콘크리트도상 레일 편마모에 따른 적정 궤간 관리 기준에 관한 고찰

A Consideration on the Track Gauge Management Guideline according to the Rail Side Wear for Concrete Track

박종우*, 황현배*, 배현웅**, 임남형†,
Jong-Woo Park*, Hyun-Bae Hwang*, Hyun-Ung Bae**, Nam-Hyoung Lim†,

Abstract As most main tracks of the urban railway operating organizations has been constructed concrete slab, the track irregularity was certainly reduced. However, the expansion of track gauge due to the partial side wear of rails continuously occurs in sharp curved track. The track gauge management guideline of the urban operating organizations is +10 mm, -2 mm by the Construction Rule of Urban Railway System. Also, the regulation of magnitude of the rail side wear is 15 mm. Therefore, due to increasing rail side wear, the sites exceeding the tolerance of the track gauge occur frequently. Accordingly, the track gauge management guidelines and management methods are different for each urban railway operating organizations because of subtract rail side wear from the gauge or not. In this paper, we are review the problems of the track gauge management guidelines and management methods of the operating organizations, and improvements were investigated about the track gauge management to improve track stability and vehicle ride comfort.

Keywords **:** Track gauge, Rail side wear, Concrete slab track, Urban railway

초 록 도시철도 운영기관 본선 대부분이 콘크리트 도상으로 부설되어 있어 궤도의 틀림 발생은 현저히 줄었으나 급곡선부 편마모에 따른 궤간의 확대는 지속적으로 발생하고 있다. 도시철도 운영기관의 궤간 관리 기준은 도시철도건설규칙 제9조(궤간의 공차)와 동일한 증10㎜, 감2㎜이며, 편마모의 한계는 15㎜로 관리하고 있어 편마모 진전에 따라 궤간의 공차를 초과하는 개소가 빈번히 발생하고 있다. 그에 따라 편마모량을 감하여 궤간의 공차로 적용하는 기관과 그렇지 않은 기관이 있는 등 기관 마다 궤간 관리 기준 및 방법이 상이한 실정이다. 이에 운영기관의 궤간 관리 기준 및 방법에 대한 문제점을 분석하고 열차 운행안정성 및 승차감 개선을 위한 적정 궤간 관리에 대한 개선 방안을 검토하였다.

주요어 : 궤간, 편마모, 콘크리트도상, 도시철도

1. 서 론

콘크리트 도상은 건설비용이 많이 소요되고 소음.진동이 크다는 단점이 있으나 자갈도상에 비하여 궤도 강도 및 안정성이 크고 궤도 유지관리가 적은 장점을 가지고 있다. 도시철도 운영기관의 콘크리트 도상 본선 궤도 검측자료를 분석해 보면 궤도검측 항목 (궤간, 수평, 줄, 면)마다 1 년간 변화량이 1 ㎜ 내외의 미소한 변화량만이 있을 뿐이었다. 하지만 곡선부에서는 매 분기마다 궤간 검측값이 확대되는 경향을 보이고 있었으며, 이는 곡선부 외측레일의 편마모 증가량과 유사한 값을 보이고 있다.

† 교신저자: 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수(nhrim@cnu.ac.kr)
* 교통안전공단 철도승인처
** 충남대학교 공과대학 토목공학과

궤간의 정의는 도시철도건설규칙 및 각 운영기관 선로관련 사규에서 두부면 하방 14 ㎜의 양측 레일간 최단거리로 규정하고 있으며 궤간의 공차를 +10 ㎜, -2 ㎜로 관리하고 있다. 또한 급곡선 구간에서 열차 주행성 확보를 위한 확대궤간(슬랙)을 둘 경우 25 ㎜ 이하로 규정하고 있다. 이에 따라 궤간의 공차 점검시 일반적으로 슬랙의 크기는 감안하여 측정하고 있다. 그러나 일부 곡선구간에서 편마모에 의한 궤간 확대량이 운영기관 사규의 궤간 관리 기준(+10 ㎜)을 초과하면서 콘크리트 도상에서의 궤간 관리의 어려움이 발생하였고, 궤간 검측시 부설된 슬랙량과 함께 편마모량을 감안하는 기관과 그렇지 않은 기관이 발생하였다. 이에 본 논문에서는 도시철도 운영기관의 궤간 관리 기준 및 방법을 비교 분석하고 도시철도의 적절한 궤간 관리 방안을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 궤간의 정의

2.1.1 도시철도건설규칙

도시철도건설규칙에서 “궤간”이란 레일의 맨 위쪽 부분으로부터 14 밀리미터 아래 지점에 위치한 양쪽 레일의 안쪽 간의 가장 짧은 거리로 정의하고 있으며, 곡선구간에서는 확대궤간(슬랙)을 두도록 하고 있다. 확대궤간은 곡선 안쪽에 두고, 그 치수는 25 ㎜ 를 초과하지 않는 범위에서 시·도지사 등이 정하도록 되어 있다

2.1.2 철도건설규칙

철도건설규칙에서 “궤간”이란 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14 ㎜ 아래 지점을 기준으로 한다. “슬랙”이란 차량이 곡선구간의 선로를 원활하게 통과하도록 바깥쪽 레일을 기준으로 궤간을 넓히는 것을 말한다.

2.2 콘크리트 도상 궤간틀림 유지관리 방법 및 한계

콘크리트 도상에서의 유지관리 방법에 대하여 2004 년 서울특별시 지하철건설본부에서 발간한 도시철도기술자료집 “궤도”편 제 10 장에서는 궤간의 확대 축소에 대하여 절연블록(Insulator)의 두께를 조정하여 Gauge Block 역할을 함으로서 조절하도록 하고 있다. 절연블록의 종류는 4 ㎜, 6 ㎜, 8 ㎜, 10 ㎜, 12 ㎜, 14 ㎜, 16 ㎜ 7 종류로 절연블록을 조합하여 침목 숄더부와 레일 저부 사이가 20 ㎜가 되도록 체결하고 있다.

Table 1 궤간확대시 궤간틀림 정정방법(도시철도기술자료집(4) 궤도편)

좌측레일		궤간축소	우측레일	
외측	내측		내측	외측
t=12 mm	t=8 mm	0	t=8 mm	t=12 mm
14 (12)	6 (8)	-2	8 (6)	12 (14)
16 (12)	4 (8)	-4	8 (4)	12 (16)
16 (14)	4 (6)	-6	6 (4)	14 (16)
16	4	-8	4	16

위 표에서 보듯이 확대궤간에 대한 궤간 축소 한도는 -8 ㎜ 가 최대이다. 즉 콘크리트 도상 궤도의 경우 부설시 오차와 운행상의 미세한 궤간 확대에 따른 궤간틀림 그리고 편마모(최대 15 ㎜)에 대한 궤간 확대시 절연블록을 통한 궤간의 정정은 한계가 있음을 알 수 있다.

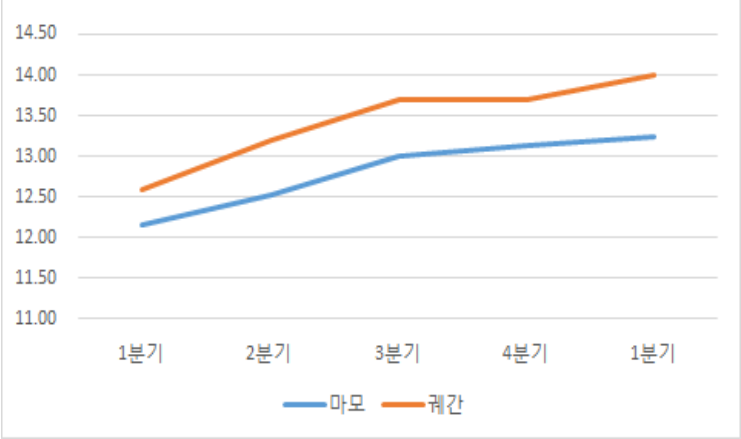

Fig. 1 마모 증가량과 궤간 확대량

2.3 도시철도 운영기관 궤간 관리

기 관 명		궤간 정비기준 ( )는 동적틀림	편마모기준 (60kg 레일)	비 고
가 Group	A 운영기관	+10(14), -2(-4)	15 ㎜	궤간 정비시 마모 감안
	B 운영기관	+10(15), -3	15 ㎜	궤간 검측시 마모 감안
	C 운영기관	+10(15), -3	15 ㎜	궤간 검측시 마모 감함
	D 운영기관	+10 , -3	15 ㎜	궤간 정비시 마모 감안
나 Group	E 운영기관	+10(15), -2(-4)	15 ㎜	마모 미포함
	F 운영기관	+10 , -3	15 ㎜	마모 미포함
	G 운영기관	+10(15), -3	15 ㎜	마모 미포함

2.3.1 가 Group A, B, D 운영기관

궤간은 1,435 ㎜ 이며 레일 두부면 14 ㎜ 하방 양쪽 레일간 최단 거리를 말하며, 궤간틀림의 정비치수는 +10 ㎜, -2 ㎜ 이고 이때의 틀림은 곡선구간에서의 스랙량을 감한 치수로 한다. 다만, 궤간정비시는 레일 측마모 상태를 감안하여 시행하여야 한다.

2.3.2 가 Group C 운영기관

궤간은 1,435 ㎜로 유지하여야 하며, 유지기준을 초과한 경우에는 적기에 보수하여야 한다. 이때의 틀림량은 슬랙량과 레일의 편마모를 감한 치수로 한다.

2.3.3 나 Group E, F, G 운영기관

궤간은 1,435 ㎜로 유지하여야 하며, 곡선구간의 틀림량은 스랙량을 감한 치수이다.

2.3.4 궤간 관리 방법 비교

가 Group C 운영기관의 사규에 의하면 궤간 검측 값이 1,450 ㎜ 일 경우, 표준궤간 1,435 ㎜ 보다 15 ㎜ 초과하여 궤간 확대량 관리기준인 +10 ㎜ 를 초과하였으나, 현장 레일의 마모가 11 ㎜ 발생하였을 경우 초과량 15 ㎜ 에서 마모량 11 ㎜ 를 제하여, 궤간의 틀림량은 4 ㎜ 발생한 것으로 보고 궤간 정비기준을 초과하지 않은 것으로 판정하는 것이다.
또한 궤간 정비시 마모를 감안하는 가 Group A, B, D 운영기관의 경우는 궤간 검측 초과개소로 기록 하고 있으나 현장 레일의 마모가 발생한 경우 궤간의 확대량으로 판단하지 않아 궤도 정비를 시행하지 않는다. 과정은 서로 다르나 결과적으로 위의 4 개 기관은 곡선구간의 궤간 검측값에 마모 발생량을 빼고 관리하도록 사규에 명시하고 있는 것이다

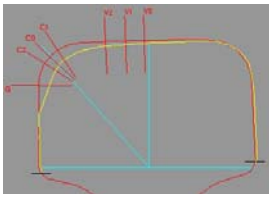	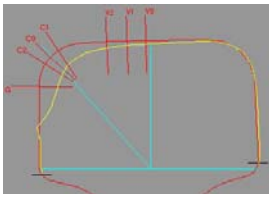	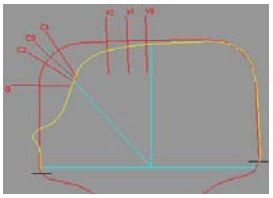	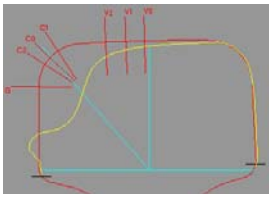
C0 값 5 mm	C0 값 10 mm	C0 값 13 mm	C0 값 15 mm

Fig. 2 마모값에 따른 레일의 단면 변화

나 Group E, F, G 운영기관의 경우는 곡선부 궤간 검측값에 슬랙만 제하여 관리하도록 명시하여, 곡선부 마모에 의한 궤간 확대시 궤간 축소 작업을 실시하거나 편마모 한도 미도래시에도 레일을 갱환하는 등의 유지관리를 실시하여야 한다.
이러한 운영기관별 관리기준의 차이는 단지 슬랙을 포함한 궤간의 공차를 30 ㎜ 까지 허용하는 도시철도건설규칙을 근거로 마모에 의한 외측 궤도의 확대량을 궤간 틀림량에서 제하여 관리하고 있는 것으로써, 이론/해석/실험 등을 통한 정량적 분석에 근거한 것이 아닌 경험 및 운영·관리적인 측면에서 고려된 사항으로 이에 대한 면밀한 연구를 통한 관리기준의 적정성 검토가 필요한 실정이다. 도심지를 관통하는 도시철도의 특성상 급곡선이 많고 종곡선, 캔트 등에 따른 여러 경합사항을 고려하여야 하고, 또한 그림에서 보듯이 편마모 증가에 따라 차륜과 레일 접촉부 단면(접촉각)의 변화가 발생하게 되어 탈선의 위험도 증가 우려가 있기 때문에 열차 주행안전성과 승차감 등을 고려한 궤간 관리 적정 기준을 검토할 필요가 있다.

2.4 한국철도시설공단 선로유지관리지침 기준

일반철도 구간의 궤간틀림 관리 기준은 속도대역에 따라 다음 표와 같으며 시행방법은 곡선부에 있어서는 스랙, 캔트 및 종거량(종곡선포함)을 차인한 것으로 한다.

Table 2 한국철도시설공단 선로유지관리지침 (별표 7)

관리 단계	궤간틀림(mm)					비고
	V≤40	40<V≤80	80<V≤120	120<V≤160	160<V≤230	
준공기준 (CV)	-2/+5	-2/+5	-2/+5	-2/+5	-2/+5	
목표기준 (TV)	-3/+11	-3/+11	-3/+11	-3/+11	-3/+11	
주의기준 (WV)	-3/+17	-3/+17	-3/+17	-3/+17	-3/+13	
보수기준 (AV)	-5/+30	-5/+30	-5/+20	-5/+20	-5/+15	3 개월내 보수
속도제한기준 (SV)	-11/+35 (40 km/h)	-11/+35 (40 km/h)	-10/+35 (80 km/h)	-10/+35 (80 km/h)	-9/+27 (160 km/h)	

최근(2015.3) 한국철도시설공단, 한국철도공사의 선로유지관리지침이 변경되었다. 주요 변경사항은 선로의 중요도에 관계없이 일률적이던 궤도틀림 관리 기준이 속도대역별로 관리기준을 차등 적용하여 차량성능개선, 선형개량, 궤도시설 중량화 등의 운영환경 변화에 적절히 대응하도록 하였다. 도시철도 운영기관 또한 콘크리트 도상을 부설하여 운영중으로 궤도의 변화량이 적고 최고속도가 약 80 km/h 내외로 운영중인 여건을 감안하여 기존 +10, -3 ㎜로 관리하고 있는 궤도틀림 유지관리 기준의 현실적인 변경 반영이 필요하다.

2. 결 론

(1) 궤도검측차에 의한 본선 콘크리트도상 궤도검측 결과 궤간 틀림 발생은 전구간에 걸쳐 1 ㎜ 내외로 극히 미소한 틀림만 발생하고 있으며 곡선구간 궤간 확대량과 편마모 증가량이 일치하는 경향을 보이고 있다.

(2) 도시철도 운영기관의 궤간 관리 기준은 +10 ㎜, -2 ㎜ 이며, 마모기준은 편마모 발생 15 ㎜ 로 마모 증가에 따라 관리 기준을 초과하는 궤간의 확대가 발생하게 된다. 콘크리트도상 궤간 조정량의 한계가 있고 궤도검측 데이터 분석결과 궤간 확대 요소가 마모인 점을 감안하여 기존 도시철도 운영기관의 편마모에 따른 궤간 관리 기준의 관리기준의 재정립이 필요하다고 판단된다.

(3) 레일 편마모 증가에 따라 레일 단면의 게이지 코너부 접촉각이 완만해 지는 경향을 보이고 있다. 단순 궤간 측정값 이외에도 게이지 코너부 단면 변화에 따른 열차 주행 안전성 검토가 필요하다.

(4) 위의 세가지 사항을 고려하여 향후 이론 및 해석적, 실험적 접근 등을 통한 편마모에 따른 궤간 확대가 열차 주행안전성 및 승차감 확보에 미치는 영향을 정량적으로 분석한다면 도시철도 운영기관의 적정 궤간 관리 기준 재정립에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] 이기승(2004), 도시철도기술자료집(4) 궤도, 이엔지.북,
[2] 서울메트로 선로정비규정 제 5 조의 2(궤간의 정비)
[3] 서울도시철도공사 선로정비규정 제 5 조(궤간 및 궤간의 정비)
[4] 대구도시철도공사 선로정비규정 제 5 조(궤간의 유지)
[5] 광주도시철도공사 선로관리내규 제 24 조(궤간의 틀림)
[6] 부산교통공사 선로검사내규 제 7 조(인력검사)
[7] 인천교통공사 선로시설관리내규 제 16 조(인력에 의한 궤도틀림점검)
[8] 대전도시철도공사 선로관리내규 제 11 조(인력에 의한 궤도틀림검사)
[9] 한국철도시설공단 선로유지관리지침 제 9 조(궤도틀림의 관리기준)