

레일신축이음매 자동측정장치 개발연구

A study on rail expansion joints automatic measuring device

박세환*, 이광석*[†], 김명철**, 김효산***

Se-Wan Park*, Kwang-Seok Lee*[†], Mung-Cheol Kim*, Hyo-San Kim**

Abstract In Seoul Metro, the temperature of the continuous welded rail and the displacement (stroke) of the rail expansion joints installed a total of 399 places is checked regularly (twice a month) and irregularly. Especially in hot summer, there is often check rail temperature and expansion length to prevent bucking of rail. In accordance with decrease in working efficiency and the risk of accidents on the track, there is a need for a integrated system which manage rail temperature and displacement in real-time in the office. In this study, the atmospheric temperature, the rail temperature and displacement of the rail expansion joints had developed a device that automatically measures. Data obtained in the site sensors was stored in the administrative computer system and able to make monitor.

Keywords : Expansion joint, Rail temperature, Automatic measuring device

초 록 서울메트로에서는 설치된 총 399개소의 신축이음매장치의 레일변위(stroke)와 장대레일의 온도를 정기적(월2회) 및 부정기적으로 점검 하고 있다. 특히, 혹서기에는 레일 장출 방지를 위해 수시로 레일온도 및 신축량을 점검하고 있다. 이에 따른 업무효율 저하와 직원들의 선로현장 출입에 따른 인명사고 위험이 상존하고 있어 사무실에서 실시간으로 레일온도 및 신축량을 통합관리하는 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 대기온도, 장대레일의 레일온도 및 신축이음매장치에 대한 레일 변위 등을 자동으로 측정하는 장치를 개발하였다. 현장 센서에서 취득된 데이터를 전용 통신케이블을 거쳐 관리자용 컴퓨터 시스템에 저장되어 모니터링 할 수 있도록 하였다.

주요어 : 신축이음매, 레일온도, 자동측정장치

1. 서 론

서울메트로에서는 장대레일의 온도관리와 신축이음매의 신축관리를 정기(월2회) 및 부정기적으로 현장 출동하여 레일온도, 대기온도 및 레일변위를 측정하고 있다. 이러한 인력 점검은 측정데이터 오차 문제와 일일이 육안 검사를 하여야 하는 불편을 감수해 왔을 뿐만 아니라 업무효율성 및 생산성에도 문제점이 있는 것으로 나타났다. 특히 여름철에는 주간시간대에 레일온도를 점검하여 긴급 레일 물살수 작업등을 실시하고 있기 때문에 선로현장 출입에 따른 인명사고 위험성이 상존하고 있어 자동측정관리의 필요성이 대두 되었다. 본 연구개발 목적은 장대레일 구간의 레일온도 및 대기온도와 신축이음매의 신축을 자동측정 관리함으로써 직원의 인명사고 위험성을 줄이고 레일장출에 의한 열차 탈선을 미연에 방지하여 이용승객을 안전하게 수송하는 것이다.

† 교신저자: 서울메트로 도시철도연구원, 한국교통대학교 산업대학원 글로벌철도학과
(iamlks@seoulmetro.co.kr)

* 서울메트로 도시철도연구원, ** 서울메트로 궤도사업소, *** 서울메트로(전)

2. 본 론

2.1 서울메트로 신축이음매장치 관리 현황

2.1.1 신축이음매장치 설치 현황

서울메트로 1~4호선의 총궤도연장은 404km로서 본선구간 283.1km, 측선구간 121.6km가 부설되어 있다. 2014년 3월 현재 자갈궤도 구간은 146.3km로 본선구간의 51.6%를 차지하고 있다. 신축이음매장치는 교량 등 특수구간을 제외하고는 통상적으로 자갈궤도의 장대레일 끝에 설치하고 있다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 신축이음매장치의 호선별 분포는 1호선 5.51%(22개소), 2호선 41.6%(166개소), 3호선 26.57%(106개소), 4호선 26.32%(105개소)이다. 신축이음매장치는 총 399개소가 설치되어 있으며 지하구간이 60.4%이고 교량, 고가, U-type 등 지상구간이 39.6%이다, < Fig. 2 >

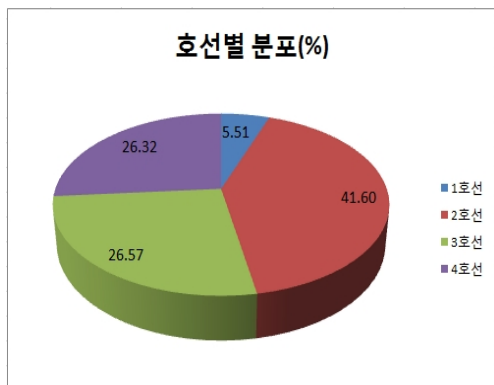


Fig. 1 호선별 신축이음매 분포

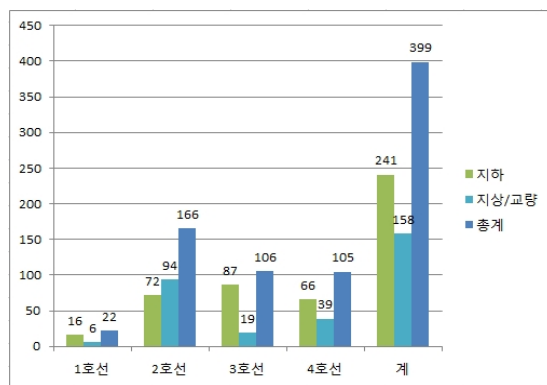


Fig. 2 지상/지하 신축이음매 분포

서울메트로 1~4호선에 분포된 신축이음매장치의 종류별로 구분하면 총 399개소 중에서 편단형이 81.5%로서 대부분을 차지하고 있다<Fig 3>. 또한 50kg용은 68.7%, 60kg용은 31.3%가 분포되어 있다<Fig 4>

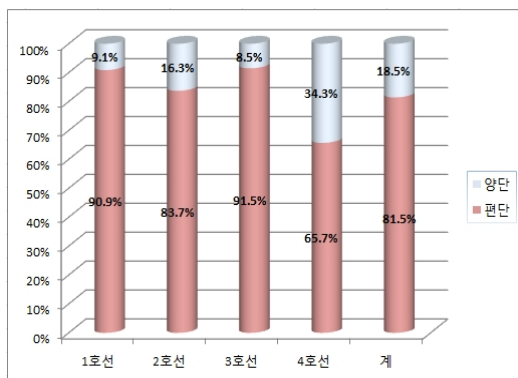


Fig. 3 호선별 신축이음매 종류 분포

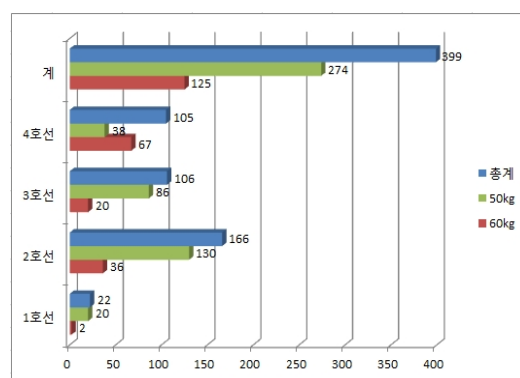


Fig. 4 신축이음매 레일종류별 분포

2.2 신축이음매장치 자동측정장치

신축이음매장치 자동측정장치는 Fig. 5와 같이 현장에 레일변위, 온도센서 등을 레일에 부착해서 취득된 데이터를 송수신하여 서버를 통해 최종적으로 관리자가 모니터링 할 수 있도록 하였고, 새로운 센서나 부품을 개발하기 보다 이미 시장에 출시된 다양한 센서나 주요 부품을 적용 현장에 적합하게 디자인하였다.

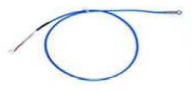




Fig. 5 신축이음매 자동측정장치 컨셉

신축이음매장치 자동측정장치의 제품사양은 Table 1과 같으며, 장치는 현장의 레일변위, 레일온도 및 대기온도를 직접 측정하기 위해 계측센서를 레일에 직접 설치하였다. 열차주행에 따른 진동, 충격을 견딜 수 있도록 제작되었으며 설치 및 철거가 용이 하도록 하였다.

현장에서 측정된 데이터는 지정된 사무실 서버에 DB로 저장되며 실시간 모니터링 된다. 수집된 데이터는 일일, 월간, 연간 시간대별 보고서로 확인가능하며, 저장된 DB를 통해 보다 정밀 분석이 가능 할 것이다.

Table 1 제품사양

온도센서 (부착형,프로브타입)	변위 센서	PLC 구성	소프트웨어
(1) Model: SS-2010 (2) 온도범위: -200℃~100℃  	(1) Model: LTM0150S (2) STROKE: 150mm (3) 동작온도: -30℃~100℃ (4) OUTPUT: 0~10V 	(1) CPU 모듈 (2) RTD 온도변환 모듈 (3) AI 모듈 (4) TLC 모듈 (5) 레일신축측정 단말기	(1)일, 월, 년 보고서(표,그래프) : 1일 시간대별 레일온도, 대기온도, 레일변위 (2) 분석표 : 최고,최저,평균 변화 레일온도에 따른 변위량

2.3 현장 설치 현황

2.3.1 현장개요

레일신축이음매 자동측정장치 시작품은 지하철 4호선 동작-이촌(상선)간 동작철교에 위치한 신축장치에 설치하였으며, 제작 및 설치는 2015년 6월 12부터 7월 22일까지 총 40일이 소요되었다. 현장개요는 Table 2와 같으며, Fig 6은 현장 현장전경을 보여준다.

Table 2 현장개요

구간	4호선 동작~이촌(상)
구조물	고가
도상	자갈도상
침목	PCT
신축형태	60kg 양단 고정식

Fig 6 현장전경



2.3.2 신축이음매 자동측정장치 설치

Fig 7. Fig 8은 신축이음매에 설치된 레일 변위센서, 온도센서 설치 모습을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 레일에 직접 설치하여 열차운행 및 궤도시설에 지장을 주지 않고 레일 변위 및 레일온도, 대기온도를 측정 할 수 있다. 레일신축이음매 자동측정장치는 레일변위, 레일온도 및 대기온도를 5분단위로 계측하며 **Fig 10**과 같이 실시간으로 사무실 모니터로 현시 되게 된다.



Fig7 레일변위센서 설치



Fig 8 레일온도센서 설치



Fig 9 레일신축이음매 자동측정장치 설치완료



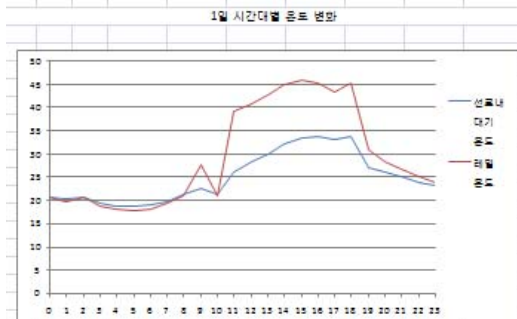
Fig 10 실시간 측정데이터 모니터 현시

레일신축이음매 자동측정장치는 분석 프로그램에 의해 레일변위, 레일온도 및 대기온도를 **Fig 11**와 같이 일간, 월간, 연간보고서로 계측결과를 확인할 수 있으며, 레일온도에 따른 변위량 변화 및 최고, 최저, 평균 온도변화 그래프를 별도 분석표 작성한다.

레일신축이음매 자동측정장치 제작, 설치는 2015.7.22 완료 되었으며, 현재 시작품의 신뢰성 확보를 위해 2015년 12월까지 데이터 검증을 시행 중에 있다.

레일 신축이음매 자동측정장치 일간보고서

시간대별 온도, 레일 변위표								
주 분	0시	1시	2시	3시	4시	5시	6시	7시
내 대기온도 (°C)	20.94	20.57	20.04	19.43	19.03	18.91	19.07	19.99
레일 온도 (°C)	20.62	19.9	19.3	18.65	18.14	17.84	18.17	19.28
레일 변위 (mm) #1	13.95	13.72	13.72	13.72	13.72	13.46	12.26	11.92
레일 변위 (mm) #1	22.99	22.98	22.96	22.89	22.76	22.43	21.18	20.84
레일 변위 (mm) #2	5.83	5.65	5.65	5.65	5.65	5.38	4.25	3.98
레일 변위 (mm) #2	8.66	8.39	8.39	8.39	8.39	8.08	7.1	6.98
주 분	8시	9시	10시	11시	12시	13시	14시	15시
내 대기온도 (°C)	21.5	22.82	24.36	26.23	28.39	29.9	32.28	33.57
레일 온도 (°C)	21.04	27.77	35.91	39.3	40.72	42.65	44.85	45.89
레일 변위 (mm) #1	11.93	14.11	17.21	19.19	20.24	21.51	23.27	24.34
레일 변위 (mm) #1	20.83	21.28	25.38	28.41	29.82	31.31	33.19	34.64
레일 변위 (mm) #2	3.95	5.36	9.73	11.96	12.83	13.58	14.51	15.39
레일 변위 (mm) #2	7.11	8.27	10.8	12.69	13.77	14.49	15.42	16.27
주 분	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시
내 대기온도 (°C)	33.74	33.2	29.5	27.17	26.27	25.23	24.11	23.26
레일 온도 (°C)	45.39	43.3	36.36	31.04	28.4	26.76	25.32	24.01
레일 변위 (mm) #1	24.86	24.92	24.63	22.08	20.18	18.99	17.81	16.73
레일 변위 (mm) #1	35.24	35.3	34.87	31.78	29.64	28.32	27.16	26.01
레일 변위 (mm) #2	15.74	15.82	14.99	12.5	10.87	9.83	8.86	7.95
레일 변위 (mm) #2	16.74	17.06	16.91	14.76	13.33	12.38	11.49	10.58



레일 신축이음매 자동측정장치 일간보고서

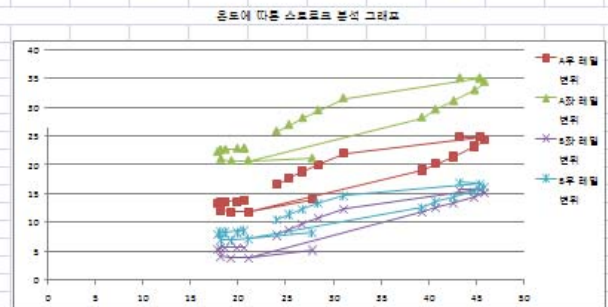
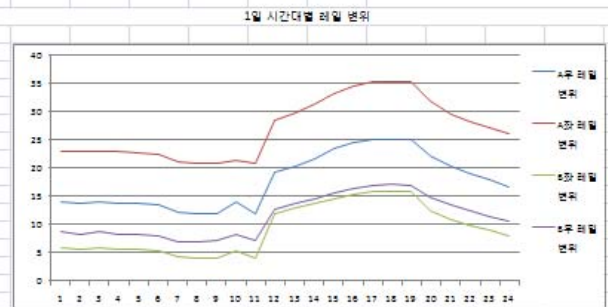


Fig 11 실시간 측정데이터 모니터 현시

3. 결론

금번 장대레일 신축이음매 자동측정장치 개발 연구는 장대레일의 레일온도, 대기온도 및 신축이음매의 변위를 자동측정하여 지정된 궤도관리소에 실시간으로 전송되어, 직원들이 지정 모니터를 통해 신축량 및 레일온도 등을 실시간으로 모니터링하고 축적된 데이터를 통해 통계 분석이 가능토록 하였다. 기존 월2회 인력측정 방식에 비하여 레일에 직접 변위센서를 고정 실시간 자동측정하여 측정결과에 대한 신뢰성이 향상, 혹서기 레일관리 업무효율 증대 및 레일온도 측정을 위한 선로출입에 따른 인명사고 예방의 위험성을 제거 할 수 있을 것으로 판단 된다.