장대레일 궤도 조건에 따른 좌굴민감도 분석

Buckling sensitivity analysis on Continuous Welded Rail track conditions

장윤재*, 박종찬*, 이영섭*, 임남형*†

Yun-Jae Chang*, Jong-Chan Park*, Yeong-Seob Lee*, Nam-Hyoung Lim*†

초 록 장대레일(CWR) 궤도는 기존의 레일 궤도의 취약점인 이음매를 용접을 통하여 원천적으로 해결했다. 하지만 부동구간에서 온도변동 시 레일의 자유팽창 및 수축이 구속되므로 레일의 길이 방향으로 과도한 축력이 발생한다. 이러한 과도한 축력은 혹서기에 궤도의 좌굴 그리고 혹한기에 레일파단의 문제를 유발하여 주행하는 열차의 안전을 위협할 수 있다. 최근 국내에서 혹서기의 폭염으로 인해 열차운행속도를 제한하는 사례가 다수 있었다. 본 연구진은 매개변수별 좌굴해석을 통해 좌굴민감도를 분석하였다.

주요어 : 장대레일, 혹서기, 좌굴해석, 매개변수, 좌굴민감도

1. 서 론

현재 열차 운행속도 증가로 인해 널리 사용되고 있는 장대레일은 기존 레일을 연속적으로 용접하여 이음매를 제거하여 단점을 보완하였다.

현재 장대레일이 설치된 국내의 철도는 Table 1과 같이 레일온도에 따른 열차의 운행속도를 제한하고 있다.

Table 1 Train speed limit for rail temperature.

Rail Temperature	Speed Limit
More than 50℃	Observation
More than 55℃	230km/h
More than 60℃	70km/h
More than 64℃	Stop

이는 온도에 의한 레일의 좌굴 위험성이 있기 때문이다. 또한, 혹서기 폭염으로 인한 열차운행속도가 제한되는 사례가 국내에도 다수 나타나고 있다.

† 교신저자: 충남대학교 공과대학 토목공학과 (nhrim@cnu.ac.kr)
* 충남대대학교 공과대학 토목공학과
** 충남대학교 철도연구소

그러므로 본 연구에서는 열차 운행속도 제한의 타당성을 재평가하기 위한 기초자료로서 장대레일의 궤도 조건에서 매개변수별 좌굴해석을 통해 좌굴민감도를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 허용좌굴온도

허용좌굴온도는 좌굴에 대한 레일의 안전성을 확보하기 위해 외기온도에서 레일상에 발생 가능한 온도 변화량보다 커야한다. 본 연구에서는 FIg. 1의 허용 좌굴온도를 온도-변위 관계 곡선에서 하한 좌굴온도로 결정하였다.

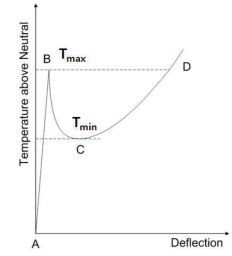

Fig. 1 Radius-Rail Temperature

2.2 궤도조건 및 범위 선정

장대레일 궤도의 허용좌굴온도에 영향을 주는 곡선반경, 궤도틀림을 결정하는 틀림 량,

틀림길이, 도상 횡저항력으로 4가지의 매개변수의 좌굴민감도를 분석한다. (Table 2)

Table 2 Parameters specific range.

Parameter	Range [each]
Radius [m]	500~3500 [500]
Misalignment [m]	0.005~0.01 [0.001]
HWL [m]	1.0~9.0 [1]
LBR [N/m]	9,000~20,000 [1,000]

2.3 매개변수에 따른 허용좌굴온도

2.3.1 곡선반경 [R]

Fig. 2에서 곡선반경이 증가함에 따라 허용좌굴온도가 약 4℃ 증가한다.

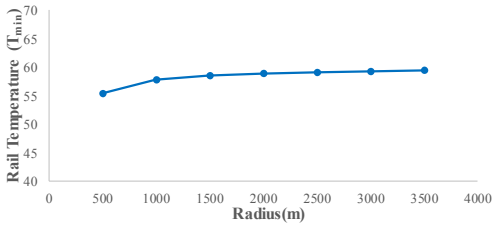

Fig. 2 Radius-Rail Temperature

곡선반경이 1000m 이하 일 때의 허용좌굴온도 변화량이 크게 나타난다.

2.3.2 궤도틀림 크기 [MISA]

Fig. 3에 궤도틀림 크기가 5mm에서 10mm로 증가함에 따라 허용 좌굴온도가 약 4℃로 일정하게 감소한다.

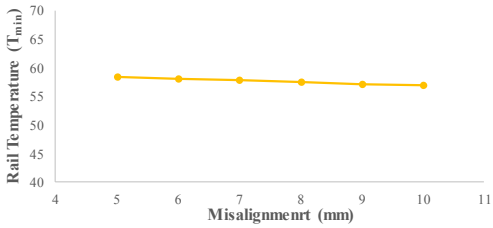

Fig. 3 Misalignment-Rail Temperature

2.3.3 궤도틀림 길이 [HWL]

궤도틀림 길이가 1m에서 3m로 증가함에 따라 허용 좌굴온도가 약 2℃ 감소한다.(Fig. 4)

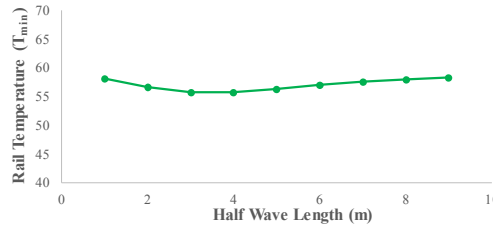

Fig. 4 Half wave length-Rail Temperature

하지만 궤도 틀림 길이가 3m에서 9m로 증가할 때는 허용좌굴온도가 약 3℃ 증가한다.

2.3.4 도상횡저항력 [LBR]

도상횡저항력이 증가함에 따라 허용좌굴온도가 약 17℃ 대폭 증가한다.(Fig. 5)

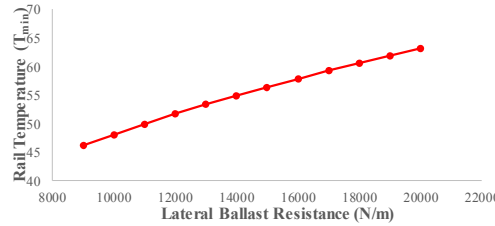

Fig. 5 Lateral ballast resistance-Rail Temperature

3. 결 론

Table 3에서 보이는 것과 같이 도상횡저항력에 따른 허용좌굴온도의 상승폭이 다른 변수들에 비해 더 급격히 증가한 것으로 나타난다.

Table 3 Buckling Sensitivity of Parameters

Radius	MISA	HWL	LBR
+4℃	-4℃	+3℃	+17℃

이로 인해 좌굴에 가장 민감하게 작용하는 변수는 도상횡저항력임을 확인하였다.

후 기

본 연구는 폭염대비 선로안정성 강화를 위한 기준개정 연구 용역의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] H.U Bae (2011) Buckling Probability Evaluation System to Analyze Buckling Risk of the CWR Tracks, Ph M Thesis, Chungnam National University.

[2] K.M Yun (2011) Buckling Sensitivity of CWR Tracks according to the Characteristics of the Probability Distribution of the Lateral Ballast Resistance, The Korea Society For Railway, pp.423~426.