

방진부츠형 목침목 분기기 갱환용 직결식 분기기 현장부설 및 시험 평가 Site installing and test assessment of direct fixed fastening turnout system for renewal of wood sleeper turnout

윤병현[†], 최흥수*, 나호필*, 박광연*, 하영준**

Byung-Hyun Yoon[†], Heung-Su Choi*, Ho-Pil Nah*, Kwang-Ryoun Park*, Young-Jun Ha**

초 록 국내 도시철도 콘크리트도상 목침목분기기는 부설 후 20년이 경과하여 목침목의 부식과 방진부츠의 노후화에 따른 갱환이 시급한 실정이다. 이에 열차운행에 지장을 주지 않고 분기기를 콘크리트도상화 시킬 수 있는 시공방안 및 체결시스템을 개발하였으며, 대구도시철도 본선 구간에서 시험부설을 완료하였다. 본 연구를 통하여 기존 노후화된 방진부츠형 목침목 분기기와 개발된 직결도상용 분기기의 궤도 거동 비교 분석을 실시하였고, 직결식 분기기의 구조적 안전성을 확인하였다.

주요어: 도시철도, 분기기, Turnout, Renewal, 목침목 분기기 갱환, 직결식 레일체결장치, 방진부츠

1. 서 론

국내 도시철도 도입 초기에 설치된 목침목분기기의 사용 기간이 20년을 경과함에 따라 목침목의 사용수명이 한계를 초과하고 있다. 이로 인하여 목침목의 부식과 할렬, 체결장치의 헐거워짐 등 기능상실, 방진부츠의 마모, 탄성저하가 발생하여 분기기의 주행 안전성이 저하되고 있어 갱환이 시급한 실정이다. 도시철도의 특성상 공간적 제약 (터널 협소공간)과 철도 운영에 지장이 없도록 야간차단 시간 약 3시간에 분기기를 갱환하여야 하는 시간적 제약 조건을 해결할 수 있는 기술개발이 필요하다. 문제 해결을 위하여 직결도상용 분기기 체결시스템과 급속갱환 공법을 개발하였으며, 대구도시철도 1호선('97년 개통) 본선 안심역에 #8 분기기를 대상으로 시험부설을 완료('17.12)하였다. 본 연구에서는 노후화된 기존 목침목 분기기와 갱환한 직결도상용 분기기를 대상으로 정밀계측 시험을 실시하여 궤도거동을 분석함으로써, 개발품의 성능과 열차 주행 안전성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 직결도상용 분기기 시스템 개발

대구도시철도 1호선은 방진부츠 타입의 바이블록형 STEDEF궤도를 사용하고 있다. 시험결과 조립체 정적수직 강성은 11kN/mm(B형식)로 상당히 soft하다. 따라서 분기기용 직결식 체결장치는 레일 탄성패드와 상판 탄성 패드를 적용한 이중탄성패드의 직결구조로 일반구간과 유사한 15kN/mm로 강성을 설계하여 접촉부가 필요 없도록 하였다. 개발된 체결시스템에는 고변위 피로진폭을 가진 Q클립을 적용하였으며, 2중 탄성 패드 구조로 넓은 영역의 수직강성 조정이 가능하다. 침목을 대신할 도상재료는 기존 콘크리트와의 부착력이 강하고, 충격과 진동 저항력이 높은 재료로 다양한 시험 통해 에폭시 몰탈로 선정하였다. 개발된 체결시스템은 한국철도표준규격(KRS TR-0014 레일체결장치)에 의거 조립체 정적수직강성, 체결력, 종방향 저항력, 반복하중시험, 인발력 시험을 수행하여 모든 기준에 적합함을 확인하였다.

2.2 직결도상용 분기기 시공 및 부설

[†] 교신저자: 삼표레일웨이(주)
기술연구소(jutopia@sampyo.co.kr)
* 삼표레일웨이(주) 기술연구소
** 대구도시철도공사

직결도상용 분기기 갱환 시공법은 기존 분기기 레일은 재활용하고, 목침목과 체결장치를 교체하는 작업으로써 열차운행에 지장을 주지 않기 위해 목침목을 제거 후 그 자리는 메꾸고, 목침목과 목침목 사이에 에폭시 블록을 시공 후 그 위에 체결장치를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 분기기의 특성상 이음매부, 전철기부, 간류부, 텅레일 후단부(고정부), 망간 크로싱부, 가드레일부, 용접부는 기존 목침목이 있던 자리에 그대로 설치해야만 하는 구조적 제약조건이 있다.

위와 같은 방법으로 대구도시철도 1호선 안심역에 #8 탄성분기기 편개 1틀을 시공 완료('17.12)하였다. ' 19년 9월 현재, 21개월이 경과되었으며, 준공 후 단 1건의 장애나 유지보수가 없어 개발품은 충분한 성능과 안전성을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

2.3 현장계측

시험부설이 완료된 분기기의 궤도거동을 분석하기 위해 노후화된 목침목 분기기(방진부츠형)와 갱환한 직결도상용 분기기의 정밀 계측 시험을 수행하였다.

기존 분기기와 개발 분기기의 포인트부, 리드부, 크로싱부 3지점에서 측정하였다. 시험항목은 레일변위(수직,수평), 레일 및 침목 가속도, 레일저부 휨 응력이다. 계측은 지하철 운행 1일간 측정하였다. 최종 분석 결과는 오전 8 ~ 9시 사이 출근 시간대에 최대 수직처짐이 발생하여 동 시간대 10회의 데이터를 안전성 평가의 분석치로 활용하였다.



Fig. 1. Sensor installation

2.4 계측 결과

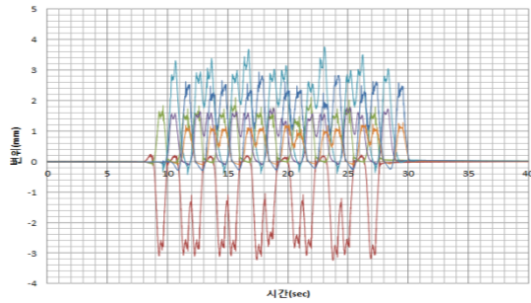
계측결과 레일의 수직변위는 목침목 분기기는 2.1 ~ 3.7mm, 직결도상용 분기기는 0.8 ~ 0.9mm로 나타났으며, 레일의 두부 횡변위는

목침목 분기기는 최대 2.6mm, 직결도상용 분기기는 0.9 ~ 1.9mm로 계측되었다. 직결도상 분기기의 경우 전구간 레일 수직처짐이 약 1mm이내로써 균일한 거동을 보인 반면 목침목 분기기는 최대 최소 값이 약 2배의 차이를 보이며, 좌측과 우측레일의 수직 처짐차가 크게 발생하는등 불균일한 레일처짐을 나타내었다. 이는 방진패드의 노후화와 목침목의 부식에 의한 것으로 판단된다. 레일의 횡변위는 한국시설공단 규격(KR C 14060, 부록 2)을 준용시 4mm 이내로써 둘 다 안전한 범위내에서 거동하였다.

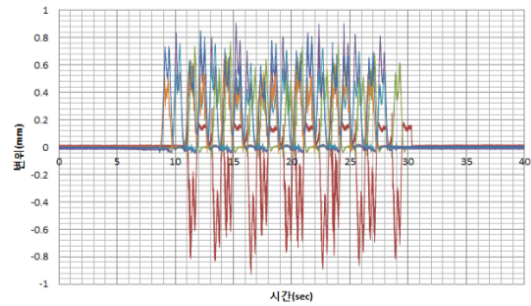
진동가속도의 경우 목침목 분기기는 레일에서 5 ~ 9g, TCL층에서 0.05g가 발생하였고, 직결도상 분기기는 레일에서 4.3 ~ 4.6g, 에폭시몰탈에서 0.6g로 나타났다. 이는 매우 낮고 안전한 영역대의 진동가속도에 해당하여 진동이 에폭시 블록의 TCL층과의 부착력 감소에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 또한, 직결도상용 분기기 레일에 설치된 가속도가 낮게 나타났는데 이는 체결장치의 탄성패드가 진동을 흡수하는 댐퍼 역할을 원활히 수행하고 있고 에폭시몰탈과 도상이 잘 결합되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 레일저부 휨응력은 목침목 분기기에서 45MPa, 직결도상 분기기에서 47MPa로 거의 동일하게 나타났다. 이는 레일의 피로응력 기준(130MPa)의 36% 수준으로 매우 안전한 것으로 나타났다.

Table 1. Results of measuring test

Classification	Turnout of wooden sleeper	Turnout of solid track-bed (NEW)
Vertical displacement of rail (mm)	2.1~3.7	0.8~0.9
Horizontal displacement of rail (mm)	2.6	0.9~1.9
Vibrational Acceleration of rail (g)	5~9	4.3~4.6
Vibrational Acceleration (g)	0.01~0.05 (Track bed)	0.4~0.6 (Epoxy mortar)
Stress of rail (MPa)	45	47



(a) wooden sleeper Turnout



(b) Renewed Turnout

Fig. 2. Vertical Displacement of rail

3. 결 론

본 연구에서는 “노후 목침목 분기기”와 새롭게 개발한 갱환용 “직결식 체결장치를 가진 갱환 분기기”의 궤도거동 특성을 비교 분석하였다. 현재 20년이 경과한 노후 목침목 분기기는 레일 수직처짐이 3.7mm로써 설계 제안값 1~2mm와 비교시 과도한 레일처짐이 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 개발된 직결식 분기기는 전구간에서 0.9mm로 매우 균일하고 안정적인 수직처짐을 보였다. 레일 응력은 모두 47MPa이하로써 레일의 피로 응력 기준(130MPa)의 36% 수준으로 매우 안전한 것으로 나타났다. 진동가속도의 경우 직결식 분기기는 레일 4.3 ~ 4.6g, 예폭시 물탈 0.6g로 낮게 발생하여 진동의 영향에 의한 예폭시 블록의 부착력 감소는 없을 것을 판단된다. 따라서, 금번 연구를 통해 개발된 직결식 분기기는 충분한 구조적 안전성을 확보하고 있는 것으로 시험평가되었다. 본 연구 성과를 국내 지하철 노후 목침목 분기기 갱환에 적용시 유지보수비 절감과 분기기 주행안전성 향상에 크게 기여할 것으로 기대 된다.



Fig. 3. Renewed Turnout (DTRO)

후 기

본 방진부츠형 노후 목침목 분기기 갱환은 대구도시철공사와 공동연구로 진행하였으며, 시험부설 및 현장계측 지원에 적극 협조해 주신 대구도시철도공사에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Bernhard Lichtberger(2005) Track compendium
- [2] 공선용(2009) 서울메트로 궤도편람
- [3] 서사범(2002) 선로공학
- [4] 최홍수(2018) 방진부츠형 목침목 분기기 갱환용 직결식 분기기 시스템 기술 개발
- [5] 윤병현(2017) 고탄성 “Q클립형 레일 체결장치”의 현장적용 사례와 효과분석
- [6] 서현기술단(2017) 대구도시철도공사 1호선 안심역 분기기 개량 설계