

H형 침목에 관한 연구

A Study on the H-typed Railway Sleeper

배현웅* 배상원* 김해곤** 이진옥*** 임남형†
Hyun-Ung Bae Sang-Won Bae Hae-Gon Kim Chin-Ok Lee Nam-Hyoung Lim

ABSTRACT

The lateral stiffness of the track structure is very important mechanical property to prevent the track buckling and progress of misalignment. The increasing methods of the lateral stiffness of the track structure are the following; increases of the lateral ballast resistance, and increases of the lateral stiffness of the track panel. In order to increase the lateral stiffness of the track panel, some of the sleepers resist together against the lateral movement can be the most economical and mechanical method. In this paper, H-typed sleeper developed to solve this problem is introduced and the mechanical advantages of this sleeper are investigated.

1. 서론

궤도는 노반 위에 도상, 침목, 체결장치, 레일의 결합으로 이루어진 복합구조로 각 요소마다의 역학적 특성이 있고, 차량하중 및 온도변화에 따른 레일의 수축·팽창으로 침목의 활동이 발생된다. 특히 여름철에는 높은 대기온도의 영향으로 레일에 과도한 축력이 생겨 궤도좌굴에 의한 탈선사고를 유발시킬 수 있다. 이를 저항하는 도상자갈의 저항력에는 한계가 있으며 시간이 지날수록 열차하중 등에 의해 자갈이 마모되고 가라앉게 되어 침목의 횡방향 저항력이 떨어지고, 궤도틀림이 진전되어 취약구간에는 잦은 유지보수를 필요로 하게 된다. 그러나 도상저항력을 현재보다 증진시키는 것은 현실적으로 어려우므로 궤광의 횡강성 증진을 위해 침목들이 횡방향 활동에 대해 함께 저항하는 것이 가장 경제적이고 구조적인 방법이다. 본 연구에서는 이러한 철도현장의 문제 속에 있는 기존의 침목보다 내구성 및 안정성을 증대시킬 수 있도록 개발된 H형 침목을 소개하고, 구조적 이점에 대해 연구를 수행하였다.

2. H형 침목의 단면력 검토

해석프로그램은 본 연구진에 의해 개발된 기하 및 재료 비선형성을 고려한 3차원 궤도 해석프로그램 CWRGNU를 사용하였다. PC침목 설계(철도청, 2004)에서는 레일에 작용하는 윤중이 침목에 분산된 하중으로 작용하는 것으로 하여 설계가 이루어지기 때문에, 분산된 하중이 침목에 작용하는 침목모델(Tie Model)을 모사하였고, CWRGNU에서는 레일-체결구-침목-도상으로 구성된 궤도 전체의 모델(Full Model) 구현이 가능하여 하중 분산계수를 사용하지 않고 레일에 직접 윤중을 재하 하는 것으로도 해석을 수행하였다.

† 정회원, 충남대학교, 토목공학과, 부교수
E-mail : nhrim@cnu.ac.kr
TEL : (042)821-7005 FAX : (042)821-8867
* 학생회원, 충남대학교, 토목공학과, 석사과정
** 정회원, 코레일, 사업개발본부, 팀장
*** 정회원, 충남대학교, 토목공학과, 교수

2.1 하중제하 조건

Tie Model의 설계 레일압력(P_r)은 윤중(11tf=107.8kN)에 분산계수 0.5와 활중계수 2.0이 고려되어 계산되고, 설계 레일횡압(Q_s)은 윤중의 80%에 분산계수 0.5, 활중계수 1.5가 고려되어 계산되며 침목단면의 중립축으로부터 280mm지점에 작용된다. Full Model의 설계 레일압력 및 횡압은 분산계수를 사용하지 않고 적용하였다.

하중 조건은 두 가지 모델(Tie, Full Model)에서 각각 4가지의 경우로 하였다. 집중하중과 모멘트하중은 침목의 양쪽레일위치(침목 끝단으로부터 450mm지점)에 작용시켰으며, 하중작용 조건과 연직도상 반력 조건을 달리한 4가지 경우는 그림 1, 2와 같다.

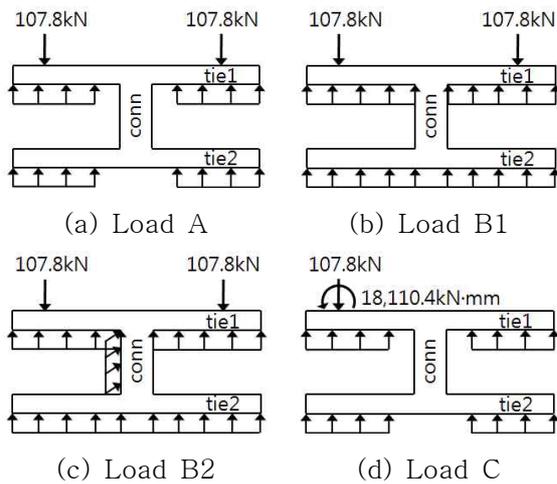


그림 1. Load Case of Tie Model

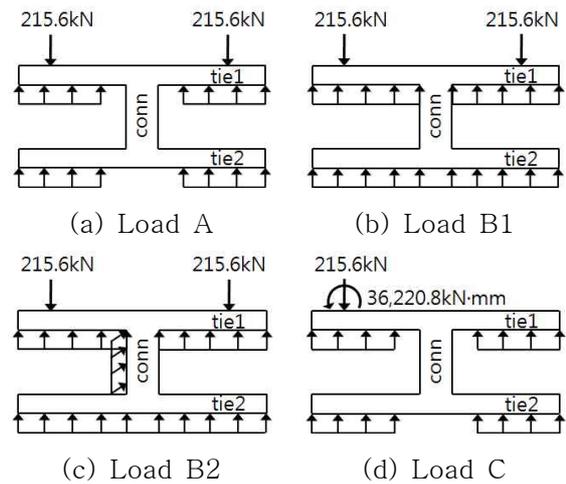


그림 2. Load Case of Full Model

2.2 해석 결과

H형 침목의 단면력 해석 결과, 최대 전단력과 최대 정모멘트는 레일 직하부에 발생되고, 최대 부모멘트는 레일 중앙부에서 발생되었다. Tie Model에서는 Load B2에서 전단력이 가장 크고, Load C에서 정모멘트 및 부모멘트가 가장 크게 나타났으며, Full Model에서는 Load B2에서 전단력과 부모멘트가 가장 크고, Load C에서 정모멘트가 가장 크게 나타났다. 기존 일자형 침목과 H형 침목의 각 하중조건별 전단력 및 휨모멘트 값은 표 1과 표 2에 나타내었다.

표 1. Sectional Forces of Mono Tie

Tie Model			Full Model		
Load Case	Shear Force (kN)	Bending Moment (kN·mm)	Load Case	Shear Force (kN)	Bending Moment (kN·mm)
Load A	56.80	11,457.19	Load A	26.71	5,388.75
	-56.80	-2,728.31		-26.71	-1,283.23
Load B	66.41	9,349.81	Load B	31.18	4,389.94
	-66.41	-15,365.65		-31.18	-7,214.51
Load C	64.46	15,214.86	Load C	28.83	6,787.55
	-43.34	-11,304.87		-21.25	-3,858.03

표 2. Sectional Forces of H-shaped Tie

Tie Model				Full Model			
Load Case	Tie	Shear Force (kN)	Bending Moment (kN-mm)	Load Case	Tie	Shear Force (kN)	Bending Moment (kN-mm)
Load A	tie1	56.80	11,457.19	Load A	tie1	26.71	5,388.75
		-56.80	-2,728.31			-26.71	-1,283.23
	tie2	0	0		tie2	22.44	4,526.78
		0	0			-22.44	-1,077.97
	conn	0	0		conn	0	0
		0	0			0	0
Load B1	tie1	66.41	9,349.81	Load B1	tie1	31.18	4,389.94
		-66.41	-15,365.65			-31.18	-7,214.51
	tie2	0	0		tie2	26.21	3,689.77
		0	0			-26.21	-6,063.84
	conn	0	0		conn	0	0
		0	0			0	0
Load B2	tie1	69.15	8,748.30	Load B2	tie1	33.65	4,078.56
		-69.15	-19,988.15			-33.65	-10,447.40
	tie2	3.78	0		tie2	28.55	3,399.40
		-3.78	-2,153.92			-28.55	-9,105.85
	conn	16.21	0		conn	10.82	0
		-7.55	-1,855.74			-10.17	-1,638.77
Load C	tie1	52.79	12,412.89	Load C	tie1	28.12	6,618.32
		-55.01	-25,278.64			-23.60	-5,743.12
	tie2	18.88	15,433.60		tie2	24.07	5,659.95
		0	-15,433.60			-15.47	-4,788.64
	conn	0	0		conn	0	0
		0	0			0	0
	Torque	30,867.20		Torque	4,384.19		

3. H형 침목의 횡.중저항력 증대 효과

Full Model에서 일자형 침목과 H형 침목 각각 100m지점의 침목 끝에 레도 횡방향으로 490kN(50tf)의 집중하중을 재하 하여 횡변위를 비교하였다. 이때 연결부에 작용되는 횡방향 저항력에 대한 정보는 아직까지 알려진 바가 없어 불확실하므로 고려하지 않았다(H-shaped Tie1). H형 침목의 형상에 의한 영향만으로도 일자형 침목은 50.00mm, H형 침목은 37.38mm의 최대변위가 발생하여(약 25% 감소), Simple Beam 중앙에 집중하중이 작용할 때의 최대 처짐 공식(식 1)에 의해 H 침목의 궤광 강성이 일자형 침목에 비해 약 1.34배 크다는 것을 유추해볼 수 있다(그림 3).

$$\delta = \frac{Pl^3}{48EI} \quad (1)$$

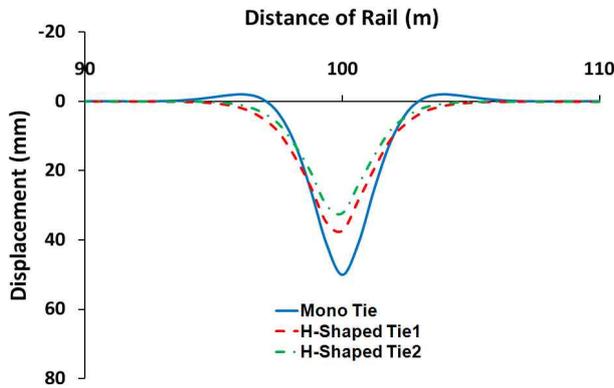


그림 3. Lateral Displacement of Rail

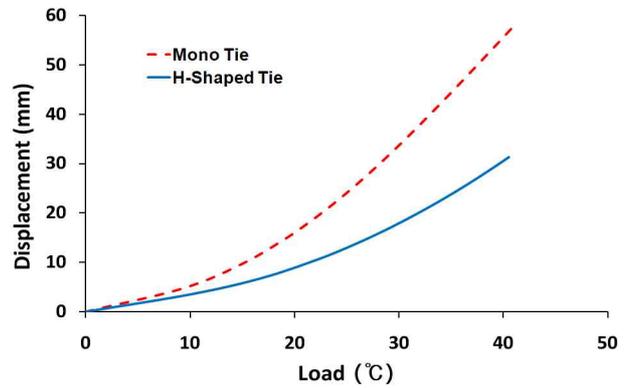


그림 4. Longitudinal Disp. of Rail

H형 침목 중앙부의 횡방향 저항력을 기존 일자형 침목의 횡방향 도상저항력과 같다고 가정하여 해석해본 결과(H-shaped Tie2), 최대 변위 32.23mm로(약 36% 감소) H형 침목의 횡방향 강성이 일자형 침목에 비해 약 1.55배 크를 유추할 수 있다(그림 3). 실제 침목 중앙부의 횡방향 저항력에 대한 정보가 규명된다면 그 효과는 더 클 것으로 기대된다.

또한 레일의 종방향 변위 효과를 살펴보기 위해, 200m 레일의 시작점은 고정하고 200m지점 단부는 자유단으로 하여 레일에 온도하중을 40°C까지 작용시켰다. 그 결과, 단부에서 일자형 침목의 최대 변위는 57.57mm, H형 침목의 최대 변위는 31.32mm로, 변위가 약 45% 감소하였다(그림 4). 이는 두개의 일자형 침목 연결에 의해 침목의 종방향 저항력 또한 증진되어 신축이음부 등에서 복진 현상이 저감될 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 궤도에서 발생하는 유지보수비, 건설비의 절감 및 궤도의 안정성 확보를 목표로 기존 침목과는 다른 형태의 H형 침목의 적용성 및 효과를 분석하였다.

구조해석 및 설계기준 검토 결과, 제안한 H형의 단면은 기존의 침목형태를 유지한 채 연결부만 추가하여 적용이 가능하며, H형 침목이 실제 현장에 적용되면 특히 침목의 종·횡방향 저항력이 증가하여 궤도 좌굴에 대한 안전성을 확보할 수 있고, 이로 인해 유지보수율이 감소되는 큰 효과를 기대할 수 있다. 차후 이를 입증하기 위한 시험 부설 운행이 필요하다 판단된다.

참고문헌

1. 강보순, “궤도에서 Y형 강재침목의 특성 및 적용”, 한국철도학회논문집, 제3권, 제3호, pp.203-209, 2005.
2. 왕성상, “다지형철도침목 실용화 본격화”, 아시아경제, 2009.
3. 이종득, “철도공학”, 노해출판사, 2009.
4. 철도청, “P.C침목설계시방서”, 철도시설과, 2004.
5. 한국콘크리트학회, “콘크리트구조설계기준”, 사단법인 한국콘크리트학회, 2007.