교통물류연구사업 R&D-0001

별권 1. 운송체계 인프라 시스템 기술 개발 (1단계)

2019. 06. 30.

Infrastructure
R&D Report

협동연구기관 / (주)평화엔지니어링
공동연구기관 / (주)천경기업
(주)거송

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>18TLRP-
B134108-02</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2017. 06. 27
~2019. 06. 30</td><td>단계구분</td><td>1단계</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5">교통물류연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>최상위
과제명</td><td colspan="4">인터모달 자동화물운송시스템 기술개발(1단계)</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">운송체계 인프라시스템 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>김흥래</td><td>총연구기간
참여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 22명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 4,302,000천원
기업 : 846,200천원
계 : 5,148,200천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">㈜평화엔지니어링
(기술연구원)</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">㈜평화엔지니어링
㈜천경기업
㈜거송</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 : -</td><td colspan="2">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>377</td></tr>
</table>

○ 본 연구의 목적은 도로와 철도간 화물 운송을 RO/RO방식으로 모달시프트(Modalsfit)가 가능하도록 인터모달 자동화물운송 인프라시설을 시공할 수 있는 최적설계 기술 확보에 있음.

○ 1단계 연구에는 인터모달 터미널, 천이구간 전용궤도, 천이구간 특수구조물 구조안정성, 경제성을 고려한 개념설계 실시

○ 트레일러의 이동동선, 대기공간, 게이트 등을 고려한 터미널 Layout 도출

○ 부산경남자유물류도시내 터미널 입지후보지에 대해 최적 입지 검토

○ 터미널의 입지여건을 고려하여 터미널 플랫폼 형식별(복층, 단층) 구조해석, 설계도, 공사비 산출, 또한 경제성을 고려한 플랫폼 구조형식 선정

○ 천이구간 전용궤도 및 특수구조물 설계기준 정립 및 개념설계 도출

○ 구조안정성 및 경제성 검토를 통한 설계 최적화 검증

○ 인터모달 터미널 플랫폼, 천이구간 특수구조물, 전용궤도 공사 시방 및 유지관리지침 제시

색 인 어	한 글	인터모달	화물운송	인터모달 터미널	전용궤도	특수구조물
	영 어	Intermodal	Freight Transport	Intermodal Terminal	Exclusive track	Special structure


인터모달 전용 터미널 조감도

목 차

제1장 연구개발의 개요 ····· 1

제1절. 연구의 배경 및 필요성 ····· 1
제2절. 연구 내용 및 범위 ····· 2
제3절. 연구추진체계 및 전략 ····· 4

제2장 사전조사 및 분석 ····· 7

제1절. 국내외 관련자료 조사 및 분석 ····· 7
제2절. 터미널 인프라시설물 설계 적용 기준 분석 ····· 33

제3장 인터모달 터미널 기술 개발 ····· 39

제1절. 기술의 개요 ····· 39
제2절. 차년도별 연구범위 ····· 39
제3절. 기본방향 ····· 40
제4절. 계획기준수립 ····· 42
제5절. 최적 이동동선을 고려한 터미널 Layout 대안 검토 ····· 53
제6절. 터미널 세부계획 ····· 63
제7절. 터미널 플랫폼 설계 ····· 80
제8절. 터미널 플랫폼 공사 및 유지관리지침 ····· 137
제9절. 인터모달 터미널 바닥마감재 선정기술 개발 ····· 139
제10절. 하역지원설비의 검토 및 선정 ····· 151
제11절. 인터모달 터미널 입지여건 검토 ····· 152

제4장 천이구간 특수구조물 설계 기술 개발 ····· 171

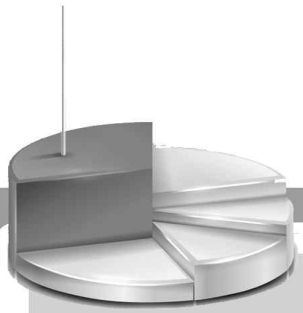
제1절. 천이구간 특수구조물 설계 기준 정립 ····· 171

제2절. 천이구간 특수구조물 설계 ····· 190
제3절. 천이구간 특수구조물 공사시방 및 유지관리지침 ····· 241

제5장 인터모달 전용궤도 기술개발 ····· 245

제1절. 전용궤도 설계기준 정립 ····· 245
제2절. 전용궤도 설계 ····· 274
제3절. 전용궤도 안정성 검토 ····· 324
제4절. 전용궤도 일반 및 천이구간 3차원 상세해석 ····· 338
제5절. 궤도-교량 상호작용해석 ····· 346
제6절. 전용궤도 비용 분석 ····· 365
제7절. 전용궤도 공사시방 및 유지관리지침 개발 ····· 373

참고문헌 ····· 375



제1장 연구개발의 개요

제1절. 연구의 배경 및 필요성

제2절. 연구의 내용 및 범위

제3절. 연구추진체계 및 전략

제1장 연구개발의 개요

제1절. 연구의 배경 및 필요성

○ 기후변화 대응 등 사회적 요구와 '지속가능한 발전'이라는 패러다임에 능동적 대처하기 위해서는 지속가능한 신 교통물류체계의 개발이 필요한 시점

○ 현재 국내 대도시권은 도시의 외연적 확장과 도로 중심의 교통물류체계로 인해 심각한 교통혼잡이 야기되고 있으며, 미래에도 대도시권의 지속적인 인구 증가와 경제력 집중에 따른 유발수요가 증가할 것으로 전망

○ 우리나라의 경우 협소한 국토구조 특성상 도로운송 위주의 화물운송체계가 정착단계에 있어 도로혼잡으로 인한 내륙수송비 부담의 증가, 도로파손에 따른 시설 유지보수 비용의 증가, 대기오염과 소음 등 각종 공해의 발생, 화물차로 인한 대형 교통사고의 증가 등 크고 작은 문제가 지속

○ 2015년 국내 물동량 중 도로운송 비중은 톤 기준 91.94%(18억 2천만 톤), 톤-㎞ 기준 76.19%(132,382백만 톤-km)로 절대적인 비중을 차지

○ 2014년 기준 국가물류비 중 수송분야가 차지하는 비중이 71.2%(115조 9,286억 원), 운송분야 중 도로운송이 차지하는 비율은 96.6%(111조9310억원)를 각각 차지

○ 최근 새로운 개념의 친환경 무인자동화물운송시스템 개발 패러다임에 맞춰 기존시설과의 연계 및 시설의 안정성 확보 등에 대한 관심이 높아지고 있는 추세임

○ 도로운송의 대안으로 대두되는 철도운송의 경우 신규 철도인프라 투자 시 투자비용의 과다, 하역을 위한 별도의 작업선 운용, 철도하역단계 추가에 따른 물류비 증대, 선로용량의 한계와 여객우선의 철도정책 등으로 인해 도로운송을 전면 대체하는 것은 불가능

○ 전 세계적으로도 운영비용과 온실가스를 획기적으로 절감할 수 있고, 정시성이나 안전성을 확보할 수 있는 새로운 개념의 친환경 무인자동 화물운송시스템 개발에 대한 관심과 투자는 꾸준히 늘고 있는 실정임

○ "전략철도 연구의제(SRRA:STrategic Rail Research Agenda)"에 의하면 향후 20년간 유럽철도산업에서 혁신해야할 내용으로는 철도승객 수송시장과 철도화물운송을 3배 이상 확대하는 것을 목표로 함

○ 유럽, 미국, 일본 등 철도선진국에서는 대규모 연구개발 중심의 선도기술을 연구하여 철도선진국으로서의 위상 증진을 추진하고 있는 실정이지만, 국내의 경우 철도산업 투자부진으로 인한 철도 인프라 시설 및 기술력 부족

○ 주변 철도산업의 빠른 환경 변화에 대응하기 위한 기술경쟁력 제고가 필요한 시점

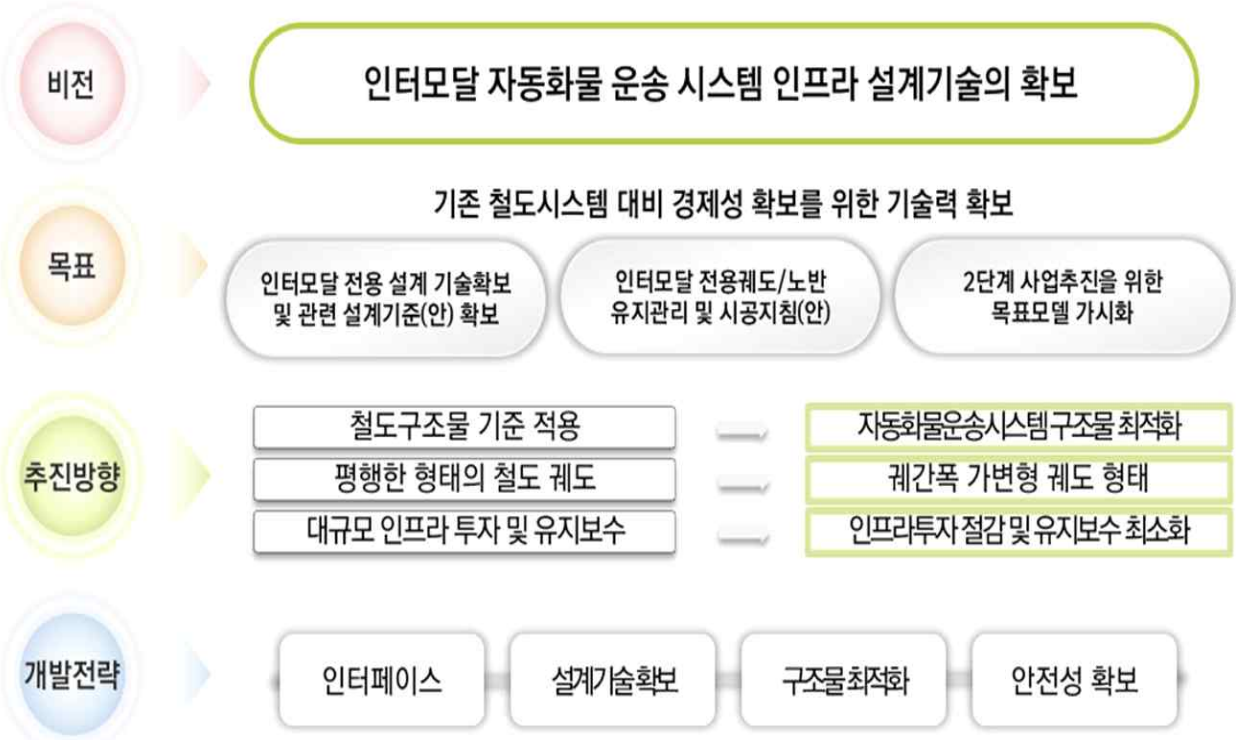
○ 도로 위주의 화물 운송시스템에서 고질적인 문제가 되고 있는 환경오염 문제를 해결하고 국가 물류비를 획기적으로 절감할 수 있는 신교통수단으로 도입 필요

제2절. 연구 내용 및 범위

1. 연구의 목표

○ 선도적인 인터모달 자동화물운송시스템 기술개발을 위한 기술력 확보를 비전으로 삼고, 자동화물운송시스템의 기술 개발을 통하여 실대형 시연모형 구현을 위한 기술력 확보를 목표로 설정함.

- 세부 목표로는 자동화물운송시스템 분야 선도기술개발 추진 타당성 확보와 기존 철도시스템 대비 건설비 및 운영비의 10% 절감을 통해 자동화물시스템 기술개발을 위한 상세 추진전략을 수립하고, 국내 실현을 위한 법제도 정비 방안을 마련시키는데 있음.
- 개발대차의 성능 및 제원을 분석하여 자동화물 운송시스템 전용궤도와 천이구간의 설계 중요인자 도출, 궤도재료 및 궤도구조 선정, 천이구간 적용길이 등에 대한 기본/상세설계 수행
- 개발대차의 안정적 가능한 궤도설계기준(안) 및 전용궤도 시공지침(안), 유지보수관리기준(안) 수립
- 화물용량, 부지면적, 하중 등을 고려한 인터모달 터미널의 설계 필수요소 검토 및 트레일러의 최적 이동동선, 트레일러의 대기공간의 적정배치 등의 설계기준 개발

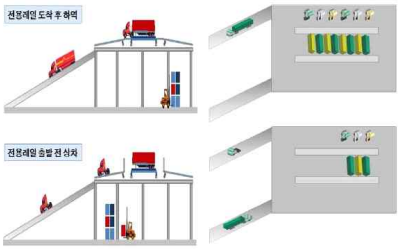


2. 연구 내용 및 범위

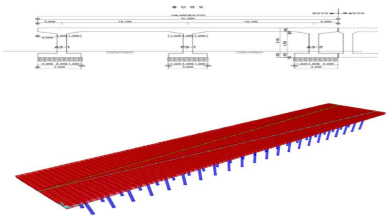
○ 본 연구의 목표는 세계 최초로 별도의 차량 구동시스템이나 복잡한 제어과정 없이 도로와 철도간 화물 운송을 RO/RO방식으로 모달시프트(Modalsfit)가 가능하도록 인터모달 자동화물운송 인프라시설을 시공할 수 있는 최적 설계기술을 확보함에 있음.



(1) 인터모달 전용궤도 설계기술



(2) 인터모달 터미널 설계기술



(2) 천이구간 특수구조물 설계기술

○ 주요 연구내용

분야	연구내용
전용궤도 기술개발	▪ 설계기준 및 사례조사/분석 ▪ 전용궤도 설계 (터미널/천이구간/본선) ▪ 전용궤도 안전성 검토 ▪ 비용분석 ▪ 유지관리 지침서
인터모달 터미널 기술개발	▪ 사례조사 분석 ▪ 부지선정 및 문제점 ▪ 시설계획 및 터미널 Layout 계획 ▪ 플랫폼 구조물 계획 ▪ 부대건축물 계획 ▪ 하역지원설비 기술검토(플랫폼 대차접속부 인터페이스) ▪ 바닥마감재 선정기술 개발 ▪ 터미널 입지 여건조사(사례중심) ▪ 유지관리 지침서
천이구간 특수구조물 기술개발	▪ 유사 사례조사 및 분석 ▪ 설계기준 및 관계법령 분석 ▪ 천이구간 구조물 설계(형식/안전성) ▪ 소요 공사비 분석 ▪ 유지관리 지침서

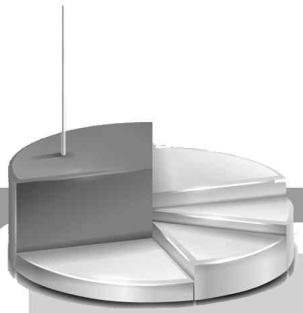
제3절. 연구추진체계 및 전략

○ 운송체계 인프라 시스템 기술개발은 전략수립(개념 정립), 설계(시작품 설계 및 제작) 및 구축, 기준 정립(실모형 제작, 시공지침서, 유지관리 기준 등)과정으로 진행함.

- (1단계: 전략 수립) 기술동향 및 시장 조사 및 분석, 운송체계 인프라(궤도, 터미널 및 특수구조물)에 대한 개념 정립, 핵심 설계 고려요소 도출, 설계 기준 정립함
- (2단계: 설계 및 구축) 운송체계 인프라(궤도, 터미널 및 특수구조물)의 설계 및 비용분석을 실시하고 시작품을 제작함
- (3단계: 기준 정립) 기본 설계 및 시작품의 문제점을 파악하고 보완하여 상세 설계계 및 시공지침서, 유지관리 기준 등을 정립함



<그림 1> 연구개발 흐름도



제2장 사전조사 및 분석

제1절. 국내외 관련자료 조사 및 분석

제2절. 터미널 인프라 시설물 적용 기준 분석

제2장 사전조사 및 분석

제1절. 국내외 관련자료 조사 및 분석

1. 인터모달 터미널 사례조사(1차년도 보고사항)

가. 로테르담항(Port of Rotterdam, 네덜란드)

(1) 개요

○ 로테르담항은 로테르담에서 서쪽으로 24㎞ 떨어진 곳에 있고, 면적 7,000㎡, 최대 수심이 19m인 29개의 컨테이너 처리 선석 시설을 갖추고 있으며, 다른 유럽의 터미널에 비해 수심이 깊어 초대형 선박이 자유롭게 드나들 수 있음.

○ 로테르담항에는 ECT Delta Terminal, APM Terminal Rotterdam 등 13개의 컨테이너 터미널을 보유하고 있음.

<표 2> 로테르담항 컨테이너 터미널 현황

터미널 / 구분	Rotterdam World Gateway	APM Terminals Maasvlakte II	Euromax Terminal Rotterdam	Rotterdam Container Terminal	APM Terminals Rotterdam	Delta Container Services	ECT Delta Terminal
부두(안벽)길이 (Quay Length)	1,700 m (barge 500 m)	1,500 m (barge 500 m)	1,500 m	400 m	1,600 m	260 m	3.600 m
흘수 (Draught)	20 m	20 m (barge 9.65 m)	16.8 m	10 m	16.65 m	12 m	16.65 m
Plot	108 ha	86 ha	84 ha	17 ha	100 ha	2.5 ha	272 ha
Cranes	14	8 deepsea, 2 barge, 2 rail	16	3	14	1	38
Reefer Plugs	1,700	3,600	1,776	100	2,250	-	3,250
TEU Capacity	2,350,000	2,700,000	-	500,000	3,350,000	150,000	-

터미널 / 구분	ECT Delta Barge Feeder Terminal	Waalhaven Botlek Terminal	Container Terminal Twente (CTT)	Rotterdam Short Sea Terminals	Uniport Multipurpose Terminals	Barge Center Waalhaven
부두(안벽)길이 (Quay Length)	890 m	300 m	150 m	1,800 m	2,400 m	225 m
흘수 (Draught)	10.5 m	6.5 m	8 m	11.65 m	11~14.5 m	9.65 m
Plot	7.5 ha	10.1 ha	5.5 ha	46 ha	54 ha	6.4 ha
Cranes	3	2	-	14	9	2
Reefer Plugs	-	70	-	640	1,648	80
TEU Capacity	-	200,000	-	1,440,000	1,200,000	200,000

*자료: Port of Rotterdam Homepage, Container Terminals and Depots in the Rotterdam Port Area (https://www.portofrotterdam.com/en/cargo-industry/containers/container-terminals)



*자료: Port of Rotterdam Homepage, (https://www.portofrotterdam.com/en/cargo-industry/containers/container-terminals)

<그림 2> 로테르담항 컨테이너 터미널 위치도

(2) ECT(Europe Container Terminal) Delta Terminal

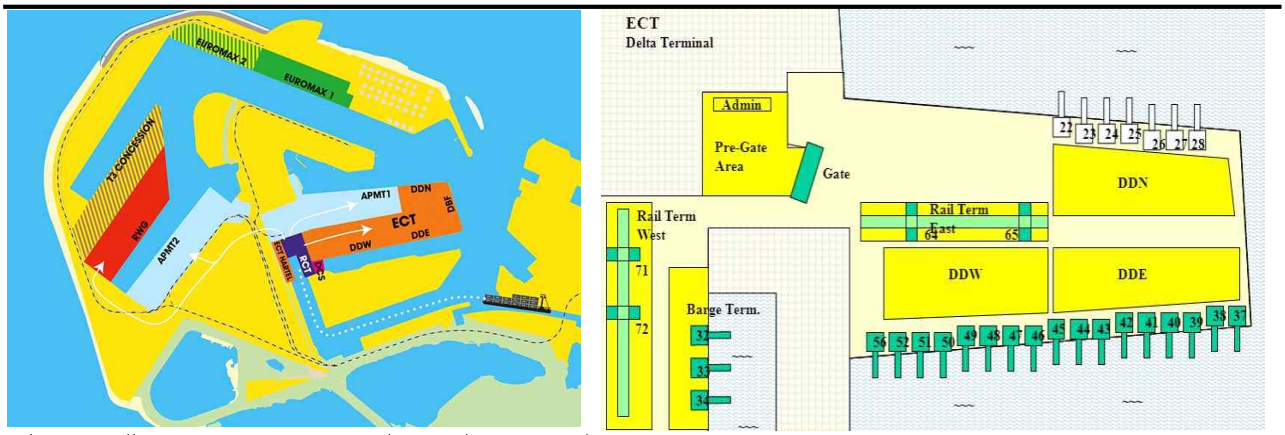
(가) 시설 현황

○ Delta Terminal의 면적은 272 ha이며 안벽(Quay)의 길이는 3.6km이고 연간 처리용량은 약 800만TEU임.

○ Delta Terminal에서 유럽 대륙으로의 컨테이너 수송분담율을 살펴보면 2005년 현재 육로 48%, 내륙수운 36%, 철도 16%임.

○ Delta Terminal은 다음의 3개 터미널로 구분됨.

- Delta Dedicated North(DDN) Terminal
- Delta Dedicated East(DDE) Terminal
- Delta Dedicated West(DDW) Terminal



*자료: http://www.binnenvaartkrant.nl/nieuws/nieuwsitem/binnenvaart-en-terminals-profiteren-van-barge-service-center/(좌), http://slideplayer.com/slide/4824487/(우)

<그림 3> 로테르담항 ECT Delta Terminal 세부 배치도

(나) 터미널 내 운송체계

○ Delta Terminal은 안벽에서 컨테이너 야드까지 자동화되어 있으며 안벽에서 야드까지는 AGV(Automated Guided Vehicle)를 이용하고, 야드에서의 컨테이너 운반 및 적재는 ASC(Automatic Stacking Cranes)를 이용함.

○ Delta Terminal의 서쪽 입구에는 6개의 철도트랙이 설치되어 있으며, 총 철송장의 면적은 18ha임.

○ Delta Terminal은 야드 운송장비로 컨테이너 5개를 동시에 운반하는 Multi-Trailer를 사용하고 있고, 야드 블록에서는 ASC (Automated Stacking Craines)를 사용하고 있음.

(3) APMT(APM Terminals)

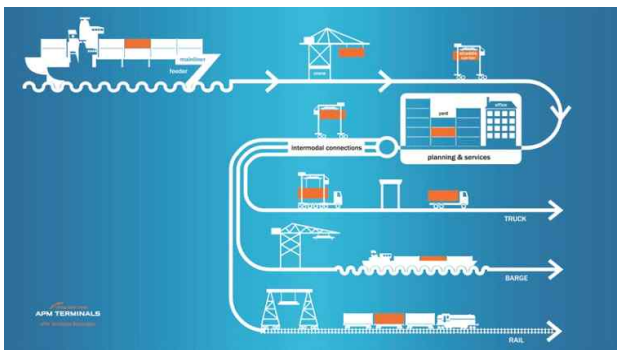
(가) 시설 현황

○ APM Terminal은 ECT Delta Terminal 옆에 위치한 APMT1(APM Terminal Rotterdam)과 APMT2(APM Terminals Maasvlakte Ⅱ)로 이루어져 있음.

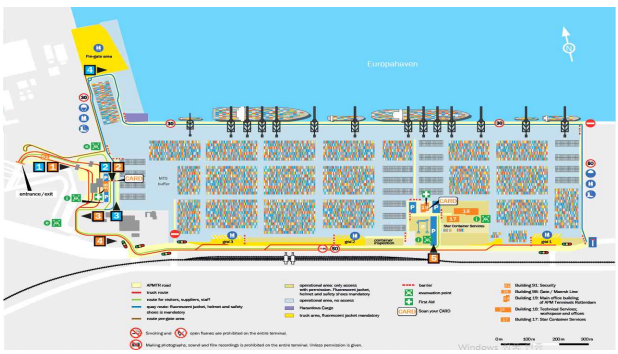
○ APM1의 면적은 100 ha이며 안벽(Quay)의 길이는 1.6km이고 연간 처리용량은 약 335만TEU이며, APM2의 면적은 86 ha이며 안벽(Quay)의 길이는 1.5km이고 연간 처리용량은 약 270만TEU임.

(나) 터미널 내 운송체계

○ APM Terminal Rotterdam은 보안카드를 소지한 운전자만이 통행을 할 수 있도록 하고 있으며, 아래와 같이 트레일러 차량은 부두쪽으로 운행하며, 철송 컨테이너는 인근 ECT Delta Terminal과 합류하여 복합운송 및 공동배송(consolidation)의 효율을 높이도록 하고 있음.



로테르담항 물동량 처리과정



로테르담항 APMT 세부 배치도

*자료: http://www.apmterminals.com/en/operations/europe/rotterdam/information
http://www.apmterminals.com/en/operations/europe/rotterdam/procedures/safety(하)

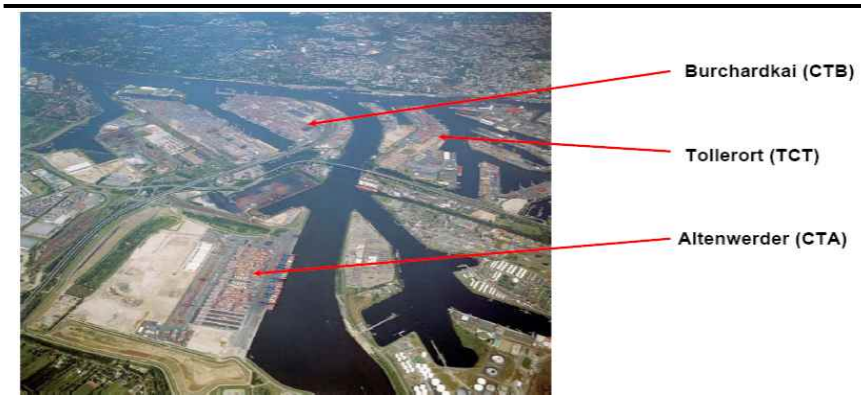
<그림 4> 로테르담항 터미널 내 운송체계

나. 함부르크항(Port of Hamburg, 독일)

(1) 개요

○ 자유항인 함부르크항은 독일 함부르크시 Elber강 하구에 위치하고 있으며, 북유럽, 아시아, 미주, 아프리카 및 태평양 국가들을 연결하는 가교항으로서, 유럽의 복합중계기지 및 환적관문 역할을 수행하고 있음.

○ 함부르크항은 HHLA(Hamburg Hafen und Logistik AG)에 의해 관리·운영되고 있으며, CTA(Container Terminal Altenwerder), CTB(Container Terminal Burchardkai), TCT(Container Terminal Tollerort) 3개의 컨테이너 터미널로 구성되어 있고, 3개 터미널 중 CTA가 가장 규모가 크고 현대화되어 있음.



*자료: 서울시립대학교·㈜청석엔지니어링(2006), 철도 인입선 구축방안

<그림 5> 함부르크항 터미널 위치도

(2) CTA(Container Terminal Altenwerder)

(가) 시설 현황

○ CTA 면적은 총 771,146㎡이며, 이 중 공 컨테이너 야적장이 110,000㎡, 자동크레인 작업장이 225,000㎡를 차지하고 있으며, 시설 현황은 다음과 같음.

<표 3> CTA 컨테이너 터미널 시설 현황

구분	내용
선석	4선석
안벽길이	1,400m
갠트리 크레인	14 double trolley superpoastpanmax
디젤 무인운반차량(AGV*)	약 55~60대 (무인)
야드 운영	52대의 자동 크레인 (block당 2대)
야드 용량	35,000TEU
냉장차	1,800
철도 트랙수	6
Railroad siding	4.5km
Transtainer	4대
연간 용량	2.8백만TEU





○ CTA는 자동화되고, 현대화된 절차로 운영되고 있으며, 컨테이너는 2개의 trolley가 설치된 14대의 매우 고도화된 twin-lift 컨테이너 갠트리 크레인에 의해 선적됨. 이런 형태의 크레인과 함께 main trolley는 선박에서 안벽보다 훨씬 위에 있는 lashing plat-form까지 컨테이너를 이동시킬 수 있음.

○ Yard 안의 컨테이너들은 안벽과 직각방향의 holding block에 적재되고, 각각의 holding block의 폭은 약 10개의 컨테이너를 쌓을 수 있는 넓이이며, 수직으로는 4~5개의 컨테이너를 적재 가능함. 각각의 holding block은 2대의 gantry crane이 담당하며, gantry crane의 크기(높이 및 넓이)가 서로 달라 교차하며 통과할 수 있음.

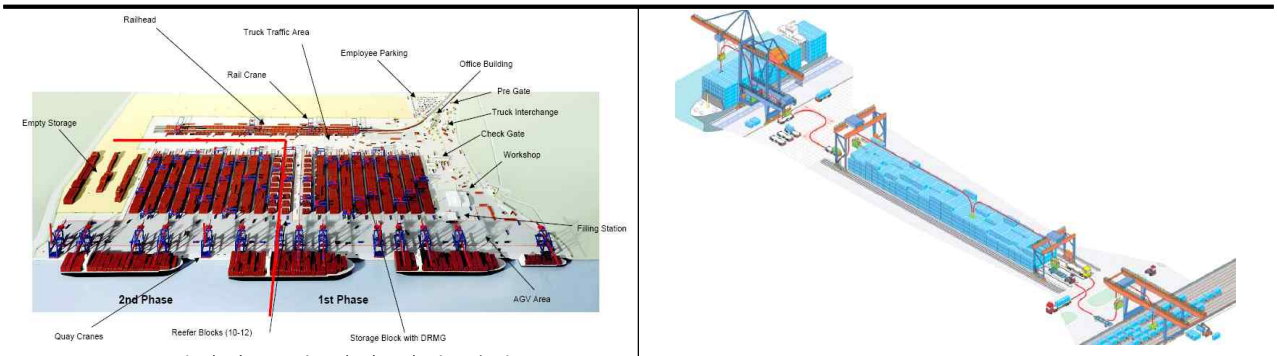
○ 각 holding block의 끝부분(quay의 반대쪽)에는 트럭에의 적재를 위한 4개의 차로가 있고, 컨테이너를 트럭에 적재하는 작업은 비디오감시(video surveillance)를 이용한 사령탑(office block)으로부터의 원격조정에 의해 이루어짐.

○ 철도는 yard에 인접해 있고(quay와 평행한 방향으로) 6개의 track이 설치되어 있고, Yard와 화차(block train)간의 화물의 환적은 인부가 작동하는 4개의 rail crane에 의해 이루어짐. 또한, yard와 화차간의 환적을 위해 터미널 내 chassis와 tractor를 이용함. Tractor 운전자들은 radio data terminal을 통해 제공되는 지시를 받아 철도 트랙의 직각방향으로 chassis를 쌓음. quay 반대방향의 holding block 끝 부분에는 이러한 철송 작업을 위한 3개의 차로가 설치되어 있음.

(나) 터미널 내 운송체계

○ CTA 터미널의 컨테이너 이동순서는 국내와 비슷하며 다음 그림과 같음. 우선 선박에서 갠트리 크레인으로 컨테이너를 하차하고 AGV를 이용하여 컨테이너 야적장으로 운반함. 운반된 컨테이너는 컨테이너 야적장용 stacking cranes을 이용하여 야적장에 적재됨.

○ 야적장에 적재된 컨테이너는 트럭 적재 구역(Truck loading slots)에서 트럭에 실려 외부로 수송되거나 수송용 샤시(transport chassis)를 이용한 셔틀 트럭(터미널 트랙터)에 실려 철송장으로 운반되고, 철송장으로 운반된 컨테이너는 철도크레인이나 리치스태커에 의해 화차에 적재됨.



CTA 터미널 운영 관련 시설 배치도 | 컨테이너 운반 Work Flow

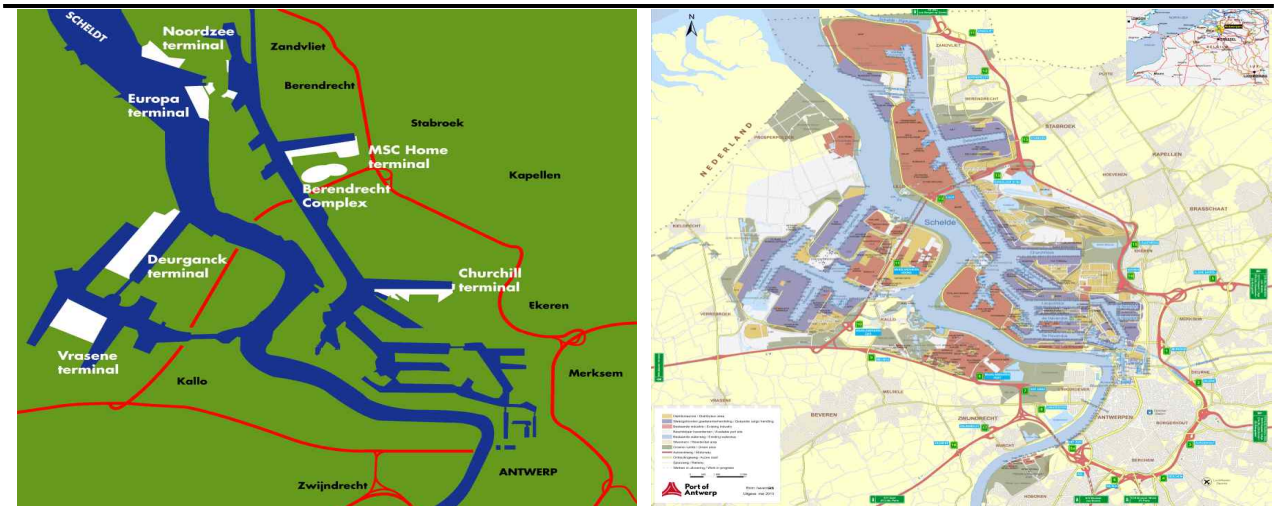
<그림 6> 함부르크항 터미널 운송체계

다. 앤트워프항(Port of Antwerp, 벨기에)

(1) 개요

○ 앤트워프항은 연간 화물처리량이 160만톤으로 유럽 국제화물수송분야에서 2위, 세계 국제화물수송에서 4위를 차지하는 항만이며, 이 항만의 연간 화물처리량 증가율은 최근 10~15%로 급속히 성장하고 있음.

○ 컨테이너 수송은 전체 항만 물동량의 40%를 상회하며, 2005년에는 650만 TEU를 처리하고 있으며, Noordzee와 Europa 2개의 컨테이너터미널이 운영 중임.



*자료: Port of Antwerp 홈페이지(http://www.portofantwerp.com/sites/portofantwerp/files/314344.pdf)

<그림 7> 앤트워프항의 터미널 위치도

(2) 앤트워프항 컨테이너 터미널(Europa, Noordzee, Deurganck)

(가) 시설 현황

○ 앤트워프항의 3개 터미널 중 Europa와 Noordzee 터미널의 크기는 각각 720,000㎡와 800,000㎡이며, 이 두 컨테이너 터미널에는 인입철도가 부설되어 있음.

○ Europa 터미널은 400m길이의 4개 인입철도가 부설되어 있으며, Noordzee 터미널에는 450m 길이의 4개 인입철도가 운영되고 있음.

○ 3개 터미널 중 가장 큰 규모인 Deurganck 터미널은 나머지 두 터미널 면적의 합보다 큰 200만 m^2의 부지에 위치하고 있으며, 안벽길이도 2,750m이며, 700m 길이의 인입철도 5개 트랙이 건설될 예정임.

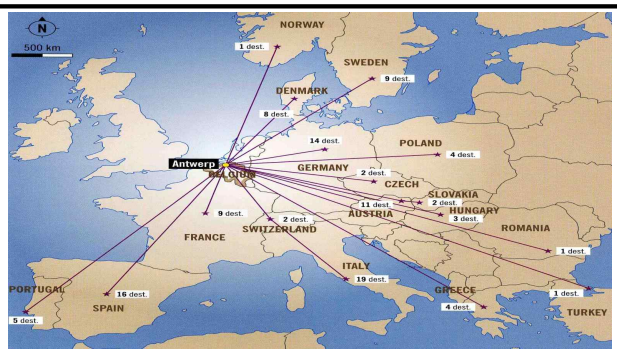
○ Deurganck 터미널에서 Rail Mounted Gantry Crane도 6대가 운영될 예정이며, Deurganck 터미널의 연간 컨테이너 처리용량은 약 400만 TEU임.

<표 4> 앤트워프항만 내 컨테이너 터미널의 시설 및 장비현황

시설 및 장비 내역		컨테이너 터미널		
		Europa Terminal	Noordzee Terminal	Deurganck Terminal
Quay 길이		1,180m	1,120m	2,750m
면적		720,000 ㎡	800,000 ㎡	2,000,000 ㎡
컨테이너 취급 장비	크레인	8대	10대	24대
	Sraddle Carriers	60대	67대	147대
	Reach-stackers/heavy forklifts	12대	11대	20대
인입철도 트랙		4×400m	4×450m	5×700m
Rail Mounted Gantry (RMG) Crane		1대	1대	6대



앤트워프항의 Noordzee 터미널 전경



앤트워프항 연결 셔틀화물열차 노선

<그림 8> 앤트워프항 Noordzee 터미널 현황

(나) 터미널 내 운송체계

○ 앤트워프항만청은 앤트워프시 산하 기구이며 항만개발계획, 현대화 및 항만시설의 유지관리를 담당하고 있고, P&O Ports 컨소시엄이 앤트워프 항만청과 40년 계약을 맺어 Deurganckdok의 동쪽 컨테이너터미널 개발과 운영을 담당하고 있으며, 2004년에는 Hesse-Noord Natie가 Deurganckdok의 서쪽 컨테이너터미널 개발과 운영담당 회사로 선정됨.

○ 앤트워프항의 장점 중 하나는 유럽 각 지역과 잘 연결된 철도 수송망을 갖고 있는 점으로 다수의 국제철도노선의 기착지이며 하루 왕복 운행되는 셔틀 화물열차 편수가 220편에 달하고 있음. 2004년에 23.3백만톤의 화물이 철도로 수송됨.

○ 벨기에 철도청 (Belgian National Railway)에 의해 운영되는 EurailCargo Liner Trans of B-Cargo는 정해진 스케줄에 따라 셔틀 화물열차를 운행하고 있으며, 이 서비스는 남 프랑스, 스페인, 스위스, 오스트리아는 물론 이탈리아와 남부 독일까지 제공되고 있음.

○ 이와 같은 공공분야에서의 셔틀 화물열차 서비스뿐만 아니라 최근에는 DLC, Conliner, Hupac, IRP와 기타 민간회사 등에 의해서도 Antwerp항만과 유럽지역에의 셔틀 화물열차 서비스가 제공되고 있어 철도를 이용한 화물수송의 질과 가격이 점차 개선되고 있음.

라. 롱비치항(Port of Long Beach, 미국)

(1) 개요

○ 롱비치항은 미국 캘리포이아 주 서남쪽 해안에 위치해 있으며 산 페드로(San Pedro) 만의 동쪽 절반에 걸쳐 인공으로 만들어진 항구이며, 미서부의 대표적인 항만으로 가장 최신에 완공된 대표적인 터미널이기도 함.

○ 롱비치항은 너비 250m, 깊이 23m의 항구는 외항, 중앙항, 내항으로 구성되어 있으며, 태평양 연안에 위치하고 간만의 차가(1.14m) 별로 없는 양항으로써 중국과의 교역을 26%를 담당하고 있음. 초대형 선박 4척이 동시에 접안할 수 있는 1,530 미터의 대형선석을 확보하고 있고, 하역장비는 세계최대의 슈퍼 포스트 파나막스급(Super Post Panamax) 갠트리 크레인(Gantry Crane) 14기가 설치되어 있으며, 연간 250만 TEU의 컨테이너를 처리할 수 있는 초대형 터미널임.

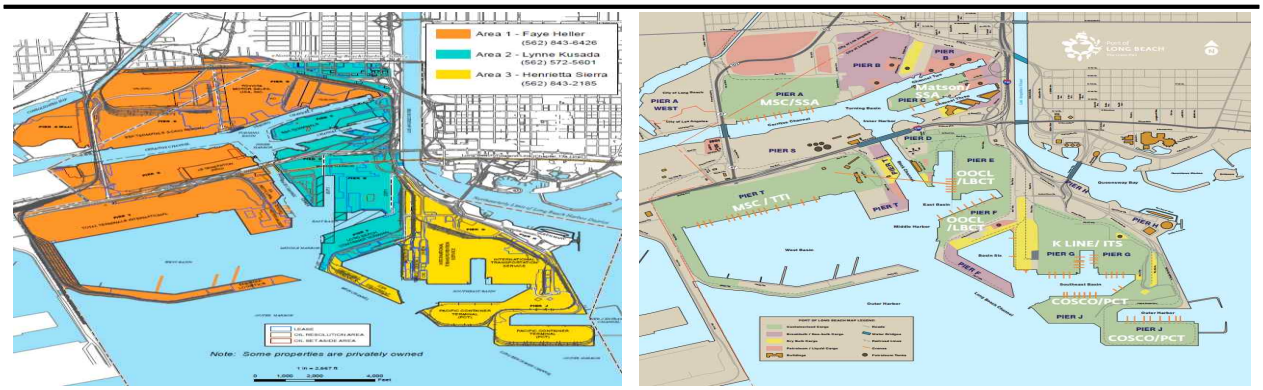
○ 터미널의 갠트리 크레인은 세계에서 가장 큰 것 중 하나로서 350피트(약 61.59미터) 길이에 100톤 화물을 처리할 수 있으며, 향후 초대형선(1만TEU급 이상) 운항에 대비한 최대 22열의 컨테이너를 작업할 수 있는 장비임.

○ 이웃항만과의 서비스경쟁(특히 LA항만)으로 화물유치에 적극적이고, 내항수로가 매우 협소(90m~110m)하나, 100m 수로 양안에 50,000WT급 선박을 접안하여 하역하고 있음.

○ 롱비치항은 10개 터미널, 80개 정박지, 74개의 갠트리 크레인(Gantry Crane)을 보유하고 있음.

○ 롱비치항은 항의 매립장의 147만평에 새로운 화물터미널, 도로, 철도 등을 설치하는 "산 페드로 베이포트 2020 계획(SAN PEDRO BAY PORT 2020PLAN)"을 채택하였으며 이 계획은 롱비치항의 장기 개발계획임.

- 2020계획에서는 산 페드로 베이항을 통하는 화물 이동량과 롱비치항의 화물 취급능력을 예측하고 있으며, 롱비치 항만 내 증가하고 있는 비화물 취급과 관련, 유류작업과 상업적 및 여가적 사용의 부수적인 사용 포함되어 있음.



*자료: Port of Long Beach Cargo Types Reps Map(http://polb.com/civica/filebank/blobdload.asp?BlobID=6907)

<그림 9> 롱비치항 터미널 위치도

(2) 롱비치항 터미널

(가) 시설 현황

○ 롱비치항은 7개의 메인 터미널이 위치하고 있으며, PierE(장래계획 포함)의 처리용량이 24,000TEUs로 가장 컸고, 그 다음으로 PierT와 PierJ가 18,000TEUs로 큰 것으로 나타남.

○ 터미널 면적으로는 PierT가 155ha로 가장 컸으며, PierJ는 Grantry Crane이 17개로 가장 많음.

<표 5> 롱비치항의 터미널 시설 현황

구 분	TTI/Pier T	SSA/Pier A	SSA/Pier C	LBCT/Pier E	LBCT/Pier F	ITS/Pier G	PCT/Pier J
Ship Capacity	18,000TEUs	9,500TEUs	4,500TEUs	24,000TEUs	8,800TEUs	11,000TEUs	18,000TEUs
Terminal Area	155.8ha	80.9ha	28.3ha	41.3ha	35.7ha	99.6ha	103.6ha
Length of Berths	1,524m	1,097m	549m	838m	838m	1,945m	1,799m
Wharf Height	4.5m	4.3m	4.4m	5.1m	4.4m	4.6m	4.5m
Gantry Cranes	14	10	3	8	7	15	17
On-dock Rail	yes	yes	no	yes	yes	yes	yes

*자료: 2016 Facilities Guide, Port of Long Beach

○ 2016년 롱비치항의 연간 컨터이너 취급량은 2015년에 대해 약 6% 감소한 677만 TEUs로 나타났으며, 이 중 상하역 물동량은 497만 TEUs로 약 73%를 차지하고 있음

<표 6> 롱비치항의 연간 컨테이너 물동량 처리량

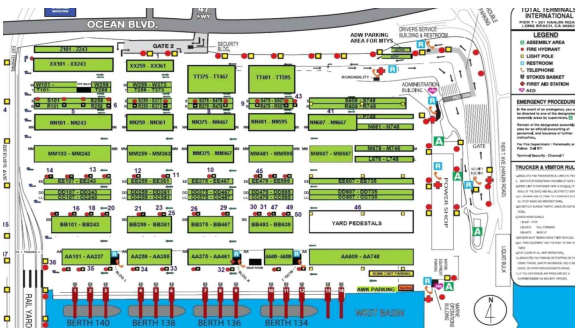
(단위: Container Trade in TEUs*, Yearly TEU Totals)

연도	Loaded Inbound	Loaded Outbound	Total Loaded	Empties	Total Throughput
2016	3,442,575	1,529,497	4,972,073	1,803,098	6,775,171
2015	3,625,263	1,525,560	5,150,823	2,041,243	7,192,066
2014	3,517,514	1,604,394	5,121,908	1,698,898	6,820,806
2013	3,455,323	1,704,932	5,160,255	1,570,318	6,730,573
2012	3,062,290	1,540,188	4,602,478	1,443,184	6,045,662
2011	3,024,965	1,506,693	4,531,658	1,529,427	6,061,085
2010	3,128,860	1,562,398	4,691,258	1,572,241	6,263,499

*자료: Port of Long Beach 홈페이지(http://www.polb.com/economics/stats/yearly_teus.asp)

(나) 터미널 내 운송체계

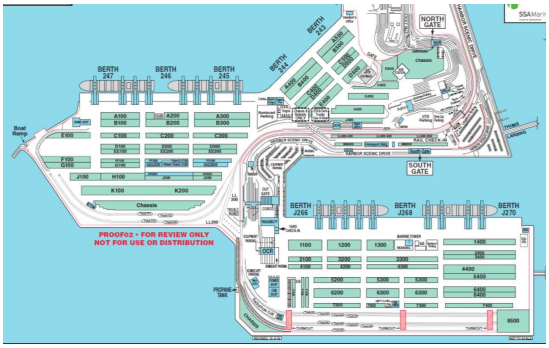
○ 롱비치항은 트레일러에 의한 도로운송 접근이 가능하며, PierC를 제외하고는 철도운송도 가능한 구조로 운영되고 있어 항내 각종 시설 접근이 용이하고, 효율적인 구조로 이루어져 있음.



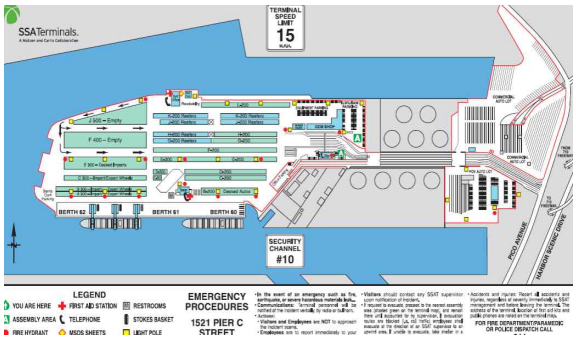
〈PierT〉



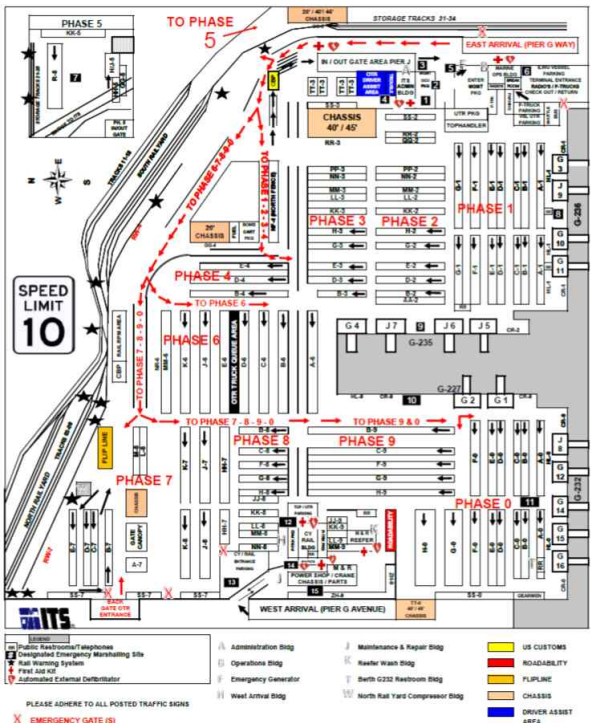
〈PierA〉



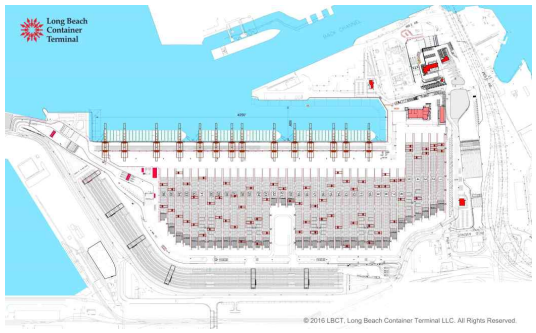
〈PierJ〉



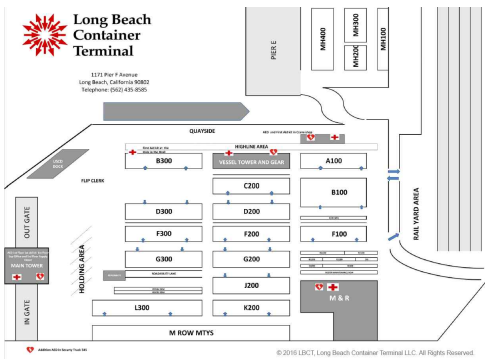
〈PierC〉



〈PierG〉



〈PierE〉



〈PierF〉

*자료: Port of Long Beach 홈페이지(http://polb.com/economics/cargotenant/containerized/piert.asp)

<그림 10> 롱비치항 터미널별 시설 배치도

마. 자동화 물류운송시스템

○ 해외 자동화물류운송시스템 중 본 연구의 인터모달 자동화물운송시스템과 같이 화차 회전형으로 세미트레일러를 상하역 할 수 있는 시스템은 프랑스의 모달로아, 영국의 카고스피드, 스웨덴의 플랙시웨건 등이 있음.

(1) 모달로아(Modalohr)

○ 철도레일과 도로에서 세미트레일러를 이동하는 상당히 잘 구축 된 수평 로딩 방식으로 특수 설계된 이중 관절식 왜건으로 기존의 세미 트레일러를 철도를 통해 기차로 운송

○ 유압식 지면 시스템이 장착 된 특수 터미널이 필요하고, 철도차량 정차 후 레일왜건이이 비스듬히 회전하여 Road-to-Rail 수평 적재가 가능하며, 수평 적재 시스템은 도로와 레일 사이의 신속하고 효율적인 적재 및 하역 및 신속한 이송 용이함

○ 단점으로 무거운 레일 왜건로 인해 에너지 소비가 증가하고 운영 비용 높음, 터미널은 맞춤형 방식으로 조성하며 필요한 수의 로딩 베이와 기동을 위해 필요한 공간이 크기 때문에 초기 투자가 많이 듬

○ 2003년부터 현재까지는 두 가지 주요 경로에서만 운영 중으로 토목 공사가 필요없는 기존의 철도 트랙에 설치할 수 있는 플러그 앤 플레이 터미널, 최소한의 토목 공사로 기존 현장에 배치 할 수 있는 작은 소형 터미널, 중형 터미널, 풀터미널 등이 있음



<그림 11> 모달로아(Modalohr) 터미널

(2) 카고스피드(CARGOSPEED)

○ 하역을 위하여 터미널 한쪽은 트랙터만 다른 쪽은 화물을 실은 트럭이 대기함.

○ 기차가 도착(허용오차 70cm 이내 진입)하여 전체 위치 조절 후 Pop-Up 장치가 상승하여 Wellfloor와 결합함.

○ 결합된 Pop-Up은 상승하여 화차 외부 프레임과 내부 Wellfloor를 분리시킴

○ Pop-Up이 회전하여 트럭은 트레일러와 결합하여 이재하고, 대기하던 트럭이 진입하여 적재한 후, 트랙터는 분리됨. 이전 작업을 반대로 수행하여 기차는 출발함.

○ 영국 Cargospeed International Ltd에서 개발되었으나, 아직 터미널이나 기술적으로 미완성 상태임.



<그림 12> 카고스피드(CargoSpeed) 동작

(3) 플레스웨건(Flexiwaggon)

○ 화차에는 유압구동식 가이드와 가이드를 받칠 수 있는 유압 받침대, 그리고 화차 회전을 위한 축으로 이루어져 있음.

○ 회전 화차에는 회전 후 유압으로 동작되는 화차 받침대와 트럭진입을 위한 가이드가 올리고 내릴 수 있는 구조로 되어 있으며, 화차 회전을 위한 구동장치와 고정을 위한 장치가 장착되어 있음.

○ 개발 중인 미검증 시스템이며, 전용 터미널이 없어도 되는 것을 장점 있지만 기존 터미널만큼의 부지는 요구됨



<그림 13> 플레스웨건((Flexiwaggon) 동작

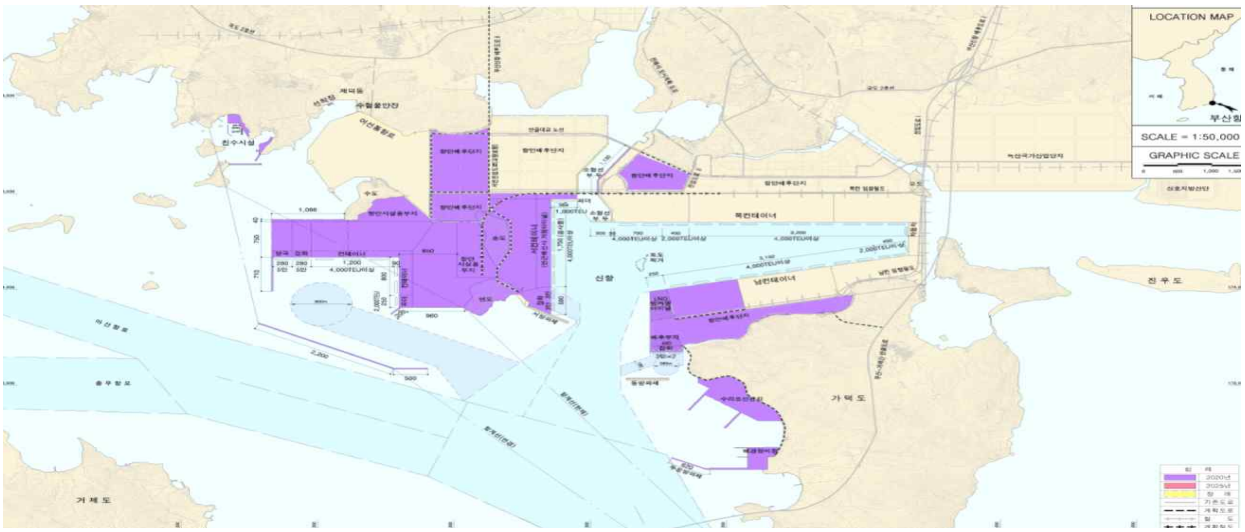
바. 부산신항(Port of Busan,한국)

(1) 개요

○ 부산신항은 1997년 9월 부산신항만주식회사(PNC, Pusan Newport Company)에 의해 2006년부터 터미널 운영을 개시하였으며, 부산항의 일부로서 국가관리 무역항에 속하며 제3차 전국 항만기본계획에 의해 확장 개발 중에 있음.

○ 부산항 전체로 살펴보면, 접안능력 137선석(여객 및 유류 포함), 하역능력 19,131천 TEU/년로서 세계 6위의 글로벌 항만으로서 기능을 하고 있으며, 주요 접안시설로는 양곡, 잡화, 피더, 컨테이너 등이 있음.

○ 부산신항은 현재 북컨테이너 터미널과 남컨테이너 터미널(일부)가 운영 중에 있으며, 남컨테이너 터미널 2-4단계와, 서컨테이너 터미널 2-5단계와 2-6단계는 공사 중에 있고, 3단계 확장사업도 공사 진행 중에 있음.



* 자료: 제3차 전국 항만기본계획 수정계획(2016~2020), 해양수산부, 2016

<그림 14> 부산신항 위치도 및 개발계획도

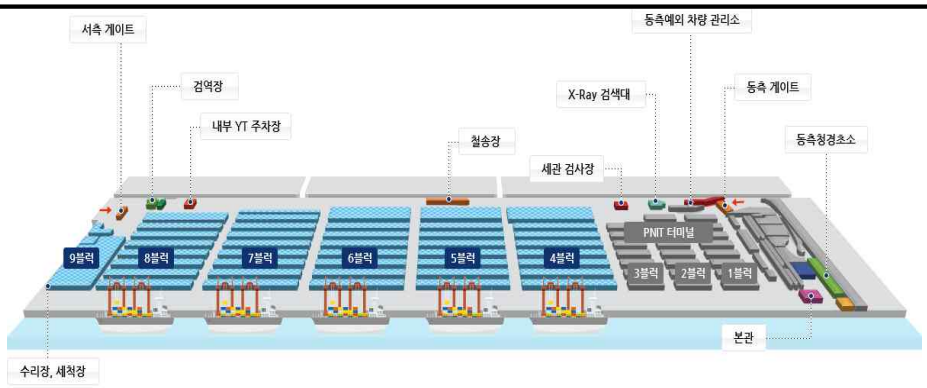
(2) 부산신항 터미널(1-1단계, 1-2단계, 2-3 단계)

○ 부산신항 1-1단계와 1-2단계 터미널은 각각 2006년, 2007년 준공되어, 부산신항만주식회사에서 운영・관리하고 있으며, 2-3단계는 2011년 준공되어 현대산업개발에 운영・관리하고 있음

○ 북컨테이너 터미널의 주요 시설로는 게이트(동측, 서측), 철송장, 세관검사장, X-ray 검색대, 차량관리소, 주차장 등이 있으며, 남컨테이너 터미널의 경우 게이트, 운영본부동, 부드뜰(APRON), 변전소, 정비동, 창고, 검색대, 경비실, 경비초소, 주유소, 주차장(트레일러, 트랙터, 샤시), 자동화 장치장, 철송장 등이 있음.

○ 북컨테이너(1-1단계,1-2단계) 및 남컨테이너(2-3단계) 터미널 내 시설물의 배치형태는 다음과 같음.

북컨테이너 (1-1) 및 (1-2) 단계





남컨테이너 (2-3) 단계 *계획도



LEGEND

NO.	CONTENT	NO.	CONTENT	NO.	CONTENT
①	Main Building (운영본부동)	⑧	Container Inspection Bldg. (검색대)	⑮	OOG Stacking Area(비규격컨 장치장)
②	Gate Complex (정문)	⑨	Guard House (경비실)	⑯	Trailer Station (트레일러 주차장)
③	APRON (부두들)	⑩	Security Tower (경비초소)	⑰	Parking Area (주차장)
④	Sub-Station Bldg. (변전소)	⑪	Gas Station (주유소)	⑱	RAIL TRANSPORT STATION (철송장)
⑤	Container Workshop Bldg.(정비동)	⑫	Yard Tractors Parking Area (트랙터 주차장)	⑲	Empty Container Area (공컨테이너 장치장)
⑥	CIS	⑬	Chassis Area (샤시 주차장)	⑳	Reefer (냉동컨테이너)
⑦	Labour Station & Tool Shed (창고)	⑭	Automated Yard Stacking Area (자동화 장치장)	㉑	Hazardous (위험물 컨테이너)

LEGEND

TGS Total (Phase 2-3) : 12,170TEU ground slot
- Automated Stacking Area : 7,014TEU ground slot
  자동화장치장 : 7,014TGS
- Empty Block Area : 406TEU ground slot
  공컨테이너 장치장 : 406TGS
- OOG Block Area : 44TEU ground slot
  비규격컨테이너 장치장 : 44TGS
- Future Area : 4,706TEU ground slot
  잠재 장치장 : 4,706TGS

: Future Area

*자료: 부산신항만주식회사 홈페이지(https://www.pncport.com/kor/index.php?pCode=terminal)[상] 부산항 신항 2-3단계 컨테이너부두 (4선석) 민간투자사업 보고서, 부산신항컨테이너터미널주식회사, 2007[하]

<그림 16> 부산항 신항 2-3단계 터미널 평면도

사. 내륙물류기지(한국)

(1) 개요

○ 내륙물류기지는 화물의 집하, 보관, 배송, 통관업무 등을 한 곳에서 처리할 수 있는 대규모 물류시설로 복합화물터미널(IFT, Integrated Freight Termianl)과 내륙컨테이너기지(ICD, Inland Container Depot)으로 구성됨.

○ 복합화물터미널(IFT)는 화물취급장, 배송센터, 복합창고 등을 갖추고, 택배 물품 등 다양한 제품의 보관에서부터 포장, 집배송 등 일련의 물류활동이 이뤄지는 광역물류시설에 해당됨.

○ 내륙컨테이너기지(ICD)는 항만과 동일한 수출입통관 시설을 갖추고, 내륙운송기능, 철도수송기능, 내륙통관기능 및 내륙하만기능 등을 담당하고 있음.

○ 내륙물류기지는 철도를 이용한 대형 중량화물 취급이 용이하고, One stop 물류서비스가 가능하며, 내수-수출입 화물연계 등을 통한 물류비 절감효과가 크고, 도로와 철도, 항만, 항공 등 2개 이상의 운송수단간 연계로 광역거점기능을 담당함.

○ 국내 내륙물류기지는 수도권(군포 IFT, 의왕ICD), 부산권(양산 IFT・ICD), 중부권(세종 IFT・ICD), 영남권(칠곡 IFT・ICD), 호남권(장성 IFT・ICD, 1단계) 등 5개 운영중이며 계획 중인 내륙물류기지는 1개소로 총 6개소 임

- 운영 중 : 5개소 〔수도권(군포・의왕), 부산권(양산), 중부권(세종), 영남권(칠곡), 호남권(장성)

- 계획 중 : 1개소 〔수도권 북부(파주)〕

<표 7> 국내 내륙물류기지 현황

구 분	수도권			중부권	부산권		호남권	영남권
	군포IFT	군포IFT 확장	의왕ICD	세종 IFT・ICD	양산IFT	양산ICD	장성 IFT・ICD	칠곡 IFT・ICD
위치	경기도 군포시 부곡동 일원	경기도 군포시 부곡동 일원	경기도 의왕시 이동 일원	충북 청원군 부용면 일원 등	경남 양산시 물금읍 일원	경남 양산시 물금읍 일원	전남 장성군 서삼면 일원	경북 칠곡군 지천면 일원
부지면적	381,736㎡	321,278㎡	753,127㎡	480,736㎡	316,944㎡	951,940㎡	520,782㎡	456,499㎡
사업기간	'94~'98	'03~'12	'92~'96	'03~'10	'92~'99	'92~'00	'98~'14	'04~'10
사업비	2,457억원	5,499억원	331억원	2,383억원	2,543억원	2,782억	3,323억원	2,984억원
추진방식	BOT	BOT	-	BOO	BOT	-	BOO	BOO
처리능력	581만톤/년	565만톤/년	137만 TEU/년	화물 236만톤/년, 컨테이너 35만TEU/년	371만톤/년	140만 TEU/년	화물 470만톤/년, 컨테이너 34만TEU/년	화물 357만톤/년, 컨테이너 33만TEU/년

*자료: 국토교통부 홈페이지(내륙물류기지, 2013)



수도권(군포) 복합물류터미널



부산권(양산) 복합물류터미널



호남권(장성) 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지



중부권(세종) 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지



영남권(칠곡) 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지



수도권북부(파주) 복합물류터미널 및
내륙컨테이너기지

*자료: 국토교통부 홈페이지(내륙물류기지, 2013)

<그림 17> 국내 물류기지

(2) 내륙물류기지 주요 시설

○ 수도권 내륙물류기지에 속하는 의왕ICD는 제1터미널과 제2터미널 등 2개로 이뤄져 있으며, 수도권 교통요지에 위치하여 수도권 최대의 수출입 컨테이너 기지의 역할과 기능을 담당하고 있음.

○ 의왕ICD 서측으로는 군포복합화물터미널이 위치하고 있고, 남부화물기지선인 종착역인 오봉역, 영동고속도로 동군포IC와 부곡IC, 과천봉담간도시고속도로 신부곡IC, 의왕IC 등과 인접하여 사통팔달의 교통여건을 확보하고 있음.

○ 의왕ICD는 경부선과 영동고속도로와 연결되어 철도 물류 중심 역할을 담당하고 있고, 특히 구로디지털단지, 시화 및 반월공단와 인접하여 터미널로서의 최적의 입지를 지니고 있음.



<그림 24> 의왕ICD 위치도

○ 철도선로는 11개로 총 연장 6,262m에 이르며, 의왕ICD~부산 간 1일 35회 왕복, 의왕ICD~광양간 1일 12회 왕복 등 일일 최대 2,350TEU 수송이 가능한 터미널임.

○ 주요 시설로는 철도하역장, 공용CY, 주유소, 차량정비고, 컨테이너 정비고, 관리동(본관, 주차장, CFS(Container Freight Sation) 등이 있음.

○ 철도하역장에는 철도로 운반된 컨테이너의 하역을 위해 3대의 트랜스테이너(인양능력 35t~40t)를 배치하여 화차에 적재된 컨테이너를 터미널 내 운송차량에 하역하고 있고, 그 외에도 야적장에서의 컨테이너 운송을 위해 리치스텍커(인양능력 45t~46t) 3대, 포크리프트(인양능력 9t) 1대 등을 보유하고 있음.

○ 수도권 : 의왕 내륙컨테이너기지(ICD) 및 군포 복합물류터미널(IFT)

- 주요시설 : 화물취급장 2동, 배송센타 7동, 복합창고 2동, 컨테이너작업장 3동, CY

<표 8> 수도권 내륙물류기지 세부시설

구분	시 설 규 모		동수	면적(㎡)
IFT	화물취급장	단층	11	62,888
	배송센터	복층(5층)	12	475,418
		복층(2,3층)	3	53,472
	복합창고	복층(3,4층)	2	56,090
	철도화물취급장	단층	1	3,180
	컨테이너야적장(CY)			25,579
합계				691,576
ICD	컨테이너 야적장(CY)			419,050
	컨테이터 작업장(CFS)		3	10,712
	지원시설			325,045
합계				754,807







<트랜스테이너(크레인)>

*자료: 의왕ICD 홈페이지 및 5대 내륙물류기지 현황자료(국토교통부)

<그림 25> 의왕ICD 철도노선도 및 주요 시설현황

○ 부산권 : 양산 복합물류터미널(IFT) 및 내륙컨테이너기지(ICD)

- 주요시설 : 화물취급장 7동, 배송센타 6동, 컨테이너작업장 10동, CY

<표 9> 부산권 내륙물류기지 세부시설

구분	시 설 규 모		동수	면적(㎡)
IFT	화물취급장	단층	7	34,664
	배송센터	복층(3층)	4	135,838
		단층	2	19,731
	컨테이너 야적장(CY)		2	20,602
합계				219,538
ICD	컨테이너 야적장(CY)			495,962
	컨테이터 작업장(CFS)		10	132,198
	지원시설			92,081
합계				720,241

○ 호남권 내륙물류기지

- 주요시설 : 화물취급장 4동, 배송센터 10동(복 4, 단층 5), CY, CFS

<표 10> 호남권 내륙물류기지 세부시설

구분	시 설 규 모		동수	면적(㎡)
IFT	화물처리장	단층	4	22,905
	배송센터	복층(3층)	4	155,206
		단층	6	51,265
ICD	컨테이너 야적장(CY)			9,000
	컨테이터 작업장(CFS)		2	93,412
합계				323,203

○ 중부권 내륙물류기지

- 주요시설 : 화물취급장 4동, 배송센터 4동, CY, CFS

<표 11> 중부권 내륙물류기지 세부시설

구분	시 설 규 모		동수	면적(㎡)
IFT	화물취급장	단층	4	22,798
	배송센터	복층(5층)	2	59,911
		단층	12	17,878
ICD	컨테이너 야적장(CY)			63,925
	컨테이터 작업장(CFS)		1	3,783
합계				173,422

○ 영남권 내륙물류기지

- 주요시설 : 화물취급장 7동, 배송센터 3동, CY, CFS

<표 12> 영남권 내륙물류기지 세부시설

구분	시 설 규 모		동수	면적(㎡)
IFT	화물취급장	폭30, 40m	7	31,297
	집배송센터	일반 창고	2	81,407
		하이랙 창고	1	32,807
ICD	컨테이너 야적장(CY)			150,000
	컨테이터 작업장(CFS)		1	4,225
합계				321,026

○ 수도권북부 내륙물류기지(계획)

- 주요시설 : 화물취급장 4동, 배송센터 4동, CY 7만㎡

<표 13> 중부권 복합화물터미널 및 내륙컨테이너기지 토지이용계획

구 분		면 적(㎡)	구성비(%)	구 분		면적(㎡)	구성비(%)
합 계		**479,779.9**	**100.0**				
내륙컨테이너기지	소계	276,379.0	57.5	복합화물터미널	소계	203,400.9	42.5
	컨테이너정착장	40,378.0	8.4		화물취급장	30,784.0	6.4
	배송센터	25,428.0	5.3		배송센터	47,442.0	9.9
	컨테이너화물조작장	5,596.0	1.2		야적장	4,054.0	0.8
	운영동	801.0	0.2		관리・편익동	1,730.0	0.4
	Gate-House	52.0	-		차량관제소	7.0	-
	관리동	236.0	-		차량정비소	2,829.0	0.6
	컨테이너정비야드	1,762.0	0.4		경비실	37.0	-
	섀시장치장	1,504.0	0.3		주유소	2,841.0	0.6
	야적장	19,342.0	4.0		세차장	1,423.0	0.3
	차량관제소	28.0	-		쓰레기집하장	537.0	0.1
	철도	22,477.0	4.7		전기실	758.0	0.2
	주차장	12,474.0	2.6		옥외집하장	165.0	-
	유수지	3,880.0	0.8		오・폐수처리장	1,219.0	0.3
	녹지	75,952.0	15.8		유수지	2,478.0	0.5
	휴게공원	6,349.0	1.3		주차장	20,482.0	4.3
	도로	60,120.0	12.5		휴게공원	9,120.0	1.9
					녹지	29,776.9	6.2
					도로	47,718.0	10.0

아. 사례 종합

○ 국내외 주요 항만 사례 검토결과, 도로와 철도 운송망을 기반으로 항만의 물류를 담당하고 있으며, 2개 이상의 운송수단을 연계한 인터모달시스템을 구축하고 있음.

○ 특히, 철도를 중심으로 터미널과 인접한 인터모달 시스템을 구축하고 있고, 자동화된 크레인을 이용하여 화물의 집하, 보관, 배송, 통관업무가 체계적으로 이뤄지고 있음.

○ 하지만, 터미널 개발 이후 운송체계의 개선이 크게 이뤄지지 않은 상태로 미국의 롱비치항 등 노후화된 터미널을 중심으로 터미널 중장기 개발계획이 수립되고 있는 것으로 파악됨.

○ 특히, 터미널 내부의 효율적인 인터모달 시스템을 구축하기 위해 터미널 내 도로 및 철도 운송의 효율적인 동선을 확보하기 위해 지속적으로 검토가 이뤄지고 있는 것으로 나타남.

○ 부산신항에서와 같이 터미널 개발이 이뤄지고 있는 지역에서는 터미널 내 교통체계의 효율성이 중요시되고 있어 향후 자동화된 인터모달 시스템 개발 및 적용시 지속적인 개선노력이 요구되고 있음.

○ 항만 터미널 특성상 넓은 부지에 각종 부대시설이 입지함에 따라 터미널 내 차량동선의 최적화를 위한 다양한 대책이 마련되어야 할 것이며, 특히 시설의 입체화를 통한 공간의 효율적인 활용방안도 요구되고 있음.

○ 복합화물터미널(IFT, Integrated Freight Terminal)은 주로 대도시 인근에 배치하여 화물취급장, 배송센터, 복합창고 등을 갖추고, 택배 물품 등 다양한 제품의 보관에서부터 포장, 집배송 등 일련의 물류활동 등을 한 곳에서 처리 할 수 있는 시설임.

○ 내륙컨테이너 기지의 공간 및 시설들에 대한 세부적인 토지이용계획을 검토해 보면 컨테이너정착장, 배송센터, 컨테이너화물조작장, 운영동, Gate-House, 관리동, 컨테이너정비야드, 섀시장치장, 야적장, 차량관제소, 철도, 주차장 등이 있음.

○ 해외 사례 중 전체적으로 화차개발과 운용측면에서 모달로아와 유사하지만, 규모에 따라 터미널 건설비용이 많이 드는 것이 단점이며 선로 양쪽 트럭 구간보다 낮게 궤도를 건설해야 되는 등 전용터미널 건설 대비 화차운영이 다소 복잡함.

○ 5개 내륙물류기지의 규모는 39만㎡~95만㎡로 편차가 큰 편이며, 평균적으로 46만㎡의 규모로 조성 되어있으며, 중부 내륙컨테이너 기지의 규모는 48만㎡임.

○ 인터모달터미널에 대한 도입시설은 기존 내륙컨테이너기지의 세부시설들에 대한 세부사항을 검토하여 도입시설을 선정함.

2. 관련법규 검토

가. 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법

<표 14> 철도의 정의

구분	주요내용
제2조 정의	▪ 철도의 선로(선로에 딸리는 시설을 포함), 역 시설(물류시설, 환승 시설 및 역사(驛舍)와 같은 건물에 있는 판매시설·업무시설·근린생활시설·숙박시설·문화 및 집회시설 등을 포함한다) 및 철도 운영을 위한 건축물·건축설비 ▪ 선로 및 철도차량을 보수·정비하기 위한 선로 보수기지, 차량 정비기지 및 차량 유치시설 ▪ 철도의 전철전력설비, 정보통신설비, 신호 및 열차 제어설비 ▪ 철도노선 간 또는 다른 교통수단과의 연계 운영에 필요한 시설 ▪ 철도기술의 개발·시험 및 연구를 위한 시설 ▪ 철도경영연수 및 철도전문인력의 교육훈련을 위한 시설 ▪ 그 밖에 철도의 건설·유지보수 및 운영을 위한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설

나. 철도건설규칙

<표 15> 철도건설규칙

구분	주요내용
제2조 정의	▪ "차량"이란 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차·객차(客車)·화차(貨車) 및 특수차 ▪ "열차"란 동력차에 객차 또는 화차 등을 연결하여 본선을 운행할 목적으로 조성한 차량 ▪ "본선"이란 열차운행에 상용(常用)할 목적으로 설치한 선로 ▪ "측선"이란 본선 외의 선로 ▪ "설계속도"란 해당 선로를 설계할 때 기준이 되는 상한속도 ▪ "선로"란 차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반(路盤) 또는 인공구조물로 구성된 시설 ▪ "궤간"이란 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14밀리미터 아래 지점을 기준 ▪ "캔트"(Cant)란 차량이 곡선구간을 원활하게 운행할 수 있도록 안쪽 레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것 ▪ "정거장"이란 여객 또는 화물의 취급을 위한 철도시설 등을 설치한 장소[조차장(열차의 조성 또는 차량의 입환(入換)을 위하여 철도시설 등이 설치된 장소를 말한다) 및 신호장(열차의 교차 통행 또는 대피를 위하여 철도시설 등이 설치된 장소를 말한다)을 포함한다] ▪ "선로전환기"란 차량 또는 열차 등의 운행 선로를 변경시키기 위한 기기 ▪ "종곡선(縱曲線)"이란 차량이 선로 기울기의 변경지점을 원활하게 운행할 수 있도록 종단면에 두는 곡선 ▪ "궤도"란 레일·침목 및 도상(道床)과 이들의 부속품으로 구성된 시설 ▪ "도상"이란 레일 및 침목으로부터 전달되는 차량 하중을 노반에 넓게 분산시키고 침목을 일정한 위치에 고정시키는 기능을 하는 자갈 또는 콘크리트 등의 재료로 구성된 구조부분 ▪ "슬랙"(Slack)이란 차량이 곡선구간의 선로를 원활하게 통과하도록 바깥쪽 레일을 기준으로 궤간을 넓히는 것 ▪ "건축한계"란 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도상에 설정한 일정한

	공간 ▪ "전차선로"란 동력차에 전기에너지를 공급하기 위하여 선로를 따라 설치한 시설물로서 전선, 지지물(支持物) 및 관련 부속 설비를 총괄 ▪ "기지"란 화물의 취급 또는 차량의 유치 등을 목적으로 시설한 장소로서 화물기지, 차량기지, 주박기지(駐泊基地), 보수기지 및 궤도기지 등 ▪ "신호소"란 열차의 교차 통행 및 대피를 위한 시설이 없이 열차의 운행에만 필요한 상치신호기(常置信號機)(열차제어시스템을 포함한다)를 취급하기 위하여 시설한 장소 ▪ "건널목보안장치"란 도로와 철도가 평면교차하는 건널목에 열차, 자동차 및 사람 등의 통행에 안전을 확보하기 위하여 설치하는 각종 보안설비 ▪ "열차제어시스템"이란 열차운행을 직접적으로 제어하기 위하여 연동장치 및 열차자동제어장치 등을 유기적으로 결합하여 하나의 시스템을 구성하는 것 ▪ "궤도회로"란 열차 등의 궤도점유 유무를 감지하기 위하여 전기적으로 구성한 회로 ▪ "신호기"란 폐색구간(閉塞區間)의 경계지점 및 측선의 시점 등 필요한 곳에 설치하여 열차운행의 가능 여부 등을 지시하는 신호기 및 신호표지 등의 장치 ▪ "폐색구간"이란 선로를 여러 개의 구간으로 나누어 반드시 하나의 열차만 점유하도록 정한 구간 ▪ "연동장치"란 신호기·선로전환기·궤도회로 등의 제어 또는 조작이 일정한 순서에 따라 연쇄적으로 동작되는 장치 ▪ "통신설비"란 열차운행 및 철도운영에 관한 정보(음성, 부호, 문자 및 영상 등)를 송수신하거나 표출하기 위한 통신선로 등의 통신설비와 이에 부속되는 설비 등 ▪ "전기동차전용선"이란 도시교통 처리를 주목적으로 전기동차가 운행되는 선로로서 디젤기관 등에 의한 여객열차·화물열차는 운행되지 아니하는 선로

다. 철도의 건설기준에 관한 규정

<표 16> 철도건설기준

구분	주요내용
제5조 궤간	▪ 궤간의 표준치수는 1천435밀리미터
제6조 곡선반경	▪ 설계속도에 따라 설정
제7조 캔트	▪ 안정성 및 승차감을 확보를 위해 산출된 캔트
제8조 완화곡선의 삽입	▪ 설계속도에 따라 곡선반경을 가진 곡선과 직선이 접속하는 곳에는 완화곡선을 두어야 함
제9조 직선 및 원곡선의 최소 길이	▪ 설계속도에 따라 설정
제10조 선로의 기울기	▪ 설계속도에 따라 설정
제11조 종곡선	▪ 설계속도에 따라 종곡선 설치

라. 물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률

<표 17> 물류시설 및 단지

구분	주요내용
제2조 정의	▪ 물류시설 - 화물의 운송·보관·하역을 위한 시설 - 화물의 운송·보관·하역과 관련된 가공·조립·분류·수리·포장·상표부착, 판매·정보통신 등 - 물류의 공동화·자동화 및 정보화를 위한 시설 - 가목부터 다목까지의 시설이 모여 있는 물류터미널 및 물류단지 ▪ "물류터미널"이란 화물의 집화(集貨)·하역(荷役) 및 이와 관련된 분류·포장·보관·가공·조립 또는 통관 등에 필요한 기능을 갖춘 시설 ▪ "복합물류터미널사업"이란 두 종류 이상의 운송수단 간의 연계운송을 할 수 있는 규모 및 시설을 갖춘 물류터미널사업 ▪ "물류단지"란 물류단지시설과 지원시설을 집단적으로 설치·육성하기 위하여 일단(一團)의 토지 및 시설 ▪ "일반물류단지시설"이란 화물의 운송·집화·하역·분류·포장·가공·조립·통관·보관·판매·정보처리 등을 위하여 일반물류단지 안에 설치되는 다음 각 목의 시설을 말한다. - 물류터미널 및 창고 - 대규모점포·전문상가단지·공동집배송센터 및 중소유통공동도매물류센터 - 농수산물도매시장·농수산물공판장 및 농수산물종합유통센터 - 궤도사업을 경영하는 자가 그 사업에 사용하는 화물의 운송·하역 및 보관 시설 - 축산물 작업장 - 조합 또는 그 중앙회가 설치하는 구매사업 또는 판매사업 관련 시설 - 화물자동차운수사업에 이용되는 차고, 화물취급소, 그 밖에 화물의 처리를 위한 시설 - 의약품 도매상의 창고 및 영업소시설 - 물류기능을 가진 시설 - 가목부터 자목까지의 시설에 딸린 시설 ▪ "지원시설"이란 물류단지시설의 운영을 효율적으로 지원하기 위하여 물류단지 안에 설치되는 다음 각 목의 시설 - 대통령령으로 정하는 가공·제조 시설 - 정보처리시설 - 금융·보험·의료·교육·연구·업무 시설 - 물류단지의 종사자 및 이용자의 생활과 편의를 위한 시설 - 그 밖에 물류단지의 기능 증진을 위한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설
제7조 복합물류터미널 사업의 등록	▪ 복합물류터미널이 해당 지역 운송망의 중심지에 위치하여 다른 교통수단과 쉽게 연계 ▪ 부지 면적이 3만3천제곱미터 이상 ▪ 각 시설 - 주차장, 화물취급장, 창고 또는 배송센터

마. 물류단지 개발지침

<표 18> 물류단지 기준

구분	주요내용
제5조 물류단지 지정 시 검토기준	▪ 물류단지를 지정하려는 때에는 종합계획에 적합한지의 여부와 다음 각 호의 사항을 종합적으로 검토하여 적정입지 선정 - 사업대상 토지의 가격수준 - 도로, 철도, 항만, 공항, 운하 등 수송체계에 따른 접근성 - 용수, 상·하수도, 통신, 에너지, 하·폐수처리시설 등 기반시설 확보의 용이성 - 토지이용관련법령이나 광역도시계획·도시기본계획 등 토지이용계획 등에 따른 토지이용의 제한 여부 - 물류권역 및 거점 안의 물동량 추이 - 기존의 물류단지시설 또는 설치 중이거나 계획된 물류단지시설과의 사업의 중복추진 여부 - 배후 도시의 여건 - 자연환경·생활환경 및 하류지역의 용수사용 등에 대한 영향검토 - 국토종합계획, 국가물류기본계획, 광역권개발계획, 지역계획 등 관련 계획과의 연계성 여부 - 물류단지의 집단화 가능성 및 물류단지시설 간 서로 유기적인 기능의 발휘 여부 - 물류단지의 경제성 및 지역경제에의 파급효과 - 관계 행정기관 및 지역 주민의 의견 - 물류단지 입주수요의 사전조사 여부
제8조 토지이용계획	▪ 토지이용계획의 용지분류에 따라 물류단지시설용지(물류시설용지, 상류시설용지로 구분) 및 복합용지, 지원시설용지, 공공시설용지로 구분하여 수립 ▪ 물류단지에는 물류단지시설용지의 비율이 공공시설용지를 제외한 면적의 60% 이상으로(도시첨단물류단지의 경우 50%이상), 그 물류단지시설용지에는 물류시설용지가 60% 이상으로 계획
제11조 시설물등의 설치기준	▪ 물류단지의 개발로 건축물·공작물·시설물 등을 설치함에 있어 법 또는 이 지침에서 정하지 않은 사항에 대하여는 건축법령·국토의 계획 및 이용에 관한 법령·도시공원법령·도로법령·유통산업발전법령·농수산물유통 및 가격안정에 관한 법령 그 밖의 관계 법령에 적합하게 설치 ▪ 물류단지 안의 시설물 등이 서로 유기적으로 연계되고 효용이 증대되도록 합리적이고 효율적으로 배치 ▪ 화물자동차가 물류단지에 출입하거나 물류단지 안에서 통행 및 주·정차함에 있어 지장이 없도록 대책 강구 ▪ 화물자동차가 원활하게 출입할 수 있는 출입로의 확보 ▪ 물류단지에 출입하는 화물자동차를 수용할 있는 적정한수준의 화물자동차전용 주차장 또는 차고시설용지의 확보 ▪ 물류단지에는 해당 단지에 출입하는 화물자동차 운전자의 편의를 위한 대기시설·휴식시설·숙박시설·자동차정비업소 등을 설치 ▪ 물류단지의 설치운영으로 인하여 발생하는 대기오염, 악취, 소음·진동, 오·폐수, 비점오염물질 및 폐기물을 처리하거나 방지할 수 있는 시설 등을 적정하게 설치 ▪ 지원시설은 해당 물류단지 안의 물류단지시설의 운영을 효율적으로 지원하기 위하여 필요한 시설 및 도시첨단물류단지 내에서 첨단산업의 융복합 활성화를 위한 시설이어야 하며, 적정한 규모로 설치

바. 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙

<표 19> 도시계획시설(유통업무설비) 기준

구분	주요내용
제62조 유통업무설비	▪ 일반물류단지 ▪ 대규모점포·임시시장·전문상가단지 및 공동집배송센터 ▪ 농수산물도매시장·농수산물공판장 및 농수산물종합유통센터 ▪ 자동차경매장 ▪ 물류터미널 또는 화물자동차운수사업용 공영차고지 ▪ 화물을 취급하는 철도역 ▪ 화물의 운송·하역 및 보관시설 ▪ 하역시설 ▪ 창고·야적장 또는 저장소 ▪ 화물적하시설·화물적치용건조물 그 밖에 이와 유사한 시설 ▪ 축산물보관장 ▪ 생산된 자동차를 인도하는 출고장
제64조 유통업무설비의 구조 및 설치기준	▪ 유통업무설비에 설치할 수 있는 부대시설 및 편익시설의 종류 - 부대시설 : 사무소, 점포, 주차장, 종업원용 기숙사, 주유소, 저공해자동차에 연료를 공급하기 위한 시설 및 유통업무와 관련된 연구시설·금융시설·교육시설·정보처리시설 - 편익시설 : 주택, 총포, 골프연습장, 단란주점, 안마, 마권발매, 관람, 동식물원, 종교시설, 판매시설, 운수시설, 의료시설, 교육시설(일부), 노유자시설(일부), 수련시설 등 제외 - 유사한 시설로서 도시·군계획시설결정권자 소속 도시계획위원회의 심의를 거친 시설

제2절. 터미널 인프라시설물 설계 적용 기준 분석

1. 설계 기본사항

가. 설계기준 적용

○ 적용범위, 관련기준, 철도설계지침

나. 터미널 및 선로 설계기준(항목/적용기준/적용근거)

○ 설계속도 : 60km/h 이하

○ 설계하중 : 대차+트레일러

○ 궤간 : 1,435mm

○ 궤도 중심 간격 : V≤150km/h, 4.3m

○ 건축한계 확대 : 확대치수 w=24,000/R

○ 체감거리 : 최소 26m 이상

○ 켄트 : 최대설정 켄트/최대부족켄트/체감거리

○ 슬랙 : 적용값/제한/체감거리

○ 한계치수 : 차량한계/건축한계

○ 승강장(플랫폼) : 승강장설치R/승강장높이/연단거리/승강장길이

다. 건축한계 및 구조물 내공치수

○ 플랫폼 건축한계(직선구간의 경우)

- 레일상면승강장 높이
- 레일 중심에서 승강장간 거리

라. 플랫폼 + 천이구간 배선계획

○ 궤도설치 평면도 및 분기기 설치 계획

마. 터미널 설계 기본 방향

○ 터미널 입지

○ 기본배치 및 형식 검토(대안비교)

○ 시설계획(대안비교)

○ 선형 및 구조물계획(대안비교)

바. 터미널 플랫폼 시설 계획 기준

○ 궤도중심과 연단까지의 거리

○ 플랫폼 폭, 높이 산정

사. 구조물 설계 기본요소

○ 설계목표설정 : 계획성/환경성/시공성/안전성/유지관리/경제성

○ 적용공법 검토 및 선정

○ 구조물별 : 플랫폼, 연결로, 부대건축물, 주차장 등

○ 일반도 및 상세도

○ 구조물 적용기준

○ 구조물 설계 흐름도

○ 구조물별 적용설계법

○ 구조해석 흐름도

○ 구조해석(모델링 및 단면력도)

○ 해석결과(슬래브, 기둥, 벽체 등) 및 안정성 검토

아. 내진설계

○ 내진성능 수준 및 목표

○ 설계거동한계

○ 내진설계법 적용

○ 내진 검토결과

자. 내구성 설계

○ 내구성 저하요인분석 및 향상방안(인터페이스 中)

○ 내구성 설계(설계적용사항)

○ 내구성 설계 방법 및 모델 선정

○ 환경지수(ET)

○ 부재별 내구성 설계

차. 기타철도구조물 고려한 구조해석(해당여부)

○ 수화열 및 온도응력 해석

○ 방수설계

○ 부력안정성 검토

○ 지하수위적용기준검토

○ 플랫폼 피난 안전성 검토

카. 인터페이스 설계

○ 터미널 배치 및 규모계획 인터페이스

○ 노반분야 인터페이스

○ 궤도분야 인터페이스

○ E&M 인터페이스(전기/기계/신호/통신)

2. 터미널 구조물 설계 적정성 검토 항목

가. 설계기준의 적정성

○ 소요규모

○ 설계하중의 종류, 크기 및 부가하중

○ 사용재료의 종류 및 특징(재질, 강도)

○ 각종 설계기준 채택

나. 구조설계의 적정성

○ 구조계산에 필요한 각부재별 단면계수

○ 하중재하 위치결정

○ 지진력계산 방법

○ 설계방법에 따른 하중계수, 강도감소계수 적용

○ 산출된 최대단면력(휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트)의 안정성, 내구성, 사용성 검토 확인(OK 여부)

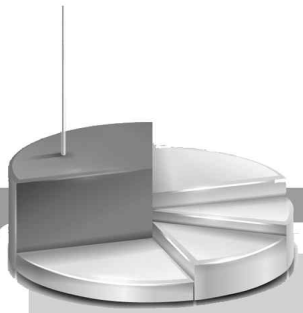
○ 상부구조의 처짐, 하부구조의 전도 및 활동 기초구조의 지지력, 변위정도 검토확인(OK여부)

○ 구조물에 국부적으로(하중집중부) 작용하는 하중 및 단면력 산정반영과 안정성 확보(*천이구간 플랫폼)

○ 상부구조물 신축이음부 안정성

○ 온도변화에 따른 구조물의 변위 및 단면력

○ 적용설계법 (강도설계 및 피로설계 등)의 기준 적용 여부



제3장 인터모달 터미널 기술개발

제1절. 기술의 개요
제2절. 차년도별 연구범위
제3절. 기본방향
제4절. 계획기준수립
제5절. 최적 이동동선을 고려한 터미널 Layout 대안 검토
제6절. 터미널 세부기준수립
제7절. 최적 이동동선을 고려한 터미널 Lay-out 대안 검토
제8절. 터미널 세부계획
제9절. 터미널 플랫폼 설계
제10절. 터미널 플랫폼 공사 및 유지관리지침
제11절. 인터모달 터미널 바닥마감재 선정 기술 개발
제12절. 하역지원설비의 검토 및 선정
제13절. 국내 인터모달 터미널 입지여건 검토
(부산신항↔부산·경남자유물류도시 사례)

제3장 인터모달 터미널 기술 개발

제1절. 기술의 개요

1. 인터모달 터미널 기술의 최종 목표(1단계)

○ 기존 운송수단과 신개념 인터모달 자동화물운송 시스템을 효율적으로 연계하기 위한 터미널 시설의 설계 및 시공으로 차량이동공간의 최적 이동 동선 확보

○ 트레일러의 원활한 상하역을 위한 하역지원 설비 기술의 검토 및 선정

○ 트레일러 및 적재하중을 고려한 적용가능 바닥 포장마감재 검토 및 선정

2. 인터모달 터미널 기술의 구성

○ 인터모달 터미널 기술은 터미널 설계 기술과 천이구간 특수구조물 기술로 분류됨인 터모달 터미널 설계 기술은 다음과 같이 구성됨

- 인터모달 터미널 최적 이동동선 확보 기술
- 토목기술 선재적 검토 기술
- 하역지원설비 기술의 검토 및 선정
- 포장마감재 기술

제2절. 차년도별 연구범위

1. 1차년도

○ 국내외 유사 설계 기술 사례 검토

○ 인터모달 터미널 특성 및 트레일러의 최적동선 확보(1)

○ 인터모달 터미널의 단층/복층 구조 검토(1)

2. 2차년도

○ 인터모달 터미널 특성 및 트레일러의 최적동선 확보(2)

○ 인터모달 터미널의 플랫폼 구조 검토(2)

○ 입지선정 여건 조사

○ 하역지원설비의 검토 및 선정

○ 포장마감재의 검토 및 선정

제3절. 기본방향

1. 인터모달 터미널 기본방향

○ 국내에서 철도를 이용한 컨테이너 화물수송시 상하역작업은 수직하역방식으로 크레인, 리치스테커 등을 사용하여 컨테이너를 이동시키고 있으며, 현재 철도차량의 운행속도, 환경오염문제 등으로 디젤 동력차에서 전기를 사용한 차량으로 대체되고 있으며, 전기전동차의 전기공급장비 등이 설치로 인하여 철도 화물의 수직하역방식의 상하역작업이 어렵게 되고 있음.

○ 수직상하역 방식이 아닌 다른 방식의 철도-도로간 인터모달 수송 방안의 연구가 진행되고 있으며, 그 중 RO&RO기능을 포함하여 상하역 장비없이 수송할 수 있는 방안이 추진되고 있음.

○ 본 연구의 인터모달 자동화물운송시스템의 기술 개발을 위해 운송대차 개발 및 운영시스템에 적합한 주차 및 차량 이동 방안, 공간규모, 바닥 마감재 등의 인터모달 터미널 개발이 필요함.

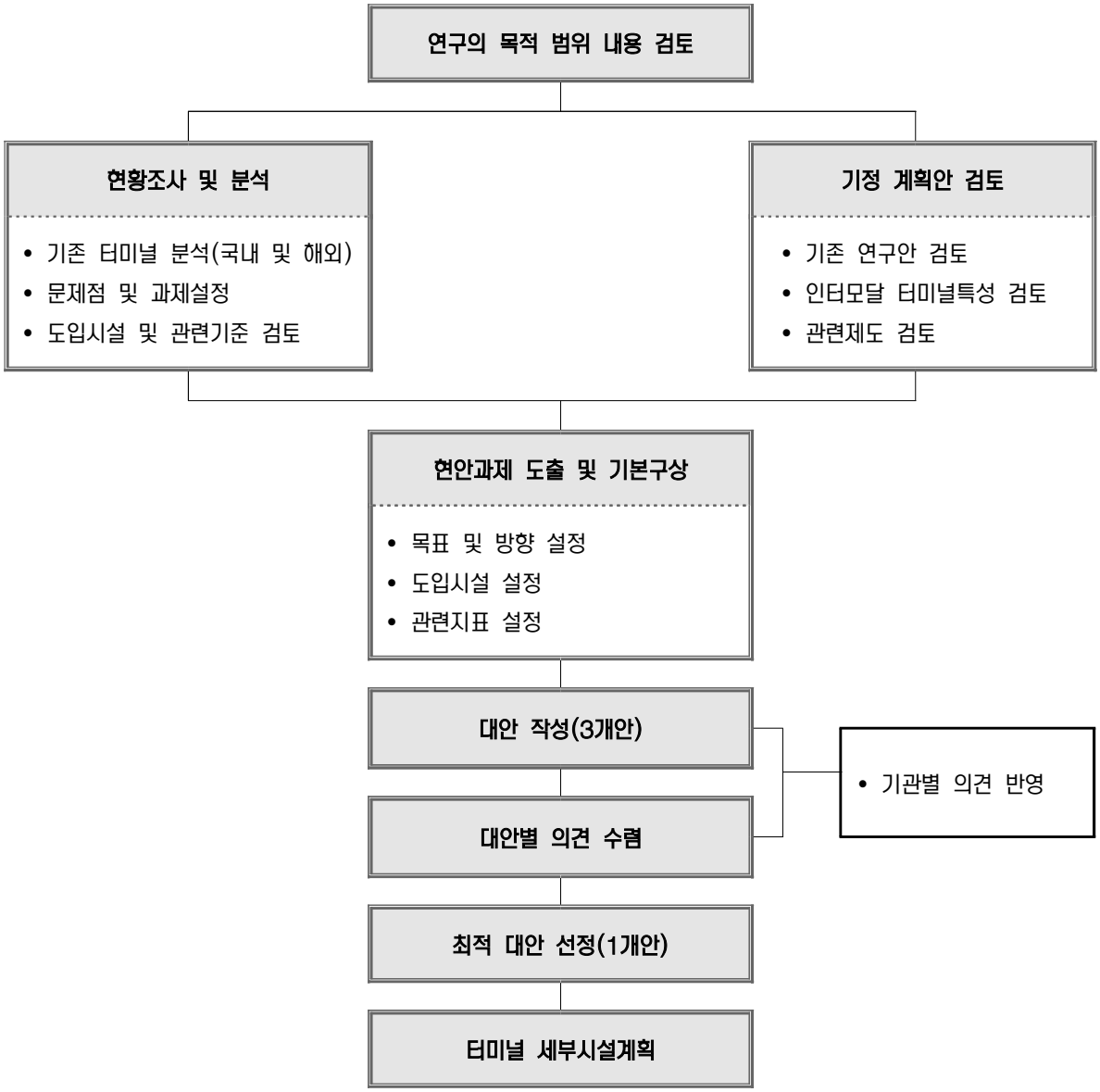
○ 본 연구의 인터모달 터미널의 개발은 포괄적인 인터모달 전용 터미널 설계 기준을 제시하는 것으로, 각 영역에 대한 최소 및 최적 방안을 계획하고 적정 면적을 산정하는 BOTTOM-UP방식으로 진행해야 됨을 이전 연구인「운송체계 인프라 시스템 기술 개발(1차년도)」(2017.12)에서 판단하였음.

○ 터미널 각 공간에 대한 최적의 이동동선을 분석하고, 적정 공간배분, 터미널 운영에 필요한 필수시설 공간배치 등을 계획하여 개념적인 인터모달 전용 터미널 기본설계 기준을 제시하는 것으로 추진함.

○ 터미널의 규모, 시설 등은 화물 물동량, 1일 최대화물처리용량 등을 감안하여 도입시설과 시설별 규모를 산정을 해야 하나, 본 연구의 현 시점에서는 운송대차 개발 및 운영 시스템 개발이 동시에 추진함에 따라 우선 결정된 운송대차 10대, 운영시간(적화, 하화, 이동) 1시간 등을 감안하여 계획을 수립함.

○ 터미널의 기본설계는 입지에 따라 적합한 방식(구조계획, 토공계획)이 적용됨에 따라 우선 개념적인 세부시설배치계획 및 필수 도입시설만 적용하여 검토하고 향후, 입지선정 후 지형 및 여건에 따라 터미널 단층/복층구조의 결정, 규모, 입체구조 등을 감안한 설계를 추진하는 것이 바람직함.

2. 계획수립과정


연구의 목적 범위 내용 검토
현황조사 및 분석
• 기존 터미널 분석(국내 및 해외)
• 문제점 및 과제설정
• 도입시설 및 관련기준 검토
기정 계획안 검토
• 기존 연구안 검토
• 인터모달 터미널특성 검토
• 관련제도 검토
현안과제 도출 및 기본구상
• 목표 및 방향 설정
• 도입시설 설정
• 관련지표 설정
대안 작성(3개안)
대안별 의견 수렴
• 기관별 의견 반영
최적 대안 선정(1개안)
터미널 세부시설계획

제4절. 계획기준수립

1. 인터모달터미널 도입시설 검토

○ 인터모달터미널은 내륙컨테이너기지의 화물터미널과 유사하게 수송, 하역, 저장 등 물류와 관련된 기능을 고루 갖출 필요가 있으며 경제성과 생산성을 위해 인터모달터미널내에 운영에 필수적으로 필요한 시설과 터미널운영에 따른 부대시설 등으로 구분하여 도입시설을 선정함.

○ 부대시설은 인터모달터미널 운영에 필요한 필수 시설이 아닌 보조적인 시설로 인터모달터미널 내에 설치하지 않고 인접하여 설치가 가능한 시설로 CFS(Container Freight Station), 컨테이너정비야드, 야적장(CY), 공급처리시설(하수처리장, 변전소, 급유시설, 세차시설, 주차장 등), 일반업무시설(일반사무기능, 공공업무기능, 금융기능, 서비스기능 등), 휴게시설 등에 대한 검토 실시

<표 20> 인터모달 터미널 필수도입시설 현황

구분	내용
철도플랫폼	▪ 운송대차 총 10대가 인입하여 정차 될 시설
컨테이너 적화 및 하화 작업장	▪ 운송대차에 세미컨테이터 차량이 섀시를 올리는(적화) 작업과 운동대차에서 세미컨테이너 차량이 섀시를 내리는(하화) 작업 시설
섀시대기장	▪ 하화 작업 후 출차 지연과 적화 작업전 대기를 위한 섀시 또는 전용트랙토 대기 시설
환적장치장(크레인)	▪ 외부차량과 인터모달 전용차량(트랙터) 간 컨테이너를 옮기는 시설
관제소	▪ 운송대차 진·출입과 적화·하화 작업 지시 및 모니터링하는 시설
운영동	▪ - 인터모달터미널 운영을 위한 인원과 장비를 관리하는 시설
Gate-House	▪ 인터모달터미널 진·출입하는 차량를 관리하는 시설
경비동	▪ 인터모달터미널의 보안, 안전 등을 위해 인원이 상주하는 시설

2. 설계기준 검토

○ 인터모달터미널 기본설계를 위한 터미널시설의 주요 기능과 주요 이용대상 차종을 고려하여 제반 법 규정과 설계지침을 검토하여 과업 목적에 적합하고 합리적인 계획를 수립하고자 함.

○ 계획 수립을 위해 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설」 및 「교통노면표시 설치·관리 매뉴얼」을 검토하였으며, “교통안전표지일람표, 경찰청, 교통안전공단”을 참조하였음.

가. 설계기준 자동차

○ 인터모달 터미널은 일반여객을 대상으로 하는 여객터미널이 아닌 대형화물차에 의해 화물의 적하·하역이 이루어지는 화물터미널로서 터미널시설의 주요 이용차종은 대형화물차가 대상이 됨.

○ 연결차에는 세미트레일러, 풀트레일러 및 중(重-Doubles)트레일러 등이 있으며 일반적으로 풀트레일러, 중트레일러가 세미트레일러에 비하여 운행 빈도 및 운행거리상 대표성을 결여하고 있어 설계기준 자동차의 제원으로서는 채용하지 않음.

○ 연결차의 길이는 세미트레일러에서 16.7m, 풀트레일러에서 19m의 규제치가 있으나, 길이 19m 특례를 인정하는 트레일러는 분리 운송이 불가능한 건설 중장비 등 운송용 저상트레일러로 제한하고 있으며, 일반적으로 회전시에는 세미트레일러가 큰 점유폭을 필요로 하므로 풀트레일러는 고려할 필요가 없음.

○ 세미트레일러의 길이는 12m 형상의 컨테이너로 운송하기 위한 연결차의 길이로서, 필요한 길이는 16.7m를 사용

○ 따라서 본 과업에서는 터미널시설의 설계기준자동차를 선정하는데 있어서 대형컨테이너 수송이 가능한 여러 종류의 트레일러 차종 중 일반적으로 운행빈도나 운행거리면에서 대표성을 가지는 세미트레일러를 설계기준자동차로 선정하였음.

○ 세미트레일러의 제원은 폭 2.5m, 길이 16.7m, 높이 4.0m 및 최소회전반지름(R) 12m로서 본 과업에 적용된 기준을 적용하였음.

<표 21> 설계기준 자동차 정의

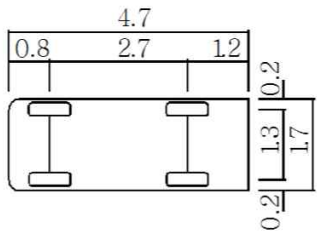
구분	주요 내용
승용자동차	▪ 「자동차관리법 시행규칙」 제2조에 따른 승용자동차
소형자동차	▪ 승용자동차와 「자동차관리법 시행규칙」 제2조에 따른 승합자동차·화물자동차·특수자동차 중 경형(輕型)과 소형
대형자동차	▪ 「자동차관리법 시행규칙」 제2조에 따른 자동차(이륜자동차는 제외한다) 중 소형자동차와 세미트레일러를 제외한 자동차
세미트레일러	▪ 앞 차축(車軸)이 없는 피견인차(被牽引車)와 견인차의 결합체로서 피견인차와 적재물 중량의 상당한 부분이 견인차에 의하여 지지되도록 연결되어 있는 자동차

<표 22> 설계기준 자동차의 제원

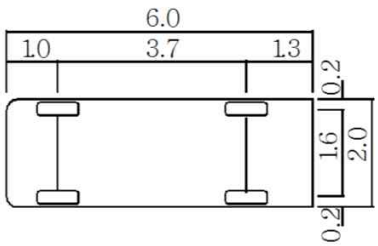
구분	폭	높이	길이	축간거리	앞내민 길이	뒷내민 길이	최소회전 반지름
승용자동차	1.7	2.0	4.7	2.7	0.8	1.2	6.0
소형자동차	2.0	2.8	6.0	3.7	1.0	1.3	7.0
대형자동차	2.5	4.0	13.0	6.5	2.5	4.0	12.0
세미트레일러	2.5	4.0	16.7	앞축간거리 4.2 뒤축간거리 9.0	1.3	2.2	12.0

비고) 1. 축간거리 : 앞바퀴 차축의 중심으로부터 뒷바퀴 차축의 중심까지의 길이를 말한다.
2. 앞내민길이 : 자동차의 앞면으로부터 앞바퀴 차축의 중심까지의 길이를 말한다.
3. 뒷내민길이 : 자동차의 뒷면으로부터 뒷바퀴 차축의 중심까지의 길이를 말한다.

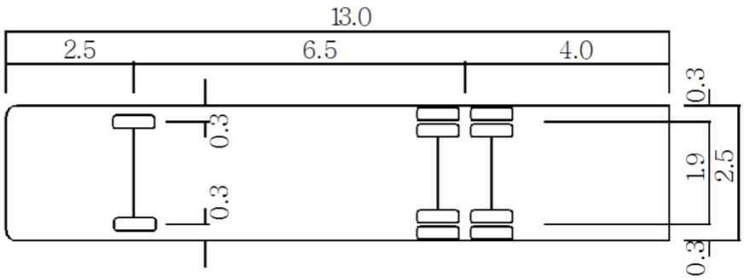
승용자동차



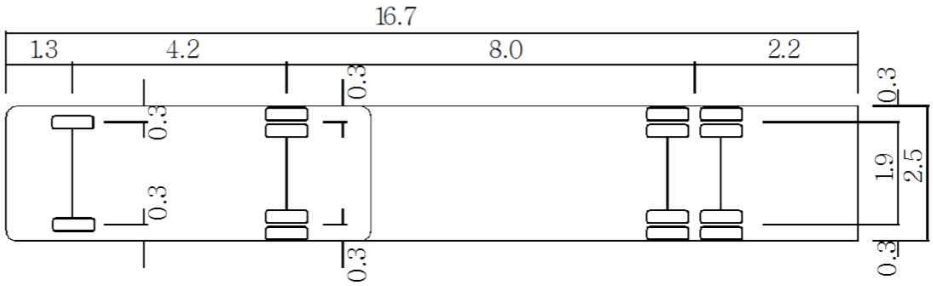
소형자동차



대형자동차



세미트레일러



<그림 26> 설계기준 자동차 제원(단위: m)

나. 진출입구 회전반경

○ 도로설계시 설계기준 자동차의 적용은 주로 평면곡선반지름, 확폭, 횡단구성 등 기하구조를 결정하는 중요한 요소이며 시거, 오르막차로, 종단곡선, 포장설계 등에서 별도로 설계기준 자동차를 규정하는 경우에는 그 기준 자동차를 적용함.

<표 23> 자동차 안전기준에 관한 규칙

구 분	길이	너비	높이	최소회전반지름	비고
일반기준	13.0 (16.7)	2.5	4.0	12.0	( ) : 연결자동차 제4조, 제9조
특례기준	19.0	2.75	없음	15.5	제114조 제1항

○ 특례기준의 규정은 제한된 구간이나 목적을 위하여 운행이 필요한 자동차에 대한 규격의 제한 값으로서 보도용 자동차, 분리하여 운반할 수 없는 규격화된 물품을 운송하는 자동차, 2층 대형승합 자동차, 최고속도가 25km/h 미만인 자동차 및 그 밖의 특수용도에 사용하는 자동차 등이 해당됨.

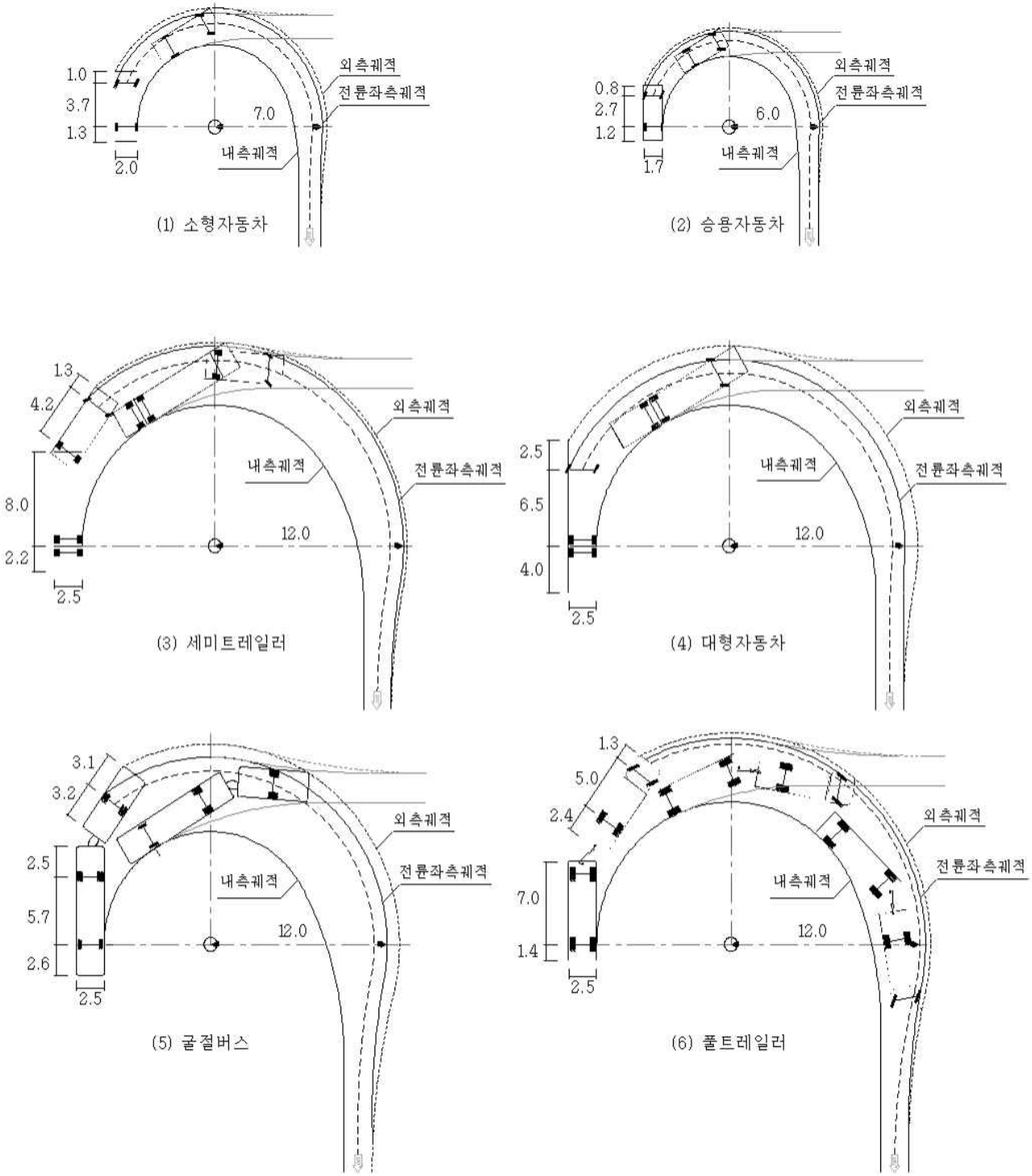
○ 자동차에 대한 최소 회전 반지름은 「자동차안전기준에 관한 규칙」 제9조에 의거하여 바깥쪽 앞바퀴자국의 중심선을 따라 측정할 때에 12m를 초과하여서는 안됨.

○ 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」해설서에서는 세미트레일러의 최소 회전반지름은 속도 15km/h 이하에서 전륜 좌측 바퀴의 회전 반지름을 12.0m로 제시하고 있으며, 풀트레일러, 굴절버스 역시 최소회전반경을 12m로 적용.

○ 미국의 AASHTO에서는 설계기준자동차(Design Vehicle)를 일반적으로 승용차, 버스, 트럭 및 레크레이션 차량 등 4가지로 분류하고 이를 일반적인 차종분류에 포함되는 차량을 대표하여 19개 설계기준 자동차로 구분하였음.

○ 국내 세미트레일러 기준과 유사한 중형 세미트레일러(WB-15) 회전반경은 최소 회전반경에 대한 차량 속도가 15km/h[10mph]미만시 전륜 좌측 바퀴의 회전 반지름은 13.72m이며, 국내의 기준과 다소 차이가 있으며 이는 규격화 된 12m(40ft)형상의 컨테이너 및 자동차재원의 차이에서 나타난 것으로 판단됨.

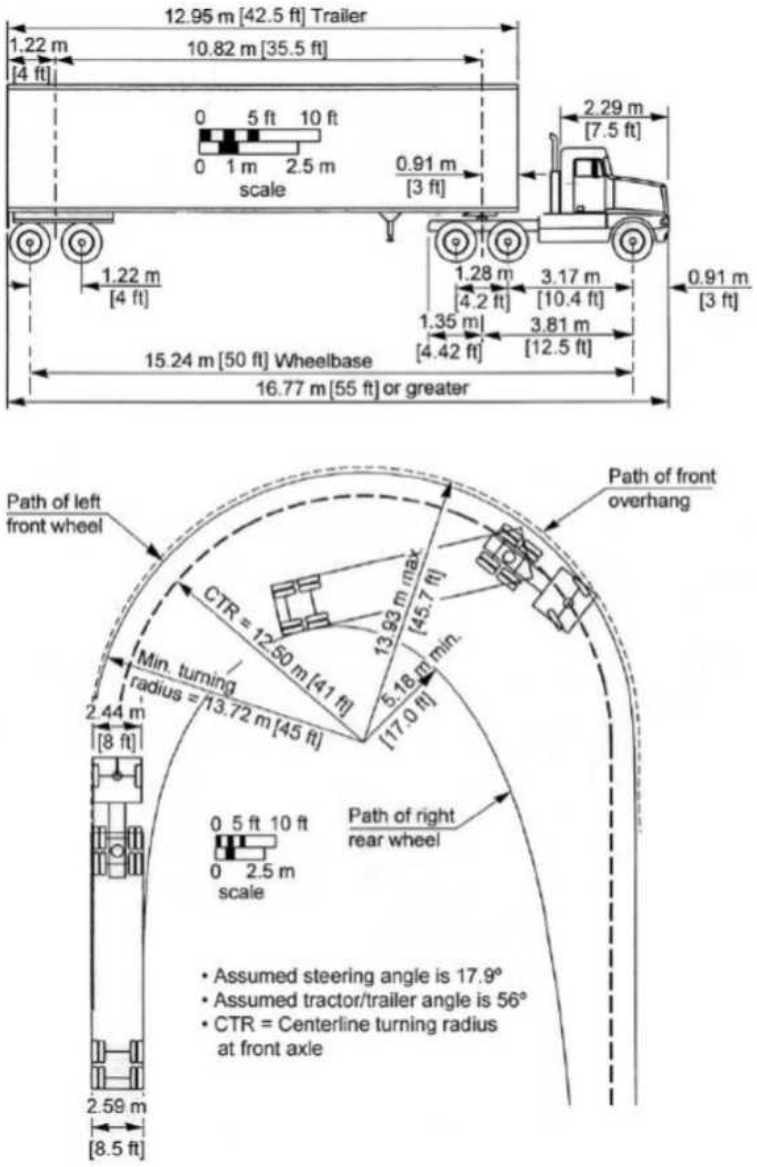
○ 미국의 기준은 앞바퀴의 오버행부분도 포함된 회전반경이 13.93m으로 국내에서는 제시되지 않은 부분을 제시하였으며, 터미널 운영시 세미트레일러의 원활한 이동을 위해 오버행 부분도 감안 된 회전반경 기준이 필요함.



<그림 27> 설계기준 자동차 회전궤적 (단위 : m)

<표 24> 미국 AASHTO의 설계기준 자동차

구분	기호	높이	폭	길이	앞 내민 길이	뒷 내민 길이	축거 1	축거 2	축거 3	축거 4
승용차	P	1.3	2.1	5.8	0.9	1.5	3.4			
단축트럭	SU	3.4-4.1	2.4	9.2	1.2	1.8	6.1			
버스										
주(州)간버스	BUS-12	3.7	2.6	12.2	1.8	1.9	7.3	1.1		
	BUS-14	3.7	2.6	13.7	1.8	2.6	8.1	1.2		
도시 통근버스	CITY-BUS	3.2	2.6	12.2	2.1	2.4	7.6			
일반 통학버스(65인승)	S-BUS 11	3.2	2.4	10.9	0.8	3.7	6.5			
대형 통학버스(84인승)	S-BUS 12	3.2	2.4	12.2	2.1	4.0	6.1			
분절버스	A-BUS	3.4	2.6	18.3	2.6	3.1	6.7	5.9		
트럭										
중형 세미트레일러	WB-12	4.1	2.4	13.9	0.9	0.8	3.8	8.4		
중형 세미트레일러	WB-15	4.1	2.6	16.8	0.9	0.6	4.5	10.8		
주간 세미트레일러	WB-19*	4.1	2.6	20.9	1.2	0.8	6.6	12.3		
주간 세미트레일러	WB-20"	4.1	2.6	22.4	1.2	1.4-0.8	6.6	13.2-13.8		
"Double-Bottom" 세미트레일러/트레일러	WB-20D	4.1	2.6	22.4	0.7	0.9	3.4	7.0	7.0	
삼단세미트레일러/ 트레일러	WB-30T	4.1	2.6	32.0	0.7	0.9	3.4	6.9	7.0	7.0
Turnpike Double 세미트레일러/트레일러	WB-33D*	4.1	2.6	34.8	0.7	0.8	4.4	12.2	13.6	
레크레이션 차량										
이동주택차	MH	3.7	2.4	9.2	1.2	1.8	6.1			
차량 및 캠핑 트레일러	P/T	3.1	2.4	14.8	0.9	3.1	3.4			
차량 및 보트 트레일러	P/B		2.4	12.8	0.9	2.4	3.4			
이동주택차 및 보트 트레일러	MH/B	3.7	2.4	16.2	1.2	2.4	6.1			



<그림 28> 미국 중형 세미트레일러(WB-15) 최소 선회 경로

○ 일본은 세미트레일러의 기준이 길이가 16.5m로 국내기준과 거의 유사하며 최소 화전 반경도 12.m로 국내기준과 같음.

○ 독일의 경우 자동차 재원중 2축 트럭이 국내 세미트레일러 기준과 유사하며 최소 화전 반경도 12.m로 국내기준과 같음.

<표 25> 일본 도로구조령의 설계기준 자동차

구분	폭	높이	길이	축간거리	앞내민거리	뒷내민거리	최소회전반지름
소형자동차	1.7	2.0	4.7	2.7	0.8	1.2	6.0
소형자동차 등	2.0	2.8	6.0	3.7	1.0	1.3	7.0
보통자동차	2.5	3.8	12.0	6.5	1.5	4.0	12.0
세미트레일러 연결차	2.5	3.8	16.5	앞축간거리:4.0 뒷축간거리 9.0	1.3	2.2	12.0

<표 26> 독일 RAS-K의 설계기준 자동차

구분	폭	높이	길이	축간거리	앞내민 길이	뒷내민 길이	최소회전 반지름
승용차	1.75	1.5	4.7	2.7	0.8	1.2	5.8
화물차	2.1	2.2	6.0	3.5	0.7	1.8	6.1
2축 트럭	2.5	3.8	12.0	6.5	1.5	4.0	12.0
3축 트럭	2.5	3.3	9.5	4.9	1.6	3.0	9.8
일반버스	2.5	3.0	11.0	5.6	2.4	3.0	11.2
굴절버스	2.5	3.0	17.3	5.6/6.2	2.5	3.1	10.5~11.3
이중트레일러	2.5	4.0	18.0	5.0/5.3	1.1/1.3	1.2/2.9	12.5

○ 본 연구에서는 도로의 굴곡부 및 교차로 가각부 등에 대한 계획 수립시 설계기준자동차의 제원에 따른 최소회전반지름(R) 12m이상 적용하였음.

○ 또한 화물을 싣고 내리기 위한 환적, 적화, 하역공간의 진·출입동선체계 계획 시에도 최소회전반지름(R) 12m 이상으로 교통처리계획을 수립하여 화물차의 원활한 운행을 도모하였음.

○ 국내 및 해외 기준들을 감안하여 터미널내 이동하는 세미트레일러 최소회전반경을 12m이상으로 하는 것이 타당하다고 판단됨.

○ 최소회전반경 12m는 앞 바퀴를 기준으로 설정된 것으로 행오버된 차량 부분과 터미널내 운행속도 등을 감안하여 세미트레일러 이동동선의 회전 반경을 15.0m로 설정하고, 그 외 전용트랙터, 소형차 등은 회전 반경을 7.0m를 적용함.

다. 차로 구성

○ 본 과업에서는 적정 차로폭의 적용을 위해 도시지역 일반도로를 기준으로 사업지 내부 통행속도를 고려할 때 설계속도는 60km/h 미만으로 적용하여 적정 차로폭의 기준을 3.0m 이상으로 적용하였음.

○ 또한 본 과업의 주요 이용차종인 세미트레일러의 제원을 고려하여 운행차량간 원활한 이동 및 안전성 향상을 위해 기본 차로폭을 3.5m로 계획하였음.

<표 27> 차로 기준

도로의 구분			차로의 최소 폭 (미터)		
			지방지역	도시지역	소형차도로
고속도로			3.50	3.50	3.25
일반도로	설계속도 (킬로미터/시간)	80 이상	3.50	3.25	3.25
		70 이상	3.25	3.25	3.00
		60 이상	3.25	3.00	3.00
		60 미만	3.00	3.00	3.00

라. 주차단위구획 및 주차 배치

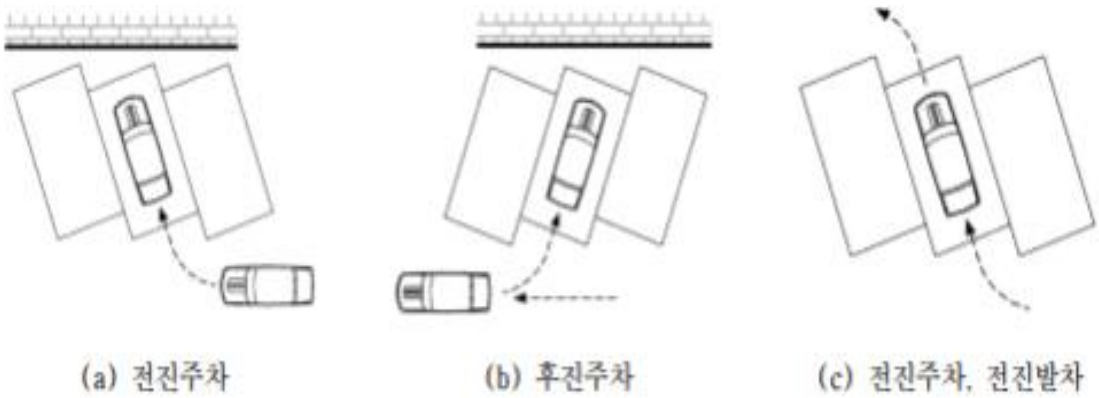
○ 주차단위구획을 정할 경우에는 차체와 다른 자동차 또는 방호울타리와의 여유폭(Clearance) 및 승객의 출입을 위한 자동차문의 여닫이를 고려해야 함.

○ 여유폭은 운전기술의 정도, 차체의 크기에 따라 필요한 값이 다르나, 일반적으로 30cm 정도이며 자동차문의 여닫이 여유는 50~80cm이며, 문을 열고 인접한 주차 자동차에 손상을 주지 않고 다소의 화물을 소지한 채 탑승할 수 있는 폭은 약 80cm가 필요하나 소형 자동차의 경우 혼잡한 상태에서는 50cm 정도로도 출입이 가능함.

○ 주차의 방법에는 전진(前進)주차와 후진(後進)주차가 있으며 전진주차는 주행해 온 자동차가 그대로 전진하여 주차 면에 정지하는 방식으로 나올 때는 후진하여 차로로 진입함에 따라 주차는 용이하나 나올 때는 시간이 다소 소요되며 차로의 투시도 여의치 않아 위험이 있음.

○ 후진주차는 주행해 온 자동차가 일단 정지하여 후진하면서 차체의 전면(前面)이 차로를 향하도록 주차하는 방법으로서 주차시에 다소 시간이 소요되나 나올 때는 바로 나올 수 있음.

○ 대형차는 주차, 발차의 어느 경우이든 후진을 피하고 전진주차, 전진발차를 원칙으로 하나 용지의 제약 등으로 후진주차가 불가피할 경우가 있음.



<그림 29> 주차방법

○ 주차단위구획의 배치방법은 평행주차와 각도(角度)주차로 분류, 전자는 차로의 진행방향에 평행하여 편측 또는 양측에 주차하는 것이며 후자는 차로의 진행방향과 각도를 이루고 주차하는 것임.

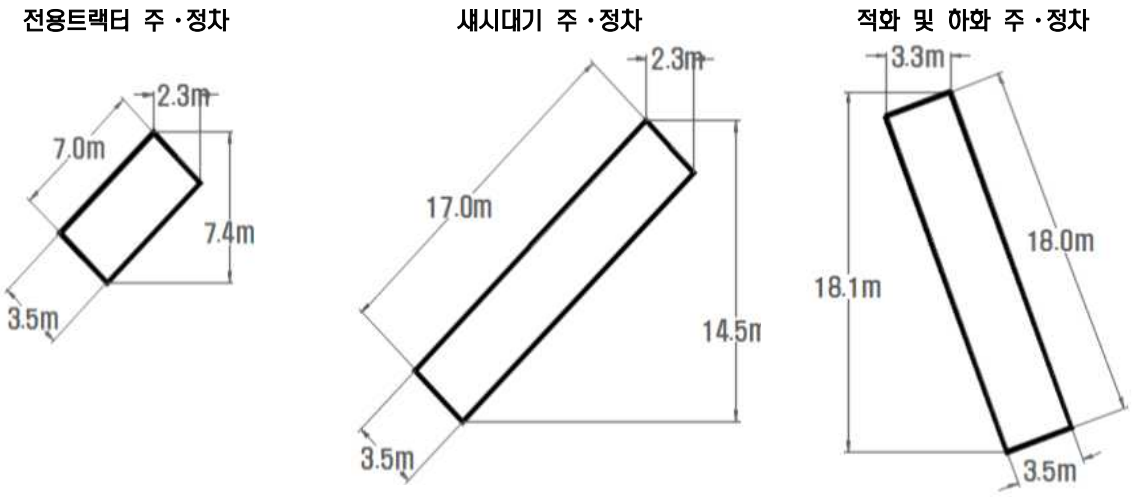
○ 터미널내 주·정차는 인터모달 철도 운송차량 적화 및 하화시, 하화후 대기, 섀시 대기 등에 정차와 주차가 필요함.

○ 플랫폼의 적화, 하화의 규격은 차량길이와 일적선으로 안전하게 운송대차에 진입할 수 있도록 주·정차 공간을 너비 3.5m 길이 18m로 설정함.

○ 섀시대기장은 전용트랙터가 분리된 섀시 등이 주로 주·정차하므로 차량길이와 유사한 너비 3.5m 길이 17m로 설정, 전용트랙터는 너비 3.5m, 길이 7m로 설정함.

○ 주차방식은 회전이 용이하지 않은 대형화물차인 점을 고려하여 전진주차 및 전진발차에 의한 주차방식을 적용하였으며, 적화 및 하화 주·정차는 대차의 회전각도를 반영한 70도 각도주차를 적용하고 섀시대기 주차의 각도는 45도로 설정하여 적용

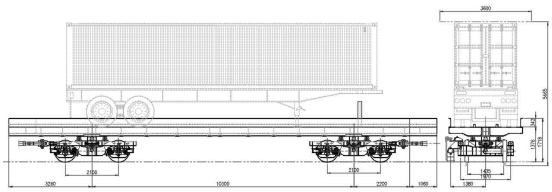
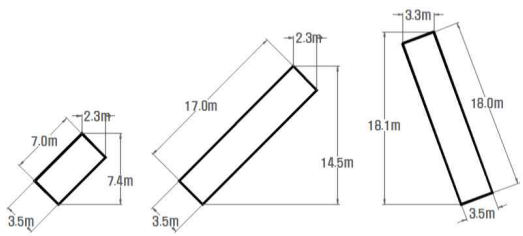
○ 차량의 진출입이 차량 진행방향과 유사하여 적화·하화에도 유리할 것이며, 주·정차 후 전진발차가 가능토록 세미트레일러는 회전반경 15m, 전용트랙터는 회전반경은 7m로 설정함.



<그림 30> 주·정차 기준

마. 기준의 종합

<표 28> 종합설계기준

항목	설계기준	비고
개발대차	▪ 차량연결중심거리 : 25,276mm ▪ 차체폭(W) : 2,920mm ▪ 차체길이(D) : 16,820mm ▪ 차체높이(H) : 1.718mm	
주차구획	▪ 플랫폼 주차폭(DxW) : 18.1mx3.3m ▪ 주차각도 : 70° ▪ 섀시대기 주차폭(DxW) : 14.1mx2.3m ▪ 주차각도 : 45° ▪ 전용트랙터 주차폭(DxW) : 7.4mx2.3m ▪ 주차각도 : 45° ▪ 전진주차-전진발차 방식	

<표 29> 인터모달 터미널 설계기준

항목	설계기준	비고
차량 회전반경	▪ 세미트레일러 차량 회전반경(R) 15.0m ▪ 전용트랙터 차량 회전반경(R) 7.0m ▪ 최소기준 12.0m	도로의 구조 및 시설에 관한 규칙
내부차로	▪ 차로폭 : 3.5m, 중앙분리대 : 2.5m	도로의 구조 및 시설에 관한 규칙
내부경사	▪ 직선부 구간 : 17.0% 이하 ▪ 곡선부 구간 : 14.0% 이하	주차장법 시행규칙 기준 적용
진출입구	▪ 출입 및 출구 각각 2개 차로 운영	-
도입시설	▪ 철도플랫폼 ▪ 섀시대기장 ▪ 환적장치장(크레인) ▪ 관제소 ▪ 운영동 ▪ Gate-House ▪ 경비동 ▪ 부대시설	-

제5절. 최적 이동동선을 고려한 터미널 Layout 대안 검토

1. Layout 설정 기본방향

○ 최적 이동동선에 대한 대안으로 동선에 따른 플랫폼 구조(복층구조, 단층구조)와 연결로 유형, 진출입구 등으로 터미널 진출입과 플랫폼의 진출입에 대한 이동동선을 중심으로 검토하였음.

○ 플랫폼내 세미트레일러의 적화 및 하화 방법과 동선, 주·정차 배치, 터미널내 작업동선, 시설규모 등 세부적인 계획 수립이 필요함.

○ 2차년도 신규 대안 검토시 적화 및 하화 방안 모색, 최적 공간규모를 우선 검토함.

○ 공간규모 설정 후 도입시설 재검토 하여 세부적인 건축계획, 교통계획 수립함.

2. 1차년도 Layout 검토(안)

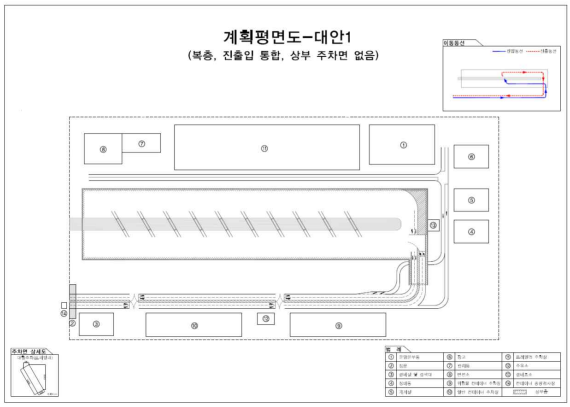
○ 복층구조 대안 5개와 단층 구조 대안 2개 등 총 대안 7개로 제시함.

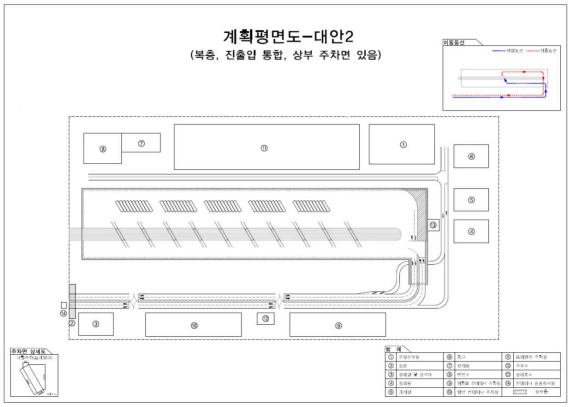
○ 각 대안의 차이는 플랫폼내 대기주차면 유무와 진입과 진출의 통합과 분리, 연결로의 유형으로 구분하여 대안이 설정되었음.

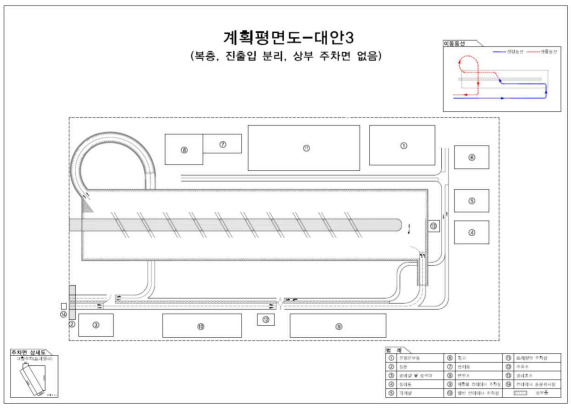
○ 각 대안에 대한 장단점은 분석되었으나 최적의 대안을 제시하지 못하였으며, 장단점은 건설비 증감과 교통혼잡의 여부 위주로 분석함.

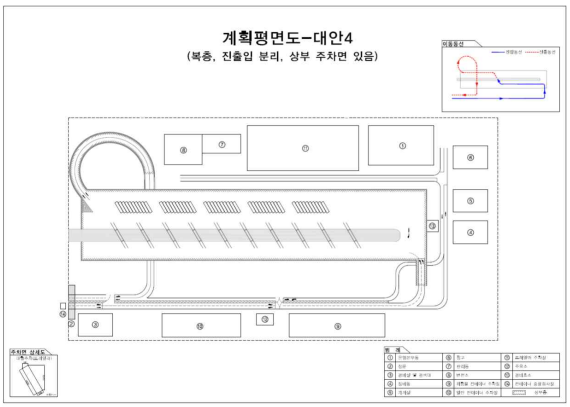
○ 기존 연구의 대안의 특성은 주로 터미널 게이트 및 플랫폼 진출입에 관한 사항과 플랫폼 외부공간 배치에 관한 사항으로 철도대차의 운영에 따른 트레일러 이동동선 및 대기 배치, 진출입을 감안한 이동동선 적정성, 배치된 시설의 공간의 규모 등은 검토되자 못하였으며, 터미널내 트레일러의 이동 동선에 대한 사항을 중요하게 검토되었음.

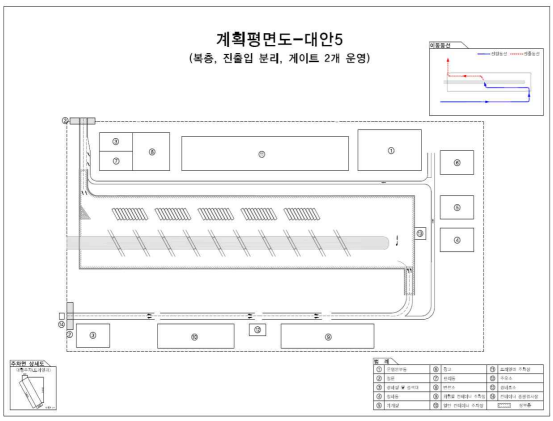
○ 신규 대안 검토시 새로운 차량 상하차 방안에 따른 이동동선, 터미널 운영에 필요한 시설 및 공규모 검토 등을 통하여 최적의 대안을 모색하여 세부적인 레이아웃과 건축계획, 교통계획 등을 검토 추진

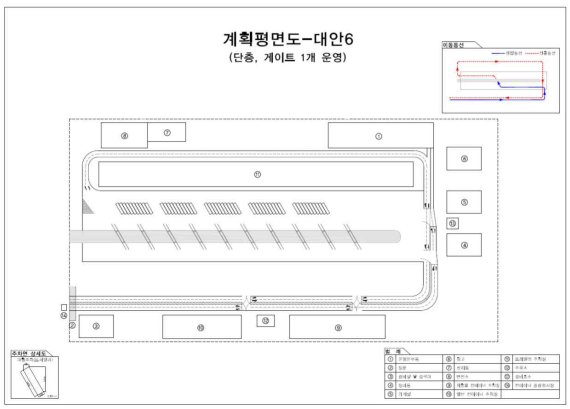


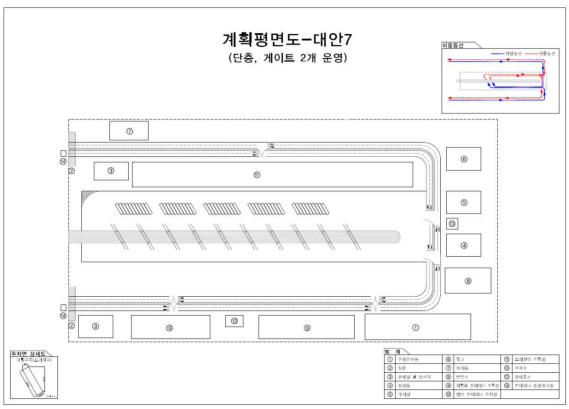












<그림 31> 기존 대안별 계획평면도

<표 30> 대안별 비교

구분	대안1	대안2	대안3	대안4	대안5	대안6	대안6
층구조	복층 구조					단층 구조	
대기 주차면	無	有	無	有	有	有	有
진출입 차로 운영	진입2, 진출2 (통합 운영)	진입2, 진출2 (통합 운영)	진입2, 진출2 (분리 운영)	진입2, 진출2 (분리 운영)	진입2, 진출2 (분리 운영)	진입2, 진출2 (통합 운영)	진입4, 진출4 (분리 운영)
게이트	1개소	1개소	1개소	1개소	2개소	1개소	2개소
연결로 유형	직결형	직결형	루프형	루프형	직결형	-	-
장점	· 설비용 절감 · 상부층전용 공간	· 건설비용 절감 · 상부층 전용 공간	· 안전성 증대 · 교통혼잡 최소화 · 상부층 전용 공간	· 안전성 증대 · 교통혼잡 최소화 · 상부층 전용 공간	· 이동편리성 증대 · 교통혼잡 최소화	· 건설비용 절감 · 이동편리성 증대	· 건설비용 절감 · 도로혼잡 최소화
단점	· 교통혼잡 우려 · 건설비 증가	· 교통혼잡 우려 · 차량 우회 거리 증가 · 건설비 증가	· 건설비 증가 · 부지 과다 사용	· 건설비 증가 · 부지 과다 사용	· 건설비 증가 · 운영에 따라 적용	· 환경적 요인 미반영 · 교통혼잡 우려 · 차량 우회 거리 증가	· 환경적 요인 미반영 · 교통혼잡 우려 · 운영에 따라 적용

3. 2차년도 Layout 검토안

가. 신규 대안 검토

○ 외부트랙터와 전용트랙터, 인터모달터미널 전용섀시 등 모두 사용 가능한 터미널 구상

○ 운송대차 총 10량으로 설정

○ 터미널의 플랫폼 설정시 구조물 설치로 가능하도록 계획하고 경제성 등을 감안하여 철도 공간, 적화 및 하화 공간 등은 최소 규모로 설정

○ 적화 및 하화시 세미트레일러의 이동동선 방법을 구분되는 대안을 설정하고 터미널 진출입은 다양한 방안으로 대안별로 다르게 하여 검토함.

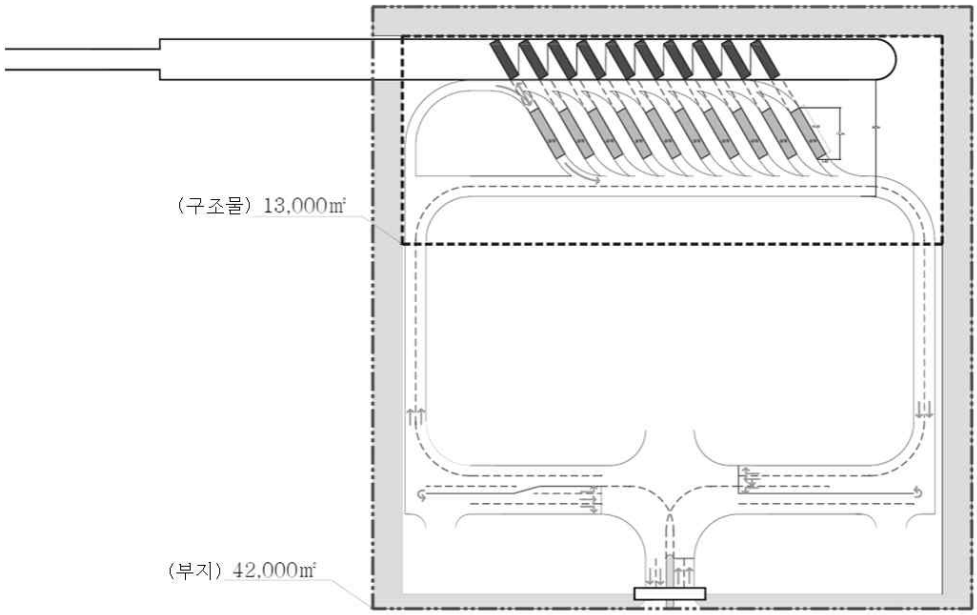
나. 대안1 : For-back One way

○ 적화 및 하화 작업시 궤도 한측면만 사용함.

○ 적화 작업시 세미트레일러는 전진으로 대기 후 운송대차에 적화시 운송대차에 후진으로 진입후 섀시를 분리한 후에 트랙터가 전진하여 진출

○ 하화 작업시 트랙터가 전진으로 대기하여 운송대차의 섀시와 연결하기 위한 하화시 후진으로 운송대차에 진입후 섀시를 연결한 후 전진으로 진출

○ 플랫폼의 차량이동은 일방통행으로 구상하여 규모는 최소화하는 방안 구상함.



<그림 32> 인터모달 터미널 Layout 대안1

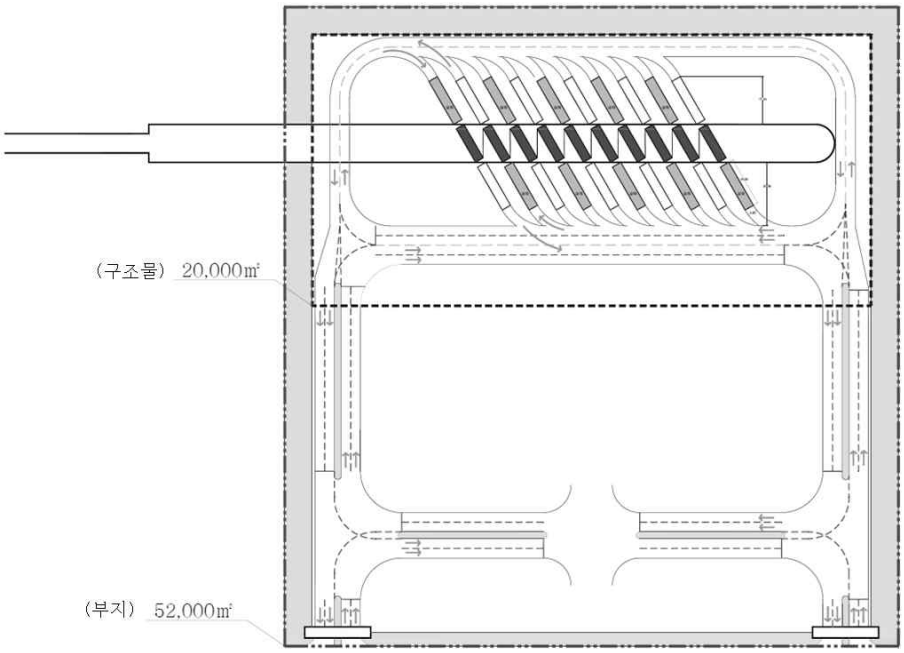
다. 대안2 : For-Cross Two way

○ 적화 및 하화 작업시 진입 방향을 교차하는 방식으로 운송대차를 순차적으로 전후를 달리하여 배치하는 방안으로 프랑스의 모달로아 방식과 유사

○ 적화 작업시 세미트레일러는 궤도를 건너 전진으로 대기 후 운송대차에 적화시 운송대차에 전진으로 진입후 섀시를 분리한 후에 트랙터가 전진하여 진출

○ 하화 작업시 트랙터가 후진으로 대기하여 운송대차의 섀시와 연결하기 위한 하화시 후진으로 운송대차에 진입후 섀시를 연결한 후 전진으로 진출

○ 플랫폼의 차량이동은 교행통행으로 구상하여 규모는 대안 중 최대규모



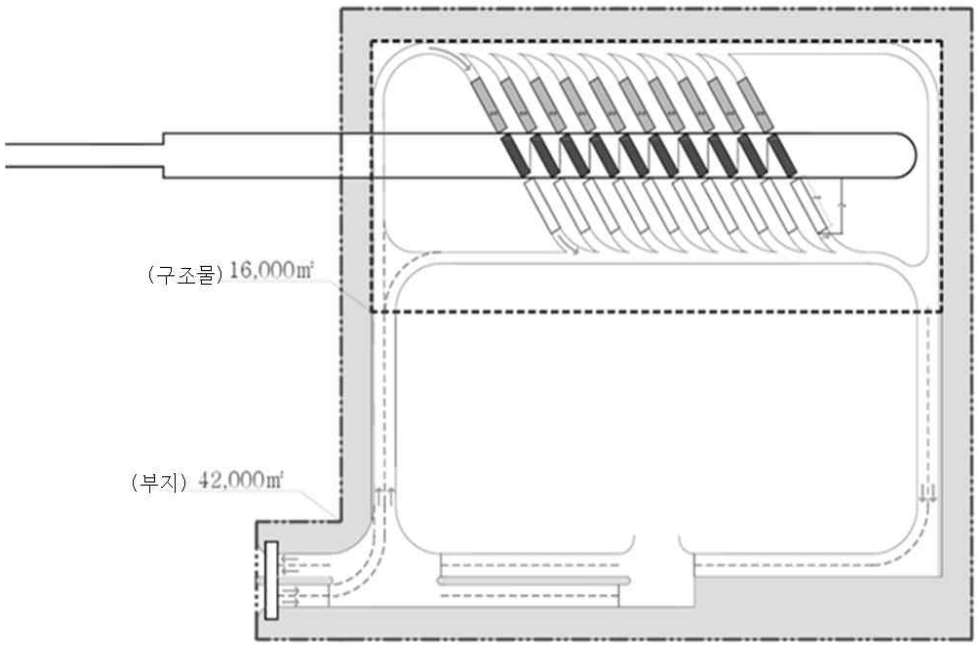
<그림 33> 인터모달 터미널 Layout 대안2

라. 대안3 : For Oneway

○ 이전 연구에서 구상한 적화 및 하화 방식으로 궤도의 양측면을 모두사용

○ 적화시 전진 후 섀시 분리, 하화시 후진 대기후 후진으로 운송대차에 진입후 섀시를 연결한 후 전진하여 진출하는 방안

○ 플랫폼의 차량이동은 일방통행으로 구상하여 규모는 대안 중 중간규모



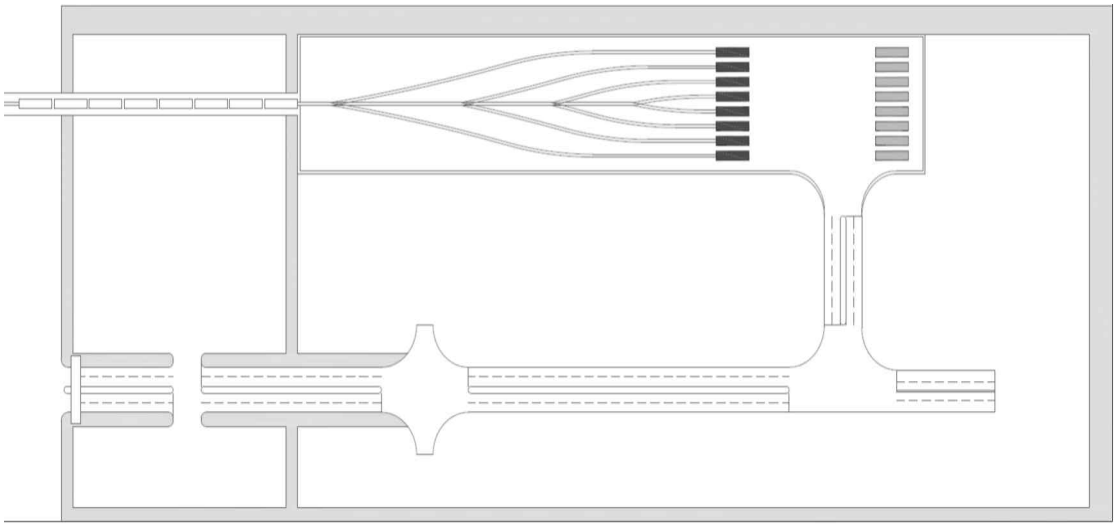
<그림 34> 인터모달 터미널 Layout 대안3

마. 기타 대안 : 문어발 분리형

○ 각 차량이 개별 동력으로 운송대차가 1개 차량씩 분리하여 플랫폼 도착

○ 트랙터가 후진으로 적화 하화 하는 방식

○ 이 구상안은 운송대차 및 궤도 개발 진행중인 연구와 불부합하여 기타 안으로만 제시함.



<그림 35> 인터모달 터미널 Layou 기타 대안

바. 대안 선정

○ 세미트레일러의 후진하는 방식의 작업은 안전사고 발생 우려로 가능한 전진하여 적화방식으로 선정하여 대안 1안 부적격함.

○ 프랑스 모달로어(Modalohr) 방식의 적화 및 하화하는 대안2는 규모가 상대적으로 크며, 안전사고 위험과 효율적인 운영시스템, 적합한 운송대차 개발이 반드시 필요하는 사항으로 금번 연구의 대안으로 부적합

○ 대안3은 대안 중 중간정도의 규모로 적화 작업 및 하화작업공간의 구분으로 안전사고 예방이 가능하고 효율적인 운영을 위한 여러대의 전용트랙터를 구입하여 운영이 가능하므로 적정 대안으로 선정

<표 31> 대안별 특성 및 장·단점

구분	1안 (For-back One way)	2안 (For-Cross Two way)	3안 (For Oneway)
면적 (구조물)	▪ 41천㎡(13천㎡)	▪ 56천㎡(22천㎡)	▪ 42천㎡(16천㎡)
특징	▪ 일방통행 ▪ 컴팩트한 방식 ▪ 후진 적화 / 후진 적화 ▪ 가장 적은 면적 소요	▪ 교행통행 ▪ 프랑스 모달로아 방식 (교차방식) ▪ 전진 적화 / 후진 하화 ▪ 가장 큰면적 소요	▪ 일방통행 ▪ 1차년도 상·하차 방식 ▪ 전진 적화 / 후진 하화
장점	▪ 플랫폼 부지, 구조물 최소화 ▪ 트랙터의 동선 최소화 ▪ 부지확보, 공사비 최소화 ▪ 대안 중 최소 규모로 기존 시설을 활용하기 적합 ▪ 작업시 안전사고 예방 (플랫폼 뒤쪽 라인은 차량 미통행) ▪ AutoCon 선로구간을 지나지 않는 형태라 고가구간 건설이 필요치 않음	▪ 물동량 대규모로 처리 가능 ▪ 전용트랙터로 철도차량 위를 이동하며 빠른 상하차 ▪ 규모가 최대로 신규 터미널 조성시 적합 ▪ 상하차 차량 대기 공간 상대적으로 넉넉함 ▪ 작업시 트랙터 이동 짧아 작업시간 감소 ▪ 적화 차량 대기 가능	▪ 10량을 동시에 상하차 가능 ▪ 적화 및 하화하는 곳을 구분하여 작업 혼잡감소 ▪ 일방통행 방식으로 사고예방 ▪ 일괄 작업으로 동선 간단하여 안전사고 예방 ▪ 적화 차량 대기 가능
단점	▪ 통행도로, 작업 도로가 혼재되어 혼잡 ▪ 물동량 소규모에 적합 ▪ 후진 적화로 트랙터 운전자의숙련도에 따라 시간소요 및 안전사고 발생 우려 ▪ 작업중인 트랙터와 진입하는 하는 트래터의 이동동선이 교차하여 혼잡 우려	▪ 플랫폼 부지면적 최대로 공사비 등 사업비 증가 ▪ 차량의 교행 및 교차방식 작업으로 혼잡 및 사고우려 ▪ 운영시스템 복잡도 증가, 최적의 운영방식 필요 ▪ 컨테이너 도어방향이 일정한 방향이 아니라, 확인 작업시간 증가 ▪ 트럭운전자 안내 필요 ▪ 게이트가 2군데로 차량 혼잡도 증가우려	▪ 동시 작업시 여러대 전용 트랙터 필요 ▪ 작업중인 트럭과 지나가는 트럭, 대기열 등이 교차하여 혼잡우려
선정			◎

사. 최종(안) 도출

(1) 선정대안(For Oneway) 개선사항

○ 차량 및 궤도 특성상 궤도를 건너는 건널목 설치가 어려움으로 궤도를 건너는 동선 배제하기 하고 궤도가 끝나는 부분에 차량이 이동 가능토록 개선함.

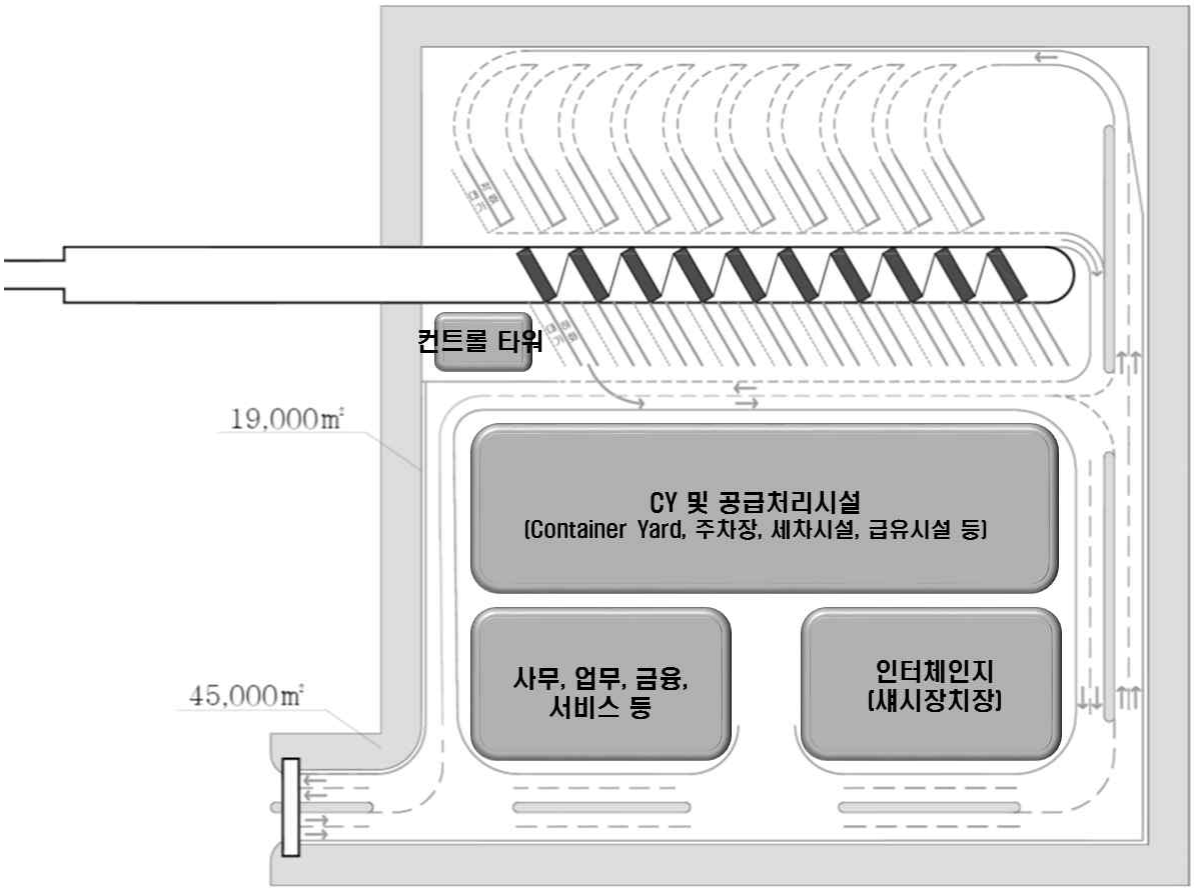
○ 적화 및 하화시 섀시가 대기 할 수 있도록 대기 공간 배치함.

○ 트랙터가 섀시 하차후 이동 가능토록 개선함.

○ 외부트랙터 및 전용트랙터 모두 사용가능토록 동선계획

○ 도입시설 검토

- 철도궤도, 적화, 하화, 컨트롤 타워, CY(Container Yard), 새시장치장, 보조시설(일반사무기능, 공공업무기능, 금융기능, 서비스기능 등), 공급처리시설(하수처리장, 변전소, 급유시설, 세차시설, 주차장 등)
- 제외 시설 : 보관 및 배송시설, CFS(Container Freight Station) 등



<그림 36> 인터모달 터미널 Layout 선정대안 개선(안)

(2) 터미널 운영 인터페이스사항 협의

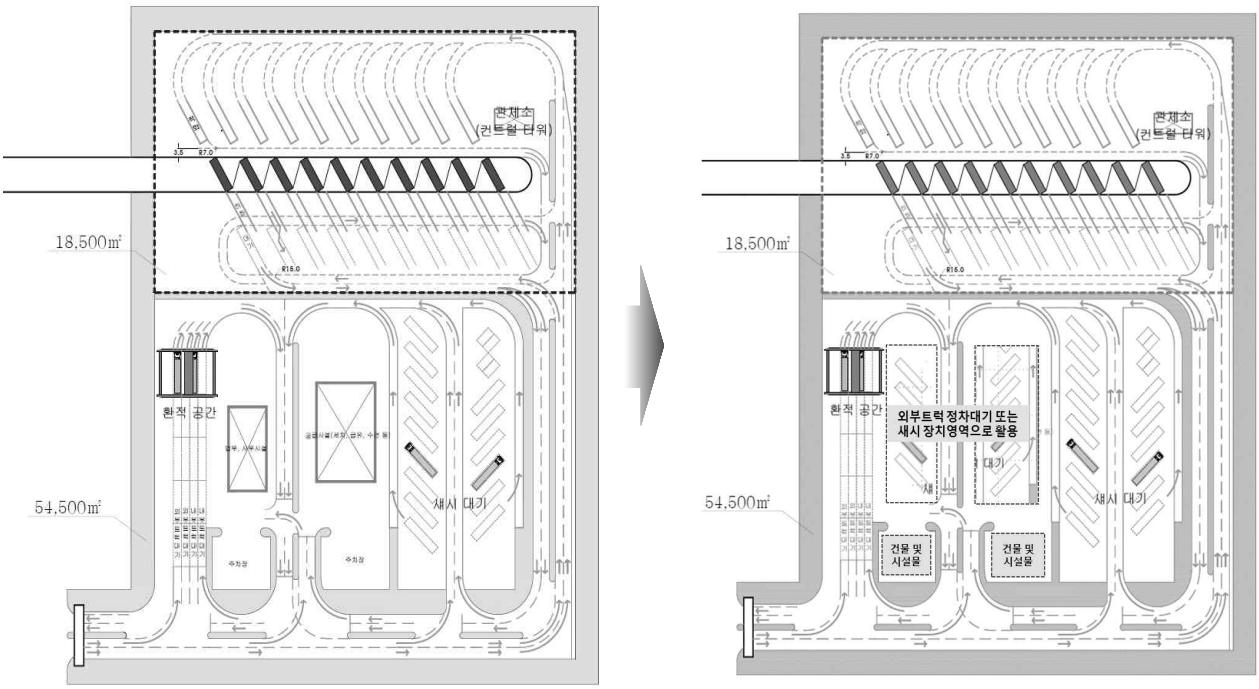
○ 터미널 운영에 대한 3세부 요구사항에 따라 협의를 거쳐 보완 및 개선

<표 32> 터미널 운영 요청사항

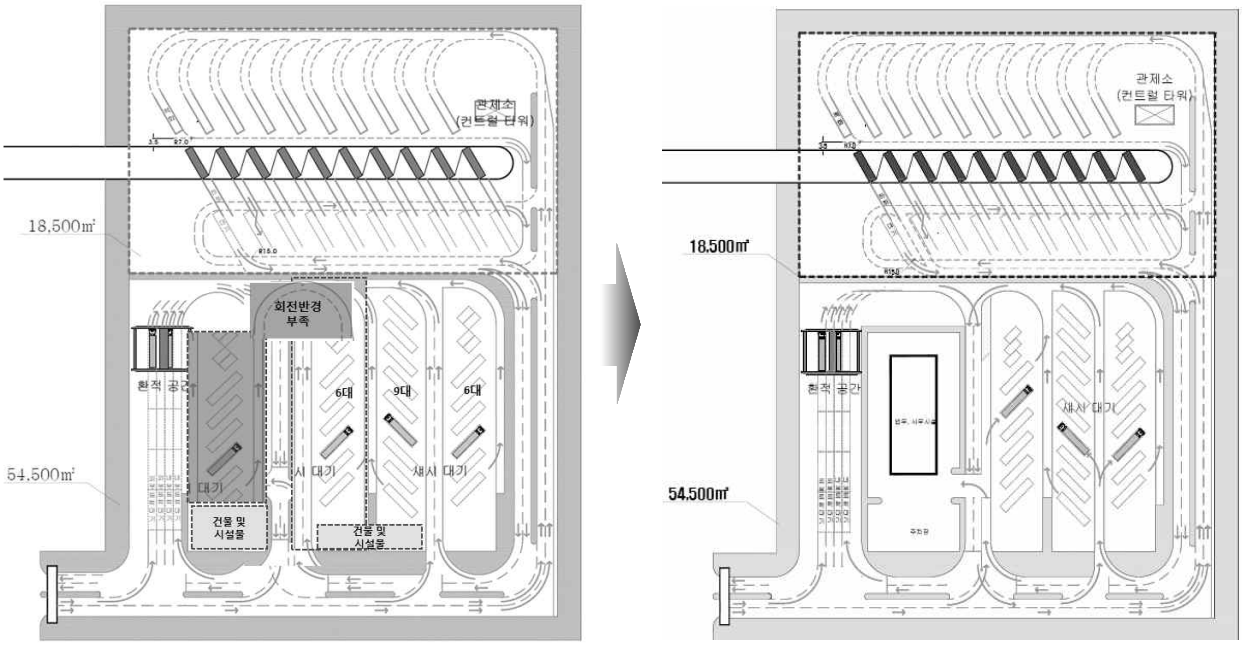
구분	터미널 운영(3세부) 요청사항
플랫폼	▪ 차량전체(트랙터+섀시) 길이의 최소 2배 정도의 공간이 더 필요할 것으로 보여 현재 레이아웃 기준으로는 통행도로를 침범 ▪ 야드 트랙터의 원활한 이동을 위해 섀시 대기위치 변경 검토 ▪ 정차시 화차각도는 70도 확정 ▪ 운송차량에 적화 전 적화대기 공간이 불필요함에 따라 대기 공간 삭제 ▪ 플랫폼 하부에는 시설이 없는 것으로 가정
터미널 하부	▪ 컨테이너 장치 공간은 고려하지 않음, 장치는 게이트 밖 공간 발생 가정 ▪ 터미널 운영센터동, 컨테이너장치장(ODCY) 관련업무 등 운영적인 사항(예. 게이트 진입 대기, 장기 미반출 등) 처리를 위한 시설이나 공간은 본 터미널외 별도의 영역에서 처리 ▪ 터미널 내에서는 Inbound/outbound 운영에 필요한 요소만 고려 ▪ 터미널 야드영역 하부공간은 터미널 입지에 따라서 달라질 수 있어서 우선 하부공간에 섀시 및 차량 주차장 등으로 활용할 수 있는 공간은 없는 것으로 전제 ▪ 추가 지원시설(주유소 등.)은 없는 것으로 가정 ▪ 야드장비 수리나 시설보수, 야드순찰 등을 위한 차량들만 컨테이너 터미널 내에 입지, 터미널 내 사고 및 작업지장 등을 야기할 수 있어 일반차량들은 게이트 바깥쪽에 존재하는 것이 일반적임 ▪ 외부트레일러와 전용트레일러의 컨테이너 이동을 위한 환적공간(크레인으로 4대 동시가능), 외부트레일러 및 전용트레일러 대기공간(최소 15대→최대한 많이 확보 요청) 필요

<표 33> 인터페이스 협의사항

구분	운영(3세부) 요청	반영 내용
플랫폼	▪ 차량전체 길이의 최소 2배공간 필요 ▪ 통행도로 침범으로 혼잡 ▪ 섀시 대기위치 변경 ▪ 적화대기 공간이 불필요 ▪ 화차각도는 70도 확정	▪ 대기 공간 길이 18m로 계획 반영 ▪ 이동동선 루프형, 일방통행으로 혼잡 최소화 ▪ 하화 대기공간 하단좌측 이격하여 차량후진 없이 전진으로 대기공간으로 이동(혼잡 감소) ▪ 적화 대기 공간 삭제 ▪ 2세부 차량재원 제공받아 반영
터미널 하부	▪ 터미널 운영에 필요한 시설만 배치 ▪ 환적공간(4대 동시) ▪ 섀시 대기공간 최대확보 (최소 15대)	▪ 환적공간, 섀시대기 공간 우선배치 ▪ 환적공간에 4대 동시 가능한 크레인배치 ▪ 최소 15대이상 배치, 터미널 규모를 감안 하여 섀시대기 21대 계획, 유휴공간 전용트랙터 6대 배치 무



<그림 37> 인터페이스 협의사항 개선도면-1



<그림 38> 인터페이스 협의사항 개선도면-2

제6절. 터미널 세부계획

1. 공간 및 시설 배치

○ 운송차량 진입공간, 적화 및 하화 작업공간, 하화 후 대기 공간 등의 플랫폼 공간 배치

○ 외부트럭 정차대기 장소 및 섀시 장치영역인 섀시 대기 공간은 효율적 운영을 위해 총 15대 이상 가능토록 계획

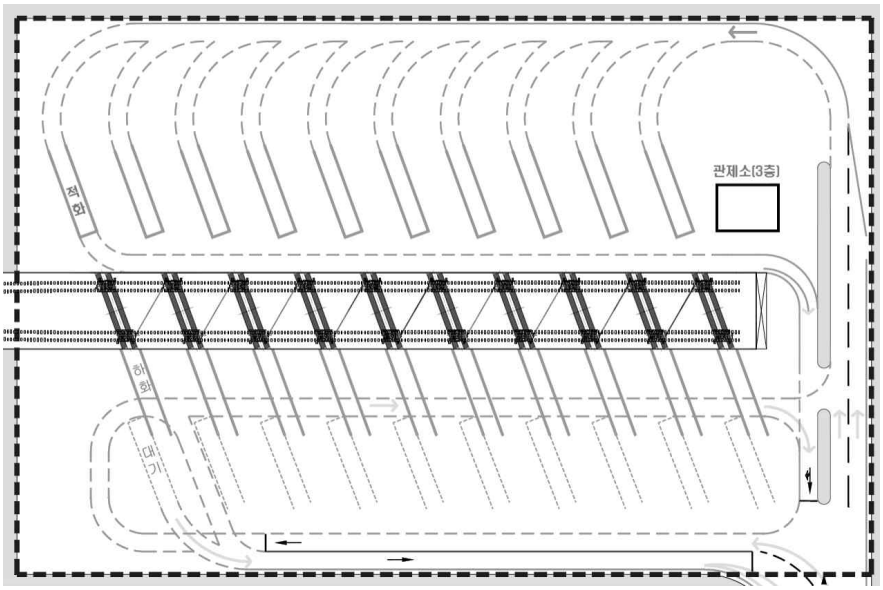
○ 외부섀시의 컨테이너를 내부섀시로 환적하기 위한 환적 공간

○ 터미널 운영을 위한 관제소, 경비소, 게이트, 사무공간 등

○ 작화 및 하화시 외부트랙터 및 전용트랙터 모두 사용가능토록 동선배치

○ 전체면적은 약 52,000㎡이며, 그 중 플랫폼 면적은 18,100㎡로 계획

가. 터미널 상부(플랫폼)



<그림 39> 인터모달 터미널 상부(플랫폼)계획

○ 운송차량의 기울기기가 당초 60도에서 70도로 변경되어 그에 따른 적화 및 하화 작업공간 재배치

○ 세미트레일러의 이동동선의 회전반경은 최소회전반경 및 차량의 오버행 등을 감안하여 15m로 계획, 다만 전용트랙터의 경우 회전반경 7m로 계획

○ 10대의 대차를 기준으로 플랫폼의 크기는 108.5m X 166.4m로 계획

○ 적화 및 하화의 대기 장소는 세미트레일러의 크기(2.5m X 16.5m) 및 원활한 운영을 감안하여 최소 크기보다 다소 확장된 18m X 3.5m로 계획

○ 일방통행 방식으로 사고위험 및 운영의 복잡성 감소 시키고자 하였음.

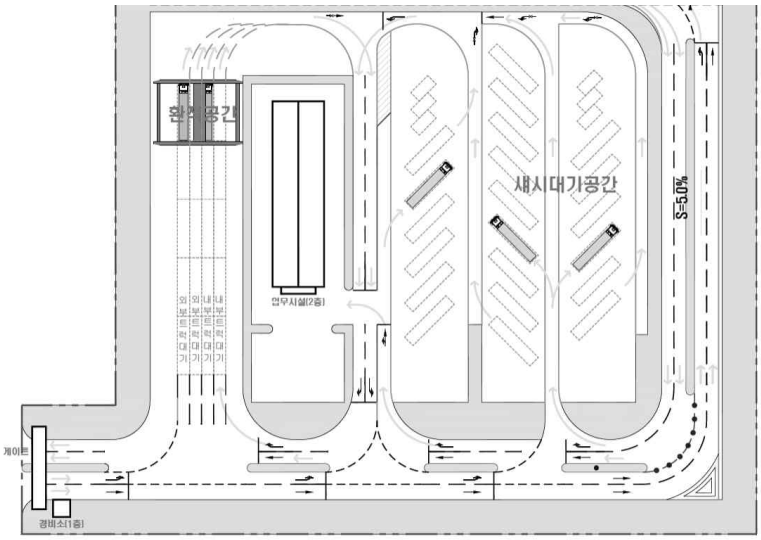
○ 하화 작업완로 후 플랫폼에 대기시 전진하여 대기 배치할 수 있도록 하화 작업공간 앞쪽으로 대기공간을 배치하여 화물의 운송이 집중될시 혼잡도 감소 유도

○ 적화대기시 섀시가 분리된 전용트랙터의 원활한 이동을 위하여 적화공간에 별도 이동동선(폭3.5m) 계획하였고, 적화 후 전용트랙터의 이동동선은 하화공간내 이동동선(폭3.5m)

○ 하화를 위한 전용트랙터의 원활한 이동을 위해 루프형태의 이동동선 계획

○ 적화 및 하화 작업에 대한 모니터링을 위한 관제소(3층, 12.0m X 9.0m)를 세미트레일러 회전반경으로 발생되는 진입부의 유휴공간에 배치

나. 터미널 하부(광장부)



<그림 40> 인터모달 터미널 광장부 계획

○ 하부의 이동동선도 세미트레일러의 최소회전반경 및 차량의 오버행 등을 감안하여 회전반경은 15m로 계획, 다만 전용트랙터의 경우 회전반경 7m로 계획

○ 게이트의 위치는 가변적으로 향후 실제 입지지역의 주변 도로현황에 따라 위치가 변경될 수 있으며, 현 계획에서는 터미널 하부 좌측에 위치하는 것으로 가정

○ 출입구와 인접하여 환적공간을 배치하여 외부트럭의 이동동선 최소화

○ 환적은 효율적인 운영을 위해 총 4대(외부2대, 내부2대)가 동시에 가능토록 배치하고 환적 대기열도 총 4개가 되도록 배치

○ 섀시 대기 공간은 터미널내 인입된 철도궤도에 따른 터미널 폭과 환적 공간에 따른 터미널 길이로 발생된 공간에 세미컨테이너의 회전반경 15m를 감안하여 섀시 대기(21대) 및 전용트랙터(6대) 시설 배치하였으나, 운영시 필요에 따라 가변적으로 변경 필요

○ 새시대기는 안전 및 세미트레일러 운행자의 편의를 위해 일방통행 방식으로 45도 주차(17m X 3.5m)와 주차간격(3.5m)를 두어 통행이 원활토록 계획

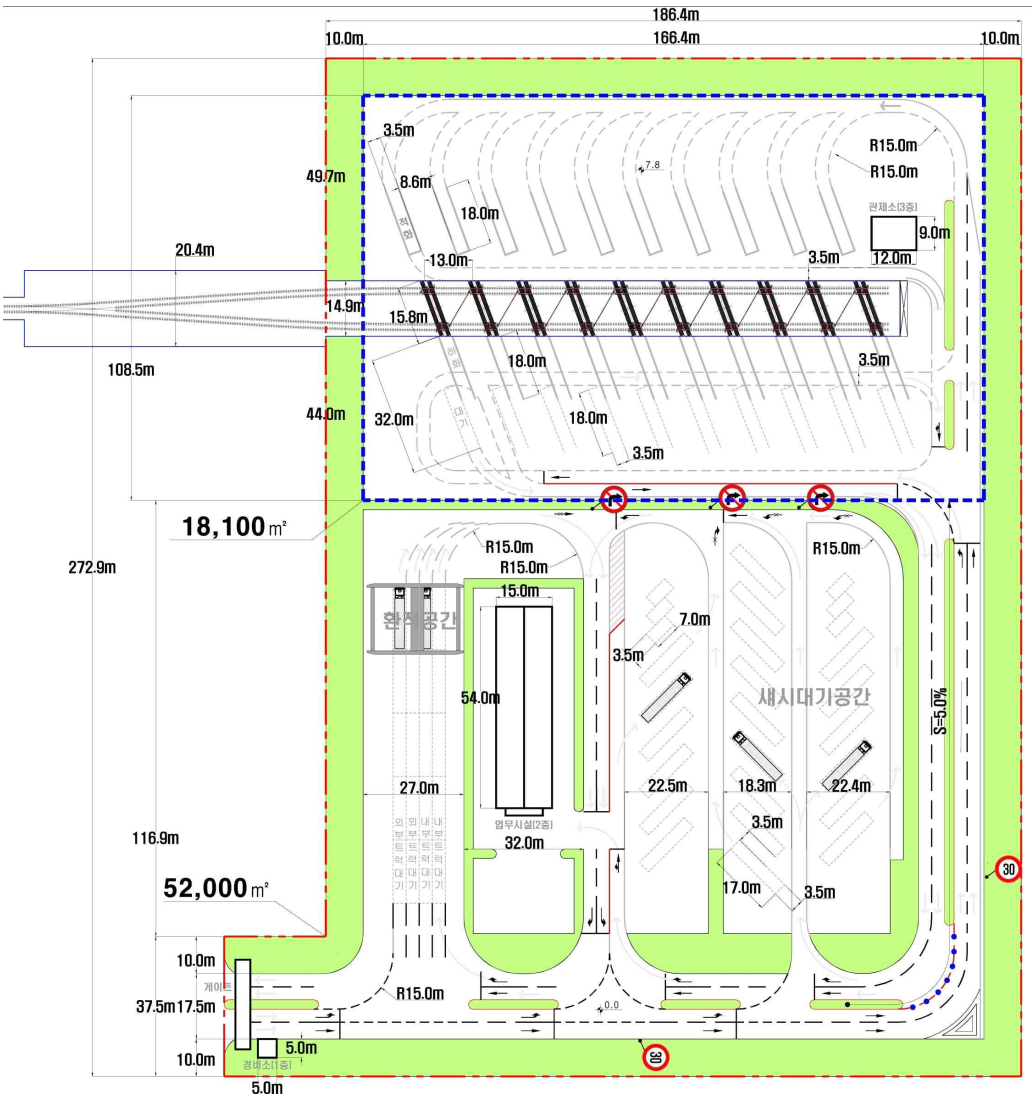
○ 적정 규모로 산정이 필요한 터미널 부지로서 세미컨테이너의 회전반경 15m를 확보 때문에 발생된 유휴공간에 업무·사무시설(2층, 15.0m X 54.0m) 배치

○ 게이트는 진입 2차선, 진출 2차선 등으로 하고 내부이동 차선도 총 4개 차로를 확보하여 혼잡 최소화

○ 게이트와 인접하여 경비소(1층, 5.0m X 5.0m)를 배치하여 외부인 출입으로 발생될 수 있는 안전사고 예방

○ 터미널 둘레는 외부와의 차단 및 완충을 위하여 녹지 등으로 계획하고 내부의 시설과 내부도로의 차량 통행에 의한 사고 등을 예방하기 위해 녹지대 설치

○ 플랫폼이 고가구조일 경우 진입도로의 길이 156m로 경사율 5%미만으로 계획하고 세부적인 것은 건축구조에서 계획



<그림 41> 인터모달 터미널 세부계획

2. 교통계획

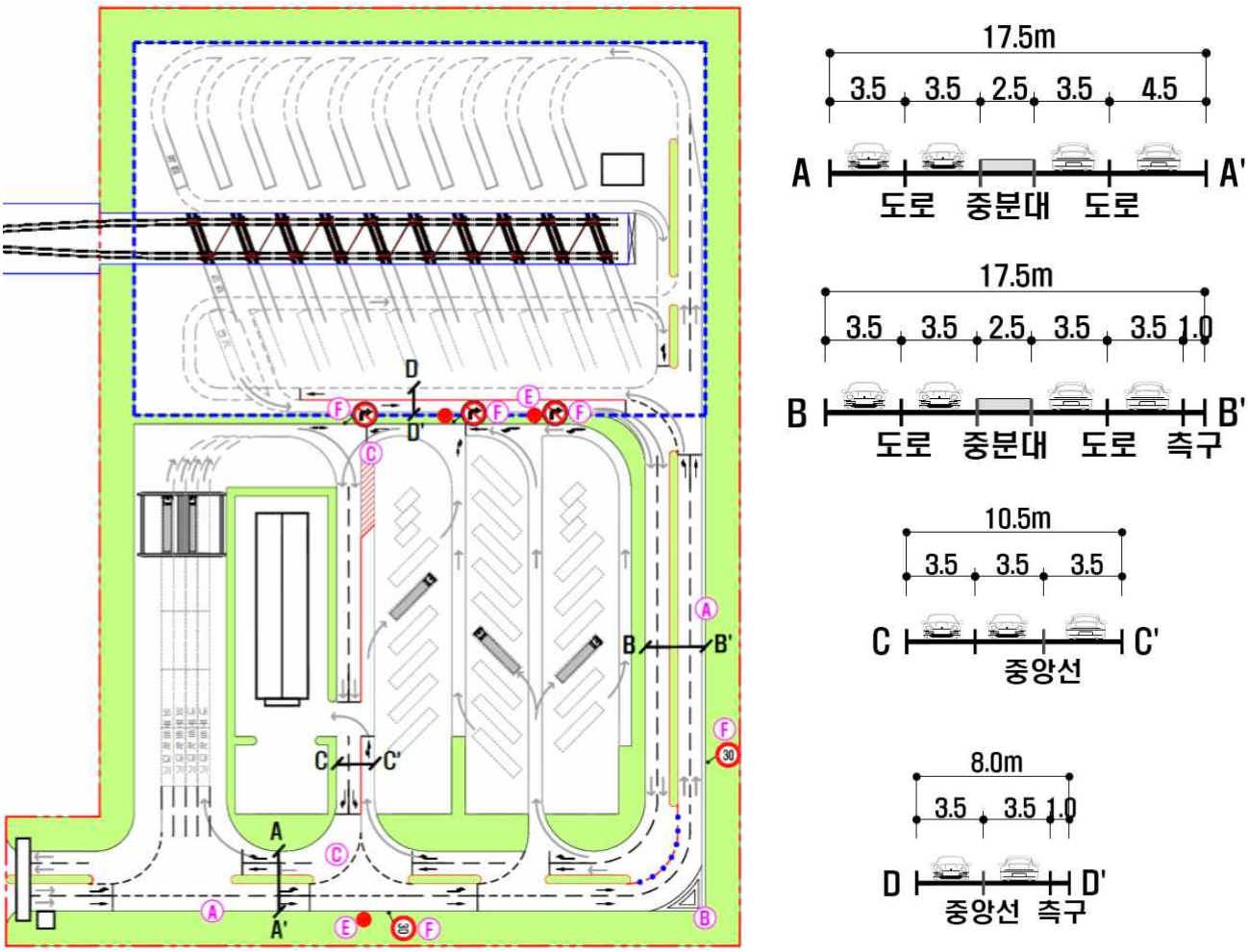
가. 수립방향

○ 인터모달터미널의 기본설계를 위한 교통처리계획 수립과업으로 합리적인 교통처리계획 수립을 위해 관련 설계지침을 검토하여 본 연구에 적합한 설계기준을 도출한 후 교통처리계획 수립시 토대로 적용하였고 대상지내 안전하고 원활환 차량운행을 도모하기 위한 적정 교통처리계획을 수립함.

(1) 교통처리계획

<표 34> 교통계획 주요내용

구분	지점	개선내용
진출입 동선	Ⓐ	▪ 노면표시 및 차로운영계획수립
	Ⓑ	▪ 도로 곡각지 도류화 밍 시선유도봉 설치
	Ⓒ	▪ 내부 교차로 도류화 및 유도선 설치
기타	Ⓓ	▪ 적재적소에 적정 표지판 설치
	Ⓔ	▪ 시거 불량지점에 반사경 설치
	Ⓕ	▪ 속도/회전금지 표지판 설치



<그림 42> 인터모달 터미널 교통계획 및 도로횡단면도

(2) 도로횡단구성

○ 일반도로의 차로 수는 도로의 구분 및 기능, 교통량, 설계서비스 수준, 지형 상황, 나누어지거나 합하여지는 도로의 차로 수 등을 고려하여 정함.

○ 차로의 폭은 차선의 중심선에서 인접한 차선의 중심선까지로 하며, 도로의 구분, 설계속도 및 지역에 따라 설계기준자동차 및 경제성을 고려하여 필요한 경우 3미터, 전차, 장갑차 등 군용차량의 통행에 따른 교통사고의 위험성을 고려하여 필요한 경우 3.5미터 임.

○ 본 연구의 세미트레일러 등과 같은 대형차량이 곡선도로를 운행하는 경우 앞·뒤 바퀴의 회전반경이 달라 기본 차로폭보다 넓은 폭원을 확보하여야 하며, 사업지 하단 곡선도로의 차로폭원은 5m 이상으로 확대 적용하였음.

(3) 교통안전시설물

○ 교통안전시설물 중에서 인터모달터미널 내부에서의 안전하고 편리한 차량운행을 도모하기 위해 노면표시, 시선유도시설, 도로반사경, 통행속도제한을 적용하여 교통처리계획을 수립하였음.

(가) 노면표시

○ 노면표시는 도로교통의 안전과 원활한 소통을 도모하고 도로구조를 보존하며 독자적으로 또는 교통안전표지와 신호기를 보완하여 도로이용자에게 규제 또는 지시의 내용을 전달함.

○ 교통안전표지 등 교통안전시설물과 유기적 결합을 통해 교통사고 예방 및 원활한 소통을 위한 규제와 지시 등의 의무, 노면의 상태, 통행방법 등에 대한 정보 전달하며, 비, 눈, 먼지 등에 의한 시인성의 제한과 과적차량 등에 의한 내구성의 영향을 받을 수 있으므로 설치목적과 기능 그리고 도로조건에 따라 도로표시용 도료, 반사테이프, 표지병 등을 적절히 적용, 설치함.

○ 규제표시: 도로의 교통안전, 소통 및 도로구조 보존과 관련한 각종 제한, 금지 등의 규제내용을 전달하는 표시

○ 지시표시: 도로의 교통안전, 소통 및 도로구조 보존과 관련한 도로의 통행방법, 통행구분 등의 지시내용을 전달하는 표시

○ 노면표시 색상의 의미

- 백색: 동일한 방향의 교통류 분리 및 경계 표시
- 황색: 반대방향의 교통류 분리, 도로이용의 제한 및 지시 표시
- 청색: 지정방향의 교통류 분리 표시

○ 노면표시는 차로계획의 기본이 되는 시설로서 차로를 구분한 차선과 주행방향을 표시하는 백색화살표, 정지선 및 유도선으로 구분됨.

○ 본 연구에서는 터미널 진출입도로 및 차량 운행경로에 맞춰 적정 차로계획을 수립하였으며, 차로계획에 따른 차로운영방안을 제시하였음.

(나) 시선유도시설

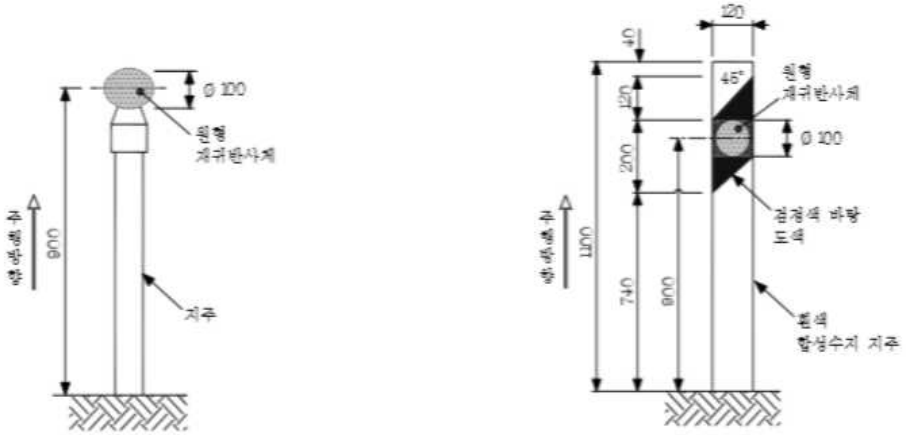
○ 시선유도시설이란 도로의 측방에 설치하여 도로 끝 및 도로 선형을 명시하여 주간 및 야간에 운전자의 시선을 유도하기 위하여 설치하는 시설이며, 시선유도시설의 종류로는 시선유도표지, 갈매기 표지, 표지병 등이 있음.

○ 시인성 증진 안전시설은 도로 상에 위치해 있는 각종 구조물로부터 차량을 안전하게 유도할 목적으로 설치하는 시설물로 장애물 표적표지, 구조물 도색 및 빗금표지, 시선유도봉 등이 있음.

○ 시선유도봉은 운전자의 주의가 현저히 요구되는 장소에 노면표시를 보조하여 동일 및 반대방향 교통류를 공간적으로 분리하고 위험 구간을 예고할 목적으로 설치하는 시설임.

○ 시선유도시설은 직선 및 곡선부에 일정한 간격으로 설치하고 반사체가 최적의 효과를 발휘할 수 있도록 설치하여야 하며, 이들 시설은 전국적으로 통일성 있고 연속성 있게 설치하여 야간의 안전성 향상은 물론 주간에 운전자의 시선을 유도해 주도록 함.

○ 본 연구에서는 터미널 내부도로 곡선부에 설치하여 도로선형을 운전자가 인식하기 용이하도록 계획하였으며, 시선유도봉 설치를 통해 운전자의 안전하고 편리한 운행을 도모하였음.



<그림 44> 시선유도시설

(다) 도로반사경

○ 도로반사경은 운전자의 시거 조건이 양호하지 못한 장소에서 시인이 필요한 곳이나 사물을 거울면을 통해 비추어줌으로써 운전자가 적절하게 전방의 상황을 인지하고 안전한 행동을 취할 수 있도록 하여 사고를 미연에 방지토록 하기 위해 설치하는 시설임.

○ 교차하는 차량, 보행자, 장애물 등을 가장 잘 확인할 수 있는 위치에 설치하며 이때 도로의 시설 한계를 고려하여 거울면이나 지주 등이 차량 통행에 지장을 주지 않도록 설치함.

○ 본 연구에서는 주차장내 진출차량의 안전을 확보하기 위하여 주차장 진출차량 동선이 교차하는 지점에 도로반사경을 설치하여 차량운전자의 안전을 도모하였음.



<그림 45> 도로반사경

(라) 통행속도 제한

○ 자동차의 최고속도를 지정한 구역 또는 구간 내의 필요한 지점에 설치하며, 교통안전표지와 함께 설치함.

○ 백색의 숫자로 표시하며, 설치규격은 도로교통법 시행규칙 별표6 및 표준도에 따라야 함.

○ 본 연구에서는 주 이용차종을 고려하고 터미널 내부통행의 안전을 확보하기 위해서 터미널내 제한통행속도를 30km/h로 설정하였으며, 30km/h 제한속도 표지판을 터미널 진입도로에 설치하여 차량운전자 안전을 도모하였음.



<그림 46> 속도제한 표시 설치 예시도

3. 건축계획

가. 계획설정

○ 업무시설은 용도상 기능성을 강조한 모던한 디자인을 채택함

○ 관제소는 전체 터미널의 관망 가능한 3층이상의 규모로 계획하고, 에너지 절감이 우수하고 환경 친화적인 .테라코타 판넬의 모던감과 복층유리를 활용하여 개방감을 최대로 확보

○ 경비소 및 게이트는 터미널 진출입시 친밀감 및 시각적 안정감을 확보하기 위하여 치장벽돌을 활용하여 계획

나. 건축세부계획

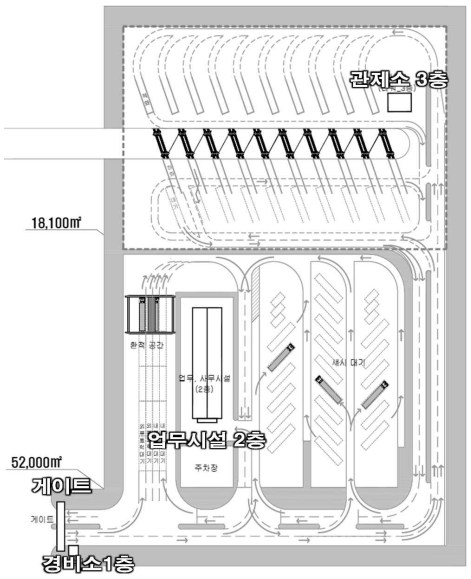
○ 건축물은 출입게이트, 경비소(1층), 관제소(3층), 업무시설(2층) 등 총 4개 동으로 계획

○ 업무시설은 총 2개층으로 1층은 전용면적 656.07㎡, 공용면적 173.16㎡로 합계 829.23㎡이며, 2층은 전용면적은 1층 보다 다소 작은 634.73㎡, 공용면적 194.516㎡로 합계 829.24㎡로 계획했으며, 전체 전용면적은 1,290.8㎡, 공용면적은 367.67㎡로 전체 연면적은 1,658.47㎡로 계획

○ 관제탑은 총 3개층의 타워형으로 1층과 2층은 각각 102.72㎡이며, 3층은 134.84㎡으로 계획했으며, 총 전용면적은 260.62㎡, 공용면적은 79.66㎡로 전체 연면적은 340.28㎡로 계획

○ 경비실은 1개층으로 전용면적 25.00㎡만 계획하고 출입게이트도 1개층으로 전용면적 4.47㎡로 계획

<표 35> 건축계획 면적표

구분		전용면적	공용면적	합계	배치안
업무시설	1층	656.07㎡	173.16㎡	829.23㎡	
	2층	634.73㎡	194.51㎡	829.24㎡	
	소계	1,290.8㎡	367.67㎡	1,658.47㎡	
관제탑	1층	63.00㎡	39.72㎡	102.72㎡	
	2층	82.75㎡	19.97㎡	102.72㎡	
	3층	114.87㎡	19.97㎡	134.84㎡	
	소계	260.62㎡	79.66㎡	340.28㎡	
경비실	1층	25.00㎡	-	25.00㎡	
출입게이트	1층	4.47㎡	-	4.47㎡	
합계		1,580.89㎡	447.33㎡	2,028.22㎡	

(1) 업무시설

○ 업무시설은 건축물 용도상 업무시설(사무실)이며, 세부시설로 사무실, 직원식당, 화장실, 회의실 등으로 구성

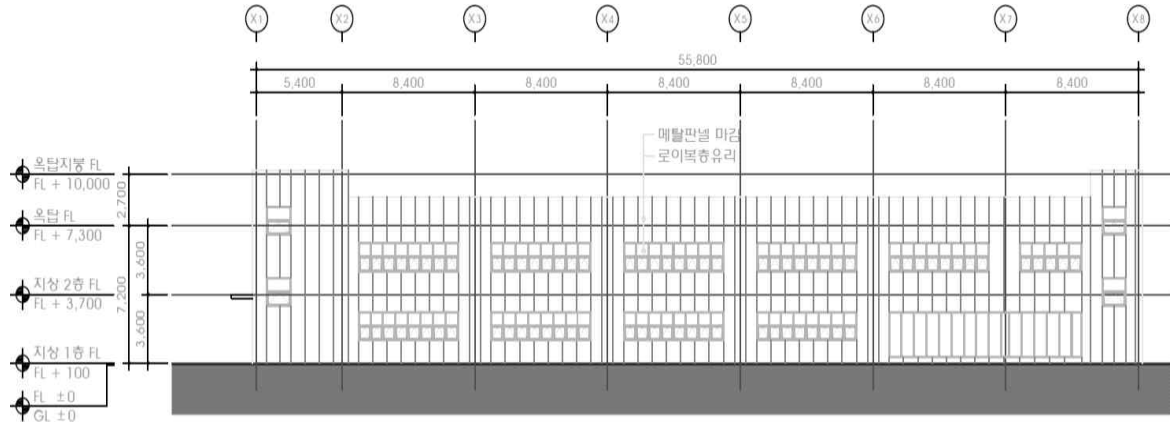
○ 규모로 지상 1~2층으로 1층 829.23㎡, 2층 829.23㎡으로 총 1,658.47㎡으로 계획

○ 건축물 구조는 철근콘크리트구조이며, 외장재는 메탈판넬, 로이복층유리이며, 내장재로 천장은 THK3 흡음텍스 (경량철골 천장틀), 벽은 친환경수성페인트, 바닥은 디럭스 타일, 화강석으로 계획

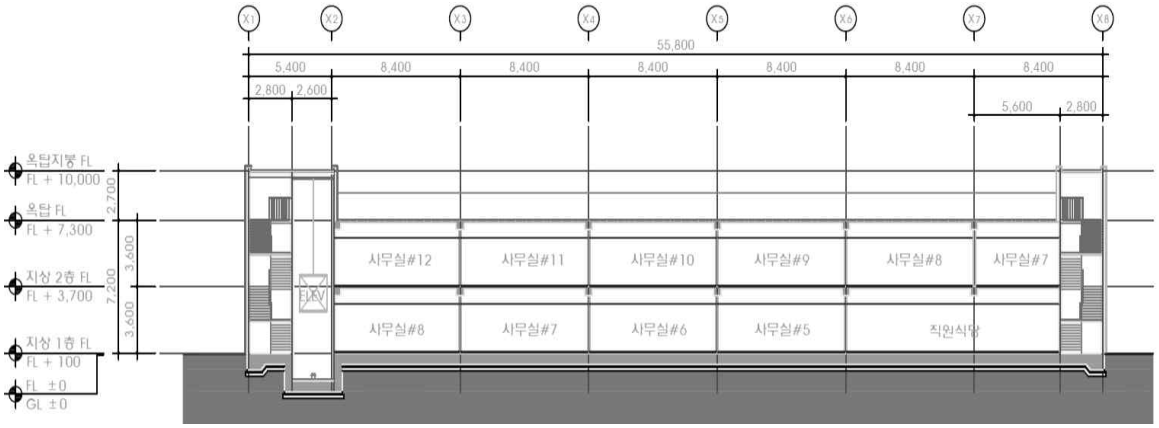
<표 36> 업무시설 개요

구분	목록		비고
건축물 용도	업무시설(사무실)		
건축물 규모	지상1~2층		
건축물 구조	철근콘크리트 구조		
세부시설	사무실, 직원식당, 화장실, 회의실		
면적	1층	829.23㎡	
	2층	829.23㎡	
	합계	1,658.47㎡	
외장재	메탈판넬, 로이복층유리		
내장재	천장	THK3 흡음텍스 (경량철골 천장틀)	
	벽	친환경수성페인트,	
	바닥	디럭스 타일, 화강석	

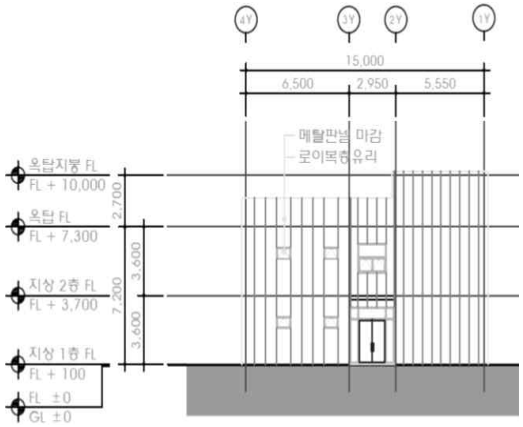
▪ 업무시설 정면도



▪ 업무시설 주단면도

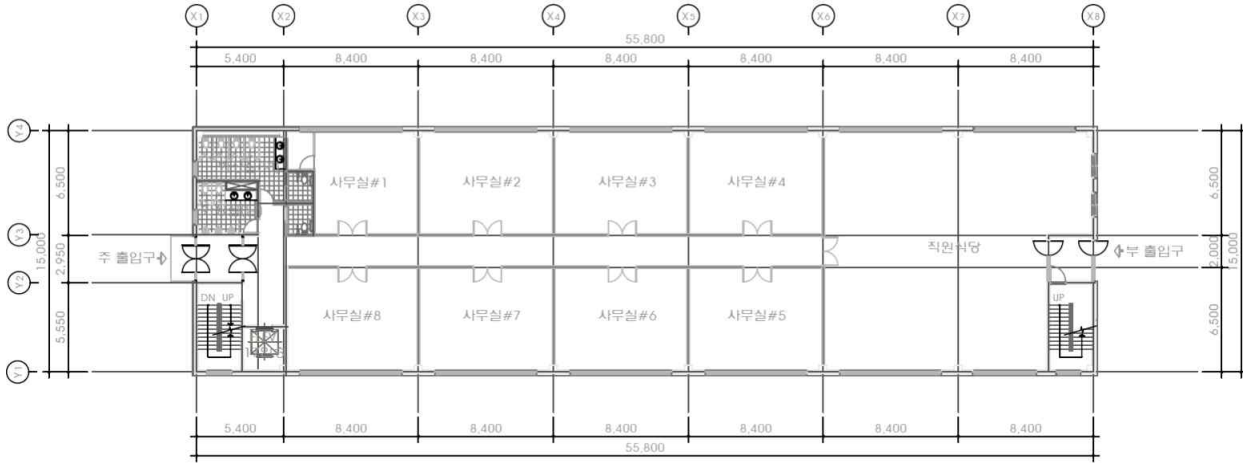


▪ 업무시설 좌측면도

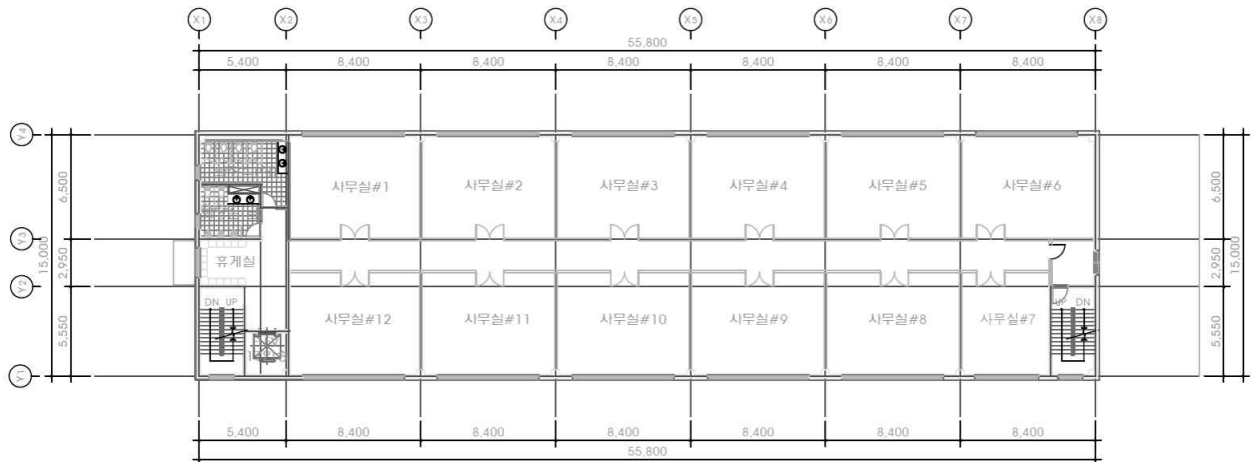


<그림 47> 업무시설 건축계획-1

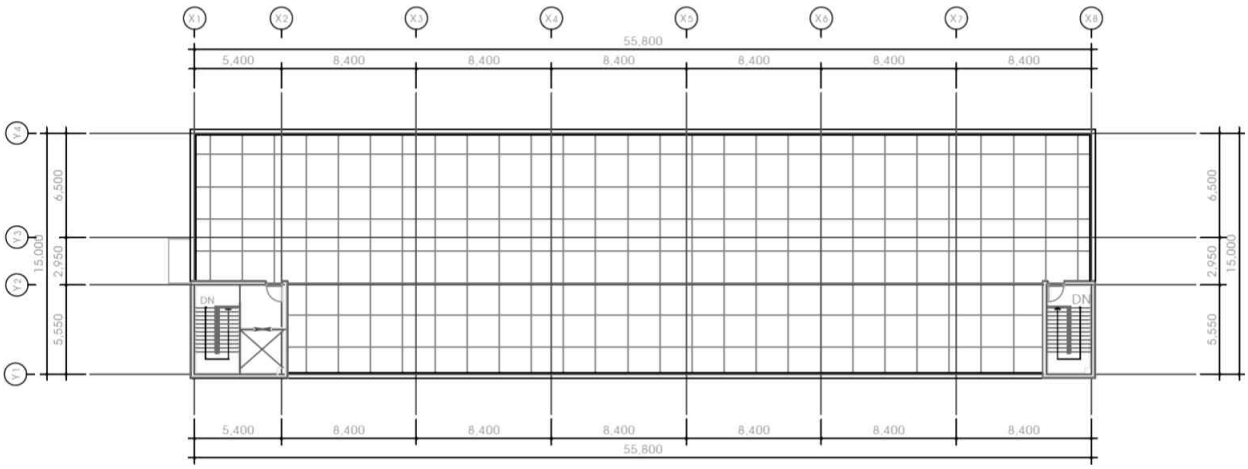
▪ 업무시설 1층 평면도



▪ 업무시설 2층 평면도



▪ 업무시설 옥탑지붕 평면도



<그림 48> 업무시설 건추계획-2

(2) 관제소

○ 관제소는 건축물 용도상 운수시설(철도시설)이며, 세부시설로 사무실, 관제실, 화장실, 회의실 등으로 구성

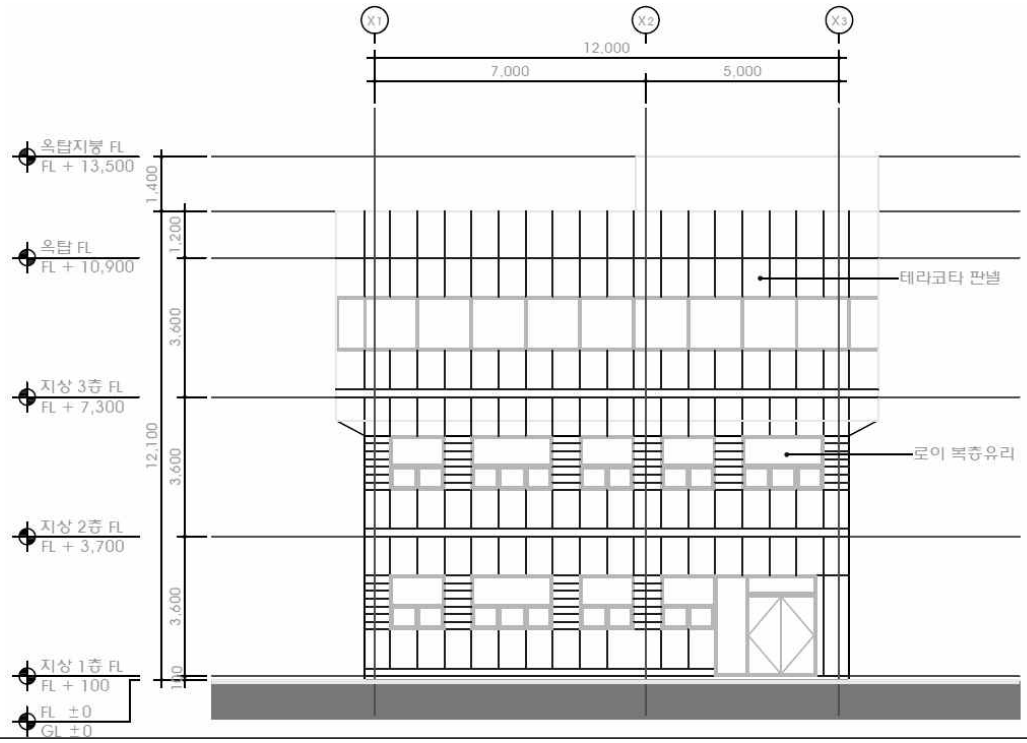
○ 규모로 지상 1~3층으로 1층 102.72㎡, 2층 102.72㎡, 3층 134.28㎡로 총 340.28㎡으로 계획

○ 건축물 구조는 철근콘크리트구조이며, 외장재는 테라코타 판넬, 로이복층유리이며, 내장재로 천장은 THK3 흡음텍스(경량철골 천장틀), 벽은 친환경수성페인트, 바닥은 디럭스 타일, 화강석으로 계획

<표 37> 관제소 개요

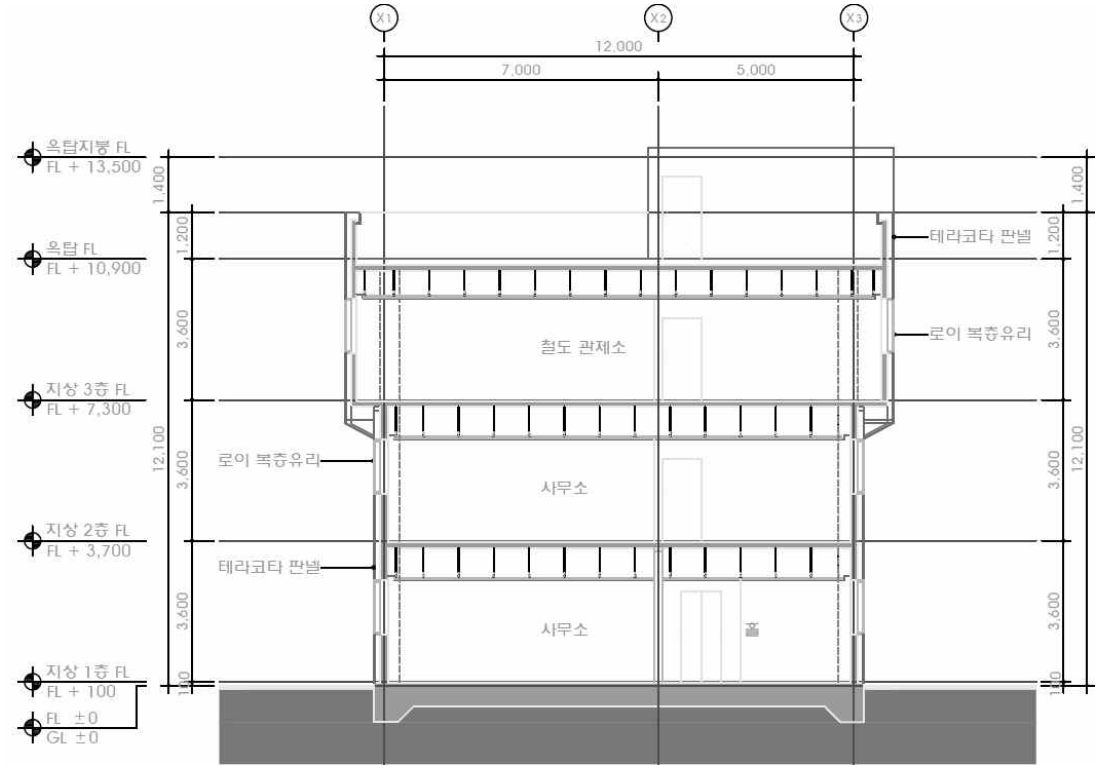
구분	목록		비고
건축물 용도	운수시설(철도시설)		
건축물 규모	지상1~3층		
건축물 구조	철근콘크리트 구조		
세부시설	사무실, 관제실, 화장실, 회의실		
면적	1층	102.72㎡	
	2층	102.72㎡	
	3층	134.84㎡	
	합계	340.28㎡	
외장재	테라코타 판넬, 로이복층유리		
내장재	천장	THK3 흡음텍스 (경량철골 천장틀)	
	벽	친환경수성페인트,	
	바닥	디럭스 타일, 화강석	

▪ 관제소 정면도

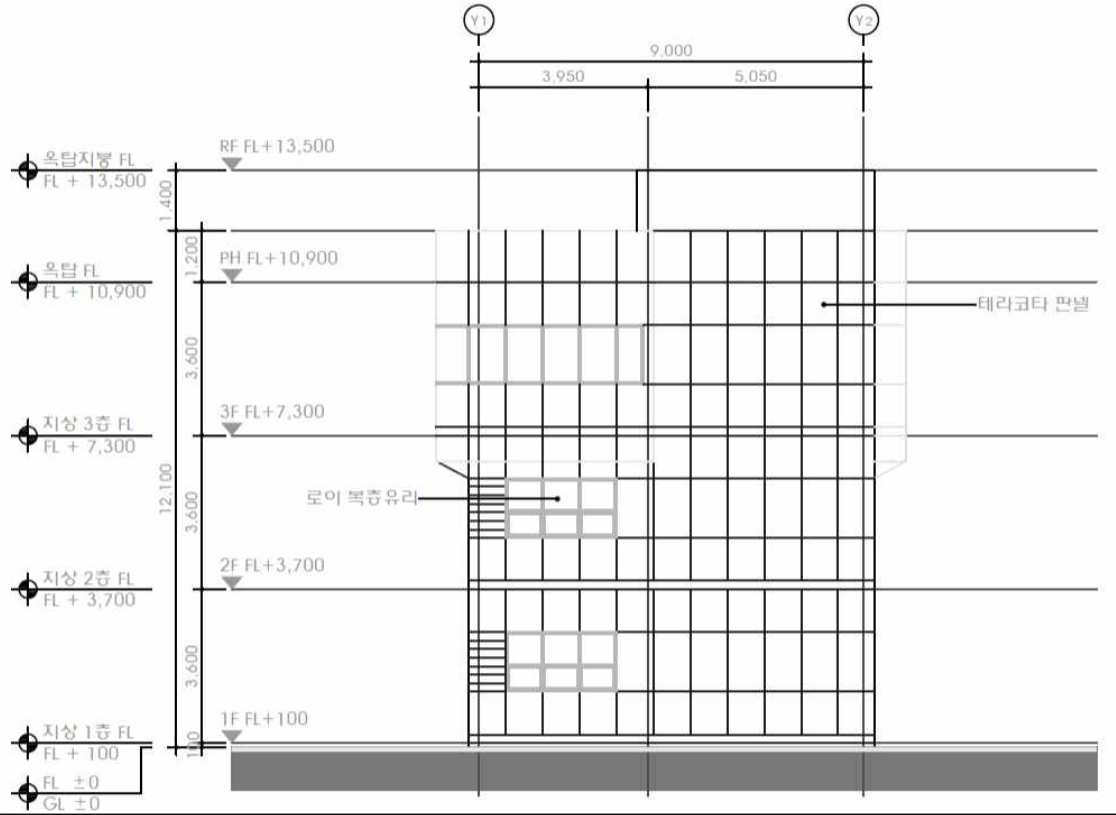


<그림 49> 관제소 건축계획-1

▪ 관제소 단면도

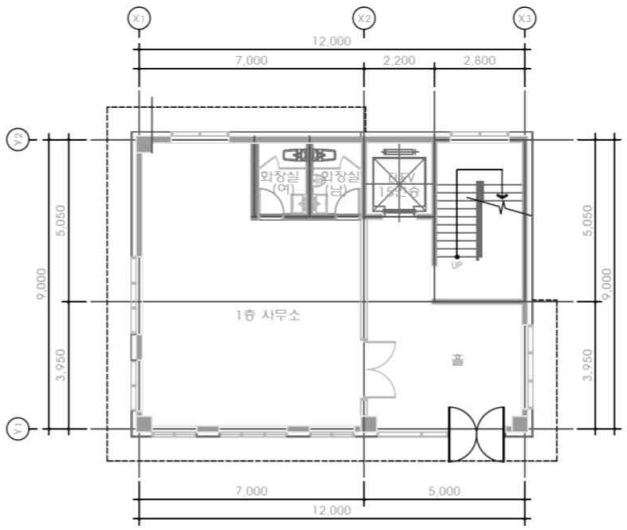


▪ 관제소 우측면도

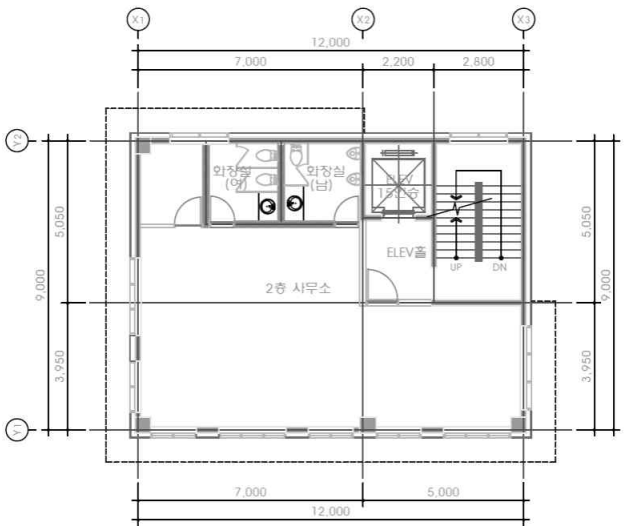


<그림 50> 관제소 건축계획-2

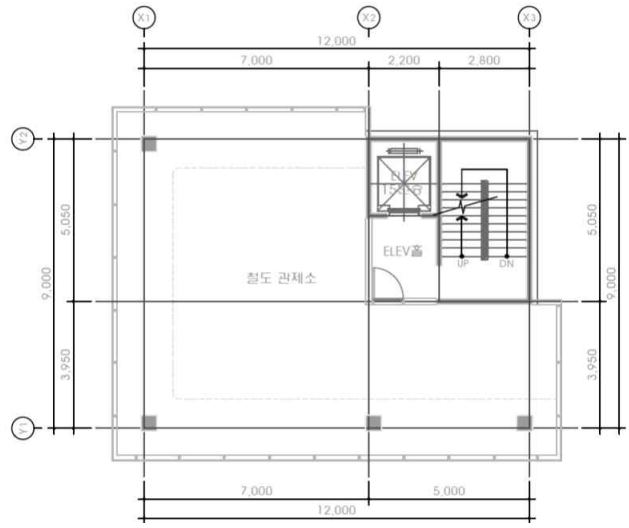
▪ 관제소 1층 평면도



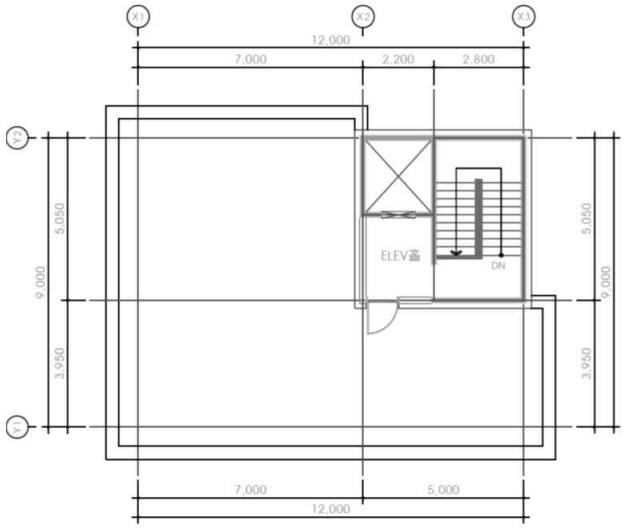
▪ 관제소 2층 평면도



▪ 관제소 3층 평면도



▪ 관제소 옥탑지붕 평면도



<그림 51> 관제소 건축계획-3

(3) 경비소

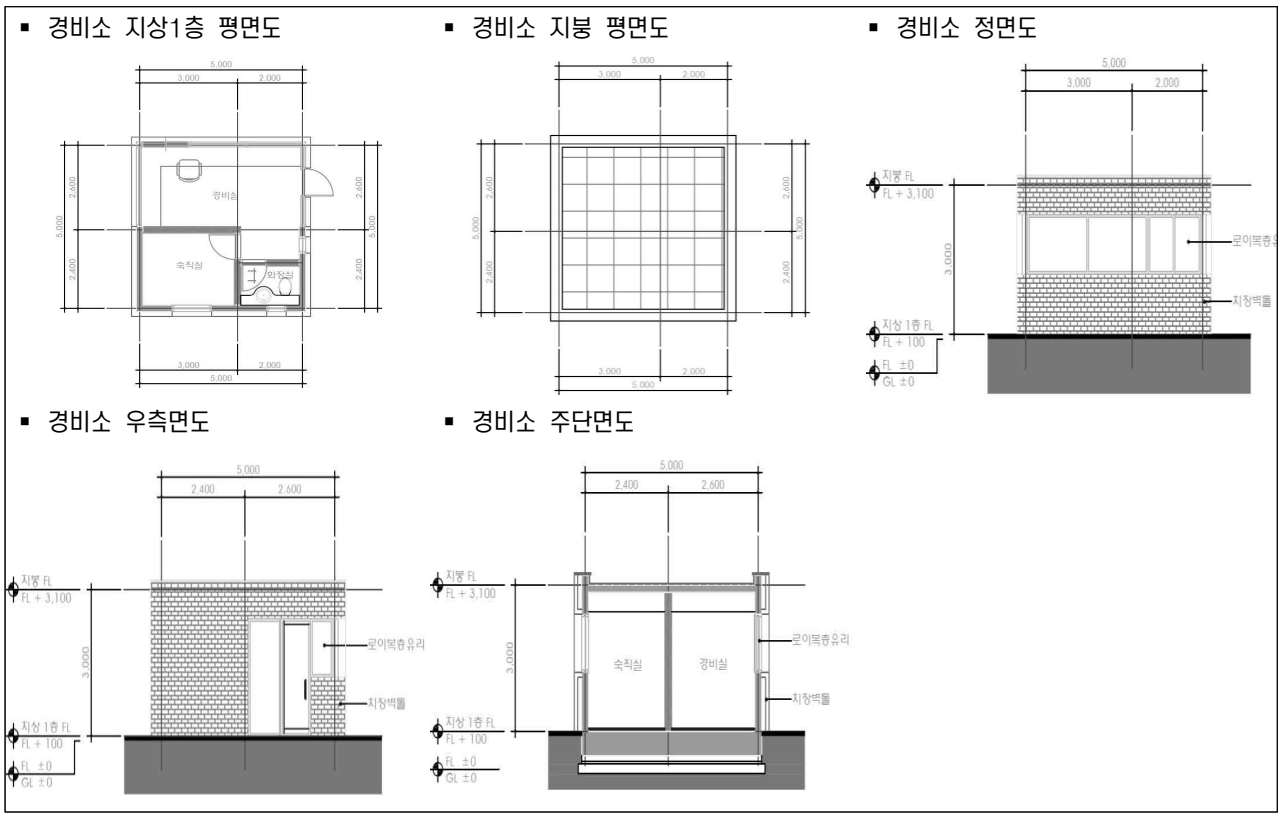
○ 경비소는 건축물 용도상 업무시설(사무실)이며, 세부시설로 경비실, 화장실, 등으로 구성

○ 규모로 지상 1층으로 1층 25.00㎡로 계획

○ 건축물 구조는 철근콘크리트구조이며, 외장재는 치장벽돌, 로이복층유리이며, 내장재로 천장은 THK3 흡음텍스(경량철골 천장틀), 벽은 친환경수성페인트, 바닥은 디럭스 타일로 계획

<표 38> 경비소 개요

구분	목록		비고
건축물 용도	업무시설(사무실)		
건축물 규모	지상1층		
건축물 구조	철근콘크리트 구조		
세부시설	경비실, 화장실		
면적	1층	25.00㎡	
	합계	25.00㎡	
외장재	치장벽돌, 로이복층유리		
내장재	천장	THK3 흡음텍스 (경량철골 천장틀)	
	벽	친환경수성페인트,	
	바닥	디럭스 타일	



<그림 52> 경비소 건축계획

(4) 출입게이트

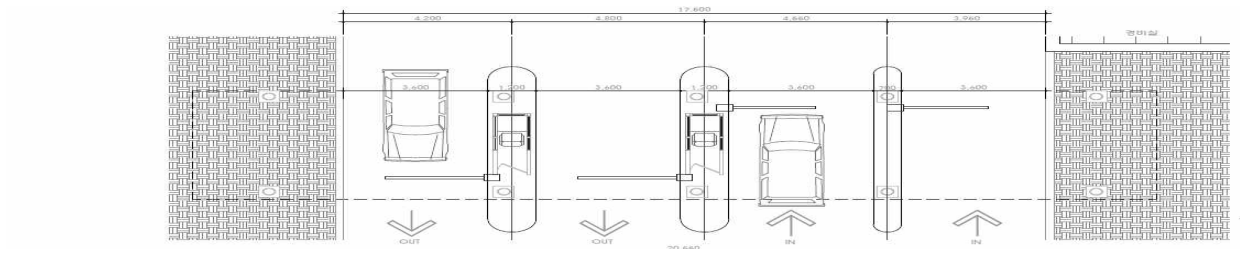
○ 출입게이트는 건축물 용도상 운수시설(철도시설)이며, 세부시설로 출입안내소로 구성

○ 규모로 지상 1층으로 1층 4.47㎡로 계획 구조는 철골구조로 계획

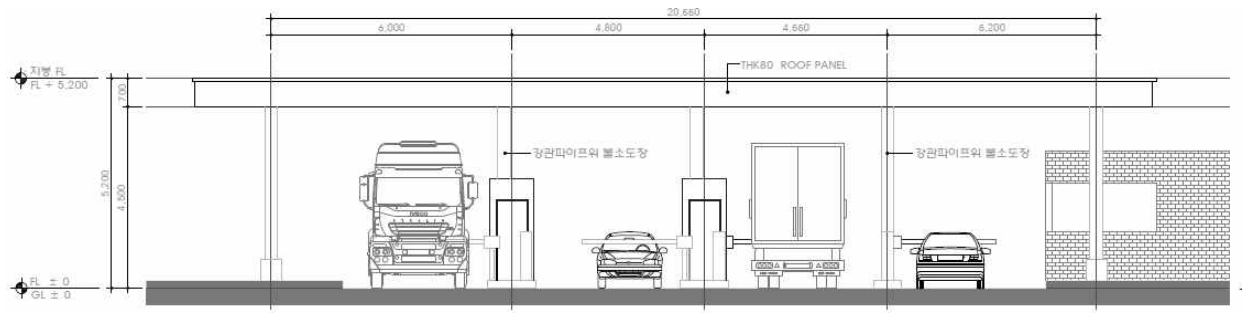
<표 39> 출입게이트 개요

구분	목록		비고
건축물 용도	운수시설(철도시설)		
건축물 규모	지상1층		
건축물 구조	철골구조		
세부시설	출입안내소		
면적	1층	4.47㎡	
	합계	4.47㎡	

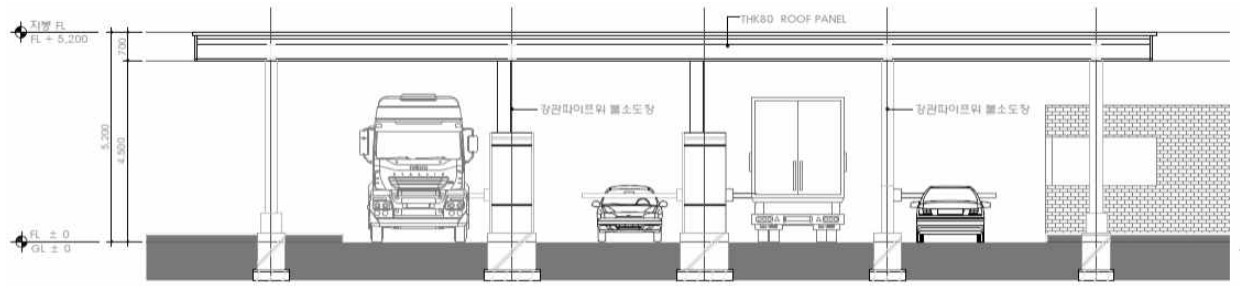
▪ 게이트 평면도



▪ 게이트 입면도



▪ 게이트 단면도



<그림 53> 출입게이트 건축계획

□ 인터모달 터미널 조감도

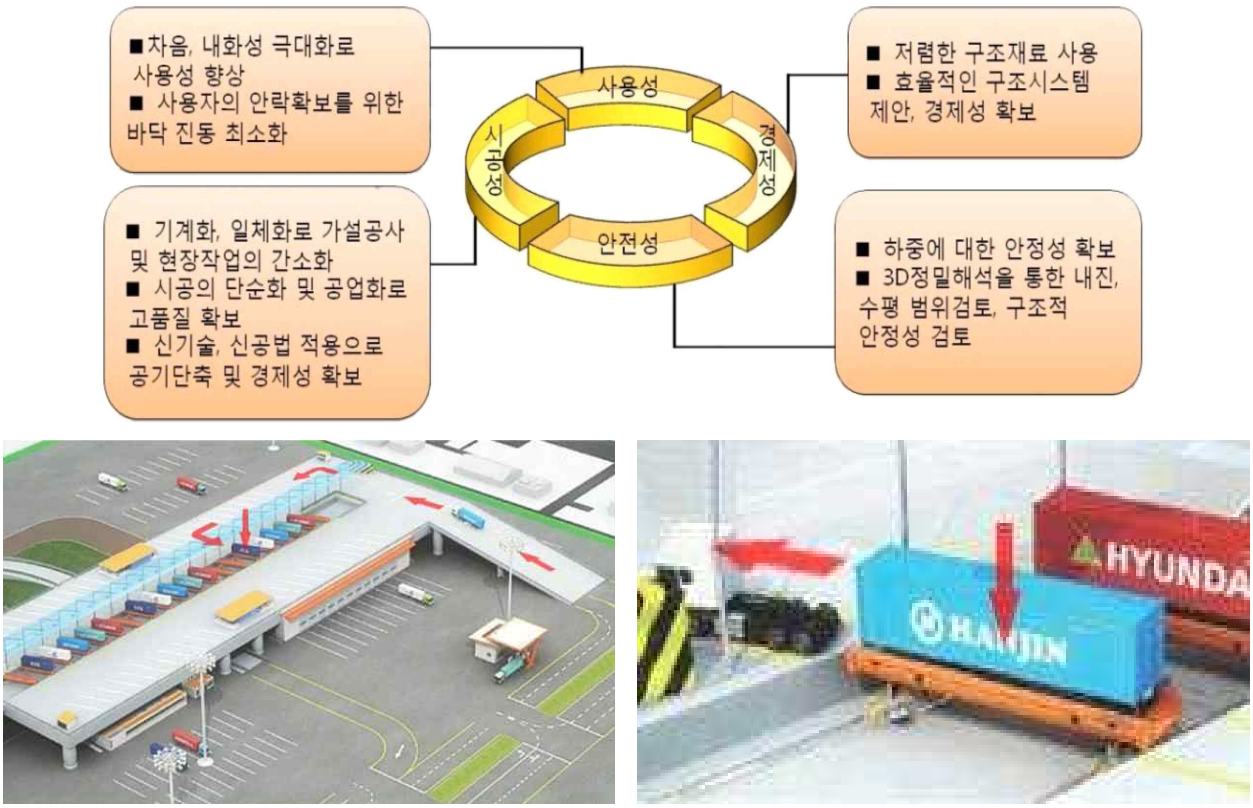


제7절. 터미널 플랫폼 설계

1. 플랫폼 구조설계 기본방향 설정

○ 인터모달 터미널 내 플랫폼은 도로와 철도간에 모달시프트(modal shift)가 이루어지는 핵심 구조시설물로 중차량의 이동량이 많은 자동화물운송시스템의 특성을 고려한 합리적인 설계가 요구됨.

○ 본 장에서는 인터모달 터미널 플랫폼에 대한 요구사항과 하중특성을 고려한 최적 플랫폼 구조설계(안)을 제시하고자 함.



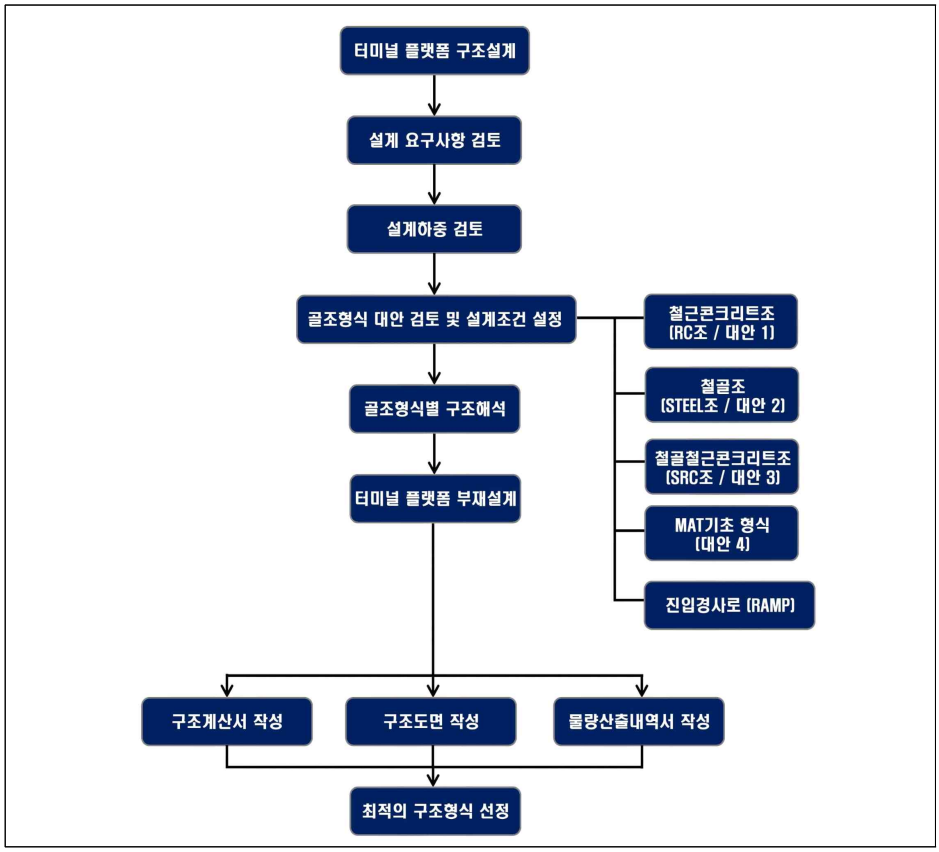
<그림 54> 인터모달 터미널 플랫폼 개념 및 구조설계 기본방향

가. 인터모달 터미널 플랫폼 구조형식 선정 절차

○ 인터모달 터미널 플랫폼는 사용성, 안전성, 시공성, 경제성을 고려한 합리적인 구조설계가 이루어 질 수 있도록 구조계획을 수립하고, 설계에 필요한 하중조건과 구조해석을 통한 부재력 검토를 실시하여 최적 설계(안) 제시

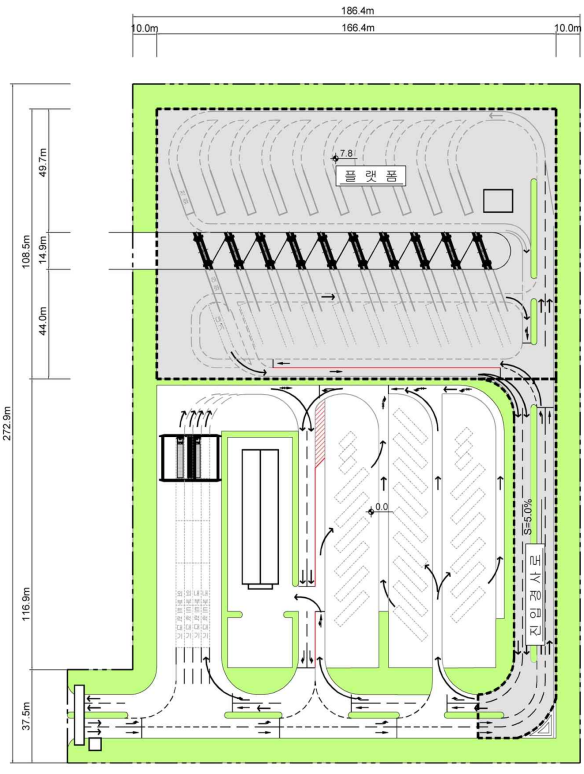
○ 구조계획은 인터모달 터미널 Layout 및 설계요구사항을 충족할 수 있도록 구조형식 대안을 설정하고 지반 조건별 공사비 검토를 통한 경제적이고 효율적인 최적대안을 도출할 수 있도록 계획을 수립

○ 구조형식은 인터모달 터미널의 입지여건(절토, 성토구간 등)을 반영할 수 있도록 복층구조물(지상2층)과 단층구조물(지상1층)로 구분하여 대안을 설정



<그림 55> 인터모달 터미널 플랫폼 구조형식 선정 절차

나. 구조설계 규모 및 설계요구사항



구분	내용
설계 대상	▪ 인터모달 터미널 부지 내 플랫폼 구조물 ▪ 플랫폼 진입 경사로 (Ramp)
규모	▪ 플랫폼 : 약 18,100㎡ (166.4m × 108.6m) ▪ 진입경사로 : 약 2,800㎡ (154.6m × 17.5m)
플랫폼 요구사항	▪ 플랫폼 성능 : 대차 10량 동시 운영 ▪ 대차, 궤도, 트레일러 제원 및 하중 ▪ 플랫폼 상부 마감(포장) 하중 ▪ 터미널 입지여건 반영(복층구조, 단층구조) ▪ 대상지역에 환경하중 고려 (지진하중, 풍하중, 적설하중, 온도하중) ▪ 골조형식 별 대략공사비 산정 ▪ 적정 E.J. 구간 검토 (최대 Span 61.0m × 50.0m 이내) ▪ 공사용 구조도면 작성 ▪ 시공 및 유지관리 시방서
진입경사로 요구사항	▪ 진입경사로 경사율은 5% 이내로 적용
목표	▪ 골조형식 별 구조검토를 통한 경제적인 대안 선정

*RC조 : 철근콘크리트 구조 (Reinforced Concrete Structure)
*STEEL조 : 철골 구조 (Steel Structure)
*SRC조 : 철골철근콘크리트 구조 (Steel Reinforced Concrete Structure)

2. 국내외 유사사례 검토

○ 국내에는 인터모달 터미널에서 구현하고자 하는 플랫폼과 동일한 조건의 기존사례가 없어 국내 및 해외의 유사사례를 조사함.

○ 국내외 유사사례 검토를 통하여 규모, 구조시스템 및 모듈, 골조형식, 구조재료, 이용차량 현황 등 본 연구의 구조설계 적용사항의 적정성을 검토함.

<표 40> 국내외 유사사례 요약

사 례	국내			국외		
						
프로젝트	서울복합물류 (서울동남권 물류단지)	켄달스퀘어 로지스틱파크	Toll City (State of the are warehouse)	Pacific Integrated Logistics Ramp-Up Warehouse	DPL Misato	Prologis Georgetown Crossroads
위 치	서울시 송파구	경기도 부천시	싱가포르	싱가포르	일본 사이타마	미국 시애틀
용 도	물류센터 사무실	물류센터 사무실	물류창고 사무실	물류창고	물류센터 산업창고	물류센터 산업창고
규 모	지상8층 지하2층	지상7층 지하1층	지상7층	지상7층	지상5층	지상3층
연 면 적	399,724㎡	305,509㎡	101,009㎡	55,000㎡	-	54,777㎡
구조형식	RC조 SRC조 PC조	RC조 PC조	RC조 PSC조	RC조 PSC조	RC조 철골조	철골조 PC조
기둥모듈	-	11.0m×11.0m	-	-	11.5m×11.5m	15.2m×13.7m

○ 조사된 사례들은 대부분 Ramp-up 및 Drive-in System을 적용한 3~7층의 규모의 복층형 물류센터로 구조물 내로 화물차량이 진입하는 시설은 다수 있으나, 국내의 경우 본 용역의 플랫폼과 같은 전체 면적에 고중량 대차와 컨테이너차량이 동시 진출입을 고려한 사례가 없음.

○ 위 국내외 사례는 공통적으로 지상3층 이상의 규모이며 각 층별로 차량 진출입 및 화물이 적재되는 조건에 의해 기둥 스팬이 11.0m 이상으로 설계되었으나, 본 과업의 플랫폼의 경우 지상1층에 차량 진입 및 화물적재 공간이 불필요하므로 플랫폼 평면을 고려하여 기둥 모듈을 10.5m × 8.6m로 설정

○ 위 사례의 대부분 용도는 물류센터 및 산업창고로 조기 완공을 위해 시공기간 단축을 목표로 하므로 공기를 줄일 수 있는 PC조*가 적용되었으나 공사비가 고가이므로 본 과업의 대안에서 제외

*PC조 : 프리캐스트 콘크리트 (Precast Concrete Structure) - 공장제작 콘크리트

○ 일부 사례는 제한된 층고에서 넓은 스팬을 확보하기 위하여 PSC조*를 적용함. PSC조는 넓은 스팬을 확보할 수 있으나 높은 시공성을 요하고 사용 중 주기적인 유지관리가 필요하므로 본 과업의 대안에서 제외

*PSC조 : 프리스트레스 콘크리트 구조 (Prestressed Concrete Structure) - 초기 인장 콘크리트

○ 본 과업은 구조안전성 및 사용성을 우선하여 검토사항들을 구조설계에 반영

가. 국외 사례검토

□ 사례1. 서울복합물류 (서울 동남권 유통단지)



<건물 전경>



<내부 구조형상>

항 목	내 용
건 물 명	▪ 서울복합물류 (서울 동남권 물류단지)
위 치	▪ 서울시 송파구 장지동 674
용 도	▪ 물류센터 및 사무실
규 모	▪ 지상8층 / 지하2층
연 면 적	▪ 399,724㎡
구조형식	▪ RC조, SRC조, PC조
구조적 특징	▪ 전층 자주식 진입 및 1면 접안시스템 ▪ 대형차량 주차면 통로폭 15.0m 이상 ▪ 전층 자주식 진입 및 2면 접안시스템 ▪ 접속부 및 교차로부 회전반경 12.0m 이상 ▪ 진입램프 통로폭 10.0m 이상 ▪ 전층 40ft 컨테이너 트럭 진입

*RC조 : 철근콘크리트 구조 (Reinforced Concrete Structure)

*SRC조 : 철골철근콘크리트 구조 (Steel Reinforced Concrete Structure)

*PC조 : 프리캐스트콘크리트 구조 (Precast Concrete Structure) - 공장제작 콘크리트

□ 사례2. 부천 켄달스퀘어 로지스틱파크 (오정동 물류센터)



<건물 전경>



<내부 구조형상>

항 목	내 용
건 물 명	▪ 부천 켄달스퀘어 로지스틱파크
위 치	▪ 경기도 부천시 오정동 물류 2-1~3
용 도	▪ 물류센터 및 사무실
규 모	▪ 지상7층 / 지하1층
연 면 적	▪ 305,509㎡
구조형식	▪ RC조, PC조
구조적 특징	▪ 전층 1방향 동선시스템 ▪ 전층 자주식 진입 및 1면 접안시스템 ▪ 기본 기둥모듈 11.0m × 11.0m ▪ 대형차량 주차면 통로폭 16.0m 이상 ▪ 진입램프 회전반경 11.0m 이상 ▪ 진입램프 통로폭 10.0m 이상 ▪ 전층 40ft 컨테이너 트럭 진입

나. 국외 사례검토

□ 사례1. Toll City (State of the are warehouse) - 싱가포르


<건물 전경>


<내부 구조형상 및 램프형상>

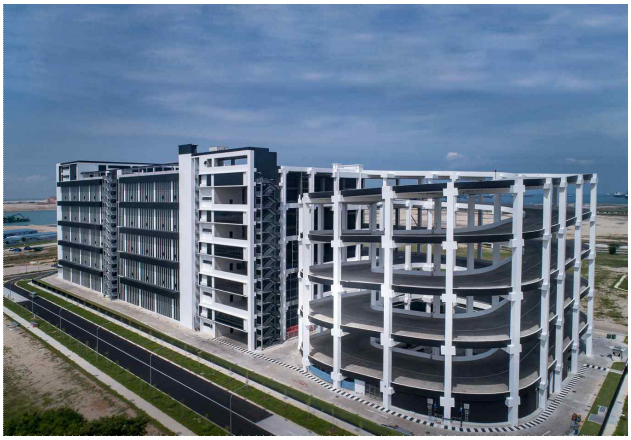
항 목	내 용
건 물 명	▪ Toll City (State of the are warehouse)
위 치	▪ 60 Pioneer Road, 싱가포르
용 도	▪ 물류창고 및 사무실
규 모	▪ 지상7층
연 면 적	▪ 101,009㎡
구조형식	▪ RC조, PSC조
구조적 특징	▪ 전층 교차 동선시스템 ▪ 전층 자주식 진입 및 1면 접안시스템 ▪ 전층 48ft 컨테이너 트럭 진입 ▪ 적재하중 30kN/㎡ ▪ 창고 : 드롭 패널 및 PT(Post-Tension) 플랫슬래브 ▪ 통행로 및 램프 : PT 빔 및 PT 슬래브

*PT : 프리텐션 (Pretension) - PSC구조의 시공방식

□ 사례2. Pacific Integrated Logistics Ramp-Up Warehouse - 싱가포르



<건물 전경>



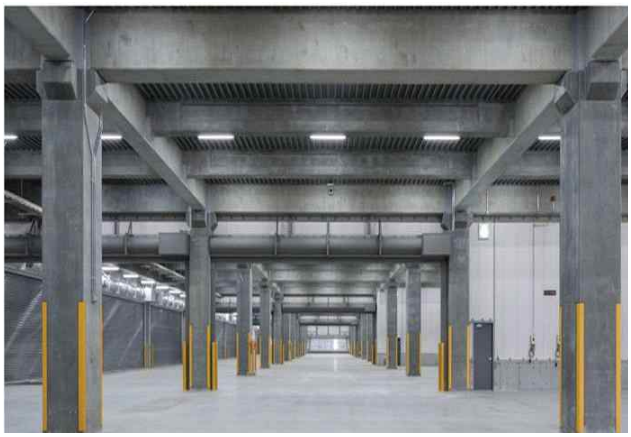
<내부 구조형상 및 램프형상>

항 목	내 용
건 물 명	▪ Pacific Integrated Logistics Ramp-Up Warehouse
위 치	▪ Tuas South Avenue 16, 싱가포르
용 도	▪ 물류창고
규 모	▪ 지상7층
연 면 적	▪ 55,000㎡
구조형식	▪ RC조, PSC조
구조적 특징	▪ 전층 교차 동선시스템 ▪ 전층 자주식 진입 및 1면 접안시스템 ▪ 전층 40ft 컨테이너 트럭 진입 ▪ 장스팬 구간에 프리스트레스콘크리트(Pre-Stressed Concrete)를 적용

□ 사례3. DPL Misato - 일본 사이타마



<건물 전경>



<내부 구조형상>

항 목	내 용
건 물 명	▪ DPL Misato
위 치	▪ 1-3-5, Inter-Minami, Misato City, 일본 사이타마
용 도	▪ 물류센터, 산업창고
규 모	▪ 지상5층
연 면 적	▪ -
구조형식	▪ RC조, 철골조
구조적 특징	▪ 전층 교차 동선시스템 ▪ 전층 자주식 진입 및 1면 접안시스템 ▪ 기본 기둥모듈 11.5m × 11.5m ▪ 대형차량 주차면 통로폭 13.5m 이상 ▪ 유효 층고 5.5m

□ 사례4. Prologis Georgetown Crossroads - 미국 시애틀



<건물 전경>



<내부 구조형상 및 램프형상>

항 목	내 용
건 물 명	▪ Prologis Georgetown Crossroads
위 치	▪ 6050 East Marginal Way South, 미국 시애틀
용 도	▪ 물류센터, 산업창고
규 모	▪ 지상3층
연 면 적	▪ 54,777㎡
구조형식	▪ 철골조, PC조
구조적 특징	▪ 지상2층 1방향 동선시스템 ▪ 지상2층 하역장과 창고 바닥판을 분리(Expansion Joint) ▪ 대표 기둥모듈 15.2m × 13.7m (50ft × 45ft) ▪ 지상1층 층고 : 8.5m (28ft) ▪ 지상2층 층고 : 7.3m (24ft)

3. 설계기준 및 조건

가. 플랫폼 구조설계 기준 검토

○ 구조물의 구조해석 및 구조설계는 2016년 6월에 제정된 건설기준코드(KDS)를 적용

○ 건설기준코드에 따라 건축구조기준 및 설계하중, 내진설계기준 등을 적용하였으며, 대차 진출입이 이루어지므로 철도 관련 기준도 함께 검토하여 해당 항목들을 적용함.

<표 41> 플랫폼 구조설계 적용기준

적 용 기 준	코 드	비 고
건축구조기준	KDS 41 00 00 : 2019	국가건설기준센터
건축구조기준 설계하중	KDS 41 10 15 : 2019	
건축물 내진설계기준	KDS 41 17 00 : 2019	
건축물 기초구조 설계기준	KDS 41 20 00 : 2019	
건축물 콘크리트구조 설계기준	KDS 41 30 00 : 2018	
건축물 강구조 설계기준	KDS 41 31 00 : 2019	

*KSD : 건설기준코드(Korean Design Standard) / 한국건설기술연구원 국가건설기준센터

<표 42> 플랫폼 구조설계 참고기준

참 고 기 준	코 드	비 고
철도설계기준	KDS 47 00 00 : 2018	국가건설기준센터
철도설계기준 - 건축구조	KDS 47 70 40 : 2018	
건축물 하중기준 및 해설	-	국토교통부

나. 적용설계법

○ 부재설계 및 안전성 검토는 구조재료, 위치에 해당하는 설계기준에 따라 각각의 설계법을 적용

<표 43> 구조설계법 종류

설 계 법	적 용 조 건	비 고
극한강도설계법 (U.S.D.)	콘크리트 구조물 부재 설계	
한계상태설계법 (L.S.D.)	철골 구조물 부재 설계	
허용응력설계법 (A.S.D.)	하중에 대한 지내력 검토 하중에 대한 파일내력 검토	부재력에 대한 기초설계는 극한강도설계법 적용

(1) 극한강도설계법 (U.S.D. : Ultimate Strength Design method)

○ '단면에 의한 내력은 하중에 의한 외력보다 커야한다.' 라는 구조적 개념을 기본으로 하여, 계수하중에 의한 부재력(Ru)은 공칭강도(Rn)에 강도감소계수(Φ)를 곱한 설계용 강도(ΦRn)를 초과하지 않도록 설계 (Ru ≤ ΦRn)

· 극한강도 : 부재가 붕괴 또는 파괴상태에 달할 때의 최대하중 또는 최대응력

· 계수하중 : 강도설계법으로 부재를 설계할 때 사용하중에 하중계수를 곱한 하중

· 공칭강도(Ru) : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도를 말하며, 강도감소계수를 적용하기 이전의 강도

· 강도감소계수(Φ) : 재료의 설계기준강도와 실제 강도와의 차이, 부재를 제작 또는 시공할 때 설계도와의 차이, 그리고 부재 강도의 추정과 해석에 관련된 불확실성을 고려하기 위한 안전계수

○ 극한강도설계법은 각 하중 특성에 따라 하중계수를 고려하므로 과하중을 고려한 설계법이며, 재료의 극한강도를 근거로 설계하므로 부재의 극한능력과 저항능력을 파악할 수 있으나 사용하중(하중계수를 곱하지 않은 하중) 상태에서의 균열, 처짐 등의 사용성 검토가 필요

(2) 한계상태설계법 (L.S.D. : Limit State Design method)

○ 한계상태설계법 하중조합 하에서 부재의 설계강도가 소요강도 이상이 되도록 구조요소를 설계하는 방법

· 한계상태 : 구조체 또는 구조요소가 사용하기에 부적당하게 되고 의도된 기능을 더 이상 발휘하지 못하는 상태(사용성한계상태) 또는 극한하중지지능력에 도달한 상태(강도한계상태)

(3) 허용응력설계법 (A.S.D. : Allowable Stress Design method)

· 허용강도 : 공칭강도를 안전계수로 나눈 값

· 허용응력 : 허용강도를 단면특성으로 나눈값

· 공칭강도 : 하중효과에 저항하기 위한 구조체 혹은 구조부재의 강도 (저항계수가 적용되지 않은 값)

· 저항계수 : 공칭강도와 실제강도 사이의 불가피한 오차 또는 파괴모드 및 파괴결과가 부차적으로 유발하는 위험도를 반영하기 위한 계수

○ 구조부재는 설계하중에 따른 하중 및 외력을 사용하여 산정한 부재력을 허용응력설계법의 하중조합에 따라 조합하여 가장 불리한 값으로 설계하는 방법

○ 설계하중 및 하중조합에 따른 구조부재의 응력 또는 부재력은 재료의 허용응력 및 허용강도보다 작도록 설계

(4) 하중조합

(가) 설계하중의 종류

○ 플랫폼의 구조설계에 적용된 설계하중은 다음과 같으며, 각 설계하중에 대한 사항은 해당 기준의 규정을 적용

<표 44> 설계하중의 종류

하중	기호	비 고
고정하중	D	KDS 41 10 15 : 2019
활하중	L	
적설하중	S	
풍하중	W	
지진하중	E	
온도하중	T	

*KDS : 건설기준코드(Korean Design Standard) / 한국건설기술연구원 국가건설기준센터

(나) 하중조합

○ 플랫폼은 기준에서 규정한 하중을 기본으로 하중조합에 의한 하중효과에 저항하도록 설계하였고, 다음의 하중조합에서 고정하중 외의 하중에 대해서는 하나 또는 그 이상의 하중이 작용하지 않을 경우도 검토

<표 45> 강도설계법 또는 한계상태설계법의 하중조합

하중조합	비 고
1.4D	KDS 41 10 15 : 2019
1.2(D+T) + 1.6L + 0.5S	
1.2D + 1.6S + 1.0L	
1.2D + 1.6S + 0.65W	
1.2D + 1.3W + 1.0L + 0.5S	
1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S	
0.9D + 1.3W	
0.9D + 1.0E	

*KDS : 건설기준코드(Korean Design Standard) / 한국건설기술연구원 국가건설기준센터

<표 46> 허용응력설계법의 하중조합

하중조합	비 고
D	KDS 41 10 15 : 2019
D + L + T	
D + S	
D + 0.75(L+T) + 0.75S	
D + 0.85W	
D + 0.7E	
D+0.75(0.85W) + 0.75L + 0.75S	
D+0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75S	
0.6D + 0.85W	
0.6D + 0.7E	

다. 플랫폼 구조설계 하중조건

(1) 고정하중 (Dead Load)

(가) 플랫폼

<표 47> 플랫폼 고정하중

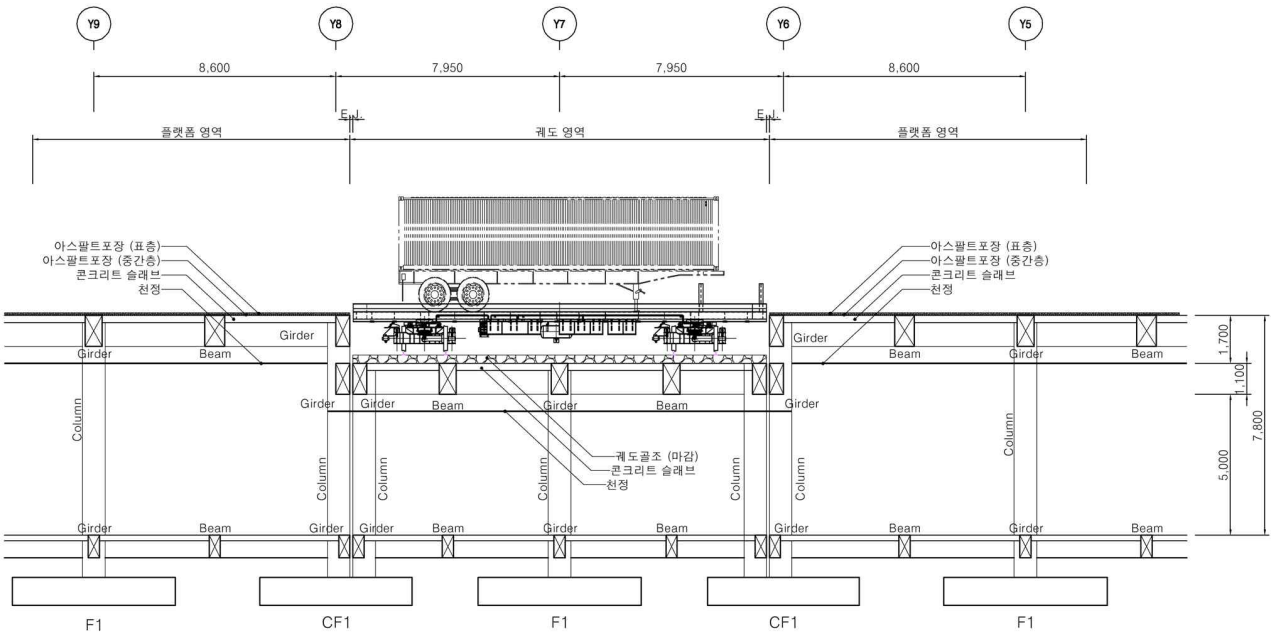
용도	구분	두께 (mm)	단위중량 (kN/㎥)	하중 (kN/㎡)
플랫폼	아스팔트포장(표층)	50.0	23.0	1.15
	아스팔트포장(중간층)	50.0	23.0	1.15
	콘크리트 슬래브	250.0	24.0	6.00
	천정	-	-	0.50
	계	-	-	8.80

(나) 궤도영역

<표 48> 궤도영역 고정하중

용도	구분	두께 (mm)	단위중량 (kN/㎥)	하중 (kN/㎡)
궤도영역	궤도 골조 (마감)	400.0	24.0	9.60
	콘크리트 슬래브	250.0	24.0	6.00
	천정	-	-	0.50
	계	-	-	16.10

□ 마감 및 골조 단면 형상



<그림 56> 터미널 플랫폼 골조 단면 제원

(2) 활하중 (Live Load)

(가) 대차 및 적재물 하중

○ 구조설계용 축하중(P1~P4)은 대차와 적재물(컨테이너 화물 + 트레일러차량)의 총하중을 차량별 축 개수로 분배하여 산정하며, 축하중 산정시 대차 운행에 대한 충격하중을 추가 고려함

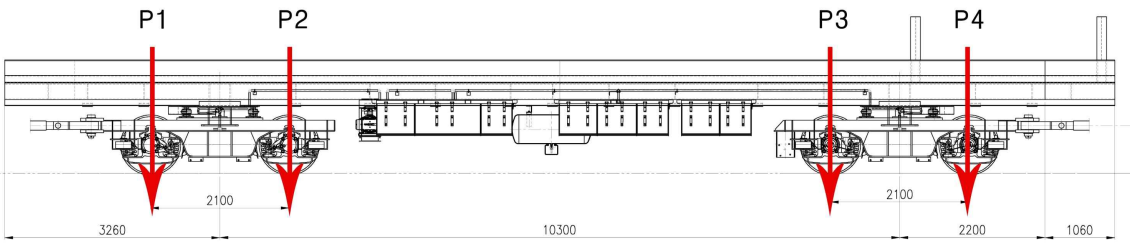
○ 각 대차는 4개의 축과 8개의 차륜으로 구성되었으며(1축 당 2개 차륜), 축하중은 선형하중형태로 설계에 반영됨

P = { (1.0+충격계수) × (대차+적재하중) } ÷ 차량별 축 개수
= { (1.0+0.4) × 650.0 } ÷ 4
= 227.5 kN/축
※ 대차 각 차량별 4개 축 고려
※ 충격계수 0.4(대차 총중량의 40%) 추가 고려

<표 49> 대차 및 적재물 하중

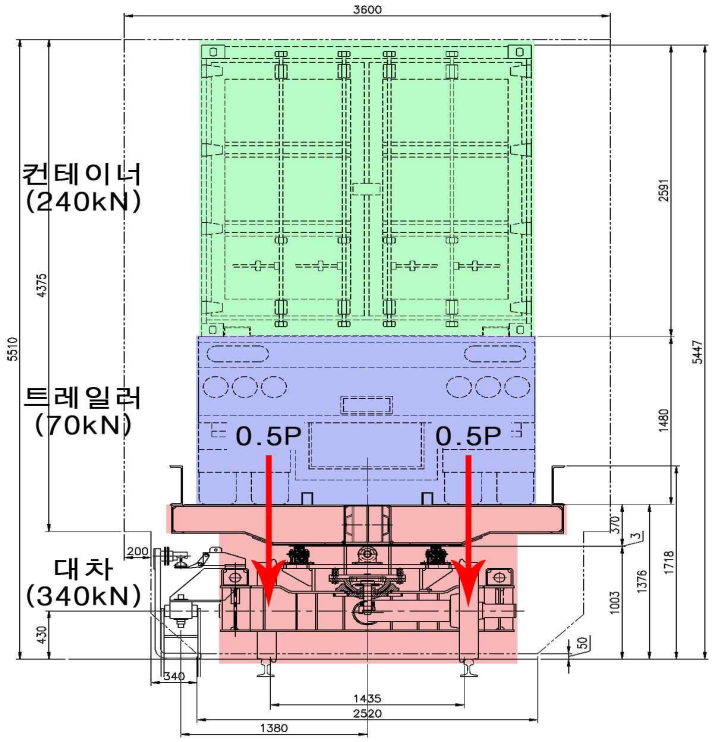
구분	세부	하중 (kN)	비고
대차	차체	160.0	
	대차	108.0	
	유도전동기 및 전기장치	56.0	
	공압장치 등	16.0	
	소계	340.0	
적재하중	컨테이너	240.0	
	트레일러	70.0	
	소계	310.0	
총 중량		650.0	연결봉 포함

□ 대차 및 적재물 단면형상-1



<그림 57> 대차 단면형상 및 차량 축 위치

□ 대차 및 적재물 단면형상-2



<그림 58> 대차 및 적재물 단면형상 및 차륜 위치

(나) 트레일러 및 적재물 하중

○ 트레일러 차량은 컨테이너 화물을 적재하는 트레일러와 트레일러를 견인하는 트랙터로 구성됨

○ 도로법상 차량의 최대 축하중은 10ton(100kN), 차량의 최대 총하중은 40ton(400kN)

○ 트레일러 차량하중은 도로법상 최대 축하중 및 총중량을 설계값으로 설정

○ 트랙터 후륜과 트레일러 후륜 하중은 각각 차륜 1개소가 분담하는 하중(CASE-I)과 차륜 2개소가 동시에 분담하는 하중(CASE-II)으로 구분하여 산정

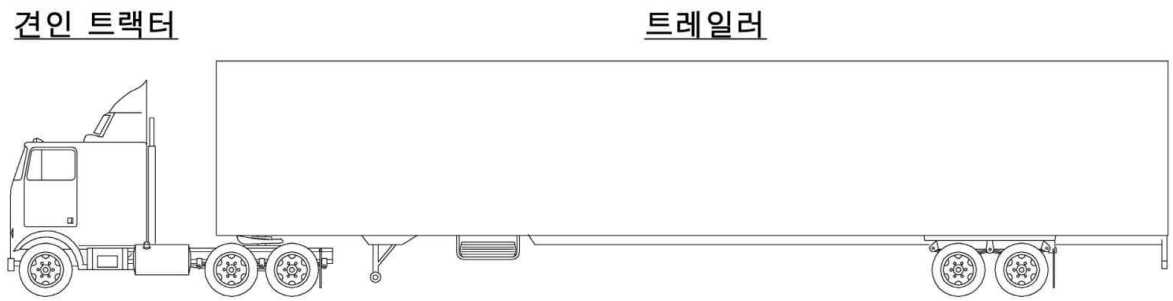
○ 최대차륜하중(kN)은 면적 당 하중(kN/㎡)으로 치환하여 플랫폼 구조설계에 적용

○ 충격계수 0.3 (차량 총중량의 30%) 추가 고려

<표 50> 트랙터 및 트레일러(+적재물) 차륜 최대분배하중

구분	Case - I (kN/m2)	Case - II (kN/m2)	비고
견인 트랙터 후륜	21.8	24.6	Case - I : 후륜1개소 분담하중 Case - II : 후륜2개소 분담하중
트레일러 후륜	15.5	17.8	
플랫폼 구조설계 적용하중	30.0		우발 과하중 등 구조안전성 고려

□ 견인트랙터 및 트레일러 구분 및 하중 분배



<그림 59> 견인 트랙터 및 트레일러 구분

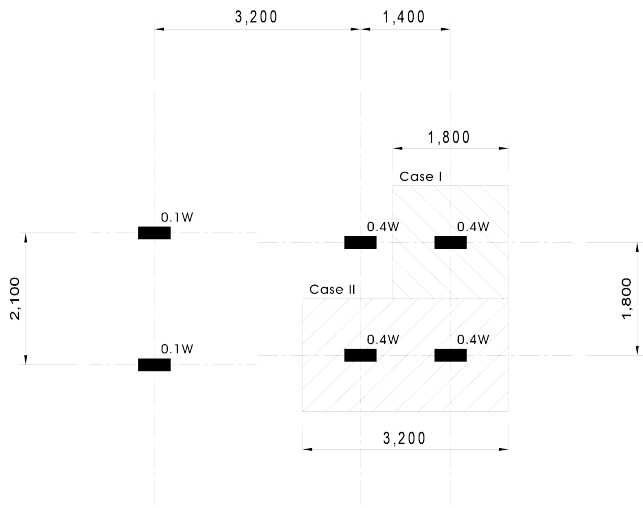
<표 51> 설계하중 산정용 트랙터 및 트레일러(+적재물) 하중분배

구분	총하중 (kN)	트랙터 후륜 분담하중 (kN)	트레일러 후륜 분담하중 (kN)	비고
견인 트랙터	90.0	90.0	-	
트레일러	70.0	35.0	35.0	트렉터 : 트레일러 = 1 : 1
컨테이너(적재물)	240.0	120.0	120.0	트렉터 : 트레일러 = 1 : 1
계	400.0	245.0	155.0	

□ 견인 트랙터 제원 및 최대 차륜하중

<표 52> 견인 트랙터 제원 및 최대 차륜하중

구 분	총 하중 (kN)	하중 분담 차륜	전체 차륜	차륜분담 면적	충격 계수	설계 활하중 (kN/m2)
CASE - I	245.0	0.4W	1.8W	1.8m × 1.8m	1.3	21.8
CASE - II	245.0	0.4W × 2ea	1.8W	1.8m × 3.2m	1.3	24.6



◎ 하중계산식:

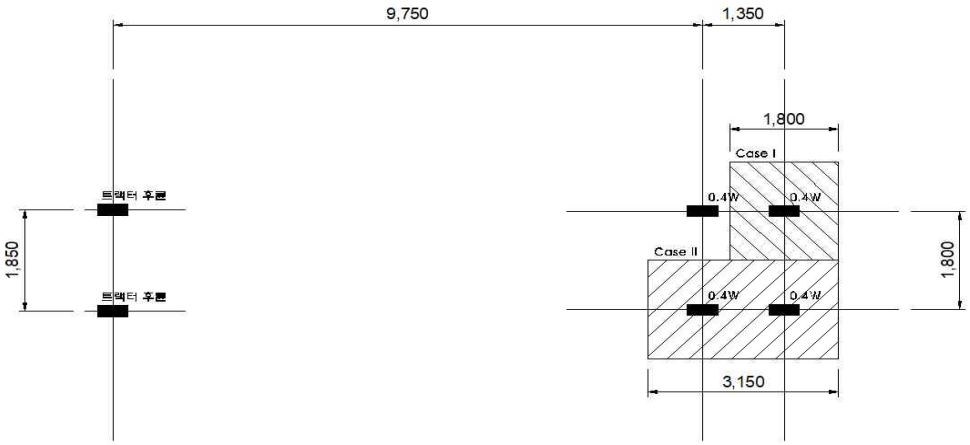
$$\text{등분포활하중} = \frac{(1.0+\text{충격계수}) \times \frac{\text{하중분담차륜}}{\text{전체차륜}} \times \text{총하중}}{\text{차륜 분담 면적}}$$

<그림 60> 견인 트랙터 제원 및 축하중 분배율

□ 트레일러 제원 및 최대 차륜하중

<표 53> 트레일러 제원 및 최대 차륜하중

구 분	총 하중 (kN)	하중 분담 차륜	전체 차륜	차륜분담 면적	충격 계수	설계 활하중 (kN/m2)
CASE - I	155.0	0.4W	1.6W	1.8m × 1.8m	1.3	15.5
CASE - II	155.0	0.4W × 2ea	1.6W	1.8m × 3.15m	1.3	17.8



<그림 61> 트레일러 제원 및 축하중 분배율

· 하중 계산식 : 등분포활하중 = $\frac{(1.0+충격계수)\times\frac{하중분담차륜}{전체차륜}\times총하중}{차륜\ 분담\ 면적}$

(3) 지진하중 (Seismic Load)

○ 지진하중은 건축물 내진설계기준에 따르고 플랫폼의 중요도 “특”을 적용

○ 최대고려지진은 내진설계에서 고려하는 가장 큰 지진으로서 국가지진위험지도의 2400년 재현주기에 해당

○ 기본설계지진은 스펙트럼가속도가 최대고려지진에 의한 값의 2/3 수준에 해당하는 지진으로 정의

<표 54> 지진하중 적용계수

하중	구분	계수	비고
지진하중	지진구역계수 (S)	0.22g	지진구역 I
	지반분류	SD	단단한 토사 지반
	중요도계수 (IE)	1.5	중요도 특
	반응수정계수 (R)	3.0	콘크리트기준의 일반규정만을 만족하는 철근콘크리트 구조시스템
	시스템 초과강도계수 (Ω0)	3.0	
	변위증폭계수 (Cd)	3.0	

(4) 풍하중 (Wind Load)

○ 풍하중은 건축구조기준 설계하중에 따라 복층구조물(지상2층)에 적용

○ 최상층(지상2층) 높이(기준높이)에서의 속도압을 기준으로 풍하중을 산정

○ 주골조설계용 설계풍압은 설계속도압, 풍방향 가스트영향계수, 주골조설계용 풍압계수를 곱하여 산정

○ 풍하중 산정시 각 건물표면의 양면에 작용하는 풍압의 대수합을 고려

○ 플랫폼은 부산시 또는 근교에 건설되는 것으로 가정하여 부산시에 적용되는 설계기본풍속 38m/s를 적용하였고, 플랫폼 주변에 주택 등에 의한 높은 장애물이 거의 없는 지표면상태로 가정하여 지표면조도구분 계수 D를 적용

○ 설계기본풍속은 지표면조도구분C 인 경우, 지상 10 m 높이에서 10분간 평균풍속의 재현기간 100년에 대한 값임

<표 55> 풍하중 적용계수

하중	구분	계수	비고
풍하중	설계기본풍속	38m/s	부산시
	지표면조도구분	D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5m 이하인 지역, 해안, 초원, 비행장
	가스트영향계수	1.86	
	풍속고도분포계수	1.13	지표면조도구분 D
	중요도계수	1.0	중요도 특

라. 골조 E.J. (Expansion Joint) 계획

○ 플랫폼은 166.4m × 106.6m의 바닥판으로 구성되는 구조물이며, 슬래브 상부의 마감 외에 별도의 마감이 없는 구조물로서 외기에 영향을 많이 받을 것으로 판단됨

○ 미국 F.C.C.(Federal Construction Council)에서 제안한 식을 통해 허용건물길이를 산정하고 E.J. 설치 구간을 검토함

(1) 외기온도 연중 최대 변화량 산정

○ 외기온도 연중 최대 변화량 산정을 위한 자료는 부산지방기상청의 기후자료를 적용하였으며, 1900년부터 2019년까지 측정된 기후자료를 적용함

· 외기온도 연중 최대 변화량 ΔT = 29.8℃

· ΔT = Max(연중 최고기온-연평균기온(최저) , 연평균기온(최고)-연중 최저기온)
= Max(Tw-Tm,min , Tm,max - Tc)
= Max (37.3-12.4 , 15.8-(-14.0))
= Max (24.9 , 29.8)
= 29.8℃

<표 56> 부산시 기후 자료(1900~2019년, 기상청)

항목	기호	값	비고
연평균기온(최고)	Tm,max	15.8 ℃	
연평균기온(최저)	Tm,min	12.4 ℃	
연중 최고기온	Tw	37.3 ℃	
연중 최저기온	Tc	-14.0 ℃	

(2) 플랫폼 최대 허용길이 및 E.J. (Expansion Joint) 설치 간격 산정

○ 미국 FCC 제안식에 따라 외기온도 연중 최대 변화량(ΔT), 플랫폼의 평면형태, 골조형식를 고려하여 플랫폼 최대 허용길이(L allow)를 구하고, 최대 허용길이에 보정계수를 곱하여 E.J. 최대 설치간격을 산정

○ E.J. 최대 설치간격은 70.5m 이며, 각방향(X,Y방향) 최대길이를 70.5m 이내로 설정

○ 플랫폼의 규모, 단차 위치, 분할영역 수 등을 고려하여 평면을 3×3분할하고 E.J.를 설치 (최대 60.8m × 49.7m)

- 플랫폼 최대 허용길이 L allow = 135.6m

· L allow = $L_{form} - (L_{form} - L_{material}) \times \frac{L_{form} - 15}{40 - 15}$

= $180 - (180 - 105) \times \frac{29.8 - 15}{40 - 15}$

= 135.6m

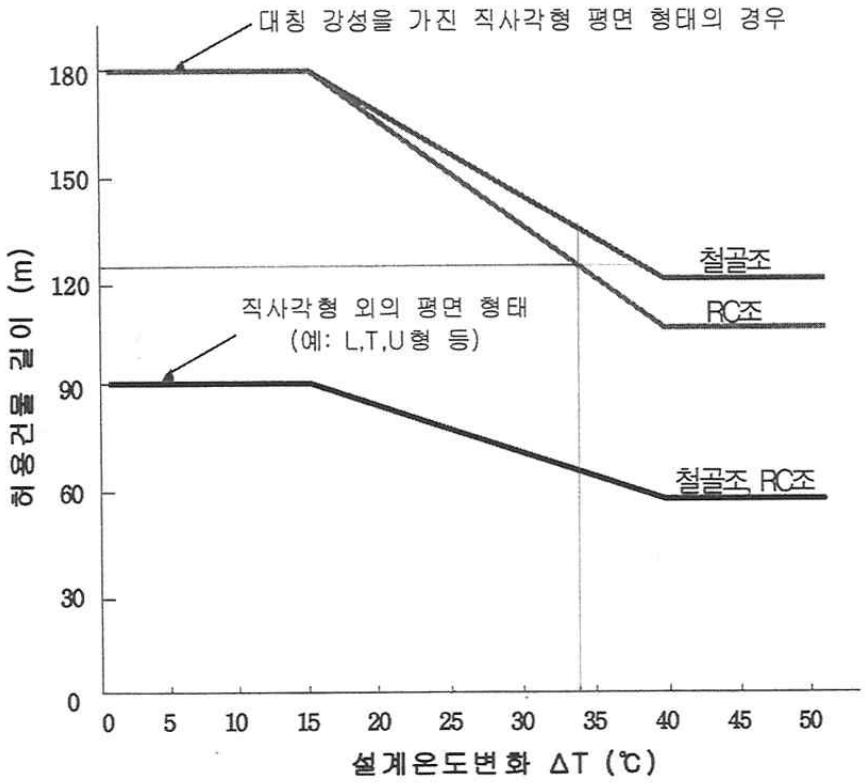
- 플랫폼의 E.J. 최대 설치간격 L ej = 70.5m

· L ej = 플랫폼 최대 허용길이 × (1.0 + 보정계수)

= L allow × (1.0 + M1 + M2)

= 135.6 × (1.00 - 0.33 - 0.15)

= 70.5m



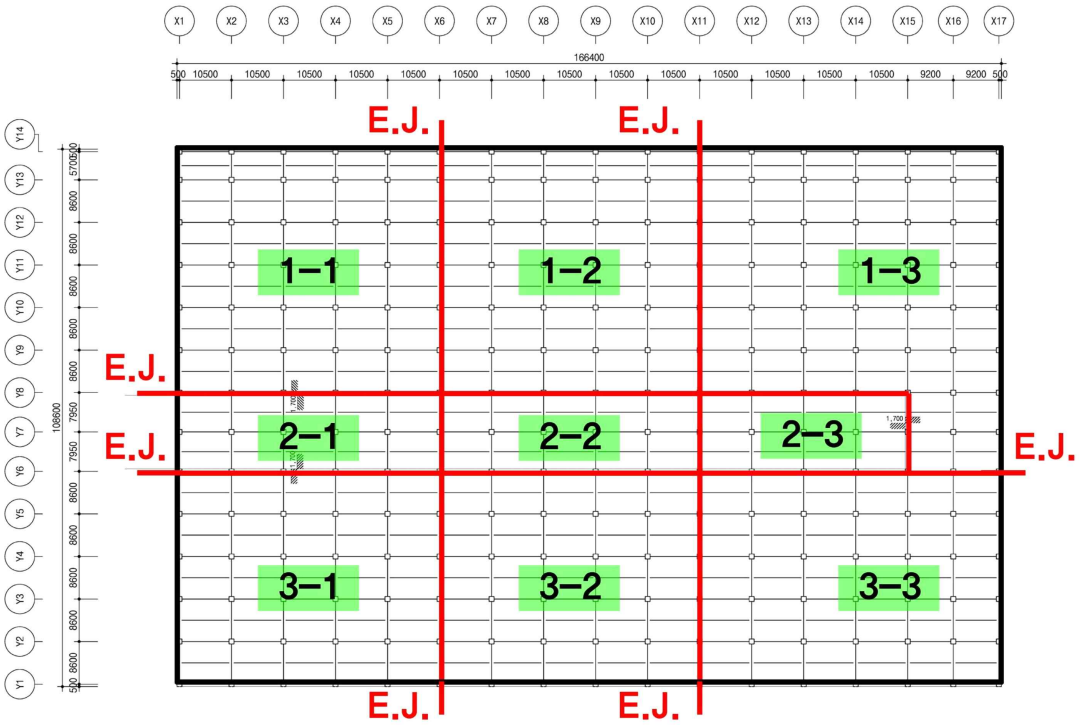
<그림 62> 미국 F.C.C(Federal Construction Council) 제안식 계수

<표 57> 미국 F.C.C(Federal Construction Council) 제안식 계수

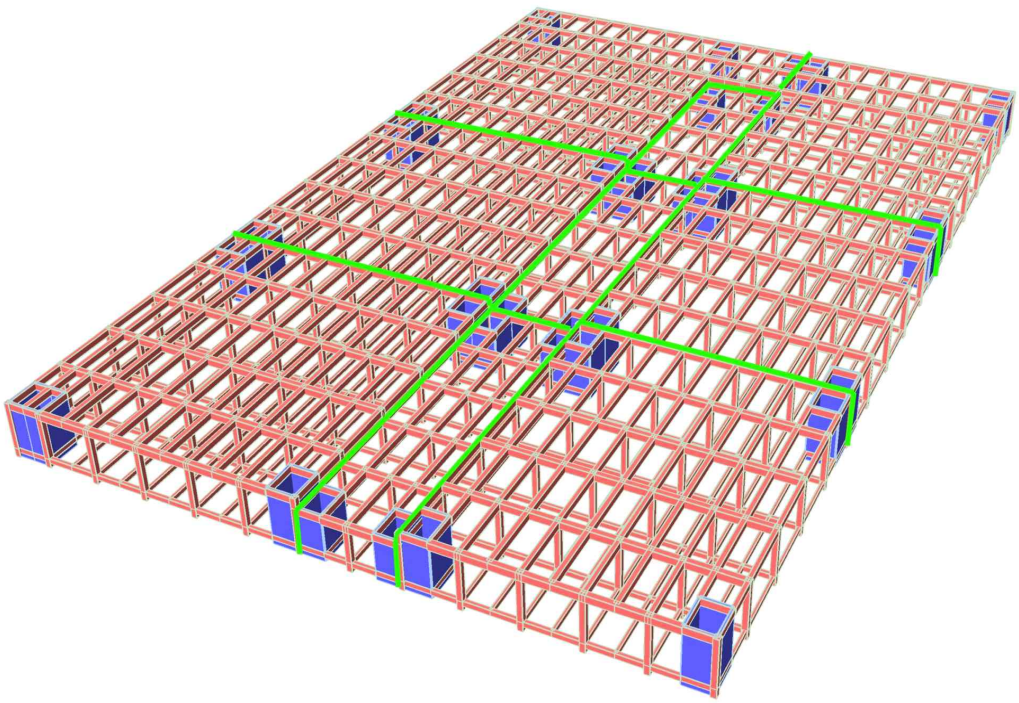
항목	기호	값	비고
평면형태계수	L form	180.0m	대칭강성을 갖는 직사각형 평면형태 : 180m 직사각형 외의 평면 형태 : 90m
재질계수	L material	105.0m	대칭강성을 갖는 직사각형 평면형태 + 철골조 : 120m 대칭강성을 갖는 직사각형 평면형태 + RC조 : 105m 직사각형 외의 평면 형태 + (철골조 or RC조): 90m
보정계수	M1	-0.33 (-33%)	난방+비냉방+주각 힌지 : ± 0% 비난방 : -33% (M1) 횡강성이 크게 비대칭 : -25% 난방+냉방 : +15% 주각고정 : -15% (= M2)
	M2	-0.15 (-15%)	

(3) E.J. 설치 계획

○ 플랫폼의 E.J.는 평면을 3×3 분할하여 설치하고, 분할된 영역들은 번호를 부여하여 구조설계시 영역 참조용으로 사용



<그림 63> E.J. 설치 계획도



<그림 64> E.J. 설치 조감도

마. 플랫폼 및 진입경사로(Ramp) 구조물 구조시스템 설정

○ 플랫폼은 슬래브, 보, 기둥, 벽체(or 가새), 기초 등의 부재들로 구성되었으며, 대차, 트레일러 차량 등의 하중이 슬래브→보→기둥(벽체)→기초를 통해 지반까지 전달될 수 있도록 부재를 배치

○ 라멘조는 구조물 전체높이가 낮고 경간(Span)이 긴 구조물에 일반적으로 사용하는 구조로서 사용재료의 재질에 따라 철근콘크리트 라멘조, 철골 라멘조, 철골철근콘크리트 라멘조 등이 있고, 본 용역의 골조대안으로 적용함

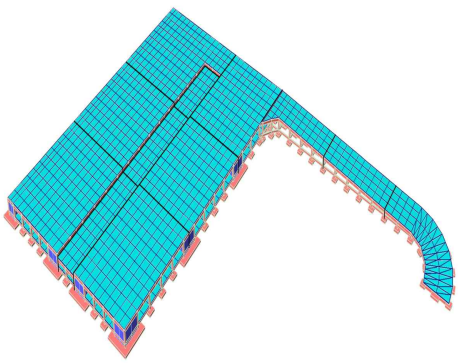
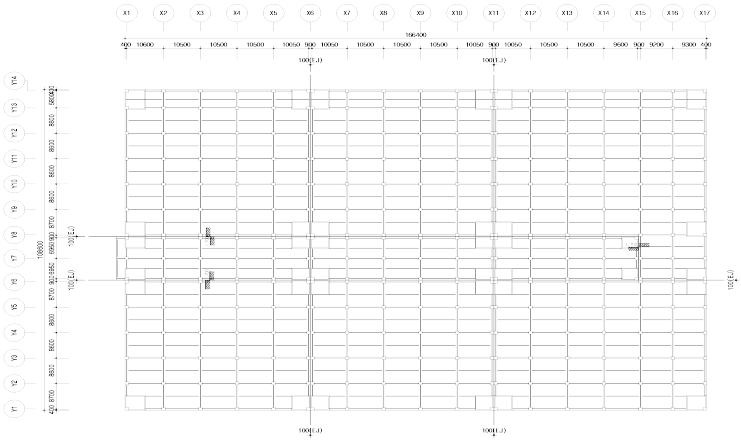
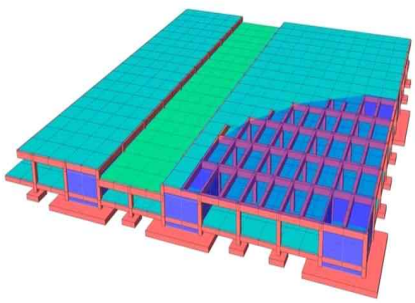
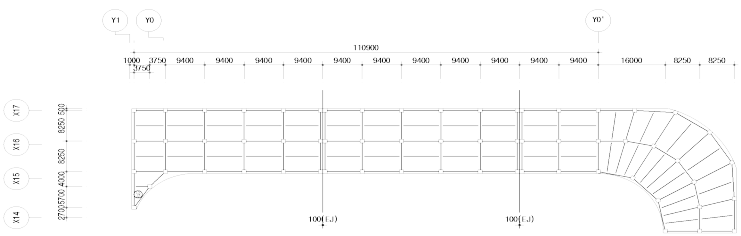
○ 기둥, 벽체, 보 배치 간격 등 플랫폼 평·단면 및 진입경사로의 평·단면은 골조형식 대안들의 비교 검토가 용이하도록 모든 골조형식 대안에 대해 동일한 형상을 적용

○ 플랫폼의 규모 및 고중량 하중 등을 고려하여 기본모듈을 10.5m × 8.6m로 설정

○ 진입경사로(Ramp)는 플랫폼과 동일하게 전체 규모 및 하중 등을 고려하여 기본모듈을 8.25m × 9.4m로 설정

○ 플랫폼은 처짐, E.J. 설치 간격 등의 조건들도 고려하여 가정평면을 설정

□ **플랫폼 골조 계획안**

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>플랫폼 골조 계획안 - 조감도</td><td>플랫폼 골조 계획안
- 평면도 (기본모듈 : 10.5 x 8.6m)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>플랫폼 골조 계획안
- 부재 배치 형상</td><td>진입경사로 골조 계획안
- 평면도 (기본모듈 : 8.25 x 9.4m)</td></tr>
</table>

<그림 65> 플랫폼 골조형식 계획(안)

바. 골조형식 대안 설정 및 특성 검토

(1) 골조형식 대안 설정

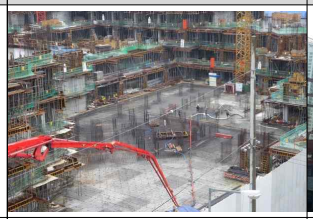
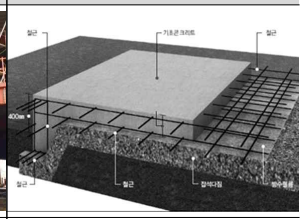
○ 설계요구사항 및 하중조건을 고려하여 적용 가능한 골조형식을 대안으로 설정

○ 구조물 형식은 터미널의 입지여건을 고려하여 복층구조물(지상2층) 및 단층구조물(지상1층)로 구분하여 대안 설정

- 복층구조물 골조형식 대안
  · 대안1 : 철근콘크리트조(RC조/Reinforced Concrete Structur)
  · 대안2 : 철골조(STEEL조/Steel Structure)
  · 대안3 : 철골철근콘크리트조(SRC조/Steel Reinforced Concrete Structure)
- 단층구조물 골조형식 대안
  · 대안1 : 철근콘크리트 MAT 기초(RC MAT Foundation)

(2) 골조형식 대안별 구조적 특성 검토

<표 58> 골조형식 대안별 구조적 특징

구분	복층 구조물			단층 구조물
	RC조 (대안 1)	STEEL조 (대안 2)	SRC조 (대안 3)	MAT 기초형식 (대안4)
형상				
골조 구성	- RC슬래브, 보, 기둥, 벽체	- RC 슬래브 - STEEL 보, 기둥, 브레이스	- RC 슬래브, 벽체 - STEEL 보 - SRC 기둥	- RC 기초
중력 저항	- RC 라멘조 저항	- STEEL 라멘조 저항	- STEEL 라멘조 저항	
횡력 저항	- RC 벽체 저항	- STEEL 브레이스 저항	- RC 벽체 저항	
장점	- 내구성, 내화성, 내부식성 우수 - 내진동, 방음성 우수 - 보편화된 공법 - 재료수급이 용이	- 공장제작으로 공기 저감 - 재료 품질 우수 - 장스팬에 유리	- RC와 STEEL의 구조 특성 상호보완 - 내화, 내부식성 우수 - 장스팬에 유리	- 내구성, 내화성, 내부식성 우수 - 내진동, 방음성 우수 - 보편화된 공법 - 재료수급이 용이
단점	- 습식공법 - 현장 상황의 영향 받음 - 스팬의 제한	- 내화, 내부식성 및 진동에 취약 - 상세 설계 및 정밀 시공 요구	- 공기 증가 (STEEL+RC 공기) - 공사비 고가	- 습식공법 - 현장 상황의 영향 받음 - 층고의 제한

사. 기초형식 대안 설정 및 특성 검토

(1) 기초형식별 대안 설정

○ 플랫폼 건설 대상지는 미확정 상태이므로 대상지의 지반조건을 가정하여 설정

○ 고중량 하중을 고려하여 적용 가능한 기초형식을 대안으로 설정

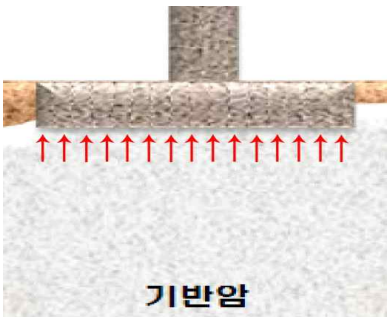
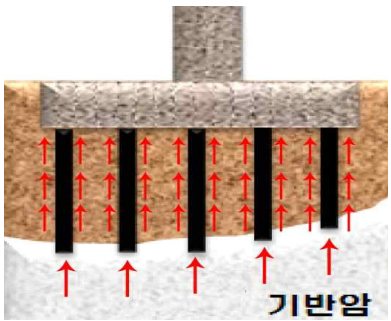
○ 기초형식은 일반적이고 보편적으로 적용 가능한 지내력기초 및 파일기초형식을 대안으로 설정

○ 대차 진입 높이 조건에 따라 복층구조물(지상2층) 및 단층구조물(지상1층)로 구분하여 기초형식 대안을 구분하여 설정

- 복층구조물 기초형식 대안
  · 대안1 : 지내력기초 (지내력 fe=200kPa)
  · 대안2 : 지내력기초 (지내력 fe=300kPa)
  · 대안3 : 파일기초 (파일내력 Ra=1,600kN/ea, Φ500 PHC Pile)
- 단층구조물 골조형식 대안
  · 대안1 : 지내력기초 (지내력 fe=200kPa)
  · 대안2 : 파일기초 (파일내력 Ra=1,600kN/ea, Φ500 PHC Pile)

(2) 기초형식 대안별 구조적 특성 검토

<표 59> 기초형식 대안별 구조적 특성

구분	지내력기초		파일기초
	대안 1	대안 2	대안3
형상			
지지형식	지반이 기초판 밑면을 직접 지지		기반암에 정착된 파일이 기초판을 지지 (선단지지력 + 주변마찰)
기초내력	fe=200kPa	fe=300kPa	Ra=1,600kPa (Φ500 PHC Pile)
장점	기초골조만으로 형성되므로 시공비 절감가능 지내력이 높을수록 기초사이즈 저감 가능		파일에 의한 지지되는 형식이므로 균등한 지지력 확보 가능
단점	넓은 구간에 지내력이 일정하지 않을 경우 부등침하 발생가능		파일공사분에 의한 공사비 증가

아. 구조재료강도

○ 구조재료강도는 구조물의 규모 및 용도, 높이 등에 따라 설정

○ 콘크리트 강도는 24MPa로 적용하고, 철근 강도는 직경에 따라 500MPa, 600MPa로 나누어 적용 위치별로 구분하여 적용

<표 60> 구조재료강도

항목		내용	비고
사용재료	콘크리트	fck = 24MPa	
	철근	fy = 500MPa (SD500) fy = 600MPa (SD600)	SD500 :D16이하 SD600 : D19이상
	철골	Fy = 275MPa (SHN275)	

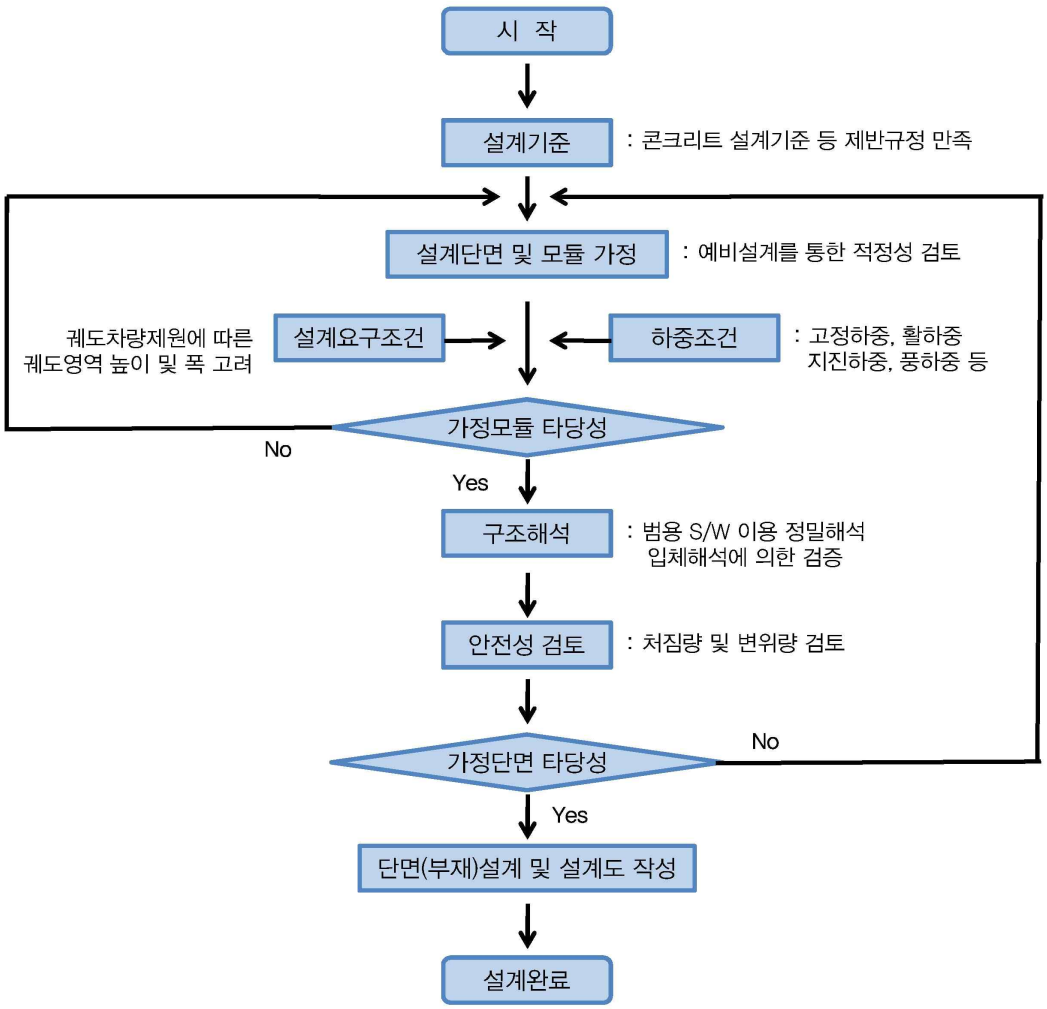
4. 인터모달 터미널 플랫폼 구조 기본설계

가. 구조 해석 및 구조설계 공통사항

(1) 플랫폼 구조설계 절차

○ 구조설계는 설계 대상 분석 및 설계기준 검토를 시작으로 구조시스템, 모듈, 설계단면을 가정하고 설계 대상 분석 시 도출된 설계요구조건과 하중조건들을 적용하여 구조시스템, 모듈 등 가정사항의 타당성 여부를 예비 검토함.

○ 이후 범용해석프로그램을 통해 골조형식 및 기초형식 대안별로 구조해석을 실시하고 해석결과를 분석하여 구조안전성, 사용성 검토 및 최적화된 단면설계를 수행함. 설계대상 분석부터 부재설계까지의 일련의 과정들은 구조계산서로 작성



<그림 66> 구조설계 흐름도

(2) 구조해석 프로그램

○ 근래의 건물 및 구조물들은 대형화, 복잡화 되어 설계엔지니어가 직접 수치들을 계산하기에는 많은 시간이 소요되며 계산 과정에서 실수가 발생할 수 있음

○ 구조해석 프로그램은 구조역학을 기반으로 매트릭스해석법, 유한요소해석법 등을 적용하여 입력된 수치들을 단시간 내에 해석(계산)하도록 개발됨.

○ 설계엔지니어는 구조해석 프로그램을 이용하여 수치계산 과정에 드는 시간을 단축시킬 수 있으므로 설계변경, 대안 검토 등에 빠른 대처가 가능해짐

○ 마이다스아이티에서 개발한 구조해석 프로그램은 사용자가 수치입력, 해석 등의 기능을 쉽게 조작할 수 있도록 구성된 유저 인터페이스와, 수치 입력단계 및 해석 결과 등을 직관적으로 확인할 수 있는 그래픽스 기술이 적용된 것이 장점으로 우리나라 건축구조분야 대다수가 이 제품을 사용하고 있음

○ 구조해석 프로그램 결과값을 사용하여 슬래브, 기둥 등 단위부재를 설계하는 BeST 및 엑셀, 오토캐드 프로그램을 함께 사용함

□ Midas Gen Ver.881 (MIDAS IT.)

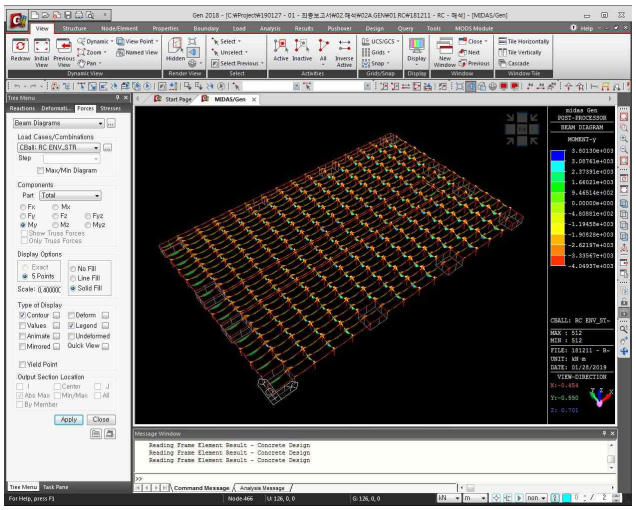
○ 건축물 및 일반구조물 등 건축분야 범용 3차원 해석(Analysis) 프로그램

○ 대형 구조물의 모델링 및 해석 업무수행에 적용

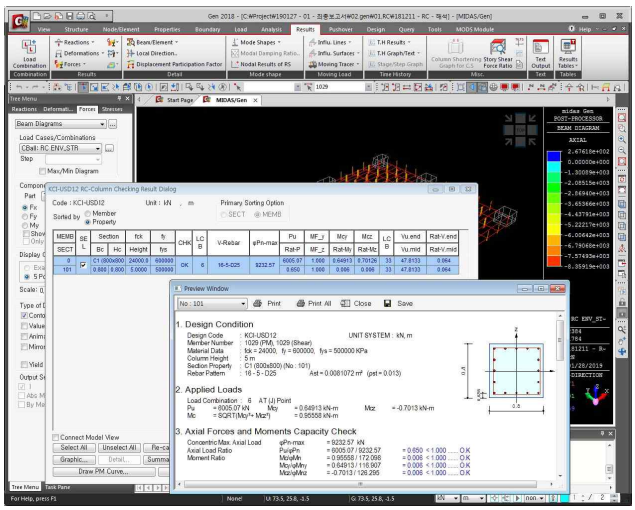
○ 선형·비선형 정적해석 및 동적해석을 통한 구조물 부재력, 구조안전성을 검토

○ 고정하중, 적재하중 외 지진하중, 풍하중, 적설하중 등 복합적 요소에 대한 해석 수행

○ 필요시 해석 결과를 통한 추가 부재설계 업무 수행



<그림 67> Midas Gen 골조 해석



<그림 68> Midas Gen 부재 검토

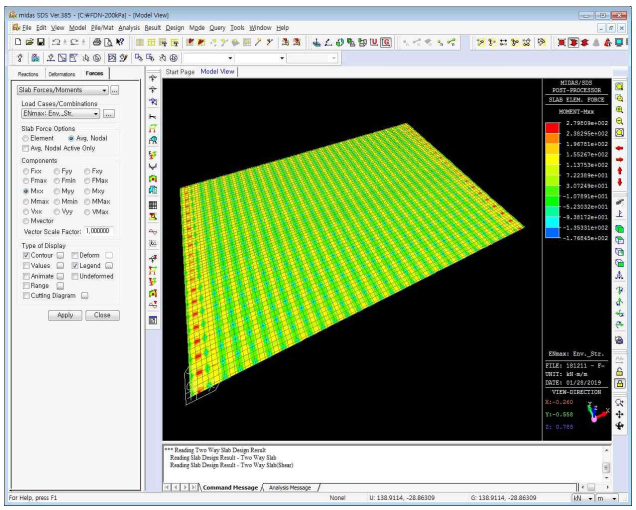
□ Midas SDS Ver.385 (MIDAS IT.)

○ 3차원 판 해석 프로그램

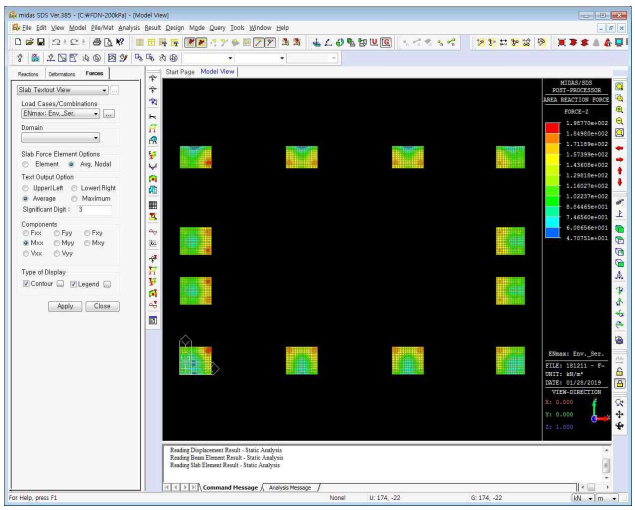
○ 3차원 판 해석 및 부재 검토, 사용성 검토

○ Midas Gen 과 연계된 데이터 변환기능에 의한 바닥판 및 기초판 해석 업무수행

○ 정적해석 및 동적해석을 통한 구조물 부재력, 안전성 검토



<그림 69> Midas SDS 기초 해석

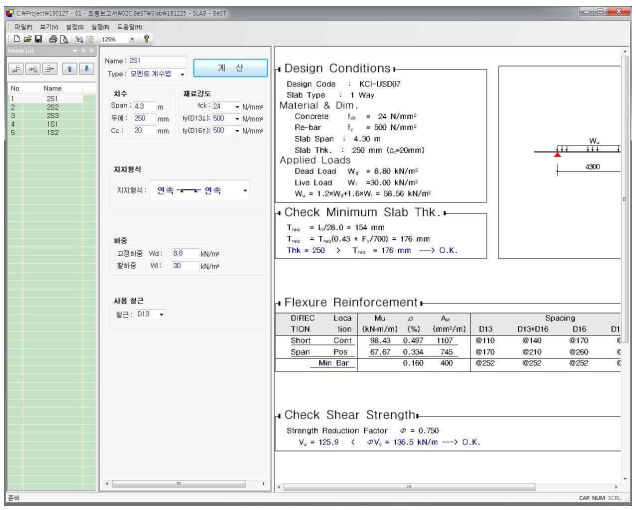


<그림 70> Midas SDS 기초 검토

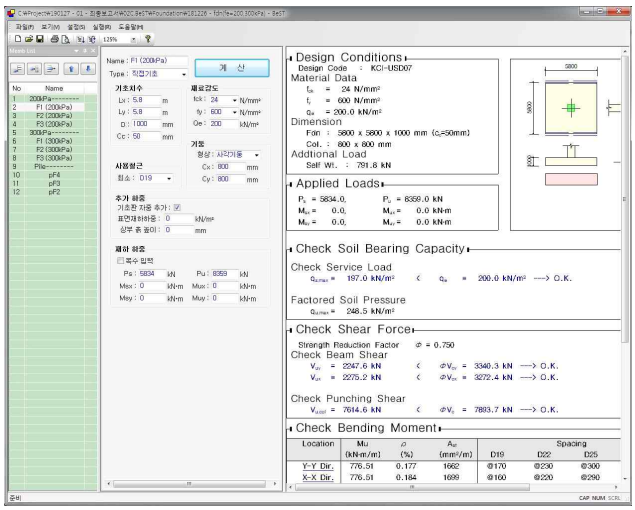
□ BeST.RC Ver. 2.7.2 / BeST.Steel Ver. 3.1.0

○ 슬래브, 보, 기둥, 벽체, 기초 등 단위 부재 설계 프로그램

○ Midas Gen 또는 Midas SDS 해석 결과값(부재력)을 사용자가 직접 입력해 단위 부재 검토 및 설계 수행



<그림 71> Best.RC 슬래브 설계

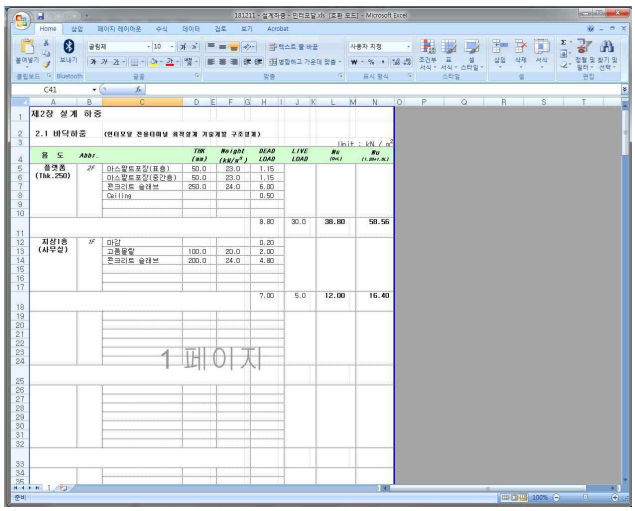


<그림 72> Best.RC 기초 설계

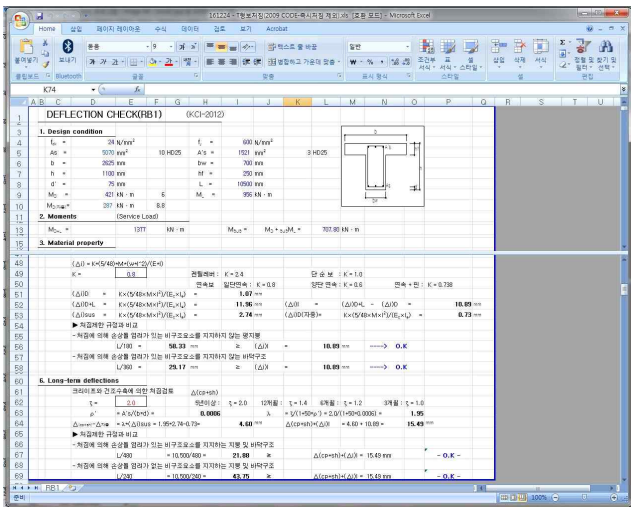
□ Excel Spread Sheet (Microsoft)

○ 테이블 작성 및 수치 계산 프로그램

○ 구조 해석시 적용할 설계하중표 작성 및 해석 결과에 대한 부재 처짐 등 구조물의 사용성 검토에 사용



<그림 73> Excel 설계하중 산출

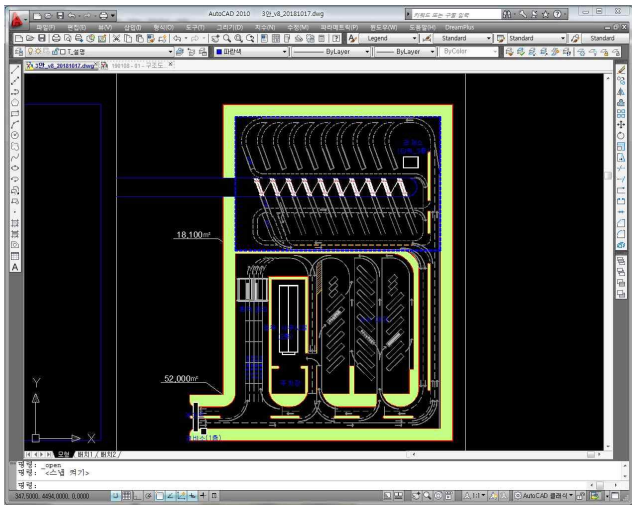


<그림 74> Excel 부재 RC보 처짐 계산

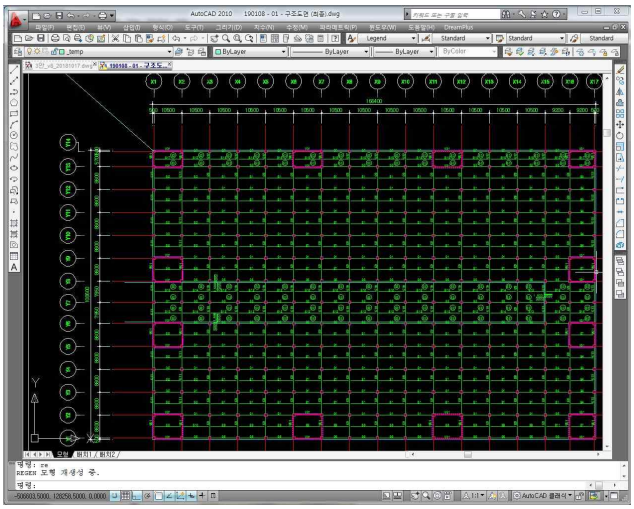
□ Autocad 2010 (Autodesk)

○ 도면 작성 프로그램

○ 건축 도면 검토 및 구조설계 결과에 따른 구조도면 작성



<그림 75> Autocad 건축도면 검토



<그림 76> Autocad 구조도면 작성

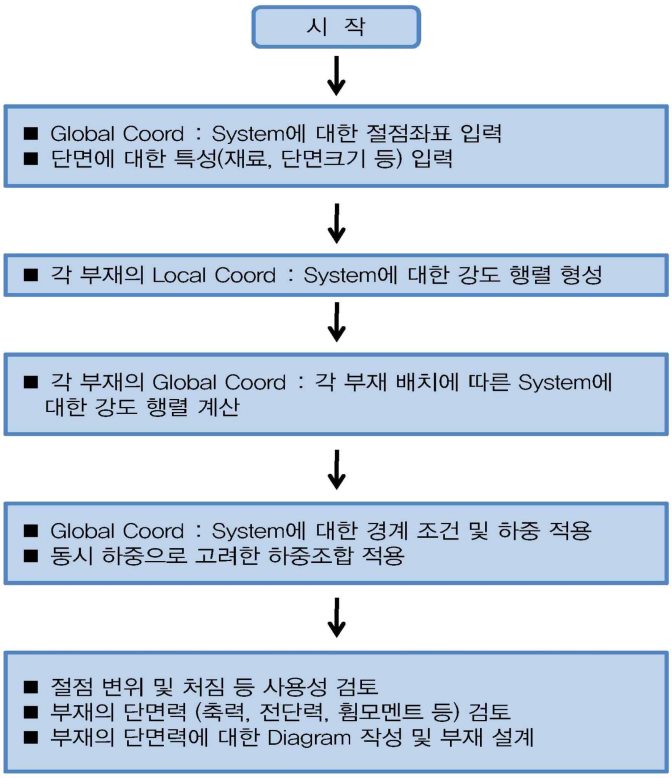
나. 구조 해석 및 결과 검토

(1) 구조해석 개요

(가) 구조해석 절차

○ 마이다스 젠 프로그램을 사용하여 플랫폼의 골조계획안에 따라 각 절점을 입력하고 각 절점을 연결하는 부재에 단면특성(재료강도, 단면크기)을 부여함. 지반조건에 따른 경계조건 및 하중, 하중조합 등 설정값을 입력.

○ 자동 수치해석 기능을 이용하여 최대 부재력 및 골조변형 등 구조안전성 및 사용성을 검토하고, 결과값을 구조설계 업무에 반영



<그림 77> 구조해석 흐름도

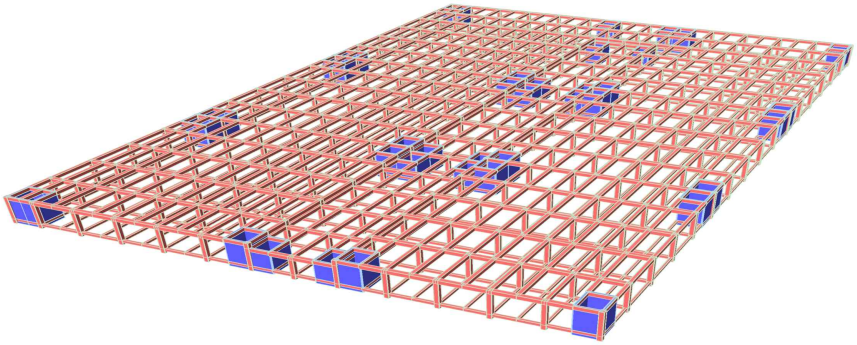
(나) 구조해석법

<표 61> 구조해석 개요

항목		해석 및 검토 내용	비고
구조해석	골조해석	부재력, 철근량, 사용성, 내구성	3D-Frame 해석
	내진해석	내진부재력, 내진철근량, 사용성	정적해석법 동적해석법 (응답스펙트럼 해석법)

(2) 철근콘크리트조(RC조) 구조해석 및 결과 검토

(가) 철근콘크리트조(RC조) 해석모델



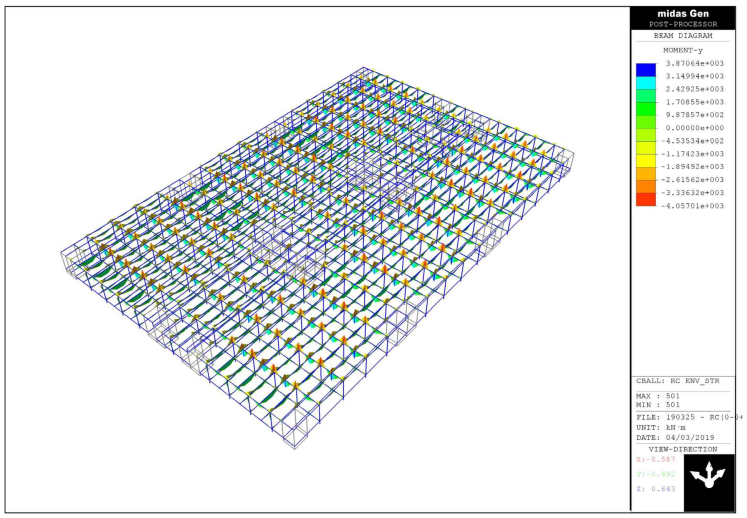
<그림 78> RC 해석모델

<표 62> 철근콘크리트조(RC조) 구조부재 구성 및 부재개요

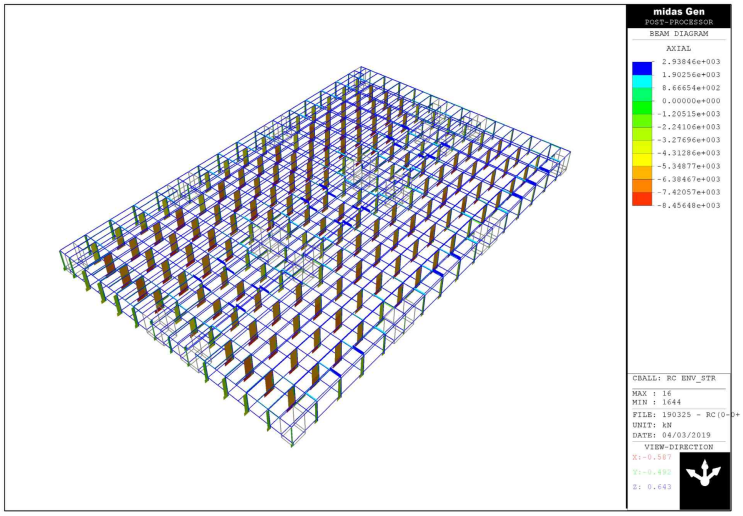
골조 구성부재	사용재료	재료강도			주 저항 하중 / 저항방식
		콘크리트 (fck)	철근 (fy)	철골 (Fy)	
슬래브	철근콘크리트	24 MPa	500 MPa	-	중력하중 / 휨
보	철근콘크리트		600 MPa		중력하중 / 휨+전단
기둥	철근콘크리트		600 MPa		중력하중 / 압축
벽체	철근콘크리트		500 MPa		횡하중 / 휨+전단
기초	철근콘크리트		600 MPa		중력하중 / 휨

(나) 철근콘크리트조(RC조) 부재력 검토

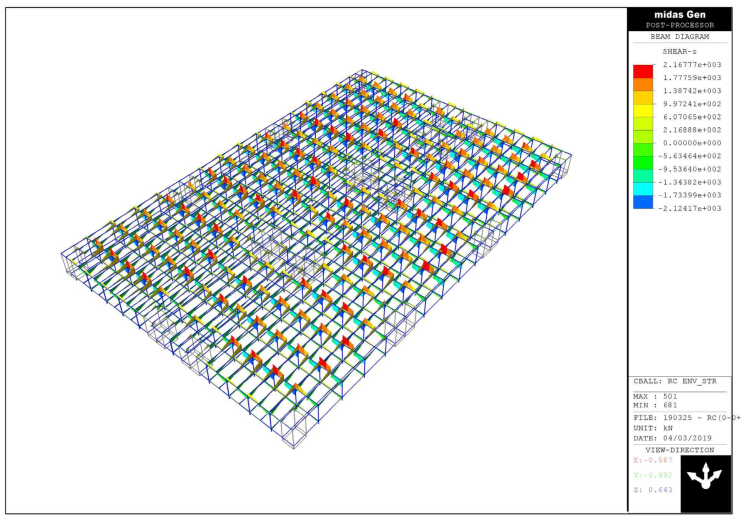
<표 63> 철근콘크리트조 휨 모멘트 (Moment My)

구분	휨 모멘트 (Moment My)
부재력	
최대값 /최소값	Mu,max = + 3,870 kN·m Mu,min = - 4,057 kN·m

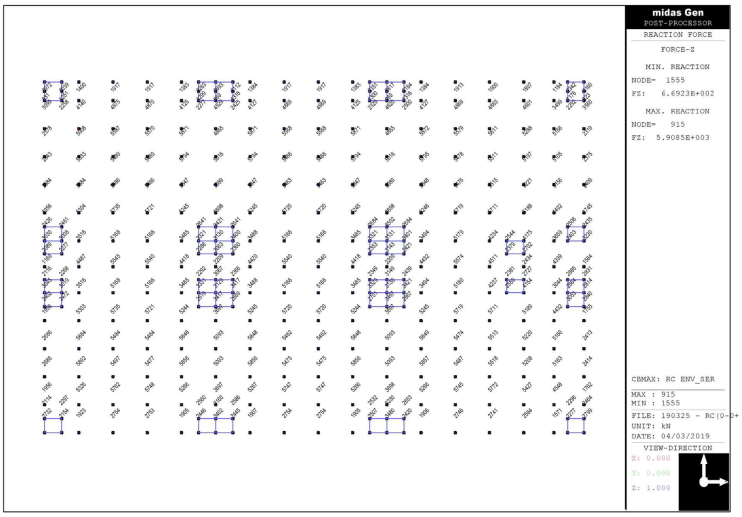
<표 64> 철근콘크리트조 전단력 (Shear Force Fz)

구분	전단력 (Shear Force Fz)
부재력	
최대값 /최소값	Vu,max = + 2,168 kN Vu,min = - 2,124 kN

<표 65> 철근콘크리트조 기둥 축력 (Axial Force Fx)

구분	기둥 축력 (Axial Force Fx)
부재력	
최대값 /최소값	Pu,max = + 8,456 kN Pu,min = + 2938 kN

<표 66> 철근콘크리트조 기초 반력 (Reaction - Rs)

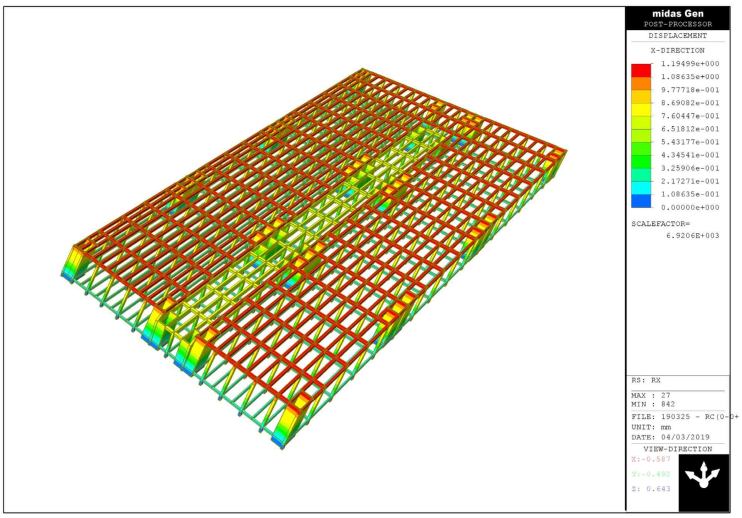
구분	기초 반력 (Reaction - Rs)
부재력	
최대값 /최소값	Rs,max = + 5,908 kN Rs,min = + 669 kN

(다) 철근콘크리트조(RC조) 사용성(변위) 검토

□ **풍하중 최고층 변위 검토**

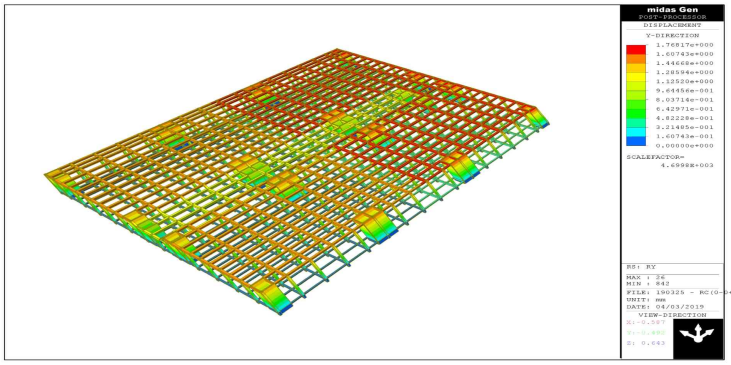
○ 철근콘크리트조의 풍하중 최대변위는 X,Y 방향에 대해서 각각 0.003mm, 0.030mm로 건축구조기준에서 제시하는 제한값인 15.6mm(H/500) 이내로 사용성은 매우 우수함

<표 67> 철근콘크리트조 풍하중 변위 (X방향)

구분	X 방향
풍하중 변위	
검토	Δx,wind = 0.003mm < 15.6mm (H/500) … O.K

* H : 최고층 높이 (=7,800mm)

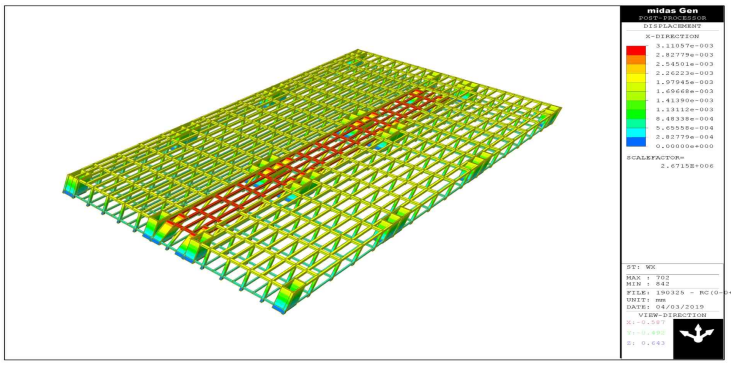
<표 68> 철근콘크리트조 풍하중 변위 (Y방향)

구분	Y 방향
풍하중 변위	
검토	Δy,wind = 0.030mm < 15.6mm (H/500) … O.K

□ 지진하중 층변위 검토

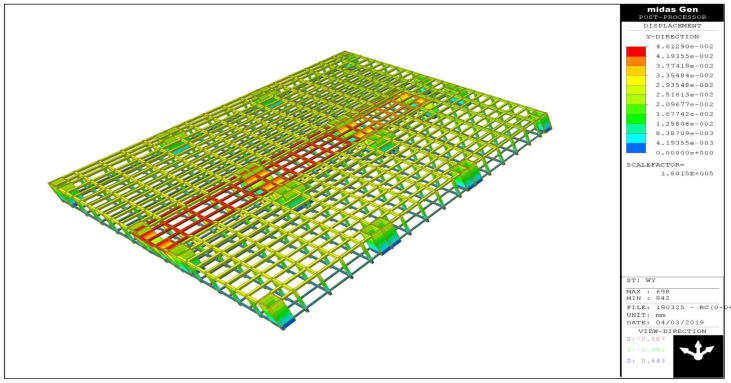
○ 철근콘크리트조의 지진하중 최대 층변위는 X,Y 방향에 대해서 각각 1.195mm, 1.768mm로 건축구조기준에서 제시하는 제한값인 78.0mm(0.01h) 이내로 사용성은 매우 우수함

<표 69> 철근콘크리트조 지진하중 층변위 (X방향)

구분	X 방향
지진하중 변위	
검토	Δx,seismic = 1.195mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

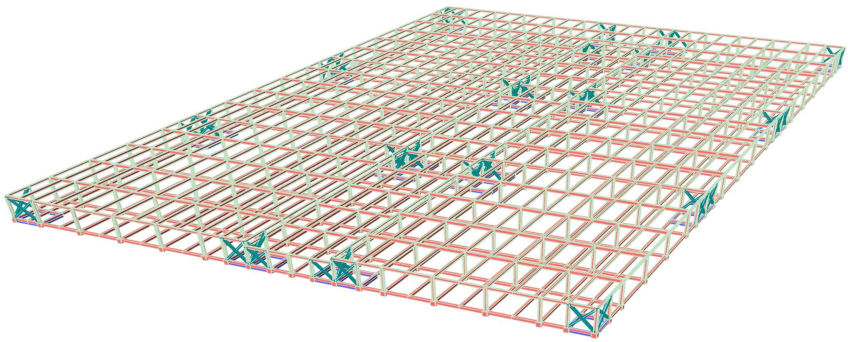
* h : 검토 위치 해당층 높이 (=7,800mm)

<표 70> 철근콘크리트조 지진하중 층변위 (Y방향)

구분	Y 방향
지진하중 변위	
검토	Δy,seismic = 1.768mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

(3) 철골조(STEEL조) 구조해석 및 결과 검토

(가) 철골조(STEEL조) 해석모델



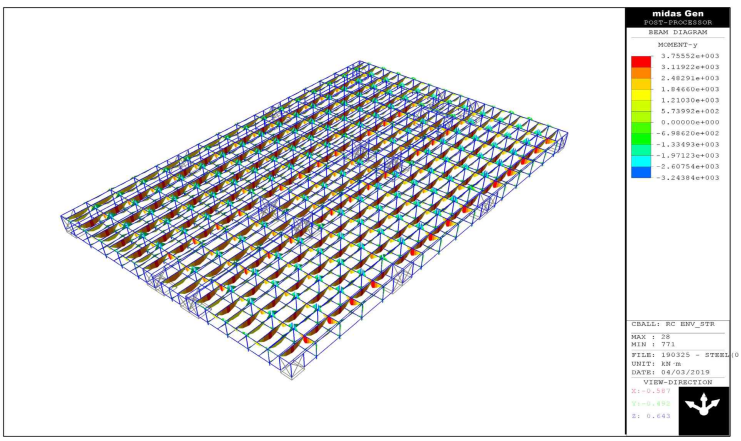
<그림 79 >철골조 해석모델

<표 71> 철골조(STEEL조) 구조부재 구성 및 부재개요

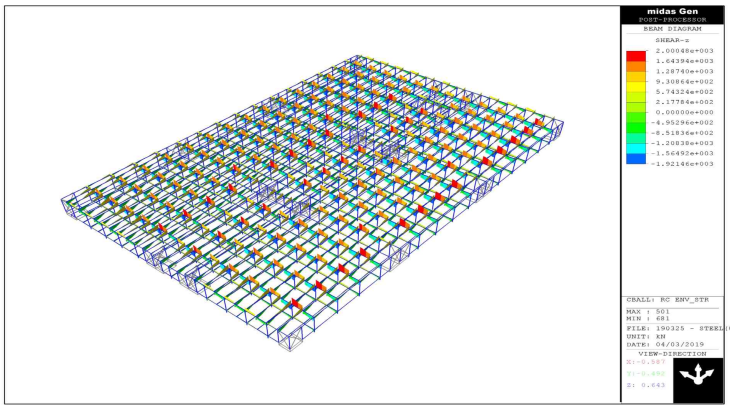
골조 구성부재	사용재료	재료강도			주 저항 하중 / 저항방식
		콘크리트 (fck)	철근 (fy)	철골 (Fy)	
슬래브	철근콘크리트	24 MPa	500 MPa		중력하중 / 휨
보	철골			275 MPa	중력하중 / 휨+전단
기둥	철골			275 MPa	중력하중 / 압축
브레이스	철골			275 MPa	횡하중 / 인장+압축
기초	철근콘크리트		600 MPa		중력하중 / 휨

(나) 철골조(STEEL조) 부재력 검토

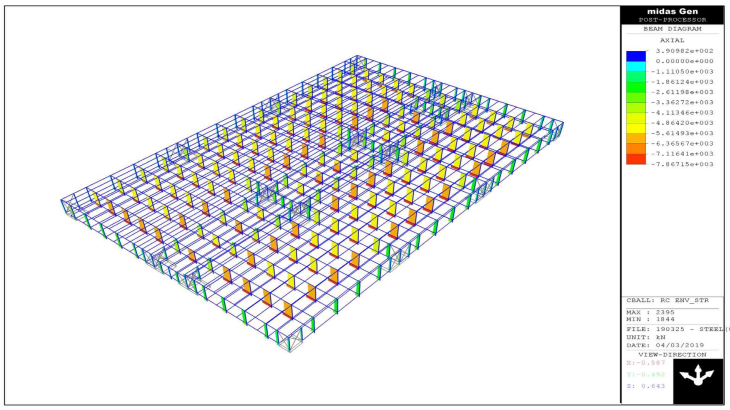
<표 72> 철골조 휨 모멘트 (Moment My)

구분	휨 모멘트 (Moment My)
부재력	
최대값 /최소값	Mu,max = + 3,756 kN·m Mu,min = - 3,244 kN·m

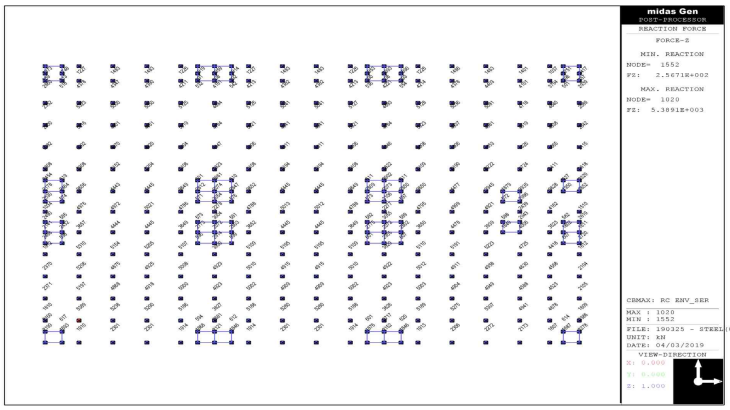
<표 73> 철골조 전단력 (Shear Force Fz)

구분	전단력 (Shear Force Fz)
부재력	
최대값 /최소값	Vu,max = + 2,001 kN Vu,min = − 1,921 kN

<표 74> 철골조 기둥 축력 (Axial Force Fx)

구분	기둥 축력 (Axial Force Fx)
부재력	
최대값 /최소값	Pu,max = + 7867 kN Pu,min = + 391 kN

<표 75> 철골조 기초 반력 (Reaction - Rs)

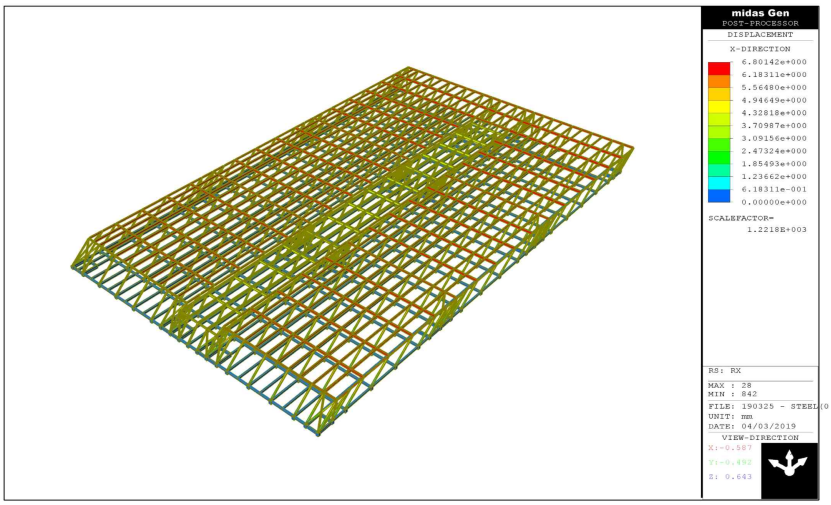
구분	기초 반력 (Reaction - Rs)
부재력	
최대값 /최소값	Rs,max = + 5,389 kN Rs,min = + 256 kN

(다) 철골조(STEEL조) 사용성(변위) 검토

□ **풍하중 최고층 변위 검토**

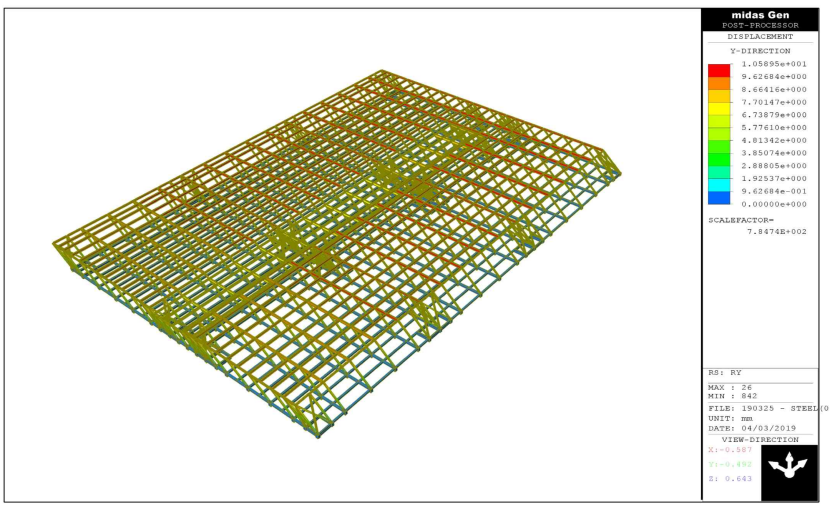
○ 철골조의 풍하중 최대변위는 X,Y 방향에 대해서 각각 0.027mm, 0.431mm로 건축구조기준에서 제시하는 제한값인 15.6mm(H/500) 이내로 사용성은 우수함

<표 76> 철골조 풍하중 변위 (X방향)

구분	X 방향
풍하중 변위	
검토	Δx,wind = 0.027mm < 15.6mm (H/500) … O.K

* H : 최고층 높이 (=7,800mm)

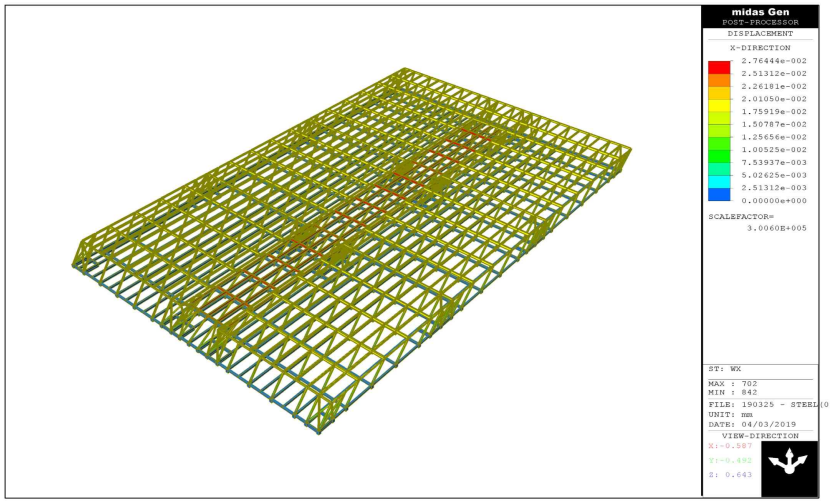
<표 77> 철골조 풍하중 변위 (Y방향)

구분	Y 방향
풍하중 변위	
검토	Δy,wind = 0.431mm < 15.6mm (H/500) … O.K

□ 지진하중 층변위 검토

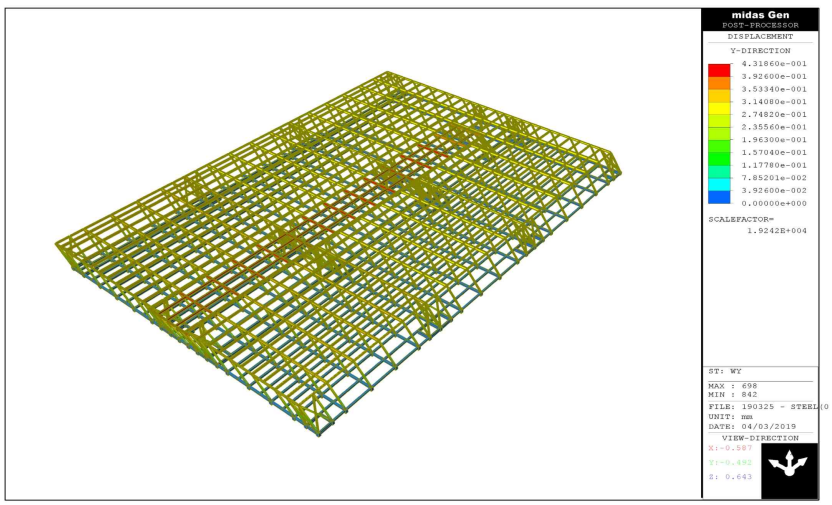
○ 철골조의 지진하중 최대 층변위는 X,Y 방향에 대해서 각각 6.801mm, 10.589mm로 건축구조기준에서 제시하는 제한값인 78.0mm(0.01h) 이내로 사용성은 우수함

<표 78> 철골조 지진하중 층변위 (X방향)

구분	X 방향
지진하중 변위	
검토	Δx,seismic = 6.801mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

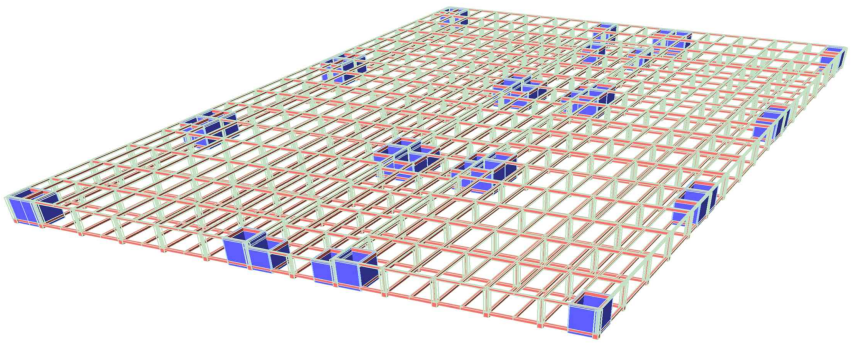
* h : 검토 위치 해당층 높이 (=7,800mm)

<표 79> 철골조 지진하중 층변위 (Y방향)

구분	Y 방향
지진하중 변위	
검토	Δy,seismic = 10.589mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

(4) 철골철근콘크리트조(SRC조) 구조해석 및 결과 검토

(가) 철골철근콘크리트조(SRC조) 해석모델



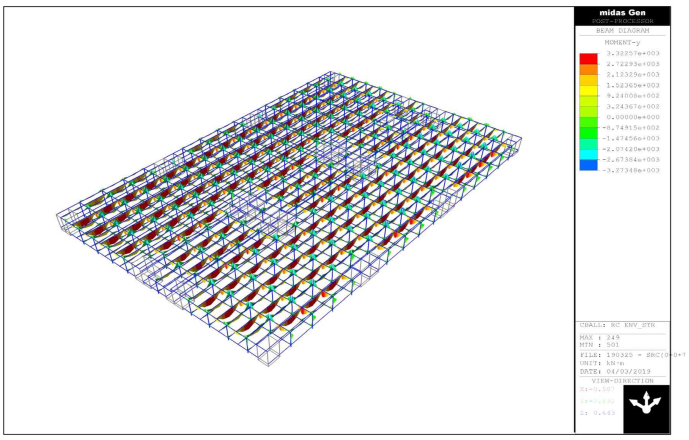
<그림 80> SRC조 해석모델

<표 80> 철골조(STEEL조) 구조부재 구성 및 부재개요

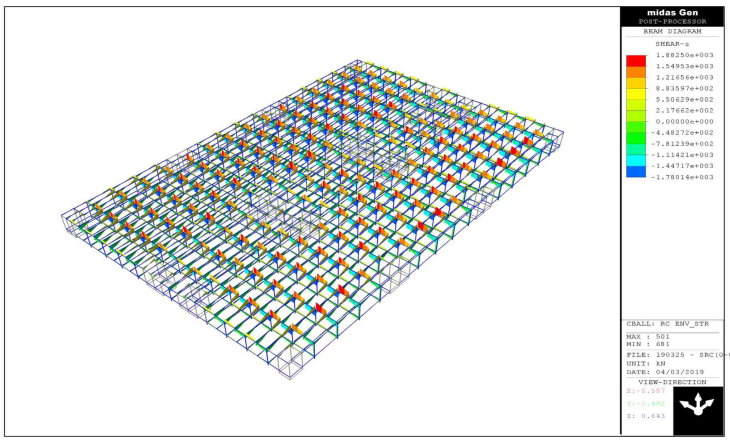
골조 구성부재	사용재료	재료강도			주 저항 하중 / 저항방식
		콘크리트 (fck)	철근 (fy)	철골 (Fy)	
슬래브	철근콘크리트	24 MPa	500 MPa	-	중력하중 / 휨
보	철골	-	-	275 MPa	중력하중 / 휨+전단
기둥	철골철근콘크리트	24 MPa	600 MPa	275 MPa	중력하중 / 압축
벽체	철근콘크리트	24 MPa	500 MPa	-	횡하중 / 휨+전단
기초	철근콘크리트	24 MPa	600 MPa	-	중력하중 / 휨+전단

(나) 철골철근콘크리트조(SRC조) 부재력 검토

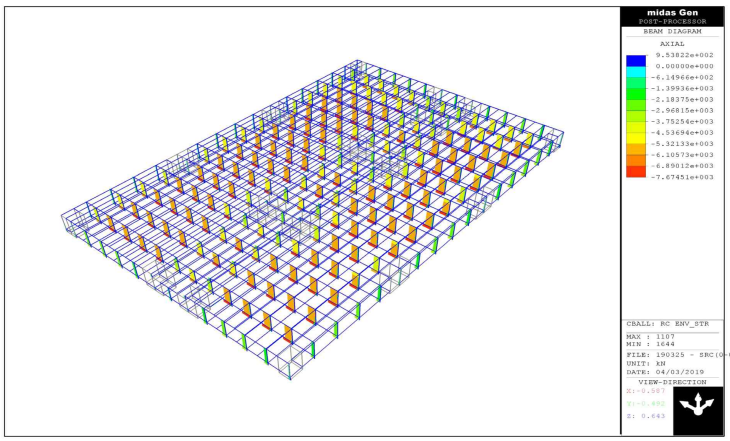
<표 81> 철골철근콘크리트조 휨 모멘트 (Moment My)

구분	휨 모멘트 (Moment My)
부재력	
최대값 / 최소값	Mu,max = + 3,322 kN·m Mu,min = - 3,273 kN·m

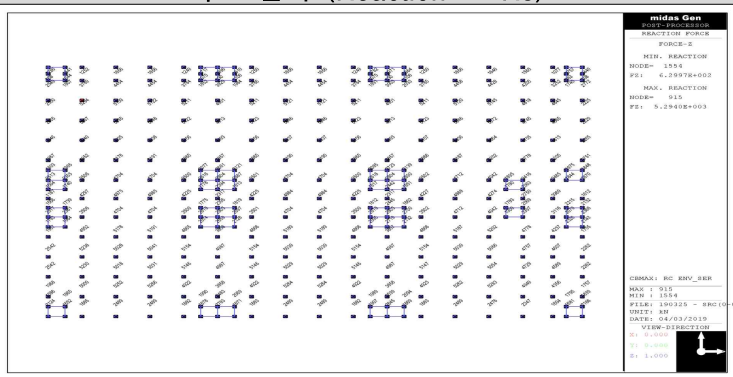
<표 82> 철골철근콘크리트조 전단력 (Shear Force Fz)

구분	전단력 (Shear Force Fz)
부재력	
최대값 / 최소값	Vu,max = + 1,882 kN Vu,min = − 1,780 kN

<표 83> 철골철근콘크리트조 기둥 축력 (Axial Force Fx)

구분	기둥 축력 (Axial Force Fx)
부재력	
최대값 / 최소값	Pu,max = + 7,674 kN Pu,min = + 953 kN

<표 84> 철골철근콘크리트조 기초 반력 (Reaction - Rs)

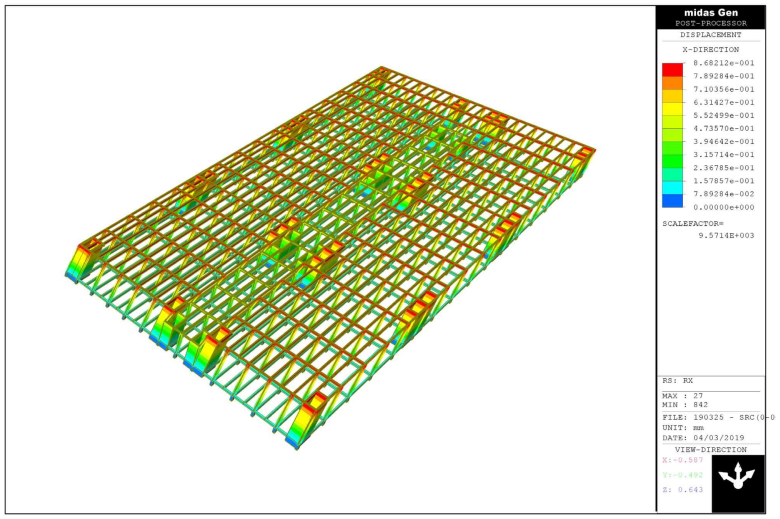
구분	기초 반력 (Reaction - Rs)
부재력	
최대값 / 최소값	Rs,max = + 5,294 kN Rs,min = + 629 kN

(다) 철골철근콘크리트조(SRC조) 사용성(변위) 검토

□ **풍하중 최고층 변위 검토**

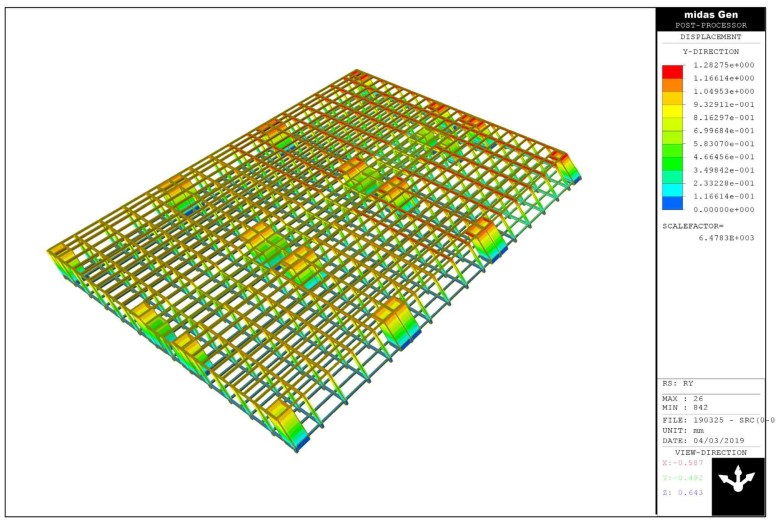
○ 철골철근콘크리트조의 풍방향 최대변위는 X,Y 방향에 대해서 각각 0.006mm, 0048mm로 건축구조기준에서 제시하는 제한값인 15.6mm(H/500) 이내로 사용성은 우수함.

<표 85> 철골철근콘크리트조 풍하중 변위 (X방향)

구분	X 방향
풍하중 변위	
검토	Δx,wind = 0.006mm < 15.6mm (H/500) … O.K

* H : 최고층 높이 (=7,800mm)

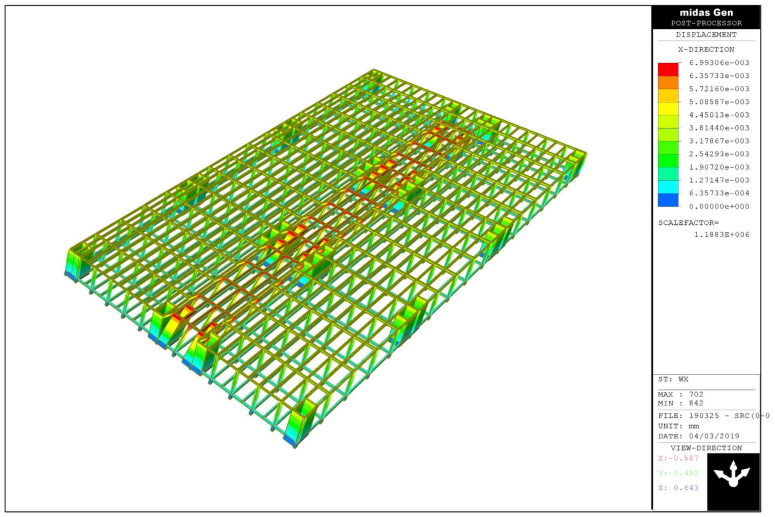
<표 86> 철골철근콘크리트조 풍하중 변위 (Y방향)

구분	Y 방향
풍하중 변위	
검토	Δy,wind = 0.048mm < 15.6mm (H/500) … O.K

□ 지진하중 층변위 검토

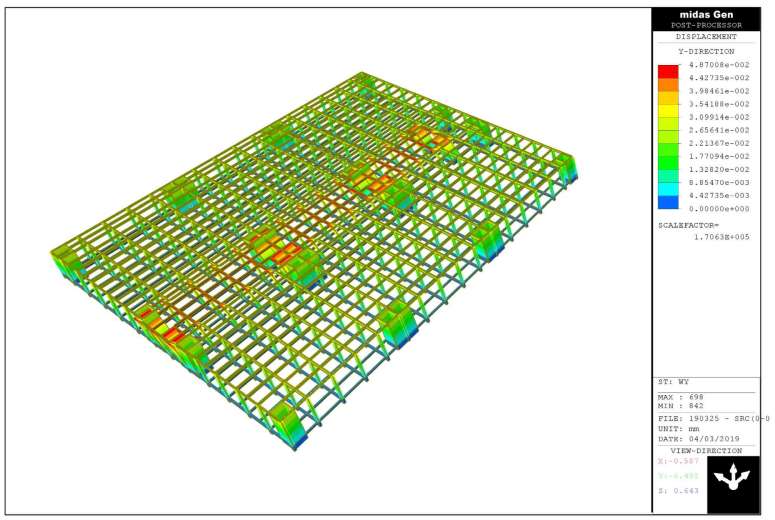
○ 철골철근콘크리트조의 지진하중 최대 층변위는 X,Y 방향에 대해서 각각 0.868mm, 1.287mm로 건축구조기준에서 제시하는 제한값인 78.0mm(0.01h) 이내로 사용성은 우수함

<표 87> 철골철근콘크리트조 지진하중 층변위 (X방향)

구분	X 방향
지진하중 변위	
검토	Δx,seismic = 0.868mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

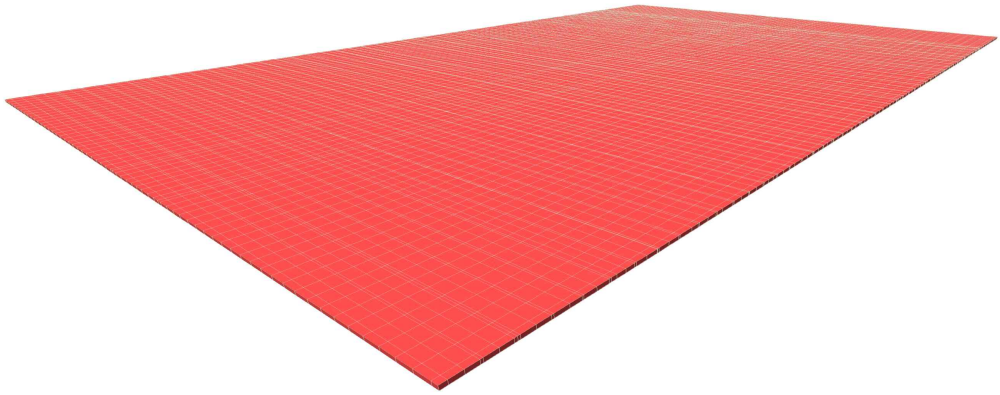
* h : 검토 위치 해당층 높이 (=7,800mm)

<표 88> 철골철근콘크리트조 지진하중 층변위 (Y방향)

구분	Y 방향
지진하중 변위	
검토	Δy,seismic = 1.287mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

(5) MAT기초형식 (단층구조물) 구조해석 및 결과 검토

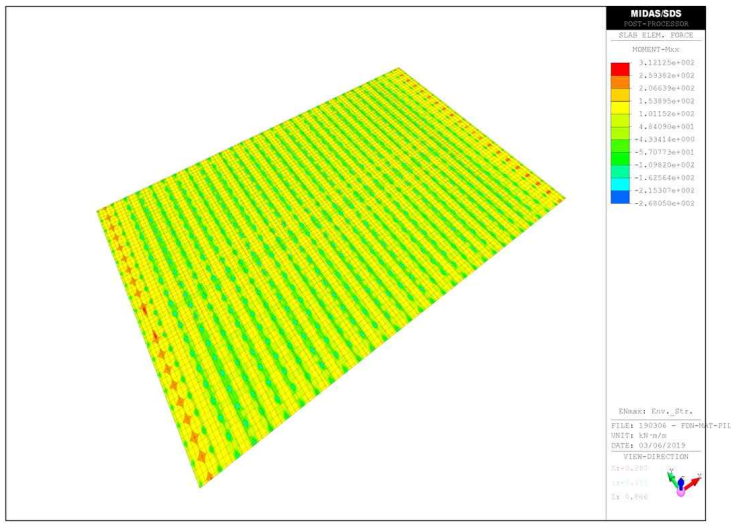
(가) MAT기초형식 (단층구조물) 해석모델



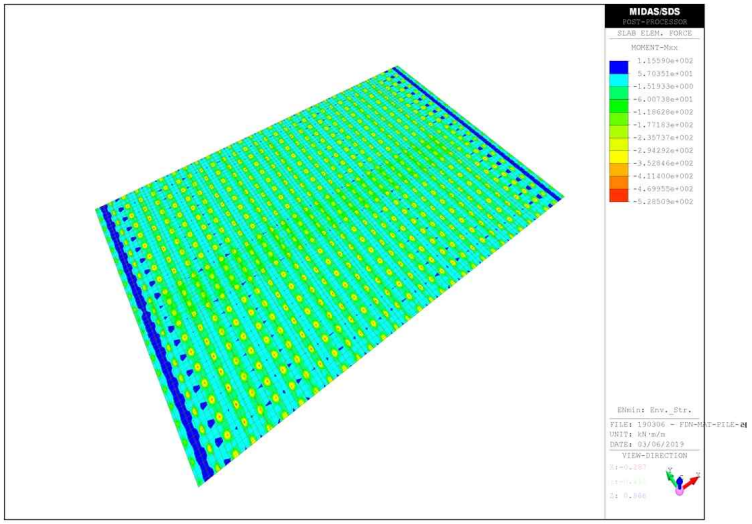
<그림 81> 철근콘크리트 MAT기초형식 해석모델

(나) MAT기초형식 (단층구조물) 부재력 검토

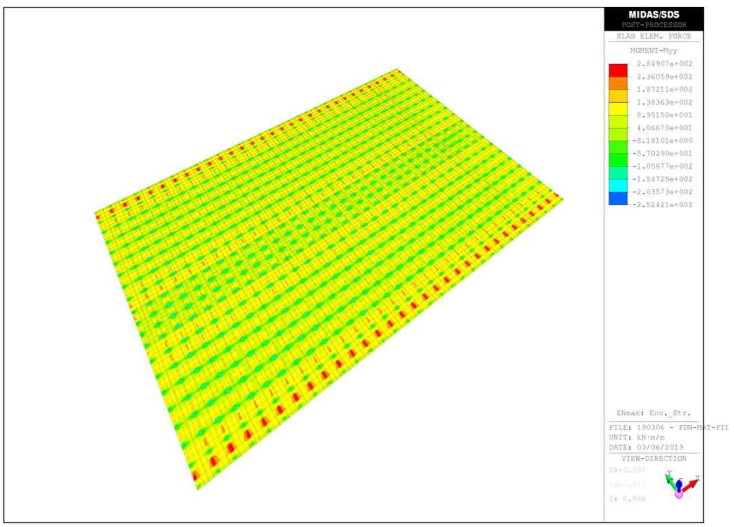
<표 89> MAT기초 X-X방향 휨 모멘트 (Moment Mxx - Max.)

구분	휨 모멘트 (Moment Mxx - Max.)
부재력	
최대값	Mu,xx_max = + 312 kN·m

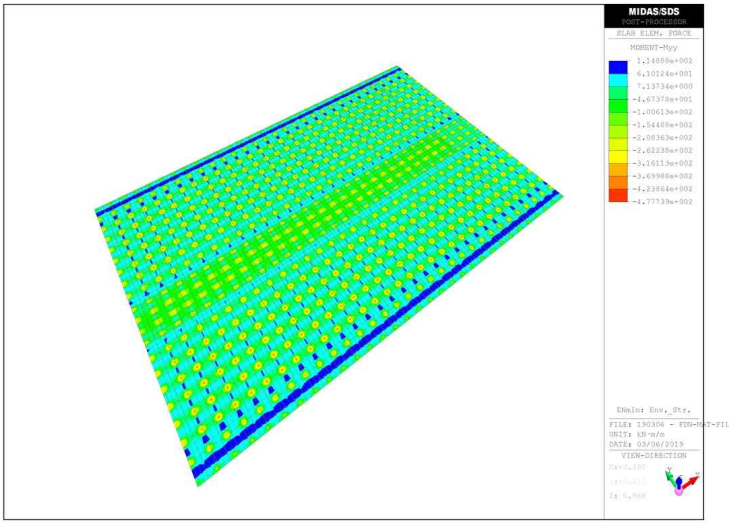
<표 90> MAT기초 X-X방향 휨 모멘트 (Moment Mxx - Min.)

구분	휨 모멘트 (Moment Mxx - Min.)
부재력	
최소값	Mu,xx_min = - 529 kN·m

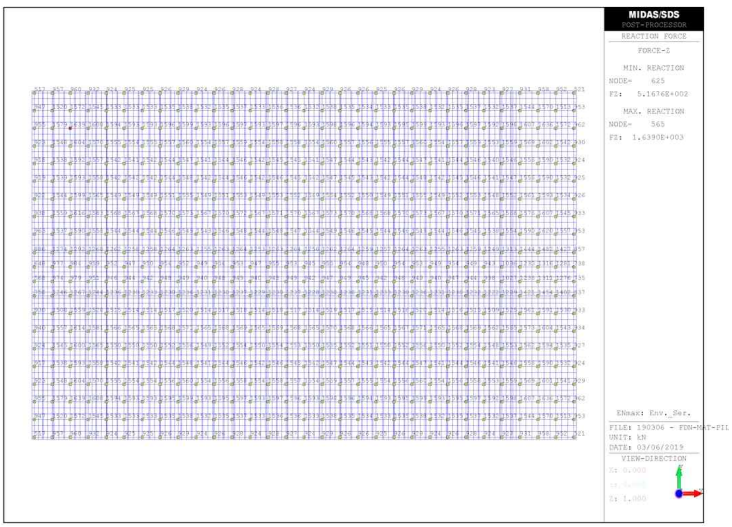
<표 91> MAT기초 Y-Y방향 휨 모멘트 (Moment Myy - Max.)

구분	휨 모멘트 (Moment Myy - Max.)
부재력	
최대값	Mu,yy_max = + 285 kN·m

<표 92> MAT기초 Y-Y방향 휨 모멘트 (Moment Myy - Min.)

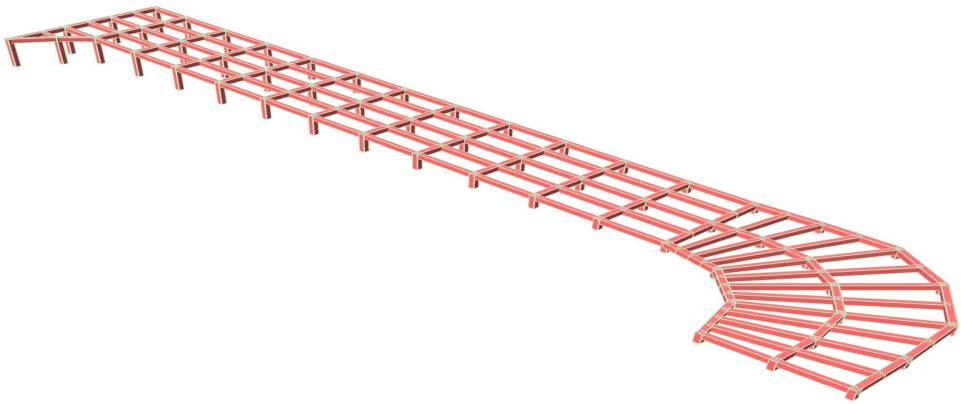
구분	휨 모멘트 (Moment Myy - Min.)
부재력	
최소값	Mu,yy_min = - 478 kN·m

<표 93> MAT기초 기초 반력 (Reaction - Rs)

구분	기초 반력 (Reaction - Rs)
부재력	
최대값 /최소값	Rs,max = + 1,639 kN Rs,min = + 517 kN

(6) 진입경사로(Ramp) 구조해석 및 결과 검토

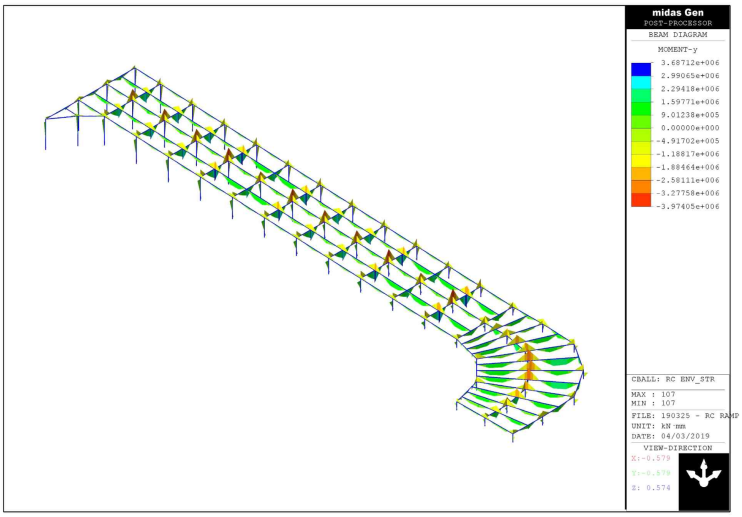
(가) 진입경사로(Ramp) 해석모델



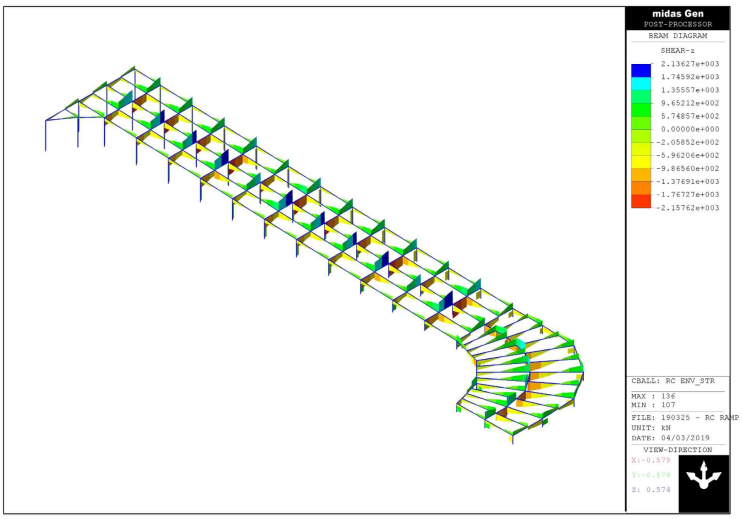
<그림 1> 진입경사로(Ramp) 해석모델

(나) 진입경사로(Ramp) 부재력 검토

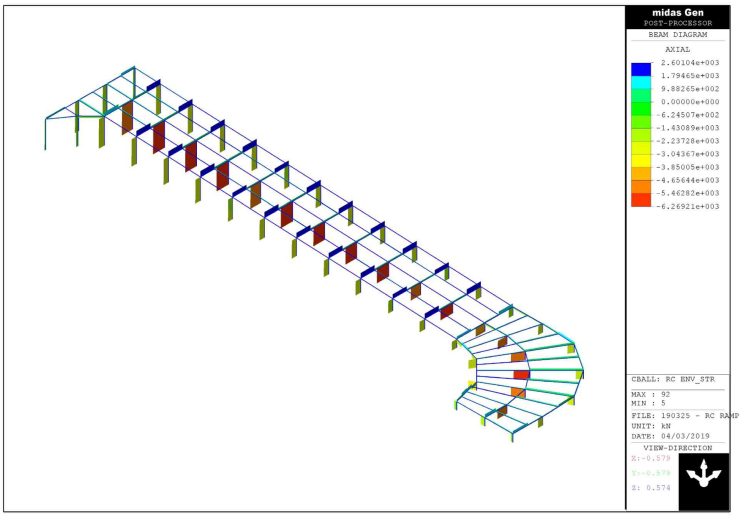
<표 94> 진입경사로(Ramp) 휨 모멘트 (Moment My)

구분	휨 모멘트 (Moment My)
부재력	
최대값 /최소값	Mu,max = + 3,687 kN·m Mu,min = − 3,974 kN·m

<표 95> 진입경사로(Ramp) 전단력 (Shear Force Fz)

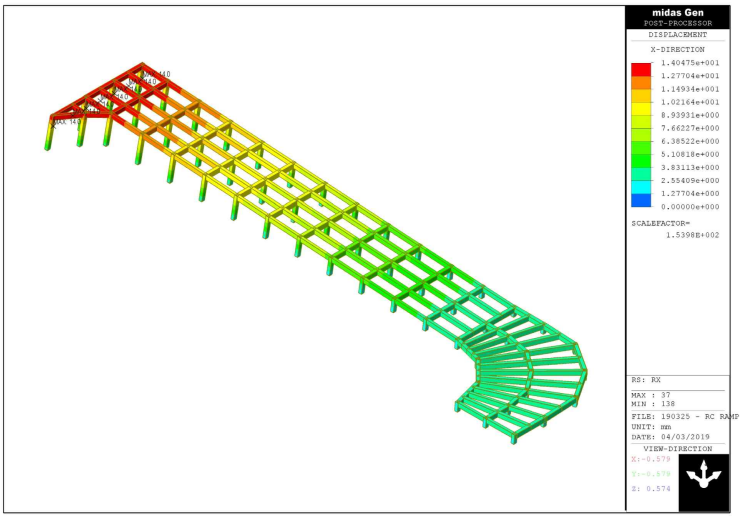
구분	전단력 (Shear Force Fz)
부재력	
최대값 /최소값	Vu,max = + 2,136 kN Vu,min = - 2,157 kN

<표 96> 진입경사로(Ramp) 기둥 축력 (Axial Force Fx)

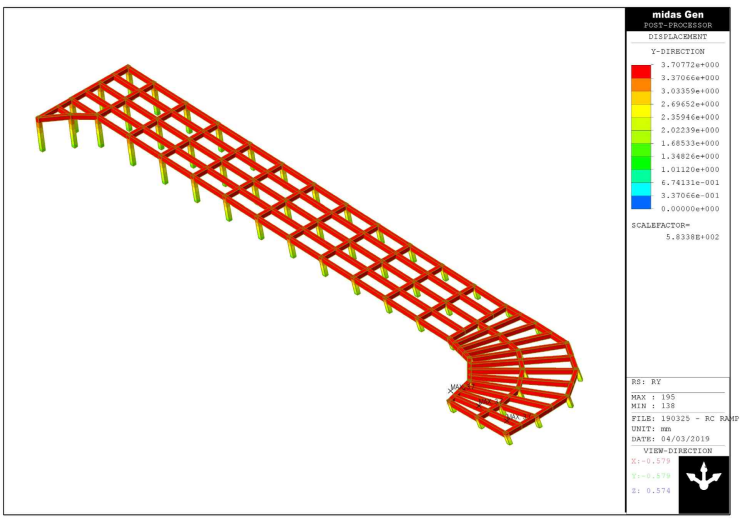
구분	기둥 축력 (Axial Force Fx)
부재력	
최대값 /최소값	Pu,max = + 6,269 kN·m Pu,min = + 2,601 kN·m

(다) 진입경사로(Ramp) 사용성(변위) 검토

<표 97> 진입경사로(Ramp) 지진하중 층변위 (X방향)

구분	X 방향
지진하중 변위	
검토	Δx,seismic = 14.047mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

<표 98> 진입경사로(Ramp) 지진하중 층변위 (Y방향)

구분	Y 방향
지진하중 변위	
검토	Δy,seismic = 3.708mm < 78.0mm (0.01h) … O.K

(7) 온도하중에 의한 변위량 검토 및 E.J. 이격거리 산정

○ 외기온도 연중 최대 변화량(ΔT)은 '골조 E.J. (Expansion Joint) 계획' 항에 의해 29.8℃로 산출되었고, 이 값을 분할 된 영역에 온도하중으로 적용하여 해석을 수행함

○ 해석에 의한 최대 변위(δt,max)는 12.4mm이고, 양방향성을 고려하여 제곱합제곱근법(Square Root of Sum of Square : SRSS)으로 최대 변위량(δt,srss max)을 산출

○ 산출된 최대 변위량(δt,srss max)은 17.5mm이고, 여유치 확보 및 시공성을 고려하여 E.J. 이격거리를 100.0mm로 적용

□ **외기온도 연중 최대 변화량**

· 외기온도 연중 최대 변화량 ΔT = 29.8℃

('라. 골조 E.J. (Expansion Joint) 계획' 항 참조)

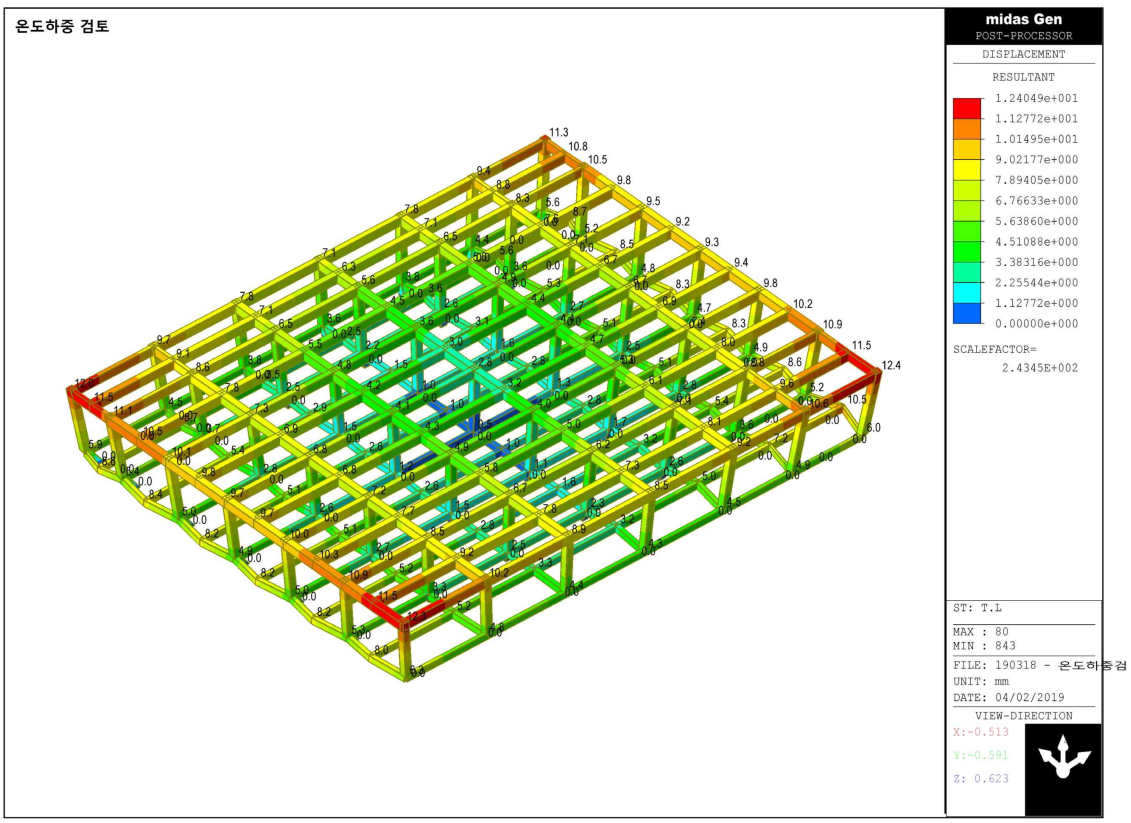
· 해석결과 최대변위 δt,max = 12.4mm

→ $\delta t,srss\ max = \sqrt{(\delta_{t,max})^2 + (\delta_{t,max})^2}$

$= \sqrt{(12.4)^2 + (12.4)^2}$

$= 17.5mm$

→ E.J. 간격 100mm 적용



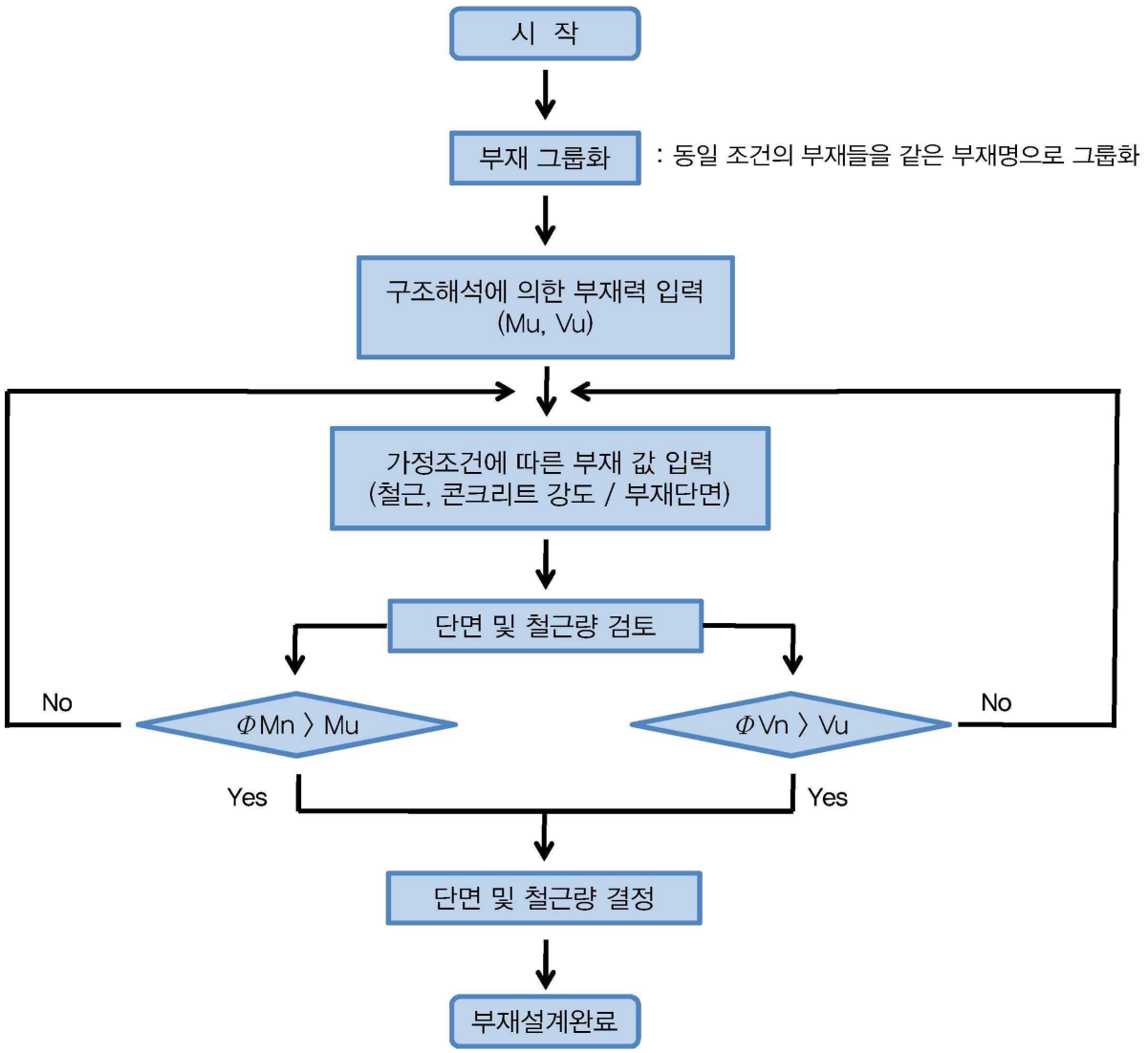
<그림 82> 온도하중에 의한 변위 검토

다. 플랫폼 부재별 구조설계

(1) 구조설계 절차

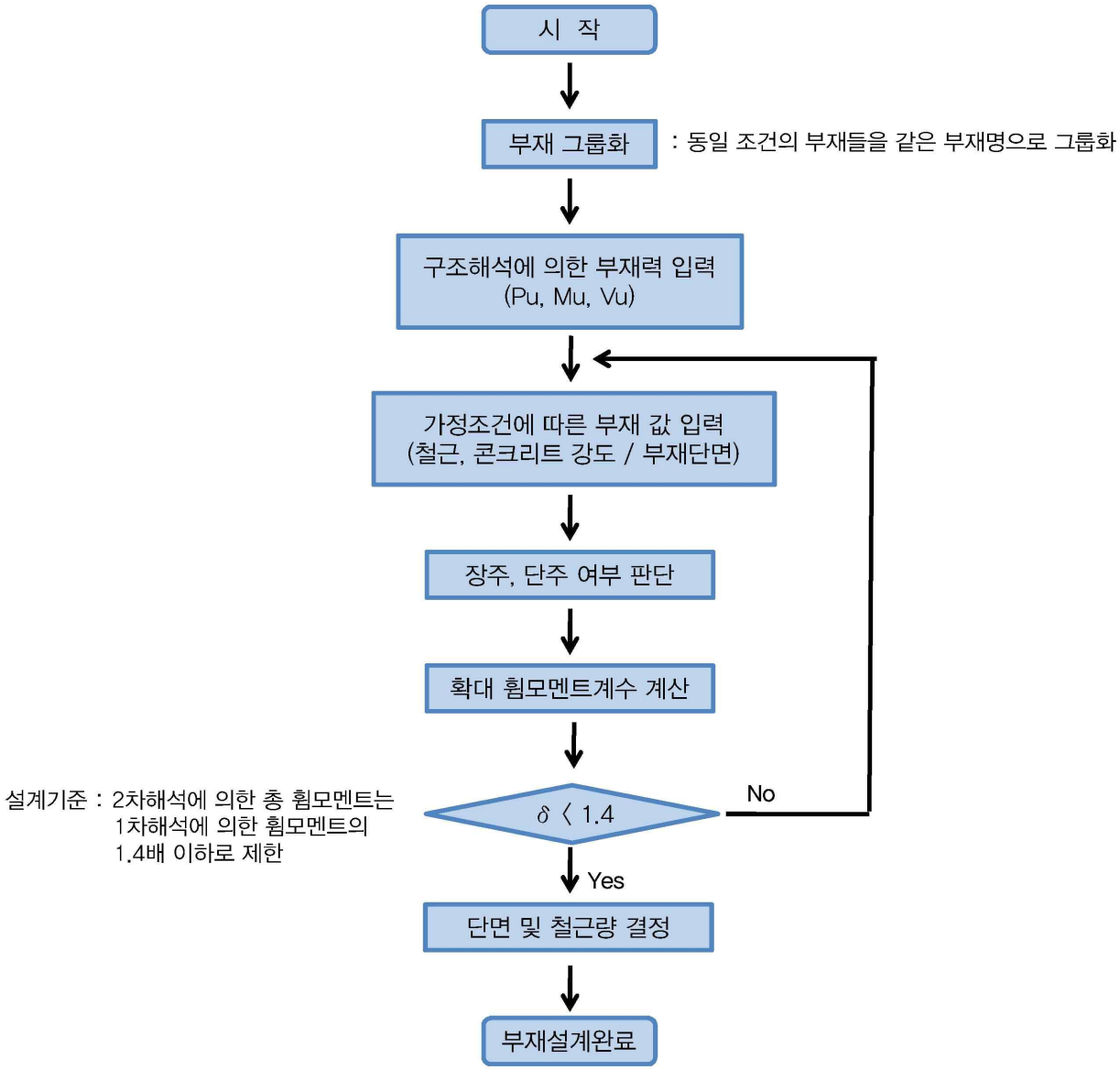
○ 부재별로 해당 설계법을 적용하여 하중에 의한 부재력에 대해 각 부재가 동등 이상의 저항력을 확보할 수 있도록 구조설계를 수행

(가) 단면설계 : 휨부재 설계(치수 및 철근량 산정) 흐름도



<그림 83> 단면설계 : 휨부재 설계(치수 및 철근량 산정) 흐름도

(나) 단면설계 : 기둥부재 설계(치수 및 철근량 산정) 흐름도



<그림 84> 단면설계 : 기둥부재 설계(치수 및 철근량 산정) 흐름도

(2) 플랫폼 구조설계 결과 검토

○ 부재는 하중에 따른 외력에 대하여 부재가 충분한 내력을 발휘할 수 있도록 설계하여 구조안전성 및 사용성을 확보하는 것을 우선으로 함. 이와 함께 시공성 및 경제성을 종합적으로 고려하여 수행함

○ 부재 종류 및 위치 별로 힘의 흐름에 의한 외력의 예측이 충분히 가능한 위치에는 외력에 대한 내력비을 100% 근접하게 설계하여 경제성을 확보하며, 외력에 대한 예측이 어려운 위치에서는 내력 여유치를 확보하여 구조안전성에 문제가 없게 설계함

(가) 슬래브

○ 슬래브는 휨모멘트가 주된 부재력으로 차량 충격, 낙하하중 등에 의한 국부적인 돌발하중을 고려하여 다른 부재에 비해 내력 여유치를 높게 설계함

<표 99> 슬래브 해석 및 부재설계 결과

구분	부재		극한모멘트 (Mu, kN·m)	소요 철근량 (As, mm2)	사용철근량		설계모멘트 (ΦMn, kN·m)	내력비 (Mu /ΦMn)
					사용철근 (직경-간격)	철근량 (As,mm2)		
플랫폼 지상2층	2S1	단부	98.4	1107.0	HD16@150	1326.6	115.8	0.85
		중앙부	67.7	745.0	HD13+16 @150	1106.6	96.6	0.70

(나) 보 (모멘트)

○ 보는 휨모멘트 및 전단력이 주된 부재력으로 예측이 충분히 가능한 단부는 내력 여유치를 낮춰 구조안전성 및 경제성을 확보하고, 중앙부는 부재 처짐 등을 고려하여 내력 여유치를 확보할 수 있도록 함

<표 100> 보 해석 및 부재설계 결과

구분	부재		극한모멘트 (Mu, kN·m)	소요철근량 (As, mm2)	사용철근량		설계모멘트 (ΦMn, kN·m)	내력비 (Mu /ΦMn)
					사용철근 (개수-직경)	철근량 (As,mm2)		
플랫폼 지상2층	2B1	단부	2397.6	5066.6	10-SHD25	5070.0	2435.7	0.99
		중앙부	1274.1	2547.8	6-SHD25	3042.0	1517.5	0.84
	2B2	단부	3081.3	6774.8	14-SHD25	7098.0	3277.9	0.95
		중앙부	2051.7	4255.9	10-SHD25	5070.0	2435.7	0.85
	2B3	단부	3082.1	6774.8	14-SHD25	7098.0	3277.9	0.95
		중앙부	1212.8	2417.5	6-SHD25	3042.0	1517.5	0.80
	2G1	단부	2388.1	5161.7	10-SHD25	5070.0	2397.1	1.00
		중앙부	1260.9	2543.6	6-SHD25	3042.0	1507.5	0.84
	2G8	단부	3510.2	7717.8	16-SHD25	8112.0	3769.7	0.94
		중앙부	3011.4	6452.2	14-SHD25	7098.0	3341.6	0.91
	2G11	단부	3957.2	10786.7	18-SHD25	11661.0	4040.3	0.98
		중앙부	3481.1	7635.1	16-SHD25	8112.0	3769.7	0.93

(다) 기둥

○ 기둥은 축력(압축력)이 주된 부재력임

○ 지진하중, 풍하중에 의한 수평하중은 기둥보다 횡강성이 큰 벽체가 저항하는것이 경제적으로 유리하므로 벽체를 적소에 배치하여 기둥이 경제적인 설계가 되도록 유도

<표 101> 기둥 해석 및 부재설계 결과

구분	부재	극한축력 (Pu, kN)	사용철근량		설계축력 (ΦPn, kN)	내력비 (Pu /ΦPn)
			사용철근 (개수-직경)	철근량 (As,mm2)		
플랫폼 지상1층	1C1	8456.5	16-SHD25	8112.0	9232.5	0.92

(라) 벽체

○ 벽체는 수평하중에 대해 휨모멘트, 전단력을 주로 분담하며 단면적에 따라 축력도 분담하므로 해석 결과를 분석하여 부재설계를 실시

<표 102> 벽체 해석 및 부재설계 결과 (축력)

구분	부재	극한축력 (Pu, kN)	사용철근량		설계축력 (ΦPn, kN)	내력비 (Mu /ΦMn)
			사용철근 (직경@간격)	철근량 (As,mm2)		
플랫폼 지상1층	1W1	-56.5	HD13@200	635.0	-58.9	0.96

<표 103> 벽체 해석 및 부재설계 결과 (모멘트)

구분	부재	극한모멘트 (Mu, kN · m)	사용철근량		설계모멘트 (ΦMn, kN · m)	내력비 (Mu /ΦMn)
			사용철근 (직경@간격)	철근량 (As,mm2)		
플랫폼 지상1층	1W1	6641.7	HD13@200	635.0	6950.9	0.95

(마) 기초

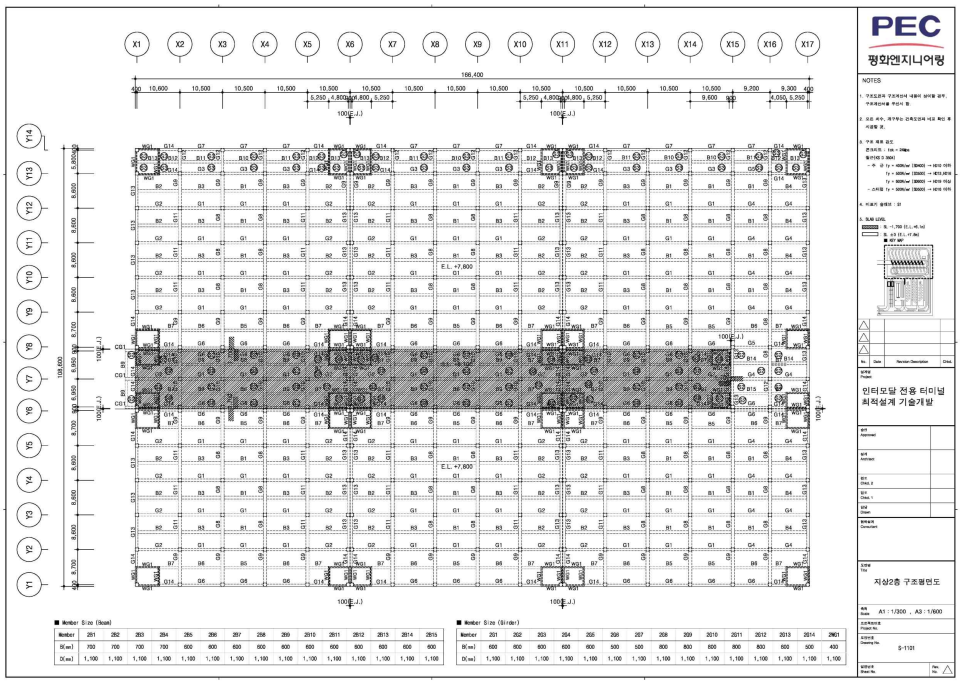
<표 104> 기초 해석 및 부재설계 결과

구분	부재	극한모멘트 (Mu, kN · m)	소요철근량 (As,mm2)	사용철근량		설계모멘트 (ΦMn, kN · m)	내력비 (Mu /ΦMn)
				사용철근 (직경-간격)	철근량 (As,mm2)		
플랫폼	F1	785.5	1682.0	SHD19@150	1913.3	888.6	0.88

5. 구조도면 작성

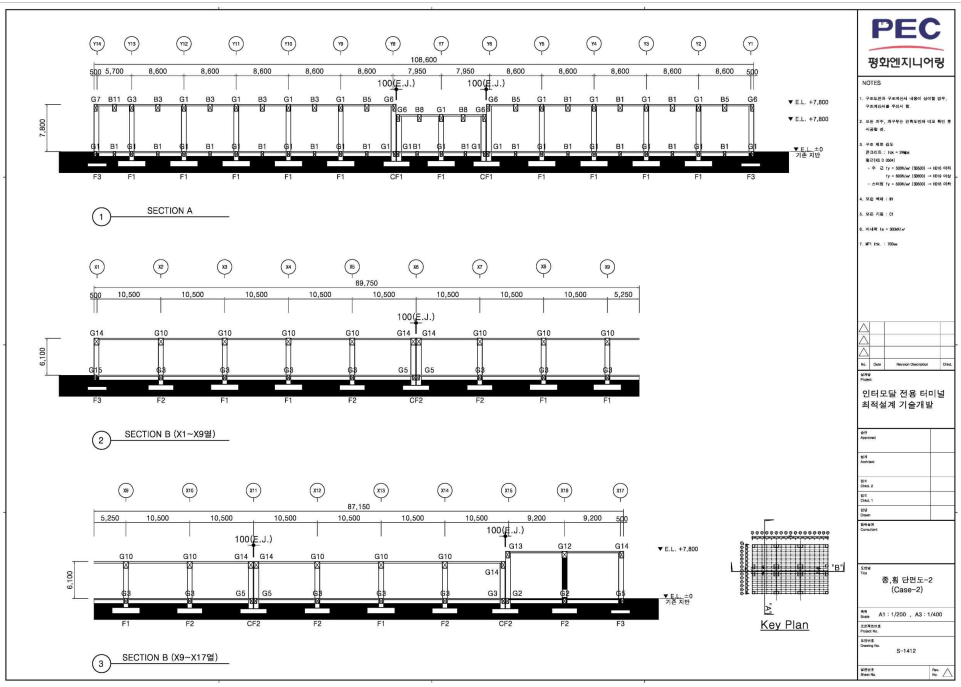
○ 해석 및 설계 완료 후 설계개요, 구조도면, 부재일람, 설계근거, 검토자료 등을 종합하여 구조계산서로 취합함. 구조계산서를 근거로 구조도면 및 공사비산출을 실시

□ 구조도면 (플랫폼 지상2층 구조평면도)



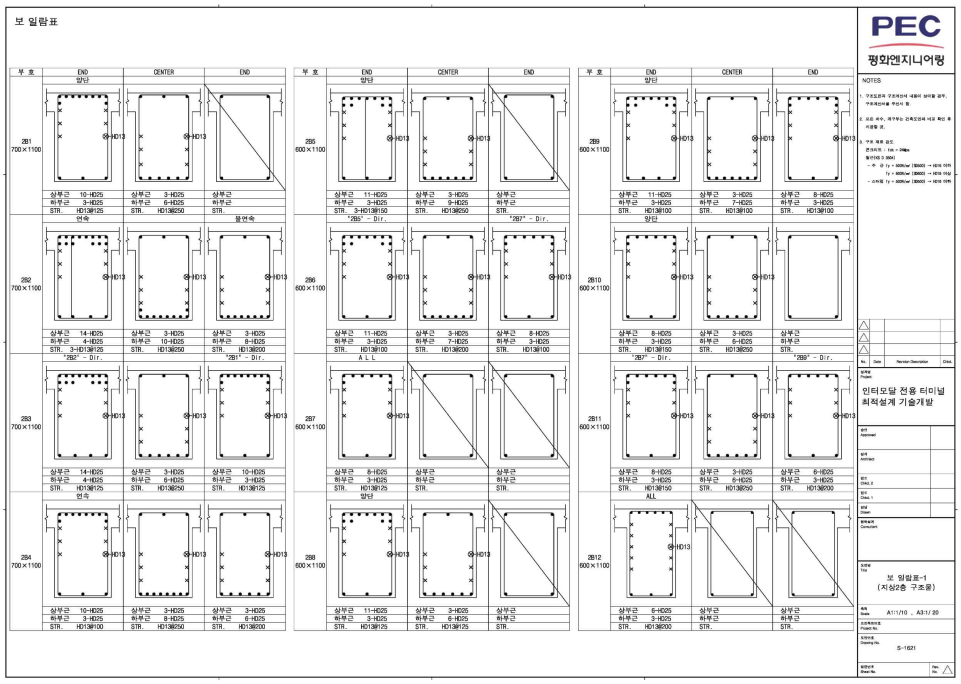
<그림 85> 플랫폼 지상2층 구조평면도

□ 구조도면 (플랫폼 구조단면도)



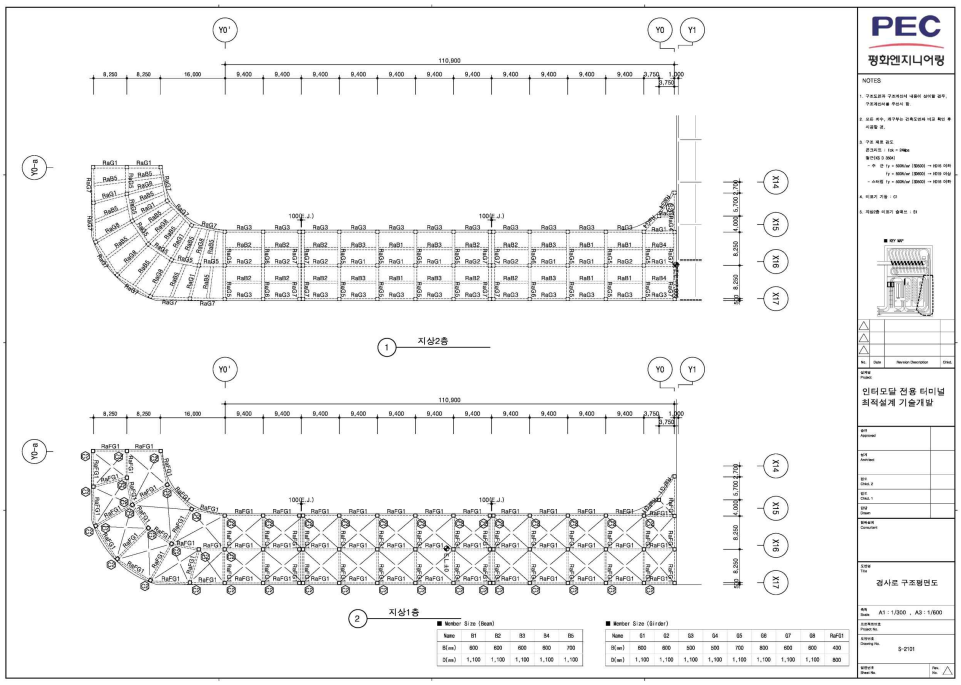
<그림 86> 플랫폼 구조단면도

□ 구조도면 (플랫폼 지상2층 보 부재일람)



<그림 87> 플랫폼 지상2층 보 부재일람

□ 구조도면 (진입경사로 구조평면도)



<그림 88> 진입경사로 구조평면도

6. 대안별 공사비 검토/분석

○ 골조형식 및 기초 대안별로 도출한 구조설계 결과에 대한 공사비 검토 수행

○ 공사비는 설계된 부재에 대해 수량을 산정하고 골조형식별 직접공사비(재료비, 노무비, 경비)를 대상으로 비교 검토함

○ 골조형식 대안별 공사비를 비교한 결과, 철근콘크리트조(RC조) 공사비는 철골조(STEEL조) 및 철골철근콘크리트조(SRC조) 대비 80%, 81% 수준으로 검토됨

○ 기초형식 대안별 공사비를 비교한 결과, Case-2(지내력 300kN/㎡)의 공사비는 Case-1(지내력 200kN/㎡) 및 Case-3(파일 1,600kN/ea.) 대비 98%, 92% 수준으로 검토됨

○ 단층구조물(MAT기초형식)의 기초형식 대안별 공사비를 비교한 결과, Case-1(지내력 200kN/㎡)의 공사비는 Case-2(파일 1,600kN/ea.) 대비 71% 수준으로 검토됨

<표 105> 복층구조물 형식별 공사비 비교표

골조형식	기초 형식별 공사비 (단위 : 원)		
	Case-1 (지내력 200kN/m²)	Case-2 (지내력 300kN/m²)	Case-3 (파일 1600kN/ea.)
철근콘크리트조 (RC조)	6,581,000,000 (106%)	6,205,000,000 (100%)	7,125,000,000 (115%)
철골조 (STEEL조)	8,216,000,000 (132%)	7,840,000,000 (126%)	8,760,000,000 (141%)
철골철근콘크리트조 (SRC조)	8,182,000,000 (132%)	7,806,000,000 (126%)	8,726,000,000 (141%)

<표 106> 단층구조물 형식별 공사비 비교표

골조형식	기초 형식별 공사비 (단위 : 원)	
	Case-1 (지내력 200kN/m²)	Case-2 (파일 1600kN/ea.)
MAT 기초형식	1,444,000,000 (100%)	2,036,000,000 (141%)

<표 107> RC조 기초 형식별 공사비

골조형식	공종	기초 형식별 공사비 (단위 : 원)		
		Case-1 (지내력 200kN/m²)	Case-2 (지내력 300kN/m²)	Case-3 (파일 1600kN/ea.)
RC조	거푸집공사	2,498,939,567	2,498,939,567	2,497,034,927
	철근공사	2,294,850,000	2,126,200,000	1,852,990,000
	콘크리트공사	1,787,443,908	1,579,916,908	1,787,635,012
	파일공사	-	-	988,174,300
	단수정리	-233,474	-56,474	-834,238
	공사비	6,581,000,000	6,205,000,000	7,125,000,000

<표 108> 철골조 기초 형식별 공사비

골조형식	공종	기초 형식별 공사비 (단위 : 원)		
		Case-1 (지내력 200kN/m²)	Case-2 (지내력 300kN/m²)	Case-3 (파일 1600kN/ea.)
철골조	거푸집공사	1,262,672,761	1,262,672,761	1,260,768,121
	철근공사	1,547,890,000	1,379,240,000	1,106,030,000
	콘크리트공사	1,256,007,031	1,048,480,031	1,256,198,135
	철골공사	4,149,676,288	4,149,676,288	4,149,676,288
	파일공사	-	-	988,174,300
	단수정리	-246,079	-69,079	-846,843
	공사비	8,216,000,000	7,840,000,000	8,760,000,000

<표 109> SRC조 기초 형식별 공사비

골조형식	공종	기초 형식별 공사비 (단위 : 원)		
		Case-1 (지내력 200kN/m²)	Case-2 (지내력 300kN/m²)	Case-3 (파일 1600kN/ea.)
SRC조	거푸집공사	1,810,620,857	1,810,620,857	1,808,716,217
	철근공사	1,731,870,000	1,563,220,000	1,289,090,000
	콘크리트공사	1,369,485,948	1,161,958,948	1,369,677,052
	철골공사	3,270,388,352	3,270,388,352	3,270,388,352
	파일공사	-	-	988,174,300
	단수정리	-365,157	-188,157	-45,921
	공사비	8,182,000,000	7,806,000,000	8,726,000,000

<표 110> MAT기초 기초 형식별 공사비

골조형식	공종	기초 형식별 공사비 (단위 : 원)	
		Case-1 (지내력 200kN/m²)	Case-2 (파일 1600kN/ea.)
MAT기초	철근공사	350,790,000	350,790,000
	콘크리트공사	1,093,995,750	1,093,995,750
	파일공사	-	591,920,000
	단수정리	-785,750	-705,750
	공사비	1,444,000,000	2,036,000,000

제8절. 터미널 플랫폼 공사 및 유지관리지침

가. 플랫폼 공사 시방서

□ **기초 자료 조사**

○ 일반적인 건축 공사에 대한 기초자료의 수집 및 정리

○ 플랫폼 구조물에 대한 공사 시방 마련

□ **플랫폼 공사 시방 주요내용(목차)**

「플랫폼 공사 시방서(안)」 목차

제1절. 공사일반

1. 공사일반
2. 품질관리
3. 자재관리

제2절. 지반공사

1. 연약지반개량공사 일반사항

제3절. 구조재료공사

1. 콘크리트공사 일반사항
2. 일반콘크리트
3. 철근공사
4. 거푸집 및 동바리

제4절. 건축공사

1. 건축물 콘크리트 공사 일반
2. 방수공사 일반
3. 아스팔트 방수공사

제5절. 도로공사

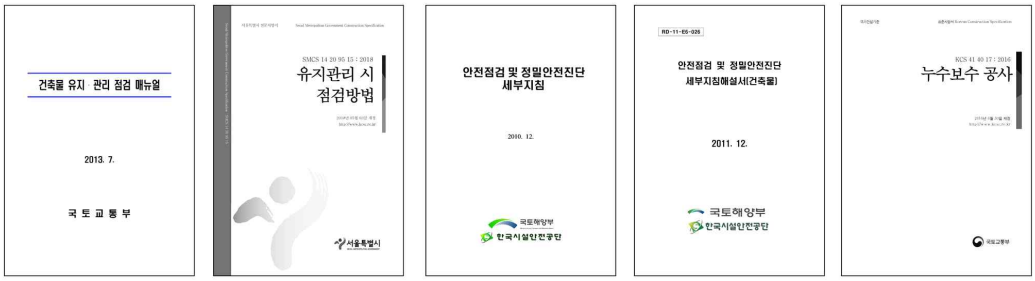
1. 아스팔트콘크리트 포장공사

* 터미널 플랫폼 공사 시방서 세부내용 부록 참조

나. 플랫폼 유지관리 지침(안)

□ 기초 자료 조사

○ 플랫폼 유사구조물에 대한 유지관리 지침 조사 분석



□ 플랫폼 유지관리 지침(안)주요 내용(목차)

「플랫폼 유지관리 시방서(안)」 목차

제1절. 일반사항

1. 적용범위
2. 유지관리시 점검종류

제2절. 플랫폼 유지관리 점검

1. 일반사항
2. 점검방법
3. 점검기준
4. 관련규정

제3절. 안전점검 및 정밀안전진단

1. 일반사항
2. 현장조사
3. 재료시험
4. 상태평가
5. 안전성평가
6. 종합평가
7. 보수·보강

제4절. 누수보수 공사

1. 일반사항
2. 자재
2. 시공

· * 터미널 플랫폼 공사 시방서 세부내용 부록 참조

제9절. 인터모달 터미널 바닥마감재 선정기술 개발

1. 연구개요

○ 인터모달 터미널은 컨테이너 터미널과 같이 컨테이너 이송을 위하여 터미널 내 포장이 필요하며, 중하중 조건을 고려한 합리적인 포장설계가 요구됨.

○ 국내의 경우 중하중 조건에서 적용할 수 있는 설계기준이 없으며, 인터모달 터미널과 유사한 컨테이너 터미널의 경우 일반 도로포장용 설계기준을 준용하여 사용하고 있음.

○ 해외의 경우 영국의 설계방법인 'The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and Other Industries'을 준용하여 설계하는 추세임.

○ 국내에 적용하고 있는 컨테이너 터미널 포장설계는 해외기관으로 통용되지 않고 있으며, 추후 인터모달 자동화물운송시스템 기술의 개발 통한 해외 시장 진출 시 국제표준에 맞는 포장 설계가 요구됨

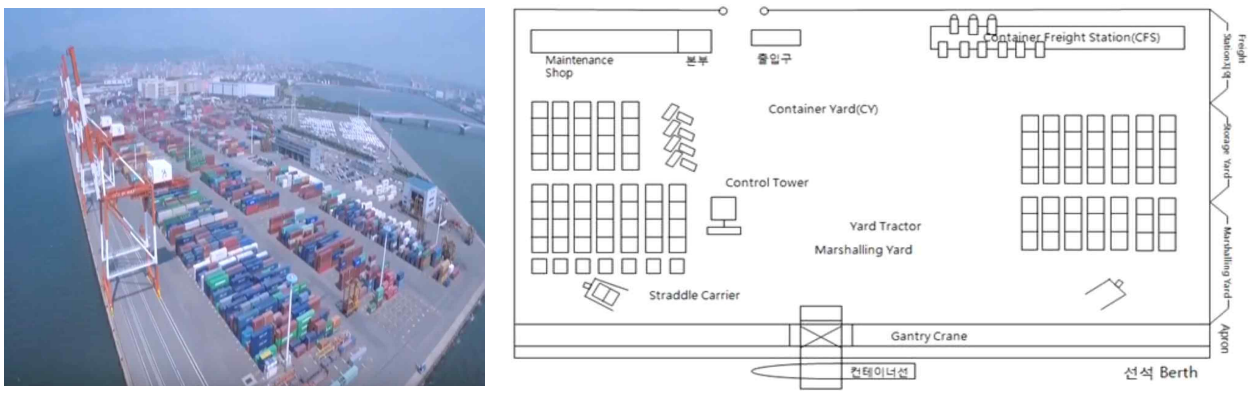
○ 본 연구에서는 기존 컨테이너 터미널의 포장설계 현황 및 기준에 대해 조사하고 Heavy Duty Pavement Design을 활용 인터모달 포장재 선정 검토(안)을 제시하고자 함.

2. 컨테이너 터미널 포장 형식 조사 및 분석

가. 컨테이너 터미널 포장형식

○ 콘크리트포장, 아스팔트포장, 블록포장, 쇄석포장을 적용. 현재까지 국내 컨테이너 터미널의 포장형식 선정과정을 살펴보면 통상적으로 사업부지 내의 교통량, 지반특성, 기후, 시공성, 보수 편의성, 장래확장, 경제성 등이 고려되며, 특히 사업부지 내 지반특성이 가장 중요하게 반영됨.

○ 구간별 포장 형식을 살펴보면, 장치장을 경우 쇄석포장과 콘크리트 포장을 적용하고 있으며, 에이프런, 게이트, 장치장 접근로 등은 유지관리성을 고려하여 아스팔트 포장을 적용



<그림 89> 컨테이너 터미널 구조

<표 111> 컨테이너 터미널 포장 검토 사항

구분	콘크리트 포장	아스팔트 포장	콘크리트 블록 포장	쇄석포장
구조 특성	· 콘크리트 슬래브가 교통하중을 휨저항으로 지지	· 포장층 일체로 교통하중을 지지하고 노상에 윤하중을 분포	· Interlocking Block을 포장층으로 블록 간의 맞물림 형태로 하중을 분포	· 포장층 일체로 상재하중을 지지하고 노상에 분포
시공성	· 콘크리트 품질관리, 양생, 평탄성 관리, 줄눈시공 등에 고도의 숙련요구 · 장기 양생 필요	· 신속성, 간편성 측면에서 유리 · 단계건설 방식에 적합 · 시공완료 즉시 교통개방	· 포설 용이 · 인력시공으로 시공속도가 늦으며 국내 시공 실적이 없음 · 시공완료 즉시 교통개방	· 특별한 기술이나 기계가 불필요 · 시공관리가 용이 · 공법 간단
내구성	· 중차량에 대한 적응성 양호	· 중차량에 의한 소성변형 발생으로 내구연한이 짧음	· 중차량에 대한 적응성 양호	· 상부하중에 대한 적응성 양호
공용성	· 승차감 불량 · 소음 발생	· 평탄성, 주행성 양호 · 소음이 적음	· 평탄성, 주행성 불리 · 소음 발생	·
유지 보수	· 유지보수비 저렴	· 정기적인 유지보수 필요 · 부분보수 용이	· 파손부위의 부분적인 유지보수 유리	· 유지보수비 저렴 · 부분 보수 용이
연약 지반	· 연약지반에서 지지력 저하시 응력 과다 발생으로 조기 파손 · 보수비 증가	· 연약지반 및 부등침하 적응성 양호 · 연약지반인 경우 가급적 가요성 포장 적용	· 연약지반 및 부등침하에 대한 적응성 양호	· 침하에 대한 적응성 양호

*자료 : 부산항 신항 2-3단계 컨테이너부두 (4선석) 민간투자사업 보고서, 2007.01

<표 112> 구간별 포장형식 선정

구 역	이용특성	운영장비	포장형식 선정
에이프런 구간	· 컨테이너 이송차량 주행 · 장기압밀 침하 고려 · 유지보수 유리한 단면적용	· S/C (Shuttle Carrier)	· 아스콘 포장
게이트 및 장치장 접근로	· 컨테이너 운송차량 출발·도착 · 시공성 및 유지관리성 고려	· 야드트렉터	· 아스콘 포장
컨테이너 장치장	· ATC 내부에 일반 컨테이너 장치 · 컨테이너 다단적으로 인한 장기 압밀침하 고려 · 시공성 및 유지관리성 고려	· ATC · 컨테이너	· 쇄석 포장
철송장 내부	· 컨테이너 운송차량 · 시공성 및 유지관리성 고려	· ATC · 외부트럭	· 아스콘 포장
위험물 장치장	· 위험물 컨테이너 장치 · 유류 침투 방지 · 컨테이너 베이스 최소 두께포장 필요	· ATC · 위험물 컨테이너	· 콘크리트 포장
중 주차장	· 야드트렉터 및 샤시 주차장 · 시공성 및 유지관리성 고려	· 야드트렉터, 샤시	· 아스콘 포장
경주차장 및 컨테이너 장치장 야드 점검로	· 승용차 및 소형차량 · 경제성 및 유지관리성 고려	· 승용차 및 소형차량	· 아스콘 포장
장래 계획구역	· 모래 유출 방지 · 장래 포장형식 변경 및 시공성 유리	·	· 쇄석 포설

*자료 : 부산항 신항 2-3단계 컨테이너부두 (4선석) 민간투자사업 보고서, 2007.01

3. 컨테이너 터미널 포장설계

가. 포장설계 기준

○ 국내 컨테이너 터미널 포장설계의 경우 “항만 및 어항 설계 기준 (2014)”에서 제시하고 있는 AASHTO 86과 Ta설계법를 적용하여 설계하도록 하고 있으며, 필요시 국토교통부의 “도로의 구조시설 기준” 준용하도록 하고 있음.

○ 포장형식에 따른 포장 설계법은 게이트 및 장치장 접근로의 경우 AASHTO 설계법을 적용하며, 에이프런 구간은 Ta설계 법을 반영하여 설계가 되어지고 있음.

○ 현재 컨테이너 터미널 포장에 적용되고 있는 AASHTO 86과 Ta설계법은 터미널 내 물동량을 설계교통량으로 환산하여 포장의 구조두께를 취하고 있음.

○ 컨테이너 터미널 포장은 중하중 차량이 운행되는 도로포장이면서도 도로설계 기준을 적용받지 않고 뚜렷한 표준시방서도 갖추어져 있지 않아 과다 설계 되고 있는 현실임.

<표 113> 포장구조 설계법 비교

구 분	AASHTO법	T_A법
기본 이론	· 서비스 성능-공용성 개념을 토대로 하여 AASHTO 도로 시험의 공용결과로서 얻어진 모델식을 이용하는 설계법	· AASHTO 도로 시험의 공용점과 CBR 설계 이론을 일본의 교통, 토질 및 재료 조건에 부합되도록 수정, 보완한 설계법
입력 조건	· 교통 조건 · 노상지지계수(S) · 포장두께지수(SN) · 지역계수(R) · 설계포장두께지수(SN) 결정	· 교통 조건 · 노상토의 조건 · 소요 TA와 총두께(H) 결정 · 포장의 구성 · TA의 계산 · 동결 깊이
교통 조건	· 설계기간내 8.2t 환산단추가중 누가 통과 횟수	· 공용개시 5년후 대형차 1방향 교통량을 L, A, B, C, D로 구분
노상 조건	· 노상지지계수(S)	· 설계 CBR
환경 조건	· 동결깊이(Z) 고려 · 지역계수(R)를 고려하여 설계포장 두께지수 반영	· 동결깊이(Z) 고려
재료 조건	· 상대강도계수 · $SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$	· 등치환산계수 · TA
소요 강도	· logWT · 시공성과 유지보수를 고려하여 각층별 최소두께를 규정	· $H = \frac{28.0 \cdot N^{0.1}}{CBR^{0.6}}$ · $T_A = \frac{3.84 \cdot N^{0.16}}{CBR^{0.3}}$

*자료 : 부산항 신항 2-3단계 컨테이너부두 (4선석) 민간투자사업 보고서, 2007.01

<표 114> 포장형식에 따른 포장 설계법 선정

포장구역	포장 설계법	포장형식
에이프런 구간	TA 설계법	아스콘
게이트 및 장치장 접근로	AASHTO 설계법	아스콘
경주차장 및 건축물 인접지역	AASHTO 설계법	아스콘
주차장	AASHTO 설계법	아스콘
주유소	AASHTO 설계법	콘크리트
위험물 장치장		콘크리트
컨테이너 장치장		쇄석

*자료 : 부산항 신항 2-3단계 컨테이너부두 (4선석) 민간투자사업 보고서, 2007.01

나. 설계하중 및 미끄럼저항

○ 포장설계에서 교통량은 설계기간 동안 설계차로를 통과하는 전체 혼합 교통량(설계교통량)을 의미하며 월별, 시간대별 차종 분포 및 축하중 분포를 고려하여 적용

○ 설계 교통량은 다음 식을 적용하여 결정하며 연평균일교통량(AADT) 산정 시 차종은 12종으로 분류

$$AADT_{DD \cdot DL} = DD \times DL \times AADT$$

여기서 DD : 방향별 분배계수

DL : 차로별 분배계수

AADT : 해석기간 동안의 양방향 누가 교통량

<표 115> 방향 및 차로분배계수 범위 값

구분	방향분배계수	구분	편도 차로수	차로분배계수
고속국도 일반국도 지방도	0.5~0.55	고속국도	4	0.35~0.45
			3	0.45~0.55
			2	0.70~0.90
		일반국도, 지방도	4	0.35~0.45
			3	0.60~0.70
			2	0.80~0.90

○ 포장설계에 적용하는 자동차의 하중은 AASHTO, 영국, 핀란드 등에서는 8.2톤 축하중, 러시아, 헝가리 등에서는 10톤 축하중, 그리고 일본, 체코 등에서는 5톤 윤하중 적용

○ 국내의 경우 자동차 안전기준에 관한 규칙에는 자동차의 최대 윤하중을 5톤으로 규제하고 있지만 포장설계 기준 자동차 하중은 도로의 신설 및 개량시 포장설계의 기초가 되는 것으로 자동차 안전기준에 관한 규칙과는 반드시 합치하지 않아도 되므로 국내의 경우 도로포장 설계에 적용되는 AASHTO 포장설계법의 8.2톤 단축하중을 기준으로 하고, Ta 설계법의 경우에는 잠정적으로 5톤 윤하중을 준용

○ 도로 노면의 미끄럼 저항은 도로교통의 안전에 가장 중요한 요소 가운데 하나이며, 특히 노면이 젖어있을 때의 미끄럼 문제는 매우 심각

○ 미끄럼 저항은 우천 등으로 인하여 노면이 젖어있거나 자동차의 주행속도 증가에 따라 급격히 저하되며 최근에는 이러한 문제에 가장 효과적으로 대처할 수 있는 개립도 마찰층(배수성 포장)의 적용이 늘고 있음.

○ 또한 포장을 계획할 경우 자동차의 안전한 주행을 위하여 가속이 우려되거나 자동차의 방향조작이 곤란할 경우에는 미끄럼저항이 양호한 포장을 실시하여 자동차운행의 안정성을 높이도록 하며 긴 직선구간 끝부분의 곡선부, 내리막 경사의 곡선부 등과 같이 사고의 발생 가능성이 큰 도로구간에 대하여 사고발생의 방지를 위하여 필요하다고 판단될 경우 미끄럼방지 포장을 적극적으로 검토하여 설치하도록 권고하고 있음.

○ 포장면이 제공해야 할 최소한의 마찰력은 도로의 기하구조 및 교통조건에 따라 다르므로 다음의 “도로안전시설 설치 및 관리 지침” 상의 미끄럼방지포장 편에서는 최소 마찰계수 기준을 도로 및 교통조건에 따라 S1~S4의 4개 등급(S 등급)으로 분류하여 적용

<표 116> 최소 마찰계수 기준

구 분	정 의	최소 요구 마찰계수			마찰계수의 종류
		위험도 1	위험도 2	위험도 3	
S1 (마찰력 확보가 매우 중요한 구간)	1) 설계 속도 60km/시 이상인 도로의 교통신호 또는 횡단보도 접근부 2) 도시 지역도로의 교통신호, 횡단보도 또는 비슷한 위험개소의 접근부	57	67	77	BPN주1)
	3) 5% 이상의 내리막 경사에서 곡선 반경이 “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙”에서 정한 값보다 작게 설계된 곳 4) 고속도로로서 S2의 1), 2)항에 해당하는 구간	37	44	50	SN주2)
S2 (마찰력 확보가 중요한 구간)	1) 설계 속도 60km/시 이상이 되는 도로로서 곡선 반경이 “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙”에서 정한 값보다 작게 설계된 곳 2) 5% 이상의 내리막 경사가 100m 이상인 곳	47	57	67	BPN
	3) 고속도로 일반구간 4) 상업용 자동차 교통량이 250대/차로/일 이상인 도로의 주요 교차로 접근부	31	37	44	SN
S3 (평균 조건)	직선 또는 곡선 반경이 큰 구간으로서 다음에 해당되는 도로 1) 주요 간선도로 또는 자동차 전용도로	32	47	57	BPN
	2) 상업용 자동차 교통량이 250대/차로/일 이상인 일반도로	21	31	37	SN
S4 (마찰력이 중요하지 않은 구간)	교통량이 적은 도로의 일반 직선 구간	32	42	47	BPN
		21	27	31	SN

주1) BPN(British Pendulum Number) : 미끄럼 마찰저항을 BPT(British Pendulum Tester)를 이용하여 정량화한 값으로 이 값이 클수록 마찰력이 큼.

주2) SN(Skid Number) : ASTM E 274 시험법(Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surface Using a Full-Scale Tire)에 따라 미국 K. J. Law사에서 제작한 모델 M1290의 자동식 미끄럼저항 측정기를 통해 얻어지는 미끄럼 저항값으로 이 값이 클수록 마찰력이 큼.

4. 도로포장설계법의 적용 시 문제점

○ 일반 고속도로 포장설계 지침의 목적은 역학적 경험적 원리에 기초를 두어 지역, 교통, 환경 및 재료특성 등을 적절하게 반영함.

○ 그러나 컨테이너 터미널 포장은 차량의 종류, 운행속도, 교통하중의 크기 및 파손기준 등이 일반도로포장과 상이한 설계조건들을 고려하여 여러 가지 한계점을 내포함.

○ 일반 도로포장 설계 시 교통하중의 크기, 층 구조와 연평균 일 교통량(Annual Average Daily Traffic ; AADT)은 중요한 설계요소이나 컨테이너 터미널의 포장설계법은 차량의 종류, 운행속도, 교통하중의 크기, 평탄성 및 파손기준 등이 일반도로와 달리 설계되어지고 있는 실정임.

○ 컨테이너 터미널 설계 시 설계에 필요한 여러 설계 변수들이 이론적인 검토 없이 일반 도로에 적용되는 값과 동일하게 적용되고 있으므로 터미널에 적합한 교통량 패턴이나 지형적 조건을 알맞게 적용하지 않고 있는 현실임.

○ 컨테이너 운반 시 동적인 충격이 가해지나 컨테이너 및 트랙터 등의 하역장비에 대한 하중 산정방법이 명확하지 않으며 교통특성 및 구조특성이 적절히 반영되고 있지 않으며 하역작업을 주목적으로 하는 중차량의 저속주행에 의한 소성변형을 감안해야 함.

○ 포장표면은 공용성 및 평탄성을 최소한으로 고려하여 마모층의 개념으로 설계되어지므로 구조적인 성능 확보차원에서 재하되는 하중의 경우 기층에서 지지함.

○ AASHTO 86설계법에 적용되는 교통량은 ESAL(Equivalent Single Axle Load)로 환산하여 적용 그러나 AASHTO 86에서 제시한 ESALF(Equivalent Single Axle Load Factor)는 정해진 하중의 Factor값이 제시되어 있지만 항만에 통행되는 차량은 정해진 하중 이상의 Factor값의 정확성은 검증되지 않음.

5. 컨테이너 터미널의 포장 공용성 문제점

○ 컨테이너 터미널에서 포장부분은 양적인 면에서 매우 높은 비율을 차지하고 있으나 시설물 관리 측면에서 그 중요도가 매우 낮게 인식되고 포장의 장기 공용성을 확보하기 위한 유지관리체계가 마련되어 있지 않음.

○ 이러한 터미널 내 포장관리는 포장의 조기 파손을 유발하여 고비용의 유지보수비가 소요될 뿐만 아니라 보수기간 동안 터미널 운영에 지장을 초래

○ 컨테이너 터미널 포장의 대표적인 파손유형에는 중하중으로 인한 소성변형과 컨테이너 코너캐스팅 하부 포장 파손 등이 있음.

○ 포장의 파손은 차량의 반복 재하, 재료특성, 구조특성 등으로 인해 발생



아스팔트 포장의 소성변형



아스팔트 포장 코너캐스팅

<그림 90> 컨테이너 터미널의 포장 손상유형

<표 117> 컨테이너 터미널 포장파손 유형

파손유형	발생요인
소성변형(Rutting)	아스팔트 표층의 두께, 차량하중의 반복 재하 및 재료 영향
피로균열 (표층 및 기층)	아스팔트 표층 하부/RCC 기층 하부에서의 최대인장변형
반사균열	콘크리트 기층 불연속면(줄눈 및 균열부)의 수평/수직적 거동
Slippage Cracking	차량의 정지 및 가속에 의한 수평하중 재하

○ 특히, 컨테이너 터미널 포장은 일반도로 포장과는 달리 중하중의 저속특성을 갖는 차량을 지지해야하며 일반도로포장과 달리 넓은 면적의 시공이 이루어지는 특징을 나타냄.

○ 그러나 국내에서는 터미널 내 포장을 일반도로포장에 적용하는 포장 설계방법인 AASHTO 86, Ta설계법을 사용하여 설계함으로써 구조적/기능적/경제적 목적 달성 측면에서 문제점을 나타내며 개선이 요구됨.

6. 국외 Heavy Duty Pavements Design 검토



<그림 91> 영국 Heavy Duty Pavements Guide

○ 국제적으로 중하중 포장설계는 영국의 설계방법인 "'The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and Other Industries'를 참조하여 설계하는 추세

○ 이 설계 가이드는 노상위에 존재하는 표층, 기층, 기초인 세 개의 층에 의해 분류되어 있음.

○ 중하중의 차량이 저속 주행되는 터미널 포장의 경우 아스팔트 표층의 파손정도나 크기에 대한 보수시기 및 재포장 기준이 명확하지 않으며, 아스팔트 표층은 마모층의 개념으로 사용되어지기 때문에 기층에 대한 구조적인 해석이 이루어짐.

○ 기층 설계는 두께 설계 그래프에 의해 결정되며 일반적으로 Cement Bound Material의 유형 중 CBM3, C8/10를 사용. 그러나 Cement Bound Material은 Material Equivalent Factor에 의해 변경될 수 있음.

○ 재하 되는 하중은 컨테이너를 운반하는 차량의 바퀴하중을 기준으로 사용하는 SEWL(Single Equivalent Wheel Load)에 의해 산정하고, Cornering, Acceleration, Braking 등 표면의 요철의 영향인 Dynamic Loading은 각 축 하중에 Dynamic Factor를 적용하여 산정.

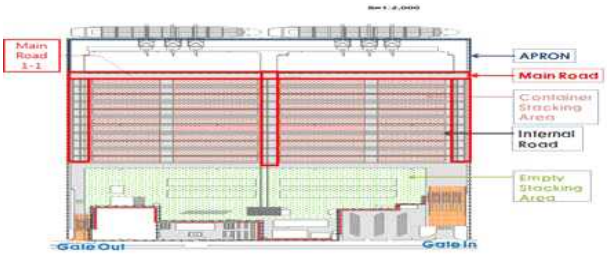
○ 포장수명은 연 평균 일 교통량(Annual Average Daily Traffic)과 축 하중 손상의 영향을 고려하여 결정.

7. 인터모달 터미널 포장 설계 방향 정립

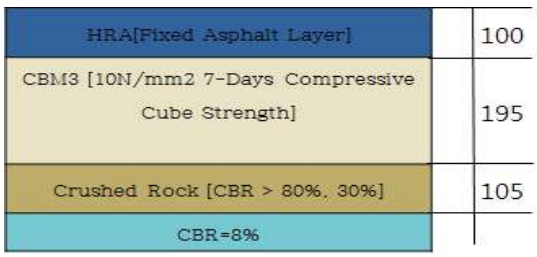
가. 인터모달 터미널 설계기준

○ 컨테이너 터미널 포장설계 개선을 위한 개념적 차이를 규명하기 위하여 베트남의 Cai Mep International Terminal를 대상으로 국내 컨테이너 터미널에 일반적으로 적용되는 AASHTO 86과 국제 표준으로 통용되는 Heavy Duty Pavement Design Guide를 적용한 포장설계 사례 검토를 통하여 인터모달 터미널 포장 설계방향 제시

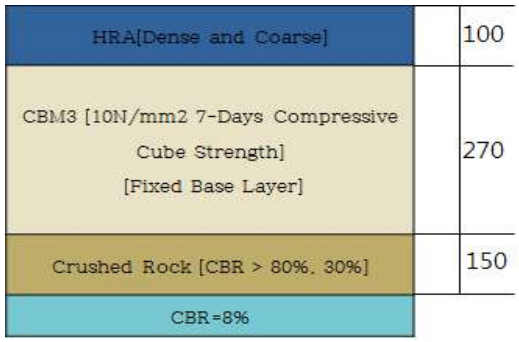




Cai Mep International Terminal(베트남 호치민)



AASHTO 86 적용 단면



Heavy Duty Pavement 적용 단면

*자료 : 강릉원주대학교, 친환경 항만포장공법 개발, 2017

<그림 92> 포장 설계기준에 따른 컨테이너 터미널 포장단면

○ AASHTO 86과 Heavy Duty Pavement로 설계 되어진 단면의 검토 결과 Heavy Duty Pavement의 경우 AASHTO 86 대비 표층하부층의 두께가 기층 28%, 보조기층 30% 증가되는 것으로 나타났으며 기층 중심의 설계가 이루어짐.

○ AASHTO 86의 경우 단면설계 시 설계기준에 제시된 하중 이상의 중하중 적용시 입력되는 교통량 환산계수인 ESALF 값이 불확실성을 띄게 되며, 터미널 설계에서 요구되는 Breaking, Cornering 등 Dynamic Effect를 적용하지 않아 과소설계되는 특성을 보임

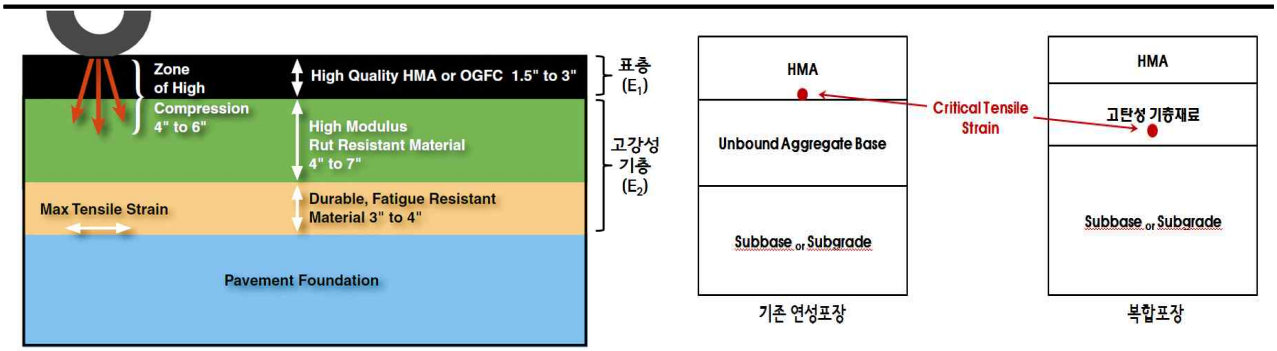
○ 추후 개발되어질 인터모달 터미널의 포장설계은 기존 표층 중심의 포장설계에서 포장의 구조성능을 고려한 기층설계를 고려할 필요성이 있으며 터미널 내 트레일러의 주행특성(Dynamic Effect)을 설계교통조건으로 반영한 합리적인 설계기준 개발이 요구됨

나. 인터모달 터미널 포장공법

○ 인터모달 터미널은 중하중에 대한 포장의 구조적 성능을 확보하기 위하여 기존 표층 중심의 포장설계에서 포장 하부 기층 중심의 포장 설계로 전환 필요

○ 기층 중심의 포장설계시 고탄성 기층 위에 아스팔트 표층을 얇게 시공하여 표층 하부에서 발생하는 인장변형을 기층하부로 전이시켜 피로균열의 억제가 가능

○ 2000년도 미국의 APA(Asphalt Pavement Alliance)에 의하여 “Perpetual Pavement” 설계 개념이 제안되었으며, 독일, 프랑스, 스페인, 영국, 네덜란드 및 헝가리 등의 유럽 국가와 함께 미국의 여러 주에서 복합포장이 시도되어 우수한 장기간의 공용성 나타냄.

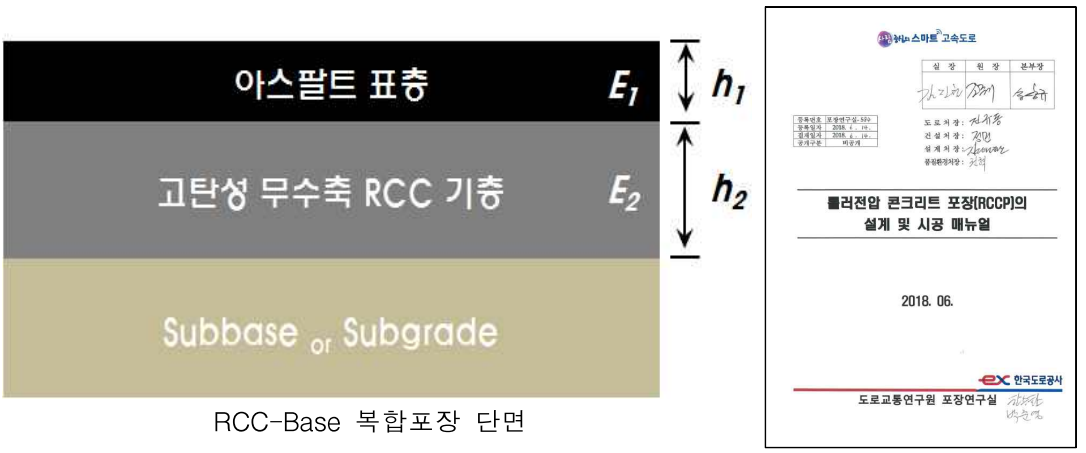


복합포장 설계개념 복합포장의 인장변형 전이

*자료 : ㈜삼우아이엠씨, 고탄성 무수축 롤러전압콘크리트포장 공법을 이용한 장수명 복합포장 개발, 2018

<그림 93> 기층 중심의 포장 설계 개념

○ 국내의 경우 롤러전압콘크리트포장(RCCP)을 기층재료로 활용한 RCC-Base 복합포장 기술이 있으며. RCC-Base 복합포장의 경우 한국도로공사에서 설계 및 시공 매뉴얼을 제작 방침화 하여 활용중에 있음



RCC-Base 복합포장 단면

<그림 94> RCC-Base 복합포장 및 시공 메뉴얼

○ 롤러전압 콘크리트포장 공법(RCCP) 특성

- 적은 단위수량의 콘크리트 혼합물을 생산하여 아스팔트 페이버로 포설한 후 롤러전압 실시(신속시공 가능)
- 시멘트에 의한 수화반응+롤러 다짐을 통한 골재간의 맞물림 효과로 우수한 구조적 성능을 확보하고, 단위 시멘트량을 저감시킬 수 있음
- 시공직후 골재 맞물림에 의한 하중지지력 확보
- 조밀한 내부 공극 구조를 가지고 있어 수밀성이 증대하여 장기내구성 및 환경하중 저항성을 확보할 수 있음

○ RCC-Base 복합포장 시공절차



① 생산 (현장 플랜트 활용)



③ RCC 포설



④ RCC 다짐



⑤ RCC 습윤 양생



⑥ 공용성 평가 및 모니터링



⑦ 택코팅 살포 및 AC시공



⑧ AC 다짐



⑨ 복합포장 시공 완료

*자료 :㈜삼우아이엠씨, 고탄성 무수축 롤러전압콘크리트포장 공법을 이용한 장수명 복합포장 개발, 2018

<그림 95> RCC-Base 복합포장의 시공절차

○ RCC-Base 복합포장 성능검증 검토

- RCC-Base 복합포장의 기층으로 적용하는 RCC는 롤러 전압에 의한 골재 맞물림 효과로 강도가 발현되는 특성을 나타냄에 따라 관련 특성에 따른 효과를 검증할 수 있도록 품질기준 설정

○ RCC-Base 복합포장의 성능검증은 2단계 연구를 통하여 공인인증시험 결과를 제시할 예정임

<표 118> RCC-Base 성능검증 품질기준

구분	단위	기준범위	비고
휨강도	MPa	양생 28일 기준 4.5이상	롤러 전압 다짐 후
압축강도	MPa	양생 28일 기준 32이상	롤러 전압 다짐 후
부착강도	MPa	0.6이상	Pull-off Test
건조수축	%	0.10	

제10절.하역지원설비의 검토 및 선정

1. 하역지원설비 필요성

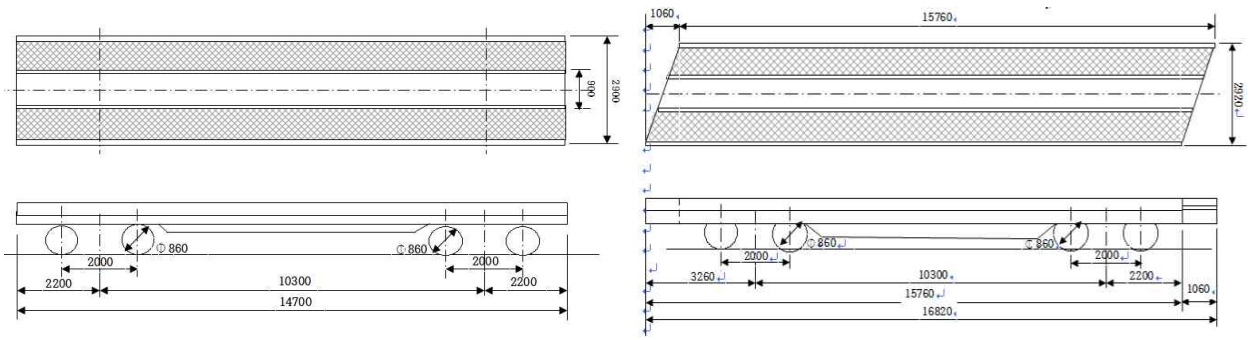
○ 1차년도 연구에서 개발된 철도차량의 제원은 직사각형 형태로 회전정렬후 터미널에 진입시 터미널 플랫폼과 철도차량과 간격이 발생함.

○ 차량과 플랫폼 간의 간격은 적화 또는 하화시 세미트레일러의 이동에 장애가 발생됨에 따라 빈공간에 대한 처리 방안 검토가 필요함

2. 하역지원설비 처리방안

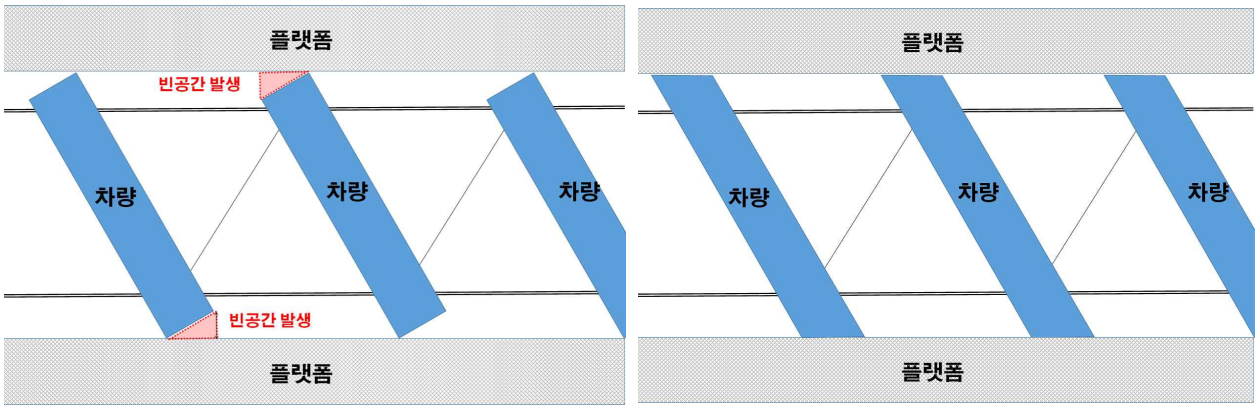
○ 2차년도 철도차량 개발시 대차의 형태를 당초 직사각형 형태에서 마름모 형태로 변경하여 개발

○ 마름모 형태의 대차는 회전정렬후 플랫폼 진입시 플랫폼과 수평으로 정렬되어 차량과 플랫폼의 이격부분 개선



1차년도 차량제원 2차년도 차량제원

<그림 96> 차량재원



1차년도 차량 회전정렬 2차년도 차량 회전정렬

<그림 97> 플랫폼의 차량 정차

제11절.인터모달 터미널 입지여건 검토

○ 본 입지여건 검토는 인터모달 자동물류 운송시스템 적용지역을 가정하고 사례중심으로 실시한 것임(부산신항↔부산·경남 자유물류도시)

1. 입지선정 기본방향 설정

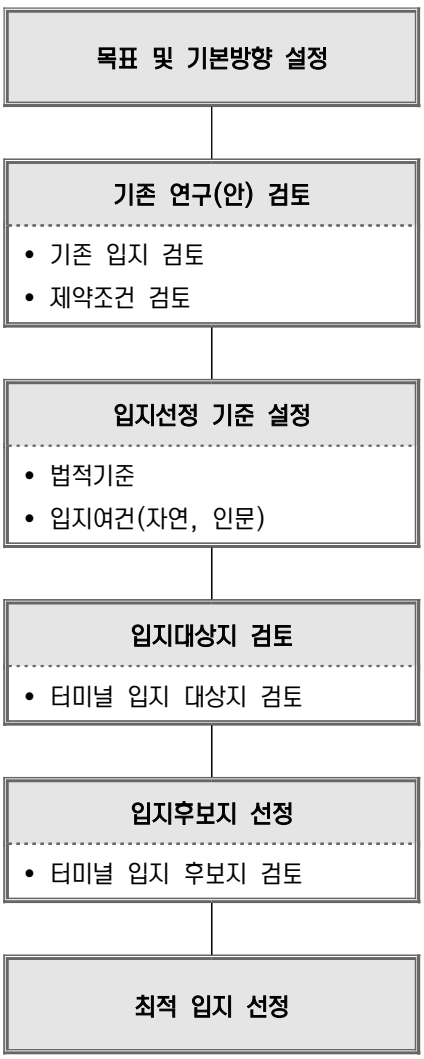
가. 기본방향

○ 지형조건, 입지요건, 수요, 경제성 등을 고려하여 입지를 검토함

○ 인터모달 터미널의 개별 법령에 따른 제약조건를 검토함

○ 입지 여건의 자연환경 및 인문환경으로 구분하여 세부기준을 선정함

나. 계획수립과정



2. 입지선정기준

가. 법적기준

○ 인터모달 터미널을 운영하기 위한 화물터미널 또는 복합터미널사업의 법적 기준들을 검토하여 입지조건 및 필요시설 등을 제시하여 검토함

나. 물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률

(1) 복합물류터미널 기준(제7조)

○ 복합물류터미널이 해당 지역 운송망의 중심지에 위치하여 다른 교통수단과 쉽게 연계될 것

○ 부지 면적이 3만3천제곱미터 이상일 것

○ 주차장, 화물취급장, 창고 또는 배송센터 시설을 갖출 것

○ 물류시설개발종합계획 및 「물류정책기본법」 제11조의 국가물류기본계획상의 물류터미널의 개발 및 정비계획 등에 배치되지 아니할 것

(2) 물류단지 기준(물류단지개발지침)

○ 사업대상 토지의 가격수준

○ 도로, 철도, 항만, 공항, 운하 등 수송체계에 따른 접근성

○ 용수, 상·하수도, 통신, 에너지, 하·폐수처리시설 등 기반시설 확보의 용이성

○ 토지이용관련법령이나 광역도시계획·도시기본계획 등 토지이용계획 등에 따른 토지이용의 제한 여부

○ 물류권역 및 거점 안의 물동량 추이

○ 기존의 물류단지시설 또는 설치 중이거나 계획된 물류단지시설과의 사업의 중복추진 여부

○ 배후 도시의 여건

○ 자연환경·생활환경 및 하류지역의 용수사용 등에 대한 영향검토

○ 국토종합계획, 국가물류기본계획, 광역권개발계획, 지역계획 등 관련 계획과의 연계성 여부

○ 물류단지의 집단화 가능성 및 물류단지시설 간 서로 유기적인 기능의 발휘 여부

○ 물류단지의 경제성 및 지역경제에의 파급효과

○ 관계 행정기관 및 지역 주민의 의견

○ 물류단지 입주수요의 사전조사 여부

다. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률

(1) 도시・군계획시설의 결정・구조 및 설치기준에 관한 규칙(유통업무설비)

○ 물자수송에 있어서 지역간 교통과 시·군 교통의 변환점으로서의 기능과 물자수급에 있어서 공급자와 수요자의 중계기지로서의 기능이 상호 그 효용을 다할 수 있도록 할 것

○ 도심지의 교통혼잡을 경감시키고 유통기능의 효율화를 위하여 지역간의 교통이 원활한 고속국도·철도역·항만 등이 연결되는 지점 또는 이에 가까운 도시의 외곽에 설치할 것

○ 집산지·공업단지 등 물자공급지와 쉽게 연결되고, 시·군내 각종 시장 및 집배소와의 교통이 편리한 곳에 설치할 것

○ 전국의 유통망체계에 따라 물자의 이동성향을 충분히 고려할 것

○ 장래에 있어서의 물동량의 증가와 수송장비의 대형화에 대비하여 시설의 확충이 가능하도록 할 것

○ 주요시설의 주변이나 인구가 밀집한 지역에 설치하지 아니하도록 인근의 토지이용계획을 고려할 것

○ 준주거지역·중심상업지역·일반상업지역·근린상업지역·유통상업지역·일반공업지역·준공업 지역 및 계획관리지역에 한하여 설치할 것. 다만, 「유통산업발전법」 별표에 따른 대규모점포 중 대형마트·전문점의 설치를 목적으로 하는 경우에는 자연녹지지역에도 설치할 수 있음.

3. 입지여건

○ 법적 조건 및 경제성, 터미널 특성 등을 감안하여 자연환경 및 인문환경으로 구분하여 세부기준 설정함.

○ 자연환경은 지형·지세, 토질, 수문, 생태, 산림 등 자연환경에 대한 특성을 검토하여 각종 기준 제시함.

○ 인문환경은 토지이용 및 인근 인프라 여건, 관련계획 등으로 구분하여 기준 제시함.

가. 자연 환경

○ 자연환경은 총 5개로 구분된 지형·지세(표고 및 경사), 토질, 수문, 생태, 산림(식생) 등의 항목으로 검토

○ 지형·지세는 산지관리법의 산지전용허가기준의 적용범위와 사업별·규모별 세부기준과 산지전용허가기준의 세부사항에 제시된 기준을 적용함.

- 표고 기준 : 산지의 경관을 보전하기 위해 전용하려는 산지는 해당 산지의 표고(標高: 산자락하단부를 기준으로 한 산정부의 높이)의 50% 미만에 위치
- 경사 기준 : 산지의 평균경사도가 25도 이하일 것(일부예외)

○ 토질은 연약지반으로 인한 침하 방지 및 공사비 절감을 위해 연약지반의 가능성이 높은 신생대 제4기의 충적층을 제외한 지역 검토 필요함.

- 일반적으로 연약지반이라 함은 점토나 실트와 같이 미세한 입자가 많고 간극이 큰 유기질토, Peat 및 느슨한 모래 등으로 된 토층으로 공학적 성질은 강도가 약하고 압축되기 쉬운 흙을 말함.
- 신생대 제4기는 신생대의 세기 중 마지막 시기로 백만 년 전부터 현재까지이며, 제4기층은 홍적층과 충적층으로 구분하고 홍적충은 제3기 말에서 제 4기 초에 걸친 화산 활동으로 이루어져 화산 지형 및 용암 대지를 이루고 있으며, 충적층은 하천 유역의 충적 평야와 퇴적된 또는 퇴적중인자갈, 흙, 모래 등으로 구성

○ 수문관련 사항으로 호우시 홍수로 인한 피해를 예방하고 하천의 자연적 상태를 유지하여 재해방지대책 활용토록 및 하천과 관련된 시설, 구역 등을 제외하는 것으로 검토 필요함.

- 하천구역 : 완성제방이 있는 곳은 그 완성제방의 부지 및 그 완성제방으로부터 하심측(河心側)의 토지, 계획제방이 있는 곳은 그 계획제방의 부지 및 그 계획제방으로부터 하심측의 토지, 제방의 설치계획이 없는 구간에서는 계획하폭에 해당하는 토지, 댐·하구둑·홍수조절지·저류지의 계획홍수위 아래에 해당하는 토지, 철도·도로 등 선형 공작물이 제방의 역할을 하는 곳에 있어서는 선형 공작물의 하천측 비탈머리를 제방의 비탈머리로 보아 그로부터 하심측에 해당하는 토지, 하천에 물이 계속하여 흐르고 있는 토지 및 지형, 그 토지 주변에서 풀과 나무가 자라는 지형의 상황, 홍수흔적, 평균 매년 1회 이상 물이 흐를 것으로 판단되는 수면 아래에 있는 토지 등을 말함.
- 홍수관리구역 : 하천관리청은 하천을 보전하고 홍수로 인한 피해를 예방하기 위하여 필요하다고 인정되는 경우로 계획홍수위 아래에 있는 토지, 홍수범람의 우려가 있는 지역 중 일정범위 등을 말함.

○ 생태부문은 자연환경을 인위적 훼손으로부터 보호하고, 생태계와 자연경관을 보전하는 등 자연환경을 체계적으로 보전·관리함으로써 자연환경의 지속가능한 이용을 도모하고, 국민이 쾌적한 자연환경에서 여유있고 건강한 생활을 할 수 있도록 함을 목적으로 「자연환경보전법」에 따라 작성된 산·하천·내륙습지·호소(湖沼)·농지·도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화하여 작성된 지도를 활용하여 보존가치가 가장 큰 1등급지 및 별도관리지역을 제외

- 1등급 권역 : 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 멸종위기야생생물의 주된 서식지·도래지 및 주요 생태축 또는 주요 생태통로가 되는 지역, 생태계가 특히 우수하거나 경관이 특히 수려한 지역, 생물의 지리적 분포한계에 위치하는 생태계 지역 또는 주요 식생의 유형을 대표하는 지역, 생물다양성이 특히 풍부하고 보전가치가 큰 생물자원이 존재·분포하고 있는 지역, 생태적 가치가 있

는 지역으로서 자연원시림이나 이에 가까운 산림 또는 고산초원, 자연상태나 이에 가까운 하천·호소 또는 강하구기준에 해당하는 지역

- 2등급 권역 : 1등급 권역에 준하는 지역으로서 장차 보전의 가치가 있는 지역 또는 1등급 권역의 외부지역으로서 1등급 권역의 보호를 위하여 필요한 지역
- 3등급 권역 : 1등급 권역, 2등급 권역 및 별도관리지역으로 분류된 지역외의 지역으로서 개발 또는 이용의 대상이 되는 지역
- 별도관리지역 : 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역중 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전 등을 위해「산림보호법」 제7조제1항에 따른 산림보호구역,「자연공원법」 제2조제1호의 규정에 따른 자연공원,「문화재보호법」 제25조에 따라 천연기념물로 지정된 구역,「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제27조제1항에 따른 야생생물 특별보호구역 또는 같은 법 제33조제1항에 따른 야생생물 보호구역,「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40조의 규정에 따른 수산자원보호구역,「습지보전법」 제8조제1항의 규정에 따른 습지보호지역,「백두대간보호에 관한 법률」 제6조의 규정에 따른 백두대간보호지역, 제12조의 규정에 따른 생태·경관보전지역, 제24조의 규정에 따른 시·도 생태·경관보전지역 등

○ 산림부문은 임업용산지로 산림자원의 지속가능한 보전, 생태적으로 건전한 자원 육성, 국유림의 기능을 증진하고 국유림 효율적 관리, 임업진흥을 촉진하기 위하여 조림·육림 등 임업의 생산기반 조성 등을 위하여 산람관련 지표 검토가 필요함.

- 채종림(採種林) : 종자 생산을 목적으로 하는 산림
- 시험림 : 시험·연구를 위한 용도로 활용하기에 적합한 산림
- 보전국유림 : 산림경영임지의 확보, 임업기술개발 및 학술연구를 위하여 보존할 필요가 있는 국유림, 사적(史蹟)·성지(城趾)·기념물·유형문화재 보호, 생태계보전 및 상수원보호 등 공익상 보존할 필요가 있는 국유림
- 임업진흥권역 : 임업진흥을 촉진하기 위하여 조림·육림 및 임도시설 등 임업의 생산기반 조성과 임산물의 유통·가공 시설이 필요한 지역

<표 119> 자연환경 세부기준

구분		기준내용	근 거
지형·지세	표고	▪ 산정부 표고의 100분의 50미만인 지역 ▪ 평균경사도가 25도 이하인 지역	산지관리법
	경사		
토질		▪ 연약지반일 가능성이 높은 제4기의 충적층을 제외한 지역	국토지반정보 토양환경지도
수문		▪ 우수 침수피해가 발생이 예상되는 하천구역 및 홍수관리구역 제외한 지역	하천법
생태		▪ 생태적 가치가 있는 생태자연도 1등급지, 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 별도관리지역 제외한 지역	자연환경보전법 (생태자연도)
산림(식생)		▪ 산림자원 보호를 위한 채종림, 시험림, 보전국유림, 임업진흥권역 등 제외한 지역	산지관련 법령 (산지정보시스템)

나. 인문 환경

○ 인문환경은 총 3개로 구분된 토지이용, 관련계획, 인프라 여건 등의 항목으로 검토함.

○ 각 항목은 세부항목으로 다시 구분하여 각 항목별 세부기준 정립하여 인문환경 입지여건 검토 수행함.

<표 120> 인문환경 세부기준

구분		기준내용	근 거
토지이용	환경	▪ 국립공원·도립공원·군립공원, 지질공원 제외한 지역	자연공원법
	문화재	▪ 문화재 및 문화재보호구역 제외한 지역	문화재보호법
	상수원	▪ 상수원보호구역 제외한 지역	수도법
	군사시설	▪ 군사기지 및 군사시설보호구역 제외한 지역	군사기지 및 군사시설 보호법
관련계획	상위계획	▪ 국토종합계획, 도종합계획, 도시·군기본계획, 국가물류기본계획, 물류시설개발 종합계획 등 부합	-
	관련계획	▪ 도시·군관리계획의 용도지역·지구, 용도구역, 기반시설	-
	개발계획	▪ 개발예정지 제외	-
인프라여건	항만	▪ 철도인입선이 구축이 용이한 항만	-
	산업단지	▪ 항만으로 물류배송이 많은 산업단지 인근	-
	고속도로IC	▪ 고속도로 IC로부터 20분이내 도달 가능한 15kn 이내 지역	-
	주거지역	▪ 민원유발 발생이 적은 소규모 취락지구 주변	-

4. 터미널 후보지 입지여건 검토

가. 기존 입지 검토

○ 「항만도시형 천회경 공공물류 자동화시스템 구축 타당성 연구」(2015.04)에서 인터모달 화물터미널 입지를 검토하였음.

○ 국제물류도시 내 인터모달 터미널과 부산 신항지역내 터미널을 검토하였으며, 내륙터미널 입지로 국제물류도시의 에코델타시티 북측 남해고속도로 제2지선 상부 2-2단계 구역에 검토를 완료하였음.

○ 그러나 해당부지 인근 김해공항이 「영남권 신공항 사전타당성 검토용역」(2015.06)에 따른 후속조치로 김해 신공항 건설방안을 확정하고 김해공장을 확장하는 것으로 추진중 하는 것으로 계획함.

○ 김해공항 확장으로 인하여 김해공항의 인근 에코델타시티의 계획 변경이 요구되며 기존 내륙터미널로 입지 검토된 곳은 김해공항 확장 계획에 추진되고 있어, 기존 내륙터미널에 대한 입지 검토가 다시 필요하게 되었음.

나. 신규 터미널 후보지

○ 부산 신항내 터미널 위치로는 이전에 검토된 신항진입철도 및 남컨측 인입철도를 횡단하지 아니하고 배후의 남측 견마도 육사부를 이용하여 항만매립을 최소화하는 지역을 선정되였음.

○ 내륙 터미널 위치는 기존에도 항만에서 16km내외의 지역으로 인터모달 운영시간(적화, 운송, 하화 등)을 감안하여 적정한 거리에 선정 되었으며,

○ 신규 내륙터미널도 이와 유사한 거리에 장래 확장성 및 향후 개발계획을 감안한 위치 선정이 필요함.

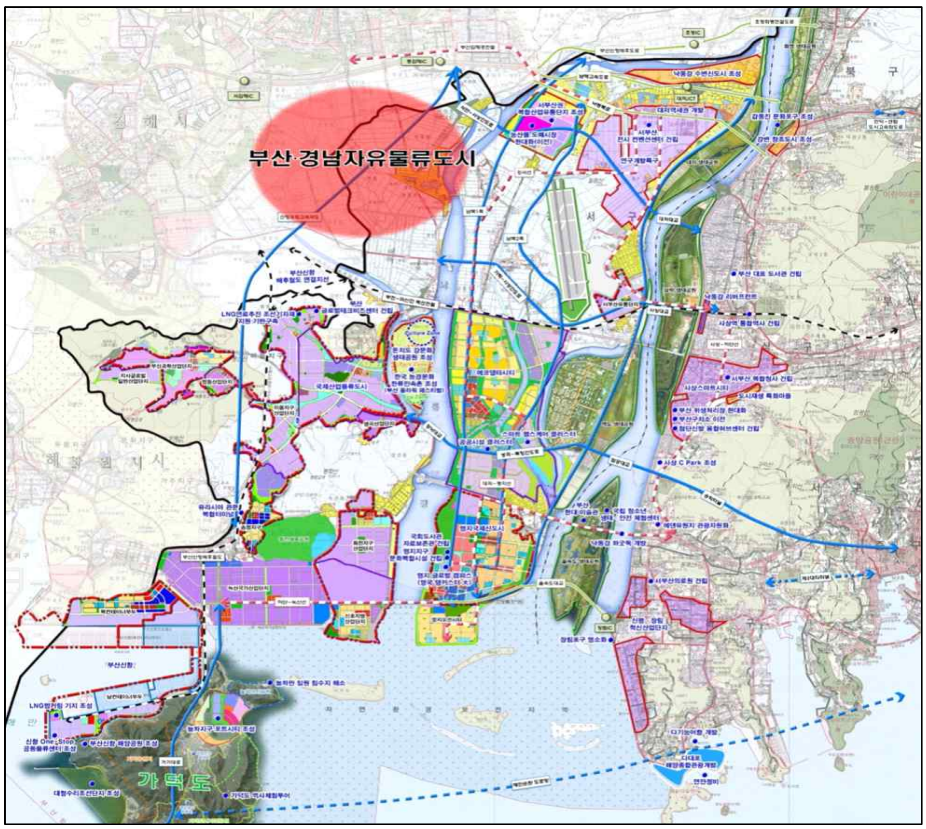
(1) 부산·경남자유물류도시

○ 태평양과 유라시아 대륙을 잇는 국제적 거점 물류도시 조성을 통해 통일 경제시대 준비 및 동남경제권 내 연계 강화를 통해 글로벌 물류산업 거점 조성을 추진중임.

○ 동북아 물류 플랫폼 구축을 위해 Tri-Port 글로벌 복합물류터미널 조성(2㎢, 1조2천억원), 국제자유 물류전용도시 조성(29㎢, 18조원) 하고자 함.

○ 그 중 국제자유 물류전용도시는 이전에 검토된 국제물류도시의 에코델타시티와 인접하여 부산신항과의 거리 등이 유사함.

○ 국제자유 물류전용도시는 사업기간 2019년~2028년을 목표로 추진중이며, 친화경 자동운송시스템 도입하고자 함에 따라 인터모달의 내륙터미널 입지로 선정됨.



<그림 98> 서부산권 계획 현황도

다. 내륙 터미널 후보지

(1) 입지여건

○ 터미널 입지 후보지는 부산시 북서측, 김해시 남동측으로 행정구역상 부산시 강서구 일부와 경상남도 김해시 일부인 김해평야임.

○ 입지 후보지를 중심에서 반경 5km에 김해공항, 김해시청이 입지하며, 반경 20km안에는 부산광역시청, 경남도청, 창원시청, 양산시청 등이 입지함.

○ 부산신항과의 거리는 직선으로 15km이내 이며, 후보지를 중심으로 남측에 남해고속도로제2지선, 북측으로 남해고속도로와 중앙고속도로, 부산외곽순환도로가 입지하며, 고속도로의 진·출입을 위한 IC는 대상지와 인접하여 북측에 동김해IC, 서김해IC, 서측에 장유IC, 남측에 가락 IC 등이 입지하고 있음.

○ 철도노선은 대상지 서측으로 부산신항 배후철도가 있으며, 남측으로 부산~마산간 복선전철이 공사중에 있음.

○ 대상지 동서를 가로지르는 동서대로(14번 국도), 부산신항과 연결되는 서낙동로(69번 지방도), 서측의 칠산로(1020지방도), 남측의 장유로 등으로 주요도로망이 격자형으로 이루어져 있음.

○ 대상후보지 주변은 주요 도로망이 잘 갖춰져 있어 내륙으로 이동시 도심을 통과하지 않고 바로 간선도로를 이용가능한 곳이며, 신항에서 연결되는 철도도 갖추어져 있고, 공항도 인근에 입지하여 물류를 위한 교통시설들이 풍부한 것으로 판단됨.



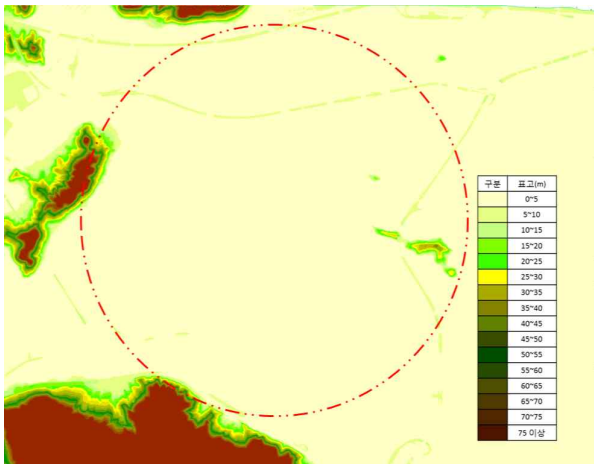
<그림 99> 후보지 입지여건

<표 121> 입지검토

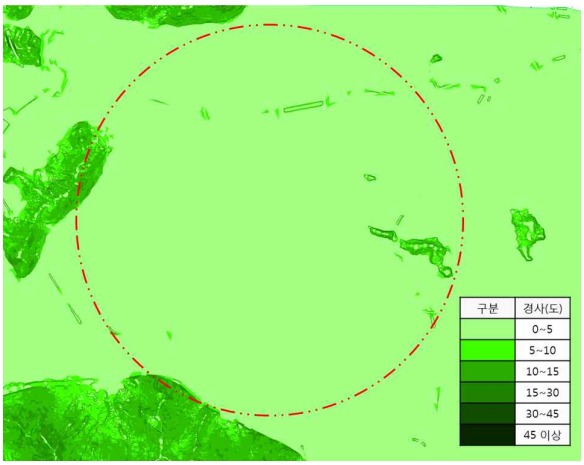
구분			검토내용	비고
자연환경	지형/지세	표고	• 평탄지로 표고차이와 경사도가 거의 없음 • 대상지 서측에 김해시 칠산, 남측에는 부산시와 김해시의 금병산, 동측의 서낙동강측에 구릉지가 일부 형성	평탄지
		경사		
	토질		• 토양의 표토는 대부분 자갈이 없는 미사질의 식양토이며, 20~100cm정도 깊이의 토양의 심토토성은 미사질식양토, 양질세사토 등 • 퇴적양식에 따른 분류로 충적층, 모암는 제4기층으로 구성됨	연약지반
	수문		• 서낙동강 지류인 조만강의 하천구역이 일부 분포하며, 홍수관리구역 등은 없음	-
	생태		• 생태자연도는 3등급 지역	개발 가능지
	산림(식생)		• 일부지역 공익용산지 5영급이상(수령 41~50년생 입목) 대경목(고직경 30cm이상의 입목)의 산림이 입지	부분 보존 및 이식
인문환경	토지이용	환경	• 국립공원· 도립공원· 군립공원, 지질공원 등은 대상주변에 입지하지 않음	-
		문화재	• 대상지 동측 구릉지에 김해 죽도왜성(시도기념물 제47호)입지 • 서낙동강으로 국가 지정 문화재로 낙동강 하류 철새 도래지와 대상지 서측 인근에 김해칠산동고분군(시도기념물 제98호) 등이 입지	문화재 보호 방안제시
		상수원	• 대상주변에 입지하지 않아 관련된 제약 사항은 없음	-
		군사시설	• 대상지의 남측으로 15km, 부산 강서구 대항동에 제한보호구역(해군기지) 입지	-
	관련계획	상위계획	• 제4차 국토종합수정계획(2011~2020), 국가물류기본계획(2016~2025), 제3차 물류시설개발 종합계획 (2018~2022), 동남광역경제권 발전계획 (2011~2020), 남해안권 발전 종합계획(2011~2020), 2020년 부산권 광역도시계획 일부변경(2012~2020), 제3차 전국 항만기본계획 수정계획 (2016~2020), 부산발전 2030 비전과 전략, 2030년 부산도시기본계획, 서부산 글로벌 시티 그랜드 플랜, 2020년 김해기본계획	-
		관련계획	• 개발제한구역, 자연녹지지역, 일부 취락지구 등이 입지(제1종일반주거지역과 제2종일반주거지역)	-
		개발계획	• 부산 ·경남자유물류도시 추진중	-
	인프라여건	항만	• 대상지 남측 부산신항 연결 추진	-
		산업단지	• 부산신항 배후 산업단지 다수 입지	-
		고속도로IC	• 남해고속도로제2지선, 남해고속도로, 중앙고속도로, 부산외곽순환도 등의 북측 동김해IC, 서김해IC, 서측 장유IC, 남측가락 IC 등	-
		주거지역	• 대상지내 일부 취락지구 및 북측 도심지 인접	-

(2) 자연환경

○ 후보지 대부분은 평단지로 표고차이와 경사도가 거의 없으며, 대상지 서측에 김해시 칠산이 있으며, 남측에는 부산시와 김해시의 금병산, 동측의 서낙동강측에 구릉지가 일부 형성되어 있음.



<그림 100> 후보지 표고



<그림 101> 후보지 경사도

○ 대상지의 평탄지의 토질 현황으로는 0~20cm정도 깊이 토양의 표토는 대부분 자갈이 없는 미사질의 식양토이며, 20~100cm정도 깊이의 토양의 심토토성은 미사질식양토, 양질세사토 등이며, 퇴적양식에 따른 분류로 충적층(유수의 작용으로 형성된 퇴적층으로 주로 하천의 인접부에 존재하는 지층), 모암(모재)는 제4기층(마지막으로 형성된 퇴적층)으로 구성됨.

○ 구릉지는 평탄지의 토질 현황으로는 토양의 표토 및 심토 대부분 자갈이 없는 사양토이며, 퇴적양식에 따른 분류로 홍적층(퇴적층으로 충적층 아래에 분포), 잔적층(암석이 풍화된 지층), 모암(모재)는 산성암으로 구성됨.

○ 구릉지를 제외한 지역은 연약지반일 가능성이 높은 지역으로 향후 조성시 연약지반에 대한 지반 조사 및 지반 안정화 공법 사용이 필요함.



<그림 102> 후보지 퇴적양식



<그림 103> 후보지 모암

○ 생태자연도는 「자연환경보전법」에 따라 산·하천·내륙습지·호소(湖沼)·농지·도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화하여 작성된 지도를 말하며, 후보지는 생태자연도는 3등급으로 1등급 권역, 2등급 권역 및 별도관리지역으로 분류된 지역외의 지역으로서 개발 또는 이용의 대상이 되는 지역임.



<그림 104> 후보지 생태자연도

○ 기타 대상지내 서낙동강 지류인 조만강의 하천구역이 일부 분포하며, 홍수관리구역 등은 없으며, 대부분 농경지로 김해시 지역에 일부 농업진흥구역 있으며, 산지와 관련 사항으로 구릉지 일부가 공익용산지로 5영급이상(수령 41~50년생 입목) 대경목(고직경 30cm이상의 입목)의 산림이 입지함.

(3) 인문환경

○ 토지이용에 관련된 지표 중 환경분야는 자연공원법에 따라 지정된 국립공원·도립공원·군립공원, 지질공원 등은 대상주변에 입지하지 않아 관련된 제약 사항은 없음.

- 대상지와 가장 근접한 자연공원은 경상북도 청도군 가지산도립공원임.

○ 문화재보호구역은 지상에 고정되어 있는 유형물이나 일정한 지역이 문화재로 지정된 경우에 해당 지정문화재의 점유 면적을 제외한 지역으로서 그 지정문화재를 보호하기 위하여 「문화재보호법」에 따라 지정·고시된 구역임.

- 대상지내 문화재는 대상지 동측 구릉지에 김해 죽도왜성(시도기념물 제47호)입지하며, 서낙동강으로 국가 지정 문화재로 낙동강 하류 철새 도래지와 대상지 서측 인근에 김해칠산동고분군(시도기념물 제98호) 등이 입지



<그림 105> 후보지 문화재 분포

○ 상수원의 확보와 수질 보전을 위하여 필요하다고 인정되는 지역인 상수원보호구역은 대상주변에 입지하지 않아 관련된 제약 사항은 없음.

- 대상지와 가장 근접한 상수원보호구역은 동측(부산)으로 20km, 서측(창원)으로 13km가 이격되어 있음.

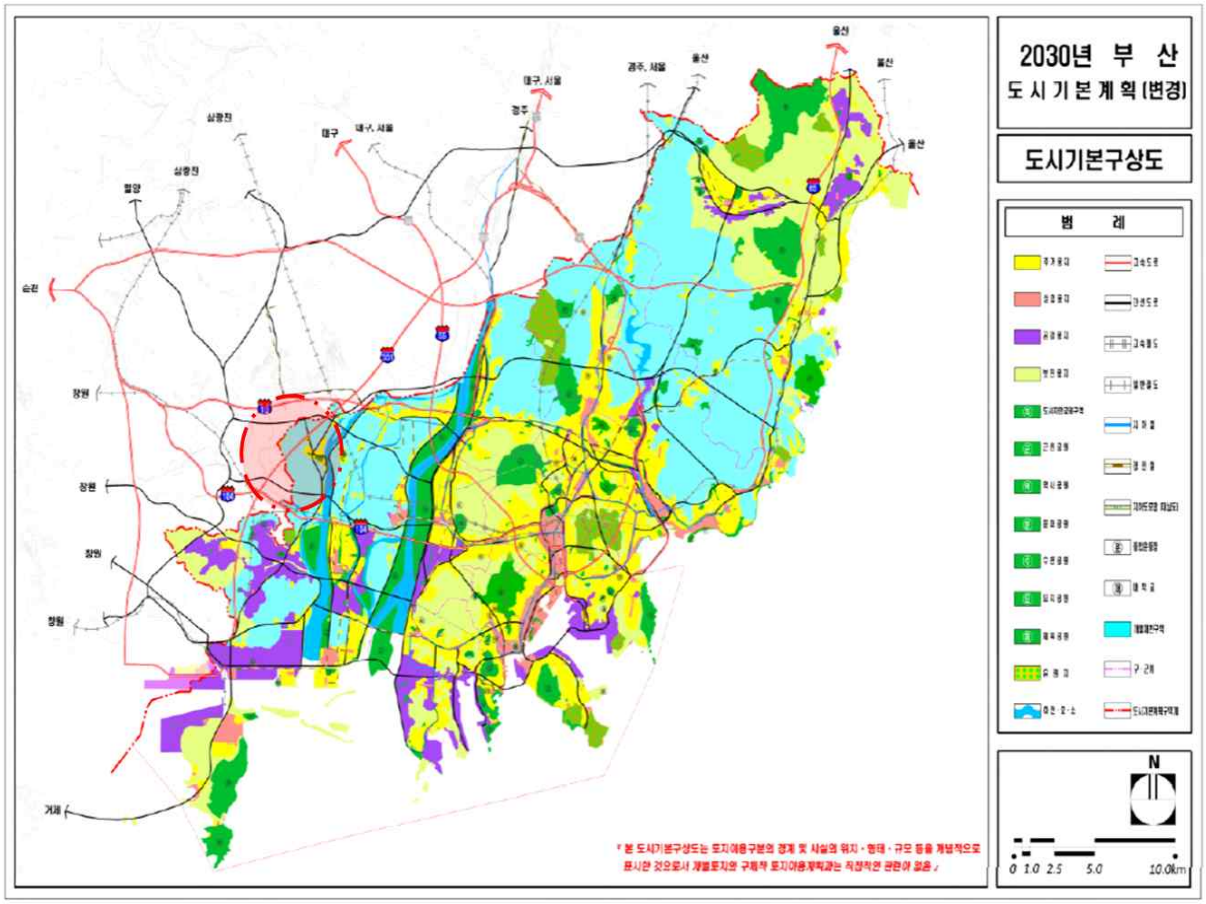
○ 군사기지 및 군사시설보호구역은 군사기지 및 군사시설을 보호하고 군사작전을 원활히 수행하기 위하여 국방부장관이 「군사기지 및 군사시설 보호법」에 따라 지정·고시하는 구역이며, 대상지내에는 입지하지 않아 관련된 제약 사항은 없음.

- 대상지의 남측으로 15km, 부산 강서구 대항동에 제한보호구역(해군기지) 입지

○ 상위계획 및 관련계획으로는 제4차 국토종합수정계획(2011~2020), 국가물류기본계획(2016~2025), 제3차 물류시설개발 종합계획 (2018~2022), 동남광역경제권 발전계획(2011~2020), 남해안권 발전 종합계획(2011~2020), 2020년 부산권 광역도시계획 일부변경(2012~2020), 제3차 전국 항만기본계획 수정계획(2016~2020), 부산발전 2030 비전과 전략, 2030년 부산도시기본계획, 서부산 글로벌 시티 그랜드 플랜, 2020년 김해기본계획 등이 있음.

- 대상지는 환태평양권, 동북아 경제권의 관문에 위치하며, 지속적 성장이 가능한 지정학적 조건과 항만, 철도, 공항 등 해상·내륙 운송체계를 결합할 수 있는 유리한 입지 여건을 갖추고 있음.

- 부산은 서부산권 개발을 통한 부산신항건설, 국제산업물류단지조성, 경제자유구역개발 등으로 국제항로의 중추항(Hub항) 역할을 담당할 수 있는 교역기능이 강화되었으며, 해양수도로의 성장 잠재력 또한 증가하였음.
- 서부산 생활권의 서부산 글로벌시티 그랜드 플랜의 적극 수용을 통하여 강서지역을 중심으로 물류산업 등 클러스터화 추구
- 배후물류단지 및 물류시설의 개발 및 배후 교통 인프라의 확충하여 화물수송의 원활화로 물류비 절감 대형화물차의 도심통행 억제 및 공동집배송을 위한 물류유통단지망 구축
- 부산신항만 인근에 유통단지를 조성해 육상·해상 등 국제복합일관수송체계 구축 및 신항 배후도로 및 인입철도, 임항도로 확충 등 배후수송망 개선을 통해 내륙물류비를 절감하고, 부산항의 수출입 컨테이너 거점 기능 강화



<그림 106> 2030년 부산도시기본계획 도시기본구상도

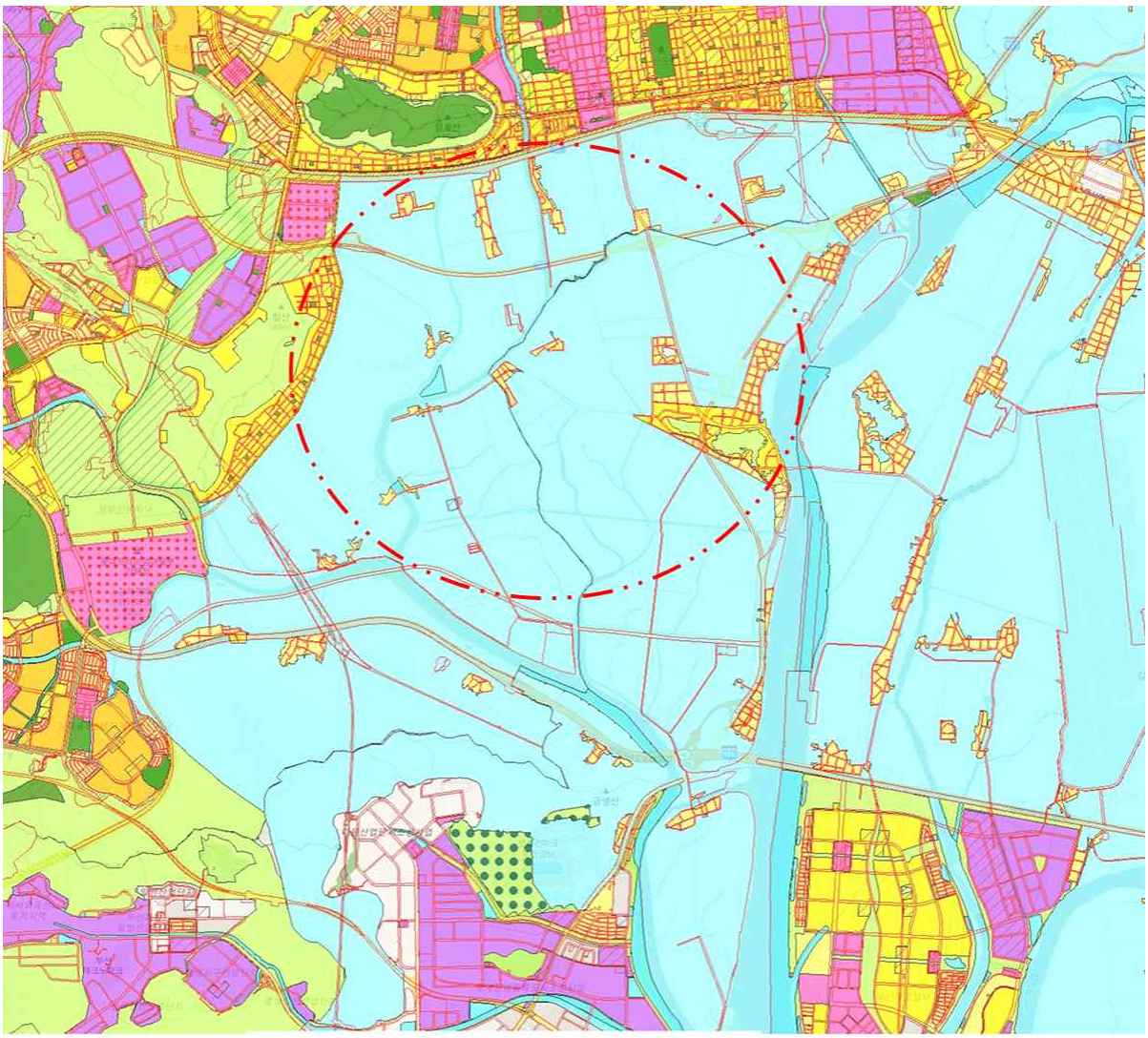
○ 대상지의 도시관리계획 현황은 대부분 개발제한구역으로 자연녹지지역이며, 일부 취락지구 등이 입지하여 제1종일반주거지역과 제2종일반주거지역으로 되어 있음.

○ 남측으로 인접하여 개발제한구역이 연장되어 있으며 그 남측으로 공업지역이 분포되어 있고, 북측과 서측으로 김해시가지가 형성되어 있는 도시지역(상업, 주거, 공업) 동측으로 김해공항에도 개발제한구역으로 지정되어 있음.

- 개발제한구역은 도시의 무질서한 확산을 방지하고 도시주변의 자연환경을 보전하여 도시민의 건전한 생활환경을 확보하기 위하여 도시의 개발을 제한할 필요가 있는 지역에 지정하는 것임.

- 개발제한구역의 해제 조건으로 표고·경사도·농업적성도·임업적성도·식물상·수질 등에 대한 환경평가등급이 1~2등급지는 해제 대상에서 제외하거나 보존해야 하나, 농업적성도 1등급 내지 2등급지로서 농림축산식품부와 협의된 경우는 가능함.

○ 대상지내 군사기지 및 군사시설보호구역, 상수원보호구역, 국립공원·도립공원·군립공원, 지질공원 등은 존재하지 않아 관련된 제약 사항은 없음.



<그림 107> 후보지 도시관리계획

5. 내륙 터미널 입지 선정

가. 후보지 대안 설정

○ 터미널 후보지인 부산·경남자유물류도시내 터미널 입지 후보지를 간선도로의 이용이용이한 곳으로 후보지내에 고루 분포하게 총 5곳을 후보지A~E로 선정하였음.

○ 터미널 최소 규모는 5~6만㎡정도이며, 터미널의 필수시설인 플랫폼(적화, 하화), 환정공간, 새시 대기공간, 게이트, 경비소, 관제소, 업무시설 등으로 구성되며 부대시설인 컨테이너 야적장(CY), 주차장, 기타 편의시설(세차, 차량수리, 급유, 휴게시설 등) 등으로 필요에 따라 규모가 산정되며 본 연구에서는 터미널과 부대시설과 향후 개발을을 위한 개발 유보지 등을 포함한 면적을 46만㎡(내륙물류기지 평균 면적)으로 설정함.

○ 전용궤도 노선은 후보지중 가강 중간에 위치한 후보지B를 중심으로 대안을 설정하되 후보지 선정 후 전용궤도에 대한 노선대안을 선정

○ 노선1안은 기존 부산신항 배후철도 노선과 유사하게 내륙으로 관통하여 주로 터널로 연결하는 노선 설정, 현재 부산신항 배후철도 노선은 터널 높이, 전원공급방식 등이 인터모달 전용차량과 적합하지 않아 신규노선을 조성

○ 노선2안은 낙동강변을 따라 이동하는 노선으로 주로 구조물 등의 교량으로 연결하는 노선으로 설정

○ 노선3안은 부산신항과 연결되는 서낙동로와 동일한 노선으로 도로 위에 구조물 등으로 연결하는 노선으로 설정



<그림 108> 후보지A~E 및 전용노선 대안

나. 후보지 평가

<표 122> 후보지 검토

구분	후보지 A	후보지 B	후보지 C	후보지 D	후보지 E
위치	▪ 부산시 강서구 식만동(김해시 인접)	▪ 부산시 강서구 죽동동	▪ 부산시 강서구 봉림동	▪ 경남 김해시 이동	▪ 경남 김해시 흥동
입지 여건	▪ 동김해 IC (남해고속도로) ▪ 부산신항에서 원거리 → 전용 궤도공사비 증대	▪ 죽림교차로 (지방도 69번) ▪ 부산신항에서 중간거리	▪ 가락 IC (남해고속도로 제2지선) ▪ 부산신항에서 최단거리	▪ 부산신항배후철도 인접→ 진출입도로 신설 필요 ▪ 부산신항에서 최단거리	▪ 서김해 IC (남해고속도로) ▪ 부산신항에서 원거리 → 전용 궤도공사비 증대
자연 환경	▪ 평탄 → 성토 필요 ▪ 연약지반 → 안정화 필요	▪ 구릉지 → 절성토필요 ▪ 암반토질	▪ 평탄 → 성토 필요 ▪ 연약지반 → 안정화 필요	▪ 평탄 → 성토 필요 ▪ 연약지반 → 안정화 필요	▪ 평탄 → 성토 필요 ▪ 연약지반 → 안정화 필요
인문 환경	▪ 논밭, 주거인접 ▪ 부산시 개발계획과 부합 ▪ 도심지 인접 → 민원발생	▪ 임야, 주거 및 공장 ▪ 부산시 개발계획과 부합	▪ 논밭, 주거인접 ▪ 부산시 개발계획과 부합	▪ 논밭, 주거인접 ▪ 김해시 개발계획과 불부합	▪ 논밭, 주거인접 ▪ 김해시 개발계획과 불부합 ▪ 도심지 인접 → 민원발생
선정	-	1순위	2순위	-	-

○ 후보지A는 부산과 김해시 경계에 위치, 인근에 남해고속도로 이용이 용이한 동김해 IC가 입지, 부산신항과의 거리가 후보지중 원거리에 속하며 이에 따른 전용궤도노선 공사비 증대 예상, 연약지반에 따른 지반안정화 공사, 낮은 지형을 보완하기 위한 성토 공사 등 필요, 부산시 개발계획과 부합하나 인접한 김해시의 관련계획에 따라 재검토가 요구되며 도심지가 인접하여 민원발생 가능지역으로 후보지중 가장 불리한 여건

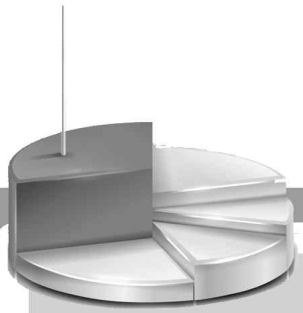
○ 후보지B는 후보지중 중심에 위치, 부산신항과 연결되는 서낙동로(69번 지방도)의 죽림교차로 인접, 부산신항과의 거리가 후보지중 중간정도이며, 후보지 중 유일한 암반지대로 연약지반에 따른 추가 공사비 소요 없으며 또한 절· 성토로 추가 토사 유출입이 가장 최소로 이에 따른 공사비 역시 후보지중 가장 낮을 것으로 예상됨에 따라 1순위 선정

○ 후보지C는 후보지중 가장 남단에 위치, 부산신항과의 거리가 후보지중 단거리에 속하여 전용궤도 신설 공사비가 다른 후보지에 비해 낮을 것으로 예상, 인근에 남해고속도로제2지선의 가락 IC가 입지하여 고속도로 이용이 용이, 다만 후보지A와 같이 연약지반에 따른 지반안정화 공사, 낮은 지형을 보완하기 위한 성토 공사 등 필요함

에 따라 2순위 선정.

○ 후보지D는 김해시에 위치하며, 후보지중 동측에 입지하여 기존 부산신항 배후철도 노선과 가장 근접하고, 부산신항과의 거리가 후보지중 단거리에 속해 전용궤도 신설 공사비가 낮을 것으로 예상되나, 간선도로 연계가 부족하여 신규 진출입도로가 필요, 또한 성토, 연약지반에 따른 공사와 김해시의 관련계획에 따라 재검토가 요구됨에 따라 후보지에서 선정 제외

○ 후보지E는 김해시에 위치하며, 후보지중 북동측에 입지하여, 부산신항과의 거리가 원거리에 속해 전용궤도 신설 공사비가 다른 후보지에 비해 증대 될 것으로 예상, 다만, 인근에 남해고속도로 이용이 용이한 서김해 IC가 입지, 성토, 연약지반에 따른 공사와 김해시의 관련계획에 따라 재검토와 도심지가 인접하여 민원발생 가능지역으로 후보지에서 선정 제외.



제4장 천이구간 특수구조물 설계 기술개발

제1절. 천이구간 특수구조물 설계 기술 개발

제2절. 천이구간 특수구조물 설계

제3절. 천이구간 특수구조물 공사시방 및 유지관리지침

제4장 천이구간 특수구조물 설계 기술 개발

제1절. 천이구간 특수구조물 설계 기준 정립



<그림 109> 천이구간 라멘교

1. 특수구조물 유사사례 조사 및 분석

○ 국내에 인터모달 인프라시설의 천이구간 특수구조물과 유사한 경전철용 고가 구조물의 경우 설계기준이 별도로 마련되어 있지 않아 중전철 규모로 건설되고 있으며, 경제성 확보의 어려움으로 경량전철 실하중에 따른 구조물이 설계기준 마련이 시급함.

○ 본 연구에서는 인터모달 천이구간 특수 구조물의 설계 방향 수립을 위하여 현재 국내·외에 건설 중이거나 건설 완료된 경전철 고가구조물의 설계현황을 조사 분석실시.



<용인경전철>



<김해경전철>



<부산지하철>



<의정부경전철>

<그림 110> 천이구간 특수구조물 유사사례

가. 상부구조

○ 철제차륜은 철도설계기준, 2004(철도교편, 공통사항 2.4 충격하중)을, 고무차륜은 도로교설계기준(2.1.4충격)을 적용함. (Systra 설계기준은 확인불가)

○ 경전철 고유의 상부구조형식별, 차륜특성별 별도의 충격계수 산정식 제시가 필요함.

○ 구조 슬림화를 위해서는 고강도 재료 사용에 대한 적극적인 검토가 필요함.

○ 철도설계기준, 2004(철도교편, 강교편 3.3.1 주거더의 처짐)을 적용하였음.

○ 경전철의 설계속도가 80km/h이하로, 설계속도 130km/h이하의 일반철도 설계기준에 제시된 기준을 적용하는 것은 다소 보수적이라고 판단됨.

<표 123> 유사 구조물 상부구조 설계현황 비교

항목		용인경전철		김해경전철	부산지하철	의정부경전철
		PSC	ST.BOX	ST.BOX	ST.BOX	PSC
상부제원	경간구성	1@30m	40+45=85m	2@50=100m	3@40=120m	35+45+35=115m
	주형높이	2.3m	2.3m	2.5m	2.0m	1.7m
차량 활하중	1량중량	420kN	420kN	665kN	190kN	231kN
	1편성	2량	2량	2량	2량-6량	2량
	재하활 하중	840kN	840kN	134kN	380-1140kN	462kN
충격계수	산정식	240/(L-0.6)+24	180/(L-9)+24	180/(L-9)+26	15/(40+L)	10/(25+L)
		철도설계 기준적용	철도설계 기준적용	철도설계 기준적용	도로교 설계기준적용	별도 자체기준
		제한없음	제한없음	제한없음	30%이하적용	30%이하적용
주형의 설계기준강도		$f_{ck} = 35MP$	SM520	SM490	SM490	$f_{cu} = 45MP$ (28일평균 압축강도)
처짐제한	산정식	L/800(m) 철도설계 기준적용	L/800(m) 철도설계 기준적용	L/700(m) 철도설계 기준적용	L/800(m) 철도설계 기준적용	L/800(m) 철도설계 기준적용
	대표경간 산정량	37mm	50mm	71mm	50mm	43mm

나. 하부구조

<표 124> 유사 구조물 하부구조 설계현황 비교

항목		용인경전철	김해경전철	부산지하철	의정부경전철
교각제원	총높이	17.8m	14.4m	15.0m	15.9m
	기둥직경	2.3m(원형)	2.4m(원형)	2.0×2.5(구형)	2.0m(원형)
교축방향 하중	제동하중	하량하중의 15%	하량하중의 13.3%	하량하중의 12.5%	기준없음
		기준근거 파악불가	기준근거 파악불가	기준근거 파악불가	기준근거 파악불가
	시동하중	차량하중의 15%	차량하중의 10.2%	차량하중의 10%	기준없음
		기준근거 파악불가	기준근거 파악불가	기준근거 파악불가	기준근거 파악불가
교직방향 하중	풍하중	열차재하시 1.5kN/㎡ 비재하시 3.0kN/㎡	열차재하시 1.5kN/㎡ 비재하시 3.0kN/㎡	열차재하시 1.5kN/㎡ 비재하시 3.55kN/㎡	열차재하시 1.5kN/㎡ 비재하시 3.0kN/㎡
		철도설계기준	철도설계기준	도로교설계기준	철도설계기준
	차량 횡하중	1량하중의 10%	1량하중의 8.2%	20kN/축	115.5kN/축 (직선구간:축하중의10%)
		42kN	11.07kN		11.5kN
		기준근거 파악불가	기준근거 파악불가	기준근거 파악불가	기준근거 파악불가
설계기준강도		fck = 27 MPa fy = 400 MPa	fck = 24 MPa fy = 400 MPa	fck = 27 MPa fy = 400 MPa	fck = 27 MPa fy = 400 MPa
하중조합 (최대단면력 발생조합)		1.4(D+L+SB+CF+LF +LR+T+SD+W+F)	1.4(D+L+SB+CF+LF +LR+T+SD+W+F)	1.4D+2.0L +1.4(CF+LF+F)	1.4(D+L+W+CF+SB +T+SD)
		철도설계기준	철도설계기준	철도설계기준	철도설계기준
		D:고정하중, L:활하중, SB:시·제동하중, CF:원심하중, LF:횡하중, LR:장대레일종하중, T:온도하중, SD:지점침하, W:풍하중, F:유수압			

○ 풍하중은 철도설계기준 및 도로교설계기준을 준용함.

○ 차량 횡하중은 차량별로 상이하게 적용되었으며, 적용기준이 모호함.

○ 차량운행특성 구조물 특성 등 설계변수를 반영한 별도의 전용구조물에 대한 하중 산정식 제시가 필요함.

○ 내진 설계시 응답수정계수(소성설계적용)가 적용되어, 지진하중조합은 최대단면력 발생 CASE가 아님.

○ 현재 하중조합은 철도설계기준을 준용하고 있으나, 이는 콘크리트설계기준(2007)에서 변경된 하중조합과의 비교분석을 통한 새로운 기준 제시가 필요함.

○ 철도교 설계기준 중 일반적인 사항은 한계상태설계법으로 전환된 도로교설계기준, 콘크리트 설계기준, 강구조설계기준 등 기존의 설계기준과 중복되므로 본 연구과제에서도 공통적으로 활용 가능하나, 열차하중과 환경하중 등에 대해 하중 및 재료 변동성을 고려한 신뢰도기반 설계 개념 도입을 통해 정량적인 천이구간 설계가 필요하며, 신뢰도 기반의 하중 및 저항 계수의 합리적 적용 및 설계는 결과적으로 과설계 방지를 통한 공사비 최적화 및 생애주기 비용 절감으로 연결될 수 있음.

○ 대상 구조물이 인터모달 화물운송시스템에 특화되어 있는 관계로 천이구간 구조물에 대한 신뢰도 기반 설계법 연구가 추가적으로 필요함.

○ 설계 관련 일반사항은 '도로교설계기준', '콘크리트설계기준'과 '강구조설계기준' 등에서 사용하고 있는 한계상태설계법을 천이구간 구조물에도 차용이 가능할 것이므로, 도로교와 차별되는 차량의 하중조건과 환경하중에 대해 분석하여 인터모달 화물운송시스템 전용 구조물에 적합한 하중/저항계수의 산정이 필요함.

○ 국내 도로교의 경우에도 2012년 한계상태설계법을 도입하여 도로교 설계기준이 개정된 바 있으며 약 3년간의 계도기간을 거쳐 2015년부터 본격적으로 적용 중임.

○ 미국, 유럽 등 철도 선진국에서는 이미 신뢰도 기반의 부분안전계수를 도입한 한계상태설계법으로 전환된 상황임.

○ 미국은 교량 설계시 신뢰도 기반 설계의 필요성을 인지하고 1986년 NCHRP 프로젝트를 수행하여, 1994년 신뢰도에 기반한 AASHTO-LRFD 설계기준을 도입하여 2007년 이후 모든 교량구조물에 적용 중임.

○ EU는 구조물의 작용하중, 콘크리트구조설계, 강구조설계, 합성구조설계에 대한 세부 Eurodcode별로 한계상태설계법을 적용한 Eurocode 기준화 작업을 진행 중이며, 독일 등 유럽 각국별로 Eurocode를 자국의 설계기준으로 도입 중임.

○ 영국은 독자적인 기준(BS5400)을 사용 중이나, 한계상태설계법과 병행 사용 중이며, Eurocode의 자국 코드화 작업이 진행 중임.

○ 캐나다는 1983년 온타리오주 교량설계기준에 처음 신뢰도기반 설계법을 도입한 이래로 캐나다 설계 기준(CSA)에 전면적으로 도입함.

2. 구조물 설계기준 및 관련 법령 분석

○ 앞서 조사된 경전철 사업의 경우 철도 구조물 설계를 위한 철도설계기준」을 적용

○ 경전철은 일반철도에 비하여 차량속도가 낮고(60%), 차량중량이 작은데도(40%) 별도의 기준을 마련하지 않은 채 일반철도의 설계기준을 그대로 적용함으로써 경전철 교량구조물의규모가 과다하게 산정됨

○ 경전철은 차량 크기, 운전방식, 급전방식(給電方式), 궤도방식이 중전철과는 확연히 구분됨에도 불구하고 준용할 법이 없어 중전철 위주로 만들어진 「도시철도법」 및 같은 법 하위법령 등을 따르게 됨

가. 철도구조물 건설부문 법령 현황

(1) 철도건설법

○ 철도건설법은 철도망의 신속한 확충과 역세권개발사업의 활성화를 위하여 철도망구축계획의 수립,철도건설,역세권개발에 관한 사항을 규정하여 철도교통망을 효율적으로 확충하기 위한 근거법이다.이 법의 역할은 국가철도망구축계획과 철도의 건설체계, 그리고 철도건설비용부담의 근거를 규정하고 있음.

(2) 도시철도법

○ 도시철도법은 도시교통권역의 원활한 교통 소통을 위하여 도시철도의 건설을 촉진하고 그 운영을 합리화하며 도시철도차량 등을 효율적으로 관리하여 도시교통의 발전과 도시교통 이용자의 안전 및 편의를 증진시키는 것을 목적으로 하고 있음.

○ 도시철도는 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일·노면전차·선형유도전동기·자기부상열차 등 궤도(궤도)에 의한 교통시설 및 교통수단으로서 이 법은 도시철도 기본계획수립과 도시철도면허, 도시철도 건설과 운영 지원에 관한 사항을 규정하고 있음.

(3) 궤도운송법

○ 궤도운송법은 궤도시설의 안전 확보와 궤도운송과 궤도사업을 목적으로 제정된 법으로 기존 삭도·궤도법이 전면 개정되어 2009년 10월 23일부터 시행

○ 이 법의 적용 범위는 도시철도와 일반철도 이외 다른 법으로 규정되지 않은 궤도시설에 대해 적용하는 것으로 향후 특수 궤도시설과 도시철도 수준의 철도의 안전 확보와 운송사업 관리에 필요한 법률임.

나. 철도구조물 건설부문 법령 검토

○ 현재 시행되고 있는 철도건설관련 규칙은 두 가지로 『도시철도건설규칙』『철도건설규칙』이 있다. 이중 『도시철도건설규칙』은 『도시철도법』 제10조의2(건설 및 운전)의 규정에 따라 필요한 사항을 정하였으며, 『철도건설규칙』은 『철도건설법』 제19조의 규정에 따라 필요한 사항을 정하고 있음.

○ 『철도건설규칙』은 총칙, 선로, 정거장 및 기지, 전차선로, 통신 및 신호로 구성되고, 『도시철도건설규칙』은 총칙, 선로, 정거장, 설비, 설로표지 등의 안전설비로 구성되어 있음.

<표 125> 철도건설규칙과 도시철도 건설 규칙 비교

철도건설규칙 [2007.09.20 건설교통부령 제581호]	도시철도건설규칙 [2004.12.04 건설교통부령 제412호]
제1장 총칙	제1장 총칙
제2장 선로	제2장 선로
	제1절 궤간
	제2절 곡선
	제3절 기울기
	제4절 건축한계
	제5절 궤도
	제6절 구조물
	제7절 분기
제3장 정거장 및 기지	제3장 정거장
제4장 전철전력	제4장 설비
제5장 통신 및 신호	제1절 전기설비
	제2절 환기·배수 및 통신설비
	제3절 신호·보안설비
	제5장 <삭제>
	제6장 선로표지 등의 안전설비

○ 철도건설법 및 체계(최초2004.12.31.제정)

제1장 총 칙

제1조(목적)
제2조(정의)
제3조(다른 법률과의 관계)

제2장 철도의 건설

제1절 국가철도망구축계획

제4조(국가철도망구축계획의 수립 및 변경)
제5조(국가철도망구축계획의 내용)
제6조(철도건설심의위원회의 설치 및 기능)

제2절 철도의 건설체계

제7조(철도건설사업별 기본계획의 수립)
제8조(철도건설사업의 시행자)
제9조(철도건설사업별 실시계획의 승인)
제10조(토지에의 출입 등)
제11조(다른 법률에 의한 인·허가등의 의제)
제12조(수용 및 사용)
제13조(국·공유재산의 대부 등)
제14조(토지매수사업 등의 위탁)
제15조(대체공공시설 등의 설치)
제16조(준공확인)
제17조(시설의 귀속 등)
제18조(고속철도건설사업의 촉진 및 품질향상 등을 위한 특례)
제19조(철도의 건설기준) : 철도건설사업은 국토해양부령이 정하는 기준에 적합하게 시행

제3절 철도건설 비용부담

제20조(비용부담의 원칙)
제21조(수익자·원인자의 비용부담)

제3장 역세권 개발

제22조(역세권개발구역의 지정)
제23조(역세권개발사업 시행 등)

제4장 보 칙

제24조(보고 검사 등)
제25조(감독)
제26조(청문)

제5장 벌 칙

제27조(벌칙)
제28조(양벌규정)

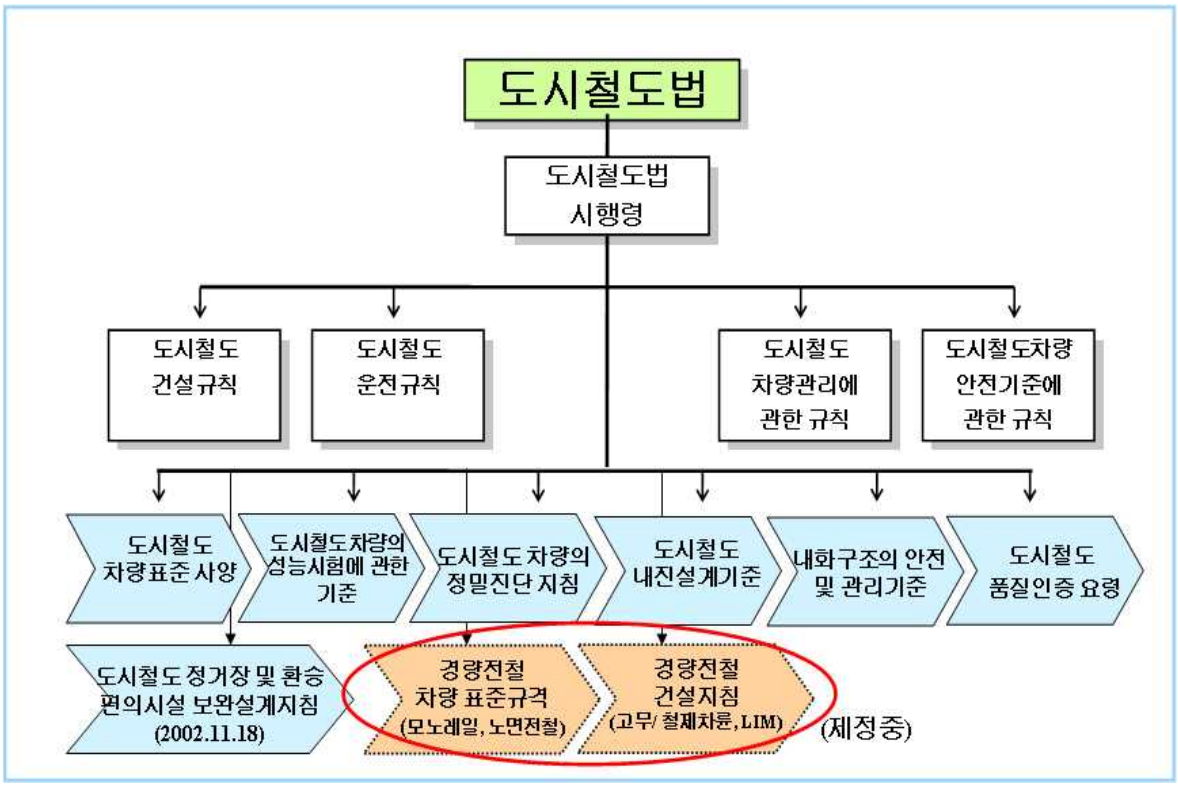
부 칙

제1조(시행일)
제2조(다른 법률의 폐지)
제3조(철도망계획에 대한 심의위원회 심의에 관한 적용례)
제4조(실시계획 승인에 대한 위원회의 심의에 관한 적용례)
제5조(일반적인 경과조치)
제6조(의제조항에 관한 경과조치)
제7조(계획에 관한 경과조치)
제8조(벌칙 등에 관한 경과조치)
제9조(다른 법률과의 관계)
제10조(다른 법률의 개정 등)

- 철도건설법 → 기술기준(철도건설규칙) → 궤도/노반 관련 설계기준 및 유지관리 등으로 체계적인 제도화가 필요
- 국가철도망구축계획 등이 교통체계효율호법 등과 연계되는 내용임
- 최근, 철도건설규칙 개정(안) 마련됨
- 철도설계지침(궤도편), 철도설계편람(궤도편), 철도전문시방서(궤도편) 제정 중
- 철도설계기준(노반편, 철도교편) 등이 일반·고속철도로 이원화되어 통합 개정 중에 있음

○ 도시철도법 및 체계(최초1979.4.17. 지하철도건설촉진법제정,1990.12.31.법명개정

도시철도법	도시철도법시행령
도시철도법	도시철도법시행령
[법률 제5967호 일부개정 1999.01.15]	[대통령령 제17175호 일부개정 2001.03.27]
제1조 (목적)	제1조 (목적)
제2조 (적용범위)	제1조의2 (도시철도기본계획의 수립·제출 등)
제3조 (정의)	제2조 (경미한 기본계획의 변경)
제3조의2 (도시철도기본계획의 수립 등)	제5조 (지하사용보상의 대상 및 기준)
제4조 (사업면허 등)	제6조 (재결신청)
제5조 (토지 등의 수용 및 사용)	제9조 (도시철도채권의 발행절차)
제6조 (토지에의 출입 등)	제10조 (도시철도채권의 발행방법 등)
제7조 (공사장애물의 이전 등에 관한 협의 등)	제12조 (도시철도채권의 매입대상 등)
제8조 (이주대책 등)	제13조 (도시철도채권발행원부의 비치)
제9조의2 (피해건축물의 개축)	제14조 (도시철도채권의 사무취급기관 등)
제10조 (국공유지의 처분제한 등)	제14조의2 (도시철도기술연구기관)
제10의2 (건설 및 운전)	제15조 (건설과 운영의 위탁승인신청)
제11조 (도시철도의 건설 및 운영을 위한 자금조달)	제16조 (시설물의 무상운영기간 등)
제12조 (도시철도채권의 발행)	제17조 (도시철도 시설물의 귀속)
제13조 (도시철도채권의 매입)	제18조 (건설·운영규정의 승인 등)
제14조 (정부지원)	제19조 (건설과 운영의 위탁의 취소 등)
제15조 (건설과 운영의 위탁)	제20조 (도시철도위원회의 기능)
제16조 (사업개선명령)	제21조 (위원회의 구성 등)
제17조 (연락운송)	제22조 (위원회의 운영)
제18조 (도시철도공사의 설립 등 협의)	제23조 (차량위원회)
제19조 (면허의 취소 등)	제24조 (표준사양의 제정 등)
제20조 (청문)	제25조 (도시철도차량의 구조 및 장치)
제21조 (도시철도운영인력의 수급)	제25조의2 (성능시험의 대상)
제22조 (표준규격) <2007.7.13 개정>	제25조의3 (성능시험의 신청 등)
제22조의 2(안전기준) <2007.7.13 개정>	제25조의4 (성능시험의 기준 및 방법 등)
제22조의 3(성능시험) <2007.7.13 개정>	제25조의5 (성능시험자의 지정 등)
제22조의 4(용품인증) <2007.7.13 개정>	제25조의6 (품질인증의 대상·기준 등)
제22조의 5(차량 내구연한)<2007.7.13 개정>	제25조의7 (정밀진단자의 지정 등)
제22조의 6(전담기관 지정)<2007.7.13 개정>	
제23조 (다른 법률과의 관계)	
제24조 (감독 등)	
제25조 (보고 및 검사)	
제26조 (지원자금의 목적 외 사용금지 등)	



<그림 111> 도시철도법의 구성

- 도시철도법은 특별법이며, 도시철도에 대한 계획/건설/운영/안전 등 전반적인 내용을 정하고 있음
- 최근(2007.7.13) 차량분야 규격, 안전기준, 성능시험, 용품인증, 내구연한, 전담기관 지정 등에 대한 법 조항 추가 개정
- 또한 도시철도표준화 2단계사업 및 경량전철사업 등으로 관련된 분야별(시설/신호/전력 등) 기준/사양/지침 작성 중에 있음
- 신교통시스템의 경우, 고무차륜AGT, 철제차륜AGT, LIM AGT, 모노레일, 노면전차 등 5개 분야 차량에 대한 지침 작성중이며, 시설/신호/전력 분야 또한 향후 작성 예정임
- 따라서, 도시철도법 관련 기준/지침과 철도안전법 관련 기준/지침 중복(유사), 복잡(혼선) 등에 대한 개선방안 마련이 요구됨(특히 수도권전철의 경우, 차량분야에 대한 전반적인 내용을 검토할 필요가 있음)

○ 일반적으로 상·하위 기술기준 체계를 구성하여, 관련법의 규정을 실행하기 위한 기술적인 규정(상위 기술기준)은 설계기준과 시방서에 따르며, 설계기준과 시방서에 기술되지 아니한 세부적인 사항에 대해서는 하위 기술기준을 적용하고 있음.

○ 반면에, 철도에서는 규칙/기준/지침/표준/권고 등의 위계, 통일 및 분야별 level의 균형이 미흡, 따라서, 관리(제·개정의 주체/절차/제도의 유지관리 등) 체계가 미약

○ 도로의 경우 <상위 기술기준 : 설계기준>은 시설물(구조물)이 최소한의 품질, 안전, 성능 등을 확보할 수 있도록 하기 위하여 설계 및 상세 한계를 규정한 기준으로 국토해양부에서 제정/관리, <하위 기술기준 : 설계지침>은 설계에 필요한 기술적인 사항들에 대하여 특별히 시설물별로 적절히 응용함으로서 건설공사에 도움이 될 수 있게 세부적인 사항을 정한 규정으로서 발주청, 학회, 협회에서 자체적으로 제정/관리

○ 현재 인터모달 시스템에 대해서 법령에서 정하는 기준은 국내에 마련되지 않음.

○ 경전철의 경우 해당 지차체에서 별도의 설계기준을 작성하여 적용된 것으로 조사됨.

○ 인터모달의 경우, 경전철 및 철도 노반편의 설계기준중 차량 및 하중조건에 가장 유리한 구조조건을 선별하여 적용하는 것이 가장 효율적임.

○ 인터모달 시스템은 철도법, 도시철도법, 궤도운송법 등에서 정의되어 있지 않고 각 법령 마다 기준등이 모호하여 시설물의 정의가 곤란한 상황임.

○ 법령마다 정의의 기준이 다름. 궤도, 차량, 궤도 설비, 운송방식, 급정방식 등

다. 천이구간 특수 구조물의 설계기준 제시

□ **설계 검토 하중 종류**

(1) 주하중 (P) ▪ 고정하중 (D) ▪ 활하중 (L) ▪ 충격 (i) ▪ 원심하중 (CF) ▪ 장대레일종하중 (LR) ▪ 프리스트레스 (PS) ▪ 콘크리트 크리프의 영향 (CR) ▪ 콘크리트 건조수축의 영향 (SH) ▪ 토압 (H) ▪ 수압 (F) ▪ 부력 또는 양압력 (B) (2) 부하중 (S) ▪ 차량 횡하중 ; 조종과 난조하중 (LF) ▪ 종방향 하중 ; 제동 및 시동하중 (SB) ▪ 풍하중 (W)	(3) 주하중에 상당하는 특수하중 (PP) ▪ 설하중 (SW) ▪ 지반변동의 영향 (GD) ▪ 지점 이동의 영향 (SD) (4) 부하중에 상당하는 특수하중 (PA) ▪ 온도변화의 영향 (T) ▪ 지진의 영향 (E) ▪ 가설시 하중 (ER) ▪ 충 돌 하 중 (CO) ▪ 탈선 하중 (DR)

□ **고정하중(D)**

○ 고정하중 산출에 사용되는 재료의 중량은 아래 표의 단위중량을 사용하고 실중량이 명확한 것은 그 값을 사용

○ 재료의 단위중량

(단위:kgf/㎥)

재 료	단 위 중 량	재 료	단 위 중 량
강 재, 주 강, 단 강	7,850	프리스트레스콘크리트	2,500
연 철	7,800	인공경량골재콘크리트	1,500~1,700
주 철	7,250	모 르 터 르	2,350
목 재	800	방 수 용 아 스 팔 트	1,100
도상(자갈 또는 쇄석)	1,900	석 재	2,600
무 근 콘 크 리 트	2,350	모래,자갈,부순돌,흙	1,600~2,000
철 근 콘 크 리 트	2,500	석 탄 , 탄 가 루	1,000

□ 흙의 단위중량

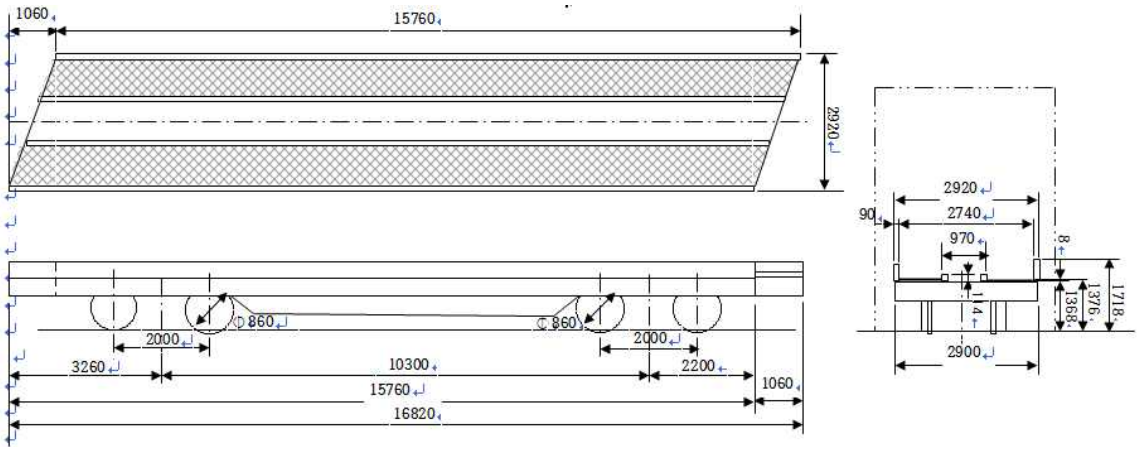
(단위:kgf/㎥)

지 반	토 질	느슨한 경우	촘촘한 경우
자연지반	모래 및 모래질자갈	1,800	2,000
	사 질 토	1,700	1,900
	점 성 토	1,400	1,800
성토지반	모래 및 모래질자갈	2,000	
	사 질 토	1,900	
	점 성 토	1,800	

※주 : ① 지하수위 아래에 있는 흙의 단위중량은 표의 값에서 1.0을 뺀 값으로 한다.
② 부순돌의 단위중량은 자갈과 같은 값으로 한다.
③ 고정하중을 산정 할 때 상기 표의 단위중량 사용을 원칙으로 하며, 기타 실중량이 명백할 경우 그 값을 적용할 수 있다.

□ 활하중(L)

○ 차량제원



<표 127> 차량 제원 및 차량하중

항목		차량제원	비고
중량	자중	34 ton	회전전동기 채용에 따른, 대차, 감속기, 전장품 등 중량증가
	하중	31 ton	
	총중량	약 65ton	
차량제원	차체길이	16,820 mm	정거장에 차량이 70도 정차시 상하역 용이, 대차 회전시 차륜과 센터실 간섭, 전동기와 회전롤러 간섭
	차체높이	1,718mm	
	최대차체높이	5,447mm	
	언더프레임 높이	1,376mm	
횡압		200kN	

<표 128> 차량부분 인터페이스 사항

구분		차량제원	인터페이스 사항
①	차량연결면거리	25,276mm(차량간격)	종단 및 평면곡선 중요인자 연결바 길이 11,176mm
②	안내륜 (가이드 휠)간격	대차중심에서 안내륜중심간거리 1,380mm	전용궤도 표준단면(폭원) 및 시스템 인터페이스 사항
③	차륜경	∅860mm	슬랙 및 조정량 산정 중요인자
④	차량 최대 축중	약 16.5ton(구동축)	토목구조물 및 전용궤도 대표단면 선정 및 구조계산 중요인자
⑤	차량중량	약 65ton	
⑥	편성최대중량	650ton	
⑦	기본편성	1편성 10량	터미널 LAY-OUT 중요인자
⑧	급전방식	제 3궤조	전용궤도 표준단면(폭원) 및 시스템 인터페이스 사항
⑨	최대구배	25‰	전용궤도 선형 계획 중요인자

□ **충격계수 (i)**

$$- \ell \leq 18\ m \ ; \ i = 45 - \frac{\ell^2}{45}$$

$$- \ell > 18\ m \ ; \ i = 24 + \frac{240}{\ell - 0.6}$$

L=15m 로 가정, (1)식을 적용하여 충격계수(i) 산정함

$$\therefore \ell \leq 18\ m \ ; \ i = 45 - \frac{15^2}{45} = 40\% = 0.4$$

□ **콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향 (CR, SH)**

· 콘크리트 부재 외에 강합성 거더교와 같이 강재 주거더와 콘크리트 바닥판이 합성된 경우에 대해서는 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향을 고려

○ 상세한 사항은 철도교 설계기준(철도교편)에 따름.

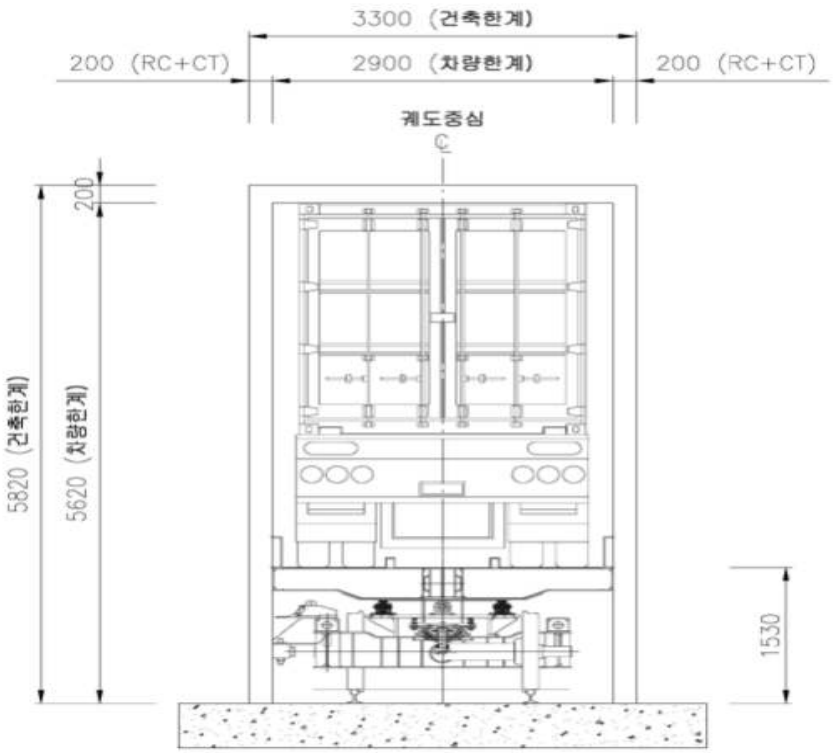
□ 구축한계(건축한계 및 차량 한계) 설정

○ 구축한계는 최대동적차량한계(MVDE:건축한계)에 주행여유(RC) 및 시공오차(CT)를 더한 값임.

○ Vehicle Clearance Envelope(CE) = MVDE + RC + CT

○ 곡선구간에서는 overhang, throw-over and superelevation 영향을 고려

○ 천이구간 특수구조물 구축한계도



<그림 112> 차량 한계 및 건축한계

□ 토 압 (H)

○ 연직토압은 고정하중으로 고려하며, 횡방향 토압을 토압으로 적용

○ 평상시 횡방향 토압

- 구조물이 강체로서 회전이나 전면으로 밀려나오는 경우에는 횡방향 토압의 분포는 일반적으로 3각형 분포로 볼 수 있음. 이 경우의 토압을 구하는 공식에는 Coulomb 토압공식, Rankine 토압공식 등이 있지만 실내외 시험에서 Coulomb 토압공식이 비교적 실험결과와 가까운 값을 보이므로 Coulomb 토압공식을 사용하는 것을 원칙으로 함.

○ 토압강도

- 가동벽 (주동토압) : 교대, 옹벽

· 사질토 : Pa = Ka · (q + ɣ · h)

· 점성토 : Pa = Ka · (q + ɣ · h) - 2 · c · $\sqrt{Ka}$

- 고정벽 (정지토압) : 날개벽, 암거 등에 적용

Ps = Ks · (q + ɣ · h)

여기서, Pa : 주동토압강도 (tf/m²)
Ps : 정지토압강도 (tf/m²)
q : 노면 활하중 (tf/m²)
ɣ : 흙의 단위중량 (tf/m²)
h : 토압이 작용하는 깊이 (m)
Ka : 주동토압 계수
Ks : 정지토압 계수

○ 토압계수

- Coulomb 토압계수 : 단면설계 시 적용

$$Ka = \frac{\cos^2(\phi-\theta)}{\cos^2\theta\cdot\cos(\theta+\delta)\cdot[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\times sin(\phi-\alpha)}{\cos(\theta+\delta)\times cos(\theta-\alpha)}}]^2}$$

$$Kp = \frac{\cos^2(\phi+\theta)}{\cos^2\theta\cdot\cos(\theta+\delta)\cdot[1-\sqrt{\frac{\sin(\phi-\delta)\times sin(\phi+\alpha)}{\cos(\theta+\delta)\times cos(\theta-\alpha)}}]^2}$$

또, φ± α< 0의 경우에는 sin (φ± α) = 0 으로 한다.

· Rankine 토압계수 : 안정검토 시 적용

$$Ka = \cos\alpha\cdot\frac{\cos\alpha-\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}{\cos\alpha+\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}$$

$$Kp = \cos\alpha\cdot\frac{\cos\alpha+\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}{\cos\alpha-\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}$$

여기서 Ka : 주동토압계수
Kp : 수동토압계수
φ : 흙의 전단 저항각
α : 지표면과 수평면이 이루는 각
Θ : 벽 배면과 연직면이 이루는 각
δ : 벽 배면과 흙 사이의 벽면 마찰각 (φ/ 3)

- 정지토압계수 (Ks)

  Ks = 1 - sin ϕ

- 교대 배면의 상재하중은 다음과 같이 설정.

  · 궤도 중량 q_1 = 1.0 (tonf/㎡)

  · 열차하중은 다음 식에 의해 분포하중으로 취급.

$$q_2 = \frac{p}{ab} \text{ (tonf/㎡)}$$

여기서, q_2 : 환산등분포하중(tonf/㎡)

p : 열차하중의 축중하중(tonf)

a : 축거(m)

b : 콘크리트도상 하부의 바닥슬래브 폭으로 복선의 경우는 1/2 폭을 적용한다.

□ 종방향 하중 : 제동 및 시동하중 (SB)

○ 제동과 가속으로 인한 종방향 하중은 열차의 무게중심에 작용시킨다. 이 힘은 열차 길이에 걸쳐 등분포하중으로 레일과 지지구조물에 작용된다. 한 개 궤도 이상을 가지는 구조물에 있어서 제동하중과 시동하중의 여러 조합에 대해 고려되어야 하며, 하중의 크기 다음과 같음.

- 정상 제동 혹은 시동하중 - LN = 0.15 L

  여기서 ; L = 최대 열차 중량(tonf)

□ 풍하중 (W)

○ 풍하중은 천이구간 대하여 1방향으로 수평 및 직각으로 작용하는 것을 원칙으로 하고, 그 크기는 다음 각 항에 의한함.

○ 교량 상에 열차가 없을 때

- 교량의 연직 투사면 ; 300kgf/m²

○ 교량 상에 열차가 있을 때

- 교량의 연직 투사면 ; 150kgf/m²
- 통과열차에 대하여 연직 투사면 ; 150kgf/m²

○ 다만, 열차의 연직 투사면은 레일면상 4.0m의 폭으로 하고, 열차와 겹쳐지는 보의 바람맞이 쪽과 바람맞이 반대쪽의 부재에 대하여는 풍하중을 고려하지 않음.

○ 연속교 및 라멘구조의 정거장 등에서 상부구조 설계시 지반의 부등침하로 인한 영향을 고려하였음. 구조물 등의 지지 지반은 직접기초 및 말뚝기초 모두 풍화암 이상의 지반이며, 말뚝기초의 경우 직경 500mm의 PHC 말뚝을 지반을 천공 후 지지 지층을 확인하고 시공하도록 설계되었으므로, 부등침하의 우려는 매우 작을 것으로 판단됨.

○ 인접된 교각의 기초가 각각 직접기초와 15m 길이의 말뚝기초로 형성된 경우를 가정하는 경우 발생될 수 있는 부등침하량은 말뚝의 탄성침하 이하로 판단되며, 말뚝에 허용강도 크기의 축하중이 작용하는 경우 15m 말뚝의 탄성 변위량은 3.7mm 정도임. 구조물 설계시는 위의 값에 안전율을 고려하여 부등침하로 10mm를 설계시 적용

○ 콘크리트교에서는 콘크리트 크리프 영향을 고려하여 부등침하로 인한 탄성해석 결과의 50%를 설계 단면력으로 적용하였으며, 강교에서는 탄성해석으로 구한 단면력을 설계 단면력으로 적용

□ 콘크리트교 설계 시 온도변화의 범위

○ 콘크리트교의 온도변화는 15℃의 온도 승강을 고려하였고, 단면의 최소 치수가 70cm 이상인 경우에는 10℃를 적용

○ 바닥판과 기타 부분의 온도차에 의해 생기는 단면력을 산출하는 경우의 온도차는 5℃를 적용

□ 하중조합 및 하중계수

○ 허용응력 설계법 적용시는 기준허용응력에 하중조합별로 규정된 허용응력 할증계수를 곱한 허용응력에 대하여 설계를 수행하고, 강도설계법의 경우는 하중조합별 하중계수를 고려하여 설계를 수행.

○ 허용응력 설계법

- 다음의 구조물별 하중조합을 기준으로 설계조건별 하중조합을 결정하여 설계를 수행

<표 129> 콘크리트교 하중조합 및 허용응력 증가계수

하중조합			허용응력 증가계수
1	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+온도변화의 영향	P+PP+T	1.15
2	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량 횡하중	P+PP+LF	1.25
3	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동 및 제동하중	P+PP+SB	1.25
4	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	P+PP+W	1.25
5	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량 횡하중+풍하중	P+PP+LF+W	1.35
6	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동 및 제동하중+풍하중	P+PP+SB+W	1.35
7	차량 횡하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	LF+PP+W	1.25
8	풍하중+시동하중 또는 제동하중	W+SB	1.25
9	주하중*+지진의 영향	P+E	1.40
10	주하중+충돌하중	P+CO	1.50
11	가설하중	ER	1.25

주) 주하중* : 이 경우에는 주하중에 활하중(충격포함)과 원심하중을 제외함.

<표 130> 하부구조에서의 하중조합 및 허용응력 증가계수

	하 중 조 합		허용응력 증가계수
1	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+온도변화의 영향	P+PP+T	1.15
2	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량 횡하중	P+PP+LF	1.25
3	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동 및 제동하중	P+PP+SB	1.25
4	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	P+PP+W	1.25
5	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량 횡하중+풍하중	P+PP+LF+W	1.35
6	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동 및 제동하중+풍하중	P+PP+SB+W	1.35
7	차량 횡하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	LF+PP+W	1.25
8	주하중+충돌하중 (강구조 경우)	P+CO	1.60
9	주하중*+지진의 영향 (강구조 경우)	P+E	1.55
10	가설하중의 조합	ER	
	• 완성 후의 응력이 현저히 저하되는 경우		1.50
	• 완성 후의 응력이 허용응력과 같은 정도로 되는 경우		1.25

주) 주하중* : 이 경우에는 주하중에 활하중(충격포함)과 원심하중을 제외함.

○ 강도설계법

- 철근콘크리트 구조물 설계시는 다음의 하중조합을 기준으로 구조물 조건별 하중조합을 결정하여 설계를 수행하며, 사용하중조건에 대한 사용성 검토 수행.

- 설계하중 조합

· 주요 하중조합의 하중계수

U = 1.4D+2.0(L+I)+1.4CF+1.7H+1.4Q	①
U = 1.7(D+L+I+CF+H+Q)	②
U = 1.4D+1.7H+1.4Q+1.4W	③
U = 1.4D+1.4(L+I)+1.4CF+1.7H+1.4Q+1.4(0.5W+WL+SB+LR)	④
U = 1.4D+1.4(L+I)+1.4CF+1.7H+1.4Q+1.4G	⑤
U = 1.4D+1.7H+1.4Q+1.4W+1.4G	⑥
U = 1.4D+1.4(L+I)+1.4CF+1.7H+1.4Q+1.4(0.5W+WL+SB+LR)+1.4G	⑦
U = 1.0D+1.0H+1.0Q+1.0E	⑧
U = 1.4D+1.4(L+I)+1.7H+1.4Q+1.4CO	⑨
U = 1.2D+1.5H+1.2Q+1.2W+1.2CO	⑩

· D = 고정하중 또는 이에 따른 단면적	· E = 지진의 영향 또는 이에 따른 단면력
· L = 활하중 또는 이에 따른 단면력	· CF = 원심하중 또는 이에 따른 단면력
· I = 충격 또는 이에 따른 단면력	· CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력
· H = 토압 또는 이에 따른 단면력	· G = 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공 시 치수의 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력
· W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력	
· WL = 차량하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력	
· SB = 시동 및 제동하중 또는 이에 따른 단면력	· Q = 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등이 하중 또는 이에 따른 단면력
· LR = 장대레일 종하중 또는 이에 따른 단면력	

· ②항의 모든 하중조합에서 각 경우에 대한 고정하중계수와 토압하중계수는 각각 다음 표에 제시한 값을 사용.

· ②항에서 사용된 고정하중계수는 휨과 인장력을 받는 부재의 경우나 기둥에서 최대 축하중과 최소모멘트에 대하여 검토할 경우에 해당하는 것이며, 토압하중 계수는 옹벽과 라멘구조에 작용하는 수평토압인 경우에 해당되는 것으로서 아래 표의 각 경우에 대하여 설계할 때는 고정하중계수와 토압하중계수를 표에 제시한 값으로 대치하여 설계하여야 함.

구 분	고정하중 계수	토압 하중계수	
식	기둥설계 시 최소 축하중 및 최대 모멘트 또는 최대 편심에 대하여 설계할 경우	라멘구조에서 횡토압에 의해 정모멘트를 검토하는 경우	연직토압의 경우
①~⑨	0.8	0.6	1.4
⑩	0.9	0.8	1.2

· 기초를 설계할 경우 토압이나 파일하중 등에는 하중계수에 의한 하중증가를 시키지 않는다. 또한 전도, 활동 등에 안전율을 사용하여 구조물 기초의 안정성을 검토하는 경우에는 하중계수를 사용하지 않음.

□ 설계 강도

○ 구조물 설계시는 공칭강도에 다음에 규정한 강도감소계수를 곱하여 설계 강도를 산정

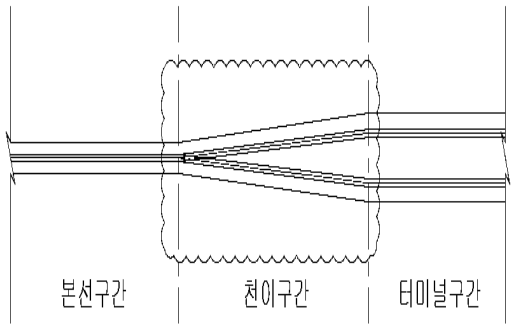
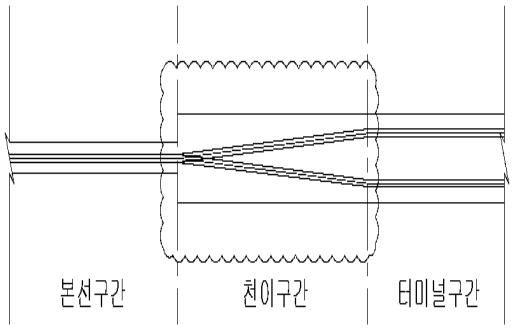
부 재		강도감소계수
휨, 휨 + 축방향인장	보통철근콘크리트	ψf=0.85
	프리스트레스콘크리트	ψf=0.90
축방향인장		ψt=0.85
축방향압축 휨+축방향압축	나선 철근으로 보강된 철근 콘크리트	ψc=0.75
	그 외의 철근콘크리트	ψc=0.70
전단, 비틀림		ψu=0.80
콘크리트 지압		ψb=0.70
압축부재의 안정		ψs=0.65
무근콘크리트		ψf=0.65

○ 연결부의 설계 강도

- 프리캐스트 부재사이 또는 프리캐스트 부재와 현장타설 콘크리트 사이 연결부의 설계 강도는 고려되는 작용 외력에 대한 공칭강도에 수정된 강도감소계수를 곱한 값으로 함.
- 수정된 강도감소계수는 상기 표 ②항의 값에 연결부에 대한 추가 강도감소계수인 0.85를 곱한 값으로 함.

제2절. 천이구간 특수구조물 설계

1. 천이구간에 대한 구조물 평면 형상 비교 검토

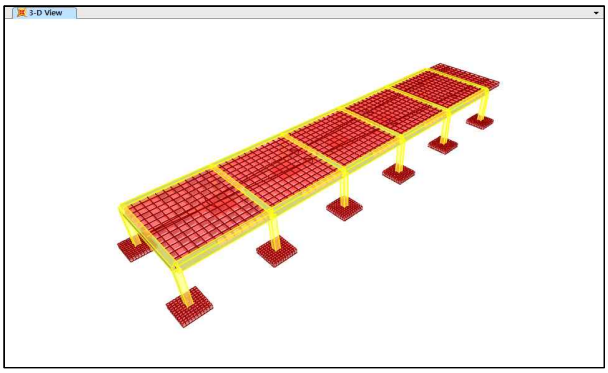
구분	계획평면 1안 (TYPE-1)	계획평면 2안 (TYPE-2)
평면 형상		
장점	• 물량 감소 • 미관 양호	• 응력 확보 우수 • 시공성 우수
단점	• 응력 확보가 어려움 • 시공성이 좋지 않음	• 물량 증가 • 미관 불량
적용안		○
검토 결과	구조물의 최대 문제점인 응력 분포 측면에서 보았을 때 천이구간에 대한 평면형상은 2안으로 설계하는 것이 구조물이 더 안전하다고 판단됨.	

2. 천이구간 구조물 형식의 선정

가. 구조 형식별 단면력 검토

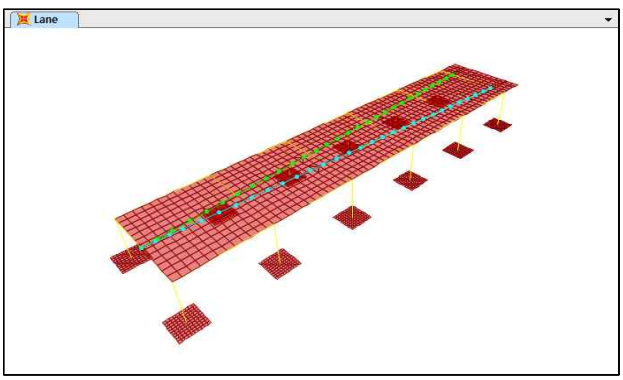
(1) 라멘형식

○ 3D MODELING



<그림 113> 라멘형식 3D MODELING

○ PROGRAM INPUT DATA

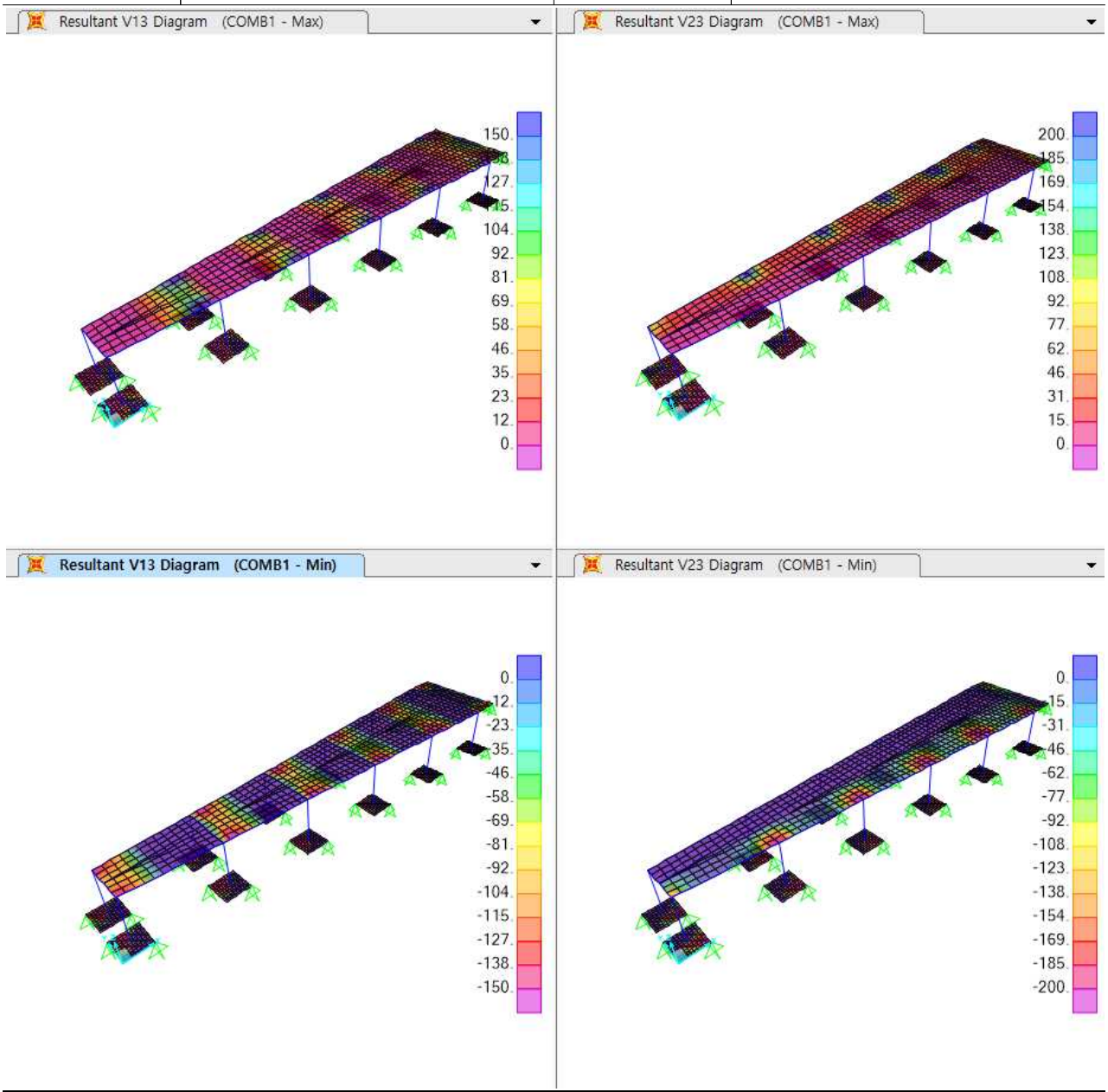


<그림 114> 차량 이동하중

□ 전단력도 (Shear Force Diagram)

○ TYPE - 1

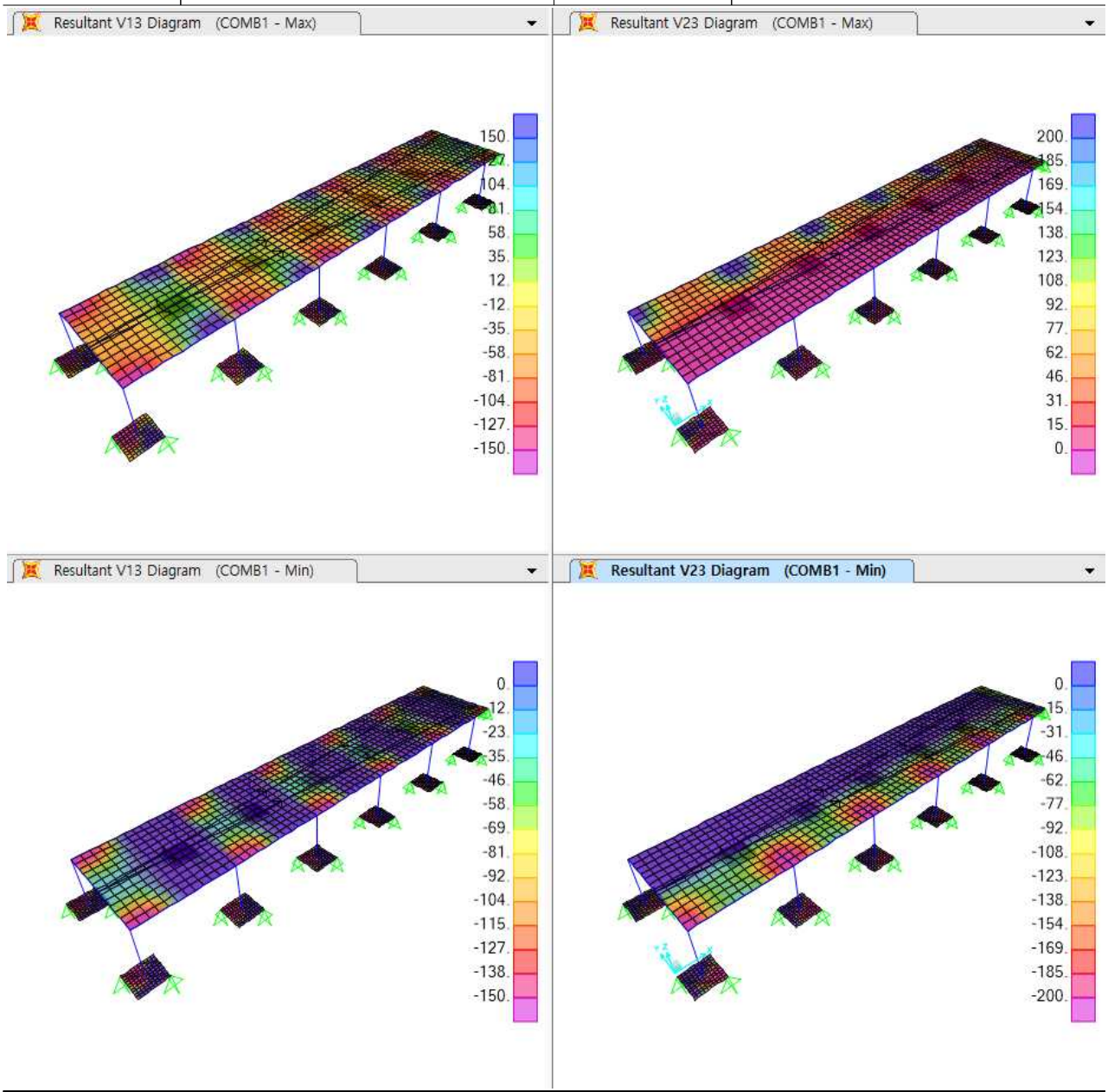
Max Shear Force			
X-Direction		Y-Direction	
Max	150 kN	Max	200 kN
Min	150 kN	Min	200 kN



<그림 115> 라멘형식 설계 전단력도 검토 (TYPE-1)

○ TYPE - 2

Max. Shear Force			
X-Direction		Y-Direction	
Max	150 kN	Max	200 kN
Min	150 kN	Min	200 kN

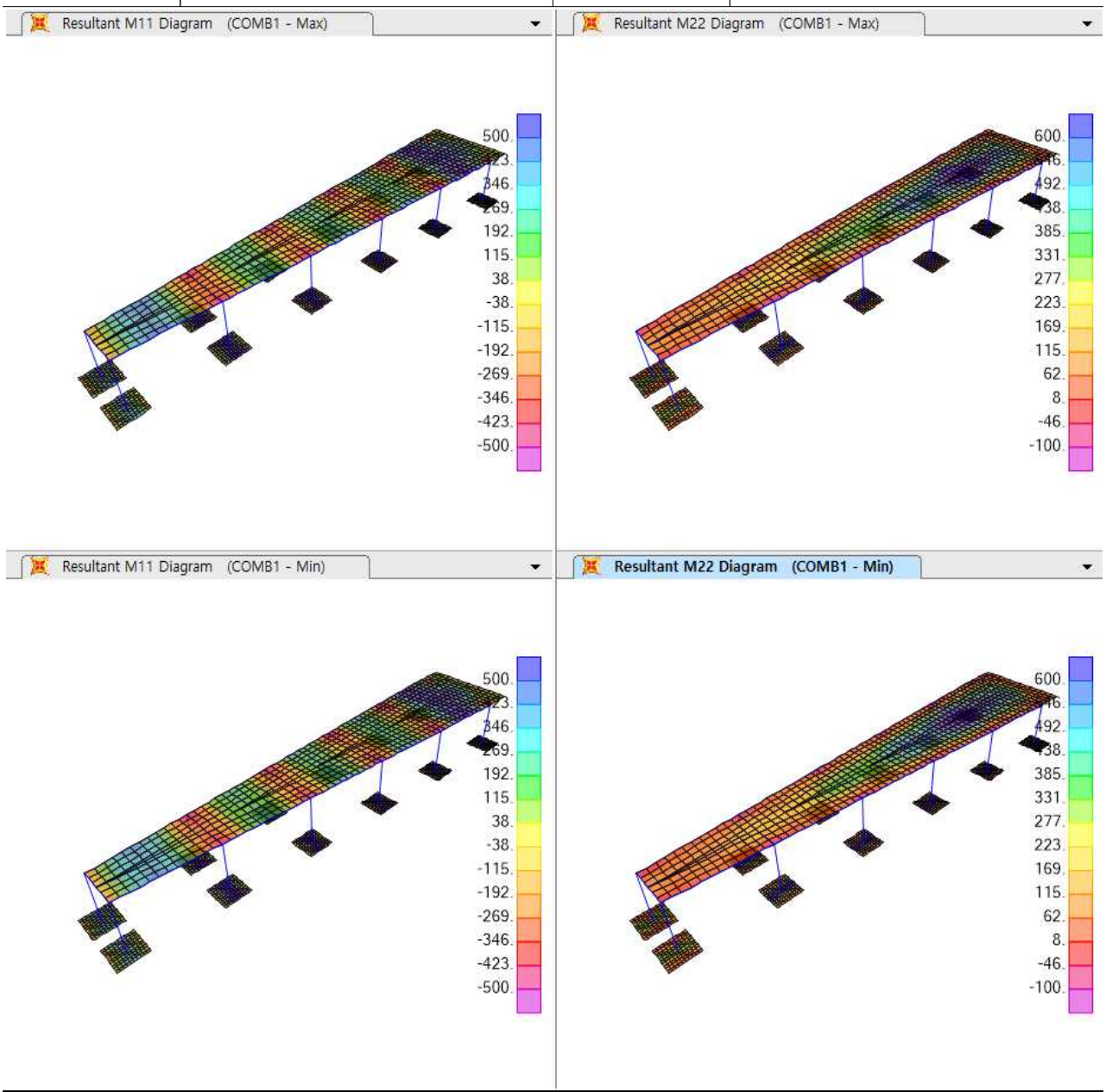


<그림 116> 라멘형식 설계 전단력도 검토(TYPE-2)

□ 모멘트도 (Bending Moment Diagram)

○ TYPE - 1

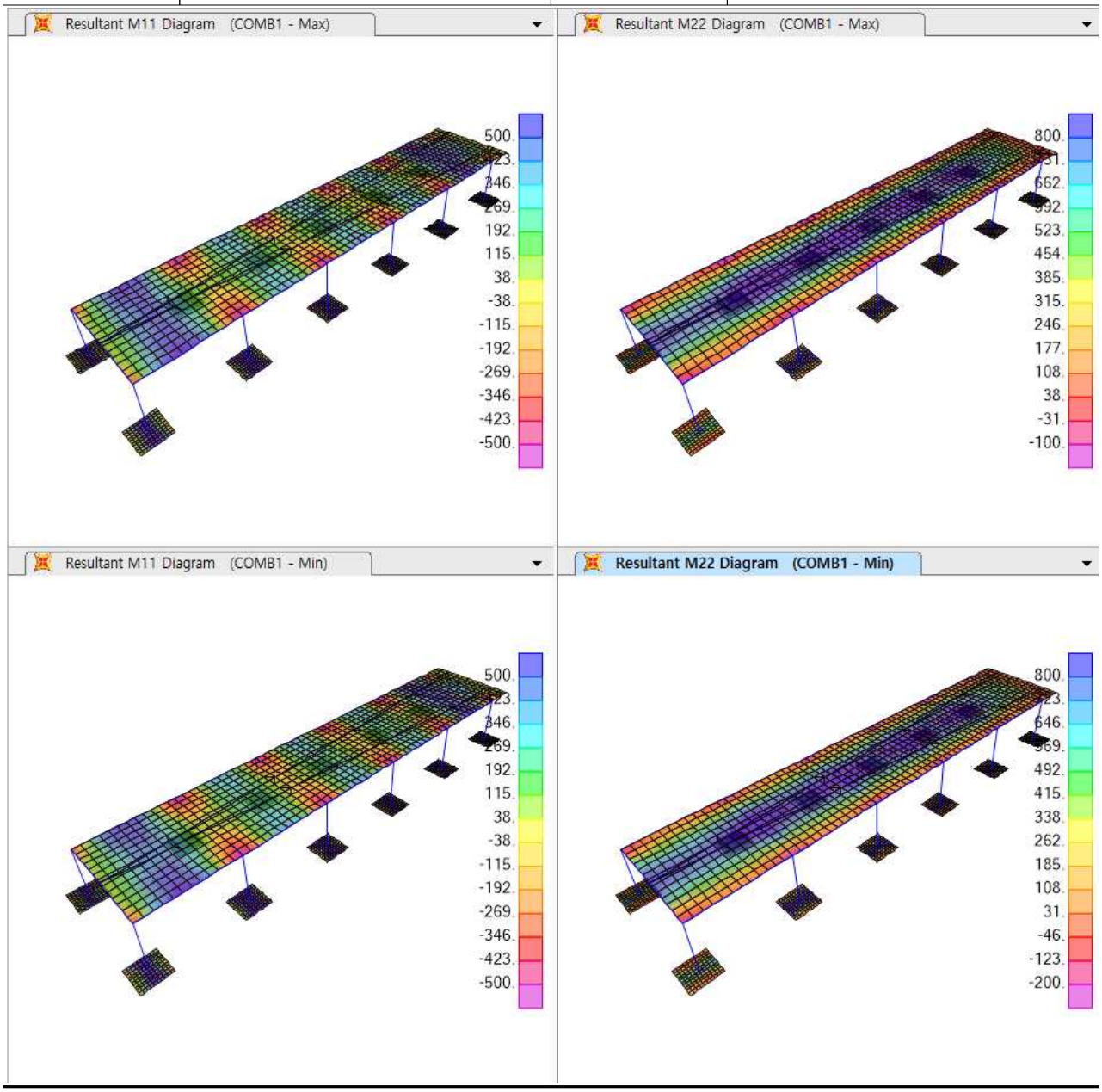
Max. Bending Moment			
X-Direction		Y-Direction	
Max	500 kN	Max	600 kN
Min	500 kN	Min	100 kN



<그림 117> 라멘형식 설계 모멘트도 검토(TYPE-1)

○ TYPE - 2

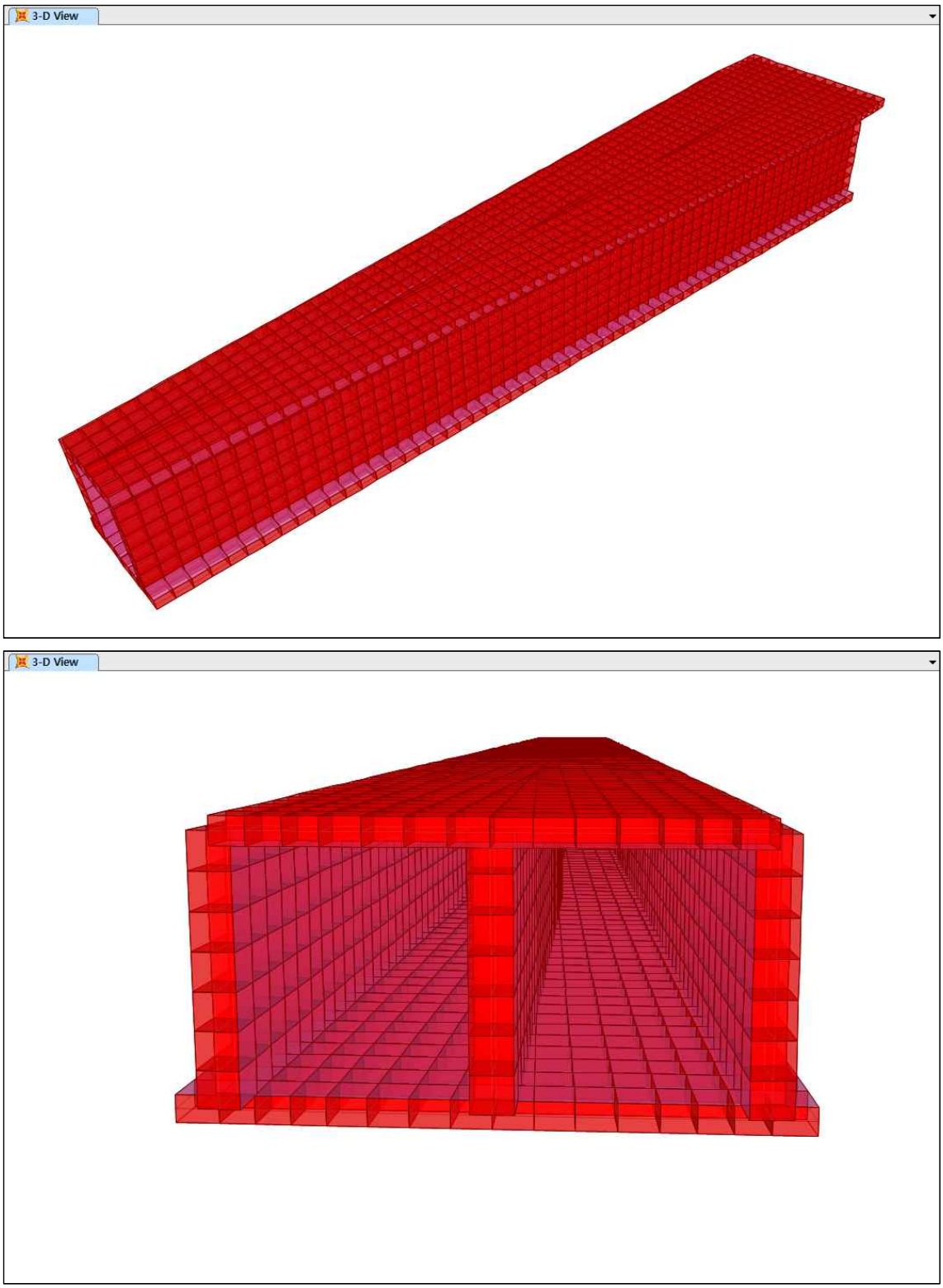
Max. Bending Moment			
X-Direction		Y-Direction	
Max	500 kN	Max	800 kN
Min	500 kN	Min	100 kN



<그림 118> 라멘형식 설계 모멘트도 검토(TYPE-2)

(2) BOX형식

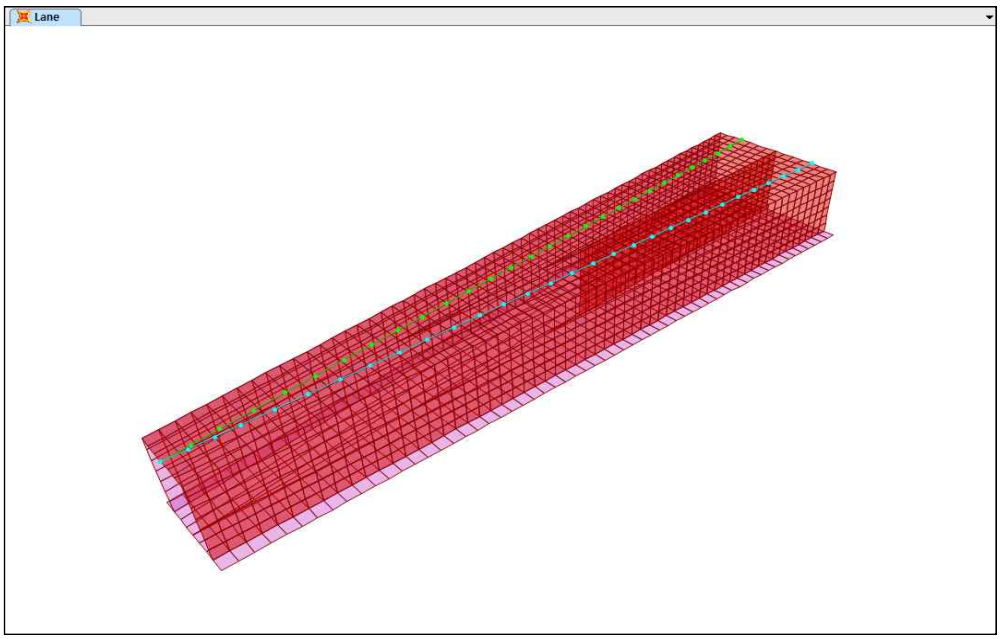
○ 3D MODELING



<그림 119> BOX형식 설계 3D MODELING

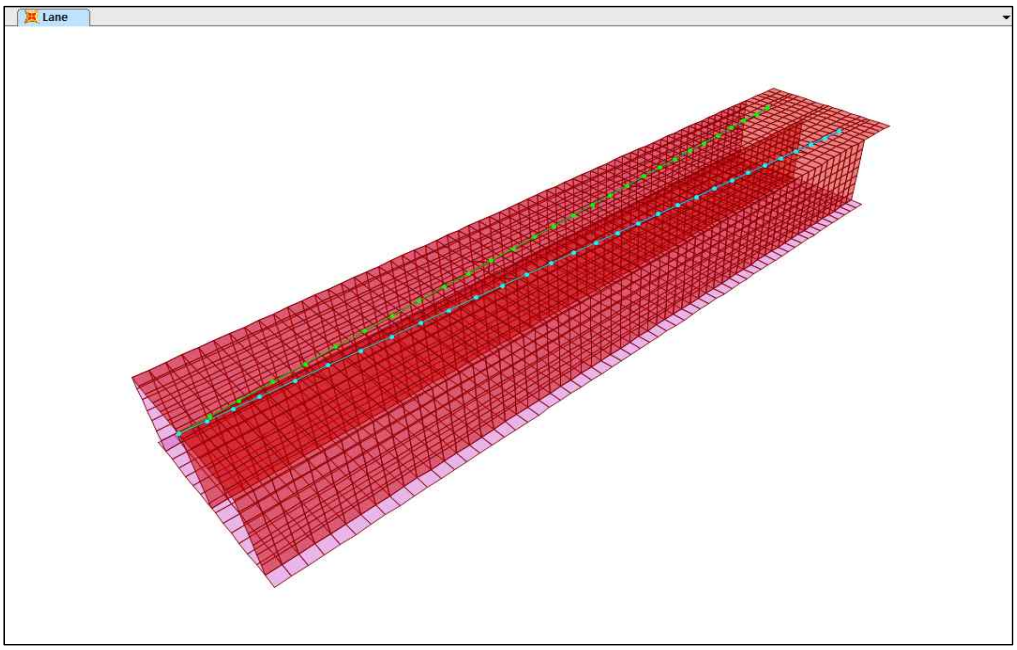
○ PROGRAM INPUT DATA

- TYPE-1



<그림 120> 차량 이동하중(TYPE-1)

- TYPE-2

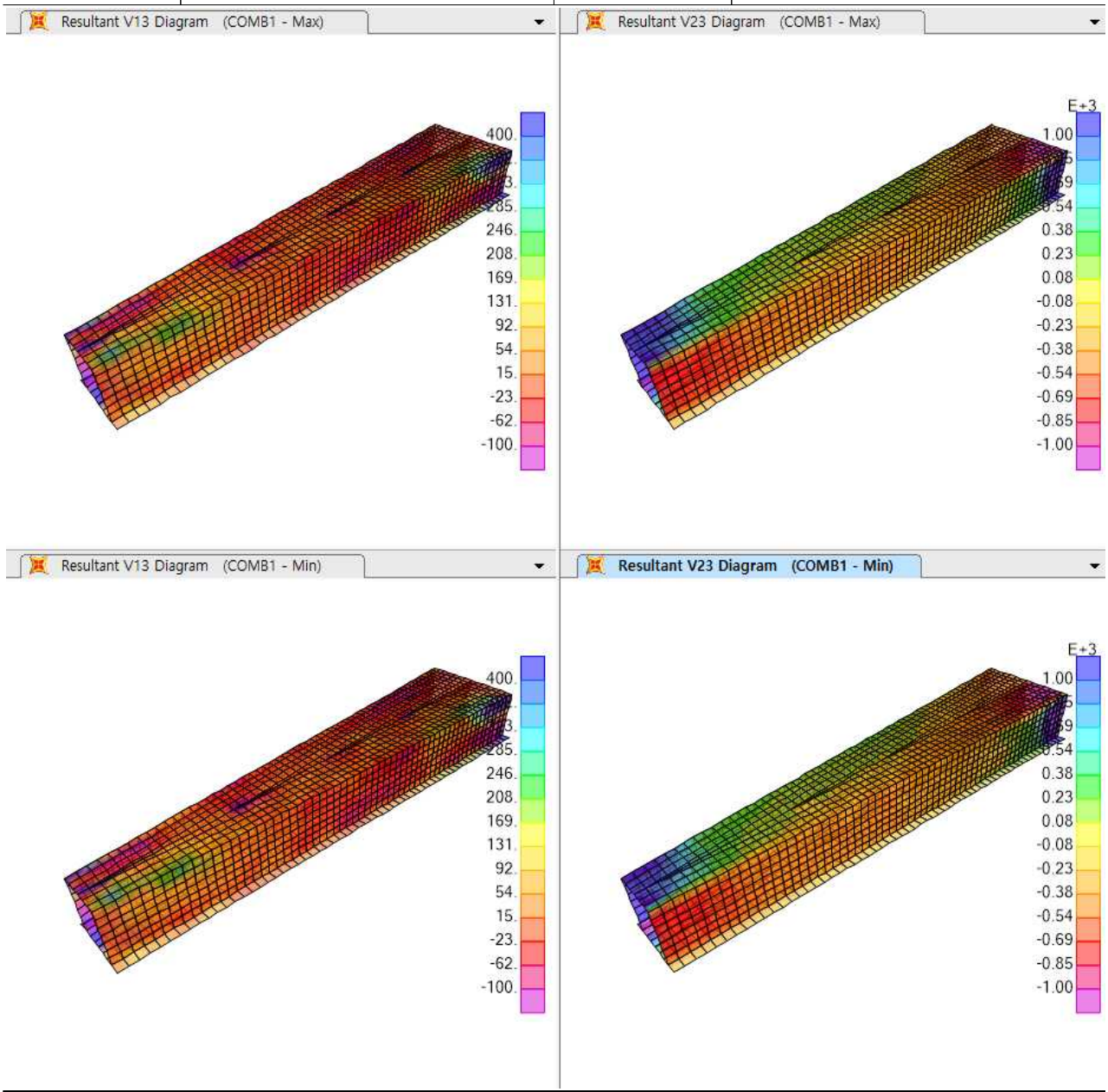


<그림 121> 차량 이동하중(TYPE-2)

□ 전단력도 (Shear Force Diagram)

○ TYPE - 1

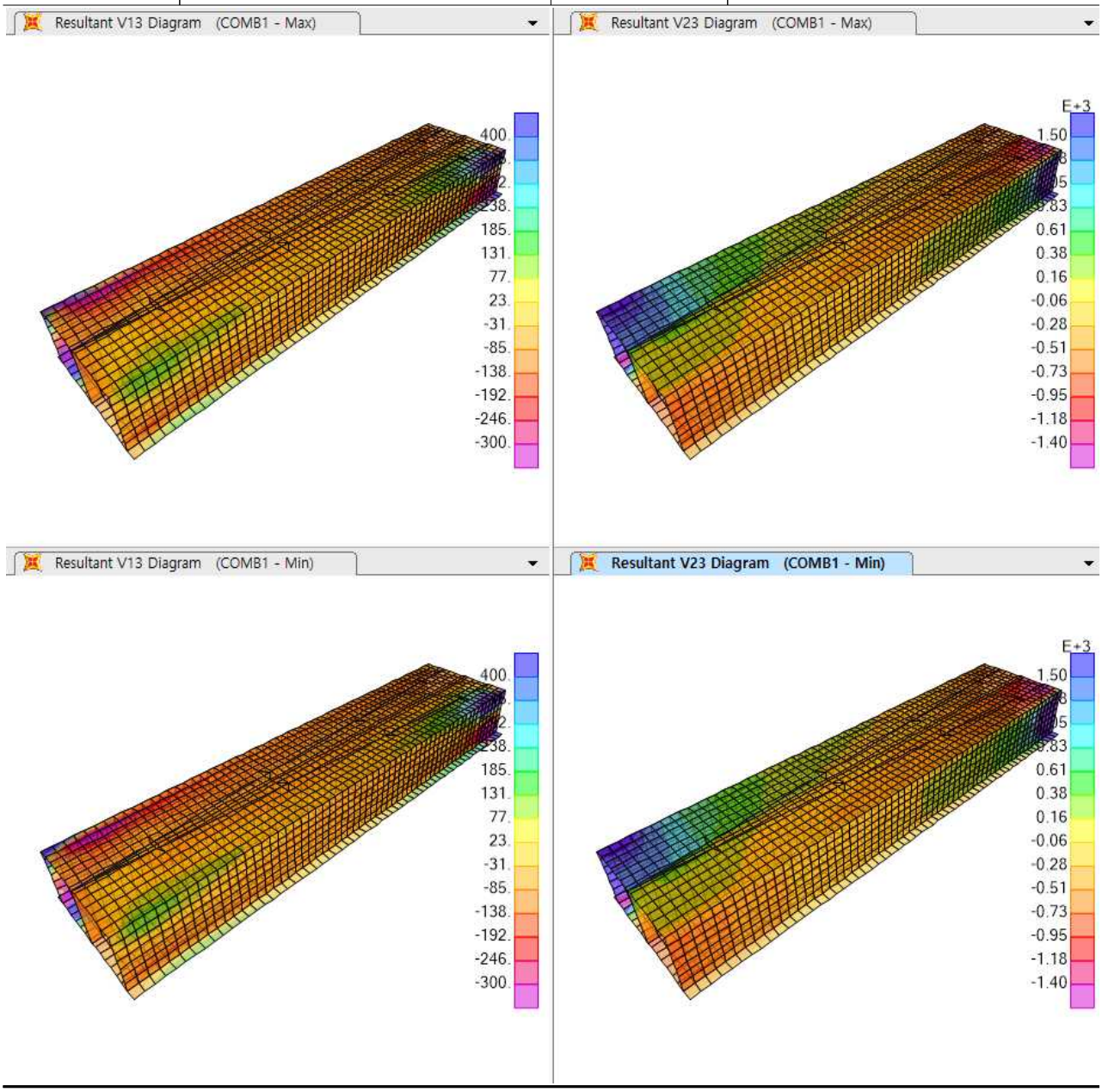
Max Shear Force			
X-Direction		Y-Direction	
Max	400 kN	Max	1000 kN
Min	100 kN	Min	1000 kN



<그림 122> BOX형식 설계 전단력도 검토(TYPE-1)

○ TYPE - 2

Max Shear Force			
X-Direction		Y-Direction	
Max	400 kN	Max	1500 kN
Min	300 kN	Min	1400 kN

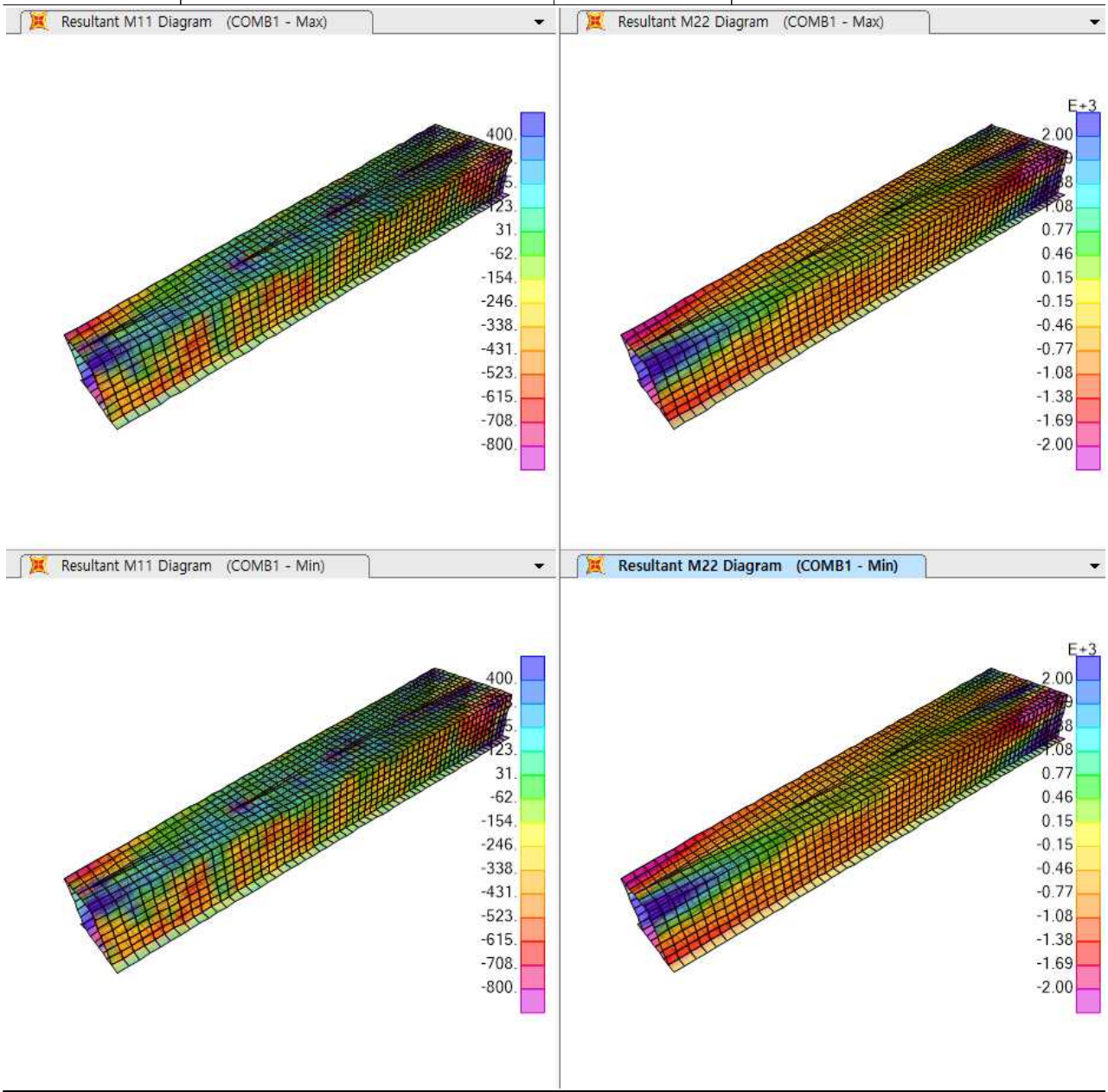


<그림 123> BOX형식 설계 전단력도 검토(TYPE-2)

□ 모멘트도 (Bending Moment Diagram)

○ TYPE - 1

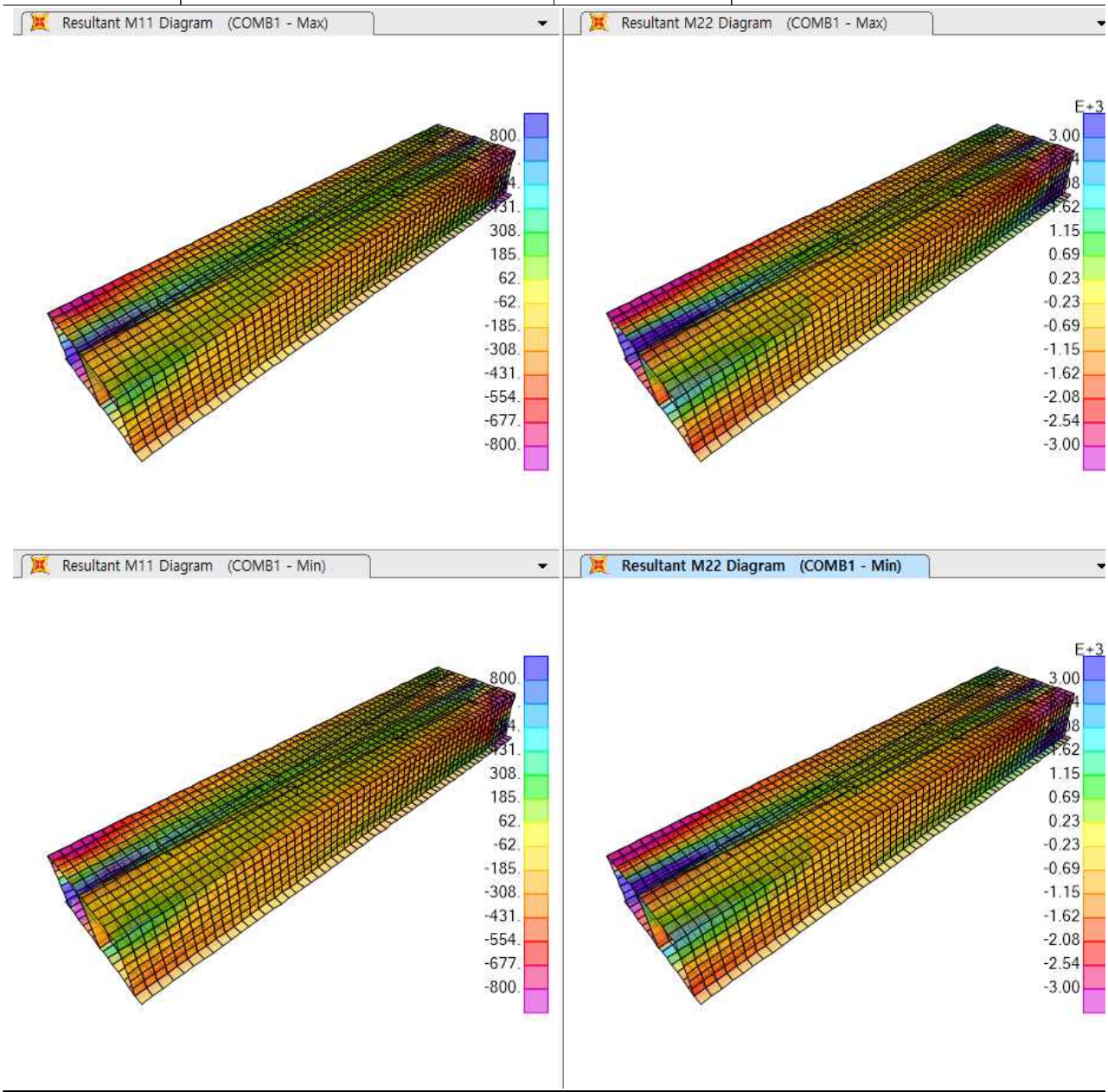
Max. Bending Moment			
X-Direction		Y-Direction	
Max	400 kN	Max	2000 kN
Min	800 kN	Min	2000 kN



<그림 124> BOX형식 설계 모멘트도 검토(TYPE-1)

○ TYPE - 2

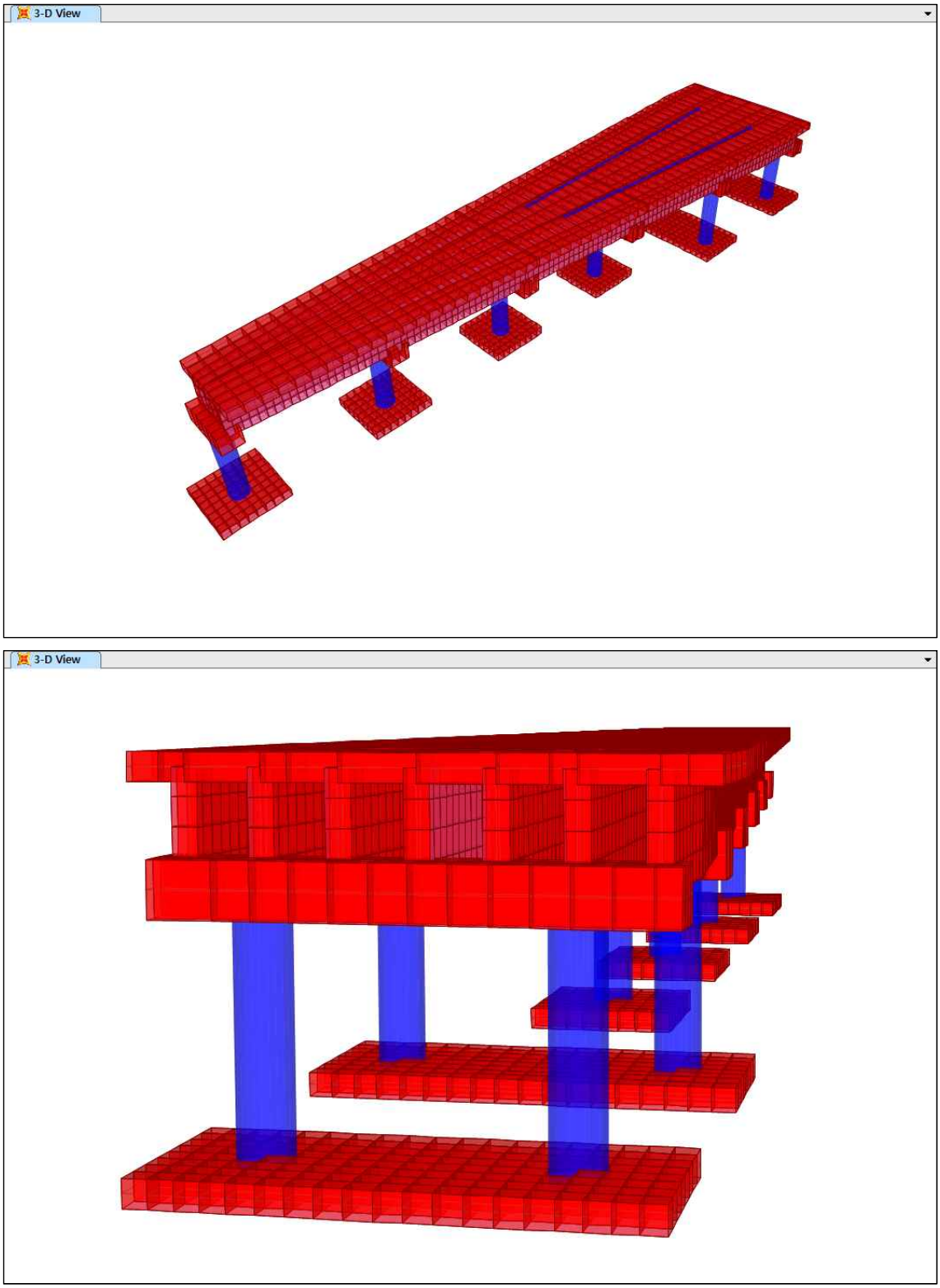
Max. Bending Moment			
X-Direction		Y-Direction	
Max	800 kN	Max	3000 kN
Min	800 kN	Min	3000 kN



<그림 125> BOX형식 설계 모멘트도 검토(TYPE-2)

(3) PSC BEAM 형식

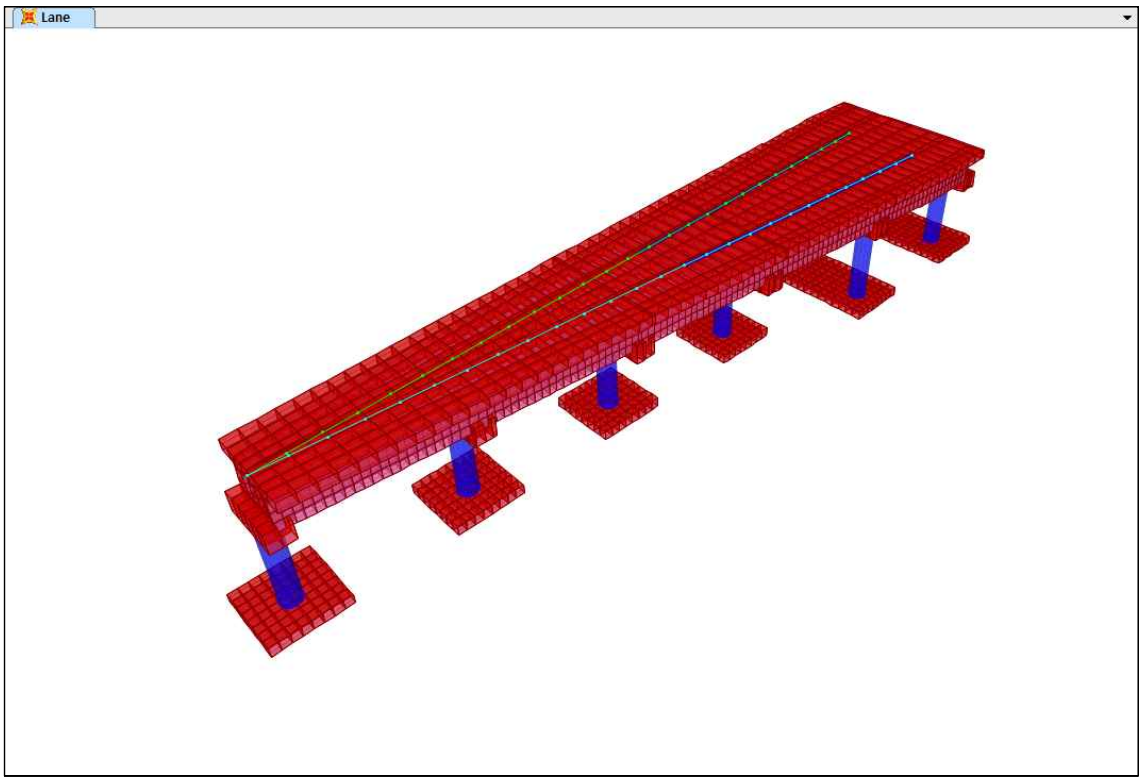
○ 3D MODELING



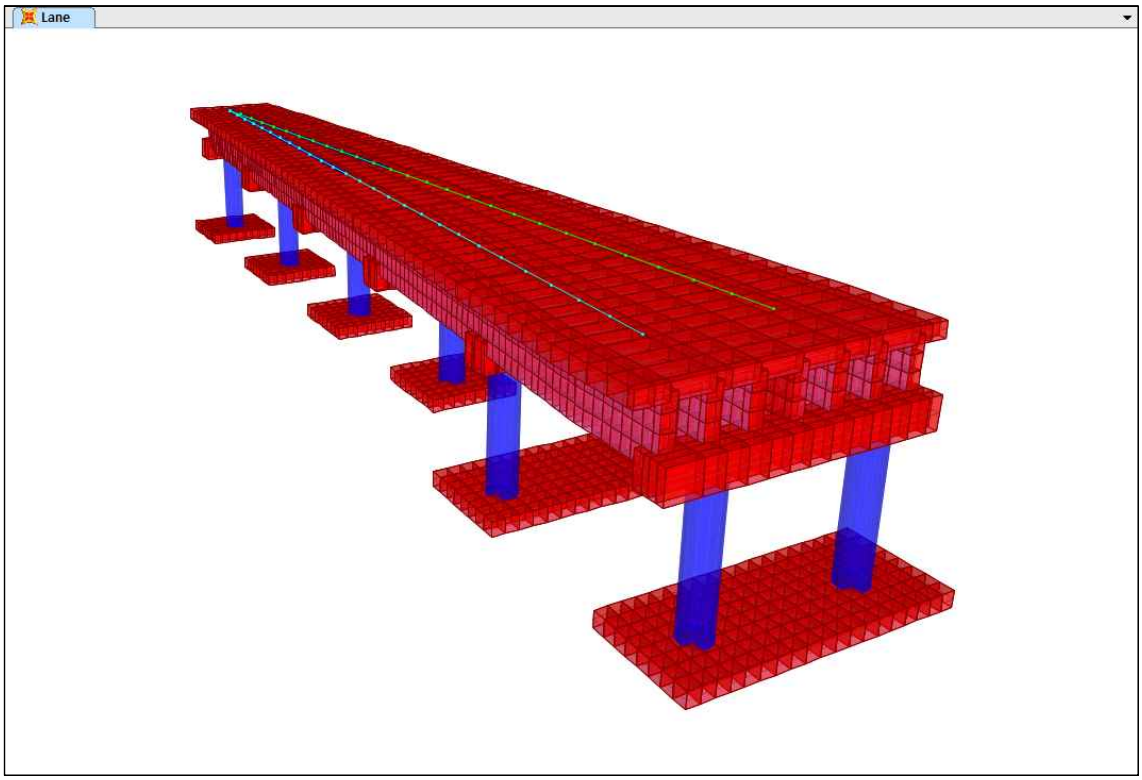
<그림 126> PSC BEAM형식 3D MODELTING

○ PROGRAM INPUT DATA

- Type-1



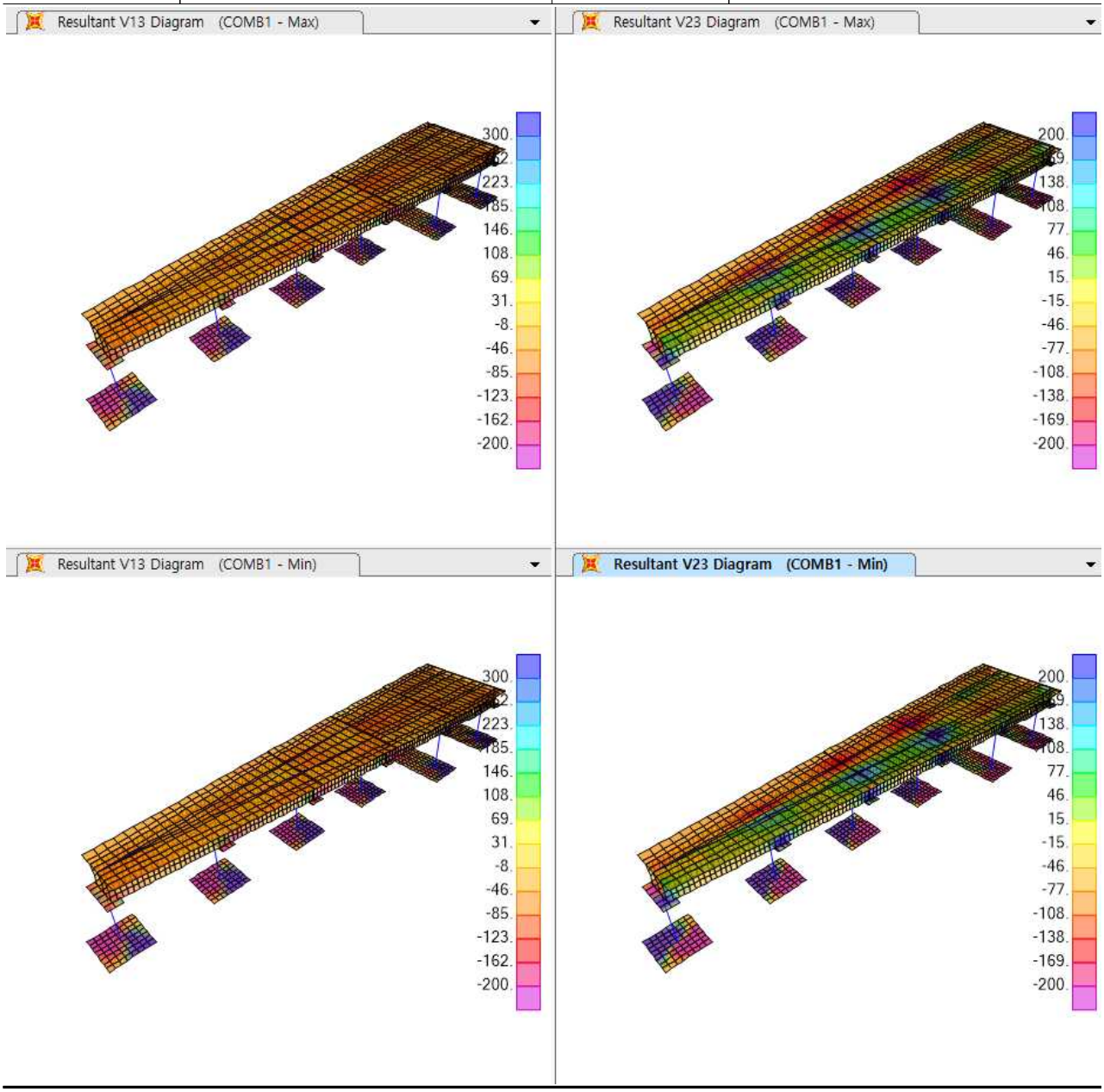
- Type-2



<그림 127> 차량 이동하중

□ 전단력도 (Shear Force Diagram)

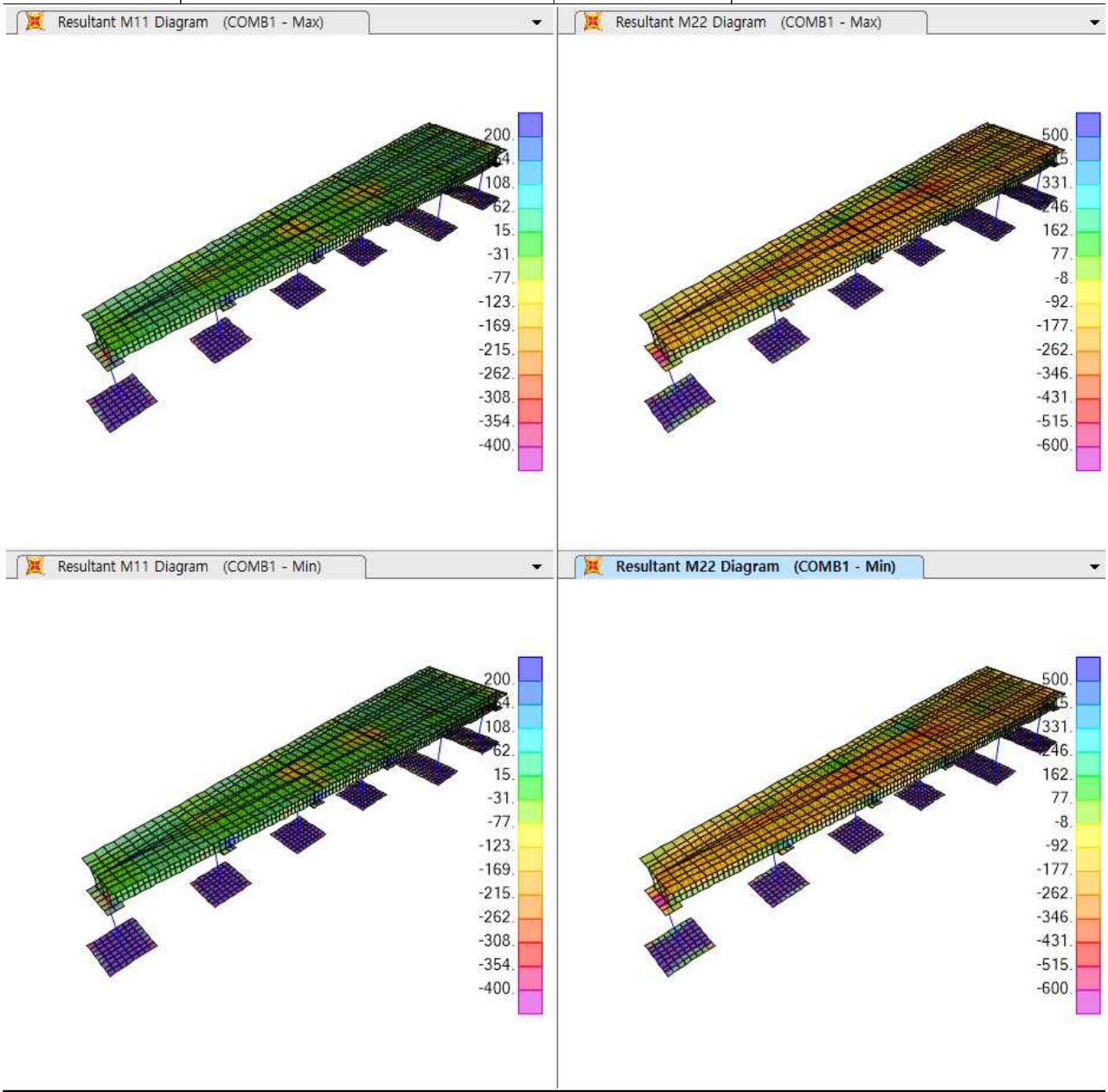
Max Shear Force			
X-Direction		Y-Direction	
Max	300 kN	Max	200 kN
Min	200 kN	Min	200 kN



<그림 128> PSC BEAM형식 설계 전단력도 검토

□ 모멘트도 (Bending Moment Diagram)

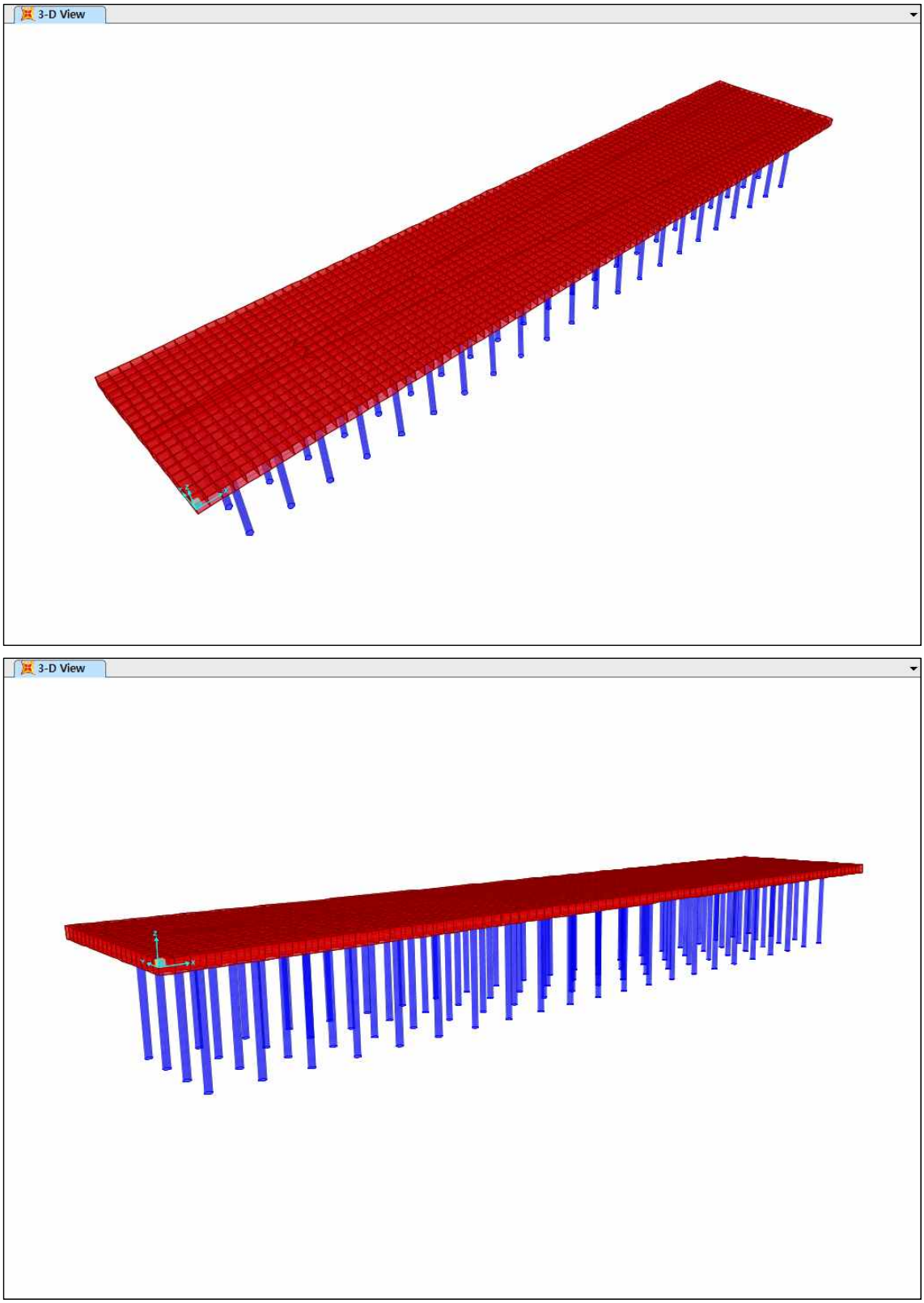
Max. Bending Moment			
X-Direction		Y-Direction	
Max	200 kN	Max	500 kN
Min	400 kN	Min	600 kN



<그림 129> PSC BEAM형식 설계 모멘트도 검토

(4) 말뚝기초 형식

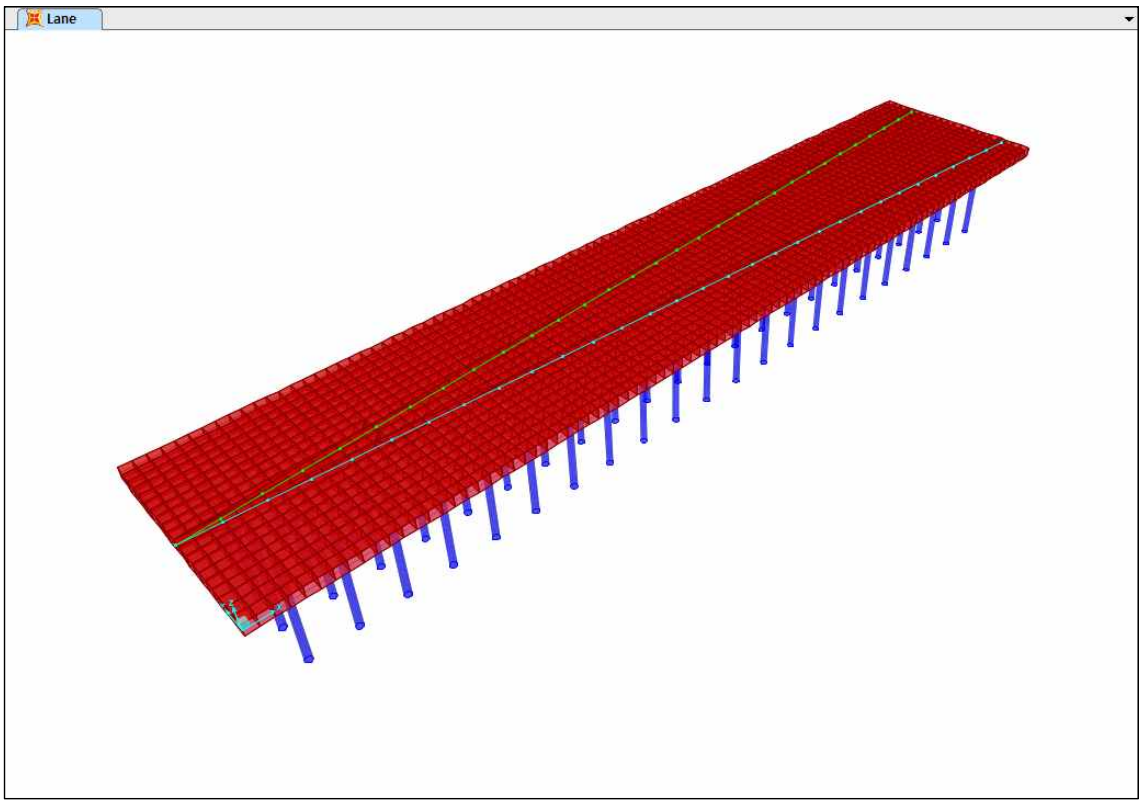
○ 3D MODELING

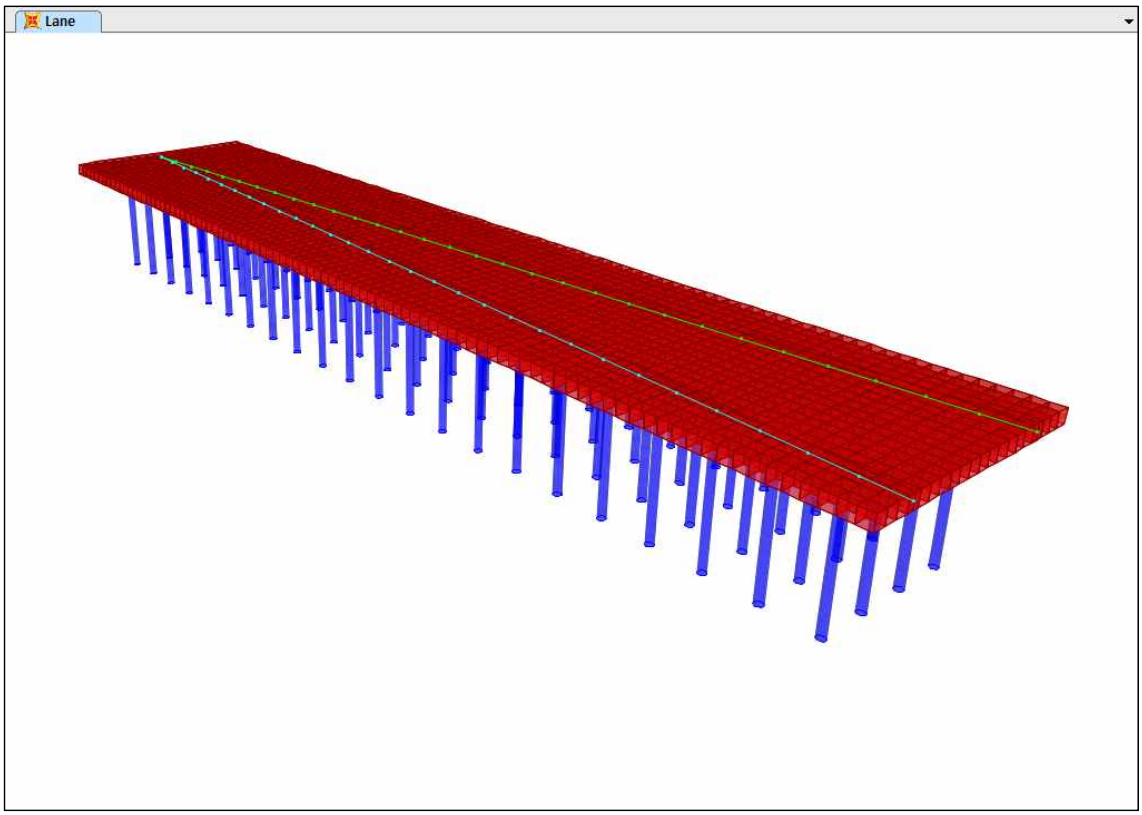


<그림 130> 말뚝기초 형식 3D MODELING

○ PROGRAM INPUT DATA

- 차량 이동하중

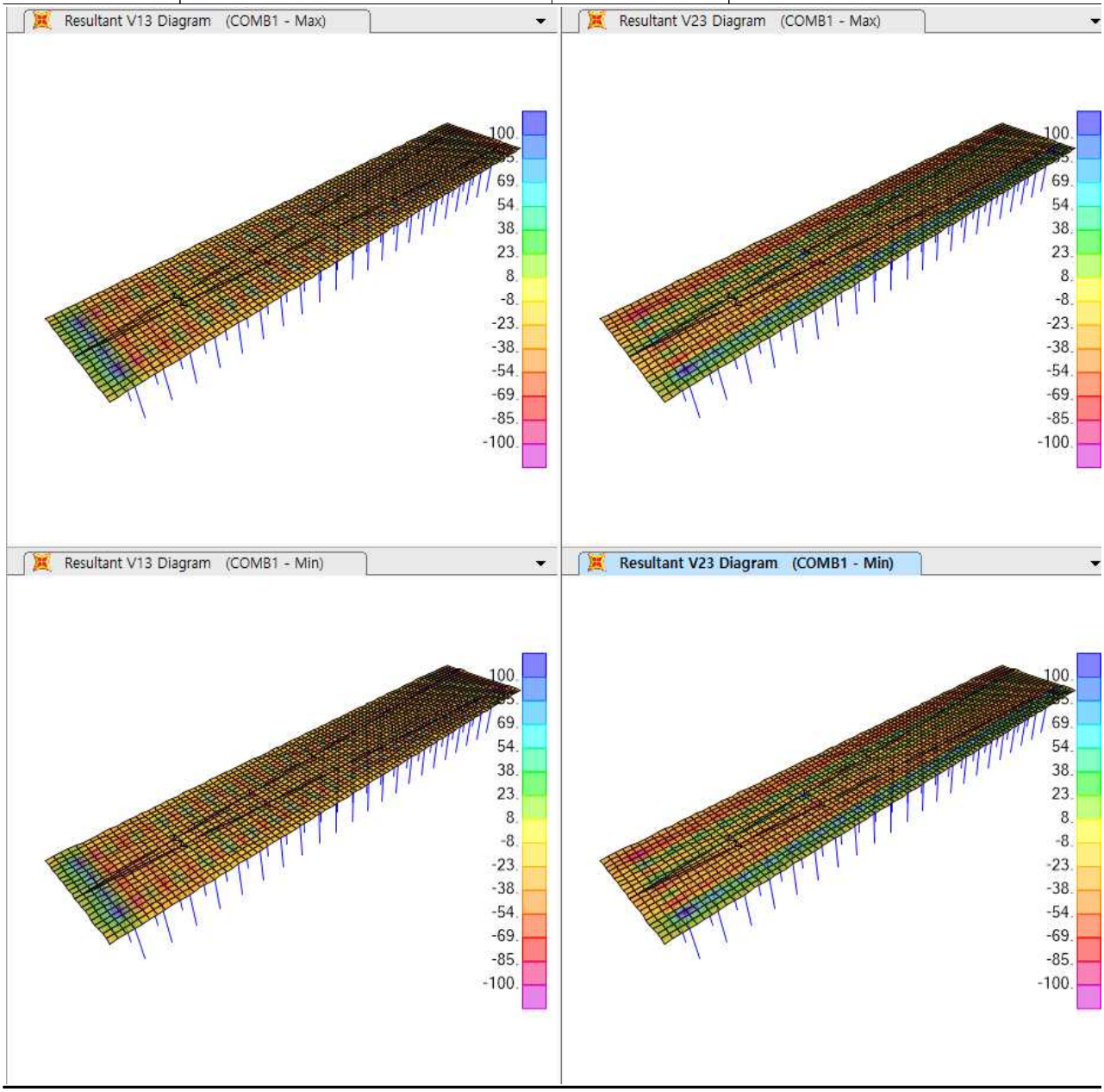




<그림 131> 차량 이동하중

□ 전단력도 (Shear Force Diagram)

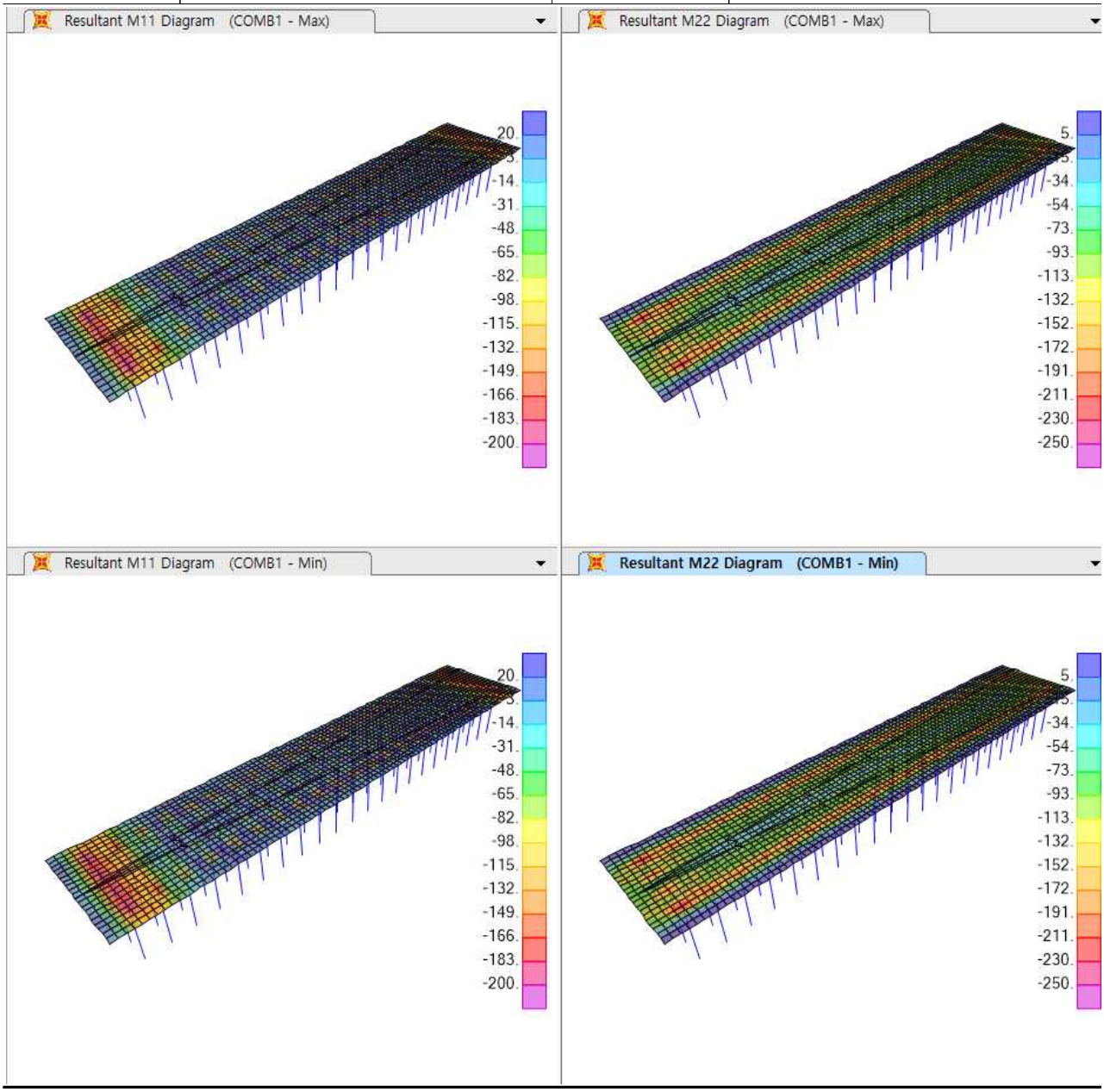
Max Shear Force			
X-Direction		Y-Direction	
Max	100 kN	Max	100 kN
Min	100 kN	Min	100 kN



<그림 132> 말뚝기초 형식 전단력도 검토

□ 모멘트도 (Bending Moment Diagram)

Max. Bending Moment			
X-Direction		Y-Direction	
Max	200 kN	Max	50 kN
Min	200 kN	Min	250 kN



<그림 133> 말뚝기초 형식 모멘트도 검토

나. 구조형식별 결과 검토

<표 131> 대상 구조형식별 단면검토 결과 비교

구분				전단력	모멘트
				Vu (kN)	Mu (kN • m)
교량형식	라멘형식 (TYPE-1)	X-Dir.	Max	150	500
			Min	150	500
		Y-Dir.	Max	200	600
			Min	200	100
	라멘형식 (TYPE-2)	X-Dir.	Max	150	500
			Min	150	500
		Y-Dir.	Max	200	800
			Min	200	100
	BOX형식 (TYPE-1)	X-Dir.	Max	400	400
			Min	100	800
		Y-Dir.	Max	1000	2000
			Min	1000	2000
	BOX형식 (TYPE-2)	X-Dir.	Max	400	800
			Min	300	800
		Y-Dir.	Max	1500	3000
			Min	1400	3000
	PSC BEAM	X-Dir.	Max	300	200
			Min	200	400
		Y-Dir.	Max	200	500
			Min	200	600
말뚝기초 형식		X-Dir.	Max	100	200
			Min	100	200
		Y-Dir.	Max	100	50
			Min	100	250

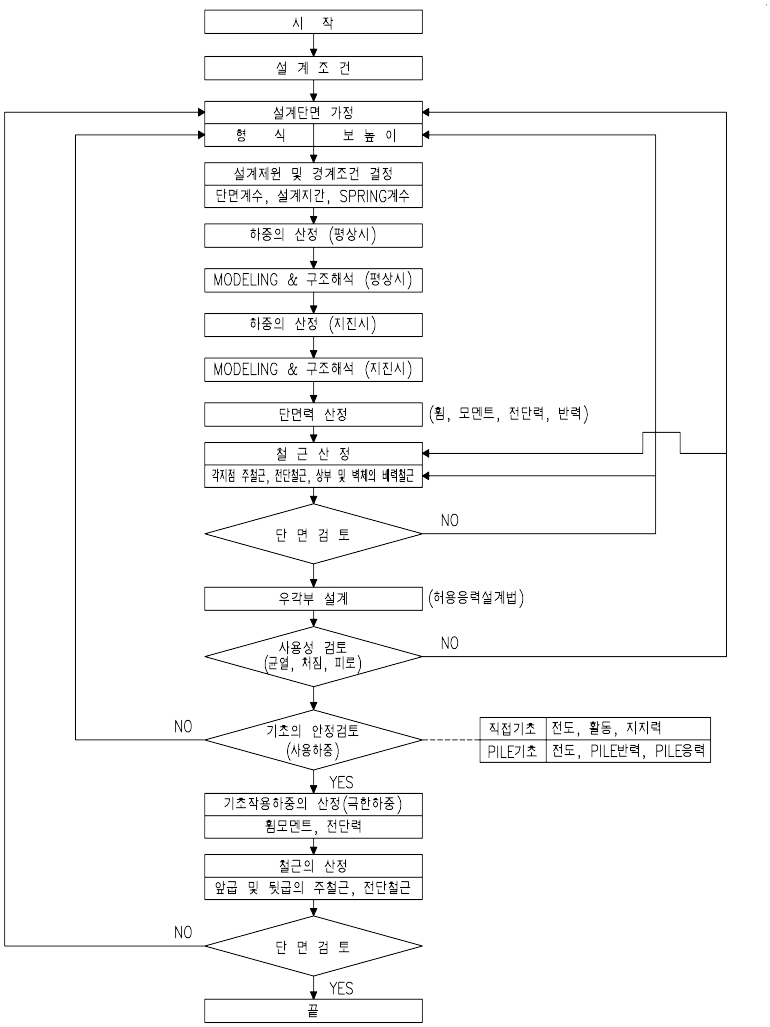
□ **검토결과**

○ 천이구간에 대하여 각각 다른 구조물 형식으로 단면검토를 진행한 결과 부재의 전단력 값이 가장 적게 나오는 구조물 형식은 라멘구조로서 부재단면치수를 가장 효율적으로 줄일 수 있는 구조물은 라멘형식이라고 판단된다.

3. 구조물 설계

가. 구조물 설계절차

○ 설계흐름도



<그림 134> 천이구간 설계 흐름도

나. 구조물의 적용기준

(1) 단면형상

○ 라멘구조는 상부구조와 하부구조를 강결로 연결함으로써 전체 구조의 강성을 높임과 동시에 지간내에 발생하는 휨모멘트의 크기를 줄이는 대신 이를 하부구조(교대, 교각)가 부담하게 하는 구조로 지점의 구조에 따라 문형 라멘교, 연속 라멘교, π형 라멘교 등이 있으면 구조물 형식은 철근콘크리트 구조이다.

○ 본 과업의 천이구간은 시점부(TYPE - A)와 종점부((TYPE - C)에 2경간 라멘교를 적용하였으며 중앙부(TYPE - B)는 3경간 라멘교를 적용하였다.

<표 132> 천이구간 라멘구조 형상

(a) 2경간 라멘교	(b) 3경간 라멘교

(2) 적용설계법

○ 철근콘크리트 구조물의 설계방법은 강도설계법을 적용 하였으며, 강구조물의 경우에는 허용응력법을 적용하였다. 이때 강도설계법에 따르는 철근콘크리트 구조물은 사용성 확보를 위하여 처짐, 균열의 검토를 엄밀히 실시하였다.

- 허용응력설계법

· 재료의 강도에 안전율을 나누어 허용응력(fa)을 산정하고 각 부재가 외력에 대한 단면력의 응력이 허용응력보다 작도록 설계하는 방법이다.

· 즉 사하중, 활하중, 토압, 수압 등의 하중을 받는 구조물 하중에 의해 각 부재에 발생하는 휨모멘트, 전단력, 축방향력을 계산하고 각 값들에 의해 발생하는 응력(f)이 미리 산정하여둔 허용응력(fa)보다 작게 설계하는 방법이다.

- 강도설계법

· 작용하중에 각기 하중별로 특성을 맞추어 1보다 큰 하중계수를 곱하여 극한하중을 설계하중으로 하고, 이에 따라 발생하는 단면력(휨모멘트, 전단력, 축방향력)이 실제 부재가 가지는 강도에 1보다 작은 강도 감소계수를 곱한 저항력보다 작도록 설계하는 방법이다. 즉, $Mu \leq Md = \Phi Mn$, $Vu \leq Vd = \Phi Vn$, $Pu \leq Pd = \Phi Pn$

· 극한강도설계법은 각 하중에 따른 특성에 따라 하중계수를 고려하므로 실제에 가까운 단면력을 산정하여 설계하므로 경제적인 설계법이며 또한 구조물의 강도를 근거로 설계하느로 부재의 극한능력과 저항능력을 알 수 있다.

· 강도설계는 극한강도를 기준으로 설계하므로 사용하중 상태에서의 균열, 처짐 등의 사용성 검토가 필요하다.

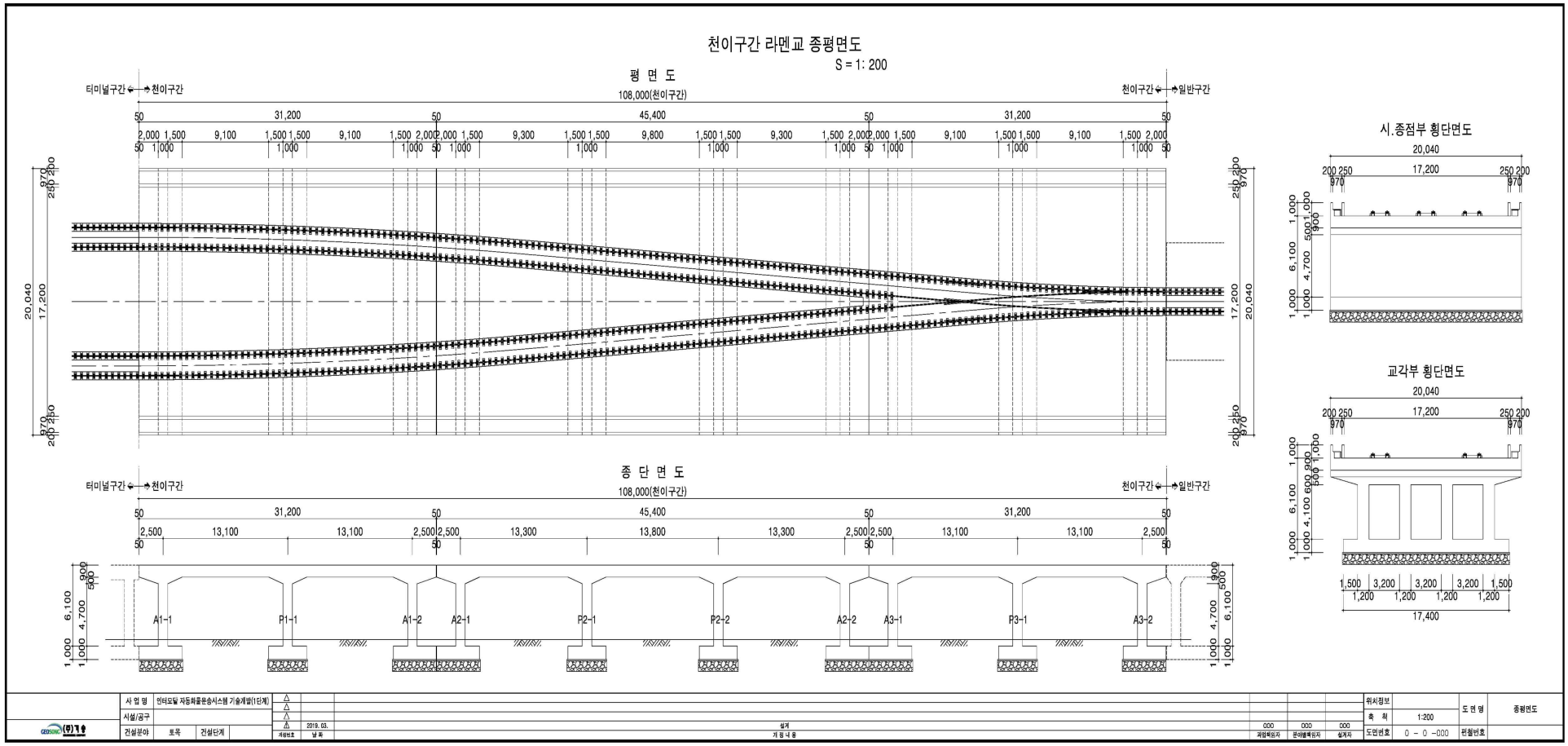
<표 133> 구조물별 적용설계법

적용설계법	본 설계구간 주요대상 구조물		비고
강도설계법 (U.S.D)	R.C 구조물	• 교량 구조물 - 상부슬래브 - 교대 벽체 - 교각 기중 - 기초	• 균열, 처짐 등 사용성검토
허용응력설계법 (W.S.D)	강재 가시설 구조물	-	

다. 천이구간 특수구조물 설계도면

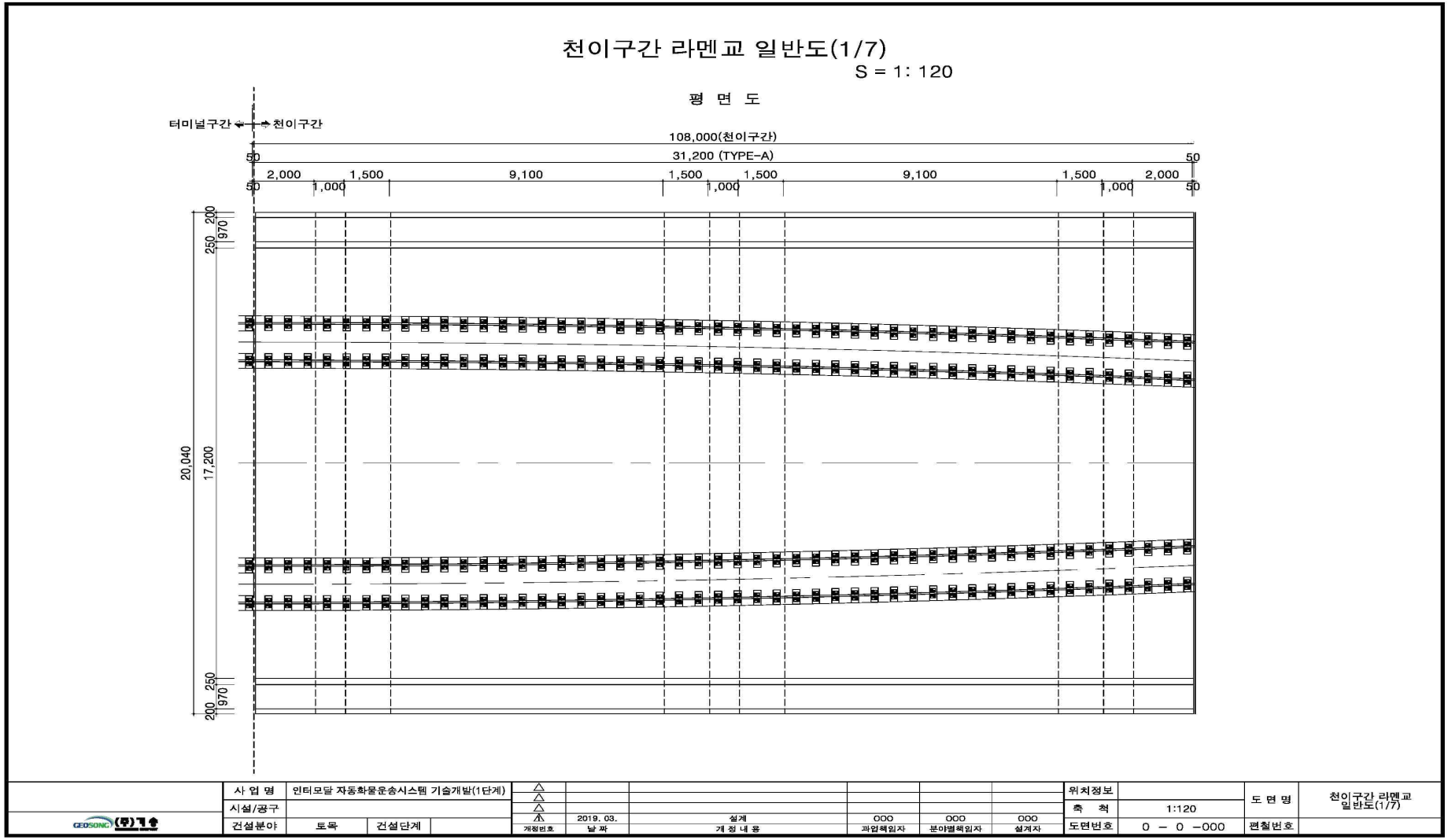
(1) 천이구간 라멘교 종평면도

□ **천이구간 라멘교 종평면도**

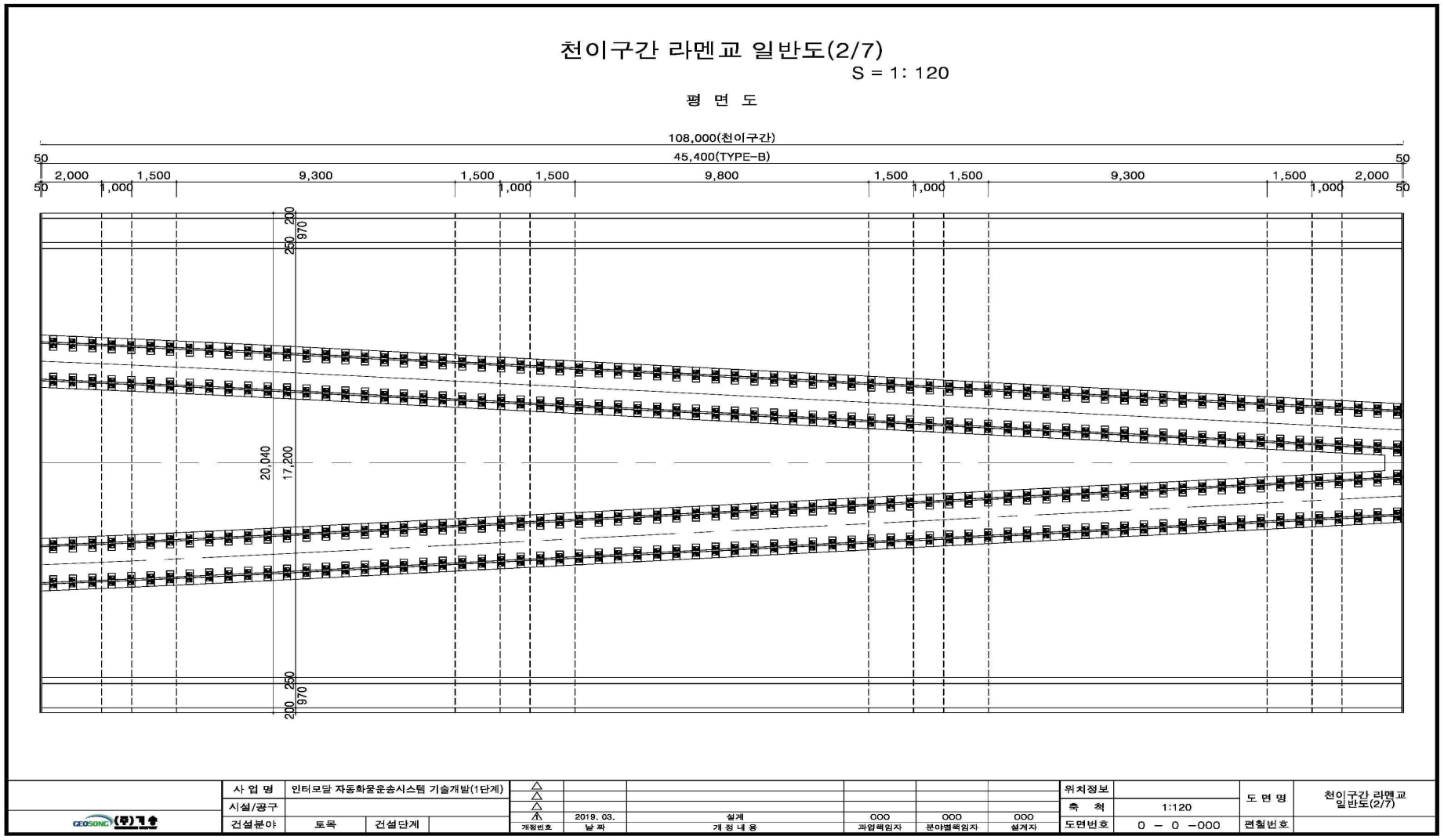


(2) 천이구간 라멘교 일반도

□ 천이구간 라멘교 일반도 (1/7)



□ 천이구간 라멘교 일반도 (2/7)

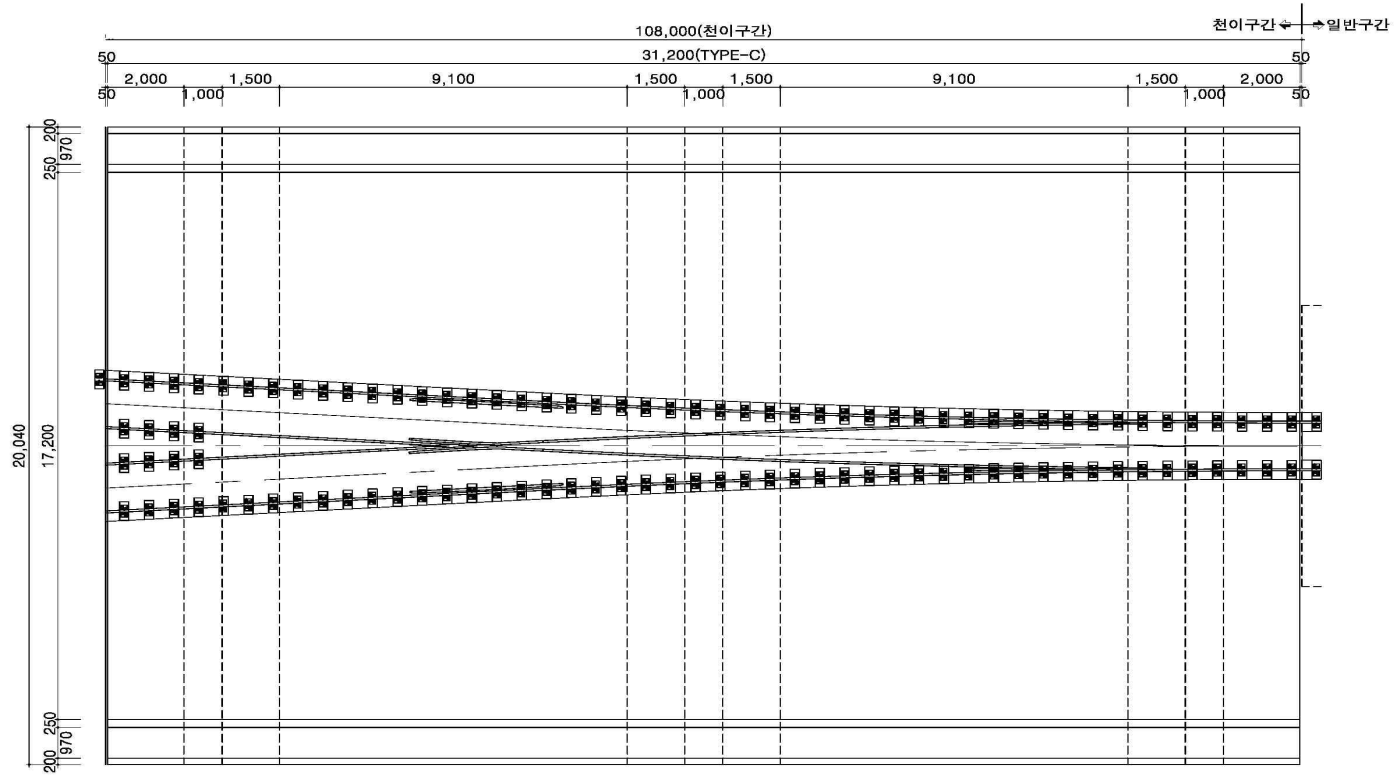


□ 천이구간 라멘교 일반도 (3/7)

천이구간 라멘교 일반도(3/7)

S = 1: 120

평 면 도



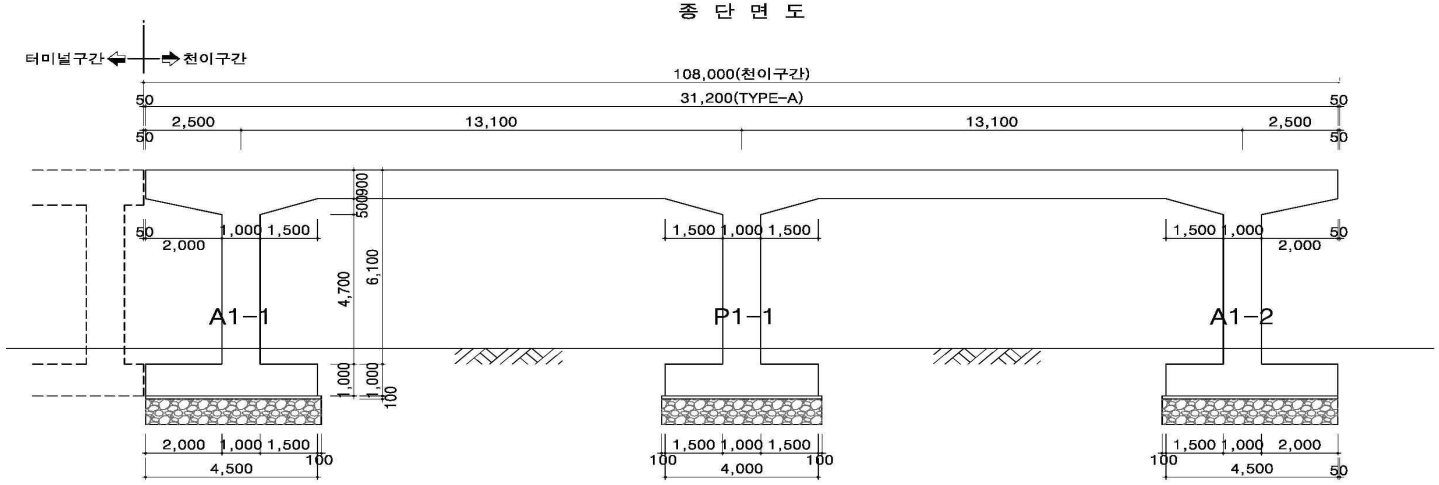
GEOSONG (주)지송	사 업 명	인터모달 자동화물운송시스템 기술개발(1단계)	△						위치정보		도 면 명	천이구간 라멘교 일반도(3/7)
	시설/공구		△						축 척	1:120		
	건설분야	토목	건설단계	△	2019. 03.	설계	OOO	OOO	OOO	도면번호	0 - 0 -000	편철번호	
				개정번호	날 짜	개 정 내 용	과업책임자	분야별책임자	설계자				

□ 천이구간 라멘교 일반도 (4/7)

천이구간 라멘교 일반도(4/7)

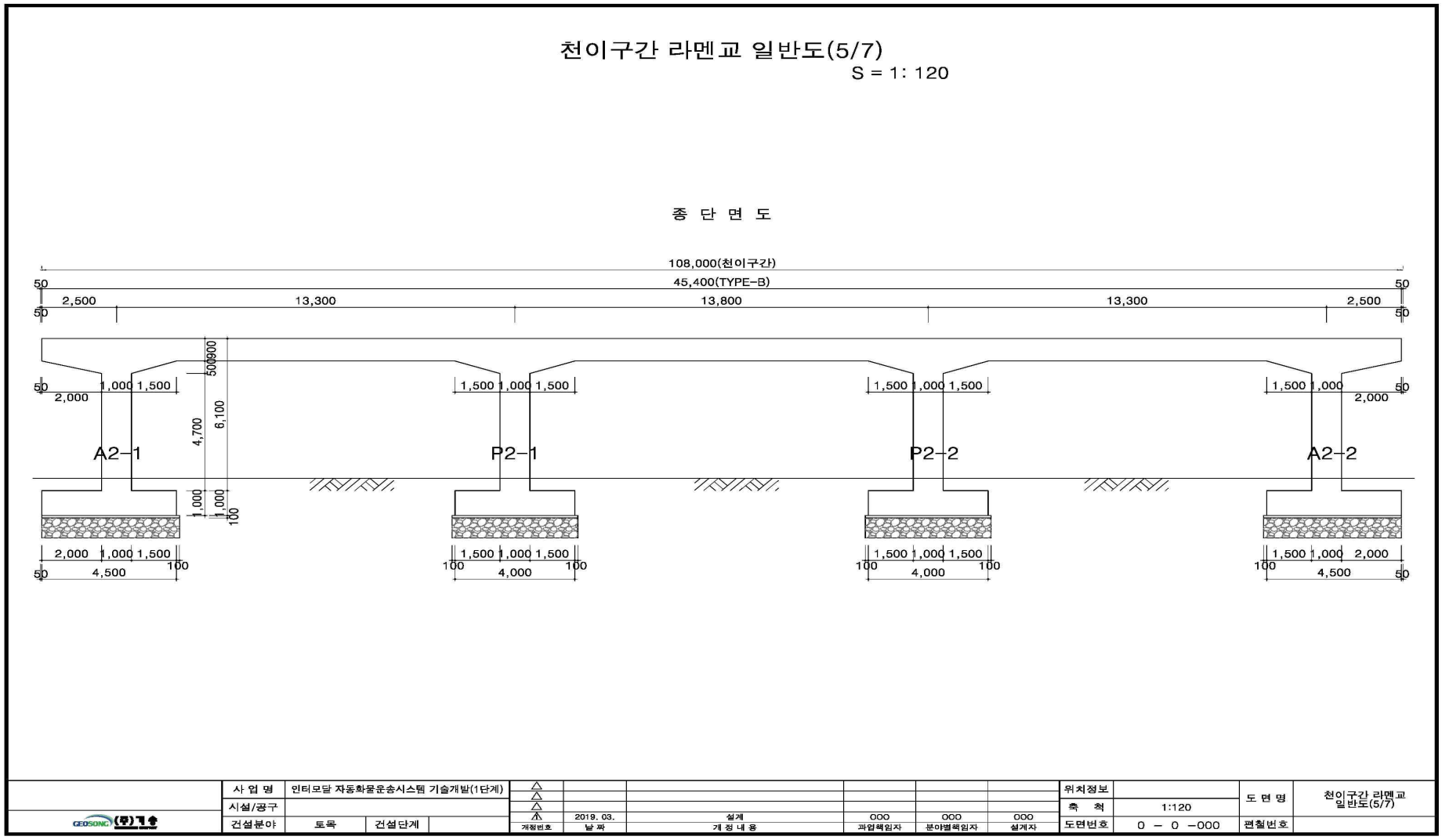
S = 1: 120

종 단 면 도



	사 업 명	인터모달 자동화물운송시스템 기술개발(1단계)	△						위치정보		도 면 명	천이구간 라멘교 일반도(4/7)
	시설/공구		△						축 척	1:120		
GEOSONG (주)지송	건설분야	토목 건설단계	△	2019. 03.	설계	OOO	OOO	OOO	도면번호	0 - 0 -000	편철번호	
			개정번호	날 짜	개 정 내 용	과업책임자	분야별책임자	설계자				

□ 천이구간 라멘교 일반도 (5/7)

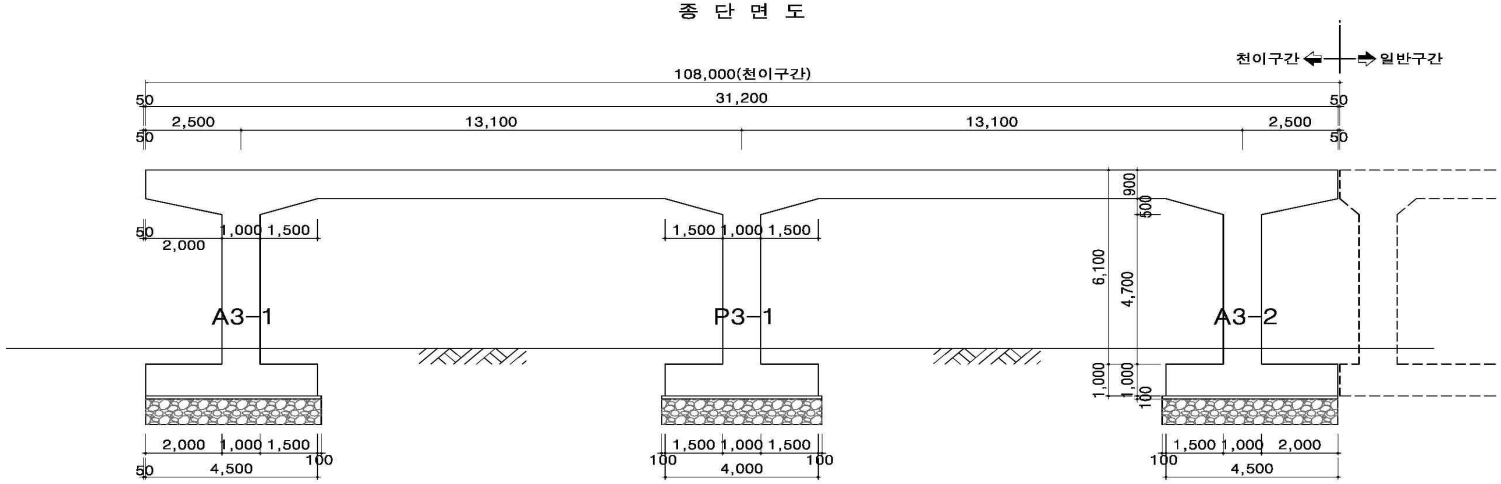


□ 천이구간 라멘교 일반도 (6/7)

천이구간 라멘교 일반도(6/7)

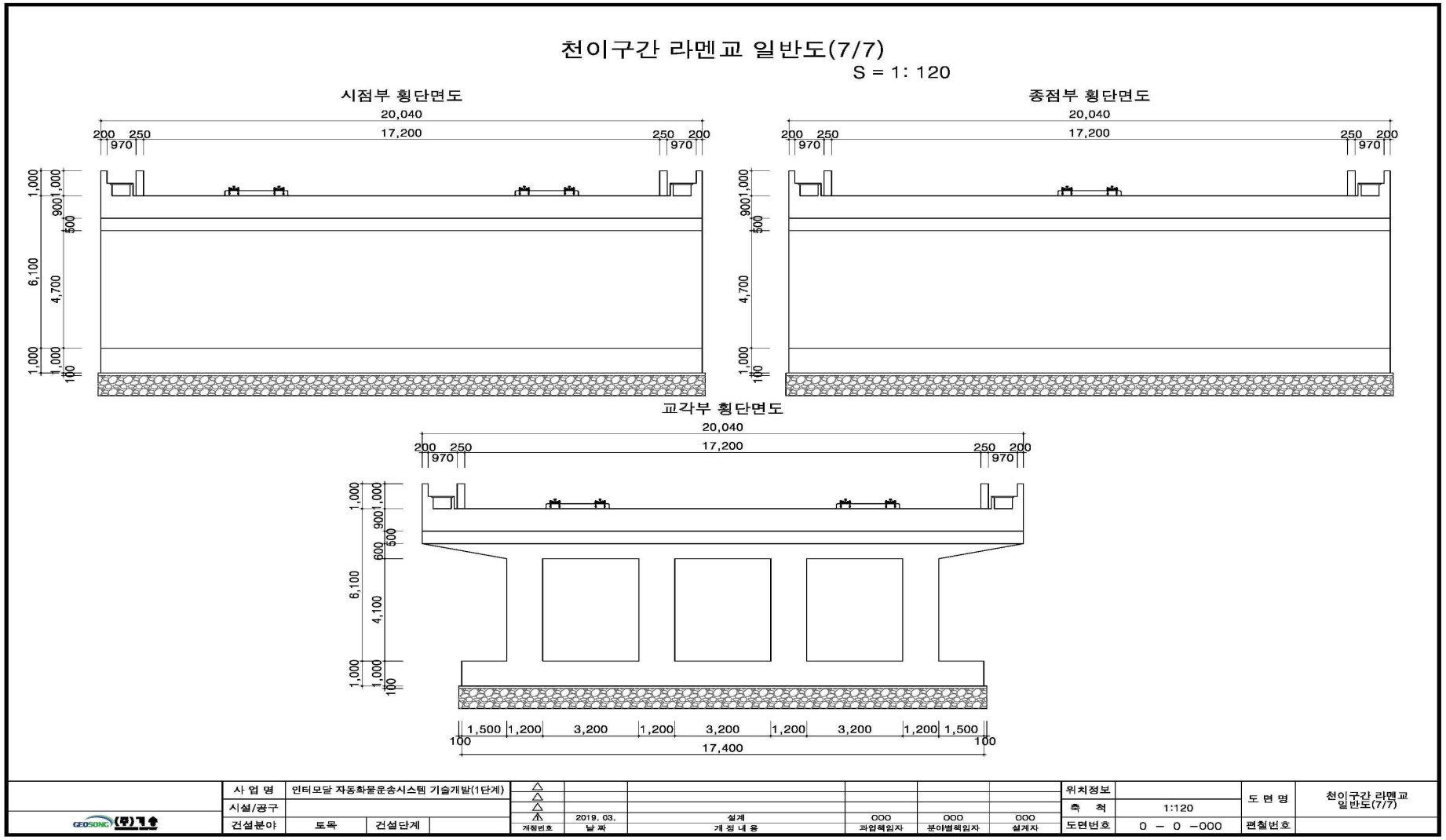
S = 1: 120

종 단 면 도



	사 업 명	인터모달 자동화물운송시스템 기술개발(1단계)						위치정보		도 면 명	천이구간 라멘교 일반도(6/7)
	시설/공구							축 척	1:120		
GEOSONG (주)지송	건설분야	토목	건설단계	개정번호	날 짜	개 정 내 용	과업책임자	분야별책임자	설계자	도면번호	0 - 0 -000	편철번호	
				△									
				△									
				△									
				1	2019. 03.	설계	OOO	OOO	OOO				

□ 천이구간 라멘교 일반도 (7/7)



4. 구조계산 및 구조 안전성 검토

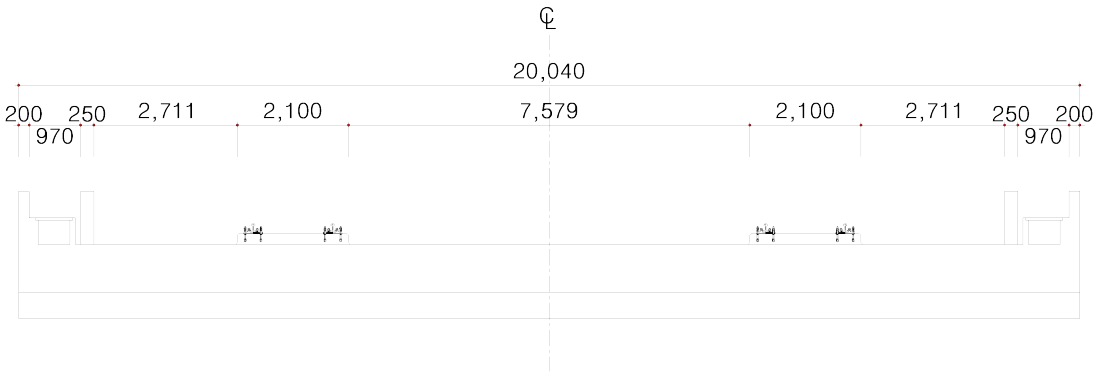
가. 구조물 일반사항

(1) 구조물 제원

<표 134> 천이구간 구조물 제원

구분	교량 형식	교량 연장(m)	폭원(m)	기초형식	사각(°)	비고
시점부(TYPE-A)	2경간 라멘교	31.250	20.040	직접기초	90	
중앙부(TYPE-B)	3경간 라멘교	45.500	20.040	직접기초	90	
종점부(TYPE-B)	2경간 라멘교	31.250	20.040	직접기초	90	

(2) 구조물 횡단면도 구성

횡단면도


<그림 135> 천이구간 횡단면도 제원

(3) 구조물 단면제원

<표 135> 천이구간 구조물 단면 제원

구분	교량 연장(m)	폭원(m)	사각(°)	단면제원(mm)			비고
				슬래브	벽체	기초두께	
시점부(TYPE-A)	31.250	20.040	90	900	1,000	1,000	
중앙부(TYPE-B)	45.500	20.040	90	900	1,000	1,000	
종점부(TYPE-B)	31.250	20.040	90	900	1,000	1,000	

나. 설계 개요

(1) 적용 설계법

<표 136> 천이구간 구조물 대상구조물별 적용설계법

적용설계법	대상 구조물	비고
강도설계법	RC 구조물의 단면검토(슬래브, 벽체, 기초 등)	
허용응력설계법	실하중에 의한 사용성 검토(처짐, 균열 등)	

(2) 구조해석

<표 137> 천이구간 구조물 단면해석 개요

사용프로그램	구조형식	내진설계방법	적용하중	비고
MIDAS CIVIL	R.C Rahman	단일모드 스펙트럼 해석	고정하중, 활하중, 충격하중, 장대레일 종하중, 시동 및 제동하중, 온도하중, 건조수축, 지진하중	

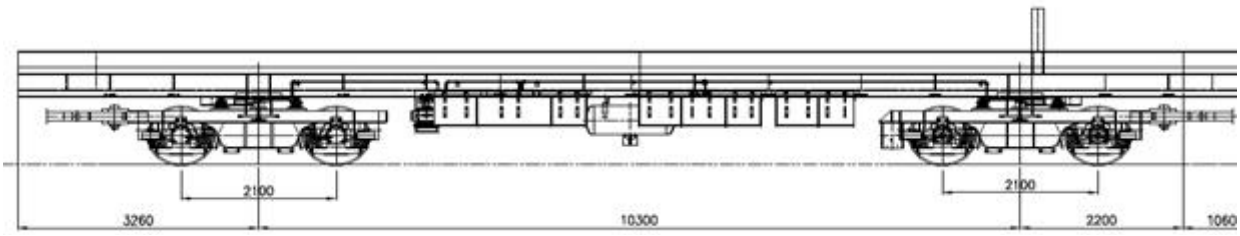
다. 설계하중

(1) 고정하중

(단위:kN/㎥)

재 료	단 위 중 량	재 료	단 위 중 량
철근콘크리트	25.00	모 르 터 르	23.50
뒷 채 움 토 사	20.00	궤 도	3.00
포 장	22.50	도 상	25.00

(2) 활하중

열 차 하 중					
					
최고속도	40km/h	자중	약 340kN	하중	약 310kN

(3) 토압

○ 흙의 내부마찰각 : $\theta = 35^\circ$ 적용

○ 정지토압계수 : $K_0 = 1 - \sin\theta = 1 - \sin 35^\circ = 0.426$ 적용

(4) 온도하중

○ 선팽창계수 : $\alpha = 1.00E-05$ 적용

○ 바닥판 상하면 온도차 : 5℃ 적용

○ 콘크리트교 온도변화의 범위(온도에 의한 신축) : 보통 15℃ 이지만 단면의 최소치수가 700mm 이상인 경우 10℃ 적용

(5) 건조수축

○ 건조수축변형율 : 0.00015 적용

(6) 지점침하

○ 지점침하 : 10mm 적용

(7) 지진하중

○ 내진등급 : 1등급(가속도계수 (A)=지진구역계수×위험계수 = 0.11 × 0.140 = 0.154)

○ 지반계수 : 지반종류 1구역, 지반계쑤 S = 1.2 적용

○ 지진시 토압 : Mononobe-Okabe 공식 적용

○ 해석 방법 : 단일모드 스펙트럼 해석법 적용

라. 하중계수 및 하중조합

(1) 사용하중 조합

<표 138> 천이구간 구조물 사용하중 조합

구분	고정하중 D	연직토압 H	활하중 L+I	온도하중(+) T	온도하중(-) T	건조수축 G	지점침하 SM	시동 및 제동하중 SB	장대레일 종하중 LR
SV01	1.00	1.00	1.00						
SV02	1.00	1.00							
SV03	1.00	1.00	1.00					1.00	1.00
SV04	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00		
SV05	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00		
SV06	1.00	1.00		1.00		1.00	1.00		
SV07	1.00	1.00			1.00	1.00	1.00		
SV08	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
SV09	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

(2) 계수하중 조합

<표 139> 천이구간 구조물 계수하중 조합

구분	고정하중 D	연직토압 H	활하중 L+I	온도하중(+) T	온도하중(-) T	건조수축 G	지점침하 SM	시동 및 제동하중 SB	장대레일 종하중 LR
UL01	1.40	1.40	2.00						
UL02	1.70	1.40	1.70						
UL03	1.40	1.40							
UL04	1.70	1.40	1.40					1.40	1.40
UL05	1.40	1.40	1.40	1.40		1.40	1.40		
UL06	1.40	1.40	1.40		1.40	1.40	1.40		
UL07	1.40	1.40		1.40		1.40	1.40	1.40	1.40
UL08	1.40	1.40			1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
UL09	1.40	1.40	1.40	1.40		1.40	1.40	1.40	1.40
UL10	1.40	1.40	1.40		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40

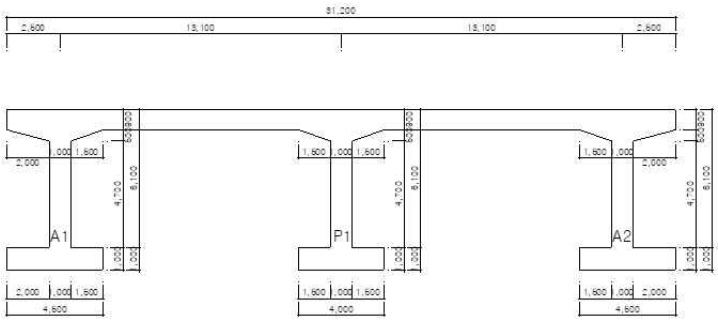
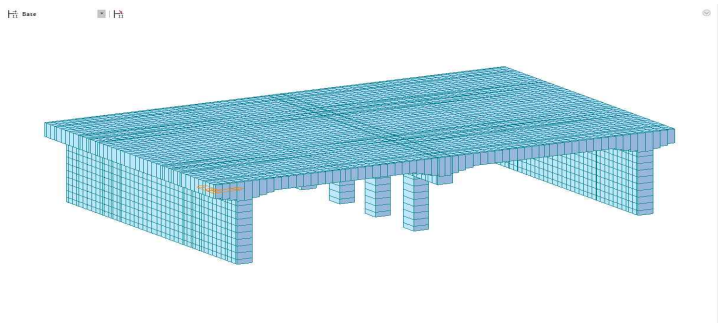
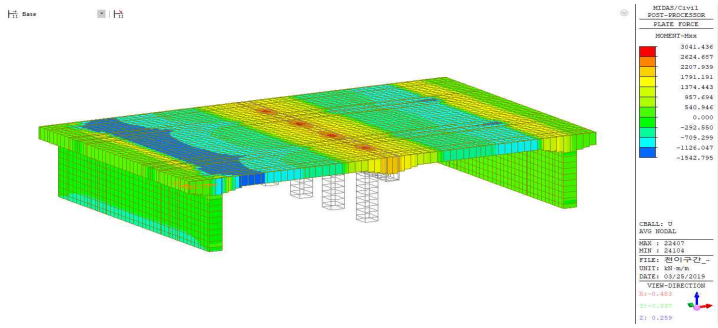
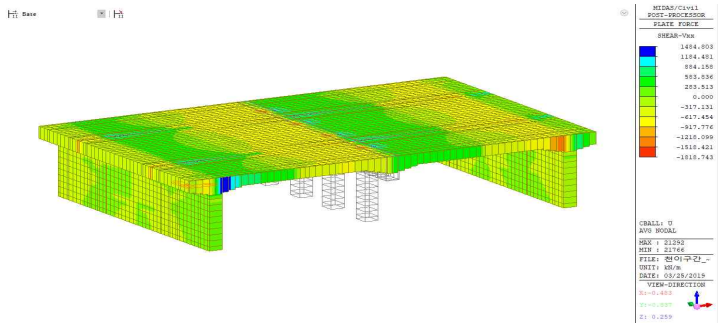
(3) 지진하중 조합

<표 140> 천이구간 구조물 지진하중 조합

구분	고정하중	연직토압	양토압	지진하중	비 고
EQ01	1.00	1.00	1.00	1.00	

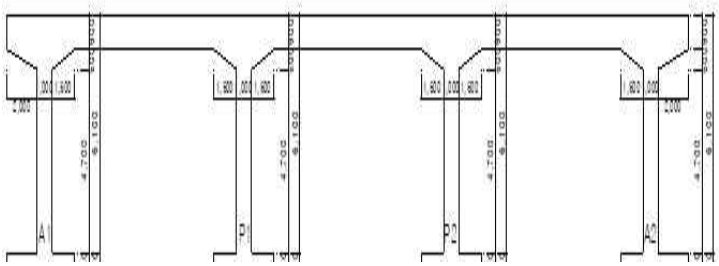
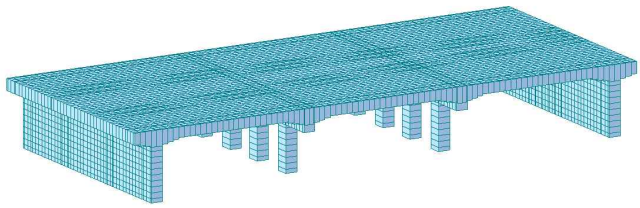
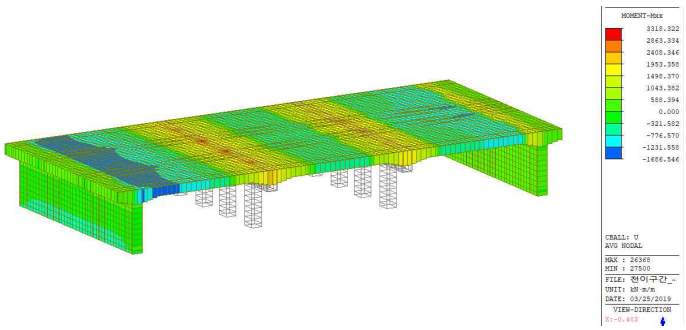
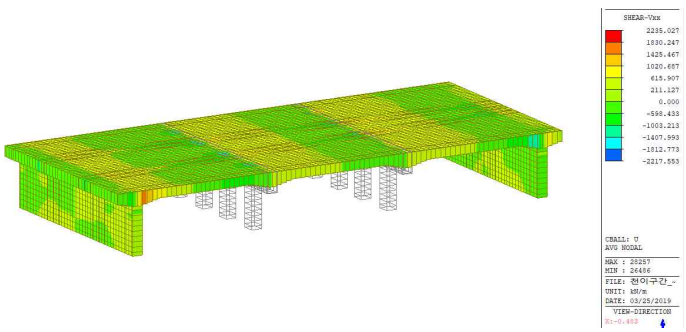
마. 모델링 및 구조해석

(1) TYPE-A

단면가정

MIDAS 모델링

B.M.D

S.F.D


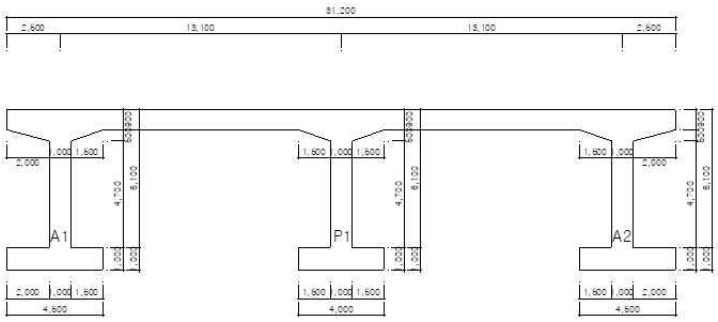
<그림 136> 모델링 및 구조해석(TYPE-A)

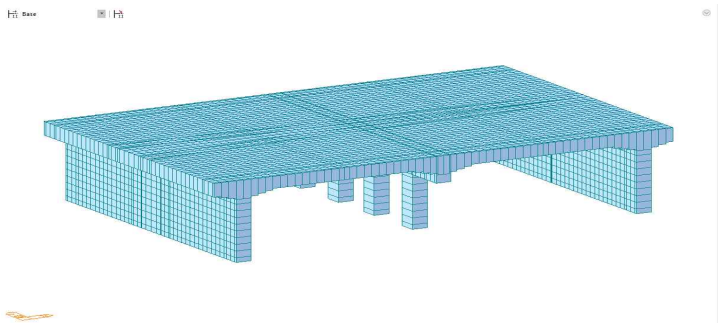
(2) TYPE-B

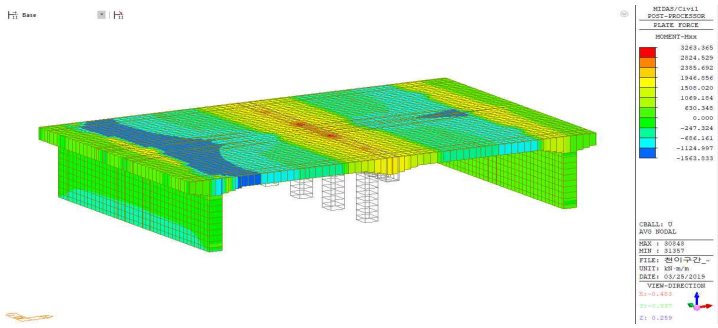
단면가정

MIDAS 모델링

B.M.D

S.F.D


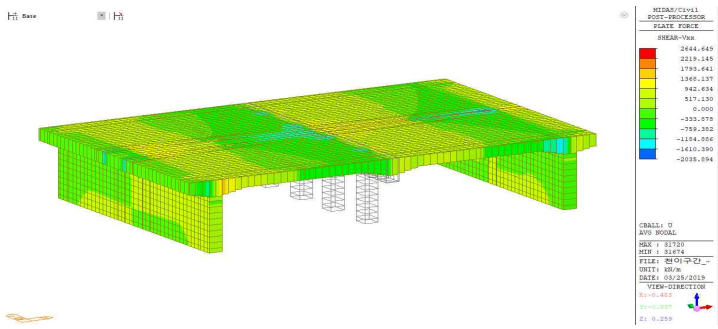
<그림 137> 모델링 및 구조해석(TYPE-B)

(3) TYPE-C

단면가정


MIDAS 모델링


B.M.D


S.F.D


<그림 138> 모델링 및 구조해석(TYPE-C)

바. 부재력 집계

(1) TYPE-A

<표 141> 부재력 집계(TYPE-A)

구분		휨모멘트(kN.m)		전단력(kN)	비 고
		계수하중	사용하중	계수하중	
슬래브	좌측단부	-990.391	-707.422	734.611	
	1경간중앙부	1062.070	747.235	483.072	
	1경간지점부	-2491.222	-1779.444	920.499	
	2경간중앙부	1008.221	720.158	468.051	
	우측단부	-1065.988	-761.420	700.628	
시점벽체	상단부	-864.926	-617.805	421.330	
	중앙(전면)	140.318	81.148	403.965	
	중앙(배면)	-980.772	-700.551	403.965	
	하단(전면)	456.653	268.620	444.497	
	하단(배면)	-1425.873	-1018.481	444.497	
종점벽체	상단부	-912.345	-651.675	373.232	
	중앙(전면)	223.994	152.160	356.465	
	중앙(배면)	-833.066	-630.761	356.465	
	하단(전면)	572.270	372.483	392.374	
	하단(배면)	-1268.468	-906.048	392.374	
거더	정모멘트부	1201.760	-858.400	0.000	
	부모멘트부	-2247.713	1322.204	1379.514	

(2) TYPE-B

<표 142> 부재력 집계(TYPE-B)

구분		휨모멘트(kN.m)		전단력(kN)	비 고
		계수하중	사용하중	계수하중	
슬래브	좌측단부	-872.137	-497.656	743.920	
	1경간중앙부	1213.933	867.095	526.578	
	1경간지점부	-2570.112	-1835.794	973.058	
	2경간중앙부	867.314	508.878	584.254	
	2경간지점부	-2520.904	-1800.646	912.083	
	3경간중앙부	1199.979	857.128	547.634	
	우측단부	-1071.479	-765.342	848.985	
시점벽체	상단부	-762.092	-448.289	530.160	
	중앙(전면)	136.123	78.967	512.974	
	중앙(배면)	-1327.173	-947.981	512.974	
	하단(전면)	444.037	261.198	571.608	
	하단(배면)	-1954.507	-1296.076	571.608	
종점벽체	상단부	-983.286	-702.347	559.738	
	중앙(전면)	244.482	166.717	453.766	
	중앙(배면)	-1273.402	-909.573	453.766	
	하단(전면)	579.842	387.653	510.863	
거더	하단(배면)	-1764.419	-1260.300	510.863	
	정모멘트부	1189.920	849.943	0.000	
	부모멘트부	-2224.736	-1317.396	1370.961	

(3) TYPE-C

<표 143> 부재력 집계(TYPE-C)

구분		휨모멘트(kN.m)		전단력(kN)	비 고
		계수하중	사용하중	계수하중	
슬래브	좌측단부	-1160.918	-829.227	743.578	
	1경간중앙부	1086.615	776.153	510.687	
	1경간지점부	-2441.648	-1744.034	955.143	
	2경간중앙부	1143.404	816.717	496.217	
	우측단부	-1246.571	-890.408	716.477	
시점벽체	상단부	-1009.213	-720.867	445.653	
	중앙(전면)	137.735	79.427	437.490	
	중앙(배면)	-963.040	-687.886	437.490	
	하단(전면)	424.082	249.460	425.839	
	하단(배면)	-1394.520	-996.086	425.839	
종점벽체	상단부	-1055.413	-753.867	413.156	
	중앙(전면)	198.661	134.037	402.961	
	중앙(배면)	-886.041	-632.887	402.961	
	하단(전면)	511.738	336.462	389.106	
	하단(배면)	-1276.879	-912.056	389.106	
거더	정모멘트부	1182.195	844.425	0.000	
	부모멘트부	-2098.467	-1234.952	1357.857	

사. 단면설계 사용성 검토

(1) TYPE-A

<표 144> 단면설계 사용성 검토(TYPE-A)

구분		휨모멘트 검토		전단력 검토		사용성 검토		비 고
		Mu(kN.m)	ϕMn(kN.m)	Vu(kN)	ϕVn(kN)	철근간격 (mm)	최대간격 (mm)	
슬래브	좌측단부	990.391	1396.913	734.611	1198.453	150.00	302.03	O.K
	1경간중앙부	1062.070	1154.224	483.072	539.101	150.00	206.51	O.K
	1경간지점부	2491.222	2539.527	920.499	1126.257	150.00	161.81	O.K
	2경간중앙부	1008.221	1154.224	468.051	539.101	150.00	219.49	O.K
	우측단부	1065.988	1396.913	700.628	1198.453	150.00	270.77	O.K
시점벽체	상단부	864.926	1256.152	421.330	584.567	150.00	240.39	O.K
	중앙(전면)	140.318	769.951	403.965	584.567	150.00	1694.21	O.K
	중앙(배면)	980.772	1256.152	403.965	584.567	150.00	186.75	O.K
	하단(전면)	456.653	769.951	444.497	584.567	150.00	417.26	O.K
	하단(배면)	1425.873	1872.943	444.497	560.145	150.00	177.03	O.K
종점벽체	상단부	912.345	1256.152	373.232	584.567	150.00	216.79	O.K
	중앙(전면)	223.994	769.951	356.465	584.567	150.00	903.53	O.K
	중앙(배면)	833.066	1256.152	356.465	584.567	150.00	231.07	O.K
	하단(전면)	572.270	769.951	392.374	584.567	150.00	238.87	O.K
	하단(배면)	1268.468	1872.943	392.374	560.145	150.00	225.52	O.K
거더	정모멘트부	1201.760	2325.148	0.000	1169.134	100.00	353.14	O.K
	부모멘트부	2247.713	3439.041	1379.514	2241.574	100.00	120.03	O.K

(2) TYPE-B

<표 145> 단면설계 사용성 검토(TYPE-B)

구분		휨모멘트 검토		전단력 검토		사용성 검토		비 고
		Mu(kN.m)	ϕMn(kN.m)	Vu(kN)	ϕVn(kN)	철근간격 (mm)	최대간격 (mm)	
슬래브	좌측단부	872.137	1396.913	743.920	1198.453	150.00	487.83	O.K
	1경간중앙부	1213.933	1411.093	526.578	868.777	150.00	229.86	O.K
	1경간지점부	2570.112	2828.061	973.058	1133.885	150.00	193.12	O.K
	2경간중앙부	867.314	1154.224	584.254	868.777	150.00	368.23	O.K
	2경간지점부	2520.904	2828.061	912.083	1133.885	150.00	199.52	O.K
	3경간중앙부	1199.979	1411.093	547.634	868.777	150.00	234.10	O.K
	우측단부	1071.479	1396.913	848.985	1198.453	150.00	268.68	O.K
시점벽체	상단부	762.092	1256.152	530.160	584.567	150.00	412.13	O.K
	중앙(전면)	136.123	769.951	512.974	584.567	150.00	1741.00	O.K
	중앙(배면)	1327.173	2258.004	512.974	552.091	150.00	285.56	O.K
	하단(전면)	444.037	769.951	571.608	584.567	150.00	435.44	O.K
	하단(배면)	1954.507	2258.004	571.608	767.608	150.00	151.46	O.K
종점벽체	상단부	983.286	1256.152	559.738	584.567	150.00	185.73	O.K
	중앙(전면)	244.482	769.951	453.766	584.567	150.00	808.30	O.K
	중앙(배면)	1273.402	2258.004	453.766	552.091	150.00	306.64	O.K
	하단(전면)	579.842	769.951	510.863	584.567	150.00	220.81	O.K
	하단(배면)	1764.419	2258.004	510.863	767.608	150.00	161.82	O.K
거더	정모멘트부	1189.920	2325.148	0.000	1169.134	100.00	358.87	O.K
	부모멘트부	2224.736	3439.041	1370.961	2241.574	100.00	122.16	O.K

(3) TYPE-C

<표 146> 단면설계 사용성 검토(TYPE-C)

구분		휨모멘트 검토		전단력 검토		사용성 검토		비 고
		Mu(kN.m)	ϕMn(kN.m)	Vu(kN)	ϕVn(kN)	철근간격 (mm)	최대간격 (mm)	
슬래브	좌측단부	1160.918	1396.913	743.578	1198.453	150.00	237.29	O.K
	1경간중앙부	1086.615	1154.224	510.687	539.101	150.00	193.65	O.K
	1경간지점부	2441.648	2539.527	955.143	1126.257	150.00	167.92	O.K
	2경간중앙부	1143.404	1154.224	496.217	539.101	150.00	177.14	O.K
	우측단부	1246.571	1396.913	716.477	1198.453	150.00	211.45	O.K
시점벽체	상단부	1009.213	1256.152	445.653	584.567	150.00	175.47	O.K
	중앙(전면)	137.735	769.951	437.490	584.567	150.00	1730.92	O.K
	중앙(배면)	963.040	1256.152	437.490	584.567	150.00	194.13	O.K
	하단(전면)	424.082	769.951	425.839	584.567	150.00	466.40	O.K
	하단(배면)	1394.520	1872.943	425.839	560.145	150.00	185.81	O.K
종점벽체	상단부	1055.413	1256.152	413.156	584.567	150.00	158.43	O.K
	중앙(전면)	198.661	769.951	402.961	584.567	150.00	1025.70	O.K
	중앙(배면)	886.041	1256.152	402.961	584.567	150.00	229.57	O.K
	하단(전면)	511.738	769.951	389.106	584.567	150.00	288.26	O.K
	하단(배면)	1276.879	1872.943	389.106	560.145	150.00	222.63	O.K
거더	정모멘트부	1182.195	2325.148	0.000	1169.134	100.00	362.67	O.K
	부모멘트부	2098.467	3439.041	1357.857	2241.574	100.00	161.27	O.K

아. 구조물 기초검토

○ 구조물의 기초는 지반조건과 시공위치의 환경적 특성에 따라 다양한 형식의 선정이 가능하다.

○ 본 보고서에서는 시공 현장여건이 정해지지 않아 부득이하게 기초에 대한 부분은 가정하상으로 둘 수밖에 없으며,

○ 말뚝기초와 같이 지반 여건에 따라 설계 변수가 많은 기초형식은 배제하고, 일반적인 직접기초형식을 가정사항으로 두고 설계를 진행하였다.

○ 이는 이후 공사비 비교를 위해 타 형식의 교량 공사비와 비교하기 위해서도 적절한 가정사항으로 판단된다.

(1) TYPE-A

<표 147> 기초 검토결과(TYPE-A)

구 분			발생값	허용값	
시점	평상시	전도(m)	0.70	0.75	O.K
		활동(안전율)	4.13	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	377.163	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.10	1.50	O.K
		활동(안전율)	2.90	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	186.591	900.000	O.K
종점	평상시	전도(m)	0.63	0.75	O.K
		활동(안전율)	3.55	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	360.682	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.10	1.50	O.K
		활동(안전율)	2.90	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	186.591	900.000	O.K
중간	평상시	전도(m)	0.53	0.67	O.K
		활동(안전율)	3.39	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	491.893	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.04	1.33	O.K
		활동(안전율)	85.96	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	225.194	900.000	O.K

(2) TYPE-B

<표 148> 기초 검토결과(TYPE-B)

구 분			발생값	허용값	
시점	평상시	전도(m)	0.70	0.75	O.K
		활동(안전율)	4.13	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	377.163	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.10	1.50	O.K
		활동(안전율)	2.90	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	186.591	900.000	O.K
종점	평상시	전도(m)	0.63	0.75	O.K
		활동(안전율)	3.55	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	360.682	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.10	1.50	O.K
		활동(안전율)	2.90	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	186.591	900.000	O.K
중간	평상시	전도(m)	0.53	0.67	O.K
		활동(안전율)	3.39	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	491.893	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.04	1.33	O.K
		활동(안전율)	85.96	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	225.194	900.000	O.K

(3) TYPE-C

<표 149> 기초 검토결과(TYPE-C)

구 분			발생값	허용값	
시점	평상시	전도(m)	0.70	0.75	O.K
		활동(안전율)	4.13	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	377.163	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.10	1.50	O.K
		활동(안전율)	2.90	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	186.591	900.000	O.K
종점	평상시	전도(m)	0.63	0.75	O.K
		활동(안전율)	3.55	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	360.682	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.10	1.50	O.K
		활동(안전율)	2.90	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	186.591	900.000	O.K
중간	평상시	전도(m)	0.53	0.67	O.K
		활동(안전율)	3.39	1.50	O.K
		지지력(kN/m²)	491.893	600.000	O.K
	지진시	전도(m)	0.04	1.33	O.K
		활동(안전율)	85.96	1.20	O.K
		지지력(kN/m²)	225.194	900.000	O.K

5. 천이구간 물량산출 및 공사비산출을 통한 공사비 분석

가. 물량산출

(1) 천이구간 라멘교 물량집계표

<표 150> 천이구간 구조물 물량 집계

공 종	규 격	단위	TYPE-A (31.2m)	TYPE-B (45.4m)	TYPE-C (31.2m)	합 계
콘 크 리 트	25-27-15	㎥	1426.519	1914.484	1426.519	4767.522
	40-16-8	㎥	27.527	36.028	27.527	91.082
콘크리트 타설	0~15m(펌프카)	㎥	1426.519	1914.484	1426.519	4767.522
	무근CON'C(VIB제외)	㎥	27.527	36.028	27.527	91.082
거푸집	합판3회(0~7m)	㎡	1955.334	2749.728	1955.334	6660.396
	합판3회(7~10m)	㎡				
	합판4회	㎡	146.240	194.320	146.240	486.800
	합판6회	㎡	14.864	19.752	14.864	49.480
비 계	강 관	㎡	1022.784	1406.272	1022.784	3451.840
비 계 다 리		m	547.920	753.360	547.920	1849.200
동 바 리	강 관	공/㎥	2927.926	4369.484	2927.926	10225.336
	데크피니셔용	공/㎥				
	수평연결재	㎡	577.428	665.880	577.428	1820.736
슬래브양생		㎡	625.248	909.816	625.248	2160.312
교면 방수		㎡	536.640	780.880	536.640	1854.160
면 고 르 기		㎡	625.248	909.816	625.248	2160.312
스 페 이 셔	바 닥 용	㎡	1178.350	1699.216	1178.350	4055.916
	벽 체 용	㎡	1183.744	1479.300	1183.744	3846.788
교 량 명 판	설 명 판	〃	1	1	1	3
	교 명 판	〃	1	1	1	3
철근가공 및 조립	간 단	TON				
	보 통	TON				
	복 잡	TON	159.948	235.833	159.948	555.729
T. B. M	황동 주물	EA	1			1
콘크리트 양생		㎡	2362.094	3204.568	2362.094	7928.756
신축이음	스티로폼(T=50mm)	㎡	36.072		36.072	72.144

(2) 천이구간 라멘교 철근집계표

<표 151> 천이구간 구조물 철근집계

직 경	단 위	TYPE-A (31.2m)	TYPE-B (45.4m)	TYPE-C (31.2m)	계	비 고
H32	TON		29.663		29.663	NET
			31.443		31.443	ADD 6%
H29	TON	45.244	55.949	45.244	146.437	NET
		47.959	59.306	47.959	155.224	ADD 6%
H25	TON	25.712	34.525	25.712	85.949	NET
		27.255	36.597	27.255	91.107	ADD 6%
H22	TON	24.194	25.138	24.194	73.526	NET
		25.646	26.646	25.646	77.938	ADD 6%
H19	TON		1.239		1.239	NET
			1.276		1.276	ADD 3~6%
H16	TON	62.076	86.597	62.076	210.749	NET
		63.938	89.195	63.938	217.071	ADD 3%
H13	TON	2.722	2.722	2.722	8.166	NET
		2.804	2.804	2.804	8.412	ADD 3%
계	TON	159.948	235.833	159.948	555.729	NET
		167.602	247.267	167.602	582.471	ADD

나. 공사비산출

(1) 교량 형식별 공사비

합성형 라멘교




공법개요	▪ 정모멘트부(경간중앙부)는 Preflex 빔을 사용하고 부모멘트부(벽체 우각부, 교각부)는 철골, 철근콘크리트 구조로 일체화시켜 교량받침과 신축이음을 배제한 Preflex 라멘교 형식		
공법특징	부모멘트부 부재 거치	Preflex빔 연결	연결부
	 철근, 철골코크리트 구조	 부모멘트 부재와 볼트 연결 체결	 연결부 및 구체 콘크리트 타설
	▪ Preflex 빔을 벽체 또는 교각에 일체화 시킨 공법 ▪ 벽체 또는 교각에 철골구조를 매설하고 Preflex 빔을 연결하여 구체타설 ▪ 교좌장치와 신축이음이 없어 유지관리가 용이 ▪ 라멘교 형식으로 다경간 연속구조가 안됨		

공사비	
상부공	186 만/m^2
하부공	72 만/m^2
합계(층공사비)	**258 만/m^2**

Preflex Beam




공법개요	▪ 강재 I-Girder에 Preflexion 하중을 재하시킨 후 릴리즈하여 강재의 복원력으로 하부케이싱 콘크리트에 압축응력을 동비하는 일종의 프리텐션 공법		
공법특징	프리플렉션 도입	Turn-Over	빔제작 완료
	 제작대에서 I-Girder에 프리플렉션 도입	 빔을 제작대에서 분리	 거치전 별도 제작장에 보관
	▪ I형 Girder와 콘크리트의 합성교량으로 솟음을 갖는 강형을 제작하고 탄성한계의 약 80% 까지의 Preflex 하중 재하 ▪ Preflex 하중 릴리즈를 통해 강재복원력에 의해 하부케이싱에 압축력 도입 ▪ 낮은 형고로 형하공간 확보가 용이하고 성토고를 줄일 수 있음		

공사비	
상부공	183 만/m^2
하부공	58 만/m^2
합계(층공사비)	**241 만/m^2**

CPI Beam




공법개요	▪ H형 압연강재의 상하부 플랜지에 고강도 Plate를 접합하여 프리스트레스를 도입한 공법으로 빔교중 가장 낮은 형고가 가능하여 형하공간 확보와 급속가설에 가장 유리한 공법		
공법특징	빔제작(공장)	가각(확폭)처리	현장조립가설
	 H형강에 Cover Plate 부착(Prestress도입)	 손쉬운 가각처리 가능 (Splice 체결)	 별도 제작장 불필요 소형장비, 급속가설가능
	▪ 빔교중 가장 낮은 형고로 형하공간 확보가 용이하고 성토고를 줄임 ▪ 제작부지, 가설여건에 대한 제한성이 거의 없음 ▪ 제작, 설치가 단순하여 공기단축이 가능하고 현장내 대규모 작업장 불필요 ▪ 다양한 색채적용이 가능하여 경관적인 미관미가 뛰어남		

공사비	
상부공	135 만/m^2
하부공	65 만/m^2
합계(층공사비)	**200 만/m^2**

SCP 합성 Girder



공법개요	▪ 공장에서 I-Girder 형상의 강재거더를 제작하고 내부중공부에 쉬스관 및 강선을 배치하고 내부에 콘크리트를 타설한 후 강선긴장으로 프리스트레스를 도입하는 강합성 복합구조교량		
공법특징	강재거더제작(공장)	현장제작	빔거치
	 내부에 쉬스관을 미리 배치(고정 간격재 이용)	 세그연결 및 Con'c 타설 후 PS 긴장	 크레인 거치후 슬래브합성 (전단연결재)
	▪ 세그별로 제작된 강재거더를 현장연결하여 Con'c 타설, 강연선긴장 후 거치 ▪ 콘크리트와 강재의 합성에 의해 저형고 장경간화 가능 ▪ 강재와 Con'c를 1차 합성시켜 강성을 높이고 강연선과 거더를 2차 합성하여 인장력을 지지		

공사비	
상부공	255 만/m^2
하부공	48 만/m^2
합계(층공사비)	**303 만/m^2**

(2) 대안별 공사비 검토분석

○ 국내 철도 교량 구조물 형식과 공사비 검토

○ 형식별 공사비 산출 및 분석은 지반 조건에 따른 하부 기초 공사비의 결정 요인이 전개되어야 하나, 본 연구에서는 개념설계 범위임을 감안하여 기초는 양호한 직접 확대기초로 가정하여 산정함.

○ 본 연구에서 산출한 천이구간 라멘교 특수구조물 형식의 공사비는 적용가능한 합성형 라멘교 등 4가지 대표교량 형식과 비교한 결과 시중 특수교량 견적가 기준시 20% 이상의 공사비 절감으로 나타나며, 국토교통부 교통시설 투자 평가 지침(2017.6) 철도 교량 시설 표준 공사비와의 m^2당 단가를 비교한 결과 표 <3-44>과 같이 약 10% 이상의 공사비 절감으로 분석됨.

<표 3-152> 천이구간 구조물 대안별 공사비 비교

(기준 : 순공사비, 단위 : 백만원)

구 분	천이구간 라멘교	합성형 라멘교	Preflex Beam	CPI Beam	SCP 합성 Girder	비고
총공사비	1,976	3,071	2,880	2,380	3,606	

*주 : 천이구간 108m 면적 = 2,170m^2(108 × 20m)

<표 3-153> 국토교통부 교통시설 투자평가지침(2017.6)의 철도교량공 표준 공사비와의 비교

(단위 : 원)

구 분	천이구간 라멘교	지침 구조물공 표준 공사비			
		합성형 라멘교	Preflex Beam	CPI Beam	비고
m^2당 공사비	910,000	1,049,000	1,431,000	996,000	

*주 : 지침은 철도교량 표준공사 단가 적용(상부공+ 교대,교각공+ 직접기초)

제3절. 천이구간 특수구조물 공사시방 및 유지관리지침

1. 천이구간 공사 시방서

□ 기초 자료 조사

○ 일반적인 토목 공사에 대한 기초자료의 수집 및 정리

○ 천이구간(특수구조물) 유사구조물 공사 시방 조사

○ 천이구간 구조물에 대한 공사 시방 마련

□ 천이구가 공사 시방 주요내용(목차)

「천이구간 공사 시방서(안)」 목차

제1절. 총칙
1. 공사일반
2. 공사관리

제2절. 측량 및 지반조사
1. 측량
2. 지반조사

제3절. 토공사
1. 토공사 일반
2. 구조물 접속부
3. 재 료
4. 시 공

제4절. 천이구간 기초공사
1. 기초공사 일반
2. 공사준비
3. 직접기초
4. 말뚝기초

제5절. 콘크리트 공사
1. 콘크리트 공사 일반
2. 거푸집
3. 철근 및 보강재
4. 공장제품

제6절. 천이구간 공사
1. 천이구간 공사일반
2. 공사준비
3. 교량하부공사
4. 교량상부공사
5. 신축이음장치

* 천이구간 공사 시방서 세부내용 부록 참조

2. 천이구간 유지관리 지침(안)

□ 기초 자료 조사

○ 천이구간(특수구조물) 유사구조물에 대한 유지관리 지침 조사 분석



□ 천이구간 유지관리 지침(안)주요 내용(목차)

「천이구간 공사 시방서(안)」 목차

제1절. 총칙
1. 공사일반
2. 공사관리

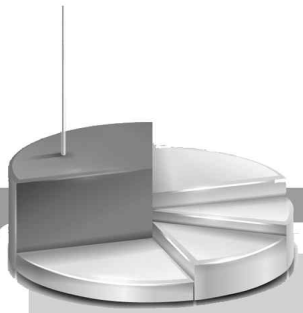
제2절. 측량 및 지반조사
1. 측량
2. 지반조사

제3절. 토공사
1. 토공사 일반
2. 구조물 접속부
3. 재 료
4. 시 공

제4절. 천이구간 기초공사
1. 기초공사 일반
2. 공사준비
3. 직접기초
4. 말뚝기초

제5절. 콘크리트 공사
1. 콘크리트 공사 일반
2. 거푸집
3. 철근 및 보강재
4. 공장제품

제6절. 천이구간 공사
1. 천이구간 공사일반
2. 공사준비
3. 교량하부공사
4. 교량상부공사
5. 신축이음장치



제5장 인터모달 전용궤도 기술개발

제1절. 전용궤도 설계기준 정립

제2절. 전용궤도 설계

제3절. 전용궤도 안정성 검토

제4절. 전용궤도 일반 및 천이구간 3차원 상세해석

제5절. 궤도-교량 상호작용해석

제6절. 전용궤도 비용 분석

제7절. 전용궤도 공사시방 및 유지관리지침

제5장 인터모달 전용궤도 기술개발

제1절. 전용궤도 설계기준 정립

1. 전용궤도설계 기본방향

○ 본 장에서는 인터모달 자동화물 운송시스템 개발대차의 열차주행 안전성 확보 및 구조물 최적화 설계를 위한 전용궤도&천이구간 설계기준 정립을 위하여 회전정렬 대차의 성능 및 제원을 기준으로 궤도설계기준(안)에 대해 검토를 수행하였음.

○ 일반철도에서의 선형/궤도 설계기준은 선구의 특성, 교통수요 등을 고려하여 설계속도를 정하고 이 설계속도에 맞추어 선형설계기준을 적용토록 하고, 설계속도가 줄어든다면 곡선반경 및 완화곡선 길이 등을 축소 할 수 있음.

○ 이와 같이 인터모달 자동화물 운송시스템에서도 계획선형 및 교통수용에 따른 설계기준 정립이 필요하며 대차가 무인 화물전용선으로 운영됨에 따라 향후 Test Bed구축에 따른 설계기준에 대한 검증이 필요할 것으로 판단됨.

○ 본 절에서는 개발대차의 최급기울기 60‰, 최소곡선반경 R150m에서의 주행 안전성 확보를 위하여 철도설계기준을 검토하였으며, 향후 차량개발이 완료시점에서 상세 선로설계기준 정립이 필요할 것으로 판단됨.

○ 인터페이스에서 많은 문제가 발생할 것으로 예상되므로 설계단계에서 차량과 궤도의 상세한 협의가 필요

○ 가이드 레일과 안내 궤도의 유격이 15mm로서 비교적 큰 편으로 소음과 충격을 유발할 우려가 있음.

○ 설계 축중과 속도에 최적화된 궤도 구조 제시를 통하여 건설비 절감 달성

○ 궤도 구조 선정시 급전의 안전성을 고려하여 선정 및 설계가 필요.

○ 주행레일과 가드 레일의 선형에 따라 탈선이 발생할 수 있으므로 좌우 주행레일, 가드 레일의 선형을 정확히 제시하고 주행안전성을 검증할 필요가 있음. 노이즈 충격력에 대한 검증(궤도 중심선을 기준으로만 설계할 경우 문제가 있을 수 있음)

○ 또한 레일 선형 오차, 가드 레일 선형오차(+유격), 슬랙, 진입부 크로싱 결손부에서의 형상오차 등에 대해서도 면밀한 검토가 필요함. 실제 대차 제원을 감안하여 좀 더 정확한 오차 설정이 필요함.

○ 가이드 휨이나 레일의 마모도 고려 필요

○ 건설비 절감을 위해서는 기존 Rheda2000궤도보다 축중·속도에 맞는 최적화된 단면과 구조적용이 필요함 → 별도 설계기준 수립 필요. 예를 들어 터미널을 제외하면 궤도 슬랙스(+PC 침목) 대신 프린스(plinth)를 적용할 수 있음.

○ 또한 레일지지간격도 넓히는 방안도 검토 가능할 것으로 보임. (다만 레일 종류에 따라 레일응력의 검토가 필요함)

○ 궤도구조: 측하중이 도시철도 수준인 16t이므로 노반(교량) 구조물과의 인터페이스를 고려하여 최소의 콘크리트 도상을 이용한 직결 궤도공법을 적용하는 것이 경제성에 유리할 것으로 생각됨.

○ Guide의 강성 및 구조: Guide의 허용오차 15mm는 과다하다고 생각되어 축소하되 분기 첨단부와 곡선반경을 고려하여 최소화함이 바람직함.

○ 분기부 첨단부: 분기 첨단부는 청레일과 기본레일의 밀착으로 이루어지지 않으므로 청레일시 완전히 성형(높이)되는 곳까지의 결선부를 고려하여 차량과의 협의가 필요함.

○ 슬랙 및 기타선형 자료: 대차의 고정축거가 짧아짐에 따라 기본적인 Data 확인이 필요함.

○ 기술 개발 연구 용액 아이템으로는 우수

○ 대차의 숙도제어 방안은 차량제어 방안으로 시행

○ 궤도구조는 향후 유지보수를 고려해 콘크리트도상으로 적용

○ 크로싱 후단 부대 곡선은 R.반경을 최소화로 경제성 고려 필요

○ 곡선부에서 가드 레일과 궤도 슬랙 간의 간섭부분을 고려한 설계

○ 플렌지웨이 폭은 가르 레일의 중요성을 감안한 적정 간격 선적 필요

○ 궤도구조의 체결방식은 직결식으로 검토

○ 결손부를 최소화하기 위한 곡선 반경 축소 필요

○ 차량 분야의 인터페이스가 가장 중요. 이에 대한 궤도의 반영 검토 필요

○ 축중(16t) 및 저속임을 고려 토목시설물 및 궤도 시설물 슬림화가 가능할 것으로 판단됨.

○ 궤도 구조는 직결 궤도 방식이 저비용 구조로 보임.

○ 궤간은 표준궤도로 하되 슬랙 부분에 대하여 차륜 및 레일 마모나 주행성에 영향을 줄 수 있으므로, 고정 축거(2.0) 및 차륜 반경에 따른 후랜지 접촉거리를 적용하여 계산 후 적용 (기존 슬랙 공식 사용 않음)

○ 레일 구조는 가능하면 1/20 경좌가 좋을 것으로 판단되나 제작 상 문제가 있다면 50kgN로 하되 장대레일 구조로 하여야 주행안전성 및 유지관리 유리

○ 비용저감 관련한 계산 시에는 기존 시설물(축중 16t) 운행구간인 도시철도 시설물과 궤도 구조의 평균 비용대비로 하되 인터모달 시스템 당 추가되어야 하는 가이드레일 분기 시스템 등은 예외로 하여 제외하고 산정

○ 크로싱부 통과 시 회차의 편심에 따른 우발횡압 발생이 우려됨.

○ 가드 레일 배면횡압, 백게이지, 가드 레일 체결력에 대한 동적 주행안전성 검토 후 설계

○ 분기선 진입 시 가드 레일에서 안내해주는 힘에 따른 속도 저하를 고려하여 텅레일 설계 검토

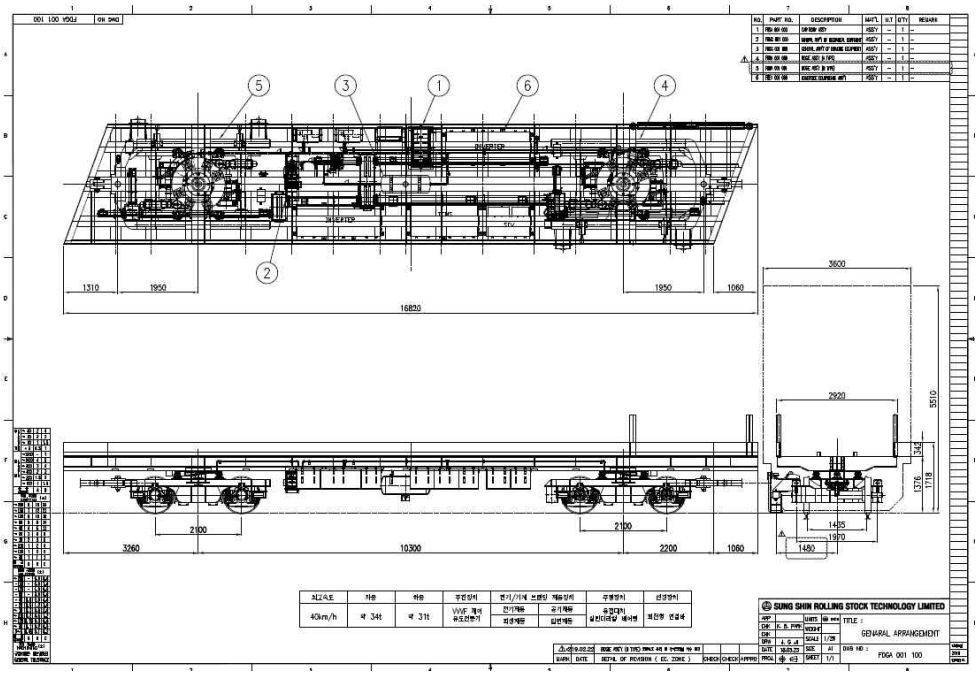
○ 대차 중심 간격, 고정축거에 따른 주행안전성 평가기준과 속도별 동적해석 검토 후 궤도제원 확정 필요

○ 침목 구조는 경제성을 고려하여 결정 필요

2. 차량 제원 및 성능

가. 개발대차 제원 및 설계반영사항

○ 현재 국내에서 개발하고 있는 인터모달 자동화물 운송시스템 대차는 트레일러가 차량에 알맞데 적재할 수 있도록 길이(L=16.8m), 폭(W=2.9m)을 적용하고 있으며, 축간거리 2.1m, 대차의 중심간 거리는 10.3m를 계획하고 있음.

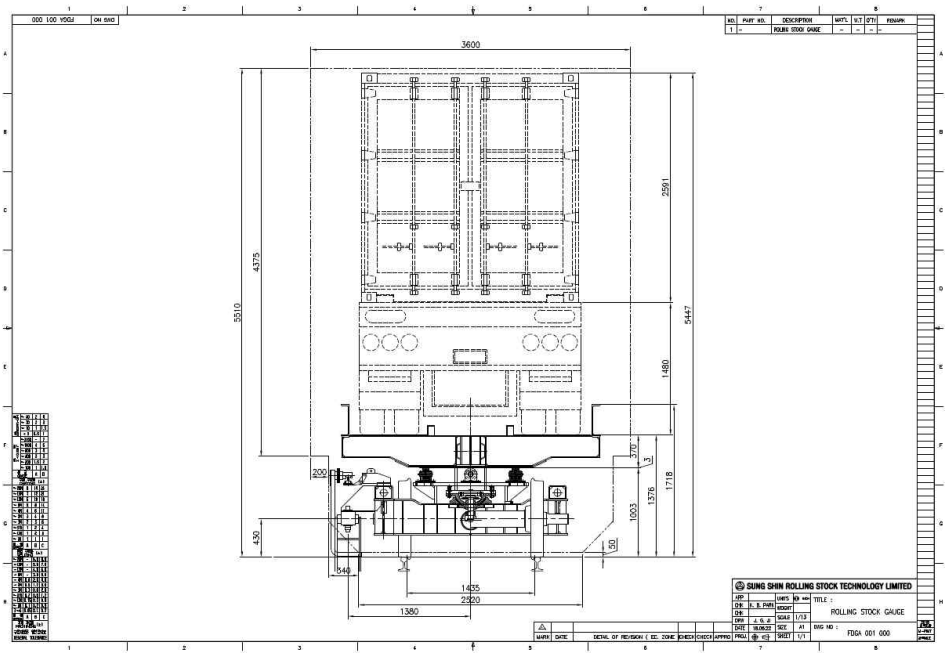


<그림 139> 차량배치 일반도

○ 차량분야에서 제시한 개발대차의 성능 및 제원은 다음과 같으며, 차체길이, 차체높이, 축간거리, 차륜경, 대차간 거리, 가이드 휠 거리/높이는 선로/궤도설계기준 정립에 차량-궤도분야 중요 인터페이스 사항임.

- 차체길이 : 차체길이는 컨테이너 트레일러길이 보다 약 1,310mm 정도 크게 여유를 두어 트레일러 적차 및 상하차의 용이성을 확보함.
- 차체높이 : 차체 높이는 언더프레임 하부에 대차설치에 따른 공간을 확보하고, 철도화물 터미널 높이와 호환성을 유지하기 위해 설정.
- 축간거리 : 추간간리는 차축의 양축상에 회전형유도전동기 설치를 위해 설정함.
- 차륜경 : 차륜경은 기존 화차의 차륜을 사용하였으며, 레일의 호환성, 안전성 등을 고려하여 설정함.

- 대차간거리 : 대차간거리는 최소곡선방경(R=150)의 원활한 주행, 안전성, 편기 등을 고려하여 설정함.
- 가이드휠 거리/높이 : 천이구간에서 회전정렬형 대차의 주행안정성 확보를 위해서 가이드휠 설치거리/높이 및 선형조건은 매우 중요한 사항이며, 이때 발생되는 횡방향 발생력에 대해 구조물은 저항할 수 있어야 함.

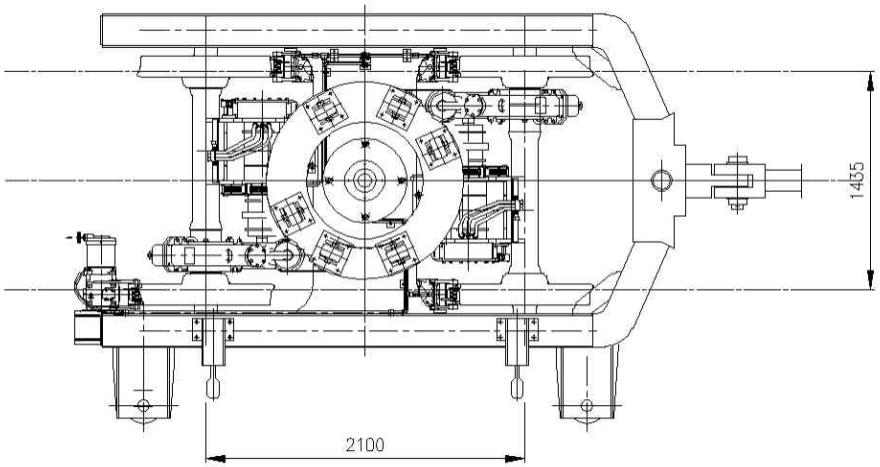


<그림 140> 차량궤간설정 및 높이

<표 154> 차량 하중제원

구 분	차량 성능
궤 간	1,435mm
차량연결중심거리	25,276mm(1량 기준)
차체길이	16,820mm(1량 기준)
차체 최대폭	2,920mm
안내륜(가이드 휠) 설치	- 대차중심에서 안내륜 중심간 거리 1,480mm - 안내륜 중심 높이 : 레일상면에서 430mm
차체높이	1,668mm(R.L 기준)
대차간 중심거리	10,300mm
고정축거	2,100mm
차륜경	∅860mm
차량 최대 축중	16.5ton(전동기 축)
차량중량	공차:34ton/량, 만차:65ton/량
편성최대중량	약 650ton
기본편성	10량 1편성
급전방식	제3궤조방식

○ 차량분야에서 제시한 차량의 제원은 축간거리 2,100mm, 차륜직경 860mm, 차륜 폭 140mm로 표준궤간 1,435mm을 적용하고 있으며, 터미널 정거장 천이구간 대차회전 정렬구간에서는 1량의 차량에서 앞뒤 대차간의 표준궤간 1435mm를 기준으로 차량 대차간 중심거리 약 10.3m 궤도선형을 주행하는 구조적 특징을 보임.



<그림 141> 대차제원

나. 개발대차의 성능 및 설계반영사항

○ 차량분야에서 제시한 차량의 하중조건은 대차자중 34ton, 컨테이너 등의 상재 무게 31ton을 반영하여 총중량 65ton이며, 차량의 추진력은 회전형 유도전동기를 이용하여 견인력은 33kN/량, 충출력은 368kw/량을 계획하고 있으며, 차량의 성능은 경전철 시스템에 유사하게 상용 가감속도 1.5km/h/s, 비상시2.0km/h/s를 적용하고 있음.

<표 155> 차량 하중조건(만차하중)

구 분		차량 성능
중량	자중	34 ton
	하중	31 ton
	총중량	약 65ton
차량제원	차체길이	16,820 mm
	차체높이	1,668mm
	최대차체높이	5,445mm
	언더프레임 상면 높이	1,374mm
전동기	형식	회전형유도전동기
	견인력	33kN/량
	총출력	368kw/량
	전동기	92kw/대
대차구조	-	회전전동기 설치에 따른 회전롤러 디자인 개선
	실린더리칼 베어링	RCT 테이퍼롤러 베어링
차륜횡압		40kN 이하

○ 인터모달 화물자동시스템의 설계속도는 60km/h이며, 최고운영속도는 40km/h, 터미널 정거장 진입속도는 6km/h를 계획하고 있임. 개발대차의 핵심제원으로 궤간설정은 본선구간 1,435mm, 터미널 천이구간은 약 9,679mm를 계획하고 있으며, 차량간 거리는 본선구간 25,376mm, 천이구간은 약 13,011mm를 차량분야에서 제시하고 있음.

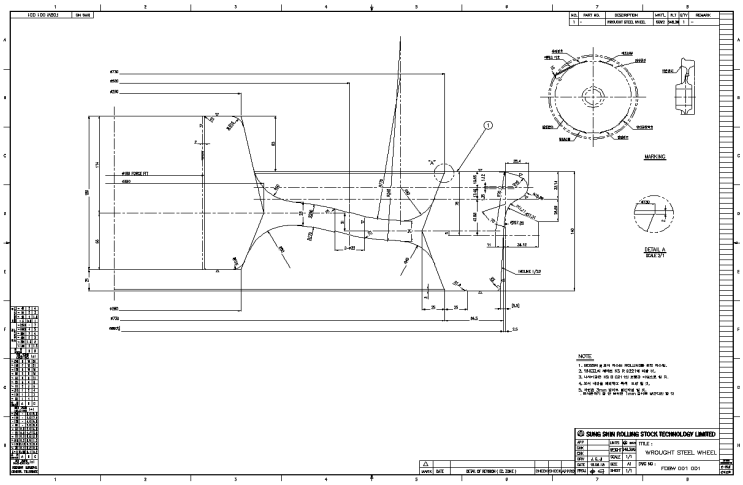
<표 156> 최고 운영속도

구 분	속도
설계속도	60km/h
최고 운영속도	40km/h
정거장 진입속도	6km/h
상용가속도/감속도	1.5km/h/s
비상속도	2.0km/h/s

3. 차량분야 인터페이스 사항

가. 휠(Wheel) 직경 및 플랜지 형상

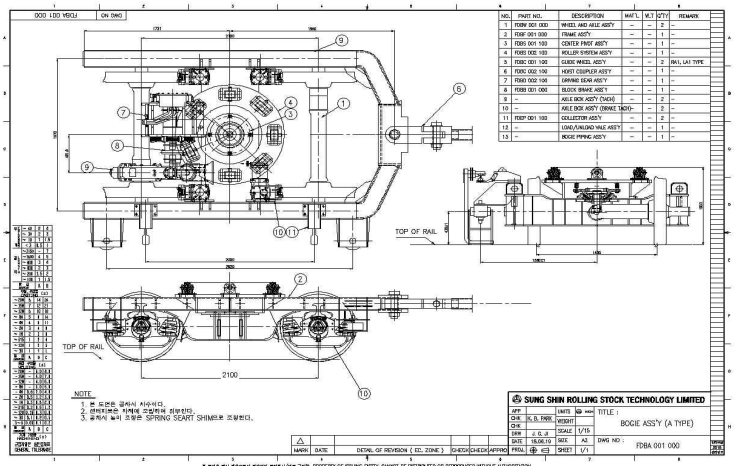
○ 휠(Wheel) 프로파일 및 플랜지 형상은 궤도설계에 있어 매우 중요한 인자로 곡선부 캔트설정, 최대 슬랙량 산정, 횡방향 차량거동에 대한 기하학적 검토를 수행하는 기초자료로 UIC 510-4에서는 차륜의 직경 840mm~1,000mm 이내 적용해야 하며, 추천되는 직경은 840mm~920mm 권고하고 있음.



<그림 142> 개발대차의 휠/플렌지 프로파일

나. 대차 고정축간거리

○ 대차의 고정축간거리는 개발 대차(Bogie) 등이 서로 평행한 차륜의 거리를 말하며, 기하하적으로 슬랙, 캔트의 체감 등에 영향 인자임. 또한 레일 응력의 중첩에 의하여 레일 압력의 크기 등에 영향을 주는 요소로 평면곡선부, 종단곡선이 있는 선형조건에서 반드시 검토되어야 하는 설계중요인자임. 현재 개발대차의 축간거리는 일반철도와 같은 2.1m를 계획하고 잇음.



<그림 143> 개발대차의 고정축거

다. 차량연결중심거리

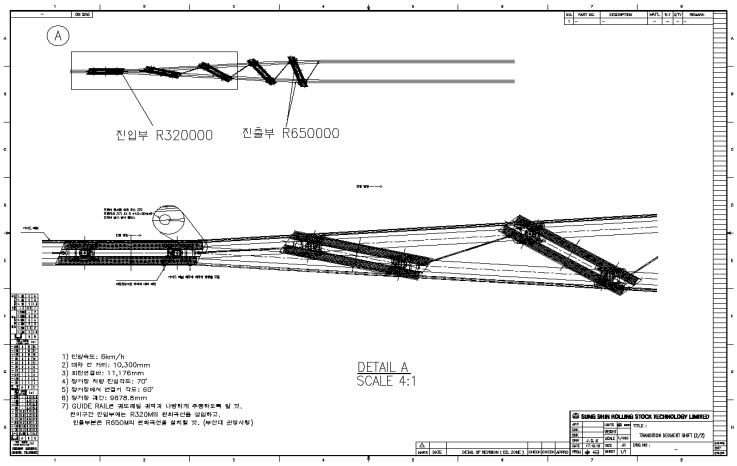
○ 차량연결 중심거리는 평면곡선, 종단곡선 등의 선형에 있어서 토공, 교량, 터널 등의 구조물 선형 계획검토 시 설계중요인자임. 현재 개발대차는 최소곡선반경 R150, 최급기울기 25‰에서 주행 가능한 차량의 성능을 제안하고 있음.

라. 안내륜(가이드 휠 설치)

○ 안내륜 가이드레일은 터미널 정거장 천이구간에서 회전정렬 대차가 안전하게 주행하기 위한 노반구조물로서 천이구간 주행에 따라 대차에서 발생되는 횡방향 하중에 대해여 충분한 지지강성 확보가 필요함.

○ 이처럼 가이드 지지대 구조물 설치 시 궤도구조 단면 간섭여부와 천이구간 궤도선형과 동일한 가이드 휠 빔(H-BEAM)의 선형을 만족하는 지지대 설치간격 및 레일길이가 검토되어야 함

○ 이는 인터모달 자동화물 개발대차가 천이구간에서 구조물 폭원 및 궤도구조 폭원 결정에 대한 설계중요인자이며 가이드레일은 일반철도에서 제시하는 분기기 텅레일의 역할을 하고 있어 가이드레일의 설치공차, 유지보수 기준이 매우 중요할 것으로 판단되며, 이는 차량-노반-궤도분야 인터페이스를 통하여 설치간격, 높이, 유지보수기준 정립이 필요함.



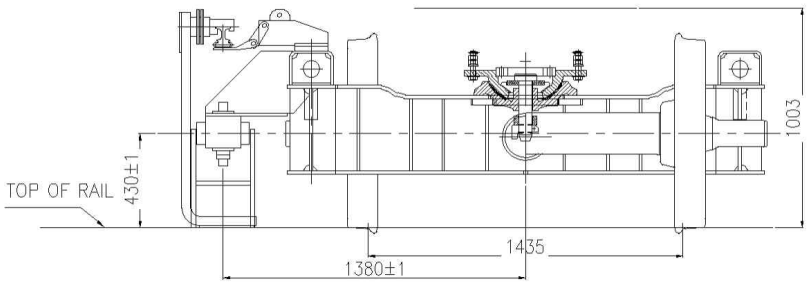
<그림 144> 천이구간 가이드레일 선형조건

마. 차량중량 및 차량 최대축중

○ 차량하중은 토목구조물 및 전용궤도 단면검토에 설계중요인자이며, 운영시 인터모달 자동화물 운송시스템의 열차운영계획은 전용선로 열차운행계획을 하고, 비상시 디젤 화물차 주행이 가능하도록 계획하고 있음. 이와 같이 본 연구에서는 차량분야에서 제시한 설계하중과 일반철도 차량의 하중조건을 고려하여 궤도단면 최적화 및 안전성 검토가 필요함.

바. 급전방식

○ 인터모달 자동화물운송시스템의 급전방식은 전용궤도 표준단면의 폭원 및 E&M 시스템분야인터페이스 사항으로 궤도선형조건에 따른 3rd Rail의 급전에 문제가 없어야 함. 또한 전식, 원활한 신호처리를 위한 절연레일 설치 등의 상세 인터페이스가 필요로 함.



<그림 145> 3rd Rail 설치단면

4. 인터모달 전용궤도 적용 설계기준(안)

○ 일반철도에서의 궤도설계기준은 선구의 특성, 교통수요 등을 고려하여 설계속도를 정하고 이 설계속도에 맞추어 선형설계기준을 적용토록 하고 있음.

○ 설계속도가 줄어든다면 곡선반경 및 완화곡선 길이 등을 축소 할 수 있음. 이와 같이 인터모달 자동화물 운송시스템에서도 계획선형 및 교통수용에 따른 설계기준 정립이 필요하며 향후 Test Bed구축에 따른 설계기준에 대한 검증이 필요할 것으로 판단됨.

○ 본 절에서는 개발대차의 최급기울기 25‰, 최소곡선반경 R150m에서의 주행 안전성 확보를 위하여 전용궤도설계기준을 검토하였음.

가. 궤간

○ 차량분야에서 궤간의 표준치수 1,435mm로 함.

나. 캔트

○ 열차가 곡선을 통과하는 경우 열차에서 발생하는 원심력이 곡선외측으로 작용하기 때문에 곡선 외측으로 열차의 전복 위험이 증가하게 됨. 이러한 원심력에 의한 악영향을 방지하기 위해 열차의 주행속도에 따라 일정한 각도만큼의 캔트를 주어 열차 전복에 대한 안전성을 확보해야함.

다. 균형캔트

○ 캔트는 선로의 곡선반경과 곡선구간을 주행하는 열차의 속도에 따라 정해지며 곡선구간에 열차속도와 캔트와의 상관관계는 다음과 같음.

$$F = ma$$

$$F = \frac{W}{g}\frac{V^2}{R}$$

여기서, F : 원심력
R : 곡선반경
m : 물체의 질량(W/g)
W : 차량의 중량
a : 원심가속도(V^2/R)
V : 물체의 원주 속도

○ 곡선 통과시 원운동을 하는 물체의 원심력(F)은 다음과 같이 정의 할 수 있으며, 곡선부 궤도를 주행하는 차량의 중력, 원심력, 궤간, 캔트의 관계는 다음과 같음. 인터모달 전용궤도의 궤간 G = 1,435mm(레일두부 중심간 거리1500mm)를 상기 식에 대입하여 정리하면 캔트(mm) 산정식을 구하면 다음과 같음.

$$\frac{F}{W} = \frac{C}{G}$$

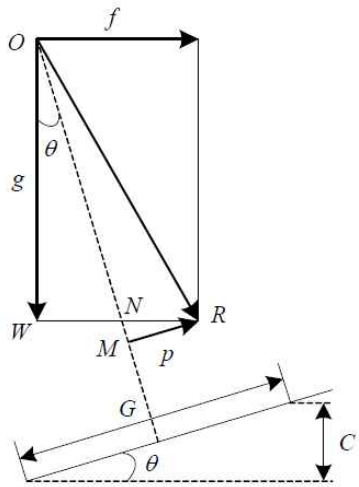
$$C = F\frac{G}{W}$$

$$\therefore C = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R} = \frac{G \cdot V^2}{127R}$$

여기서, C : 캔트량
G : 궤 간
V : 열차속도(km/h)
g : 중력가속도(9.8m/sec^2)
R : 곡선반경(m)

$$C = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R} = \frac{1{,}500 \cdot V^2}{127R} = 11.8\frac{V^2}{R}$$

또한 캔트를 각도로 표현하면 다음과 같음.

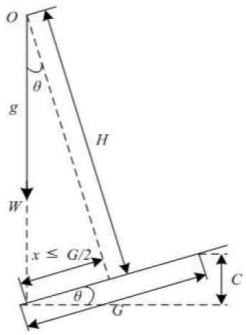


$$\tan\theta = \frac{F}{W} = \frac{\frac{MV^2}{R}}{Mg} = \frac{V^2}{Rg},$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{V^2}{Rg}\right) \qquad \therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{127} \times \frac{V^2}{R}\right)$$

라. 최대캔트

○ 캔트가 설정되어 있은 곡선부에서 차량이 정지한 경우 혹은 곡선부를 서행으로 주행하는 경우에는 균형캔트가 0이므로 설정캔트가 그대로 캔트 초과량이 됨. 이러한 경우에는 외측으로부터의 풍하중에 의한 차량의 내측 전도에 대한 안전을 고려하여 최대캔트를 산정함.



$$\tan\theta = \frac{\frac{G}{2}}{H} = \frac{C_1}{G}$$

$$C_1 = \frac{\frac{G}{2} \times G}{H} = \frac{G^2}{2H}$$

○ 여기서 G는 궤간, H는 레일에서 차량 무게중심까지의 거리, C1은 정차 중 캔트량(좌우측 레일 중심의 높이차)이며, 인터모달 전용궤도의 경우 궤간 1,435mm . 레일기준면에서 차량 끝단높이(H)는 차체높이 1,125mm와 ISO Dry 컨테이너 높이 약 2,600mm를 고려하여 3,725mm, 전도에 대한 안전율을 일반철도와 동일한 3.5를 적용하여 C1을 계산하면 다음과 같음.

$$C_1 = \frac{1{,}435 \times 1{,}435}{2 \times \frac{3{,}725}{2}} \div 3.5 = 157 \ mm$$

○ 상기의 최대캔트를 각도로 표시하면 최대 캔트 각도는 다음과 같음.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{157}{1{,}435}\right) \fallingdotseq 6.24^\circ$$

마. 부족캔트

○ 부족캔트 결정에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 곡선부 주행시 궤도안전성, 유지보수성, 승차감 등의 결정인자로 궤도면에 평행한 횡가속도 성분이다. 따라서 부족캔트가 있는 곡선구간을 열차가 통과하는 경우 부족캔트에 기인하는 원심 가속도(불평형 횡가속도)가 발생하고 이는 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$a_q = \frac{V^2}{R} - \frac{gC}{G}$$

여기서, a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도
V : 열차속도
R : 곡선반경
g : 중력가속도
C : 설정캔트
G : 궤간

○ 위 식에서 중력가속도 g=9.8m/sec2, 궤간 G=1,435mm를 대입하고, 각 기호의 단위를 맞추면 다음과 같음.

$$a_q = \frac{V^2}{12.96R} - \frac{C}{147}$$

여기서 , a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도(m/sec^2)
V : 열차속도(km/hr)
R : 곡선반경(m)
C : 설정캔트(mm)

○ 또한 설정캔트의 식으로부터 부족캔트 C_d에 대하여 정리하면 아래의 식과 같음.

$$C_d = 11.8\frac{V^2}{R} - C$$

○ 식 $a_q = \frac{V^2}{12.96R} - \frac{C}{147}$에 위식을 캔트 C로 정리한 후 대입하면, 불평형 횡가속도로 표현되는 아래의 관계식을 얻을 수 있음.

$$a_q = \frac{C_d}{147} \leqq a_{q,lim}$$

여기서, a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도(m/sec^2)
V : 열차속도(km/hr)
R : 곡선반경(m)
C : 설정캔트(mm)

○ 위 식에서 부족 캔트에 의한 원심가속도는 허용 원심가속도 이하여야 하며, 현재 개발차량의 허용 원심가속도를 적용이 어려워, UIC 703R:1989의 규정에서 제시하는 80~120km/h의 속도대역에서 부족캔트에 의한 허용 원심가속도 0.53m/sec2를 적용하였음.

○ 이 값을 위 식에 대입하여 정리하면 최대 부족캔트는 78mm로 산정 되며 이를 궤간을 고려한 각도로 전환하면 약 3.1° 임.

바. 캔트체감

○ 캔트 체감은 직선부에서 체감을 하여야 하며, 직선길이는 완화곡선이 있는 경우 완화곡선 전체 길이에 걸쳐서 체감하며, 완화곡선이 없는 경우는 직선구간에서 완화곡선 길이($10.97\times V\times\tan\theta$, $9.25\times V\times tan\theta_d$, 300C 중 큰 값)에 해당하는 길이에 걸쳐 체감토록 하였음.

사. 곡선길이, 곡선사이 직선길이

○ 차량이 직선에서 곡선으로 또는 곡선에서 직선으로 주행할 때 그 방향이 급변하여 차량에 동요가 발생하므로 차량의 고유진동주기를 고려한 곡선길이 및 곡선사이 직선길이를 확보하여 주행차량의 불규칙한 동요를 감소시켜 주어야 함.

○ 특히 횡방향 불평형 가속도 변화에 의해 열차의 좌·우 움직임을 일으키는 가진 진동수와 차량의 고유진동수가 일치하게 되면 공진에 의해 열차의 동요가 커지고 승차감이 급격하게 저하됨. 따라서 가진 진동수가 차량의 고유진동수보다 작도록 곡선길이와 곡선사이 직선의 최소길이를 설정해야 하며, 그 식은 다음과 같음

$$L_s = \frac{V \bullet T}{3.6}$$

여기서, L_S : 곡선길이 또는 곡선사이 직선길이
V : 열차속도
T : 열차의 수평방향 고유주기(sec)

○ 곡선구간 및 곡선사이에 있는 직선구간에서는 곡선의 실제 통과속도를 고려하여 직선길이 및 곡선길이를 산정하여 적용하는 것이 바람직함.

○ 다만, 상기의 식에 의하여 계산된 값이 차량 1량 길이 보다 적을 경우에는 열차의 주행안정성 확보 및 차량의 동요 최소화를 위하여 차량 1량 길이 이상을 적용토록 하였음.

아. 완화곡선

○ 열차가 곡선부를 주행하는 경우에는 곡선의 바깥쪽으로 원심력이 작용하므로 이를 상쇄시켜주기 위한 캔트를 두고 있다. 따라서 직선에서 원곡선으로 이어지거나 서로 다른 반경의 곡선이 이어질 때 캔트의 차이가 발생하게 되므로 열차의 주행안정성을 위하여 캔트를 점차 줄여주어야 함.

○ 또한 이와 같은 구간에서 부족캔트가 있을 경우 불평형 횡가속도의 값이 급격하게 변화하게 되므로 승차감 저하 및 탈선의 위험을 가져오게 되므로 완화곡선을 두어 곡률이 서서히 변화되도록 하고 있음.

자. 완화곡선 설치

○ 철도에서 사용하는 완화 곡선의 종류는 3차포물선, Clothoid 곡선, Sine 반파장곡선, Lemniscate 곡선, 나선곡선 등이 있으며, 인터모달 전용궤도의 경우 일반철도의 철제차륜 특성을 고려하여 완화곡선의 종류를 3차원 포물선으로 정하였음.

차. 완화곡선 길이

○ 완화곡선의 길이는 통상 다음의 세 가지 조건을 고려하여 결정되며, 인터모달 전용궤도 운영계획은 승객이 없이 화물을 운송하는 전용시스템으로 차량의 탈선방지를 위한 안전한도 범주에서 완화곡선 길이 산정하는 것이 바람직 할 것으로 판단됨.

- 차량의 탈선을 방지하기 위한 안전한도
- 캔트의 시간변화율을 고려한 승차감 한도
- 부족캔트에 의해 열차가 받는 초과 원심력의 시간변화율을 고려한 승차감 한도

○ 차량의 3점지지 탈선방지를 위한 안전한도는 인터모달 개발차량의 고정축거 2,100mm와 차륜의 최소 플랜지 깊이 25mm, 평면성 틀림 한계 9mm에 안전율 2.0을 적용하여 차량구조에 의한 완화곡선 길이 300C를 산정

여기서, L_1 : 캔트체감길이

$\triangle C$: 캔트변화량

$$\frac{\triangle C}{L_1} = \frac{d_a}{A},\ L_1 = \frac{A}{d_a}\triangle C$$

A : 차량의 고정축거

d_a : 3점지지 탈선방지를 위한 캔트체감에 의한 평면성 틀림의 한계

(d_a = 차륜 부상량 한계 or 최소플랜지 깊이 - 평면성 틀림 한계)

○ 캔트가 없는 직선구간을 주행하는 열차가 완화곡선을 통과하면서 캔트에 따라 기울어지고 원곡선 구간에 이르러 일정한 캔트를 가지게 되므로 이 완화곡선에서 열차는 캔트 변화에 따라 진행방향 축을 따라 회전하게 되는데, 이 회전속도가 빨라지면 승차감을 해치게 됨.

○ 이 회전속도는 캔트의 시간변화율(dC/dt)에 직접 비례하므로 회전속도를 승차감 한도 이내에 들도록 하는 캔트 체감길이는 다음과 같이 캔트의 시간변화율의 한계값에 의해 구할 수 있음.

$$L_1 = \frac{V_{max}}{3.6}\frac{\Delta C}{(dC/dt)_{lim}}$$

○ 원곡선에 부족캔트가 있는 경우 완화곡선 시점에서부터 서서히 부족캔트에 의한 초과 원심력이 점차 커지게 되어 승차감에 영향을 주게 됨.

○ 따라서 초과 원심력의 시간변화율을 승차감 한도 이내에 들도록 해야 하며, 초과 원심력의 시간변화율에 대한 승차감 한도를 확보하기 위한 완화곡선 길이는 다음과 같이 구할 수 있음.

$$L_2 = \frac{V_{max}}{3.6}\frac{\Delta C_d\, g}{G(da_q/dt)_{lim}} = \frac{V_{max}}{3.6}\frac{\Delta C_d}{(dC_d/dt)_{lim}}$$

여기서, $(da_q/dt)_{lim}$: 초과 원심가속도의 시간변화율 한계값 (m/sec3)

G : 레일 중심거리(mm)

○ 일반철도에서는 국내외 규정을 종합하여 캔트 변화량에 대한 시간변화율 최대값을 38mm/sec로 부족캔트 변화량에 대한 시간변화율 최대값을 45mm/sec로 적용하였으며, 인터모달 시스템에서도 캔트 및 부족 캔트에 대한 시간변화율 최대값을 일반철도와 같은 크기의 값으로 적용하여 완화곡선 길이를 다음과 같이 산정하였음.

<표 157> 캔트 및 부족캔트 변화량의 시간변화율 최대값

부족캔트 변화량 시간변화율 최대값	캔트 변화량 시간변화율 최대값
1.72°/sec	1.45°/sec

○ 캔트 변화량에 대한 완화곡선 길이

$$L_1 = \frac{1}{\tan 1.45^\circ [\frac{3600}{h}]} \times V[1000m/h] \times \tan\theta \ = 10.97 \times V \times \tan\theta \ [m]$$

- 부족캔트 변화량에 대한 완화곡선 길이

$$L_2 = \frac{1}{\tan 1.72^\circ [\frac{3600}{h}]} \times V[1000m/h] \times \tan\theta_d \ = 9.25 \times V \times \tan\theta_d \ [m]$$

카. 종곡선

○ 선로의 기울기 변화가 크면 차량의 연직방향 가속도가 증가되어 승차감을 악화시키며, 차량의 상·하방향 동요에 의한 변위로 인하여 건축한계와 차량한계의 확보에 영향을 줄 수 있음.

○ 또한 차량의 전·후 방향으로 인장력과 압축력이 크게 발생되어 차량 연결기 등에 좋지 않은 영향을 미친다. 따라서 기울기 변화개소에 종곡선을 두어 이러한 악영향을 완화시키기고 있음.

타. 종곡선 설치

○ 인터모달 시스템의 경우 최급기울기 25‰, 최소곡선반경 R=150m 선형조건이 일반철도에 비하여 크며, 선로가 교량상 구조물이 대부분 차지할 것을 감안하면 종단선형의 변화가 클 것으로 예상되어짐에 따라 열차의 주행안전성을 고려하여 모든 기울기 변화개소에 종곡선을 설치하는 것으로 하였음.

파. 종곡선 반경

○ 종단변화 개소에 설치되는 종곡선 반경은 종곡선구간의 열차속도와 종곡선 반경, 차체의 상·하가속도의 관계에서 검토할 수 있으며 이에 대한 관계식은 아래와 같음.

$$R_v = \frac{V_{\max}^2}{12.96 a_v}$$

여기서 R_v : 종곡선 반경(m)
$V_{\max}$: 최대 운행속도(km/h)
a_v : 차체의 상·하방향 가속도(m/sec^2)

○ 위의 식에서 차체의 상·하방향 가속도는 차량의 승차감과 주행안전성(탈선)을 고려하여 결정하게 되는데, 일반적으로 차량의 탈선을 방지하기 위한 차체 상·하방향 가속도의 한계값 보다 승차감을 확보하기 위한 가속도의 값이 더욱 엄격하므로 승차감 기준을 만족시키기 위한 가속도 값을 적용함.

○ 현재 차량의 개발에 따른 상·하방향 가속도는 ENV 13803-1:2006 규정하고 있는 상

·하방향 가속도(m/sec2)의 추천값을 0.22m/sec2를 반영하여 종곡선 반경을 다음과 같이 산정하였음.

$$R_v = \frac{V_{\max}^2}{12.96 a_v} = \frac{1}{12.96 \times 0.22} V_{\max}^2 = 0.35 V_{\max}^2$$

하. 슬랙

○ 차량이 곡선부를 안전하게 주행하기 위해서 차축이 곡선의 중심을 향하고 있는 것이 바람직 하지만, 일반적으로 차량의 차축은 2축 또는 3축으로 고정된 프레임으로 구성되어 있다. 이에 따른 차량이 곡선부를 통과 시 전후 차축의 위치이동이 불가하여 차륜의 플랜지가 원활하게 통과하기 어려워 차량의 동요, 횡압의 증대가 발생하게 됨.

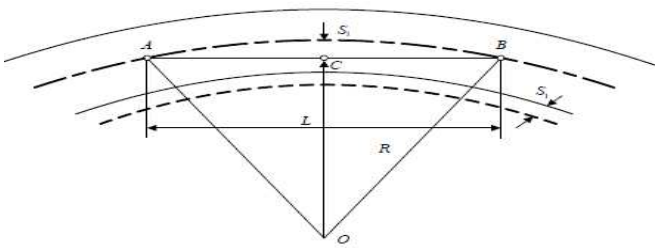
○ 그 결과 궤간 및 줄틀림의 증가와 레일마모가 발생하게 된다. 이러한 영향을 최소화하기 위하여 곡선부에 곡선반경에 따른 궤간을 확대하고 있음.

○ 현재 개발 중에 있는 인터모달 자동화물 운송시스템 차량대차는 휠직경 860mm, 대차의 축간거리 2,100mm로 계획하고 있으며 이에 따른 열차의 곡선부 주행 안전성을 확보하기위해 철도건설규칙과 국외 HSE(Health and Safety Executive) 기준을 검토하였음.

거. 슬 랙

(1) 철도건설규칙(2014)

○ 국내 일반철도의 경우 곡선반경 300m 이하인 곡선구간에 대해서 열차주행 안전성 확보 및 유지보수저감을 위하여 다음의 식을 이용하여 슬랙을 산출하고 적용하고 있음.



<그림 146> 슬랙 산정(철도건설규칙_2014)

○ 위 그림에서 차량중심과 선로중심과의 최대편기는 A, B점의 중앙인 C점에서 발생

$$\overline{AC^2} = \overline{AO^2} - \overline{CO^2}, \quad \overline{AC} = \frac{L}{2}, \quad \overline{AO} = R, \quad \overline{CO} = (R - S_1)$$

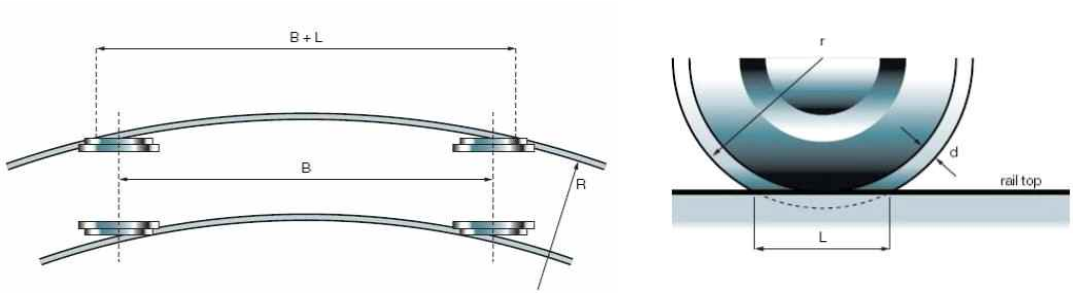
$$\left(\frac{L}{2}\right)^2 = R^2 - (R - S_1)^2 \ , \ \frac{L^2}{4} = 2RS_1 - (S_1)^2 \ , \ S_1 = \frac{L^2}{8R}$$

○ 위 식은 이론적으로 산정한 슬랙량으로 고정축거에서 발생하는 최대 편기는 $\overline{AB}$중앙에 생기지 않고 $\overline{AB}$의 3/4 위치에 생긴다고 가정하여 고정축거를 길게하여 슬랙량을 구할 수 있다. 인터모달 개발대차의 주행특성 및 축거변화에 대한 여류길이를 고려하여 고정축거는 $L = 2.10m + 0.6m = 2.70m$ 로 정의하였다.

$$S_1 = \frac{L^2}{8R} = \frac{2.70^2}{8 \times R} = \frac{911.25}{R} \fallingdotseq \frac{920}{R}(mm)$$

(2) HSE(Health and Safety Executive)

○ 슬랙에 대한 국외기준으로 HSE(Health and Safety Executive)에서는 최소곡선반경에 대해 축간거리, 궤간과 휠게이지 차이 및 레일과 플랜지 접촉길이를 고려하여 슬랙량을 정의할 수 있다.



<그림 147> 슬랙 산정(HSE)

$$R_{\min} = \frac{BL}{2S}, L = (8dr - 4d^2)^{0.5}$$

여기서, B : 축간거리(Wheelbase of vehicle)
R : 외측레일 반경(Radius of Curve to outer rail)
S : 궤간과 휠게이지 차이거리
L : 레일과 플랜지 접촉길이
d : 플랜지 깊이(the depth of flange)
r : 플랜지 tip에서 휠반경
(the radius of wheel to flange tip)

○ 인터모달 개발대차의 제원을 근간으로 레일과 플랜지 접촉길이 산정결과 약 300mm로 계산되었으며, 이에 따른 슬랙상수는 다음과 같이 산정되었음.

$$R_{\min} = \frac{BL}{2S}, L = (8dr - 4d^2)^{0.5}$$

$$L = (8dr - 4d^2)^{0.5} = (8 \times 25 \times 455 - 4 \times 25^2)^{0.5} = 297.5 \fallingdotseq 300$$

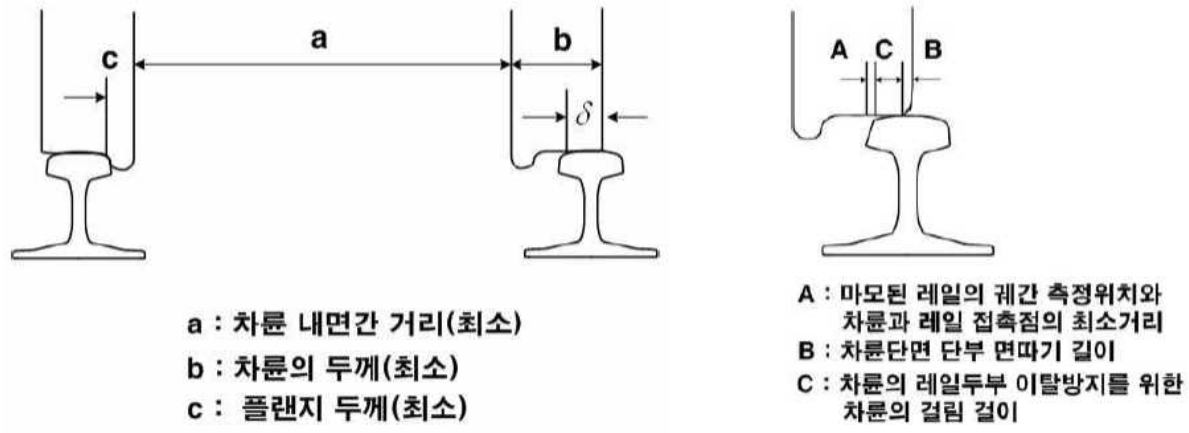
$$S_1 = \frac{L^2}{8R} = \frac{2.80^2}{8 \times R} = \frac{980}{R}(mm)$$

너. 슬랙 최대값

○ 궤간의 확대로 인하여 차륜이 주행중에 레일 두부에서 탈선하는 것을 방지하기 위해 최대 슬랙량(Smax)을 제한을 두고 있음.

○ 최대 슬랙량 산정은 레일과 휠에서 기하학적으로 유도된 슬랙량(S)에서 슬랙조정치(S′)을 감한하여 적용하고 있음.

○ 국내에서는 슬랙의 최대값을 일반철도의 경우 30mm 이하로 정하고 있으며, 도시철도의 경우 25mm 이하로 적용하고 있음.



<그림 148> 슬랙의 최대값

○ 인터모달 시스템 슬랙의 최대값은 차륜과 레일이 접촉하고 있는 상태에서 차륜두께, 차륜간 거리, 플랜지 두께 등의 기하학적 관계를 고려하여 열차의 차륜이 레일에서 탈락되지 않는 범위를 검토하였음.

$$C = \delta - A - B - D$$
$$= 70mm - 15mm - 5mm - 10mm$$
$$= 40mm$$

여기서, δ : 차륜이 편측레일에 접촉하는 영역 범위
A : 마모레일의 궤간 측정위치와 레일 두부 상면과의 이격거리
B : 차륜답면 단부의 면따기 최대거리
D : 여유가동거리

○ 인터모달 대차제원을 근간으로 그림과 같이 차륜두께, 차륜간거리, 플랜지 두께 등을 고려하여 열차차륜이 레일에서 이탈되지 않는 차륜 걸림길이의 한도값(C)을 다음과 같이 산정하였음.

○ 슬랙의 최대한도는 차륜에서 레일이 이탈되지 않는 차륜걸이 길이 한도값(C)에서 유지보수 시 궤간공차(궤간확대) 최대 허용치를 반영하여 산정하였음.

<표 158> 차륜 걸림길이 한도값 적용인자

항목	적용값	비고
· 차륜- 레일 첩촉점간 최소길이(궤간+δ) :	1,505mm	
· 궤간 :	1,435mm	
· 차륜이 편측레일에 접촉하는 영역 범위(δ) : δ=1,505-1,435	70mm	
· 마모레일의 궤간 측정위치와 레일 두부상면과의 이격거리(A) :	15mm	
· 차륜답면 단부의 면따기 최대거리(B) :	5mm	
· 여유가동거리(D) :	10mm	

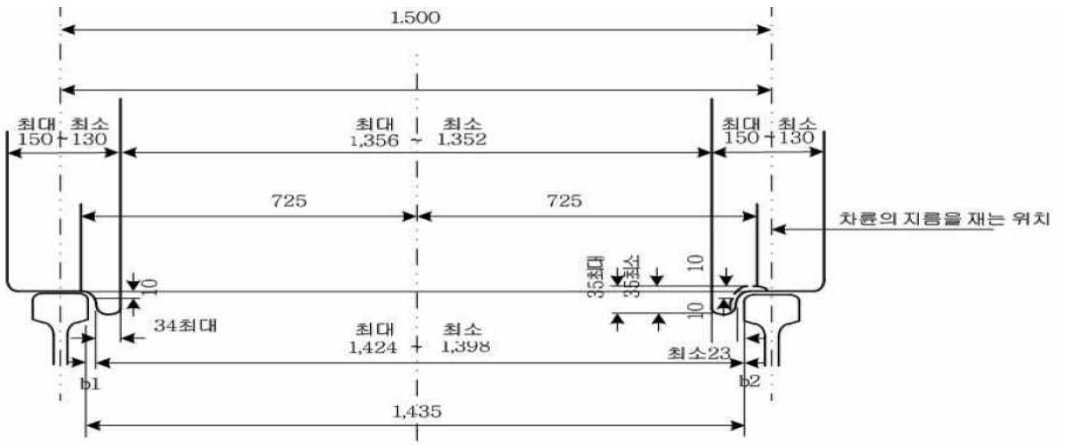
○ 슬랙의 최대값은 유지보수시 궤간공차 최대허용치 10mm를 고려하여 다음과 같이 산정하였음.

$$S_{\max} = C - 10mm$$
$$= 40mm - 10mm$$
$$= 30mm$$

더. 슬랙 조정치

○ 슬랙의 조정값은 통과차량의 특성 및 차륜-궤도 인터페이스를 통하여 최대슬랙값(Smax)을 줄일 수 있도록 해야 함.

○ 국내 규정에서는 일반철도의 경우 슬랙조정치(S′)를 0~15mm를 두고 있으며, 도시철도의 경우최대 4mm까지의 여유분을 두고 있음.



<그림 149> 궤간의 한도(1,435mm)

<표 159> 궤간 1,435mm 차륜과 궤도 상호작용 인자

항목	적용값	비고
· 차륜의 최대거리 :	1,356mm	
· 플랜지 최대두께 :	34.0mm	
· 궤간의 선로정비규칙 최소값 :	2.0mm	
· 궤간 :	1,435mm	

○ 인터모달 시스템의 슬랙 조정치는 차륜과 레일의 접촉상태에서 차륜 접촉점의 최대거리와 궤간의 여유량, 현장 오차 등을 고려하여 다음과 같이 슬랙의 조정량을 산정하였음.

$$S' = \text{궤간} - \text{차륜최대 거리} - \text{플랜지 두께} - \text{선로정비규칙 최소값}$$
$$= 1{,}435mm - 1{,}356mm - (34\times 2)mm - 2mm$$
$$= 9mm$$

러. 인터모달 전용궤도 설계기준(안)

<표 160> 인터모달 전용궤도 설계기준(안)

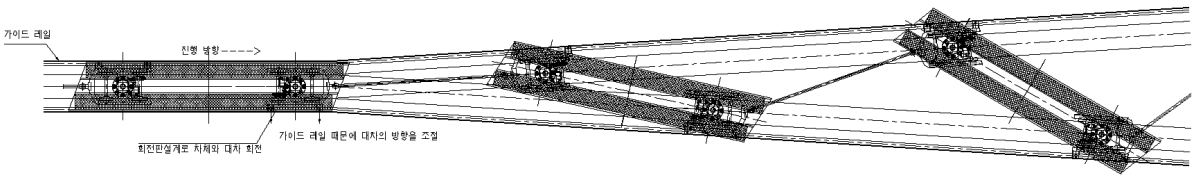
구 분			설계기준(안)	비고
설계속도			• 40km/h	• 정거장 진입(6km/h 이하)
궤 간			• 1,435mm	
캔트	캔트량		$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{127}\times\frac{V^2}{R}\right)-\theta'$ $C = 11.8\frac{V^2}{R}-C'$	• 궤간:1,435mm
	최대캔트		$\theta = 6.24^\circ$ $C = 157mm$	$C_1 = \frac{G^2}{2H}$, 궤간 1,435mm • 차량높이 : 3,725mm • 전도안전율(F.S) = 3.5
	캔트 부족량		$\theta = 0 \sim 3.1^\circ$ $C = 78mm$	$a_q = \frac{C_d}{147}$ • 허용원심가속도 0.53m/sec2 (UIC703R: 80~120km/h)
	캔트체감		• 완화곡선 있는 경우: 전체 • 완화곡선 없는 경우: 큰값 - $L_c = 10.97\times V\times tan\theta$ - $L_c = 9.25\times V\times tan\theta_d$ - $L_c = 300C$	• 고정축거 : 2,100mm • 플랜지 두께 : 25mm • 평면틀림 : 9mm
곡선	최소곡선반경		• 150m	
	곡선사이직선거리		$L = V\times\frac{T}{3.6}$와 차량1량 길이 중 큰 값 적용	• 최소 차량1량 길이 이상 요구됨 • V: 설계속도(km/h) • T: 열차의 좌우진동주기(sec)
곡선	완화곡선	곡선설치	$R = \frac{V^2}{127\times\Delta tan\theta_d}$	• $\Delta\tan\theta_d$ 부족캔트 변화량의 한계치
		곡선종류	3차원 포물선	• 일반철도 선형
		곡선길이	$L_c = 10.97\times V\times tan\theta$ $L_c = 9.25\times V\times tan\theta_d$ $L_c = 300C$ • 3개중 큰 값 적용	• 캔트변화량 시간변화율 최대값 -10.97상수 : 38mm/sec(1.45°/sec) • 부족캔트변화량 시간변화율 한계값 -9.25상수 : 45mm/sec(1.72°/sec) • 차량구조에 의한 완화곡선 길이 -300상수 : 고정축거 2,100mm 플랜지두께 25mm 평면틀림 9mm
기울기	선로기울기		• 25‰ 이하	• 차량분야 설계요구사항 (차량성능시험 필요)
	정거장구내		LEVEL	
	종곡선설치		• 기울기 변화개소 전체	
	종곡선반경		$0.35\,V_{\max}^2$	• 상하방향 가속도 0.22m/sec2 (ENV 13803-1)
슬랙			$S = \frac{920}{R}-s'$	$S = \frac{L^2}{8R}$ • 고정축거 2,100mm • 플랜지 앞뒤여유 0.30m 적용

5. 터미널 전용궤도 천이구간 특수설계기준(안)

가. 차량 시스템 제원 및 성능

(1) 언더후레임

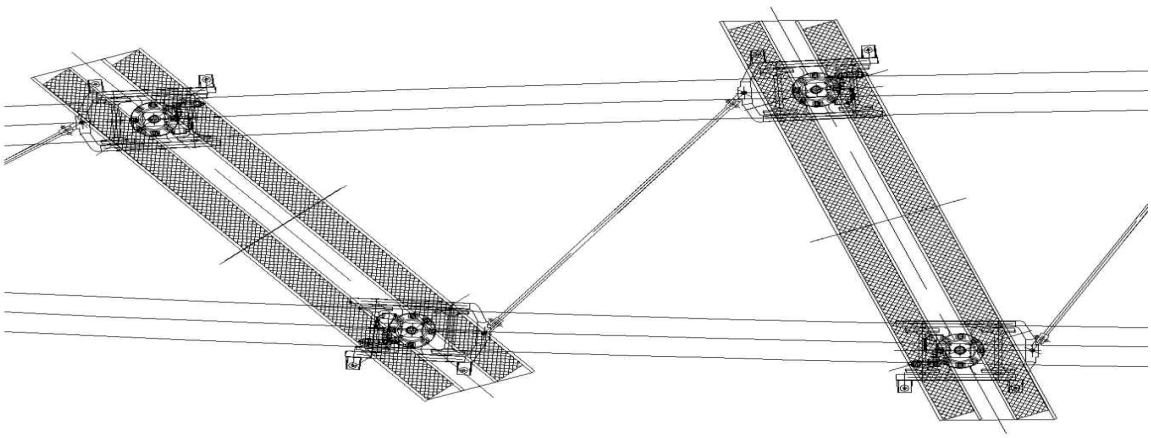
○ 차량분야에서 제시한 개발대차의 언더후레임은 회전연결봉, 제동장치, 주전력변환장치, 보조전원장치, 차량제어장치, 공압장치 등을 설비할 수 있도록 계획되어 있으며, 언더후레임은 컨테이너 트레일러의 상하차가 용이하도록 가이드레일과 이탈방지 가이드, 트레일러 고정 설비를 필요



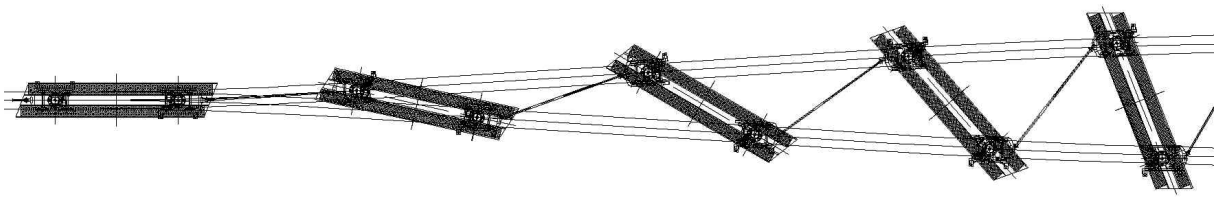
<그림 150> 천이구간 회전연결바 열차주행

(2) 회전연결바

○ 그림에서 보이는 것과 같이 회전연결바를 양측 연결지점에 링크를 설치하여 회전연결바가 대차 사이드베아라를 지나지 않도록 개선하고 있음.



<그림 151> 천이구간 링크식 회전연결바



<그림 152> 천이구간 링크식 회전연결바 열차주행

(3) 주행장치

○ 주행장치는 볼스터리스 (Bolsterless) 용접일체구조대차를 사용하고, 차륜은 사이드프레임 외측에 설치하는 구조로 함.

○ 차체의 하중은 볼스터가 지지하고, 차체 회전이 용이하도록 회전형센터피봇과 사이드 롤러를 설치한다. 축상에는 코레일 스프링과 회전형유도전동기 설치할 수 있는 구조로 하여야 함.

나. 천이구간 구조적 특성 및 성능요구사항

(1) 천이구간 운행컨셉

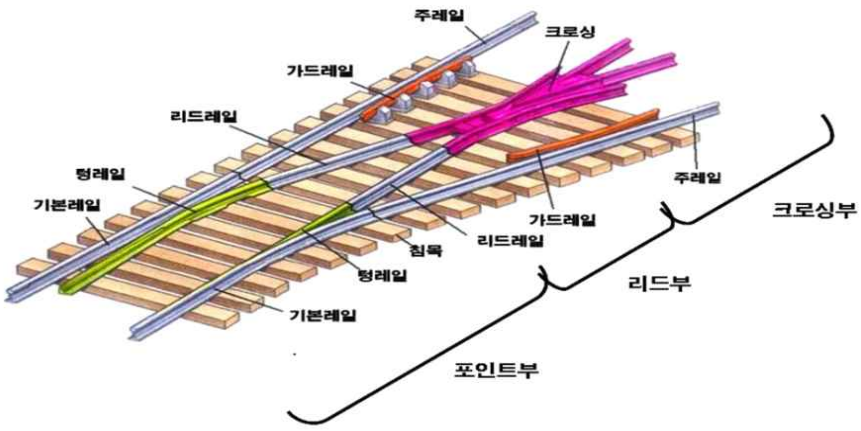
○ 현재 차량분야에서 제시한 천이구간 열차주행 개념은 차체 1량(Body)에 2개의 대차(Bogie)가 설치되며, 터미널 진입 시 대차의 회전정렬방식은 1번 대차가 분기선 운행, 2번 대차는 통과선 운행으로 운행됨에 따라 대차 상부 회전판에서 회전하는 시스템임.

○ 이에 따른 천이구간의 전용궤도 개념은 일반철도에서 적용하고 있는 분기기 형식을 준용하고 있으며, 분기방식은 일반철도 분기기 텅레일의 기능을 수행하는 가이드레일 선형 및 설치조건이 매우 중요할 것으로 판단됨.

- 천이구간 회전연결바 : 1량에 2개의 대차가 설치되며, 언더 후레임 60도 이상 회전
- 회전연결바가 대차 사이드베아라와 간섭이 발생하여 회전링크 설치

(2) 천이구간 구조적 특징

○ 일반적으로 철도에서 적용하고 있는 분기기는 궤도상에서 열차 또는 차량을 한 궤도에서 다른 궤도로 전이 시키기 위하여 궤도상에 설치한 장치로서, 그 구조는 포인트부(Point), 리드부(Lead), 크로싱부(Crossing)로 구성됨.



<그림 153> 일반철도 분기기 개념도

□ 포인트부(Point part)

○ 텅레일은 레일을 절삭가공하여 끝단을 기본레일에 밀착시켜 차량의 방향을 분기시키는 역할로 대칭 또는 비대칭 단면 레일을 말함

□ 리드부(Lead part)

○ 리드곡선반경은 리드부의 곡선이 가지고 있는 반경(R)을 말하며, 외측 레일의 반경을 의미함

□ 크로싱부(Crossing part)

○ 분기기내의 직선레일과 곡선레일이 교차하는 부위로서, 구조상 필연적으로 발생하는 결손부를 보완하기 위하여 크로싱 좌우양측에 가드레일 설치를 함

(3) 천이구간 성능요구사항

○ 차량분야에서 제시한 천이구간 선형조건은 그림과 같으며, 일반철도의 분기기 구조와 다르게 좌/우측 텅레일이 없는 특징을 보이고 있음.

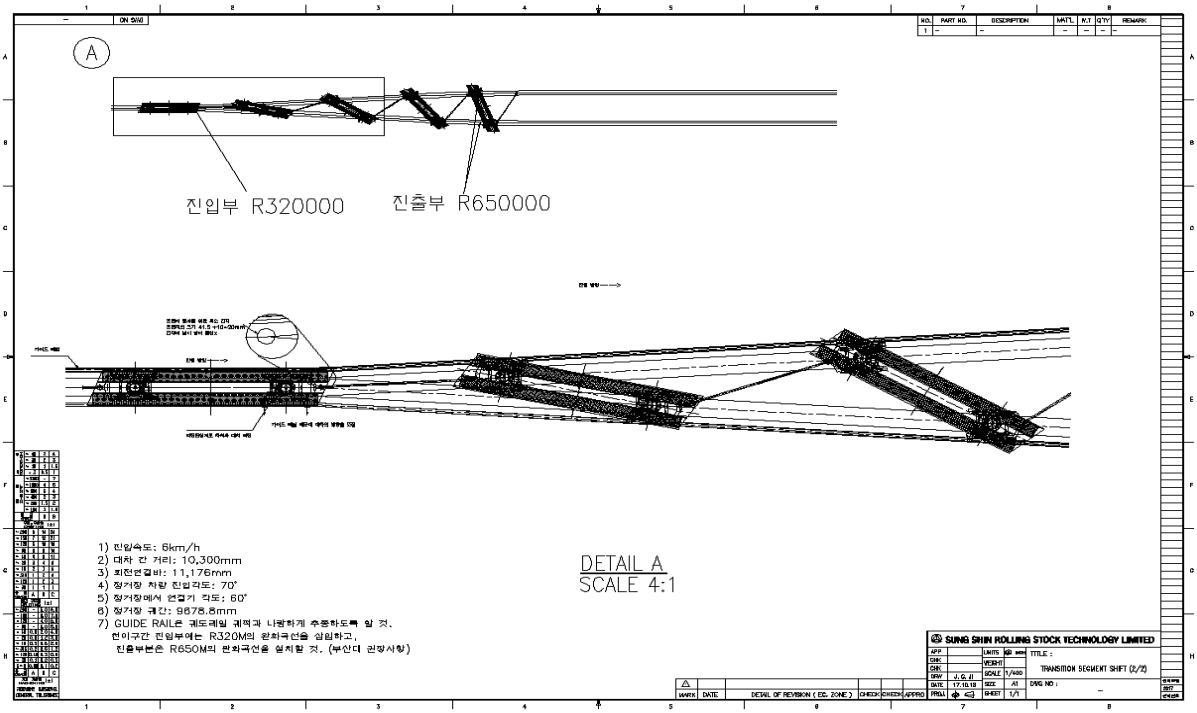
○ 이는 1량에서 2개의 대차가 각각 분기할 수 있는 신호체계 구축이 불가하여 반영한 사항으로 인터모달 자동화물 천이구간의 구조는 리드부(Lead part)와 크로싱부(crossing part)로 구성됨.

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 대차회전구간의 선형조건은 일반철도와 다르게 텅레일 적용이 어려워 열차탈선의 위험요소가 크게 발생될 우려가 있음.

○ 이에 따라 열차 탈선 방지 및 터미널부에서 대차의 회전정렬을 위하여 차량분야에서 가이드 휠의 선형조건을 진입부 R320, 진출부 R650을 제시하였음.

○ 또한 토목분야에서는 가이드 지지대 설치간력 CTC 2.0m로 궤도구조물과 간섭이 없는 시설물을 계획하였음.

○ 전용궤도 분야에서는 텅레일(Point) 미적용에 따른 레일~휠이 원활하게 접촉할 수 있도록 리드부(Lead part) 곡선반경 R320, 크로싱부 곡선반경 R650을 적용하였으며, 가이드 휠과 지지 구조체 접촉구간에서의 발생되는 충격을 최소화가 가능하도록 검토하였음. 천이구간설계 중요인자는 다음에 제시



<그림 154> 차량분야에서 제시한 천이구간 선형

□ 설계하중

○ 분기기의 설계하중은 일반궤도의 설계하중을 편의적으로 사용하고 있으며, 설계윤중(횡압), 피로검토 윤하중(횡압), 이상 윤하중에 대하여 설계를 반영하고 있음.

○ 본 연구에서는 천이구간 진입부와 진출부에 발생되는 횡방향 발생력에 대하여 검토를 수행하였음.

□ 천이구간 설계

○ 일반적으로 분기기 설계는 차량의 제원 및 성능을 고려하여 포인트부, 리드부, 크로싱부에 대한 재료선정 및 선형을 계산하고 있으며, 본 연구에서는 차량분야에서 제시한 천이구간 진입부(R320m), 천이구간 진출부(R650m)에 대한 선형조건을 만족하고 발생되는 횡방향 하중에 대하여 구조적으로 안정한 궤도재료 선정을 하였음.

□ 선형계산

○ 일반철도의 분기기는 궤간(G), 크로싱각(θ), 크로싱 전단길이(M), 크로싱후단길이(N), 텅레일길이(P). 기본레일 길이(l1), 주레일 길이(l2)와 차량의 제원 및 성능을 기반으로 설계반영하고 있으며, 본 연구에서는 차량분야에서 개발대차의 열차주행안정성 해석을 통한 선형조건을 설계에 반영하였음.

○ 또한 차량분야에서 제시한 선형조건과 일반철도에서 적용하고 있는 분기기 설치기준을 준용하여 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 천이구간 설계기준을 다음과 같이 정리하였으며, 이는 시험부설 및 실차주행시험을 통하여 검증되어함.

○ 리드부(Lead) 설치 마감검사 기준

<표 161> 리드부 설치마감 검사기준(천이구간 진입부)

항목	기준 및 허용오차(mm)	비고
리드레일 종거	± 1mm	
리드레일 연장	± 7mm	

○ 크로싱부(Crossing) 설치 마감검사 기준

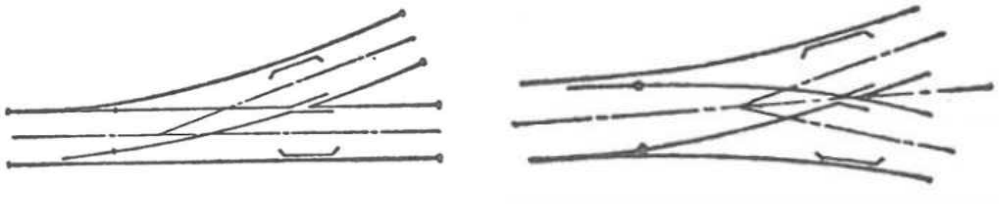
<표 162> 크로싱부 설치마감 검사기준(천이구간 진출부)

항목		기준 및 허용오차(mm)	비고		
노스레일/상판이격걱리		≤ 2.0	노스가동		
노스레일과 윙레일 밀착상대	0~500mm	≤ 0.5			
	≤ 0.5	≤ 1.0			
멈춤쇠 밀착상태		≤ 1.0			
윙레일 시점 간격		± 2.0			
스플라이스 레일 종점간격		± 2.0			
주레일	종거	± 1.0			
	연장	± 5.0			
백게이지		1,393 ± 2.0	노스 가동	직선	1,370 ± 2.0
				곡선	1,393 ± 2.0
윤연로 폭	가드레일부	42 ± 2.0	노스 가동	직선	65 ± 2.0
				곡선	42 ± 2.0
동정량		115 ± 2.0	노스가동		

다. 천이구간 길이 및 폭원

○ 차량분야에서 제시한 천이구간의 회전정렬방식은 일반철도에서 적용하고 있는 대차 회전축이 2개소 발생하는 양개분기타입방식으로 노반구조물, 터미널 형식 등을 검토한 결과 궤도부설 시공성에 큰 문제가 없을 것으로 판단됨.

○ 천이구간 길이는 대차 진입속도 6km/h 이하를 고려하여 분기각을 검토한 결과 천이구간 진입부는 F15 분기기, 천이구간 진출부는 F8 분기기 제원과 유사



[편개 Type] [양개Type]

<그림 155> 일반철도 분기방식

○ 이에 따른 노반구조물, 터미널 구조물 협의결과 천이구간 분기부의 길이는 약 30m, 폭원은 약 20m되며, 대차 편성수 및 대차 연결기 길이에 따라 천이구간 길이가 증가될 것으로 판단됨.

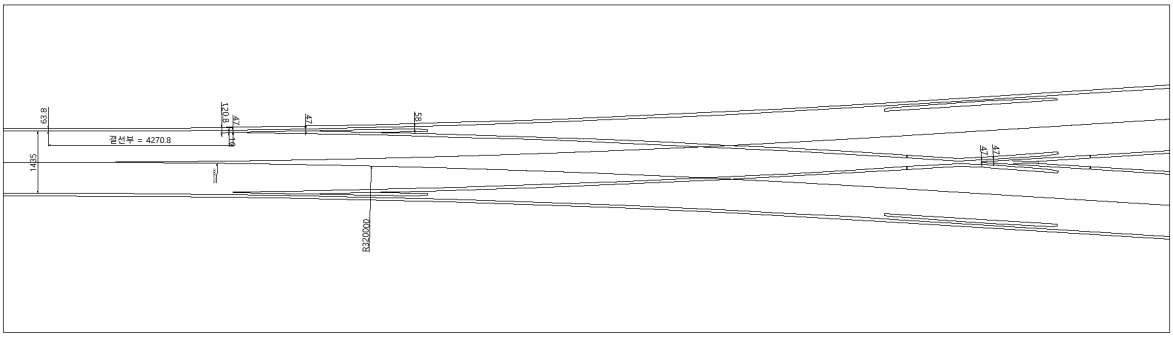
<표 163> 일반철도 분기기 분기각 및 통과속도

구분	레일	사양	번수	분기각	J	K	G	H	L-J	L	R	통과속도
일반분기	50N (60kr)	양개	F8	7°9'10″	1,400	10,664	12,064	24,726	24,726	26,126	306,888	40
			F15	3°49'06″	1,907	19,603	21,510	25,800	45,403	47,310	1082,059	70

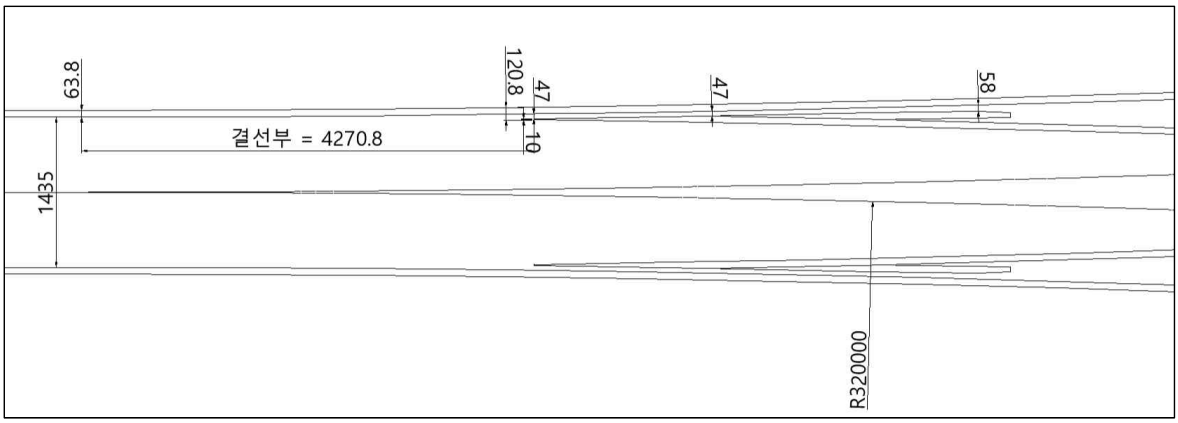
○ 천이구간 선형검토 결과 레일과 휠의 접촉면적 변화폭이 레일 두면면(63.8mm)을 기준으로 약 4.0m 길이에 걸쳐 약 2배(120.8mm) 발생됨.

○ 또한 크로싱(crossing part) 노즈부의 두께가 약 10mm 내외로 크로싱 노즈부는 일반철도 제원을 반영하여 설계하였음.

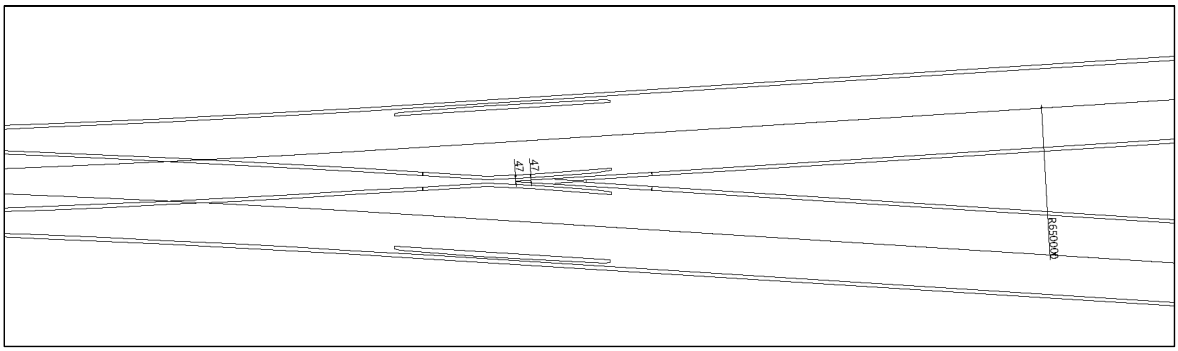
○ 본 검토는 차량분야에서 제시한 천이구간 선형조건 진입부 곡선반경 R350, 진출부 곡선반경 R650에 대해 검토를 수행하였으며, 대차가 회전을 위한 포인트(Point) 시점은 약 6.0m가 필요한 것으로 검토되었음.



<그림 156> 천이구간 궤도선형 분석



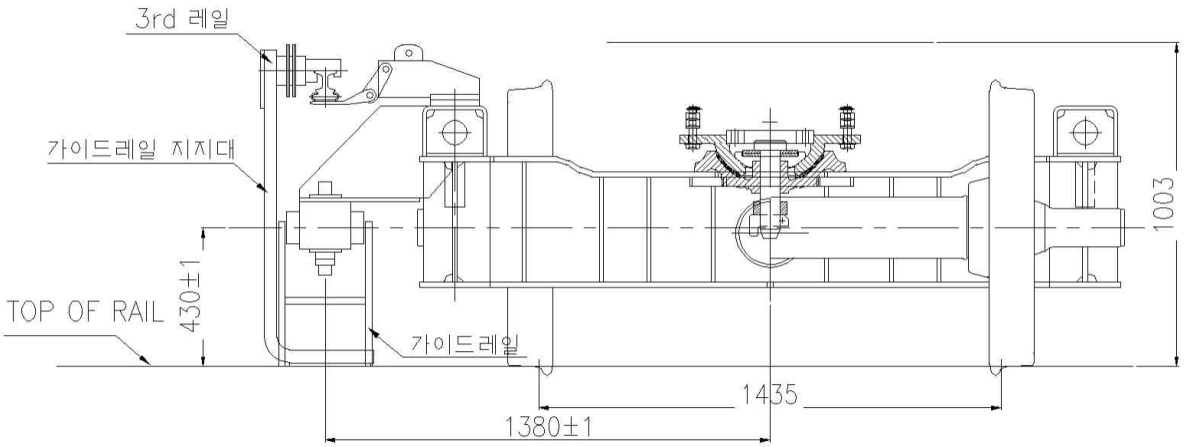
<그림 157> 천이구간 진입부 궤도선형 상세



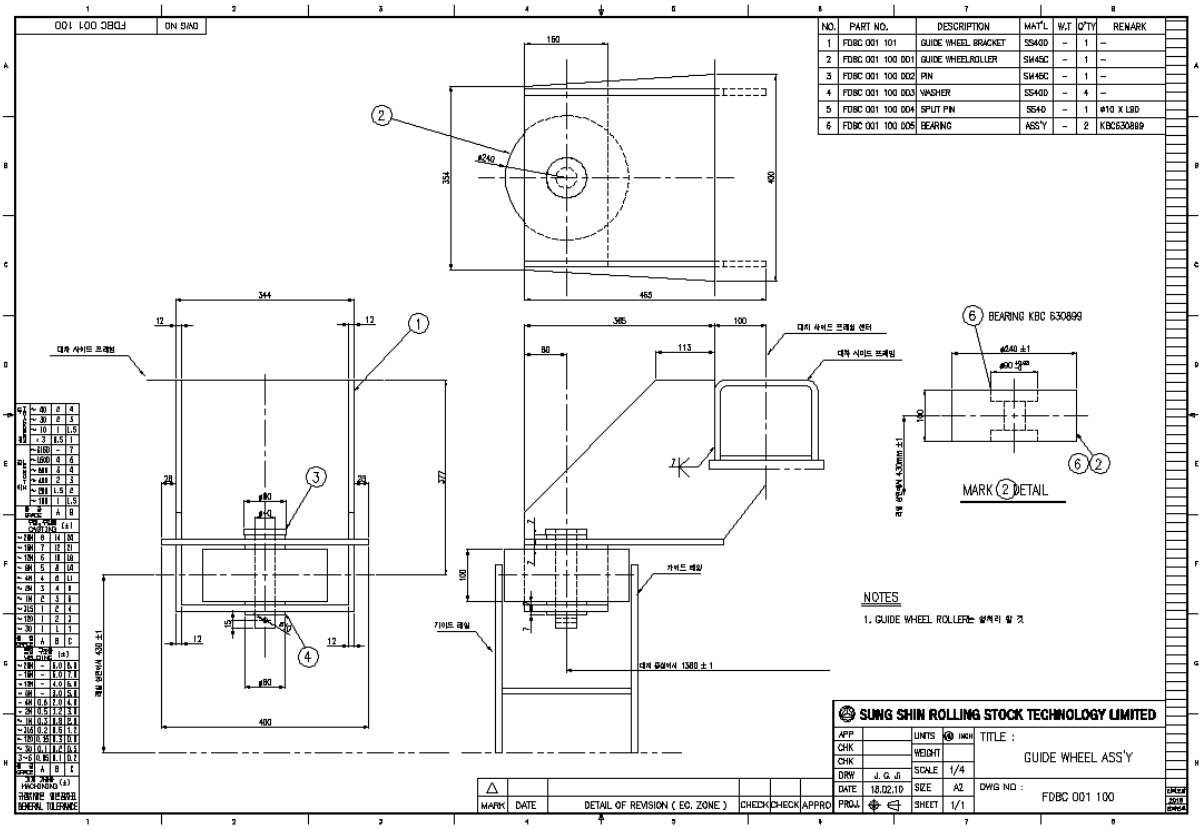
<그림 158> 천이구간 진출부 궤도선형 상세

○ 천이구간 폭원검토의 주요인자는 대차 주행속도(분기각) 만족하는 분기선과 통과선의 선로중심간격, 천이구간 포인트 시점(결손부) 주행시 휠의 이선진입방지를 위한 가이휠 지지재 설치면적, 제3궤조 시설물의 설치면적에 대한 검토가 선행되어야 함.

○ 노반분야 인터페이스 결과 가이드레일 및 제3궤도 지지대는 궤도구조 단면폭원에 간섭이 없이 종방향 설치간격 CTC 2.0m 설치되며, 차량분야에서 제시한 선형조정이 가능한 것으로 검토되었음.



<그림 159> 가이드레일 및 제3궤도 설치지지대



<그림 160> 대차 가이휠 설치 상세도

제2절. 전용궤도 설계

1. 전용궤도 설계 검토사항

가. 기본방향

○ 궤도구조는 레일, 침목, 체결장치 등의 궤광과 도상이 일체화 및 상호작용으로 차량을 직접 지지하는 구조물로서 열차하중을 노반구조물에 광범위하고, 균등하게 전달하는 기능을 수행해야 함.

○ 차년도 자문회의 내용을 반영하여 전용궤도의 설계단면을 적용하였으며, 자문회의 및 설계에 대한 세부내용은 다음과 같음.

- 궤도구조: 측하중이 도시철도 수준인 16t이므로 노반(교량) 구조물과의 인터페이스를 고려하여 최소의 콘크리트 도상을 이용한 직결 궤도공법을 적용하는 것이 경제성에 유리할 것으로 생각됨.
- Guide의 강성 및 구조: Guide의 허용오차 15mm는 과다하다고 생각되어 축소하되 분기 첨단부와 곡선반경을 고려하여 최소화함이 바람직함.
- 분기부 첨단부: 분기 첨단부는 청레일과 기본레일의 밀착으로 이루어지지 않으므로 청레일시 완전히 성형(높이)되는 곳까지의 결선부를 고려하여 차량과의 협의가 필요함.
- 슬랙 및 기타선형 자료: 대차의 고정축거가 짧아짐에 따라 기본적인 Data 확인이 필요함.
- 기술 개발 연구 용액 아이템으로는 우수
- 대차의 숙도제어 방안은 차량제어 방안으로 시행
- 궤도구조는 향후 유지보수를 고려해 콘크리트도상으로 적용
- 크로싱 후단 부대 곡선은 R.반경을 최소화로 경제성 고려 필요
- 곡선부에서 가드 레일과 궤도 슬랙 간의 간섭부분을 고려한 설계
- 플렌지웨이 폭은 가르 레일의 중요성을 감안한 적정 간격 선적 필요
- 궤도구조의 체결방식은 직결식으로 검토
- 결손부를 최소화하기 위한 곡선 반경 축소 필요
- 차량 분야의 인터페이스가 가장 중요. 이에 대한 궤도의 반영 검토 필요
- 축중(16t) 및 저속임을 고려 토목시설물 및 궤도 시설물 슬림화가 가능할 것으로 판단됨.
- 궤도 구조는 직결 궤도 방식이 저비용 구조로 보임.
- -궤간은 표준궤도로 하되 슬랙 부분에 대하여 차륜 및 레일 마모나 주행성에 영향을 줄 수 있으므로, 고정 축거(2.0) 및 차륜 반경에 따른 후랜지 접촉거리를 적용하여 계산 후 적용 (기존 슬랙 공식 사용 않음)

- 레일 구조는 가능하면 1/20 경좌가 좋을 것으로 판단되나 제작 상 문제가 있다면 50kgN로 하되 장대레일 구조로 하여야 주행안전성 및 유지관리 유리
- 비용저감 관련한 계산 시에는 기존 시설물(축중 16t) 운행구간인 도시철도 시설물과 궤도 구조의 평균 비용대비로 하되 인터모달 시스템 당 추가되어야 하는 가이드레일 분기 시스템 등은 예외로 하여 제외하고 산정
- 분기기 크로싱부 통과 시 회차의 편심에 따른 우발횡압 발생이 우려됨.
- 가드 레일 배면횡압, 백게이지, 가드 레일 체결력에 대한 동적 주행안전성 검토 후 설계
- 분기선 진입 시 가드 레일에서 안내해주는 힘에 따른 속도 저하를 고려하여 텅레일 설계 검토
- 대차 중심 간격, 고정축거에 따른 주행안전성 평가기준과 속도별 동적해석 검토 후 궤도제원 확정 필요
- 침목 구조는 경제성을 고려하여 결정 필요
- 주행레일과 가드 레일의 선형에 따라 탈선이 발생할 수 있으므로 좌우 주행레일, 가드 레일의 선형을 정확히 제시하고 주행안전성을 검증할 필요가 있음. 노이즈 충격력에 대한 검증도 요망
- 궤도 중심선을 기준으로만 설계할 경우 문제가 있을 수 있음.
- 또한 레일 선형 오차, 가드 레일 선형오차(+유격), 슬랙, 진입부 크로싱 결손부에서의 형상오차 등에 대해서도 면밀한 검토가 필요함. 실제 대차 제원을 감안하여 좀 더 정확한 오차 설정이 필요함.
- 가이드 휨이나 레일의 마모도 고려 필요
- 건설비 절감을 위해서는 기존 Rheda2000궤도보다 축중·속도에 맞는 최적화된 단면과 구조적용이 필요함 → 별도 설계기준 수립 필요. 예를 들어 터미널을 제외하면 궤도 슬랙스(+PC 침목) 대신 프린스(plinth)를 적용할 수 있음.
- 또한 레일지지간격도 넓히는 방안도 검토 가능할 것으로 보임. (다만 레일 종류에 따라 레일응력의 검토가 필요함)
- 인터페이스에서 많은 문제가 발생할 것으로 예상되므로 설계단계에서 차량과 궤도의 상세한 협의가 필요
- 가이드 레일과 안내 궤도의 유격이 15mm로서 비교적 큰 편으로 소음과 충격을 유발할 우려가 있음.
- 설계 축중과 속도에 최적화된 궤도 구조 제시를 통하여 건설비 절감 달성
- 궤도 구조 선정시 급전의 안전성을 고려하여 선정 및 설계가 필요

2. 궤도구조 선정

○ 궤도구조는 열차의 각종 하중을 충분히 견딜 수 있는 내구성 확보되어야 하며, 각종 시스템(신호회로)이 악천후 조건에서도 기능 유지가 가능해야 함.

○ 또한 차량 운행 시 동요와 진동이 적고 승차감 확보되어야 하며, 유지보수가 용이하고 구성 재료의 교환이 간편해야함.

○ 마지막으로 궤도틀림이 적고 열화진행이 완만해야 하며, 서비스 수명이 길고 경제성이 확보가 되어야하는 궤도구조 선정이 필요함.

가. 자갈궤도

○ 자갈궤도는 자갈사이 마찰력에 의해 궤도의 안정성을 유지하고 그 자체의 탄성력으로 충격 및 진동을 흡수하는 구조로 경제성, 환경성 및 유지보수 등을 고려하여 설계되어야 함.

○ 또한 자갈궤도는 열차의 반복통과에 의한 자갈도상이나 노반의 점진적인 소성침하/변형에 의해서 궤도면의 틀림 발생을 수반하기 때문에 원활한 열차주행을 확보하기 위한 주기적인 유지관리가 필요함.

(1) 자갈궤도 표준단면 검토사항

○ 자갈궤도의 표준단면 설정을 위해서는 더돋기를 하는 구간과 하지 않는 구간이 연속적으로 발생할 경우 현장여건을 반영하여 더돋기를 수행해야 함.

○ 지하구조물의 경우 온도변화가 크기 않는 점을 감안하여 더돋기 없이 측벽면까지 직선으로 연장할 수 있음.

○ 교량의 경우 도상어깨선의 높이가 교측보도 높이를 초과할 경우 자갈막이를 설치하여 도상단면을 안정적으로 확보할 수 있도록 하여야 함.

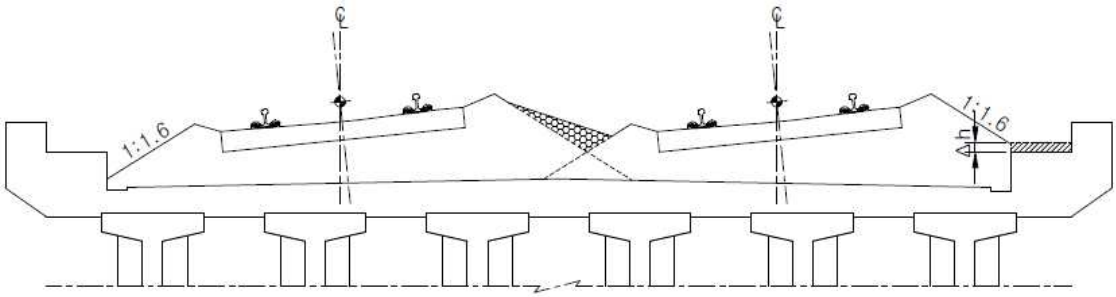
○ 정거장 측선은 열차운용요원의 편의를 위하여 더돋기 없이 선로 간 빈공간을 채우는 것을 원칙으로 하며, 선로간 중심간격이 5m 이하인 구간의 선로간 중앙은 도상자갈로 채우는 것을 원칙으로 함.

(2) 자갈궤도 적용성

○ 자갈궤도는 가장 오래된 전통적인 궤도구조로 도상자갈은 완전한 탄성체가 아닌 탄성체의 결합으로서 탄성적인 성질이 있어 반복하중이 가해지면 잔류 변형이 축적되고 이로 인해 변위가 발생됨.

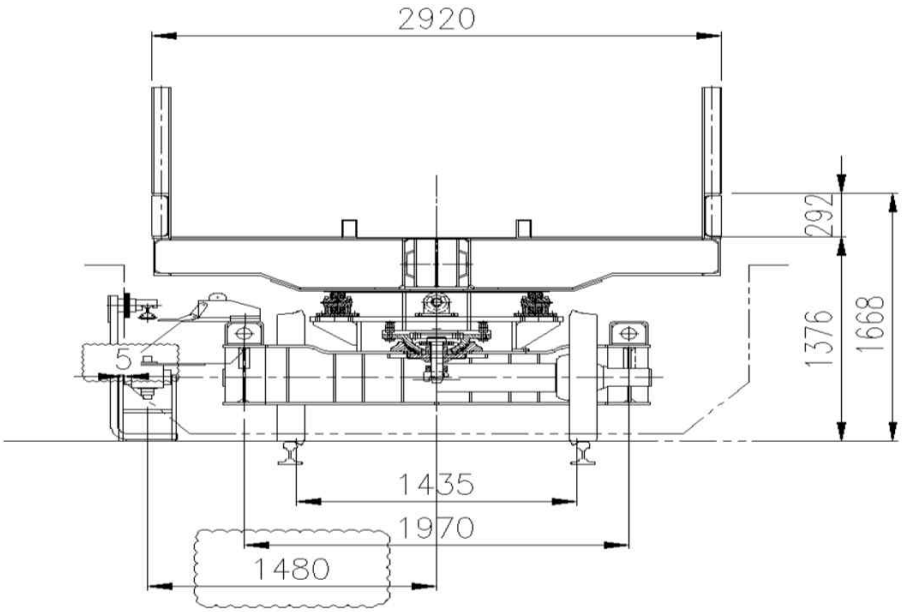
○ 초기 투자비가 비교적 경제적으로 일반철도에서 고속철도까지 광범위하게 적용되고 있으며, 기존철도 개량, 정거장 모양 변경시 일관성과 연계성 확보에 유리하고 유지

보수가 용이한 반면 자갈도상의 특성상 변형을 전제로 하기 때문에 늘 일정수준 이상으로 유지되어야 하는 단점이 있음. 이와 같이 자갈궤도는 차량하중, 외부하중에 대해 일정량의 변형을 허용하고 있음.



<그림 161> 교량상 자갈궤도 표준단면

○ 따라서 인터모달 자동화물 운송시스템의 전용궤도의 경우 자갈궤도 적용이 콘크리트 궤도구조에 비해 적용성이 떨어짐. 또한 차량, 시스템 분야에서 요구하는 궤도틀림, 시설물 설치 허용치를 만족하기 위해서는 상당량의 유지보수를 필요로 할 것으로 판단됨.



<그림 162> 가이드 휠과 지지대 설치오차

나. 콘크리트궤도

○ 콘크리트궤도구조는 1972년 독일의 Rheda역에 640m 연장의 콘크리트궤도를 설치하여 오늘에 이르도록 7억 5천만 톤 이상의 누적통과톤수를 기록하고 레일연삭 작업 외에 특별한 보수작업 없이 유지되고 있는 궤도시스템임.

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도는 대부분 교량상 구조물로 예상되며, 설계속도, 개발차량의 성능 등을 고려할 경우 경전철 시스템과 유사할 것으로 판단됨.

○ 이에 따라 국내에 부설되어 운영 중이거나 성능이 검증된 콘크리트궤도를 적용하는 것이 바람직하며, 궤도구조 적용성, 시공성, 경제성, 유지보수성, 환경성 등을 검토하여 최적의 콘크리트 궤도구조를 선정하고자 함.

(1) 콘크리트 궤도구조 선정시 고려사항

□ **안전성 확보검토**

○ 해당노선의 하중, 속도 및 노반조건에 대한 열차의 동적 안전성

○ 동등 조건 노선 이상에서의 사용성이 검증된 시스템

○ 국내외 운영실적 및 공단『철도시설성능검증지침』, 또는 동등 인증기관 지침에 따라 성능이 검증된 시스템

□ **경제성 확보**

○ 초기 투자인 건설비용

○ 유지보수를 고려한 LCC(Life Cycle Cost)비용

□ **시공성 검토**

○ 철도 특성상 다분할 시공 및 특정 장소 작업증대 적정성

○ 국내 시공장비 확보 및 시공경험 유무

○ 정밀 시공이 유리하고 시공오차 한계 초과시 조정이 용이한 공법

○ 자재조달이 용이한 가급적 국산화 자재사용

□ **유지관리성 개선**

○ 유지관리가 용이하고 비용이 절감되는 생력화 궤도구조

○ 자재교환 및 조달이 용이해야함

○ 동일 사업구간에 일관성 및 유지보수 용이성 등을 고려하여 가급적 단일 궤도구조 적용

□ **환경성 검토**

○ 소음/진동 감소에 유리한 궤도구조

○ 궤도배수시설 설치 용이한 구조

○ 분진발생 요인제거 및 미관상 유리한 궤도구조

□ **장래성 검토**

○ 장래 내구성 궤도재료 선정

○ 장래 환경 변화에 대처 용이한 궤도구조

□ **적용실적 검토**

○ 국내외 적용실적 조사검토

○ 국내외 인정받은 궤도구조 검토

(2) 궤도구조선정

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 궤도구조는 일반구간을 포함하여, 대차 회전정렬이 되는 터미널 정거장 구간까지 콘크리트궤도 구조를 계획하였으며, 콘크리트 궤도구조형식은 개발차량의 성능 및 하중조건을 고려하여 경전철시스템과 유사한 직결타입 궤도구조를 선정하였음.

○ 콘크리트타설 방식은 현장타설공법과 사전공장제작 패널을 현장에 설치하는 사전제작형 공법으로 분류할 수 있으며, 침목을 사용하는 공법과 콘크리트도상 직결로 구분 할 수 있음.



<그림 163> 직결궤도 적용단면(ALR+RC블럭 궤도)

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 콘크리트의 적용성 평가 항목으로 시공성, 안정성, 유지보수성, 열차운행에 따른 사용성, 긴급복구 용이성, 환경성, 경제성이 있으나, 이 중 궤도구조 안정성, 열차운행에 따른 사용성, 긴급복구 용이성 등은 검토 내상 궤도구조 모두 콘크리트도상 직결방식이고, 속도 40km/h 부설되어 운행 중으로 적용상 문제가 없을 것으로 판단됨.

<표 164> 국내 경전철 직결궤도 부설현황

구분	노선명	적용궤도구조	운행차량축중	설계속도	연장(km)	비고
1	부산-김해 경전철	System336 직결궤도	135kN	70km/h	22.36	2011.09 개통
2	용인경량전철	ALT-RF194 직결궤도	102kN	80km/h	18.14	2013.04 개통
3	인천도시철도 2호선	SFC 직결궤도	120kN	80km/h	29.10	2016.07 개통
4	우이신설 도시철도	VIPA-DRS 직결궤도	135kN	70km/h	11.40	2017.09 개통
5	김포 도시철도	System336 직결궤도	135kN	90km/h	23.67	2019.07 개통예정

3. 궤도재료 선정

○ 궤도재료선정은 열차하중 또는 온도변화 등의 외부하중으로 부터 견딜 수 있는 재료로 구성되어야 하며, 이때 발생되는 하중을 시공기면 이하의 노반에 광범위하게 전달되어야 함.

○ 또한 유지/보수가 용이하고, 구성 재료의 갱환이 간편해야 하며, 궤도틀림이 적고, 열화진행이 완만하게 발생되어야 함.

○ 차량이 안전하게 운행되어야 하며 경제적인 궤도재료 선정이 필요

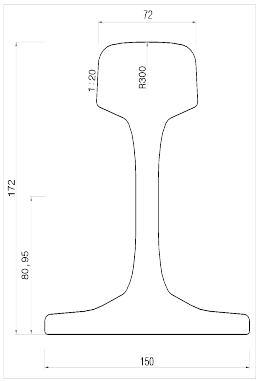
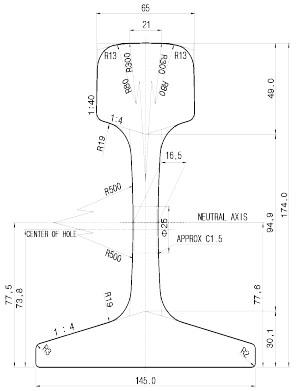
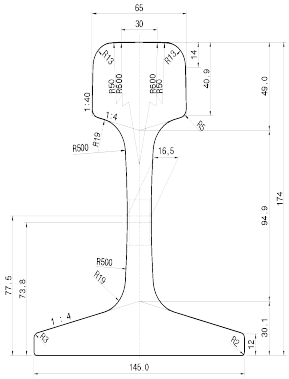
가. 레일

○ 레일은 열차하중을 직접 지지하는 궤도재료로 차륜이 탈선하지 않도록 유도하는 기능을 하고 있으며, 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도의 경우 최급기울기 25‰, 최소곡선반경 150m 주행 시 발생되는 연직 및 수평방량의 작용력에 대해 충분한 강도와 강성을 확보가 필요

○ 또한 곡선가공성, 필요시 장대화/장척/정척 레일적용 계획에 따른 용접시공성, 레일 수급성 및 재료비를 종합적으로 검토가 되어야 하며, 설계속도, 통과톤수를 고려하여 50kgN레일 이상의 레일 적용이 필요할 것으로 판단

○ 일반적으로 레일의 요구조건은 다음과 같으며, 누적톤과통수, 마모주기 등을 감안하여 열처리 레일을 적용할 수 있음. 또한 필요시 차량분야 인터페이스 통화여 HH370, HH340 이상의 경도기준을 적용할 수 있음.

<표 165> 레일적용 비교

구 분	60E1	60KR	50kgN
형 상			
곡선가공성	우수	우수	우수
용접시공성	양호	양호	양호
레일수급성	양호	양호	양호
적용성	고속용	중속용	저속용

○ 최소의 단면적으로 연직 및 수평방향의 작용력에 대하여 충분한 강도와 강성을 갖고 있어야 함.

○ 두부의 마모가 적고, 더욱이 마모에 대하여 충분한 여유가 있으며, 내구년수가 길어야 함.

○ 레일의 재질이 균질하고 내부결함이 없어야 함.

○ 침목에 설치가 용이하며, 외력에 대하여 안정된 형상이어야 함.

○ 두부의 형상은 차륜을 잘 유도 안내할 수 있고, 평활한 주행면이 되도록 두정면에 결함 또는 요철이 없어야 함.

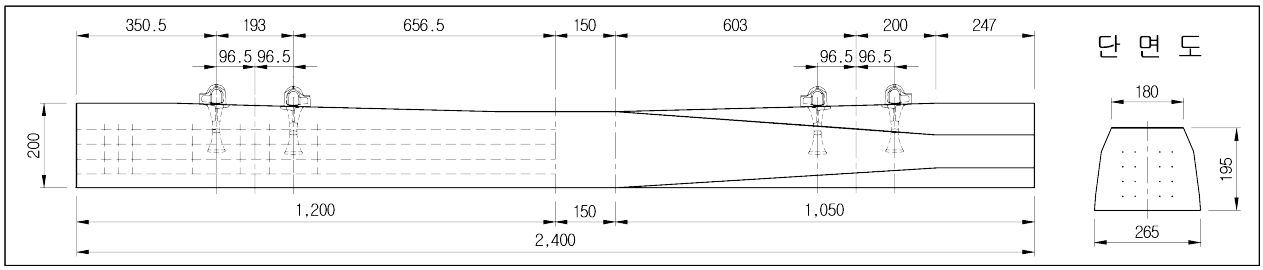
○ 마모 후의 형상과 차이가 적어야 함.

나. 침목

○ 침목은 레일을 설정위치에 견고히 정착시키고 지지함과 동시에 레일을 통하여 전달되는 차량하중을 넓게 도상에 분포시키기 위한 궤도재료로서 충분한 강도와 내구성을 가지고 있어야 하며, 도상저항에 유리하고 도상다지기 작업에 편리한 치수와 형상이어야 함.

○ 본 연구에서는 차량의 하중 및 성능을 고려할 경우 콘크리트 직결궤도를 적용함에 따라 침목은 불필요 할 것으로 판단됨.

○ 하지만, 향후 Testbed 궤도부설 등의 검토를 위하여 침목에 대한 성능 및 요구조건을 검토하였음.



<그림 164> 일반 PC침목 형상 및 길이

○ 일반적인 침목의 요구조건은 다음과 같으며, 인터모달 자동화물 운송시스템의 전용 궤도의 발생하중조건을 고려하면 침목배치간격은 600mm이하 적용에 큰 문제가 없을 것으로 판단되며, PC침목 적용 시 배치간격 증대하여 공사비 절감이 가능할 것으로 판단됨.

- 레일을 견고하게 체결할 수 있어야 하고, 열차하중을 지지할 수 있도록 충분한 강도가 있어야 함.
- 탄성, 내충격성, 완충성, 내구성 등이 풍부하여 레일로부터 전달되는 열차의 충격, 진동을 완충할 수 있어야 함.
- 수평방향의 도상저항력을 크게 할 수 있어야 하고, 도상다지기 작업에 편리한 치수이어야 함.
- 궤도에 충분한 좌굴 저항력을 줄 수 있어야 한다. 즉, 궤도 종방향 및 궤도에 직각방향에 대한 이동저항이 커야 함.
- 취급이 용이하며 내구년한이 길어야 함.
- 재료구입 및 제작이 용이하고 내구년한이 길어야 함.
- 폐기물 처리에 따른 비용을 줄일 수 있고 친환경적이어야 함.
- 양 레일 간에 필요한 전기절연을 확보하여야 함.

다. 체결장치

○ 레일체결장치는 레일에 가해지는 레일상하방향, 레일좌우방향, 레일종방향 하중의 작용력, 회전력, 충격력 등에 저항할 수 있어야 함.

○ 또한 레일을 정위치에 유지시키고 침목, 도상 등의 하부구조에 발행하중을 전단 또는 차단하는 기능을 하고 있다. 레일체결장치의 요구조건은 다음과 같이 정리할 수 있음.

<표 166> 레일체결장치의 요구조건

구 분	체결장치 기능
부재의 강도 및 내구성	· 충분한 강도와 내구성이 있어야 하며 조합된 부재의 강도가 균일해야함
궤간의 확보	· 단순한 수평하중 뿐만 아니라 경사에 대해서도 억제기능이 필요함
레일 체결력	· 레일의 복진방지, 레일 신축 및 레일 축력의 규제, 레일 부상 등은 궤도의 안정성을 유지할 수 있도록 레일을 누른 힘을 유지할 수 있어야 함
하중의 분산과 충격의 완화	· 레일 체결장치의 부재자체 및 침목 등 지지구조물의 부담력을 경감시켜 부재를 보호하기 위해서는 하중을 넓게 분산시키고, 또한 충격력을 완화시키는 것이 필요함
진동저감	· 레일에 일어나는 진동은 침목, 도상 등 하부구조에 파괴를 유도하므로 가능한 감소 또는 차단시켜야 함
조절성	· 슬랙 확보나 궤간 조정이 가능하여야 함
전기적 절연성능의 확보	· 레일은 일반적으로 각종 신호 또는 제어의 궤도회로 및 전차 전류의 귀회로로 사용되므로 레일과 하부구조물과 절연저항을 확보해야 함

○ 레일체결장치는 기술적 특성, 유지관리성, 시공성, 전기절연성, 수급성, 경제성, 환경성 등의 종합적인 검토를 하여 선정해야 함.

○ 일반적으로 체결장치는 이중탄성 체결장치의 사용을 원칙으로 하며, 특별한 경우 현장여건에 적정한 체결장치를 사용할 수 있음.

(1) 체결장치 적용성 검토

□ System336

○ 구조적 개요

- 레일패드와 베이스플레이트 패드를 조합한 이중탄성 구조로 구성품별 교환이 용이함

○ 레일체결장치(텐션틀램프 SKL12)



<그림 165> 체결장치 System 336

○ 성능

- 체결력 : 8~12kN
- 정적스프링계수 : 15kN/mm
- 전기저항 : 5kΩ이상 충족

○ 시공성

- Top-Down 방식
- 플레이트하부 콘크리트충진 및 밀착시 주의필요
- 레일(T-볼트)체결시 계측 가능한 토크렌치 사용으로 일률적인 체결력 확보
- 가체결 공급으로 재료 분실 염려 없음

○ 유지보수성

- 높이 조정판을 사용하여 상하조정(+50mm)
- 편심 절연부시로 조정하여 궤간조정(±4mm)

○ 재료교환

- 사용 중 방진재 상태확인 교체가 용이

□ System300-1

○ 구조적 개요

- 트러스형 철근을 사용하여 제작된 RC Twin블록을 매립하여 콘크리트도상과 일체화한 구조

○ 레일체결장치(텐션클램프 SKL 15)



<그림 166> 체결장치 System 300-1

○ 성능

- 체결력 : 16.9kN
- 정적스프링계수 : 22.82kN/mm
- 전기저항 : 5kΩ이상 충족

○ 시공성

- 별도의 대형장비 없이 단선 및 복선구간 시공가능
- 현장 궤광조립시 궤간확보 유리
- 시공속도 우수

○ 유지보수성

- 높이 조정 : +56mm/-4mm
- 궤간조정 : ±8mm

○ 재료교환

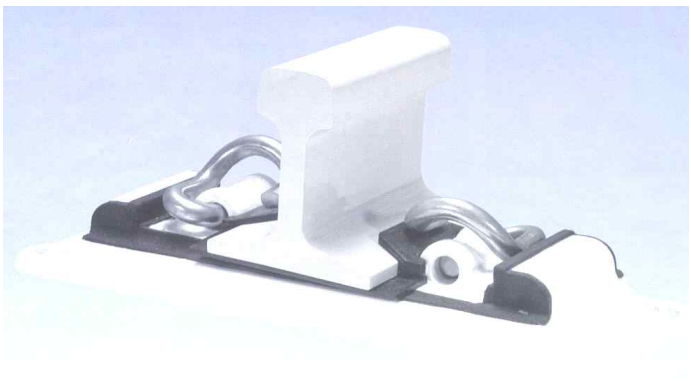
- 체결장치 교체작업성 우수
- 침목교환 작업성 보통

□ ALT-1

○ ① 구조적 개요

- Steel과 Rubber를 bonding한 체결장치를 도상에 직결시킨 구조

○ 레일체결장치(e-Clip)



<그림 167> 체결장치 Alt-1

○ 성능

- 체결력 : 22~26kN
- 정적스프링계수 : 20kN/mm 전후
- 전기저항 : 5kΩ이상 충족

○ 시공성

- 별도의 대형장비 없이 단선 및 복선구간 시공가능
- 현장 궤광조립시 궤간확보 상대적 불리
- 시공속도 보통

○ 유지보수성

- 높이조정 : +25mm / -5mm
- 궤간조정 : ±13.5mm

○ 재료교환

- 체결장치 교체작업성 매우 우수
- 베이스플레이트 교환 작업성 매우 우수

□ VIPA-BD

○ 구조적 개요

- 레일패드와 베이스플레이트 패드를 조합한 이중탄성구조로 구성품별 교환이 용이함

○ 레일체결장치(VIPA-BD)

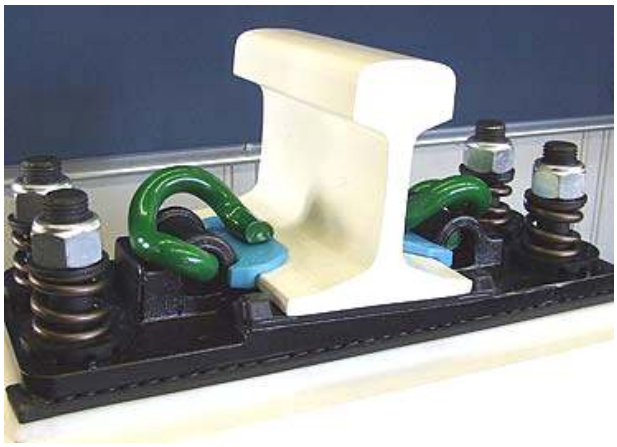


그림 168 체결장치 VIPA-BD

○ 성능

- 체결력 : 22~26kN
- 정적스프링계수 : 20kN/mm 전후
- 전기저항 : 5kΩ이상 충족

○ 시공성

- Top-Down 방식
- 플레이트하부 콘크리트충진 및 밀착시 주의필요
- 레일체결시 작업자의 기능과 관계없이 일률적인 체결력 확보
- 플레이트와 클립 분리 공급으로 재료 분실 우려

○ 유지보수성

- 받침패드의 두께조정으로 높이조정 : +20mm
- 절연블럭 두께와 톱니와셔로 궤간조정 : ±7mm

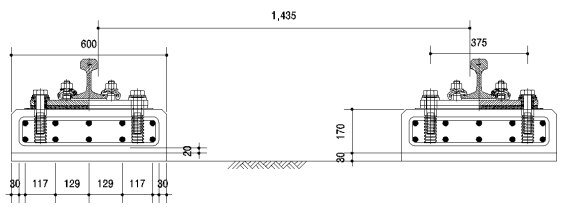
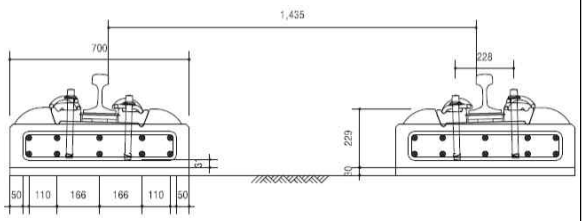
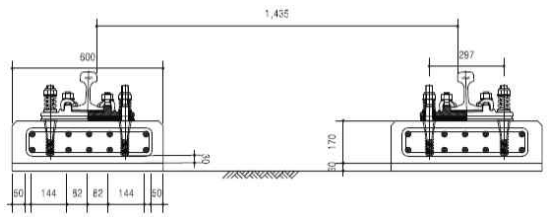
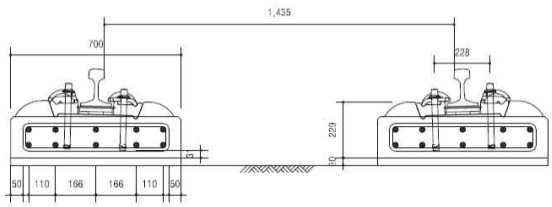
○ 재료교환

- 사용 중 방진재 상태확인 및 교체가 용이함

(2) 체결장치 선정

○ 본 연구에서는 일반구간, 대차가 회전정렬하는 터미널 천이구간의 직결궤도 체결장치는 직결궤도 부설실적, 유지보수성, 시공성, 환경성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 체결장치 System336을 선정하여 직결형 궤도구조를 계획하였음.

<표 167> 직결궤도 체결장치 비교

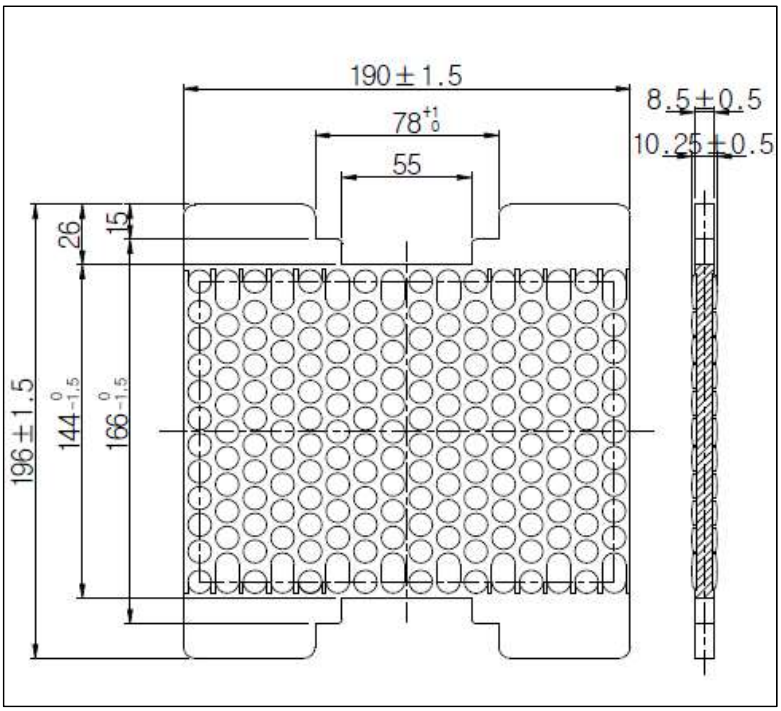
구분	SYSTEM 336	SYSTEM 300-1
표준 단면		
패널 제원	W600mm ×H170mm	W700mm ×H230mm
유지 보수	- 궤간조정 : ± 4 mm - 높이조정 : +50mm - 재료교환 : 사용중 방진재 상태확인 및 교체용이	- 궤간조정 : ±8mm - 높이조정 : +56mm/-4mm - 재료교환 : 체결장치 교체작업성 우수
성능	- 체결력 : 8 ~ 12kN - 정적스프링계수 : 15kN/mm - 전기저항 : 5kΩ 이상	- 체결력 : 16.9kN - 정적스프링계수 : 22.82kN/mm - 전기저항 : 5kΩ 이상
단가	100,000원 (50,000 × 2EA)	100,000원 (50,000 × 2EA)
구분	ALT-1	VIPA-BD
표준 단면		
패널 제원	W740mm ×H170mm	W700mm ×H230mm
유지 보수	- 궤간조정 : ±13.5mm - 높이조정 : +25mm/-5mm - 재료교환 : 체결장치 교체작업성 우수	- 궤간조정 : ±7mm - 높이조정 : +20mm - 재료교환 : 사용중 방진재 상태확인 및 교체용이
성능	- 체결력 : 22 ~ 26kN - 정적스프링계수 : 20kN/mm 전후 - 전기저항 : 5kΩ 이상	- 체결력 : 16.9kN - 정적스프링계수 : 22kN/mm 전후 - 전기저항 : 5kΩ 이상
단가	145,000원 (72,500 × 2EA)	373,750원 (186,875 × 2EA)

(3) 레일패드

○ 레일패드는 수직방향의 정적, 동적하중을 지지하는 요소로 레일지지 하는 수직강성의 중요 인자로 차량의 동적특성에 따른 주행성 및 내구성 확보뿐만 아니라 소음·진동 저감을 위한 탄성계수 설정 및 조정이 필요

○ 일반철도의 경우 체결장치의 종류에 따라 레일패드의 탄성계수는 PUR 재질의 경우 20~40kN/mm, TPU 재질은 98~196kN/mm, EVA 재질은 147~245kN/mm을 적용하고 있음.

○ 따라서 인터모달자동화물 운송시스템 전용궤도의 소음·진동저감 및 차량의 동적특성에 대한 안정성 확보를 위해서는 레일패드의 인장 및 압축 특성을 반영한 탄성범위 확인이 반드시 필요



<그림 173> 레일패드(Rubber)

4. 분야별 인터페이스 사항

○ 전용궤도의 분야별 인터페이스 사항은 다음과 같음.

<표 168> 전용궤도 분야별 인터페이스 사항

구분	세부내용	비고
개발대차	태차의 성능 및 제원	
	선형조건 요구사항	
가이드휠/ 주행지지대	상·하 변위량	
	횡방향 변위량	
	횡방향 하중	
토목/구조물 I/F	횡단관로(배수) 설치	
	구조물 신축이음	
	레일-교량 종방향 상호작용	

가. 차량분야 인터페이스 사항

(1) 대차의 성능 및 제원

○ 개발대차의 성능 및 제원을 기준으로 2장에서 인터모달 전용궤도, 천이구간 설계기준(안)을 제안하였으며, 화물차량의 허용원심 가속도, 상·하방향 가속도 등을 고려한 세부 궤도설계기준 검토가 필요

○ 이는 2단계 사업에서 Testbed 부설과 열차주행 시험을 통하여 설계기준 검증이 필요할 것으로 판단됨.

(2) 천이구간 선형조건

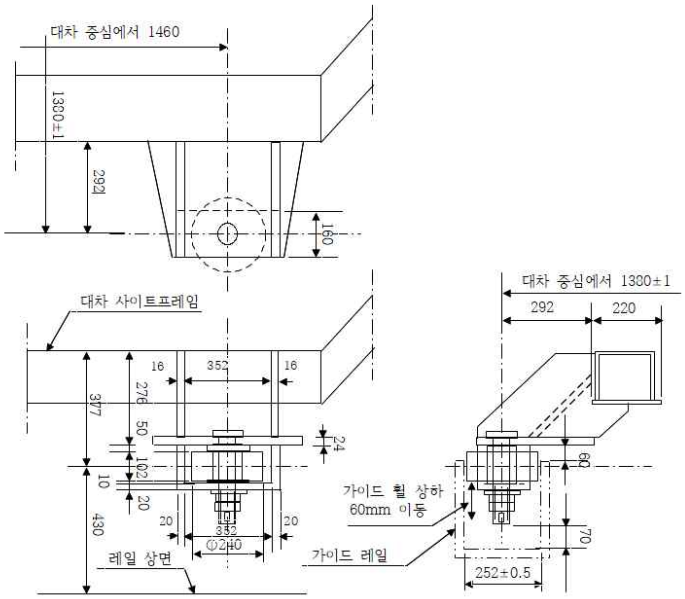
○ 인터모달 자동화물 운송시스템의 천이구간의 선형조건은 회전정렬 대차의 주행안정성에 있어 매우 중요한 요소로 당해 연도에서는 차량분야에서 제시한 천이구간 진입부 곡선반경R350, 천이구간 진출부 곡선반경 R650에 대하여 검토 수행

나. 가이드휠/주행지지대 상·하, 횡방향 변위량

○ 인터모달 자동화물 운송시스템은 터미널(천이구간)에서 대차가 회전하는 방식으로 이때 발생되는 횡력에 대한 안전성 확보를 위하여 가이드휠과 지지대 적용

○ 이처럼 가이드휠에 발생되는 횡력을 지지하기 위해 주행지지대를 설치하고 있으며, 이때 발생되는 상・하/좌・우 변위량은 차량의 주행 안전성에 큰 영향을 주는 요소로 작용할 수 있음.

○ 따라서 가이드 휠, 주행지지재 설계(설치면적, 개소) 및 설치기준(시공/유지보수)에 대한 상세검토가 요구됨.



<그림 174> 가이드휠 조립도

○ 인터모달 자동화물 운송시스템은 가이드휠 지지대의 정밀도 관리기준은 노반분야에서 다음과 같이 제시하였으며, 당해연도 설계기준은 궤도구조와 간섭이 없이 설치 관리되는 것으로 검토됨.

<표 169> 가이드휠 정밀도 관리기준(안)

관리항목	관리기준	비고
가이드휠 상하이동	60mm	
가이드휠 좌우이동	252±0.5mm	
레일 상면에서 가이드 휠 중심까지 거리	430mm	
가이드 휠 설치간격	1.5m 이하	
연결부 단차	0.5mm 이하	

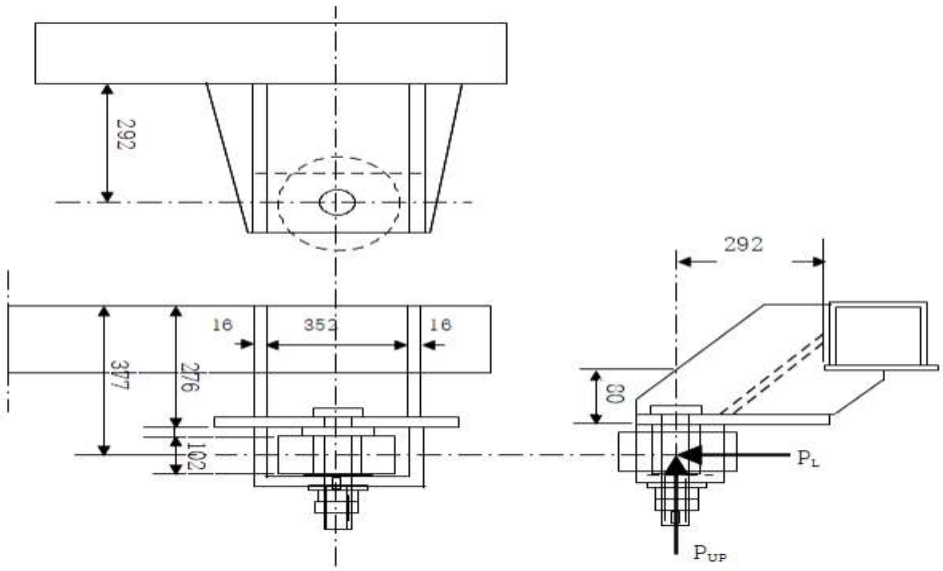
다. 천이구간 대차회전정렬에 의한 횡방향 하중

○ 차량분야에서 제시한 천이구간 운행특성은 기존 철도시스템의 분기방식과 유사하며, 천이구간에서의 열차주행안전성 및 천이구간 전용궤도에 대한 구조적 안정성 검토가 필요

○ 이에 따른 천이구간 대차회전 시 설계윤하중(횡압), 피로검토 윤하중(횡압), 이상 윤하중(횡압)에 대한 발생하중 검토가 요구됨.

<표 170> 가이드 지지대 발생력

구 분	발생력	비고
횡인장력(PL)	47,775N	
상향분력((PUP)	12,642N	



<그림 175> 가이드휠 지지대 발생력

라. 토목/구조물 인터페이스 사항

(1) 횡단관로(배수)설치

○ 일반적으로 철도시스템은 전력, 신호, 통신 시설물 설치에 따른 토목구조물/ 궤도구조물에 사전에 횡단시설물(배수포함)을 설치하고 있으며, 궤도구조(현장타설식, 사전제작식) 선정 시 사전 검토 반영사항임.

○ 본 연구에서는 신호&통신분야 횡단시설물 필요개소에 대하여 ϕ100mm 횡단관을 반영하였음.



<그림 176> 횡단관로 설치(현장터설식)

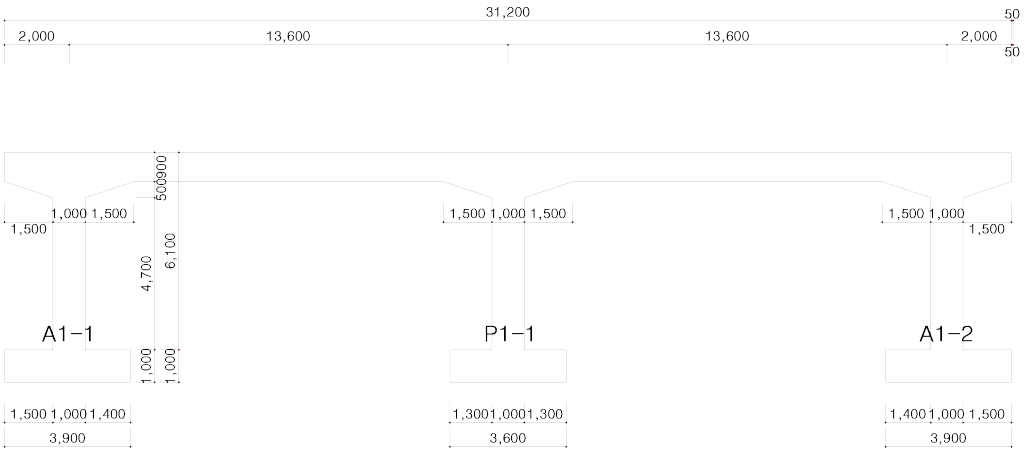
○ 노반구조물 배수처리 계획은 배수처리 필요개소에 대하여 직사각형단면(100mm×50mm), 또는 ϕ30mm 횡단관 적용



<그림 177> 직결궤도 배수로 계획

(2) 구조물 신축이음

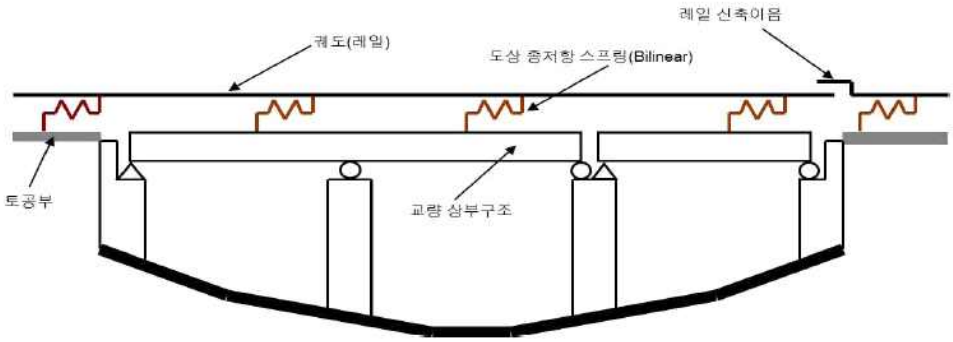
○ 열차주행 안정성 확보를 위하여 완화곡선, 원곡선, 기울기, 종곡선, 신축이음매 등의 각종 선형조건과 구조물의 신축이음 경합조건에 대한 검토가 필요하며, 궤도구조의 품질확보, 시공성 검토를 위해 상세검토가 요구됨.



<그림 178> 노반구조물 경간 및 신축이음(50mm)

(3) 레일-교량 종방향 상호작용

○ 궤도-교량 종방향 상호작용 검토는 철도 구조물 상에 장대레일을 부설할 경우 레일의 장출 및 파단을 방지하고 궤도의 유지관리를 용이하게 하기 위하여 궤도(도상형식, 체결장치) 및 구조물 설계(상부형식, 경간길이, 교각길이, 교대 등등)시 고려해야 하며, 궤도의 극한 한계상태와 교량의 사용성 한계상태를 기준으로 검토를 수행이 요구됨.



<그림 179> 궤도-교량 상호작용 모델

마. 안내궤조(전력시스템) 인터페이스 사항

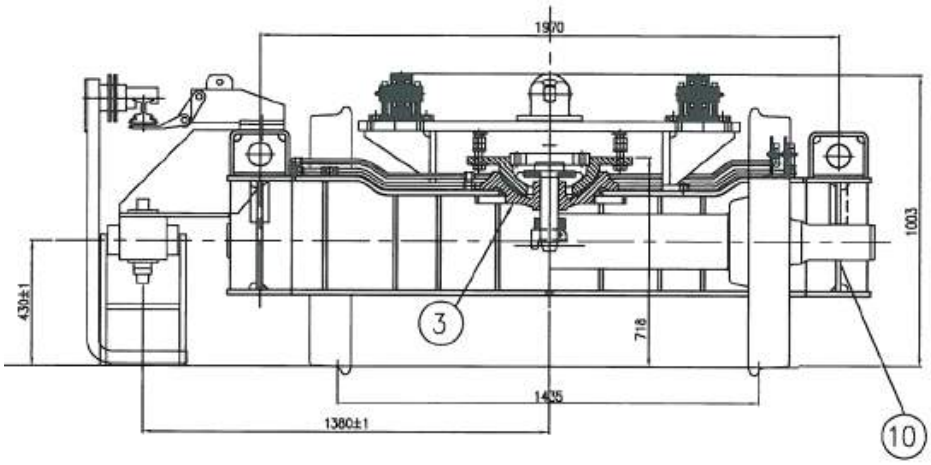
○ 안내레일의 수평측 설치위치는 대차하단에 부착된 안내륜의 끝단에 안내레일면이 위치하도록 부설되어야 하므로, 차량제원 중 안내륜간 최외단거리에 적용을 받는다.안내레일을 부설하기 위해서는 선로 중심에서 1,450mm 또는 전용궤도 끝단에서 300mm 이격된 위치에 안내레일 면이 설치되어야 함.

○ 안내레일의 수직측 위치 역시 차량의 안내륜의 부착 위치에 의하여 결정된다. 또한 차량제원 중 공차시와 만차시 및 펑크시 차량수직 위치는 안내레일의 수직측 위치결정 뿐만 아니라 안내레일 단면크기의 결정에도 영향을 미친다. 즉 차량이 여하한 조건에서도 안내륜이 안내레일면에 위치하여야만 안전한 운행이 보장되기 때문이다. 이에 따라 차량시스템의 자료에서 검토된 상승, 하강 변위량을 반영하여 안내레일 설치위치의 적정성을 검토하였음.

○ 안내레일을 고정하기 위한 취부판은 측벽 또는 안내레일 지주에 볼트로서 고정하며 안내레일만을 고정하는 방식과 안내레일 상부에 전차선을 취부하는 두가지 방식이 있음.

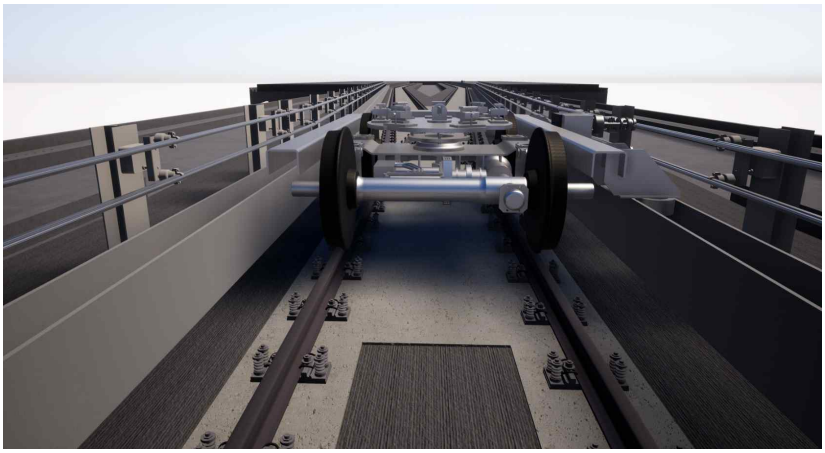
○ 안내레일 고정용 취부판은 전용궤도의 한쪽 편에 전차선이 설치되지 않는 구간에 적용하며, 정거장 platform하부 및 점검통로 하부에 설치함.

○ 천이구간 터미널 platform의 구조물변화에 의한 간섭현상은 2단계에 개발되는 집전장치의 결과물을 토대로 인터페이스사항을 반영하여 전차선, 가이드레일, 가이드레일 지지대 등에 대한 최적설계를 수행할 계획임.



<그림 180> 전용궤도 개발대차 인터페이스

○ 전용궤도 천이구간에서의 안내레일의 설치는 개발대차의 인터페이스사항에 맞추어 좌·우 모두 설치가 되어있어야 전력추진시스템에 앞 대차와 뒷 대차가 서로다른 전력구동을 하기 때문에 지장없이 구동이 가능



<그림 181> 전용궤도 천이구간 진입 전경

5. 전용궤도 일반구간 표준단면

가. 전용궤도 표준단면 검토 사항

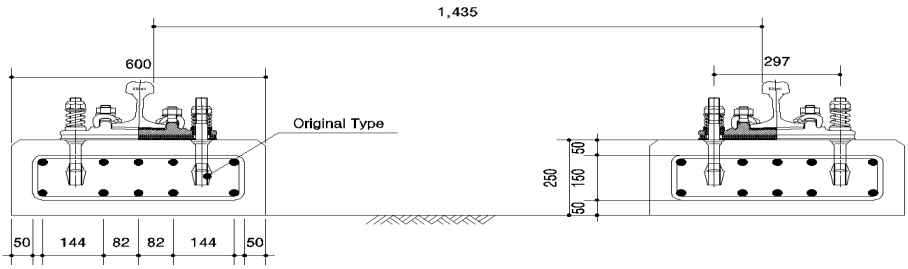
○ 인터모달 자동화물운송시스템의 전용궤도 표준단면 검토는 차량, 노반, 시스템분야 인터페이스를 통하여 단면계획을 수립하였으며, 차량의 성능과 선형조건에 따라 발생되는 하중조건에 대해 궤도구조 안전성, 시공성, 유지보수성, 경제성을 종합적으로 검토하여 선정하였음.

○ 표준단면의 선정은 기존 직결궤도 방식을 준용하고, 인터모달시스템의 하중조건을 고려하여 선정하였음.

나. 콘크리트도상 직결궤도 비교

□ System 336

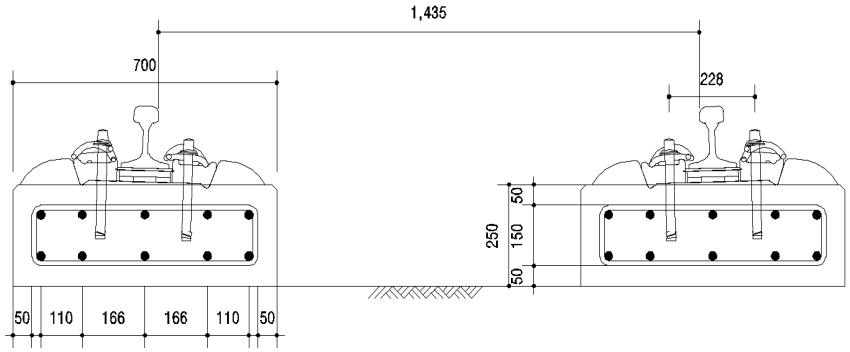
- 단면제원 : W600mm × H250mm
- 유지보수 : 궤간조정(±4mm)
  높이조정(±50mm)
  재료교환(사용중 방진재 상태확인 및 교체용이)
- 성능 : 체결력(8~12kN)
  정적스프링계수(15kN/mm)
  전기저항(5Ω 이상)



<그림 182> 전용궤도 표준단면(System 336)

□ System 300-1

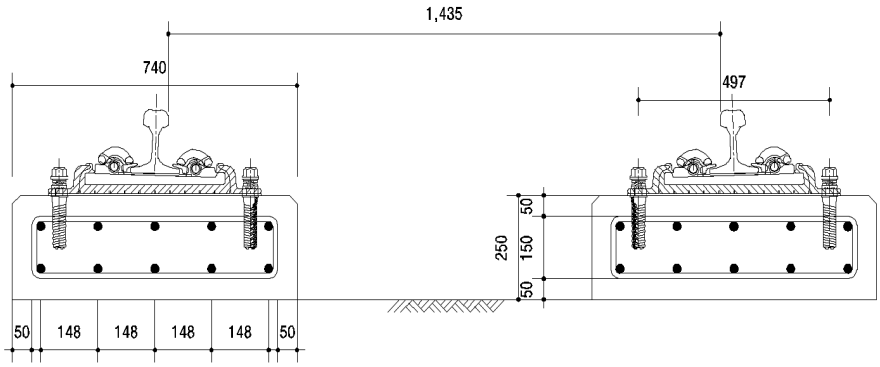
- 단면제원 : W700mm × H250mm
- 유지보수 : 궤간조정(±8mm)
  높이조정(±56mm/-4mm)
  재료교환(체결장치 교체작업성 우수)
- 성능 : 체결력(16kN)
  정적스프링계수(22.82kN/mm)
  전기저항(5Ω 이상)



<그림 183> 전용궤도 표준단면(System 300-1)

□ Alt-1

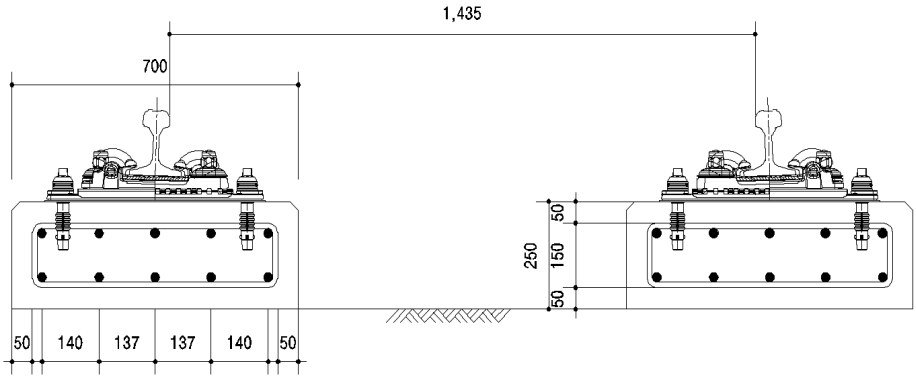
- 단면제원 : W740mm × H250mm
- 유지보수 : 궤간조정(±13.5mm)
  높이조정(+25mm/-5mm)
  재료교환(체결장치 교체작업성 우수)
- 성능 : 체결력(22～26kN)
  정적스프링계수(20.0kN/mm)
  전기저항(5Ω 이상)



<그림 184> 전용궤도 표준단면(Alt-1)

□ VIPA-BD

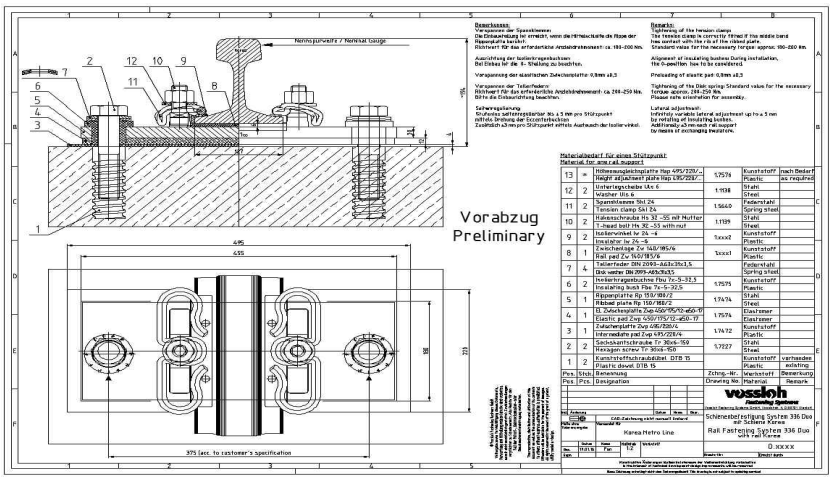
- 단면제원 : W700mm × H250mm
- 유지보수 : 궤간조정(±7mm)
  높이조정(+20mm)
  재료교환(사용중 방진재 상태확인 및 교체용이)
- 성능 : 체결력(16.9kN)
  정적스프링계수(22kN/mm)
  전기저항(5Ω 이상)



<그림 185> 전용궤도 표준단면(VIPA-BD)

다. 콘크리트궤도구조 및 레일체결장치 선정

○ 인터모달 자동화물운송시스템의 전용궤도는 개발차량의 성능 및 발생하중조건을 고려하여 궤도구조 안전성, 시공성, 유지보수성 등을 종합적으로 검토한 결과 콘크리트 직결궤도구조를 선정하였으며, 체결장치는 경전철 시스템의 직결궤도 구조에 적용사례가 가장 많은 System 336을 적용하였음.



<그림 186> System 336 Original Type

□ 시공성

○ 전식방지 철근배근 적용이 가능하며, Top-down 공법을 이용하여 현장타설이 용이함.

○ 현장타설공법 시공실적이 많으며, 시공방법이 보편화되어 고도의 시공 기술능력을 필요로 하지 않음.

○ 시공공법으로 역타공법 및 순타공법 모두 가능하며, 시공속도는 40~60m/일 가능

○ 하지만 직결궤도의 경우 시공시 콘크리트 타설공정에서 베이스플레이트 하부에 도상콘크리트 하부에 도상콘크리트 충전에 정밀시공이 필요함.(체결장치와 도상간 공극 최소화)

○ 도상콘크리트 충전이 부족할 경우 베이스플레이트 패드에 처짐이 발생할 우려가 있어 체결장치의 균질한 접촉면 확보를 위한 시방기준이 요구됨.

□ **유지보수성(궤도틀림 조정)**

○ 궤도틀림에 대한 높이 및 방향조정은 궤도구조에 적용하고 있는 체결장치에 좌우되며, 상하조정량 +20mm(높이조정판 사용), 수평조정량 ±4mm(편심부시로 조정)이 가능

○ 또한 앵커볼트 적용으로 높이 조절이 가능하므로 레일 또는 베이스플레이트 하부에 조정패드를 삽입하여 높이 조정할 수 있음.

○ 궤도구조 높이조정에 대해서는 노반구조물(토공, 터널, 교량) 침하가 없는 것으로 가정할 때 준공 허용기준인 궤간 ±2mm, 수평 2mm, 면 및 줄맞춤 4mm를 고려하면 궤도구조 부설 후 틀림에 대한 조정이 가능할 것으로 판단됨.

□ **유지보수성(궤도재료 교환)**

○ 콘크리트 직결궤도구조의 교체를 가장 많이 필요한 자재는 레일 하부에 탄성을 부여하는 레일패드와 클립이며, System 336의 체결장치는 조립형 체결장치로 파손재료에 대한 선별 및 교환이 용이함.

○ 재료교환 작업은 궤도구조 상부에 도출된 체결장치 시스템으로 체결장치 해체만으로 레일패드 등의 재료교환이 매우 용이함.

□ **환경성**

○ 인터모달 자동화물 운송시스템은 화물전용선으로 대부분 교량상 구조물로 도심지 통과 등에 따른 소음진동 저감이 요구되며, 계획하고 있는 궤도구조 및 체결장치는 방진 궤도구조로 일반적인 궤도시스템 대비 소음/진동 저감에 유리할 것으로 판단됨.

□ **경제성**

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 경제성 평가 검토결과 국내 도시철도 및 경전철 운행선로에 대한 콘크리트 직결궤도구조 대비 경쟁력이 확보되는 것으로 판단되며, 경제성 평가는 궤도 구성재료 교체주기, 균열방생에 대한 유지보수, 개발차량 운행조건에 따른 유지보수, 기타 궤도구조 유지보수 등을 고려한 LCC(Life Cycle Cost) 분석을 수행하였음.

라. 직결궤도 단면력 검토

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도의 단면해석을 위하여 곡선반경 150m, 최급기울기 25‰ 선형조건에서 발생되는 하중조건에서 궤도패널에 발생되는 단면력 검토를 수행하였으며, 이를 근간으로 궤도패널의 종·횡방향 철근량에 대한 적정성을 검토하였음.

(1) 적용기준

○ KR CODE(토목/궤도편, 2015)

○ 콘크리트구조기준(KCI 2012, 국토교통부, 한국콘크리트학회)

○ 철도의 건설기준에 관한 규정(국토교통부 제 2013-236호, 2013.05.16)

○ 철도시설 성능검증 지침(2012.07.30)

(2) 해석조건

○ 궤도패널 단면력 검토를 위하여 MIDAS-Civil을 이용하여 Beam Element로 모델링하였으며, 지반조건은 Elastic link의 압축조건(Compression only)만을 고려하여 해석을 수행하였음.

(3) 설계하중 및 하중조합

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도의 설계하중은 개발차량의 성능 및 선형조건에 따라 발생되는 하중조건과 개발차량 고장 등의 비상시 일반철도 차량이 운행하는 조건으로 하중을 비교 분석하였으며, 전용궤도 단면해석 하중은 차량 운행특성을 고려하여 해석을 수행하였음.

<표 171> 하중산정 조건

열차속도(km/h)	축하중(kN)	기울기(‰)	곡선반경(m)	캔트(mm)	비고
40	165	25	150	180	

(4) 하중조건

□ **수직하중**

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 개발차량의 축중은 165kN, 윤중은 82.5kN이며, 축간거리는 2,100mm를 보이고 있음.

○ 개발차량의 만차 시 전체 차량하중은 650kN, 공차시 340kN을 나타내고 있음.

○ 횡방향 하중에 의한 수직하중은 원심력에 의해 발생되며, 원심력에 의한 수평하중을 수직방향 하중으로 산정하면 다음과 같음.

$$H_{cf} = P \bullet \frac{V^2 \times f}{127R}$$

여기서, P : 축하중(kN), V : 곡선부 통과속도(km/h), R : 곡선반경(m)

○ 교량상에 원심하중 산정기준인(EN1991-2)에 제시하는 감소계수(f)는 설계속도를 고려하여 f=1.0을 적용하였으며, 선형조건 곡선 R=150m 열차운행속도 40km/h, 차량의 궤간 1,500mm 및 무게중심 1,870mm을 고려하여 원심하중에 대한 수직하중(Vcf)은 약 17.4kN이 발생하였음.

$$f = \left[1 - \frac{v-120}{1{,}000} \bullet \left(\frac{814}{v} + 1.75\right) \bullet \left(1 - \sqrt{\frac{2.88}{L_f}}\right)\right] \geq 0.35$$

여기서, f = 1 V≤120km/h, f< 1 120km/h<V≤300km/h

<표 172> 설계속도에 따른 원심력 감소계수

L_f[m]	Maximum speed in accordance with 6.5.1(5)[km/h]				
	≤120	160	200	250	≥300
≤2,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
4	1,00	0,96	0,93	0,90	0,88
5	1,00	0,93	0,89	0,84	0,81
6	1,00	0,92	0,86	0,80	0,75
7	1,00	0,90	0,83	0,77	0,71
8	1,00	0,89	0,81	0,74	0,68
9	1,00	0,88	0,80	0,72	0,65
10	1,00	0,87	0,78	0,70	0,63
12	1,00	0,86	0,76	0,67	0,59
15	1,00	0,85	0,74	0,63	0,55
20	1,00	0,83	0,71	0,60	0,50
30	1,00	0,81	0,68	0,55	0,45
40	1,00	0,80	0,66	0,52	0,41
50	1,00	0,79	0,65	0,50	0,39
60	1,00	0,79	0,64	0,49	0,37
70	1,00	0,78	0,63	0,48	0,36
80	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
90	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
100	1,00	0,77	0,61	0,46	0,35
≥150	1,00	0,76	0,60	0,44	0,35

○ 곡선구간 원심하중에 의한 증가분 산정은 다음의 조건식으로 산정하였으며, 내측레일 감소분 0.895, 외측레일 증가분 1.105 발생함을 알 수 있음.

$$\triangle Q = \frac{V_{cf}}{P} = \frac{17.3}{165} = 0.105$$

○ 충격계수는 차량의 동적특성에 의해 연직방향에 의해 발생되는 최대 하중조건에서 차량의 정적인 발생하중 대비 증가하는 비율을 충격계수(i)로 정의할 수 있음.

○ 차륜/패널간 요철 등에 의한 차량 탄성하 부분의 상하 진동에 따른 충격에 의한 동적하중은 KR C-14030을 기준으로 다음과 같이 산정하였음.

$$i = 1 + \beta(n\Phi)$$

여기서, i: 충격계수,

n : 궤도품질에 좌우되는 계수(0.1)

β : 확률의 신뢰구간에 좌우되는 표준편차의 가중치

(레일응력, 체결장치, 침목구조계산_3.0)

Φ : 여객열차의 경우 설계속도 $60 \leq V$km/h 조건

<표 173> 충격계수

열차속도 (km/h)	신뢰도 (β)	궤도품질 (n)	하중증가 계수(Φ)	충격계수 (i)	비고
40	3.0	0.1	1.0	1.30	

□ **종방향하중**

○ 열차가 시동 및 제동 시 발생하는 하중조건은 차량의 가·감속도를 고려하여 다음의 산정식을 이용하여 산출할 수 있으며 차량에서 발생되는 시동 및 제동하중 비교검토 결과 두 개의 하중이 동시에 작용될 수 없으므로 상대적으로 큰 하중에 대해 검토를 수행하였음.

$$F = a \bullet \frac{w}{g}$$

여기서, F: 시제동하중, a :시제동시 가·감속도,

w : 차량중량, g: 중력가속도

<표 174> 개발 차량과 일반철도 시제동하중 비교

구 분	개발차량		일반철도(200km/h미만)
	가속도/감속도	산출결과	
시동하중	1.5km/h/s	0.42m/s2	22kN/m(20m이하)
제동하중	2.0km/h/s	0.56m/s2	12kN/m(300m이하)

○ 기울기 하중은 최급기울기 25‰ 조건하에서 발생하는 기울기 하중을 다음의 조건식으로 산정하였으며, 차량의 축하중, 충격계수, 차량의 축간거리를 고려하였음.

$$H_s = (P' + P_D) \times \frac{S}{1{,}000}$$

여기서, P': 차량의 발생하중, P_D : 사하중, S: 최급기울기

<표 175> 기울기 하중계산

구 분	하중인자	비고
P'	P = 축하중 × 충격계수 (165 × 1.30 = 214.5kN) P′ = 214.5 / 2.1 × 1.0 = 102.1kN	- 축간거리 : 2.1m
P_D	P_D = 사하중 × 단위길이 (궤도단면+레일 = 7.133kN)	
S	25‰	
H_s	2.73kN	

□ 수평하중

○ 열차 사행동에 의한 열차 횡하중은 논문 및 관련문헌을 참조하여 100kN이 발생하는 것으로 가정하였으며, 사행동 하중은 약 20kN/m 작용

○ 원심하중은 곡선부 캔트설치에 대한 상쇄효과가 없는 것으로 가정하여 안전측으로 발생하중을 산정하였다. 집중하중에 의한 원심력하중은 차량의 축중, 곡선구간 원심하중에 의한 외측레일 증가분, 곡선부 충격계수를 고려하여 산정하였으며, 곡선부 운행속도 40km/h, 곡선반경 150m에 대한 발생되는 횡방향 하중은 다음과 같음.

$$Q_c = \frac{v^2}{127R} \times w$$

<표 176> 원심하중 계산

구 분	하중인자	비고
설계속도(v)	40km/h	
곡선반경(m)	150m	
집중하중(W)	충하중×외측레일증가분×충격계수 (165×1.105×1.30=237kN)	

○ 횡방향 발생하중에 대하여 축간분포 하중에 의한 원심하중을 계산하면 축간거리 2,100mm 적용 시 단위길이 당 약 9.47kN이 계산됨.

○ 풍하중 산정에 대한 설계기준이 현재 명확하지 않아 논문 및 관련문헌을 통하여 W= 1.55kN/㎡ 적용하였으며, 차량높이 3.75m에 대하여 풍하중은 5.82kN 발생

$$q_w = 1.55 \times 3.75 = 5.82kN$$

○ 곡선구간 레일 온도변화에 따른 횡방향 하중은 다음의 조건식을 이용하여 산정할 수 있으며, 검토결과 곡선반경 R=150m에서 약 129.4kN/m 발생함을 알 수 있음.

$$\sigma = \triangle T \bullet \alpha \bullet E$$

$$= 40 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 210{,}000 = 100.80\,MPa$$

$$q_{TR} = 2A_R \bullet \alpha / R$$

$$= 2 \times 6{,}420 \times 100.80 / 150{,}000 = 8.63\,MPa$$

여기서, 온도변화(ΔT) : ± 40℃, 열팽창계수(α) : 1.2e-5,

탄성계수(E) : 210,000MPa, 레일면적(AR) : 6,420㎟, 곡선반경(R) : 150m

○ 하중조합은 다음과 같음.

<표 177> 하중조합

구 분	직선궤도	곡선궤도	1)γ - 3)ULS	γ - 4)SLS	2)Φ
수직 하중	고정하중	좌동	1.35	1.00	1.0
	활하중	좌동	1.45	1.00	1.0
	원심하중 증가분	좌동	1.45	1.00	1.0
	풍하중 증가분	좌동	1.50	1.00	0.6
종방향 하중	시/제동하중	좌동	1.50	1.00	1.0
	궤도저항력	좌동	1.50	1.00	1.0
	기울기 하중	좌동	1.35	1.00	1.0
수평 방향 하중	사행하중	좌동	1.50	1.00	1.0
	원심하중	좌동	1.45	1.00	1.0
	풍하중	좌동	1.50	1.00	0.6
	-	레일온도하중	1.50	1.00	0.8
구속 하중	온도하중	좌동	1.100	1.00	1.0
	건조수축	좌동	1.00	1.00	1.0

1) γ : 부분안전계수 2) Φ : 조합계수 3) ULS : Ulrimate Limit State

4) SLS : Serviceability Limit State

○ 하중산정은 다음과 같다.

<표 178> 발생하중 산정

구 분	직선궤도	곡선궤도	산정값	계수하중	합력
수직 하중	고정하중	좌동	7.13	9.63	385.08
	활하중	좌동	237.02	343.67	
	원심하중 증가분	좌동	17.40	25.23	
	풍하중 증가분	좌동	7.266	6.54	
종방향 하중	시/제동하중	좌동	24.0	36.0	54.69
	궤도저항력	좌동	10.0	15.0	
	기울기 하중	좌동	2.73	3.69	
수평 방향 하중	사행하중	좌동	100	150.0	178.84
	원심하중	좌동	9.48	13.75	
	풍하중	좌동	5.3	4.74	
	-	레일온도하중	8.6	10.35	
구속 하중	온도하중	좌동	-	-	
	건조수축	좌동	-	-	

마. 지반반력계수 산정

- 지반 변형계수

$$E_0 = 2{,}800 \times N = 2{,}800 \times 30 = 84{,}000 kN/m^2$$

- 연직방향 지반반력계수(α=1)

$$K_{vo} = 1/0.3 \times \alpha \times E_o = 1/0.3 \times 1 \times 84{,}000 = 280{,}000 kN/m^3$$

- 환산재하폭 : (B≤L)인 경우

$$B_v = \sqrt{0.6 \times 0.6} = 0.6m$$

- 환산재하폭을 고려한 지반반력계수

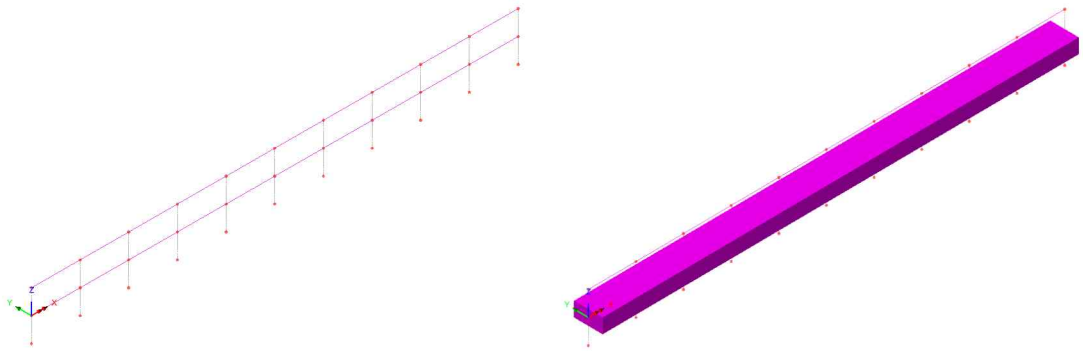
$$K_v = K_{vo} \times (B_v / 0.3)^{-3/4}$$

$$= 280{,}000 \times (0.6/0.3)^{-3/4} = 166{,}489 kN/m^3$$

바. 해석모델링 및 해석결과

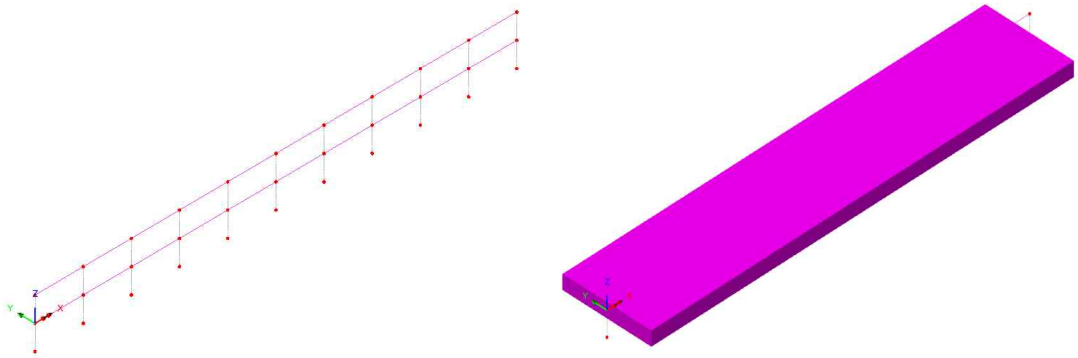
(1) 해석모델링

□ 분리형 단면(600mm×300mm×10,000mm)



<그림> 187 단면 600mm×300mm 해석모델링

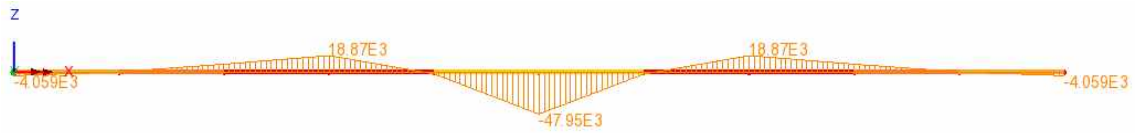
□ 일체형 단면(2,100mm×300mm×10,000mm)



<그림 188> 단면 2,100mm×300mm 해석모델링

(2) 해석결과

□ 분리형 단면(600mm×300mm×10,000mm)



<그림 189> 최대 정모멘트_단면600×300



<그림 190> 최대 부모멘트_단면 600mm×300mm

<표 179> 단면 600×300해석결과

하중지점	최대 정모멘트(kN · m)	최대 부모멘트(kN · m)	최대전단력(kN)
0m	-	70.7	107.9
5m	-48.0	-	45.8

□ 일체형 단면(2,100mm×300mm×10,000mm)



<그림 191> 최대 정모멘트_단면 2,100mm×300mm



<그림 192> 최대 부모멘트_단면 2,100mm×300mm

<표 180> 단면 2,100×300 해석결과

하중지점	최대 정모멘트(kN · m)	최대 부모멘트(kN · m)	최대전단력(kN)
0m		89.1	130.9
m	-62.5		54.4

(3) 단면력검토

□ **분리형 단면(600mm×300mm×10,000mm)**

▷ 검 토 조 건

fck = 30.0 MPa　　fy = 400.0 MPa　　λ = 1.00

β1 = 0.836　　Øf = 0.85　　Øv = 0.75

ρmin = max(0.25√(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00350

계수 모멘트 Mu = 70.700 KN·m　　계수 전단력 Vu = 107.900 KN

단면의 두께 H = 300.000 mm　　단 면 폭 B = 600.000 mm

유 효 깊 이 D = 195.472 mm　　피 복 두 께 Dc = 104.528 mm

▷ 휨모멘트 검토

-. 휨강도 검토

사용철근량 As.use = H16 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

+ H13 @ 110.00 mm (Dc = 190.00 mm)

= 1774.364 ㎟　　∴ P = As/(B·D) = 0.01513

공칭강도시 등가응력깊이 a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 46.389 mm

최외단 인장철근 변형률 εt = 0.01052 ≥ 0.004 ..... ∴ O.K

...여기서 εt = 0.003·(H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1)

0.005 ≤ εt 이므로 인장지배단면, Øf = 0.85를 적용한다.

ØMn = Øf·fy·As·(D - a/2) = 103,932,200 N·mm

= 103.932 KN·m ≥ Mu = 70.700 KN·m ... ∴ O.K (S.F = 1.470)

-. 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 a = 30.134 mm로 가정

As = Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)} = 1152.637 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 30.134 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

ρreq = [Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00983 ⇒ 4/3 ρreq = 0.01310

∴ 필요철근량 As.req = ρreq × (B·D) = 1152.637 ㎟ ≤ 사용철근량...O.K

철근비검토 : ρmin ≤ ρ ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Øv·Vc = Øv·1/6·λ√fck·B·d / 1000 = 80.298 KN

Vu > Øv·Vc ..... ∴ 전단철근보강이 필요하다.

Used Av = H16 ×4.00 ea/m = 794.400 ㎟ (간격 s = 250.0 mm)

Øv·Vs = Øv·Av·fy·D / (s ×1000) = 186.339 KN

Øv·Vs > Øv·1/3·λ√(fck)·B·D / 1000 = 160.597 KN

Øv·Vn = Øv·Vc + Øv·Vs = 266.638 KN ≥ Vu = 107.900 KN ...∴ O.K (S.F = 2.471)

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mo = 33.500 KN·m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / {0.077 mc^1.5 * $\sqrt[3]{(Fck + \Delta f)}$} = 7

ρ = As/(B·D) = 0.01513

k = -nρ+ √((nρ)²+ 2nρ) = 0.366 (j = 0.878)

x = k·d = 71.611 mm

fc = 2·Mo / (B·x·(D - x/3)) = 9.087 MPa

fs = Mo / (As ·(D - x/3)) = 110.022 MPa

fst = fs·(H - Dc_min - x) / (D - x) = 158.458 MPa

최외단철근 소요중심간격

s = Min [375·(210/fst)-2.5Cc , 300·(210/fst)] = 391.98 mm

여기서..Cc = dc_min - 주철근 직경/2 = 42.00 mm

최외단철근 평균배근간격 = 110.00 mm ≤ 391.98 mm ..... ∴ O.K

□ **일체형 단면(2,100mm×300mm×10,000mm)**

▷ 검 토 조 건

fck = 30.0 MPa fy = 400.0 MPa λ = 1.00

β1 = 0.836 Øf = 0.85 Øv = 0.75

ρmin = max(0.25√(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00350

계수 모멘트 Mu = 89.100 KN·m 계수 전단력 Vu = 130.900 KN

단면의 두께 H = 300.000 mm 단 면 폭 B = 2100.000 mm

유 효 깊 이 D = 250.000 mm 피 복 두 께 Dc = 50.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

-. 휨강도 검토

사용철근량 As.use = H16 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

+ H13 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

= 6210.273 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.01183

공칭강도시 등가응력깊이 a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 46.389 mm

최외단 인장철근 변형률 εt = 0.01052 ≥ 0.004 ..... ∴ O.K

여기서 εt = 0.003·(H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1)

0.005 ≤ εt 이므로 인장지배단면, Øf = 0.85를 적용한다.

ØMn = Øf·fy·As·(D - a/2) = 478,898,600 N·mm

= 478.899 KN·m ≥ Mu = 89.100 KN·m ... ∴ O.K (S.F = 5.375)

-. 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 a = 7.957 mm로 가정

As = Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)} = 1065.186 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 7.957 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

ρreq = [Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00203 ⇒ 4/3 ρreq = 0.00271

∴ 필요철근량 As.req = ρreq × (B·D) = 1065.186 ㎟ ≤ 사용철근량...O.K

철근비검토 : ρmin ≤ ρ ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Øv·Vc = Øv·1/6·λ√fck·B·d / 1000 = 359.443 KN

Øv·Vc = 359.443 KN > Vu = 130.900 KN ... ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mo = 43.600 KN·m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / {0.077 mc^1.5 * $\sqrt[3]{(Fck + \Delta f)}$} = 7

ρ = As/(B·D) = 0.01183

k = $-n\rho + \sqrt{((n\rho)^2 + 2n\rho)}$ = 0.332 (j = 0.889)

x = k·d = 83.121 mm

fc = 2·Mo / (B·x·(D - x/3)) = 2.247 MPa

fs = Mo / (As ·(D - x/3)) = 31.583 MPa

fst = fs·(H - Dc_min - x) / (D - x) = 31.583 MPa

최외단철근 소요중심간격

s = Min [375·(210/fst)-2.5Cc , 300·(210/fst)] = 1994.76 mm

여기서..Cc = dc_min - 주철근 직경/2 = 42.00 mm

최외단철근 평균배근간격 = 110.00 mm ≤ 1994.76 mm ..... ∴ O.K

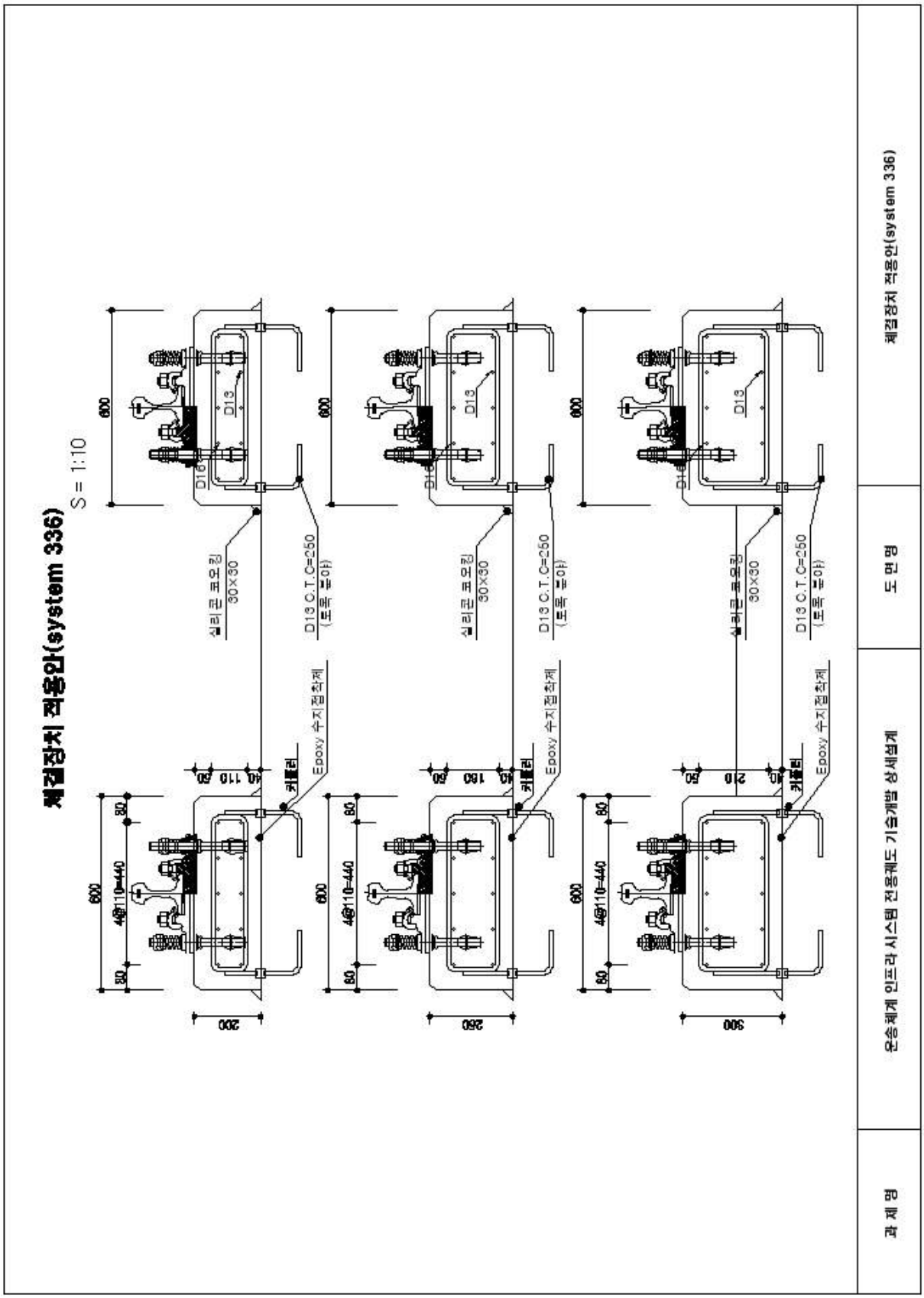
(4) 전용궤도 단면 적용성

○ 인터모달 전용궤도 단면검토 결과 차량 및 선형조건에 의해 발생되는 하중조건에 대하여 분리형, 일체형 궤도단면 건토결과 사용성에 문제가 없을 것으로 판단됨.

○ 현재 전용궤도 단면계획은 높이 200mm, 250mm, 300mm에 단면계획을 수립하였으며, 향후 2단계 Test-bed 부설단계에서 전용궤도 단면 적용성에 대하여 차량, 노반, 시스템 분야 인터페이스를 통하여 상세 검토할 예정임.

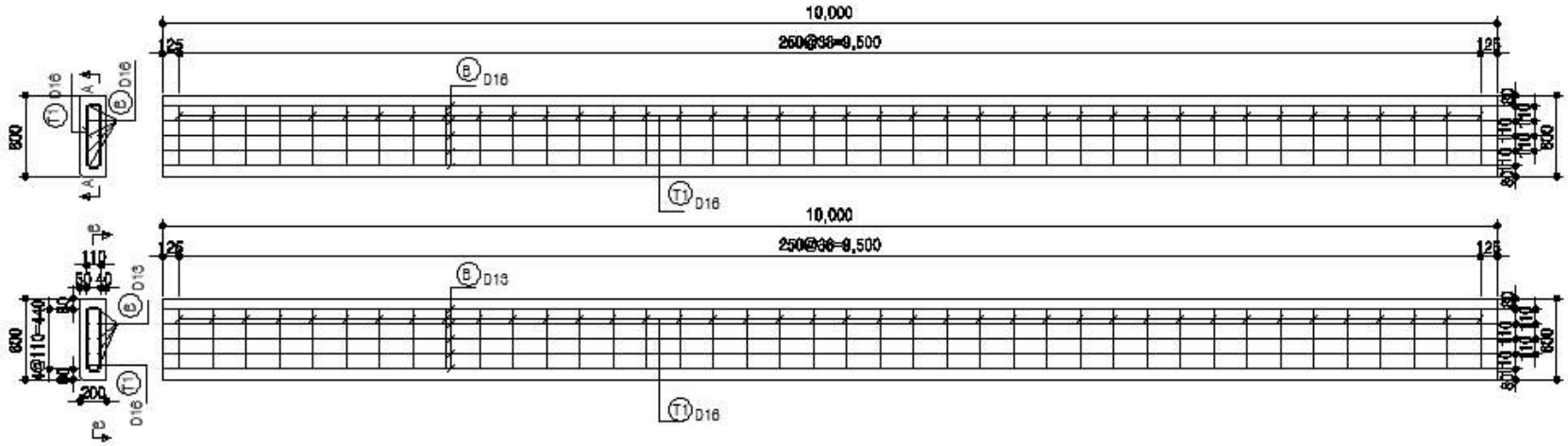
사. 전용궤도 표준단면(안)

(1) 분리형 타입



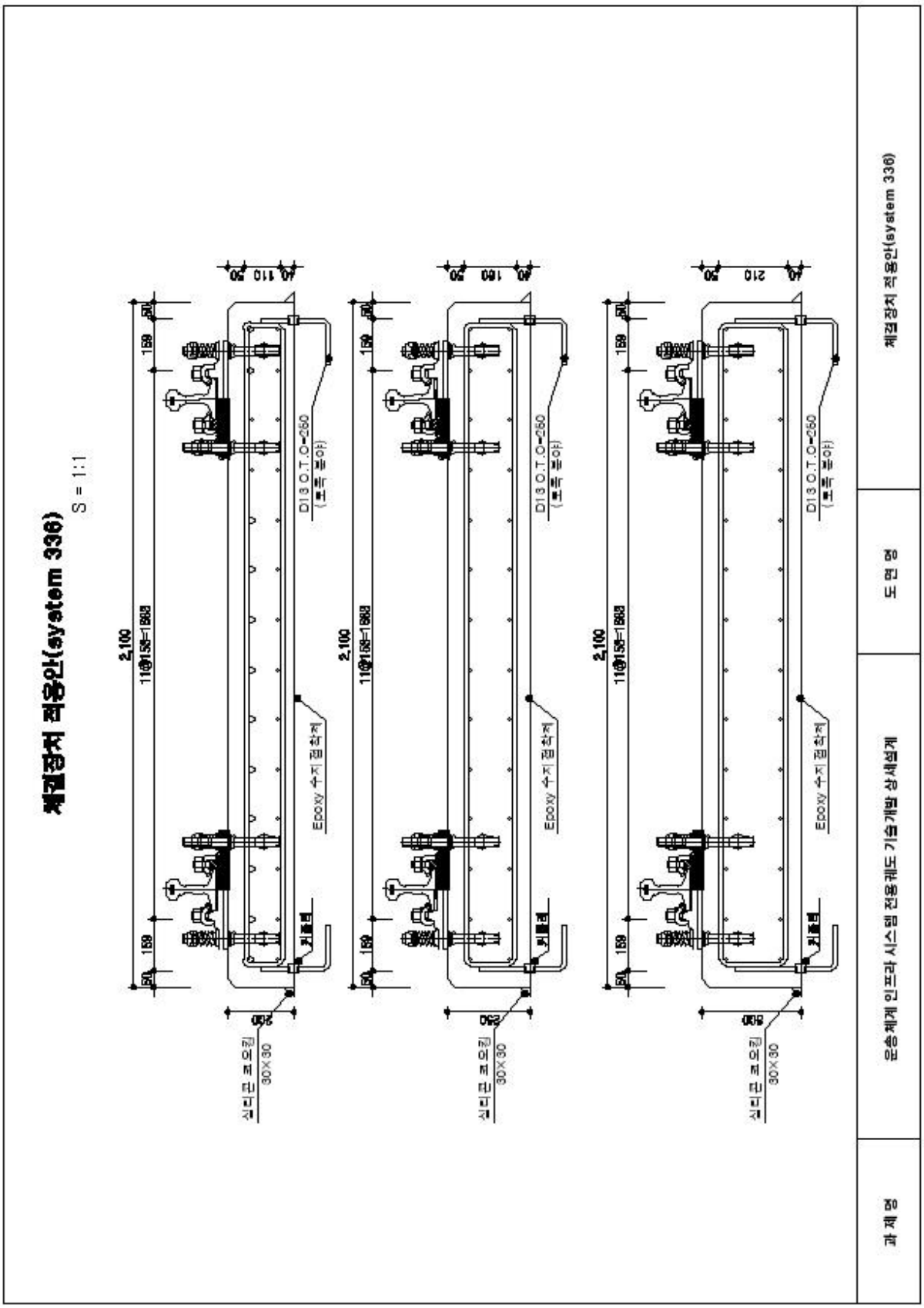
체결장치 적용안(system 336)

S = 1:30



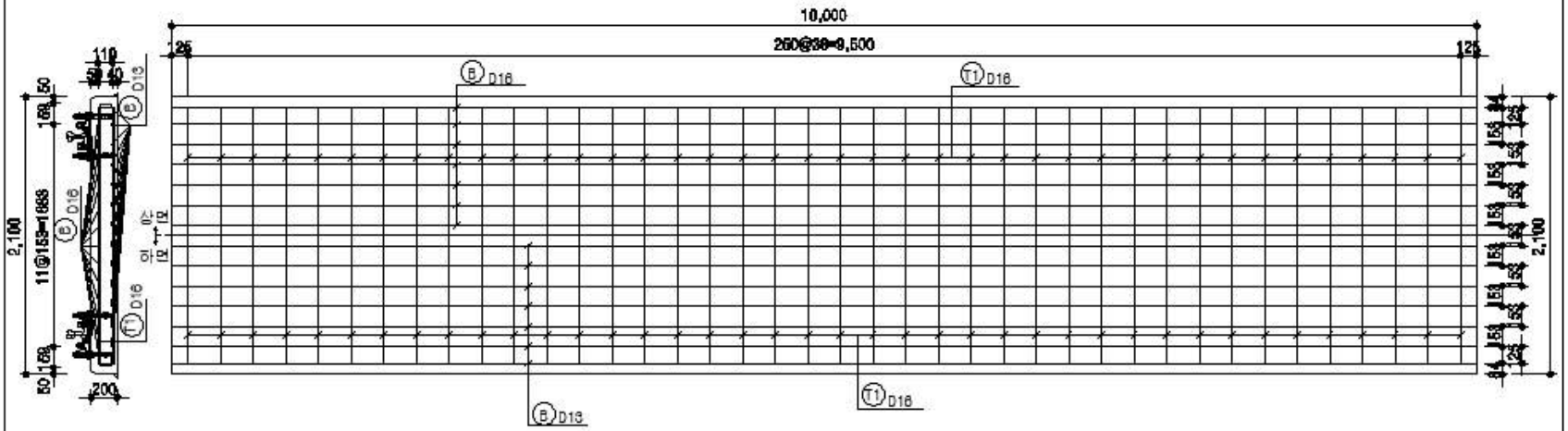
과 제 명	운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계	도 면 명	체결장치 적용안(system 336)

(2) 일체형 타입


체결장치 적용안(system 336)
S = 1:1
2,100
11@150=1650
150
50
D13 O.T.O=250
(트룩 볼아)
Epoxy 수지접착제
30×30
실리콘 코오킹
체결장치 적용안(system 336)
도면 명
운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계
과 제 명

체결장치 적용안(system 336)

S = 1:1



과 제 명	운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계	도 면 명	체결장치 적용안(system 336)

6. 전용궤도 천이구간 표준단면

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 천이구간 단면해석은 전용궤도의 해석방법, 경계조건, 하중조건을 동일하게 반영하였으며, 추가로 천이구간 진입시 가이드레일에 발생하는 횡력 40kN을 추가적으로 고려하여 해석하였음.

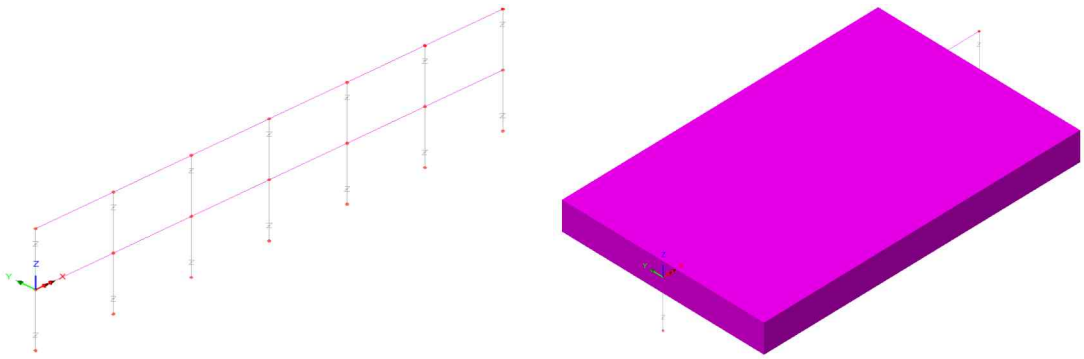
○ 해석단면은 차량의 대차가 회전정렬하는 천이구간 진입부와 천이구간 진출부를 구분하여 단면해석을 수행하였음.

○ 표준단면의 선정은 기존 직결궤도 방식을 준용하고, 인터모달시스템의 하중조건을 고려하여 선정하였음.

가. 천이구간 단면해석

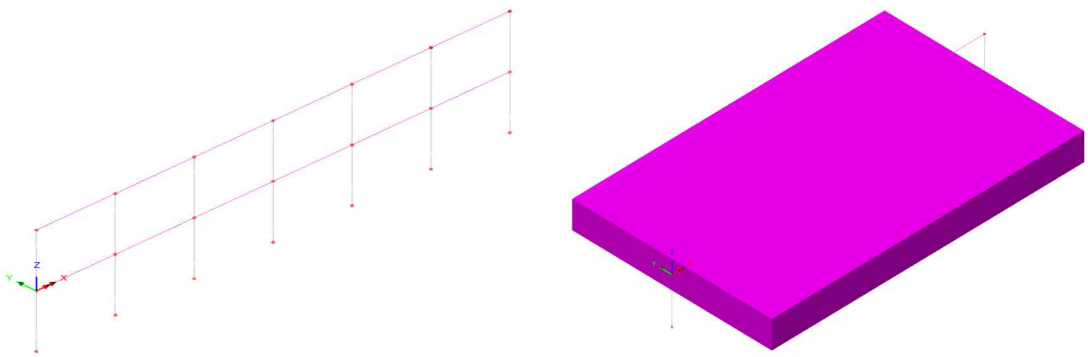
(1) 해석모델링

□ **천이구간 진입부 단면(2,300mm×300mm×3,600mm)**



<그림 193> 천이구간 진입부 해석모델링

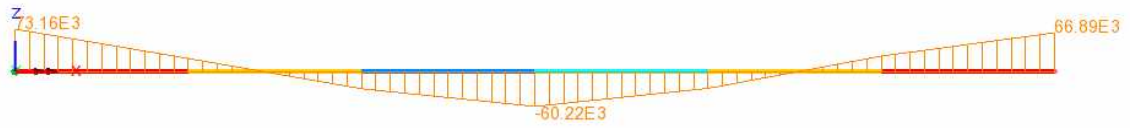
□ **천이구간 진출부 단면(3,600mm×300mm×5,000mm)**



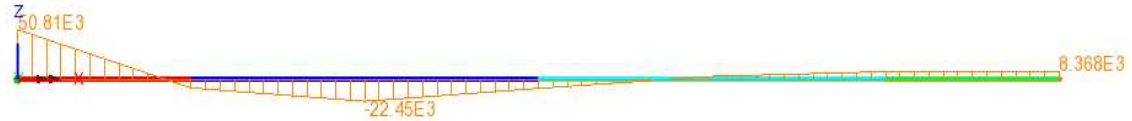
<그림 194> 천이구간 진출부 해석모델링

(2) 해석결과

□ 천이구간 진입부 단면(2,300mm×300mm×3,600mm)



<그림 195> 천이구간 진입부 최대 정모멘트

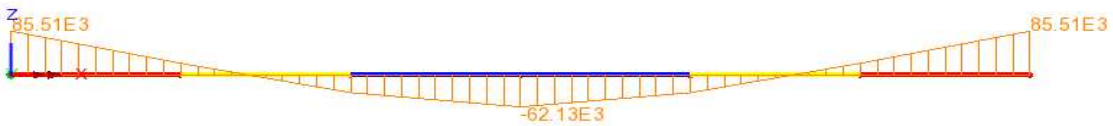


<그림 196> 천이구간 진입부 최대 부모멘트

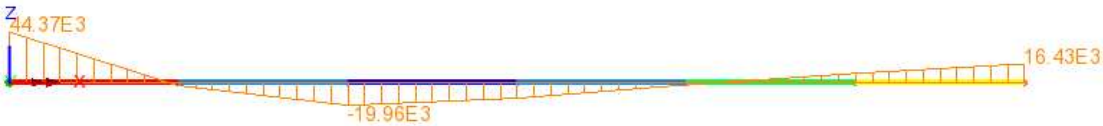
<표 181> 천이구간 진입부 해석결과

하중지점	최대 정모멘트(kN・m)	최대 부모멘트(kN・m)	최대전단력(kN)
0m		50.8	99.5
1.8m	-60.2		51.9

□ 천이구간 진출부 단면(3,600mm×300mm×5,000mm)



<그림 197> 천이구간 진출부 최대 정모멘트



<그림 198> 천이구간 진출부 최대 부모멘트

<표 182> 천이구간 진출부 해석결과

하중지점	최대 정모멘트(kN・m)	최대 부모멘트(kN・m)	최대전단력(kN)
0m		44.4	94.3
1.5m	-62.1		125.5

나. 천이구간 단면검토

□ 천이구간 진입부 단면(2,300mm×300mm×3,600mm)

▷ 검 토 조 건

fck = 30.0 MPa fy = 400.0 MPa λ = 1.00

β1 = 0.836 Øf = 0.85 Øv = 0.75

ρmin = max(0.25√(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00350

계수 모멘트 Mu = 60.200 KN·m 계수 전단력 Vu = 99.500 KN

단면의 두께 H = 300.000 mm 단 면 폭 B = 2300.000 mm

유 효 깊 이 D = 250.000 mm 피 복 두 께 Dc = 50.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

-. 휨강도 검토

사용철근량 As.use = H16 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

+ H13 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

= 6801.727 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.01183

공칭강도시 등가응력깊이 a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 46.389 mm

최외단 인장철근 변형률 εt = 0.01052 ≥ 0.004 ..... ∴ O.K

여기서 εt = 0.003·(H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1)

0.005 ≤ εt 이므로 인장지배단면, Øf = 0.85를 적용한다.

ØMn = Øf·fy·As·(D - a/2) = 524,507,900 N·mm

= 524.508 KN·m ≥ Mu = 60.200 KN·m ... ∴ O.K (S.F = 8.713)

-. 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 a = 4.878 mm로 가정

As = Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)} = 715.213 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 4.878 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

ρreq = [Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00124 ⇒ 4/3 ρreq = 0.00166

∴ 필요철근량 As.req = ρreq × (B·D) = 715.213 ㎟ ≤ 사용철근량...O.K

철근비검토 : ρmin ≤ ρ ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Øv·Vc = Øv·1/6·λ√fck·B·d / 1000 = 393.676 KN

Øv·Vc = 393.676 KN > Vu = 99.500 KN ... ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mo = 45.000 KN·m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / {0.077 mc^1.5 * $\sqrt[3]{(Fck + \Delta f)}$} = 7

ρ = As/(B·D) = 0.01183

k = $-n\rho + \sqrt{((n\rho)^2 + 2n\rho)}$ = 0.332 (j = 0.889)

x = k·d = 83.121 mm

fc = 2·Mo / (B·x·(D - x/3)) = 2.118 MPa

fs = Mo / (As ·(D - x/3)) = 29.762 MPa

fst = fs·(H - Dc_min - x) / (D - x) = 29.762 MPa

최외단철근 소요중심간격

s = Min [375·(210/fst)-2.5Cc , 300·(210/fst)] = 2116.77 mm

여기서..Cc = dc_min - 주철근 직경/2 = 42.00 mm

최외단철근 평균배근간격 = 110.00 mm ≤ 2116.77 mm ..... ∴ O.K

□ 천이구간 진출부 단면(3,600mm×300mm×5,000mm)

▷ 검 토 조 건

fck = 30.0 MPa fy = 400.0 MPa λ = 1.00

β1 = 0.836 Øf = 0.85 Øv = 0.75

ρmin = max(0.25$\sqrt{(fck)}$/fy,1.4/fy) = 0.00350

계수 모멘트 Mu = 62.100 KN·m	계수 전단력 Vu = 125.500 KN
단면의 두께 H = 300.000 mm	단 면 폭 B = 3630.000 mm
유 효 깊 이 D = 250.000 mm	피 복 두 께 Dc = 50.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

-. 휨강도 검토

사용철근량 As.use = H16 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

+ H13 @ 110.00 mm (Dc = 50.00 mm)

= 10734.900 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.01183

공칭강도시 등가응력깊이 a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 46.389 mm

최외단 인장철근 변형률 εt = 0.01052 ≥ 0.004 ..... ∴ O.K

여기서 εt = 0.003·(H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1)

0.005 ≤ εt 이므로 인장지배단면, Øf = 0.85를 적용한다.

ØMn = Øf·fy·As·(D - a/2) = 827,810,500 N·mm

= 827.810 KN·m ≥ Mu = 62.100 KN·m ... ∴ O.K (S.F = 13.330)

-. 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 a = 3.177 mm로 가정

As = Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)} = 735.261 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 3.177 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

ρreq = [Mu /{ Øf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00081 ⇒ 4/3 ρreq = 0.00108

∴ 필요철근량 As.req = ρreq × (B·D) = 735.261 ㎟ ≤ 사용철근량...O.K

철근비검토 : ρmin ≤ ρ ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Øv·Vc = Øv·1/6·λ√fck·B·d / 1000 = 621.323 KN

Øv·Vc = 621.323 KN > Vu = 125.500 KN ... ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mo = 46.400 KN·m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / {0.077 mc^1.5 * $\sqrt[3]{(Fck + \Delta f)}$} = 7

ρ = As/(B·D) = 0.01183

k = -nρ+ √((nρ)²+ 2nρ) = 0.332 (j = 0.889)

x = k·d = 83.121 mm

fc = 2·Mo / (B·x·(D - x/3)) = 1.384 MPa

fs = Mo / (As ·(D - x/3)) = 19.444 MPa

fst = fs·(H - Dc_min - x) / (D - x) = 19.444 MPa

최외단철근 소요중심간격

s = Min [375·(210/fst)-2.5Cc , 300·(210/fst)] = 3240.01 mm

여기서..Cc = dc_min - 주철근 직경/2 = 42.00 mm

최외단철근 평균배근간격 = 110.00 mm ≤ 3240.01 mm ..... ∴ O.K

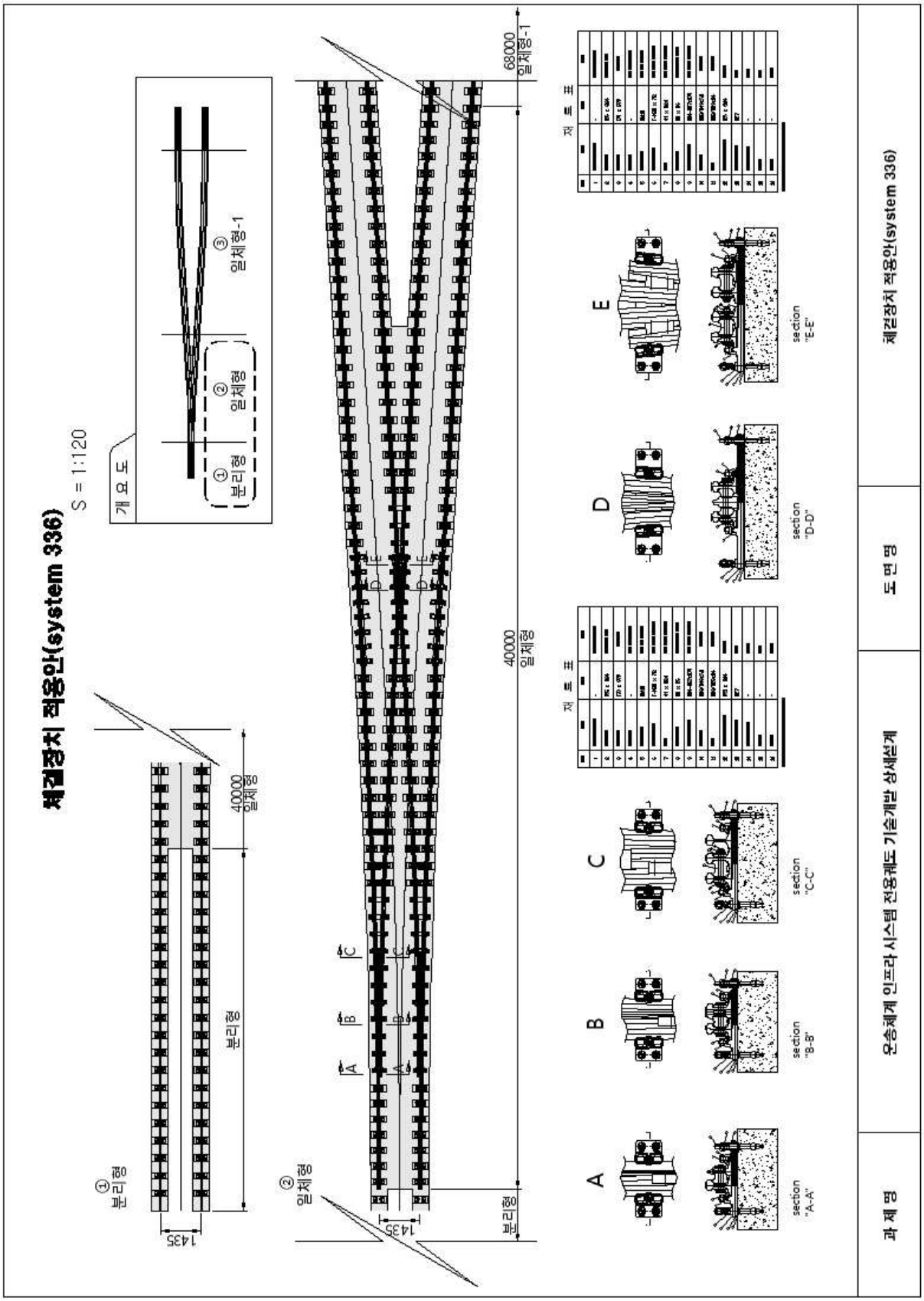
다. 천이구간 단면적용성

○ 인터모달 전용궤도 천이구간 단면검토 결과 차량 및 선형조건에 의해 발생되는 하중조건에 대하여 천이구간 진입부, 천이구간 진출부 궤도단면 건토결과 사용성에 문제가 없을 것으로 판단된다.

○ 현재 천이구간 단면계획은 궤도재료 구성 및 선형조건에 따라 천이구간 시점부 직선구간의 경우 분리형 궤도단면, 개발차량 대차의 회전정렬 시작점에서 종점부까지 일체형(약 40m), 일체형-1(약 70m), 분리형(약 80m) 궤도단면 계획을 적용하였다.

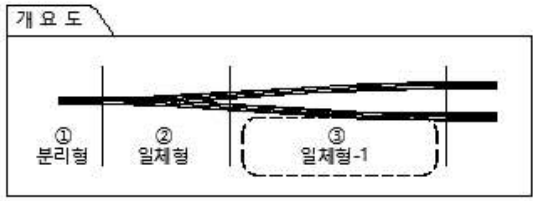
○ 천이구간의 단면계획은 향후 2단계 Testbed 부설단계에서 전용궤도 단면 적용성에 대하여 차량, 노반, 시스템 분야 인터페이스를 통하여 상세 검토할 예정이다.

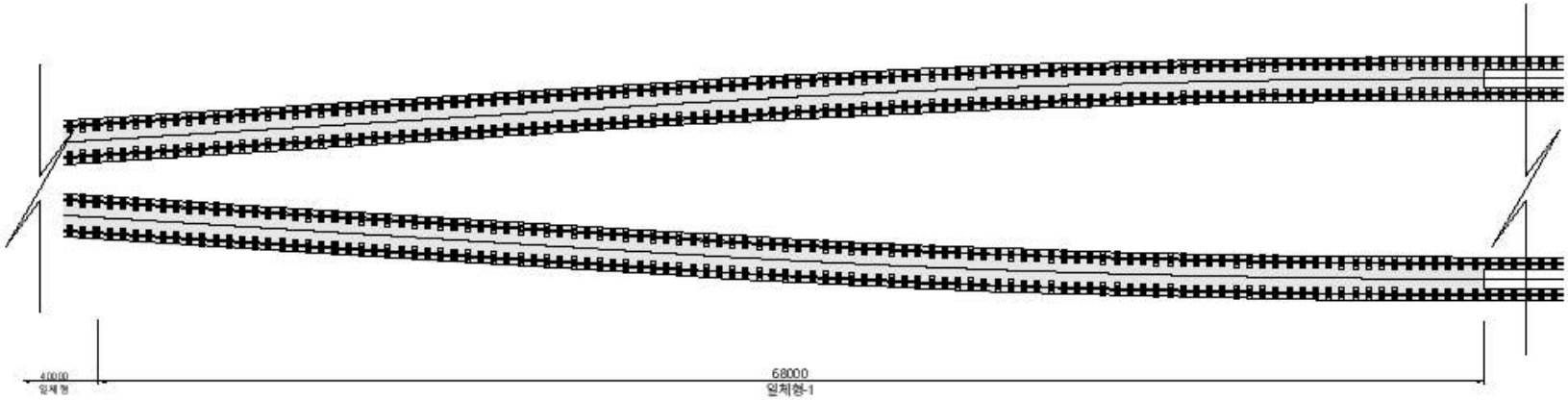
(1) 천이구간 단면(안)


체결장치 적용안(system 336)
S = 1:120
개 요 도
① 분리형
② 일체형
③ 일체형-1
① 분리형
1435
40000 일체형
분리형
② 일체형
68000 일체형-1
40000 일체형
분리형
1435
재 료 표
A
B
C
D
E
section "A-A"
section "B-B"
section "C-C"
section "D-D"
section "E-E"
과 제 명
운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계
도 면 명
체결장치 적용안(system 336)

체결장치 적용안(system 336)

S = 1:150

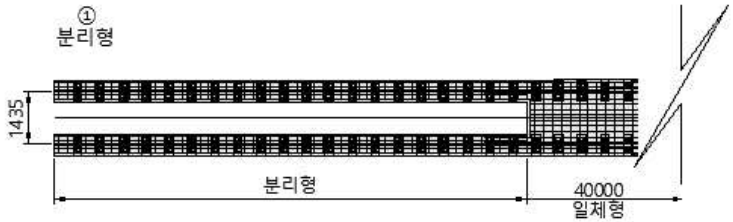


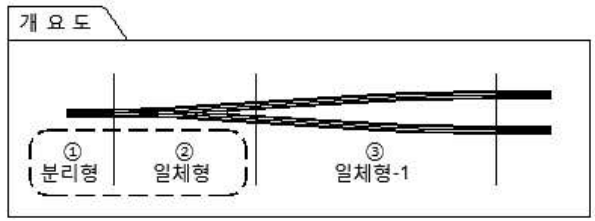


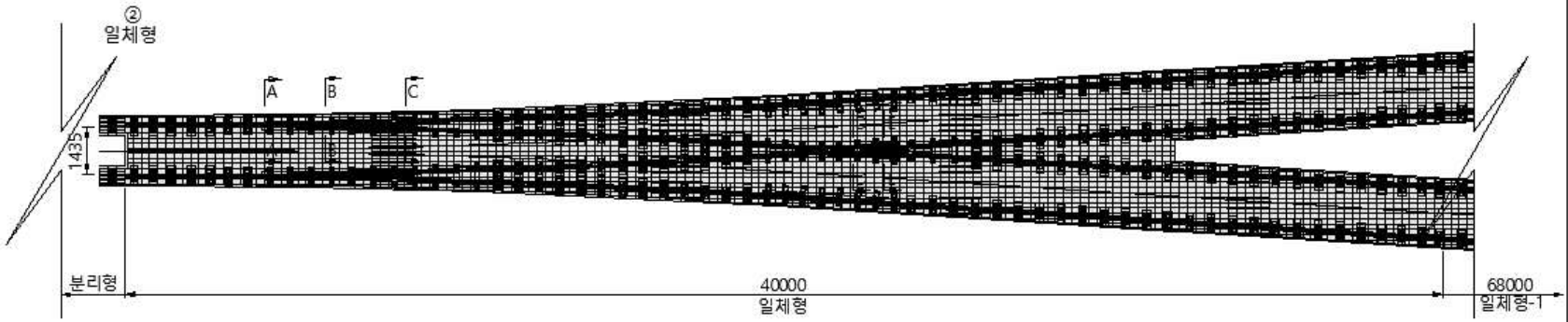
과 제 명	운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계	도 면 명	체결장치 적용안(system 336)

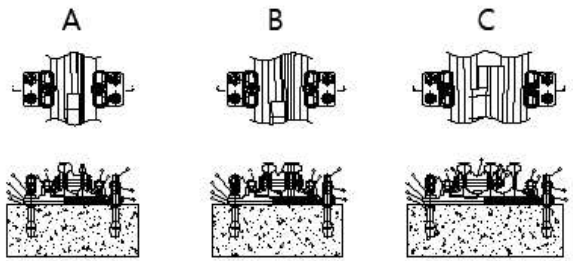
체결장치 적용안(system 336)

S = 1:120



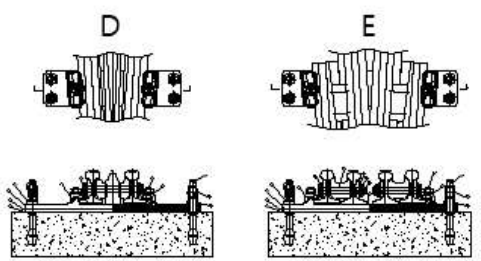






재 료 표

1		-	
2		-	
3		-	
4		-	
5		-	
6		-	
7		-	
8		-	
9		-	
10		-	
11		-	
12		-	
13		-	
14		-	



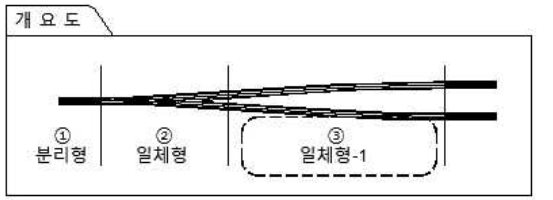
재 료 표

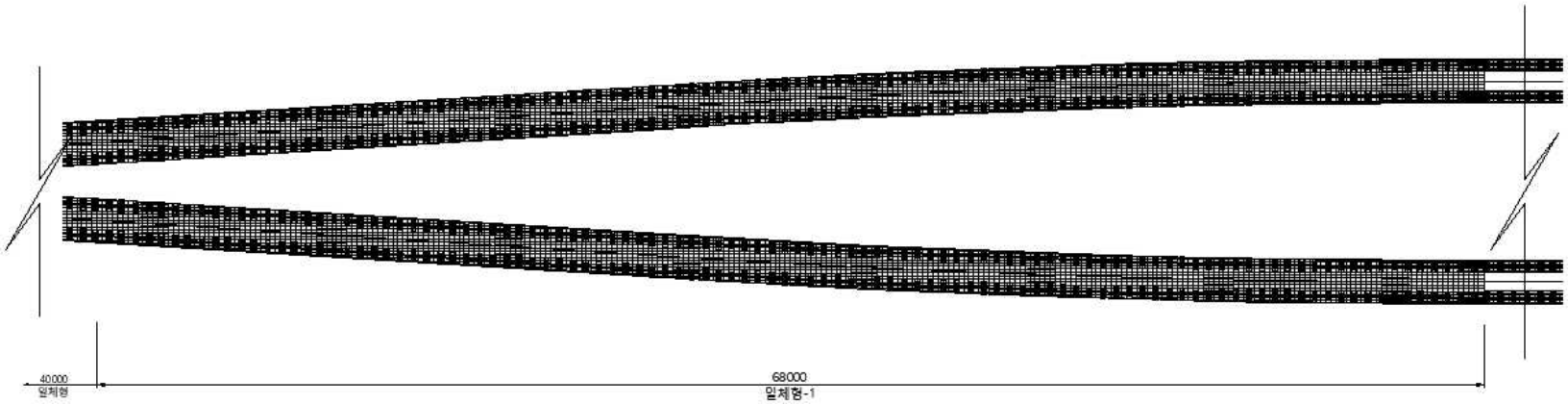
1		-	
2		-	
3		-	
4		-	
5		-	
6		-	
7		-	
8		-	
9		-	
10		-	
11		-	
12		-	
13		-	
14		-	

과 제 명	운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계	도 면 명	체결장치 적용안(system 336)

체결장치 적용안(system 336)

S = 1:150





과 제 명	운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계	도 면 명	체결장치 적용안(system 336)

제3절. 전용궤도 안정성 검토

1. 기본방향

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도는 콘크리트 블록에 체결장치를 적용한 직결궤도구조로 발생되는 차량하중에 대하여 구조적 안전성 검토를 수행하였음.

○ 전용궤도 일반구간 및 천이구간의 단면검토 결과를 토대로 구조안전성 검토를 다음과 같이 수행하였음.

2. 콘크리트궤도 해석 항목

○ 수직하중에 따른 레일 처짐량 및 휨응력

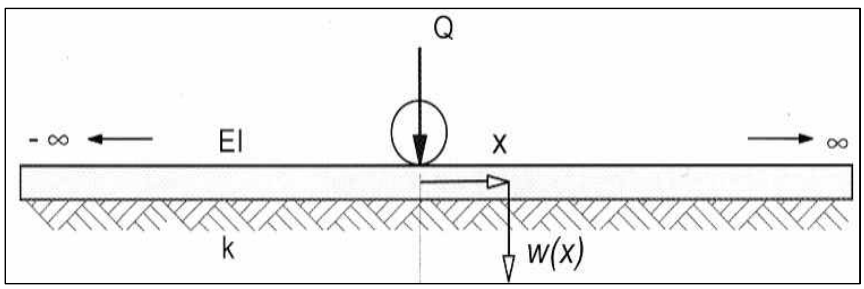
○ 수직하중에 따른 직결블럭, 바닥콘크리트 지압응력

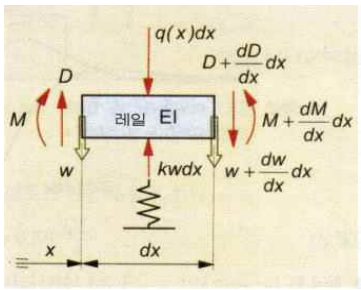
○ 수평하중에 따른 슬래브 위치 안정성(슬라이딩에 대한 안정성)

3. 콘크리트궤도 해석방법

가. 수직하중에 따른 레일 처짐량

○ 레일 처짐량 및 휨모멘트는 침목간격을 유지하는 불연속 지지방식(Discrete Rail Support)에 의한 Winkler 가설을 기초로 하였으며, 탄성기초에 연속적으로 지지(Continuously supported)되는 무한으로 긴 레일로 가정하는 Zimmermann식으로 아래와 같이 구할 수 있음.





<그림 199> 탄성기초의 보 모델

○ 보의 처짐 w(x)에 관한 식을 유도하기 위하여 평형조건을 나타내면 다음과 같이 정의할 수 있으며, 이를 미분방정식으로 유도하면 다음과 같음.

$$EI\frac{d^4w}{dx^4} + kw = q(x)$$

x의 공간적인 미분을 간결하게 표기하면 다음과 같음.

$$EIw^{IV} + kw = q(x)$$

x>0에 대한 경계조건은 다음과 같다

$$w(\infty) = 0; \qquad w'(0) = 0; \qquad w'''(0) = \frac{Q}{2EI}$$

처짐에 대한 지수 함수를 대입하여 x지점에서의 레일처짐량은

$$w(x) = \frac{QL^3}{8EI}\eta(x) = \frac{Q}{2kL}\eta(x)$$

기초의 분포반력(x지점에서의 노반응력)은

$$p(x) = kw(x) = \frac{Q}{2L}\eta(x)$$

x지점에서의 보의 휨 모멘트는

$$M(x) = \frac{QL}{4}\mu(x)$$

특성길이 L은

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k}}$$

단속 레일지지에 대한 최대 수직력 Fmax는

$$F_{\max} = DAF \bullet F_{mean}$$

여기에서, 평균값 Fmean은

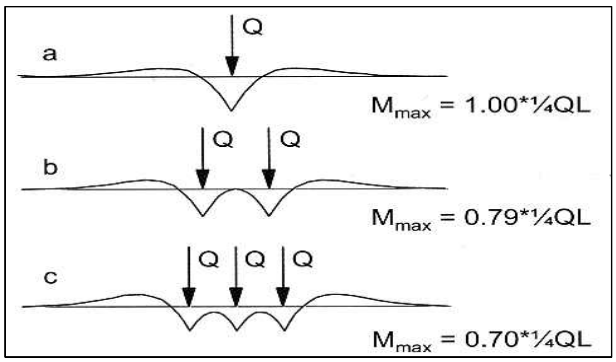
$$F_{mean} \approx \frac{Q \bullet a}{2 \bullet L}$$

형상 함수는 다음과 같다.

$$\eta(x) = e^{-x/L}[\cos\frac{x}{L} + \sin\frac{x}{L}] \ (x \geq 0)$$

$$\mu(x) = e^{-x/L}[\cos\frac{x}{L} - \sin\frac{x}{L}] \ (x \geq 0)$$

형상함수 $\eta(x)$와 $\mu(x)$는 <그림 1-3>에 나타내는 윤하중으로 인한 처짐과 모멘트 선도의 결정에 기여한다.



<그림 200> 휨모멘트에 대한 하중지지 특성

○ 여러 윤중이 있다면 인접한 윤중 영향을 고려하여 중첩계산을 하며, 다수의 윤중에 의한 휨모멘트는 단일 윤중에 의한 경우보다 다소 작아지는 경향을 보임.

○ 단일 및 다수의 윤중이 작용할 경우 발생하는 처짐과 휨모멘트는 아래와 같이 구할 수 있음.

(a)의 경우의 하중 Q에 대한 최대 휨모멘트는 다음과 같다.

$$M = \frac{QL}{4}$$

(b)의 경우에 총하중은 2Q이고 M이 최대인 거리.

$$M = \frac{QL}{4}[\mu(0) + \mu(0.5\pi L)] = 0.79\frac{QL}{4}$$

(C)의 경우에 총 하중은 3Q이며 모든 모멘트가 같게 되는 위치의 거리

$$M = \frac{QL}{4}[\mu(0) + 2\mu(1.12L)] = 0.70\frac{QL}{4}$$

나. 수직하중에 따른 레일에 발생하는 응력

○ 레일에는 일반적으로 윤중(수직방향), 축력(종방향), 횡압(횡방향)이 가해지며, 이들 하중에 기인하여 발생하는 응력으로는 수직방향 열차하중에 따른 휨응력, 장대레일의 온도변화 효과에 따른 축응력, 레일 제조시의 휨교정 효과에 따른 잔류응력, 레일 두부와 차륜접촉 효과로 인한 접촉응력등이 있음.

○ 레일의 강도, 피로의 계산은 속도계수 또는 동적할증 계수를 고려하는 동적효과에 따라 무한의 긴 보이론을 사용하여 계산하는 것이 보통이며, 레일의 동적응력을 평가할 목적으로 몇가지 계산식이 제안되어 있는데 이러한 경험적 계산식 중 하나가 Eisenmann이 제시한 방법으로 열차속도, 궤도품질 및 확률분포 t에 의해 동적할증계수(DAF, Dynamic Amplification Factor)가 좌우된다. Eisenmann 경험식의 동적할증계수를 구하는 방법은 다음과 같음.

유효윤중 : Qe = Q × 1.20 = 165 × 1.20 = 198.00 kN

동적할증계수 : V≦60km/h : $DAF = 1 + t \bullet \phi$

60<V≦300km/h 여객열차일 경우 : $DAF = 1 + t \bullet \phi\left(1 + 0.5\frac{V-60}{190}\right)$

60<V≦140km/h 화물열차일 경우 : $DAF = 1 + t \bullet \phi\left(1 + 0.5\frac{V-60}{80}\right)$

<표 183> 동적할증계수 계산

발생확률	t	적 용	궤도조건	ϕ	비고
68.3%	1	접촉 응력, 노반	아주양호	0.1	t= 표준편차의 증가율 ϕ= 궤도품질에 좌우되는 계수
95.4%	2	횡하중, 도상	양 호	0.2	
99.7%	3	레일응력, 체결구, 침목	불 량	0.3	

Eisenmann 식에 의하면 1개 지점의 수직방향에 대한 레일저부 중앙에 작용하는 최대 휨인장응력은 아래와 같이 구해진다.

$$\sigma_{\max} = DAF \bullet \sigma_{mean}$$

$$\sigma_{mean} = \frac{M}{W} = \frac{QL}{4W} = \frac{Q}{A} \bullet \frac{A\sqrt[4]{I}}{4W} = \sqrt[4]{\frac{4Ea}{K_T}}$$

여기서, DAF = 동적할증계수 (레일에 대하여 t=3)

Q = 유효 윤하중 (kN)

L = 특성길이 (mm)

W = 레일저부에 관련된 단면계수 (mm3)

KT = 지지점의 궤도 합성 스프링정수 (kN/mm)

다. 수직하중에 따른 직결블럭 응력

○ 침목은 도상에서의 안정을 보장하도록 레일 아래의 침목 끝부분에서만 지지된다. 그러므로 계산의 목적을 위해 아래와 같이 침목아래 접촉면에 걸쳐 접촉력이 고르게 분포한다고 가정

○ 윤하중에 기인하는 단일 레일지지에 대한 최대 지지력은 동적할증계수(DAF)를 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다. 1개 지점의 수직방향에 대한 침목에 작용하는 최대 지압응력(접촉응력)은 다음과 같음.

○ 여기서 인터모달 자동화물 운송시스템의 전용궤도는 직결궤도 타입으로 침목 대신 직결블럭 면적에 작용하는 힘으로 간주하여 구조계산을 수행하였음.

<표 184> 직결블럭에 발생하는 최대압력 및 응력

직결궤도에 가해지는 레일압력	
• 최대압력 $F_{\max} = DAF \bullet F_{mean}$ • 평균압력 $F_{\max} \approx \frac{Qa}{2L} = \frac{Q}{2}\sqrt[4]{\frac{K_T a^3}{4EI}}$	Q : 유효 윤중(kN) a : 침목 간격(mm) K_T : 궤도합성 스프링계수(kN/mm) EI : 레일의 휨 강성(kN・㎟) DAF : 동적 할증 계수 (침목에 대하여 t=3)

$$\sigma_{rs} = \frac{(F_o + F_{\max})}{A_{rs}}$$

여기서, F_o = 레일지점에서 체결장치의 총 체결력 (kN)

$F_{\max}$ = 최대 수직력 (kN)

A_{rs} = 유효 레일지지 면적 (mm2)
(베이스플레이트가 있는 경우 베이스플레이트 면적)

라. 수직하중에 따른 바닥콘크리트 지압응력

○ 침목에서 도상으로 작용하는 압축응력은 고르게 분포한다고 가정하며, 압축응력의 계산은 Zimmermann의 이론을 기초로 Eisenmann의 동적할증계수 고려

○ 1개 지점의 수직방향에 대한 도상에 작용하는 최대압력은 아래와 같이 나타낼 수 있음.

$$\sigma_{bmax} = DAF \bullet \sigma_{bmean}$$

$$\sigma_{b\,mean} = \frac{F_{mean}}{A_b} = \frac{Qa}{2LA_b} = \frac{Q}{2A_b}\sqrt[4]{\frac{K_T a^3}{4EI}}$$

여기서, DAF = 동적할증계수 (도상에 대하여 t=2)

Fmean = 수직력 (kN)

a = 체결구 간격 (mm)

Ab = 1/2침목에 대한 침목과 도상간의 접촉면적 (mm2)

KT = 지지점의 궤도합성 스프링계수 (kN/mm)

EI = 한쪽 레일의 휨강성 (kN/mm4)

마. 수평하중에 따른 슬래브 위치 안정성(슬라이딩에 대한 안정성)

○ 궤도 슬래브의 위치 안정성에 대하여는 일반적으로 연속 철근보강 콘크리트궤도에서는 별도의 검토를 하지 않아도 무방

○ 그러나 곡선구간에 대해서 열차의 운행하중(종방향 및 수평방향)이 마찰 및 전단 강도를 넘어설 때 직결궤도 블럭층과 노반의 바닥콘크리트에 발생할 수 있는 분리 및 균열 등의 발생여부 검토

4. 전용궤도 일반구간 및 천이구간 구조계산

가. 전용궤도 구조계산

(1) 수직하중에 따른 레일 처짐량 및 휨응력

□ **기초계수(단위길이당 레일지지 스프링 계수)**

1) 정적 기초계수	$K_{sta} = \frac{K_t}{a} = \frac{22.22}{600} \times 1{,}000$	=	37.04N/mm.mm
2) 동적 기초계수	$K_{dyn} = \frac{K_t^{'}}{a} = \frac{23.53}{600} \times 1{,}000$	=	39.22N/mm.mm
• 침목간격	a	=	600mm

□ **합성스프링계수**

1) 정적 합성스프링정수	$K_t = \frac{1}{\frac{1}{K_{rp}} + \frac{1}{K_{ep}}} = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{25}}$	=	22.22kN/mm
• 레일패드 스프링정수	K_{rp}	=	200.0kN/mm
• 탄성패드 스프링정수	K_{ep}	=	25.0kN/mm
2) 동적 합성스프링정수	$K_t^{'} = \frac{1}{\frac{1}{K_{rp}} + \frac{1}{K_{ep}^{'}}} = \frac{1}{\frac{1}{400} + \frac{1}{37.5}}$	=	23.53kN/mm
• 탄성패드 스프링정수	$K_{ep}^{'} = K_{ep} \times 1.5$	=	37.5kN/mm

□ 특성길이

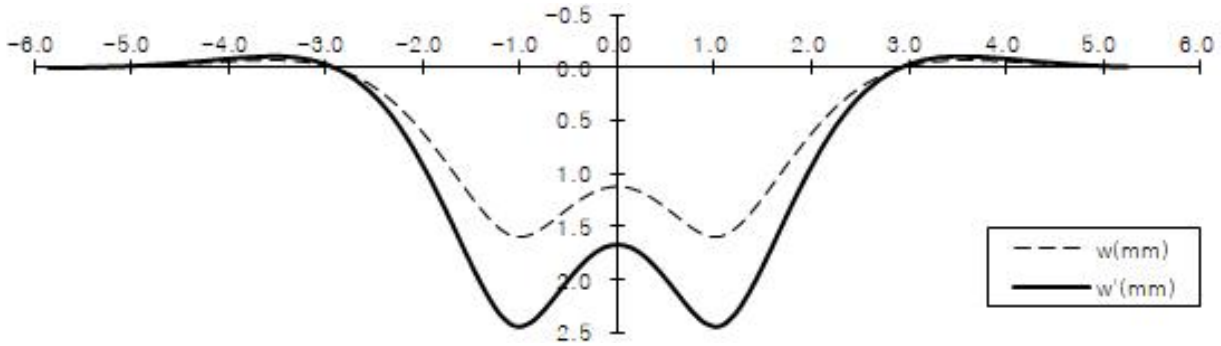
1) 정적 특성길이 $L_{sta} = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_{sta}}} = \sqrt[4]{\frac{4\times 2.1\times 10^5 \times 1.960\times 10^7}{37.037}}$ = 816.535mm

2) 동적 특성길이 $L_{dyn} = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_{dyn}}} = \sqrt[4]{\frac{4\times 2.1\times 10^5 \times 1.960\times 10^7}{39.215}}$ = 804.953mm

□ 수직력

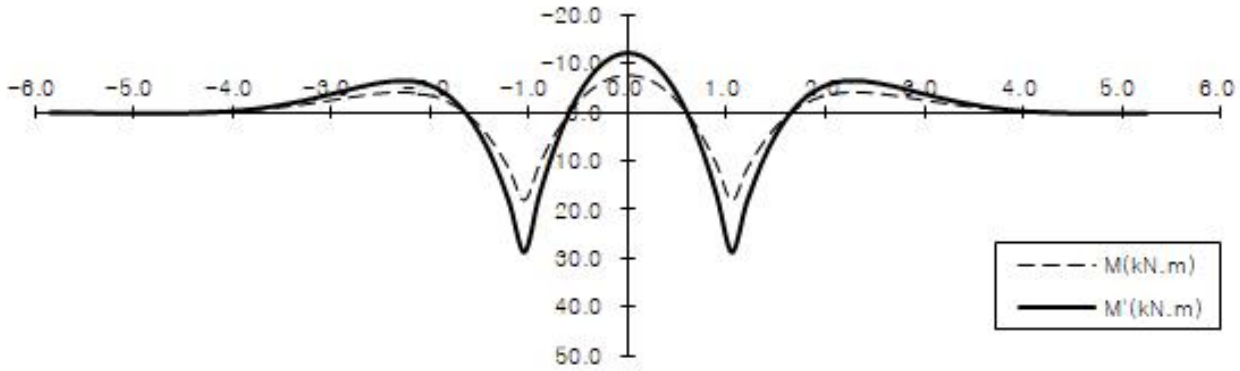
• 수직력 $F_{mean} = \frac{Q_e a}{2L_{dyn}} = \frac{99.0\times 600}{2\times 804.953}$ = 36.897kN

□ 레일 처짐량(축간거리 2.1m)



<그림 201> 레일 최대 처짐(축간거리 2.1m)

□ 레일 휨응력(축간거리 2.1m)



<그림 202> 레일 최대모멘트(축간거리 2.1m)

• 레일휨응력 $\sigma_r = \frac{M}{Z_x} = \frac{31.876\times 10^6}{274{,}000}$ = 116.336MPa

□ 수직하중에 따른 직결블럭, 바닥콘크리트 지압응력

- 레일과 직결블럭의 접촉응력

$$\sigma_{rs} = \frac{F_0 + F_{\max 3}}{A_{rs}} = \frac{(24.0 + 59.035) \times 10^3}{27,000} \quad = \quad 3.075\text{MPa}$$

$$F_{\max 3} = F_{mean'} \times DAF_3(t=3) \quad = \quad 59.035\text{kN}$$

$A_{rs} = 22,860mm^2$(레일 저부면 과 레일패드길이)

- 바닥콘크리트에 작용하는 최대응력

$$\sigma_{rs} = \frac{2 \times F_{\max 2}}{A_b} = \frac{2 \times 51.656 \times 10^3}{720,000} \quad = \quad 0.143\text{MPa}$$

$$F_{\max 2} = F_{mean'} \times DAF_2(t=2) \quad = \quad 51.656\text{kN}$$

$A_b = 720,000mm^2$(매립 직결불럭 600mm 2개소 가정)

나. 궤도구조 안전성 검토결과

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 구조계산 검토결과 레일의 처짐. 레일의 휨응력, 직결궤도의 지압응력, 노반구조물 도상압력 모두 허용기준을 만족하는 것으로 검토되었으며, 향후 2단계 사업 Testbed 부설시 노반분야 인터페이스를 통한 궤도재료의 성능 및 적용성 검증이 필요함.

<표 185> 전용궤도 구조안정성 검토 결과

구 분	기호	허용기준	계산결과	안전성 검토결과
레일처짐	w	3.0mm	1.599mm	OK
레일 휨응력	σ_r	200MPa	116.34MPa	OK
직결블럭 지압응력	σ_{rs}	12.5MPa	3.632MPa	OK
바닥콘크리트 지압응력	σ_b	0.5MPa	0.143MPa	OK

다. 수평하중에 따른 슬래브 위치 안정성(슬라이딩에 대한 안정성)

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도의 슬라이딩에 대한 안전성 검토를 위하여 최소곡선반경 R150m, 최급기울기 25‰ 선형조건에서 발생되는 하중조건과 개발차량의 성능, 비상시 일반철도 차량운행조건에 대하여 상대적으로 크게 발생되는 하중에 대하여 전용궤도의 안전성을 검토하였음.

□ 기준식

Vu(작용전단력) ≤ ϕVn(전단저항력)

□ 발생하중

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 개발차량의 성능 및 제원과 곡선반경 R=150m, 최급기울기 25‰에서의 선구특성을 고려하여 발생되는 하중을 검토하면 다음과 같음.

<표 186> 작용전단력(Vu)

구 분	산정값
시/제동하중	36.0kN
궤도 저항력	15.0kN
기울기 하중	3.69kN
사 행 하 중	150.0kN
원 심 하 중	13.8kN
풍 하 중	4.74kN

□ 하중조합

○ 구조물 설계 시 구조체의 특성을 고려하여 관련 제 규정을 만족하는 하중계수 및 하중조합을 고려하여 구조물에 작용하는 최대소요강도를 만족하는 설계 필요

○ 본 연구는 철도설계기준(구교)와 콘크리트설계기준에 제시된 하중조합을 비교검토하였으며, 궤도패널에 작용하는 전단앵커의 안전측 설계를 위하여 작용전단력의 하중조합은 철도설계기준(KRC-140110)을 준용하여 검토하였음.

<표 187> 하중조 합비교

철도설계기준	콘크리트구조기준
㉮ 고정하중+활하중+토압+지하수압 U = 1.4D+2.0(L+I)+1.7H+1.4Q (5.1.7) U = 1.7{D+(L+I)+H+Q} (5.1.8) ㉯ 고정하중+활하중+토압+지하수압+크리프, 건조수축 또는 온도변화+장대레일 종하중 U = 1.4D+1.4(L+I)+1.7H+1.4Q+1.4G+1.4L_R (5.1.9)	$U=1.4(D+F)$ (3.3.1) $U=1.2(D+F+T)+1.6(L+\alpha_H H_v+H_h)+0.5(L_r$ 또는 S 또는 $R)$ (3.3.2) $U=1.2D+1.6(L_r$ 또는 S 또는 $R)+(1.0L$ 또는 $0.65W)$ (3.3.3) $U=1.2D+1.3W+1.0L+0.5(L_r$ 또는 S 또는 $R)$ (3.3.4) $U=1.2(D+H_v)+1.0E+1.0L+0.2S+(1.0H_h$ 또는 $0.5H_h)$ (3.3.5) $U=1.2(D+F+T)+1.6(L+\alpha_H H_v)+0.8H_h+0.5(L_r$ 또는 S 또는 $R)$ (3.3.6)

□ 작용전단력 VU 산정

○ 아래와 같이 하중조합을 이용하여 최대발생 작용전단력(Vu)은 Case3의 경우로 U= 1.2D+1.6(L+I)+1.6CF(LF)+1.6H+1.6Q+1.6(0.5W+WL)+1.6(SB+LR)+1.6G에서 약 352kN 이 작용하고 있으며, 균열에 대한 사용성을 위한 하중조합은 Case3의 조건 U= 1.0D+1.0(L+I)을 적용하였음.

U= 1.2D+1.6(L+I)+1.6CF(LF)+1.6H+1.6Q

U= 1.4(D+L+I+CF(LF)+H+Q)

U= 1.2D+1.6(L+I)+1.6CF(LF)+1.6H+1.6Q+1.6(0.5W+WL)+1.6(SB+LR)+1.6G

여기서, D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

CF : 원심하중 또는 이에 따른 단면력

LF : 활하중 또는 이에 따른 단면력

LR : 장대레일 종하중 또는 이에 따른 단면력

SB : 시동 또는 제동하중 또는 이에 따른 단면력

W : 풍하중 또는 이에 따른 단면력

□ 전단철근량(Shear key) 산정

- $Vu \leq \phi Vn$
- Vu = 100.54 kN
- $\phi Vn = \phi Vs + \phi Vc = \phi[Avf\ fy\ \mu + (Vp+Vr+Vc)\ \mu 1]$

여기서, ϕ : 0.75, μ : 0.6, fy : 400MPa

Vp : 열차하중, Vc : 패널자중

Vp = 165kN × 1.2 /2 × 1.0m = 99.0kN

Vr = 1.22kN(50kgN자중)

- 궤도패널 마찰력에 의한 전단저항은 다음과 같이 산정할 수 있다.

ϕVc = 6.13kN(직결블럭 600mm×300mm 자중)

∵ $\mu 1$ = 0.3(노반구조물 콘크리트와 직결블럭의 마찰계수 가정사항)

- 앵커가 받아야할 전단저항(전단철근이 부담하는 전단저항력)

ϕVs ≥ 101 - 24 = 76.61kN

ϕVs = Φ Avf fy μ = 76,613N

$$Avf,rqd = \frac{76,613}{0.75\times400\times0.6} = 426mm2$$

Avf,use = H13 × 16EA = 126.7 × 16 = 2,027mm2

Avf,rqd = 426 mm2 < Avf,use = 2,027 mm2 (O.K)

□ Shear key 전단저항 적정성 검토

○ Shear Key 전단저항력은 Shear key 철근의 전단강도와 콘크리트 프라이아웃 강도 중의 최소값 반영

- Shear Key 철근의 전단강도(ϕVsa)

ϕVsa = 0.65 × 0.60 × Ase,v × futa

= 0.65 × 0.60 × 126.7 × 1.9 × 400 = 37,554N

= 37.55kN

- 콘크리트 프라이아웃 강도(ϕVcp)

ϕVcp = 0.7 × kcp × Ncb

= 0.7 × 1.0 × 302.0 = 211.38kN

$$Ncb = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}}\psi ec,N\psi ed,N\psi c,N\psi cp,NN_b = 301.97kN$$

여기서, Anc(전단투영면적) : 1,000,060㎟

Anco(기본 전단투영면적) : 810,000㎟(hef = 300)

$\psi ec,N$(편심을 고려한 영향계수) : 1.0

$\psi ed,N$(Edge 효과를 고려한 영향계수) : 0.716

$\psi c,N$(균열을 고려한 영향계수) : 1.4

$\psi cp,N$(쪼개짐제어, 보조철근) : 1.0

$$N_b = k_c\lambda f_{ck}^{0.5}h_{ef}^{1.5}$$

= 7 × 1 × 450.5 × 3001.5 = 243,998N

∴ Shear Key 1EA의 전단저항력(ϕVn)

ϕVn = 37.55kN

- 전단저항 적정성 검토

ϕVua = Vu/n = 76.61 / 16 = 4.79kN

ϕVn = 37.55kN > Vua = 4.79kN (O.K)

라. 천이구간 구조계산

(1) 수직하중에 따른 레일 처짐량 및 휨응력

□ 기초계수(단위길이당 레일지지 스프링 계수)

1) 정적 기초계수 $K_{sta} = \frac{K_t}{a} = \frac{22.22}{530} \times 1{,}000$ = 41.928N/mm.mm

2) 동적 기초계수 $K_{dyn} = \frac{K_t'}{a} = \frac{23.53}{530} \times 1{,}000$ = 44.394N/mm.mm

- 침목간격 a = 530mm

□ 합성스프링계수

1) 정적 합성스프링정수 $K_t = \frac{1}{\frac{1}{K_{rp}} + \frac{1}{K_{ep}}} = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{25}}$ = 22.22kN/mm

- 레일패드 스프링정수 K_{rp} = 200.0kN/mm
- 탄성패드 스프링정수 K_{ep} = 25.0kN/mm

2) 동적 합성스프링정수 $K_t' = \frac{1}{\frac{1}{K_{rp}} + \frac{1}{K_{ep}'}} = \frac{1}{\frac{1}{400} + \frac{1}{37.5}}$ = 23.53kN/mm

- 탄성패드 스프링정수 $K_{ep}' = K_{ep} \times 1.5$ = 37.5kN/mm

□ 특성길이

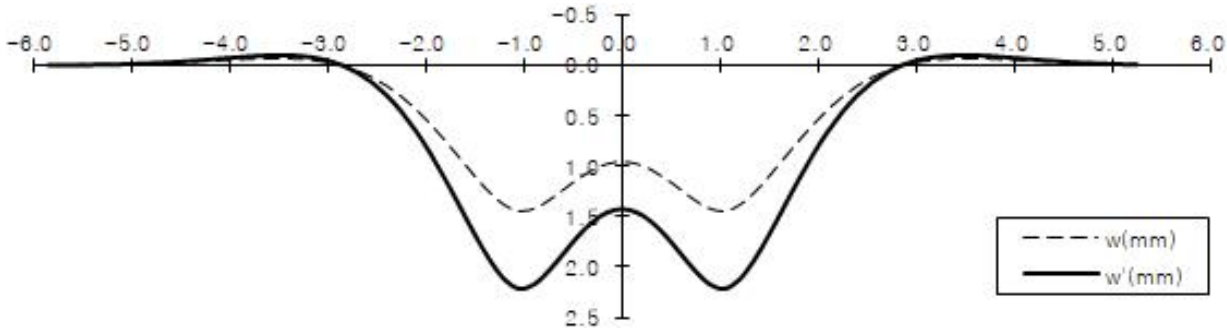
1) 정적 특성길이 $L_{sta} = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_{sta}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times 2.1 \times 10^5 \times 1.960 \times 10^7}{41.928}}$ = 791.604mm

2) 동적 특성길이 $L_{dyn} = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_{dyn}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times 2.1 \times 10^5 \times 1.960 \times 10^7}{44.394}}$ = 780.374mm

□ 수직력

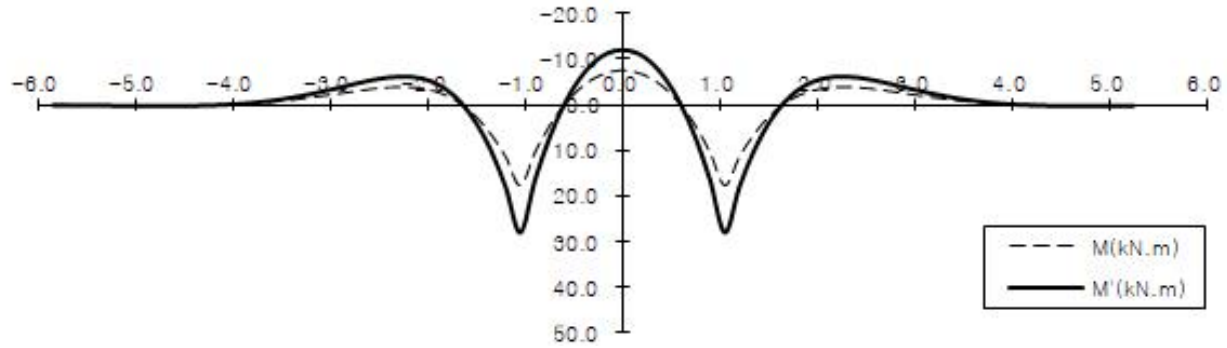
• 수직력 $F_{mean} = \frac{Q_e a}{2L_{dyn}} = \frac{99.0 \times 530}{2 \times 780.374}$ = 33.618kN

□ 레일 처짐량(축간거리 2.1m)



<그림 203> 레일 최대 처짐(축간거리 2.1m)

□ 레일 휨응력(축간거리 2.1m)



<그림 204> 레일 최대모멘트(축간거리 2.1m)

• 레일휨응력 $\sigma_r = \frac{M}{Z_x} = \frac{30.903 \times 10^6}{274,000}$ = 112.785MPa

(2) 수직하중에 따른 직결블럭, 바닥콘크리트 지압응력

□ **레일과 직결블럭의 접촉응력**

$$\sigma_{rs} = \frac{F_0 + F_{\max 3}}{A_{rs}} = \frac{(24.0 + 53.789) \times 10^3}{27{,}000} \quad = \quad 2.881\text{MPa}$$

$$F_{\max 3} = F_{mean'} \times DAF_3(t=3) \quad = \quad 53.789\text{kN}$$

$A_{rs} = 22{,}860mm^2$(레일 저부면 과 레일패드길이)

□ **바닥콘크리트에 작용하는 최대응력**

$$\sigma_{rs} = \frac{2 \times F_{\max 2}}{A_b} = \frac{2 \times 47.065 \times 10^3}{2{,}160{,}000} \quad = \quad 0.044\text{MPa}$$

$$F_{\max 2} = F_{mean'} \times DAF_2(t=2) \quad = \quad 47.065\text{kN}$$

$A_b = 2{,}160{,}000mm^2$(천이구간 매립불럭 3600mm)

(3) 궤도구조 안전성 검토결과

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 천이구간 구조계산 검토결과 레일의 처짐. 레일의 휨응력, 직결궤도의 지압응력, 노반구조물 도상압력 모두 허용기준을 만족하는 것으로 검토되었으며, 향후 2단계 사업 Testbed 부설시 노반분야 인터페이스를 통한 궤도재료의 성능 및 적용성 검증이 필요함.

<표 188> 천이구간 구조안정성 검토 결과

구 분	기호	허용기준	계산결과	안전성 검토결과
레일처짐	w	3.0mm	1.448mm	OK
레일 휨응력	σ_r	200MPa	112.785MPa	OK
직결블럭 지압응력	σ_{rs}	12.5MPa	2.881MPa	OK
바닥콘크리트 지압응력	σ_b	0.5MPa	0.044MPa	OK

제4절. 전용궤도 일반 및 천이구간 3차원 상세해석

1. 해석조건

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 및 천이구간에 대한 상세해석은 개발차량의 성능에 의해 발생되는 하중조건에서 레일, 직결궤도 블록, 노반 구조물에 발생되는 응력, 변위 특성을 검토하였음.

○ 검토방법은 범용유한요소 해석프로그램 ABAQUS를 이용하여 3차원 수치해석을 수행하였음.

○ 해석의 대표단면은 분리형, 일체형, 일체형-1, 직결궤도 단면을 포함하였으며, 레일과 직결궤도 블럭은 단면계획에 따른 배치간격을 고려한 스프링으로 연결하고, 블록과 노반구조물은 General Contact Penality 마찰조건으로 해석을 수행하였음.

2. 해석물성치 및 하중조건

○ 상세해석을 위한 레일, 체결장치, 직결블럭, 노반구조물의 상호적용 특성을 반영한 해석물성치를 정량적으로 산출하는데 많은 어려움이 있음.

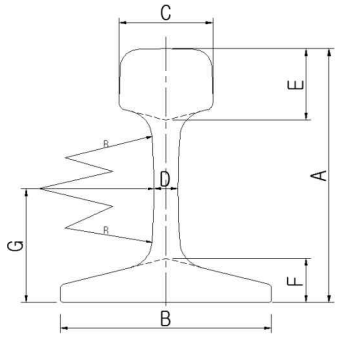
○ 이는 재료시험, 실대형 시험을 통한 해석물성치 검증이 필요하며, 본 연구에서는 국·내외 문헌조사를 통하여 해석물성치를 적용하였음.

3. 해석물성치

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 안정성 해석은 다음과 같으며 체결장치의 경우 김포~경전철에 적용사례를 근간으로 System 336의 스프링계수를 적용하였음.

○ 이는 경전철의 하중특성을 고려하여 적용한 것으로 해석에 적용한 물성치는 아래와 같이 적용하였음.

<표 189> 50kgN Section Property

항 목		50kgN
	레일높이	153mm
	저부폭	127mm
	두부폭	65mm
	복부폭	15mm
	두부높이	49mm
	저부높이	30mm
	중심축의 거리	71.5mm
	단면2차모멘트	1,960mm
	단면계수	274mm

<표 190> 3차원 상세해석 물성치

구 분	탄성계수	포아송비
레 일	290,000	0.30
직결블럭	35,680	0.20
바닥콘크리트	28,140	0.21

<표 191> 체결장치 System 336

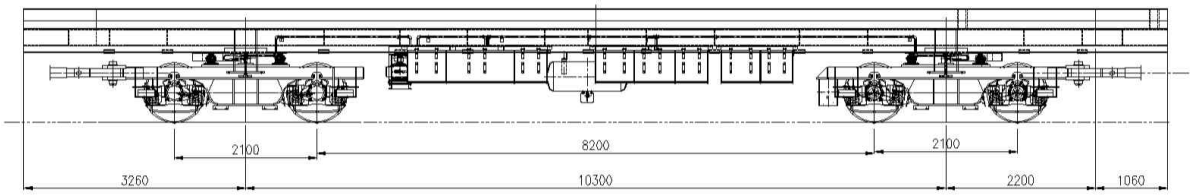
항 목	단위	기준
스프링계수	kN/mm	15 1) ± 2.5kN/mm
		10 1) ± 2.5kN/mm
전기저항	Ω · cm	10^8 이상

주1) 탄성패드의 스프링계수의 경우 일반적으로 축중, 곡선반경, 설계속도, 레일 단면, 침목 또는 지지체 간격 등에 의해 따라 달라진다.

4. 하중조건

○ 상세해석을 위한 하중조건은 축하중 165kN에 따른 윤중 82.5kN을 적용하였으며, 동적특성을 고려하여 동적증가계수 1.2를 적용하였음.

○ 차량의 축간거리는 직결궤도 블럭에 하중이 집중할 수 있도록 2,100mm를 해석에 반영하였음.

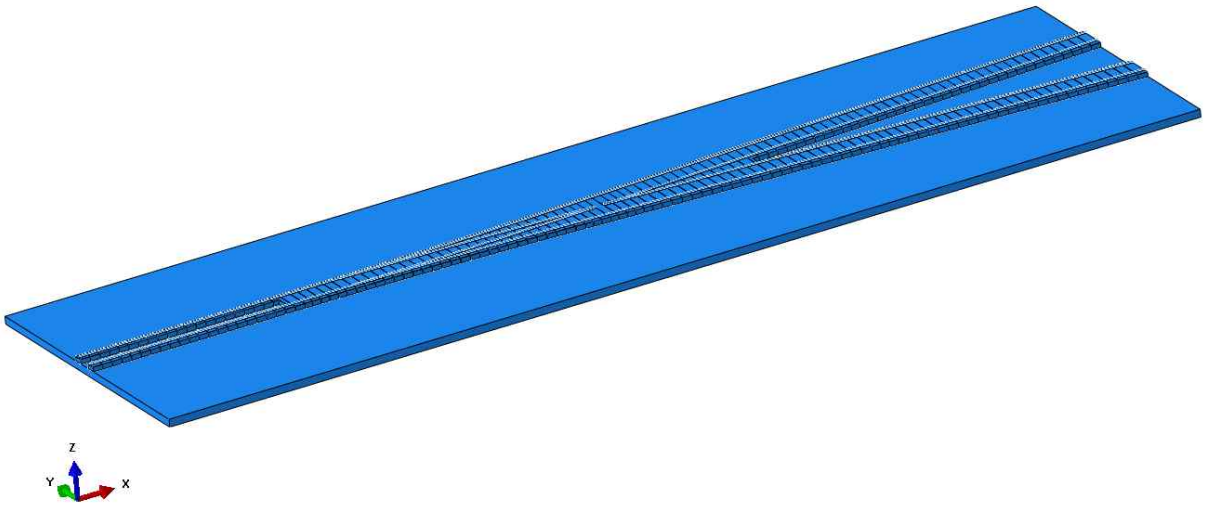


<그림 205> 개발차량 하중재하

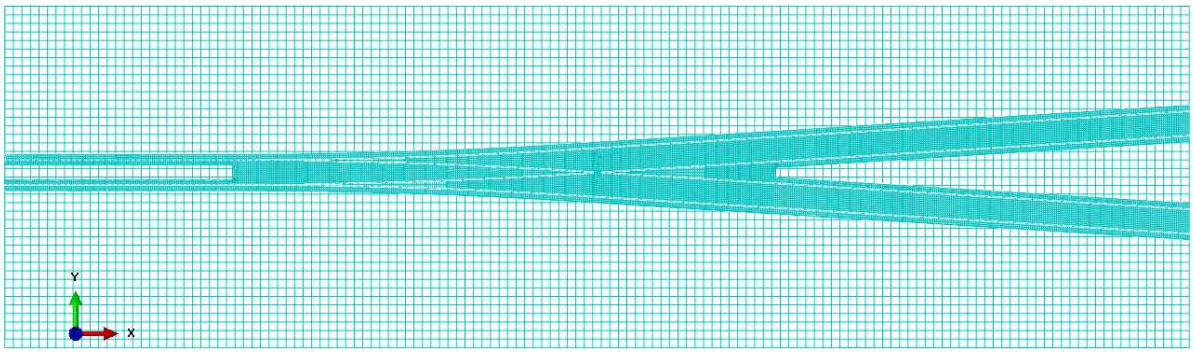
5. 해석모델링

○ 전용궤도의 안정성 해석을 위하여 해석모델은 Static General 모델을 반영하였으며, 레일은 Beam 요소, 체결장치는 spring요소, 직결블럭, 노반층은 3차원 Solid Homogeneous를 적용하였음.

○ 직결궤도 단면계획은 분리형, 일체형, 일체형-1로 개발차량이 천이구간 진입부와 진출부를 모델링하였으며, 단면계획에 따른 체결장치 간격을 해석에 반영하였다. 노반구조물의 경우 터널의 인버트 두께와 교량 상부구조물의 높이를 고려하여 두께 500mm를 고려하였음.

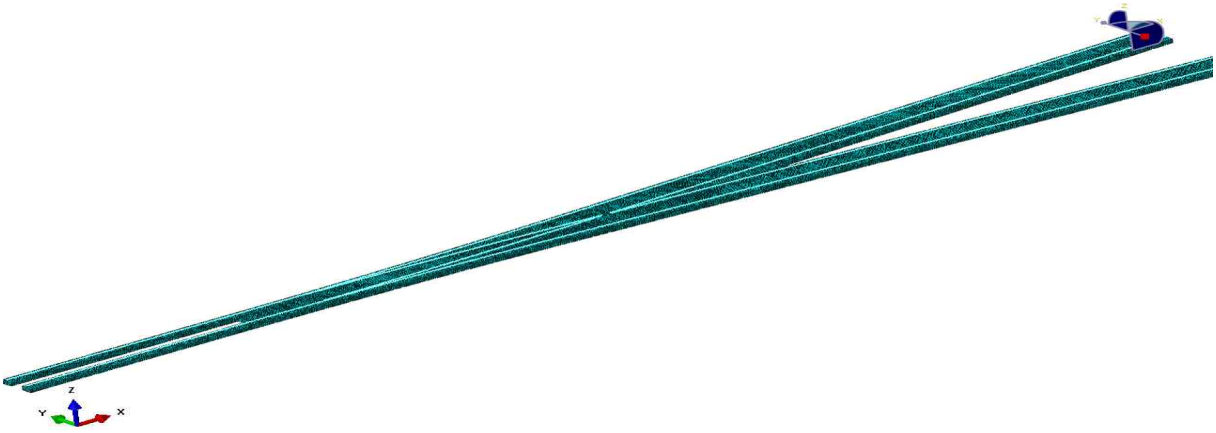


<그림 206> 3차원 상세해석 모델링



<그림 207> 해석모델링 Mesh

○ 자동화물 운송시스템 3차원 상세해석은 전용궤도와 천이구간 진입부, 진출부를 모델링 하였으며, 하중조건은 개발차량의 축간거리 2.1m, 대차중심간 거리를 반영하여 해석을 수행하였음.



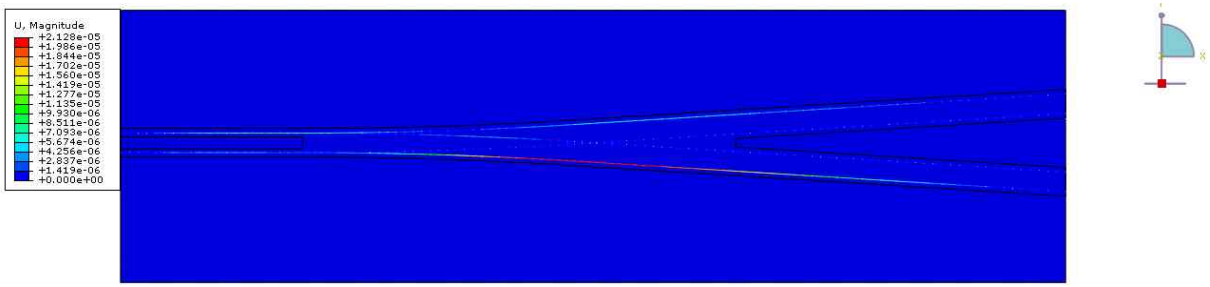
<그림 208> 전용궤도 및 천이구간 Assemble

6. 해석결과

가. 천이구간 진입부

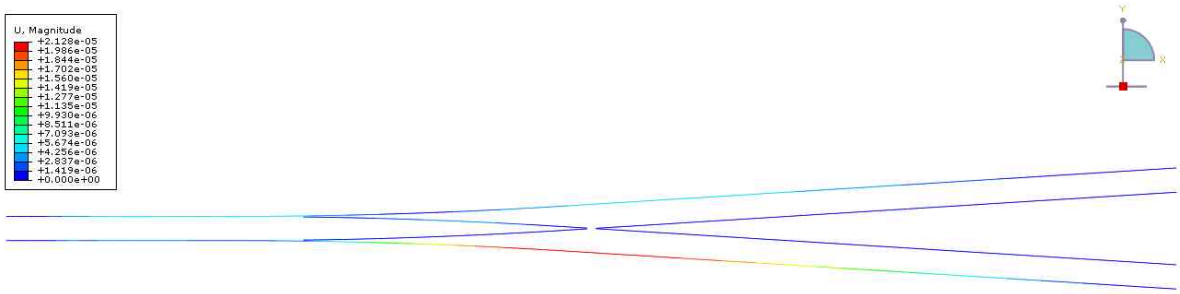
□ 발생변위 특성

○ 천이구간 진입부에 대한 발생변위 특성은 레일의 최대변위 0.21mm, 직결콘크리트궤도 0.47mm, 노반층 0.174mm 발생하였으며, 레일 및 처짐기준을 모두 만족하는 것으로 검토되었음.



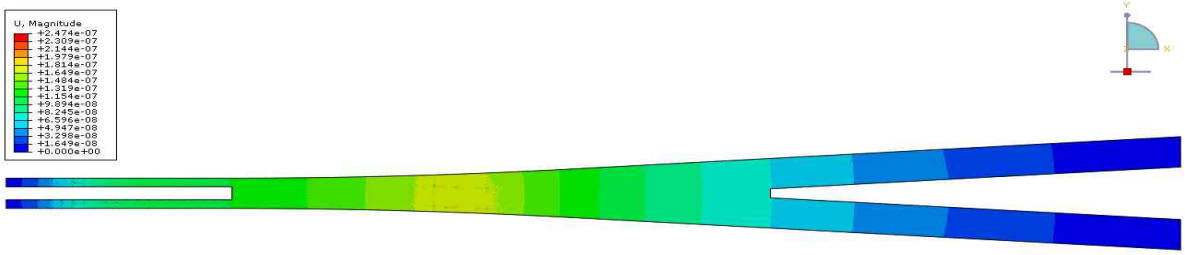
<그림 209> 천이구간 진입부 발생변위 특성

○ 천이구간 진입부에 전용궤도 레일에서 발생변위 특성은 약 0.05mm 발생하였으며, 천이구간 진입부에서 최대변위 약 0.2mm 발생하는 특성을 보이고 있음.



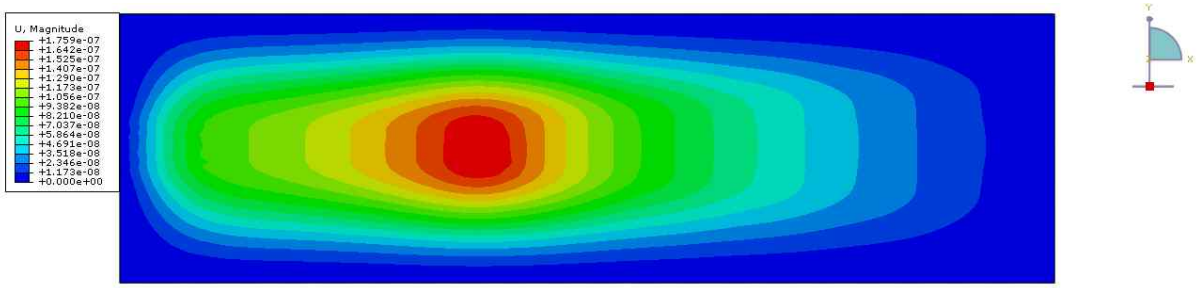
<그림 210> 천이구간 진입부 레일 최대변위

○ 천이구간 진입부에 전용궤도 콘크리트직결궤도에서 발생변위 특성은 약 0.03mm 발생하였으며, 천이구간 진입부에서 최대변위 약 0.5mm 발생하는 특성을 보이고 있다.



<그림 211> 천이구간 진입부 직결궤도 블럭 최대변위

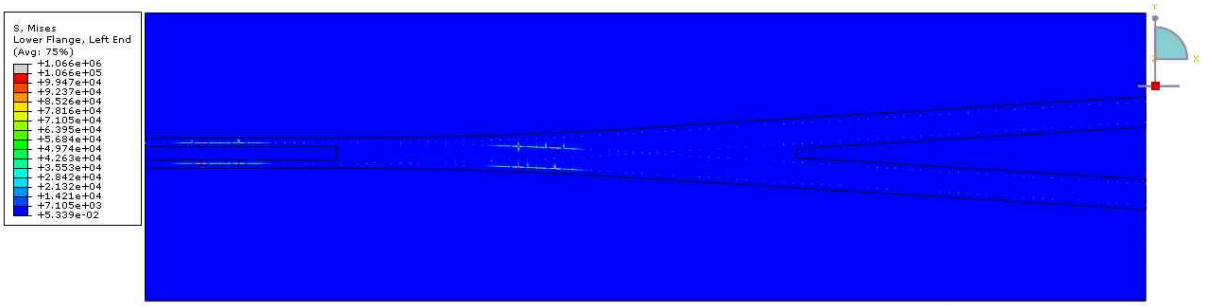
○ 노반층에서 발생되는 변위는 전용궤도 및 천이구간 구분없이 미소하게 발생하고 있으며, 천이구간 진입부에서 최대 변위 약 0.2mm 발생하는 특성을 보이고 있음.



<그림 212> 천이구간 진입부 노반층 최대변위

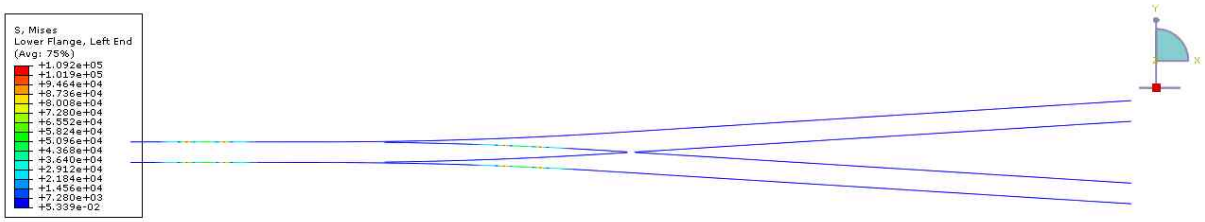
□ 발생응력 특성

○ 천이구간 진입부에 대한 발생응력 특성은 레일의 최대응력 99.4MPa, 직결콘크리트궤도 35.4MPa,, 노반층 0.31MPa, 발생하였으며, 모두 허용기준을 만족하는 것으로 검토되었음.



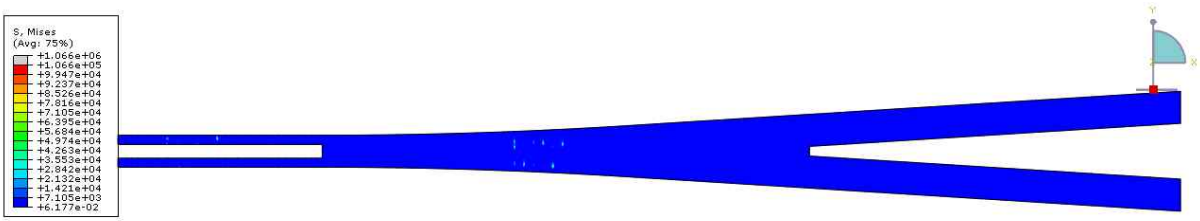
<그림 213> 천이구간 진입부 발생응력 특성

○ 레일의 발생응력은 전용궤도, 천이구간 구분 없이 차량하중이 재하 되는 지점에서 약 100MPa 응력특성을 보이고 있다.



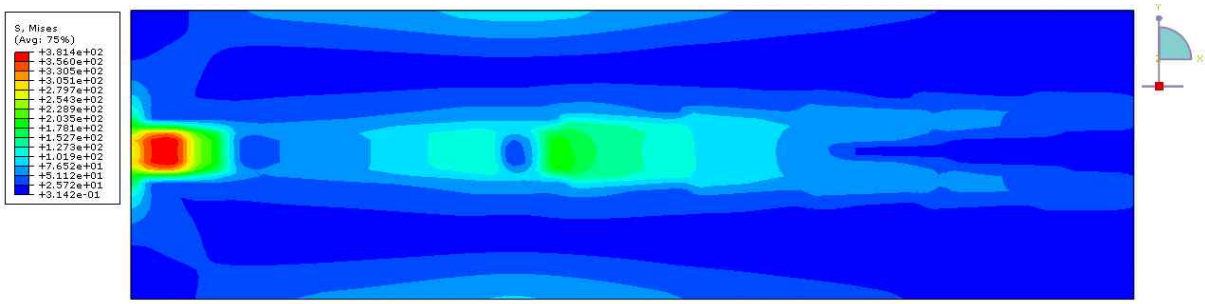
<그림 214> 천이구간 진입부 레일 최대응력

○ 직결궤도 블럭의 발생응력은 전용궤도, 천이구간 구분 없이 차량하중이 재하 되는 지점에서 약 35.4MPa 응력특성을 보이고 있음.



<그림 215> 천이구간 진입부 직결궤도 블럭 최대응력

○ 노반층에서 발생되는 응력은 전용궤도 및 천이구간 구분 없이 미소하게 발생하고 있으며, 천이구간 진입부에서 최대 응력 약 0.31MPa 발생하는 특성을 보이고 있다.

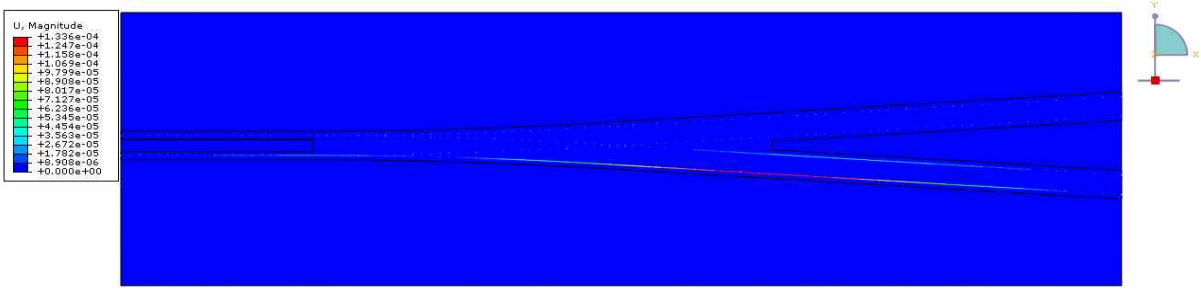


<그림 216> 천이구간 진입부 노반층 최대응력

(1) 천이구간 진출부

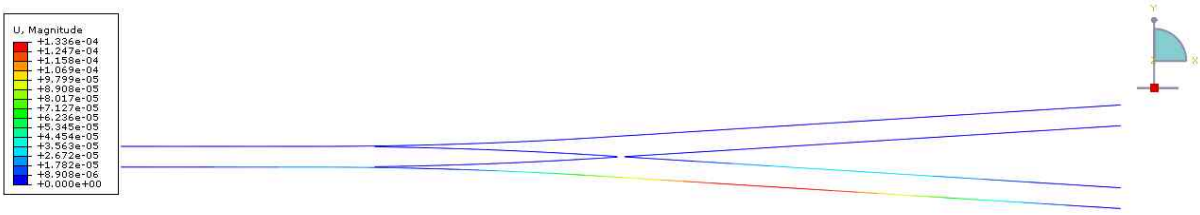
□ **발생변위 특성**

○ 천이구간 진출부에 대한 발생변위 특성은 레일의 최대변위 0.13mm, 직결콘크리트 궤도 0.21mm, 노반층 0.174mm 발생하였으며, 레일 및 처짐기준을 모두 만족하는 것으로 검토되었음.



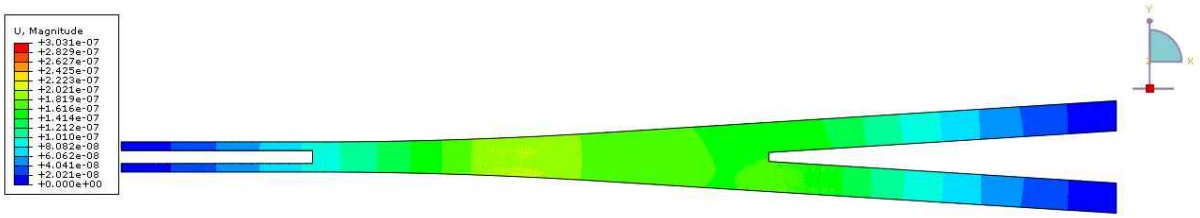
<그림 217> 천이구간 진출부 발생변위 특성

○ 천이구간 진입부에 발생변위 특성은 약 0.08mm 발생하였으며, 천이구간 진출부에서 최대변위 약 0.13mm 발생하는 특성을 보이고 있음.



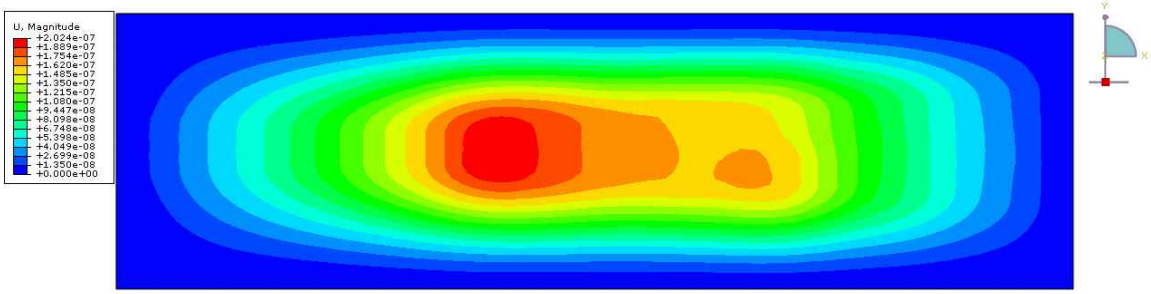
<그림 218> 천이구간 진출부 레일 최대변위

○ 천이구간 진입부 및 진출부의 콘크리트 직결궤도의 변위는 거의 유사하게 발생되며 최대변위 약 0.2mm 이하 발생하는 변위특성을 보이고 있음.



<그림 219> 천이구간 진출부 직결궤도 블럭 최대변위

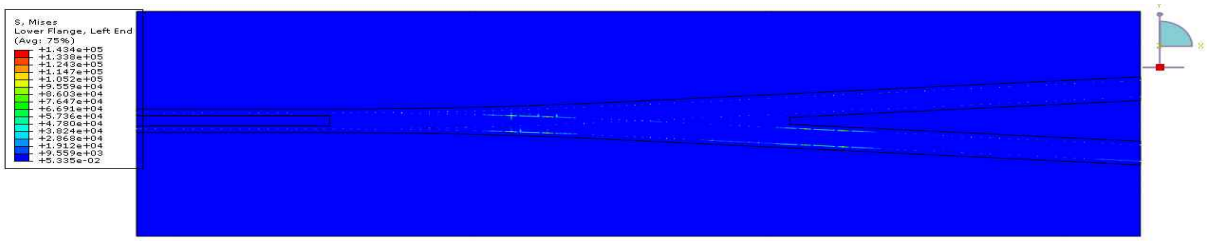
○ 노반층에서 발생되는 변위는 천이구간 진입부, 진출부 구분없이 미소하게 발생하고 있으며, 천이구간 진입부에서 최대 변위 약 0.2mm 발생하는 특성을 보이고 있다.



<그림 220> 천이구간 진출부 노반층 최대변위

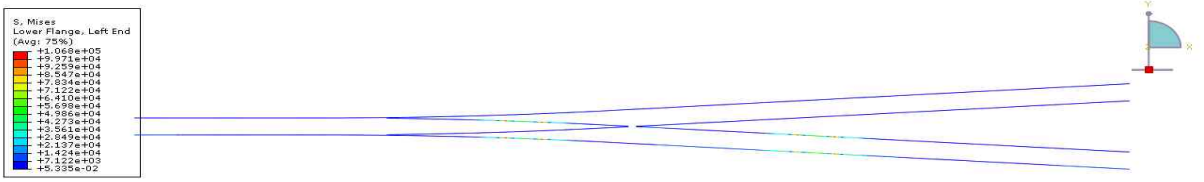
□ 발생응력 특성

○ 천이구간 진출부에 대한 발생응력 특성은 레일의 최대응력 100.6MPa, 직결콘크리트 궤도 57.3MPa,, 노반층 0.31MPa, 발생하였으며, 모두 허용기준을 만족하는 것으로 검토되었음.



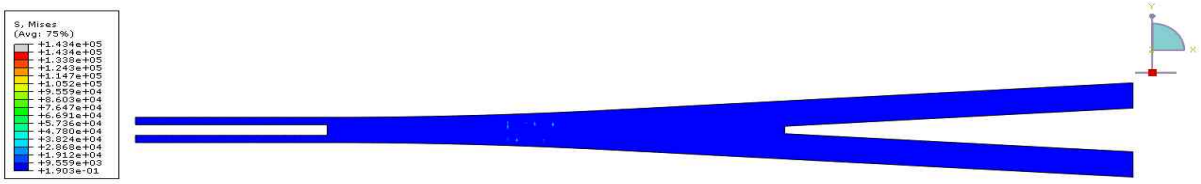
<그림 221> 천이구간 진출부 발생응력 특성

○ 레일의 발생응력은 천이구간 진입부, 진출부 구분 없이 차량하중이 재하 되는 지점에서 약 100MPa 응력특성을 보이고 있음.



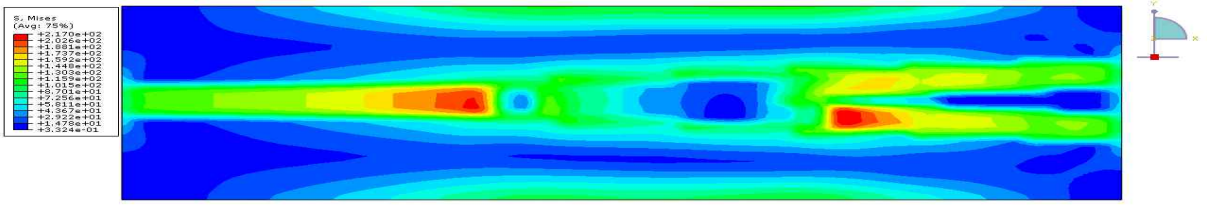
<그림 222> 천이구간 진출부 레일 최대응력

○ 직결궤도 블럭의 발생응력은 천이구간 진입부에서 약 57.3MPa 응력이 발생하였으며, 천이구간 진출부에서는 약 14.5MPa 응력특성을 보이고 있음.



<그림 223> 천이구간 진출부 직결궤도 블럭 최대응력

○ 노반층에서 발생되는 응력은 천이구간 진입부, 진출부 구분 없이 미소하게 발생하고 있으며, 천이구간 진입부에서 최대 응력 약 0.21MPa 발생하는 특성을 보이고 있음.



<그림 224> 천이구간 진출부 직결궤도 블럭 최대응력 특성

제5절. 궤도-교량 상호작용해석

1. 기본방향

○ 교량 상에 부설된 장대레일은 도상을 통하여 교량 상부구조와 연결되어 있어, 교량과 궤도는 하중에 의해 서로 상호작용을 하게 됨.

○ 온도하중이 작용하게 되면, 교량과 레일에 신축 혹은 신장이 발생하는데 레일은 체결구, 침목, 도상 등의 궤도 구성품에 의해 지지되어 있으므로 신축 이완이 억제되어 레일의 축력이 축적됨은 물론 교량 상판의 하중이 도상을 통하여 레일로 전달되어 장대레일상의 축력이 발생하게 됨.

○ 또한 교량 상에서는 열차의 시동 혹은 제동하중에 의하여 부가축력이 발생하며, 수직하중에 의한 교량상판 휨의 변화로 인해 부가축력이 추가적으로 발생하게 됨.

○ 부가적인 축력 및 이에 수반되는 궤도와 구조물의 변위는 열차운행의 안전성을 확보하기 위하여 일정한 값으로 제한되어야 함.

○ 인터모달 자동화물 운송시스템 전용궤도 기술개발 상세설계에서는 콘크리트궤도를 대상으로 교량과 궤도의 종방향 상호작용에 의한 장대레일 축력검토를 수행하여 장대레일 부설에 따른 궤도 안정성을 판단하였음.

2. 주요검토사항

○ 궤도-교량 상호작용 해석방법

○ 검토기준 및 주요 영향인자 비교

- 궤도-교량 종방향 상호작용 해석(FEM)
- 궤도-교량 종방향 상호작용 평가 및 레일장대화 방안

3. 설계기준

□ 레일부가응력 허용한계

○ 자갈궤도의 경우 하부에 구조물이 존재함으로써 토공구간의 부동구간 레일응력보다 증가 또는 감소하는 레일응력을 부가응력으로 정의할 때 곡선반경 R=1500m 이상, 60kg레일, 도상깊이 30cm 이상, 유지보수상태가 양호한 궤도에서 최대 허용 부가 압축/인장응력은 아래의 표와 같음.

○ 또한 자갈궤도는 위와 동일한 조건의 궤도에서 곡선반경이 다른 경우 최대 허용부가 압축 응력 및 최대 허용 부가 인장응력은 아래 표의 값을 적용함.

○ 단, 표에서 제시하지 않은 곡선반경을 갖는 경우 최대 부가 응력은 표에 제시된 값으로부터 선형 보간으로 산정할 수 있음. 콘크리트궤도는 아래의 표와 같이 압축/인장응력 허용기준을 모두 92MPa로 제한함.

<표 192> 도상형식과 최소곡선반경에 따른 최대 부가 압축 및 인장응력

하 중	도상형식	최소곡선반경 (m)	최대 부가 압축응력 (MPa)	최대 부가 인장응력 (MPa)
온도하중, 시/제동하중, 열차수직하중	자갈	1500	72	92
		700	58	92
		600	54	92
		300	27	92
	콘크리트	-	92	92

□ 레일-교량 상대변위 한계

○ 본 연구에서는 콘크리트 직결궤도이므로 기준 적용 없이 시/제동하중 재하 시 레일-교량 상대변위만을 검토하였음.

□ 검토기준

○ 「철도설계지침 및 편람, KR C-08080 궤도-교량 종방향 상호작용 해석」[1], 「UIC 77-3R, Track/ Bridge Interaction, Recommendations for Calculations, 2nd Edition」[2], 「콘크리트궤도 인터페이스 성능향상에 대한 연구」[3], 「교량상 장대레일 축력저감 및 궤도 안정성 향상방안 연구」[4] 에서의 장대레일 주요기준을 정리하면 다음과 같음.

<표 193> 참고문헌에 따른 장대레일 주요 검토기준

항 목			하 중	허용 기준	
				자갈궤도	콘크리트궤도
상판양단 모두 장대레일인 경우	레일부가응력	압축	온도하중 시/제동하중 열차수직하중	R≥1500 : 72MPa R≥ 700 : 58MPa R≥ 600 : 54MPa R≥ 300 : 27MPa	92MPa
		인장	온도하중 시/제동하중 열차수직하중	92MPa	92MPa
	레일/교량 상대변위		시/제동하중	≤ 4mm	체결구 압상 및 압축 안정성 검토
	교량상부구조 종방향 상대변위		시/제동하중	≤ 5mm	
	교량 상부구조 단부꺾임각에 의한 끝단상부면 종방향 변위		열차수직하중	교량/궤도 상호작용을 고려하는 경우 ≤ 8mm	
일단에 신축이음매가 있는 상판인 경우	교량상부구조 종방향 상대변위		시/제동하중	≤ 5mm	체결구 압상 및 압축 안정성 검토
	교량 상부구조 단부꺾임각에 의한 끝단상부면 종방향 변위		열차수직하중	교량/궤도 상호작용을 고려하는 경우 ≤ 8mm	

4. 궤도-교량 종방향 상호작용

가. 일반사항

○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석은 궤도에 모든 하중(열차에 의한 수직하중 및 시/제동하중, 대기온도 변화에 따른 온도하중)이 작용할 때 레일에 작용하는 부가적인 인장 및 압축응력을 계산하기 위하여 수행하며 이 값은 궤도의 안정성을 유지하기 위한 허용값을 초과하지 않도록 제한하여야 함.

○ 또한 궤도 시설물의 설계 시에도 상기 사항을 반영하여 레일에 과다축력이 발생하거나, 자갈궤도의 경우 교량상판 종방향 상대변위, 레일/교량상판 종방향 상대변위, 인접상판 끝단상부면 사이 또는 상판 끝단상부면과 교대끝단 상부면사이 종방향 변위 등이 일정값 이상 초래되는 경우 레일신축이음장치(R.E.J)의 설치, 체결장치의 체결력 조정등을 통하여 구조적 안정성을 확보하여야 함.

나. 궤도-교량 종방향 상호작용의 주요 영향인자

□ 궤도

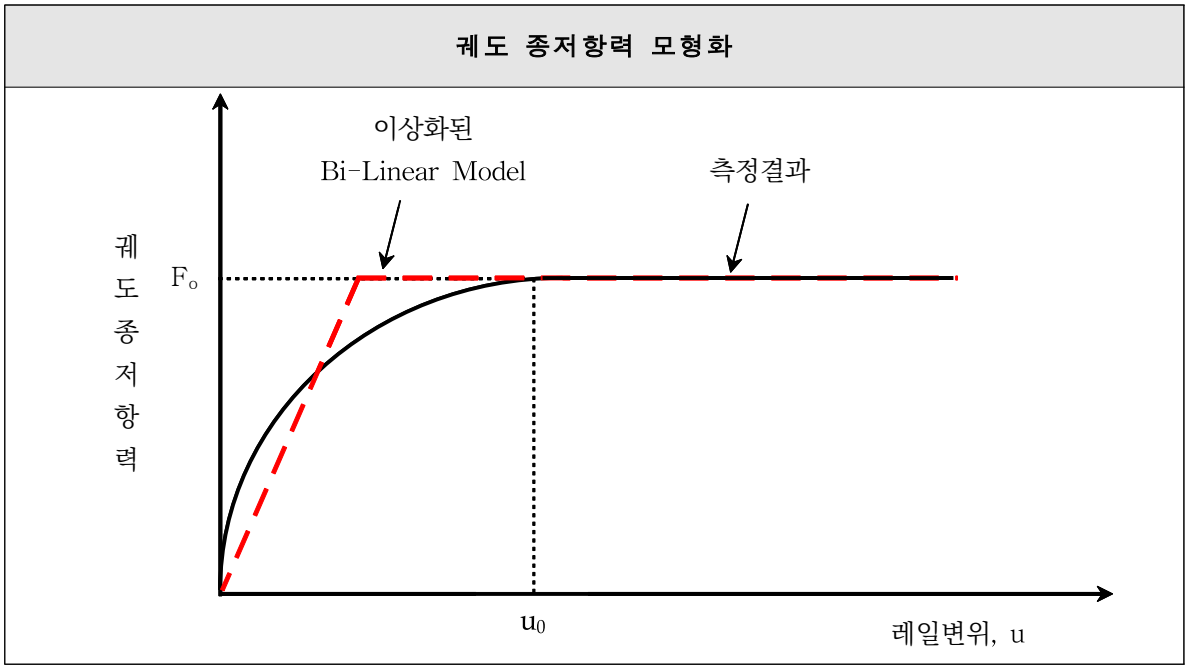
○ 궤도 종저항력

- 궤도 종저항력은 변위에 대한 궤도의 단위길이 당 저항하는 힘으로 정의되며 궤도-교량 종방향 상호작용에 영향을 미치는 중요한 요소임.
- 궤도 종저항력을 측정하면 그림의 실선과 같이 비선형 하중-변위선도가 얻어지지만 통상은 해석의 단순화를 위하여 하중-변위 선도를 그림에서 점선으로 나타낸 바와 같이 쌍일차(Bi-Linear) 모형으로 이상화할 수 있음.

○ 궤도변위에 따른 궤도 종저항력은 궤도구조, 열차하중의 재하(Loading) 또는 비재하(Unloading), 자갈도상 또는 콘크리트도상, 궤도의 유지관리 정도, 궤도부설 방법, 하중 작용빈도 등에 따라 그 크기가 달라짐.

○ 궤도유형에 따른 종저항력은 아래와 같으며 본 과업구간은 자갈궤도의 종저항력(궤도당)을 기준으로 채택하였음.

○ 교량상 분기기 축력 해석 시에는 궤도당 종저항력을 1개 레일당(궤도당/2)의 종저항력 값을 적용함.



<그림 225> 궤도 종저항력 모형화

<표 194> 궤도유형에 따른 종저항력

궤도 유형	열차하중 재하상태	한계변위 (mm)	종저항력(궤도당) (kN/m)	비 고
자갈궤도	비재하시	2.0	12.0	변위검토
			20.0	축력검토
	재하시	2.0	60.0	
콘크리트궤도	비재하시	0.5	40.0	
	재하시	0.5	60.0	

□ 레일

○ 본 연구에서는 50kgN 레일을 적용하였으며, 해석 시 레일에 대한 제원은‘선로용품도, 2009. 09 한국철도시설공단’을 적용하였음.

<표 195> 과업구간 레일제원

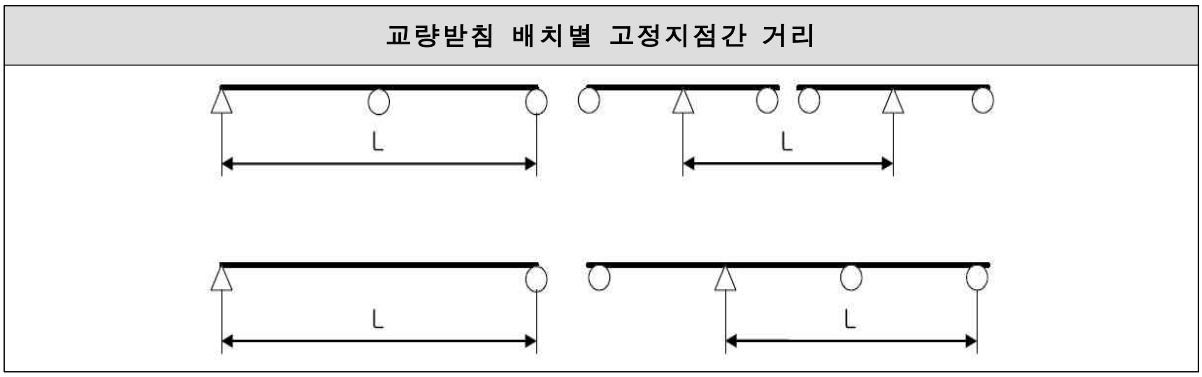
구 분	항 목	제 원
레 일	단면적	A = 0. 0.01284 m2 (2×레일, 궤도당)
	탄성계수	E = 2.1×108 kN/m2
	열팽창계수	α = 1.2×10-5
	포아송 비	0.3

□ 교량

○ 교량의 정적 배열

- 교량의 정적배열은 교량경간 수, 경간당 교량받침 수, 교좌장치 형식, 경간길이, 고정점간 거리, 레일신축이음장치 위치 등으로 구성되며, 상기 각 요소는 궤도-교량 종방향 상호작용 해석에 있어서 반드시 고려되어야 하는 중요요소이며, 고정점간 거리는 구조물의 열팽창 중심점(열팽창 시 움직이지 않은 지점)간 거리로서 고정지점간 거리 L은 다음과 같음.

교량받침 배치별 고정지점간 거리



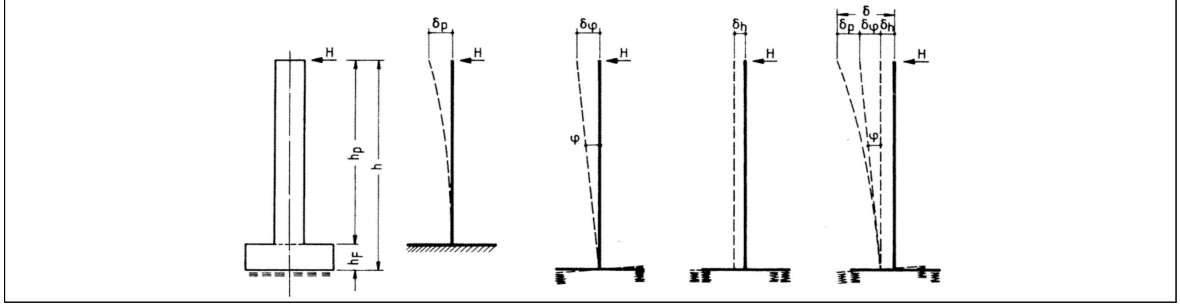
<그림 226> 교량받침 배치별 고정지점간 거리

○ 수평 지지스프링계수

- 수평지지계수는 교량받침 상부에서 단위 종방향 변위에 대한 반작용력을 일컫는 것으로 교량받침 수평스프링계수, 교각 휨강성, 기초의 수평/회전 강성 등이 수평지지계수의 중요요소임.

- 교량상부구조는 강결(Rigid), 고정단(Fixed), 이동단(Movable), 특정 스프링계수를 갖는 교량받침(Spring stiffness)와 같은 교량받침의 형태로 지지되어 질수 있음.

교량받침 지점에서의 등가스프링 강성 모형화 (하부구조의 영향을 직접 상부구조에 적용 시)



$$K = \frac{H}{\Sigma\delta}$$

$$\delta = \delta_a + \delta_p + \delta_\phi + \delta_h$$

여기서,
H = 종방향 작용력
δ_a = 받침 수평강성, δ_p = 교각의 휨강성
δ_ϕ = 기초의 회전강성, δ_h = 기초의 수평강성

<그림 227> 교량받침 지점에서의 등가스프링 강성 모형화

- 기초의 강성을 계산할 때, 다양한 하중 조건들(온도변화, 시/제동하중)에 대하여 지반의 인자와 특성치들을 고려한 적절한 탄성계수를 선택하는 것이 필요

- 본 과업구간에서는 현장여건의 지반특성을 고려하여 노반 구조계산서에 산정된 기초스프링 계수를 직접 적용하였음. (아래 표 참조) 또한, 교각의 휨 강성은 모델링을 통하여 적용하였음.

<표 196> 기초스프링계수 산정식

기초스프링계수 산정식 (KR C-11040, 말뚝기초의 설계, 변위법)		
일반식		$\begin{bmatrix}\delta_x\\ \delta_y\\ \alpha\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}A_{xx}\ A_{xy}\ A_{xa}\\ A_{yx}\ A_{yy}\ A_{ya}\\ A_{ax}\ A_{ay}\ A_{aa}\end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix}H_o\\ V_o\\ M_o\end{bmatrix}$
기초 스프링계수	KH(Axx)	$\sum(K_1 \times \cos^2\theta i + K_v \times \sin^2\theta i) \times N_i$
	Kv(Ayy)	$\sum(K_v \times \cos^2\theta i + K_1 \times \sin^2\theta i) \times N_i$
	KM(Aaa)	$\sum[(K_v \times \cos^2\theta i + K_1 \times \sin^2\theta i) \times X_i^2 + (K_2 + K_3) \times X_i \times \sin\theta_i + K_4] \times N_i$

※ K_1, K_3 : 말뚝머리부를 말뚝 축 직각방향으로 단위량만큼 변위시킬 때 말뚝머리부에 작용시켜야 할 축 직각방향력 및 휨모멘트

※ K_2, K_4 : 말뚝머리를 단위량만큼 회전시킬 때, 말뚝머리에 작용시켜야 할 축직 각방향력 및 휨모멘트

※ K_v : 말뚝머리에 단위의 축방향 변위를 생기게 하는 말뚝축방향력

※ δ_x : 원점 O의 수평변위량 δ_y : 원점 O의 연직변위량 α : 확대기초의 회전각

□ 설계고려하중

○ 온도하중

- 교량상판의 온도변화에 따라 발생하는 신축량은 레일체결장치(도상)를 통해 레일로 전달되며 교량 및 궤도에 재하된 온도하중은 다음과 같음.

<표 197> 교량 및 궤도에 재하되는 온도하중

구 분		온도하중
교량 온도하중	콘크리트교	±25℃
	강교, 강합성교	±35℃
레일 온도하중	레일신축이음장치 및 분기기 미설치시	적용 안함
	레일신축이음장치 및 분기기 설치시	+40 / -50 ℃

○ 시/제동하중 및 열차수직하중

- 개발차량의 성능을 고려한 열차 시제동하중 검토결과 비상시 일반철도 차량이 운행하는 조건에서의 하중조건이 더 크게 발생
- 따라서 본 연구에서는 시/제동하중 및 열차수직하중은 노반교량설계 및 구조계산에 적용된 하중조건과 동일하게 해석하였음.
- 장대레일 축력검토 시 일반철도 기준(설계속도 200km/h 이하)에 준하는 하중을 적용하였으며, 검토하고자하는 대상(레일응력 응력 또는 교량변위)에 대하여 가장 불리한 위치에 작용하는 것으로 하였음.

○ 시/제동하중

- 열차가 시동 및 제동 시 발생하는 하중조건은 차량의 가·감속도를 고려하여 다음의 산정식을 이용하여 산출할 수 있으며, 아래 표와 같이 계산할 수 있음.

$$F = a \bullet \frac{w}{g}$$

여기서, F: 시제동하중, a :시제동시 가·감속도, w : 차량중량, g: 중력가속도

- 차량에서 발생되는 시동 및 제동하중 비교검토 결과 두 개의 하중이 동시에 작용하지 될 수 없으므로 상대적으로 큰 제동하중에 대하여 검토를 수행하였음.

<표 198> 차량의 시/제동하중

구 분	가속도/감속도	산출결과	발생하중
시동하중	1.5km/h/s	0.42m/s2	0.057w
제동하중	2.0km/h/s	0.56m/s2	

- KR C 08080에 따른 장대레일 축력검토를 위한 시/제동하중은 등분포하중으로 레일 두정면에 작용하는 것으로 하고, 그 크기 및 재하길이는 아래와 같음.
- 개발차량의 가감속도를 고려하여 산정한 차량의 시/제동하중보다 KR C 08080에 명시되어 있는 시/제동하중이 크므로 안전측에 대한 구조계산을 위해 큰 하중을 적용하였음.

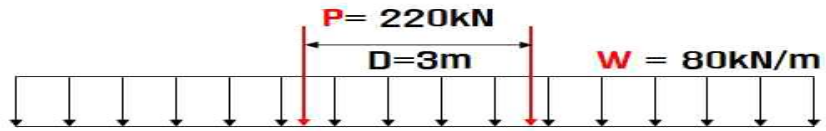
<표 199> 시제동하중 크기 및 재하길이

구 분			시동하중(재하길이)	제동하중(재하길이)	비고
철도설계기준[5]	일반	200km/h이상	33kN/m(33m이하)	20kN/m(300m이하)	
		200km/h미만	22kN/m(20m이하)	12kN/m(300m이하)	본 해석적용
	여객	-	25kN/m(33m이하)	15kN/m(400m이하)	
	시속 200 km 이하의 열차의 경우, 시동 및 제동하중은 다음의 값을 취한다. - 시동하중: α×33kN/m×L(m) ≤ 440kN - 제동하중: β×20kN/m×L(m) ≤ 6000kN 여기서, α,β는 감소계수로서 다음의 값을 적용한다. α=0.65, β=0.6+0.45×exp(-0.04×L)				

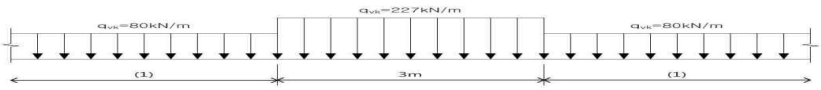
○ 열차수직하중

- 전용궤도 운행차량의 축하중은 165kN으로 축간거리는 2,100mm를 보이고 있다. 만차 시 차량 전체 하중은 650kN, 공차 시 340kN을 보이고 있음.
- KR C 08080에 명시되어 있는 일반철도의 경우 열차 수직하중은 아래(a)의 KRL_2012 하중선도 또는 (b)와 같은 등가하중이 교량 상부구조에 작용하는 것으로 하며, 충격계수는 고려하지 않음.

KRL-2012 하중선도(여객, 화물 혼용선)



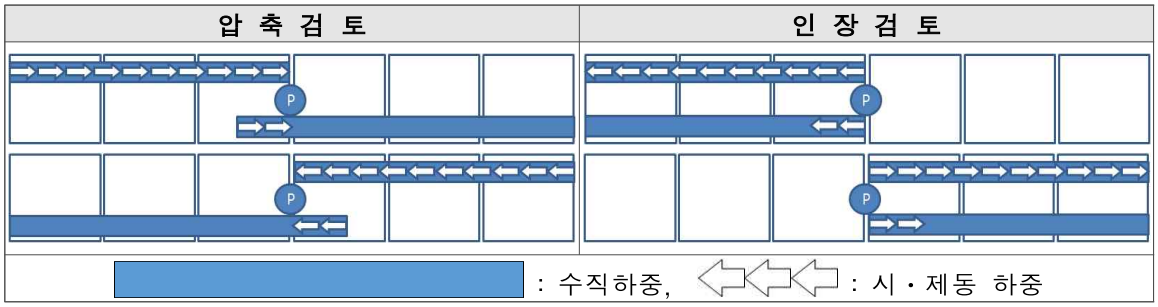
(a) KRL-2012 하중선도



(b) KRL-2012 등가하중선도

<그림 228> KRL-2012 하중선도(여객, 화물 혼용선)

○ 시/제동 및 열차수직하중 재하위치

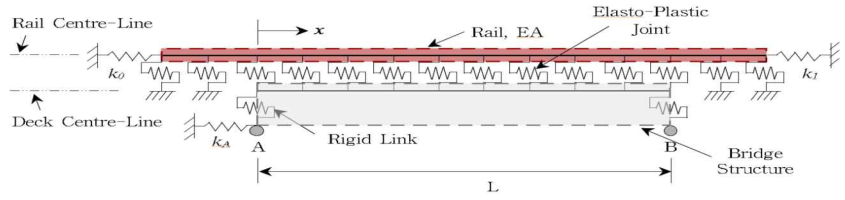
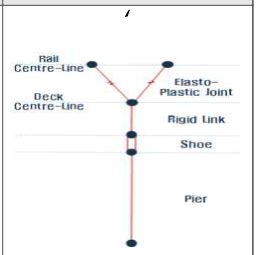


<그림 229> 시제동 및 열차수직하중 재하위치

다. 해석모델 및 해석방법

□ 교량상 장대레일 축력 해석모델

○ 궤도-교량 종방향 상호작용의 해석에는 레일체결장치(도상)의 비선형성 및 토목구조물의 특성의 고려가 필요하며 개략적인 해석모델 구성(FEM)은 아래 그림과 같음.

교량상 장대레일 해석 모델 구성(FEM)	모델 횡단면(복선)
	

<그림 230> 교량상 장대레일 축력 해석모델 구성(FEM) 및 모델 횡단면(복선)

□ 해석방법 및 사용프로그램

○ 해석모델은 온도변화에 따른 부가적인 레일 응력, 열차 시/제동하중 및 수직하중에 의한 상판의 휨에 의한 부가적인 레일응력 등을 고려되어야 함.

○ 이들을 고려한 장대레일 축력해석을 위해 범용 유한요소 해석프로그램인 LUSAS Ver. 17.0을 사용하였음.

LUSAS Ver. 17.0	• UIC774-3R에 근거한 장대레일 철도교 모델링 자동화 • 다양한 형태(도상)의 Bi-Linear 스프링지지 조건 적용 가능 • 경계 및 재료 비선형 해석 가능

○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석방법은 국외기준인 참고문헌 [2]에 따라 다음 2가지 방법 중 설계자가 선택하도록 되어 있으나, 최근 한국철도시설공단에서 제정된 참고문헌 [1]에 의거하여 개별적 해석방법으로 해석을 수행하였음.

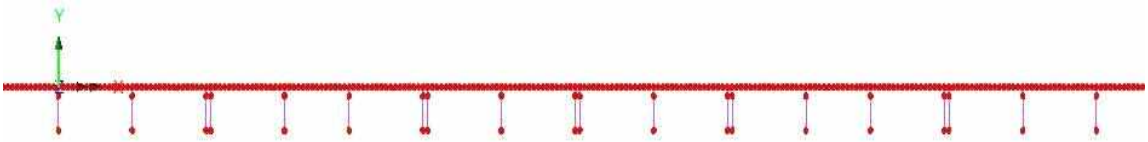
※ UIC774-3R, Track/Bridge Interaction, Recommendations for Calculations (2001) [2]
▸ 온도변화, 시/제동 하중, 수직 처짐에 대해 분리된 개별적 해석 (본 해석 적용)
▸ 온도변화, 시/제동 하중, 수직 처짐에 대해 동시에 해석하는 완전한 해석
※ 철도설계지침 및 편람, KR C-08080 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 [1]
(한국철도시설공단, 2016)
6. 궤도-교량 상호작용 해석방법
6.1 모형화(Modelling) 시 고려사항
(3) 레일 및 교량 상부구조의 온도하중, 시·제동하중, 열차의 수직하중에 대해서 개별적 해석을 수행하여 이들을 조합한다.

5. 장대레일축력 안정성해석

가. 전용궤도 구조계산

(1) 전용궤도 해석 모델링

전용궤도 해석 모델링



<그림 231> 전용궤도 해석 모델링

나. 전용궤도 교량 상·하부 제원

<표 200> 교량상부 제원 및 구조

상판 번호	지간 (m)	탄성계수 (kN/㎡)	단면적 (㎡)	단면2차모멘트 (m4)	교량상면~ 중립축위치(m)	주형높이 (m)	구조형식
S1	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
S2	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	14	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
S3	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
S4	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
S5	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	14	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
S6	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete
	16	3.10×107	28.63	68.27	1.02	0.90	Concrete

□ 교량하부 제원 및 교좌장치 배치

<표 201> 교량하부 제원 및 교좌장치 배치

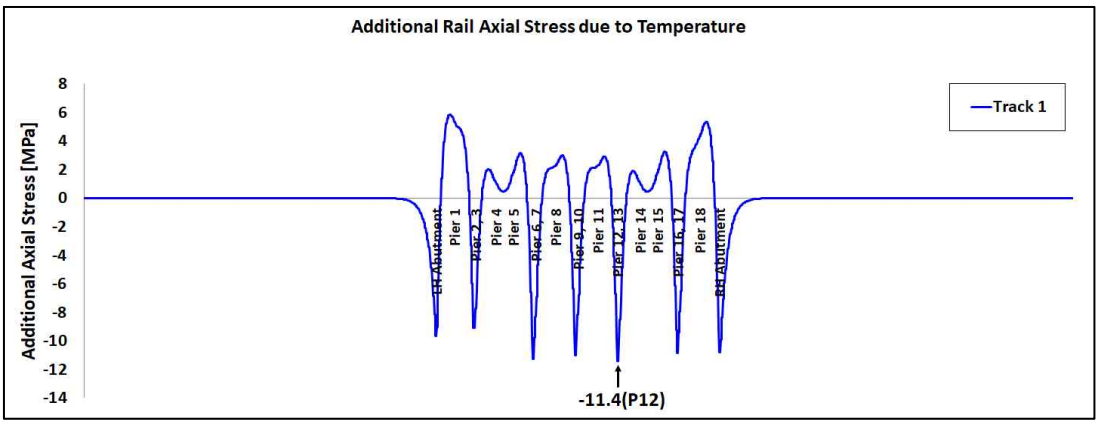
교각 번호	탄성계수 (kN/㎡)	단면적 (㎡)	단면2차 모멘트 (m4)	주형 높이 (m)	교좌 장치	기초스프링계수 (말뚝기초)		
						KH (kN/m)	KV (kN/m)	KM (kN·m/rad)
P1	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF	직접 기초 (가정사항)		
P2	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P3	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P4	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P5	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P6	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P7	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P8	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P9	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P10	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P11	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P12	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P13	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P14	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P15	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P16	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P17	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P18	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P19	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			
P20	3.10×107	272.30	6.20×103	6.2	FF			

다. 교량 상 장대레일 부가응력 검토

□ 하절기 압축부가응력 검토

○ 온도하중

- 콘크리트 교량에는 25℃ 온도하중을 재하하여 온도하중에 의한 압축부가응력을 확인하였음. (구조물 온도변화만 고려)



<그림 232> 하절기 온도하중에 따른 전용궤도 축력 분포도

· 온도하중에 의한 최대레일부가응력 : -11.4MPa

- 상기 온도하중을 재하하여 해석한 결과, 1개소(P12)에 압축부가응력이 크게 발생하였으며, 동일지점에 시/제동하중, 수직하중을 가장 불리하게 적용하여 열차하중에 따른 레일부가응력을 검토하였음.

○ 시/제동하중

- 하절기 압축검토 시 시/제동하중의 재하분포는 다음과 같으며, 2가지 Case 검토를 통해 Track 1에서의 가장 불리한 하중조건을 반영하였음.

<표 202> 하절기 Case 별 시/제동하중 재하 분포도

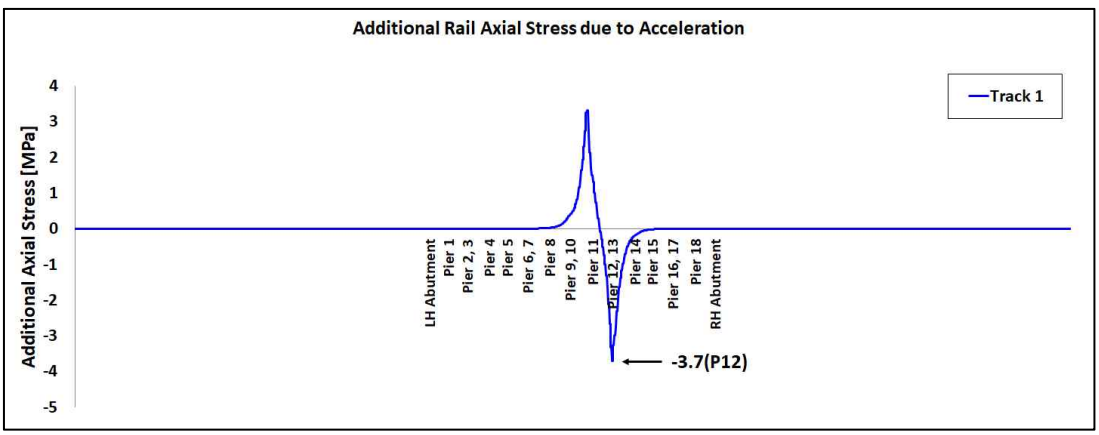
구 분		P1 ~ P12	P12 ~ P20
Case 1	시동하중		
	제동하중		
Case 2	시동하중		
	제동하중		

○ Case 1 (P12 좌측)

- 시/제동하중 (열차이동방향 좌→우)

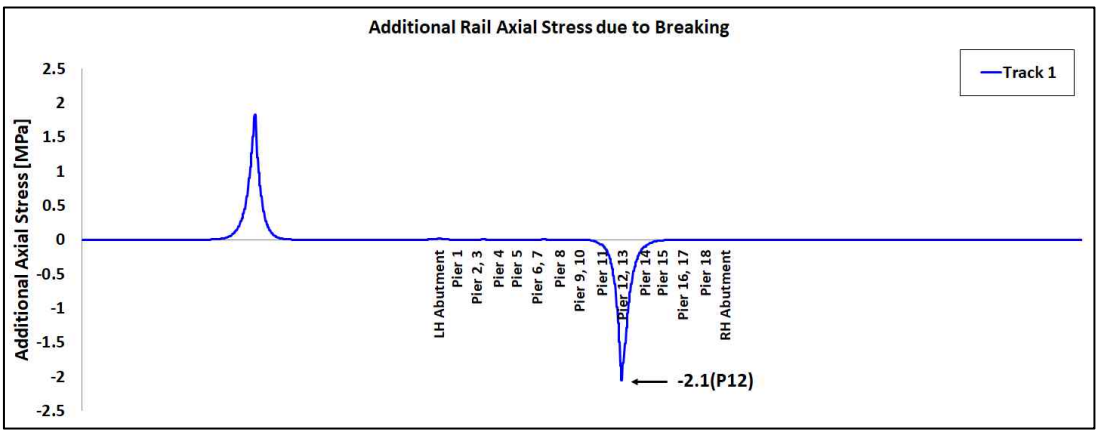
<표 203> 하절기 시/제동하중 크기 및 재하길이 - Case 1

구 분	궤도	하중재하 위치		재하하중 (kN/m)	하중재하 길이(m)	비 고
		하중재하 시점	하중재하 종점			
시동하중	T1	525	545(P12)	22	20	양측토공 400m
제동하중	T1	245	545(P12)	12	300	



<그림 233> 하절기 시동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 1

· 시동하중에 의한 최대레일부가응력(Case 2) : -3.7MPa



<그림 234> 하절기 제동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 1

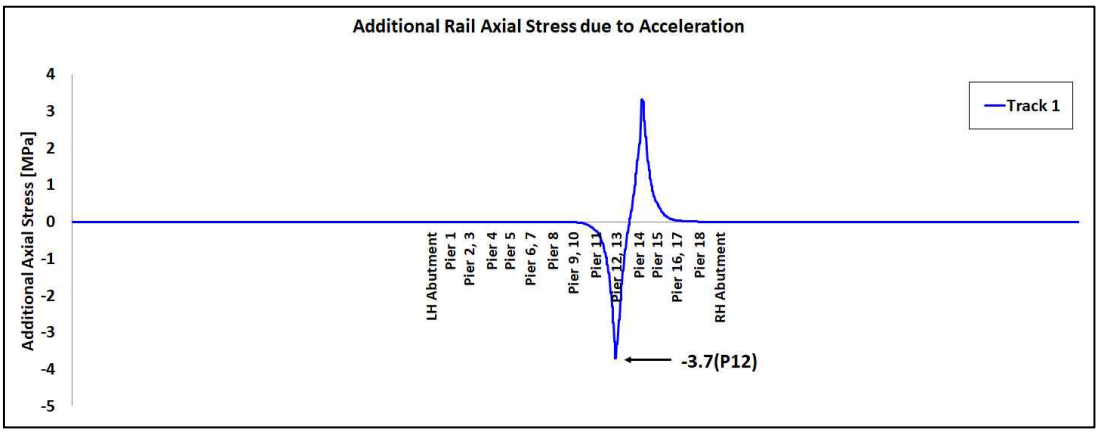
· 제동하중에 의한 최대레일부가응력 : -2.1MPa

○ Case 2 (P12 우측)

- 시/제동하중 (열차이동방향 우→좌)

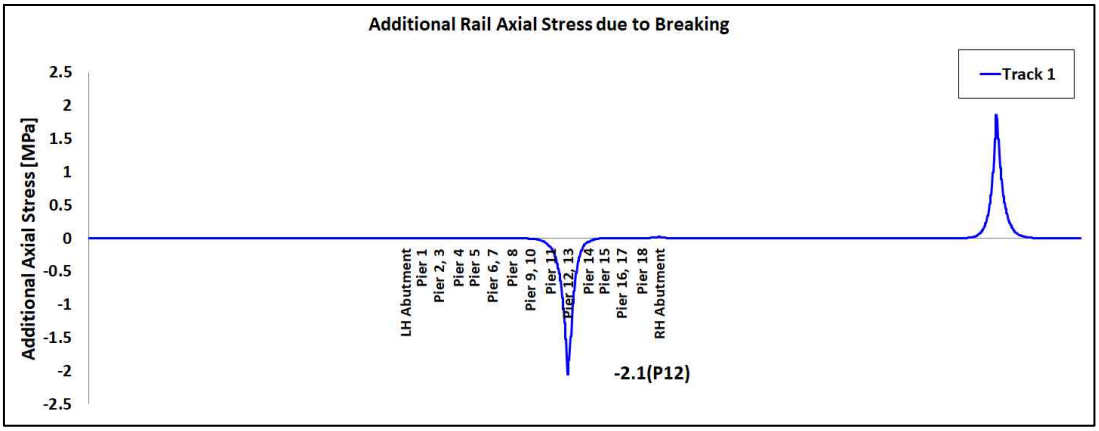
<표 204> 하절기 시/제동하중 크기 및 재하길이 - Case 2

구 분	궤도	하중재하 위치		재하하중 (kN/m)	하중재하 길이(m)	비 고
		하중재하 시점	하중재하 종점			
시동하중	T1	545(P12)	565(P12)	-22	20	양측토공 400m
제동하중	T1	545(P12)	845(P12)	-12	300	



<그림 235> 하절기 제동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 2

· 시동하중에 의한 최대레일부가응력(Case 2) : -3.7MPa



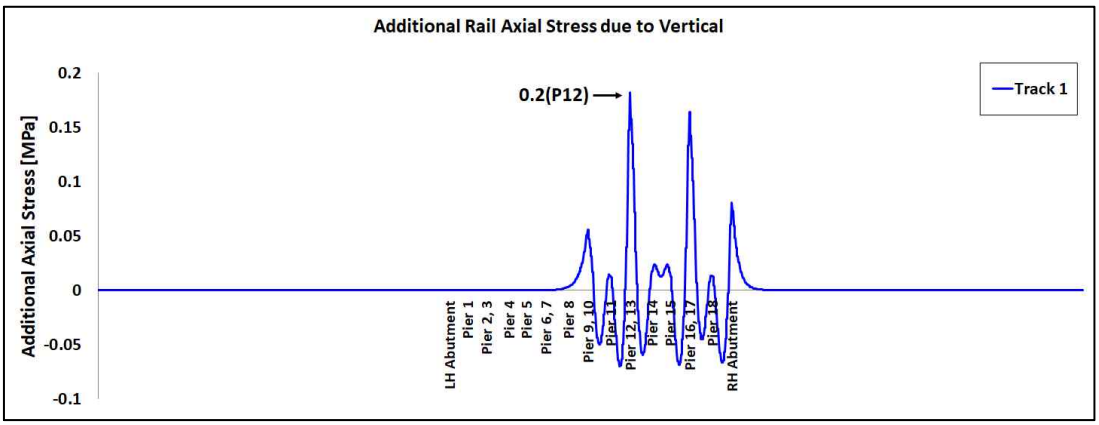
<그림 236> 하절기 제동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 2

· 제동하중에 의한 최대레일부가응력 : -2.1MPa

○ 수직하중 (P12)

<표 205> 하절기 수직하중 크기 및 재하길이 - Case 2

구 분	궤도	하중재하 위치		재하하중 (kN/m)	하중재하 길이(m)	비 고
		하중재하 시점	하중재하 종점			
수직하중 (시제동)	T1	542	545(P12)	147	3	양측토공 400m
	T1	525	845(P12)	80	300	



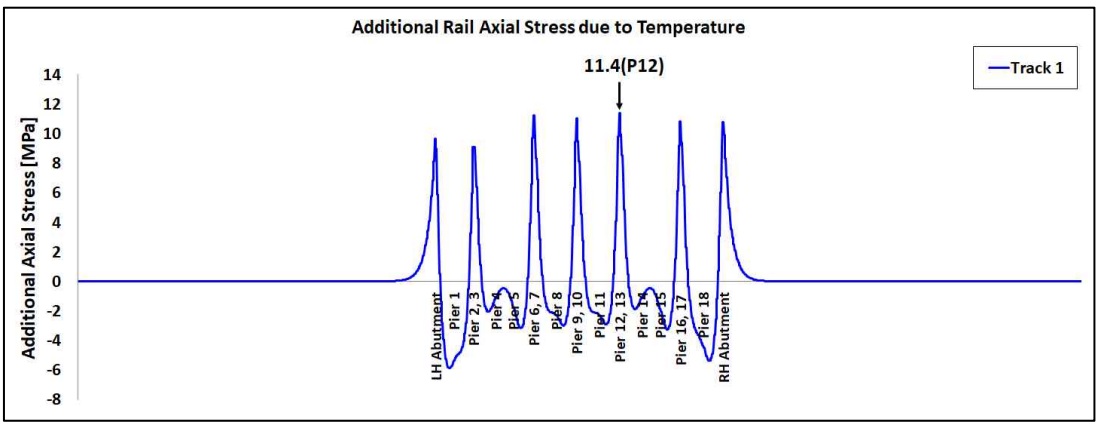
<그림 237> 하절기 수직하중에 따른 전용궤도 축력 분포도

· 수직하중에 의한 최대레일부가응력 : 0.2MPa(인장)

□ 동절기 압축부가응력 검토

○ 온도하중

- 콘크리트 교량에는 -25℃ 온도하중을 재하하여 온도하중에 의한 압축부가응력을 확인하였음. (구조물 온도변화만 고려)



<그림 238> 동절기 온도하중에 따른 전용궤도 축력 분포도

· 온도하중에 의한 최대레일부가응력 : 11.4MPa

- 상기 온도하중을 재하하여 해석한 결과, 1개소(P12)에 압축부가응력이 크게 발생하였으며, 동일지점에 시/제동하중, 수직하중을 가장 불리하게 적용하여 열차하중에 따른 레일부가응력을 검토하였음.

○ 시/제동하중

- 동절기 압축검토 시 시/제동하중의 재하분포는 다음과 같으며, 2가지 Case 검토를 통해 Track 1에서의 가장 불리한 하중조건을 반영하였음.

<표 206> 동절기 Case 별 시/제동하중 재하 분포도

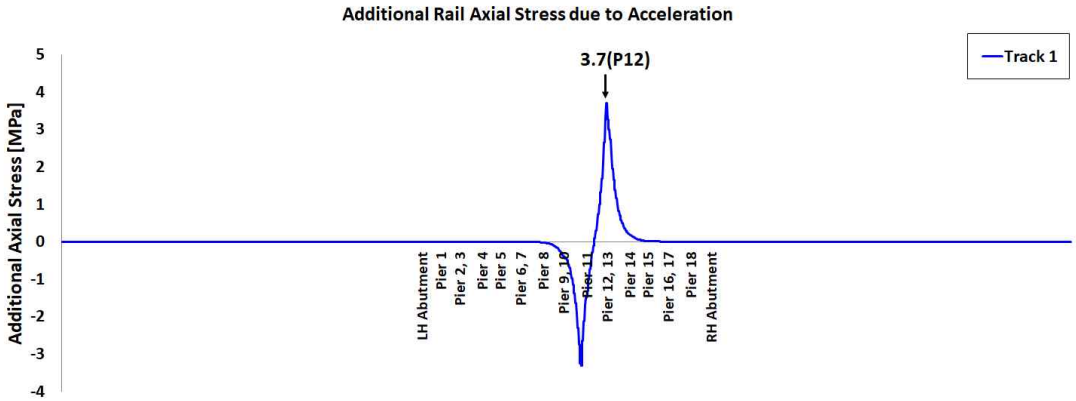
구 분		P1 ~ P12	P12 ~ P20
Case 1	시동하중		
	제동하중		
Case 2	시동하중		
	제동하중		

○ Case 1 (P12 좌측)

- 시/제동하중 (열차이동방향 좌→우)

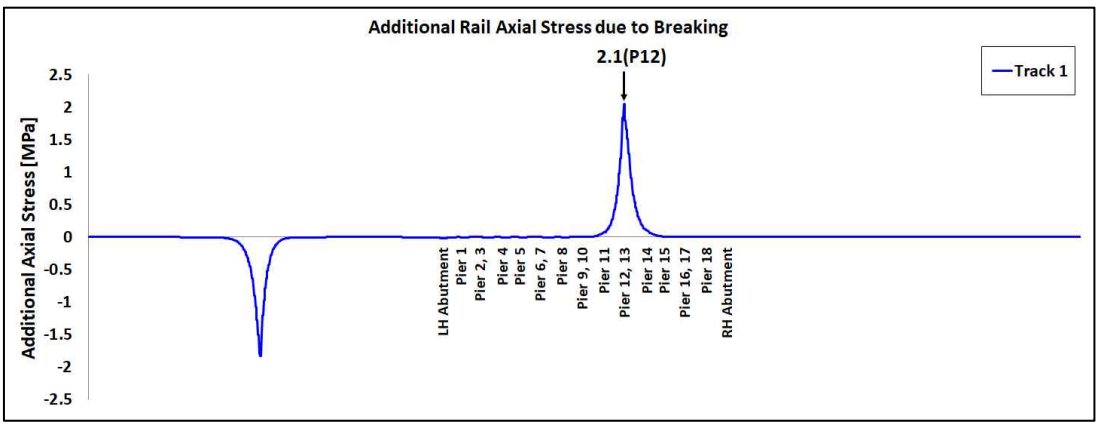
<표 207> 동절기 시/제동하중 크기 및 재하길이 - Case 1

구 분	궤도	하중재하 위치		재하하중 (kN/m)	하중재하 길이(m)	비 고
		하중재하 시점	하중재하 종점			
시동하중	T1	525	545(P12)	22	20	양측토공 400m
제동하중	T1	245	545(P12)	12	300	



<그림 239> 동절기 시동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 1

· 온도하중에 의한 최대레일부가응력 : 3.7MPa



<그림 240> 동절기 제동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 1

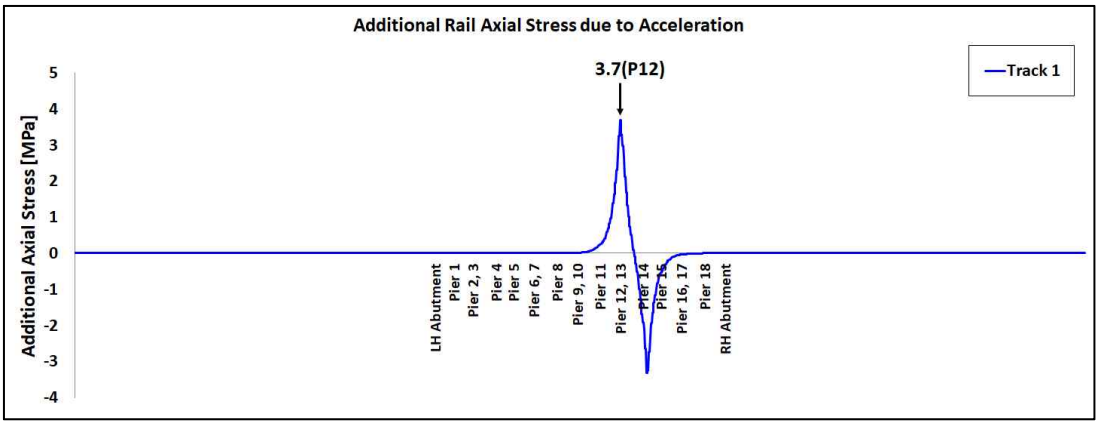
· 제동하중에 의한 최대레일부가응력(Case 1) : 2.1MPa

○ Case 2 (P12 우측)

- 시/제동하중 (열차이동방향 우→좌)

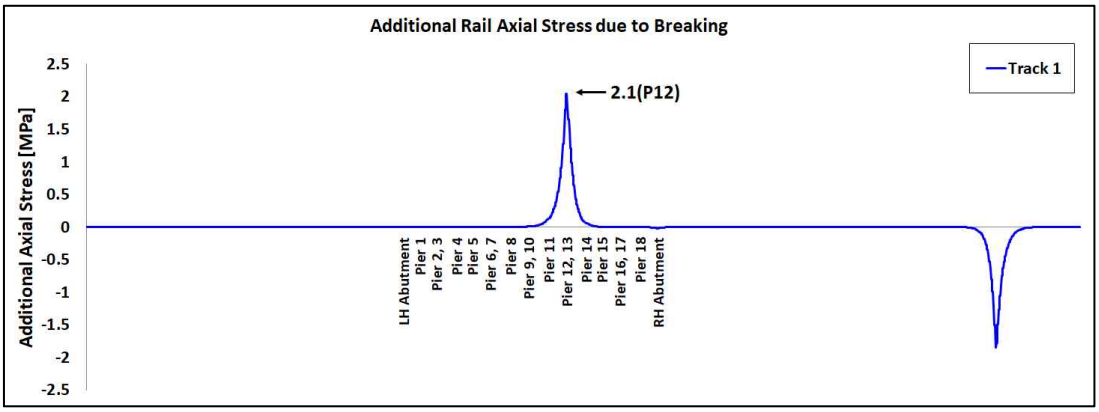
<표 208> 동절기 시/제동하중 크기 및 재하길이 - Case 2

구 분	궤도	하중재하 위치		재하하중 (kN/m)	하중재하 길이(m)	비 고
		하중재하 시점	하중재하 종점			
시동하중	T1	545(P12)	565(P12)	-22	20	양측토공 400m
제동하중	T1	545(P12)	845(P12)	-12	300	



<그림 241> 동절기 시동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case

· 시동하중에 의한 최대레일부가응력(Case 2) : 3.7MPa



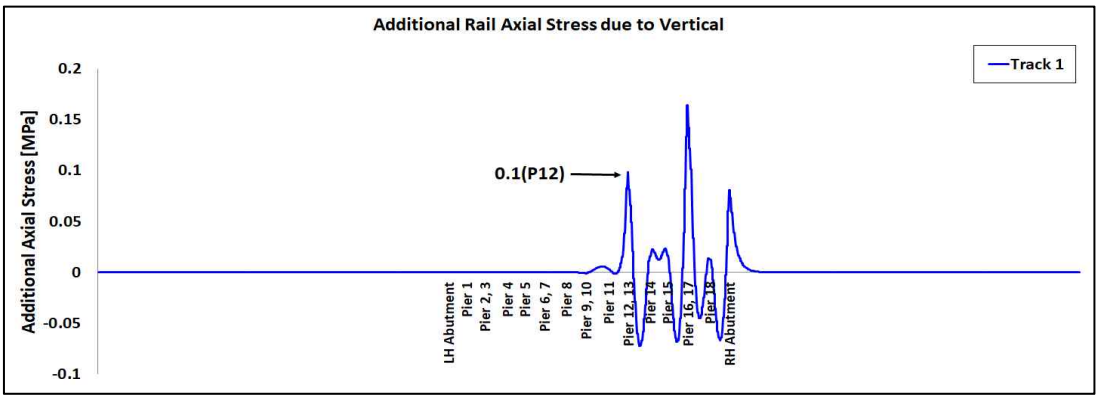
<그림 242> 동절기 제동하중에 따른 전용궤도 축력 분포도 - Case 2

· 제동하중에 의한 최대레일부가응력(Case 2) : 2.1MPa

○ 수직하중 (P12)

<표 209> 동절기 수직하중 크기 및 재하길이 - Case 2

구 분	궤도	하중재하 위치		재하하중 (kN/m)	하중재하 길이(m)	비 고
		하중재하 시점	하중재하 종점			
수직하중 (시제동)	T1	542	545(P12)	147	3	양측토공 400m
	T1	525	845(P12)	80	300	



<그림 243> 동절기 수직하중에 따른 전용궤도 축력 분포도

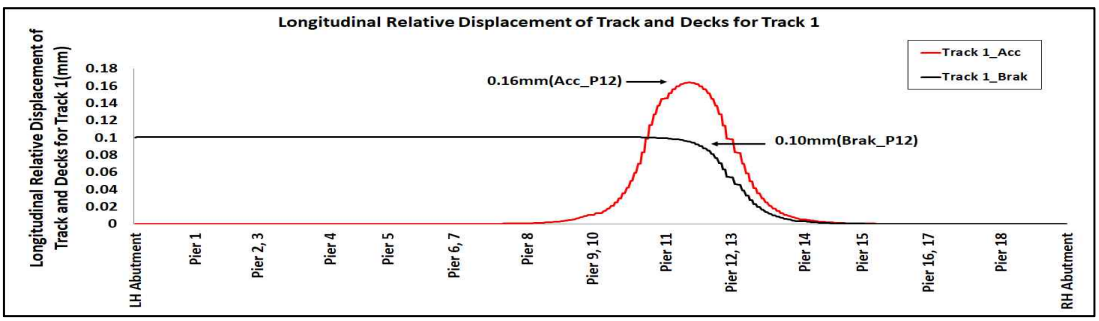
· 수직하중에 의한 최대레일부가응력 : 0.1MPa(인장)

라. 교량 상 장대레일 변위검토

○ 운송체계 인프라 시스템 전용궤도 기술개발 상세설계 시 교량 상 장대레일 레일-교량 종방향 상대변위 검토를 수행하였음.

○ 시제동하중 작용 시 교량상부구조와 레일 사이에 발생하는 종방향 상대변위는 다음과 같음.

□ **레일-교량 종방향 상대변위 검토**



<그림 244> 레일-교량 종방향 상대변위 분포

· 시/제동하중에 의한 레일-교량 종방향 상대변위 = 0.16mm

6. 전용궤도 장대레일 축력 검토 결과

○ 개별적 해석을 통한 운송체계 인프라 시스템 전용궤도의 장대레일 축력 검토결과 온도하중, 시·제동하중, 수직하중의 영향으로 발생되는 압축/인장 부가응력이 모두 허용기준에 만족하여 교량 상 장대레일 안정성을 확보하였음.

<표 210> 운송체계 인프라 시스템 전용궤도의 장대레일 축력 검토결과

구 분	온도하중 [MPa]	시동하중 [MPa]	제동하중 [MPa]	수직하중 [MPa]	하중조합 [MPa]	허용응력 [MPa]	판정
하절기 (압축검토)	-11.4	-3.7	-2.1	0.2	-15.1	-92.0	O.K
동절기 (인장검토)	11.4	3.7	2.1	0.1	15.2	92.0	O.K

제6절. 전용궤도 비용 분석 및 Test Bed 소요 비용 산정

1. 개요

○ 본 연구에서 개발된 전용궤도(50kgN)에 대한 인터모달 전용구간의 공사비 분석은 형행 철도관련 표준 공사비 부분에 대한 검토와 각종 철도이 km당 공사비를 분석함.

○ 아울러 제3장 제11절 인터모달 입지여건에서 터미널 후보지 사례검토로 연구된 부산신항-부산, 경남 자유 물류단지간 노선 대안 3안을 기준으로 개략 공사비를 산정 후 분석함.

○ 또한 2단계 과업 부분인 광양항 철도부지에 설치 운영할 Test-Bed 건설의 소요비용을 산출하여 궤도 비용을 산정함.

2. 철도시설 건설비와 궤도 표준공사비

○ KDI의 2017년 예비 타당성조사 운용지침에 따르면 일반철도 Km당 철도 건설 표준공사비는 <표 3-208>과 같이 단선 일반구간의 경우 7억~8억 수준임.

○ 국토교통부의 2017 교통시설 투자평가지침에 의하면 궤도 표준공사비는 <표 3-209>와 같음. 이 경우 본 연구에서 선정된 50kgN~60kgN의 궤도 표준공사비는 km당 콘크리트 궤도의 경우 7.6억 수준이며 분기기는 틀당 26백만원~55백만원 수준임.

<표 3-211> km당 철도건설 표준공사비 종합(개략적 기준 : 2007년 기준)

(단위 : 억원/km)

구 분					단선		복선		복선전철		비고
					일반부	도시부	일반부	도시부	일반부	도시부	
노반	토공	일반구만			61	85	85	119	85	119	-
		연약구간			79	110	110	154	110	154	-
	교량	직접기초			149	209	260	363	260	363	-
		말뚝기초			219	306	321	450	321	450	-
	터널	NATM			124	174	163	228	163	228	-
	정거장	토공부	간선	2홈 2선	79	110	79	110	79	110	개소당
				2홈 4선			121	170	121	170	
			자동차	2홈 2선	79	110					
				2홈 4선					121	170	
		교량부		2홈 2선	375	525	375	525	375	525	
				2홈 4선			576	806	576	806	
궤도					7	9	15	17	15	17	-
건물	일반철도	선상	중간역		26	26	40	40	40	40	개소당
			분기역		55	55	84	84	84	84	
			시·종단역		106	106	163	163	163	163	
		지상	중간역		26	26	40	40	40	40	
			분기역		55	55	85	85	85	85	
			시·종단역		107	107	164	164	164	164	
		선하	중간역		35	35	58	58	58	58	
			분기역		52	52	87	87	87	87	
	전동차	선상							64	64	
		선하							43	43	
		지상							49	49	
전력					3.3	3.3	5.1	5.1	5.4	8.1	-
신호					4.3	4.3	6.7	6.7	6.7	8.2	ABS설비
통신					4.9	4.9	4.9	4.9	7.4	9.8	-

*주 : 1)차량기지 건설비는 별도계상

2) 통신의 경우 역무자동화설비 설치 시 추가 계상.

3) 전력설비의 경우 송전선로, 변전설비, 전차선로 별도로 계상.

4) 도시부는 특별시, 광역시, 기타 시의 중심부로 하고 나머지 지역을 일반부로 구분.

5) 특수시설물(지하시설, 장대교량, 장대터널 등) 및 연약지반일 경우에는 별도 추가계상.

6) 입체교차공사비는 별도 계상.

<표 3-212> 궤도 표준공사비

(단위 : 천원)

구분	규격	단위	공사비
자갈궤도 부설	50kg 신설선	km	361,859
	60kg 신설선	km	477,291
콘크리트궤도 부설	50, 60kg 신설선	km	762,048
분기기부설	50kg NS #8, WT	틀	25,415
	50kg NS #10, WT	틀	26,626
	50kg NS #12, WT	틀	30,312
	50kg K #12, PCT	틀	26,569
	60kg K #8, PCT	틀	55,704
	60kg K #10, PCT	틀	62,589
	60kg K #12, PCT	틀	73,036
	60kg K #15, PCT	틀	84,524
	60kg K #10, PCT (콘크리트궤도용)	틀	74,776
	60kg K #12, PCT (콘크리트궤도용)	틀	83,596
	60kg#10,PCT,노스가동	틀	111,686
	60kg#15,PCT,노스가동	틀	147,990
	60kg K, SCO, PCT	틀	268,463
궤도철거	50~60kg, PCT	km	24,052
	37~60kg, WT	km	25,174
분기기철거	37~60kg용	틀	4,214

3. 인터모달 전용노선 및 터미널 후보지 선정 사례분석 대안3의 궤도공사비 적용

○ 노선 : 부산·경남 자유물류도시 ↔ 부산신항

○ 연장 : L=16.91km(단선)

○ 총공사비 분석

(단위 : 억원, 제잡비 포함)

구분	터미널#1	터미널#2	본선 고가교	부대공	궤도공	총공사비
공사비	135.1	277.7	1,736.8	32.2	112.1	2,293.9
구성비(%)	5.9%	12.1%	75.7%	1.4%	4.9%	

- km당 공사비 분석

총 공사비 기준	:	135.7억원/km
고가 및 궤도 공사비	:	111.2억원/km
궤도공사비	:	6.6억원/km

4. 궤도공사비 분석 종합

(단위 : 억원/km)

사례분석 인터모달 부산신항	KDI 예타용 표준공사비(2017)	국토부 투자평가지침(2017)	비고
6.6	7.0 ~8.0	7.6	

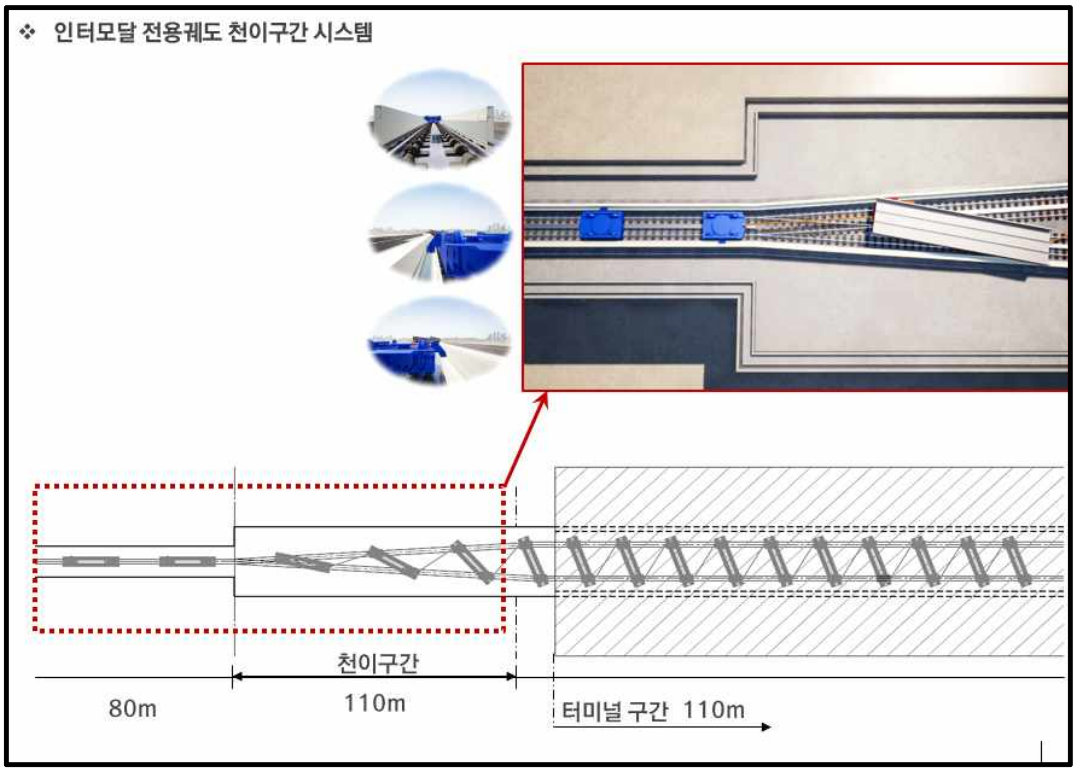
5. 광양항 Test-bed 구축 기본 계획 및 소요비용 산정

가. 개요

○ 위치 : 전라남도 광양시 항만대로 (여수광양항만공사)

○ 연장 : 총 300m (진입구간 80m / 천이구간 110m/ 터미널구간 110m)

○ 시공 개념도 :



6. 인터모달 전용궤도 공사비 산정

가. 전용궤도 공사비 산정

(1) 전용궤도 Test-bed 공사비 산정

직접공사비 : 1,083,000,000원 /km

간접공사비 : 295,000,000원 /km

합 계 : 1,378,000,000원 /km



그림 245 여수광양항만공사 Test-bed구축 현장 전경

공 종 명	규 격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
Test-bed 전용궤도 공사비 내역서					**609,551,780**		**191,646,680**		**385,744,159**		**1,186,942,619**	
1. 본선공		**1**	**식**		**601,351,780**		**142,446,680**		**72,116,540**		**815,915,000**	
2. 부대공		**1**	**식**		**500,000**		**3,000,000**		**4,050,000**		**7,550,000**	
3. 철거 및 복구작업		**1**	**식**		**7,700,000**		**46,200,000**		**23,100,000**		**77,000,000**	
직접공사비					**609,551,780**		**191,646,680**		**99,266,540**		**900,465,000**	
간접노무비	직노 × 12.8%								24,530,775		24,530,775	
산재보험료	노무비 × 4.05%								8,755,187		8,755,187	
고용보험료	노무비 × 0.87%								1,880,744		1,880,744	
건강보험료	직노 × 3.12%								5,979,376		5,979,376	
연금보험료	직노 × 4.5%								8,624,101		8,624,101	
노인장기요양보험료	건강보험료 × 7.38%								441,278		441,278	
건설근로자퇴직공제부금비	직노 × 2.3%								4,407,874		4,407,874	
산업안전보건관리비	((재+직노)×1.86%)*1.2								14,902,291		14,902,291	
환경보전비	(재+직노+산경)×0.5%								4,502,325		4,502,325	
건설기계대여대금 수수료	(재+직노+산경)×0.11%								990,512		990,512	
기타경비	(재+노무비)×8.2%								65,698,274		65,698,274	
순공사비					**609,551,780**		**191,646,680**		**239,979,276**		**1,041,177,736**	
일반관리비	순공사비×5.5%								57,264,775		57,264,775	
이 윤	순공사비×8.5%								88,500,108		88,500,108	
총원가					**609,551,780**		**191,646,680**		**385,744,159**		**1,186,942,619**	
1.본선공		**1**			**601,351,780**		**142,446,680**		**72,116,540**		**815,915,000**	
◇1공구본선공◇												
1).궤도부설					**10,555,380**		**63,332,280**		**31,666,140**		**105,553,800**	
콘크리트타설	무근일반		M3	0	0	0	0	0	0	0	0	
콘크리트타설	철근배관압송	730	M3	4,000	2,920,000	24,000	17,520,000	12,000	8,760,000	40,000	29,200,000	
철근가공조립	간단	50.000	TON	39,000	1,950,000	234,000	11,700,000	117,000	5,850,000	390,000	19,500,000	
철근가공조립	보통	-	TON	0	0	0	0	0	0	0	0	
스페이서설치	벽체	-	M2	0	0	0	0	0	0	0	0	
스페이서설치	슬래브	-	M2	0	0	0	0	0	0	0	0	
합판거푸집	3회	200	M2	2,700	540,000	16,200	3,240,000	8,100	1,620,000	27,000	5,400,000	
합판거푸집	4회	-	M2	0	0	0	0	0	0	0	0	
콘크리트면고르기	인력	1,000	M2	300	300,000	1,800	1,800,000	900	900,000	3,000	3,000,000	
콘크리트면연마	기계	80	M2	2,700	216,000	16,200	1,296,000	8,100	648,000	27,000	2,160,000	
접착제바르기	에폭시바름	80	M2	70	5,600	420	33,600	210	16,800	700	56,000	
피막양생	표면양생	800	M2	42	33,600	252	201,600	126	100,800	420	336,000	

마대양생	P.P마대	800	M2	224	179,200	1,344	1,075,200	672	537,600	2,240	1,792,000	
성형줄눈설치	표면줄눈상면	80	M	630	50,400	3,780	302,400	1,890	151,200	6,300	504,000	
수축줄눈설치	주입줄눈측면	20	M	2,240	44,800	13,440	268,800	6,720	134,400	22,400	448,000	
충진재채움	30x30MM측면	20	M	952	19,040	5,712	114,240	2,856	57,120	9,520	190,400	
배수파이프설치	PVCPIPED50MM	100	M	280	28,000	1,680	168,000	840	84,000	2,800	280,000	
횡단관설치	통신STSD50MM	20	M	1,260	25,200	7,560	151,200	3,780	75,600	12,600	252,000	
횡단관설치	전기STSD50MM	-	M	0	0	0	0	0	0	0	0	
횡단관설치	신호STSD50MM	4	M	1,260	5,040	7,560	30,240	3,780	15,120	12,600	50,400	
주행로색판설치	L=500MM	2	EA	133,000	266,000	798,000	1,596,000	399,000	798,000	1,330,000	2,660,000	
주행로색판설치	L=1000MM	-	EA	0	0	0	0	0	0	0	0	
차막이설치	지주식	-	개소	0	0	0	0	0	0	0	0	
차막이설치	유압식	2	개소	1,680,000	3,360,000	10,080,000	20,160,000	5,040,000	10,080,000	16,800,000	33,600,000	
분기기설치	수평식	-	틀	0	0	0	0	0	0	0	0	
선로전환기설치	NS-AM형	-	대	0	0	0	0	0	0	0	0	
주행로평탄성측정		0.490	KM	600,000	294,000	3,600,000	1,764,000	1,800,000	882,000	6,000,000	2,940,000	
현장정리및청소	콘크리트조	490	M	650	318,500	3,900	1,911,000	1,950	955,500	6,500	3,185,000	
2).안내레일공					**12,888,000**		**77,328,000**		**38,664,000**		**128,880,000**	
안내레일설치	직선H150x150MM	0.49	KM	3,000,000	1,470,000	18,000,000	8,820,000	9,000,000	4,410,000	30,000,000	14,700,000	
안내레일설치	곡선H150x150MM	0.49	KM	3,300,000	1,617,000	19,800,000	9,702,000	9,900,000	4,851,000	33,000,000	16,170,000	
안내레일이음	이음매판	41	EA	16,000	656,000	96,000	3,936,000	48,000	1,968,000	160,000	6,560,000	
안내레일지지대설치	콘크리트조H=0.80M	0	EA	0	0	0	0	0	0	0	0	
안내레일지지대설치	콘크리트조H=0.80-0.95M	10	EA	16,000	160,000	96,000	960,000	48,000	480,000	160,000	1,600,000	
안내레일지지대설치	강재형구조	0	EA	0	0	0	0	0	0	0	0	
안내레일체결구설치	TYPE-AL=100	300	조	17,000	5,100,000	102,000	30,600,000	51,000	15,300,000	170,000	51,000,000	
안내레일체결구설치	TYPE-B100<L≤300	150	조	19,000	2,850,000	114,000	17,100,000	57,000	8,550,000	190,000	28,500,000	
안내레일체결구설치	TYPE-C300<L≤600	0	조	0	0	0	0	0	0	0	0	
제3레일지지판설치	안내레일취부판	230	조	4,500	1,035,000	27,000	6,210,000	13,500	3,105,000	45,000	10,350,000	
3).제표공					**1,796,000**		**0**		**0**		**1,796,000**	
차막이표설치	제표건식	2	개	60,000	120,000					60,000	120,000	
차량정지표설치	제표건식	5	개	100,000	500,000					100,000	500,000	
정거장중심표설치	제표건식	2	개	144,000	288,000					144,000	288,000	
정거장구역표설치	제표건식	2	개	144,000	288,000					144,000	288,000	
M거리표설치	제표건식	2	개	72,000	144,000					72,000	144,000	
KM거리표설치	제표건식	2	개	72,000	144,000					72,000	144,000	
곡선표설치	제표건식	2	개	78,000	156,000					78,000	156,000	
구배표설치	제표건식	2	개	78,000	156,000					78,000	156,000	
4).운반공					**1,786,400**		**1,786,400**		**1,786,400**		**5,359,200**	
철근운반	구역화물	58	TON	30,800	1,786,400	30,800	1,786,400	30,800	1,786,400	92,400	5,359,200	
강재운반	각종형강	0	TON	0	0	0	0	0	0	0	0	
5).사급자재대					**574,326,000**		**0**		**0**		**574,326,000**	
가.철근					**43,000,000**		**0**		**0**		**43,000,000**	
이형철근	SD30D13MM이하	17	TON	700,000	11,900,000					700,000	11,900,000	
이형철근	SD30D16MM이상	17	TON	700,000	11,900,000					700,000	11,900,000	
이형철근	SD40H13MM이하	12	TON	800,000	9,600,000					800,000	9,600,000	

이형철근	SD40H16MM이상	12	TON	800,000	9,600,000					800,000	9,600,000	
					0						0	
나.레미콘					**59,326,000**						**59,326,000**	
레미콘	25-18-15	100	M3	60,000	6,000,000					60,000	6,000,000	
레미콘	25-24-15	392	M3	70,000	27,440,000					70,000	27,440,000	
레미콘	25-35-15	316	M3	80,000	25,280,000					80,000	25,280,000	
혼화재	팽창재C.S.A	808	KG	750	606,000					750	606,000	
다.궤도자재					**472,000,000**						**472,000,000**	
안내레일	직선H150x150MM	24	EA	850,000	20,400,000					850,000	20,400,000	
안내레일	곡선H150x150MM	20	EA	980,000	19,600,000					980,000	19,600,000	
체결장치	System 336	620	조	100,000	62,000,000					100,000	62,000,000	
천이구간 분기기	연구개발	1	틀	250,000,000	250,000,000					250,000,000	250,000,000	
가이드레일	연구개발	2	set	60,000,000	120,000,000					60,000,000	120,000,000	
2.부대공					**500,000**		**3,000,000**		**4,050,000**		**7,550,000**	
1).굳지않은콘크리트시험					**0**		**0**		**1,500,000**		**1,500,000**	
슬럼프시험	KSF2402:150M3마다	15	회		0		0	30,000	450,000	30,000	450,000	
공기함유량	KSF2421:150M3마다	15	회		0		0	50,000	750,000	50,000	750,000	
염화물함유량	KSF2515:150M3마다	15	회		0		0	20,000	300,000	20,000	300,000	
2).경화된콘크리트시험					**0**		**0**		**1,050,000**		**1,050,000**	
공시체제작	KSF2403:150M3마다	15	회		0		0	8,000	120,000	8,000	120,000	
압축강도	KSF2405:150M3마다	15	회		0		0	26,000	390,000	26,000	390,000	
휨강도	KSF2407:150M3마다	15	회		0		0	36,000	540,000	36,000	540,000	
3).기타부대공					**500,000**		**3,000,000**		**1,500,000**		**5,000,000**	
시공상세도작성		1	공구	500,000	500,000	3,000,000	3,000,000	1,500,000	1,500,000	5,000,000	5,000,000	
3. 철거 및 복구작업					**7,700,000**		**46,200,000**		**23,100,000**		**77,000,000**	
자갈궤도 철거공사		1	식	6,000,000	6,000,000	36,000,000	36,000,000	18,000,000	18,000,000	60,000,000	60,000,000	
자갈궤도 복구공사		1	식	1,700,000	1,700,000	10,200,000	10,200,000	5,100,000	5,100,000	17,000,000	17,000,000	

제7절. 전용궤도 공사시방 및 유지관리지침 개발

1. 전용궤도 천이구간 공사 시방서

□ 기초 자료 조사

○ 전용궤도 기초자료의 수집 및 정리

○ 전용궤도 천이구간 유사 공사 시방 조사

○ 전용궤도 천이구간 공사 시방 마련

□ 천이구가 공사 시방 주요내용(목차)

「천이구간 공사 시방서(안)」 목차

제1절. 총칙
1. 공사일반
2. 공사관리

제2절. 측량 및 선형조건
1. 일반사항
2. 측량

제3절. 일반구간 공사
1. 일반사항
2. 선형조건
3. 콘크리트궤도 지침
4. 품질관리

제4절. 천이구간 공사
1. 일반사항
2. 천이구간 및 안내레일(제3궤조) 설치
3. 천이구간 및 안내레일 설치기준
4. 안내레일 시공시 유의사항

*천이구간 공사 시방서 세부내용 부록 참조

2. 전용궤도 천이구간 유지관리 지침(안) 제시

「천이구간 공사 시방서(안)」 목차

제1절. 총칙

1. 목적
2. 적용범위
3. 용어의 정의
4. 안전관리 업무흐름

제2절. 유지관리 절차 및 관리체계

1. 개요
2. 점검 종류
3. 점검계획 및 방법
4. 상태평가
5. 안전성평가
6. 종합평가

제3절. 정밀안전진단

1. 일 반
2. 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

제4절. 상태평가 기준 및 절차

1. 일반
2. 상태평가등급 기준

제5절. 보수·보강 방법

1. 일반
2. 보수·보강

*천이구간 공사 시방서 세부내용 부록 참조

참 고 문 헌

1. 국토해양부 (2014),구조물기초설계기준
2. 국토교통부 (2013), 건축물 유지·관리 점검 매뉴얼
3. 국토교통부 (2016),건축구조기준
4. 국토교통부 (2018), 건축물 콘크리트 공사 일반
5. 국토교통부 (2018), 건축물 콘크리트구조 설계기준
6. 국토교통부 (2019), 건축구조기준 설계하중
7. 국토교통부 (2019), 건축물 강구조 설계기준
8. 국토교통부 (2019), 건축물 기초구조 설계기준
9. 국토교통부 (2019), 건축물 내진설계기준
10. 국토교통부 (2013),도로의구조・시설기준에관한규칙
11. 국토교통부 (2014),내륙물류기지통합브로슈어-5대내륙물류기지현황
12. 국토교통부 (2015),한국철도표준규격KRSTR0008-15R:PSC침목
13. 국토교통부 (2016),교통영향평가지침
14. 대한건축사협회 (2013), 건축물 유지·관리 점검 매뉴얼·사례집
15. 대한건축학회 (2000), 건축물 하중기준 및 해설
16. 한국강구조학회 (2018), 강구조설계(KS신규격)
17. 한국강구조학회 (2018), 강구조설계기준(하중저항계수설계법)
18. 한국건축구조기술사회 (2016), H형강 접합부 설계매뉴얼
19. 한국콘크리트학회 (2014), 국내외 주요 기준의 휨-압축 부재 설계 및 예제
20. 한국콘크리트학회 (2016), RC보의 전단설계기준 및 강도모델 비교
21. 국토해양부 (2009),Standards for performance testing of urban railway vehicle
22. 국토해양부 (2016),도로교설계기준
23. 대한토목학회 (2080),도로교 설계기준해설
24. 롱비치항 (2017),2016FacilitiesGuide
25. 조천환 (2010), 말뚝기초실무
26. 법제처 (2017), 주차장법
27. 부산신항컨테이너터미널주식회사 (2007),부산항신항2-3단계컨테이너부두(4선석) 민간투자사업보고서
28. 서울시립대학교・㈜청석엔지니어링(2006),철도인입선구축방안
29. 부산광역시 (2012), 시설물 유지관리 매뉴얼
30. 노재훈, 이동헌 (2011), 실무 N치와 기초구조물의 설계 계산 예
31. 국토교통부 (2018), 아스팔트 방수공사
32. 국토교통부 (2018), 아스팔트콘크리트 포장공사
33. 한국시설안전공단 (2010), 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침
34. 한국시설안전공단 (2011), 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(건축물)

35. 국토교통부 (2018), 연약지반개량공사 일반사항
36. 서울특별시 (2016), 유지관리 시 점검방법
37. 한국지반공학회 (2006),지반구조물의 내진설계
38. 국토교통부(2009),철도건설규칙
39. 한국철도시설공단(2015),철도공사전문시방서
40. 국토교통부 (2018) 철도설계기준
41. 국토교통부 (2018), 철도설계기준 건축구조
42. 한국철도시설공단(2015),철도설계기준(노반편)(한국철도시설공단)
43. 한국철도시설공단(2004),철도설계기준(철도교편)
44. 국토해양부(2012),콘크리트구조기준
45. 국토해양부(2017),콘크리트표준시방서
46. 국토교통부 (2018), 콘크리트공사 일반사항
47. 한국콘크리트학회 (2012), 콘크리트구조기준
48. 한국콘크리트학회 (2012), 콘크리트구조기준 해설
49. 국토해양부(2016),토목공사일반표준시방서
50. 한국철도시설공단(2004),철도설계기준(철도교편)
51. 한국철도시설공단(2010),철도설계편람(궤도편)
52. 한국철도시설공단(2012),철도설계편람KRC-14040
53. 한국철도시설공단(2014),철도설계편람KRC-08080)
54. 한국철도시설공단(2014),철도설계편람KRC-14050
55. 해양수산부 (2014), 항만 및 어항 설계기준·해설
56. 한국강구조학회 (2016), 합성구조설계매뉴얼
57. 강릉원주대학교 (2017), 친환경 항만포장공법 개발, 한국연구재단
58. 황석희, Rith Makara, 이승우 (2016), 설계법에 따른 항만포장 단면의 비교연구, 공학기술논문지 제9권 1호
59. ㈜삼우아이엠씨 (2018), 고탄성 무수축 롤러전압콘크리트포장 공법을 이용한 장수명 복합 포장 개발, 한국도로학회
60. 부산신항컨테이너터미널주식회사 (2007), 부산항 신항 2-3단계 컨테이너부두 [4선석] 민간투자사업
60. American Concrete Institute (2014)Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-14) and Commentary (ACI 318RM-14)
61. Korea Railroad Research Institute (2012), Report on core technology development for the near-surface railway
62. 국토해양부(2016),Standards for performance testing of urban railway vehicle, Notification No. 2009-641
63. 앤트워프항홈페이지,http://www.portofantwerp.com/
64. 의왕ICD홈페이지,http://www.uicd.co.kr/
65. 부산신항만주식회사홈페이지,https://www.pncport.com/kor/index.php?pCode=terminal
66. 롱비치항홈페이지,http://polb.com/
67. 로테르담항홈페이지,https://www.portofrotterdam.com/

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.