

---

## 제2차 유지관리기본계획 수립 지원을 위한 국외출장 결과보고

---

2025. 6.

## I

### 출장 목적

- 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」제24조제1항에 따라 국토교통부에서 「제2차 철도시설 유지관리 기본계획(2026~2030년)」 수립중
  - 공단은 철도시설관리자로서, 국토교통부의 정책 수립을 지원
- 2차 기본계획 관련 철도시설 유지관리 정책의 방향 논의
  - 과학적 유지보수, 데이터 기반 유지보수 체계로의 전환을 통한 유지관리(유지보수, 개량 등) 효율화, 철도시설안전 강화 방안 등 모색
- 첨단 유지관리 시스템(종합검측장비, 데이터센터 등) 적용 현황 파악
  - 빅데이터, 결합 예측 모델(AI) 등을 활용, 과학적 유지관리 체계의 국내 적용을 위한 기반환경 개선 요구 사항 및 주안점 모색

## II

### 출장 개요

#### □ 출장 시행

- (출장기간) '25. 05. 11.(일) ~ 05. 20.(화) (8박 10일)
- (출장국가) 스페인(마드리드), 이탈리아(로마), 중국(베이징)
- (방문기관) ADIF(스페인철도 기반시설관리청), CEDEX(스페인 국가연구기관)  
RFI(이탈리아철도 인프라관리청), CARS(중국철도과학연구원)  
ArcelorMittal(글로벌 철강회사), MER MEC(철도인프라기술회사)
- (참석기관 및 출장자)

소 속	직위/직급	성 명	동행출장자
시설본부 시설계획처	부 장 (토목2급)	조영남	(국토교통부 철도시설안전과) 진해룡 사무관, 이경록 사무관
	차 장 (토목3급)	전중전	(한국철도공사) 이영준 부장, 심광섭 팀장, 정두화 차장
	차 장 (토목3급)	김 민	(철도기술연구원) 최영태 책임연구원, 김 은 책임연구원

○ (세부 일정 및 주요 협의 사항)

월/일 (요일)	출발지	도착지	방문 기관	업무수행 내용	비고
5.11 (일)	인천	마드리드 (스페인)	-	○ 출국(인천) → 마드리드(스페인)	항공
5.12 (월)	마드리드 (스페인)		<b>Arcelor Mittal (아르셀 로미탈)</b>	○ 레일 생산 특성과 수요 현황 파악 - 유럽의 레일 시장 특성 및 사용 현황 조사 ○ 레일의 유지관리·개량 (누적 통과톤수 관련 재료 특성) - 레일의 손상 유형에 따른 유지관리 방안	
			<b>CEDEX</b>	○ CEDEX의 Track Box 시험실 방문 - 시험결과 활용 방법 - 수행 시험유형 및 열차속도 시뮬레이션 방법	
5.13 (화)	마드리드 (스페인)		<b>ADIF</b>	○ 철도자산·시설 관리시스템 운영 현황 조사 - 검측차, 데이터센터(플랫폼) 운영 현황 조사 - 자산평가 및 성능개선(개량) 의사 결정 체계 조사 - 예측 유지관리 현황과 활동 조사 등 기술교류 회의	항공
	마드리드 (스페인)	로마 (이탈리아)	-	○ 마드리드(스페인) → 로마(이탈리아)	
5.14 (수)	로마 (이탈리아)		<b>MERMEC</b>	○ 데이터기반 통합 유지보수 시스템 구축 현황 파악 - 빅데이터, IoT기반의 상태기반유지보수(CBM) 체계 조사 - 검측장비, IT(S/W) 등 통합 데이터기반 유지보수 체계 조사	
5.15 (목)	로마 (이탈리아)		<b>RFI</b>	○ 이탈리아 RFI 철도 현황 - 철도 운영 및 유지보수 기본 방향(계획) 공유 - 노후도 및 개량과 투자 관련 현황 공유 ○ 철도시설 유지관리 효율화 방안 - 데이터 센터 운영 및 외부 업체와의 협력/상생 현황 - 예측유지보수로의 단계적 전환 필요조건 등 조사 ○ 상호협력 방안 협의 등 기술교류 회의	
5.16 (금)	로마 (이탈리아)		<b>RFI</b>	○ 검측차 탑승 및 검측 현황 파악 - 검측차 탑승(로마→나폴리) 및 복귀(나폴리→로마) - 검측/점검차, 기술 확대 도입 (고속검측차 활용 등) 검토	철도
5.17 (토)	로마 (이탈리아)		-	○ 자료 정리 - 회의 자료 정리 및 분석	항공
5.18 (일)	로마 (이탈리아)	베이징 (중국)	-	○ 로마 (이탈리아) → 베이징(중국) 5. 17. 출국                      5. 18. 도착	
5.19 (월)		베이징 (중국)	<b>CARS</b>	○ 중국의 철도 현황 - 고속철도 및 일반철도 시설 현황 파악 - 향후 건설계획, 노후도 및 개량 계획 공유 ○ 데이터 기반 유지관리 시스템 및 분석 기술 개발 - 고속검측차 및 고속검측 기술 개발 논의 - 데이터 전처리 및 유지관리를 위한 분석 기술과 활용 - 철도시설 열화/고장 예측 기술 및 현장 적용 사례 조사	
5.20 (화)	베이징 (중국)		<b>CARS</b>	○ 데이터센터(플랫폼) 구축과 활용 - 데이터 관리 및 축적 현황 - 빅데이터 활용 및 관련 기술 개발 등의 기술교류회의 - 개량 및 유지관리 우선순위 결정 기법 조사	-
	베이징 (중국)	인천		○ 베이징(중국) → 인천(한국) 도착	항공

※ 당초 계획된 일정대로 출장 시행함

### Ⅲ

## 출장 결과

### ① Arcelor Mittal (스페인)

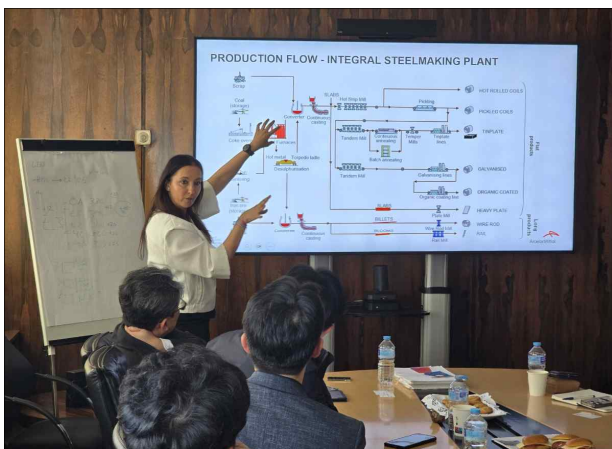
#### 회의개요

○ 마드리드 남부에 위치한 Arcelor Mittal(마드리드지사)를 방문하여 철도용 고부가가치 레일 개발 및 친환경 기술 동향 등 파악 (경부1단계 개량 관련)

○ 참석자

회의 참석 기관	참석자
Arcelor Mittal	- 해외사업부총괄 Mr. Pawel Panasiuk 등 6명
국토교통부 등	- 철도시설안전과 진해룡 사무관 등 10명 (국토부 2, 공단 3, 철도공사 3, 철도기술연구원 2)

○ 회의 사진



## 주요 회의내용 및 시사점

### ○ 기관(업체) 현황

- 아르셀로미탈은 룩셈부르크에 본사를 두고 있는 세계 2위 철강 생산 기업으로 60개국 이상에서 사업을 운영하고 있으며, 15개국에 주요 제철소를 보유하고 있음
- 연간 생산 능력은 100만톤에 달하며, 주요 생산기지로는 룩셈부르크, 스페인, 폴란드 등이 있음
- 주요 고객으로 스페인(고속철도 레일의 99%공급), 독일(20년 이상, 50% 이상의 점유율을 유지)이 있으며, 글로벌 주요 프로젝트에 참여하고 있으며, 한국에도 분기기용 레일 등을 공급한 이력이 있음
- 고속철도, 중량화물, 도시철도용 레일, 트램, 갠트리크레인 레일, 광산운반차 레일에 이르기까지 다양한 종류의 레일 제작이 가능

### ○ 주요 기술 및 전략

- 지속가능한 성장을 위한 탈탄소화 노력 (2050년까지 탄소 완전 중립을 목표로 하고 있으며, 중간 목표로서 2030년까지 그룹 25%, 유럽 35% 감축 목표를 수립·이행중)
- 전기용광로(EAF) 전환 및 확대, 고철 및 재생에너지 활용 확대 (고철 수집회사 M&A 및 재활용원료 공급망 강화)

⇒ XCarb® 인증 (탈탄소화 노력을 포괄하는 브랜드)

- 최대 120m 장척레일(폴란드)의 생산(선적)이 가능 (스페인 최대 108m)
- 워터젯방식을 이용한 경두레일(Head Hardening) 제작 기술 보유
- 사후 기술지원(납품 후, 현장결함 발생 시 공장과 연계하여 문제 해결 서비스 지원, 레일 유지보수 가이드 지원)
- 고객에 한하여 레일제품 수명 주기 비용(LCC) 분석 모델 제공 가능

○ 시사점 및 검토 사항

① 최대 120m의 장척레일 생산(선적) 가능 (맞춤길이 제작 가능)

- 경부1단계 개량 등 장척레일의 자재공급원으로 검토 가능
- 분기기의 특수 구간 등 장척레일의 수요는 있으나 국내 수급이 어려운 상황으로 장척레일 수급 대안으로 검토 가능

② EAF(전기용광로) 등 세계적인 탈탄소화 움직임 주시

- 레일 생산뿐만 아니라 유럽의 철도 산업에 있어 탈탄소화 움직임은 거스를 수 없는 흐름이며, 우리 철도 산업의 세계화 및 수출을 위하여 반드시 고려되어야 할 부분
- 저탄소제품 입찰 시 가점 등 정책적 지원(스페인)

**2 CEDEX (스페인)**

(Centro de Estudios Experimentacion de Obras, 스페인 국가연구기관)

**회의개요**

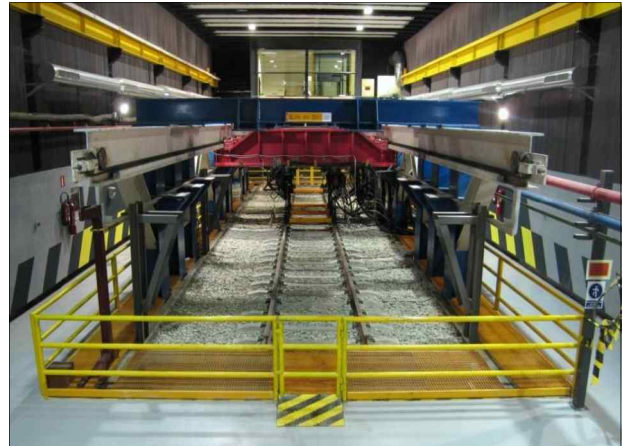
- 마드리드 ATOCHA역 인근에 위치한 CEDEX(스페인 국가연구기관)를 방문하여, Track Box(철도 궤도 역학적 거동 연구용 실험시설) 실험실 운영 및 활용 분야 등에 대한 연구전략 파악 및 Track Box 실험실 참관

○ 참석자

회의 참석 기관	참석자
CEDEX	- Track Box 관리 총괄 Mr. Cuellar Vincent 등 3명
국토교통부 등	- 철도시설안전과 진해룡 사무관 등 10명 (국토부 2, 공단 3, 철도공사 3, 철도기술연구원 2)



## ○ 회의 사진 및 Track Box 전경



## 주요 회의내용 및 시사점

### ○ 기관(업체) 현황

- CEDEX는 스페인의 지속가능교통모빌리티부 산하 공공 연구기관으로서, 토목, 건설, 환경 등의 분야 연구와 기술 지원 수행
- 철도 부문의 경우 철도상호운용성연구소(RIL/LIF)의 운영을 통해 ERTMS(유럽철도교통관리시스템) 테스트 수행 등 전략적 역할
- 2004년 EU Supertrack에 따른 대형프로젝트로 구축된 핵심시설의 하나인 CEDEX Track Box 보유(철도 궤도의 역학적 거동 연구)

### CTB (CEDEX Track Box) 개요

- CTB는 길이 21m, 너비 5m, 깊이 4m의 규모로 실제 궤도 단면을 1:1 실물 크기로 시험할 수 있으며, 최대 400km/h의 고속 주행 모사 가능
- 3쌍의 유압 액추에이터는 50Hz의 주파수로 최대 250KN의 하중을 가할 수 있으며, 열차통과효과를 정밀한 수준으로 재현 가능
- 3개의 독립된 구역에서 각기 다양한 형태의 궤도를 동시에 시험 가능하며, 궤도 하부구조 전체를 시공하여 시험이 가능
- 실제 1년 교통량을 1주일 내 시뮬레이션하는 가속피로시험 가능

○ 시사점 및 검토 사항

① CTB와 같은 연구시설 도입을 통한 비용 감소·최적 유지관리

- 실물 규모의 실험이 가능한 연구시설을 통하여 다양한 형태의 궤도 설계 및 최적화 연구 강화 필요
- 실증적 데이터를 통한 LCC절감, 내구성 향상 등 새로운 궤도재료의 성능검증 강화를 통한 시행착오 최소화

② 다양한 프로젝트를 통한 CTB 활용 가능성 모색

- 국토부, 공단, 철도연 등이 협력하여 대규모 EU프로젝트 공동 참여 등 초국가적 차원의 접근을 통한 CTB 활용 가능성 모색

③ **ADIF (스페인)**

(Administradora de Infraestructuras Ferroviarias, 스페인철도기반시설관리청)

**회의개요**

- 마드리드 시내에 위치한 ADIF(스페인 철도기반시설 관리청)를 방문하여, 유럽의 철도부문 과제 및 유지보수 상호 전략 공유·교류 등 회의 시행
- ADIF의 미래 핵심 유지·관리전략에 대해 질문하고, 예측 유지보수와 관련된 세부 내용에 대하여 자유로운 토론을 시행
- 참석자

회의 참석 기관	참석자
ADIF	- 국제프로젝트매니저 Mr. Alvaro Adres 등 8명
국토교통부 등	- 철도시설안전과 진해룡 사무관 등 10명 (국토부 2, 공단 3, 철도공사 3, 철도기술연구원 2)



## ○ 회의 사진



## 주요 회의내용 및 시사점

### ○ 기관(업체) 현황

- ADIF는 2005년 스페인 철도 부문의 상하분리 이후 철도망 구축, 철도인프라의 설계, 건설(선로, 역사, 물류시설 등), 유지보수를 담당하는 국가기관으로서,
- 15,000km 이상의 철도망(고속선 4,000km 이상), 1,600여 개의 역사, 50개 이상의 철도물류시설을 보유·관리(직원 수 약 13,000명)
- 상·하분리 정책에 따라 열차의 운영은 Renfe가 담당
- ADIF는 정부와 5년 단위로 협약을 맺고 정부의 예산을 지원받고 있으며, 자체수입원으로는 철도인프라 사용료, 역사 내 상업공간 임대료, 광섬유 네트워크 사용료 및 광고 수입 등이 있음
- 추가적으로 EU의 지원, 녹색채권 발행 등을 통한 재원 마련



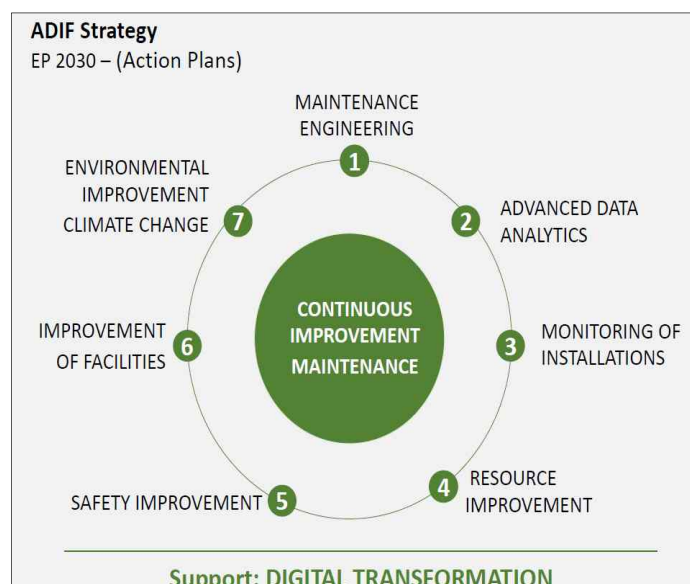
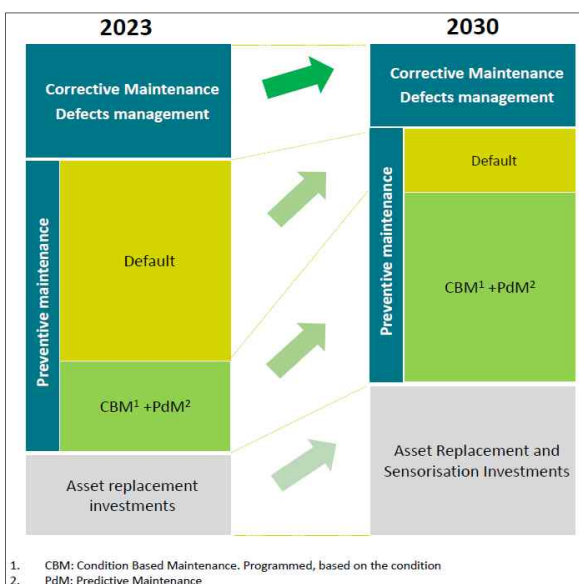
[스페인 철도망 - 광궤(일반선), 표준궤(고속선), 협궤(북부지역 일부) 공존]

- 스페인 철도망은 마드리드를 중심으로 한 방사형을 띠고 있으며, 마드리드(중심)로부터 해안지역까지 600~650km의 노선적 특성
- 긴 노선길이, 상대적으로 낮은 운행밀도 및 유지보수 비용을 고려하여 주로 자갈궤도를 적용 (LCC관점에서 효율적이라는 판단)

- 긴 노선길이, 상대적으로 낮은 운행밀도 및 유지보수 비용을 고려하여 주로 자갈궤도를 적용 (LCC관점에서 효율적이라는 판단)

## ○ 주요 기술 및 전략

- ADIF는 미래 철도운영의 핵심 요소로서 예측유지보수를 강조하고 있으며, 사후유지보수 체계(Corrective Maintenance)에서 예측/예방유지보수 체계(Preventive Maintenance)로의 전환에 초점



[유지관리 패러다임 : 2030년까지 상태기반/예측 유지보수 체계 전환 목표]

- 미래 유지보수 전략의 7대 요소 (Digital화를 전제로 함)
  - ①유지보수 엔지니어링, ②데이터 고급분석 도구, ③시설물 모니터링
  - ④자원 개선, ⑤안전 개선, ⑥시설개선 ⑦기후변화 대응
- 이러한 전환은 'EP 2030(Action Plan)'의 핵심적인 내용으로, 디지털화에 기반한 유지·관리체계의 개선을 목표로 하고 있음
- 이는 규정에 따른 의무적 유지관리(Default Maintenance)의 비중을 줄이고, 현재 상태를 반영한 예측 유지보수의 비중 확대를 의미
- 유지관리 우선순위를 과학적·효과적으로 산출하고, 필요도가 높은 개소에 자원을 우선적으로 배분하는 효율적 유지관리 체계
  - \* 필요에 따라 유지관리 기준(의무적 유지관리 빈도 등)의 변경도 수반

(1) **디지털화** (Digitalization)

(2) **고급 분석** (Advanced Analytics)

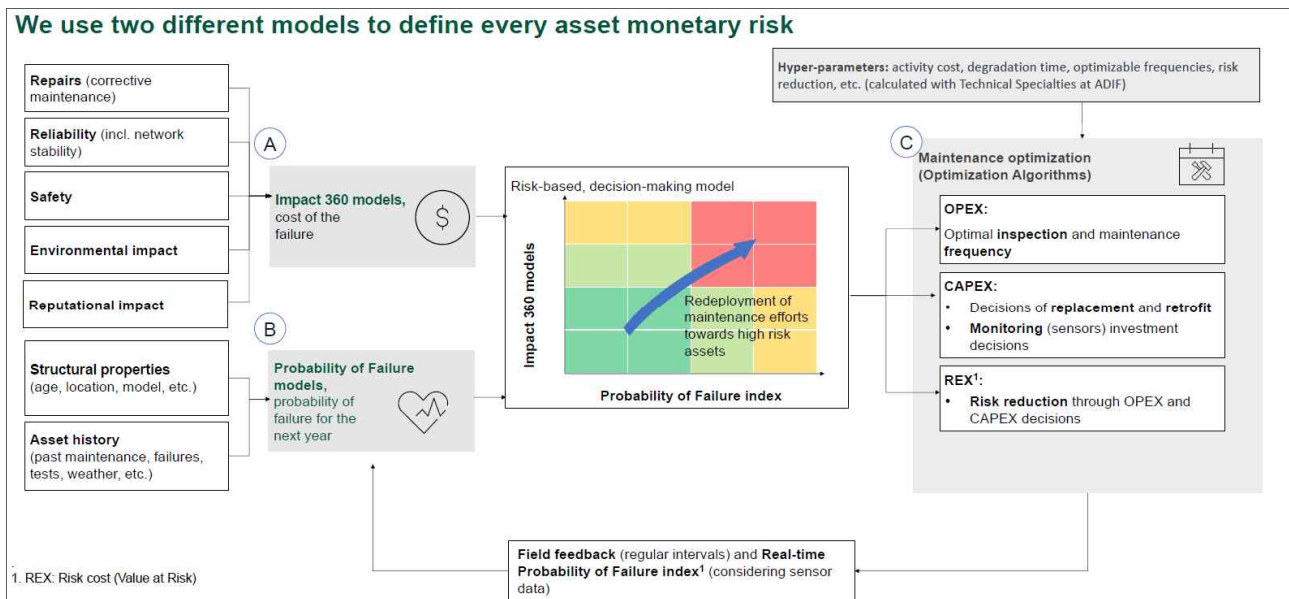
(3) **시설 모니터링**  
(Monitoring of Installations)



#### [예측 유지관리 체계로의 전환을 위한 필수 3요소]

- ADIF의 유지보수 엔지니어링부서에서 2023년부터 고급분석도구 (Advanced Analytical Tool)를 활용하여 유지보수 의사결정 체계를 구축 중
- 이 체계는 검측데이터, 구조물 정보, 투입 예산 등 종합적으로 분석하여 반복작업의 주기 최적화, 자산의 장애 확률 산출, 자산 교체 시기 결정 등 자원 효율적 투입을 위한 의사결정을 지원
- 고급분석도구(AAT)의 머신러닝을 활용하여 신뢰성 있는 결과를 도출하려면 최소 5년 정도의 데이터가 축적되어야 하며(질의에 대한 ADIF의 응답), ADIF는 과거부터 다양한 종류의 센서 설치비용을 적극적으로 투자하여 관련 데이터들을 수집해오고 있는 중





## [철도시설(자산)의 위험을 경제적 지표로 나타내기 위한 절차(알고리즘) 개념도]

- 고급분석도구(AAT)는 두가지 모델(Impact 360, 고장확률 산출모델)의 상호 분석을 통하여 자산의 경제적 위험성을 정의하고, 알고리즘을 통하여 OPEX(운영비용) 및 CAPEX(자본지출)관련 의사결정을 지원
  - 이러한 고급분석도구(AAT)는 기존 예방유지보수 체계의 신뢰성을 높여주고, 기존 유지보수기준에 추가 유지보수 활동 제안 및 개량 권장 사항을 포함하는 등 기존 유지보수 계획을 보완
  - ADIF는 '24년부터 '30년까지 약 400억원의 예산을 들여 'IRAM 프로그램\*'을 단계적으로 구축할 예정 (인프라 모니터링 센터 구축 포함)
- \* IRAM프로그램 : 고급 모니터링을 통한 통합 대응 프로그램

	Before AAT	2023	To plan 2024/25 onwards	Future Vision
<b>Cyclical Activities</b>	Document from the MS called GENERAL MAINTENANCE CRITERIA (GMC). In the GMC, assets subject to maintenance, cyclical activities, and their frequency were collected.	In GMC 2023, the possibility of using the AAT was included. The territorial organization may: Increase cyclical activities based on AAT recommendation : • Begin cyclical activities for those assets recommended by the AAT	The annually approved GMC will contain: • Minimum mandatory cyclical activities (safety and legal regulations), • Additional cyclical activities proposed by AAT	Enrichment of the EAM by updating the failure frequency with the probability of failure obtained in predictive models. Improvement of the AAT by the systemic treatment of Inventory and failure modes data carried out with the EAM.
<b>Asset Replacements</b>	According to technical criteria. Derived from failures Derived from defect management.	In GCM 2023, the possibility of using the AAT was included. The territorial organization may carry out replacements based on the recommendation of the HAA.	The annually approved GMC will contain: • Implicitly: replacements derived from condition-based maintenance. • Explicitly: replacements proposed by the HAA .	The annually approved CGM will contain: • Implicitly: replacements derived from condition-based maintenance. • Explicitly: replacements proposed by the HAA and indications derived from Asset Management Plans
<b>Large renovations</b>	On-demand from the Directorate of Functional Planning.	On-demand from the Directorate of Functional Planning.	The proposal for major renovations will be sent taking account the recommendation of the AAT	A proposal for major renovations will be sent based on the recommendation of the AAT and indications of Asset Management Plans to the Directorate of Functional Planning.

The AAT is a key catalyst for cultural transformation and data improvement in the General Directorate of Conservation and Maintenance

## [AAT(고급분석도구) 개발 상세 로드맵]

## ○ 시사점 및 검토 사항

### ① 유지관리 패러다임의 전환을 위한 명확한 중장기 전략 수립 필요

→ 예측 유지보수로의 효과적 전환을 위해 각 단계별로 명확한 목표 및 전략 수립 필요 (통합 데이터센터 구축 포함)

\* 개선된 유지관리체계 목표 정의 → 분석 알고리즘 정의 → 필요 데이터 형태 결정 → 필요 센서 설치를 통한 데이터 축적

### ② 고급 분석도구의 도입을 통한 유지관리 효율화

→ 위험도 기반 의사결정 모델을 활용하여 유지관리 우선순위를 합리적으로 산정하고, 한정된 예산의 효율적 배분(최적화)

## 4 MER MEC (이탈리아)

### 회의개요

○ 로마 시내 MER MEC(로마 지사)를 방문하여, 예측 유지보수와 관련된 검측기술, 데이터(검측, 자산) 관리, 소프트웨어 솔루션 등 기술동향 파악

○ 참석자

회의 참석 기관	참석자
MER MEC	- 국제마케팅 책임자 Mr. Giuseppe 등 6명
국토교통부 등	- 철도시설안전과 진해룡 사무관 등 10명 (국토부 2, 공단 3, 철도공사 3, 철도기술연구원 2)

○ 회의 사진



## 주요 회의내용 및 시사점

### ○ 기관(업체) 현황

- MER MEC은 철도인프라 점검시스템 및 데이터기반 유지보수 기술 솔루션 분야에 강점을 보이는 전문 업체로서,
- 국내 고속철도 점검차 Roger-1000K를 포함하여, 전 세계 160개 이상의 점검시스템 납품 실적을 보유하고 있으며, 고속 점검 분야에서는 전 세계 시장의 90% 이상의 점유율 (중국 제외)
- 한국에도 지사를 설립하여 활동 중이며, 유지관리 프로그램의 개발과 관련하여 한국의 공공부문 및 기업들과의 협력을 희망

### ○ 주요 기술 및 전략

- 데이터 관리의 통일성을 확보하는 기술이 중요하며 차량 내 (On-Board) 실시간 결합평가 및 사무실에서의 사후처리(Off-Board) 필요
- MER MEC의 핵심 소프트웨어인 'RAIL Studio'는 점검차량에서 수집된 데이터를 날짜, 노선 차량, 시스템별로 구분하여 관리하고,
  - \* 무선 전송용량의 한계 → 원시 데이터가 아닌 1차 처리된 데이터를 전송
- 사용자 맞춤형 인터페이스를 제공하며 인프라 원격 모니터링, 디지털 트윈 구동 등 기능별 블록\*으로 구성되어 있음
  - \* 인프라모니터링, 데이터관리, 원격모니터링, KPI(Key Performance Index) 계산 및 분석, 디지털트윈 등 총 6가지 기능 블록 으로 구성
- 특히, 통합결합분석(Integrated Defect) 기술은 여러 점검데이터를 결합하여 복합적 결함을 식별(우선순위 선정)하는 강력한 기능을 제공
- 디지털트윈 기술은 항공사진, 레이더, 도보조사 등 다양한 방법으로 포인트 클라우드를 통한 3D모델링 및 자산정보 구축을 가능하게 하여, 사무실에서 자산의 (위치)정보 등 확인이 가능함
  - \* 이탈리아 RFI는 3년간 대부분의 철도노선을 디지털트윈화 구축
- MER MEC의 플랫폼(정확한 측정 시스템, 위치 정보 확인 시스템 및 데이터 융합 분석기술)을 통해 유지관리비용 30~40% 절감가능(자체설명)



## ○ 시사점 및 검토 사항

### ① 검측 데이터의 효율적 활용을 위한 통합분석플랫폼 구축 필요

- 예측 유지보수의 효과를 극대화하기 위하여 측정 시스템의 정확도 향상, 정밀한 위치 정보, 데이터 간 융합 및 고급분석기술 개발 등에 적극 투자 필요
- MER MEC 또한 메카트로닉스 회사에서 소프트웨어 중심의 디지털 관리(철도분야 미래 핵심전략) 회사로 전환 중

### ② 디지털 트윈의 체계적 구현 필요

- 디지털 트윈을 도입하여 철도 자산의 생애주기 관리를 디지털화 하고, 유지관리에 활용하는 방안검토 필요 (RFI 사례)

## 5 RFI (이탈리아)

(Rete Ferroviaria Italiana, 이탈리아 철도 인프라 관리청)

### 회의개요

- 로마 시내에 위치한 RFI(이탈리아 철도인프라 관리청)를 방문하여, 철도 현황, 투자 계획, 유지·관리 및 기술개발 현황 및 계획 등 이탈리아 철도 전반에 관한 발표를 듣고, 교류회의 시행
- 종합검측차(Diamante 2.0) 탑승하여, 데이터 수집, 전송, 작업명령 체계 등 유지관리를 위한 검측의 종합 체계 등 참관
- 참석자

회의 참석 기관	참석자
RFI	- 국제관계부서장 Mr. Edoardo Lelli 등 15명
국토교통부 등	- 철도시설안전과 진해룡 사무관 등 10명 (국토부 2, 공단 3, 철도공사 3, 철도기술연구원 2)

## ○ 회의 사진



## 주요 회의내용 및 시사점

### ○ 기관(업체) 현황

- RFI는 이탈리아 국영철도그룹 FSI(Ferrovie dello Stato Italiane)의 한 계열사로서 이탈리아 철도인프라의 운영을 담당
- FSI그룹은 교통분야 전반에 걸쳐 노하우를 보유하고 있으며, 타당성조사, 설계, 건설, 감독, 인프라 및 차량 운영 유지보수, 기술 자문, ICT 철도시스템, 안전 관리, 기술교육 등을 제공
- 약 17,000km의 철도망(고속선 2,000km 이상)을 관리하고 있으며, 하루 약 10,000대의 열차가 운행되고 있음 (직원 약 30,000명)
- 고속점측시스템을 보유하고 있으며, 친환경인증을 받은 Frecciarossa 1000 열차를 운영 중에 있음 (화물수송 비율은 약 10%)
- 2024년 투자액은 약 16조, 매출은 약 5조이며, 향후 10년간 약 182조의 대규모 투자 계획(노선 개발 및 현대화, 교통수단 연계 강화 등)
- 철도분야 운영 비용 (선로사용료+부족분은 정부 예산), 선로사용료는 규제기관과의 협상을 통해 결정되는 구조임
- 여객의 철도 수송 분담률 : 2019년 6% → 2030년까지 10%로  
화물의 철도 수송 분담률 : 2019년 11% → 2030년까지 17%로
- \* EU는 2030년까지 2020년 대비 철도교통량 2배, 화물교통량 50% 증가 목표



[이탈리아 철도 운영 현황 및 조직도]

## ○ 주요 기술 및 전략

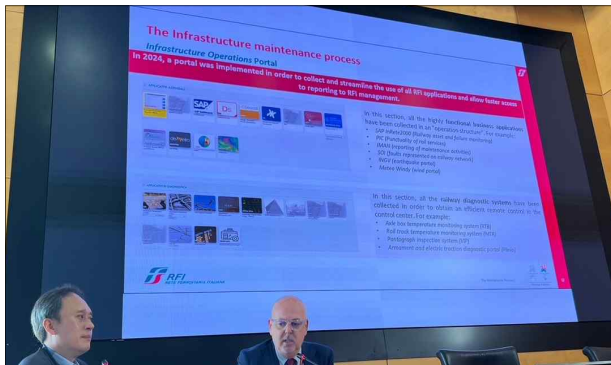
- 유지보수 활동 계획수립 시 'Planning'과 'Scheduling'으로 구분
  - \* Planning : 대규모 보수작업, 개량 등 장기적인 관점에서 수행되는 유지관리 활동
  - \* Scheduling : 단기간(수 주, 수 개월) 내 수행하는 유지보수 활동의 계획
- 유지보수비 연간 약 4.7조원 중앙집중식으로 배정되어 특별 (비정기적)유지보수에 사용, 객관적 기준에 따라 15개 지역본부 할당
- 작업의 우선 순위는 자체 알고리즘(안전, 정시성, 효과성, 실행가능성 등의 요소를 고려)을 통하여 산출하나, 제시된 목록은 강제사항은 아니며 책임자의 판단에 따라 우선순위는 변경 가능
- 부품의 교체는 내구 연한보다는 상태 기반(Condition Based)으로 이루어지며, 다양한 기술적 기준을 알고리즘을 통해 분석하여 결정
- RFI는 유지보수엔지니어링 부서를 신설하여 운영하고 있으며, 각 분야별 유지보수 활동(일정, 우선순위 등)을 조정하는 역할을 담당
- 유지보수 활동을 엔지니어링 관점에서 관리하고 있으며, 이를 통하여 유지보수 네트워크의 성능을 개선하는 것을 목표로 함
- RFI는 고속검측차 'Diamante 2.0'을 포함한 17대의 검측차를 보유하고 있으며, 2027년까지 검측차량을 26대로 확충할 계획
- 검측 주기는 고속선의 경우 매 2주마다, 기타 노선은 2~24개월마다
- 검측 시스템은 독립적으로 이중화되어 있어, 신뢰성 높은 데이터를 바탕으로 데이터 통합 분석 등 예측유지보수 체계로 전환 중



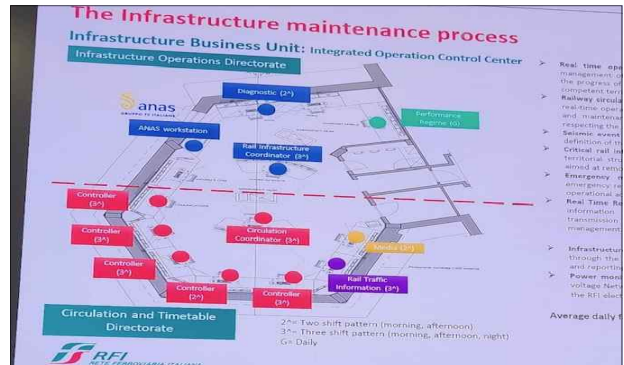


### [로마-나폴리 간 고속검측차 탑승 및 실시간 검측 입회]

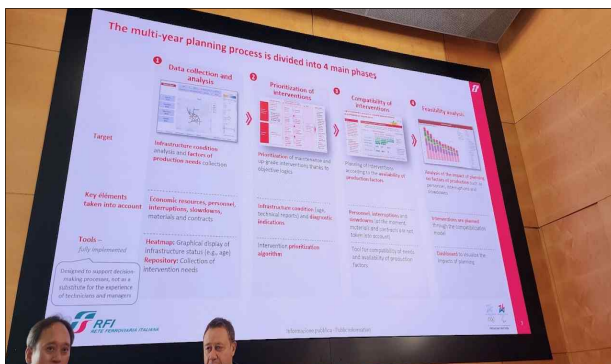
- 2024년부터 SAP기반의 ERP시스템과 'Repository' 도구(데이터 센터 개념)를 활용하여 여러 해에 걸친 종합 유지보수 계획 시스템 구축 중
- 철도인프라를 관리하는 분야별\* 포털(플랫폼)을 구축하여 각각의 데이터(리포트)를 하나로 통합하는 종합관리체계 구축·확대
  - \* 철도인프라 모니터링 데이터, 철도서비스 정시성 분석자료, 유지보수활동 리포트, 지진·풍속·온도(대기, 레일) 계측자료, 시스템분야 계측 자료 등
  - \* 향후 데이터 통합 및 애플리케이션 간 연동을 더욱 강화할 계획
- 관제센터는 열차운행 및 인프라 관리를 담당하며, 운행통제 구역과 인프라 통제 구역으로 나뉘어 있으며, 관제와 유지보수분야 담당자가 근거리에서 협업을 극대화할 수 있는 작업환경 보유



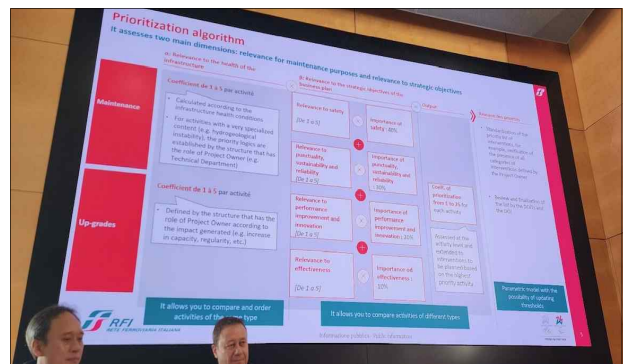
[철도인프라 포털 현황]



[관제실 배치 개념도]



[중장기계획 수립 개념도]



[우선순위 산정 알고리즘]

## ○ 시사점 및 검토 사항

### ① 검측 차량 확대 도입 필요

- 국내 여건 상, 영업차량 우선 편성 등 검측차량의 운행이 후순위로 밀리는 경우가 많음 (불규칙한 검측 주기)
- 검측 데이터의 신뢰성을 확보하고 예측유지보수 체계로의 성공적 전환을 위해서는 균일한 검측주기, 다수의 검측자료 확보가 필수적임 (충분한 검측차량 운영 필요)

### ② 철도인프라를 관리하는 분야별 포털 구축 및 통합 필요

- 각각의 분야별 포털을 구축 및 포털 간 연동을 강화하고 통합하여, 이를 토대로 효율적인 데이터 공유를 가능하게 하고, 머신러닝을 통한 작업우선순위 산정 등 관리 체계 전환

## ⑥ CARS [중국]

(China Academy of Railway Sciences)

### 회의개요

- 중국 철도연구 국가기관 연구진(유지관리, 검측, 결합연구, 동역학적 거동 분야 등)과의 회의를 통하여 중국의 철도 현황, 유지·관리 이슈 사항, 데이터 기반 유지관리 현황, 기타 연구 과제 등의 내용을 상호 공유하는 교류회의 시행
- 참석자

회의 참석 기관	참석자
CARS	- 유지관리분야 연구원 Mr. Liu Feng 등 7명
국가철도공단 등	- 국가철도공단 조영남 부장 등 8명 (공단 3, 철도공사 3, 철도기술연구원 2)

## ○ 회의 사진



## 주요 회의내용 및 시사점

### ○ 기관(업체) 현황

- CARS는 중국 철도기술 연구의 중추 역할을 하는 기관으로, 철도의 운영과 관련된 복잡하고 다양한 과제들을 수행 중에 있음
- 약 162,000km의 철도망(고속선 48,000km 이상)을 관리하고 있으며, 하루 약 10,000대의 열차가 운행되고 있음
- 상하로 넓은 중국의 영토는 다양한 기후 조건을(기온, 습도, 염분 등) 반영하고 있으며, 결함의 발생 위험을 증가시키는 요인으로 작용
- 따라서, 각국의 다양한 기후조건을 고려한 비교연구가 필수적임

### ○ 주요 유지관리 현황

- 중국의 검측 분류 체계는 전반적으로 한국의 체계와 유사함
  - \* 경미한 손상, 심각한 손상, 파단의 3단계로 분류됨 (한국은 E, O, S, X 4등급)
- 레일 결함의 탐지에는 와전류 및 초음파 기술이 사용되나, 정확도 및 형상 해석에 어려움이 있으며, 표면결함 탐지에는 카메라 이용
- (레일연마) 준공 후 초기 연마는 누적통과톤수 50만톤이내에 실시하며 고속선은 2년주기 예방연마, 기타노선은 3년주기(필요시)
- (레일교체) 레일 교체주기는 정의되어 있지 않으나, 연구 결과에 따르면 누적통과톤수 10억톤 수준이 제안되고 있음
  - \* 일정비율 이상의 심각한 결함, 1km당 2개의 심각한 결함 발생 시 교체 고려



- (유지보수 플랫폼) 검측차량 등을 통해 수집된 방대한 데이터를 분석하고, 예측 모델에 활용하여 유지보수 계획 수립 노력
- 레일 유지보수를 위한 PHM(Prognostics and Health Management) 플랫폼을 구축·지속적으로 발전시키고 있으며 데이터 통합관리 노력

## ○ 시사점 및 검토 사항

### ① 환경적 특성을 고려한 지역별 맞춤형 유지보수 전략 필요

- 유지보수 경험을 분류하고, 다양한 기후 조건 및 특정 구간의 환경적 특성을 고려한 구간별 맞춤형 유지보수 전략 수립

### ② PHM(상태관리 및 예측) 플랫폼 구축 사례 벤치마킹

- 레일 분야 인프라 포털(플랫폼) 구축, 레일 현황 및 미래 상태 예측을 통한 선제적 관리(장기적으로는 플랫폼 통합)

## IV

## 결론 및 검토 사항

- ‘예방유지관리체계로의 전환’은 철도선진국 중·장기 정책의 중요 요소
  - 철도시설의 안전성 향상, 생애주기 비용 절감, 예산집행의 효율성 증대 등의 고도화를 유지관리 패러다임의 전환으로 추진
- 유지보수체계의 전환을 위한 ‘고급 소프트웨어 개발’ 필요
  - 고급소프트웨어 개발을 통한 의사결정 정확도 향상이 철도선진국의 주된 관심사이며, 이를 위한 투자 확대 움직임을 확인
  - 유지관리 우선순위 선정 알고리즘 등 고급 소프트웨어의 개발에 대한 관심을 확대하고, 해당 부문에 대한 전폭적인 투자가 필요
- 디지털화를 통한 ‘통합 데이터 플랫폼’ 구축 필요
  - 철도인프라를 관리하는 분야별(계측,검측,이력,운영) 플랫폼의 구축·통합을 가속화하고, 관제 분야를 포함하여 통합 관리체계(RFI사례) 검토

붙임 기관별 회의자료 각 1부. 끝.