

측정 궤도선형조건을 적용한 궤도보수작업 효율화 방안 연구

Efficiency Study of track maintenance applied to measure the linear track conditions

신준수*, 강호정**, 김만철***, 박용걸****†

Jun-su Shin*, Ho-jeong Kang**, Man-cheol Kim***, Yong-gul Park****†

Abstract By performing curved portion precise survey for the maintenance of High speed railway track, identify current track linear interpret the difference between the original design of the rail built numerically, compared to the real track of the field to be identified at the best alignment. To increase the accuracy of maintenance work to input at the best track specification values for due to this study, equipment work during the leveling and lining work, will be able to contribute to the ride comfort and driving stability of the train, the long-wavelength linear manage in conventional track maintenance methods in the track irregularity cause determine by adding this way will reduce its width.

Keywords : High speed railway maintenance methods, surveying methods, a long- wavelength

초 록 고속철도 선로 유지보수를 위해 곡선부 정밀측량을 실시하여 현재 궤도 선형을 파악하고, 선로 준공시 원설계와의 차이를 수치적으로 해석, 현장 시공된 실제 선로와 비교하여 최적의 선형을 파악한다. 본 연구로 인해 장비작업시 레벨링-라이닝 작업에 대한 최적의 선로 제원값을 입력하여 보수작업의 정밀도를 높이고, 열차의 승차감 및 주행안정성에도 기여할 수 있을 것이며, 기존의 선로유지보수 방식에 장파장 궤도선형관리를 추가 함으로써 궤도 틀림 원인 파악에 있어 그 폭을 줄일 수 있을 것이다.

주요어 : 고속철도 선로유지보수방법, 측량방법, 장파장

1. 서 론

고속철도로 인해 전국 1일 생활권에 들어섰다. 이에 따라 열차의 승차감에 큰 영향을 줄 수 있는 궤도 선형 즉, 장파장틀림에 대한 관리가 특별히 요구된다. 장파장 틀림은 인력에 의한 보수보다는 주로 대형 선로보수장비에 의해 작업이 시행되며, 보수장비에는 여러 가지 컴퓨터 시스템에 의해 작업을 시행하고 있다. 따라서 컴퓨터 시스템에 입력할 정확한 선로에 대한 제원값이 요구된다. 본 연구에서는 현 고속선로의 고질적인 선로불량개소 곡선부에 대한 원설계와 현재 운행선상의 선로의 위치를 정밀한 측량장비를 활용하여 평면좌표로 확인하였다.

*, **한국철도공사 정읍고속철도시설사무소

*** 한국철도기술연구원, ****+ 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원

그리고, 궤도 보수 장비작업의 가능 정도의 값을 산출하여 선로보수에 적용하였다. 그에 대한 인력 및 장비의 작업 전후 투입된 물적, 시간적인 경제적 성과와 선로 품질에 대한 객관적인 성과도 고찰해 보았다. 본 연구로 인해 선로보수의 방향성과 궤도검측차 및 보수장비 a1c과 같은 검측의 기존 방식과 트랙마스터나 곡선레이저 같은 선진검측장비에 적용할 수 있는 계기가 되길 바란다.

2. 이론적배경

2.1 고속철도 설계기준

table 1. Curve design criteria of the high-speed railway

항목	호남고속철도	경부고속철도
속도	·설계속도 : 350km/h	·설계속도 : 350km/h * 운행속도 : 300km/h
곡선 반경	·본선 최소곡선반경 : 5,000m이상	·본선 최소곡선반경 : 7,000m이상
	$R = G / g \cdot C \cdot (v/3.6)^2 = 11.8 \cdot V^2 / C$ ※R=곡선반경(m) G=궤간(1,435+65=1,500(mm)) g=중력가속도(9.8m/sec/sec), C=이론켄트량 (Cm+Cd), v=열차속도(m/sec), V=열차속도(Km/h)	
완화 곡선	·3차포물선 ·길이 : L = 2,500Cm Cm = 설정켄트량(mm) : 최대 180mm	·3차포물선 ·길이 : L = 2,500Cm Cm = 설정켄트량(mm) : 최대 180mm

2.3 고속선로에 필요한 궤도관리 항목

고속선로 궤도관리 논제의 중심은 궤도틀림의 파장별 관리이다. 파장별 특성이 다르고 이에 따른 보수방식이 다른 것이 특징이다. 궤도틀림의 표현에는 크기(진폭)만이 아니고 파의 길이(파장)가 필요하다. 궤도틀림의 파장과 관련하는 항목을 (Table. 2)에 나타낸다.

Table. 2. The influence between velocity and track defect important waveband

구분	60~130km/h	160~240km/h	270~300km/h
단파장 (0mm~1.5m)		소음, 진동 주행안전성	소음, 진동 주행안정성
중파장 (5.0m~20m)	주행 안전성 승차감	주행안전성 승차감	주행안전성
장파장 (30m~100m)		승차감	승차감

3. 수치해석

3.1 궤도품질 지수 (TQI: Track Quality Index)

궤도의 품질을 평가하고 진행상태를 파악하는 방법으로 궤도틀림에 대한 통계학적인 처리를 통하여 궤도품질지수(Track Quality Index)를 산출하여 활용한다.

$$L_s = \sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta y_i^2 + \Delta x_i^2} \quad (1)$$

여기서, L_s =여유곡선의 추적길이

Δx =샘플링 간격

Δy =두 개의 연속측점 차

n = 궤도세그먼트에서의 측점 수

면틀림, 줄틀림, 수평, 궤간 각각에 대한 궤도품질지수가 식(2)을 이용해 산출되었다.

$$TQI = \left(\frac{L_s}{L_0} - 1 \right) \times 10^6 \quad (2)$$

여기서, L_0 =궤도세그먼트의 이론상 길이

3.2 현장측정에 의한 곡선부 선로 제원결정 방법

3.2.1 기준 교점 및 교각 결정

원설계를 바탕으로 해당구간의 선형을 파악한 후, 현장 실측을 통해 현재 선로의 선형을 파악한다. 그리고 원곡선 및 완화곡선 시, 종점의 직선부를 기준하여 교점(IP)좌표를 찾고, 교각(IA)값은 시행 착오법을 통해 결정한다.

3.2.2 상,하선 레일 좌표 산출

현측의 좌표가 원설계값과 차이가 크다면, 원곡선 반경과 sp, pc, cp, ps 위치값을 참조하여 다시 설계를 해야한다. 만약 곡선 반경과 각각의 완화곡선 시, 종점부가 상이하다면, 시행착오법을 통해 현 운행선상의 직선부와 최대한 일치시켜야만 한다. 이 과정이 결정되면 원곡선 및 완화곡선식, 그리고 직선 및 접선방위각을 이용한 좌표 평행이동 수식을 적용해 현재 부설되어 있는 기준레일의 좌표를 산출해 낼 수 있다.

4. 현장측정

4.1 GPS측량기에 의한 기준점 측량

- 가. 삼각측량 및 평면기준점 측량은 Static 방식으로 60분 이상 관측.
- 나. 망조정 : 최소제곱법을 이용하여 망 조정
- 다. DATUM : Bessel(a:6377397.155 b:6356078.963 e:299.153)
- 라. Transverse Mercator : 좌표원점 - 중부

4.2 total station에 의한 선로선형 다각측량

각 구간의 설계서와 준공도를 기준으로 하고, 현장선형측량을 실시하였고 선형분석을 위하여 측량구간에 도근점을 설치하되 시점부와 종점부, 중간지점에 GPS를 사용하여 기준점을 측량하고 GPS기준점간을 300m 정도의 간격으로 결합트래버스 방식으로 연결하여 측량의 정밀도를 높이는 방식을 채택하였다.

4.3 측량성과물

정밀 측량위치는 경부고속철도의 (section 1), (section 2)를 시행하였고, 각각의 측량방법은 객관성과 공정성을 기하기 위하여 동일한 방식으로 검측하였다. 그리고, 분석방법 또한 수차례의 궤도검측차 DATA와 각 사업소의 궤도대장DATA 및 KTMSYS를 참조하였다.

4.3.1 원설계와 현측 재설계 제원값 비교 (section 1)

table 3. Comparison curve specifications of the original design and redesign

구 분	IA	M	V	Z	T.L	C.L	S.L	LC	L	X1	θ
원설계값	44-19-16.985	3500	350	0.18	3167.331	6045.558	560.900	4785.303	630.128	630	2-34-35.66
재설계값	44-19-26.18				3167.514	6045.871	560.969	4785.615	630.128		

section 1의 현장 측정을 바탕으로 다시 곡선 설계를 한 결과물이다. section 2 또한 원설계와 상이한 결과물이 산출되었다. 따라서, 궤도장비에 의한 선로 보수작업시 부정확한 곡선부 제원값에 대한 장비작업이 시행되었고, 그 누적이 축적되어 곡선부 선형의 변형과 제원값이 변화되었을 것으로 추정된다.

5. 분석 및 고찰

5.1 현측 재설계의 제원값을 바탕으로 HMTT에 의한 1,2종작업을 실시한 결과

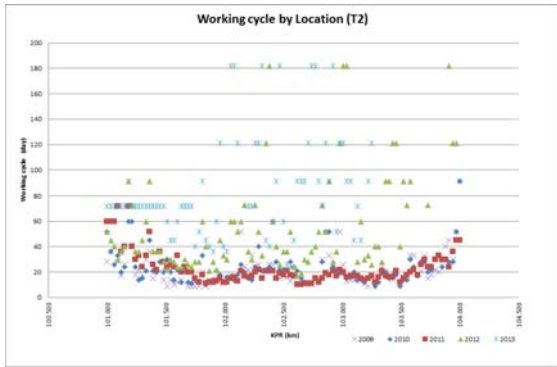


fig.1 Working cycle by Location(section 1)

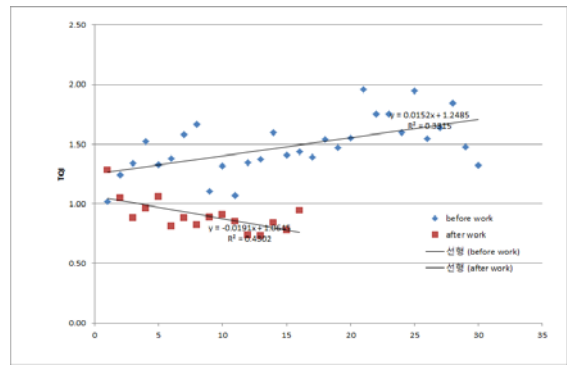


fig.2 TQI comparison of before and after work(section 1)

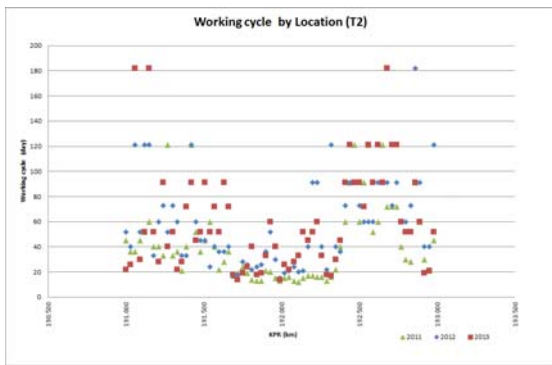


fig.3 Working cycle by Location(section 2)

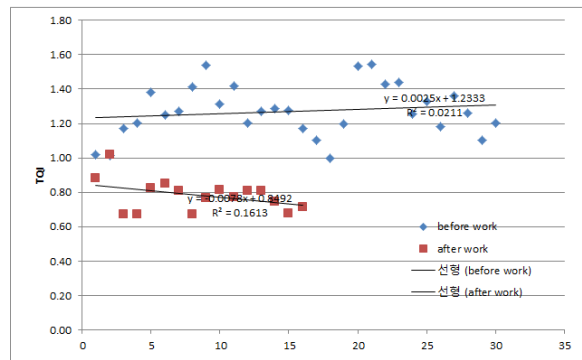


fig.4 TQI comparison of before and after work(section 2)

fig.1,3 는 위치별 작업주기를 표기한 그래프이고, fig.2,4 는 현측 선로 제원값을 적용한 MTT작업 전,후 궤도품질지수(TQI)와 추세선의 그래프이다. 분석결과 작업전과 비교하면 작업 주기가 늘어났으며, 품질지수 또한 작업전,후 추세선 기울기를 보면 시간이 지남에 따라 품질수치가 양호해 지는 것을 알 수 있다.

5.2. 장파장 트림개소의 MTT작업 전,후 궤도품질지수(TQI)와 연간작업 횟수에 대한 효과분석

table 4. TQI comparison of before and after work

location	TQI		work effect		number of inspection tasks before and after
	before work	after work	difference	%	
section 1	1.48	0.90	-0.58	39.24	46

section 2	1.27	0.78	-0.49	38.44	46
------------------	------	------	-------	--------------	----

**table 5. work effect comparison of before and after work
by personnel and equipment work**

location	the number of annual work					work effect		linear corrective action date
	2009	2010	2011	2012	2013	difference	%	
section 1	2097	1893	1895	811	395	-1702	81.16	2011년 9월
section 2			707	445	464	-243	34.37	2011년 11월

6. 결 론

선로유지보수 방법에는 다양한 방식이 있다. 그렇지만 최적의 보수를 시행하기 위해선 정확한 선로선형 DATA가 필요하다. 일반적인 보수장비에 의한 1.2종 작업시 그 효율성과 지속성은 어떠한 사전정보를 가지고 작업을 하였느냐가 중요하다고 생각한다.

광과거리측정기에 의한 방법은 정밀하지만 느리고, 설계시의 내업과정 또한 많은 시간이 걸리는 작업이다. 이와는 반대로 트랙마스터, 곡선레이저, 보수장비alc 검측 등은 신속한 검측 시스템이 장점이다. 그러나 그 이전에 반드시 시행 되어야 하는 작업이 전체적인 선형 제원 마련이다. 고속철도와 일반철도구간의 선형을 측량한 결과 대부분의 곡선제원(곡선반경 R, 교각 IA 등)이 설계서 값과 상이 하였다. 이러한 현재 선로에 대한 현황과약을 인지하고 현재 선형을 측량하여 보수 기준선형을 마련하여야 하며, 궤도보수장비에 의한 작업시엔 정확한 수치에 의한 보수 작업이 이루어 질 수 있도록 해야 할 것이다.

참고문헌

1. 유복모(2005) “측량공학”
2. 철도건설규칙(2013), 국토교통부
3. 선로유지관리지침(2015), 한국철도시설공단
4. Jun-su Shin, “고속철도 실무측량 manual” (2012), 한국철도공사
5. 고속시설기술 실무(2014), 한국철도공사 인재개발원
6. Coenraad Esveld(2001), “ Modern Railway Track - Second Edition”