Land Transpot and Maritime R&D Report

미래철도기술개발사업 기획보고서

이단적재열차(DST) 기술개발 기획보고서

2010. 8. 3

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
위탁연구기관 / 현대로템(주)

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "이단적재열차(DST) 기술개발 기획" 과제의 보고서로 제출합니다.

2010. 8. 3

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 허 현 무 책임연구원
연 구 원 : 김 남 포 책임연구원
" : 김 형 진 책임연구원
" : 함 영 삼 책임연구원
" : 김 석 원 책임연구원
" : 엄 기 영 책임연구원
" : 사 공 명 책임연구원
" : 권 삼 영 책임연구원
" : 홍 순 흠 책임연구원
" : 유 재 균 책임연구원
" : 박 준 혁 선임연구원

위탁연구기관명 : 현대로템(주)
위탁연구책임자 : 엄 경 수 책임연구원
연 구 원 : 이 하 희 책임연구원
" : 정 훈 선임연구원
" : 김 승 택 선임연구원
" : 박 상 도 주임연구원

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2009.12.23
~
2010.5.24</td><td>단 계
구 분</td><td>1차년도
/1차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">미래철도기술개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">이단적재열차(DST) 기술개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">허 현 무</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 16명
내부 : 11명
외부 : 5명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 8천만원
기업 : 천원
계 : 8천만원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 16명
내부 : 11명
외부 : 5명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 8천만원
기업 : 천원
계 : 8천만원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원
주행추진연구실</td><td>참여기업
명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 현대로템(주) 연구책임자 : 엄경수 책임</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>184</td></tr>
<tr><td colspan="6">컨테이너 화물 수송력을 획기적으로 제고시킬 수 있는 이단적재열차 기술 개발에 앞서 기술적 타당성 검토, 상세연구내용 도출을 위한 사전 기획연구임. 국외 사례와 기술 동향을 조사하였고 특허 분석을 통하여 핵심기술에 대한 분석을 수행하였음. 국내 운용 환경은 국외 이단적재열차 운용환경에 비하여 취약함으로 이단적재열차 안정적 운용을 위한 기술적 타당성 검토를 수행하였음.
이단적재열차 기술개발을 위한 목표성능을 도출하였고 기술개발(안)을 제시하였음. 1단계에서는 이단적재열차 시범운용에 따른 안전도 검증 및 위험요소 해결을 목표로 2년동안 총 75억의 예산으로 수행함. 2단계에서는 한국형 이단적재열차 국산화 개발을 목표로 3년간 총120억으로 수행함. 총 5년간의 기술개발로 국내 실정에 적합한 이단적재열차 개발 및 운용효율화 기술 확보, 제 규정안 도출의 성과가 예상됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">이단적재열차, 화차, 컨테이너, 수송, 타당성 연구</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Double Stack Train, Freight Car, Container, Transportation, Feasibility study</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제목

○ 이단적재열차(DST) 기술개발 기획

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 목적

- 선로용량을 효율적으로 활용하여 기존 노선의 수송능력 증대를 위한 이단적재열차(DST) 기술개발의 상세 연구내용 도출 및 추진전략 수립
- 연구과제에 대한 상세기획을 통하여 타당성 조사를 수행하고 실용성 및 상용성 사전 검증

○ 필요성

- 기존 철도시설을 최소한 개량하고 효율적으로 활용하면서 철도 수송 능력을 획기적으로 향상시키기 위한 이단적재물열차(Double Stack Train) 운용 필요성이 제기되고 있음.
- 이단적재열차는 컨테이너를 이단으로 적재함으로서 1단적재에 비하여 화물수송량을 최대 약 70%까지 향상시킬 수 있는 화물열차시스템으로서 철도물류 수송량 증대를 위한 가장 효율적인 방안이라 할 수 있음
- 그러나 이단적재열차를 국내 기존선로에서 운용하기 위해서는 선진 운용국가에 비하여 축중, 전차선높이, 건축한계, 그리고 선로조건 등이 취약함. 따라서 국내에서 안정적으로 운용하기 위해서는 국내 실정에 적합한 이단적재열차시스템을 개발하고 시운전을 통한 성능 검증을 거쳐 실운용할 필요가 있음. 특히 차량시스템은 차량형식 및 사양 결정, 차량경량화, 주행안정성 확보, 시설과의 인터페이스 등의 측면에서 해결하여할 기술수준이 매우 높다고 할 수 있으며 따라서 대규모의 연구개발이 필요하며 사전 기획연구를 통한 타당성 검토가 필요함

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

○ 이단적재열차 기술 관련 국내외 기술동향과 시장 분석

○ 기술적/경제적 타당성 검토

○ 기술개발과제의 최종목표 및 범위 설정

○ 세부과제, 추진전략, 추진체계 도출

○ 본과제 공모를 위한 RFP 도출

Ⅳ. 연구개발 결과

○ 이단적재열차 기술 동향 및 특허 분석

- 이단적재열차 기존 운용국가 미국, 중국, 인도의 사례 및 동향 분석
- 특허 조사 및 지적재산권 확보 가능성 분석

○ 기술적/경제적 타당성 검토

- 이단적재열차 기술개발 목표성능 도출
  - 고속화, 경량화, 유지보수성 고려
  - 최고속도 120km/h 급, 높이 최고 5.5m 이하, 축중한도 LS-22
  - 차량형식 : 일반대차형식(길이 19.1m, 자중 18.6ton)
    3축관절대차형식(3량 1Unit 길이 53.8m, 자중 50.7ton)
- 차량형식, 축중, 안전도, 견인, 제동거리, 차량/시설/전차선 인터페이스, 운영효율화, 제 규정 개정 방안 검토
- 이단적재열차 수송량 증감효과, 연구개발에 따른 경제적 파급효과 분석

○ 기술개발(안) 도출

- 국내 이단적재열차 운용에 따른 안전도 검증 및 위험요소 해결(1단계, 2년) 후 한국형 이단적재열차 국산화 개발(2단계, 3년)이란 단계적 접근 전략 필요

구분	1단계(2년)	2단계(3년)
목표	이단적재열차 안정적 운용을 위한 적합성 검증, 안전운행 및 운영효율화 기술 확보	한국형 이단적재열차 기술 개발
주요 연구 내용	▪ 제1과제: 이단적재열차 적합성 검증 및 개선안 도출 -위험요소 예측및 엔지니어링 기술 검토 -일반대차형식 DST 시험차량 조달 -시운전 계획 수립 및 시험차 부분개조	▪ 제1과제: 한국형 이단적재열차 SE 및 시험평가 한국형 DST 사양 수립 -차량/궤도/전차선 interface 검토 -DST 운행안전기술 확보 -DST 차량 유지보수 방법 도출

	-DST 시험평가시스템 구축 -DST 시범운행및 시운전 평가 ・본선 주행안전성 시험평가 ・하부구조 안전성, 부담하중 평가 ・전차선 고상화에 따른 집전성능 평가 -DST 운영기술 개발 -DST 운영을 위한 제 규정 개정안 도출	▪ 제2과제: 한국형 이단적재열차 개발 -한국형 DST 시제차량 개발 -DST 핵심 부품 기술 개발 ▪ 제3과제: 한국형 이단적재열차 제 규정 개정및 운영효율화 방안 도출 -한국형 DST 운영기술 개발 -한국형 DST 운영 제 규정 개정안 도출
예산	75억원(정부: 65억 민간: 10억)	120억원(정부: 107억 민간: 13억)

Ⅴ. 연구개발 결과의 활용 계획

○ 이단적재열차 기술개발 연구개발사업 추진을 위한 기획안으로 활용

○ 화물 수송력 향상을 위한 철도교통수단으로서 정책 입안에 활용

○ 본 연구개발사업을 통한 기술 개발 성공 시 철도 수송력 제고를 위한 녹색 교통수단으로 활용

○ 향후 동북아 물류허브 중심국가로 도약하기 위한 교통수단으로도 활용 가능

SUMMARY

Ⅰ. Title

○ Feasibility study on Double Stack Train(DST) technology developments

Ⅱ. Objectives

○ Purpose

- Establishment of execution strategies and detailed research fields for the development of DST technologies needed for transportation capacity increase by means of efficient use of existing lines in Korea.
- Accomplishment of validity investigation through detailed feasibility studies and verifications of practical and commercial use of DST in advance.

○ Necessity

- Need of DST operation in order to increase railroad transportation capacity dramatically by means of minimum improvement and efficient use of existing railroad infrastructures
- DST is considered as the most efficient way of railroad transportation capacity improvement since it can transport freight up to 70% more compared with an ordinary flat car.
- In order to operate DSTs on existing lines in Korea commercially, a DST system in accordance with Korean railroad infra-structures has to be developed through comprehensive performance verification tests. Therefore, DST related studies should be performed on a large scale in order to determine detailed vehicle specifications along with careful review of light weight vehicle structures, running stability and vehicle interface with railroad infra-structures.

Ⅲ. Scope

○ Analysis and investigation of DST technology trends at home and abroad

○ Review of technical and economical validities

○ Establishment of the final target and scope of the R&D project

○ Proposition of sub-projects, research execution strategy and scheme

○ Drawing up of RFP for DST related R&D project

Ⅳ. Result

○ Analysis of patent & technology trend in regard to DST

- Analysis of DST operation examples in USA, China and India
- Investigation and analysis of DST patents

○ Review of technical and economical validity

- Target DST performance and specifications
  - Operation speed, light weight, maintenance
  - Maximum speed: 120km/h, Height: 5.5m or less, axle load limit: LS-22
  - Vehicle type: normal bogie(L:19.1m, tare load:18.6ton)
    three-axle articulated bogie
    (3 cars 1 unit, L:53.8m, tare load 50.7ton)
- Review of vehicle type, axle load, safety, traction, braking distance, vehicle/infra-structure interface, DST operation efficiency and amendment of railroad regulations
- Review of transportation capacity increase
- Economical effectiveness

○ R&D scheme

- Safety verification/solutions for safe DST operation in Korea
  - first stage, two years, 7.5 billion KRW(G; 6.5 billion KRW, P: 1 billion KRW)
- Development of Korean DST

(second stage, three years, 12 billion KRW(G: 10.7 billion KRW, P: 1.3 billion KRW)

Ⅴ. Plan for practical use of research results

- ○ Pursuit of DST R&D project
- ○ making the best use of the research result in Railroad strategy
- ○ Increase in railroad transportation capacity

목 차

요약문 ····· iii
SUMMARY ····· vi

제 1 장 연구과제 개요 ····· 1
제 1 절 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1. 기술의 정의 ····· 1
2. 필요성 ····· 1
제 2 절 기획연구의 범위 및 추진방법 ····· 2
1. 연구목표 ····· 2
2. 연구범위 ····· 2
3. 추진방법 ····· 4

제 2 장 국내외 기술동향 ····· 6
제 1 절 국내 기술동향 ····· 6
1. 국내 화차 연구 현황 ····· 6
2. 국내 화차 운용 현황 ····· 8
제 2 절 국외 기술동향 ····· 13
1. 미국 ····· 13
2. 중국 ····· 23
3. 인도 ····· 27
제 3 절 이단적재열차 특허 MAP 분석 ····· 30
1. 핵심기술 특허 검색 ····· 30
2. 핵심특허 분석 ····· 36
3. 기술 수준 분석 ····· 42
4. 지적재산권 확보 가능성 ····· 43
제 4 절 경쟁력 분석 ····· 58
1. SWOT 분석 ····· 58
2. 연구 수행 인프라 및 역량 분석 ····· 58

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 59
제 1 절 이단적재열차 운용환경 분석 ····· 59
1. 선로 하부구조 부담력 ····· 59
2. 차량/건축 한계 ····· 60
3. 안전도 검증 ····· 62
4. 제 규정 개정 및 운영효율화 ····· 64
제 2 절 기술적 타당성 검토 ····· 66
1. 기술적 요구사항 검토 ····· 66
2. 차량형식 검토 ····· 66
3. 개념 설계안 도출 ····· 68
4. 축중 검토 ····· 77
5. 이단적재열차 안전도 검토 ····· 81
6. 견인력, 제동거리 검토 ····· 91
7. 차량/시설/전차선 인터페이스 검토 ····· 104
8. 운영효율화 및 제 규정 개정 방안 검토 ····· 113
9. 이단적재열차 목표성능 ····· 118
제 3 절 경제적 타당성 검토 ····· 120
1. 경제성 분석 ····· 120
2. 이단적재열차 수송량 증감 효과 분석 ····· 130
3. 이단적재열차 연구개발 효과 분석 ····· 131
제 4 절 기술개발(안) 도출 ····· 133
1. 기술개발 목표 및 범위 설정 ····· 133
2. 기술개발 추진전략 ····· 139
3. 세부과제 도출 및 추진체계 ····· 147
4. 소요예산 및 RFP 도출 ····· 150

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도 ····· 164

제 5 장 연구개발결과 활용계획 ····· 165

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보 ····· 166

제 7 장 참고문헌 ····· 167

<표 차례>

Table 2-1-1 국내 화차 연구 사례 ····· 8
Table 2-1-2 화차 보유현황 ····· 9
Table 2-1-3 화차 차종별 대차형식현황 ····· 10
Table 2-1-4 화차의 최고운행속도 ····· 11
Table 2-1-4 화차의 최고운행속도(계속) ····· 12
Table 2-2-1 AAR 이단적재열차 유형 ····· 15
Table 2-2-2 중국 이단적재열차 제원 ····· 27
Table 2-3-1 특허 검색 건수 ····· 30
Table 2-3-2 검색 특허 유사도 분석 ····· 31
Table 2-3-3 차체기술 특허 장벽 ····· 31
Table 2-3-4 차체기술 참고 특허 ····· 32
Table 2-3-5 대차기술 특허 장벽 ····· 33
Table 2-3-6 대차기술 참고특허 ····· 34
Table 2-3-7 제동장치기술 특허 장벽 ····· 35
Table 2-3-8 제동장치기술 참고특허 ····· 35
Table 2-3-9 세부기술 별 핵심특허 보유국 ····· 38
Table 2-3-10 한국내 출원 현황 ····· 39
Table 2-3-11 일본내 출원 현황 ····· 40
Table 2-3-12 미국내 출원 현황 ····· 41
Table 2-3-13 유럽내 출원 현황 ····· 41
Table 2-3-14 관련기술별 기술 수준 및 격차 ····· 42
Table 2-3-15 기술수준 분석에 따른 판단 ····· 42
Table 2-3-16 기술수준 분석에 따른 판단 ····· 43
Table 2-3-17 지적재산권 확보 가능성 판단 대상 특허 목록 ····· 43
Table 2-3-18 차체기술 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략 ····· 44
Table 2-3-19 핵심특허 US5040935에 대한 대응전략 ····· 47
Table 2-3-20 핵심특허 US5170718에 대한 대응전략 ····· 48
Table 2-3-21 핵심특허 EP727338에 대한 대응전략 ····· 49
Table 2-3-22 핵심특허 US6584912에 대한 대응전략 ····· 50
Table 2-3-23 핵심특허 US7334528에 대한 대응전략 ····· 51

Table 2-3-24 대차기술 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략 ····· 52
Table 2-3-25 핵심특허 US5564341에 대한 대응전략 ····· 53
Table 2-3-26 제동장치기술 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략 ····· 54
Table 2-3-27 지적재산권 확보 가능성 및 대처방안 ····· 56
Table 3-1-1 차량형식별 허용 최대 적재중량 ····· 60
Table 3-1-2 이단적적재열차 운용환경 비교 ····· 64
Table 3-2-1 이단적재열차 차량 형식 ····· 67
Table 3-2-2 일반대차형식 이단적재열차 설계안 길이, 자중 검토 ····· 69
Table 3-2-3 3축관절대차형식 이단적재열차 설계안 길이, 자중 검토 ····· 71
Table 3-2-4 용접구조용 압연강재 기계적 성질 ····· 72
Table 3-2-5 고강도 경량화강재 기계적 성질 ····· 73
Table 3-2-6 기존 SMB 대차 사양 ····· 74
Table 3-2-7 이단적재화차용 코일스프링 수량과 사양 ····· 76
Table 3-2-8 무게중심 좌표 기준 ····· 78
Table 3-2-9 장치별 예상 중량 및 무게중심(Z) 위치 ····· 80
Table 3-2-10 전복안전도 해석 파라미터 ····· 82
Table 3-2-11 전복안전도 해석결과 ····· 83
Table 3-2-12 차량 편기량 해석 결과 ····· 86
Table 3-2-13 차량 총 횡변위 해석결과 ····· 86
Table 3-2-14 디젤전기기관차의 속도별 견인량수 ····· 95
Table 3-2-15 Co-Co 신형전기기관차의 속도별 견인량수(추정) ····· 96
Table 3-2-16 제동거리 계산 결과 ····· 103
Table 3-2-17 이단적재열차 형식별 허용 최대 적재중량 ····· 104
Table 3-2-18 이단적재열차 운행 시 시설물별 확보높이 ····· 108
Table 3-2-19 이단적재열차 운행 시 시설물별 확보높이 상세검토 ····· 108
Table 3-2-20 차량형식별 최대 적재중량 ····· 113
Table 3-2-21 철도차량운전규칙 제8조 ····· 116
Table 3-3-1 이단적재열차 수송량 증감 효과 ····· 130
Table 3-3-2 이단적재열차 도입/개발 장단점 분석 ····· 131
Table 3-3-3 도입/개발 시 국내 철도산업 영향 분석 ····· 132
Table 3-4-1 이단적재열차 기술개발관련 소요기술 ····· 134

Table 3-4-2 기술개발 목표 및 범위 ····· 138
Table 3-4-3 일반대차형식 이단적재열차 시험차 제작 사양 ····· 141
Table 3-4-4 1단계 세부과제별 소요인력 ····· 150
Table 3-4-5 2단계 세부과제별 소요인력 ····· 151
Table 3-4-6 1단계 소요예산 ····· 152
Table 3-4-7 2단계 세부과제별 소요예산 ····· 153
Table 3-4-8 1단계 과제 RFP ····· 154
Table 3-4-9 2단계 1세부과제 RFP ····· 157
Table 3-4-10 2단계 2세부과제 RFP ····· 160
Table 3-4-11 2단계 3세부과제 RFP ····· 162

<그림 차례>

Fig. 2-1-1 Y25 대차 ····· 6
Fig. 2-1-2 Swing motion bogie ····· 7
Fig. 2-1-3 국내제작 화차 ····· 7
Fig. 2-2-1 관절대차형식 이단적재열차 ····· 14
Fig. 2-2-2 이단적재열차 운용 형태 ····· 14
Fig. 2-2-3 관절대차형식 이단적재열차 연결기 구조 ····· 15
Fig. 2-2-4 FreightCar America사의 이단적재열차 사양 ····· 17
Fig. 2-2-5 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(AP53) ····· 18
Fig. 2-2-6 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(HS533) ····· 19
Fig. 2-2-7 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(Maxi-Stack I) ····· 20
Fig. 2-2-8 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(Maxi-Stack IV) ····· 21
Fig. 2-2-9 중국 이단적재열차 ····· 23
Fig. 2-2-10 CSR의 이단적재열차 ····· 24
Fig. 2-2-11 CNR의 이단적재열차 ····· 25
Fig. 2-2-12 CNR의 이단적재열차 구조 ····· 25
Fig. 2-2-13 CNR의 이단적재열차 사양 ····· 26
Fig. 2-2-14 인도 이단적재열차 운행 구간 ····· 28
Fig. 2-2-15 인도 이단적재열차 ····· 29
Fig. 2-3-1 국가별 핵심특허 건수 ····· 36

Fig. 2-3-2 핵심특허 유사도 분석 ····· 37
Fig. 2-3-3 이단적재열차 기술 출원(등록)건수 추이 ····· 38
Fig. 2-3-4 미국 이단적재열차 기술의 출원인 구적별 출원 현황 ····· 40
Fig. 2-3-5 지적재산권 확보 가능성 ····· 57
Fig. 3-1-1 국내 축중 기준 ····· 59
Fig. 3-1-2 미국 축중 기준(AREMA Cooper E) ····· 60
Fig. 3-1-3 국내 건축한계 ····· 61
Fig. 3-1-4 차량한계, 건축한계 비교 ····· 61
Fig. 3-1-5 해외 이단적재열차 전복사고 사례 ····· 62
Fig. 3-1-6 차량 3점지지 현상 ····· 63
Fig. 3-1-7 차량 롤 변위에 따른 시설물과의 간섭 ····· 63
Fig. 3-1-8 컨테이너 잠금 장치(TL-FA, TL-FA/LF, TL-FA/L) ····· 65
Fig. 3-2-1 일반대차형식 이단적재열차 개념도 ····· 69
Fig. 3-2-2 3축관절대차형식 이단적재열차 개념도 ····· 70
Fig. 3-2-3 고강도 경량화강재 인장강도 ····· 73
Fig. 3-2-4 주골조 사용 시 경량화 비교 ····· 73
Fig. 3-2-5 기존 SMB대차 스프링 구조 ····· 75
Fig. 3-2-6 이단적재열차 볼스터스프링 배열 ····· 76
Fig. 3-2-7 무게중심 좌표기준 ····· 77
Fig. 3-2-8 차량 윤축 번호 및 차륜 ····· 78
Fig. 3-2-9 대차 지지하중 분포 ····· 78
Fig. 3-2-10 전복안전도 이론해석 ····· 81
Fig. 3-2-11 차량 초기 상태 및 직선 건축한계 ····· 87
Fig. 3-2-12 직선 주행시 - 일반대차 및 3축 관절대차 ····· 88
Fig. 3-2-13 곡선(250R) 주행시 - 일반대차 적용시 ····· 88
Fig. 3-2-14 곡선(250R) 주행시 - 3축 관절대차 적용시 ····· 89
Fig. 3-2-15 곡선(250R) 정차시 - 일반대차 적용시 ····· 89
Fig. 3-2-16 곡선(250R) 정차시 - 3축관절대차 적용시 ····· 90
Fig. 3-2-17 기관차의 견인특성곡선(동륜주 견인력) ····· 92
Fig. 3-2-18 열차의 출발저항 ····· 93
Fig. 3-2-19 디젤전기기관차(3,000마력)의 속도별 견인중량 ····· 94

Fig. 3-2-20 Co-Co 신형전기기관차(9,000마력)의 속도별 견인중량 ····· 95
Fig. 3-2-21 궤도노반 현장 성능평가시스템 ····· 105
Fig. 3-2-22 전차선 가설 방식 ····· 107
Fig. 3-2-23 철송 컨테이너 중량 분포 (2008) ····· 109
Fig. 3-4-1 기술개발 추진 기본전략 ····· 139
Fig. 3-4-2 1단계 연구개발 추진체계 ····· 140
Fig. 3-4-3 2단계 연구개발 추진체계 ····· 145
Fig. 3-4-4 1단계 세부과제명 ····· 147
Fig. 3-4-5 2단계 세부과제명 ····· 148

제 1 장 연구과제 개요

제 1 절 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의

철도 컨테이너 수송량 제고를 위하여 컨테이너를 이단으로 적재함으로서 1단적재에 비하여 최대 약 70%까지 수송량을 향상시킬 수 있는 화물열차시스템.

2. 필요성

○ 국가물류 수송의 기본축인 기존 경부선은 경부고속철도 건설계획 수립시 이단계 개통('10) 이후에는 화물 수송 기능 위주로 운영이 계획되었고 최근 저탄소 녹색성장을 위한 성장동력으로 철도수송 분담률을 2012년까지 15% 확대하는 것을 정책목표로 설정하고 있음.

○ 또한, 물동량의 지속적인 증가로 컨테이너 화물 수송이 급격히 증가할 것으로 예상되고 있음. 그러나 철도 수송 분담율 확대를 위해서는 61회/일의 선로용량 여유가 필요하나 경부고속철도 이단계 개통 이후에도 기존선의 여유용량은 24회/일에 불과하여 선로용량이 크게 부족하고 그로인하여 철도 물류 수송에 한계에 직면하고 있음.

○ 따라서 이러한 문제를 극복하기 위한 방안으로서 선로용량 확대를 위한 시설 개량 및 확대를 고려할 수 있으나 이는 매우 막대한 예산이 소요됨으로서 효율성이 저하됨. 이에 대한 대안으로서 기존 철도시설을 최소한 개량하고 효율적으로 활용하면서 철도 수송 능력을 획기적으로 향상시키기 위한 이단적재물열차(Double Stack Train) 기술개발의 필요성이 제기되고 있음.

○ 이단적재열차는 컨테이너를 이단으로 적재함으로서 1단적재에 비하여 화물수송량을 최대 약 70%까지 향상시킬 수 있는 화물열차시스템으로서 철도물류 수송량 증대를 위한 가장 효율적인 방안이라 할 수 있음. 그러나 이단적재열차를 국내 기존선로에서 운용하기 위해서는 주 운용국가인 북미에 비하여 축중, 전차선높이, 건축한계, 그리고 선로조건 등이 취약하며 따라서 국내에서 안정적으로 운용하기 위해서는 국내 실정에 적합한 이단적재열차시스템을 개발하고 시운전을 통한 성능

검증을 거쳐 실운용할 필요가 있음. 특히 차량시스템은 차량형식 및 사양 결정, 차량경량화, 주행안정성 확보, 시설과의 인터페이스 등의 측면에서 해결하여할 기술수준이 매우 높다고 할 수 있으며 따라서 대규모의 연구개발이 필요하다고 할 수 있으며 기술개발 목표 또한 매우 도전적인 목표라 할 수 있음.

○ 따라서 본격적인 연구 과제의 추진에 앞서 대규모 예산 투입에 따른 예산 효율성과 연구개발 성공 가능성을 높이기 위해서 연구 과제의 전략적 방향성 및 실행방안을 제시할 사전 기획연구가 필수적임

제 2 절 기획연구의 범위 및 추진방법

1. 연구목표

○ 선로용량을 효율적으로 활용하여 기존 노선의 수송능력 증대를 위한 이단적재열차(DST) 기술개발의 상세 연구내용 도출 및 추진전략 수립

○ 연구과제에 대한 상세기획을 통하여 타당성 조사를 수행하고 실용성 및 상용성 사전 검증

2. 연구범위

○ 이단적재열차 기술 관련 국내외 기술동향과 시장 분석

- 국내외 정책, 시장현황 및 전망, 국내 인프라(관련기관 및 기업) 및 연구개발 현황, 기술수준(현재, 과제종료 시 예상), SWOT 분석
- 이단적재열차 특허동향 및 기술 분석
- 해외 실용화/상업화 추진 사례조사 분석
- 기존 연구개발 결과 활용성 검토
- 국내 관련 업체/연구소의 현 기술수준 및 산업동향 분석

○ 기술적 타당성 검토

- 기술개발 목표, 범위 설정 및 효과 분석
- 목표성능 및 설계요구사항을 만족시키기 위한 신기술 및 요소기술 내용 정립, 기타 개발에 필요한 기술적 요구사항 검토
- 차량시스템 형식 및 개발사양 도출

· 대차, 현가장치, 축중, 적재중량관리 방안 검토

· 차체 구조, 치수, 경량화 방안 검토

· 열차편성, 주행속도, 제동시스템, 주행안전성 검토

- 이단적재열차 개념설계(안) 제시
- 차량/시설, 차량/전차선 인터페이스 검토

· 기존 연구결과 활용성 검토 및 보완

- 이단적재열차 운행에 따른 법규/제도개선 방안 검토
- 기타 기술적 타당성 측면에서 검토되어야 할 내용

○ 경제적 타당성 검토 : 실용화/상업화 가능성 검토

- 개발기술의 실용화/상업화 가능성
- 시장에 미치는 파급효과

· 수입대체 및 수출효과, 수입단가 인하효과 등

- 수입방안 대비 국내연구 개발방안 비교 검토
- 경제성 분석 및 산출근거 제시

· 기존철도 시설개량 대비 효과 분석, 경제성 재검토

- 실용화/상업화 가능성 종합 검토
- 정책적 제언 및 기타 상업화사업 추진을 위하여 필요한 사항

○ 기술개발과제의 최종목표 및 범위 설정

- 비전, 최종목표 설정 및 연차별 성과물 제시
- 과제 연구범위 설정 및 최종산출물 제시

○ 연구목표 달성을 위한 세부과제(핵심 요소기술) 도출

- 세부과제 도출(핵심 요소기술 도출) 및 연구내용, 단계별 추진 계획 수립

○ 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립

- 기술개발 시나리오 제시
- 컨소시엄 구성, 인력 및 인프라 활용 등 추진체계 제시
- 기술 확보 전략 제시(선도기관 과의 공동연구, 전문가 활용계획 포함)
- 시험체 제작, Test bed 등을 포함한 구체적인 실용화 방안과 운영관리 등

사후연계 방안 제시

○ 예산소요 및 인력투입 계획 수립

- 연구내용 및 과제구성에 따라 세부과제별 연구일정 및 인력투입계획 수립
- 연구내용, 일정 및 인력투입에 따른 소요예산 수립

○ 본과제 공모를 위한 RFP 도출

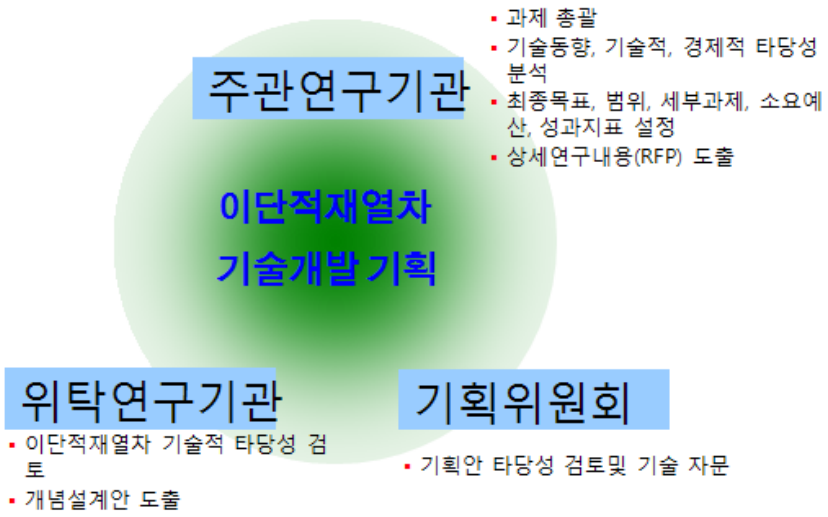
- 설정된 연구목표와 내용, 추진전략을 바탕으로 본과제를 공모하기 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

○ 연구개발과제 추진형태 제시

- 연구단, 사업단 등 효율적인 목적달성을 위한 과제추진형태 제시

3. 추진방법

○ 이단적재열차 기술개발 기획 연구는 산업체, 대학, 연구소, 정부기관 및 철도운영기관이 연계하여 추진함. 철도연이 주관하며 철도차량제작사는 위탁연구기관으로 참여함.



○ 이단적재열차 기술 분석 및 사양 도출을 위하여 국외 출장을 포함한 자료수집, 기술정보 입수 및 자문, 특허 분석을 추진하였음

○ 이단적재열차 사양 도출관련 외부 전문가 발굴을 통한 기술자문 추진하였음

○ 이단적재열차 기술개발 기획위원회를 구성하여 기획연구내용 및 제안요구사항(RFP) 등에 대한 기술적 타당성 검토와 기술 자문을 수행함으로서 기획연구의 완성도를 제고토록 함.(기획위원회 2회 개최)

○ 국토해양부, 철도공사, 시설공단, 제작사, 부품업체 등 관련기관과의 협의, 의견수렴 과정을 거쳐 기획안을 반영하였음.

제 2 장 국내외 기술동향

제 1 절 국내 기술동향

1. 국내 화차 연구 현황

국내 화차관련 기술 개발은 주로 철도공사와 한국철도기술연구원이 주도하여 왔음. 국내 화물 열차의 고속화를 위하여 1991년부터 1993년까지 유럽의 Y25형 대차를 기본으로 하는 고속화차용 용접대차를 제작하여 130km/h 속도까지의 주행성능시험을 실시하고 실용화한 바 있음.

이를 토대로 1995년과 1996년에 걸쳐 기존 화차의 대차를 개량하였고, 1996년 이후부터 도입되는 모든 컨테이너 화차에 용접대차를 적용하였으며, 유개차와 무개차를 비롯한 다른 차종에 대해서도 점진적으로 용접대차를 적용하여 왔음. 그러나 저속차량과의 혼합편성문제 등 운용상의 여러 가지 문제로 고속화차로만 편성시 110km/h, 기존차량과 혼용편성시 90km/h까지로 운행속도를 제한하여 운영하고 있음.

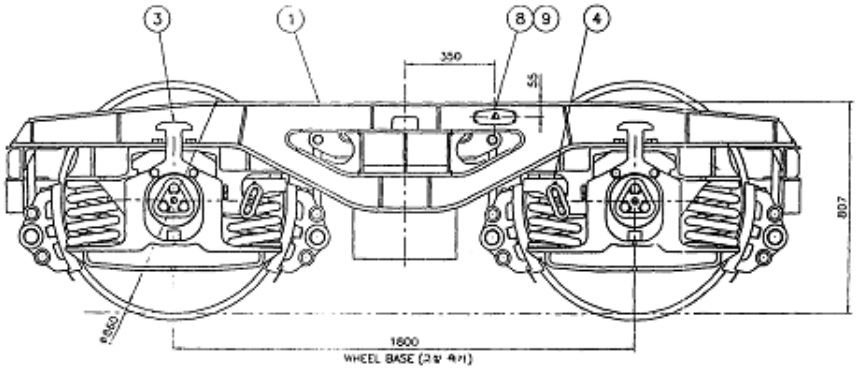


Fig. 2-1-1 Y25 대차

2000년부터 2002년까지 미국의 Meridian Rail사에서 개발한 Swing Motion Bogie를 한국형으로 적용하는데 있어 문제점과 개선방안을 도출하는 연구를 수행한 바 있음. 또한 2003년에는 화차의 유지보수성 향상을 위한 “기존화차 성능 향상 및 무보수화 방안 연구”가 진행된 바 있음. 그 외 2008년에는 수송력 향상을 위한 150km/h급 고속화차 기획연구가 진행되었음.



Fig. 2-1-2 Swing motion bogie

화차에 대한 국내 제작사의 기술 수준은 화차 제작업체의 영세성과 관련 부품 산업의 취약한 구조로 인하여 기술 기반은 취약한 수준이며 철도 물류 수송 증대를 위한 대규모의 화물열차 기술개발사업은 수행된 바 없음. 현재 개발되고 있는 화물차량은 대차는 기존 Y25형 대차를 사용하며 차체는 화차 물류수송 용도에 부합한 차체 개발 사업으로 볼 수 있음. 주로 컨테이너 화차, 평판차, 냉연코일화차, 자갈화차, 호퍼차, 무개차 등의 용도로 개발되어 사용 중임.



(a)무개차 (b)유개차 (c)냉연코일화차

Fig. 2-1-3 국내 제작 화차

다수, 다품종의 화물열차 제작 경험으로 국내 화차 제작업체의 설계 및 생산 능력은 확보하고 있다고 할 수 있음. 그러나 이단적재열차와 같이 적재 하중이 증가하고 표정속도가 높은 화차 개발에 필요한 경량화, 주행안정성관련 핵심기술은 미흡한 수준임. 따라서 다수의 국가연구개발사업 추진으로 차량시스템 SE기술과 핵심요소기술을 확보한 철도전문연구기관과 종합 철도차량제작사가 이단적재열차에 대한 기술개발을 주도하고 기존 화차제작업체의 생산 기술을 연계, 접목하여 연구개발을 추진하면 국내 기술 수준으로도 확보 가능하다고 판단됨.

Table 2-1-1 국내 화차 연구 사례

구분	과제명	기간	수행기관	성격	발주처
1	화차 운행속도 향상 연구	1990~1991 (2년)	철도청	연구과제	철도청
2	고속화차 개발에 관한 연구	1992~1993 (2년)	철도청	연구과제	철도청
3	컨테이너화차 주행안전성시험	1994 (6개월)	한국철도 산업기술연구원	연구용역	철도청
4	고속 컨테이너화차 실차시험	1995 (2개월)	한국철도 산업기술연구원	시험	철도청
5	화차용 주강대차 주행안정성 향상방안 연구	1999 (6개월)	한국철도 기술연구원	현장지원 과제	철도청
6	고속화차 개발사양 제시 및 핵심장치 개발	2000 (1년)	한국철도 기술연구원	기본연구 사업	공공기술 연구회

2. 국내 화차 운용 현황

Table 2-1-2 ~ Table 2-1-4는 국내 화차에 대한 보유현황, 대차형식, 운행속도 현황을 나타낸다. 2008년 7월 현재 화차 총 보유량은 총 13,077량이며 이중 컨테이너 화차는 3,240량이다. 컨테이너화차용 대차는 바버대차, 용접대차가 주류를 이루고 있으며 최근 스윙모션대차가 일부 적용되고 있다.

철도차량의 운행속도는 철도청 훈령 “열차운전시행절차” 제25조에 의해 제한되고 있다. 주강형 대차를 적용하고 있는 화차의 최고운행속도는 90km/h이며, 용접대차를 적용하고 있는 화차의 최고운행속도는 차종에 따라 90km/h에서 120km/h까지 운용되고 있다.

Table 2-1-2 화차 보유현황

차 종		보유량			비 고
		계	청 용	사 유	
유개차	일 반	463	463		
	전 개 형	518	518		
	냉연코일	174		174	
	보선용발전	16	16		
	계	1,171	997	174	
무개차	일 반	2,137	2,137		
	홉 파	892	873	19	
	자 갈	502	174	328	
	계	3,531	3,184	347	
조 차	일반유조	1,037	333	704	
	아스팔트	30	20	10	
	황 산	65		65	
	프로필렌	59		59	
	벌 크	3,745	911	2,834	
	계	4,936	1,264	3,672	
평판차	일 반	206	161	45	
	핫 코 일	164	164		
	곡 형	3		3	
	자동차수송	40		40	
	미군탱컨겸용	121		121	
	소 계	534	325	209	
컨테이너	일 반	1,970	1,275	695	
	탱,컨겸용	104	104		
	컨겸평판	562	562		
	냉 동	70		70	
	소 계	2,706	1,941	765	
	계	3,240	2,266	974	
소화물	일 반	164	164		
차장차	차장전용	35	35		
총 계		13,077	7,910	5,167	

내 용 삭 제

자료) 한국철도공사 차량기술단, 2008.7.31

Table 2-1-3 화차 차종별 대차형식현황

차 종		형 식	보유량		
			계	청 용	사 유
유개차	일 반	바 버	463	463	
	전 개 형	용 접	518	518	
	냉연코일	용 접	174		174
	보선용발전	용 접	16	16	
	계		1,171	997	174
무개차	일 반	주 강	4	4	
		바 버	775	775	
		용 접	1,358	1,358	
	홉 파 차	바 버	344	325	19
		용 접	548	548	
	자 갈 차	바 버	90		90
		용 접	412	174	238
	계		3,531	3,184	347
조 차	일 반	바 버	654	70	584
		용 접	383	263	120
	아스팔트	바 버	30	20	10
	황 산 차	용 접	65		65
	프로필렌	용 접	59		59
	벌 크 차	바 버	3,141	307	2,834
		용 접	604	604	
	계		4,936	1,264	3,672
평판차	일 반	용 접	206	161	45
	핫 코 일	용 접	164	164	
	곡 형 차	주 강	2		2
		바 버	1		1
	자 동 차	바 버	40		40
	미군탱컨겸용	주 강	25		25
		바 버	96		96
	컨테이너	바 버	701	6	695
		용 접	1,127	1,127	
		스윙모션	142	142	
	탱컨겸용	바 버	104	104	
	컨겸평판	용 접	561	561	
		스윙모션	1	1	
	냉동컨테이너	용 접	70		70
	계		3,240	2,266	974
소화물	일 반	용 접	164	164	
차장차	차장전용	용 접	35	35	
총 계			13,077	7,910	5,167

자료) 한국철도공사 차량기술단, 2008.7.31

Table 2-1-4 화차의 최고운행속도

차 종 별		차 호	속 도 (km/h)	차 종 별		차 호	속 도 (km/h)
유개차	일 반 유개차	내용삭제	90 90	평판차	침 목 수 송	내용삭제	90
	곡 물 수송차		90		미군탱, 컨겸용		70 70
	전개형		100 120		자동차 수 송		90
	냉 연 코 일		100		핫코일 수 송		100 100 120
	보선용 발전차		100				
무개차	일 반 무개차		90 120 90 90 90 90 100 100		컨 테 이 너		120 120 90 90 90 90 110 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90
	자갈차		90 90 100 90 100				
	홉파차		90 100 120 90 90				
평판차	일 반 평판차		120 90 90 90 90 90 90 90				

Table 2-1-4 화차의 최고운행속도(계속)

차 종 별		차 호	속 도 (km/h)	차 종 별		차 호	속 도 (km/h)
평 판 차	곡 형	내 용 삭 제	30	조 차	탱, 컨 겸 용	내 용 삭 제	90
			25		냉 동		120
			70		컨 겸 평 판		120
			30				120
			70				120
			30				
			80				
			90				
조 차	일 반 유조차		90		벌크차		90
			110				90
			90				90
			100				90
			90				90
			90				90
			100				90
			90				90
			90				90
			90				90
			90				90
	아 스 팔 트		90	차 장 차	차 장 전 용		90
			90				90
			90				120
	황산차		100		소화물		90
	프 로 필 렌		90				120
	벌크차		90		호 송 겸 용		90
			120				120
			90				
			90				
			90				

제 2 절 국외 기술동향

1. 미국

가. 이단적재열차 개발 배경

1960~1970년대 미국철도산업이 수송장비와 수송실적 측면에서 계속적인 하향세를 보임에 따라 미 의회는 당시 시행하고 있던 철도산업에 대한 규제를 완화하기 위해 1976년 이른바 4R ACT라 불리는 철도재건법인 Railroad Revitalization and Regulatory Reform을 제정하여 철도산업에 대한 규제를 다소 완화했으며, 1980년도에는 실질적인 철도규제완화법이라 할 수 있는 Staggers Rail Act가 발표된 후 종래 piggyback 운송은 보다 탄력적인 운임구조를 유지하며 트럭회사와 경쟁하게 되었다. 그러나 철도가 근본적으로 경쟁력을 제고하기 위해서는 운행비용(line haul cost)을 낮추고 운송효율을 높이기 위한 새로운 운송장비의 개발이 요구되었다.

이단적재열차 운송은 철도회사가 트럭과의 중장거리 경쟁에서 절대적 우위를 차지하고자 새로이 도입한 시스템으로서 한 화차에 컨테이너를 이단으로 적재하여 운송량을 2배로 증가시킨 혁신적인 운송방법으로 제시되었다. 이단적재 열차서비스의 개척자는 Southern Pacific Transportation사와 Sealand사로서 1982년 LA~Gulf 만간의 운송서비스를 시도하였으나 철도화차의 고중량으로 인해 TOFC에 비해 기대한 만큼의 비용절감이 이루어지지 못해 포기한 바 있다. 당시 화차자체의 경량화가 충분치 않아 보급되지 않았지만, 해운회사인 APL사가 1984년 4월부터 대폭 경량화한 화차로 LA~Chicago구간, 시애틀~시카고~뉴욕 간에 이단적재열차의 운전을 개시하여 오늘의 붐을 일으키게 되었다. 이어 1985년에는 Sea-Land사를 위시하여 NYK, K-Line 및 OOCL 등의 해운회사들도 전용 이단적재열차를 운행하였으며, 현재는 여러 철도회사가 선사와 공동 또는 단독으로 이단적재열차를 운행하고 있다. 이단적재열차 서비스의 경우 초기에는 선사가 전용 계약한 임대열차에 의한 서비스만 이루어졌으나 1985년에 Burlington Northern사가 'common user' 서비스를 도입하면서 이단적재열차의 경제성과 유연성을 크게 제고시켰다.

나. 이단적재열차 특징 및 구조

이단적재열차의 특징으로는 미국내륙수송을 활성화시킨 기술, 트럭과의 중장거리 경쟁에서 절대적 우위를 차지하기 위해 새로 도입한 시스템, 한 화차에 컨테이

너를 이단으로 적재하여 운송량을 2배로 증가시켰다는 점을 들 수 있다. 이단적재열차용 화차길이를 고려할 때 운송량 증가율은 30~40% 정도로 추정된다.

이단적재열차는 Flat car 또는 컨테이너 위에 또 다른 컨테이너를 적재하는 방법으로 기존 열차보다 많은 트레일러의 적재가 가능한데, 넓은 야적장이 필요하고, 크레인이나 loader와 같은 고가의 장비와 유지비용이 필요하다. 미국의 경우 일반적으로 관절대차를 사용하고, 대부분 20ft 컨테이너 2개 또는 40ft, 45ft, 48ft 단위의 컨테이너를 하단에 적재하며 그 위에 40ft, 45ft 또는 48ft 컨테이너를 적재하고 있다. 차체 구조는 주로 저상화된 well형 차체 구조로 되어 있다. 이단적재열차 형식은 1량씩 독립적으로 운용이 가능한 일반대차형식과 3량, 4량, 5량 1Unit으로 고정편성하여 운용하는 관절대차형식으로 구분된다.

관절대차형식 이단적재열차는 한 열차에 20개 가량의 Unit이 편성되고 열차당 평균 400 TEU를 적재 및 수송할 수 있다. 열차는 통상 15~20 Unit으로 구성되나 최대 28 Unit까지도 구성되어 280 FEU(560 TEU)의 적재가 가능하다. 1개의 Unit는 40피트×10개 또는 20피트×4와 40피트×8개를 동시에 운송할 수 있다.

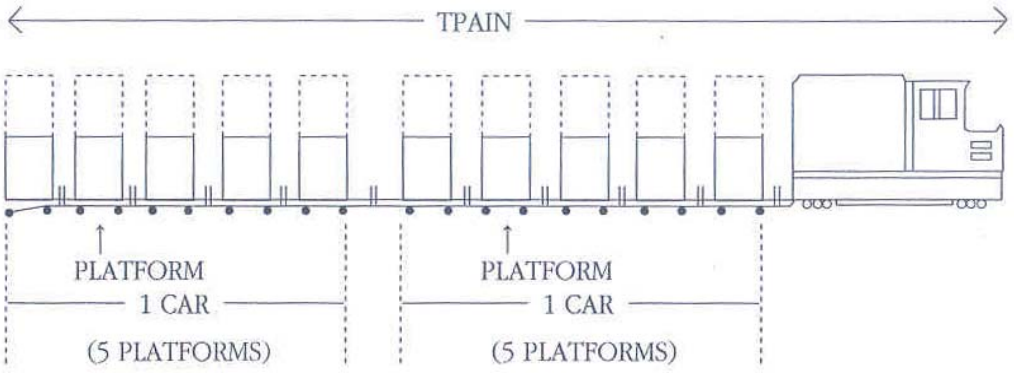


Fig. 2-2-1 관절대차형식 이단적재열차



Fig. 2-2-2 이단적재열차 운용 형태



Fig. 2-2-3 관절대차형식 이단적재열차 연결기 구조

다음은 AAR의 차량형태 구분에 따른 이단적재열차의 종류를 제시한 것으로서 적재화차에 해당되며 총 33개의 종류가 존재한다.

Table 2-2-1 AAR 이단적재열차 유형

ARR Type	ARR Class	Well		종류	적재 용량	곡형부(Well) 적재 가능 컨테이너			
		최대적재 컨테이너	구성			하층부		상층부	
						끝단	중간	끝단	중간
S110	FC	40ft	1	IBC					
S150	FCA	40ft	5	IBC	100톤				
S151	FCA	40ft	5	IBC	100톤	2×20ft, 40ft	40ft	45ft, 48ft	
S152	FCA	40ft	5	IBC	100톤	2×20ft, 40ft		45ft, 48ft	
S162	FCA	40ft	5	IBC	125톤	2×20ft, 40ft		40ft, 45ft, 48ft	
S170	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤				
S171	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	2×20ft, 40ft	40ft	40ft, 48f	
S172	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	2×20ft, 40ft	40ft	40ft, 48f	
S173	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	2×20ft, 40ft	40ft	40ft, 45ft	
S174	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	2×20ft, 40ft		40ft, 48ft	
S175	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	2×20ft, 40ft		45ft, 48ft	
S177	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	40ft	2×20ft, 40ft	45ft, 48ft	
S178	FCA	40ft	5	Bulkhead	100톤	40ft	2×20ft, 40ft	45ft, 48ft	
S312	FC	48ft	1	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S313	FC	48ft	1	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	

S332	FCA	48ft	3	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S333	FCA	48ft	3	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S342	FCA	48ft	4	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S343	FCA	48ft	4	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 48ft, 53ft	
S350	FCA	48ft	5	IBC	100톤				
S354	FCA	48ft	5	IBC	100톤	40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S364	FCA	48ft	5	IBC	125톤	40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S367	FCA	48ft	5	IBC	125톤	2×20ft, 2×24ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S368	FCA	48ft	5	IBC	125톤	2×20ft, 2×24ft, 40ft, 45ft, 48ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S450	FCA	끝단 40ft 중간 45ft	5	IBC	100톤				
S556	FCA	끝단 40ft 중간 48ft	5	IBC	100톤	2×20ft, 40ft	40ft, 45ft, 48ft	40ft, 45ft, 48ft	53ft
S560	FCA	끝단 40ft 중간 48ft	5	IBC	125톤				
S566	FCA	끝단 40ft 중간 48ft	5	IBC	125톤	2×20ft, 40ft	40ft, 45ft, 48ft	40ft, 45ft, 48ft	53ft
S610	FC	53ft	1	IBC					
S615	FC	53ft,	1	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft, 53ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S630	FCA	53ft	3	IBC					
S635	FCA	53ft	3	IBC		2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft, 53ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	
S662	FCA	53ft	5	IBC	125톤	2×20ft, 40ft, 45ft, 48ft, 53ft		40ft, 45ft, 48ft, 53ft	

주1) 자료출처 : 미국철도산업의 중앙통합연구부(The central coordinating and research agency of the American railway industry), 각 기관부터 공기업의 철도부설 전 분야에 대한 관련 문제를 처리한다.

2) IBC(Interbox Connector Version)

3) FC는 TOFC/COFC 서비스의 화물 수송이 가능한 것으로 플랫화차, 컨테이너, 대차, 트레일러를 수송할 수 있도록 장착된 화차를 나타냄. 그리고 FCA는 FC와 같은 형태로서 특별히 연결부위에 굴절형태의 기능이 추가된 화차를 나타냄

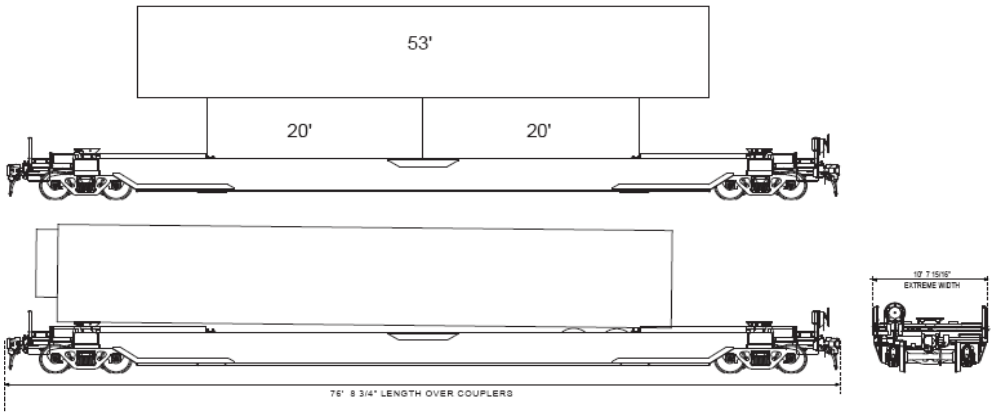
Fig. 2-2-4는 일반대차형식 이단적재열차 대표적 차종인 FreightCar America사의 이단적재열차 사양을 나타낸다. Fig. 2-2-5 ~ Fig. 2-2-8은 Greenbrier사의 이단적재열차 사양을 나타낸다.



Specifications and Dimensions		
Well Car Container Car		
Length		
Truck Centers for Each Unit	50' 2"	
Over Strikers	59' 8-7/8"	
Over Pulling Face of Free Couplers	62' 4-3/8"	
Width		
Extreme Width	9' 9-1/4"	
Height		
Coupler Height (Maximum)	2' 11"	
Rail to Top of Container Support (Nominal)	12-7/16"	
Rail to Top of Container Guides (Nominal)	5' 7-3/4"	
Rail to Top of Container (Nominal) 9' 6" Container	20' 1-5/8"	
Capacity/Weights		
Railcar Lightweight (pounds)	43,800 Lbs.	
Maximum Gross Rail Load (pounds)	220,000 Lbs.	
Load Limit (est.)	176,200 Lbs.	
Curve Negotiability		
Coupled to Like Car (Minimum)	250 Foot Radius	

Fig. 2-2-4 FreightCar America사의 이단적재열차 사양

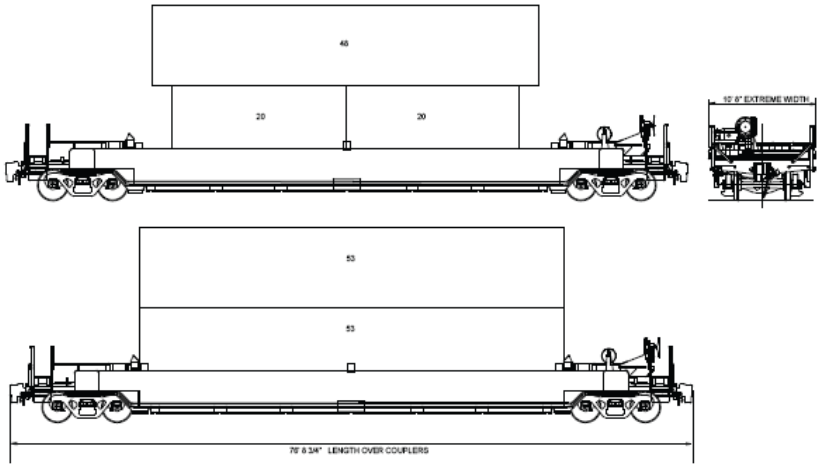




Dimension			
Length, over couplers(m)	23.387	Height, extreme(loaded*)(m)	6.147
Length, between truck centers(m)	19.075	Width, extreme(m)	3.250
Height, top of rail to top of side sill(m)	1.223	Well size(m)	16.15 × 2.6
Height, rail to support surface(empty)(m)	3.659	*Loaded with two 9′6″ stacked containers	
Weight/Capacity(Estimated)		**Curve Negotiability Radius**	
Light Weight (ton)	24.5	Uncoupled(m)	54.9
Gross rail load(ton)	99.8	Coupled to like car(m)	92.4
Load limit(ton)	75.3	Coupled to 12.19 meter(40′) base car(m)	91.1

Fig. 2-2-5 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(AP53)

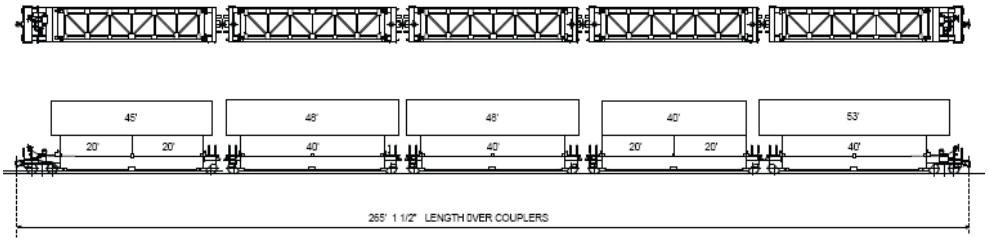




Dimension			
Length, over couplers(m)	23.387	Height, extreme(loaded*)(m)	6.147
Length, between truck centers(m)	19.075	Width, extreme(m)	3.251
Height, top of rail to top of side sill(m)	1.223	Well size(m)	16.15 × 2.6
Height, rail to support surface(empty)(m)	3.659	*Loaded with two 9′6′′ stacked containers	
Weight/Capacity(Estimated)		**Curve Negotiability Radius**	
Light Weight (ton)	24,50	Uncoupled(m)	54.9
Gross rail load(ton)	99,8	Coupled to like car(m)	92.7
Load limit(ton)	75,3	Coupled to 12.19 meter(40′) base car(m)	91.4

Fig. 2-2-6 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(HS533)

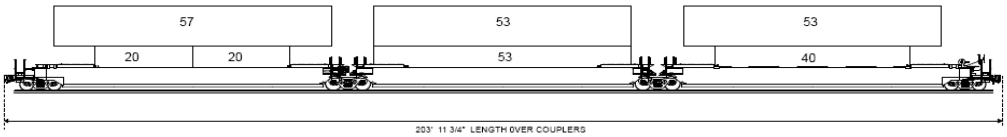




Dimensions per 5-unit car			
Length, over couplers(m)	80.810	Height, extreme (loaded*)(m)	6.147
Length, between truck centers, end unit(m)	15.291	Width, over side sills(m)	2.781
Length, between truck centers, intermediate(m)	15.323	Width, between side sills(m)	2.377
Height, top of rail to top of side sill(m)	1.457	Width, extreme(m)	3.251
Height, rail to support surface(empty)(m)	3.354	Well size(m)	12.19 × 2.44
		*Loaded with two 9′6″ stacked containers	
Weight/Capacity(Estimated)		**Curve Negotiability Radius**	
Light Weight(ton)	80.4	Uncoupled(m)	54.9
Gross rail load(ton)	363.1	Coupled to like car(m)	75.6
Capacity, net(ton)	282.8	Coupled to 12.19 meter(40′) base car(m)	74.7
Average capacity per well(ton)	56.6		

Fig. 2-2-7 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(Maxi-Stack I)





Dimensions per 3-unit car			
Length, over couplers(m)	62.173	Height, extreme (loaded*)(m)	6.147
Length, between truck centers, end unit(m)	19.228	Width, over side sills(m)	3.012
Length, between truck centers, intermediate(m)	19.380	Width, extreme(m)	3.251
Height, top of rail to top of side sill(m)	1.549	Well size, end unit	16.15 × 2.60
Height, rail to support surface(empty)(m)	3.659	Well size, intermediate unit	16.15 × 2.60
		*Loaded with two 9′6′′ stacked containers	
Weight/Capacity(Estimated)		**Curve Negotiability Radius**	
Light Weight(ton)	61.6	Uncoupled(m)	54.9
Gross rail load(ton)	220.5	Coupled to like car(m)	381.0
Capacity, net(ton)	158.9	Coupled to like car	93.3
Average capacity per well(ton)	53.0	Coupled to 12.19 meter(40′) base car	92.1

Fig. 2-2-8 Greenbrier사의 이단적재열차 사양(Maxi-Stack IV)

다. 이단적재열차 운영 효과

이단적재열차의 경제적 효과는 2인 승무기준의 동력차(기관차) 몇 대를 이용하여 200개의 컨테이너를 Long Beach, CA에서 Chicago, IL 까지 2000마일을 운행한다고 가정할 때, 트럭의 경우에는 100명의 운전자가 100대의 이단적재 트레일러를 운행하는 것과 동등 수준이다. 보통 이단적재열차의 수송거리는 1,000km 이상을 의미하고 있으며, 예외적으로 800km 이상의 경우도 있다.

최근 이단적재열차의 장거리 수송과 용량증대 측면에서의 비용측면의 이점은 높은 터미널(terminal) 비용에서 상쇄되고 있다. 아직까지 미국에서 우세한 운송방식으로 나타나고 있는데, 이는 기존선 에서의 적용을 위하여 노반이나 구조물의 높이(차량한계 고려)등의 개선을 위하여 많은 비용투자가 필요하기 때문이기도 하다. 또한, 대부분의 주요 도시연결을 이단적재열차를 활용하고 있는데, 현재 전체 intermodal 철도수송 중 수송량 측면에서 약 2/3가 이단적재열차에 의해 운송되고 있는 것으로 분석되며, 현재까지 동서 해안의 주요 도시들간 전체 물동량의 65% 이상이 이단적재열차에 의하여 수송되고 있다. Intermodal transport의 최대 수요처는 LA/Long Beach~Kansas~Chicago~New York 구간이 최대 밀집지역이며, Seattle~Chicago구간, Salt Lake City~Chicago구간, LA/Long Beach~Houston구간과 이와 함께 상대적으로 수요는 적지만 미 동남부 지역인 Miami, Atlanta, Memphis와 St. Louis 등도 주요 지역이다.

즉 이단적재열차는 intermodal rail transport의 매력(유인)을 증대시킨 중요한 요인이며, 1980년대 중반부터 이는 급속히 증가하여 intermodal rail transport의 시장 점유율이 크게 확대되었음. 최근에는 intermodal 철도수송의 경쟁력을 강화하기 위해서 철도터미널에서의 상하역 과정을 개선하는데 노력하고 있다. 이런 새로운 기술의 적용을 통한 터미널의 성능개선은 비용, 운송시간, 신뢰성과 용량증대 등으로 나타날 것으로 판단된다.

이단적재열차는 재래열차보다 대차의 중량을 50~54%나 감소시키며 연료비도 41%를 절감할 수 있다 이단적재열차는 대차의 중량감소로 인해 400 TEU를 운송하는데 5대의 기관차로 충분함(재래열차의 경우 200 TEU를 운송하는데 4대의 기관차 필요). 미국철도협회(Association of America Railroads)는 이단적재열차가 도입되면서 철도승무원의 비용이 절반으로 줄어드는 등 전체적으로 40%이상의 비용이 절감되는 것으로 추산하고 있다. 경영자문회사인 Temple Barker Sloane에 의하면 이단적재열차는 TOFC방식에 비하여 20~25%의 비용절약이 가능한 것으로 조사되고

있다. 이단적재열차 시스템의 도입은 화물손상 및 도난을 줄이는 등의 안전운송으로 인해 마케팅상으로 상당한 장점을 발휘하고 있다. 이단적재열차의 등장으로 육상운송비가 획기적으로 줄어든 결과 이전까지 북미 동안항만↔파나마 운하를 이용했던 미국의 대아시아 수출입 물동량의 흐름이 서안항만↔육상수송수단으로 이용하는 방향으로 변화하여, 미국의 동안지역의 물동량이 서안으로 분산되고 있다.

2. 중국

가. 운용 현황

중국 철도부 산하 중국 철도컨테이너운송센터(China Railway Container Transport Center : CRCTC)가 2004년 4월부터 상하이-베이징 간 이단적재열차 운행 서비스를 개시하였다. 2004년 4월 19일부터 서비스를 시작한 이 열차는 상하이와 베이징 사이를 38시간 만에 주파하고 있는데, 40ft짜리 컨테이너 40개를 적재한 상태에서 두 지역을 현재 주 3회 운행하고 있다. 기존 컨테이너화차 대비 50%이상 수송력을 증대시키고 있으며 운용비용 25~40%의 절감 효과를 보고 있다.



Fig. 2-2-9 중국 이단적재열차

당초 이단적재열차는 미국에서 주로 사용되어 온 철도운송방식이나 중국이 이번에 도입한 이단적재열차는 미국식이 아닌 자체 설계 제작한 것이라 할 수 있다. 현재 이단적재열차의 수송능력은 시장수요의 50%에도 못 미치고 있지만 향후 시장

성은 매우 높은 것으로 평가 받고 있다. 이 같은 사업호조에 힘입어 CRCTC는 상하이-베이징 간 운행횟수를 주 7회로 늘리는 한편, 왕복 4,400km에 달하는 베이징-광저우 간에도 이단적재열차를 도입할 계획이다. 한편 CRCTC는 국제해상화물이 증가함에 따라 향후 2~3년 내 중국 전역에 연간 50만 TEU의 화물을 처리할 수 있는 18개 복합운송 거점과 40개의 컨테이너전용 터미널 및 200개의 컨테이너 취급장을 건설·운영할 예정이다.

TCR을 이용하여 중국~독일간 이단적재열차 운행을 계획하고 있다. 중국, 몽골, 러시아, 벨루로스, 폴란드, 독일의 6개국을 경과, 새로운 선로를 건설하지 않고, 기존 철도노선을 연결 운영할 계획이며 MOU를 체결한 상태이다. 총 운행거리는 9,850km로서 약 15일 정도 소요되어 해운 수송인 35일에 비하여 소요시간 면에서 유리하나 운임, 통과관련 제반 문제, 최근 해상 운임의 인하 등으로 영업운행을 시작하기에는 당장은 어려운 상황이다.

나. 이단적재열차 사양

중국 이단적재열차는 중국남차(CSR)에서 X2H형, 중국북차(CNR)에서 X2K형 이단적재열차를 제작하고 있다. 자체 설계, 제작하여 실운용 중에 있으며 호주 등 해외에 수출 중에 있다. 최고속도는 120km/h급이며 40량 편성 영차조건에서 제동거리는 1400m 이하이다.



Fig. 2-2-10 CSR의 이단적재열차



Fig. 2-2-11 CNR의 이단적재열차

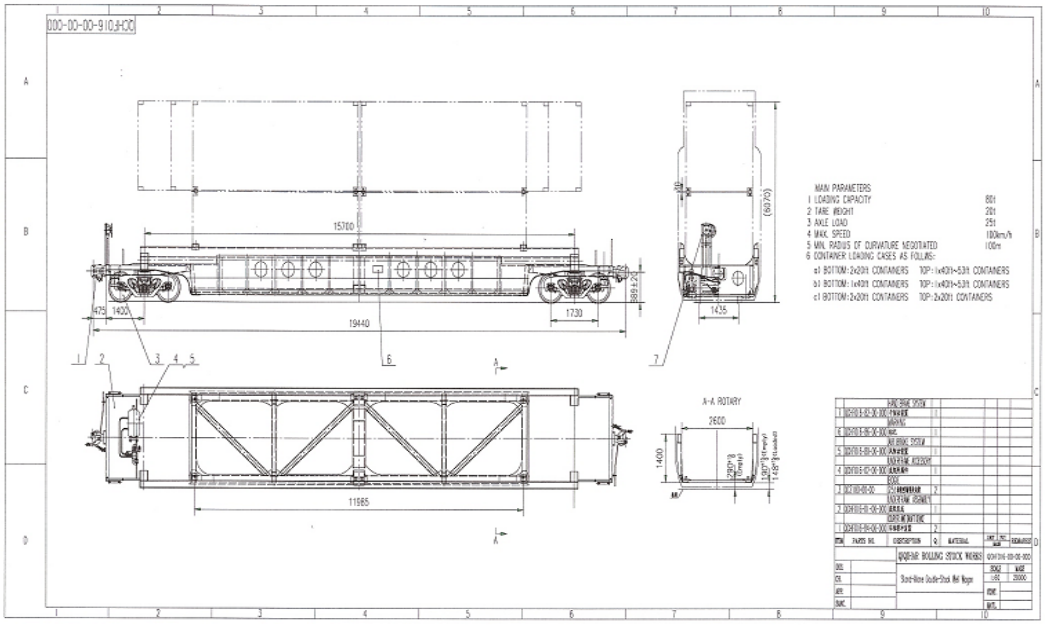


Fig. 2-2-12 CNR의 이단적재열차 구조

PRINCIPAL CHARACTERISTICS AND DIMENSIONS

Main Characteristics:

Loading capacity	80t
Tare weight	≤20t
Axle load:	25t
Min. radius of curvature negotiated	100m
Max. operating speed	100km/h
Clearance diagram:	as per AAR Plate H,

Dimensional Features

Length over coupling pulling faces (pair cars):	19440mm
Max. Width of car	2902mm
Distance over centers of bogie pivot	15600mm
Height from loading surface of container to top of rail (empty)	≤290mm
Lowest point of car body to top of rail (loaded)	≤148mm
Height from coupler center line to top of rail	889mm
Fixed wheelbase	1730mm
Wheel diameter	840mm

Bogie

Principal characteristics and dimensions

Track gage	1435mm
Axle load	25t
Height from top of center plate to top of rail under empty car	680mm
Wheel diameter	840mm
Fixed wheel base	1730mm
Distance over journal centers	1981mm
Distance over centers of side bearer	1270mm
Brake leverage	4.589
Clearance	as per AAR S-2040 attached Fig H

Fig.2-2-13 CNR의 이단적재열차 사양

Table 2-2-2 중국 이단적재열차 제원

차량 모델	시프트 중량(t)	차량 길이(m)	차량 중량(t)	컨테이너 배치	역 선로 길이(m)	편성 차량수	견인 총중량(t)	컨테이너+화물 (t)
이단 적재 컨테 이너 화차	25	19.45	21.5	하층 2×20ft 상층 1×40ft	850	41	4100	3218 ▲
					1050	51	5100	4003
				하층 2×20ft 상층 2×20ft	850	41	4100	3218 ▲
					1050	51	5100	4003
				하층 1×40ft 상층 1×40ft	850	41	3380	2499
					1050	51	4205	3109
				하층 4×10t 상층 4×10t	850	41	4100	3218
					1050	51	5100	4003
C3형 3TEU 컨테 이너 화차	25	19.35	20	3×20ft	850	41	3772	2952
					1050	51	4692	3672
				20ft+40ft	850	41	3798	2795
					1050	51	3798	2778
27공장 ×68 컨테 이너 화차	21	16.34	22.5	6×10t	850	48	3960	2880
					1050	61	5032	3660
				2×20ft	850	48	3384	2304▲
					1050	61	4300	2928
				1×40ft	850	48	2543	1463▲
					1050	61	3232	1859

※ 본 표에 계산된 컨테이너 중량: 20ft - 24t, 40ft - 30.48t

3. 인도

뉴델리와 자이푸르(Jaipur) 등의 도시가 자리잡고 있는 인도 북부지역은 주로 열차와 트럭을 이용하여 서쪽에 위치한 뭄바이지역의 항만들을 경유해 바깥세상과 이어진다. 하지만 최근 2년간 북부지역 서안의 구자라트 지방 항만들이 이 운송시장에서 점유율을 높여가고 있다.

구자라트 지방은 인도 전체 면적의 6%를 차지하고 있으며, 총연장 1,600km의 해안선을 가지고 있다. 이 해안선을 따라 몇몇 항만들이 존재하는데, 이 중에는 물론 지방 정부에서 운영하는 칸드라(Kandla)항과 개인이 운영하는 문드라(Mundra), 피파바브(Pipavav)항 등의 컨테이너 처리 항만들이 있다. 최근 이 항만들은 인도 전체 컨테이너 물동량의 25%가량을 처리하고 있으며, 이들이 처리하는 복합운송 물동량도 지속적인 증가세에 있다. 이러한 현상은 이 지방 내의 광대하고 막힘없는 내

륙 기반시설에 기인한다. 구자라트 지방에는 총연장 7만 3,619km에 이르는 도로망과 5,186km의 철로가 잘 발달되어 있다. 비록 이 지역의 철도 시스템이 전기를 이용하는 방식까지 개량되지는 못했지만, 오히려 이는 이단적재열차라는 새로운 시스템을 시도할 수 있는 계기가 되었다.

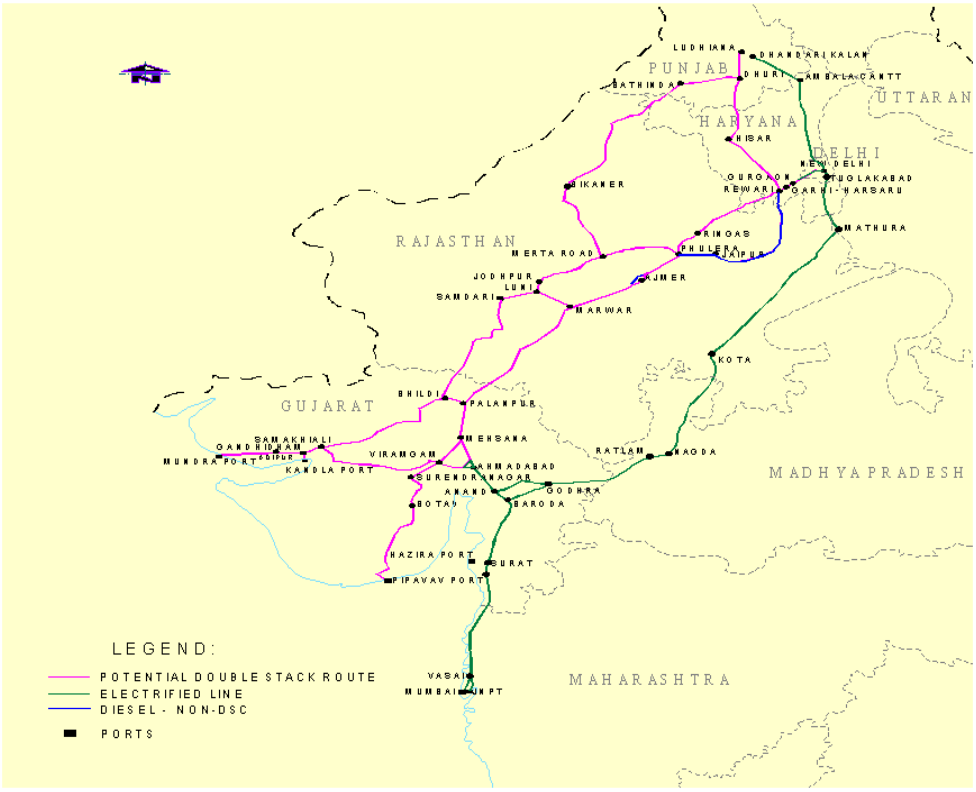


Fig. 2-2-14 인도 이단적재열차 운행 구간

PRCL(Pipavav railway Corporation Limited, 철도부의 조인트 벤쳐회사)와 민간항만 회사인 Gujarat Pipavav Port Limited는 2003년 기존의 축중 20.3톤인 평판 화물열차에 이단적재를 하여 운행하는 방안을 최초로 제시하였다. 2004년 5월 Bhawan철도를 교체함으로서 PRCL은 다시 이중적재 운영에 대한 의견을 제시하였다. 이단적재열차 특허권 침해에 대한 검토 후 4개월의 단시일 안에 2006년 3월 23일 인도 철도 역사상 처음으로 자이푸르~피파바브 950km 구간을 잇는 이단적재열차가 실용화 되었다. 디젤기관차 견인방식이며 2편성이 운용 중에 있으며 일반대차형식 이단적재열차이며 차체는 Flat구조로 컨테이너 이단 적재시 높이가 증가하는 단점이 있다.

이단적재열차는 일반 열차의 2배 이상인 180TEU를 한번에 수송할 수 있으므로, 물류 적체를 해소하는 데에 큰 역할을 하고 있다. 하지만 여기에는 몇 가지 극

복해야할 문제가 있다. 일단 이단적재열차는 위쪽의 전차선이 걸리기 때문에 전기 시스템이 도입된 철로에선 운용할 수 없다. 또한 이 열차는 델리에서 200km나 떨어진 구르가온(Gurgaon)까지만 운행 가능하다. 효용성이 입증되어 운용 구간 확대를 계획하고 있다.



Fig. 2-2-15 인도 이단적재열차

제 3 절 이단적재열차 특허 MAP 분석

1. 핵심기술 특허 검색

이단적재열차 핵심기술 분석을 위하여 특허전문기관인 특허정보원에 핵심기술에 대한 해외 특허 조사를 의뢰하였음. 이단적재열차관련 75건의 특허를 조사하였으며 차체, 대차, 제동장치 등으로 기술 분류

○ 특허장벽 분석의 경우 이단적재열차 관련 75건을 대상으로 관련성이 높다고 판단되는 특허를 추출하여 특허장벽을 분석하였음, '이단적재열차'기술에서 특히 'DST 차체 기술', 'DST 대차 기술', 그리고 'DST 제동장치 기술'에 관하여 집중적으로 분석을 진행하였음

Table 2-3-1 특허 검색 건수

기술분류	세부 기술 내용	관련건수
DST 차체 기술(A)	이단 적재용 차체 기술	40건
DST 대차 기술(B)	관절대차형식 화차에 사용되는 대차	19건
DST 연결장치 기술(C)	관절대차형식 화차 연결장치	7건
DST 제동장치 기술(D)	대차의 제동장치	5건
DST 적재설비 기술(E)	화차용 적재설비, 지상용 적재설비	4건

○ 이단적재열차 기술 중에 유사기술은 총 15건의 유사선행문헌이 발견되었음, 각 기술별로 보면 DST 차체 기술이 10건, DST 대차 기술이 4건, DST 제동장치 기술이 1건 있었음

Table 2-3-2 검색 특허 유사도 분석

유사도 점수	내용	차체 A	대차 B	연결장치 C	제동장치 D	적재설비 E
9~10점	개발하고자 하는 기술과 매우 유사	2	1	-	-	-
7~8점	개발하고자 하는 기술과 유사	8	3	-	1	-
5~6점	개발하고자 하는 기술과 관련 있는 기술	30	15	7	4	4
3~4점	관련이 적은 기술	-	-	-	-	-
1~2점	관련 없는 기술	-	-	-	-	-
합계		40	19	7	5	4
국내/해외 특허장벽 대상건수		10	4	-	1	-
참고대상 특허건수		30	15	7	4	4

○ 해당 기술별 유사대상 건 현황은 위의 표와 같으며 국내/해외 특허장벽 대상건수는 차체기술에 관하여는 10건, 대차기술은 4건, 제동장치는 1건으로 나타남

Table 2-3-3 차체기술 특허 장벽

기술 코드	기술분류	핵심기술요약
A	차체 기술	이단적재를 위한 화차구조 및 컨테이너 지지구조 기술

해외 특허장벽

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	핵심요지
		Gunderson Inc. (US)	존속기간 만료	9	관절연결기에 의해 상호 연결된 다양한 카 유닛을 포함하는 적재 보조 컨테이너
		G & G Intellectual Properties Inc. (US)	등록유지	9	다양한 각각의 프레임에 다수의 차량을 지지하고, 각각의 프레임과 그것에 지지된 차량을 짝지어서 밀봉 공간에 넣고 적층하는, 차량을 적재 및 이송하는 시스템
		Gunderson Inc. (US)	등록유지	8	표준 intermodal 화물 컨테이너를 지지하기 위해 각 유닛의 측면 틀에 접촉하는 컨테이너 지지멤버를 구비한 다중 유닛 관절 철도 운반차
		Bartel, Manfred (DE)	등록유지 (CH, IT, FR)	7	2개의 길이 조정 가능한 이중 축 화차로 구성된 철도 이송 유닛
		Bartel, Manfred (DE)	기간만료 (유지료미	7	고정된 길이 연결 로드와 길이 가변 연결 로드에 의해 연결된 혼합

내용삭제

			납)		화물 컨테이너용 철도 운송 화차
		OLDHAM & OLDHAM CO (US)	등록유지	7	트러스에서의 중요한 빔이나 버팀대로 웹의 기능을 수행하는 구조에 의해 결합된 한 쌍의 반대쪽 틀을 구비한 철도 화차 유닛
		National Steel Car Ltd. (US)	등록유지	7	철도 대차, 한 쌍의 제1,2 공간 분할된 측 빔에 의해 지지되는 한 쌍의 단부 구조를 갖는 크로스 멤버를 구비한 well car
		Thrall Car Manufacturing Company (US)	기간만료(유지료 미납)	7	적어도 2개의 다른 길이의 상부 컨테이너 지지가 가능한 이단 적재 선적 컨테이너 운반용 철도 화차
		Trinity Industries Inc. (US)	기간만료(유지료 미납)	7	후단부 구조와 길이방향 단부 구조 사이에서 지지되는 함몰된 바닥 부를 갖는 well car 단부 구조
		National Steel Car Ltd. (US)	등록유지	7	다수의 가로지르는 부재, 길게 대응되는 단부 구조를 갖는 화차 몸체로 구성된 개선된 구조 지지부를 구비한 철도 운송차

내용삭제

국내 특허장벽					
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**유사도점수(1-10)**	**핵심요지**
-	* 국내 장벽 특허는 조사되지 않음				
검토의견(종합유사도 및 대처방안	- 40건의 선행기술문헌들을 살펴보면 유사도가 7이상인 선행문헌이 10건으로 해외문헌이 10건, 한국문헌이 0건으로 나타남. - 출원인 국적으로 보면 국내 출원인이 한 건도 없는 상황임, 따라서 국내의 기술 확보가 필요할 것으로 판단됨 - 이단적재열차를 운영하는 기업보다는, 제작 기업 위주로 특허출원 이루어진 것으로 보임				

Table 2-3-4 차체기술 참고 특허

기술코드	**기술분류**	**핵심기술요약**
A	차체 기술	이단 적재를 위한 화차구조 및 컨테이너 지지구조 기술

해외 특허장벽					
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**유사도점수(1-10)**	**발명의 명칭**
		HAHN LOESER & PARKS, LLP (CA)	등록	6	Cross member with container stop
		National Steel	등록	6	High capacity container rail car

내용삭제

		Car Ltd. (US)			for varying arrangements intermodal containers
		National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Platform step and foothold arrangement for railcar end structure
		National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Curved flange sidewall construction for railcar end structure
		Forbes (US)	등록	6	Well car structure
		National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Well car with cross member
		National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Well car structure
		National Steel Car Ltd. (US)	등록	5	Retractable container stop and guide assembly for railroad freight cars

내용삭제

Table 2-3-5 대차기술 특허 장벽

기술 코드	기술분류	핵심기술요약
B	대차 기술	연접식 열차에서 2대의 화차를 하나의 대차에 연결하는 관절대차 기술

해외 특허장벽

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	발명의 명칭
		National Steel Car Ltd. (US)	만료 (유지료 미납)	9	길게 연장된 메인 로드 베어링 프레임과 그것에 의해 지지되는 바닥구조를 갖는 이중 적재된 화물차
		LOHR INDUSTRIE S.A. (FR)	등록유지 (DE, CH, ES, IT)	7	2개의 연속된 화차구조의 2개의 대응하는 단부를 동일한 대차에 연결하는 조립체
		Sea-Land Service Inc. (US)	존속기간 만료	7	이중 축 철도 대차를 포함하는 고속도로 새시를 포함하거나 하지 않는 컨테이너의 철도 운송을 위한 intermodal 장치
		LOHR INDUSTRIE S.A. (FR)	등록유지	7	2개의 연속된 화차구조의 2개의 대응하는 단부를 동일한 대차에 연결하는 조립체

내용삭제

국내 특허장벽

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	핵심요지
-	* 국내 장벽 특허는 조사되지 않음				

검토의견 (종합유사도 및 대처방안	- 총 19건의 선행기술문헌들을 살펴본 결과, 유사도가 7이상인 선행문헌은 4건으로, 2개의 화차를 1개의 대차로 연결하는 구조 및 화차를 받쳐주는 구조에 관한 기술인 것으로 나타남, 다른 선행문헌의 경우 7점 아래로 본 개발과제의 방향과는 다소 차이가 있는 것으로 판단됨 - US5564341와 EP584026는 패밀리 관계의 특허로, 권리존속기간은 다소 차이가 있으나, 기술적으로는 유사 또는 동일의 특허로 분석이 이루어져야 함 - 국내의 경우 국내출원인에 관한 선행문헌이 검색되지 않았음, 따라서 국내의 기술개발이 시급한 실정으로 판단됨

Table 2-3-6 대차기술 참고특허

기술 코드	기술분류	핵심기술요약
B	대차 기술	연접식 열차에서 2대의 화차를 하나의 대차에 연결하는 관절대차 기술

해외 참고 특허

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	발명의 명칭
		FUJI HEAVY IND LTD. (JP)	등록유지	6	Transportation Vehicle
		Adams, Jr. (US)	등록	5	Truck train system having a removable first truck and a second truck with a load platform and an extendable center sill
		Krause // Robert A. (US)	기간만료	6	Truck and rail transportation system
		The Budd Company (US)	기간만료	6	Radial articulated truck
		The Budd Company (US)	기간만료	6	Low level freight car for carrying trailers
		Railmaster System Inc. (US)	기간만료	6	Train of highway trailers
		Hawker Siddeley Canada Inc. (US)	기간만료	6	Low level freight car
		Railmaster System Inc. (US)	기간만료	6	Train of highway trailers and method of making

내 용 삭 제

참고 국내 특허

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	핵심요지
내용삭제		현대정공 주식회사 (KR)	거절	6	콘테이너수송용 화차
		더 버드 캄파니 (US)	소멸	5	방사식 관절 궤도차

Table 2-3-7 제동장치기술 특허 장벽

기술 코드	기술분류	핵심기술요약
D	제동장치 기술	관절대차형식 화차에 사용되는 제동장치

해외 특허장벽

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	발명의 명칭
내용삭제		Stephen L. Grant Oldham & Oldham Co., L.P.A. (US)	취하	7	하나의 연접연결 유닛의 주 받침대에 형성된 릴리프에 위치하는 브레이크 밸브를 포함하는 철도 화차 브레이크 구조

국내 특허장벽

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	핵심요지
-	* 국내 장벽 특허는 조사되지 않음				
검토의견 (종합유사도 및 대처방안	- 총 5건의 선행기술문헌들을 살펴본 결과, 유사도가 7이상인 선행문헌은 1건으로, 이단적재열차용 제동장치 관련 기술은 특허출원이 거의 없는 것으로 판단되나, 이러한 제동장치 관련 기술이 적게 나타나는 이유는 제동장치의 경우 모든 형태의 대차에 사용되는 기술이므로 특허출원도 일반적인 대차를 기준으로 하는 제동장치 기술로 출원이 될 가능성이 높음. - 따라서, 세부적인 기술개발에서는 제동장치 세부구성에 대한 기술로 시야를 좁혀서 조사분석이 이루어져야할 필요가 있음 - 상기 US20020134279의 기술은 일반적인 연접연결 유닛에 브레이크 밸브를 구비하는 기술로, 일반적인 컨테이너 이단적재열차의 제동장치 보다는 트레일러를 적재하는 화차의 브레이크 장치와 관련이 높은 것으로 판단됨 - 국내의 경우 국내출원인에 관한 선행문헌이 검색되지 않았음, 따라서 국내의 기술개발이 시급한 실정으로 판단됨				

Table 2-3-8 제동장치기술 참고특허

기술 코드	기술분류	핵심기술요약
D	제동장치 기술	관절대차형식 화차에 사용되는 제동장치

해외 참고 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	유사도점수 (1-10)	발명의 명칭
US6216604	1998-07-24	National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Railcar brake structure
US6296083	2000-07-28	National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Railcar brake arrangement
US6484644	2001-04-16	National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Railcar structure for accommodating a brake valve
US6148965	1998-07-24	National Steel Car Ltd. (US)	등록	6	Railcar brake arrangement

2. 핵심특허 분석

○ 특허장벽을 구성하고 있는 핵심특허(유사도 점수 7점 이상)의 출원인 국가별 현황을 보면 Fig. 2-3-1과 같이 해외출원인이 15건, 국내출원인은 없는 것으로 나타남, 따라서 국내 기업(출원인)의 기술 확보가 필요할 것으로 판단됨

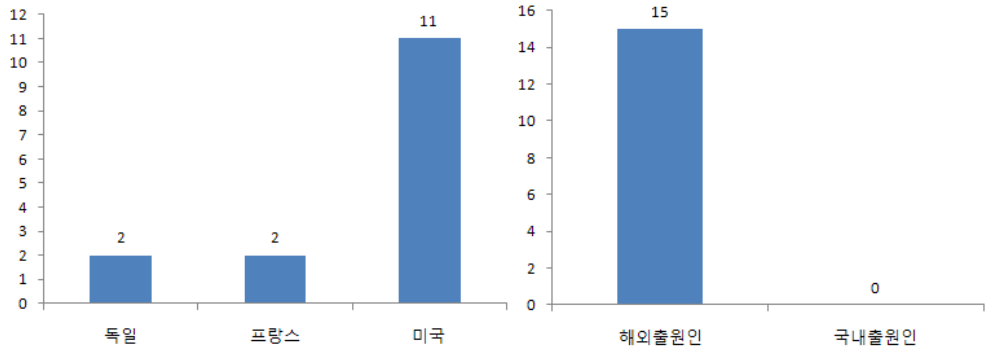


Fig. 2-3-1 국가별 핵심특허 건수

○ 해외 기업의 출원인 국가별로 살펴보면 미국기업(출원인)이 11건으로 가장 많은 것으로 나타남, 다음으로 독일, 프랑스가 각각 2건으로 나타남

○ 프랑스 국적의 관련출원은 모두 대차기술에 관련된 것이고, 독일 국적의 관련출원은 차체기술에 관련된 것으로, 일부 관절대차와 연결장치 등은 기존 관절대

차 기술과의 관련성이 높으므로 독일, 프랑스의 특허가 존재하는 것으로 보이며, 이단적재열차 기술과 직접적으로 관련이 있는 차체기술에 있어서는 미국이 압도적으로 우위에 있는 것으로 나타남. 상기 핵심특허에 관하여는 한국기업은 없는 것으로 나타남

○ 핵심특허(관련성이 높은 선행문헌)의 평균 유사도를 보면 Fig. 2-3-2와 같이 국내출원인의 유사도 점수는 없으며 해외 출원인의 경우 7.47점의 유사도를 보이고 있음, 세부 출원인 국가별로 보면 독일과 프랑스 출원인이 7점, 미국 출원인이 7.64점의 유사도를 보이고 있음

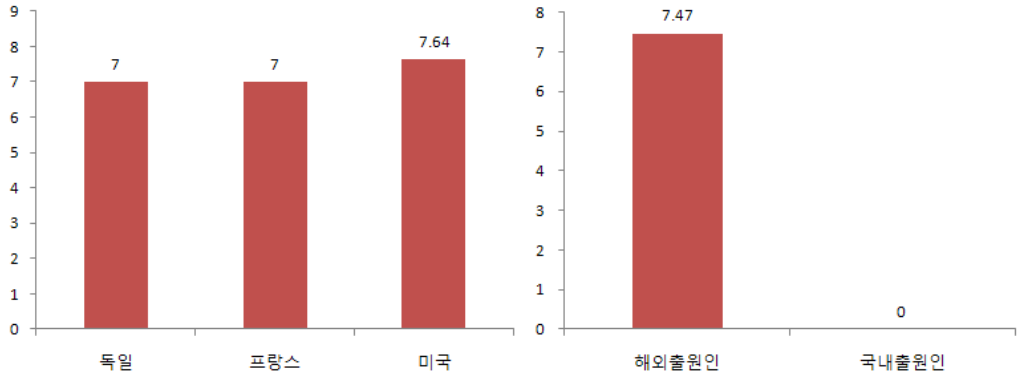


Fig. 2-3-2 핵심특허 유사도 분석

○ 독일, 프랑스, 미국 출원인은 Table 2-3-9와 같이 핵심특허를 보유하고 있는 것으로 나타남, 그러나 국내의 경우 그러하지 못한 것으로 판단되며 본 과제와 관련한 기술의 확보가 필요할 것으로 판단됨

○ 이단적재열차 기술에 관하여 세부 구성별로 분류해 본 결과, 이단 적재와 가장 관련이 높은 차체기술에서 많은 핵심특허가 조사되었으며, 차체기술 관련 핵심특허의 대부분은 모두 미국 출원인이 차지하고 있음

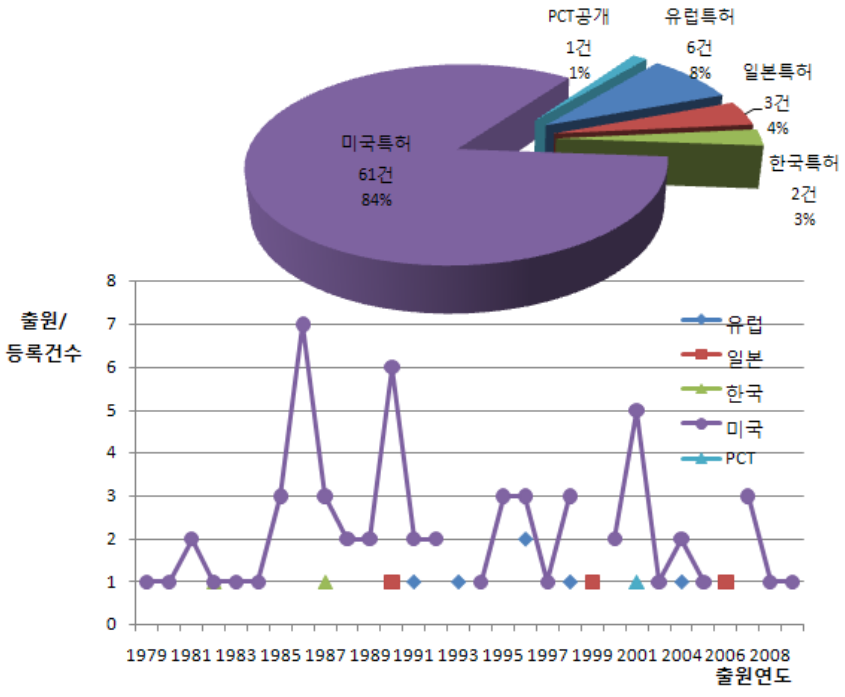
○ 대차 기술에 있어서는, 화차 단부에 회전가능하게 대차를 설치하고, 연접된 화차의 단부를 대차에 연결하는 기술이 프랑스 Lohr Industrie, S.A.에서 언급하고 있는 것으로 나타났으며, 일반형 대차구조 관련 기술은 차체 기술로 분류되어진 핵심특허에서 화차 양단부에 대차를 구비하는 구조가 소개되고 있음

○ 제동장치 기술에 있어서는, 제동장치 자체 구성에 대한 기술이 아니라, 브레이크 밸브의 설치구조와 관련된 기술이 1건 있는 것으로 나타남

Table 2-3-9 세부기술 별 핵심특허 보유국

세부 핵심기술	구성별 분류	프랑스	독일	미국
차체 기술 (A)	컨테이너의 화물 고정 구조		■	■
	컨테이너 이단 적재 지지			■
	화차 단부 구조			■
	트러스 구조			■
	일반형 화차의 대차 구조			■
대차 기술 (B)	연접식 관절대차와 화차의 회전 연결구조	■		
	화차 단부의 연결구조	■		
제동장치 기술 (D)	대차 제동장치 밸브			■

○ 이단적재열차 기술의 국가별 출원동향



※ 분석구간: 한국, 일본, 유럽, 미국, PCT 2009.12.31(등록/공개건 기준)

Fig. 2-3-3 이단적재열차 기술 출원(등록)건수 추이

- 이단 적채 화차 기술 출원(등록) 현황을 살펴보면 일본이 미국이 61건(84%)으로 가장 많은 특허출원활동을 보이고 있음, 다음으로 유럽이 6건(8%)의 현황을 보이고 있으며, 일본 3건, 한국 2건의 출원현환을 보이고 있음, 이단적재열차 기술은 미국에서 압도적으로 많은 연구개발 활동을 하고 있는 것으로 나타남
- 미국의 경우 연도별로 불규칙한 특허활동을 보이고 있으나, 1980년대 이전부터 출원이 이어지고 있는 동향을 보여주어, 관련기술 시장이 활성화 되거나 경쟁이 치열한 산업이 아님을 미루어 짐작할 수 있음
- 다른 국가의 경우, 적은 출원건수로 인하여 매우 불규칙하고 미미한 출원동향을 보임

○ 한국에서의 출원인별/출원인 국적별 출원현황

- 한국에서 이단적재열차 기술에 관한 출원인 국적별 현황을 보면 Table 2-3-10과 같이 한국 국적의 출원인이 출원한 건수가 1건, 미국 국적 출원인이 1건 출원하였음

Table 2-3-10 한국내 출원 현황

출원인	국적	건수
더 버드 캄파니	US	1
현대정공 주식회사	KR	1
총합계		2

○ 일본에서의 출원인별/출원인 국적별 출원현황

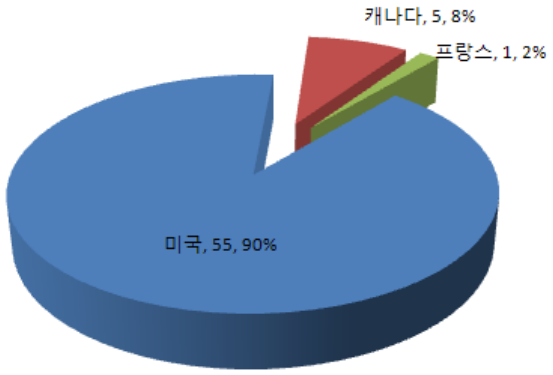
- 일본에서 이단적재열차 기술에 관한 출원인 국적별 현황을 보면 일본국적 출원인이 3건 모두를 출원한 것으로 나타남

Table 2-3-11 일본내 출원 현황

출원인	국적	건수
FUJI HEAVY IND LTD	JP	1
EAST JAPAN RAILWAY CO	JP	1
HITACHI LTD	JP	1
총합계		3

○ 미국에서의 출원인별/출원인 국적별 출원현황

- 미국에서 이단적재열차 기술에 관한 출원인-국적별 출원현황을 보면 미국 국적이 56건으로 가장 많았으며, 다음으로 캐나다국적 5건, 프랑스국적 1건의 현황을 보이고 있음
- 미국에서의 출원인별 현황을 보면 National Steel Car Ltd.가 17건으로 가장 많은 특허출원활동을 보이고 있고, 다음으로 Gunderson Inc.가 5건, Thrall Car Manufacturing Co.가 4건의 출원현환을 보이고 있으며, 상위 출원인의 전체가 미국 국적의 출원인인 것으로 나타남



※ 분석 기준 : 미국 공개특허, 미국등록특허 통합

Fig. 2-3-4 미국 이단적재열차 기술의 출원인 국적별 출원현황

Table 2-3-12 미국내 출원 현황

출원인	국적	건수
National Steel Car Ltd.	US	17
Gunderson Inc.	US	5
Thrall Car Manufacturing Co.	US	4
The Budd Company	US	3
Trinity Industries Inc.	US	3
AMSTED Industries Incorporated	US	2
Trailer Train Company	US	2
Railmaster System Inc.	US	2
Barry // Leonard D.	US	2
Transit America Inc.	US	2
기타		19
총합계		61

○ 유럽에서의 출원인별/ 출원인 국적별 출원현황

- 유럽 이단적재열차 기술의 출원인-국적별 현황을 보면 독일 3건, 프랑스 2건, 오스트리아 1건을 특허출원을 한 것으로 나타나는데, 이는 이단적재열차가 유럽에서 아직 시장이 형성되지 않은 것으로 파악할 수 있음
- 유럽지역에서의 출원인별 현황을 보면 Bartel, Manfred가 2건, 이하 다른 출원인이 각 1건의 출원건수를 보이고 있어, 유럽에서의 주요 출원인 내지는 주요 연구개발 주체가 없음을 알 수 있음

Table 2-3-13 유럽내 출원 현황

출원인	국적	건수
Bartel, Manfred	DE	2
Bombardier Transportation GmbH	DE	1
SAMBRE ET MEUSE	FR	1
Lohr Industrie, S.A.	FR	1
BOMBARDIER-WIEN SCHIENENFAHRZEUGE AKTIENGESELLSCHAFT	AT	1
총합계		6

3. 기술 수준 분석

○ 특허관점에서 보면 이단적재열차 기술에 대한 국내 관심은 매우 미미하나, 미국을 제외한 전세계적으로 관련특허가 많지 않으므로, 미국의 특허장벽을 넘어서는 연구개발을 통해 세계적인 기술수준과 특허확보가 가능할 것으로 판단됨, 더욱이 한국형고속철도 관련 연구개발을 통하여 축적된 관련기술을 본 과제인 이단적재열차분야에 다양하게 적용가능 할 것으로 판단되며, 세계적으로도 경쟁력이 있다고 판단됨

○ 그러나 이단적재열차의 시장이 세계적으로 특정국가에 한정되어 있는 현실이므로, 특허 출원시에 전략적인 시장을 국가별로 선별하여 지재권 확보를 위한 노력이 효율적일 것으로 판단됨

○ 종합적으로 이단적재열차를 개발하기 위한 기초연구 분야 및 설계기술은 매우 미미한 수준에 있으나, 이러한 연구개발을 할 수 있는 철도관련 기술은 이미 근접에 있는 것으로 판단되며, 미국에 비하여 연구개발시점이 상당히 뒤쳐진 부분은 상용화 기술을 통해서 극복해 나가야 할 숙제로 판단됨

Table 2-3-14 관련기술별 기술 수준 및 격차

관련 기술명	기술 선도국 및 기업/연구소	상대적 수준(%)	기술격차
차체 기술	[미국] 기업 National Steel Car Limited	60%	2년
대차 기술	[프랑스] 기업 LOHR INDUSTRIE S.A. (FR)	50%	4년
제동장치 기술	[미국] 기업 National Steel Car Limited	50%	3년

Table 2-3-15 기술수준 분석에 따른 판단

상대수준			
90%이상	80~90%	70~80%	**70%이하**

※ 최상위 기술을 100%라고 했을 때 상대적인 기술수준

Table 2-3-16 기술수준 분석에 따른 판단

기술격차			
0~1년	1~2년	2~4년	**4년 이상**

※ 현 수준의 국내 기술 잠재역량을 고려할 때 최상위 기술 수준에 도달하는 데 걸릴 것으로 예상되는 기간

4. 지적재산권 확보 가능성

○ 지적재산권 확보가 가능한 대상 특허 목록은 Table 2-3-17과 같음

○ 차체기술별 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략은 Table 2-3-18과 같으며 핵심특허에 대한 대응전략은 Table 2-3-19 ~ Table 2-3-23와 같음

○ 대차기술별 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략은 Table 2-3-24와 같으며 핵심특허에 대한 대응전략은 Table 2-3-25와 같음

○ 제동기술별 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략은 Table 2-3-26와 같음

○ 각 세부기술별 지적재산권 확보 가능성 및 대처방안은 Table 2-3-27과 같음.

Table 2-3-17 지적재산권 확보 가능성 판단 대상 특허 목록

연번	기술분류	특허(등록/공개)번호	출원일자	출원인	권리상태	유사도 점수 (1-10)	발명의 명칭
1	차체기술	내용삭제	1984.08.14	Gunderson Inc.	만료	9	Stack supporting container car
2			1990.08.31	G & G Intellectual Properties Inc.	등록유지	9	System for loading and transporting wheeled vehicles
3			1991.04.17	Gunderson Inc.	등록유지	8	Railroad freight car with well for stacked cargo containers
4			1996.02.10	Bartel, Manfred	등록유지 (CH, IT, FR)	7	Railway transport unit for the mixed transport of containers and swap bodies
5			1996.04.27	Bartel, Manfred	만료	7	Railway transport unit for the mixed transport of containers and/or exchangeable containers and semi trailers

6		내용삭제	2001.03.05	OLDHAM & OLDHAM CO	등록유지	7	Well car structure
7			2004.11.16	HAHN LOESER & PARKS, LLP	등록유지	7	Well car with cross member
8			1987.07.17	Thrall Car Manufacturing Company	만료	7	Railroad car with double stack container restraint system
9			1987.05.07	Trinity Industries Inc.	만료	7	Well car end structure having frameless radial truck
10			1994.04.08	National Steel Car Ltd.	등록유지	7	Railroad freight car having an improved structural support
11	대차 기술		1986.10.14	National Steel Car Ltd.	만료	9	Doubl stacked freight car
12			1993.08.19	Lohr Industrie, S.A.	등록유지(DE, CH, ES, IT)	7	Coupling assembly between two successive wagons and a common bogie
13			1985.08.16	Sea-Land Service Inc.	기간만료	7	Apparatus for intermodal transport of highway containers
14			1995.02.14	Lohr Industrie, S.A.	등록유지	7	Coupling assembly between two successive wagon structures and a common bogie
15	제동장치 기술		2000.12.20	Stephen L. Grant Oldham & Oldham Co., L.P.A.	취하	7	Railcar brake structure

※ EP584026, US5564341는 패밀리 특허로, 동일 기술의 출원으로 간주하여 1건으로 분석을 진행함

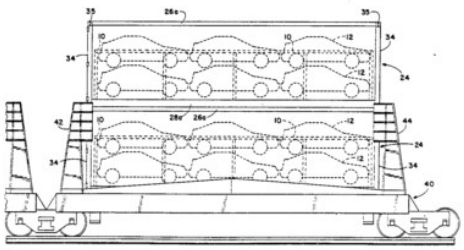
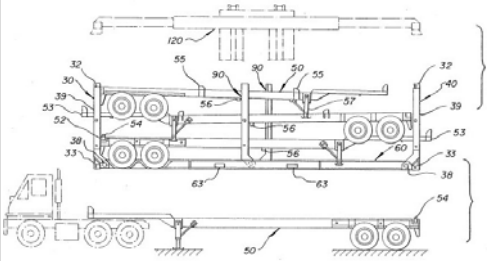
Table 2-3-18 차체기술 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략

기술코드	기술분류	기술요약			
A	차체 기술	이단 적재를 위한 화차구조 및 컨테이너 지지구조 기술			
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(출원인국적)	권리상태	권리존속기간	
내용삭제	1990.08.31	G & G Intellectual Properties Inc. (US)	등록유지	2010.08.30	
발명의 명칭	System for loading and transporting wheeled vehicles				

유사점/차이점	- 유사점: 밀봉공간은 다른 어느 하나의 상부에 적재됨으로써 운송차에 하적되어 운반되는 이송 시스템 - 차이점: 일반적인 intermodal 컨테이너의 지지구조라기 보다는 기술의 핵심이 컨테이너 내부에 차량을 다단적재하기 위한 고정프레임에 있어 다소 차이가 있음			
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**권리존속기간**
내용삭제	1991.04.17	Gunderson Inc. (US)	등록유지	2011.04.16
발명의 명칭	Railroad freight car with well for stacked cargo containers			
유사점/차이점	- 유사점 : 길이가 짧은 한 쌍의 컨테이너 또는 길이가 긴 단일의 컨테이너를 하부에 적재하고 그 상부에 길이가 더긴 컨테이너를 적재하는 구성이고, 이러한 컨테이너를 지지하는 화차 측면 구조 및 하부구조에 관한 기술임 - 차이점 : 본 핵심특허는 이단 적재를 위한 화차의 구조이나, 이단 적재를 위한 상부 컨테이너를 지지하는 구조에 대한 내용은 기술되어 있지 않음			
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**권리존속기간**
내용삭제	1996.02.10	Bartel, Manfred (DE)	등록유지 (CH, IT, FR)	2016.02.09
발명의 명칭	Railway transport unit for the mixed transport of containers and swap bodies			
유사점/차이점	- 유사점: 관절대차의 연결구조로, 길이가 다른 컨테이너를 길이가변 연결바를 이용하여 적재하는 장치 - 차이점: 이단 적재를 위한 기술이 아니라, 길이가 다른 컨테이너를 적재하기 위한 관절대차 연결장치 및 차체 구조에 관한 기술임			
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**권리존속기간**
내용삭제	2001.03.05	OLDHAM & OLDHAM Co. (US)	등록유지	2021.03.04
발명의 명칭	Well car structure			
유사점/차이점	- 유사점: 이단 적재화차에 사용되는 well car의 트러스 구조로, 개발기술의 차체 기술과 관련이 높음 - 차이점: 이단 적재가 가능한 well car의 컨테이너의 하부를 지지하는 구조로, 적재를 위해 쌓아올리기 위한 특별한 구조와는 다소 차이가 있음			
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**권리존속기간**
내용삭제	2004.11.16	National Steel Car Ltd. (US)	등록유지	2024.11.15
발명의 명칭	Well car with cross member			
유사점/차이점	- 유사점: 이단 적재화차에 사용되는 well car의 트러스 구조로, 개발기술의 차체 기술과 관련이 높음 - 차이점: 이단 적재가 가능한 well car의 컨테이너의 하부를 지지하는 구조로, 적			

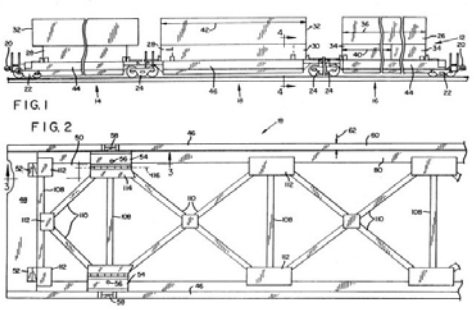
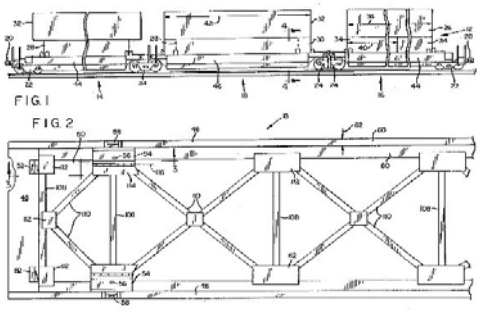
	재를 위해 쌓아올리기 위한 특별한 구조와는 다소 차이가 있음			
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**권리존속기간**
내용삭제	1994.04.08	National Steel Car Ltd. (US)	등록유지	2014.04.07
발명의 명칭	Railroad freight car having an improved structural support			
유사점/차이점	- 유사점: 양단부에 대차를 구비하고, 컨테이너를 이단으로 적재하는 well car의 트러스 구조로, 개발기술의 차체기술 즉, low floor를 위한 기술과 관련이 높음 - 차이점: 이단 적재가 가능한 well car의 컨테이너의 하부를 지지하는 구조로, 적재를 위해 쌓아올리기 위한 특별한 구조에 대한 내용은 기술되어 있지 않음			
종합의견 (종합유사도)	- 본 핵심기술과 일부 유사한 선행특허가 조사되었으나, 본 과제의 기획방향의 구체화 단계에서 기본적으로 트러스 구조를 사용한다면 상당부분 유사기술에 해당할 것으로 판단됨 - 본 핵심기술의 기술적 개념과 일부 구성을 언급하고 있는 선행특허 US4986705, US4893567, US6877226이 조사되었음 - 조사된 선행특허의 경우 기본적으로 트러스 구조를 갖는 차체 구조에 관한 기술로 일부 유사성을 가지고 있음			
지재권확보 가능성	- 본 핵심기술들과 관련된 선행문헌이 다수 조사되었으나, 일부 구성만이 유사하며, 일부 출원인에 의한 지속적인 개량특허의 성격이 높은 것으로 나타남 - 본 과제와 유사한 특허가 많지 않고 **기술적으로 개량 가능성이 있어서 추가적인 개량특허기술 확보 및 해외 특허 확보 가능성**이 있을 것으로 판단됨 - 본 과제의 기술의 경우 유사한 선행문헌이 적으나 기계적인 메커니즘에 관한 기술로 특허장벽이 다소 있을 것으로 판단됨 - 기계적인 특허기술이라는 점에서 **권리범위, 도면 등을 면밀히 분석**하여 대체가능성(회피설계, 역설계)을 검토할 경우 개량특허출원이 가능할 것으로 판단됨 - US4893567, US6877226은 등록되어 권리가 형성되어 있으나, US4986705은 권리기간이 만료되어 소멸된 것으로 파악됨			

Table 2-3-19 핵심특허 US5040935에 대한 대응전략

구 분	핵 심 특 허	유 사 특 허
출원번호	US576591	US125617
출 원 일	1990.08.31	1987.11.25
출 원 인	G & G Intellectual Properties Inc.	EIS coporation
등록(공개)번호	US5040935	US4986705
권리상태	등록유지	기간만료(유지료 미납)
대표도면		
요 약	서로에 대해 수직적으로 공간을 갖는 관계로 다양한 각각의 프레임에 다수의 차량을 지지하고, 각각의 프레임과 그것에 지지된 차량을 짝지어서 각각의 밀봉공간에 넣는 것으로 구성되고, 밀봉공간은 다른 어느하나의 위에 적재됨으로써 운송차에 하적되는, 운반차에 바퀴달린 차량을 적재 및 이송하는 시스템	철도로 트럭 트레일러의 새시와 프레임을 다루기 위한 것으로, 다른 컨테이너와 함께 적재되도록, 회전되거나 비사용시에는 수평으로 놓여지는 프레임으로 구성된 적대된 새시를 고정하는 장치
청구항 비교	A : 길쭉한 3차원 프레임 B : 다중 레벨로 프레임 상에 다수의 차량을 지지하기 위한 수단 C : 길쭉한 3차원의 차단된 면을 갖는 일반적인 용도의 화물 수송 컨테이너가 다중 타입의 화물을 이송하기 위해 상기 프레임으로부터 나뉘어지고 분리되며, 개방된 단부를 구비 D : 상기 프레임에 차량을 다중 레벨로 위치시키기 위한 수단 E : 차량과 함께 하적되고, 개방단부를 통해 컨테이너 안으로 수용되도록 상기 프레임을 움직이기 위한 파워 구동 수단	B‘ : 사이드 빔과 후방 받침대 수단으로된 메인 프레임, 새시 지지 빔 B″ : 전방 받침대 수단 B‴ : 지지 프레임 D′ : 지지프레임에 회전가능하게 고정되는 전후방 단부 프레임, 독립된 중간 프레임
구성요소 비교	A+B+C+D+E	B′+B″+B‴+D′
유사도분석	- 유사특허 US49867058은 핵심특허 US5040935와 같이 차량을 다단으로 적재하는 컨테이너 프레임에 관한 것으로, 핵심특허 US5040935 청구항의 B, D 기술구성은 차량을 다단으로 적재하기 위한 구성요소로, 유사특허 US49867058의 청구항의 와 관련이 높	

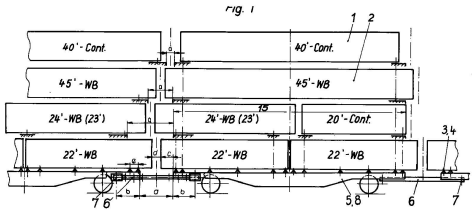
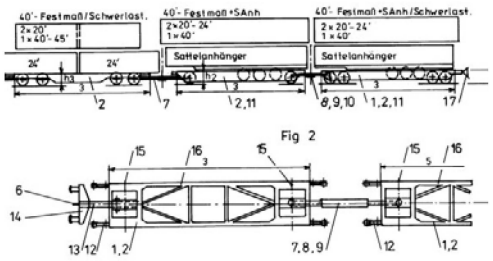
	으나, 핵심특허 US5040935의 컨테이너 구조는 상부가 개방된 일반적인 컨테이너에 프레임을 사용하여 차량을 적재 및 고정하고 개방단부를 통해 컨테이너 안으로 수용되도록 하는 구조이나, 유사특허의 구성은 길이가 다른 새시를 고정하거나, 일반 컨테이너와 함께 트레일러를 고정하기 위한 프레임 구조로 차이가 있음
대응전략	- 본 핵심특허에 관한 대응전략으로는 개량특허확보 가능성이 있을 것으로 판단되며, 개량여부는 차량의 다단 적재를 위한 지지 프레임의 구조 변경, 차량을 수용하는 컨테이너의 구조변경을 통하여 개량특허를 확보 할 수 있을 것으로 판단됨

Table 2-3-20 핵심특허 US5170718에 대한 대응전략

구 분	핵 심 특 허	유 사 특 허
출원번호	US687467	US0234332
출 원 일	1991.04.17	1988.08.18
출 원 인	Gunderson Inc.	Gunderson Inc.
등록(공개)번호	US5170718	US4893567
권리상태	등록유지 (2011.04.16)	기간만료(2010.01.15)
대표도면		
요 약	최대 높이 제한을 넘기지 않고, 바닥층 위에 적재되는 2층 컨테이너를 허용하도록 충분히 낮게 표준 intermodal 화물 컨테이너를 지지하기 위해 각 유닛의 측면 틀에 접촉하는 컨테이너 지지멤버를 구비한 다중 유닛 관절 철도 운반차	2층 적재가 가능하도록 충분히 낮은 위치에 intermodal 화물 컨테이너를 지지하기 위해 각 유닛의 측면 틀에 부착되는 컨테이너 지지부재를 구비하는 멀티 유닛 연접 철도 화차
청구항 비교	A : 몸체의 단부에 위치하는 한 쌍의 가로지르는 연장된 몸체 받침 B : 차에 길이방향으로 연장되고, 상기 몸체 받침에 개별적으로 부착되는 한 쌍의 측면 틀 C : 상기 측면 틀은 경량 구조로, 깊은 상부 튜브, 웹 플레이트, 바닥 코드 등으로 구성 D : 차체 각 단부에 위치하고, 차체를 지지하는 2개의 공유되지 않는 대차	A′ : 고강성 스틸 판으로된 메인 화물 지지 부재 A″ : 측면 틀의 한쪽에 접속되는 더 얇은 금속 판 부재로된 부착 행거 브라켓 조립체 E : 다수의 기계적인 조임부재
구성요소	A+B+C+D	A′+A″

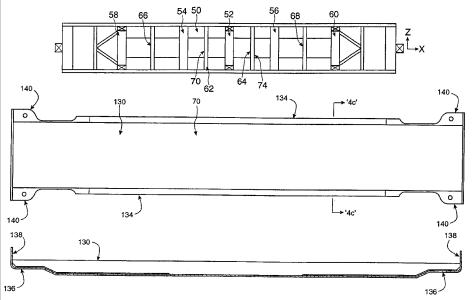
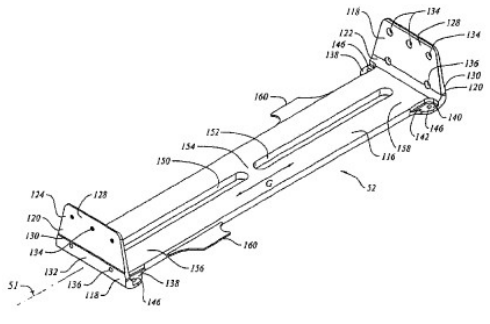
비교		
유사도분석	- 유사특허 내용삭제 와 핵심특허 내용삭제 는 모두 Gunderson Inc.의 출원으로, 기본 개념은 동일하나, 세부적인 이단 적재를 위한 화물지지구조에 있어 다른 구성을 보임 - 핵심특허 내용삭제 는 측면 틀의 세부 구조에 중점을 두고 있는 반면에 유사특허 내용삭제 의 기술은 바닥 지지판 구조에 기술의 핵심이 있어 차이가 있음	
대응전략	- 본 핵심특허의 기술내용은 지지구조의 형상과 관련된 것으로, 이러한 기술은 다양한 구조 변경을 통해 새로운 개량특허의 도출이 가능하며, 특허권리를 획득할 수 있을 것으로 판단됨 - 그러나, 그와 상응되도록 이러한 개량특허의 권리범위는 한정된 구조로 인하여 협소해 질것으로 판단되며, 복잡한 구조로의 개량보다는 구성부재를 단순화하고 충분한 성능요구조건을 만족시킬 수 있는 구조 설계를 하는 것이 보다 효과적일 것으로 판단됨	

Table 2-3-21 핵심특허 내용삭제 에 대한 대응전략

구 분	핵 심 특 허	유 사 특 허
출원번호	내용삭제	내용삭제
출 원 일	1996.02.10	1996.04.27
출 원 인	Bartel, Manfred	Bartel, Manfred
등록(공개)번호	내용삭제	내용삭제
권리상태	등록유지 (CH, IT, FR ; 2016.02.09)	기간만료 (유지료 미납)
대표도면		
요 약	길이가 가변되거나, 다른 길이의 로드가 사용되는 긴 연결 로드(6)에 의해, 2개의 길이 조정 가능한 이중 축 화차로 구성된 철도 이송 유닛	고정된 길이 연결 로드와 길이 가변 연결 로드에 의해 연결된 혼합 화물 컨테이너용 철도 운송 화차
청구항 비교	A : 2개의 교환 바디에 적합하도록 디자인된 차량연결바 수단에 의해 화차가 연결 B : 외측 길이방향 부재(9)의 단부에 상대적으로 뒤로 배치된 화차의 주축대(13) C : 컨테이너 유지 스터드의 고정부분에 의해 외측 길이방향 부재의 2개의 자유단부가 제한되는 구조	A′ : 긴 연결 로드(7) E : 연결 기어(6)

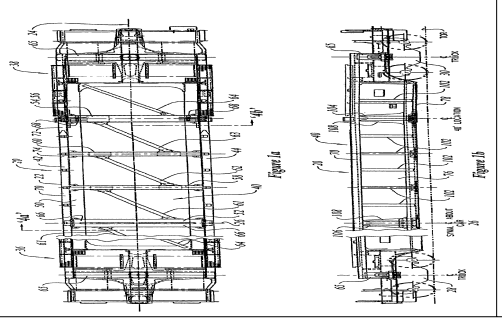
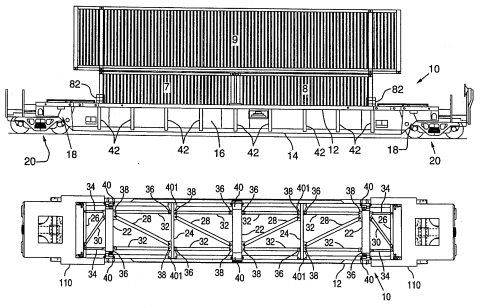
	D : 차량 하부 프레임에 존재하는 차량연결바의 회전 연결점(7)	
구성요소 비교	A+B+C+D	A′
유사도분석	- 핵심특허 EP742130 특허는 핵심특허 EP727338와 비교 하여 연결로드를 이용하여 길이가 다른 컨테이너를 적재하는 운송화차 기술로 유사한 기술내용을 보이며, 동일 출원인의 특허로, 핵심특허 EP742130가 핵심특허 EP727338에 대한 개량특허의 성격을 지니고 있는 것으로 보임 - EP727338와 EP742130 모두는 이단 적재화차 기술이라기보다는 일반적인 관절대차 연결장치 구조와 관련이 많은 기술임	
대응전략	- 상기 2건의 핵심특허와 유사한 건은 발견되지 않았으며, 핵심특허 EP727338의 경우에는 컨테이너 유지 스터드, 차량 하부 프레임의 회전 연결점 구조를 변형하여 개량특허의 도출이 가능하며, 상기 2가지 구성요소를 제외 또는 대체함으로써 회피도 가능할 것으로 판단되며, 핵심특허 EP742130의 경우에는 연결기어(6)를 다른 구성요소로 대체함으로써 회피설계가 가능할 것으로 판단됨	

Table 2-3-22 핵심특허 US6584912에 대한 대응전략

구 분	핵 심 특 허	유 사 특 허
출원번호	US799136	US340019
출 원 일	2001.03.05	2003.01.10
출 원 인	OLDHAM & OLDHAM CO	National Steel Car Limited
등록(공개) 번호	US6584912 (US2001-0010198)	US6877226
권리상태	등록유지 (2021.03.04)	등록유지 (2023.01.10)
대표도면		
요 약	트러스에서의 중요한 빔이나 버팀대로 웹의 기능을 수행하는 구조에 의해 결합된 한 쌍의 대응측 틀을 구비하여, 결합구조가 화차에 작용하는 다양한 하중을 측면 틀로 전달하는 철도 화차 유닛	철도 대차에 의해 지지되는 한 쌍의 단부 구조를 갖고, 선적 컨테이너의 단부를 지지하기위하여 한 위치에서 측면 틀들의 사이에 고정되는 컨테이너 지지 크로스 부재를 구비한 well car
청구항 비교	A : 한 쌍의 제1,2 사이드 빔, 한 쌍의 제1,2 단부 구조로된 화차	A′ : 제1단부, 제이단부, 중간부를 갖는 제1 단일부재를 제공하는 단계

	B : 상부 현, 하부측 틀, 웹을 포함하는 사이드 빔 C : 제1,2 사이드 빔의 하부측 틀 사이를 가로지르는 크로스 부재 D : 제1단부, 제이단부와 spanning부를 갖는 단일 부재를 갖는 크로스부재 E : 제1,2 부착 피팅을 갖는 제1,2, 단부	B′ : 제1 앞끝을 형성하는 단계 B′ : 제2 앞끝을 형성하는 단계 F : 각각의 상기 제1,2 앞끝 근방에 화물 베어링 인터페이스를 제공하는 단계 G : 상기 제2 앞끝이 제1측면 빔에 기계적인 조임구에 의해 부착되도록 상기 제1단일부재의 제1 상방향 연장 플랜지에 구멍을 형성하는 단계 H : 상기 앞끝이 제2 측면 빔에 기계적인 조임구에 의해 부착되도록 허용하는 제2 상방향 연장 플랜지에 구멍을 형성하는 단계
구성요소 비교	A+B+C+D+E	A′+B′
유사도분석	- 유사특허 US6877226의 경우 핵심특허 US6584912에서 언급되어 있는 크로스부재에 대한 자세한 구성에 관하여 개시하고 있지 않지만, 컨테이너의 하중을 측면 짐에 전달하는 구조인 점에서 유사한 구성을 갖고 있음	
대응전략	- 본 핵심특허 US6584912는 사이드 빔의 하부측 틀 사이를 크로스 부재로 연결하는 구조로, 특정한 구조를 권리범위로 한정하고 있으므로, 이러한 차체 구조의 세부 구성을 개량함으로써 다수의 개량특허가 도출 가능할 것으로 판단되어짐	

Table 2-3-23 핵심특허 US7334528에 대한 대응전략

구 분	핵 심 특 허	유 사 특 허
출원번호	US990299	US224839
출 원 일	2004.11.16	1994.04.08
출 원 인	National Steel Car Ltd.	National Steel Car Ltd.
등록(공개) 번호	US7334528	US5465670
권리상태	등록유지 (2024.11.15)	등록유지 (2014.04.07)
대표도면		

요 약	철도 대차, 한 쌍의 제1,2 공간 분할된 측빔에 의해 지지되는 한 쌍의 단부 구조를 갖는 well car로, 선적 컨테이너의 단부를 지지하기 위한 위치에 측면 틀 사이에 고정되는 지지 크로스 멤버	다수의 가로지르는 부재, 길게 대응되는 단부 구조를 갖는 화차 몸체로 구성된 개선된 구조 지지부를 구비한 철도 운송차
청구항 비교	A : 한 쌍의 공간 분할되고, 길게 연장된 사이드 빔 B : 다수의 컨테이너 지지 크로스 부재 C : 크로스 타이 부재	A′ : 강화된 측벽 B′ : 다수의 하중 지지 가로지르는 부재, 다수의 중간 가로지르는 부재 C′ : 다수의 대각선 부재 D : 가로지르게 연장된 몸체 받침을 갖는 단부 구조
구성요소 비교	A+B+C	A′+B′+C′
유사도분석	- 핵심특허 US7334528와 핵심특허 US5465670의 경우 유사한 트러스구조의 well car 구조에 대한 기술로, 한 쌍의 측면 틀과 이를 가로지를 크로스 부재 및 크로스 부재를 사선으로 이어주는 부재를 사용한 구조에 있어 유사하며, 기술을 개시하고 있음	
대응전략	- 본 핵심특허 US7334528와 핵심특허 US5465670는 모두 National Steel Car Ltd.가 등록권자이며, 동일출원인에 의한 유사한 다양한 개량특허가 존재하므로, well car 구조에서 특히 트러스 구조를 통한 컨테이너 지지구조와 관련된 연구개발시에 National Steel Car Ltd.의 등록특허를 주의 깊게 분석할 필요가 있을 것으로 판단됨 - 트러스 구조는 일반적인 지지구조로 많이 쓰이는 것으로, 다양한 형태의 트러스 구조로의 개량이 가능하므로, 본 선행문헌(US)과 같은 개량 특허를 확보 할 수 있을 것으로 판단되어짐	

○ 대차기술 지적재산권 확보 가능성

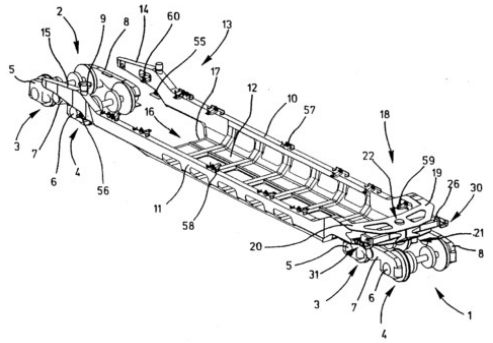
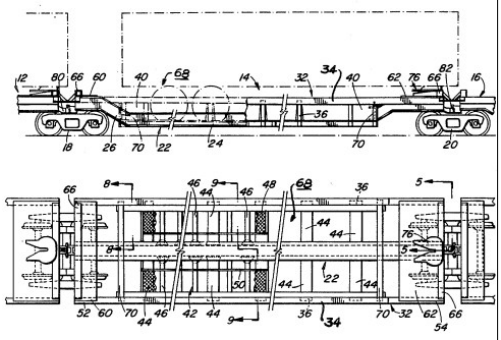
Table 2-3-24 대차기술 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략

기술코드	기술분류	기술요약
B	대차 기술	연접식 열차에서 2대의 화차를 하나의 대차에 연결하는 관절대차 기술

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(출원인국적)	권리상태	권리존속기간
US5564341 (EP584026)	1995.02.14 (1993.08.19)	LOHR INDUSTRIE S.A. (FR)	등록유지 (US, DE, CH, ES, IT)	2015.02.13 (2013.08.18)
발명의 명칭	Coupling assembly between two successive wagons and a common bogie			
유사점/차이점	- 유사점: 연속되는 화차를 하나의 대차 상에 연결하는 구조로 본 개발과제와 관련이 높음			

	- 차이점: "V" 형상의 단부 구조를 갖는 화차로 구조상에 있어서, 개발과제의 개발 방향과 차이가 있을 수 있음
종합의견 (종합유사도)	- 본 핵심기술과 유사한 선행특허가 조사되지 않았음 - "V" 형상의 단부 구조를 통해 관절대차의 연결을 이루는 기술로 구성의 특이성이 있어, 유사 선행특허가 조사되지 않은 것으로 판단됨
지재권확보 가능성	- 본 핵심기술인 "V" 형상의 단부 구조를 통해 차체의 단부에 형성된 회전 가능한 관절대차 상에 연결하는 기술에 있어서, 유사한 선행문헌은 조사되지 않았음 - 본 과제와 유사한 특허가 없고 **기술적으로 개량 가능성이 있어서 추가적인 개량특허기술 확보 및 해외 특허 확보 가능성**이 있을 것으로 판단됨 - 다만, 본 핵심특허의 청구항1의 권리범위가 다소 넓은 것으로 판단되어, 이에 따른 회피설계의 곤란성이 우려되나, 화차 단부구조의 형상변경, 대차 연결부의 구조 변경 등의 **우선적인 회피설계를 수행**하여야 하며, 회피설계에 따른 부수적인 개량특허의 도출이 가능할 것으로 판단됨 - 형상을 한정하고 있는 기계적인 특허기술이라는 점에서 **권리범위, 도면 등을 면밀히 분석**하여 일부 구성요소의 대체 가능성(회피설계, 역설계)을 검토해야함

Table 2-3-25 핵심특허 US5564341에 대한 대응전략

구 분	핵 심 특 허	유 사 특 허
출원번호	US381871	US796709
출 원 일	1995.02.14	1985.11.12
출 원 인	Lohr Industrie, S.A.	Hawker Siddeley Canada, Inc.
등록(공개) 번호	US5564341	US4686907
권리상태	등록유지(DE, CH, ES, IT, US ; 2015.02.13)	
대표도면		
요 약	"V" 형상의 전면 단부(18)를 갖는 2개의 연속된 화차구조의 2개의 대응하는 단부를 동일한 대차에 연결하는 조립체	견고한 구조를 제공하기 위해 상대적으로 경량 측면 틀 조립체를 갖는 낮은 중심 틀 트레일러와 컨테이너를 운송하는 저상 화물차
청구항 비교	A : 제1 화차 구조	E : 중심 틀 연장부

	B : 제2 화차 구조 C : 회전 수단을 갖는 대차 D : 제2 화차의 후단부에 연결을 위해 제1 화차구조의 전단부 상에 고정되는 수단	F : 한 쌍의 측면 틀 조립체 G : 다수의 측면 부재를 포함하는 저상 구조 H : 단부 프레임 구조 I : 중간부 위에 위치하는 상부 말단을 갖는 측면 틀 조립체
구성요소 비교	A+B+C+D	-
유사도분석	- 유사특허 US4686907은 핵심특허 US5564341의 기술구성과는 많은 차이가 있음. 다만, 측면 틀과 단부 구조 등에 있어서는 기본적으로 유사한 구조의 형태를 띠고 있으나, 핵심특허 US5564341의 핵심내용인 "V" 형상의 전면 단부(18)를 갖는 2개의 연속된 화차구조에 해당하는 구성이 없으며, 청구항의 기술 핵심이 다른 내용을 다루고 있음. 더욱이, 유사특허 US4686907의 경우에는 차체기술과 관련이 많은 내용임	
대응전략	- 본 핵심특허의 청구1항은 연속되는 화차의 전단부에 회전수단을 갖는 대차를 설치하고, 대응하는 화차의 후단부를 상기 대차에 연결하는 구조를 기술하고 있으므로, 비교적 넓은 권리범위를 갖고 있으므로, 이에 관한 대응전략으로는 회피설계가 필요할 것으로 판단되며, 회전수단을 구비한 대차를 화차에 설치하는 구성을 다르게 설계하여 핵심특허 US5564341의 권리범위를 회피하는 전략이 필요할 것으로 판단됨	

Table 2-3-26 제동장치기술 지적재산권 확보 가능성 및 대응전략

기술코드	기술분류	기술요약			
D	제동장치 기술	관절대차에 사용되는 제동장치			
특허(등록·공개)번호	**출원일자**	**출원인(출원인국적)**	**권리상태**	**권리존속기간**	
[US]20020134279	2000.12.20	Stephen L. Grant Oldham & Oldham Co., L.P.A. (US)	취하	-	
발명의 명칭	Railcar brake structure				
유사점/차이점	- 유사점: 연접연결 유닛에 브레이크 밸브에 관한 것으로 본 개발 과제와 관련이 높음 - 차이점: 일반적인 컨테이너를 적재하는 기술이 아니라, 고속도로 트레일러의 노즈를 거는 장치와 관련된 것으로, 적용대상이 다르다는 점에서 차이가 있음				
종합의견 (종합유사도)	- 본 핵심기술과 일부 유사한 선행특허가 조사되었지만, 본 과제의 기획방향과 일치되는 선행문헌은 발견되지 않았음 - 본 핵심기술의 기술적 개념과 일부 구성을 언급하고 있는 선행특허 US6484644, US6148965가 조사되었으며, 모두 동일 발명인, 동일 출원인의 출원으로 개량특				

	허 관계인 것으로 보임 - 조사된 선행기술의 경우 관절대차에 고속도로 트레일러의 노으즈 부분을 걸어 운송하는 기술을 개시하고 있으나, 세부적인 구성에 있어서 차이가 있음
지재권확보 가능성	- 본 핵심기술인 관절 대차의 브레이크 밸브에 관한 목적, 구성, 효과가 모두 일치되는 선행문헌은 조사되지 않았고, 관련특허로는 모두 National Steel Car Limited가 출원한 선행문헌들이 개시되어있음 - 본 과제와 유사한 기술은 많지 않으며, 본 핵심특허도 취하된 상태에 있으나, 유사특허 US6484644, US6148965가 등록유지되고 있으며, National Steel Car Limited에 의해 여러 건의 개량특허가 출원된 특정기술로서, 관련기술에 대한 특허기술의 **확보 가능성이 높지 않을 것으로 판단**되며, **우선적으로는 회피설계가 필요할 것으로** 판단됨

Table 2-3-27 지적재산권 확보 가능성 및 대처방안

핵심기술	핵심특허 (공개/등록 번호)	권리 상태	Family 출원국	1차 분석결과	대처방안마련 결과
차체기술 (A)	내용삭제	등록유지	AU, EP, JP, MX, CA, AT, DE, HK, SG, GR, KR,	개량특허 확보 가능 기본/표준 특허 확보 가능	**개량특허 확보 가능** **해외특허 확보 가능** (개량 후 해외 진출) **기본/표준 특허 확보 가능** (컨테이너 내에 차량 다단 적재 관련)
		등록유지	CA	개량특허 확보 가능	**개량 특허 확보 가능** (권리범위가 넓어질 수 있도록 특허청구범위 작성이 이루어져야함) **Cross License 가능** (다양한 특정 구조간의 라이센싱)
		등록유지 (CH, IT, FR)	PL, DE, CZ, SK, AT	회피설계 가능 개량 특허 확보 가능	**개량 특허확보 가능**
		등록유지	-	개량 특허 확보 가능	**개량 특허 확보 가능** **해외특허 확보 가능**
		등록유지	-	개량 특허 확보 가능	**개량 특허 확보 가능** (National Steel Car Limited의 특허를 면밀히 검토 요망)
		등록유지	-	개량 특허 확보 가능	**개량 특허 확보 가능** (National Steel Car Limited의 특허를 면밀히 검토 요망)
대차 기술 (B)		등록유지 (DE, CH, ES, IT, US)	FR, CA, AU, RU, AT, DE, ES	회피설계 가능	**개량 특허확보 가능** (형상변경, 위치변경 방안 검토) **해외특허 확보 가능**
제동장치 기술 (D)		취하	-	회피설계 필요	**회피설계 가능** (National Steel Car Limited의 특허를 면밀히 검토 요망)

○ 지적재산권 확보 가능성

최종적으로 이단적재열차 핵심기술에 대한 지적재산권 확보가능성은 개량특허 확보를 통하여 일부는 해외특허 출원도 가능한 것으로 분석됨.

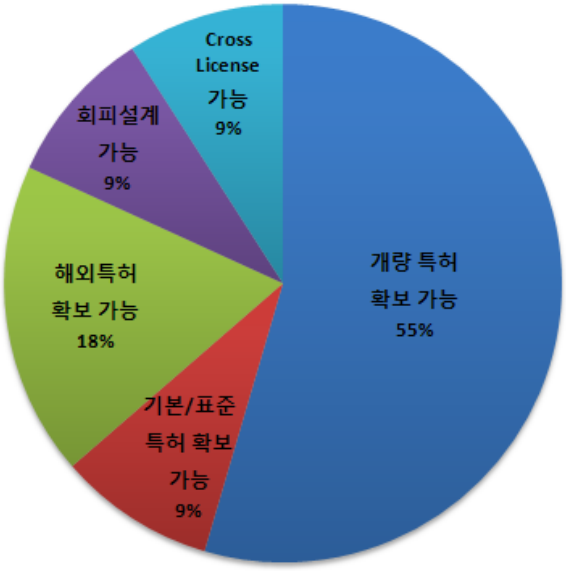


Fig. 2-3-5 지적재산권 확보 가능성

지재권 확보 가능성			
개량특허 확보 가능	해외특허 확보 가능	Cross License 가능 특허 확보 가능	세계적으로 독창적 기본/표준 특허 확보 가능

제 4 절 경쟁력 분석

1. SWOT 분석

강 점	약 점
·다수의 국가 R&D 연구개발 사업 추진을 통한 연구연량 확보 ·화차 설계, 제작, 시험평가등 독자 개발 능력 보유	·국내 DST 운용조건은 국외 운용국 운용조건, 인프라에 비하여 취약 ·국내 화차, 철도부품업체의 영세성 및 핵심기술 확보 미흡 ·화차관련 국내시장 규모 취약
기회요인	위협요인
·철도 수송력 제고, 물류비 저감을 위한 철도교통수단 강화 정책적 의지 ·신성장 동력 창출을 위한 철도 투자 증대 ·TCR, TSR 연계 동북아 철도물류 수송 잠재력	·중국의 DST 제작관련 경제성, 기술력 보유 ·DST 선진 운용 국의 핵심기술에 대한 지적재산권 보유 ·화차기술에 대한 낮은 인식으로 화차 차량단가 현실 미반영

2. 연구 수행 인프라 및 역량 분석

구분	Fully Feasible	Possible	Possible through global outsourcing	Not Feasible as now
연구 역량		○		

○ 다수의 국가 R&D 연구개발사업을 통한 차량시스템에 대한 설계, 제작, 시험평가 등 SE 기술 보유

○ 이단적재열차 개발관련 설계 및 해석, 제작, 시험평가관련 기반 기술 보유

세부항목	기술수준 (%)	전문 인력 보유정도(%)	인프라 구축정도(%)
이단적재열차 설계 및 해석기술	70	70	50
이단적재열차 제작 기술	50	50	50
시험평가, 엔지니어링 기술	90	90	70

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

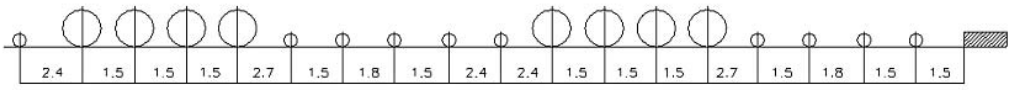
제 1 절 이단적재열차 운용환경 분석

국내 기존선로에서의 이단적재열차 운용을 위해서는 국외 이단적재열차 운용국가의 차량 운용조건, 차량/시설물간의 인터페이스 등의 제반 사항에 대한 적합성 검토가 필요함.

1. 선로 하부구조 부담력

국내에서는 최대 축하중 18ton인 LS-18과 최대 축하중 22ton인 LS-22 축중기준을 적용하고 있음. 이에 비하여 이단적재열차 주 운용 중인 미국에서는 최대축중 36.3ton인 AREMA Cooper E 축중기준을 적용하고 있음. 따라서, 국내 축중기준은 미국에 비하여 약 14ton 적음

국내 축중기준을 적용할 때 일반대차형식 이단적재열차 1량의 총 하중은 88ton임. 이단적재열차의 자중을 제외하고 적재할 수 있는 컨테이너하중은 약 69ton 내외로서 20‘ 컨테이너 2개, 40’ 컨테이너 1개를 적재할 때 최대 하중은 이론상 78ton으로 자중을 포함하면 량당 축중한도 88ton을 초과함으로 과적에 따른 차량 손상, 궤도 손상을 초래할 수 있음. 따라서 이단적재시 컨테이너 화물에 대한 하중관리 방안 마련과 차량을 최대한 경량화하는 것이 중요함



차축 / 등급	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	등분포
LS-18	9	18	18	18	18	12	12	12	12	9	18	18	18	18	12	12	12	12	6 t/m
LS-22	11	22	22	22	22	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	11	22	22	22	22	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{22}{3}$ t/m

Fig. 3-1-1 국내 축중 기준

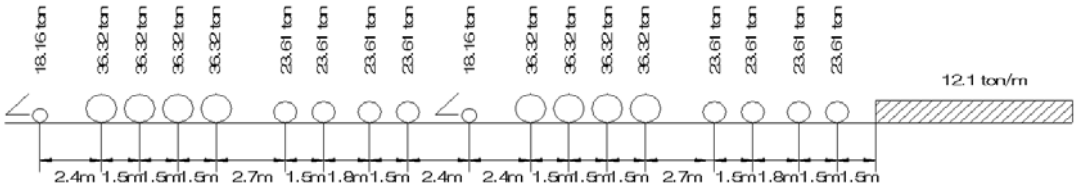


Fig. 3-1-2 미국 축중 기준(AREMA Cooper E)

Table 3-1-1차량형식별 허용 최대 적재중량

차량 형식	차량 최대 적재중량 (LS-22 선로기준)	적재중량 관리
2축관절 대차형식	(허용 축중 22톤 × 량당 차축수 2) - 차량 자중 14톤 추정 = 30톤 /량	공 컨테이너 운송용, 현실성 없음
3축관절 대차형식	(허용 축중 22톤 × 량당 차축수 3) - 차량 자중 16톤 추정 = 50톤 /량	적재 중량 관리 부하 높음
일반대차 형식	(허용 축중 22톤 × 량당 차축수 4) - 차량 자중 19톤 추정 = 69톤 /량	case 1의 경우 관리 불필요, case 2의 경우 관리 필요

※ 40‘ 컨테이너 최대중량: 30.4톤 (UIC 기준)
20‘ 컨테이너 최대중량: 24톤 (UIC 기준)
컨테이너 최대 중량
- case 1) 40‘ 2개 적재 시 : 30.38 × 2 ≒ 61톤
- case 2) 40‘ 1개, 20’ 2개 적재 시 : 30.4 × 1 + 24 × 2 ≒ 78.4 톤

2. 차량/건축 한계

미국 차량한계는 AAR Plate <H> 기준 적용하고 있음. 차량한계에 대한 국내 기준은 3.4m × 4.5m임에 비하여 미국에서는 3.02m × 6.146m로서 높이가 국내기준보다 높음. 따라서 이단적재열차 운용 시에는 국내 차량한계에 대한 개정이 필요함

미국 건축한계는 AAR Recommended Clearances for Plate <H> 기준을 적용하고 있음. 국내 건축한계기준이 4.2m × 6.45m임에 비하여 미국 기준은 5.48m × 7.391m로서 국내 보다 넓고 높음.

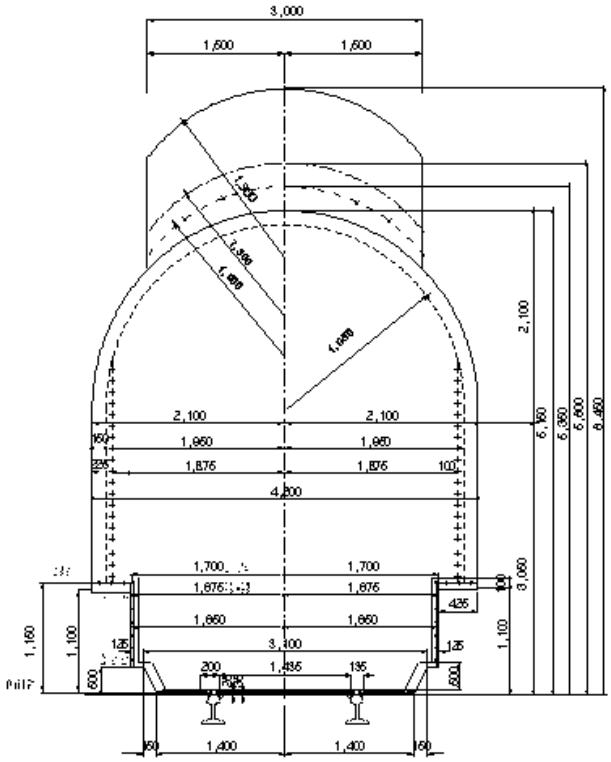


Fig. 3-1-3 국내 건축한계

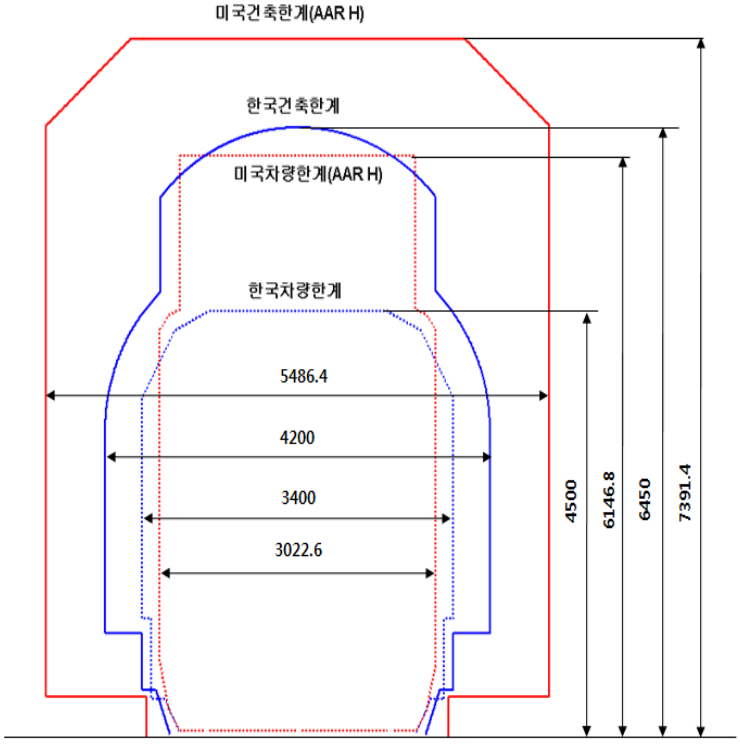
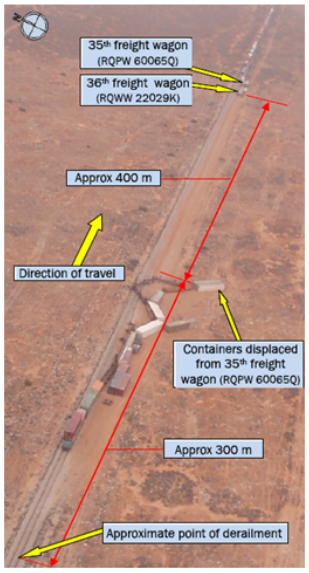


Fig. 3-1-4 차량한계, 건축한계 비교

3. 안전도 검증

국내 기존선로는 국외 이단적재열차 운용 국의 선로 조건에 비하여 곡선 구간이 많고 터널, 교량 등의 취약 구간이 많음. 또한, 이단적재에 따른 무게중심 상승으로 전복 및 횡풍, 탈선에 대하여 취약함. 실제로 호주와 미국에서 이단적재 열차의 전복 사고 예가 여러 건 보고되고 있음. 특히 국내에는 곡선부가 많아 이단적재 열차의 탈선, 전복, 횡풍 등에 대한 주행 안전도 검증, 차량/시설물, 차량/전차선 간의 인터페이스 검토등 위험요소에 대한 연구가 반드시 필요함.



❖ 전복 사고 사례

- 2008. 11, Western Australia, Loongana
- 2006. 11, Australia, Tarcoola
- 2008. 1, USA, Ohio Sandusky Bay
- 2006. 8, USA, North Dakota
- 1999. 11, Canada, Manitoba



Fig. 3-1-5 해외 이단적재열차 전복사고 사례

1차현가장치 밖에 없는 화차의 경우, 급곡선에서 저속 탈선이 종종 발생됨. 이는 아래 그림에서 보는 바와 같이, 곡선 진출입 부의 궤도 비틀림과 캔트 체감이 중첩되는 취약구간에서 3점지지 현상으로 인한 윤중 감소에 의한 것으로 눌러주는 하중이 적은 공차조건에서 많이 발생됨. 이단적재열차의 경우 공차에서 만차까지의 하중 변동폭이 7배 정도로 큼으로 현가장치의 설계가 다단계로 잘 되어있지 않으면 이와 같은 곡선 조건에서 탈선의 가능성이 높아지게 됨으로 이에 대한 세밀한 설계와 안전도 검증이 필요함.

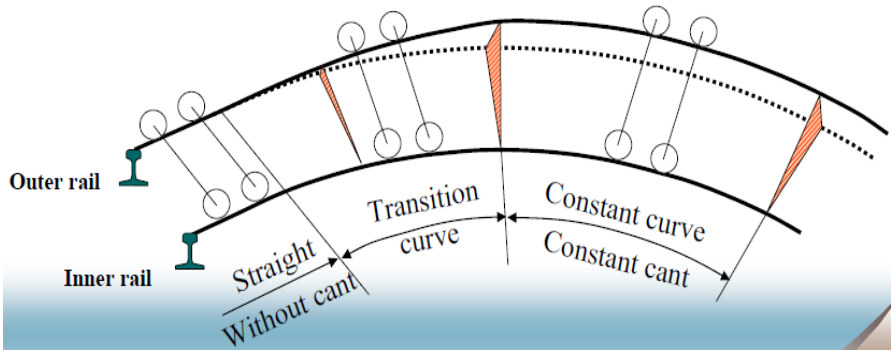


Fig. 3-1-6 차량 3점지지 현상

곡선 구간에 위치한 터널 통과 시 Fig. 3-1-7과 같이 차체 롤변위에 의한 시설물과의 간섭이 우려됨으로 차량시스템 설계 시 구성요소에 대한 최적 설계과정이 요구됨.

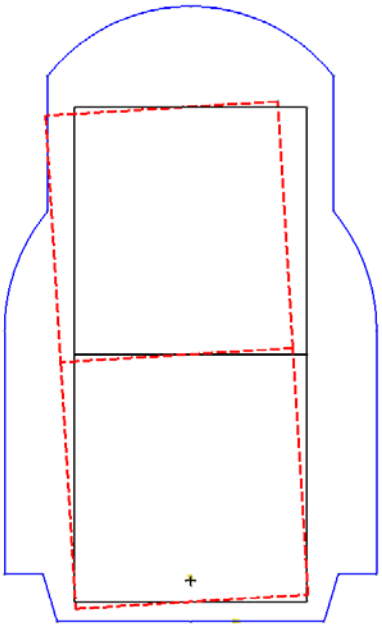


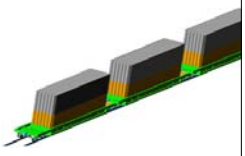
Fig. 3-1-7 차량 롤 변위에 따른
시설물과의 간섭

전차선높이는 이단적재화차가 운행되는 국외 전차선 높이를 보면, 미국이 7.0m, 중국이 6.4m, 인도가 7.45m임. 이에 비하여 국내 현 전차선높이는 5.2m로 이단적재열차 운용을 위하여 5.8m로 개량예정임. 이에 따라 기존 전기기관차나 고속열차 운용 시 집전성능과 관련된 전차선/집전장치간 좌우 이동량, 압상력 등에 대한 영향

확인 절차가 요구됨.

이단적재열차 운행 시 열차운행조건에 따른 궤도노반, 교량, 터널 등의 취약 개소에 대한 현장시험을 통한 안전성 검증이 요구됨.

Table 3-1-2 이단적적재열차 운용환경 비교

구분	미국	중국	인도	국내
사진				
차량 형식	-일반대차형식, 2축 관절대차형식 -well 형	-일반대차 방식 -well 형	-일반대차 방식 -Flat 형	-일반대차형식, 3축 관절대차형식 -well 형
속도	112 ~ 120 km/h	120 km/h	120 km/h	120 km/h
하부 구조	AREMA Cooper E (최대축중 36.3ton)	축중 25ton	축중 20.3ton	LS-22 (최대축중 22ton)
전차선 높이	7.0 m	6.4 m	7.45 m	5.8m 이상 개량 (현 5.2 m 수준)

4. 제 규정 개정 및 운영효율화

이단적재열차를 국내 현 철도 네트워크에 운용하기 위해선 차량/궤도/전차선/열차운영 분야 현 철도 규정, 법규 등에 대한 적합성 검토 연구가 필요함. 적합성 검토를 통하여 도출된 문제점들에 대한 이론적, 실험적 검증 과정을 통한 법규, 규정, 지침 등에 대한 개선안 도출이 필요함.

이단적재시 무게중심 상승으로 횡풍에 의한 전복 안전도가 취약함으로 운전속도 규제 방안, 차량한계에 대한 개정안, 전차선높이 규정, 과적에 대한 제한 규정 등 차량 안전과 관련된 규정 개정안 도출이 필요함.

새로이 국내에 시도되는 이단적재열차시스템의 효율적 운영, 수송력 증대를 위한 하중관리체계 구축에 대한 연구가 필요함. 이단적재에 필요한 부속품 및 장치, 연결방법, 화물 상하역 방법, 유지보수방법, 경영측면에서 운임비용 산정에 영향을 주는 인자들에 대한 연구 등 운영 효율화와 관련된 방안 도출이 필요함.

최근 컨테이너 상하역 방법 및 이단적재관련 동향은 IBC(Inter Box Container) 방식이 주류를 이루고 있음. IBC는 컨테이너를 이단으로 적재 시 컨테이너를 고정시키는 장치(lashing gear)로서 선박에서 컨테이너 적재 시 사용하는 도구로서, 기존의 잠금장치는 반자동에서 최근에는 자동잠금장치로 전환되었으며, Fig. 3-1-8과 같이 TL-FA(Fully-Automatic Twistlocks), TL-FA/LF, TL-FA/L의 세 가지 종류가 있음.

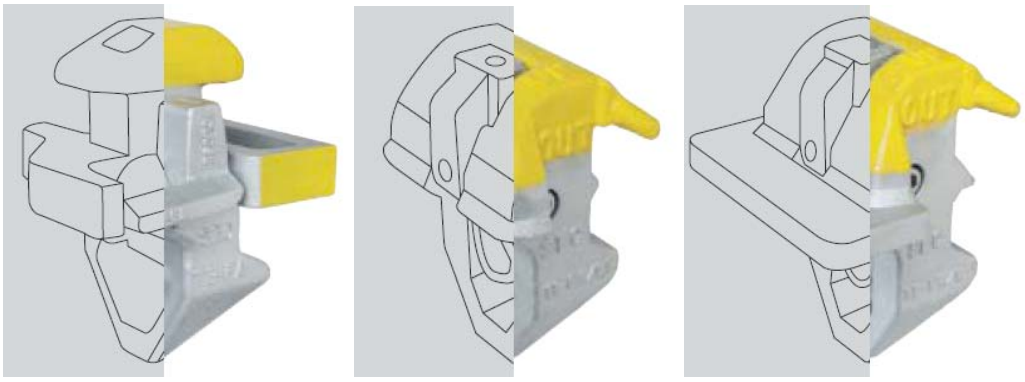


Fig. 3-1-8 컨테이너 잠금 장치(TL-FA, TL-FA/LF, TL-FA/L)

이는 일단과 이단의 컨테이너를 Inter Box Connector (Lashing Gear)로 고정하는 방식으로 차량 구조가 단순하고, 경량화 할 수 있는 장점이 있어 많이 사용되고 있음. 이 방식의 적용에 따라, 국내 기존의 상하역 장비(TC, TT 등)를 이용하는 데 문제가 없는지, 이단 컨테이너의 고정과 해방 작업을 위한 추가 설비와 인력이 어느 정도 인지에 대한 검토가 이루어져야 함.

제 2 절 기술적 타당성 검토

1. 기술적 요구사항 검토

국내 운용 이단적재열차의 사양 및 성능 목표을 도출하기 위하여 다음과 같은 기술적 요구사항이 요구되며 기술적 타당성 검토 및 목표성능 도출에 반영하여 검토하였음.

- ○ 이단적재열차는 국내 현 기존철도 네트워크 및 운영 시스템, 제 규정, 시설 및 인프라에 우선적으로 부합할 것. 이단적재열차 운용을 위하여 불가피하게 개선이 필요할 경우에는 최소화시킬 것
- ○ 이단적재열차의 설계 최고속도는 기존 컨테이너화차의 설계최고속도를 고려하여 120km/h급 이상으로 설정
- ○ 차량형식은 국내 축중한도를 고려하여 선정. 축중기준은 현 개량중인 경전선 축중 기준과 국내 선로설계조건을 고려하여 최대축중 22ton인 LS-22 축중 기준을 적용
- ○ 이단적재열차 높이는 컨테이너 2단적재를 가정하고 전차선 개량 높이와 이격거리를 고려한 5.5m 이하로 설정하였음. 이단적재열차 상세설계 시 차체 바닥면을 최대한 저상화할 수 있는 설계 필요.
- ○ 적재하중을 최대화시키기 위하여 이단적재열차 자중을 최소화 할 수 있도록 차체 경량화 10% 저감 목표 설정
- ○ 유효장내 이단적재열차 편성량을 극대화 할 수 있도록 해외 이단적재열차 개발 사례를 참고로하여 이단적재열차 길이 최소화 필요. 차체길이, 대차길이 , 연결기 길이 등 최적설계 필요.

2. 차량형식 검토

이단적재열차 차량시스템 형식은 Table 3-2-1과 같이 일반대차형식, 2축관절대차형식, 3축관절대차형식의 3가지 차량형식에 대하여 적합성과 장단점을 검토하였음.

- ○ 일반대차형식

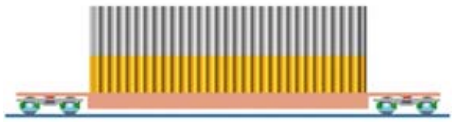
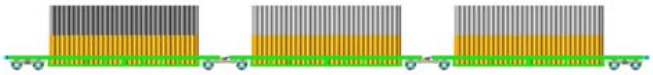
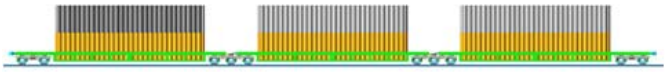
  미국, 중국, 호주에서 운용 중인 이단적재열차 차량시스템 형식으로 1량

단위로 조성되고 운용, 유지보수성이 양호하며 최대적재하중은 량당 약 69ton임. 이론상 적재 최대하중인 78ton에 근접하나 실 운용에서 최대하중 조건으로 적재하는 경우는 매우 희박함으로 과적으로 인한 하중관리 부담이 상대적으로 적음. 수송능력은 기존 1단적재방식에 비하여 약 53% 정도 향상되나 차체길이가 관절대차형식에 비하여 다소 길어지는 단점이 있음.

○ 2축관절대차형식

미국에서 운용 중인 관절대차형식 이단적재열차로 3량 Unit, 혹은 5량 1Unit 단위로 조성되고 운용됨. 2축관절대차형식으로 관절대차길이가 짧아져 화차 편성에 유리하고 그럼으로서 기존 1단적재방식에 비하여 약 74% 까지 수송력 향상을 기대할 수 있음. 그러나 유지보수성이 취약한 편이며 국내 축중기준을 적용할 때 량당 최대적재하중은 약 30ton에 불가함. 미국에서는 축중 최대기준이 36ton으로 2축으로 관절대차를 구성하여도 2단적재에 따른 과적 문제가 발생하지 않으나 국내에서는 미국에 비하여 약 14ton 정도나 축중기준이 작으므로 2단적재에 따른 과적 문제가 발생하여 사실상 국내에선 채택하기 어려운 이단적재열차 형식임.

Table 3-2-1 이단적재열차 차량 형식

형식	구성	특징
일반 대차		- 1량단위 조성 - 최대적재량 69ton - 운영 탄력, 정비성 우수 - 수송능력 약 53% 향상
2축 관절 대차		- 3량 1Unit, 5량 1Unit 조성 - 최대적재량 30ton/량, 적재중량 제한으로 부적합 - 정비성, 곡선주행성능 취약 - 수송능력 약 74% 향상
3축 관절 대차		- 3량 1Unit, 5량 1Unit 조성 - 최대적재량 50ton/량 - 정비성, 곡선주행성능 취약 - 수송능력 약 63% 향상

○ 3축관절대차형식

2축관절대차형식의 축중한도 초과에 대한 과적문제를 해결할 수 있는 대안으로 제기된 3축으로 구성된 관절대차형식 이단적재열차. 현재 3축관절대차형식 이단적재열차를 운용 중인 국가는 없음. 2축관절대차형식 이단적재열차와 같이 3량 Unit, 혹은 5량 1Unit 단위로 조성하여 운용할 수 있음. 2축관절대차에 비해선 3축관절대차길이가 다소 증가하나 일반대차형식에 비해서는 전체 편성길이는 짧아짐. 기존 1단적재방식에 비하여 약 63% 까지 수송력 향상을 기대할 수 있음. 유지보수성은 취약한 편이며 국내 축중기준을 적용할 때 량당 최대적재하중은 약 50ton 정도로 2단적재에 따른 과적예방을 위하여 이단적재열차에 적재할 때 컨테이너 중량을 사전에 계측하여 허중 적재하중 이하로 관리할 필요가 있음. 따라서 운용효율화 측면에서 3축관절대차형식 이단적재열차에 대한 하중관리체계와 시스템 구축이 선행되어야 함.

따라서 국내에서 운용 가능한 이단적재열차 차량시스템 형식은 허용 적재하중이 현실성이 없는 2축관절대차형식을 제외하고 일반대차형식과 3축관절대차형식 이단적재열차시스템이라 할 수 있음.

3. 개념 설계안 도출

가. 일반대차형식 이단적재열차 설계안

이단적재열차 설계안 도출을 위하여 수송력 제고를 위한 화차 편성과 직접적인 관계가 있는 이단적재열차 길이에 대하여 검토하였음. 즉 가급적 대차나 차체길이를 짧게 설계하고 경량화하여야 일정 유효장안에 편성할 수 있는 화차의 량수를 증가시킬 수 있고 적재하중을 증가시킬 수 있기 때문에 기존 국외에서 운용 중인 이단적재열차 사례를 참조하여 제작가능 한 설계 목표를 설정하였음.

일반대차형식 이단적재열차 개념도는 Fig. 3-2-1과 같음. 개념설계안 주요 치수는 Table 3-2-2와 같이 미국 FreightCar America사의 길이 19.13m인 일반대차형식 이단적재열차 사양을 참조로 하여 설계안을 검토하였음. 검토 결과 일반대차형식 이단적재열차 설계안의 길이는 연결기 포함하여 19.1m로 설계가 가능할 것으로 검토됨. 또한 차체무게 10% 저감을 목표로 하여 설정한 일반대차형식 이단적재열차

설계안의 자중은 약 18.6ton을 목표로 설정하였음. 이 경우 설계안의 량당 허용적재하중은 약 69ton정도임.

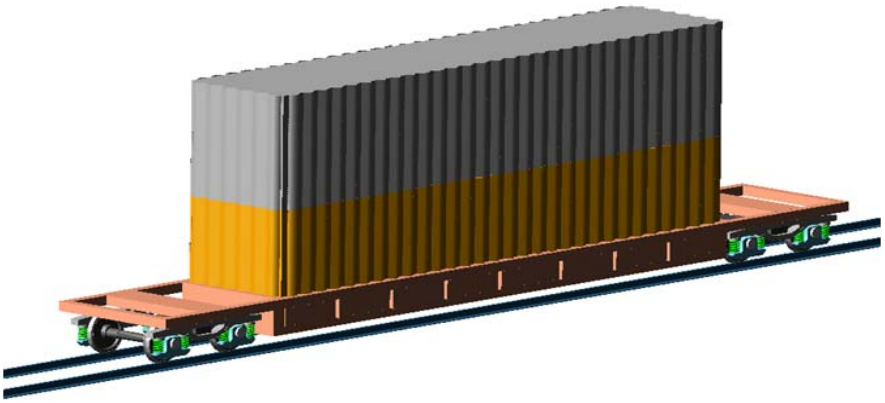
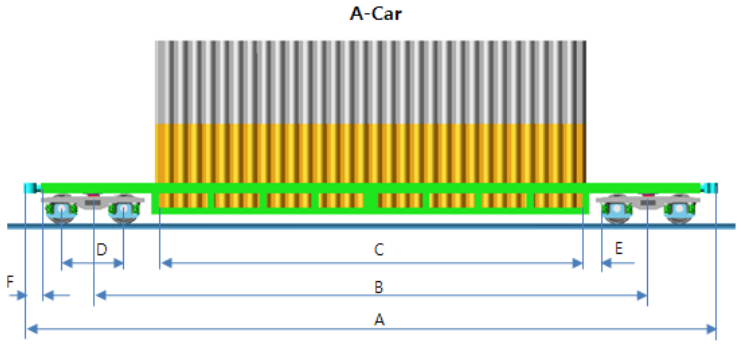


Fig. 3-2-1 일반대차형식 이단적재열차 개념도

Table 3-2-2 일반대차형식 이단적재열차 설계안 길이, 자중 검토



차량형식	일반대차형식(1) (FreightCar America)	일반대차형식(2) (설계안)
대차중심간거리(B, m)	15.29	15.32
Container 길이(C, m)	12.192	12.192
대차고정축거(D, m)	1.676	1.728
차륜직경(m)	0.84	0.86
대차/컨테이너 유간(E, m)	0.291	0.27
연결기/대차단부간 길이(F, m)	0.597	0.597
대차길이(m)	2.516	2.588
차체길이(m)	18.09	18.192
DST 길이(m)	**19.0**	**19.1**

8‘6“ 컨테이너 이단적재시 차체높이(m)	5.53	5.5
자중(ton)[3]	19.9	18.6
허용적재하중(ton/량)	80	69.4

※ (1) 미국 FreightCar America사 일반대차형식 이단적재열차 사양 적용
(2) 설계안 대차 형식 Swing motion bogie 가정
(3) 설계안 차체 10% 경량화 목표
- FreightCar America사 DST 차체무게(연결기 포함) ≒ 11.14 ton
- 설계안 : 8.56ton(대차무게) + 11.14ton×0.9(차체무게) ≒ 18.6 ton

나. 3축관절대차형식 이단적재열차 설계안

3축관절대차형식 이단적재열차 개념도는 Fig. 3-2-2와 같음. 개념설계안 주요 치수는 Table 3-2-3과 같이 미국 Greenbrier사의 길이 5량 1Uint 2축관절대차형식 이단적재열차 사양을 참조로 하여 3축관절대차형식 이단적재열차 설계안을 검토하였음.

검토 결과 3축관절대차형식 이단적재열차 3량 1Unit 설계안의 길이는 연결기 포함하여 약 53.8m로 설계가 가능할 것으로 검토됨. 또한 차체무게 10% 저감을 목표로 하여 설정한 3축관절대차형식 이단적재열차 3량 1Unit 설계안의 자중은 약 50.7ton으로 예상되며 이 경우 설계안의 량당 허용적재하중은 약 50ton 정도임.

5량 1Unit의 3축관절대차형식의 길이는 88m이며 자중은 83ton으로 같은 5량 1Unit 2축관절대차형식 이단적재열차에 비하여 축수 증가에 따른 길이, 자중이 다소 증가함.

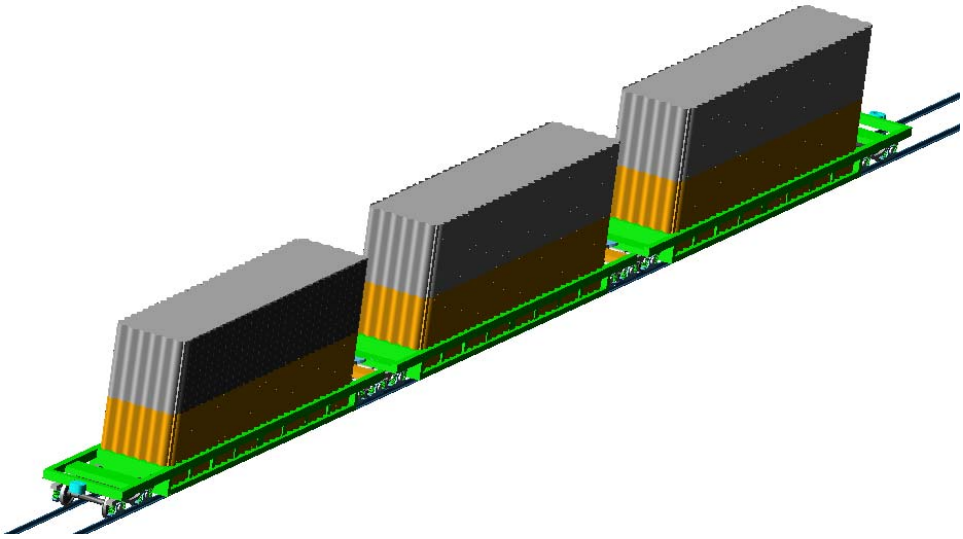
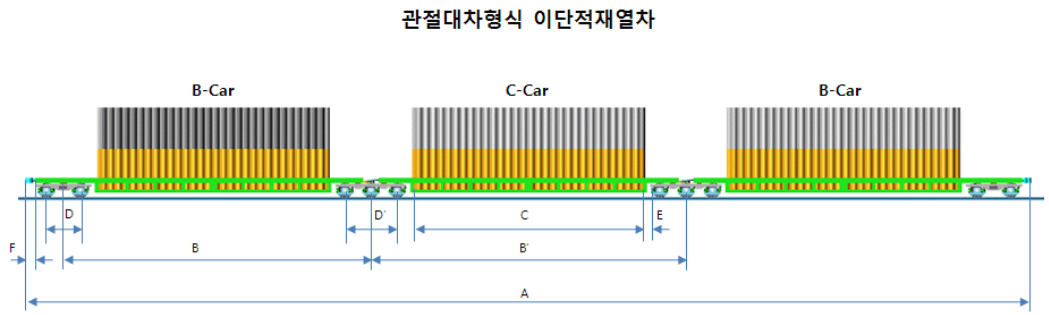


Fig. 3-2-2 3축관절대차형식 이단적재열차 개념도

Table 3-2-3 3축관절대차형식 이단적재열차 설계안 길이, 자중 검토



차량형식	2축관절대차(1) (Greenbrier)	3축관절대차(2) (설계안)		
편성	5량 1Unit	3량1Unit	4량1Unit	5량1Unit
대차중심간거리(B,m)	15.291	16.194	16.194	16.194
대차중심간거리(B‘,m)	15.323	17.108	17.108	17.108
Container 길이(C,m)	12.192	12.192	12.192	12.192
단부대차고정축거(D,m)	1.676	1.728	1.728	1.728
관절대차고정축거(D‘,m)	1.676	3.456	3.456	3.456
차륜직경(m)	0.840	0.860	0.860	0.860
대차/컨테이너 유간(E,m)	0.276	0.250	0.250	0.250
대차/컨테이너 유간(E‘,m)	0.308	0.300	0.300	0.300
연결기/대차단부간 길이(F,m)	0.872	0.872	0.872	0.872
단부대차길이(m)	2.516	2.588	2.588	2.588
관절대차길이(m)	2.516	4.316	4.316	4.316
DST 길이(m)	**80.8**	**53.8**	**70.9**	**88.0**
8‘6“ 컨테이너 이단적재시 차체높이(m)	5.53	5.5		
자중(ton)(3)	**80.4**	**50.7**	66.8	83.0
허용적재하중(ton/량)	**76.9**	**50**		

※ (1) 미국 Greenbrier사 2축관절대차형식 이단적재열차 사양 적용
(2) 설계안 대차 형식 Swing motion bogie 가정
(3) 설계안 차체 10% 경량화 목표
- Greenbrier사 DST 차체무게(연결기 포함)
[80.4ton(5량1Unit 자중) - 4.365ton×6(대차무게)]/5 ≒ 10.84 ton
- 설계안
4.28ton×2(2축대차무게) + 4.28ton×1.5*2(3축대차무게) + 10.84ton×0.9×3 (차체무게) ≒ 50.7 ton

다. 차체 구조 검토

○ 차체 구조 및 재질

이단적재열차 차체 구조는 차체 저상화와 무게중심을 낮추게 하기 위하여 주로 어복형(well 형)의 구조를 가짐. 차체 재질은 용접구조용 압연강재가 주로 사용이 되며 기계적 성질은 아래와 같음.

Table 3-2-4 용접구조용 압연강재 기계적 성질

재 질	항복점 kgf/mm2 (N/mm2)	인장강도 kgf/mm2 (N/mm2)	연 신 율 (%)	비 고
SMA490B	37 이상 (363 이상)	50 - 62 (490 - 608)	15 이상	KS D 3529
SM490B	33 이상 (336 이상)	50 - 62 (490 - 608)	21 이상	KS D 3515

○ 차체 경량화 검토

위 이단적재열차 설계안 검토과정에 목표로 한 차량의 경량화를 달성하기 위하여 차체의 경량화가 필수적임. 차체의 경량화를 달성하기 위해서는 구조해석을 통한 최적 구조설계를 하여야 하고 또 하나의 방법으로는 기존 화차에서 사용했던 재질보다 우수한 기계적 성질을 갖고 있는 재질을 사용하여 차량의 경량화 목표를 달성하는 방법이 있음.

철도차량 및 방위산업분야에서 많이 사용하고 있는 고강도의 재질로는 Table 3-2-5와 같이 기존 용접구조용 압연강재에 비하여 1.5배 이상의 기계적 성질을 갖는 재질이 있으며 이미 여러 분야에 많이 적용되고 있음.

Fig. 3-2-4와 같이 차체 주골조에 사용할 경우 약 37% 정도 경량화가 가능할 것으로 예상되며 기관차를 대상으로 한 경량화 설계 사례를 보면 기존 차체구조보다 약 25~30%정도 경량화가 가능할 것으로 예상됨. 따라서 이단적재열차와 같이 차체무게 약 10% 경량화를 위해선 경제성을 고려하여 차체 구조 중 고강도 경량화 재질을 혼용하여 설계하면 충분히 가능할 것으로 예측됨.

Table 3-2-5 고강도 경량화강재 기계적 성질

재 질	항복점 kgf/mm2 (N/mm2)	인장강도 kgf/mm2 (N/mm2)	연 신 율 %	비 고
DOMEX 700MC	71 이상 (700 이상)	76 - 97 (750 - 950)	12 이상	

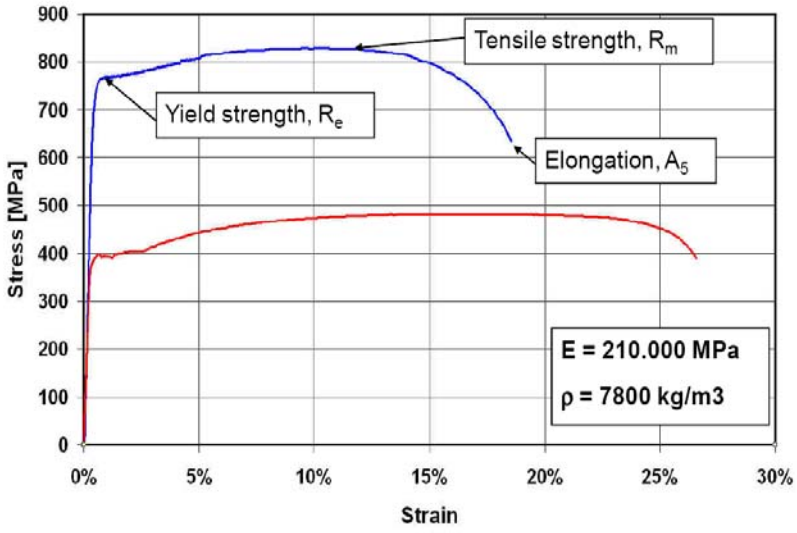


Fig. 3-2-3 고강도 경량화강재 인장강도

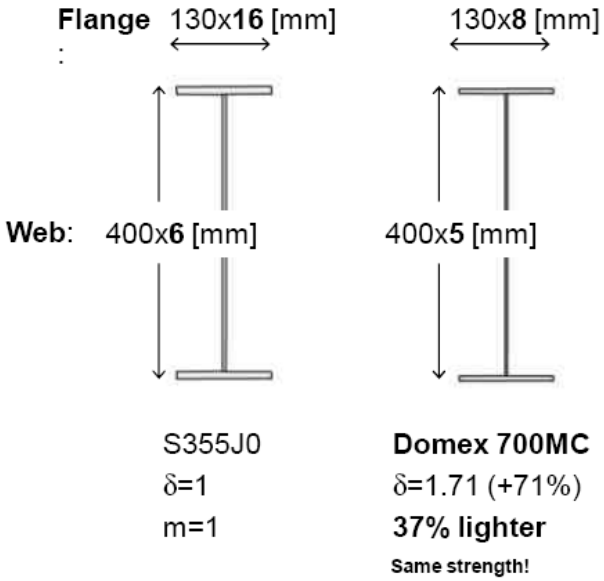


Fig. 3-2-4 주골조 사용 시 경량화 비교

라. 대차 검토

이단적재열차에 적용되고 있는 대차형식은 바버형 주강대차가 주류를 이루고 있으며 안정성과 곡선주행성능을 향상시키기 위하여 조향장치를 적용하기도 함. 이단적재열차의 길이 축소와 경량화를 위해선 이단적재열차에 적합한 고정축거가 짧고 고속주행성능이 양호하며 최대적재하중에 적합한 구조의 대차 개발이 요구됨. 본 기획연구에서는 최근 국내 컨테이너화차 발주 사양에서 제시된 SMB(swing motion bogie)형식을 가정하여 검토하였음.

Table 3-2-6 기존 SMB 대차 사양

항 목	사 양
최고속도	120 km/h
대차프레임 구조	주강 타입 (4개 부품 구성)
고정 축거	1,728 mm
차륜경	신조 860 mm, 마모 780 mm
차축	E축, KRS SFA60
차륜	KRS SSW1
중량	4.28 ton
현가장치 타입	2차 현가장치만 적용 : 코일스프링
센터 플레이트	평면형
사이드 베어러	탄성 블록 + 마모판
제동장치	편압식 제동
차축 베어링	AAR "E"급, 테이퍼 롤러 베어링

기존의 SMB 대차는 1단 적재하중을 고려하여 설계/제작된 대차이므로 이단 적재시 증가되는 하중과 차체의 질량중심 높이 증가에 따른 적용가능 여부를 검토하여야 하고, 경제성에 맞도록 결정된 차량의 길이에 적합하도록 대차의 크기를 고려하여야 함.

○ 적재하중 증가에 대한 검토

적재 하중의 증가는 기존 SMB 대차에서 적재하중을 지지하는 현가 부품의 용량을 증가를 고려하여야 하므로 기존 SMB 대차 내의 한정된 공간에서 적합성 여

부를 확인하여야 함. 기존 SMB 대차의 현가 부품은 2차 현가장치의 코일스프링이 적용되고 있고 Fig. 3-2-5와 같이 사이드 프레임에 내/외측 스프링이 한세트인 볼스터 스프링 4세트와 마찰 스프링 2개, 스너버스프링 1개가 배열되어 있는 상태임.

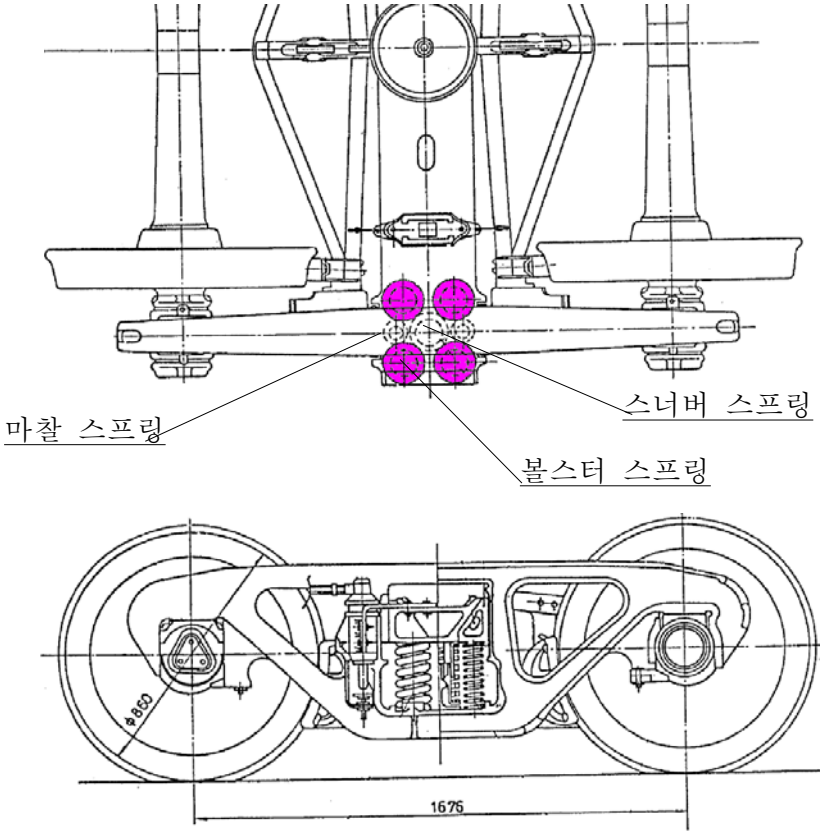


Fig. 3-2-5 기존 SMB대차 스프링 구조

현가장치의 스프링강성 증가는 기존 SMB 대차가 적용된 화차의 적재하중 50ton에 비하여 이단적재차량의 적재하중의 증가량에 적합한 현가장치인 볼스터 코일스프링의 적용여부를 고려하면 되므로, 일반대차형식의 이단적재열차 최대적재하중 약 70ton은 기존 SMB대차 컨테이너화차에 비하여 약 20ton이 증가된 상태이고, 3축 관절대차를 사용하는 이단적재차량은 약50ton으로 적재하중은 동일하지만 이 하중을 지지하는 축의 수량이 기존 SMB대차 차량의 4개에서 3개로 감소되어 스프링당 하중은 증가함.

Table 3-2-7은 코일스프링의 선경, 유효직경과 유효권수의 상관관계를 활용하여 하중 증가비에 따른 이단적재화차용 SMB 대차의 볼스터 스프링 수량을 계산한

결과임. 일반대차형식이나 3축관절대차 형식 모두 스프링당 하중증가비가 최고 1.4 정도로서 내/외측으로 구성된 볼스터 조합스프링의 수량은 Fig. 3-2-6과 같이 최소 6세트가 구성되어야 가능함을 알 수 있음.

또한, 볼스터 스프링 강성은 또한 곡선구간 주행 시 차체 롤변위에 영향을 미칠 수 있고 차량의 주행안전성과 진동특성에 영향을 미칠 수 있으므로 주행 동특성 해석과정을 통한 최적 설계변수 선정이 요구됨.

Table 3-2-7 이단적재화차용 코일스프링 수량과 사양

항 목			1단 적재차량용 기존 SMB대차	이단적재차량용 개량된 SMB대차	
대차 형식			일반대차	일반대차	3축관절대차
최대적재하중			50ton	70ton	50ton
적재하중 분담축수			4	4	3
축당 하중 증가량			-	5ton	4.2ton
스프링당 하중 증가비			-	1.4	1.34
볼스터스프링	선경(d)	외측	24.2 mm	31.9 mm	31.9 mm
		내측	15.9 mm	22.26 mm	22.26 mm
	유효 직경(D)	외측	115.5 mm	110.9 mm	110.9 mm
		내측	69.8 mm	68.4 mm	68.4 mm
	유효 권수(n)	외측	5.4	4.32	4.32
		내측	8.5	6.8	6.8
	조합스프링 수량		4 세트	6 세트	6 세트

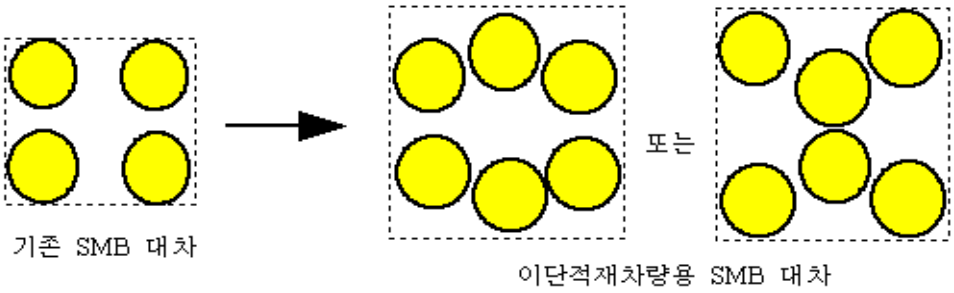


Fig. 3-2-6 이단적재열차 볼스터스프링 배열

4. 축중 검토

차량의 중량은 열차의 성능에 중대한 영향을 미치므로 설계단계에서 차량의 전체 중량을 가능한 정확히 예상하여 차량 제작후 설계중량과 실제 중량과의 차이를 최소화 하여야 함. 차량의 중량 분포를 설계 단계에서부터 검토하여 설계 시 각종 장치를 전후 대차 및 좌우 차륜에 균등 분포토록 배치함으로써 운행시 중량의 편분포로 인하여 초래되는 차륜 및 베어링 편부하 및 편마모를 미연에 방지하고, 차량 운행 시 대차의 원활한 상태를 유지할 필요가 있음.

○ 차량의 주요기기 중량 분산

- 차종별 중량 분산은 상하 주요기기, 상상기기배치를 제외하고는 좌,우(X축), 전,후(Y축)방향에 대칭, 즉 X=0, Y=0라 가정.
- 전후, 좌우, 상하 대칭으로 설치된 기기 및 대차에 대해서는 해당 원 좌표에 대해 각 각의 모멘트가 상쇄되는 것으로 간주함.

○ 차량 무게중심 좌표기준

이단적재 화물열차(DST)의 차량 중심 좌표기준은 Table 3-2-8과와 Fig. 3-2-7과 같음.

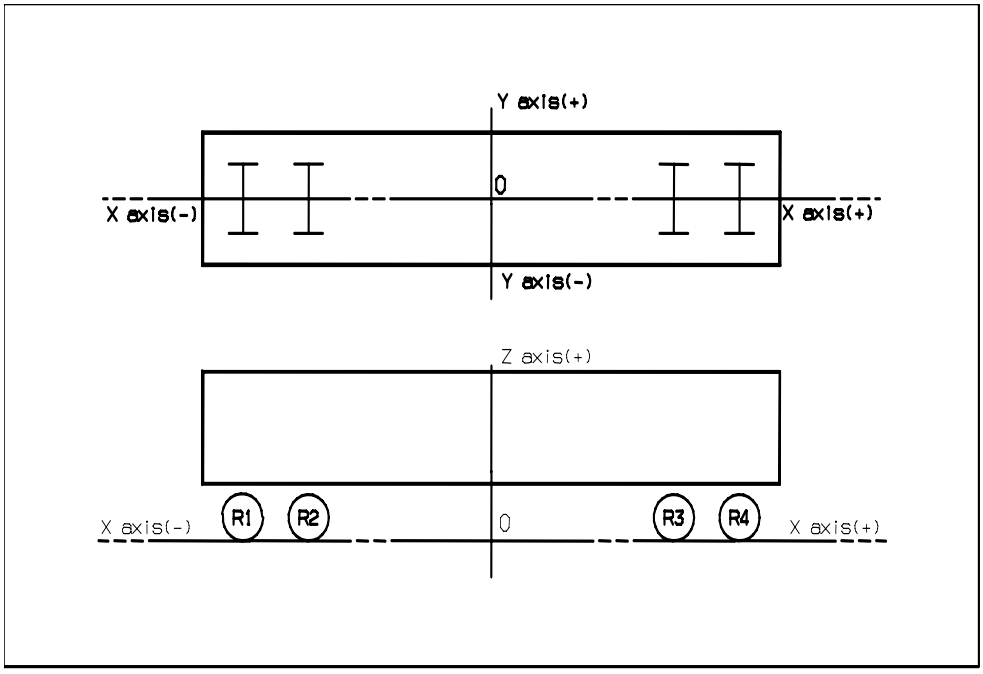


Fig. 3-2-7 무게중심 좌표기준

Table 3-2-8 무게중심 좌표 기준

축	방향	좌표중심
X축	길이 방향	대차 중심간의 거리 중심
Y축	폭 방향	차량중심
Z축	수직 방향	레일상면

○ 윤중 분포 계산

차량의 각 차륜당 작용하는 하중은 Fig. 3-2-8, Fig. 3-2-9에 의함.

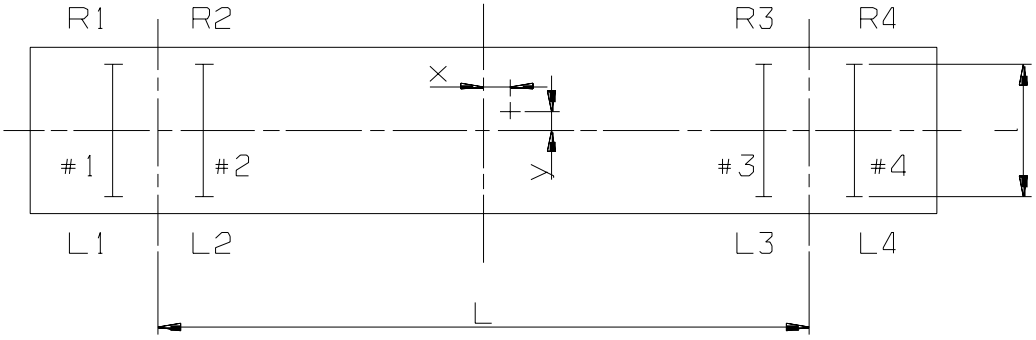


Fig. 3-2-8 차량 윤축 번호 및 차륜

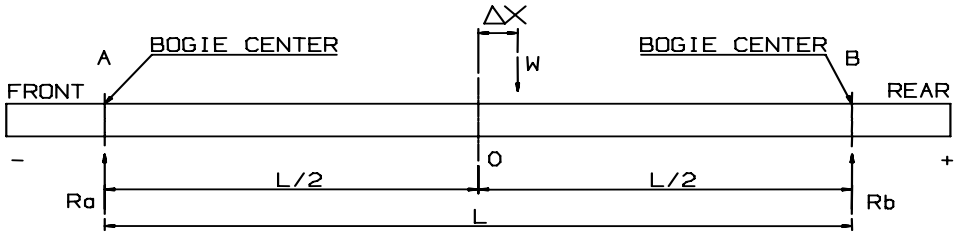


Fig. 3-2-9 대차 지지하중 분포

- Ra: 전부 대차 지지하중 : $Ra = \dfrac{W(L/2 - \Delta x)}{L}$
- Rb: 후부 대차 지지하중 : $Rb = \dfrac{W(L/2 + \Delta x)}{L}$

여기서, W: 차량 총 중량

L : 대차중심간 거리

Δx : 축 방향 차량의 무게 중심 좌표

$Ra1, Ra2 = Ra/2$: 전부 대차의 축중(axle Load) 1, 2

$Rb1, Rb2 = Rb/2$: 후부 대차의 축중(axle Load) 1, 2

- 차륜당 작용하는 하중

$$L1 = L2 = Ra \times \frac{(1800/2 - y)}{2 \times 1800}$$

$$R1 = R2 = Ra \times \frac{(1800/2 + y)}{2 \times 1800}$$

$$L3 = L4 = Rb \times \frac{(1800/2 + y)}{2 \times 1800}$$

$$R3 = R4 = Rb \times \frac{(1800/2 - y)}{2 \times 1800}$$

- 축당 작용하는 하중의 평균

$$m1 = \frac{(L1 + R1)}{2}$$

$$m2 = \frac{(L2 + R2)}{2}$$

$$m3 = \frac{(L3 + R3)}{2}$$

$$m4 = \frac{(L4 + R4)}{2}$$

○ 영차시 하중분포

무게중심 위치가 이론적으로 XY 평면상에서 대칭이며 Z축상에만 존재한다고 가정할 때 영차시 전후부 대차에 작용하는 하중은 각 각 44ton이며 윤축 당 22ton의 하중이 작용함. 실제 L1~R4의 8개의 차륜에 작용하는 윤중분포는 차량 상세 설계 후 상세한 기기배치 후 위 식에 의거하여 해석이 가능하며 시제차량 제작 후 계량 과정을 통한 검증절차가 이루어져야 함

○ 영차시 무게중심고 계산

장치별 예상 중량 및 무게중심 좌표는 Table 3-2-9와 같음. 공차시 무게중심고는 공차 시 673mm임. 컨테이너 하물 무게중심 계산 시 각 각의 컨테이너 무게중심 위치가 컨테이너 중심에 위치하고 있다고 가정하고 계산한 공 컨테이너 하중조건하에서의 무게중심고는 1,323mm임. 이에 비하여 최대 적재하중 조건을 가정한 영 컨테이너 하중조건하에서의 무게중심고는 2,186mm로 공 컨테이너 하중조건에 비하여 크게 상승할 것으로 예측됨.

그러나 차량의 안전도 확보를 위한 AAR SPEC SEC C-PART Ⅱ -6.1.9.1의 규정치인 98″(2,489mm)이내에 들어야 함을 고려하면 이를 충족하고 있다고 할 수 있음.

Table 3-2-9 장치별 예상 중량 및 무게중심(Z) 위치

장치	중량(kg)	무게중심(mm)
차체	8,200	800
연결기	900	880
기장	800	1150
대차	8,500	480
표기 및 도장	100	900
용접	100	852
차량 Total	**18,600**	**673**
공컨테이너 하중(2단적재)	8,200	2,796
공차 Total	**26,800**	**1,323**
영컨테이너 하중(2단적재)	69,400	2,592
영차 Total	**88,000**	**2,186**

5. 이단적재열차 안전도 검토

가. 전복 안전도 검토

이단적재열차 곡선구간 주행 시 횡풍에 의해 전복되는 전복안전도에 대한 이론해석을 수행하였음. 외력을 받아 전복되는 이론 해석 계산식은 Fig. 3-2-10로부터 유도할 수 있음. 즉, 편심과 이상 진동이 없는 것으로 가정하면, 차체에 작용하는 힘은 곡선 통과시의 원심력, 중력의 의한 힘, 횡풍에 의한 힘으로 구성됨.

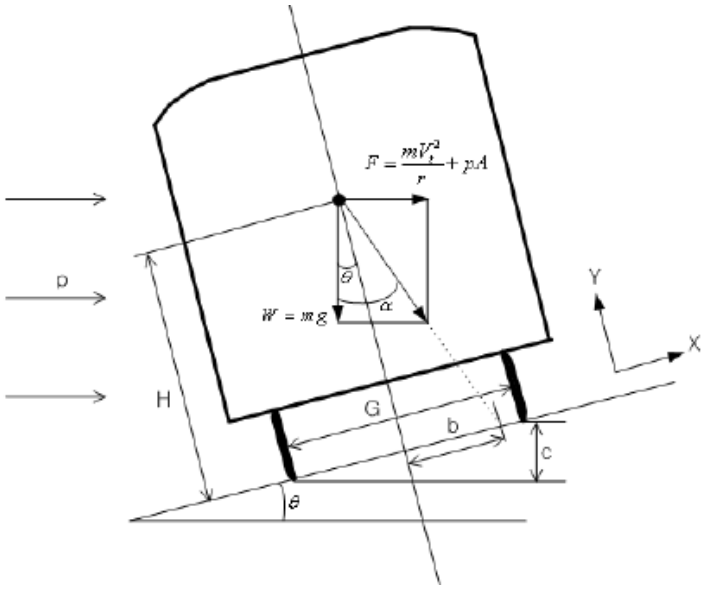


Fig. 3-2-10 전복안전도 이론해석

여기서,

A : 열차 측면 면적(m^2)

c : 캔트 높이(m)

C_d : 항력계수

C_w : 돌풍율

G : 궤간(m)

g : 중력가속도 (m/s^2)

H : 차량 무게중심높이(m)

m : 열차 중량(kg)

p : 풍압(Pa)

R : 곡선 반경(m)

S : 안전율

V : 열차 속도(m/s)

U : 횡풍 속도(m/s)

ρ : 공기 밀도(kg/m^3)

b : 선로 상 하중 작용점(m)

위 그림으로부터 선로 상 합력의 하중작용점 b를 구하면 다음 식과 같다

$$b = H \left\{ \frac{\frac{m V_t^2}{R} + \frac{1}{2} \rho C_b C_w U_\infty^2 A}{mg} - \frac{c}{G} \right\} \quad (1)$$

그리고 b가 궤간의 반을 벗어나지 않아야 전복 안전성이 확보된다고 할 수 있으며 안전율 S는 다음과 같다.

$$S = \frac{G}{2b} \quad (2)$$

이단적재열차 설계안에 대하여 곡선부 주행 시 원심력과 풍압에 의한 전복 안전도를 해석하였음. Table 3-2-10은 해석에 적용한 특성치를 나타냄. 차량 하중은 공컨테이너 이단적재 조건과 영컨테이너 이단적재 조건으로 하였으며, 곡선은 반경 400m, 500m, 600m인 곡선으로 가정하였음.

차량은 일반대차형식의 자중 18.6ton과 공 컨테이너 중량 8.4ton(2.2ton×2+3.8ton), 최대 적재 가능 중량인 69.4ton을 고려 최소 26.8ton에서 최대 88ton으로 가정하였음. 또한, 횡풍 속도는 화차관련 국내규정이 없으므로 고속철도차량의 운전속도제한규정 정상운전 한계치인 20m/s를 준용하였으며 그 외 항력계수와 돌풍율은 차량 설계 시 적용하는 통상적인 수치를 적용하였다.

Table 3-2-10 전복안전도 해석 파라미터

파라미터	기호	해석 적용값
열차 측면 면적(m^2)	A	12.192 × 2.895 × 2
캔트 높이(m)	c	0.16
항력계수	C_d	0.83
돌풍율	C_w	0.91
궤간(m)	G	1.435

중력가속도(m/s^2)	g	9.81
차량 무게중심높이(m)	H	공컨테이너 1.323 영컨테이너 2.186
열차 중량(ton)	m	공컨테이너 26.8 ton 영컨테이너 88 ton
곡선 반경(m)	R	400, 500, 600
열차 속도(km/h)	V	90, 100, 110
횡풍 속도(m/s)	U	20
공기 밀도(kg/m^3)	ρ	1.204

Table 3-2-11은 전복안전도 해석결과를 나타낸다. 공 컨테이너 하중조건 하에서의 전복안전도는 곡선반경에 따라 5.6 ~ 5.7로 이며, 최대 적재 시의 영 컨테이너 하중조건하에는 5.2 ~ 5.4로 해석됨. 따라서 현 곡선제한 속도로 강풍 20m/s가 측면에서 부는 조건하에서도 전복에 대한 충분한 안전율이 확보되고 있음을 알 수 있음.

Table 3-2-11 전복안전도 해석결과

하중	곡선반경(m)	속도(km/h)	하중작용점(m)	안전율 S
공 컨테이너	400	90	0.128	5.6
	500	100	0.125	5.7
	600	110	0.127	5.7
영 컨테이너	400	90	0.137	5.2
	500	100	0.133	5.4
	600	110	0.136	5.3
- 공 컨테이너 하중조건 : 차량 18.6ton, 컨테이너 하중 8.2ton 기준 - 영 컨테이너 하중조건 : 차량 18.6ton, 컨테이너 하중 69.4ton 기준				

나. Kinematic Envelop 검토

일반대차형식과 3축관절대차형식 이단적재열차의 kinematic envelop 해석을 위여 주행조건을 가정한 횡변위를 해석하였음. 직선구간 주행 시와 기존선로 최소곡선 250R구간에서의 정차, 주행 시를 가정하여 횡변위로 인한 차량과 건축한계와의 간섭유무를 검토하였음.

직선구간 건축한계는 '철도건설규칙 제2장 13조 2항'에 근거하였으며, 곡선구간 건축한계는 '철도건설규칙 제2장 13조 3항'에 의거하여 직선구간의 건축한계를 확대하여 도면화 하였다. 곡선부의 건축한계는 아래 수식에 따라 확대하였으며, 다만 가공전차선 및 그 현수장치를 제외한 상부에 대한 건축한계는 확대하지 않았음.

- 곡선부의 건축한계 확대

$$W = \frac{50000}{R}$$

여기서, W : 궤도 중심의 좌우측으로의 확대량(mm), 곡선 반경 250R인 경우 200mm

R : 곡선 반경(m)

차량 횡변위에 영향을 미치는 인자들을 선로, 차륜/레일, 차량, 곡선 기하학 측면으로 구분하여 정리하면 아래와 같음.

- 선로 측면 (총 20.5 mm)
  - 궤도줄 틀림(Lateral error) : ± 7 mm
  - 수평 틀림(Cross level error) : ± 3.5 mm
  - 궤간 틀림 : 10 mm
- 차륜/레일간 측면
  - 차륜 플랜지 마모로 인한 차륜/레일 유간 : 17.5 mm
- 차량 측면
  - 스프링 최대 횡변위 : 35 mm
  - 차량 롤 중심 : 선로에서 375 mm 높이
  - 차량 롤 각

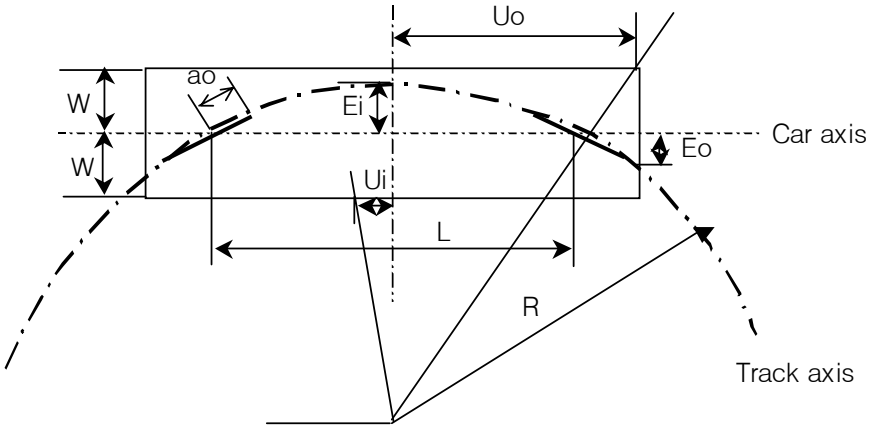
    주행 시 (Cant 부족량 100mm적용) -> 0.929 deg,

    정차 시 (Cant 160mm 적용) -> 0.989 deg

- 곡선 기하학적 거동 측면

곡선선로(250R) 주행 시와 정차 시를 가정하여 차량 끝단부위와 차량 중앙 부위에서 곡선으로 인한 차량 편기량(overthrow) 해석 수행. 곡선구간 차량 주행 시 횡가속도로 인해 차량 끝단부위에서 편기량이 가장 많이 발생하며, 차량 정차 시에는 차량 중량으로 인해 차량 중앙부위에서 편기량이 가장 많이 발생함.

곡선선로와 차량사이의 관계를 아래에 나타내었으며, 곡선선로에 대한 차량 편기량 계산식은 식(1) ~ (2)과 같음. Table 3-2-12는 차량 편기량 계산에 적용한 이단적재열차 개념설계안 파라미터와 해석 결과를 나타냄.



차량 끝단부위에서의 차량 편기량 (E_o)

$$E_o = \sqrt{U_o^2 + (\sqrt{R^2 - a_0^2 - L^2/4} + W)^2} - R - W \quad (1)$$

차량 중앙부위에서의 차량 편기량 (E_i)

$$E_i = R - W - \sqrt{U_i^2 + (\sqrt{R^2 - a_0^2 - L^2/4} - W)^2} \quad (2)$$

Table 3-2-12 차량 편기량 해석 결과

입력 항목		일반대차	3축관절대차
R	곡선 반경(m)	250	
W	차량 폭의 반(m)	1.5	1.5
U_o	차량 중심선에서 차량 끝단까지의 거리(m)	9.1	10.2
U_i	차량 중심선에서 차량 중앙까지의 거리(m)	0	0
a_0	대차 축간거리의 반(m)	0.864	0.864
L	대차 중심간 거리(m)	15.3	16.2
E_o	차량끝단부위에서의 차량 편기량(mm)	48.2	70.1
E_i	차량중앙부위에서의 차량 편기량(mm)	116.7	133.4

일반대차형식과 3축관절대차형식을 적용한 차량의 주행 시와 정지 시에 대한 횡변위를 직선구간과 곡선구간에 대하여 계산하였음. 영향인자별 횡변위는 Table 3-2-13과 같으며 차량 횡변위 계산결과와 차량 롤변위를 고려하여 건축한계와의 간섭 유무를 비교한 그림은 Fig. 3-2-11 ~ Fig. 3-2-16과 같음.

Table 3-2-13 차량 총 횡변위 해석결과 (단위: mm)

구간	주행 상태	차량형식	선로 측면 (A)	차륜/ 레일 측면(B)	차량 측면 (C)	곡선 편기량 (D)	총 횡변위량 (E=A+B+C+D)
직선	주행시	일반대차	20.5	17.5	35	-	73
		3축관절대차	20.5	17.5	35	-	73
곡선 (250R)	주행시	일반대차	20.5	17.5	35	48.2	121.2
		3축관절대차	20.5	17.5	35	70.1	143.1
	정차시	일반대차	20.5	17.5	35	116.7	189.7
		3축관절대차	20.5	17.5	35	133.4	206.4

일반대차형식과 3축관절대차형식 이단적재열차의 직선구간 주행시와 곡선 250R에서 주행시/정차시의 횡변위 해석결과는 다음과 같음.

- 직선 구간 주행시, 일반대차와 3축관절대차 적용차량 모두 직선 건축한계와 간섭되지 않음.
- 곡선 구간 주행 시, 일반대차와 3축관절대차 적용차량 모두 확대된 곡선 건축한계에서 간섭되지 않음.
- 곡선 구간 정차 시, 일반대차적용 차량일 경우, 곡선 건축한계와 간섭되지 않았으나 3축관절대차 적용차량일 경우, 13.5mm가 가공전차선 부위에서 간섭됨. 이는 가공전차선부위가 곡선한계에서 확대되지 않았기 때문이며, 추후 가공전차선 부위의 건축한계에 대한 논의가 필요함. 또한, 차체 편기량 제한을 위한 세심한 차량 설계가 요구됨.

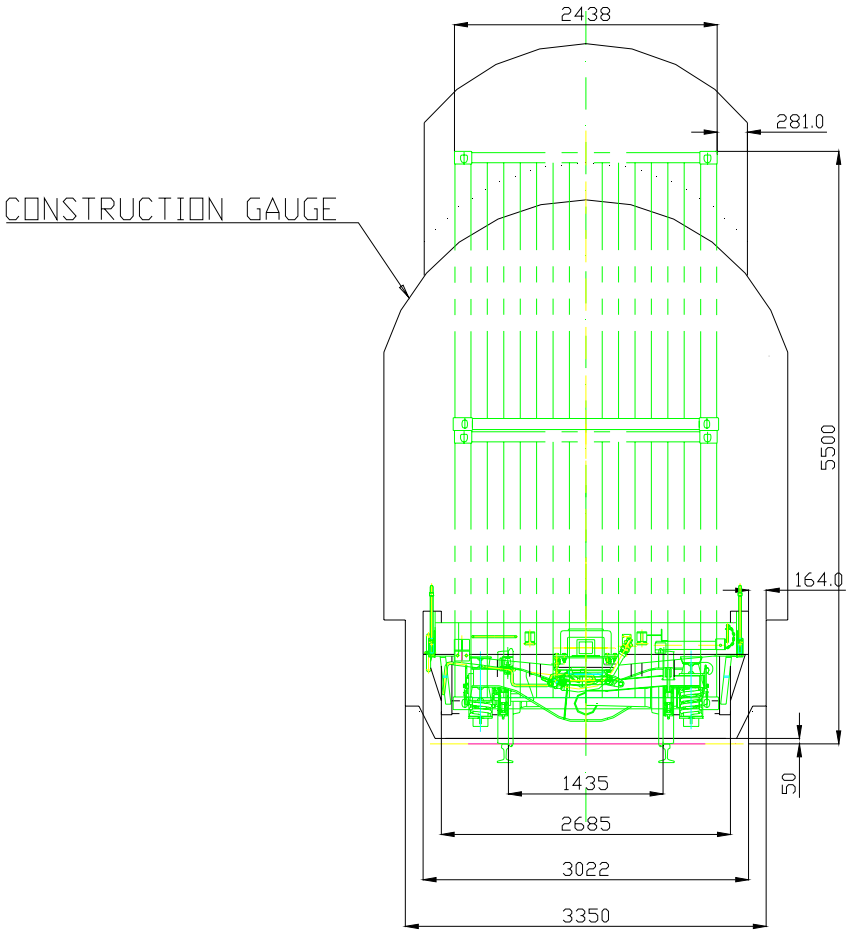


Fig. 3-2-11 차량 초기 상태 및 직선 건축한계

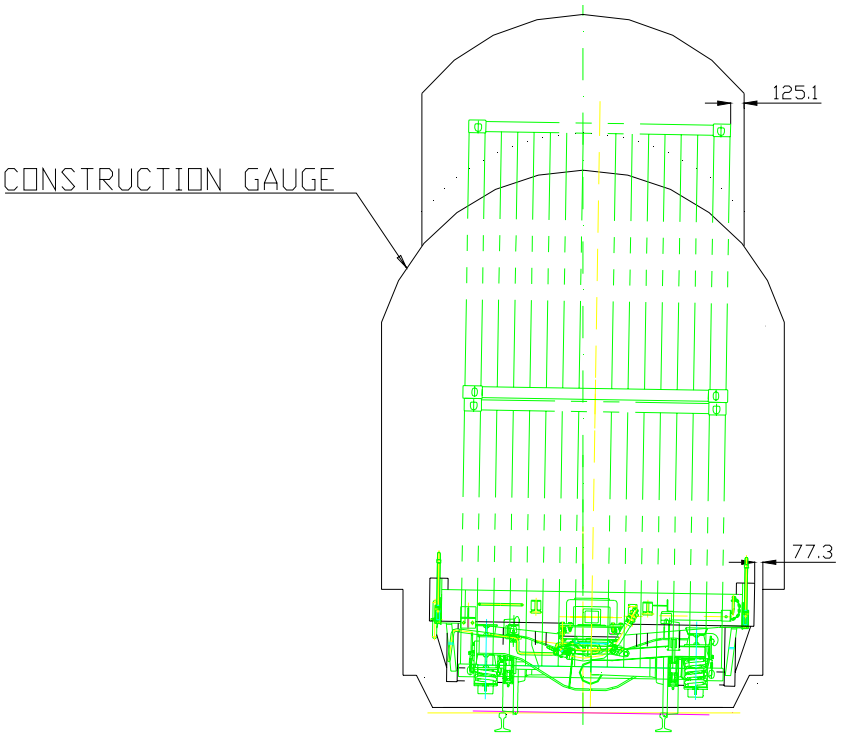


Fig. 3-2-12 직선 주행시 - 일반대차 및 3축 관절대차

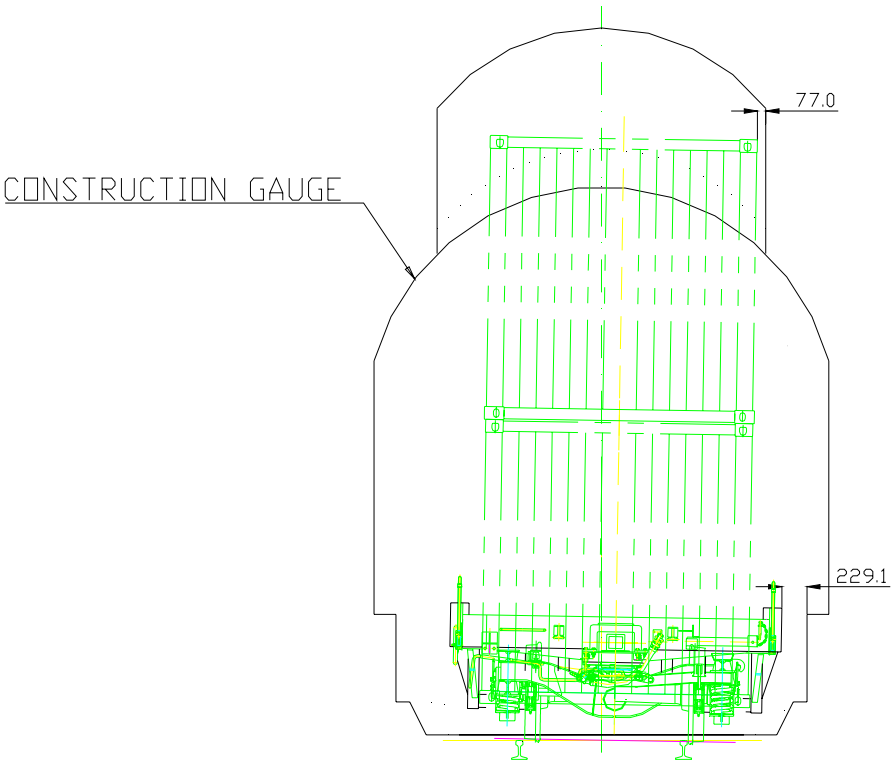


Fig. 3-2-13 곡선(250R) 주행시 - 일반대차 적용시

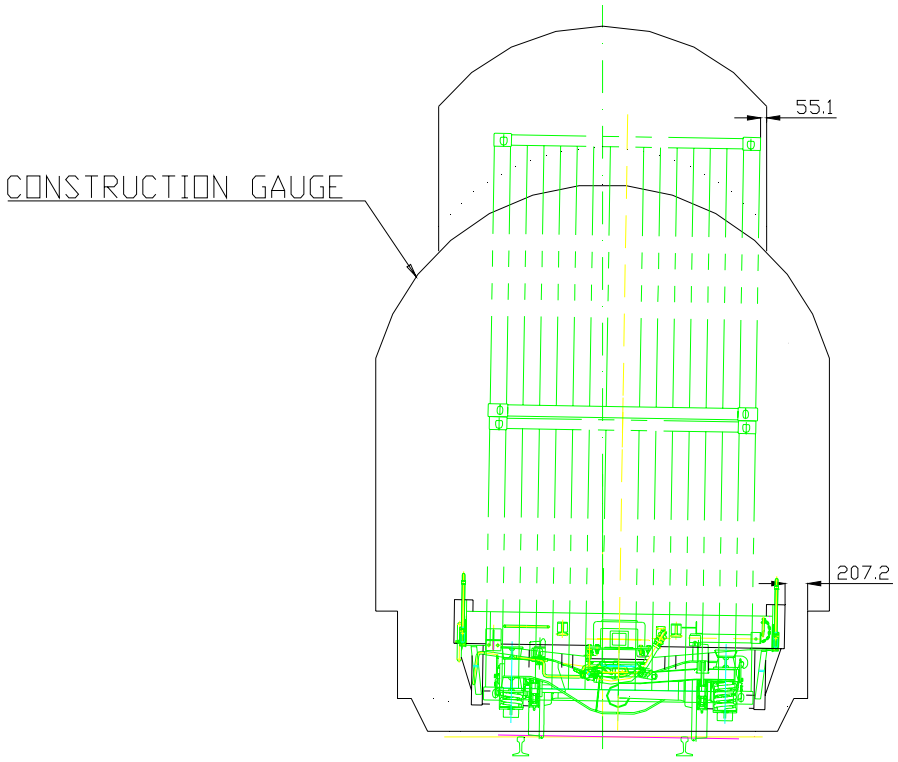


Fig. 3-2-14 곡선(250R) 주행시 - 3축 관절대차 적용시

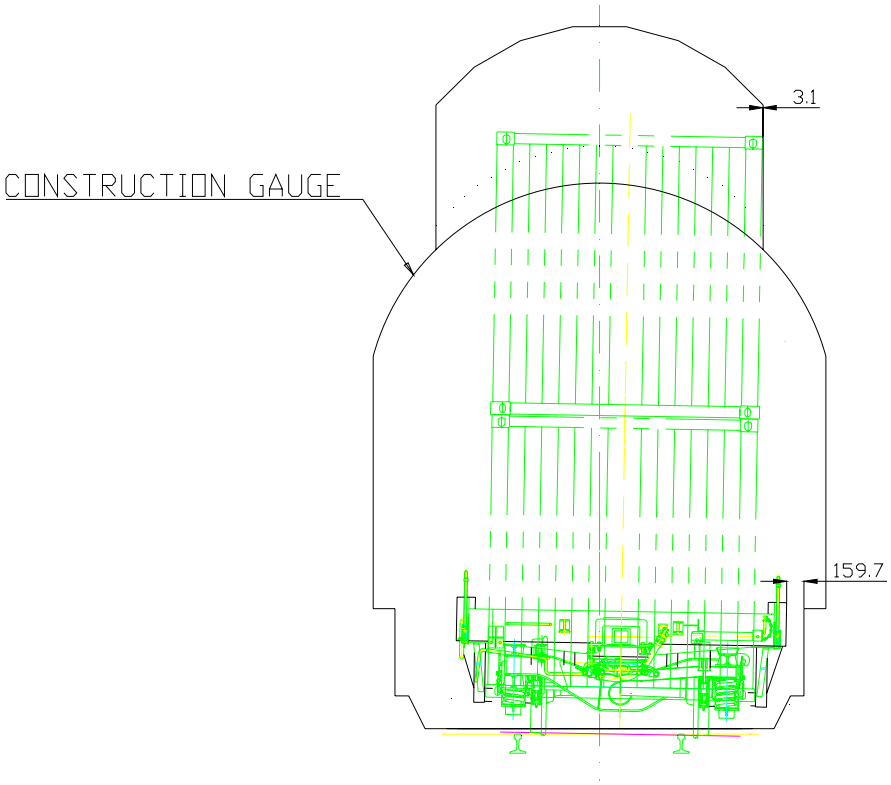


Fig. 3-2-15 곡선(250R) 정차시 - 일반대차 적용시

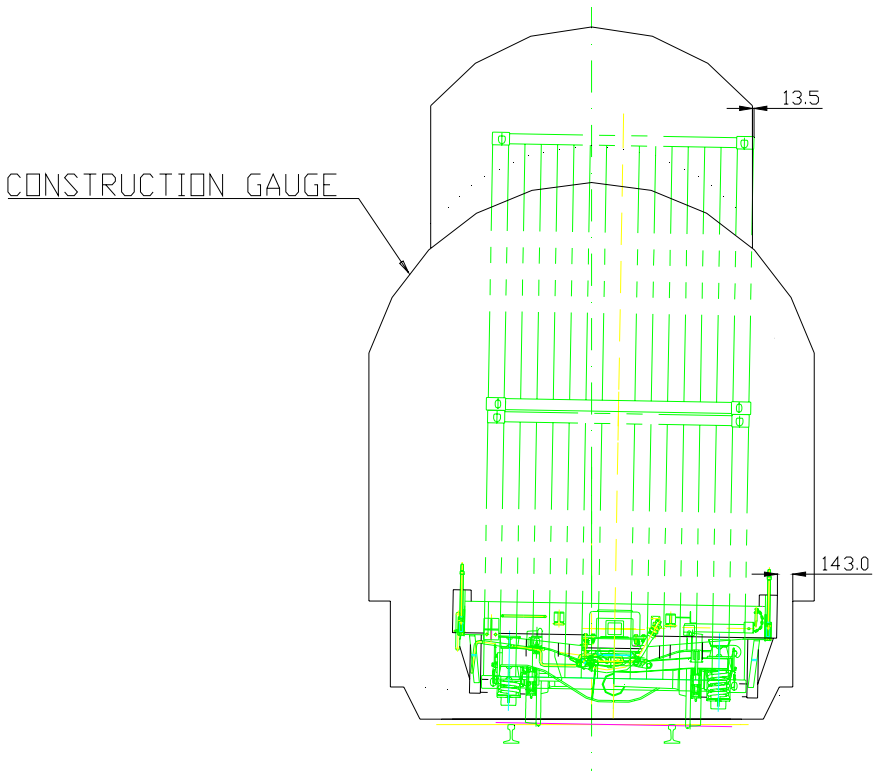


Fig. 3-2-16 곡선(250R) 정차시 - 3축관절대차 적용시

6. 견인력, 제동거리 검토

가. 견인력 검토

이단적재열차의 견인력 검토를 위하여 최대출력 3,000마력의 디젤전기기관차와 한국철도공사에서 신규 구입을 추진하고 있는 견인력 9,000마력의 화물형 Co-Co 전기기관차를 대상으로 견인중량과 견인량수를 이론적으로 계산하였음.

○ 기관차 견인력

- 동륜주 견인력

동륜주 견인력(Td)이란 전동기 효율, 동력전달장치의 효율 등을 감안하여 차륜답면에 발휘되는 견인력을 말하며, 기관차 속도를 V (km/h), 공칭마력을 HP 라 하면 디젤전기기관차의 경우 다음과 같이 나타냄.

$$Td = \frac{270 \times HP \times 0.85}{V}$$

현재 운행되고 있는 대형 디젤전기기관차(GT 26CW 형)를 대상으로 동륜주 견인력을 구하면 견인 최대정격은 36ton으로, DST의 예상최대운행속도인 120 km/h 에서는 5,737 kg으로 속도별 견인력은 Fig. 3-2-17과 같음. 신형전기기관차의 경우에는 120 km/h 에서 20,759 kg 정도로 예상되는데, 계산에 적용한 신형전기기관차의 주요 제원은 다음과 같음.

- 연결면간 거리 : 21 m
- 대차중심간거리 : 10.5 m
- 고정축거 : 4.25 m
- 차륜직경 : 1.016 m
- 자중 : 132 ton
- 전기구동장치 : 4QS 컨버터, PWM 인버터
- 전기제어장치 : CCU, SIBAS32
- 출발견인력 : 450 kN
- 연속정격 : 6,600 KW
- 운용최고속도 : 150 km/h
- 제동장치 : 회생제동, 디스크제동

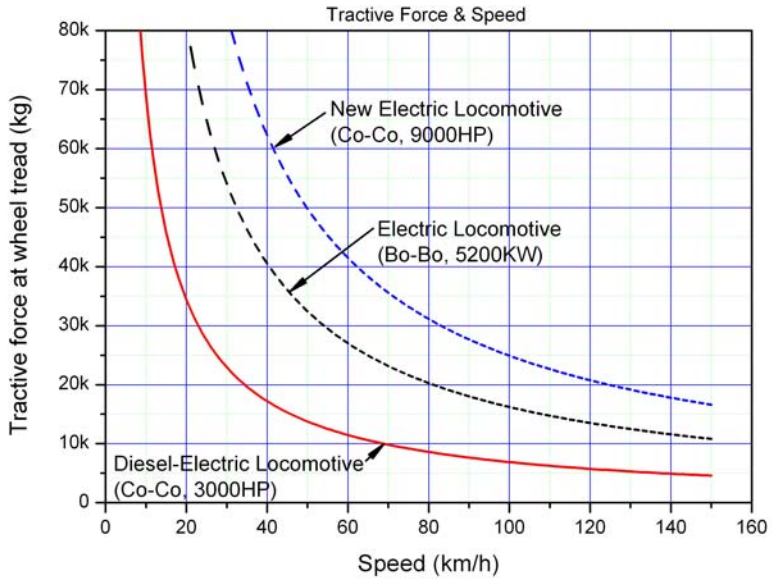


Fig. 3-2-17 기관차의 견인특성곡선(동륜주 견인력)

- 유효 견인력

유효 견인력이란 동력차 자체 및 견인하는 객화차를 동시에 가속시킴에 유효하게 사용하는 견인력을 말하는 것으로 인장봉(연결기) 견인력이라고도 함. 동력차의 동륜주 견인력에서 동력차 자체의 주행저항을 감한 것이고 유효 견인력은 동력차 주행저항의 대소에 따라 상이하며 구배선상에서나 곡선구간에서는 감소함. 특히, 출발시에는 출발저항에 의하여 유효 견인력은 감소하게 되며 동륜주 견인력과의 관계를 식으로 나타내면 다음과 같음.

$$Te = Td - Rp \cdot W$$

여기서, Te : 유효 견인력(kg)

Td : 동륜주 견인력(kg)

Rp : 동력차 주행저항(kg/ton)

W : 동력차 중량(ton)

○ 견인량수

- 열차의 저항

속도정수 사정기준에 의해 차량에 적용하는 주요 저항은 다음과 같음.

- 출발저항

운전 계획상의 출발저항은 속도가 증가함에 따라 선형적으로 감소되며 3~4 km/h에서 최소치를 가지며 이후부터 주행저항으로 바뀌게 됨. 속도를 V km/h 라 할 때 다음 식과 같으며 그림으로 나타내면 Fig. 3-2-18과 같음.

$$Rs = 8 - 1.5\,V \times 0.093\,V^2 (\mathrm{kg/ton})$$

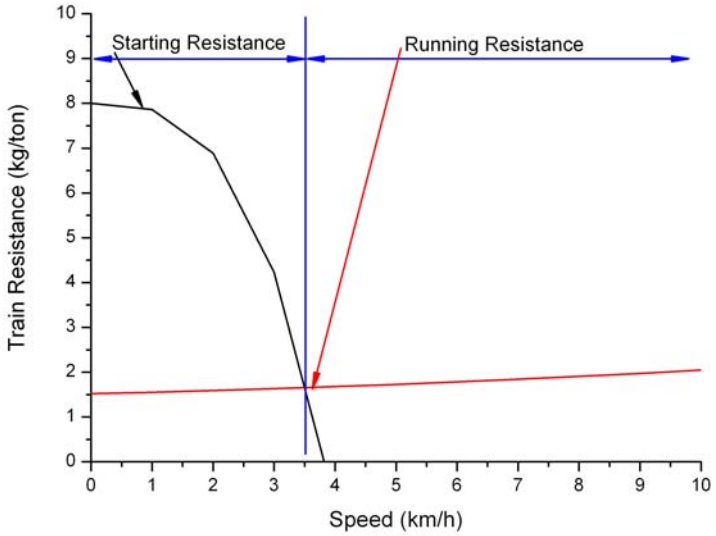


Fig. 3-2-18 열차의 출발저항

- 주행저항

・기관차: 역행시 기관차의 주행저항은 기관차 단면적을 A(12.5077m²)라 할 때 다음과 같음.

$$Rr_L = 1.3 + \frac{29}{W} + 0.03\,V + \frac{0.024\,A\,V^2}{W} \ (\mathrm{kg/ton})$$

・화차: 롤러축을 사용하는 화차의 경우 주행저항은 다음과 같음.

$$Rr_F = 1 + 0.012\,V + 0.0004\,V^2 \ (\mathrm{kg/ton})$$

- 구배저항

구배저항은 열차의 중량과 선로의 구배에 비례하는 것으로 선로구배를 천분율(‰)로 나타내고 구배의 분자를 i 라 하면 다음과 같이 나타냄.

$$rg = W\sin\theta \fallingdotseq \mathrm{W}\tan\theta = 1000\mathrm{W} \times \frac{\mathrm{i}}{1000} = \mathrm{W} \cdot \mathrm{i} \ (\mathrm{kg})$$

Rg = i (kg/ton)

※ 사정구배 30/1000 의 경우, Rg = 30 (kg/ton)

- 곡선저항

곡선저항은 곡선반경 ℓ(m)라 하면 다음과 같은 실험식을 사용함.

$$\mathrm{Rc} = \frac{700}{\ell} \ (\mathrm{kg/ton})$$

※ 곡선반경 400 m 의 경우, Rc = 1.75 (kg/ton)

- 견인 중량

기관차의 견인 중량은 다음 식과 같이 나타낼 수 있으며 대형기관차의 속도별 견인 중량은 Fig. 3-2-19~3-2-20과 같음. 43.5ton을 1량으로 환산한 환산량수는 Table 3-2-14 ~ 3-2-15와 같음.

$$\text{견인중량(Wt)} = \frac{Td - W(Rr_L + Rg + Rc)}{Rr_F + Rg + Rc} = \frac{Te}{Rr_F + Rg + Rc} \ (\mathrm{ton})$$

$$\text{환산량수(n)} = \frac{Te}{(Rr_F + Rg + Rc) \cdot 43.5}$$

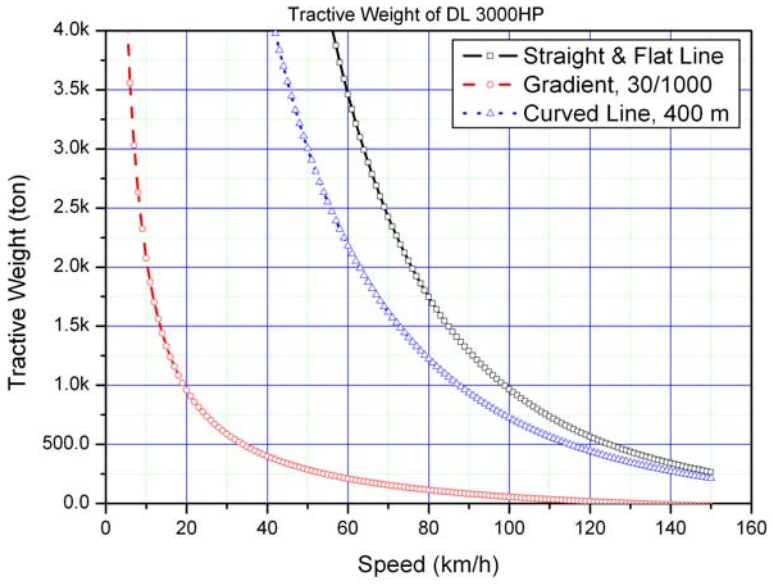


Fig. 3-2-19 디젤전기기관차(3,000마력)의 속도별 견인중량

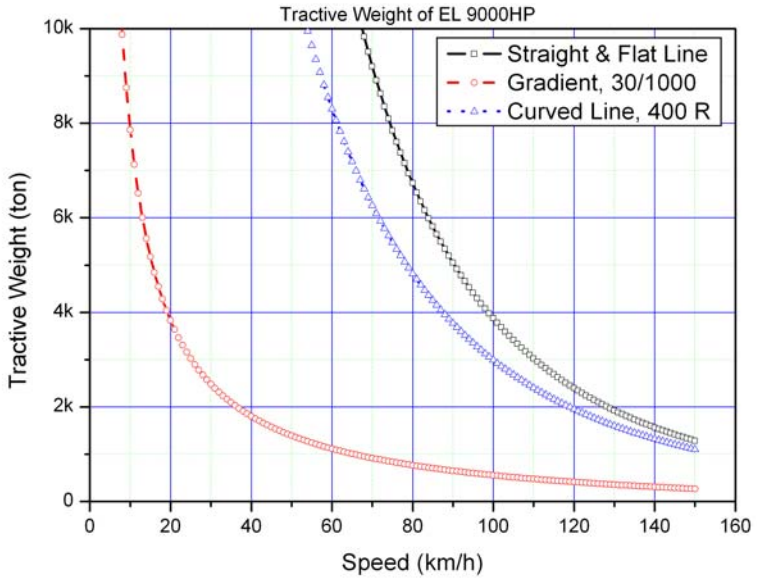


Fig. 3-2-20 Co-Co 신형전기기관차(9,000마력)의 속도별 견인중량

Table 3-2-14 디젤전기기관차의 속도별 견인량수

구분 / 속도 (km/h)	견인력 Td(kg)	평탄직선		구배(30/1000)		곡선(400R)	
		견인중량 (ton)	환산견인량수, n	견인중량 (ton)	환산견인량수, n	견인중량 (ton)	환산견인량수, n
70	9835	2423	55.7	155	3.5	1617	37.1
80	8606	1747	40.1	114	2.6	1222	28.1
90	7650	1287	29.5	81	1.8	936	21.5
100	6885	965	22.2	56	1.2	724	16.6
110	6259	734	16.8	34.9	0.8	564	12.9
120	5737	564	12.9	17	0.4	442	10.1
130	5296	437	10.0	2.8	0.06	347	7.9
140	4917	339	7.8	-9.5	-0.2	272	6.2
150	4590	264	6.0	-20	-0.4	213	4.9

Table 3-2-15 Co-Co 신형전기기관차의 속도별 견인량수(추정)

구분 / 속도(km/h)	견인력 Td(kg)	평탄직선		구배(30/1000)		곡선(400R)	
		견인중량(ton)	환산견인량수, n	견인중량(ton)	환산견인량수, n	견인중량(ton)	환산견인량수, n
70	35587	9200	211.5	917	21.0	6257	143.8
80	31139	6732	154.7	766	17.6	4816	110.7
90	27679	5052	116.1	648	14.9	3769	86.6
100	24911	3873	89.0	553	12.7	2991	68.7
110	22646	3023	69.5	475	10.9	2403	55.2
120	20759	2396	55.0	410	9.4	1951	44.8
130	19162	1924	44.2	355	8.1	1599	36.7
140	17793	1563	35.9	308	7.0	1321	30.3
150	16607	1282	29.4	267	6.1	1100	25.2

○ 열차편성 량수

- 기관차 견인중량 검토 결과에서 운행 최고속도를 120 km/h 로 하면 디젤전기기관차는 평탄직선 구간에서 견인중량이 564 kg으로 환산 12.9량 밖에 견인할 수 없음. 이에 비하여 Co-Co 신형전기기관차로 견인할 때의 견인중량은 2,396 kg으로 환산 55량 견인이 가능함.
- 이단적재열차의 공차중량을 18.6ton/량, 하중적재시 만차최대중량을 88ton/량으로 가정하여 120 km/h로 운행한다면, 디젤전기기관차는 공차 30량 정도를 견인할 수 있고 만차시에는 현차 6량 정도를 견인할 수 있는 것으로 계산됨. 따라서 만차운행시에 디젤전기기관차는 중련편성이 불가피할 것으로 판단됨. 이에 비하여 Co-Co 신형전기기관차는 공차시 현차 128량을 견인할 수 있고, 최대하중 만차시에는 현차 27량을 견인할 수 있는 것으로 나타남.
- 최고운행속도를 110 km/h로 낮춘다면 최대하중 적재시에 디젤전기기관차는 2량을 중련편성하여 현차 16량을 견인할 수 있을 것이며, Co-Co 신형전기기관차는 단독으로 현차 34량을 견인할 수 있을 것으로 예측됨.

상기 계산결과는 모든 차량이 최대하중을 적재하였을 경우를 가정한 것이므로 실제 운행시에는 현차 평균하중 등을 고려하여 이러한 조건보다 여유로운 운영이 가능할 것으로 판단됨.

나. 제동거리 검토

이단적재열차에 대한 제동거리 검토를 위하여 전기기관차 1량 견인시 대차의 편압식, 양압식 제동 방식에 따른 제동거리를 산출함.

○ 편압식 제동거리 검토

(1) 조건

- 제동통 압력
  - · 공차시 : 1.6kg/㎠
  - · 영차시 : 3.8kg/㎠
- 제동레버비(추정) : 1.08
- 대차레버비(추정) : 5
- 제동 레바 효율 : 0.9
- 기계적 효율(공기제동 효율) : 90%
- (완해)스프링 반력
  - · 스프링 인장력 : 34.28kg
  - · 반력 레버비 : 354/602 = 0.59
  - · 스프링 반력 : 20.16kg/제동통
- 브레이크 슈(shoe)
  - · 수량(개수/량) : 8개
  - · 슈 마찰계수 : 0.222

(2) 공기제동력

- 피스톤 원력
  - · 공차시 : FE = 989.3 × (1.6-0.4) = 1,187.16kg
  - · 영차시 : FE = 989.3 × (3.8-0.4) = 3,363.62kg
- 총 레버비 : 10.8
- 제동통 유효 제동력(FC)

・공차시

FC = (BC압-제동통 반력)×단면적 - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 피스톤 원력(FE) - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 1,187.16 - 20.16 - 133.33 = 1,033.67kg/제동통

・영차시

FC = (BC압-제동통 반력)×단면적 - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 피스톤 원력(FE) - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 3,363.62 - 20.16 - 133.33 = 3,210.13kg/제동통

- 브레이크 슈 제동력(FS)

・공차시

P = (FE ×제동레버비 × 공기제동 효율 - 스프링 반력 -

가감기 반력) × 2 × 대차레버비 × 레버효율

= [(1,187.16 × 1.08 × 0.9)-20.16×0.67-133.33] × 2 × 5 × 0.9

= 9,063.74kg/량

브레이크 슈당 제동력 : 1,132.97kg/개

・영차시

P = (FE ×제동레버비 × 공기제동 효율 - 스프링 반력 -

가감기 반력) × 2 × 대차레버비 × 레버효율

= [(3,363.62 × 1.08 × 0.9)-20.16×0.67-133.33] × 2 × 5 × 0.9

= 28,103.41kg/량

브레이크 슈당 제동력 : 3,512.93kg/개

- 제동율

・공차시

제동율 = 브레이크 슈 제동력(FS) / 차량중량× 100

= (9,063.74 / 18,600) × 100 = 48.72%

・영차시

제동율 = 브레이크 슈 제동력(FS) / 차량중량 × 100

= (28,103.41 / 88,000) × 100 = 31.94%

(3) 제동거리 계산

- 속도(V) = 120km/h

- 슈/차륜간 평균 마찰계수(F) : 0.222
- 열차 편성
  · 기관차 1량
    공차중량: 132TON
    제동율 : 70.18%
    차량 단면적 : 11.66㎡
  · 화차 30량
    공차중량 : 18.6TON
    영차중량 : 88.0TON
    공차 제동율 : 48.72%
    영차 제동율 : 31.94%
- 평균 제동율
  K = {(기관차 제동율 × 중량) + (화차 제동율 × 화차중량 × 화차량수)}
  / (기관차 중량 + 전체화차중량)
  · 공차 평균 제동율
  K = {(70.18 × 132) + (48.72 × 18.6 × 30)} / (132 + 18.6 × 30)
  = 52.83%
  · 영차 평균 제동율
  K = {(70.18 × 132) + (31.94 × 88 × 30)} / (132 + 88 × 30)
  = 33.76%
- 주행 저항
  · 기관차 주행저항 : 7.24kg/Ton
  · 화차 주행저항
    공차시 : 8.02kg/Ton
    영차시 : 8.34kg/Ton
- 제동 거리
  · 공주거리
  S0 = V/3.6 × 공주시간(초) = (120/3.6) × 3 = 100m
  · 실 제동거리
  Sa = 4.17×속도의 제곱/(10×슈/차륜간 마찰계수 × 평균제동율 +
  주행저항)

공차시: $Sa = (4.17\times120^2)/(10\times0.222\times53.26+8.02)$

$= 479.2m$

영차시: $Sa = (4.17\times120^2)/(10\times0.222\times33.83+8.34)$

$= 721.0m$

・총 제동거리

공차시 = 579.2m

영차시 = 821.0m

○ 양압식 제동거리 검토

(1) 조건

- 제동통 압력
  - ・공차시 : 1.6kg/㎠
  - ・영차시 : 3.8kg/㎠
- 제동레버비(추정) : 1.62
- 대차레버비(추정) : 4
- 제동 레바 효율 : 0.9
- 기계적 효율(공기제동 효율) : 90%
- (완해)스프링 반력
  - ・스프링 인장력 : 34.28kg
  - ・반력 레버비 : 354/602 = 0.59
  - ・스프링 반력 : 20.16kg/제동통
- 브레이크 슈(shoe)
  - ・수량(개수/량) : 16개
  - ・슈 마찰계수 : 0.222

(2) 공기제동력

- 피스톤 원력
  - ・공차시 : FE = 989.3 × (1.6-0.4) = 1,187.16kg
  - ・영차시 : FE = 989.3 × (3.8-0.4) = 3,363.62kg
- 총 레버비 : 12.96
- 제동통 유효 제동력(FC)

・공차시

FC = (BC압-제동통 반력)×단면적 - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 피스톤 원력(FE) - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 1,187.16 - 20.16 - 133.33 = 1,033.67kg/제동통

・영차시

FC = (BC압-제동통 반력)×단면적 - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 피스톤 원력(FE) - 스프링 반력 - 가감기 반력

= 3,363.62 - 20.16 - 133.33 = 3,210.13kg/제동통

- 브레이크 슈 제동력(FS)

・공차시

P = (FE ×제동레버비 × 공기제동 효율 - 스프링 반력 - 가감기 반력) × 2 × 대차레버비 × 레버효율

= [(1,187.16 × 1.62 × 0.9)-20.16×0.67-133.33] × 2 × 4 × 0.9

= 11,405.1kg/량

브레이크 슈당 제동력 : 712.82kg/개

・영차시

P = (FE ×제동레버비 × 공기제동 효율 - 스프링 반력 - 가감기 반력) × 2 × 대차레버비 × 레버효율

= [(3,363.62 × 1.62 × 0.9)-20.16×0.67-133.33] × 2 × 4 × 0.9

= 34,252.7kg/량

브레이크 슈당 제동력 : 2,140.8kg/개

- 제동율

・공차시

제동율 = 브레이크 슈 제동력(FS) / 차량중량 × 100

= (11,405,1 / 18,600) × 100 = 61.32%

・영차시

제동율 = 브레이크 슈 제동력(FS) / 차량중량 × 100

= (34,252.7 / 88,000) × 100 = 38.92%

(3) 제동거리 계산

- 속도(V) = 120km/h

- 슈/차륜간 평균 마찰계수(F) : 0.222

- 열차 편성

  · 기관차 1량

    공차중량: 132TON

    제동율 : 70.18%

    차량 단면적 : 11.66㎡

  · 화차 30량

    공차중량 : 18.6TON

    영차중량 : 88.0TON

    공차 제동율 : 61.32%

    영차 제동율 : 38.92%

- 평균 제동율

  K = {(기관차 제동율 × 중량) + (화차 제동율 × 화차중량 × 화차량수)}
  / (기관차 중량 + 전체화차중량)

  · 공차 평균 제동율

    K = (70.18 × 132) + (61.98 × 18.4 × 25) / (132 + 18.4 × 25)
    = 63.01%

  · 영차 평균 제동율

    K = (70.18 × 132) + (39.01 × 87.8 × 25) / (132 + 87.8 × 25)
    = 40.41%

- 주행 저항

  · 기관차 주행저항 : 7.24kg/Ton

  · 화차 주행저항

    공차시 : 8.02kg/Ton

    영차시 : 8.34kg/Ton

- 제동 거리

  · 공주거리

    S0 = V/3.6 × 공주시간(초) = (120/3.6) × 3 = 100m

  · 실 제동거리

    Sa = 4.17×속도의 제곱/(10×슈/차륜간 마찰계수 × 평균제동율 +
    주행저항)

공차시 : Sa = (4.17×1202)/(10×0.222×63.01+8.02)

= 406.0m

영차시 : Sa = (4.17×1202)/(10×0.222×40.78+8.34)

= 612.4m

· 총 제동거리

공차시 = 507.0m

영차시 = 712.4m

상기와 같이 편압식과 양압식 제동방식에 따른 제동거리계산 는 아래 표와 같음. 상기 제동거리 검토는 대차레버비, 제동레버비 등 파라미터 값들을 추정한 상태에서 계산된 값으로 향후 상세 설계과정에서 수정될 수 있으며 일반적인 경향은 다음과 같음.

편압식과 양압식의 제동거리 계산결과 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 편압식과 양압식의 차이는 대차레버비, 제동레버비 및 슈의 수량이 상이함으로 인해 명명된 것이므로 상세 설계시 이단적재열차에 구조와 제동거리에 적합한 제동시스템 설계가 가능함. 국내에서 운행되고 있는 화차 기초 제동장치는 편압식과 양압식이 모두 적용되고 있으므로 모두 적용이 가능하다고 판단됨.

Table 3-2-16 제동거리 계산 결과

제동방식 / 하중조건	편압식	양압식
공차	579.2m	507.0m
영차	821.0m	712.4m

7. 차량/시설/전차선 인터페이스 검토

가. 이단적재열차 운행을 위한 인터페이스 검토

이단적재열차 운행에 따른 안전 확보를 위하여 차량과 터널, 전차선, 교량 등과의 적합성 검증 및 안전도 평가가 수행되어야 하며 다음과 같은 시설 기준에 대한 검토가 필요함.

○ 축하중 기준

선로 하부구조 부담력 기준인 축하중 기준은 최대 축하중 22ton인 LS-22 축중 기준을 적용하고 있음. 이에 따라 국내에서 운용 가능한 이단적재열차 형식인 일반대차형식과 3축관절대차형식 이단적재열차에 대한 허용 최대 적재 하중은 Table 3-2-17과 같음.

Table 3-2-17 이단적재열차 형식별 허용 최대 적재중량

차량 형식	차량 최대 적재중량 (LS-22 선로기준)	적재중량 관리
3축관절대차 형식	(허용 축중 22톤 × 량당 차축수 3) - 차량 자중 16톤 추정 = 50톤 /량	필요
일반대차 형식	(허용 축중 22톤 × 량당 차축수 4) - 차량 자중 19톤 추정 = 69톤 /량	- case 1: 불필요 - case 2: 필요

※ 40‘ 컨테이너 최대중량: 30.4톤 (UIC 기준)
20‘ 컨테이너 최대중량: 24톤 (UIC 기준)
컨테이너 최대 중량
- case 1) 40‘ 2개 적재 시 : 30.38 × 2 ≒ 61톤
- case 2) 40‘ 1개, 20’ 2개 적재 시 : 30.4 × 1 + 24 × 2 ≒ 78.4 톤

○ 전차선 기준

2009. 9. 1부로 개정된 철도건설규칙 제 37조에 따르면 전차선의 높이가 5000~5400mm 범위에 있어야 한다고 규정하고 있으며, 실제 부설 높이도 평균 5200mm 범위인 것으로 조사되고 있음. 이단적재열차 운행을 위해서는 최소 5800mm 이상으로 상향 조정이 불가피한 것으로 나타났으며, 이는 이단적재열차를 운영하기 위해서는 평균적으로 600mm의 전차선 높이 증가와 관련된 터널 및 입체교차시설의 개량이 필요함.

즉, 레일면에서 차량 플로어 상부 높이 : 305mm (국외 DST 차량 중 최소치)

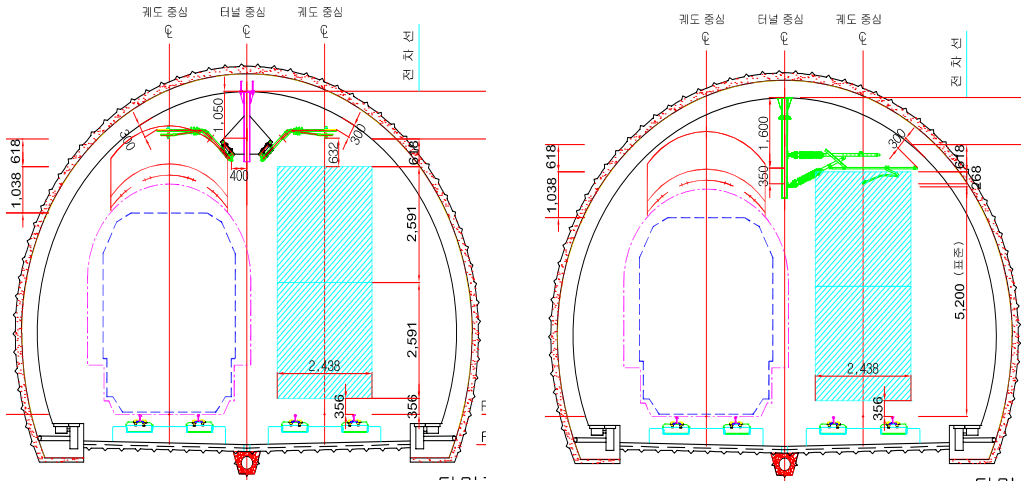
표준 컨테이너 높이 : 2591 mm × 2(이단) = 5182 mm

차량 최고높이 : 5500 mm (305 + 5182 = 5487 mm + 공차 등 감안)

절연 이격거리 : 300 mm

전차선 최소높이 : 5500 + 300 = 5800 mm

터널내 전차선 가설방식은 Fig. 3-2-21과 같이 듀얼방식과 커티너리 방식이 있음. 이 중 듀얼방식이 커티너리 방식에 비해서 터널단면적이 적기 때문에 듀얼방식의 터널개량이 비용을 최소화할 수 있음. 따라서 이단적재열차 운용 계획에서는 시설개량을 최소화하기 위하여 듀얼방식으로 추진되고 있음.



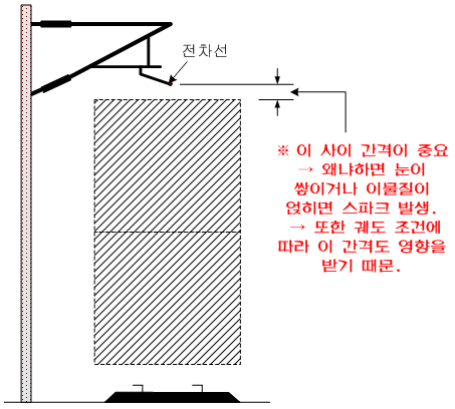
[듀얼 방식] [커티너리 방식]

Fig. 3-2-21 전차선 가설 방식

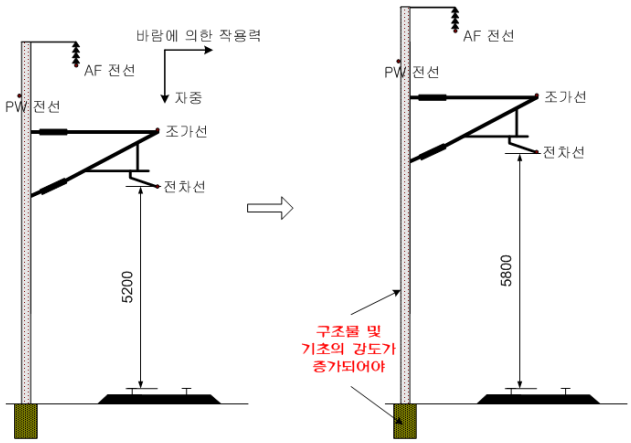
시설 개량을 최소화하는 듀얼 방식의 브라켓 개발 연구가 별도의 과제로 한국시설공단과 한국철도기술연구원에서 추진되고 있어 본 기획과제에서는 이 부분은 고려하지 않았음. 이 외에 이단적재열차 차량 운영을 위해 필요한 전차선과의 인터페이스 연구 항목부분을 정리하면 다음과 같음.

- 전차선 높이 최적화 : 이단적재열차 운영 측면에서는 전차선의 높이를 충분히 확보하는 것이 유리하나, 이 경우 이단적재열차를 견인하는 전기 기관차나 동 구간을 운행하는 각종 전기기관차, 고속전철 등의 집전성능에 영향을 미침.

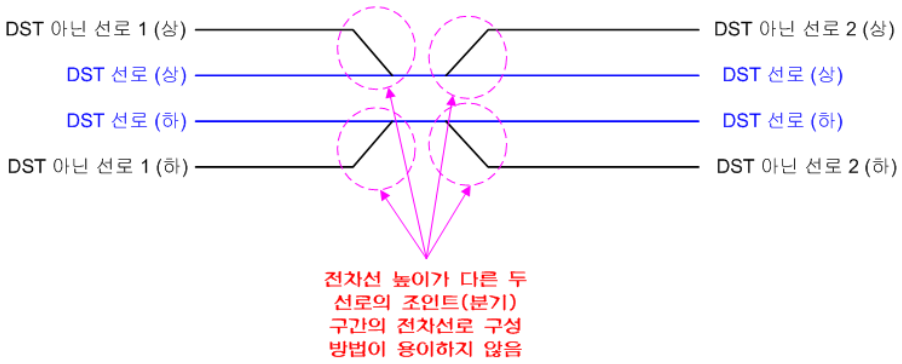
따라서 최적의 높이로 전차선을 상향하는 부분과 타 차종의 집전성능 이상 유무에 대한 검증 실험이 수반되어야 함.



- 전차선로 구조물의 강도 검토: 전차선로 높이 증가에 따라 이를 지지하는 구조물에 대한 강도 안전성 검토가 수반되어야 함.



- 분기구간 형성 방법 연구: 경부선과 같이 고속선과 이단적재열차가 운영되는 기존선의 분기구간이 있는 경우, 전차선 높이가 다른 두 선로의 분기구간의 전차선로 형성 방법에 대한 연구가 필요함.



- 집전성능, 팬터그래프 횡방향 영향 연구: 전차선의 높이 증가만큼 기존 전기기관차나 고속전철차량의 팬터그래프의 펼친 길이가 증가하는 데, 이에 따른 압상력, 이선율 등의 집전성능의 변화와 집전부의 횡방향 변위 증가에 따른 집전범위가 벗어나는 지 등에 대한 안전성 검토가 필요함.

○ 건축한계

국내 건축한계는 최대폭 4.2m, 높이 6.45m임에 비하여 미국 건축한계(AAR Recommended Clearances for Plate <H> 기준 적용)는 최대폭 5.48m, 높이 7.391m로서 국내 보다 넓고 높음. 이단적재시에 컨테이너 높이는 5.5m로서 현 건축한계 범위내에는 포함되지만 곡선구간 주행시 차량 편기로 인한 건축한계 범위 초과 가능성이 있으므로 운용선로 실 주행시험을 통한 안전성 검증이 요구됨.

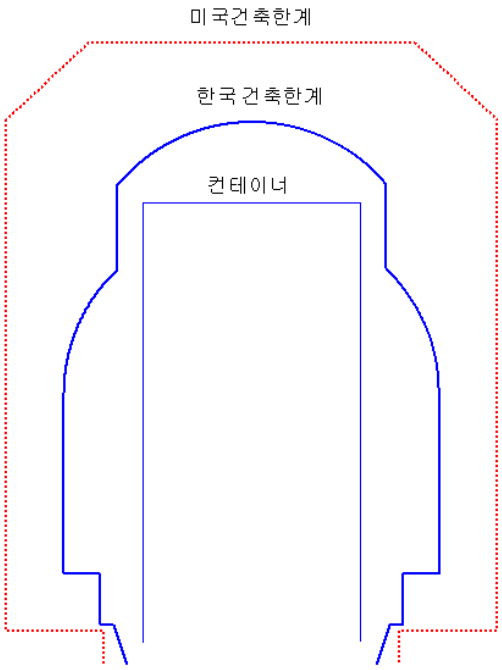


Fig. 3-1-22 건축한계

○ 시설물 높이 검토

이단적재열차 운행을 위한 터널, 입체교차시설의 확보 높이는 Table 3-1-18과 같음. 일반구간에서는 레일면에서 최소 6.,760mm가 확보되어여하며 터널, 입체교차시설 등은 최소 6,350mm의 높이가 확보되어야 함.

Table 3-2-18 이단적재열차 운행 시 시설물별 확보높이

단위: mm

구분	확보높이	RL～화차 바닥면	컨테이너	절연거리 (컨테이너～전차선)	가공전차선 높이	구조물 절연이격
일반구간	6,760	305	5,195	300	960	
터널구간	6,350	305	5,195	300	250	300
입체교차시설	6,350	305	5,195	300	250	300

Table 3-2-19 이단적재열차 운행 시 시설물별 확보높이 상세검토

단위: mm

구분		현행 운행방식	DST 운행방식	비고
컨테이너 적재시 차량높이	RL～차량상판	1,065	305	
	컨테이너(8′6″)	2,591	5,182	2,591×2 = 5,182
	계	3,656	5,500	DST에는 IBC 두께 포함
일반구간	전차선높이	표준 5,200	5,800	차량과 전차선 이격 300
	가고	표준 960	표준 960	
	계	6,160	6,760	DST 600 확보 필요
터널구간	전차선높이	4,850 ~ 5,200	5,800	표준 5,200, 최소 4,850
	가고	250 ~ 710	250	표준 710, 최소 250
	절연이격	표준 300	표준 300	구조물까지 절연이격거리
	계	5,400 ~ 6,210	6,350	DST 140～950 확보필요
입체교차시설	전차선높이	4,850 ~ 5,200	5,800	
	가고	250 ~ 960	250	표준 960, 최소 250
	절연이격	표준 300	표준 300	구조물까지 절연이격거리
	계	5,400 ~ 6,460	6,350	DST 최대 950mm 확보필요

○ 궤도 안전도 평가

운용 선로를 대상으로 선형 및 선로구축물 현황조사를 수행하고 이단적재열차 운행 시의 안전도 평가가 필요함.

최고속도 120km/h 이내로 운용되는 이단적재열차의 궤도 성능평가를 위하여 현장 측정 및 분석과정을 통한 직선, 곡선부에서의 선로부담력과 궤도구성품에 대한 동적안정성 평가, 안전성 검증이 요구됨. 교량/차량 간 기존 설계하중 및 실 운행 하중 체계 대비 이단적재열차의 하중 부담력 비교 분석, 주행 안전성 검토, 여객열차와 다른 지속적인 하중전달에 따른 통과톤수에 따른 선로시스템에 대한 성능평가도 수행되어야 함.

특히, 터널 내 주행시 구조물과의 적합성 및 인터페이스 검토가 필요함. 물류수송의 중심 축인 경부선구간은 특히 터널이 많으므로 터널 주행에 따른 차량/시설물간의 인터페이스 해석 및 실험적 검증 과정이 필수적으로 요구됨



Fig. 3-2-23 궤도노반 현장 성능평가시스템

또한 단계별 속도향상시 이단적재열차 운행구간의 속도단계별 선로시스템 거동과의 상관관계 분석을 통하여 궤도노반부담력/침하 검토, 직/곡선부 속도향상 시 안전성 검토, 선로선형에 대한 적합성 평가를 통하여 단계별 선로성능 안전성평가 및 개선방안이 제시되어야 함.

이단적재열차 운행에 따른 선로시스템 제반 규정에 대한 검토와 이론적, 실험적 검증이 수반된 개선안 도출이 필요하며 본 사업에서 수행되어야 할 시설분야 연구내용은 다음과 같음.

- 이단적재열차 운행구간 선로시스템 현황분석 및 조사
- 이단적재열차 운행시 선로시스템(궤도노반, 교량/터널)성능측정 및 분석
- 단계별 속도향상 시 이단적재열차 운행구간 선로성능 안전성 평가 및 개선

방안제시

- 이단적재열차 운행에 따른 선로시스템 제반 규정 검토
- 교량-차량 차량 하중의 인터페이스 검토 추진
- 단계별 속도향상시 선로기준 및 유지보수규정(안) 제시

나. 차량/시설/전차선 개량 계획

이단적재열차는 주로 복선전철화 사업이 진행 중인 경전선의 광양항-부산(신)항간에 우선적으로 투입이 예상되며, 컨테이너 물동량이 가장 많은 경부선에 주로 투입이 예상됨. 이단적재열차 운영을 위해 기본적으로 문제가 되는 시설물은 터널과 전차선 및 입체교차시설 등임. 즉 컨테이너 이단적재시에는 레일단면에서 컨테이너까지의 높이가 5,800mm로서 기존의 터널과 전차선 및 입체교차시설의 높이를 초과함.

이와 같은 기본적인 문제에 대한 검토는 2006년 수행된 “철도물류 수송력 향상 방안 연구”에서 사전 검토가 되었고, 이후 2009년 국토해양부 주관으로 철도물류경쟁력 강화를 위한 이단적재열차 도입 계획이 국토해양부, 철도시설공단, 코레일, 한국철도기술연구원 등이 Task Force 형태로 참여하여 수립되었음. 이단적재열차 주 운용선로인 경전선과 경부선은 이단적재열차 운행에 적합한 시설 기준으로 현재 개량 계획이 수립되어 있음. 이와 같이 수립된 경전선과 경부선에 대한 개량 계획을 요약하면 다음과 같음.

[1] 경전선

□ (시설 개량) 복선화 사업 중으로, 터널개량 없이 전차선 및 입체교차시설 높이만 상향 조정

구분	현 행	시설 개량
터널	▪ 60개소, 69.3㎞ (모두 복선) - 높이: 7,420~7,480mm	▪ 불필요
전차선	▪ 터널내 높이: 5,000mm ▪ 비터널 높이: 5,200mm	▪ 5,800mm로 상향 조정
입체교차시설	▪ 총 15개소 - 과선인도교: 3개(높이 6,520mm) - 과선도로교: 9개(6,520~6,880mm) - 선상역사통로: 3개(7,050~7,570 mm)	▪ 높이 6,810mm이하 개량(3개소) - 궤도내리기

※ 복선화 개량공사 완공후 추후 DST 시설개량시에는 추가비용 소요, 열차운행지장 등이 초래되므로 진행 중인 개량공사에 반영하여 시행 필요

○ 터널내 전차선은 이단적재열차 운행에 지장이 없고, 향후 속도향상이 가능하도록 현행 가동브래킷을 개량하여 설치

- 개량형 브래킷 개발 및 전차선 설치는 경전선 개통(삼랑진～마산, '10.12월 개통 예정)에 지장이 없도록 추진
- 터널내 운행속도는 고속화 계획과 연계하여 '11.12월까지 현장 증속시험을 거쳐 확정

□ (항만인입선) 부산신항·광양항 철송장까지 이단적재열차를 운행할 수 있도록 항만인입선에 대한 시설개량

○ (부산신항선) 전차선 가설방식 조정시 터널(5개소)개량 없이 입체교차시설(1개소)만 개량

※ 부산신항선(진례～녹산, 22㎞) : '10년 복선 개통 후 '11년 전철화 예정

○ (광양항선) 3개 터널 개량 (비전철 단선 운행중)

[2] 경부선

□ (시설 개량) 일반 화차보다 높은 이단적재열차 운행을 위하여 전차선, 터널, 입체교차시설 등 높이를 상향 조정

구 분	현 행	시설 개량
터널	▪ 61개소, 26.3㎞ - 단선 43개, 18.3㎞ (높이: 5,060～5,400mm) - 복선 18개, 8㎞ (높이: 6,300～7,100)	▪ 단선터널 : 단면 확대 (5,060～5,400 → 6,350mm) ▪ 복선터널 : 단선 운행하고, 단선우회터널 추가 신설 등
전차선	▪ 터널내 높이 : 4,850～5,000mm ▪ 비터널 높이 : 5,200mm	▪ 5,800mm로 상향 조정
입체교차시설	▪ 총 149개소 - 과 선 철 교 : 1개(높이 8m) - 과선도로교 : 104개(5.4～16m) - 과선인도교 : 44개(5.85～10m)	▪ 높이 6,810mm이하 개량(58개소) - 궤도내리기 : 35개 - 올리기 : 17개 - 철거 및 신설 : 6개

※ 터널내 전차선은 듀얼브래킷 방식 기준

○ (터널) 터널의 단면을 높이되, 공기·공사비·열차운행 영향을 최소화하도록 공법 적용

- 복선터널(4개소, 7m이하)은 단선 운행하고, 단선우회터널 신설

※ 나머지 복선터널(14개소, 7m이상)은 시설개량 없이 복선운행 가능

- 단선병렬터널(43개)은 1선 차단 후 개량공사 시행 등

○ (전차선) 현 전차선 높이(4,850~5,200)를 5,800mm로 조정

※ 현 전차선 높이(mm)

경부선	고속철도	광역철도	지하철
-터널 : 4,850~5,000 -비터널 : 5,200	5,080	-터널 : 5,000 -비터널 : 5,200	-지하 : 4,250 -지상 : 5,000

○ (입체교차시설) 과선교 등 총 149개소 중 DST 통과높이(6,810mm)보다 부족한 58개소 개량

- 높이에 따라 궤도내리기(35개), 올리기(17개), 신설(6개) 등

□ (화차 형태 및 하중) 전차선 높이를 감안 저상형으로 개차, 대차방식은 일반대차와 관절대차방식을 병행 도입

○ 일반대차는 중량화물, 관절대차는 경량화물 위주 수송

○ 관절대차의 하중(축당 최대 22톤) 초과(38.5~47.2톤) 문제는 적재 시 중량관리, 화차 경량화, 축 증대(2→3개)로 해결

□ (운행속도) 기관차 중련편성 등으로 속도 향상 (현행 컨테이너열차 평균속도 90㎞/h)

○ 이단적재열차 운행속도 : 최고 120㎞/h, 평균 100~110㎞/h

8. 운영효율화 및 제 규정 개정 방안 검토

가. 적재중량 관리

이단적재열차 차량형식 검토에서 제시된 바와 같이 차량형식에 따라 차량당 최대적재중량이 결정된다. 차량형식에 따른 예상되는 최대 적재중량은 Table 3-2-20과 같음.

Table 3-2-20 차량 형식별 최대 적재중량

형식	최대 적재중량
2축관절대차 형식	30ton/량
3축관절대차 형식	50ton/량
일반대차 형식	69ton/량

현재 국내 선로의 최대축중은 22ton으로 미국 36.3ton, 캐나다 25ton에 비하여 크게 낮기 때문에 일반대차방식의 차량을 사용하는 경우 최대 량당 69ton이 가능함. 이단적열차의 각 차량에는 최대 4개의 컨테이너를 적재할 수 있으나 컨테이너 중량의 합이 최대 69ton 이하여야 함.

○ 컨테이너 중량분포를 이용한 검토

2008년 철송 컨테이너의 중량(컨테이너 자중+화물) 분포를 보면 Fig. 3-2-24와 같음. 20ft 컨테이너의 경우 90%가 19ton 이하이며, 40ft 컨테이너의 경우 70%가

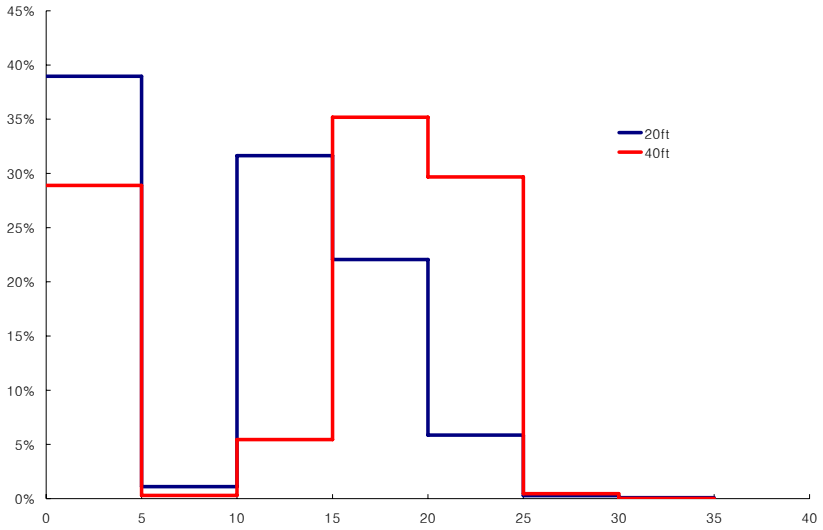


Fig. 3-2-24 철송 컨테이너 중량 분포 (2008)

20ton 이하임. 컨테이너 하나의 평균중량은 20ft 컨테이너가 10.1ton, 40ft 컨테이너가 14.2ton임. 5ton 미만이 약 30～40%를 차지하며 20ft 컨테이너는 10～15ton, 40ft 컨테이너는 15～20ton인 경우가 가장 많음을 알 수 있음.

화차 1량당 컨테이너를 적재하는 방법은 40ft 컨테이너 2개, 40ft 컨테이너 1개와 20ft 컨테이너 2개, 그리고 20ft 컨테이너 4개의 3가지 경우가 존재한다. 각각의 경우 량당 최대적재중량과의 관계는 다음과 같음.

- 40ft 컨테이너 2개

  40ft 컨테이너는 2개 적재. 3축관절방식과 일반대차방식의 경우 모든 조합을 다 수용할 수가 있음. 그러나 2축관절방식의 경우 약 32%의 경우만 적재가 가능함.

- 40ft 컨테이너 + 20ft 컨테이너 2개

  - 일반대차방식(최대적재중량 69ton/량)

    40ft 컨테이너 25ton 이하와 20ft 컨테이너 22ton 이하로 조합을 구성할 경우 약 96%의 조합이 최재적재중량 이하로 됨. 이 통계대로 유지된다면 일반대차방식에서는 큰 문제가 없을 것으로 보임.

  - 3축 관절방식(최대적재중량 50ton/량)

    40ft 컨테이너 23ton 이하와 20ft 컨테이너 13ton 이하로 조합을 구성할 경우 최소 약 44%의 조합이 최대적재중량 이하로 됨. 이 통계대로 유지된다면 3축 관절방식을 차량형식을 채택하는 경우 약 50%경우 최대적재중량을 초과하는 경우가 발생함.

  - 2축 관절방식(최대적재중량 30ton/량)

    2축 관절방식의 차량은 현재의 컨테이너 중량 분포를 고려할 때 이단적열차로서의 효과를 기대하기가 어려울 것으로 판단됨.

- 20ft 컨테이너 4개

  - 일반대차방식(최대적재중량 69ton/량)

    20ft 컨테이너 17ton 이하 4개를 싣는 경우 최소 약 45%의 경우를 해결할 수 있음.

○ 최대적재중량초과 문제점 검토

2008년 철송 컨테이너 중량분포를 사용하여 최대적재중량을 초과할 수 있는 경우를 분석한 결과 일반대차방식의 경우 문제가 되는 경우가 약 3% 미만으로 아주 적은 비율로 나타남. 그러나 최대적재중량을 초과하는 경우의 문제를 고려하면 1%라도 초과할 경우 과적으로 인하 차량 안전에 문제를 유발할 가능성이 있으므로 이에 대한 대안 마련이 필요함.

장기적으로 벌크화물이 컨테이너화되는 경우 중량화 경향이 있어 철도운송이 도로운송보다 경쟁력이 있어 향후에는 최대적재중량을 초과하는 경우가 증가할 것으로 예상됨. 또한 20ft 컨테이너, 40ft 컨테이너 외에도 다양한 컨테이너 사이즈를 생각할 때 적재중량문제를 고려하지 않을 수 없음.

중국의 경우에는 표준크기보다 높이가 낮은 컨테이너를 사용하는 경우도 있음. 인도의 경우 TKD, DDR, DDL 및 KKU를 출발지 또는 목적지로 Pipavav 항구에서 출발/도착하는 물동량에 대하여 조사한 결과 컨테이너의 86%가 상기 ICD로부터 또는 ICD로 이동하며, 컨테이너 수로 52% 이상이 40ft 컨테이너로 조사됨. 그리고 결론은 축중 21.8ton인 경우 수입물량의 93%, 수출물량의 99%를 문제없이 처리할 수 있어 적재하중문제는 큰 문제가 아님.

나. 운용 제한요소 검토

○ 컨테이너 중량 제한

철도차량운전규칙 제3장 적재제한 등에 의하면 차량을 화물에 적재할 경우에는 차량의 구조와 설계강도 등을 고려하여 허용할 수 있는 최대적재량을 초과하지 아니하도록 명시되어 있음.

앞서 검토한 바와 같이 본 연구에서 제안된 차량형식에서 부담할 수 있는 최대적재하중이 한 차량에 적재할 수 있는 컨테이너 최대적재하중의 합보다 적기 때문에 이단적열차에 실을 수 있는 개별 컨테이너의 중량을 제한하거나 차량에 적재되는 총중량을 최대적재중량 이하로 할 수 있는 적재하중관리 체계가 마련되어야 함.

적재중량 초과를 방지하기 위하여 컨테이너는 적재 전에 반드시 중량이 측정되고 적절한 위치에 표시되어야 함. 또 적재효율을 높이기 위하여 화차배정 신청 시 중량을 함께 제시하는 방법도 고려될 수 있음.

○ 개별 컨테이너 중량제한

컨테이너의 중량분포에 따라 개별 컨테이너의 중량제한 크기가 달라지며 중량제한을 초과하는 컨테이너는 일반화물열차를 이용하도록 함. 컨테이너의 중량을 일괄적으로 제한하는 경우 수용할 수 있는 비율은 최소로 됨

.

Table 3-2-21 철도차량운전규칙 제8조

제3장 적재제한 등

제8조 (차량의 적재 제한 등)

①차량에 화물을 적재할 경우에는 차량의 구조와 설계강도 등을 고려하여 허용할 수 있는 최대적재량을 초과하지 아니하도록 하여야 한다.

②차량에 화물을 적재할 경우에는 중량의 부담이 균등히 되도록 하여야 하며, 운전중의 흔들림으로 인하여 무너지거나 넘어질 우려가 없도록 하여야 한다.

③차량에는 철도차량의 길이와 너비 및 높이의 한계(이하 "차량한계"라 한다)를 초과하여 화물을 적재·운송하여서는 아니된다. 다만, 열차의 안전운행에 필요한 조치를 하고 차량한계 및 건축한계(차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도상에 설정한 일정한 공간을 말한다)를 초과하는 화물(이하 "특대화물"이라 한다)을 운송하는 경우에는 차량한계를 초과하여 화물을 운송할 수 있다.

다. 운영 효율화 방법

○ 이단적재열차 적재하중 관리시스템 구축

이단적열차에서 취급가능한 컨테이너의 중량을 일괄적으로 제한하는 경우 컨테이너의 중량만 알면 현장에서 쉽게 적재업무를 할 수 있는 장점이 있으나 처리하는 컨테이너의 중량을 측정하는 업무가 부가됨에도 불구하고 수요에 비하여 수용할 수 있는 컨테이너의 범위가 좁아져 이단적열차의 도입효과를 크게 잠식하게 됨.

차량당 최대적재화중문제를 해결하기 위하여 컨테이너 수송수요에 따라 최적의 컨테이너 조합을 제시할 수 있는 이단적재열차 적재하중 관리시스템을 구축하여야 함.

이단적재열차 적재하중관리의 목적은 전국 철도CY 및 ICD의 화물컨테이너 운송관리시스템과 연계하여 DST운용효율을 높이고 철도CY 및 ICD 화물적재업무를 최적화 하는 것에 있으며 이단적재열차 적재하중관리시스템은 다음의 기능을 포함하여야 함.

- 이단적재열차의 차량방식에 따라 최대 축중을 감안한 적재중량 한도를 넘지 않도록 최적컨테이너 조합을 실시간으로 제공.
- 개별 철도CY 및 ICD의 적재하중관리, 즉 여러단위의 적재하중관리 뿐만 아니라 노선단위 단위의 적재하중관리를 할 수 있도록 하여야 함.
- 컨테이너 중량뿐만 아니라 향후 다양한 크기의 컨테이너에 적용하기 위하여 컨테이너 크기를 고려한 최적조합을 제시하는 기능 필요.

이단적열차 적재하중관리시스템 연구개발의 주요내용은 다음과 같음.

- 이단적열차 적재 하중관리 시스템 기본설계
- 컨테이너 형태별 수요에 따른 시뮬레이션을 통한 운영효과 분석
- 룰기반 적재 하중관리시스템 개발 및 시범구간 시범운영
- 최적화기반 철도CY/ICD 컨테이너 하중관리시스템 개발
- 최적화기반 컨테이너 적재 하중관리 네트워크 시스템 개발 및 CY/ICD시스템 연계
- 화물철도운영자의 운영시스템 연계운영 시범

○ 이단적재열차 운영기술

이단적열차열차 운영관련 다음과 같은 운영 기술에 대한 연구가 필요함

- 컨테이너 상하역 방법 및 2단 적재방법
- 이단적재열차 차량 입환 방법
- 이단적재열차 유지보수 방법 및 비용 산정
- 영업편성 고려 운용 비용, 적정 운임 산정

라. 제 규정/법규 개정

이단적재열차의 효율적 운영을 위하여 차량/궤도/전차선/열차운영 관련분야에서 아래와 같은 현 철도규정, 법규 등에 대한 적합성 검토와 이론적, 실험적 검증과정을 거친 개선안 도출이 필요함.

- 이단적재열차 차량한계/건축한계 규정
- 이단적재열차 운용에 따른 선로구축물, 전차선 규정
- 이단적재열차 하중관리 규정
- 이단적재열차 횡풍에 대한 안전 규정

- 이단적재열차 곡선통과 속도 규정
- 이단적재열차 유지보수 규정
- 이단적재열차 컨테이너 상하역 규정
- 이단적재열차 차량 입환 및 편성 규정

9. 이단적재열차 목표 성능

기술적 타당성 검토를 통하여 도출된 이단적재열차시스템의 기술적 목표 성능은 다음과 같음.

○ 기후조건
- 외기온도 −35 ~ 50 ℃ 범위 및 습도 80%이상, 해발 1,000m에서도 기기는 정상적인 기능이 확보되어야 하며 저온에서 동결이 방지되어야 함.

○ 선로조건
- 궤간 : 1,435 ㎜
- 최소 레일곡선반경 : 100 m
- 선로 최대구배 : 35/1,000

○ 차량 주요사양
- 운용 최고속도 : 120 km/h
- 형식 : 일반대차형식, 3축관절대차형식
- 축중 : 최대 22 ton
- 길이 : 일반대차형식 19.2m 이내. 3축관절대차형식(3량 1Unit) 53.8m 이내
- 높이 : 컨테이너 2단적재 시 5.5m 이하
- 자중 : 일반대차형식 18.6ton 이내. 3축관절대차형식(3량 1Unit) 50.7ton 이내
- 총하중 : 88ton
- 제동거리 : 속도 120 km/h에서 제동거리 900 m 이내
- 연결기 높이 : 880mm
- 차축 : RCT E축
- 대차 : 고정축거 최소, 안정성, 곡선주행성능 양호 할 것

- 차체 : 구조강도 확보, 경량화 및 저상화 구현
- 일단적재시 철도안전법, 철도차량 안전기준에 관한 규칙의 차량한계 이내
- 유지보수성이 양호할 것

제 3 절 경제적 타당성 검토

1. 경제성 분석

이단적재열차 사업 경제적 타당성 검토에 대한 기존의 연구는 두 개의 선행 연구사례가 있음. 하나는 이단적재열차 도입에 따른 경제성 분석을 위한 정책연구로서 2006년도에 시행된 “철도물류 수송력 증강방안 연구”이며, 또 하나는 2009년에 시행된 “경부선 수송력 증대를 위한 시설개선방안 연구”임. 본 절에서는 이단적재열차 도입 시 예상되는 경제성 분석결과를 기존의 연구결과를 중심으로 살펴보고자 함.

가. “철도물류 수송력 증강방안 연구”의 경제성 분석결과

○ 장래 컨테이너 물동량 추정

동 연구에서는 부산항과 광양항에서 발생하는 장래 컨테이너 물동량을 예측함으로써 경부선과 경전선에서의 이단적재열차 컨테이너 물동량을 예측하였음.

부산항에서 발생하는 장래 총 컨테이너물동량을 7개 권역으로 총물동량과 수단별 물동량으로 구분 추정하였고, 2020년 기준으로 부산항 총발생 컨테이너 물동량은 966만TEU에 달할 것으로 예측되며, 이중 철송물량은 251만TEU에 달할 것으로 추정하였음.

부산항 철송 컨테이너 권역별 물동량

(단위 : TEU)

권역별	전체				철송			
	2007	2011	2015	2020	2007	2011	2015	2020
합계	7,443,753	7,860,659	8,901,000	9,660,000	801,236	1,254,826	1,789,763	2,506,115
수도권	1,302,380	1,420,281	1,706,453	1,974,697	437,024	652,544	914,389	1,240,551
경기	972,379	1,062,950	1,301,721	1,520,518	437,024	652,544	914,389	1,240,551
중부권	524,403	545,977	641,926	797,814	165,365	255,754	355,769	520,705
부산권	528,007	513,985	549,438	543,905	0	0	0	0
경남권	2,919,515	2,943,632	3,019,780	2,802,170	21,190	36,256	45,953	49,578
경북권	1,333,424	1,438,609	1,587,691	1,656,275	95,237	176,760	240,229	312,096
호남권	786,568	942,613	1,318,953	1,767,616	80,239	139,943	227,818	374,512
강원권	49,456	55,562	76,759	117,524	2,181	3,568	5,604	8,675

※ KMI에서 전국 항만 컨테이너 물동량 추정자료를 기초로 KRRI에서 최종 보완 추정한 결과임

한편 광양항에서 발생하는 컨테이너 물동량은 2020년 기준 총 395만TEU에 달하며, 이중 철송물동량은 67만TEU에 달할 것으로 예측하고 있음.

광양항 철송 컨테이너 권역별 물동량

(단위 : TEU)

권역별	전체				철송			
	2007	2011	2015	2020	2007	2011	2015	2020
합계	1,420,191	2,222,465	3,010,000	3,947,000	200,424	324,107	432,426	667,447
수도권	110,205	159,968	283,539	458,963	102,243	140,401	190,352	296,275
경기	109,162	156,609	209,615	315,259	102,243	140,401	190,352	296,275
중부권	75,270	101,854	114,619	162,248	20,044	41,214	59,854	109,753
부산권	24,947	13,836	9,433	6,707	14,244	9,165	7,181	5,843
경남권	34,557	74,780	265,242	455,835	1,858	2,724	11,858	27,129
경북권	10,177	21,714	89,792	156,993	453	0	0	0
호남권	1,178,604	1,848,581	2,243,929	2,701,531	61,582	130,542	163,036	228,298
강원권	674	1,733	3,446	4,722	0	60	145	148

※ KMI에서 전국 항만 컨테이너 물동량 추정자료를 기초로 KRRI에서 최종 보완 추정한 결과임

이상의 물동량 추정을 통해 이단적재열차도입시 운행 예정구간인 경부선과 경전선에서의 물동량은 경부선의 경우 경기와 중부권의 물동량을 대상으로 하며, 경전선의 경우에는 부산과 울산 및 경남의 물동량을 이단적재열차 수송물동량으로 예측함.

○ 이단적재열차운 영을 위한 개량대상 시설물 현황

▪ 터널

- 이단적열차가 운행되기 위한 터널높이는 바닥면에서 터널천장까지 총 7,900mm가 확보되어야 하기 때문에 이 보다 낮은 터널은 모두 개량대상이 됨. 경전선은 개량공사를 통해 터널의 확장높이가 확보되기 때문에 추가 터널확장공사는 필요치 않은 것으로 판단되나, 소수터널(개착)의 경우에는 터널높이의 확대가 필요함.
- 한편 경전선을 이용하여 광양항으로 연결되는 광양항선에는 황길과 도리터널이 있는바, 이 터널에 대해서는 확장공사가 필요함. 그러므로 경전선에 이단적재열차를 운영하기 위해서는 세 군데의 터널개량 공사가 필요한 것으로

판단되며, 이는 하로작업으로는 달성하기 어려운 높이로서 시설개량이 필요함.

- 경부선에서는 61개의 터널이 있으며, 이 중에서 52개 터널의 높이를 확장해야 할 필요가 있으며, 이들 터널 역시 시설개량 방법을 통해서 높이 확보가 가능할 것으로 보임.

개량대상 터널현황

선별	터널총수	대상 터널		
		개소	궤도내리기	시설개량
경부선	61	52	-	52
경전선(광양항 구간 포함)	70	3	-	3

▪ 전차선

- 이단적열차에 운행에 필요한 공간은 레일단면에서 컨테이너까지 5,800mm로서 기존의 전차선 높이 5,200mm에서 600mm를 추가로 인상해야 함.

전차선 개량방향

조건별	전차선 높이(㎜)			비고
	현재	개량	증감	
일반토공구간	5,200	5,800	증 600	표준높이
터널구간	4,850	5,800	증 950	최소높이
과선교	5,000	5,800	증 800	최소높이
선상역사	5,000	5,800	증 800	최소높이

- 전차선을 조정하는 방법으로는 일반토공구간에서는 전철주(9m)에서 현재 가동브래키트를 600㎜인상할 경우 급전선과의 이격거리(550㎜이상)가 부족하게 되므로 이 경우에는 급전선의 높이 인상이 필요하며, 이를 위해서는 별도의 완금시공 및 전선이설이 필요함. 그리고 곡선구배 R=1,600이하의 내곡선 전철주의 경우에는 건축한계에 저촉되기 때문에 건식게이지를 G=3.0에서 G=3.5 이상으로 변경시공을 해야 함.
- 한편 역구내 구간은 고정빔 구간으로서 급전선이 전주대용물에 위치하여 있기 때문에 전차선 인상시 급전선에 지장이 없음. 즉 고정빔과 가동브래키트

간 공간은 가동브래키트를 600㎜인상하여도 절연이격거리(300㎜이상)의 확보는 가능함.

- 마지막으로 터널구간에서는 내공확보를 위한 토목공사와 병행으로 시공하기 때문에, 터널내 시설물의 수차례 이설이 요구됨.
- 전차선 개량방법으로는 브레킷올리기와 전주이설이 있는데, 곡선구간에서는 게이지 조정으로 전주이설이 필요하고, 일반토공구간에서는 브레킷을 올리는 방법을 이용할 수 있음. 전차선 개량비용을 산정하기 위해서는 대상노선의 전주갯수의 파악이 필요함.
- 우리나라의 전주경간은 평균적으로 45m로 산정시 1km당 전주수는 22.22개로 산정되므로 경부선은 21,244개의 전주가 있는 것으로 산출됨. 이 중에서 전주이설이 필요한 곳은 곡선구간으로서 전체 노선중에서 약 20%가 곡선구간이기 때문에 전주이설이 필요한 전주수는 전체 전주수의 20%로 산정하였음.

이단적재열차 운행을 위해 개량이 필요한 구간별 전주수

선별	전차선 (전주수)	개량방법		비고
		브레킷 올리기	전주이설	
경부선	956km (21,244)	16,996	4,248	・오봉~의왕:복선 4.4㎞ ・의왕~천안:2복선 63.2㎞ ・천안~부산:복선 347.2㎞
경전선	개량공사 중			

- 또한 터널내에는 전력・신호・통신선이 통과하고 있기 때문에 터널 확장시에는 이들 선의 이설이 필요함.

터널내 이설대상 전력・신호・통신선 현황

선별	전력통신선	이설대상	비고
경부선	24,600m	24,600m	해당 터널의 길이로 측정하였으며, 모든 터널이 시설개량이 필요하므로 터널내 전력통신선의 이설 필요함.
경전선	개량공사 중		

▪ 입체교차시설

- 이단적열차가 운행되기 위해서는 입체교차시설의 높이가 레일면으로부터 6,350mm는 되어야 함. 이는 차량높이(5,500mm) + 절연이격(300mm) + 최소가고(250mm) + 절연이격(300mm)으로 구성되기 때문임.
- 경부선의 경우 총 입체교차시설은 107개소이며, 이 중에서 형하공간이 6,350mm이하인 입체교차시설은 36개소임.

이단적열차 운행기준에 따른 입체교차시설 개량대상

선별	입체교차시설총수	대상 입체교차		
		계	궤도내리기	철거신설
경부선	107	36	20	16
경전선(광양항 구간 포함)	0	0	-	-

- 개량이 필요한 입체교차시설은 확보필요 높이에 따라 개량방법이 달라지는데, 확보높이가 350mm이내인 입체교차 하부는 궤도내리기를 시행하며, 높이 350mm이상 확보가 필요한 입체교차시설은 철거 및 신설을 고려함. 이 기준에 의하면 경부선에서 개량이 필요한 36개의 입체교차시설 중 20개소는 궤도내리기를 통하여 필요높이 확보가 가능한 것으로 판단됨. 이외의 나머지 개소(경부선 16개소)는 철거후 신설이 필요한 것으로 판단됨. 각 노선별 개량대상 입체교차시설은 다음과 같음.

경부선 개량 대상 입체교차시설 현황 (형하공간 6.35m 미만) : 대상노선 (1)

입체교차명	위치 (km)	형하공간 (m)		입체교차명	위치 (km)	형하공간 (m)	
부곡 과선철도교	37.805	6.2		광천과선교	237.44	6	
병점제1 과선도로교	48.479	6.2		평화육교	254.65	5.96	
병점제2 과선도로교	49.825	5.5		김천과선교	255.039		
오산 과선도로교	54.76	6.2		월곡과선교	257.566	5.7	
송탄 인도육교	64.295	6.2		구미 인도육교	277.6	6.3	
은실 과선도로교	73.438	6.2		송정과선교	278.7		
통복 과선도로교	74.739	5.4		왜관과선교	297.33	5.6	
평택 인도육교	75.448	5.3		연화과선교	303.01	6	
신대천 과선교	158.54	5.9		동대구역 과선교	326.980	6.3	

경부선 개량대상 입체교차시설 현황 (형하공간 6.35m 미만) : 대상노선 (2)

입체교차명	위치 (km)	형하공간 (m)		입체교차명	위치 (km)	형하공간 (m)	
홍도과선교	165.3	6		효목제2 과선교	327.88	5.875	
원동과선교	194.871	6.07		효목과선교	328.9	6.05	
노근과선교	224.25	6.1		청도과선교	362.46	5.2	
청도인도육교	362.62	6.26		빔천 과선인도교	439.17	5.85	
신도과선교	368.663	5.35		범일동 과선도로교	440.749	5.1	
충북과선교	379.494	5.3		신천 과선인도교	440.785	5.45	
제2석동대교 과선도로교	426.749	6.3		자성대 과선도로교	441.812	6	
구포 과선인도교	427.487	5		주례제2 과선인도교	435.065	6.3	
주례1 과선인도교	436.22	6.3		부산진 과선인도교	442.01	6.25	

○ 이단적재열차운영을 위한 시설개량비용

이단적재열차의 운행을 위해서는 기존의 철도시설물에 대한 개량이 필요함. 주요 개량대상 시설물은 터널과 전차선 및 입체교차시설인데, 이는 주로 경부선에 해당되며 경전선의 경우에는 이미 개량사업으로 인하여 이단적재열차가 운행될 수 있는 여건이 조성되어 있음. 다만 경전선의 경우 부산신항선과 광양항선의 신설 및 개량과 경전선 본선의 전차선 개량이 필요하여 이에 대한 비용이 발생하고 있음. 동 연구에서의 시설개량비용은 다음의 표와 같음. 동 자료에 의하면 이단적재열차 운행을 위한 시설개량비용은 경부선은 1조 1,873억원이 소요될 것으로 예상되며, 경전선의 경우에는 511억원이 소요될 것으로 예상됨.

이단적재열차 운영을 위한 시설개량비용

구 분	경부선	경전선
터널 개량비용	5,059억원	
입체교차시설 개량비용	1,003억원	
전차선 개량비용	5,811억원	
경전선 본선 전차선 개량비용		142억원
부산신항선		50억원
광양항선		319억원
합계	11,873억원	511억원

※ 철도시설공단 비용산출 자료

○ 편익항목 추출

철도관련 투자사업 시행으로 인한 편익은 교통측면의 편익인 철도 및 도로 등 교통수단 사용자의 직접편익과 교통개선으로 인하여 비사용자에게 발생하는 사회적 편익인 간접편익으로 구분됨.

직접편익은 도로 및 철도를 이용하는 교통주체들이 철도사업 시행과 관련해 직접적으로 얻게 되는 편익으로 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소 등 계량적인 수치 산출 및 화폐가치화 과정이 비교적 용이하나, 유발수요에 의한 편익과 항공/해운의 전환수요의 편익은 명확한 편익 항목으로의 반영이 필요하나 산출이 용이하지 않으며 쾌적성, 정시성, 안정성 향상에 따른 편익은 개인 만족도가 기준이기 때문에 화폐가치화에 어려움이 있음.

철도관련 투자사업에 따른 편익

구 분		세 부 항 목
직접 편익 (사용자 편익)	철도이용자 편익	· 철도(기존 및 신규 철도) 사용자 및 화물의 통행시간 절감 · 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 편익
	기타 수단 이용자 편익	· 차량운행비용 절감 · 도로-철도간 전환수요에 의한 통행시간 절감 · 항공/해운의 전환수요에 의한 편익 · 교통사고 감소 · 건널목 개선에 따른 사고/지체 감소
간접편익 (비사용자 편익)		· 환경비용 절감(대기오염, 소음 절감) · 지역개발 효과 · 시장권의 확대 · 지역 산업구조 개편 · 고속도로 유지관리비 절감 · 주차수요 감소로 인한 주차공간 기회비용 절감 · 공사중 교통혼잡 및 도로공간 축소로 인한 부(-)의 편익

※ 도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구[제4판), 한국개발연구원, 2004

간접편익은 철도사업 시행으로 인한 비이용자들이 얻게 되는 파급효과로서 이중 지역개발, 시장권 확대, 산업구조 개편 등은 이를 실현하기 위해 철도사업 이외의 분야에 대한 투자가 병행되어야 하므로 계량화에 어려움이 존재함.

동 연구에서는 기존의 컨테이너 운송방식을 신규 이단적재열차 차량을 도입하여 운영하는 것으로서 차량 이외의 제반 여건이 변화하지 않는 경우에는 장래 컨테이너 물동량을 수송하는 화차만 달라질 뿐 화차 변경에 따른 수요의 변화는 없다고 보고 있음. 따라서, 이 경우의 편익 부분은 신규 화차의 도입에 따른 운영비의 절감 부분과 열차운행회수의 감소에 따른 환경오염 감소 편익이 발생함. 화물열차 운행회수가 줄어들어 사고감소도 발생할 것이지만 현실적으로 계산이 용이하지 않아 이 부분은 제외함.

이단적재열차운행에 따라 운임할인이 없는 경우의 편익은 장래 운영비 절감 부분과 열차운행회수 감소에 따른 환경오염 감소 편익만이 발생됨. 이상의 편익항목을 산정하면 다음의 표와 같음.

운임할인이 없는 경우의 이단적재열차 운영시 편익

(단위: 백만원)

구분	연도	환경오염	운영비절감	합계
경부선	2007	749	41,276	42,025
	2010	2,599	144,379	146,978
	2015	5,643	336,812	342,455
	2020	8,470	492,000	500,470
	2025	11,183	615,880	627,063
	2031	15,794	869,873	885,667
경전선	2007	50	1,504	1,554
	2010	223	7,408	7,631
	2015	870	20,169	21,039
	2020	822	22,840	23,662
	2025	817	26,788	27,605
	2031	1,185	37,587	38,772

○ 경제성 분석

동 연구결과에 따른 경제성은 운임할인이 없는 경우 경부선의 B/C는 1.446으로 산출되며, 경전선의 경우에는 B/C가 1.543으로 추정됨.

이단적재열차 운행시 B/C	
경부선	1.446
경전선	1.543

나. 경부선 수송력 증대를 위한 시설개선방안 연구"의 경제성 분석결과

동 연구에서는 경부선에 이단적재열차를 운영할 경우 예상되는 경제성을 분석하였음. 기존의 선행연구와는 접근방식에서 차이가 있는데, 중요한 차이를 살펴보면 첫째는 기존 선행연구에서 편익산출시 반영하지 못하였던 화물의 시간가치를 고려하였다는 점이며, 두 번째는 기존 선행연구가 경부선 총 철송물량 중 경기와 중부지역의 물동량만을 대상으로 한 반면 동 연구에서는 경부선 전체 철송물량을 대상으로 하였다는 점임.

동 연구에서 개량비용은 선행연구에서와 같으며 다만 편익항목과 물동량에서 차이를 보이고 있는 바, 동 연구의 경제성 분석결과를 보면 화물편익 미포함시 B/C는 1.82이며, 화물편익 포함시의 B/C는 1.99에 달하는 것으로 추정하고 있음.

2. 이단적재열차 수송량 증감 효과 분석

이단적재열차 차량 형식에 따른 기존 컨테이너화차 대비 수송량 증가 효과를 분석하였음. 철도공사에서 도입 예정인Co-Co형 신형전기기관차 1량이 견인하는 것으로 가정하였으며 유효장 600m에 편성 가능한 화차 수를 계산하여 수송량 증가 효과를 분석하였음.

- 기존 컨테이너화차는 39량 편성 가능하고 총 78TEU 수송이 가능함.
- 일반대차형식 이단적재열차는 30량 편성, 총 120TEU 수송이 가능하고 수송량 증강율은 기존 컨테이너화차 대비 53.8%로 예측됨.
- 3축관절대차형식 이단적재열차는 32량 편성, 총 128TEU 수송이 가능하고 수송량 증강율은 기존 컨테이너화차 대비 64.1%로 예측됨.
- 2축관절대차형식 이단적재열차는 34량 편성, 총 136TEU 수송이 가능하고 수송량 증강율은 기존 컨테이너화차 대비 74.4%로 예측되나 허중축중 제한으로 현실성이 없음.

Table 3-3-1 이단적재열차 수송량 증감 효과

구분	길이(m)					편성차량수					편성화차(량)	편성길이(m)	수송량(TEU)	수송량증가율(%)
	기관차	일반대차 DST	3량 1Unit DST	4량 1Unit DST	5량 1Unit DST	기관차	일반대차 DST	3량 1Unit DST	4량 1Unit DST	5량 1Unit DST				
기존 컨테이너 화차	23.3	14.61				1	39				39	593.1	78	-
일반대차형식 DST	23.3	19.1				1	30				30	596.3	120	53.8
3축관절대차형식 DST	23.3		53.8	70.9	88.0	1		9	0	1	32	595.8	128	64.1
2축관절대차형식 DST	23.3		50.3	65.7	81.1	1		10	1		34	592.8	136	74.4

※ 유효장 600m 기준, Co-Co 신형전기기관차 1량 견인

3. 이단적재열차 연구개발 효과 분석

이단적재열차 연구개발의 효과 분석을 위하여 국외 도입과 국내 개발 시의 파급효과에 대하여 분석하였음.

도입 및 개발에 따른 장단점 분석 결과는 Table 3-3-2와 같으며 Table 3-3-3은 경제적 효과를 나타냄.

Table 3-3-2 이단적재열차 도입/개발 장단점 분석

구분	도입	개발
장점	-이단적재열차 운용 준비기간 단축(차량 설계 과정 생략) -차량운용 초기비용 절감(개발비용 절감)	-산업재산권, 원천기술 확보 가능 -국내 철도산업 파급 효과 제고 -차량가격 인하 -유지보수비용 저감, 보수품 조달 용이
단점	-산업재산권, 원천기술 확보 불가 -국내 철도산업 파급 효과 미흡 -유지보수비용 증가, 보수품 조달 어려움 -시운전 단계에서 소량 도입 불가 -차량가격 상승	-차량운용 초기비용 증가(차량개발 비용) -이단적재열차 운용 준비기간 다소 증가(차량 설계, 보완 과정 포함)
공통	-시험평가, 안전성 검증, 규정 개정, 운영 효율화 방안 연구 필요 -차량 운용기술 확보	←
기타	-량당가격: 약 2억/량(운송비, 제세금 포함)	-량당가격: 약 1억(양산 가) -R&D를 통한 자체 개발 능력 보유

도입과 개발에 따른 장단점은 서로 상충되는 효과를 나타내고 있음. 도입시에는 차량 설계과정 생략으로 이단적재열차 운용 준비기간 단축이 가능하고 차량운용 초기비용인 개발비용이 절감될 수 있음. 그러나 산업재산권, 원천기술 확보가 불가하며 유지보수비용 증가, 보수품 조달 등의 문제점이 우려됨. 또한 화차시장 특성상 시운전 단계에서 소량 도입이 현실적으로 불가하여 운송비, 제세금 포함으로 차량가격이 상승하는 등의 단점이 예상됨. 국내 철도산업에 미치는 파급효과는 미흡할 것으로 판단됨.

반면에 개발 시에는 산업재산권, 원천기술 확보가 가능하고 차량 가격 인하가 가능함. 또한 유지보수비용 저감, 보수품 조달이 용이하며 국내 철도산업에 미치는 기술적 파급

효과는 클 것으로 예상됨. 반면, 차량 연구개발과정이 포함되어 차량운용 초기비용 증가하고 차량 설계, 보완 등으로 이단적재열차 운용 준비기간 다소 증가할 것으로 예상됨. 그리고 도입, 개발 모두 취약한 국내 철도 인프라 환경하에서의 안전성 검증, 규정 개정, 운영기술 확보 등과 관련된 연구는 공통 사항임.

국내 컨테이너 화차 수요 3,000량을 이단적재열차로 대체한다고 가정 할 때, 도입 시 약 6,000억원의 차량구매 비용이 국외로 유출되고 국내흡수 비용은 거의 없을 것으로 예상됨. 이에 비하여 연구개발과정을 통한 국내 개발 시에는 대차형식에 따라 지적재산권 문제로 대차 도입 혹은 대차 개발이 결정되겠지만 약 1,890억 ~ 2,595억원 정도의 국내 흡수 효과가 있을 것으로 예측되며 영세한 국내 화차 시장 규모를 고려할 때 기술적, 경제적 파급효과는 매우 클 것으로 기대됨.

Table 3-3-3 도입/개발 시 국내 철도산업 영향 분석

구분	대차형식	량당 가격(억)	국내시장 규모(량)	총구매 비용(억)	국외유출 비용(억)	국내흡수 비용(억)	기타
도입	SMB	2	3,000	6,000	6,000	-	
개발	SMB	1	3,000	3,000	1,110	1,890	대차 수입
개발	용접, 개발	1	3,000	3,000	405	2,595	윤축 수입

제 4 절 기술개발(안) 도출

1. 기술개발 목표 및 범위 설정

이단적재열차 기술개발(안) 도출을 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여 목표 및 범위를 설정하였음.

- 국내에서 이단적재열차의 안정적 운용을 위해선 전절에서 언급하였듯이 국내 축중기준, 전차선, 건축한계, 선형 등의 운용 환경이 국외 운용조건 보다 취약함. 따라서 이단적재열차의 국내 운용을 위해서는 먼저 국내 기존선로 주행 시 차량의 주행안전성, 터널, 입체교차시설, 전차선 등의 시설물과의 적합성에 대한 검증 및 안전운행기술 확보, 그리고 차량/시설/전차선/운영 분야의 기존 철도 규정의 개선 및 운용기술 확보 등의 이단적재열차 기술 확보가 선행되어야 함. 이후 이단적재열차 시범운용 상의 장단점을 반영하여 국내 실정에 적합한 이단적재열차 국산화 연구개발을 추진함이 적절할 것으로 판단됨.
- 시범운행을 통한 안전성 및 적합성 검증 연구단계에서는 이단적재열차 차량 제작기술 확보보다는 기존 철도 시설물간의 적합성, 안전성 검증이 먼저 해결되어야 할 목표이므로 시험차 제작, 제작 기간 등을 고려 할 때 세계적으로 보편화 되어 있는 일반대차형식 이단적재열차 형식을 대상으로 하는 것이 효율적임. 이후 시운전 과정을 거쳐 이단적재열차 운용의 장단점이 분석되고 개선 사항이 도출되면 국내 실정에 적합한 이단적재열차 사양을 도출하고 2단계 한국형 이단적재열차 개발을 위한 연구개발사업을 추진토록함.
- 이단적재열차 기술 개발 핵심연구내용은 실운용될 운용선로에서의 시운전이 관건임. 현재 이단적재열차 운용 계획은 기존선인 경전선과 경부선을 대상으로 하고 있음. 경전선은 현재 선형개량 사업을 추진 중에 있으며 2011년 말 완공예정이며 전차선 및 입체시교차시설 개량으로 이단적재열차 시범 운행이 가능 함. 경부선은 현재 개량사업에 대한 예비타당성 조사가 진행 중에 있으며 예비타당성 조사 결과 사업 추진이 결정되면 2015년 경부선 개량 사업이 완료되어 이단적재열차 시운전이 가능할 것으로 예측됨.
- 소요기술로는 이단적재열차 시범운행 및 안전도 검증, 한국형 이단적재열차 개발관련 제반 기술이 필요함. 철도기술 분류체계 상 필요한 소요기술을 분류하면 시스템엔지니어링기술, 차량기술, 궤도토목기술, 철도시스템 안전방재

기술, 철도시스템 유지관리기술, 운영/물류 기술 등을 들 수 있음. 각 각의 소요기술에 대한 중분류, 소분류 기술은 Table 3-4-1과 같음.

Table 3-4-1 이단적재열차 기술개발관련 소요기술

대분류	중분류	소분류
A. 시스템 엔지니어링	A1. 철도시스템 분석 및 설계	A11. 철도시스템 요건분석기술 A12. 철도시스템 기능분석기술 A13. 철도시스템 설계기술 A14. 철도시스템 성능시뮬레이션기술
	A2. 철도시스템 평가 및 검증	A21. 철도시스템 시운전 시험 기술 A22. 철도시스템 시험 평가 및 검증
	A3. 철도시스템 인터페이스	A31. 선로구축물/차량 인터페이스 기술 A32. 전기신호/차량 인터페이스 기술 A33. 전기신호/선로구축물 인터페이스 기술
	A4. RAM/LCA 기술	A41. 철도시설물 RAM 기술 A42. 철도차량 RAM 기술 A43. 철도시설물 LCA 기술 A44. 철도차량 LCA 기술
B. 운영/물류	B1. 철도경영기술	B11. 경영 및 철도산업정책분석기술 B12. 기술개발효과분석기술 B13. 마케팅관리기술 B14. 운임/수익관리기술 B15. 교통평가지표 분석기술
	B2. 수송체계 구축 기술	B21. 수송수요예측기술 B22. 노선계획기술 B23. 연계 및 거점수송체계구축기술 B24. 경제성/재무성분석 및 평가기술
	B3. 운영효율화기술	B31. 여객 및 화물운영최적화기술 B32. 철도서비스계획기술 B33. 철도교통관제기술 B34. 열차네트워크운영계획기술 B35. 철도운영정보기술
	B4. 물류시스템 구축 기술	B41. 시스템간상호운영기술 B42. 복합운송시스템구축기술 B43. 신운송서비스기술 B44. 물류기지 및 터미널구축기술
C. 차량	C1. 차량시스템/ 차체기술	C11. 차량시스템기술 C12. 차량 전두부 기술 C13. 차체 구조물 기술 C14. 연결기 및 완충장치 C15. HVAC 및 여압 시스템기술 C16. 운전실 및 의장 기술

	C2. 대차기술	C21. 대차시스템기술 C22. 대차프레임기술 C23. 윤축기술 C24. 동력전달기술 C25. 현가기술 C26. 부상기술
	C3. 추진기술	C31. 집전기술 C32. 전력변환기술 C33. 디젤기관기술 C34. 동력전달장치기술 C35. 견인전동기기술
	C4. 제동기술	C41. 제동시스템기술 C42. 기계제동기술 C43. 전기제동기술 C44. 특수제동장치기술
	C5. 차량제어/진단 기술	C51. 전기기기 제어기술 C52. 고장진단기술 C53. 설비전원기술
D. 궤도 토목	D1. 궤도기술	D11. 궤도선형 기술 D12. 궤도시스템 기술 D13. 궤도구성품 기술 D14. 궤도부설공법 기술
	D2. 철도교량기술	D21. 철도교량 해석 및 설계 기술 D22. 철도교량 구성품 기술 D23. 철도교량 시공 기술 D24. 철도교량 성능평가 및 성능향상 기술
	D3. 철도터널기술	D31. 철도터널 해석 및 설계 기술 D32. 철도터널 시공 기술 D33. 철도터널/선로변 공력평가 및 설계 기술
	D4. 철도노반기술	D41. 토공노반 기술 D42. 기초 기술 D43. 사면 기술 D44. 토공구조물 기술
E. 전철/전력	E1. 급전계통기술	E11. 급전시스템 기술 E12. 계통운영 기술 E13. Utility 전력공급 기술
	E2. 전차선로기술	E21. 가공전차선로 기술 E22. 제3궤조시스템 기술
	E3. 에너지변환/공급기술	E31. 유도급전 E32. 초전도기술
H. 철도시스템	H1. 시스템안전 엔지니어링기술	H11. 시스템안전 요건분석기술 H12. 시스템안전 아키텍쳐링기술

안전방재기술		H13. 시스템안전 검증 및 인증기술 H14. 안전정보체계 구축기술 H15. 안전관리규정체계 구축기술
	H2. 위험도(risk) 평가 기술	H21. 철도사고 모델링 기술 H22. 철도시스템 위험(hazard) 분석기술 H23. 철도시스템 위험도(risk) 평가기술 H24. 안전대책 평가기술
	H3. 사고예방 및 저감기술	H31. 충돌사고 예방 및 저감기술 H32. 탈선사고 예방 및 저감기술 H33. 화재사고 예방 및 저감기술 H34. 건널목사고 예방 및 저감기술 H35. 인적오류 예방 및 저감기술
	H4. 재해예방・저감 기술	H41. 재해사전영향 평가기술 H42. 재해대비 자원관리기술 H43. 재해저감 사전대책기술
	H5. 재해대응・복구 기술	H51. 재해 조사/평가기술 H52. 재해대응・복구 관리기술 H53. 재해대응・복구 시스템기술 H54. 재해정보 인터페이스기술
J. 철도시스템 유지관리기술	J1. 유지관리시스템 기술	J11. 통합유지관리 설계 및 운영기술 J12. 유지관리 정보화 기술
	J2. 차량유지관리기술	J21. 차량유지관리자동화기술 J22. 차량모니터링기술 J23. 차량유지관리 장비 기술 J24. 차량기지 구축기술
	J3. 궤도토목 유지관리 기술	J31. 궤도토목 유지관리 기준기술 J32. 궤도토목 유지관리 재료 기술 J33. 궤도토목 유지관리 공법기술 J34. 궤도토목 모니터링 기술
	J4. 전철전력 유지관리 기술	J41. 전철전력 유지관리 기준기술 J42. 전철전력 검측, 진단, 평가 기술 J43. 전철전력 유지관리 공법 기술
	J5. 신호통신 유지관리 기술	J51. 열차제어시스템 유지관리 기준기술 J52. 열차제어시스템 계측, 진단, 평가 기술 J53. 열차제어시스템 유지관리 공법기술 J54. 철도통신시스템 유지관리 공법기술

○ 기술개발(안)은 본 사업인 이단적재열차 기존선(경전선, 경부선) 운용 사업계획 및 일정, 성격을 고려하여 이단적재열차 기술 개발 목표와 범위를 설정하였고 추진 전략을 도출하였음. Table 3-4-2는 도출된 기술개발 목표 및 범위를 나타냄.

○ 1단계에선 연구목표를 “이단적재열차 안정적 운용을 위한 적합성 검증, 안전

운행 및 운영효율화 기술 확보” 설정하였음. 경전선 개량 계획및 일정을 고려하여 2년간 수행됨. 일반대차형식 이단적재열차 시험차를 제작하여 시운전을 통하여 차량, 궤도, 터널, 교량, 전차선과 같은 시설물간의 적합성, 안전도 확보를 위한 엔지니어링 기술 검토, 시험평가시스템 구축, 철도안전법및 안전규정에 근거한 시험평가, 제 규정 개선안 도출, 이단적재열차 운영 기술 확보 등의 연구 수행이 필요함.

○ 2단계에선 “한국형 이단적재열차 기술 개발”을 연구목표로 설정하였음. 1단계 연구 결과를 토대로 하여 국내 실정에 적합한 한국형 이단적재열차 차량 시스템 형식과 사양을 결정하며 3량 1편성 규모의 시제차를 제작하고 기존 선로를 대상으로 시범운행을 통하여 안전성을 확보하기 위한 제반 연구내용을 포함하고 있음. 연구기간을 약 3년으로 계획하고 있음. 한국형 이단적재열차 사양은 1단계 연구 내용을 반영하여 일반대차형식 혹은 3축관절대차형식 중 최종 사양을 결정토록 하며 차량 제작사를 참여시켜 시제차량을 제작토록 함. 경부선 개량사업이 과제기간 내에 완료되면 경부선까지 시운전 구간 범위를 확대하여 차량, 궤도, 시설 분야의 적합성 및 안전도 검증 연구를 수행함. 한국형 이단적재열차에 대한 엔지니어링 기술 검토, 대차및 차체와 같은 핵심 구성요소에 대한 1차, 2차 시제 개발, 시험평가시스템 구축, 철도안전법및 안전 규정에 근거한 시험평가, 제 규정 개선안 도출, 한국형 이단적재열차 운영 기술 확보 등의 연구가 수행됨.

Table 3-4-2 기술개발 목표 및 범위

구 분	내 용
기술개발 목표	○ 이단적재열차 안정적 운용을 위한 적합성 검증, 안전운행 및 운영효율화 기술 확보 ○ 한국형 이단적재열차 기술 개발
기술 개발 범위	○ 이단적재열차 안정적 운용을 위한 적합성 검증, 안전운행 및 운영효율화 기술 확보 - 이단적재열차 기술 동향 및 특허 분석 - 일반대차형식 이단적재열차 위험요소 예측 및 엔지니어링 기술 검토 - 이단적재열차 적합성 검증을 위한 일반대차형식 이단적재열차 시험차 제작 - 시운전 계획 수립및 시험차 편성 - 이단적재열차 시험차 시험평가시스템 구축 - 시운전 및 차량/시설/전차선 분야 안전도 평가 - 시운전 결과 도출된 문제점 검토 및 개선안 제시 - 한국형 이단적재열차 국산화 개발사양 도출 - 일반대차형식 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정안 도출 - 일반대차형식 이단적재열차 운영 효율화 기술 개발 ○ 한국형 이단적재열차 기술 개발 - 한국형 이단적재열차 사양 수립 - 한국형 이단적재열차 위험요소 검토 - 차량/궤도/전차선 interface 검토 - 한국형 이단적재열차 유지보수 방법 개발 - 한국형 이단적재열차 설계 및 시제차 제작 - 이단적재열차 핵심 부품 기술 개발 - 한국형 이단적재열차 시운전 계획 수립및 시험차 편성 - 시험차 시험평가시스템 구축 - 시운전 및 차량/시설/전차선 분야 안전도 평가 - 한국형 이단적재열차 하중적재시스템 개발 - 한국형 이단적재열차 운영관련 제 규정 개정안 도출

2. 기술개발 추진전략

국내 이단적재열차 운용에 따른 안전도 검증 및 위험요소 해결 후 국산화 개발이란 단계적 접근 필요. 1단계에선 선 시범운용을 통한 기술적 검증, 운영 기술 확보를 목표로 2년간 선행 연구 성격으로 추진하며 이후 1단계 연구결과를 반영하여 국내 실정에 적합한 한국형 이단적재열차 기술 개발 연구를 3년간 추진하는 기술개발 전략 수립. 각 단계별 목표, 연구개발 추진형태, 추진전략은 다음과 같음.

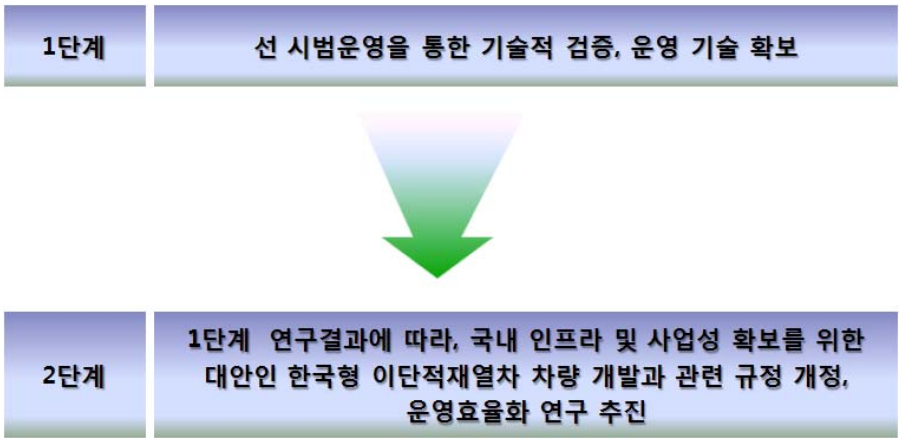


Fig. 3-4-1 기술개발 추진 기본전략

< 1단계 >

○ 목표

- 1단계에선 선 시범운용을 통한 기술적 검증, 운영 기술 확보를 목표로 2년간의 연구를 수행함.

○ 연구개발 추진형태

- 철도차량 시운전 총괄, 시험평가 경험과 기술을 보유하고 있는 철도 전문연구기관과 이단적재열차 운영기관이 연구개발을 공동 주관하고 철도시설공단, 학계, 산업체, 엔지니어링 업체 등이 함께 참여하여 추진함.

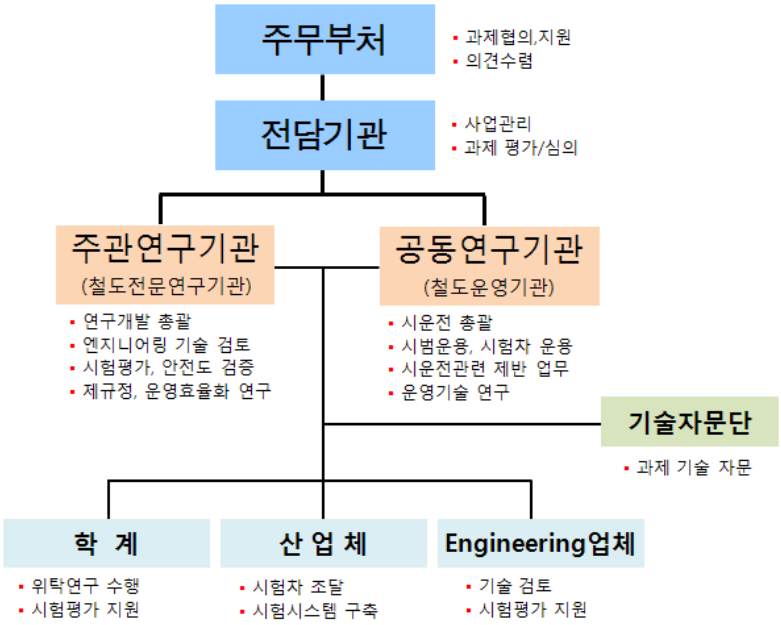
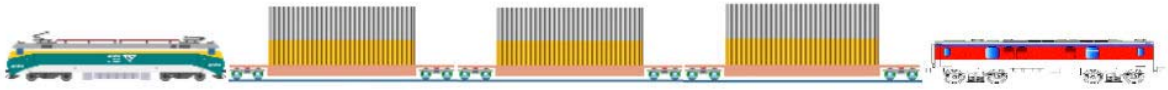


Fig. 3-4-2 1단계 연구개발 추진체계

○ 추진전략

- 연구개발 사업의 성공적 추진을 위하여 본 이단적재열차 운용사업 주무부처인 국토해양부 및 관련 기관의 의견 수렴을 반영하여 효율적인 연구개발 사업 추진
- 철도전문연구기관은 연구개발사업을 총괄하고 엔지니어링 기술 검토, 시험평가시스템 구축, 안전도 검증 등과 연구업무 수행
- 공동연구기관인 철도운영기관은 이단적재열차 시범 운용 및 시운전관련 시험열차 편성, 기관차 및 계측차 조달, 시운전 관련 제반 사항과 관련된 시운전 총괄 업무 수행
- 해외 이단적재열차 운용 국가들의 차량, 시설,운영 분야 등의 선진 경험을 습득할 수 있는 전문가 발굴, 인적 네트워크 구축을 통한 기술 자문 및 기술 습득 추진
- 국내 실정에 적합한 일반대차형식 이단적재열차 시험차 사양을 도출하고 국내외 화차 전문제작사에 구매 발주하여 제작함. 기관차, 계측차, 시제차로 구성된 5량 1편성 규모의 이단적재열차 시험차를 조성하여 시범운용이 가능하게 개량사업이 2011년 말 완료 예정인 경전선을 대상으로 시범운용 추진.(시험차 제작사양 Table 3-4-3 참조)



< 시험차 편성도>

- 이단적재열차 운용관련 국내외 관련 시험절차, 성능평가기준 등에 근거한 차량, 시설물, 전차선, 선로 등 운용 인프라와의 적합성 검증 및 안전성 확인
- 컨테이너 이단적재 운용 시나리오를 설정하여 이단적재열차 운용관련 상하역 및 운용기술을 확보함

Table 3-4-3 일반대차형식 이단적재열차 시험차 제작 사양

제1장 적용 범위

본 제작시방서는 경전선 개량구간에서 실시될 이단적재열차 적합성 검증을 위한 시험운행에 사용될 이단적재 컨테이너 화차 제작에 대해 적용한다.

제2장 일반사항

2.1 일반 개요

- 이 차량은 컨테이너를 이단으로 적재 운송할 수 있는 차량으로 충분한 강도와 안전성을 가져야 하며, 적절한 적재·록킹하여 운송할 수 있는 구조이어야 한다.
- 차량은 선로 상 어떠한 조건에서도 철도안전법, 철도차량 안전기준에 관한 규칙의 차량 한계를 초과해선 안된다. 단 이단적재 컨테이너 상부 부분은 예외로 한다.

2.2 주요 제원

- 최고속도: 120km/h
- 차량 총중량 : 약 88톤
- 최대 축하중: 약 22 ton (컨테이너 적재 중량 관리)
- 적재 컨테이너
  하단: 40ft 컨테이너 또는 20ft 컨테이너 2대
  상단: 40ft 컨테이너 1대
  이단적재는 표준 컨테이너(높이 2591 mm)로 한정 함
- 차량 최고높이: 5.5 m 이하
- 연결기높이: 880mm
- 자중 : 약 20톤
- 차량길이: 20 m 이내
- 차륜 경 : 약 860 mm
- 제동거리: 주행속도 120km/h에서 제동거리 900m이내

제3장 사용조건

- 기후조건 : 외기온도 −35 ~ 50 ℃ 범위 및 습도 80%이상, 해발 1,000m에서도 기기는 정상적인 기능이 확보되어야 하며 저온에서 동결이 방지되어야 한다.
- 선로조건
  1) 궤간 : 1,435 ㎜
  2) 최소 레일곡선반경 : 100 m
  3) 선로 최대구배 : 35/1,000
- 차량한계
  일단적재까지는 철도안전법, 철도차량 안전기준에 관한 규칙의 차량 한계에 의한다.

제4장 기술사항

4.1 차체

- 충분한 강도와 안전율을 갖도록 하며, 차량의 높이를 최대한 낮추기 위해 어복형(well) 구조로 한다.
- 차륜 상부의 언더후레임 상재는 제동불꽃으로 인한 화재방지를 위해 강판으로 막음처리 하여야 한다.
- 언더후레임에는 차단 충격 등 어떠한 외력에도 충분한 내력을 갖는 록킹장치를 40ft 컨테이너 x1, 20ft 컨테이너 x 2개의 적재가 가능하도록 설치하여야 하며, 외부에서 잠금 여부의 확인이 가능하고 운행 중 잠금이 풀리지 않는 구조로서 취급이 용이하여야 한다. 이단 적재는 컨테이너와 컨테이너 간의 록킹방식(Inter Box Connector) 방식으로 고장되어야 하며, 취급이 용이한 구조여야 한다.

4.2 주행장치(bogie)

- 주행장치는 2축 대차로서, 주요 구성품은 마모가 최소화되는 구조로서, 운행속도 120 km/h 이상에서의 주행 안전성이 입증된 방식이어야 한다.
- 스프링장치는 공차에서 만차하중까지의 다양한 하중조건에서도 주행안정성과 탈선안전도를 확보할 수 있도록 설계되어야 한다. 즉 하중에 비례한 스프링 상수(spring constant)을 갖는 구조를 권장한다.

4.3 제동장치

- 차륜 답면 제동장치로 영・공차시 연속 하중 감지가 용이하고, 주행속도 120 km/h에서 제동거리 900 m 이내의 제동성능이 확보되어야 한다.
- 제동관 압력은 5 kg/cm^2 이어야 한다.
- 제동관 압력이 1.5초당 1.5 kg/cm^2이상의 비상 감압 조건 시에는 열차가 자동정지되어야 한다.
- 량의 단부에는 수동으로 취급하여 제동 및 완해작동을 시킬 수 있는 휠기어형 수용제동기(Hand Brake)를 설치하여야 한다. 제동압력은 공차인 경우 제동차륜의 레일에 대한 수직력에 대하여 인력 50kg으로 하였을 때 제동율은 20% 이상으로 하여야 한다.

4.4 연결완충장치

- 연결기(coupler)는 AAR E형, contour 10A번이어야 한다. 재질은 AAR-M201 C급 또는 동등이상이어야 한다.
- 완충기(draft gear or buffer)는 견인력과 충격에 견딜 수 있고, 완충용량은 220톤 이상이어야 한다.
- 차량 양단부에 해방장치를 설치하여야 하며, 차량 측면에서 용이하게 취급할 수 있고, 운행 중 진동, 충격에도 작동되지 않도록 안전장치를 구비하여야 한다.

제5장 시험 및 검사

5.1 기능 시험

- 단차 제동시험
  1) 공기제동장치의 시스템 전체 및 각 부품의 기능 적합여부를 확인할 수 있는 시험을 시행하여야 한다.
  2) 모든 배관의 연결부는 7㎏/㎠ 압력으로 누설시험을 시행하며 허용 압력강하는 1분간에 0.1㎏/㎠ 이하이어야 한다.
- 수용 제동시험

  수용제동 작용시 각 제동기구의 간섭여부 및 기초 제동장치의 정상 작동여부를 확인하여야 한다.
- 완성 대차 주행시험대(Roller rig) 시험

  주행시험대 상에서 시험을 통해 최고속도 + 여유(약 30 km/h) 까지 안정적으로 주행하는 지 검증하여야 한다.

5.2 운행선로 시운전

- 운행선로 시운전은 공차상태에서 시행하는 것을 원칙으로 하며, 필요시 영차 시운전을 시행할 수가 있다.(단 영차 시운전을 생략할 경우 이에 대해 입증할 수 있는 자료를 제출하여 증명하여야 한다.)
- 운행선로 시운전 결과 제동성능 및 각 장치에 이상이 없음을 확인하여야 한다.

제6장 기타사항

6.1 도면승인

- 계약자는 제작 전에 필요한 다음의 도면 및 자료 5부씩 작성 승인을 받아야 하며, 승인 전 6.2항에 규정한 자료를 제출하여야 한다.
- 제작에 필요한 조립도 및 부품 상세도면
- 부품제작설명서

  해당물품에 대한 분해주기 및 구성품의 수명 등을 명시하여 제출하여야 한다.
- 표준작업설명서

6.2 자료제출

제작자는 차량 제작전 기술검토를 위한 다음자료를 제출하여야 한다.

- 계약수행계획서
- 차량 주요장치 및 구성품의 명세별 보증수명과 신뢰성 보증에 관한사항
- 각 장치별 부품의 보수 및 교환주기별 소요량 목록

- 각종 기술자료 계산서
- 차체, 대차, 제동장치 성능입증자료 및 계산서
- 차체 구조해석 및 충돌 해석자료
- 차종별 기기 배치도
- 부품제작자 리스트
- 특허, 실용신안, 의장등록 등의 부품 사용여부 및 자료

<납품 시 제출자료>

제작자는 최종 차량 납품 시까지 다음의 자료를 제출하여야 하며 계약관은 이를 확인하여야 한다.

- 준공도 원도 : 1식
- 준공도에 따른 모든 제작상세도의 백상지 : 5부(A4 : 1부, A3 : 4부)
- 검사 시험성적서 : 4부
- 정비지침서(컬러판) : 50부

6.3 보증

- 이 설명서에 의하여 제작된 차량 및 기기의 하자보증기간은 사용개시일로부터 3년간으로 한다. 이때 사용 개시일은 검사 및 시운전을 마치고 최종 인수한 날로 한다.
- 이 기간내에 발생된 불량개소가 설계, 재료, 제작 등의 결함으로 전차량 수리 또는 교체한 경우 그 부분에 대하여는 보증기간이 재개된다.
- 최초 중수선 검수 시 확인되는 설계, 재료 및 제작 등에 의한 결함부분에 대해서는 하자보증기간과 관계없이 무상 수리 또는 교체하여야 한다.

< 2단계 >

○ 목표

- 2단계에선 한국형 이단적재열차 기술 개발을 목표로 3년간 연구개발을 수행함

○ 연구개발 추진형태

- 철도관련 국가 R&D 연구개발사업 경험이 풍부하고 SE, 시험평가, 엔지니어링 기술을 보유하고 있는 철도 전문연구기관이 총괄 주관하며 화차 제작업체가 협동연구기관으로 참여함. 이단적재열차 운영기관, 철도시설공단, 학계, 산업체, 엔지니어링 업체 등이 참여하여 추진함.

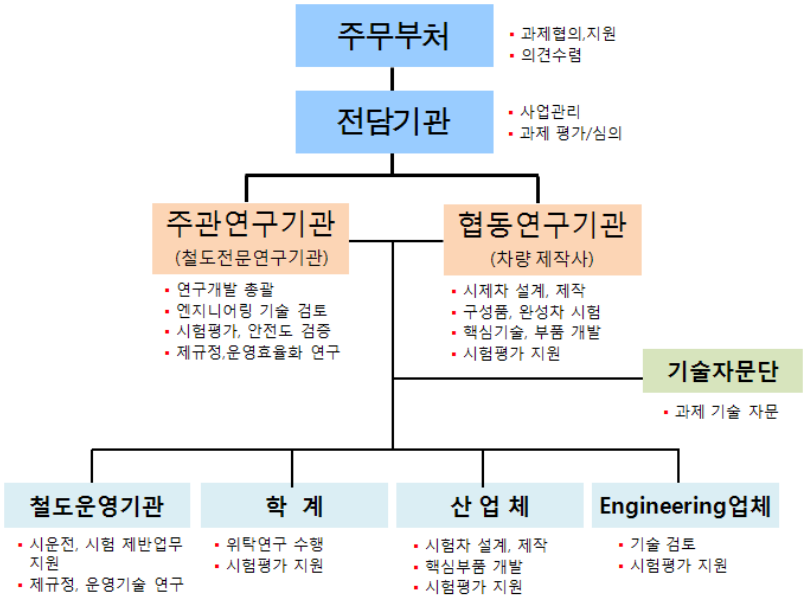


Fig. 3-4-3 2단계 연구개발 추진체계

○ 추진전략

- 연구개발 사업의 성공적 추진을 위하여 본 사업 주무부처인 국토해양부 및 관련 기관의 의견 수렴을 반영하여 효율적인 연구개발사업 추진
- 철도전문연구기관은 연구개발사업을 총괄하고 엔지니어링 기술 검토, 한국형 이단적재열차 시제차 개발, 시험평가시스템 구축, 안전도 검증, 제 규정 개정안 도출, 운영효율화 기술 개발 등의 총괄 연구업무 수행
- 협동연구기관인 화차 제작사는 한국형 이단적재열차 시제차 설계, 제작, 구성품 시험, 완성차 시험, 핵심요소기술 개발, 시운전 지원 등의 업무 수행
- 이단적재열차 철도운영기관이 시범 운용및 시운전관련 시험열차 편성, 기관차 및 계측차 조달, 시운전 관련 제반 사항과 관련된 시운전 지원 업무 수행
- 해외 이단적재열차 운용 국가들의 차량, 시설, 운영 분야 등의 선진 경험을 습득할 수 있는 전문가 발굴, 인적 네트워크 구축을 통한 기술 자문 및 기술 습득 추진
- 1단계 연구 결과를 반영하여 국내 실정에 적합한 이단적재열차 형식과 사양을 도출하고 3량 규모의 한국형 이단적재열차 시험차를 제작함. 기관차, 계측차, 시제차로 구성된 5량 1편성 규모의 시험차를 조성하여 운용 가능한 기존선로에 투입, 시범운용 추진

- 이단적재열차 운용관련 국내외 관련 시험절차에 근거한 차량, 시설물, 전차선, 선로 등 운용 인프라와의 적합성 검증 및 안전성 확인
- 컨테이너 이단적재 운용 시나리오를 설정하여 한국형 이단적재열차 운용관련 상하역 및 운용기술을 확보함

3. 세부과제 도출 및 추진체계

1단계, 2단계 구분하여 세부과제를 도출함. 1단계에서 예산 규모와 기간이 작으므로 1개의 단일과제로 추진함. 2단계에서는 총괄, 시제차 개발, 운영효율화 분야로 3개의 세부과제로 추진하며 단계별 과제명과 주요 연구내용은 다음과 같음

<1단계>

○ 과제명

- 이단적재열차 적합성 검증 및 개선안 도출

○ 과제 주요내용

- 이단적재열차 기술 동향 및 특허 분석
- 일반대차형식 이단적재열차 위험요소 예측 및 엔지니어링 기술 검토
- 이단적재열차 적합성 검증을 위한 일반대차형식 이단적재열차 시험차 제작
- 시운전 계획 수립및 시험차 편성
- 이단적재열차 시험차 시험평가시스템 구축
- 시운전 및 차량/시설/전차선 분야 안전도 평가
- 시운전 결과 도출된 문제점 검토 및 개선안 제시
- 한국형 이단적재열차 국산화 개발사양 도출
- 일반대차형식 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정안 도출
- 일반대차형식 이단적재열차 운영 효율화 기술 개발

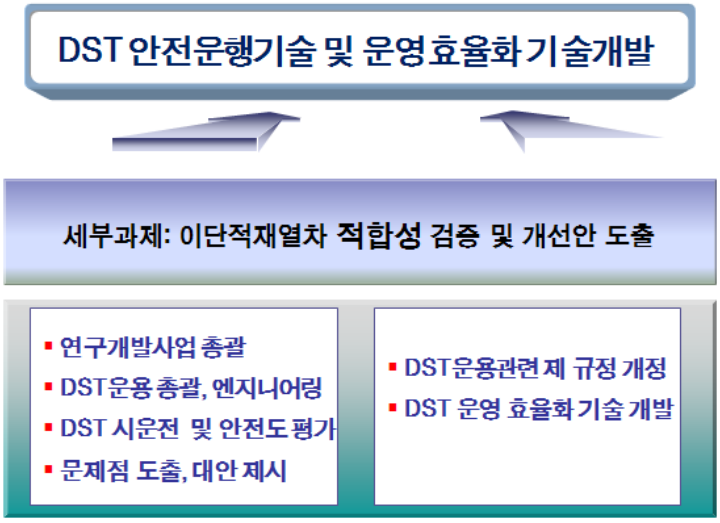


Fig. 3-4-4 1단계 세부과제명

○ 추진체계

- 정부, 연구소, 철도운영기관, 시설공단, 차량제작사, 부품업체, 학계, 물류업체 연계 추진
- 연구과제 추진형태: 일반과제

○ 예상성과물 및 성과지표

- 이단적재열차 시험차 및 시험평가시스템
- 이단적재열차 기술검토서, 안전도 검증 보고서
- 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정안
- 이단적재열차 운영 효율화 방안
- 한국형 이단적재열차 국산화 개발 사양(안)

<2단계>

○ 세부과제명

- 제1과제 : 한국형 이단적재열차 SE 및 시험평가
- 제2과제 : 한국형 이단적재열차 개발
- 제3과제 : 한국형 이단적재열차 제규정 개정및 운영효율화 방안 도출

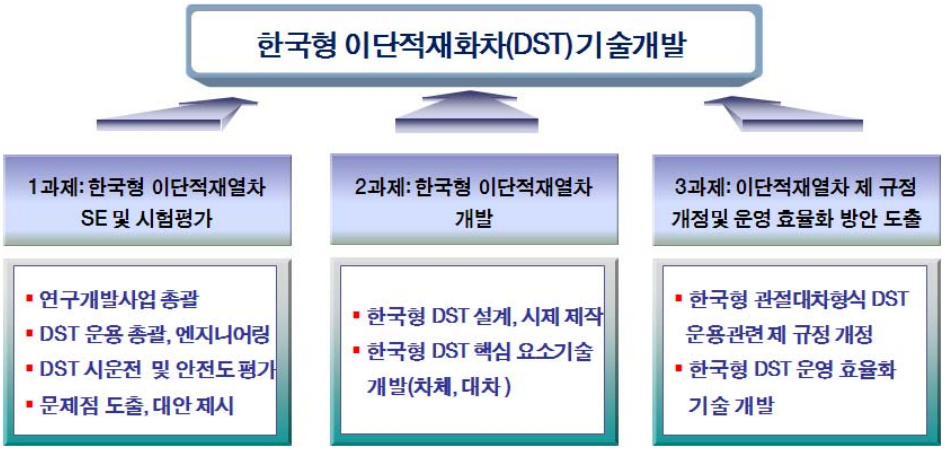


Fig. 3-4-5 2단계 세부과제명

○ 과제 주요내용

- 한국형 이단적재열차 사양 수립
- 한국형 이단적재열차 위험요소 검토
- 차량/궤도/전차선 interface 검토
- 한국형 이단적재열차 유지보수 방법 개발
- 한국형 이단적재열차 설계 및 시제차 제작
- 이단적재열차 핵심 부품 기술 개발
- 한국형 이단적재열차 시운전 계획 수립및 시험차 편성
- 시험차 시험평가시스템 구축
- 시운전 및 차량/시설/전차선 분야 안전도 평가
- 한국형 이단적재열차 하중적재시스템 개발
- 한국형 이단적재열차 운영관련 제 규정 개정안 도출

○ 추진체계

- 정부, 연구소, 철도운영기관, 시설공단, 차량제작사, 부품업체, 학계, 물류업체 연계 추진
- 연구과제 추진형태: 연구단

○ 예상성과물 및 성과지표

- 한국형 이단적재열차 시제차 및 시험평가시스템
- 한국형 이단적재열차 기술검토서, 안전도 검증 보고서
- 한국형 이단적재열차 유지보수매뉴얼
- 한국형 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정안
- 한국형 이단적재열차 운영 효율화 방안
- 한국형 이단적재열차 하중적재관리시스템

4. 소요예산 및 RFP 도출

가. 소요 인력 추정

이단적재열차 연구개발사업의 각 연구 분야별 연간 소요 인력을 산출하였음. 총괄, 차량, 시설, 전차선, 운영 등의 분야에서 본 연구개발 사업에 집중적으로 투입하여 전담할 수 있는 연구 인력이 필요함.

단계별 세부과제별 소요인력은 Table 3-4-4와 Table 3-4-5와 같음. 1단계에선 총 20.4명의 인력이 소요되며 2단계에선 총 32.6명의 인력 소요가 예상됨.

○ 1단계 소요인력

- 총 20.4명

○ 2단계 소요인력

- 총 32.6명(현물 부담분 12명은 제외)

Table 3-4-4 1단계 세부과제별 소요인력 (단위: Man)

세부과제	연구 내용	소요인력		
		1차	2차	계
이단적재열차 적합성 검증 및 개선안 도출	○ 연구 개발 SE 및 총괄 - 이단적재열차 위험요소 예측 및 엔지니어링 기술 검토 - 이단적재열차 적합성 검증을 위한 시험차 조달 - 시운전 계획 수립및 시험차 편성 - 시운전 결과 도출된 문제점 검토 및 개선안 제시 - 한국형 이단적재열차 국산화 개발사양 도출	3	3	6
	○ 시험평가시스템 구축 및 안전도 평가 - 이단적재열차 시험평가시스템 구축 - 시운전 및 차량/시설/전차선 분야 안전도 평가	4	4	8
	○ 제 규정 개정 및 운영 효율화 기술 개발 - 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정안 도출 - 이단적재열차 운영 효율화 기술 개발	3.2	3.2	6.4
	소 계	**10.2**	**10.2**	**20.4**

Table 3-4-5 2단계 세부과제별 소요인력 (단위: Man)

세부과제	연구 내용	소요인력			
		1차	2차	3차	계
<1과제> 한국형 이단적재열차 SE 및 시험평가	○ 연구 개발 SE 및 총괄 - 한국형 이단적재열차 사양 수립 - 한국형 이단적재열차 위험요소 검토 - 차량/궤도/전차선 interface 검토 - 한국형 이단적재열차 유지보수 방법 개발	3	3	3	9
	○ 시험평가시스템 구축 및 안전도 평가 - 한국형 이단적재열차 시운전 계획 수립및 시험차 편성 - 한국형 이단적재열차 시험평가시스템 구축 - 시운전 및 차량/시설/전차선 분야 안전도 평가	3	4	4	11
	소 계	**6**	**7**	**7**	**20**
<2과제> 한국형 이단적재열차 개발	○ 한국형 이단적재열차 시제차량 개발 - 한국형 이단적재열차 사양 수립 - 한국형 이단적재열차 설계 및 시제차 제작 - 시제차 구성품 시험, 완성차 시험, 시제차 시운전 지원 - 한국형 이단적재열차 최종사양안 제시	(2)	(2)	(2)	(6)
	○ 한국형 이단적재열차 핵심기술 개발 - 차체 경량화 기술 개발 - 한국형 이단적재열차 전용 대차 개발 - 차체, 대차 시제 성능시험	(2)	(2)	(2)	(6)
	소 계	**(4)**	**(4)**	**(4)**	**(12)**
<3과제> 한국형 이단적재열차 제규정 개정및 운영효율화 방안 도출	○ 한국형 이단적재열차 제규정 개정안 도출 - 한국형 이단적재열차 운영관련 제 규정 검토 - 문제점 검토 및 개정안 초안 도출 - 의견 수렴 및 최종안 제시	2	2	2	6
	○ 한국형 이단적재열차 운영효율화 기술 개발 - 한국형 이단적재열차 운영기술 개발 - 운영 효과 분석 및 운영 효율화 방안 도출 - 한국형 이단적재열차 하중적재시스템 개발	2.2	2.2	2.2	6.6
	소 계	**4.2**	**4.2**	**4.2**	**12.6**

나. 소요예상 예산 산출

세부과제별 소요 예산을 산출하였음. 인건비는 세부과제별로 산출된 소요 인력에 1인당 평균 인건비(0.7억/Man)를 적용하여 총인건비를 산출하였음. 직접비는 각각의 세부과제별 연구 내용 중 시험차 조달, 시제 개발, 주요 장비 구축 및 시운전 관련 제반 비용을 포함시켜 총액을 산출하였음. 간접비는 인건비와 직접비의 합의 20% 수준을 책정하였음.

Table 3-4-6은 1단계 정부출연금 소요예산으로서 총 65억이 예상되며 이중 인건비가 21.7%인 14.4억, 직접비가 61.1%인 39.7억, 간접비가 16.8%인 10.9억으로 구성됨. Table 3-4-7은 2단계 정부출연금 소요예산으로서 총 107억이 예상되며 이중 인건비가 20.8%인 22.3억, 직접비가 61.3%인 65.6억, 간접비가 17.9%인 19.1억으로 구성됨. 전체 예산 중 직접비 비중이 높은 것은 시험차 조달, 시제 개발, 시운전 관련 직접비 투입 연구 내용의 비중이 크기 때문임.

○ 1단계 소요예산

- 총 75억원(정부출연금: 65억, 민간부담금: 10억)

○ 2단계 소요예산

- 총 120억원(정부출연금: 107억, 민간부담금: 13억)

Table 3-4-6 1단계 소요예산

비목	연차별 예산		소계
	1차년도	2차년도	
인건비(1)	7.2	7.2	14.4
직접비(2)	20.3	19.4	39.7
간접비(3)	5.5	5.4	10.9
계	33.0	32.0	**65.0**

※ (1) 인건비 : 1인당 0.7억 기준

(2) 직접비

- 3량 1편성 시험차,계측차 조달 비용 포함
- 차량/시설/전차선 분야 시험시스템 구축 비용 포함
- 성능시험 및 시운전관련 현차시험비, 소모성 재료비 포함

(3) 간접비: (인건비+직접비)의 20%

Table 3-4-7 2단계 세부과제별 소요예산

비목	1과제			2과제			3과제			연차별 예산			소계
	1차 년도	2차 년도	3차 년도	1차 년도	2차 년도	3차 년도	1차 년도	2차 년도	3차 년도	1차 년도	2차 년도	3차 년도	
인건비(1)	4.2	4.2	4.9	-	-	-	3	3	3	7.2	7.2	7.2	22.3
직접비(2)	9.1	10	9.3	8	9.5	6.2	4.5	4.5	4.5	21.6	24.0	20.0	65.6
간접비(3)	2.7	2.8	2.8	2.0	2.5	1.8	1.5	1.5	1.5	6.2	6.8	6.1	19.1
계	16.0	17.0	17.0	10.0	12.0	8.0	9.0	9.0	9.0	35.0	38.0	34.0	**107.0**
세부과제 총예산	**50.0**			**30.0**			**27.0**			**107.0**			

※ (1) 인건비 : 1인당 0.7억 기준

(2) 직접비

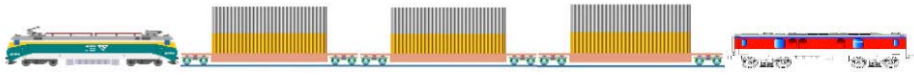
- 한국형 이단적재열차 3량 1편성 시제차 제작, 계측차 조달 비용 포함
- 핵심부품(차체, 대차) 1차, 2차 시제 제작 비용 포함
- 차량/시설/전차선 분야 시험시스템 구축 비용 포함
- 성능시험 및 시운전관련 현차시험비, 소모성 재료비 포함

(3) 간접비: (인건비+직접비)의 20%

다. 본 과제 RFP 도출

위와 같이 도출된 연구개발(안)에 기초하여 과제제안요구서(RFP)를 도출하였다. Table 3-4-8 ~ Table 3-4-11은 세부과제별로 도출된 RFP(안)를 나타낸다.

Table 3-4-8 1단계 과제 RFP

1과제 : 이단적재열차 적합성 검증 및 개선안 도출	
연구개발 목 표	○ 이단적재열차시스템(DST) 국내 운용에 따른 적합성 분석 및 성능 평가 ○ 이단적재열차 안전도 검증 및 제반 문제점 등에 대한 대안 제시 ○ 이단적재열차시스템 국내 운용관련 제 규정 개정안 도출 및 운영 효율성 증대를 위한 방안 제시
연구개발 필 요 성	○ 이단적재열차 운용을 위한 국내 인프라 환경은 북미 이단적재열차 운용 환경에 비하여 축중, 건축한계, 선형 조건 등 운용 조건이 취약하여 안전 운용을 위한 제반 연구 필요 ○ 국내 선로, 시설, 인프라 환경 하에서 이단적재열차 운용 시 적합성 검토를 위한 이론적, 실험적 검증 과정 필요 ○ 이단적재열차를 현 철도 네트워크에 운용하기 위해선 차량/궤도/전차선/열차운영 분야 현 철도 규정, 법규 등에 대한 적합성 검토 연구가 필요함. ○ 적합성 검토를 통하여 도출된 문제점들에 대한 이론적, 실험적 검증 과정을 통한 법규, 규정, 지침 등에 대한 개선안 제시 필요 ○ 새로이 시도되는 이단적재열차시스템의 효율적 운영, 수송력 증대를 위한 최적하중관리 및 운영 효율화를 방안 도출 필요
주요내용 및 범위	○ 적합성 검증용 이단적재열차 차량 및 부속장비 조달 ○ 이단적재열차 시험평가 시스템 구축 ○ 이단적재열차 시운전 및 안전도 평가 ○ 이단적재열차 운영을 위한 제반 규정 개정 ○ 이단적재열차 운영효율화 기술 개발
세부 연구내용	○ 이단적재열차 엔지니어링 기술 검토 - 이단적재열차 기술동향 및 핵심기술 특허 분석 - 국내 선로 운용에 따른 위험요소 예측 및 안전성 검토 - 차량/궤도/전차선 interface 검토 - 이단적재열차 적재하중 검지장치 시제 개발 ○ 적합성 검증용 이단적재열차 차량 및 부속장비 조달 - 일반대차형식 이단적재열차 시험용 차량 구매사양 수립 - DST 시험용 차량 3량 제작 및 입고 - 40“컨테이너 4대, 20”컨테이너 4대 조달 - Inter Box Connector (lashing gear) 조달 - 컨테이너 중량 모사용 dead weight 조달 - 시험계측용 차량 조달 및 개조 (전원공급, 시험장비 탑재) ○ 시범운전 계획 수립 및 시험차량 편성 - 시험차량 편성 (기관차+DST 3량+계측차량) 

	- 시범운행 구간, 상하역 역선정, 차량 기지 선정 - 시범운행 시나리오 수립 ○ 이단적재열차 시험평가 시스템 구축 - 탈선 및 전복 안전도 측정시스템 구축 - 진동가속도 측정 시스템 구축 - 제동성능 측정 시스템 구축 - 차량 / 인프라간 상대변위 검측 시스템 구축 - 궤도부담력 측정 시스템 구축 - 전차선 성능 시험시스템 구축 ○ 이단적재열차 시험 운행 및 안전도 평가 - 주행안전성(헌팅, 탈선, 전복) 시험평가 - 하부구조 안전성, 부담하중 적정성 평가 - 전차선 고상화에 따른 집전성능 평가 - 상하역 및 적재 중량 관리 적정성 평가 ○시운전 결과 도출된 문제점 검토 및 개선안 제시 ○ 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정안 도출 - 일반대차형식 이단적재열차 국내 운영관련 차량/궤도/전차선/열차 운영 분야 현 철도 지침, 규정, 법규 조사 - 이단적재열차 안전 운용관련 제 규정 문제점 분석 - 이론 해석 및 시운전 시험결과 반영 개선안 도출 및 의견 수렴 ○ 이단적재열차 운영 효율화 기술 개발 - 컨테이너 형태별 수요에 따른 시뮬레이션을 통한 운영효과 분석 - 국내실정에 적합한 DST 하중적재관리 체계 도출 - 룰 기반 적재 하중관리시스템 개발 및 시범구간 시범운영 - 일반대차형식 이단적재열차 운영 효율화 방안 제시	
추진방법	○시운전 및 시험평가 기술을 보유한 철도 전문연구기관과 철도 운영기관이 공동 주관하고 산업체, 학계 등이 참여하는 체계 ○이단적재열차 시험 차량 조달은 국외 도입 혹은 국내 제작을 통함 ○이단적재열차 운용 기관들과의 기술 자문 및 협조체계 구축을 통한 애로기술 극복 및 현안 해결	
파급효과 및 활용방안	○이단적재열차 시운전을 통한 통합 설계 및 엔지니어링 기술 확보 ○이단적재열차 국내 운용관련 적합성 및 안전도 검증 ○이단적재열차 경부선 확대 운용에 따른 제반 기술로 활용 ○국내 철도 환경에 적합한 이단적재열차 제 규정/법규 개정안 도출로 안전 운행 도모 ○이단적재열차 운영 효율성 제고를 위한 운용기술 확보 ○이단적재열차 수송력 증대를 위한 전국 철도CY/ICD의 화물컨테이너 운송관리시스템 기술로 활용	
연차별 연구개발	1년차	- 적합성 검증용 이단적재열차 차량사양 결정 - 적합성 검증용 이단적재열차 차량 및 부속장비 조달

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td>- 시범운전 계획 수립
- 이단적재열차 엔지니어링 기술 검토
- 시운전 전용 계측차량 조달 및 시험평가 시스템 구축
- 일반대차형식 이단적재열차 운영관련 차량/궤도/전차선/열차운영분야 현 철도 지침, 규정, 법규 조사
- 이단적재열차 안전 운용관련 제 규정 문제점 분석
- 이단적열차 적재 하중관리 시스템 기본설계
- 컨테이너 형태별 수요에 따른 시뮬레이션을 통한 운영효과 분석</td></tr>
<tr><td>2년차</td><td>- 위험요소 예측 및 차량/시설/전차선 interface 검토
- 시험차량 편성 (기관차+DST 3량+계측차량)
- 시험평가시스템 현차 적용 및 보정
- 이단적재열차 시험 운행 및 안전도 평가
- 시운전 과정을 통하여 도출된 문제점 검토 및 대안 제시
- 적재 하중관리시스템 및 철도CY/ICD용 운영시스템 설계
- 이단적재열차 룰기반 적재 하중관리시스템 개발, 시범구간에 대한 시범운영
- 이단적재열차 안전 운용관련 제 규정 개선안 도출
- 일반대차형식 이단적재열차 운영 효율화 방안 제시
- 한국형 이단적재열차 국산화 개발 사양 도출 및 2단계 연구 추진 방안 제시</td></tr>
<tr><td>연구기간 및 소요연구비</td><td colspan="2">(단위:억원)
<table>
<tr><td>단 계</td><td colspan="2">1단계</td><td colspan="3">2단계</td><td>계</td></tr>
<tr><td>연 차</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td></td></tr>
<tr><td>정부출연</td><td>33</td><td>32</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>65</td></tr>
<tr><td>민간부담</td><td>3</td><td>7</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>10</td></tr>
<tr><td>합 계</td><td>36</td><td>39</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>75</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Table 3-4-9 2단계 1세부과제 RFP

1과제 : 한국형 이단적재열차 SE 및 시험평가

연구개발 목 표	○한국형 이단적재열차시스템 개발 총괄, 운용 적합성 분석 및 성능 평가 ○한국형 이단적재열차 안전도 검증 및 제반 문제점 등에 대한 대안 제시
연구개발 필 요 성	○이단적재열차의 수송력을 제고시키기 위해서는 길이가 짧고 축중 한도를 고려한 국내 실정에 적합한 한국형 이단적재열차 국산화 개발 필요 ○경량화, 저비용 이단적재열차 개발을 위한 차량 설계 기술 개발 및 엔지니어링 핵심기술 확보 필요 ○시제차 제작, 성능 평가, 안전성 검증, 차량/시설간 인터페이스 검토, 제 규정 개선, 하중관리 및 운영 효율화 등에 대한 연구 개발 필요
주요내용 및 범위	○한국형 이단적재열차시스템 개발 총괄 및 엔지니어링 ○한국형 이단적재열차 운행 안전도 검증
세부 연구내용	○한국형 이단적재열차시스템 개발 총괄 및 엔지니어링 - 한국형 이단적재열차 차량시스템 형식 및 사양 결정 - 2세부과제 시제차량 설계관련 기술 지원 - 3세부과제 규정 검토 및 운영효율화관련 기술 지원 - 한국형 이단적재열차 시운전 및 시험평가계획 수립 - 시제차량 철도안전법 적용 인증시험 총괄 - 시험평가 협조체계 구축 및 시운전 총괄 - 한국형 이단적재열차 운용에 따른 위험요소 예측 및 차량/궤도/전차선 interface 검토 - 한국형 이단적재열차 적재하중 검지장치 시제 제작및 차량 적용 - 시운전 과정을 통하여 도출된 문제점 검토 및 대안 제시 - 한국형 이단적재열차 유지보수 지침(안) 도출 ○한국형 이단적재열차 운행 안전도 검증 - 시운전 전용 계측차량 조달 및 계측차 부분 개조 - 한국형 이단적재열차 시제차 주행안정성 평가 ·구성품시험 지원/완성차 시험 ·주행안정성 평가(Roller-rig Test) - 본선 시운전 및 차량 주행안전성 평가 ·탈선, 전복, 제동, 주행성능 평가관련 시험시스템 구축 ·차륜 작용력 측정용 measuring wheelset 제작 및 보정 ·본선 주행시험, 주행성능및 안전도 평가 - 궤도/시설분야 안전도 평가 ·궤도 분야 안전도 평가 시험장비 및 계측, 분석시스템 구축 ·궤도, 하부구조 안전성 및 부담하중 적정성 시험 평가 ·터널구간 주행 시 건축한계 interferance 평가 - 전차선 분야 안전도 및 집전성능 평가 ·전차선 분야 안전도 및 집전성능 평가 분석시스템 구축

	・전차선/집전장치간 집전범위(좌우이동량), 압상력, 집전성능 분석 - 시운전 및 성능평가 결과 종합	
추진방법	○철도전문연구기관 주관 하에 정부, 이단적재열차 운영기관, 차량 제작사, 부품 업체, 학계, 연구소 등이 포함된 공동연구 체계 구축 ○한국형 이단적재열차 개발은 국내 기술로 독자개발 추진하되 애로기술은 이단적재열차 운용 선진국 기관들과의 기술 자문및 협조체계 구축을 통한 현안 해결	
파급효과 및 활용방안	○한국형 이단적재열차 통합 설계 및 엔지니어링 기술 확보 ○한국형 이단적재열차 국내 운용관련 적합성 및 안전도 검증 ○이단적재열차 경부선 확대 운용에 따른 제반 기술로 활용	
연차별 연구개발	1년차	- 한국형 이단적재열차 차량시스템 형식 및 사양 결정 - 2세부과제 시제차량 설계관련 기술 지원 - 3세부과제 규정 검토 및 운영효율화관련 기술 지원 - 한국형 이단적재열차 운용에 따른 위험요소 예측 - 차량/궤도/전차선 interface 검토 - 시험평가 협조체계 구축 및 시험평가 총괄
	2년차	- 시제차량 철도안전법 적용 인증시험 총괄 - 한국형 이단적재열차 구성품 1차 시제 성능 평가 지원 ・대차 1차시제 구조 강도, 내구성, 안정성(Roller-rig Test) 시험 ・차체 1차시제 구조 강도 시험 - 한국형 이단적재열차 구성품 2차 시제 설계, 제작, 성능 평가 지원 ・1차시제 성능시험결과 반영 대차/차체 2차시제 설계 ・2차시제 성능시험 - 한국형 이단적재열차 시운전 및 시험평가계획 수립 - 시운전 전용 계측차량 조달 및 계측차 부분 개조 - 탈선, 전복, 제동, 주행성능 평가관련 시험시스템 구축 - 궤도 분야 안전도 평가 시험장비 및 계측, 분석시스템 구축 - 전차선 분야 안전도 평가 시험장비 및 계측, 분석시스템 구축 - 한국형 이단적재열차 적재하중 검지장치 시제 제작및 차량 적용
	3년차	- 한국형 이단적재열차 시제차 편성 및 완성차 시험 - 본선 시운전 및 차량 주행안전성 평가 ・차륜 작용력 측정용 measuring wheelset 제작 및 보정 ・본선 주행시험 및 안전도 평가 - 궤도/시설분야 안전도 평가 ・궤도, 하부구조 안전성 및 부담하중 적정성 시험 평가 ・터널구간 주행 시 건축한계 interferance 평가 - 전차선 분야 안전도 및 집전성능 평가 ・전차선/집전장치간 집전범위(좌우이동량), 압상력, 집전성능 분석 - 시운전 및 성능평가 결과 종합

<table>
<tr><td></td><td></td><td>- 시운전 과정을 통하여 도출된 문제점 검토 및 대안 제시
- 한국형 이단적재열차 유지보수 지침(안) 도출</td></tr>
<tr><td>연구기간 및 소요연구비</td><td colspan="2">(단위:억원)
<table>
<tr><td>단 계</td><td colspan="2">1단계</td><td colspan="3">2단계</td><td>계</td></tr>
<tr><td>연 차</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td></td></tr>
<tr><td>정부출연</td><td>-</td><td>-</td><td>16</td><td>17</td><td>17</td><td>50</td></tr>
<tr><td>민간부담</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr>
<tr><td>합 계</td><td>-</td><td>-</td><td>17</td><td>18</td><td>17</td><td>50</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Table 3-4-10 2단계 2세부과제 RFP

2과제 : 한국형 이단적재열차 차량 개발	
연구개발 목 표	○ 한국형 이단적재열차 설계 및 핵심요소기술 확보 ○ 한국형 이단적재열차 시제차량 개발
연구개발 필 요 성	○ 이단적재열차 운용국가인 미국에 비하여 국내 철도 운용환경은 축중, 건축한계, 선로 조건 등이 취약함. ○ 이러한 취약한 운용조건에 부합하기 위하여 제안된 한국형 이단적재열차의 목표 성능 및 사양을 충족시키기 위해서는 애로기술 극복과 연구개발을 통한 핵심기술 및 설계 기술 확보 필요
주요내용 및 범위	○ 한국형 이단적재열차 시제차량 개발 ○ 한국형 이단적재열차 핵심요소기술 개발
세부 연구내용	○ 한국형 이단적재열차 시제차량 개발 - 국내 시범운영결과 반영 한국형 이단적재열차 사양 초안 도출 - 한국형 이단적재열차 사양 주행성능 해석 및 최종사양 도출 ・구성요소(대차, 차체, 제동, 연결기 등) 형식, 사양 결정 ・사양안 주행안정성 및 안전도 해석 - 한국형 이단적재열차 시제차량 기본설계, 상세설계 - 한국형 이단적재열차 시제차 제작 - 철도안전법 의거 시제차량 구성품(대차, 현가요소, 차체, 제동, 연결기 등) 시험 및 완성차 시험 - 시제차량 주행안정성(Roller-rig Test) 시험 지원 - 한국형 이단적재열차 시제차 조립및 완성차 시험 - 시제차 편성 및 구내 주행시험 - 시제차량 본선 시운전 및 주행성능평가 지원 - 시운전 결과 반영 설계사양 보완, 최종사양안 제시 ○ 한국형 이단적재열차 핵심 기술 개발 - 차체 경량화 기술 개발 ・국외 이단적재열차 차체 대비 10% 경량화 목표 ・차체 1차 시제 설계, 제작, 구조안전도 평가 ・차체 1차 시제 성능평가결과 반영 2차 시제 사양 도출 ・차체 2차 시제 설계, 제작, 구조안전도 평가 - 한국형 이단적재열차 전용 대차 개발 ・편성량 증대를 위한 대차 고정축거 최소화 ・대차 1차 시제 설계, 제작, 구조안전도 및 안정성 평가 ・대차 1차 시제 성능평가결과 반영 2차 시제 사양 도출 ・대차 2차 시제 설계, 제작, 구조안전도 및 안정성 평가
추진방법	○ 화차제작업체 주관 하에 부품업체, 학계, 연구소 등이 포함된 공동연구체계 구축 ○ 이단적재열차 사업 경제성 제고를 위한 한국형 이단적재열차 사양 도출

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">및 양산 시 납품가 인하를 고려한 핵심기술 국산화 기술 개발 추진
○ 애로기술은 이단적재열차 운용 선진국 차량 및 부품 제작업체와기술 자문 추진</td></tr>
<tr><td>파급효과 및 활용방안</td><td colspan="2">○ 한국형 이단적재열차 설계, 제작기술 확보
○ 이단적재열차 국외 도입에 따른 비용 절감, 국내 철도 기반 강화
○ 이단적재열차 본 사업 추진 시 차량시스템(안)으로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별 연구개발</td><td>1년차</td><td>- 국내 시범운영결과 반영 한국형 이단적재열차 사양 초안 도출
- 한국형 이단적재열차 사양 주행성능 해석 및 최종사양 도출
· 구성요소(대차, 차체, 제동, 연결기 등) 형식, 사양 결정
· 사양안 주행안정성 및 안전도 해석
- 한국형 이단적재열차 시제차량 기본설계, 상세설계
- 차체 경량화 기술 개발
· 국외 이단적재열차 차체 대비 10% 경량화 목표
· 한국형 이단적개열차 차체 1차 시제 설계, 제작 착수
- 한국형 이단적재열차 전용 대차 개발
· 편성량 증대를 위한 대차 고정축거 최소화
· 한국형 이단적재열차 대차 1차 시제 설계, 제작 착수</td></tr>
<tr><td>2년차</td><td>- 차체 경량화 기술 개발
· 차체 1차 시제 제작, 구조안전도 평가
· 차체 1차 시제 성능평가결과 반영 2차시제 설계, 제작
· 차체 2차 시제 구조안전도 평가
- 한국형 이단적재열차 전용 대차 개발
· 대차 1차 시제 제작, 구조안전도 및 안정성 평가
· 대차 1차 시제 성능평가결과 반영 2차 시제 설계, 제작
· 대차 2차 시제 제작, 구조안전도 및 안정성 평가
- 철도안전법 의거 시제차량 구성품 시험</td></tr>
<tr><td>3년차</td><td>- 한국형 이단적재열차 시제차 조립및 완성차편성
- 시제차 편성 및 구내 주행시험
- 시제차량 본선 시운전 및 주행성능평가 지원
- 시운전 결과 반영 설계사양 보완 최종사양안 제시</td></tr>
<tr><td>연구기간 및 소요연구비</td><td colspan="2">(단위:억원)
<table>
<tr><td>단 계</td><td colspan="2">1단계</td><td colspan="3">2단계</td><td>계</td></tr>
<tr><td>연 차</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td></td></tr>
<tr><td>정부출연</td><td>-</td><td>-</td><td>10</td><td>12</td><td>8</td><td>30</td></tr>
<tr><td>민간부담</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td>9</td><td>3</td><td>9</td></tr>
<tr><td>합 계</td><td>-</td><td>-</td><td>13</td><td>21</td><td>11</td><td>39</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Table 3-4-11 2단계 3세부과제 RFP

3과제 : 한국형 이단적재열차 제반 규정개정 및 운영 효율화	
연구개발 목 표	○ 한국형 이단적재열차시스템 운용관련 제 규정 개정안 도출 및 운영 효율성 증대를 위한 방안 제시
연구개발 필 요 성	○ 한국형 이단적재열차를 현 철도 네트워크에 운용하기 위해선 차량/궤도/전차선/열차운영 분야 현 철도 규정, 법규 등에 대한 적합성 검토 연구가 필요함. ○ 적합성 검토를 통하여 도출된 문제점들에 대한 이론적, 실험적 검증 과정을 통한 법규, 규정, 지침 등에 대한 개선안 제시 필요 ○ 새로이 시도되는 이단적재열차시스템의 효율적 운영, 수송력 증대를 위한 최적하중관리 및 운영 효율화를 방안 도출 필요
주요내용 및 범위	○ 한국형 이단적재열차 운영을 위한 제반 규정 개정 ○ 한국형 이단적재열차 운영효율화 기술 개발
세부 연구내용	○ 한국형 이단적재열차 운영을 위한 제 규정 개정 - 한국형 이단적재열차 운영관련 차량/궤도/전차선/열차운영분야 현 철도 지침, 규정, 법규 조사 - 한국형 이단적재열차 안전 운용관련 제 규정 문제점 분석 - 이론 해석 및 시운전 시험결과 반영 개선안 도출 및 의견 수렴 - 한국형 이단적재열차 운영관련 제 규정 개선 최종안 제시 ○ 한국형 이단적재열차 운영효율화 기술 개발 - 한국형 이단적재열차 적재 하중관리 방안 검토 - 한국형 이단적재열차 적재 하중관리 시스템 기본설계 - 시뮬레이션을 통한 운영효과 분석 - 룰기반 적재 하중관리시스템 개발 및 시범구간 시범운영 - 최적화기반 철도CY/ICD 컨테이너 하중관리시스템 개발 - 최적화기반 컨테이너 적재 하중관리 네트워크 시스템 개발 및 CY/ICD 시스템 연계 - 화물철도운영자의 운영시스템 연계운영 시범 - 한국형 이단적재열차 운영 효율화 방안 제시
추진방법	○ 철도전문연구기관 주관 하에 정부, 이단적재열차 운영기관, 물류업체, 학계, 연구소, 엔지니어링업체 등을 포함한 공동연구 체계 구축 ○ 총괄및 1, 2세부과제와 연계하여 이단적재열차 안전 운용을 위한 제 규정 및 법규, 지침 개정 추진 ○ 철도를 이용한 컨테이너 수송수요 분석 및 시뮬레이션을 통하여 룰/최적화 기반의 적재 하중관리시스템 개발 ○ 이단적재열차 선진 운용기관들과의 기술 자문및 협조체계 구축을 통한 운용 기술 습득및 국내 실정에 적합한 운용기술 개발

<table>
<tr><td>파급효과 및
활용방안</td><td colspan="2">○국내 철도 환경에 적합한 한국형 이단적재열차 제 규정/법규 개정안 도출로 안전 운행 도모
○이단적재열차 사업 운영 효율성 제고 및 수송력 증대를 위한 운용기술 확보
○철도CY/ICD의 화물컨테이너 운송관리시스템 기술로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별
연구개발</td><td>1년차</td><td>- 한국형 이단적재열차 운영관련 차량/궤도/전차선/열차운영분야 현 철도 지침, 규정, 법규 조사
- 이단적재열차 안전 운용관련 제 규정 문제점 분석
- 이단적재열차 적재 하중관리 방안 검토
- 이단적재열차 적재 하중관리 시스템 기본설계
- 시뮬레이션을 통한 운영효과 분석
- 룰기반 적재 하중관리시스템 개발 및 시범구간 시범운영</td></tr>
<tr><td>2년차</td><td>- 차량/궤도/전차선/열차운영분야 제 규정/법규 개선 초안 도출
- 최적화기반 철도CY/ICD 컨테이너 하중관리시스템 개발
- 네트워크 단위 하중관리 최적화 시스템 개발
- 최적화기반 컨테이너 적재 하중관리 네트워크 시스템 개발 및 CY/ICD시스템 연계</td></tr>
<tr><td>3년차</td><td>- 성능시험결과 반영 제 규정 개정 최종안 도출 및 의견 수렴
- 한국형 이단적재열차 운영관련 제 규정 개선 최종안 제시
- 화물철도운영자 열차운영시스템과 연계운영시스템 개발
- 화물철도운영자의 운영시스템과 연계운영 시범
- 한국형 이단적재열차 운영 효율화 방안 제시</td></tr>
<tr><td>연구기간 및
소요연구비</td><td colspan="2">(단위:억원)
<table>
<tr><td>단 계</td><td colspan="2">1단계</td><td colspan="3">2단계</td><td>계</td></tr>
<tr><td>연 차</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td></td></tr>
<tr><td>정부출연</td><td>-</td><td>-</td><td>9</td><td>9</td><td>9</td><td>27</td></tr>
<tr><td>민간부담</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>합 계</td><td>-</td><td>-</td><td>9</td><td>9</td><td>9</td><td>27</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

구분	연구내용	기여도	달성도(%)
1	국내외 기술동향과 시장 분석	- 국내 기술동향 조사, 분석 - 특허맵 분석을 통한 지적재산권 확보 가능성 분석	100
2	기술적 타당성 검토	- 기술개발 목표, 범위 설정 - 목표성능 및 기술적 요구사항 검토 - 차량시스템 형식 및 개발사양 도출 - 이단적재열차 개념설계(안) 제시 - 차량/시설 인터페이스 검토 - 운영효율화 방안, 제 규정 검토	100
3	경제적 타당성 검토	- 경제적 타당성, 수송량 증감효과 분석 - 도입 대비 개발 파급효과 분석	100
4	기술개발과제 최종목표 및 범위 설정	- 기술개발 목표, 목표성능, 연구개발 범위, 연구내용 도출	100
5	세부과제(핵심 요소기술) 도출	- 단계별 세부과제, 주요 연구내용 도출	100
6	추진전략 및 추진체계 수립	- 이단적재열차 단계적 접근전략, 추진체계 도출	100
7	본 과제 공모를 위한 RFP 도출	- 단계별 본 사업 공모를 위한 RFP (안) 제시	100
8	보고서 작성	- 이단적재열차 기술개발 기획안 도출 및 종합보고서 작성	100

제 5 장 연구개발결과 활용계획

□ 기획 연구결과의 활용방안

○ 이단적재열차 기술개발 연구개발사업 추진을 위한 기획안으로 활용

○ 화물 수송력 향상을 위한 철도교통수단으로서 정책 입안에 활용

○ 본 연구개발사업을 통한 기술 개발 성공 시 철도 수송력 제고를 위한 녹색 교통수단으로 활용

○ 향후 동북아 물류허브 중심국가로 도약하기 위한 교통수단으로도 활용 가능

□ 기대효과

○ 이단적재열차 기술개발 사업 추진을 위한 기술적 타당성 및 핵심기술 검토

○ 이단적재열차 기술개발 상세 연구내용 및 기획안 도출

○ 사업 추진 타당성, 기술개발의 실용성, 상용성 사전 검토를 통한 본 사업 추진 시 연구효율성 제고

○ 포화상태에 있는 기존철도의 화물 수송력 향상 제고(최대 70%)

○ 기존 인프라 최대 활용에 따른 인프라 개량비용 절감

○ 철도경쟁력 및 수익성 제고에 기여

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

1. Introduction of Double Stack Container Train on IR - a Path Breaking Achievement
2. Derailment of train 2PM6 - near Loongana, Western Australia 11 November 2008
3. GREENBRIER Technical Bulletin Stack Car
4. FreightCar America, Well Car
5. CIMC Group, Double-stack 40′ Well Wagon Specification, 2004
6. 중국 이단적재열차 현황 자료, CNR
7. Comparaison des gabarits UIC et nord-americains
8. AAR Recommended Clearance for Plate H

제 7 장 참고문헌

1. “Introduction of Double Stack Container Train on IR – a Path Breaking Achievement”, 2006. 5. 29
2. “Derailment of train 2PM6 – near Loongana, Western Australia 11 November 2008”, ATSB TRANSPORT SAFETY REPORT Rail Occurance Investigation R0-2008-013
3. “[세계는 지금] 인도 구자라트 항만들의 도약”, 월간 해양한국, 2009. 12. 3
4. GREENBRIER Technical Bulletin Stack Car
5. FreightCar America, Well Car
6. CIMC Group, Double-stack 40′ Well Wagon Specification, 2004
7. 중국 이단적재열차 현황 자료”, CNR
9. AAR Recommended Clearance for Plate H
10. 유재균 외, “철도물류 수송력 증가방안 연구(신운송수단 도입을 중심으로)”, 건설교통부, 2006
11. 유원희 외, “수송력 향상 철도시스템 기술개발 기획 최종보고서(화물수송력 증대를 위한 고속화차 기술개발분야)”, 국토해양부, 2008. 11
12. ″외국의 철도물륜 효율화 운송시스템“, 한국철도기술 10월호, 2001. 9

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업의 기획연구 보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업의 기획연구 결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.