 단일 물질이거나 균일하게 분산된 혼합물의 가로 100mm, 세로 100mm, 두께 50 mm의 물질

(나) 그 구성에 관한 정보를 필요로 하는 재료(material), 복합재료(composite) 또는 조립품(assembly)의 가로 100mm, 세로 100mm, 두께 50 mm의 물질

(다) 개지(substrate) 또는 마감재(treatment)와 함께 시험을 실시해야 하는 제품을 대표하는 일부분

1.6.1.2.2 시험대상의 사양

(가) 노출면이 완전히 평평한 것

(나) 노출면 전체에 걸쳐서 불규칙한 표면이 고르게 분포된 것으로서 다음에 해당되는 것

① 100㎜×100㎜ 시편표면의 50% 이상이 노출면의 가장 높은 지점으로부터 10mm 깊이이내에 있거나

② 균열, 틈 또는 구멍이 폭 8mm, 깊이 10mm를 초과하지 않는 표면의 경우 균열, 틈 또는 구멍의 합계 면적이 100㎜×100㎜인 시편 노출면의 30%를 초과하지 않은 것

(다) 노출면이 상기 항목의 ① 또는 ② 의 조건을 만족하지 못할 때 그 제품은 상기항목의 사양 조건을 만족시킬 수 있는 형태로 변형시켜서 시험을 실시해야 한다. 시험보고서에는 제품에 대한 시험이 변형된 형태로 실시되었다는 사실을 기재해야 하고, 변형방법 또한 명확하게 기술해야 한다.

1.6.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 시편에 가해지는 복사열 (Heat Flux, 단위: kW/m2)

(나) 연소가스 배출속도 (Exhaust duct flow rate, 단위: l/s)

(다) Orifice 교정상수 (C factor, 단위:1/kg·m·K)

(라) 착화시간 및 소화시간 (Ignition time and Extinguisment time, 단위: s)

(마) 전체 산소소모량 (Total oxygen consumption, 단위: g)

(바) 전체 연소가스 배출량 (Total Smoke Release, 단위: m/m2)

(사) 질량감소양 및 질량 감소율 (Mass loss and Mass loss rate, 단위: g, g/s)

(아) 열방출률 (Heat release rate, 단위: MJ/kg, kw/m2)

(자) 유효연소열 (Effective heat of combustion, 단위: MJ/kg)

(차) 일산화탄소 발생량 (Carbon monoxide yield, 단위: kg/kg)

(카) 이산화탄소 발생량 (Carbon dioxide yield, 단위: kg/kg)

1.6.1.2.4 적용 시험규격

(가) ISO 5660

: Reaction to fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate

(나) ASTM E 1354

: Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter

(다) BS 476 Pt.15

: Fire tests on building materials and structures - Method for measuring the rate of heat release of products

1.6.2 주요사양 (Principal Specification)

1.6.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.6.2.1.1 시험기 제원

(가) 특징 (FEATURES)

- Conical Heater (0 ~ 100 ㎾/㎡)
- Automatic Shutter Mechanism for portection specimen
- Automatic portection doors from conical heater
- Specimen Holders

; 100㎜ × 100㎜ × up to 50㎜ thick, Horizontal and Vertical orientation

- Load Cell ; Accuracy of 0.1g, total weight range of 2 kg
- Spark Ignition ; Automatic moving on specimen, 10 kV spark generator
- Exhaust System ; Range of flow(0-50 g/s), Normal operation is at a nominal 24 l/s
- Gas Sampling ; Ring sampler, cold trap, pump, drying columns, flow control

- Gas purity analyser ; Servomex Xentra 4100,

① Oxygen : Range 0-25%, accuracy of better than 50 ppm

② Carbon Dioxide and Carbon Monoxide

: NDIR gas analysers, span gas range(8.5 & 0.85)

- Smoke Obscuration ; 0.5㎽ Helium Neon laser
- Heat Flux Meter

① Schmidt - Boelter type

② Range : 0 ~ 100 ± 10 ㎾/㎡

③ Surface emissivity : ε=0.95± 0.05

④ Portable water cooler for heat flux meter

- Calibration Burner ; Calibrate the rate of heat release by methane of 99.5% purity.
- Analysis rack ; Extention using in large calorimeter
- Data collection

① Hand controller

: Easy moving shutter and protection door, input data (e.g : start and end of test, ignition)

② 32 channel A/D interface and Windows software

(나) 기본 구조물 (Base Structure Units)은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Frame dimension ; 1700(W) × 748(D) × 2806(H)
- Stainless Steel SUS 304
- Foundation Fixeds ; Fixture unit
- Electrical Power ; 220 V AC, 60 Hz, 30 A

(다) Gas analysis은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Servomex Xentra 4100
- 4100 Gas purity analyser
- Oxygen ; 0 - 25%, ±50 ppm full scale respone time of less than 12 s

- Carbon Dioxide and Carbon Monoxide

① Carbon Dioxide : 0 - 10%

② Carbon Monoxide : 0 - 1%

(라) Data logger은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Agilent 34970A

① 34970A DMM auto-range mode

② PC via RS-232 and Benchlink Datalogger

③ 4.5 digit mode

④ Autoranging, autozero, alarms

(마) Analysis rack은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- 17" LCD Screen for control & Aqusition Data
- Cold trap : 0 ~ 5 ℃ (Included drain valve)
- Pump

① Diaphragm Pump, B 85 series

② Flow rate : 33 ℓ/min

③ Vaccum : 700 ㎜ Hg

④ Pressure : 2.5 bar

- Drying column

① Removing water : Drierite (or silica gel)

② Removing CO2 : Ascarite (or soda lime)

- Flow Controller

(바) Exhaust gas System은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Stainless Steel SUS 301
- Blower ; MS11/080-Multi Stage
- Ring Sampler

; 58P filter element housing

- Heated Analytical Line(above 3 meter long)

- Different Pressure Transducers

① Range : 0 ~ 500 PASCAL

② Output : 0.05 ~ 5.05V DC

- Smoke Obscuration ; 0.5 ㎽ Helium Neon laser

(사) Main body Application은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Conical Heater ; 0 ~ 100 ㎾/㎡

- Load cell

① Accuracy of 0.1g, total weight range of 2 kg

② Model : 505H RS

③ Thread type : Metric

- Calibration Burner

① Methane of 99.5% purity

② Mass Flow Meter : MKS, model. M10MB34CS3BV-S

- Automatic Shutter Mechanism

- Automatic portection doors

- Specimen Holders (each of orientation)

① 100㎜ × 100㎜ × up to 50㎜ thick

② Material : Stainless Steel SUS 301

③ Type : Horizontal and Vertical orientation

- Aluminium foil ; for wrapping the specimen

- Heat Flux Meter

① Model No : GTW-10-32-485A

② Sensor type : Schmidt - Boelter

③ Surface emissivity : $\varepsilon = 0.95 \pm 0.05$

- Portable water cooling system for heatfluxmeter

① water flow rate : 1~2 ℓ/min

② Pressure : 40 psi

(아) DAQ System은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Three A/D trigger modes
 : software trigger, programmable pacer trigger, and external pulse trigger pulse trigger
- 16-bit digital input and 16-bit output
- Two 12-bit monolithic multiplying analog output channels
- 3 independent programmable 16-bit down counters
- Compact, half-size PCB
- 37-pin D-type connector
- NI6025E

① Bus : PCI, PXI, Compact PCI
② Analog Inputs : 16 SE/8 DI
③ Resolution : 12 bits
④ Sampling rate : 200 kS/s
⑤ Input Range : ¡¾0.05 to ¡¾10V
⑥ Analog Outputs : 2
⑦ Resolution : 12 bits
⑧ Output rate : 10 kS/s1
⑨ Output Range : ¡¾10V
⑩ Digital I/O : 32
⑪ Counter : 2
⑫ Timers : 24-bit
⑬ Triggers

- Personal Computer

① Monitor : 17" CRT
② Processor : Pentium Ⅳ2.7
③ Hard Disc : 80G

(자) Application Software

- Basic loading Test Program

- DAQ Test Program
- Dual Cone Calorimeter DAQ Program
- Test Calibration Program
- Window 2000 (O/S)

(카) Hood & Dust

- Dust Collector ; FDCS-60
- Hood : ∅ 600
  ① duct : ∅ 250, ∅ 150, etc
- Dust Collector ; FDCS-60
- Hood : ∅ 600
  ① duct : ∅ 250, ∅ 150, etc
  ② flow rate : maximum 50 ℓ/s

(타) Gas Utilities

- 2 stage Regulator 3 ea
- Methane Gas
  ① purity : 99.5 %
  ② Maximum flow rate : 25 ℓ/min
  ③ pressure : 2 bar
- Calibration Gas of CO / CO2
  ① Typical range: 8.5% CO2, 0.85% CO
  ② Maximum pressure : 0.8 bar
  ③ Flow rate : 3.5 ℓ/min
- Oxygen free Nitrogen
  ① Maximum flow rate : 7 ℓ/min
  ② Maximum pressure : 0.8 bar

(파) Spare parts

- Part List

① Drying column

② 6723 HEPA Vent Filter

③ 0.1micron BA 100 Filter element

④ Service Kit for pump(B 85 series)

⑤ Standard Reference Material PMMA

(하) User's Guidance

① Calibrate with reference material : PMMA Cast sheet

② Mechanical & Software Manual

③ Software Install CD

1.6.2.1.2 주요구성품의 치수

(가) Main Body : 1750(W)×600(D)×1802(H)

(나) Hood & Duct : [Hood : 420(W)×420(D)×350(H)], [Duct : 1250(W), ø 114]

(다) Analysis 19" Rack : 800(W)×600(D)×1750(H)

(라) Total Assembly : 1750(W)×600(D)×2806(H)

1.6.2.1.3 주요 구성품의 중량

(가) Main Body : 약 240 Kg

(나) Hood & Duct : 약 48 Kg

(다) Blower : 60 kg

1.6.2.1.4 기계적인 요구조건

장비의 기계적인 요구조건은 다음의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이야 한다.

(가) Conical Heater는 사용전압에서 5000W를 낼 수 있는 전기히터 봉으로 구성될 것

(나) 복사열 차단장치(Radiation Sheild)는 전체 두께가 12mm를 초과하지 않는 불연성 재료로 제작하며, 복사열 전달을 최소화하기 위해 상부표면에 열을 반사할수 있는 금속이나, 세라믹으로 제작할 것

(다) 열류계는 Schmidt-Boelter type일 것

(라) 착화시간과 열방출율에 영향을 주지 않도록 Safety Screen을 장착할 것

(마) 10kV을 Spark를 일으킬 수 있는 점화기(Ignitor)를 설치하며, 점화 플러그의 간견은 3mm, 전극의 길이와 스파크 플러그의 위치는 시편 중앙으로부터 13mm 상부에 위치

(바) 유량측정용 배출가스 시스템은 오리피스판을 사용한 압력차에 의해 유량을 측정할 것

(사) 가스 샘플링을 위한 Ring Smapler는 Soot으로부터 엉겨붙는 것을 방지하기 위하여 연소가스의 흐름면으로부터 반대쪽으로 설치 할 것

1.6.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) 운전 및 제어 : 1Φ, 220Vac, 60Hz

1.6.2.1.6 환경

(가) 온도가 15~30℃ 이고 상대습도 20~80%인 통풍이 자유로운 실내

(나) 시험 시 시험진행자의 안전을 고려한 대피장소와 안전대책

1.6.2.1.7 제어조건

(가) 열유량계(heat fluxmeter)는 0~100 kW/m^2까지의 측정이 가능해야 하며, 정확도는 ±3%, 반복 정밀도는 ±0.5% 이내어야 한다.

(나) 열유량계를 조절하기 위한 복사열 조절(Irradiance control)은 열전대의 평균 온도를 ±10℃ 이내로 유지할 수 있어야 한다.

(다) 질량측정장치(Weighing control)은 최소 500g 이상의 시편의 질량을 측정할 수 있어 야 하며, 정확도가 ±0.1g 이상이어야 하고, 10%~90% 까지의 응답시간이 4초 이내어야 한다.

(라)유량 측정용 배출가스 시스템 (Exhaust gas system with flow measuring instrumentation)은 표준온도, 표준압력 조건에서 최소 0.024 m^3/s(24 l/s)이상의 유량을 발생시켜야 한다.

(마) 연소시 발생되는 Soot으로부터 가스분석기를 보호하기위한 Cold trap의 온도 조절이 가능하도록 할것

(바) 점화타이머(Ignition timer)는 1시간에 1초이내의 정확도를 가질 것

(사) 산소분석기(Oxygen analyser)의 Full-scale 응답시간의 10% ~ 90%까지의 응답시간은 12초 미만이어야 한다.

1.6.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 복사열 조절장치의 응답특성 (Irradiance control system response characteristics)은 PMMA(흑색, Poly-Methyl-Methacrylate) 시편 최소 6mm 이상일 때 착화 후 처음 3분동안에 기록된 평균 열방출율은 590kW/m^2 이상이어야 하며, 시험을 실시하는 동안 평균이터 온도는 5초 간격으로 기록해야 한다.

(나) 복사열 조절장치는 비례, 적분, 미분 온도제어 가능 해야 한다.

(다) 데어터 수집 및 분석 시스템은 산소분석기, 오리피스미터, 열전대 및 중량 측정장치로부터 나오는 출력값을 기록할 수 있는 기능을 갖고 있어야 한며, 데이터 수집시스템의 정확도는 다음과 같다.

① 산소채널 : 50 ppm 이상

② 온도측정채널 : 0.5 ℃ 이상

③ 다른 계측채널 : Full-scale 측정출력의 0.01% 이상

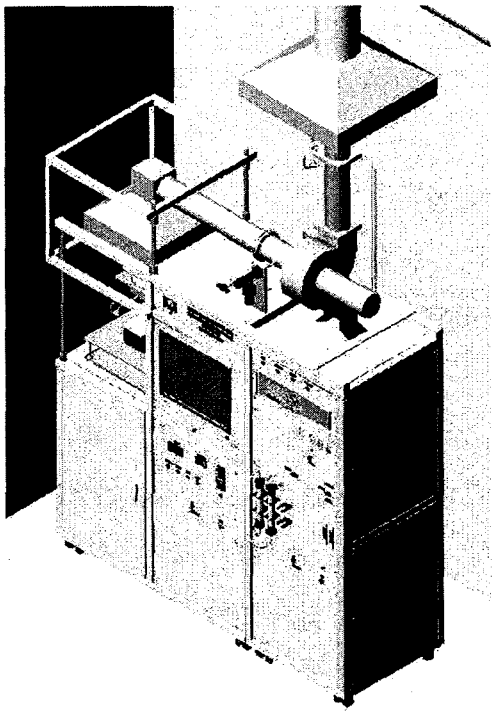
④ 시간채널 : 0.1 % 이상

(라) 데이터 수집 및 분석 시스템은 초단위로 기록할 수 있어야 하고, 각 변수당 최소 720개의 데이터를 저장할 수 있어야 한다. 매 시험마다 기록된 원데이터(raw data)는 복구하여 소프트웨어의 정확도를 확인하는데 사용할 수 있도록 정장되어야 한다.

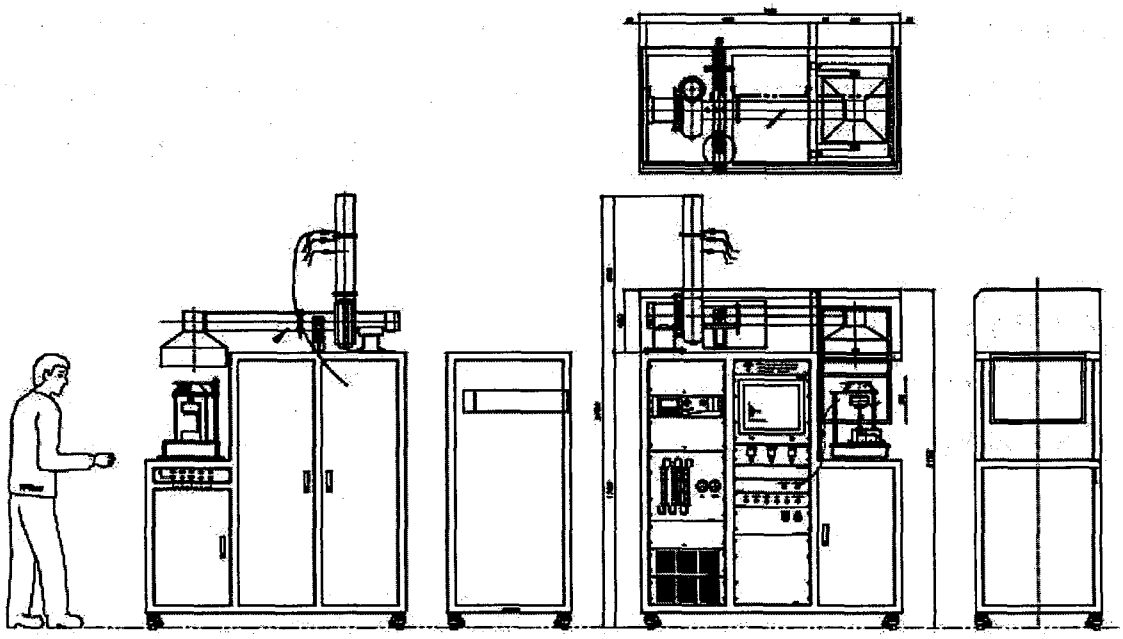
1.6.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.6.3.1 시험설비의 구성도



1.6.3.2 시험설비의 배치도

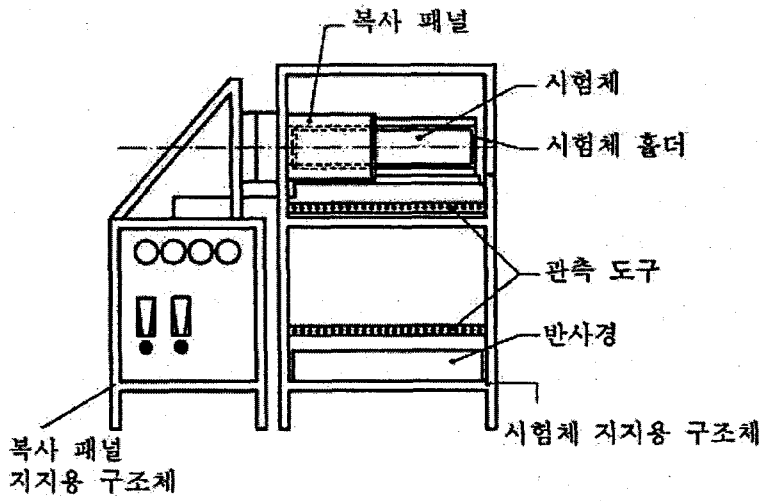


1.7 화염전파시험기(수직형)

1.7.1 일반사항(General)

1.7.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

이 화염전파 시험기(IMO/ISO 5658/Lift Spread of Flame Tester)는 수직 방향으로 설치된 제품의 수평 화염 전파를 측정하는 방법에 대하여 규정하며, 이는 벽 및 바닥의 노출면에서 사용되는 편평한 재료, 복합 재료 또는 조립품의 성능을 비교하기에 적절한 시험 결과 값들을 제공하는 설비이다. 또한 이 시험방법은 건축물 내장재에 사용하는 벽, 반자 및 바닥 마감재의 연소성을 파악하여 그 화재 특성을 구하고, 그것에 대하여 내장 재료의 적합성을 조사하는 시험방법을 일컫는다. 이 화염전파 시험기의 간단한 시험원리를 살펴보면, 첫째, 수직방향으로 설치된 시험체(155mm×800mm)의 연소특성 평가 둘째, 가스 연소식 복사패널에 의해 공급되는 적정한 복사열 분포장에 노출시켜, 연소의 진행에 따라 보정된 배기 가스용 열전대로 밀리볼트 신호값을 측정 셋째, 시험체의 거리에 따른 불꽃의 착화 및 소화 시간을 기록하며, 실험 결과는 착화열, 연소 지속열, 소화시 임계 열류량, 평균 연소 지속열, 전체 방출열 및 최대 방출열 등을 측정 한다.



1.7.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.7.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 단일물질 또는 균일하게 분산된 혼합물

(예, 금속, 돌, 목재, 콘크리트, 광섬유, 폴리머 등)

(나) 건물 구조에서 개별적인 것으로 인식되는 재료들의 조합으로 이루어진 복합재료

(예, 피복 또는 적층된 재료들)

(다) 재료, 제품 또는 그 두가지의 조합에 의한 결합체 또는 구조체

(예, 샌드위치패널 등)

(라) 바닥재 등과 같은 수평으로 시공되는 각종 건축재료

1.7.1.2.2 시험대상의 사양

(가) 시험제 는 길이 800mm, 나비 155mm이어야 하며, 제품을 대표하는 것

(나) 두께 50mm 이하 제품은 전체 두께를 사용하여 시험하며, 50mm를 초과하는 두께의 제품은 두께를 50mm 가 되도록 비노출 표면을 깍아내어야 한다.

(다) 노출면이 평면으로부터 표면의 불규칙성이 ±1mm를 초과하지 않는 것.

(라) 대표적인 사각형(155mm×155mm) 표면의 최소 50% 이상이 노출 표면의 평면과 최고점들간에 6mm 이하의 깊이 이내인 것

(마) 균열, 갈라진 틈, 구멍은 나비 8mm, 깊이 10mm를 초과하지 않는 표면의 경유 균열, 갈라진 틈, 구멍의 전체 면적이 노출표면의 대표적인 사삭형(155mm×155mm)의 30%를 초과하지 않는 것

(바) 규정된 가열 조건에 노출 시켰을 때 특별하게 반응(연화, 용융)하는 제품은 시험하지 말 것 (다른 시험방법 선택)

(사) 노출면이 비대칭인 것은 양면을 시험

(아) 제품의 노출 표면에 수직 또는 수평 방향의 주름, 나뭇결, 기계 홈 등 특정한 방향성을 갖는 표면 불규칙성을 갖는다면, 그제품은 양방향 모두 시험할 것

(자) 반짝이는 금속제 표면을 가진 시험체가 시험될 경우, 양생전 무광택의 흑색 도료로서 얇게 1회 도장한다.

1.7.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 연소지속열 (단위, MJ/m^2) : 시험체의 최초 노출로부터 풀꽃 선단이 각 지점에 도달할 때까지의 시간과 그와 동일한 지점에서 불연성 교정판에 대응하여 투시된 복사 열류량을 곱산 값

(나) 평균 연소 지속열 (단위, MJ/m^2) : 연소지속열에 의해 각기 다른 위치에서 측정한 특성값으 평균으로, 처음 150mm 지점에서 최종 지점 또는 40mm 지점 사이까지 50mm 간격으로 연속된 지점 특성값 중 더 낮은 값

(다) 착화열 (단위, MJ/m^2) : 시험체의 최초 노출로부터 불꽃 선단이 150mm 지점에 도달할 때까지의 시간과 이 지점의 열류량을 곱한 값, 열류량은 시험설비의 사전 교정에 의해 구함

(라) 소화시 임계 열류량 (단위, kW/m^2) : 연소하는 시험체의 중심선상에서 가장 멀리 화염이 전파되어 정지한 위치에서의 열류량

(마) 전체 방출열 : 시험 기간 동안의 열방출의 양의 부분을 적분하여 구한다.

(바) 최대 열 방출 : 시험 기간 동안의 열 방출의 최대값으로 한다.

1.7.1.2.4 적용 시험규격

(가) ISO 5658-2 : Reaction to Fire Tests - Spread of Flame - Part 2 : Lateral Spread on Building Products in Vertical Configuration

(나) ISO 5658-4 : Reaction to Fire Tests - Spread of Flame - Part 4 : Intermediate-Scale Test fo Vertical Spread of Flame with Vertically Oriented Specimen

(다) ISO 9239 : Reaction To Fire Tests For Floorings ? Part 1:. Determination Of The Burning Behaviour Using A Radiant Heat Source:

1.7.2 주요사양 (Principal Specification)

1.7.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.7.2.1.1 시험기 제원

(가) 특징

- 자동으로 Radiant panel에 점화가 가능하도록 하는 Ignition Burner
- Radiant Panel 후면부의 온도를 감지하여 과 온도 발생 시 가스를 차단시키는 안전차단 장치
- Critical Heat Release Rate를 측정 가능하게 하는 Exhaust Stack 내의 Thermopile 과 Compensation Unit
- Heat Flux-meter 사용 시 수도배관공사가 필요 없는 Portable water cooling system

- 사용자의 안전을 위해 모든 전원 및 가스공급을 차단시키는 Emergency Switch
- 시험 중 Methane Gas의 사용량을 줄이고 신속히 다음 시험을 진행시킬 수 있도록 하는 충분한 Specimen Holder와 Software
- PC를 사용 제어하는 LSF 2006 DAQ(Data Acquisition) Program
- IMO Software의 특징
 ① Stack thermopile에 의한 Heat Release Rate(kW)의 측정
 ② 시간에 따른 Peak Heat Release(Kw) 측정
 ③ 시간에 따른 Total Heat Release(MJ) 측정
 ④ Work Frame에 장착된 Scale ruler에 의해 손쉽게 측정되는 화염전파거리 (Length of flame spread)
- 한국표준과학연구원에 의한 Heat Flux-meter 검 교정서 발행

(나) Test Frame은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.
- Radiant Panel Frame
 ①시험체 전면과의 각도 15°, 작동온도는 935℃를 초과해서는 안됨
 ② Radiant panel surface demension : 280mm × 483mm
 (바닥면으로 부터 1200mm±10mm 에 위치)
 ③ 다공성 내화벽돌로 구성
 ④ 1.0 l/s 의 천연가스, 메탄 또는 프로판 공급하고 9 l/s의

- Specimen Support Frame : 시험체 홀더를 지지하며, 원하는 시험위치로 이동시킬 수 있는 가이드레일, 파일럿 불꽃 버너, 경루 및 철자 등으로 구성
- Viewing Rake and Mirror : 길이 750mm, 나비 120mm
- Specimen holder : 3mm thickness, SUS 301
- Specimen Clamp :
- Calibration and Backing Boards
 ① Calibraton Board (조정판) : 길이 800mm, 나비 155mm, 두께 25mm±2mm,의 밀도 950 kg/m^3±100kg/m^3로서 불연성 판(예, 칼슘실리케이트 보드)
 ② Backing Board (기판) : 밀도 950 kg/m^3±100kg/m^3, 께 25mm±2mm
- Pilot burner assembly

① Pilot flame length : 200mm

② 2개의 구성이 있는 지름 6mm 애자관이며 각 구멍의 지금은 1.5mm

(다) Optioanl Exhaust Stack (IMO Specification)은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Exhaust Stack
- Thermopile and Compensation Unit
- Methane Mass Flowmeter by MFC and Calibration Burner
- Exhaust Duct (1.3 m × 1.3 m)

(라) Analysis & Controls은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Heat Flux Meter

① Schmidt - Boelter type

② Range : 0 ~ 100 ± 10 ㎾/㎡

③ Surface emissivity : ε=0.95± 0.05

- Portable water cooling system for heat flux meter

① water flow rate : 1~2 ℓ/min

② Pressure : 40 psi

- Gas and air control for radiant panel
- Gas control for pilot burner
- Control for ignition burner
- 17" Personal Computer for Controls Data Acquisition & Analysis
- The fluxmeter output for calibrate Radiant panel
- The methane mass flowmeter output by Mass Flow Controller(MFC)
- The signal from the footswitch for indicating the start of the test

(마) DAQ System은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- NI-PCI 6014, 6518

① 16 Bit wide gain range, Analog and Digital I/O Board

② Thermocouples type : "K", Range : Ambient ~ 1500℃

③ 16-bit PCI Bus with Bus-mastering DMA, 12-bit analog input resolution

④ 16 single-ended or 8 differential analog input

⑤ On-board A/D FIFO memory, Auto-scanning channel selection

⑥ Up to 110 KHz A/D sampling rates

⑦ Programmable gain of ±0.05, ±0.5, ±5, ±10

⑧ Three A/D trigger modes : software trigger, programmable pacer trigger, and external pulse trigger pulse trigger

⑨ 16-bit digital input and 16-bit digital output, Two 12-bit analog output channels

⑩ connection cable 2m x 2ea, Terminal cable 2m x 2ea ,Compact, half-size PCB

⑪ 37-pin D-type connector, 68pin connector

(바) Application Software은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Test Pannel Program
- IMO 2006 DAQ Program
- Test Calibration Program : Window XP (O/S)

(사) Gas Utilities는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Acetylene gas : Minimum 0.51 l/min, 1 bar(24.5 psi)
- Natural gas/Methane gas : Minimum 1.0 l/sec, 140 mbar(2 psi)
- Mathane gas for Calibration burner : purity 95%, Maximum 25 l/min, 30 psi
- Air for Radiant Panel by Blower : Minimum 9 l/sec, 140 mbar(2 psig)
- Air for Pilot Flame by Compressor : Minimum 3 l/min, 1 bar(24.5 psi)

(아) Service parts는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Tool Box
- Acetylene Gas & Cylinder (70 L)
- Mathane Gas & Cylinder (70 L)
- 2 Stage Regulator

- Multi Stage Blower-MS11/080
- Air Compressor (3 HP)
- Aluminium Foil(<0.04 mm)
- Wrench Set
- Driver Set
- Fire Protection Glove
- Compressor Air Hose (Flexible)
- Air Gun & Fitting Assembly
- Torch Igniter
- Fuse for each Unit

(자) User`s guide
- Mechanical & Software Manual
- Software Install CD

1.7.2.1.2 주요구성품의 치수

구성품은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

(가) 복사패널 (Radiant panel) : 280mm × 483mm
(바닥면으로 부터 1200mm±10mm 에 위치)

(나) 거 울 (Observation mirror) : 750mm × 120mm

(다) 파일럿 불꽃 버너 (Pilot flame burner)
: 버너길이 200mm, 애자관 6mm, 구멍지름 1.5mm

(라) 시험체 홀더 (Specimen Holder) : 808mm(W)×50mm(D)×164mm(H),
날개길이 250mm

(마) 메인바디 (Main Body) : 1700mm(W)×1300mm(D)×2000mm(H),included Stack

1.7.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 제작사양 따름

1.7.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 복사열 패널의 후면 온도가 935℃가 초과할 경우 가스공급이 자동 차단되도록 제작

(나) 복사열 패널은 시험체의 전면과의 각도는 정확하게 15°±3° 이어야 함

(다) 복사열 패널에 천연가스 10 l/s 와 공기 9 l/s를 공급가능하여야 하며, 안전을 위한 Flash back arrestor가 설치되어야 한다.

(라) 시험체를 따라 화염 선단의 진행 시간 및 거리를 측정하기 위한 철자는 700mm 길이의 내열 강철부재이어야 하며 100mm 길이의 강철핀을 50mm 간격으로 아래쪽면에 공정시켜야 한다.

1.7.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) ISO5658/IMO Spread of Flame Test
- 1Φ, 230VAC, 10A, 60Hz

1.7.2.1.6 환경

(가) 이 시험을 하기위한 전용실이 있어야 하며, 반자 높이는 2.4m 이사이어야 하고, 체적은 약 45m^{3}이면 된다.

(나) 실험실 벽체와 최소한 1M 이격 공간이 있도록 설치하여야 한다.

(다) 시험체의 중심길이 아래쪽 가장자리에서 수직으로 100mm 거리에 있는 지점의 기류가 어느 방향에서라도 0.2m/s를 초고하여서는 안된다.

(라) 배기시설은 30m^3/min 정도의 용량을 가져야 한다.

1.7.2.1.7 제어조건

(가) 복사열 패널으로부터 50 mm ~ 750 mm 까지 50mm 간격으로 허용오차 범위내의 열류량(kW/m^2) 측정

(나) 파일럿 불꽃 (Pilot flame)의 200mm의 불꽃길이 조절

(다) 복사열 패널의 공기유량 조절에 따른 패널 후면의 제한온도(935℃) 조절

(라) 열방출율을 구하기 위한 Stack Thermocouple의 IMO 기준(1MW, 7MW)에 따른 열전대 신호파형 값의 조절

1.7.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 복사패널을 통한 약 8 l/s의 공기유량 설정 후, 복사패널을 점화시켜 조정판의 열정평형 도달여부 확인

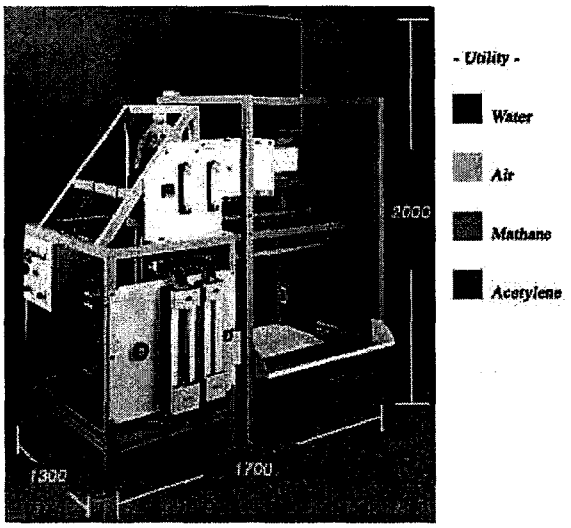
(나) 교정판에 장착된 수냉식 열류량계로 측정한 열류량이 50mm 및 350mm 위치에서 다음 표와 같이 일치할 때까지 가스 유량 및 공기 유량 조절

위치(mm) [판의 고온말단부와 열류계의 거리]	열류량(kW/m^2)	열류량 허용 오차(kW/m^2)
0	49.5	1)
50	50.5	±0.5
100	49.5	1)
150	47.1	±2.4
200	43.1	1)
250	37.8	±1.9
300	30.9	1)
350	23.9	±0.2
400	18.2	1)
450	13.2	±0.7
500	9.2	1)
550	6.2	±0.6
600	4.3	1)
650	3.1	±0.3
700	2.2	1)
750	1.5	±0.3
1)허용오차가 규정되지 않은 위치는 작동 조건의 초기 설정 때에만 사용하여 이 위치에서의 열류량의 값은 거리 대 열류량 그래프의 매끄러운 곡선을 만드는데 도움이 된다. 시험체 홀더를 50mm 이동시켜 열류량계를 이 위치에 오게 할 수 있다.		

1.7.3 구성도 및 배치도(참고)

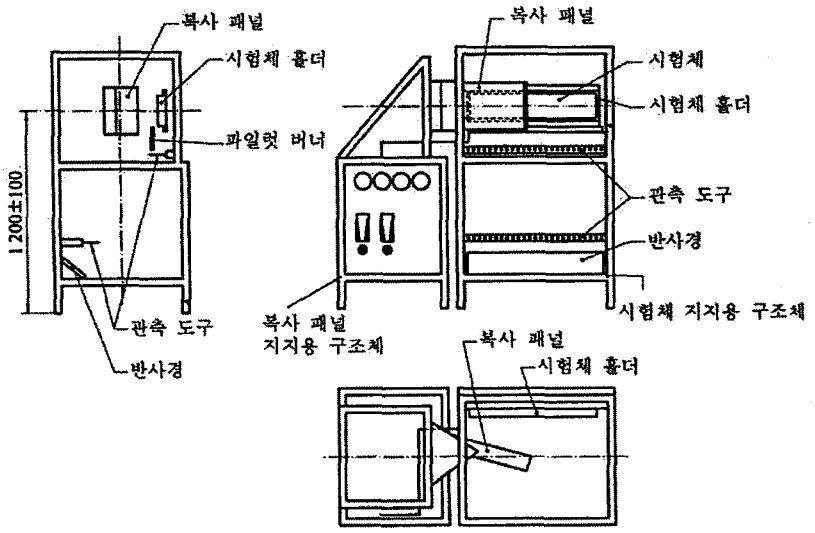
(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.7.3.1 시험설비의 구성도



1.7.3.2 시험설비의 배치도

단위 : mm



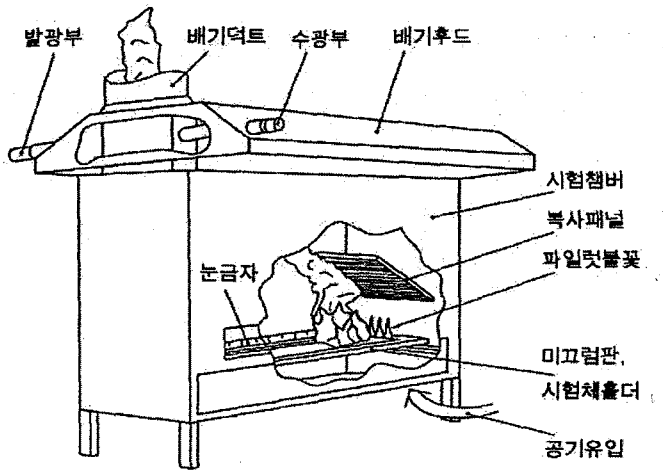
1.8 표면전파시험기

(수평형, Flooring Radiant Panel Tester)

1.8.1 일반사항(General)

1.8.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

이 표면전파 시험기(ISO 9239, 바닥재, Flooring Radiant Panel Tester)는 건물의 화재시 구획실 또는 인접실에서 발생된 화염이나 고온가스가 초기화재 성장단계동안 복도통로의 상부에 축적되어 뜨거운 복사열이 바닥면으로 복사방출될 때 바닥재가 역기류 조건에서 화염전파 하는 현상을 유상하게 반영한 시험방법이며, 좀더 구체적인 원리를 살펴보면 다음 투시도에서 볼 수 있듯이 시험체를 수평면에 대하여 30°경사진 가스 복사패널 아래 수평으로 위치시키고, 착화원으로서 파일럿 불꽃을 시험체의 고온측 한쪽 끝에 접염하여, 점화에 의해 착화된 시간을 기록하고 불꽃이 시험체의 길이를 따라 수평적으로 이동한 거리를 경과 시간으로 나타내어 기록하는 장치이다.



1.8.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.8.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 코팅 제품뿐만 아니라 직물 카페트, 콜크, 목재, 고무, 플라스틱 등 바닥재에 적용 가능한 제품 및 실제 바닥재로 사용되는 모든 재료

(나) 바탕재 유무와 관계없이 기저층, 중간층, 접착제로 구성되는 바닥마감을 포함한 모든 바닥재

(다) 바닥재 바로 아래에 사용되는 제품. 바닥재가 설치되는 바닥이나 바닥을 구성하는 재료로서의 기판

1.8.1.2.2 시험대상의 사양

(가) 실제 사용되는 바닥재로서 1050±5mm(가로)×230±5mm(세로)로 한방향에서 3개(예를들어 제품 방향)와 첫 번째 방향에 수직 방향으로 3개, 6개 시험체를 절단, 단 시험체의 두께가 19mm보다 두꺼운 경우 그 길이는 1025±5mm 까지 줄일 수 있다.

(나) 시험체가 타일로 구성되어 있을 경우, 타일간 이음매가 영점으로부터 250mm 위치에 오도록 설치

(다) 기판에 접착제로 붙여진 후 바닥재의 보관건조는 최소 3일 이상이 양생된 제품 사용

1.8.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 관찰된 화염전파거리를 열유속선을 이용 제곱미터 당 킬로와트(kW/m2)로 변환시키고 임계 열류량(Critical Heat Flux, CHF) 측정

(나) 30분 보다 긴 시험시간을 갖는 제품에 대해서는 불꽃소멸시간과 화염전파의 가장 먼거리를 기록하고 이것을 CHF(임계열류량)으로 변환한다.

(다) 연기측정 항목이 요구된 경우, Photometric system의 투과율에 의한 연기밀도가 측정 된다.

1.8.1.2.4 적용 시험규격

(가) KS M ISO 9239-1 : 바닥재의 화재 시험방법 -제1부 : 복사열원을 이용한 화염 전파측정

(나) KS M ISO 9239-2 : 바닥재의 화재 시험방법 -제2부 : 고 복사열원(25㎾/㎡)을 이용한 화염 전파 측정

(다) ISO 9239-1 : Reaction to Fire Tests for Floorings - Part 1 : Determination of the Burning Behaviour Using a Radiant Heat Source

(라) ISO 9239-2 : Reaction to Fire Tests for Floorings - Part 2 : Determination of Flame Spread at a Heat Flux Level of 25㎾/㎡

(마) ASTM E 648 : Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source

(바) ASTM E 970 : Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Exposed at Attic Floor Insulation Using a Radiant Heat Energy Source

(사) NFPA 253 : Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source(National Fire Codes, Vol. 6)

1.8.2 주요사양 (Principal Specification)

1.8.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.8.2.1.1 시험기 제원

(가) 특징

- 일체형 Body 와 19" Analysis rack
- 모든 제어와 자동 시험수행을 위한 17" Touch screen panel type PC
- 착화를 자동으로 하게 하는 Air cylinder type의 Ignition Burner (시험에 의한 오염에도 강함)
- 청소가 쉽고 화학성분에 강한 ECTFE Teflon Coating의 Test chamber
- Radiant Panel의 온도를 정확히 측정해주는 digital type의 Pyrometer
- Radiant Panel의 자동 점화장치 및 안전 차단장치
- 사용자의 안전을 위해 모든 전원 및 가스공급을 차단시키는 Emergency Switch
- 시험시편의 적재가 용이하며 Chamber 를 손쉽게 여닫을 수 있도록 설계된 Absorbor type의 Door
- DIN 50055를 적용한 Smoke Measuring System
- Smoke Density 측정 시 자동으로 Calibration 가능하게하는 Filter Carrousel
- Heat Fluxmeter 사용 시 수도배관공사가 필요 없는 Portable water cooling system

  탈부착이 가능한 전자식 풍속계
- Touch screen panel PC를 사용 제어하는 FRP 2006 DAQ(Data Acquisition)

Program

- 한국표준과학연구원에 의한 Heat Fluxmeter 검 교정서 발행

(나) Test Chamber는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Steel frame chamber : Dimension, 1400(W)×500(D)×2220(H)
- Calcium silicate insulation board
- Observation window
- Sliding platform for loading of the test specimen
- Radiant Panel (30°, Porous cement)
- Auto moving ignition burner
- Scale for check flame spread
- K-type thermocouples : Range, Ambient ~ 1500℃
- Stainless steel sample holders
- Dummy calibration panel holders for measuring heat fluxmeter
- Pyrometer for measuring radiant panel

(다) Exhaust

- Exhaust duct & hood는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

① Exhaust duct (Ø 300)

② Exhaust hood(1700×1200×400)

- DIN 50055 smoke measuring system : Illumination & light receiver units
- Digital anemometer : 0.026±0.002 l/s
- Automatic filter carrousel (span, zero, ND)

(라) Analysis & Controls는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Heat Flux Meter

① Schmidt - Boelter type

② Range : 0 ~ 100 ± 10 ㎾/㎡

③ Surface emissivity : ε=0.95± 0.05

- Portable water cooling system for heat flux meter

① water flow rate : 1~2 ℓ/min

② Pressure : 40 psi

- Gas and air control for radiant panel
- Gas control for pilot burner
- Control for ignition burner
- 19" Touch Screen Panel Computer for control & Aqusition Data

(마) DAQ System은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- NI-PCI 6014, 6518

① 16 Bit wide gain range, Analog and Digital I/O Board

② Thermocouples type : "K", Range : Ambient ~ 1500℃

③ 16-bit PCI Bus with Bus-mastering DMA, 12-bit analog input resolution

④ 16 single-ended or 8 differential analog input

⑤ On-board A/D FIFO memory, Auto-scanning channel selection

⑥ Up to 110 KHz A/D sampling rates

⑦ Programmable gain of ±0.05, ±0.5, ±5, ±10

⑧ Three A/D trigger modes : software trigger, programmable pacer trigger, and external pulse trigger pulse trigger

⑨ 16-bit digital input and 16-bit digital output, Two 12-bit analog output channels

⑩ connection cable 2m x 2ea, Terminal cable 2m x 2ea ,Compact, half-size PCB

⑪ 37-pin D-type connector, 68pin connector

(바) Application Software는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Test Pannel Program
- FRP 2006 DAQ Program
- Test Calibration Program : Window XP (O/S)

(사) Gas Utilities는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Bottled propane gas

① Calorific value : 약 83 MJ/m3

② Pressure : 2 bar

- Filtered Compressed Air : Maximum pressure : 6 ~7 bar
- Air Compressor (5 HP)

(아) Service parts는 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

- Tool Box
- Propane Gas & Cylinder (70 L)
- 2 Stage Regulator
- Air Compressor (5 HP)
- Aluminium Foil(<0.04 mm)
- Wrench Set
- Driver Set
- Fire Protection Glove
- Propane Gas Hose (5 M)
- Compressor Air Hose (Flexible)
- Air Gun & Fitting Assembly
- Torch Igniter
- Fuse for each Unit

(자) User`s guide

- Mechanical & Software Manual
- Software Install CD

1.8.2.1.2 주요구성품의 치수

(가) Maing Body : 1900mm(W)×750mm(D)×2120mm(H)

(나) Hood & Duct : 1700mm(W)×1200mm(D)×400mm(H), Duct (Ø 300)

(다) 복사패널 (Radiant panel) : 300±10mm × 450±10mm

(라) 파일럿 불꽃 버너 (Pilot flame burner)

: 버너길이 250mm, 구멍지름 0.7mm, 구멍간격 1.25mm

(라) 시험체 홀더 (Specimen Holder) : 1140mm(W)×250mm(D)×180mm(H),

1.8.2.1.3 주요 구성품의 중량

(가) Main Body : 약 280 Kg

(나) Hood & Duct : 약 80 Kg

1.8.2.1.4 기계적인 요구조건

기계적인 요구조건은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

(가) 시험챔버는 두께 13±1mm와 공칭밀도 650 kg/m3을 갖는 (칼슘+규산염) 판으로 제작

(나) 시험챔버와 시험체 홀더 사이의 동 공기통로 면적은 시험체의 양측 모두 균등하게(0.23±0.03)m^2이 되도록 제작

(다) 복사열 패널은 수평패널에 대하여 30±1° 경사지어야 하며, 섭씨 900℃ 까지 견딜 수 있도록 제작하여야 하며, 안전 차단장치가 포함되어야 한다.

(라) 파일럿 버너는 0.7mm 구멍 19개가 균일하게 배치되어야 하며, 중심선 아래쪽으로 60°의 각도로 제작되어야 한다.

(마) 배기스택의 공기 속도가 2.5±0.2 m/s를 갖는 배기장치가 부착되어야 한다.

(바) 복사패널의 표면열량을 조절하기 위하여 480℃ ~ 530℃ (흑체온도)의 범위를 가지고 약 1.4m 거리에서 지름 250mm 의 면적을 관찰하기에 적합한 ±5℃ sodml 정확도를 갖는 복사고온계가 사용되어야 함

1.8.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) Flooring Radiant Panel(수평형)

1Φ, 230VAC, 6A, 60Hz

Note that the unit is polarity conscious so the live and neutral must be connected as indicated on the instrument and a good earth connection made.

1.8.2.1.6 환경

(가) 시험장치는 실내에 두고 벽과 천장으로부터 최소 0.4m 이상 이격되어야 한다.

(나) 풍속계로 측정하였을때 배기스택의 공기 속도가 2.5±0.2 m/s가 나올 수 있는 환경

(다) 배기시설은 최소 0.026±0.002 l/s 정도의 용량을 가져야 한다.

(라) 시험 시 시험진행자의 안전을 고려한 대피장소와 안전대책

1.8.2.1.7 제어조건

(가) 복사열 패널으로부터 110 mm ~ 910 mm 까지 100mm 간격으로 허용오차 범위내의 열류량(kW/m^2) 측정

(나) 파일럿 버너 불꽃(Pilot burner flame)의 60~120 mm의 불꽃길이 조절

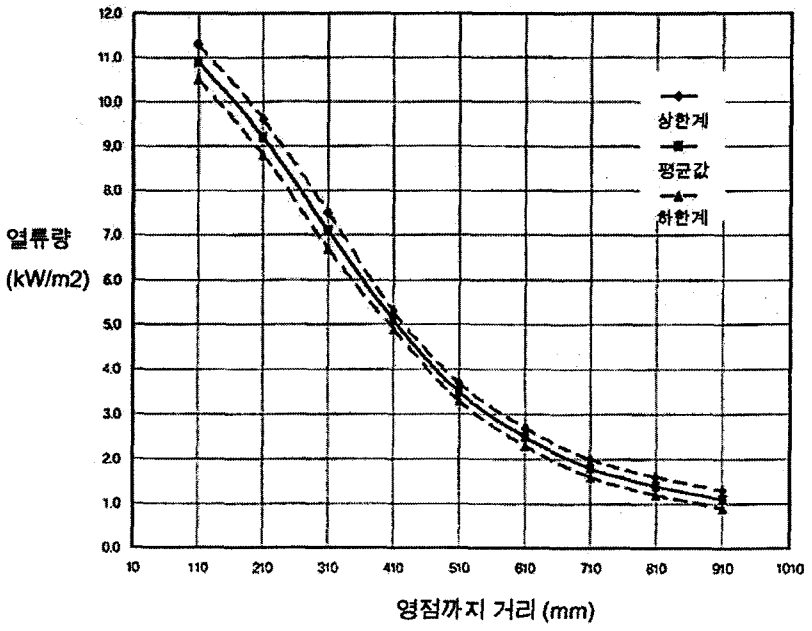
(다) 복사열 패널의 공기유량 조절에 따른 패널 후면의 제한온도(900℃) 조절

1.8.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 교정판에 장착된 수냉식 열류량계로 측정한 열류량이 110mm 및 410mm 위치에서 다음 표와 같이 일치할 때까지 가스 유량 및 공기 유량 조절

(나) 다음 표와같이 시험체의 수평면을 따라서 거리함수로서 열류량 데이터를 기록하여 규격에서 요구하는 열유속곡선 범위을 정확하게 만족하여야 한다.

(다) 열유속 곡선



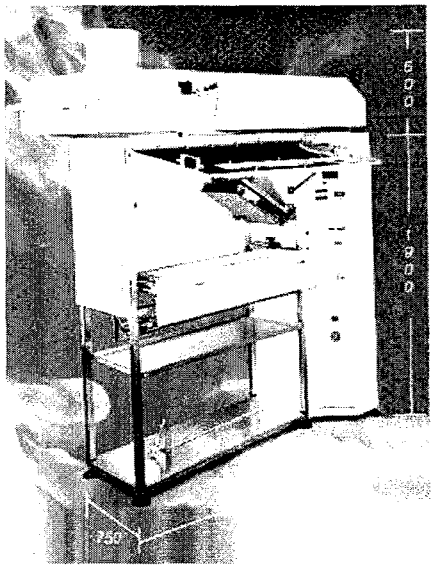
(라) 더미시험체에서 요구되는 복사열류량 분포

시험체의 영점에서 거리(mm)	복사열류량(kW/m^2)	허용 오차(kW/m^2)
110	10.9	±0.4
210	9.2	±0.4
310	7.1	±0.4
410	5.1	±0.2
510	3.5	±0.2
610	2.5	±0.2
710	1.8	±0.2
810	1.4	±0.2
910	1.1	±0.2

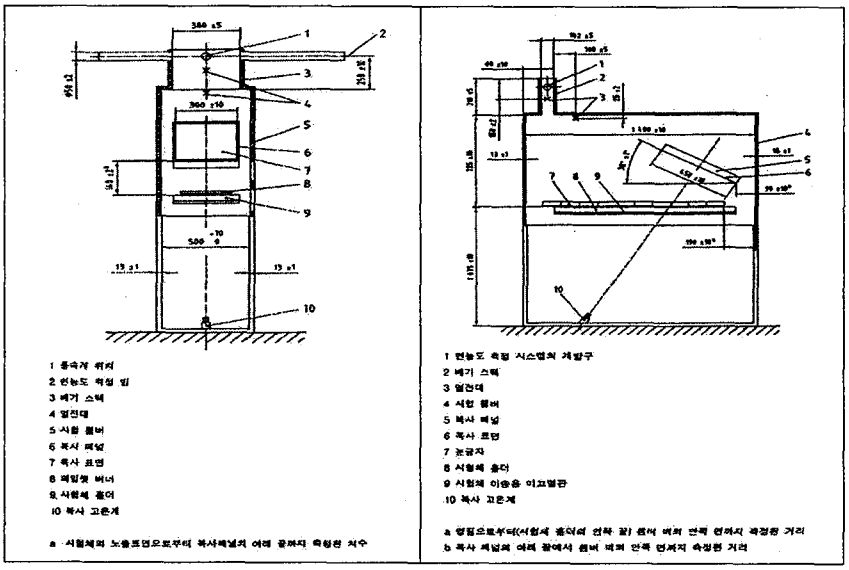
1.8.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.8.3.1 시험설비의 구성도



1.8.3.2 시험설비의 배치도



1.9 산소지수시험기(상온)

1.9.1 일반사항(General)

1.9.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

산소지수 시험기는 산소농도에 따른 재료의 가연성을 시험할 수 있는 장비로서, 재료가 연소하는 필요한 최소 산소농도를 지수화 하여 제시한다.

1.9.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.9.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 성형 재료

(나) 발포 재료

(다) 시트 재료

(라) 전기 재료용으로 사용되는 다른 치수의 자체 지지가 가능한 성형 또는 시트 재료

(마) 유연한 필름 또는 시트

(바) 얇은 필름으로 규정된 막대로 롤 형로 만들 수 있는 필름

1.9.1.2.2 시험대상의 사양

시험편 형태	치수			용 도
	길 이 (mm)	폭 (mm)	두 께 (mm)	
I	80~150	10±0.5	4±0.5	성형재료
II	80~150	10±0.5	10±0.5	발포재료
III	80~150	10±0.5	≤10.5	시트재료
IV	70~150	6.5±0.5	3±0.25	전기 재료용으로 사용되는 다른 치수의 자체 지지가 가능한 성형 또는 시트 재료
V	140	52±0.5	≤10.5	유연한 필름 또는 시트
VI	140~200	20	0.02~0.10	얇은 필름으로 규정된 막대로 롤 형태로 만들 수 있는 필름

1.9.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 연소 시 시험 시편에 공급되는 산소 농도 (Oxygen concentration, %)

(나) 시험 시편의 연소 시간 (Burning period, S)

(다) 시험 시편의 연소 길이(Length burnt, mm)

(라) 연소 시 시험 시편에 공급되는 산소농도에 의한 산소지수(Oxygen Index, OI) 값

1.9.1.2.4 적용 시험규격

(가) ASTM D 2863 : tandard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics(Oxygen Index)

(나) ISO 4589-2 : Plastics - Determination of Burning Behaviour by Oxygen Index Part 2 : Ambient-Temperature

(다) KS M ISO 4589-2 : 플라스틱 - 산소지수에 의한 연소거동의 측정 - 제2부 : 상온시험법

1.9.2 주요사양 (Principal Specification)

1.9.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.9.2.1.1 시험기 제원

시험기의 제원은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

(가) Base Structure Units

- Rack dimension : 533(W)×317.5(D)×266(H)
- Rack type : Rittal, Vario-module 3U 42H, 6U 63H
- Installation dimensions for plug-in assemblies to DIN 41 494, part 5 and DIN IEC 297-3
- Electrical Power - 220V AC, 60Hz, 10.25A

(나) Automatic Flow Controller

- Mass Flow Controller
- Control range(cm3/min)
  ① Water(20℃): 50-1500
  ② Air(ATP): 100-30000
- Minimum DP for control: 0.7 Bar

(다) Oxygen Transducer

- Demensions: 54(W)×56(D)×54(H)
- +5V, 0V dc. 65mA maximum
- 0 to 100 % O2 gives 0 ~ 1V dc
- < ±0.1% O2 (Linearity, Repeatability, Error)
- Operational Flow Rate: 10 ~ 100 ml/min
- Pressure range: ±34.5 Kpag(±5psig)

(라) Data Acqusition (DAQ) System

- KPCI-3107

① 16 Bit wide gain range, Analog and Digital I/O Board

② Thermocouples type : "K"

③ Range : Ambient ~ 1500℃

④ 16-bit PCI Bus with Bus-mastering DMA

⑤ 12-bit analog input resolution

⑥ 16 single-ended or 8 differential analog input On-board A/D FIFO memory

⑦ Auto-scanning channel selection, Up to 110 KHz A/D sampling rates

⑧ Programmable gain of x0.5, x1, x2, x4, x8, Bipolar or unipolar input signals

⑨ Three A/D trigger modes : software trigger,

⑩ programmable pacer trigger, and external pulse trigger pulse trigger

⑪ 16-bit digital input and 16-bit digital output

⑫ Two 12-bit monolithic multiplying analog output channels

⑬ 3 independent programmable, 16-bit down counters

⑭ Compact, half-size PCB, 37-pin D-type connector

(마) Application Software

- Basic loading Test Program
- DAQ Test Program

- ASTM D 2863 DAQ Program
- Test Calibration Program
- Window XP (O/S)

(바) Gas Utilities

- 2 stage regulator 2 ea
- 99.5% purity Oxygen: 2 bar
- Nitrogen (Oxygen free): 2 bar

1.9.2.1.2 주요구성품의 치수

1) Oxygen Index : 360(W) x 370(D) x 800(h)
2) Temperature Index : 360(W) x 370(D) x 800(H)

1.9.2.1.3 주요 구성품의 중량

(가) Maing Body : 600mm(W) × 370mm(D) × 280mm(H)

(나) Glass chimney : Diameter (Ø 75mm & Ø 100mm) × 462±7 mm(H)

1.9.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 산소와 질소의 혼합가스가 균등하게 공급될수 있도록 하는 장치를 포함할 것

(나) 연소 후 발생되는 부스러기 차단용 Mesh를 포함할 것

(다) 지지구 및 지지구 받침의 모양은 상승하는 흐름기체의 난류 온도를 최소화하기 위하여 모서리가 두드러지지 않을 것

(라) 관의 끝부분에 지름이 2±1mm 인 구멍이 있고, 여기에서 나오는 불꽃을 시험편에 갖다 대기 위하여 연소 연통 안으로 넣을 수 있는 관을 갖는 점화기 (Ignitor)

1.9.2.1.5 전기적인 요구조건

(1) Oxygen Index : 1Φ, 230VAC, 60Hz, 5A
(2) Temperature Index : 1Φ, 203VAC, 60Hz, 13A

1.9.2.1.6 환경

- 해당사항없음

1.9.2.1.7 제어조건

(가) 산소(Oxygen) 및 질소(Nitrogen)의 제로(Zero,산소농도 표시 0%)/스팬(Span, 산소농도 표시, 100%) 조절가능 여부

(나) 연소 원통내 일정유속 40±2mm/sec을 흐르게 하기위한 산소 및 질소 혼합가스의 유량 조절 및 압력조절 가능 여부

(다) 점화기의 수직 방향의 아래쪽으로 불꽃 길이 16±4mm 조절

1.9.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 시간 측정기는 정확도 ±0.5초인 것으로 5분까지 측정이 가능한 것

(나) 연소 원통으로 들어가는 시점에서는 혼합물의 산소 농도를 부피비로 ±0.5%의 정확도로 측정가능하고, 연소 원통 내부에서는 혼합된 기체의 선형 흐름 속도가 23±2℃에서 40±2mm/sec 일때 산소 농도를 부피비 ±0.1%의 정밀도로 농도 조절이 가능할 것

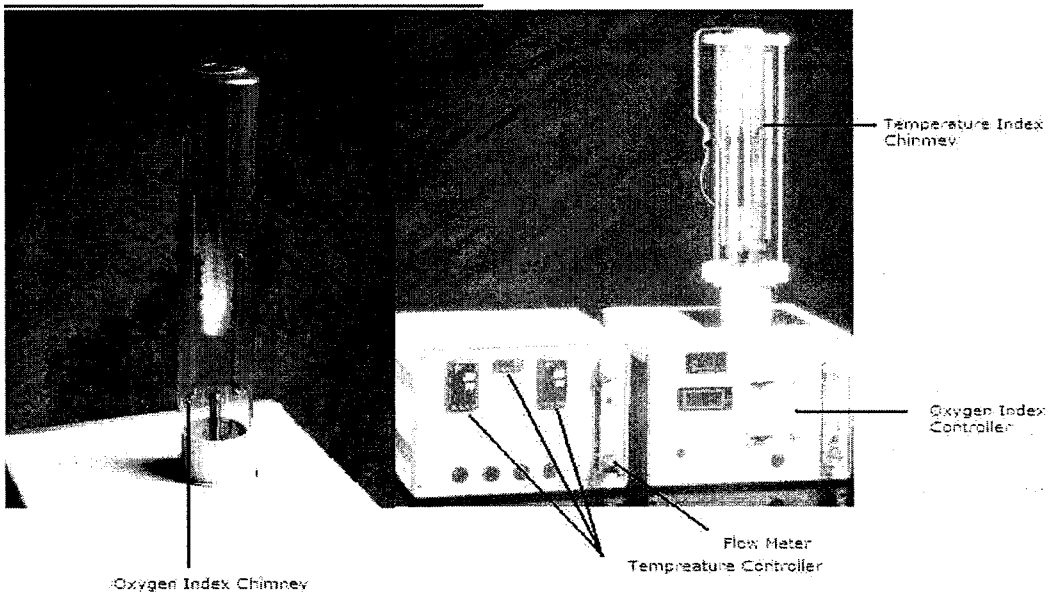
(다) 결과의 정밀도는 다음표의 추정된 정밀도 한계값 이내에서 사용가능

95% 신뢰동p 대한 근사값	실험실 내	상호 실험실간
표준편차	0.2	0.5
반복도(r)	0.5	-
재현성(R)	-	1.4

1.9.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.9.3.1 시험설비의 구성도



1.9.3.2 시험설비의 배치도

- 해당사항없음

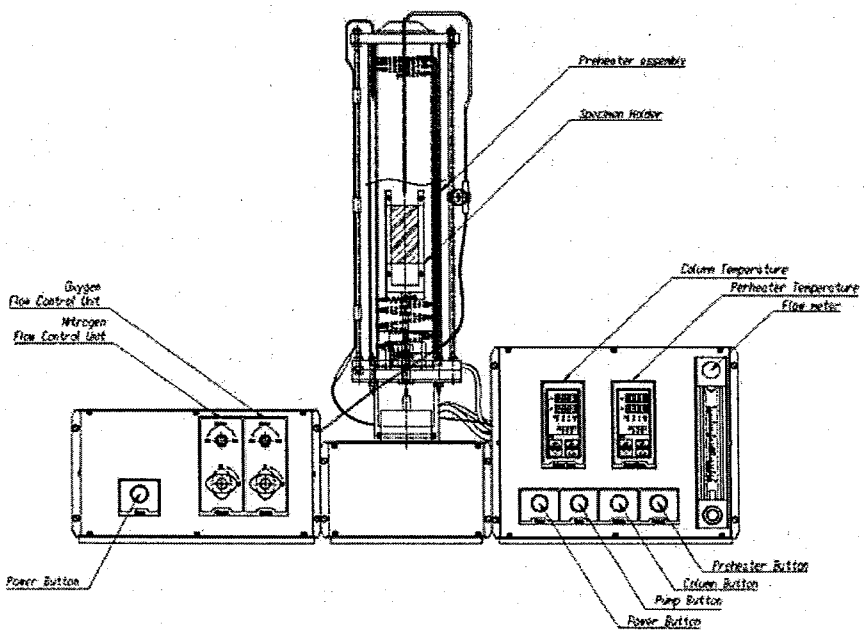
1.10 온도지수시험기

(ISO 4589-3, Elevated Temperature Index Tester)

1.10.1 일반사항(General)

1.10.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

온도지수 시험기는 전형적으로 25~150℃ 온도 범위의 정해진 시험 조건하에서 수직 방향의 소형 시험편의 연소를 지속하게 하는 산소, 질소의 혼합 기체에서 최소 산소 농도를 측정하는 방법에 대하여 규정한다. 결과는 시험 온도에서의 산소 지수값으로 주어지며, 시험 온도는 대상 플라스틱 재료가 과열된 상태로 적용되는 경우에 겪을 수 있는 대표적인 실제 온도로 주어진다. 이 시험 방법은 수직 막대 또는 시트 형태로 두께가 10.5mm 이내인 자체 지지가 가능한 재료에 대한 것이며, 이 시험 방법은 100kg/m^3 이상의 겉보기 밀도를 갖는 고체, 적층 또는 발포 재료에 적합하며, 100kg/m^3 미만의 겉보기 밀도를 갖는 발표재료에도 적용할 수 있으며, 이중 한 방법은 수직으로 지지가 가능한 유연한 시트 또는 필름 재료를 시험하기 위한 것이다. 또한 이 온도지수 시험기는 소형의 수직 시험편의 산소 지수가 정해진 시험조간 하에서 20.9인 온도를 측정하는 시험방법을 포함하고 있으며, 결과는 연소성 온도(Flammability temperature, FT)또한 측정 가능한 장치이다. 이 온도는 400℃ 미만으로 한정한다.



1.10.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.10.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 성형 재료

(나) 발포 재료

(다) 시트 재료

(라) 전기 재료용으로 사용되는 다른 치수의 자체 지지가 가능한 성형 또는 시트 재료

(마) 유연한 필름 또는 시트

(바) 얇은 필름으로 규정된 막대로 롤 형로 만들 수 있는 필름

1.10.1.2.2 시험대상의 사양

(가) 수직 막대 또는 시트 형태로 두께가 10.5mm 이내인 자체 지지가 가능한 재료에 대한것이며, 이 시험 방법은 100kg/m^3 이상의 겉보기 밀도를 갖는 고체, 적층 또는 발포 재료에 적합하며, 100kg/m^3 미만의 겉보기 밀도를 갖는 발표재료

(나) 수직으로 지지가 가능한 유연한 시트 또는 필름 재료

시험편 형태	치수			용도
	길 이 (mm)	폭 (mm)	두 께 (mm)	
I	80~150	10±0.5	4±0.5	성형재료
II	80~150	10±0.5	10±0.5	발포재료
III	80~150	10±0.5	≤10.5	시트재료
IV	70~150	6.5±0.5	3±0.25	전기 재료용으로 사용되는 다른 치수의 자체 지지가 가능한 성형 또는 시트 재료
V	140	52±0.5	≤10.5	유연한 필름 또는 시트
VI	140~200	20	0.02~0.10	얇은 필름으로 규정된 막대로 롤 형태로 만들 수 있는 필름

1.10.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 공기 중에서 재료의 연소를 간신히 지속시키는 온도인 '연소성 온도' (Flammability temperature, FT)

(나) 연소 시 시험 시편에 공급되는 '산소 농도' (Oxygen concentration, %)

(다) 시험 시편의 '연소 시간' (Burning period, S)

(라) 시험 시편의 '연소 길이' (Length burnt, mm)

(마) 연소 시 시험 시편에 공급되는 산소농도에 의한 '산소지수' (Oxygen Index, OI) 값

1.10.1.2.4 적용 시험규격

(가) ASTM D 2863 : tandard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics(Oxygen Index)

(나) ISO 4589-3 : Plastics - Plastics - Determination of Burning Behaviour by Oxygen Index Part 3 : Elevated-Temperature

(다) KS M ISO 4589-3 : 플라스틱-산소 지수에 의한 연소 거동의 측정-제3부 : 고온 시험법

1.10.2 주요사양 (Principal Specification)

1.10.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.10.2.1.1 시험기 제원

시험기의 제원은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

(가) Base Structure Units

- Rack dimension : 320(W)×317.5(D)×266(H)
- Rack type : Rittal, Vario-module 3U 42H, 6U 63H
- Installation dimensions for plug-in assemblies to DIN 41 494, part 5 and DIN IEC 297-3
- Electrical Power - 220V AC, 60Hz, 10.25A

(나) Heated Glass Chimney

- Glass Tube : Material (Borosilicate Glass)
- Ni-Cr Coil Heater : 25 ℃ ~ 450 ℃

① Ø100×450L(t=2.4)

② Ø80×450L(t=2.4)

③ Ø4×385L(t=0.8)

④ Ø4×80L(t=0.8)

- Band Heater : Model No. MB01N1JB-3009

① Out Dia : ø55mm

② India : ø44mm

③ Height : 38mm

④ Capacity : 240V-400W

- Upper/Bottom Plate Out :Material (AL6061)

- Finished : Anodized

- Upper/Bottom Plate In

- Material : Ca-silsicate

- Ceramic Woven Sleeving

① Melting Point : 2800(°F)

② Max. Coutinuous Service : 1500(°F)

③ Density : 35(#/ft³)

④ Specific Heat : 0.25(BTU/°F)

⑤ Dielectric Strength : 450 (Volt/mil)

(다) Automatic Flow Controller

- Control range(cm3/min)

① Water(20℃): 50-1500

② Air(ATP): 100-30000

- Minimum DP for control: 0.7 Bar

(라) Data Acqusition (DAQ) System

- KPCI-3107

① 16 Bit wide gain range, Analog and Digital I/O Board

② Thermocouples type : "K"

③ Range : Ambient ~ 1500℃

④ 16-bit PCI Bus with Bus-mastering DMA

⑤ 12-bit analog input resolution

⑥ 16 single-ended or 8 differential analog input On-board A/D FIFO memory

⑦ Auto-scanning channel selection, Up to 110 KHz A/D sampling rates

⑧ Programmable gain of x0.5, x1, x2, x4, x8, Bipolar or unipolar input signals

⑨ Three A/D trigger modes : software trigger,

⑩ programmable pacer trigger, and external pulse trigger pulse trigger

⑪ 16-bit digital input and 16-bit digital output

⑫ Two 12-bit monolithic multiplying analog output channels

⑬ 3 independent programmable, 16-bit down counters

⑭ Compact, half-size PCB, 37-pin D-type connector

(마) Application Software

- Basic loading Test Program
- DAQ Test Program
- ISO 4589-3(TOI) DAQ Program
- Test Calibration Program
- Window XP (O/S)

(바) Gas Utilities

- 2 stage regulator 2 ea
- 99.5% purity Oxygen: 2 bar
- Nitrogen (Oxygen free): 2 bar

1.10.2.1.2 주요구성품의 치수

(가) Maing Body : 600mm(W) × 370mm(D) × 280mm(H)

(나) Heated Glass chimney : Diameter Ø 75mm × 462±7 mm(H)

1.10.2.1.3 주요 구성품의 중량

(가) Main Body : 약 15 Kg

(나) Heated Glass chimney : 2.4 Kg

1.10.2.1.4 기계적인 요구조건

(가) 연소 통 내부의 온도를 25℃ ~ 450℃ 까지 상승 시킬 수 있는 2중 유리 구조의 Heated Glass chimney

(나) 시험시편의지지 및 이송을 가능하게 하는 장치를 포함 할 것

(다) 연소 후 발생되는 부스러기 차단용 Mesh를 포함할 것

(라) 산소와 질소의 혼합가스가 균등하게 공급될수 있도록 하는 장치를 포함할 것

(마) 관의 끝부분에 지름이 2±1mm 인 구멍이 있고, 여기에서 나오는 불꽃을 시험편에 갖다 대기 위하여 연소 연통 안으로 넣을 수 있는 관을 갖는 점화기 (Ignitor)

1.10.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) 운전 및 제어 : 1Φ, 220Vac, 60Hz

1.10.2.1.6 환경

(가) 온도가 23±3℃ 인 상온이고 상대습도 20~80%인 통풍이 자유로운 실내

(나) 시험 시 연소가스를 시험에 영향을 주지 않는 상태로 배출 Port를 갖춘 실내

(나) 시험 시 시험진행자의 안전을 고려한 대피장소와 안전대책

1.10.2.1.7 제어조건

(가) 연소원통 내부의 온도를 25℃ ~ 450℃ 상승 가능해야 하며, 실시간으로 연소원통 내부의 온도를 표시 하여야 한다.

(나) 산소(Oxygen) 및 질소(Nitrogen)의 제로(Zero,산소농도 표시 0%)/스팬(Span, 산소농도 표시, 100%) 조절가능 여부

(다) 연소 원통내 일정유속 40±2mm/sec을 흐르게 하기위한 산소 및 질소 혼합가스의 유량 조절 및 압력조절 가능 여부

(라) 점화기의 수직 방향의 아래쪽으로 불꽃 길이 16±4mm 조절

1.10.2.1.8 계측조건 및 정확도

(가) 연소원통 내부의 온도를 25℃ ~ 450℃ 까지 ±0.2 ℃ 범위내 표시 및 조절

(나) 시간 측정기는 정확도 ±0.5초인 것으로 5분까지 측정이 가능한 것

(다) 연소 원통으로 들어가는 시점에서는 혼합물의 산소 농도를 부피비로 ±0.5%의 정확도로 측정가능하고, 연소 원통 내부에서는 혼합된 기체의 선형 흐름 속도가 23±2℃에서 40±2mm/sec 일때 산소 농도를 부피비 ±0.1%의 정밀도로 농도 조절이 가능할 것

(라) 결과의 정밀도는 다음표의 추정된 정밀도 한계값 이내에서 사용가능

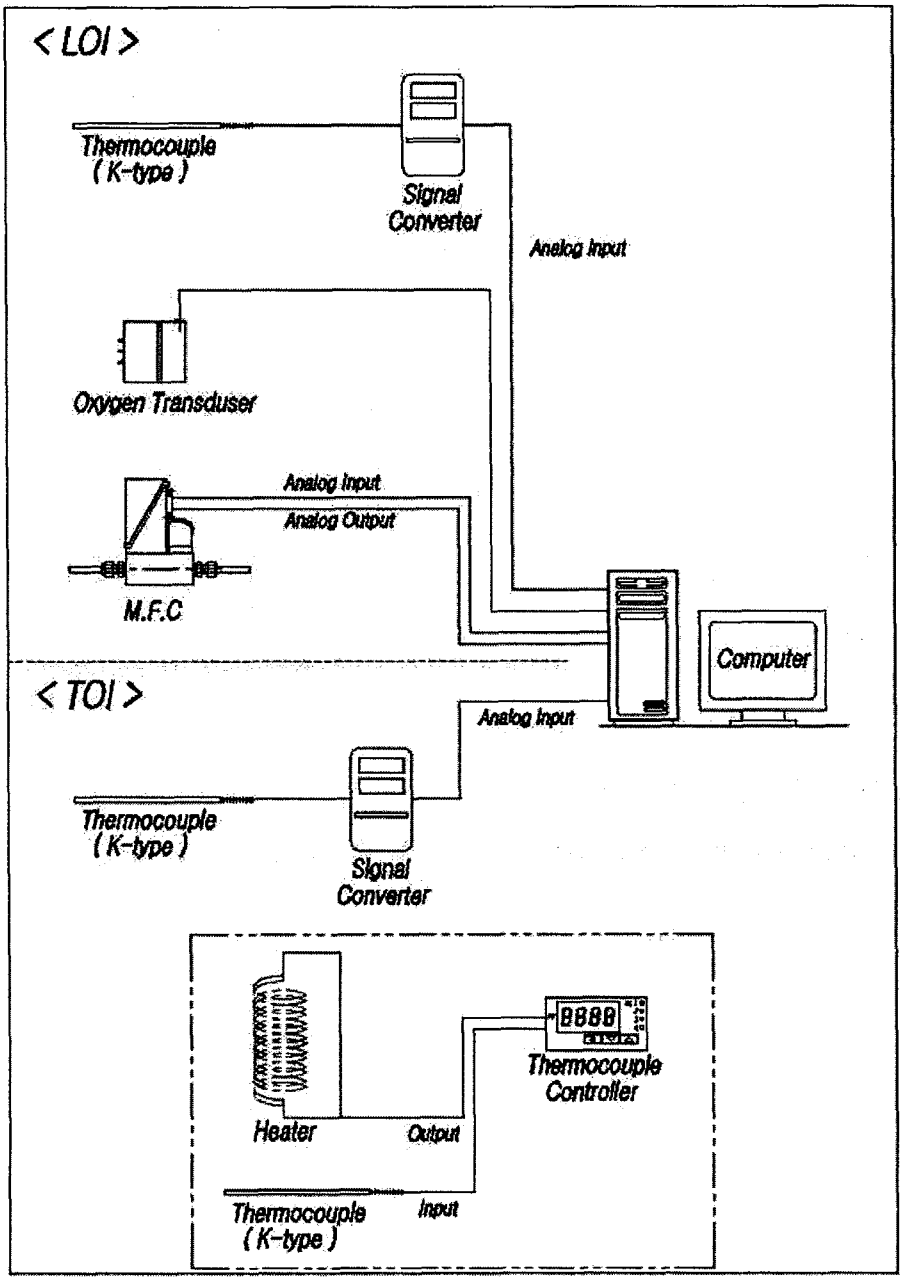
95% 신뢰동p 대한 근사값	실험실 내	상호 실험실간
표준편차	0.2	0.5
반복도(r)	0.5	-
재현성(R)	-	1.4

1.10.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

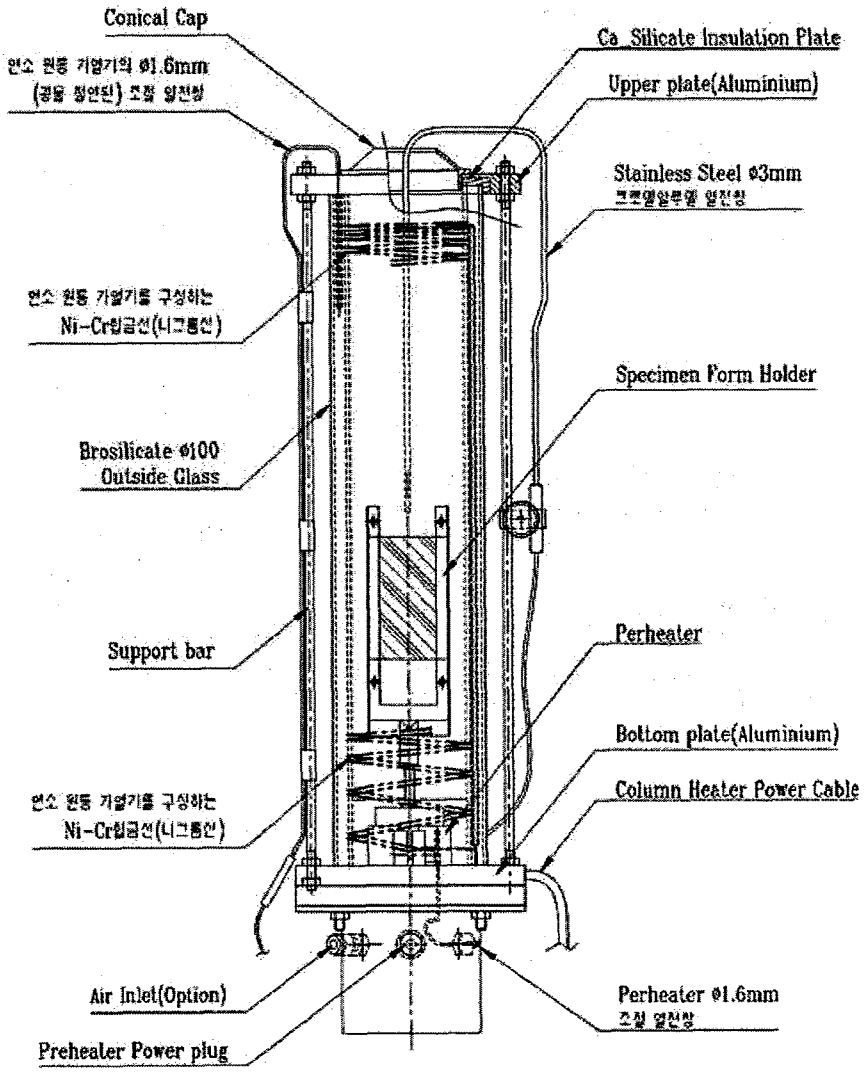
1.10.3.1 시험설비의 구성도

(가) 온도지수 및 산소지수 시험기 전체 System 구성도

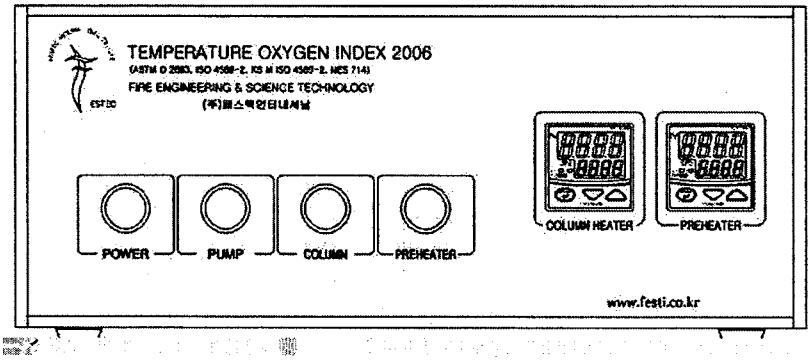


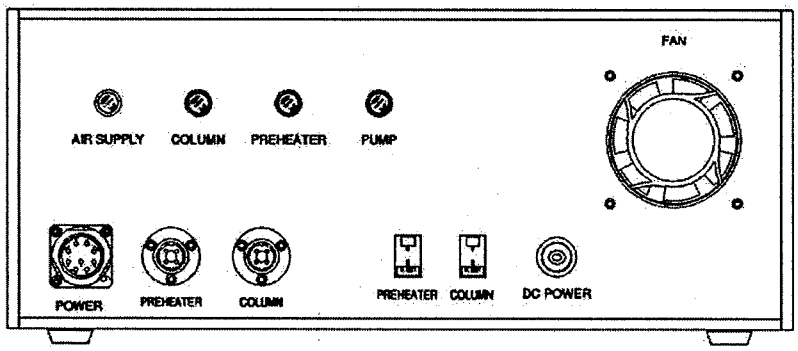
1.10.3.2 시험설비의 배치도

(가) Heated Glass Chimney



(나) Elevated Temperature Index Tester Contorl Rack





1.11 전선 발열량 및 전파시험기(IEC60332-3)

1.11.1 일반사항(General)

1.11.1.1 시험설비 개요 (Summary of the Facility)

에너지 또는 신호의 전달에 사용되는 모든 절연 금속 도체를 포함하는 전선 또는 케이블을 전기 또는 광학상 수직으로 배치 고정시킨 상태에서 이들 재료에 대한 수직 배치 불꽃 확산 평가에 관한 시험장치이다.

1.11.1.2 시험 대상(Specification of Test Material)

1.11.1.2.1 시험대상의 종류

(가) 전선 및 케이블 등

1.11.1.2.2 시험대상의 사양

(가) 시료는 각각 3.5 m의 최소 길이를 갖고 동일 길이로 다수 제작된 케이블 시험편으로 구성된다.
시료에 있어서 시험편의 전체 숫자는 시료 1.5 L/m의 비금속 재료의 명목상 전체 체적에 도달하기 위해 필요한 개수이어야 한다.

1.11.1.2.3 적용 시험 항목

(가) 최고발열량 : The peak HRR value is calculated as the maximum value of HRR, including the burner output, and is determined during application time i.e. between 5 and 45 minutes.

(나) 최고연기발생량 : The peak SPR values is calculated as the maximum value of SPR, excluding the burner output over a period starting from ignition of the burner(5 minutes) to end of burner application(45 min).

(다) 총발열량 : The total heat release is calculated as the integrated value of the HRR, excluding the burner output over a period starting from ignition of the burner(5 min) to end of burner application(45min) .If the test was stopped early because the HRR value was too high, then this values shall no be calculated but clear record shall be made. Negative values of

the HRR, excluding the burner shall not be included in the integration.

(라) 총발연량 : The total smoke production is calculated as the integrated value of the SPR over a period starting from ignition of the burner 5 minutes to end of burner application(45min). If the test was stopped early because the HRR value was too high, then this value shall not be calculated but clear record shall be made. Negative values of the SPR shall not be included in the integration.

(마) 연소된 길이 : The test shall continue until 5 minutes after burner shut off or if extinguishment of the specimens is required(flames out of the test rig). After the test, photographs shall be taken showing the extent of damaged on the tested object. After all cable burning or glowing has ceased or been extinguished, the test sample shall be wiped clear. All soot is to be ignored if, when wiped off, the original surface is undamaged. Softening or any deformation of the non metallic material is also to be ignored. The flame spread shall be measured as the extent of the damage. It shall be measured in metres to two decimal places from the bottom edge of the burner to the onset of char. The onset of char is determined as follows, Press against the cable surface with s sharp object, for example a knife blade. Where the surface changes from a resilient to a brittle(crumbling) surface, the indiaated the onset of char.

1.11.1.2.4 적용 시험규격

(가) IEC 60332 : Test for vertical flame spread of vertically mounted bunched wires or cables, HRR and smoke production measurement

(나) IEC 60332-1 : appratus and calibration
(다) IEC 60332-2 : test method and requirement

1.11.2 주요사양 (Principal Specification)

1.11.2.1 주요구성품의 사양 (Major equipment Specification)

1.11.2.1.1 시험기 제원

시험기의 제원은 아래의 사양을 만족하거나 동등이상의 것이어야 한다.

CABLE PROPAGATION APPARATUSfor IEC60332 Part 3
according to prEN50399(FIPEC Project)

A. Configuration
1) MODULE A : Probe and Sensor Duct Section
2) MODULE B : Gas Analysis Instrumentation
3) MODULE C: Laser Smoke System
4) MODULE D: Data Acquisition and Analysis Software
5) MODULE E: Burner Gas Control Unit
6) MODULE F: Burner Assembly

B. Specification

Heat Release Measurement: Heat release measurement is obtained by sampling combustion products from the exhaust duct of the burn room and computing heat release rates from the mass flow rates and the measured oxygen depletion in the combustion products. Smoke and other combustion production can also be conveniently measured in the sample process. The duct a section of FTT-manufactured ducting into the existing exhaust system allows this. The duct contains all probes, thermocouples, smoke ports and sampling facitilities required for sensing. Instrumentation is housed in a 19" rack that can be positioned in the laboratory. The system requires data acquisition and analysis systems. Such system can be provided after client hardware and software requirements are established.

This Heat Release Apparatus is fitted the IEC 60332-3 or prEN 50399 test apparatus. The heat release apparatus is supplied as a five component system.

1) MODULE A : Probe and Sensor Duct Section

A stainless steel duct section of approximate dimensions 0.4m diameter by 0.762m long(dimension to be confirmed with client to fit ductwork before building) which will be fitted to flanges supplied by client on existing exhaust system.

The duct will contains ports for:

a. Line sampler for flue gas extraction(for gas analysis)
b. Smoke obscuration system
c. Mass flow monitoring
d. Thermocouple for measuring exhaust gas temperature
e. Thermocouple for measuring gas temperature at smoke measuring position.

By connecting this duct section to an instrument rack the client is able to make measurement on the effluent from the rig to determine oxygen depletion in the exhaust duct(i.e. heat release) and smoke density in the exhaust duct.

2) MODULE B : Gas Analysis Instrumentation

Heat release measurement is obtained by sampling combution products from the exhaust and computing heat release rates from the mass flow rates and the measured oxygen depletion and carbon dioxide generation in the combustion products. Instrumentation is housed in a 19" rack that can be placed in the laboratory.

The 19" rack cabinet contains:

-Oxygen and Carbon Dioxide(0-10%) Analyser

Developed specifically for FTT Calorimeter, this enhanced,

a. High stability temperature controlled paramagnetic oxygen sensor with flow control and by-pass for fast response.
b. Infrared carbon dioxide sensor with flow control and and by-pass
c. Pressure compensation performed in analyser software

-Carbon Monoxide Analyser(Infra-Red)

A carbon monoxide cell(0-1%) using infra-red method can be included in the

enhanced analyser to continuously monitor levels of CO during the burn. Flow control and by-pass are fitted as standard.

-Flue gas conditioning traing comprising:-
>soot filtration
>refrigerant cold trap
>drying columns
>pumps and waster regulators
-Instrumentation for mass flow measuring
>bi-directional probe
>differential pressure transducer

3) MODULE C: Laser Smoke System

0.5mW Helium Neon laser smoke and support system, power supplies, calibration and zeroing facilities for smoke extinction coefficient. The detector output is designed with a Main and Compensation Detector to eliminate drift and is supplied with 0.3 and 0.8 neutral density filters for calibrating the unit(FTT to be supplied with duct diameter of your system to ensure alignment cradle of correct size)

The output from the Main and Compensating detectors are set so that approx. 1.5V = 100%. Calibration and calculation of the associated smoke obscuration parameters can be performed by FTT software.

4) MODULE D: Data Acquisition and Analysis Software

The signals are collected using a HP Data Acquisition/
Switch Unit. A windows based software package enables simple data acquisition and analysis to determine the various parameters needed for heat release determination{The software is also compatible with the SBI generating files that integrate with the current spreadsheet developed during the SBI round-robin so that the Fire Growth Rate Index(FIGRA) and Smoke Growth Rate Index(SMOGRA) can be calculated from the SBI data}. The system comprises of:-

-HP Data Acquisition/Switch Unit featuring a 3-slot cardcage with $6\frac{1}{2}$ digit(22 bit) internal DMM enabling up to 120 single-ended or 48 double-ended measurements. Scan rates up to 250 channels/s are available with a 115kbaud

RS232 and PCI GPIB interface as standard. All reading are automatically time stamped and can be stored in a non-volatile 50,000 reading memory. The non-volatile memory holds your data even after power is removed so data uploading to a PC can be performed at a later date.

-User friendly software based on a menu bar with pull-down menus and capable of:-
>Showing the status of the instrument,
>Calibrating the instrument and storage of calibration results,
>Collecting data generated during a test,
>Calculation the required parameters,
>Presensitn the results in a manner approved by the Standards.

Supplied computer system are upgraded regularly but the minimum specification at the time Pentium 4, 3.2GHz Processor, 80GB Hard Disk Drive, 512MB High performance DDR ii SDRAM, Intel GMA 900 Integrated Graphics, Integrated network adapter, DVD ROM Drive, Mouse, Windows XP Professional, 17" LCD Monitor and HP LaserJet P2015 Printer.

5) MODULE E: Burner Gas Control Unit

The system supplied comprises of a gas flow control and ignition system for the burner. A spark igniter is provided and a type-K thermocouple monitors the presence of a flame. Two mass flow controllers(MFCs) control the propane gas and air flow. The MFCx are:-
-1x Propane Mass Flow Controller, 1.2g/s -equivalent heat output = 55 kW

-1xair mass flow controller, 4.2g/s

The burner controls are mounted in a Gas Control Box and a MFC enclosure. The gas control box enables each gas to have 3 pre-set levels. After pre-set levels. After pre-setting, the burner output can be switched between these levels. It also houses the numerous power supply units for the MFCx and solenoids, the ignition system and controls for the various safety features. The MFCs, solenoids and flash back arrestors are housed in the MFC enclosure which is usually mounted next to the test chamber. The gas cotnrol box can be mounted remotely from the MFC enclosue. Once ignition of the burner has occurred the gas supply is switched off immediately the UV sensor detects ther

is no flame present at the burner

The signals from the MFCs are displayed using FTT LSHRCalc software, enabling the mass flow rate of the respective gas and equivalent heat output to be seen and adjusted if required. The mass flow rate of each gas is also stored by the softwareenabling heat release from the burner to be removed from the total measured heat release rate(of specimen and burner) so that the heat release rate from the specimen alone can be determined.

6) MODULE F: Burner Assembly

FTT supplies a burner assembly conforming to IEC6033-2 including:-

-Air/Propane ribbon burner

-Venturi air gas mixer

-Support standa for the ribbon burner and venturi air gas mixer

-Two 2m lengths of stainless steel braided hose with quick release couplings.

1.11.2.1.2 주요구성품의 치수

1) Test Chamber : 1000(W) x 2000(D) x 4000mm(H)
2) Exhaust hood : 1500(W) x 1500(D) x 1000mm(H)
3) Control room : 2000(W) x 2000(D) x 2500mm(H)

1.11.2.1.3 주요 구성품의 중량

- 제작사양에 따른다.

1.11.2.1.4 기계적인 요구조건

- 제작사양에 따른다.

1.11.2.1.5 전기적인 요구조건

(가) 운전 : (사례) 3Φ, 220 또는 380 Vac, 60Hz
(나) 제어 : (사례) 1Φ, 220Vac, 60Hz

1.11.2.1.6 환경

(가) 시험 환경은 시험 장치의 최상층부에 부착된 풍속계에 의해서 측정된 외부 풍속이 8 m/s를 넘지 않아야 하며, 문으로부터 1 000 mm, 벽에서 50 mm, 바닥에서 1 500 mm 정도 위치에서 측정한 온도가 5~40℃ 이하이어야 한다.

또한 봉입형 문은 시험 중에 닫혀 있어야 한다.

1.11.2.1.7 제어조건

(가) 제작사양에 따른다.

1.11.2.1.8 계측조건 및 정확도

(1) Developed specifically, the rack in fitted with a state-of-the art enhanced Servomex 4000 series Calorimeter Analyser. This analyser is equipped with a high stability temperature controller paramagnetic oxygen sensor and infra-red carbon monoxide and carbon dioxide sensors with flow control and by-pass for fast response. Pressure compensation is also performed on the oxygen measurement to correct for change in barometric pressure, This specially designed version has a far superior specification to the standard analyser. Features include:-

- Inherently linear
- Exceedingly stable
- High sensitivity measurements from 0.01% to 100% Oxygen.
- Non effected by the thermal conductibity of the background gases
- Mean time between failures of the Oxygen Cell is 286 years.
- In the unlikely event of failure, all parts are field replaceable
- A 1% change in barometric pressure leads to only a 1% change in reading reduced to <0.003% of reading with pressure compensation.
- Measurement Ranges : Up to 8 fully assignable-continuos output ranges are available
- Smallest possible measurement range : 0.5% O2
- Noise : <0.01%(<50ppm per 30 minutes)
- Zero drift : 0.01% O2 / week
- Span drift : 0.02% O2 / week
- Repeatability : <0.05% of reading or <0.01% O2
- Linearity: <0.05% O2, inherently linear, dependent on calibration
- Response Time(T90): Depends on donfiguration and sample flow rate, but faster than 3s
- Ambient temp. influence: 0.2% of reading/ 10℃ of 0.02% O2
- Ambient pressure coefficient: 1% of reading/ 1% change in vent pressure

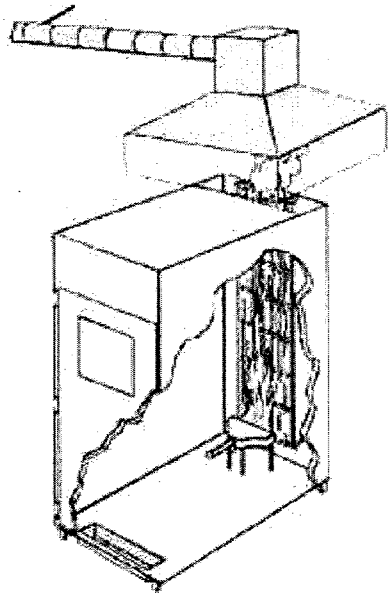
(2) All signals are collected using a 22bit data logger fitted inside the dual analysis rack. The logger can easily be removed for annual calibration and

is supplied with its own software should the logger be used for other applications. All readings are automatically time stamped and stored in a non-volatile 50,000 reading memory. The no volatile memory is configured to hold data even after power is removed so data uploaing to a PC can be performed at a later date. Therefore, if there is a power failure during a test data can still be retrieved.

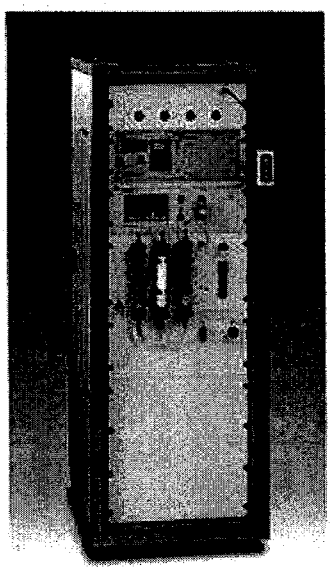
1.11.3 구성도 및 배치도(참고)

(Schematic Diagram and General Arrangement)

1.11.1.1 시험설비의 구성도

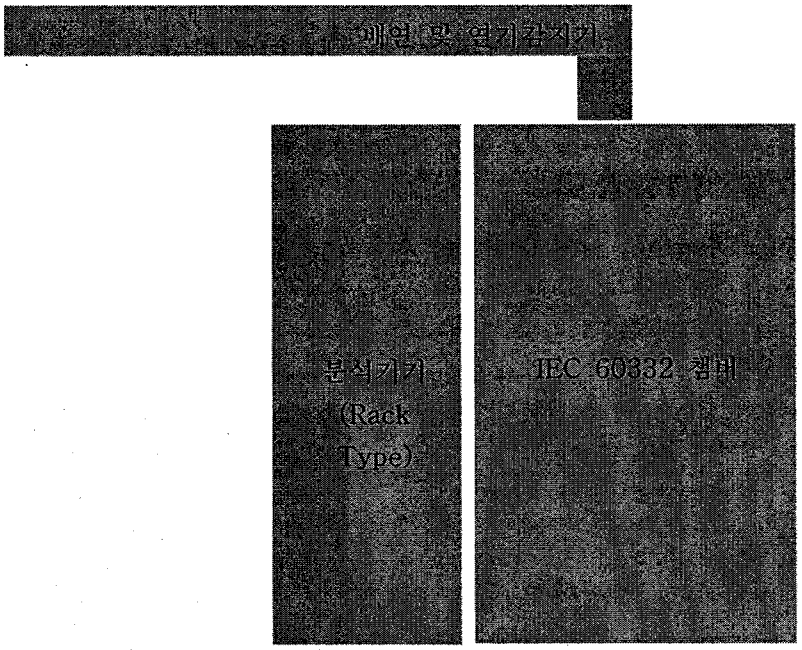


IEC 60332-3 Rig



Instrumentation rack (can also be used for the Cone calorimeter)

1.11.1.2 시험설비의 배치도



중/소형 화재안전성능 평가 시험 설비

(단위 : 백만원)

연번	장비 / 설비 List		사 양 및 규 격	제작사
1	중형 시험 장비	Room Corner/Furniture Calorimeter	ISO 9705	FTT, Festec Int
2		SBI	EN 13823	
3		배연처리시설	환경기준 적합할 것	
5	소형시험장비	독성시험기	Area Base Toxicity ※ BS 6853 Annex B.2	FTT, MIDAC
			Weight Base Toxicity BS 6853 Annex B.1	FTT
6		연기 시험기	3미터 입방체 연기발생량 BS 6853 Annex D	FTT
7		콘 칼로리미터※	발열량, 연기발생량, 독성가스 ISO 5660	FTT
8		표면전파 시험기(벽재)※	소화점의 임계 Flux , 화염전파속도, 연소거리 ISO 5658	FTT
9		표면전파 시험기(바닥재)	소화점의 임계 Flux 평가,화염전파속도, 연소거리 BS ISO 9239-1	FTT
10		산소지수 시험기	상온시험 ※ BS ISO 4589-2	FTT, Festec Int
			고온시험 BS ISO 4589-3	FTT
11		전선류 시험장비	전선류 연소성 평가 IEC1034-1,2 외	FTT

주 의 사 항

1.본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 철도종합안전기술개발사업의 중간 연구보고서입니다.

2.본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 철도종합안전기술개발사업임을 밝혀야 합니다.

3.국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ **문의처 : 한국건설교통기술평가원** TEL : 031) 381-6311
: 한국철도기술연구원 TEL : 031) 460-5541

R&D / 04철도안전A01

철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄 연구보고서(3차년도)

■ 발행일 / 2007. 8
■ 발행처 / 한국철도기술연구원
437-757 경기도 의왕시 월암동 360-1
TEL : 031-460-5000(代)
■ 인쇄처 / 명신인쇄