

장대레일 구간 침목교환 작업 후 도상저항 회복 특성 연구

Characteristic Study of Lateral resistance after Sleeper Renewal of CWR

백인철 †

김영철 *

권세곤 *

박성백 *

In-Chul Back †

Young-Chul Kim *

Se-Gon Kwon *

Sung-back Park *

Abstract CWR is widely used because of several advantages such as improved ride quality. However, the axial force occurs as the result of the breakage of railway and is making a problem like buckling Especially, CWR buckling is directly related to the big accident such as a train derailment in summer. So, Fine management is essential for this rail

In this study, after work the sleeper exchange for the CWR section measures the ballast resistance, identify recovery characteristics of the ballast resistance of the working period has elapsed. Also we want to review the slowing down period and section where it can be secured enough ballast resistance during the summer period CWR ballast relaxed work based on the measurement results presented above, the effective safety measures

Keywords : ballast resistance, CWR(Continuous Welded Rail), buckling

초 록 장대레일은 승차감 향상 등 여러 가지 장점을 가지고 있어 널리 사용되고 있으나 온도변화에 따른 레일 내부에 축력이 발생하여 레일 파단, 좌굴과 같은 문제점을 가지고 있다. 특히 하절기 장대레일 좌굴은 열차탈선과 같은 대형사고와 직결되어 있어 세밀한 관리가 요구되고 있다.

본 연구에서는 일반철도 장대레일 구간을 대상으로 침목교환에 따른 도상이완작업 후 도상저항력 측정을 시행하여 작업 기간 경과에 따른 도상저항력 회복특성을 파악하였다. 또한 위 예측결과를 토대로 하절기 장대레일구간 도상이완작업 시 충분한 도상저항력이 확보 될 수 있는 적정 서행기간 및 서행위치를 검토하여 효율적 유지보수 및 열차안전 확보 방안을 제시하고자 하였다.

주요어 : 도상저항력, 장대레일, 좌굴

1. 서 론

장대레일은 열차 승차감 향상, 궤도파괴 예방 등 여러 가지 장점이 있으나 온도변화에 따른 축력이 레일 내부에 축적되어 온도 상승과 하강에 따라 압축 또는 인장력이 레일에 발생하여 레일 파단 및 좌굴과 같은 문제점이 발생할 수 있다. 이중 레일좌굴은 열차탈선과 같은 사고로 직결될 수 있어 하절기 장대레일 관리가 매우 중요하며, 좌굴에 대한 안전성 확보를 위해서는 도상저항력을 확보해야 한다.

하절기 장대레일구간 도상교란 야간작업은 주간시간 레일온도 상승 및 운행 중 시.제동하중 등에 의한 축력증가가 우려되므로 열차안전 측면에서 충분한 도상저항력 확보는 필수적이다. 현재 주간시간 안전 확보는 작업구간 및 경계부근으로 열차서행을 하고 있으나, 충분한 도상저항력이 확보될 수 있는 적정 서행기간 및 서행위치에 대하여는 검토가 필요하다.

† 교신저자: 한국철도공사 연구원 기술연구처(icback@korail.com)

* 한국철도공사 연구원 기술연구처

본 연구에서는 일반철도 장대레일 구간을 대상으로 침목교환 작업 후 도상저항력 측정을 시행하여 유지보수 및 열차안전을 확보 할 수 있는 적정 서행기간(구간포함)에 대하여 검토하였다.

2. 본 론

2.1 침목교환 후 장비작업(1종) 현황

침목교환 공사는 일정 작업구간에 대하여 차단시간을 확보하고 EX가 투입되어 대량으로 교환하는 작업방법으로 도상어깨의 교란을 최소화하여 작업을 시행하고 있으며 침목교환이 완료 되면 선형보수 및 궤도안정화를 위한 1종 기계작업 후 열차서행을 시행중에 있다.

장대레일구간 침목교환공사는 대표적인 도상이완작업 유형으로 현재 서행조건은 작업 완료 후 마무리 탬핑을 시행하고 서행을 즉시 해제하고 있어 충분한 도상저항력 확보 및 궤도안정화를 위한 유지관리의 적정성은 검토할 필요가 있다.

2.2 측정개요

2.2.1 측정대상개소 선정 및 분석 내용

대상개소 선로조건은 장대레일 구간으로 그림과 같이 3개 구간으로 나누어 침목교환 작업을 시행하였으며 도상횡저항력 측정은 10.12~16일까지 서행해제 후 6시간 경과 후부터 5일간 매일 측정하였다. 선로조건 및 계측방법은 아래와 같다.(Fig. 1)

- (선로조건)50kg, PCT, 장대레일, 곡선 2개소(R600, R800),교량 1개소
- (선로작업)궤도안정화를 위한 1종작업(MTT, STT, RE), 열차서행 60km/h
- (측정방법)도상상태, 침목교환 및 장비작업 전.후 도상횡저항 특성 파악, 측정위치별 도상자갈 부설 현황 측정
- (장대레일)1구간(R=600곡선) 측정위치 신축부에서 200m 이내로 자유신축+부동구간, 2, 3구간은 100m이상 이격되어 부동구간
- (온도조건)계측기간 낮 최고기온은 25도 이하, 레일온도 35도 이하

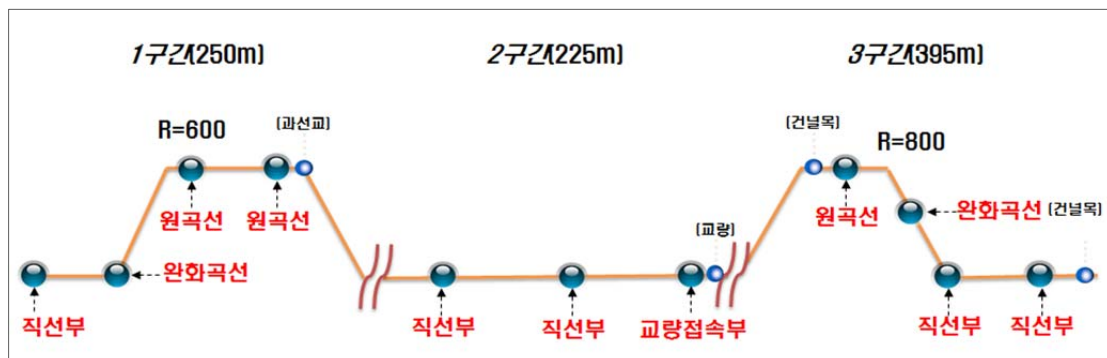


Fig. 1 침목교환작업 계측 현황도

2.2.2 횡저항력 기본이론 및 측정방법

도상 횡저항력이란 도상자갈중의 궤광을 궤도와 평행방향으로 수평이동하려 할 때 침목과 도상자갈 사이에 생기는 1m당의 최대저항력(kgf/m)으로서, 침목이 2mm이동시 측정되는 저항력(kgf/m)을 말한다.

도상횡저항력(r) 측정 계산은 다음 식으로 계산 할 수 있다.

$$r=P/2a \tag{1}$$

r: 도상 횡저항력(kgf/m), P: 침목 저항력(kgf), a: 침목간격(m)

도상 횡저항력 측정 장비 설치순서는 첫째, 측정하고자 하는 침목의 체결구 및 레일패드를 분리한다. 둘째, 측정기 본체(유압실린더 및 침목 변위측정기)를 설치한다. 셋째, 변위계 2mm 이동시까지 측정되는 저항력(kgf/m)을 측정한다. 넷째, 측정기 본체를 분리하고 침목 체결구 및 레일패드를 조립한다.

관련규정으로 선로유지관리기준에서는 PC침목설치구간 도상횡저항력은 500kgf/m (고속선로 900kgf/m이상) 이상이 되도록 침목을 배치하여야 하며 도상자갈구간은 도상저항력이 500kgf/m(고속선로 900kgf/m이상)이 되도록 도상폭 및 두께 확보와 필요시 장대레일 설정 전 도상저항치를 확인사항을 규정하고 있다.

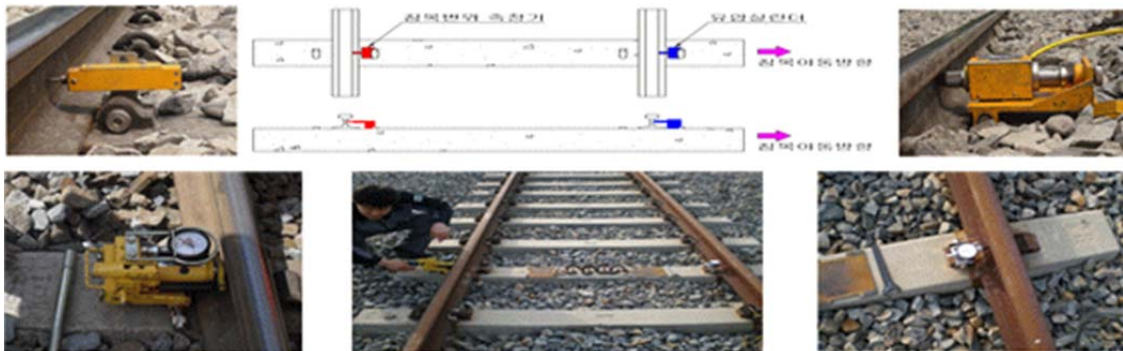


Fig. 2 도상횡저항력 측정 방법

2.3 측정결과

2.3.1 도상이완(2종 장비)작업에 따른 도상횡저항력 변화 분석

(1) 작업 전 자갈도상 표준상태 및 횡저항력 측정

Table 1과 같이 곡선구간이 포함되어 있는 1, 3구간은 표준높이 이상의 충분한 자갈도상을 확보하고 있었으나 3구간 직선부 일부개소로 표준높이에 가까운 자갈상태를 확보하고 있어 작업 후 자갈보충이 필요함을 확인 할 수 있었으며, 작업 전 도상횡저항력은 1,200kgf/m이상 충분한 횡저항력을 확보하고 있었다.

Table 1A작업 전 자갈도상 상태 측정I표준높이 [AUVf-A×RQf-J

선형	구간	작업 전(cm)	작업 후(cm)	1일경과(cm)	4일경과(cm)
직선부	2구간	110×14	107×13	105×11	107×16
	3구간	100×10	48×5	48×5	93×19
곡선부	3구간	190×25	135×37	135×37	155×34
	1구간	153×25	153×25	153×25	

(2) 어깨폭-어깨높이-도상횡저항 행렬도 분석

직선부는 자갈상태에 따라 어깨폭/높이가 확보되지 않을 경우 도상저항력의 빠른 회복을 기대 할 수 없으며, 반대로 충분할 경우 회복보다는 안정화되는 특성을 보인다.

곡선부는 충분한 자갈상태로 어깨폭/높이가 초기에 확보되고 빠른 회복으로 충분한 도상횡저항력이 확보되어 안정화 기간 동안 특별한 상관성을 확인 할 수 없었다.

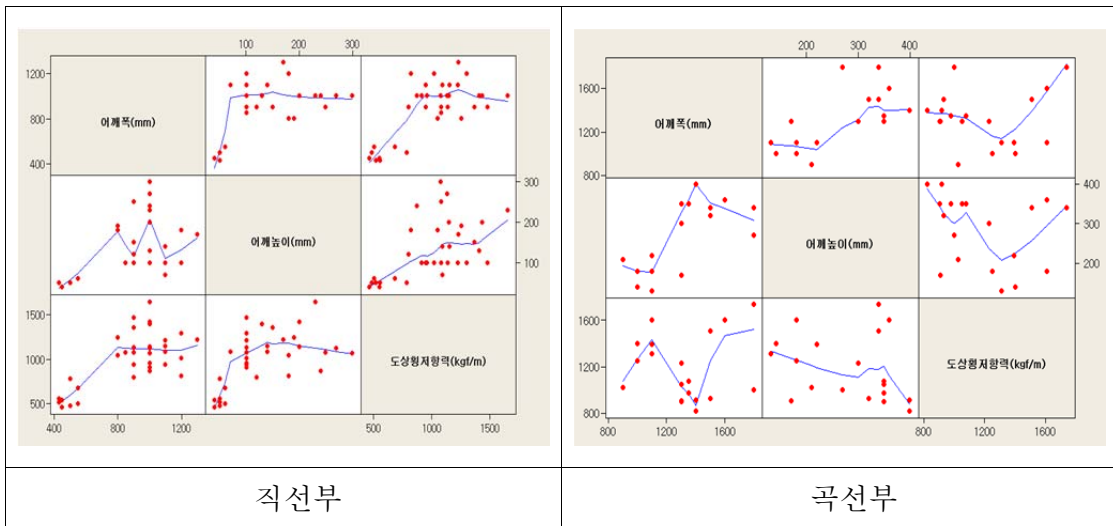


Fig. 3 직선부 및 곡선부 행렬도 분석

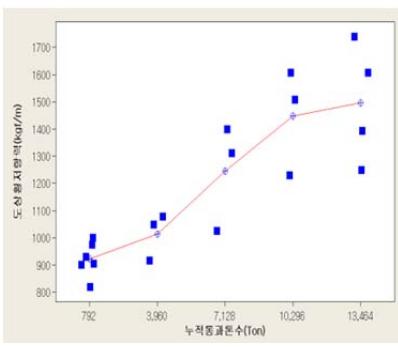

(3) 1구간 곡선부 도상횡저항력 측정 결과

서행해제 6시간 경과 후 횡저항력은 평균 921.7kgf/m로 기준값을 충분히 만족하고 있으며, 누적통과톤수 13,464톤에서 횡저항력 평균 1497.4kgf/m로 6시간 경과 후 측정값과 비교하여 짧은 기간에 60%이상 도상저항력이 회복되었다.

본 구간은 곡선 시작부 앞에 신축부가 있어 축력에 대한 신축이 가능하며 곡선부 또한 충분한 도상자갈 확보로 도상저항력의 빠른 회복을 기대할 수 있다.

Table 2A 누적통과톤수에 따른 도상횡저항력 측정 결과

누적통과 톤수(톤)	평균 (kgf/m)	회복율 (%)
792	921.7	184
3,960	1014.2	203
7,128	1245.4	249
10,296	1448.4	289
13,464	1497.4	299

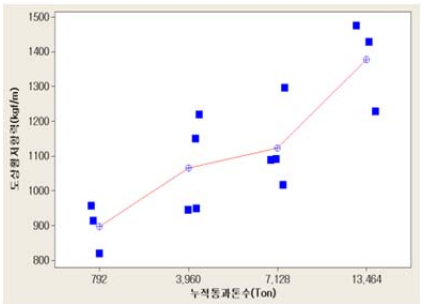

(4) 2구간 직선부 도상횡저항력 측정 결과

서행해제 6시간 경과 후 횡저항력은 평균 896.4kgf/m로 기준값을 충분히 만족하고 있으며, 누적통과톤수 13,464톤에서 횡저항력 평균 1377.4kgf/m로 6시간 경과 후 측정값과 비교하여 짧은 기간에 60%이상 도상저항력이 회복되었다.

본 구간은 충분한 도상자갈 확보개소로 침목교환 작업 특성상 도상 어깨 교란을 최소화하는 효율성 요구되므로 도상저항력의 빠른 회복을 기대할 수 있다.

Table 3 누적통과톤수에 따른 도상횡저항력 측정 결과

누적통과 톤수(톤)	평균 (kgf/m)	회복율 (%)
792	896.4	179
3,960	1065.8	213
7,128	1123.2	225
13,464	1377.4	275

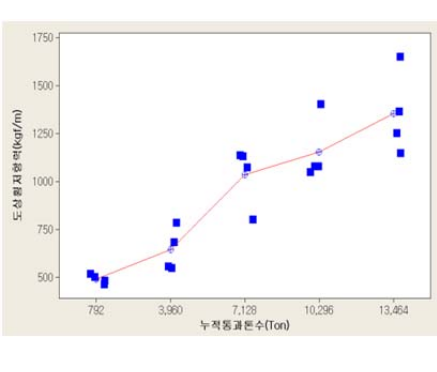

(5) 3구간 직선부 도상횡저항력 측정 결과

서행해제 6시간 경과 후 횡저항력은 평균 489.5kgf/m(4개소)로 기준값을 만족하지 못하며, 누적통과톤수에 따른 도상저항력 회복을 지연시키고 있다. 이는 탬핑 작업에 따른 다짐으로 자갈 부족이 원인이라 판단되며,

자갈보충 후 누적통과톤수 6,336톤에서 측정된 도상저항력은 평균 1033.7kgf/m로 하루 전 (3,168톤)과 비교하여 60%이상 도상저항력이 급격히 회복됨을 확인 할 수 있다.

Table 4A누적통과톤수에 따른 도상횡저항력 측정 결과

누적통과 톤수(톤)	평균 (kgf/m)	회복율 (%)
792	489.5	98
3,960	642.1	128
7,128	1033.7	207
10,296	1152.0	230
13,464	1352.9	271

3. 결론

침목교환은 작업의 효율성 확보를 위해 도상어깨 교란을 최소화(부분적 자갈교란) 하여 시행하므로 표준도상 조건을 만족하는 충분한 자갈 확보시 서행해제를 위한 마무리 탬핑 후 즉시 서행을 해제하는 현재의 유지보수 방법은 합리적이라 판단된다.

그러나 자갈이 표준상태에 가깝거나 부족할 경우 탬핑 후 침목상면이 노출되어 작업 후 도상저항력 부족 및 회복 속도 지연이 우려되므로 도상저항력의 빠른 회복과 궤도안정화를 위한 적정 유지보수가 고려되어야 함을 확인 할 수 있다.

따라서 하절기 장대레일 구간 도상이완 작업 계획 수립시 침목교환은 사전조사를 시행하여 도상자갈 상태를 반드시 확인하고 도상자갈이 부족할 경우 작업 전 도상자갈을 반드시 보충하여야 한다.

참고문헌

1. 한국철도공사, “선로유지관리지침(2015.3.19.)”
2. 한국철도학회, “철도선로유지 효율화를 위한 궤도주변시설 성능개선 연구”