

## 도상안정화작업이 장대레일 좌굴강도에 미치는 영향 고찰

### Study influence on buckling strength of the CWR about Dynamic Track stabilize work

김인재\*<sup>†</sup>, 박성현\*, 민풍식\*

In-Jae Kim\*<sup>†</sup>, Sung-Hyun Park\*, Poong-Sik Min\*

**초 록** 한반도는 점차 아열대성 기후로 변화하고 있으며 특히 금년 여름의 대기온도는 우리가 경험하지 못한 온도인 40℃를 넘는 경우가 빈번하게 나타나고 있다. 이렇게 높아진 온도에 따라 철도에서 장대레일은 보다 세밀하고 체계적인 관리가 요구되고 있다. 그러한 가운데 열차가 운행 중 장대레일에서 발생된 좌굴에 의해 탈선사고가 일어났으며 사고 조사과정에서 사고 전날 분기기 다짐용 장비(STT)가 사고현장인 본선에서 동적안정화를 병행하지 않고 단독작업 시행한 것이 확인되었으며 작업 한 다음날 즉 사고가 발생한 날에 폭염주의보가 발령되었고 레일온도는 약 50℃를 넘고 있었다. 본 연구에서는 도상다짐작업 만 시행한 경우와 동적안정화작업을 시행한 경우를 비교하고 사고 발생 당시 사고현장에서의 도상횡저항력을 추정하였으며 그에 따른 장대레일 좌굴강도를 추정하여 안전성을 판단하였다.

**주요어** : 도상안정화작업, 도상횡저항력, 좌굴강도, 탈선

#### 1. 서 론

한반도는 점차 아열대성 기후로 변화하고 있으며 특히 금년 여름의 대기온도는 우리가 경험하지 못한 온도인 40℃를 넘는 경우가 빈번하게 나타나고 있다. 이렇게 높아진 온도에 따라 장대레일은 보다 세밀하고 체계적인 관리가 요구되고 있으며 이러한 가운데 화물열차가 운행 중 장대레일에서 발생된 좌굴에 의해 탈선사고가 일어났다. 사고 조사과정에서 사고 전날 분기기 다짐용 장비(STT)가 사고현장인 본선에서 동적안정화를 병행하지 않고 단독작업을 시행한 것이 확인되었으며 사고가 발생한 날에 폭염주의보가 발령되었고 레일온도는 약 50℃를 넘고 있었다. 본 연구에서는 도상다짐작업 시 동적안정화작업 유무에 따라 비교하고 사고 발생 당시 사고현장에서의 도상횡저항력을 추정하였으며 그에 따른 장대레일 좌굴강도를 추정하여 안전성을 판단하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 도상안정화작업 유무에 따른 도상횡저항력 변화

사고발생 전날, 분기부 다짐용 장비(STT) 단독작업으로 레일좌굴이 발생된 구간이 포함된 163.2~164km구간에 15mm의 양로량을 설정하고 다짐작업을 시행하였으며 2018년 6월 24일 15시경 레일굴곡(좌굴)이 발생되었다. 따라서 사고 발생 전날 시행한 도상작업이 레일굴곡(좌굴)에 영향을 주었는지에 대하여 알아볼 필요가 철도공사 시설장비사무소 내의 장비시험선에서 시험을 시행하였다. 장비시험선의 궤도구조는 자갈 궤도에 길이가 50m(장척)인 50kgN레일, 콘크리트침목(길이 2.4m), 코일스프링식 체결장치가 부설되어 있었으며 도상횡저항력 측정위치는 궤도틀림이 큰 레일이음매로부터 4m이상 떨어지게 하였다. 시험은 ① 작업 전 도상저항력 측정 → ② 양로량 0mm로 MTT작업 및 도상저항력 측정 → ③ 도상안정화작업(DTS 및 CO) 및 측정 → ④ 자갈살포 및 고르기 → ⑤ 양로량 0mm로 MTT작업 및 도상저항력 측정 → ⑥ 도상안정화작업(DTS 및 CO) 및 측정 → ⑦ 자갈살포 및 고르기

† 교신저자: 항공철도사고조사위원회  
(injaero@hanmail.net)

\* 항공철도사고조사위원회

→ ⑧ 양로량 40mm로 MTT작업 및 도상저항력 측정 → ⑨ 도상안정화작업(DTS 및 CO) 및 측정의 순서로 진행하였다. 위와 같은 조건으로 도상횡저항력을 측정한 결과는 [그림 1]와 같다.

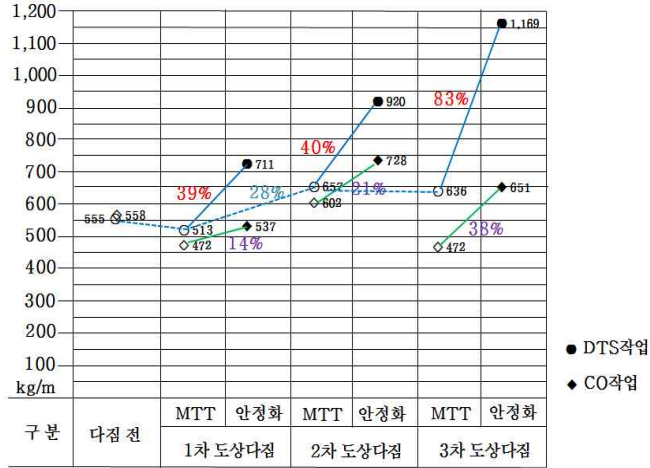


Fig. 1 Change Lateral resisting force of ballast according to Dynamic Track stabilize work

사고현장에서는 사고 전날 15mm의 양로작업을 시행한 상태였으며 곡선의측의 침목이 노출되어 있고 자갈이 부족한 상태를 고려하면 [그림 1]의 1차 도상다짐(MTT) 조건과 유사하거나 더욱 열악한 상태이다. 그러므로 사고현장의 도상횡저항력은 [그림 1]의 1차 도상다짐(MTT) 평균값 493kg/m((513+472)/2)에 현장의 좌측 침목 측면 노출(2cm정도)에 의한 40% 감소를 고려하면 약 300kg/m정도 될 것으로 추정된다.

사고현장에서 레일좌굴(좌굴)이 발생된 구간은 서울역 기점 163.768km~163.828km구간이며 사고발생 전인 2018년 6월 7일에 레일좌굴이 발생된 구간 내인 서울역 기점 163.800km에서 도상횡저항력을 측정한 결과, 868kg/m이었다.

『선로보수자료』(철도청, 1993)의 24페이지 도상상태에 따른 도상저항력과 기계작업 전후의 도상저항력 비교한 사항이 명기되어 있다. 사고 발생 전 측정한 도상횡저항력 868kg/m을 가지고 『선로보수자료』에 대입하여 사고 당시 도상횡저항력을 유추하여 보면 기계작업 후에는 45%정도 도상저항력이 저하되므로 477kg/m정도 될 것으로 유추된다. 여기에 양로량 15mm로 인하여

침목 측면은 다짐 전 보다 1.5cm 더 노출된다. 『선로보수자료』에 의하면 침목측면이 2cm 노출된 경우 60%정도만 도상저항력이 작용하므로 1.5cm인 경우 70% 정도를 고려할 때 사고 직전의 도상횡저항력은 334kg/m로 추정된다.

이상과 같이 시험선로에서의 시험결과와 사고 발생 전에 측정한 결과를 토대로 사고발생 당시 사고현장의 도상횡저항력은 각각 약 300kg/m와 334kg/m일 것으로 추정되었다.

## 2.2 최저좌굴강도 추정 및 좌굴가능성 판단

최저 좌굴강도 추정 식은 일본의 『철도에 관한 기술기준(철도기술기준성령)』(1997년)에서 정한 “궤도의 최저좌굴강도 약산 식”에 의거 산출하였다.

(i)  $R \leq R_0$  인 경우

$$P_{t1} = 3.81 J^{0.383} g_0^{0.535} N_j^{0.267} - 20.2 J^{0.789} N_j^{600} / R$$

(ii)  $R \geq R_0$  인 경우

$$P_{t2} = 3.63 J^{0.535} g_0^{0.535} N_j^{0.267}$$

$$\text{여기서 } R_0 = 112.2 J^{0.406} N_j^{0.333} / g^{0.535}$$

Table 2 Calculation of the Min. Rail buckling strength

Lateral resisting force of ballast	$R_0$	Min. buckling strength(ton)	Rail temperature force(ton)	Safety rate
300kg/m	784.7	70.2	74.3	0.945
330kg/m	745.7	74.1	74.3	0.997
400kg/m	672.8	82.6	74.3	1.112

## 3. 결론

사고현장의 도상횡저항력을 측정한 결과 330kg/m이하이었으며 330kg/m이하 일 경우에는 안전율이 1보다 작기 때문에 좌굴이 발생할 수 있음을 확인하였다. 따라서 하절기에 도상작업을 시행할 경우 도상안정화는 반드시 필요하며 이에 따라 『선로유지관리 지침』도 보완이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 日本 交通省, 2003, 鐵道技術基準省令
- [2] 철도청, 1993, 선로보수자료 p24