선로등급제 기준 수립을 위한 국외출장 결과보고

2024. 3.

시설본부 시설계획처

1 출장목적

○ 정부의 「철도안전 강화대책('23.1.17.)」에 따라, 열차의 **운행속도와 통과톤수 등을 고려하여 선로등급체계 기준수립 업무 추진 중**

- **국외 철도선진국**의 **선로등급체계 산정방법** 및 **적용현황**을 **조사**하여 국내 철도환경에 맞는 선로등급 수립 후 **선로유지관리지침(이하 '지침') 개정** 필요
- **국내 철도시설 유지보수 체계에 중대한 영향을 미치는 사항**으로 **철도시설관리자인 공단이 합리적인 의사결정을 하기 위해 국외출장 시행**

○ **한정된 유지보수비 재원을 적절하게 투입**하여 비용대비 효과를 발생시킬수 있는 **국내 실정에 맞는 선로등급제 도입**

- **국외 철도선진국의 유지보수 업무체계와 조직·인력 배치**를 조사하고 선로등급별 검측 및 점검주기를 분석·개정하여 **업무체계 효율화 제고**
- 現 국내의 **인력위주의 유지보수 환경에서 첨단장비도입 및 과학적 보수체계로 안정적인 선로등급체계 정착**을 위한 국외 현지조사 시행

2 일 정

○ (출장기간) 2024. 2. 18.(일) ~ 2. 28.(수) (9박 11일)

○ (출장국가) 영국, 프랑스, 독일

○ (방문기관) Network Rail(영국 철도청), UIC(국제철도연맹), SNCF(프랑스 철도청), Systra(프랑스 철도기업), 뮌헨공과대학(독일), DB(독일 철도청)

○ (출장인원) 시설본부 시설계획처 시설유지부장 등 2명

소 속	직위/직책	성 명	동행 출장자
시설본부 시설계획처	부 장	조 영 남	(국토교통부) 철도시설안전과 진해룡사무관 (철도기술연구원) 김만철(사책), 최영태 박사 * 비용은 각 기관에서 부담
	과 장	박 재 일	

○ 세부일정

월일 (요일)	출발지	도착지	방문 기관	업무수행내용	비고
2.18 (일)	인천	런던 (영국)	-	· (항공) 인천 공항 → 히드로 공항	
2.19 (월)	런던 (영국)	런던 (영국)	Network Rail	ㅇ 선로등급 적용 현황 - 선로등급 적용을 위한 기본단위 - 유지보수 조직 구성 ㅇ 선로등급 적용 범위 - 검측 및 점검 주기(궤도틀림, 도보순회 등) - 유지보수 기준	
2.20 (화)	런던 (영국)	런던 (영국)	Network Rail	ㅇ 현장 적용현황 - 현장 유지보수 인력 구성 - 인력 유지보수 실제 적용	
2.21 (수)	런던 (영국)	파리 (프랑스)	UIC	· (열차) 런던 → 파리 ㅇ UIC 연구동향 및 협력방안	
2.22 (목)	파리 (프랑스)	파리 (프랑스)	SNCF	ㅇ 선로등급 적용 현황 - 등급제 구분 기준 및 기본단위 ㅇ 선로등급 적용 범위 - 검측 및 점검 주기(궤도틀림, 도보순회 등) - 유지보수 기준 등	
2.23 (금)	파리 (프랑스)	파리 (프랑스)	Systra	ㅇ 선로등급에 따른 궤도구성품 건설/개량시 적용 현황 ㅇ 궤도 및 궤도구성품 개량기술 동향	
2.24 (토)	파리 (프랑스)	파리 (프랑스)	-	ㅇ 협의자료 정리 및 회의 준비	
2.25 (일)	파리 (프랑스)	뮌헨 (독일)	-	· (항공) 파리드골 공항 → 뮌헨 공항	
2.26 (월)	뮌헨 (독일)	뮌헨 (독일)	뮌헨공대 (TUM)	ㅇ 철도시설 유지보수 및 연구동향 - 철도시설관련 최신 연구 동향 - 레일관련 유지보수 기술 및 수명평가 방안 협의 - 향후 협력방안 협의	
2.27 (화)	뮌헨 (독일)	뮌헨 (독일)	DB	ㅇ 유지보수에 등급제 활용 현황 ㅇ 검측관련 기술 개발 현황 - CTM 개발 및 유지보수활용 · (열차) 뮌헨 → 프랑크푸르트 · (항공) 프랑크푸르트 공항 → 인천 공항	
2.28 (수)	뮌헨 (독일)	인천	-	· 인천공항 도착(+1day) 및 해산	

3 출장 결과

□ Network Rail(영국) - 2월 19~20일

회의개요

○ 스트랫퍼드에 위치한 Network Rail 동부 지역본부에 방문하여 영국철도 현황, 유지보수조직, 선로등급체계 및 점검 및 유지보수 기준 조사

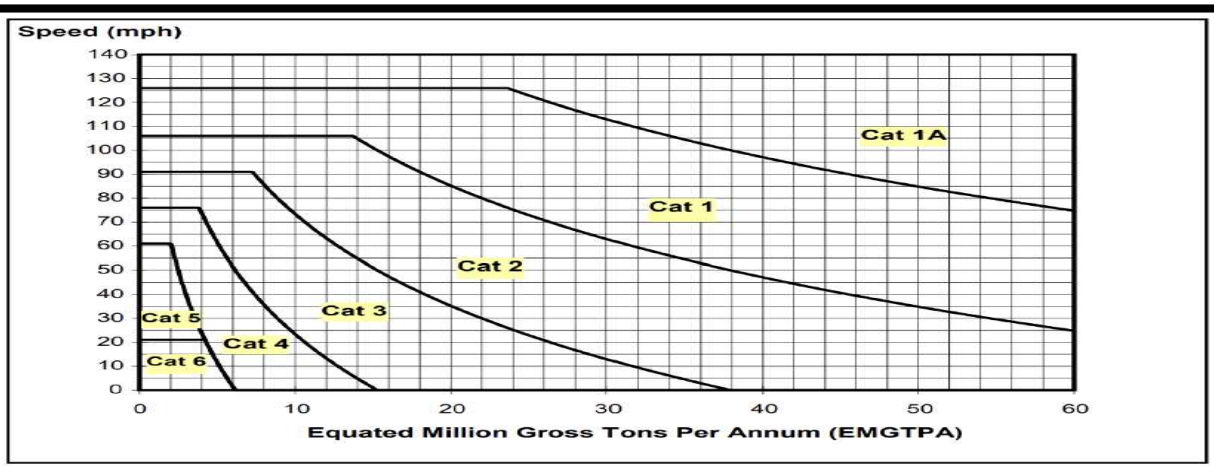
○ 참석자

Network Rail - Sin Sin Hsu, Regional Engineer [Track, Off-track and Drainage], Eastern Region - Rob Ellison, Principal Track Engineer, Eastern Region - Rob Lacy, Principal Track Engineer, Eastern Region - Josh Chambers, Assistant Track Maintenance Engineer, Doncaster DU - Taron Smart, Project Manager, R&D - Niall Fagan, Head of Engineering, Capital Delivery, Eastern Region - David Rhodes, Dr square, President
국토교통부 진해룡 사무관(철도전정책관 철도시설안전과) **국가철도공단** 조영남 부장, 박재일 과장(시설본부 시설계획처) **한국철도기술연구원** 김만철 박사, 최영태 박사(궤도노반연구팀)

○ 회의사진

주요 회의내용

ㅇ 영국의 선로등급제 적용 현황



Network Rail의 선로등급 구분

- UIC 714 준용, 오래전 제정된 기준으로 경험에 기반하여 선로등급 구분
  · 운영속도, 환산통과톤수를 포함하여 구성
- 선로등급에 따라 기준을 다르게 적용하여 점검 및 유지보수 수행
- 등가환산통과톤수(T_f) 산정

$$T_f = S_v\,(T_v + K_t T_{tv}) + S_m\,(K_m T_m + K_t T_{tm})$$

Tv : 일일 평균 객차 통과톤수(영차로고려) **Tm : 일일 화차 통과톤수(영차로고려)**
Ttv : 일일 평균 객차용기관차 통과톤수 **Ttm : 일일 평균화차용기관차 통과톤수**
Kt : 기관차계수(=1.4)
Km : 화차계수
Km= 1.15 : 일반적인 경우
Km= 1.30 : 축중20.0 ton이교통의 50% 초과 또는 축중22.5 ton이 교통의25% 초과하는 경우
Km= 1.40 : 축중20.0 ton이교통의 75% 초과 또는 축중22.5 ton이교통의 50% 초과하는 경우
Sv : 여객열차 속도계수 (최고속도) / Sm : 화물열차 속도계수 (평균속도)

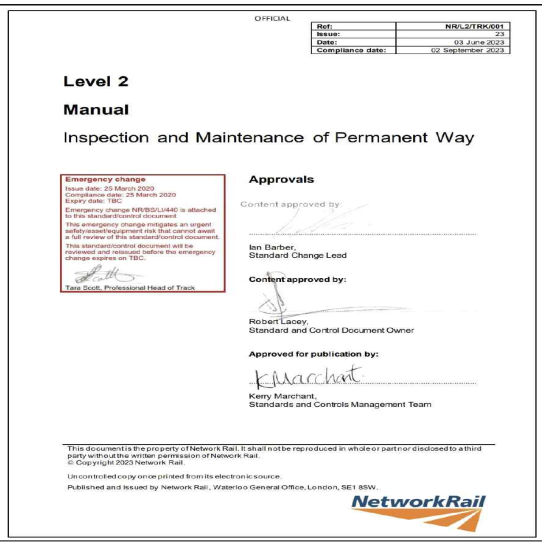
Sv(Sm) = 1.00 : 000km/h <V ≤ 060 km/h	Sv= 1.35 : 130 km/h < V ≤ 160 km/h
Sv(Sm) = 1.05 : 060 km/h < V ≤ 080 km/h	Sv= 1.40 : 160 km/h < V ≤ 200 km/h
Sv(Sm) = 1.15 : 080 km/h < V ≤ 100 km/h	Sv= 1.45 : 200 km/h < V ≤ 250 km/h
Sv(Sm) = 1.25 : 100 km/h < V ≤ 130 km/h	Sv= 1.50 : 250 km/h < V

  · 축중 크기, 화물혼용율, 기관차 출력, 속도 등에 따라서 계수를 다르게 적용

- 선로등급 재산정
  · **Route Engineer가 매년 선로의 속도와 통과톤수를 계산하여 등급 재산정**
  · 재산정된 선로등급에 따라 차년도 점검계획 수립
  · 분기기와 분기기 사이의 통과톤수와 속도를 계산하여 각 구간의 선로등급을 조정하고, 합리적인 유지보수를 위해 일정 구간을 동일한 등급으로 산정

ㅇ 점검 및 유지보수 기준

* Level 2 Manual : Inspection & Maintenance of Permanent Way



OFFICIAL

Ref:	NR/L2/TRK/001
Issue:	23
Date:	03 June 2023
Compliance date:	02 September 2023

Level 2

Manual

Inspection and Maintenance of Permanent Way

Emergency change
Issue date: 25 March 2020
Compliance date: 25 March 2020
Expiry date: TBC
Emergency change NR/BS/LI/440 is attached to this standard/control document.
This emergency change mitigates an urgent safety/asset/equipment risk that cannot await a full review of this standard/control document.
This standard/control document will be reviewed and reissued before the emergency change expires on TBC.
Tara Scott, Professional Head of Track

Approvals

Content approved by:

Ian Barber,
Standard Change Lead

Content approved by:

Robert Lacey,
Standard and Control Document Owner

Approved for publication by:

Kerry Marchant,
Standards and Controls Management Team

This document is the property of Network Rail. It shall not be reproduced in whole or part nor disclosed to a third party without the written permission of Network Rail.
© Copyright 2023 Network Rail.
Uncontrolled copy once printed from its electronic source.
Published and issued by Network Rail, Waterloo General Office, London, SE1 8SW.

NetworkRail

Module number	Title	Issue No.	Date
NR/L2/TRK/001/mod09	Loss of rail section	6	01.12.2012
NR/L2/TRK/001/mod10	Rail profile management	6	02.12.2012
NR/L2/TRK/001/mod11	Track geometry - inspections and minimum actions	11	05.03.2022
NR/L2/TRK/001/mod12	Track geometry - maintenance design requirements	8	07.09.2019
NR/L2/TRK/001/mod13	Confirming track is safe for selected linespeed after work	8	07.09.2019
NR/L2/TRK/001/mod14	Managing track in hot weather	8	03.06.2023
NR/L2/TRK/001/mod15	Managing track in cold weather	6	02.12.2012
NR/L2/TRK/001/mod16	Adjustment switches	7	06.09.2014
NR/L2/TRK/001/mod17	Sidings	6	02.12.2012
NR/L2/TRK/001/mod18	Buffer stops	7	04.09.2021
NR/L2/TRK/001/mod19	Track Inspection Handbook	6	02.12.2012
NR/L2/TRK/001/mod20	Plain Line Pattern Recognition Management	2	05.12.2021

유지보수 매뉴얼과 목차

Table 2 – Minimum Frequency of Section Manager and Track Maintenance Engineer Inspections

		Track Category						
Activity	**Qualifier**	**1A**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Section Manager inspection of plain line jointed track		N/A	8 weekly	8 weekly	13 weekly	13 weekly	13 weekly	13 weekly
Section Manager inspection of plain line CWR	Flat bottom rail on concrete or steel sleepers [1] with pandrol, SHC or vossloh fastenings.	16 weekly	16 weekly)	16 weekly	16 weekly	26 weekly (see note 2)	26 weekly (see note 2)	26 weekly (see note 2)
Section Manager inspection of plain line CWR	All other types of construction.	16 weekly	16 weekly	16 weekly	16 weekly	16 weekly	16 weekly	16 weekly
Section Manager inspection of strengthened S&C	Fully welded shallow depth switches, cast crossings on concrete bearers	13 weekly	13 weekly	13 weekly	13 weekly	26 weekly	26 weekly	26 weekly
Section Manager inspection of S&C	S&C not included in the above	8 weekly	8 weekly	8 weekly	13 weekly	13 weekly	13 weekly	13 weekly
Track Maintenance Engineer inspection		2 yearly	2 yearly	2 yearly	2 yearly	2 yearly	2 yearly	2 yearly
Section Manager cab riding	8 weekly where cant deficiency exceeds 150mm	8 weekly	8 weekly	13 weekly	26 weekly	26 weekly	26 weekly	26 weekly
Track Maintenance Engineer cab riding	13 weekly where cant deficiency exceeds 150 mm	13 weekly	13 weekly	26 weekly	Annually	Annually	Annually	Annually

Note:
1. Can include a short length of wood sleepers (up to 60 metres) within the length.
2. Minimum inspection frequency for longitudinal timbers is 16 weekly.

선로 육안점검(도보순회) 최소 점검주기 기준

- 점검주기에 따라 <u>TME/TSM이 위험을 감지(점검)하고 위험을 평가하여 보수</u>
- <u>궤도의 종류와 상태, 점검자의 수준(Level)</u>에 따라 다른 점검주기를 규정

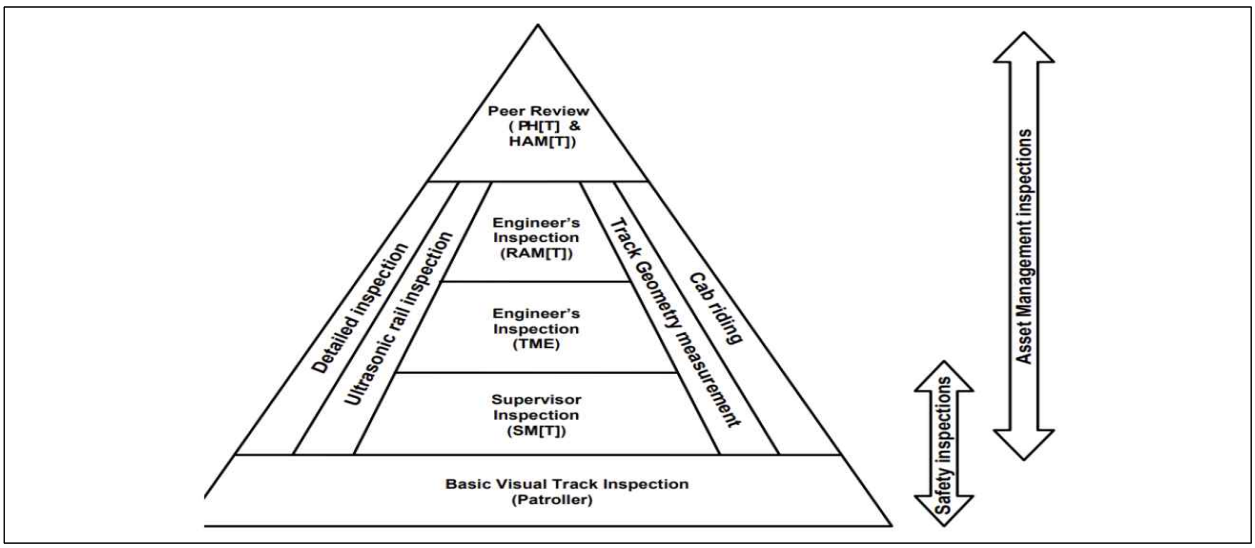
→ Network Rail 경험에 기반하여 산정된 점검주기로 **국내 도입시 한국철도공사, 전문가 등과 면밀한 협의를 거쳐 적절한 주기 제시 필요**

Table 3 – Maximum interval between inspections – Visual and detailed inspections	
Nominal planning interval	**Maximum interval between inspections**
Twice per week	4 days
Once per week	8 days
Once per 2 weeks	17 days
Once per 4 weeks	35 days
8 weekly	10 weeks
13 weekly	16 weeks
16 weekly	20 weeks
26 weekly	32 weeks
yearly	1 year & 8 weeks
Two yearly	2 years & 16 weeks
Maximum interval between inspections – PLPR inspection System	
Once per 4 weeks	13 weeks
This table can be applied to intervals for detailed inspections (unless otherwise stated)	

점점주기 유예기준

- 점검주기에 따른 유예기간 제시 : 보고서 작성과 보고를 위한 여유기간 반영

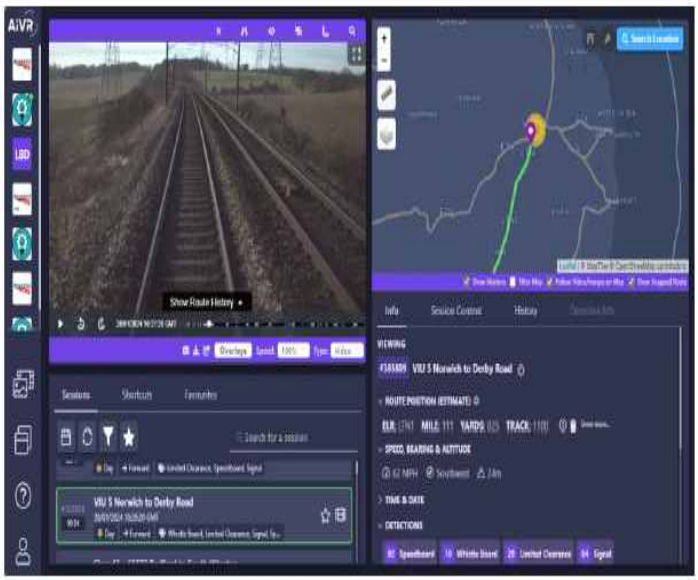
○ 선로점검 체계



- 선로는 건설당시의 수준과 속도 및 통과톤수에 따라서 점검주기 결정
- 점검 최대·최소주기 및 유지보수 한계값 등을 규정
- 위험(Risk)관리를 통해 궤도상태에 따라 점검주기 조정
  · 위험(Risk)관리 : 위험도가 낮은 구간에 대해 점검주기를 완화하여 인력을 다른 취약개소 점검과 유지보수에 활용하여 유지보수 효율화 도모(**위험도 높은 구간은 점검주기 단축**)
- TME, TSM : 주요 점검과 유지보수 의사결정을 하는 기술자
- 선로점검차가 운행하지 않는 선로는 도보순회로 점검 수행

○ 유지보수 동향

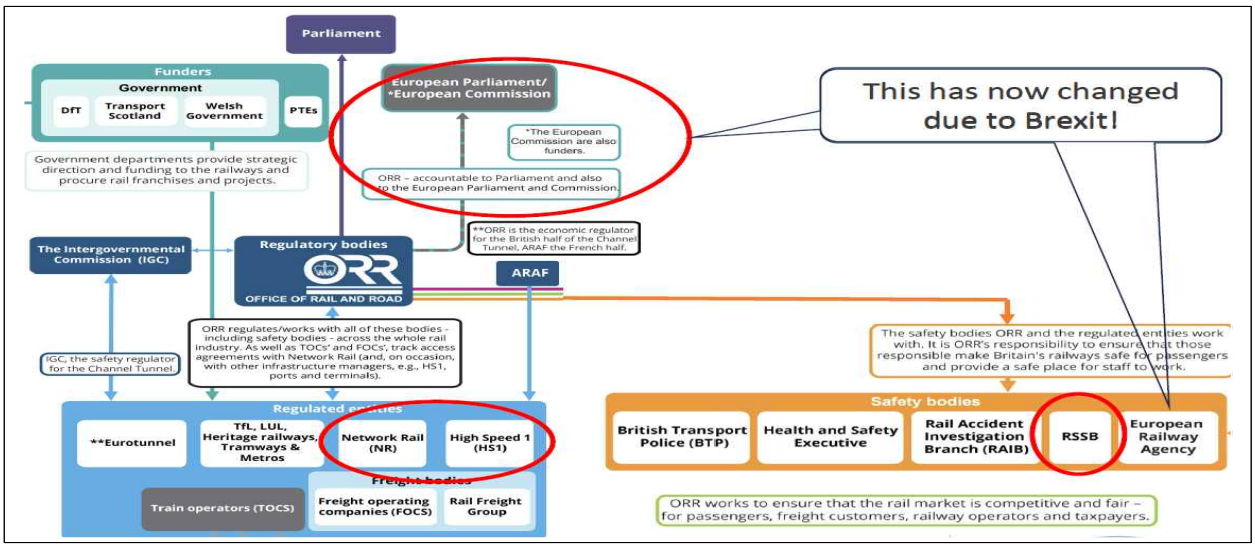
- **자동화 검측을 통한 도보순회 축소 추진**(선로점검차 영상 자동 분석기법)
  - · 점검차량 앞부분에 카메라 설치, 영상을 촬영하고 분석시스템으로 데이터 분석
  - · 전문가와 (현장)유지보수자 등과의 협업으로 최적의 기법 개발 중(고도화 추진)
  - · 장대레일의 좌굴안정성과 연관된 도상상태 점검·분석을 목적으로 활용



○ 영국철도 현황

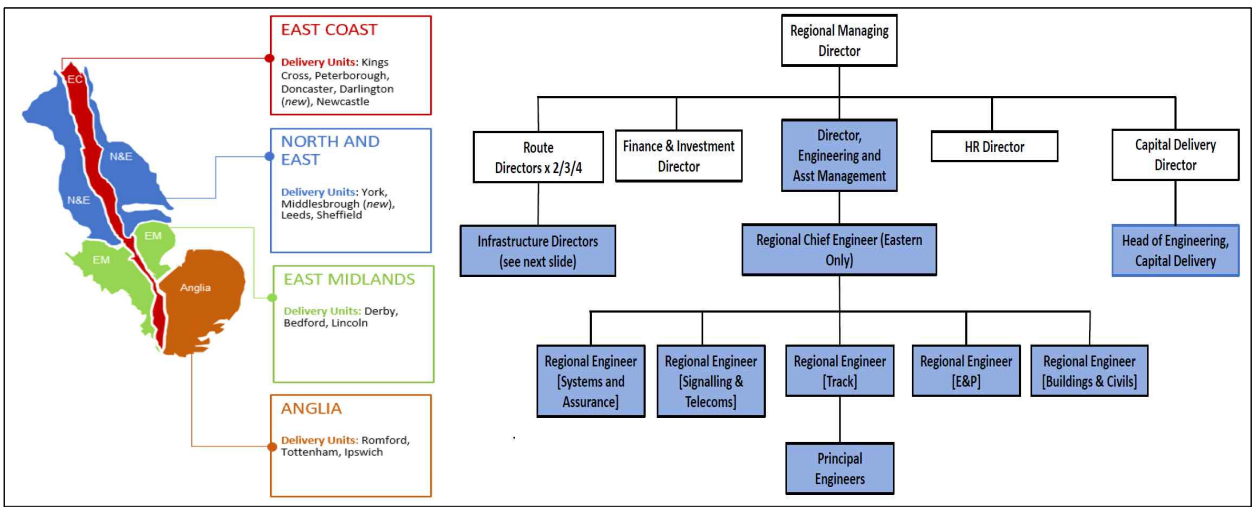
- 궤도연장 : 33,799km
  . 이음매 레일 : 3,570km
  . 장대레일 : 30,229km
- 분기기 : 19,800틀 (1.7km 마다 1틀)
- 침목 : 42,000,000정
- 구조물 현황
  . 교량 & 터널 : 35,000개소
  . 신호통신 박스 : 820개
  . 정거장 : 2,500개소
  . 건널목(레벨크로싱) : 7,000개소
  . 울타리 : 14,000miles(150년전 법제화)
  . 배수로 : 9,000miles
- 직원: 40,000명 이상
  . 유지보수 인력 약 14,000명(외주화도 큰 비중을 차지)

○ 영국철도 조직



- Brexit 이전 철도 조직도로 Brexit 이후도 유사함, EU의 기준을 따르지 않음
- ORR : 우리나라의 국토교통부와 같은 조직으로 철도시설과 관련된 법령과 안전관련 기준을 제정함(Network Rail, 고속선(HS1) 등 관장)
- RSSB : 철도가 민영화되면서 신설된 안전 관리기관

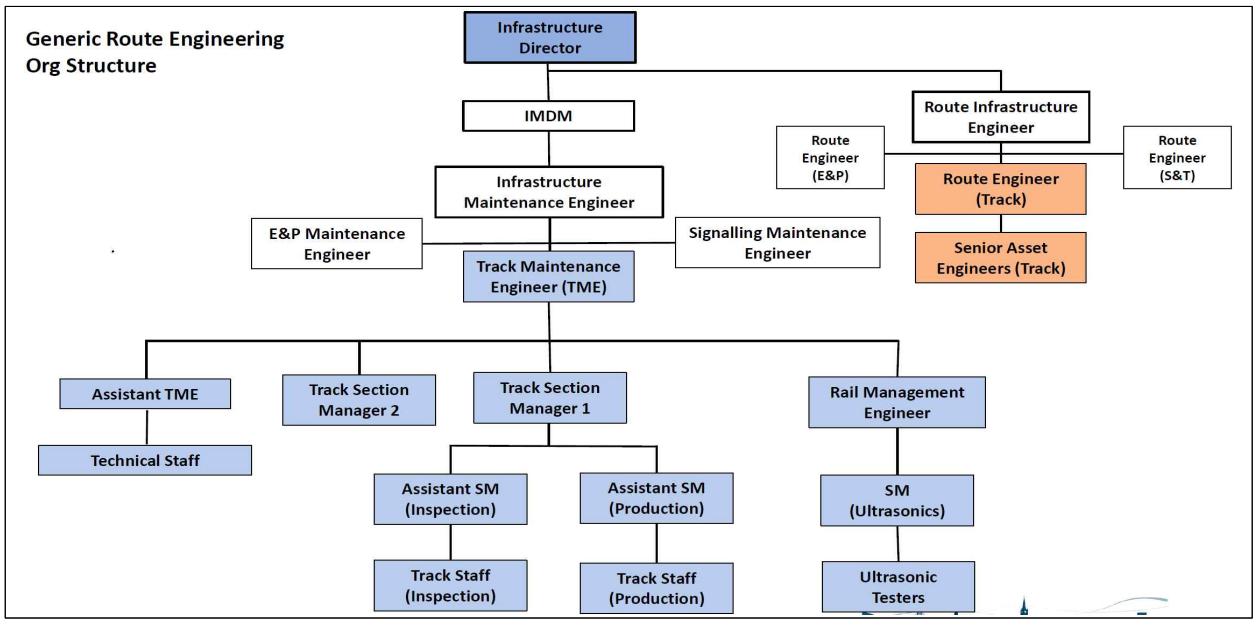
○ 동부 지역본부 현황



동부 지역본부 노선현황 및 Network Rail 조직도

- 지역본부내 4개의 독립적인 노선이 존재
- 1년 예산 10억 파운드(한화 1조 6,928억원)로 여객·화물 운송에 필요한 업무 수행
- 각 지역본부는 거의 독립적인 사업체로서 운영되고 있으나, 유지보수 조직은 같은 원칙에 따라 운영됨

ㅇ 철도시설 유지보수 조직



- 시설책임자 아래 Route Engineer(도보순회 담당)와 TME(선로관리담당)이 있으며, TME 아래 TSM 등 세부조직(검측, 보수반)으로 구성되어 있음

ㅇ 시사점 및 검토사항

① UIC 714의 통과톤수를 영국의 상황을 고려하여 선로등급체계 수립

→ 선로등급제 도입시, 국내 여건을 충분히 반영할 수 있도록 **철도유지보수 시행자 의견수렴 및 전문가 자문 등 시행(속도, 통과톤수 등 고려)**

② 검측·점검기준은 선로등급과 속도에 따라 다르게 정의

→ 선로등급에 따른 **검측·점검 및 유지보수기준 수립시 차등화(효율화) 방안 검토**

③ 도보순회를 줄이기 위해 선로·궤도검측차 활용, 점검차 미투입 선로는 도보순회 시행

→ **검측차 투입 및 도보순회 최소화 방안 검토**로 유지보수 효율화 검토

④ 위험도기반 유지보수(Risk-based Maintenance) 수행

· 궤도품질이 양호한 개소는 위험도(Risk)가 일정수준 이하가 되도록 관리하면서 점검주기 확대, 품질 양호개소 점검인력을 취약개소 점검과 유지보수에 투입하여 전체적인 궤도품질 향상 도모

→ 국내 선로등급제 도입 후, **위험도 기반 철도시설 유지관리기준 마련 필요**

□ UIC(국제철도연맹, 프랑스) - 2월 21일

회의개요

○ UIC(국제철도연맹)에 방문하여 연구관련 동향 및 협렵방안 협의

○ 참석자

UIC - Philippe Lorand, Director of Institutional Relations, Coordinator of the Asia Pacific Region - Laurent Frechede, Head of Rolling stock & Energy, Railway System Department - 범인철 차장, 한국철도공사 국제협력처(UIC 파견) - 김선중 차장, 국가철도공단 해외사업처(UIC 파견)
국토교통부 진해룡 사무관(철도전정책관 철도시설안전과) **국가철도공단** 조영남 부장, 박재일 과장(시설본부 시설계획처) **한국철도기술연구원** 김만철 박사, 최영태 박사(궤도노반연구팀)

○ 회의사진

주요 회의내용

○ UIC 714 – Classification of lines for the purpose of track maintenance

- 최초(1963.1월 제정) : 9등급('1972.1월 2차 개정)

714 R — - 2 -

The method of calculating the theoretical amount of traffic on a section of the track and the classification adopted are given in the following regulations.

1. – The classification of lines shall be based on a theoretical traffic value T_{f_2} calculated in accordance with the formula :

$$T_{f_2} = S \times T_{f_1}$$

in which T_{f_1} shall represent a theoretical tonnage expressed as follows :

$$T_{f_1} = T_v + K_m \; T_m + K_t \; T_t$$

In the formulae below :

T_v shall represent the daily passenger tonnage in gross tonnes hauled

T_m shall represent the daily goods tonnage in gross tonnes hauled

T_t shall represent the daily tractive unit tonnage in tonnes

K_m (1) shall be a coefficient which is normally equivalent to 1.15 and to 1.30 for lines carrying traffic with an axle load of 20 tonnes

K_t (1) shall be a coefficient equal to 1.40

S shall be a coefficient representing the quality of the track with the following values :

S = 1 Lines without passenger traffic or carrying essentially local passenger traffic

(1) K_m and K_t shall be coefficients taking into account the load and capacity of the present axles at the same time.

- 3 — 714 R

S = 1.10 Lines on which the passenger traffic includes trains running at a speed no higher than 120 km/h.

S = 1.20 Lines on which the passenger traffic includes trains running at more than 120 km/h but less than 140 km/h.

S = 1.25 Lines on which the passenger traffic includes trains running at a speed of more than 140 km/h.

2. – The lines shall be classified into nine groups, according to the value of their theoretical traffic, as indicated below :

Group 1			T_{f_2}	>	120,000
Group 2	120,000	≥	T_{f_2}	>	85,000
Group 3	85,000	≥	T_{f_2}	>	50,000
Group 4	50,000	≥	T_{f_2}	>	28,000
Group 5	28,000	≥	T_{f_2}	>	14,000
Group 6	14,000	≥	T_{f_2}	>	7,000
Group 7	7,000	≥	T_{f_2}	>	3,500
Group 8	3,500	≥	T_{f_2}	>	1,500
Group 9	1,500	≥	T_{f_2}		

3. – a) The lines shall be classified track by track, but should Railways consider it advisable, they may include two tracks (or more if necessary) on the same line or section of line under the same classification.

- 현행(2009.2월 개정) : 6등급

1 - Theoretical traffic

Line classification shall be determined on the basis of a theoretical traffic load Tf expressed by the following formula:

$$Tf = Sv \cdot (Tv + Kt \cdot Ttv) + Sm(Km \cdot Tm + Kt \cdot Ttm)$$

Where:

Tv the mean daily passenger tonnage in gross tonnes hauled

Tm the daily freight tonnage in gross tonnes hauled

Ttv the mean daily tonnage of tractive units used in passenger traffic, in tonnes

Ttm the mean daily tonnage of tractive units used in freight traffic, in tonnes

Km a coefficient allowing both for the influence of the load and wear effect of freight bogies, and which normally corresponds to the following value:

Km = 1,15

and, for tracks handling heavy loads:

Km = 1,30 for traffic based primarily on 20 t axle-loads (> 50 % of traffic) or for a significant proportion of traffic with 22,5 t axle-loads (> 25 % of traffic)

or

Km = 1,45 for traffic based primarily on 22,5 t axle-loads (> 50 % of traffic) or for traffic largely consisting of 20 t or heavier axle-loads (> 75 % of traffic)

Kt a coefficient that allows for the traction-motor axle wear factor, and is equal to 1,40.

Sv and Sm are coefficients that allow for train running speeds.

Sv relates to the speed of the fastest passenger trains.

Sm relates to the speed of ordinary freight trains.

These coefficients shall be assigned the following values:

Sv (Sm) = 1,00 when		V ≤ 60 km/h
Sv (Sm) = 1,05 when	60 km/h <	V ≤ 80 km/h
Sv (Sm) = 1,15 when	80 km/h <	V ≤ 100 km/h
Sv (Sm) = 1,25 when	100 km/h <	V ≤ 130 km/h
Sv = 1,35 when	130 km/h <	V ≤ 160 km/h
Sv = 1,40 when	160 km/h <	V ≤ 200 km/h
Sv = 1,45 when	200 km/h <	V ≤ 250 km/h
Sv = 1,50 when	250 km/h <	V

2 - Track classification

The lines shall be classified into 6 groups, according to the value of their notional traffic, as indicated below:

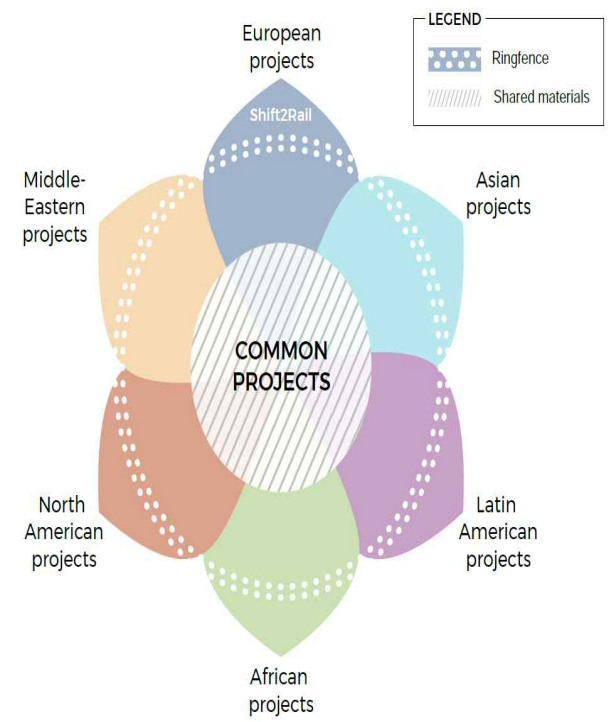
Group 1	130 000 t/j < Tf
Group 2....	80 000 t/j < Tf ≤ 130 000 t/j
Group 3....	40 000 t/j < Tf ≤ 80 000 t/j
Group 4....	20 000 t/j < Tf ≤ 40 000 t/j
Group 5....	5 000 t/j < Tf ≤ 20 000 t/j
Group 6....	Tf ≤ 5 000 t/j

· UIC는 6개 등급 제시

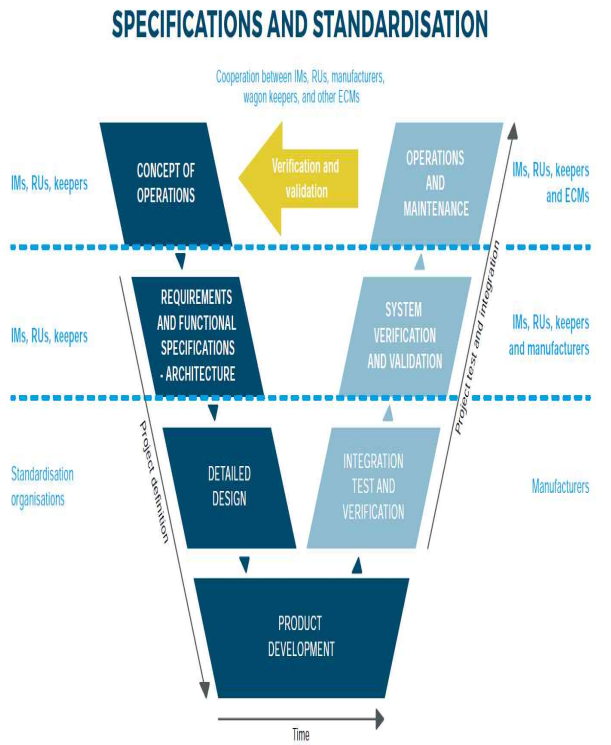
· <u>영국은 7개 등급, 프랑스는 9개 등급</u>으로 구분하여 점검·유지보수 시행

· <u>독일은 선로등급 구분 없이 **운영속도에 따라 점검·유지보수 주기를 차등적용**</u>

ㅇ UIC 연구관련 동향



6개 지역 협력 개념도



지침·기준 관련 협력 개념도

- 6개 지역의 유기적인 협력을 도모 및 철도관련 기준·지침에 대한 제안
- UIC 2030 Vision : **Sustainable Development (지속가능한 발전)**
  · 승용차/화물차 이용을 줄이고 고속열차 용량을 2배까지 증가하여 탄소배출량 감소

* 세부목표

(1) TRANSFORMING CITIES AND CONNECTING COMMUNITIES

- TRANSPORT-ORIENTED DEVELOPMENT, LIGHTER TRAINS AND GREEN CITY LOGISTICS CREATING LIVEABLE CITIES AND CONNECTED COMMUNITIES

(2) ENERGY, TECHNOLOGY AND INNOVATION

- A LEADING ROLE IN THE RACE TO ZERO CARBON AND THE RENEWABLES REVOLUTION

(3) INTERMODALITY AND THE SEAMLESS CONNECTION

- RADICAL INNOVATIONS IN PHYSICAL AND DIGITAL CONNECTIVITY WITH OTHER MODES FOR A DOOR-TO-DOOR SERVICE

(4) CUSTOMER EXPERIENCE

- THE CULTURAL TRANSFORMATION FOR RAIL TOWARDS A MORE CUSTOMER-FOCUSED SERVICE FOR THE CHANGING NEEDS AND BEHAVIOURS OF FREIGHT AND PASSENGERS

○ 아시아-태평양 지역

- 철도관련 연구프로젝트
  - · 2개 그룹 : 선로, 교량 및 터널
  - · 3개 프로그램 : 자동화 및 데이터기반 의사결정, 기후변화, 기준 및 규정
  - · 6개 프로젝트 수행 중

* 프로젝트

(1) Stabletrack - Track Stability and prevention of buckling
(2) BRD - Broken Rail Detection
(3) RFID+AVRIS - RFID tagging for Track Components + Automated Video Railway Inspection System (AVRIS)
(4) D4R-Bridge/D4R-PT - Harmonised methodology for drone use
(5) ROB Inspection - Robotic based Inspection Sensor Monitoring Switch and Crossing (S&C)
(6) RERA-Rain - Resilient railways facing flooding

○ OPT-In Project

- UIC 자체 예산을 받아 수행하는 연구과제 이외에 회원국들이 필요한 연구과제에 상호 출자하여 연구를 수행하는 형식의 과제
- 회원국의 지분율만큼 출자하여 참여하는 형태
- 국제적인 기술교류와 현안사항 해결을 위한 합리적인 형태의 과제

○ UIC-한국 협력방안 협의

- 협력방안
  - · 지속적인 파견을 통한 협력(현재 공단, 한국철도공사에서 각 1명씩 파견 중)
  - · UIC 연구과제를 통한 협력 : 공단, 공사, 연구원에서 지속적인 지원과 연구 필요

○ 시사점 및 검토사항

① UIC 유지보수관련 기준(UIC 714 등) 및 연구현황 확인 필요
② 연구과제 및 국제기구 행사에 참여하여 국제협력관계 구축 및 한국철도 위상 제고

□ SNCF(프랑스) - 2월 22일

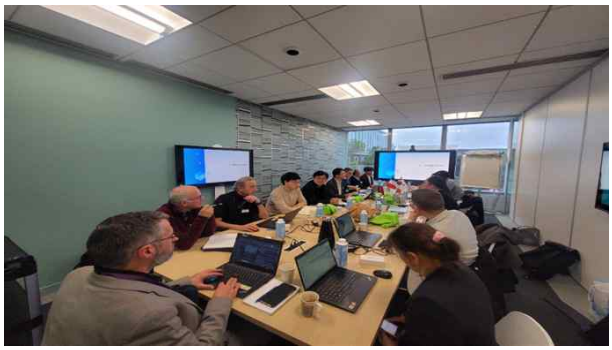
회의개요

○ Saint-Denis에 위치한 SNCF Réseau에 방문하여 선로등급제 적용 현황, 점검 및 유지보수 주기 조사

○ 참석자

SNCF - Alain THIEBAUT (Head of LGV Division) - Frédéric TERRASSON (Head of Track Maintenance Subdivision) - Thierry VICOL (Head of Onboard Measurement Systems Section) - Romain GAILLARDON (Head of Rails-US Section) - Marc LEDET (고속선 유지보수 전문가), Eric HOULBERT - Mme. Anne ROLLAND (Head of International Synergies) - M. Bruno FORTIN (Dputy manager of the delegations and protocol division)
국토교통부 진해룡 사무관(철도전정책관 철도시설안전과) **국가철도공단** 조영남 부장, 박재일 과장(시설본부 시설계획처) **한국철도기술연구원** 김만철 박사, 최영태 박사(궤도노반연구팀)

○ 회의사진

주요 회의내용

ㅇ 프랑스의 선로등급제 적용 현황

- UIC 714 기준 준용, **속도와 차량중량을 바탕으로 통과톤수를 산정하고 선로를 9개 등급으로 구분**

<SNCF 선로등급 기준>

등급	1일 통과톤수	통과톤수 산정식
Groupe 1	Tf > 120,000t	Tf2 = S(Tv + Km.Tm+ Kt.Tt) · Tf2 : Fictitious traffic, to be compared to the UIC groups, which represents fictitious traffic, calculated by taking into account the tonnages (passengers, goods, traction), the speed effect of passenger trains, and the weight effect of goods traffic. · S : Coefficient reflecting the speed effect of passenger trains · Tv,m,t : passenger tonnages, goods, traction · Km : coefficient reflecting the weight effect of goods traffic · Kt : coefficient set at 1.4
Groupe 2	120,000t ≥ Tf > 85,000t	
Groupe 3	85,000t ≥ Tf > 50,000t	
Groupe 4	50,000t ≥ Tf > 28,000t	
Groupe 5	28,000t ≥ Tf > 14,000t	
Groupe 6	14,000t ≥ Tf > 7,000t	
Groupe 7 AV ou SV	7,000t ≥ Tf > 3,500t	
Groupe 8 AV ou SV	3,500t ≥ Tf > 1,500t	
Groupe 9 AV ou SV	1,500t ≥ Tf	

- 신설시 예상되는 운행횟수를 가정하여 선로등급을 산정, <u>개통이후 축적되는 데이터를 이용하여 선로등급을 매년 재산정</u>
- 유지보수 효율성을 고려하여 <u>선로등급 최소 단위를 50km로 설정</u>
- 선로등급 기준 개선 방향
  · 유지보수 비용과 각 노선의 중요도(속도, 열차횟수, 이용승객수 등)를 고려한 선로등급 구분 방안 제시

※ 현재 적용하지 않지만, 경제성을 고려하여 아래와 같이 4등급으로 선로관리를 계획하고 있음

<노선의 중요도를 고려한 선로등급 개선 방향>

등급구분	설명
Mass Transit	. 대도시 주변의 운행횟수와 이용승객이 많은 주요 노선 . 파지 주변지역 (Greater Paris Area)
Haute Performance (High Performance)	. 주요도시간 이동 노선, 운행량이 많은 지역 등
Standard 1	. 실제적인 최상의 궤도품질을 유지(Best quality in practice) . 즉, 궤도품질과 유지보수비용간의 최적화 도모
Standard 2	. 운행횟수가 적은 노선 (한산선구) . 유지보수 비용 최적화(비용절감)을 주요 목표로 설정

ㅇ 검측·점검 및 유지보수

- 검측 및 유지보수 종류

· 모니터링(Monitoring): 예방유지보수 사이에 파괴 위험이 없음을 확인하기 위하여 수행 · 주기적 예방유지보수(systematical preventive maintenance) : 체계적으로 수행 · 상태기반 예방유지보수(conditional preventive maintenance) : 특정 수치를 관측하여 일정 수준을 초과하면 수행 · 예측/예방 유지보수(predictive preventive maintenance) : 결함발생 가능성을 평가하여 전조현상에 기반하여 수행 · 사후유지보수(corrective maintenance) : 절손 등의 결함이 발생한 이후에 수행 → 단순 예측(forecast)후 수행하는 유지보수보다는 열화도를 예측(Predictive)하여, 즉 파괴를 사전에 예측하여 파괴에 도달하기 전에 수행하는 예측유지보수로 전환

- 검측·점검 대상 및 방법

점검 대상	점검방법	설 명
궤도	도보	· 궤도를 따라 걷거나 정거장 주변에서 걸으며 점검
	이동체 이용	· 모터카 등 이동할 수 있는 장비에 앉아서 점검을 수행 · 보통속도로 운행을 하며 결함 발견시 단순한 공구로 결함을 유지보수하기 위해 정지할 수 있음
	자동화 점검	· 특정 장비로 궤도를 측정할 수 있고 구성품의 상태를 자동으로 분석할 수 있음, 경우에 따라서 사후분석을 수행할 수 있으나 실시간 분석을 일컫음
	반자동화 점검	· 자동화 점검과 유사하나 사후분석이 필요한 점검을 말함
	열차순회	· 운전석이나 열차 뒤편에 앉아서 육안 검측
철도시설	도보순회	· 유지보수자가 선로를 따라가면서 육안점검 수행
	이동체 이용	· 열차나 모터카 등을 이용하여 궤도주변 시설물을 점검 · Shunter(열차견인에 사용되는 소형기관차)를 사용할 수 있음

- 점검주기

· 점검주기 결정요소 : ①UIC 선로등급, ②노반(도상) 상태, ③점검·검측 방법(자동·반자동), ④점검·검측 기술자 등급

· 점검주기 구분 : 160km/h 이상인 경우 2~3배정도 짧은 검측주기 적용

· 선로, 이음매 등 : 5주 1회 / 울타리, 철도시설물 주변 등 : 8주 1회

- 레일 점검 : 육안점검과 초음파탐상으로 구분

- 육안점검 : 모든 노선 1년 1회 점검 - 초음파탐상 : UIC 선로등급에 따라 다르게 적용 · 속도, 레일 경과년수, 궤도회로당 레일 절손 정도를 기반으로 탐상주기 결정 · 수동탐상기 : 탐상차 지적개소나 특정 결함/파손이 발견된 곳 - 초음파탐상 주기 · 일반 검측주기(평시 / 예 : 1등급인 경우 6~9주마다 탐상) · 강화된 검측주기(주의관찰 / 예 : 1등급인 경우, 4~6주마다 탐상)

- 궤도틀림 검측 기준

- UIC 등급과 속도 · 속도 : 220km/h를 기준으로 구분 · UIC 등급: 1~4등급, 5~6등급 = 2회/연, 7~9등급 = 1회/1년 - 고속선은 UIC 등급을 적용하지 않음 : 15일 1회 측정 · 220km/h 이상인 고속선 : 2개월 1회, 가속도는 15일마다 측정 - V ≤ 160km/h · 단파장대역 측정은 필수, 장파장대역 측정은 선택 - 160km/h < V ≤ 220km/h · 단파장과 장파장 대역 측정 - 220km/h < V · 단파장과 장파장 대역 측정 + 가속도 측정

ㅇ 시사점 및 검토사항

① UIC 714 기준 따라 선로등급 구분

→ 선로등급제 도입시, 국내 여건을 충분히 반영할 수 있도록 **철도유지보수 시행자 의견수렴 및 전문가 자문 등 시행(속도, 통과톤수 등 고려)**

② 선로등급 외 다른 조건(속도, 궤도상태 등)을 고려하여 검측주기를 차등 적용

→ 선로등급과 선구별 특성(속도, 통과톤수, 궤도구성품 등)를 고려하여 **검측·점검 및 유지보수기준 수립시 차등화(효율화) 방안 검토**

□ SYSTRA(프랑스) - 2월 23일

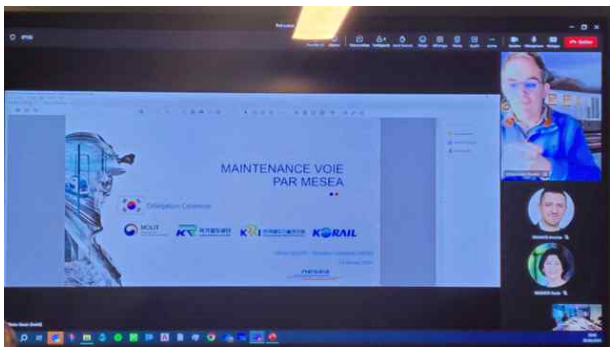
회의개요

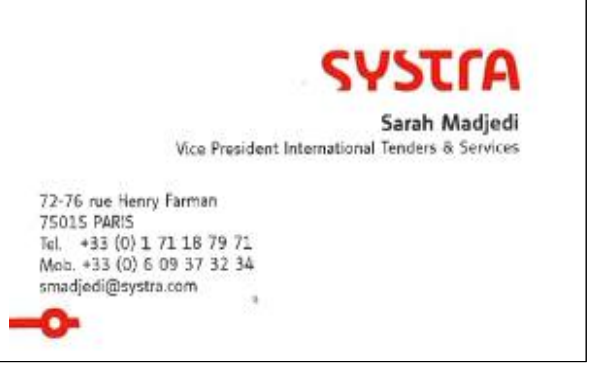
○ JAVEL에 위치한 SYSTRA에 방문하여 선로등급제 적용 현황(SNCF와 같음), 점검 및 유지보수 현황, 민자고속철도 유지보수 현황 등 조사

○ 참석자

SYSTRA - Sarah Madjedi, Vice President, International Tenders & Services - Emily Salazar, Studies Track Manager - Jean Christophe Roussel, Director, Rail Infrastructure Department, Technical Coordination and Tenders - Olivier Gouin, MESEA(민자 고속철도 유지보수 담당자) - 화상회의
국토교통부 진해룡 사무관(철도전정책관 철도시설안전과) **국가철도공단** 조영남 부장, 박재일 과장(시설본부 시설계획처) **한국철도기술연구원** 김만철 박사, 최영태 박사(궤도노반연구팀)

○ 회의사진





주요 회의내용

ㅇ **프랑스의 선로등급제 적용 현황**(SNCF 조사내용 외)

- 선로등급 (재)산정 예시

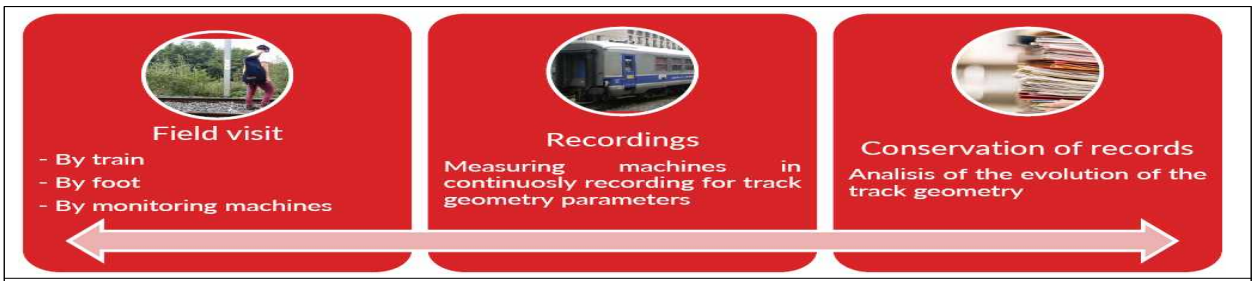
(1) 각 구간별 열차 종류, 운행관련 정보, 여객/화물열차, 편성수 등의 데이터가 저장됨
(2) 운영계획과 실제 운영결과로 구분됨
(3) 여객열차 = 만차 기준으로 중량 산출
화물열차 = 빈화차와 화물운송화차로 구분하여 중량산출
(4) 위의 정보가 아래 같이 엑셀자료로 제공됨
· 이를 바탕으로 구간별 통과톤수(UIC 714 기준)를 계산하여 등급을 산정함
· 보수적인 유지보수를 위해 높은 등급으로 주변구간의 선로등급을 산정함

													CIRCULATIONS MOYENNES JOURNALIERES									MOYENNE TONNAGE BRUT COMPLET								
													VOYAGEURS					FRET				VOYAGEURS					FRET			
Année	N°MacroSeg	Code Ligne	LIB Ligne	Rang	PK DÉBUT	PK FIN	Km Seg	Infrapôle	LIB MSEG DÉBUT	LIB MSEG FIN	GP UIC	SENS	TGV	TER	Autres Voy	IDF	TOTAL VOY	Trains FRET	HLP	TOTAL FRET	TOTAL	TGV	TER	Autres Voy	IDF	TOTAL VOY	Trains FRET	HLP	TOTAL FRET	TOTAL
2022	1001	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	0,052	2,129	2,129	INFRAPOLE Paris-Est	Paris Est	Paris La Villette	6 0 2	1	60,4	30,7	2,4	226,6	**324,0**	0,9	0,0	**0,9**	325	35 361	8 832	808	141 216	**186 257**	265	3	**269**	186 565
2022	1001	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	0,052	2,129	2,129	INFRAPOLE Paris-Est	Paris Est	Paris La Villette	6 0 2	2	60,3	30,2	2,3	226,9	**320,8**	0,9	0,0	**0,9**	322	36 960	8 668	822	139 479	**185 869**	260	3	**263**	186 132
2022	1001	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	0,052	2,129	2,129	INFRAPOLE Paris-Est	Paris Est	Paris La Villette	6 0 2	T	120,7	62,9	4,7	455,5	**644,8**	1,8	0,1	**1,8**	647	72 261	17 551	1 630	280 594	**372 166**	525	6	**531**	372 697
2022	1002	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	2,129	4,460	2,331	INFRAPOLE Paris-Est	Paris La Villette	Pantin	2	1	60,0	30,6	2,4	277,8	**371,9**	1,4	0,1	**1,5**	373	35 188	8 882	805	173 595	**218 461**	410	14	**425**	218 885
2022	1002	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	2,129	4,460	2,331	INFRAPOLE Paris-Est	Paris La Villette	Pantin	2	2	60,5	31,1	2,4	276,6	**370,6**	1,4	0,1	**1,5**	372	36 960	8 855	830	172 304	**218 349**	385	14	**399**	218 748
2022	1002	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	2,129	4,460	2,331	INFRAPOLE Paris-Est	Paris La Villette	Pantin	2	T	120,5	62,0	4,8	554,5	**742,5**	2,7	0,2	**2,9**	745	72 148	17 537	1 635	345 480	**437 810**	796	28	**824**	438 634
2022	1003	1000	Ligne de Paris-Est à Mulhouse-Ville	1	4,460	6,336	1,876	INFRAPOLE Paris-Est	Pantin	Noisy le sec	2	1	49,2	27,7	2,0	273,2	**352,1**	1,8	0,4	**2,3**	354	29 410	8 060	736	171 759	**209 964**	618	46	**664**	210 628

구간별 열차운행 정보

ㅇ 유지보수 현황

- 궤도틀림 검측(도보·열차순회, 검측차) → 검측·기록 → **데이터 축적·분석**
  · 궤도 안정성 확보로 승차감 향상 도모



궤도틀림 검측 및 분석

- 고속철도의 경우 절대선형관리 수행
  · 특정 프로그램으로 선형측정 및 설계를 시행하여 절대선형관리
  · 전철주 등에 설치된 기지점(bench mark)를 통해 궤도의 절대좌표(절대선형) 관리

<고속철도 궤도구성품의 수명>

Component	Life cycle
Rail grade 700	400 – 500 Moi Ton
Rail grade 900	600 – 700 Moi Ton
Switches	No specific data available
Wooden sleepers	Not of general use on high-speed lines (expected life cycle of 25 years)
Concrete sleepers	40 years
Slab track	60 years
Fastenings	40 years
Ballast	35 years(depending on its initial quality, the type of traffic, the number of tamping cycles, etc

ㅇ 고속철도 점검주기

TYPE OF SURVEILLANCE	OBJECT OF INSPECTION	INTERVALS		
		UIC 1 and 2	UIC 3 and 4	UIC 5 and 6
Inspection of turns	Running track and OCL on foot	2 months	2 months	2 months
	Running track in front or rear cabin	2 weeks	2 weeks	3 weeks
	Switches and crossings	5 weeks	5 weeks	6 weeks
	OCL in front or rear cabin	6 months	6 months	8 months
	Line sides	5 weeks	5 weeks	5 weeks
Recordings of - Track - OCL system	Track level and alignment faults, including long waves: - conventional recording car °ballasted track °slab track - vertical and lateral accelerations (axle boxes and body)	 2 months 3 months 1 week	 3 months 4 months 2 weeks	 4 months 6 months 3 weeks
	Geometry of the OCL Wear on the contact wire	6 months 1 year	6 months 2 years	8 months 3 years
	Ultrasonic testing	See details in table 2C		
	Corrugation testing*	1 year	2 years	3 years
	Recording of the ballast profile	1 year	1 year	1 year
Switches and crossings	Visual safety check (except for safety critical dimensions)	See details in table 2D		
	Verification of safety critical dimensions			
	Detailed verification			

고속철도 점검 주기

Type of verification		UIC Category		
	Age of the switch	1 & 2	3 & 4	5 & 6
Detailed verification	< 3 years	Once in the period	Once in the period	Once in the period
	> 3 years < =6 years	Twice in the period	Once in the period	Once in the period
	> 6 years	1 year	1 year	1 year
Visual safety check	< 6 years	1 year	1 year	1 year
	> 6 years	6 months	1 year	1 year
Verification of safety critical dimensions	< 6 years	3 months	6 months	1 year
	> 6 years	2 months	4 months	6 months

분기기 구간 점검 주기

Ultrasonic control with heavy equipment	UIC Category		
	1& 2	3 & 4	5 & 6
Before commencement of operations	once	once	Once
Cumulative load carried <200 million tons	Once per year	Once per year	Once per year
Cumulative load carried > 200 million tons and <400 million tons	Twice per year	Once per year	Once per year
Cumulative load carried >= 400 million tons	3 times per year	Twice per year	Once per year

초음파탐상(분기기 구간)

ㅇ 민자고속철도 관리 - 투르(TOURS) ~ 보르도(BORDEAUX) 구간

- Systra는 노선연장 300km(궤도연장 600km) 구간을 계획하였고, 40%의 지분을 갖고 있으며, 현재는 유지보수를 전담하고 있음('17.7.1 개통)
- 민자고속철도 유지보수

Category			Means	SEA high speed line
Track Maintenance	Track Geometry		Track Geometry Inspection vehicle	Twice per month
	General		Work force	Every 10 weeks
	General		Track Inspection Vehicle	None
	Track Geometry		Vibration Acceleration of Vehicles	None
Track Materials	Rail	Visual appearance	Work force	Every 10 weeks
		Visual appearance	Vehicle/car inspection	None
		Internal defects	Ultrasonic Inspection	Once per year (Main lines) Once every two years (Connections)
	Turnouts	General	Work force	Every 10 weeks
		Precise	Work force	Every 3 or 6 months
		Global safety check Workforce		Ounce per year
		Internal defects	Ultrasonic Inspection	Ounce per year
	REJ	General	Work force	Every 10 weeks
		Precise	Work force	One per year
	Rail Fasteners		Work force	Every 10 weeks
	PSC Sleepers		Work force	Every 10 weeks
	Ballast	Gravel	Vehicle inspection	Twice per month
		Concrete	-	Non Concrete tracks

민자고속철도 유지보수 점검주기

- 궤도검측과 선로점검 장비 : DRING(측정속도 90km/h, 2주 1회 측정)
  · 궤도틀림 및 자갈도상 부족여부 측정, Data를 축적하여 유지보수 계획 수립

궤도검측 트롤리

검측모듈

LiDAR

* DRING : 궤도검측장비로 검측모듈과 LiDAR를 트롤리에 부착하여 궤도점검 수행

- 민자고속철도구간 유지보수의 특징
  - · 유지보수인력은 신규입사부터 **시설(궤도), 시스템분야 통합교육 및 유지보수 시행으로 효율화 증대(투입 인력·비용 최적화)**
  - · 분기기도 시설(궤도)·시스템 분야를 한 팀으로 구성하여 유지보수 담당

ㅇ 시사점 및 검토사항

① 열차운행정보(기록)을 바탕으로 선로등급을 매년 재산정

→ 선로등급 재산정을 위한, **열차운행정보 기록 활용방안 검토 필요(한국철도공사 협의)**

· 한국철도공사에서는 X-ROIS로 열차운행정보 관리중으로 활용방안 검토 필요

② 민자고속철도 유지보수 효율화 사례

· 시설(궤도)·시스템분야 모두 점검가능한 인력 양성(직무범위 확대)으로 점검과 유지보수 효율화(예산 절감)

→ 국내 유지보수 인력의 직무범위 확대, 유지보수 조직 개편(시설, 시스템 통합 운영) 등 **유지보수 인력의 효율화 방안 검토(한국철도공사 협의)**

□ TUM(Technical University of Munich, 독일) - 2월 26일

회의개요

○ TUM(Technical University of Munich)에 방문하여 레일 수명 등 철도 관련 연구 동향 및 개발중인 기술 현황 조사

○ 참석자

TUM - Stephan Freudenstein, Prof. Dr.-Ing, Technical University of Munich
국토교통부 진해룡 사무관(철도전정책관 철도시설안전과) **국가철도공단** 조영남 부장, 박재일 과장(시설본부 시설계획처) **한국철도기술연구원** 김만철 박사, 최영태 박사(궤도노반연구팀)

○ 회의사진

주요 회의내용

ㅇ 철도관련 연구 현황

- Streo 카메라와 3D 카메라 기반 DIC 기법을 이용한 궤도(레일, 침목, 분기기) 변위 측정 기술 개발
  - · Streo 카메라 : 여러 지점에서의 열차 하중에 의한 변위 측정 가능
  - · 3D 카메라 : 분기기 구간 등에서 3차원(수직, 종방향, 횡방향) 변위를 측정함과 동시에 체결구의 변형상태도 파악할 수 있음
- 도상자갈 가속도 측정 기술 개발
  - · 상부 궤도구조, 체결구 종류에 따른 도상가속도를 측정하여 체결구 개발 연구에 활용
  - · 분기기 침목 가속도계 설치하여 분기기 구간 이상 탐지
- 시뮬레이션 기술 개발
  - · Simpack 등으로 동해석 수행
  - · 궤도틀림, 도상침하, mud-pumping 등의 동적효과 분석
- **레일수명**
  - · 일반적으로 30년, 고속철도의 경우 15년 정도로 가정하며, **레일 마모한계에 도달하면 레일 교환**

ㅇ 레일 좌굴예방 연구

- 열차탈선을 고려하면 레일 절손보다는 좌굴관리가 더욱 중요
- 체결구 개선을 통한 좌굴 저항력 향상을 위한 연구 수행

ㅇ 레일, 침목 관련 다양한 실험 수행(LAB 투어)

- 레일 반복피로시험, 체결구 시험 등 다양한 시험을 수행
- 궤도용품 실험 인증기관

ㅇ **시사점 및 검토사항**

① 레일의 유지관리와 수명 평가방법 개발을 위한 **체계적인 연구와 협력 방안 모색 필요**

□ DB(Deutsche Bahn, 독일) - 2월 27일

회의개요

○ DB에 방문하여 선로 점검 및 유지보수 현황, 궤도구성품 점검주기, 검측기술 동향 등 조사

○ 참석자

DB - Manfred Zacher, Head of Track Superstructure, Technology & Asset Mangement - Robert Heinrich, Project Manager, Infrastructure Monitoring
국토교통부 진해룡 사무관(철도전정책관 철도시설안전과) **국가철도공단** 조영남 부장, 박재일 과장(시설본부 시설계획처) **한국철도기술연구원** 김만철 박사, 최영태 박사(궤도노반연구팀)

○ 회의사진

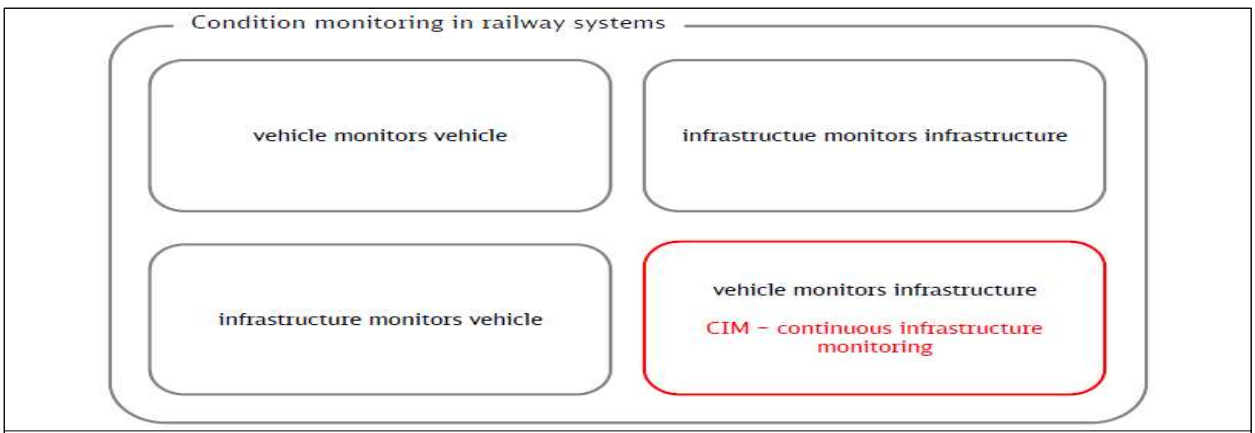
주요 회의내용

ㅇ 독일의 선로등급제 적용 현황

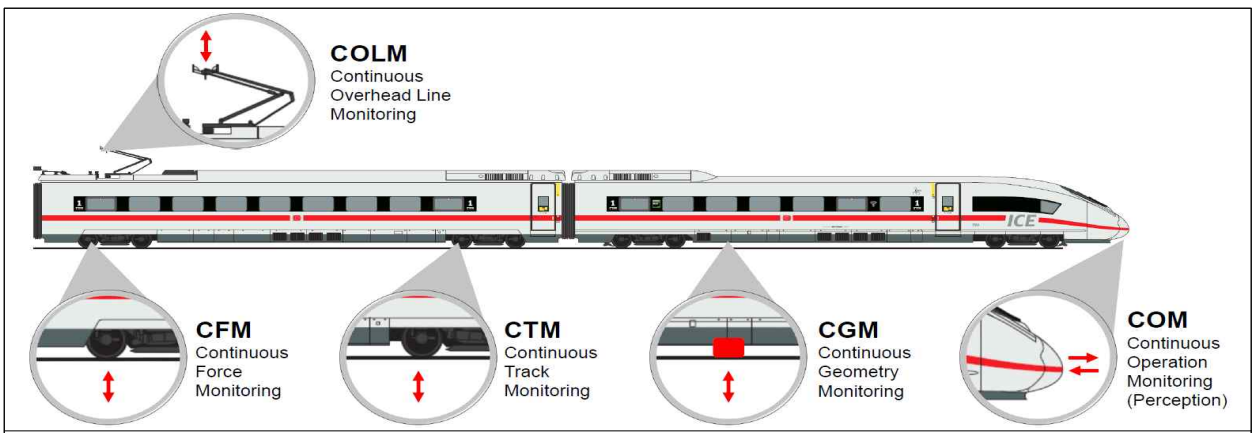
- UIC 714 기준과 같이 선로등급을 구분하지는 않지만, 설계시 통과톤수와 속도를 적용하여 궤도구성품의 재료성능등급 등을 다르게 적용
- 유지보수시에는 점검·검측주기를 차등 적용함으로써 간접적인 선로등급을 적용(<u>운영속도가 빠를수록 검측주기를 짧게 적용</u>)
- 고속·일반철도를 별도로 구분하여 관리하지 않음
  - · 고속·일반철도 모두 여객과 화물을 혼용하여 운영하기 때문에 구분하지 않음
  - · 유지보수 조직도 별도로 구분하지 않고, <u>지역본부/지역사업소에서 고속·일반철도를 동시에 유지관리 수행</u>

ㅇ 상시 궤도모니터링 시스템(CTM, Continuous Track Monitoring)

- 차량과 궤도에서 각각 모니터링 수행

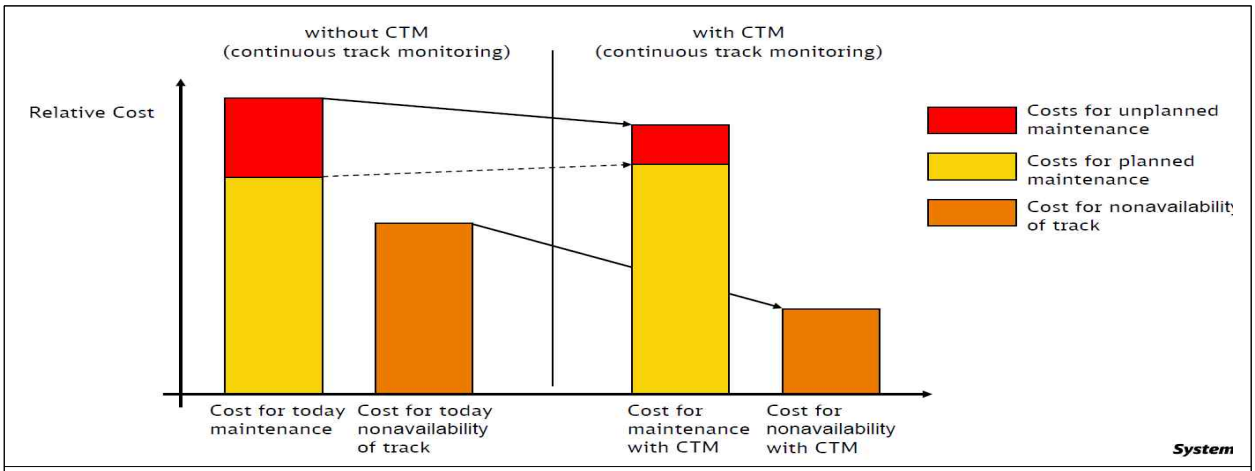


철도시설 모니터링 조건



CIM 개념도(영업차량 활용)

- COLM(전차선), CFM(차량-궤도 상호작용), CTM(가속도 적용), CGM(궤도틀림), COM(차량전방 카메라 활용)
  · CTM이 상용화 단계에 있으며, COM과 CGM 상용화 추진중
- CTM 활용 이점
  · 궤도검측자는 정해진 시간(야간)에만 운용할 수 있으나, CTM는 상용열차를 투입하므로 열차운영시에 발생된 파괴나 결함을 조기에 검측할 수 있음
  · 데이터가 연속적으로 축적되므로 예측정확도가 높아짐
  · 연속적인 데이터 측정으로 검측과 유지보수 비용을 동시에 절감할 수 있음
  → <u>상용열차 활용을 통해 검측데이터는 자동으로 생성되는 부산물로 경제적임</u>
  * 위치 정확도 : IMU, GPS, 타코미터, 영상기법 등을 사용하여 위치오차는 10cm 이내



CTM 적용 전후의 비용절감 개념도

- 가속도·속도 데이터를 고저틀림 값으로 변환가능한 기법 개발·적용중
  · 상용열차에 가속도 측정 모듈을 부착하여 축적된 데이터를 이용하여 궤도틀림을 예측하여 유지보수계획을 수립할 수 있음(예측유지보수)

ㅇ 시사점 및 검토사항

① 궤도구성품의 설계, 점검주기를 열차속도와 통과톤수에 따라서 다르게 적용
· 선로등급제를 간접적으로 적용한다고 볼 수 있음(UIC714 기준 미적용)
→ 선로등급과 선구별 특성(속도, 통과톤수, 궤도구성품 등)를 고려하여 **<u>검측·점검 및 유지보수기준 수립시 차등화(효율화) 방안 검토</u>**

② 운영열차에 모듈을 부착하여 궤도를 상시모니터링(CTM)하는 기법 개발
→ 궤도·선로점검차 점검도 중요하지만, **<u>상용열차를 활용한 상시 모니터링 방안 검토 필요(비용절감, 예측유지보수)</u>**

4 향후 계획

○ ‘24.3~4월 : 시설유지보수 시행기관 등 관계기관 의견수렴

○ ‘24.5월 : 전문가 자문 시행

○ ‘24.7월~ : 선로등급제(안) 정립 및 선로유지관리지침 개정 추진