

## 도시철도 궤도도상개량에 따른 궤도품질 변화 연구

### Analysis of Track Quality Comparison After Ballast Track Improvement of Urban Transit

이광석\*, 박정욱\*, 오수영\*, 주봉규\*\*, 정성현\*\*, 이종규\*\*, 최상현\*\*\*

Kwangseok Lee\*, Jeongwook Park\*, Sooyoung Oh\*, Bonggyu Joo\*\*, Seonghyun Jeong\*\*, Jonggyu Lee\*\*, Sanghyun Choi\*\*\*

**초 록** 본 연구는 도시철도 운행선로 중 자갈궤도도상을 콘크리트궤도도상으로 개량함에 따른 궤도품질 변화를 비교하였다. 표본으로 삼은 구간은 2012년~2014년 사이에 서울지하철 1~4호선에서 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량한 구간을 설정하였다. 통계적 분석을 위해 표본 궤도길이는 200m 내외로 결정하고, 표본구간의 궤도도상개량 전·후 각 2년간의 종합검측차 궤도틀림 검측데이터를 수집하였다. 궤도도상 개량의 따른 궤도품질 변화를 정량적으로 비교하기 위해 개량 전·후 각각의 궤도 면틀림 및 줄틀림 검측값에 대한 표준편차를 산출하고, 이를 궤도품질 평가기준에 의거 궤도의 상태 및 품질을 비교 분석하였다.

**주요어** : 궤도도상개량, 궤도틀림, 궤도품질, 표준편차, 종합검측차

## 1. 서 론

자갈도상 궤도는 부설비용이 저렴하고 적절한 탄성을 유지하기 쉬우며 유지보수가 용이하다는 장점이 있어서 현재까지도 도시철도에서 널리 사용되고 있는 궤도구조이다. 그러나 장기 사용에 따라 도상자갈의 마모, 파쇄, 고결로 인한 충격흡수력, 마찰력 등의 도상기능 저하는 빈번한 보수로 유지보수비용 증가와 열차안전운행을 저하시키고, 분진으로 인한 지하 환경을 악화시키는 단점이 나타나고 있다. 이에 서울교통공사에서는 1997년부터 현재까지 계속적으로 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량을 시행중 있다.

본 연구에서는 궤도도상 개량의 따른 궤도품질 변화를 정량적으로 비교하기 위해 궤도틀림량의 표준편차를 산출하여 궤도품질 평가기준에 의거 궤도도상개량 전·후의 궤도의 상태 및 품질을 분석하였다.

## 2. 본 론

### 2.1.1 표본구간 설정

표본으로 삼은 구간은 Table 1과 같이 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량한 서울지하철 2호선 서초~방배 구간 외 5개소를 설정하였다. 신뢰할 수 있는 통계적 분석을 위해 표본 궤도 길이는 200m 내외로 결정하였다.

Table 1 표본구간

연번	호선	구간	상/하 내/외	궤도형식	레일	개량년
1	2	종운~삼성	외	방진상	60kg	'12
2	2	서초~방배	외	Con.B2S	60kg HH370	'12
3	2	신림~신대방	내	Con.B2S	60kg	'12
4	4	숙대~삼각지	하	Con.B2S	60kg	'14
5	2	뚝섬~성수	외	Con.B2S	60kg	'13
6	2	뚝섬역	외	Con.B2S	60kg	'13

### 2.1.2 궤도틀림 표준편차

궤도검측은 1년에 4회의 주기로 행해지며 표본구간 개량 전·후 각 2년간 종합검측차 궤도틀림 검측데이터를 수집하여 표준편차를 계산하였다. 각 표본구간에서 1m 간격으로 검측된 좌, 우 면틀림 및 줄틀림 검측값에 대해 다음 식과 같이 표준편차를 구하였다.

\* 서울교통공사 도시철도연구원

\*\* 서울교통공사 궤도처(사업소)

\*\*\* 한국교통대학교 철도시설공학과

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - m)^2}$$

여기서, n= 검측 데이터 수  
 X= 검측 데이터 값  
 m= (산술)평균  
 i = Segment  
 j = Segment 안에 속한 관측지점

### 2.1.3 궤도품질평가 기준

영국 철도에서는 선로에서의 궤도품질평가 기준을 Table 2와 같이 두고 있다. 신뢰성과 대표성을 가진 궤도틀림 표준편차를 구하기 위해선 일반적으로 200개 이상의 궤도자료를 사용한다. 이때 그 값이 2.0이면 양호, 그리고 4.0 이상일 때는 불량으로 구분하는 것이 일반적이다. 영국 철도기준은 160km/hr로 진행되는 고속선을 기준으로 하기 때문에 최대주행속도가 80km/hr인 도시철도에 그대로 적용하기에는 다소 무리가 있으나, 현재 궤도도상개량에 따른 궤도품질 변화 비교지표로서 참고지표로 활용하였다.[1]

**Table 2** 영국철도 궤도품질 평가기준

품질대역 분류번호	표준편차(mm)	
	면틀림(Vertical)	줄틀림(Alignment)
1	0 - 1.5	0 - 0.9
2	1.6 - 2.1	1.0 - 1.3
3	2.2 - 3.2	1.4 - 2.1
4	3.5 이상	2.2 이상

### 2.1.4 표준편차 산출 및 궤도품질 비교 분석

표본구간의 궤도틀림 표준편차 평균은 Table 3과 같고, 이를 Table 2 궤도 품질평가 기준에 의거 평가한 결과는 Table 4와 같다.

**Table 3** 표본구간 궤도틀림 표준편차 평균(mm)

표본	면틀림(좌)	면틀림(우)	줄틀림(좌)	줄틀림(우)	
1	개량전	1.37	1.33	1.93	1.72
	개량후	1.59	1.59	1.22	1.07
2	개량전	1.32	1.24	1.32	1.38
	개량후	1.29	0.90	0.94	0.89
3	개량전	2.38	1.82	1.46	1.61
	개량후	0.86	0.95	1.20	1.01
4	개량전	1.70	1.79	1.04	1.06
	개량후	0.59	0.66	0.71	0.84
5	개량전	1.88	1.42	1.06	1.21
	개량후	1.21	1.06	1.14	0.85
6	개량전	1.80	1.85	1.25	1.75
	개량후	0.65	0.75	0.78	0.68

**Table 4** 궤도도상개량에 따른 궤도품질 비교

품질대역 분류번호	면틀림(mm)		줄틀림(mm)	
	개량전	개량후	개량전	개량후
1	5	12	-	7
2	6	-	7	5
3	1	-	5	-
4	-	-	-	-

산출된 표준편차를 분석한 결과 표본3 면틀림(좌, 2.38mm, 개량 전)을 제외한 전 표본 개소에서 표준편차 2mm 이내에 있어 전반적으로 궤도상태는 안정적으로 관리되고 있다고 평가할 수 있다.

면틀림 표준편차는 콘크리트도상 개량 전에는 품질대역 Class 1~3 사이에 분류되어 있었으나, 개량 후에는 표본 모두 품질대역 Class 1으로 향상되었다. 줄틀림 표준편차는 개량 전에는 품질대역 Class 2~3에 고르게 분포되어 있었으나, 개량 후에는 품질대역 1~2class 사이로 품질이 향상된 것을 알 수 있다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 도시철도 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량에 따른 궤도품질 변화를 정량적으로 분석하기 위해 종합검측차의 궤도틀림량 표준편차를 산출하여 궤도품질 평가 기준에 의거 궤도도상개량 전·후의 궤도의 상태 및 품질을 분석하였다.

궤도품질을 분석한 결과 전반적으로 궤도상태는 안정적으로 관리되고 있으며, 자갈도상을 콘크리트도상으로 개량하여 궤도품질이 향상된 것으로 분석되었다.

## 참고문헌

- [1] 서울특별시지하철공사(2002) 지하철 궤도시설 안전성 확보방안에 대한 연구, pp.77