

궤도품질지수(TQI)에 의한 고속철도 유지보수 관리 기준 고찰

A review of high-speed rail maintenance management standards based on the track quality index (TQI)

1)신준수*†, 강희섭**

Jun-su Shin*†, Heeseop Kang**

초 록 고속선 선로 유지보수의 기준이 되는 궤도품질지수는 우리나라를 비롯하여 각국의 선로등급 등 선로환경에 따라 각기 다르게 적용하고 있다. 또한 국제표준인 UIC CODE518에 따르면 과장대역별로 보완 계수값을 두어 각국별로 기준값을 정하고 있다.

현재 한국철도에서 적용하고 있는 궤도품질지수는 1차 개정(2012년) 이후 같은 기준으로 관리해 오고 있다. 고속선로 유지보수 기술과 열차 주행안정성에 대한 그동안의 축적 노하우를 바탕으로 이제는 현실적이고 효율적인 TQI기준을 마련해야 하며, 실질적인 열차 승차감에 영향을 주는 인자인 장과장 틀림에 대한 궤도품질지수의 추가적인 기준도 마련해야 할 것이다.

주요어 : 고속선 유지보수, TQI, 진동가속도

1. 서 론

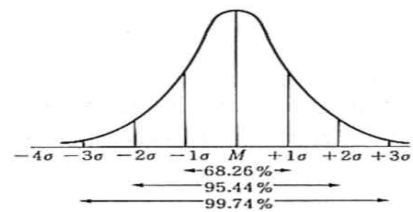
본 연구는 경부고속철도 1단계(자갈도상) 및 2단계(콘크리트도상) 구간에서 현재 고속철도 유지보수를 담당함에 있어 기준이 되고 있는 궤도품질 지수에 대한 지난 10년간의 수치분석을 통해 시계열 분석 및 확률분포를 실시하였다.

도상구조별, 거리에 대한 과장별, 궤도틀림별(방향, 면, 궤간, 비틀림)로 분류하였으며, 수치해석을 실시하여 이론값과 현장 분석을 통한 실제값을 비교 하였다. 본 논문에서는 현재 현장에서 가장 작업빈도수가 높은 방향(줄)틀림과 면(고저)틀림에 대한 기준을 고속열차의 진동가속도(대차 및 차체)와 비교하여 그 기준을 제시 하였다. 또한 승차감에 영향이 큰 장과장(현 30m)에 대한 분석 후 결과를 제시하였다.

2. 이론 및 기준

2.1 확률밀도함수

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{여기서, } z; \text{확률변수, } \mu: \text{평균, } \sigma: \text{표준편차})$$



궤도틀림 정규 분포도를 보면 궤도틀림 데이터의 68.26%가 평균값으로부터 표준편차량 $\pm \sigma$ 범위 내에 분포하며, $\pm 2\sigma$ 범위 내에서는 95.44%가 분포한다는 것을 의미한다. $\pm 3\sigma$ 범위 내에서는 99.74%가 분포한다.

2.2 선로보수 표준편차 및 진동가속도 기준

Table 1. TQI 기준 (국내)

	본선		표준편차대역	궤도틀림의 포함확률(%)
	궤도틀림	표준편차		
면맞춤	직선(10m당) 10mm	직선부 1.9	$1 \times \sigma$	68.3
			$2 \times \sigma$	95.5
줄맞춤	직선(10m당) 7mm	직선부 1.5	$3 \times \sigma$	99.7

Table 2. 진동가속도 보수기준 (국내)

보기(대차) 횡가속도	$6m/s^2 = 0.612g$	$V \leq 350km/h$
차체 횡가속도	$2.5m/s^2 = 0.255g$	

1) *† : 한국철도공사 철도교통관제센터
 ** : 한국철도공사 철도인재개발원

Table 3. 진동가속도 기준 (국외)

		RMS	Peak	비 고
차체	연직방향	0.075g	0.25g	승차감
	횡방향	0.05g	0.25g	승차감
대차	횡방향	0.53g	1.06g	주행안전성

3. 현장 DATA 분석

3.1 진동가속도 및 궤도품질지수 비교 분석

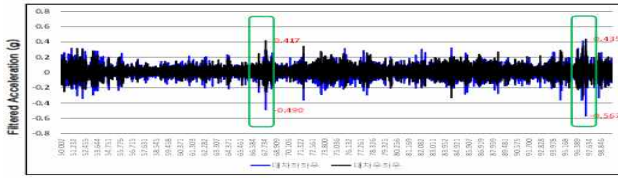


Fig. 1 대차 횡진동가속도

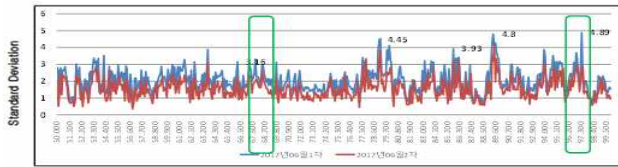


Fig. 2 주기과장 고저TQI

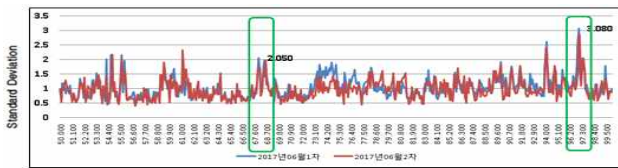


Fig. 3 주기과장 방향TQI

3.2 진동가속도 및 궤도품질지수 비교 분석

Table 4. 구조물별 TQI (고저)

구조물	교량	터널	토공
정규분포			
average	1.74	1.07	1.58
2σ	2.55	2.11	2.65

Table 5. 구조물별 TQI (방향)

구조물	교량	터널	토공
정규분포			
average	0.98	0.92	0.99
2σ	1.47	1.56	1.62

3.3 장파장 궤도품질지수(L=30) 분석

Table 6. 장파장 TQI (L=30m)

구조물	고저 TQI	방향 TQI
정규분포		
average	2.37	1.74
2σ	4.49	3.43

4

	고저TQI	방향TQI
현 규정 주의기준	SD(10m)<1.9	현 규정 주의기준 SD(10m)<1.5
현 규정 주의기준	SD(20m)<2.6	현 규정 주의기준 SD(20m)<2.1
장파장(30M):제시	SD(30m)<4.4	장파장(30M):제시 SD(30m)<3.4

결론

KTX 열차에 차체 및 대차에 부착된 진동가속도 센서와 궤도검측차 운행으로 나타난 궤도틀림을 비교해 본 결과 궤도틀림에서 허용치를 초과하는 구간과 본 논문에서 제시한 선로구조물별 고저TQI (최대값 2.65)와 방향TQI (최대값 1.62)를 적용했을 때 이 수치가 초과되는 구간의 진동가속도는 안전허용 기준치(대차 1.06g, 차체 0.25g) 이내로 들어오는 것을 확인할 수 있었다. 이 의미는 본 논문에서 제시한 궤도품질지수 기준값에 대한 주행안정성이 검증 되었으며 열차 승객들이 느끼는 양질의 승차감에서도 적용이 가능하다는 뜻이다.

장파장(L=30m) TQI제시값은 구간 KPR 20.000 ~ 154.000(광명 ~ 대전북연결선)을 선정하였으며, 0.25m간격의 궤도틀림(고저, 방향)에 대한 200m 구간마다 표준편차를 구한 것이다. 각 구간에 대한 평균을 구하고, 평균에 대한 것을 정규분포로 보고 2σ에 대한 수치를 주의 기준으로 제시하였다.

참고문헌

1. 선로유지관리지침(2018), 한국철도시설공단
2. 철도건설규칙(2021), 국토교통부
3. 신준수, 고속선 차량진동가속도에 의한 선로 구조물별 TQI 기준 고찰(2020), 서울과학기술대학교