

가혹조건에서의 급속경화궤도 거동분석

Behavior Analysis of Fast Hardening Track in Worse Conditions

최원석*, 이희영*, 이일화**, 정원석*†

Choi Won Seok*, Lee Hee Young*, Lee Ill Wha**, Chung Won Seok*†

Abstract Fast Hardening Track has the advantage of reducing the maintenance and repair cost, a method of replacing an existing gravel ballast track with concrete track. FHT is necessary to check the allowable stress applied to another country. Also FHT should be considered for allowing the tensile stress to the temperature due to plain concrete slab structures. This study is the selection of a temperature change, temperature gradient changes in order to analyze the allowable stress of the fast hardening track in worse conditions. By performing a finite element analysis attempts to analyze the stress on the fast hardening track.

Keywords : FHT(Fast Hardening Track), Worse condition, Allowable stress,

초 록 급속경화궤도는 기존의 자갈도상궤도를 콘크리트궤도로 대체하는 방식으로 유지, 보수비용을 절감할 수 있는 장점을 갖고 있다. 급속경화궤도를 해외 현지 적용하기 위해서는 해외의 높은 일교차, 연교차 등을 바탕으로 급속경화궤도의 응력에 대한 검토가 필요하며, 급속경화궤도는 기존의 콘크리트 궤도와 다르게 무근 콘크리트 슬래브 구조물이므로 온도에 대한 허용인장응력에 대하여 고려해야 한다. 따라서 본 연구는 가혹조건에서 토공구간에 시공되는 급속경화궤도의 거동을 분석하기 위해 온도변화, 온도구배변화를 매개변수로 선정하여 유한요소해석을 실시하였고, 가혹조건에서 급속경화궤도의 허용인장응력을 바탕으로 가혹조건에서의 급속경화궤도 응력을 분석하고자 한다.

주요어 : 급속경화궤도, 가혹조건, 허용응력, 유한요소해석

1. 서 론

국내 자갈궤도의 문제점인 유지 보수비, 궤도 비틀림, 승차감 저하 등을 해결하기 위해 급속경화궤도가 개발되었다. 급속경화궤도란 기존의 자갈궤도에 초속경 모르타르를 충전하여 자갈궤도를 콘크리트화 하는 공법이다. 국내,외에 급속경화궤도를 시공하기 위해서는 온도에 의한 허용응력이 중요한 요소로 고려되므로 기상 가혹조건이 고려된 급속경화궤도 거동에 대한 검토가 필요하다. 급속경화궤도는 기존의 콘크리트 궤도와 다르게 무근 콘크리트 슬래브 구조물이므로 온도에 대한 허용인장응력에 대해 고려해야 한다. 본 연구에서는 토공 구간 급속경화궤도의 허용인장응력을 분석하기 위하여 온도를 Table 1과 같이 매개변수로 선정하였다

† 교신저자: 경희대학교 사회기반시스템공학과 부교수(wschung@khu.ac.kr)

* 경희대학교 공과대학 사회기반시스템학과공과대학 철도공학과

** 철도기술연구원 첨단인프라연구단

Table 1 Parameters of fast hardening track

CASE		Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Slab Strength (MPa)	Slab Thickness (mm)	Track length (m)	Temperature Gradient ($^{\circ}\text{C}/\text{mm}$)
CASE		15	30	500	25	$0.04^{\circ}\text{C}/\text{mm}$
Temperature	E-T-1	20	30	500	25	$0.04^{\circ}\text{C}/\text{mm}$
	E-T-2	25				
	E-T-3	30				
Temperature Gradient	E-G-1	15	30	30	25	$0.06^{\circ}\text{C}/\text{mm}$
	E-G-2					$0.09^{\circ}\text{C}/\text{mm}$
	E-G-3					$0.12^{\circ}\text{C}/\text{mm}$

2. 본 론

2.1 허용인장응력

본 연구에서는 급속경화궤도의 온도응력에 대한 경향을 분석하고 급속경화궤도 슬래브의 허용인장응력을 산출하였다. 철도설계편람 콘크리트 궤도(KR C-14040)에서 콘크리트 궤도에 대한 허용인장응력 규정을 식 (1)과 같이 제시하였다. 식 (1)은 도상 콘크리트에 대한 허용인장응력이며, 식 (2)은 도상 안정층의 허용인장응력이다. (한국철도시설공단, 2012)

$$f_a = \lambda f_r \quad (1)$$

$$f_r = 2f_{ctm} = 2(0.3f_{ck}^{\frac{2}{3}}) \quad (2)$$

Fig.1과 같이 철도설계편람 콘크리트 궤도(KR C-14040)에서 Smith Diagram을 기반으로 λ 에 대한 규정을 제시하였다. f_o 는 온도변화에 의해 콘크리트 슬래브에 발생하는 온도응력이다.

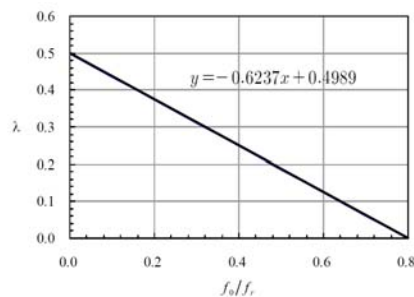


Fig. 1 KR C-14040

2.2 유한요소해석

본 연구에서는 기상 가혹조건에서 급속경화궤도의 거동을 분석하기 위하여 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS(Version 6.9)을 사용하여 해석을 수행하였다. 급속경화궤도 슬래브 및 침목은 8절점 솔리드(Solid)요소(C3D8R)를 적용하였으며, 레일은 보(Beam)요소(B31)를 이용하여 급속경화궤도 모델링을 하였다. 레일과 급속경화궤도 슬래브의 연결부인 레일체결장치를 모델 상에서 구현하기 위해 스프링(Connect two points)요소를 이용하여 상호 연결하였다. 급속경화궤도 슬래브와 노반의 지점조건은 스프링(Connect points to ground)요소를 이용하여 모델 상에 구현하였다. 지반 스프링의 강성은 철도설계편람 콘크리트 궤도구조(KR C-14040)에 제시되어 있는 기준으로 산정하였다. 최종적으로 Fig. 2(a)와 같이 급속경화궤도 해석모델을 구성하였으며, Fig. 2(b)은 본 연구에서 적용된 유한요소해석 모델링이다.

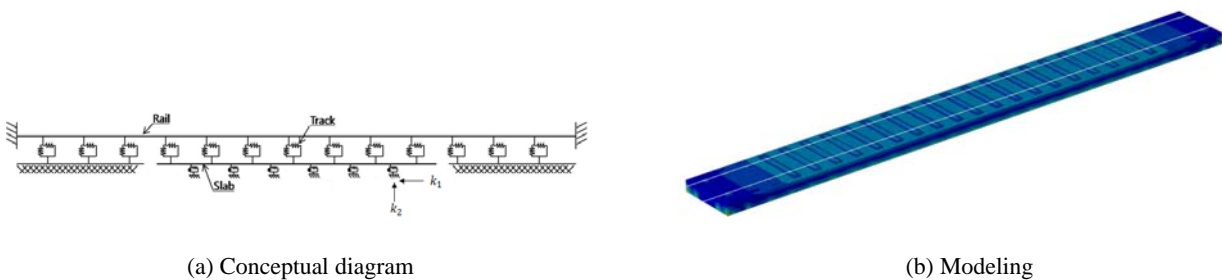


Fig. 2 Fast hardening track finite element analysis

3. 결론

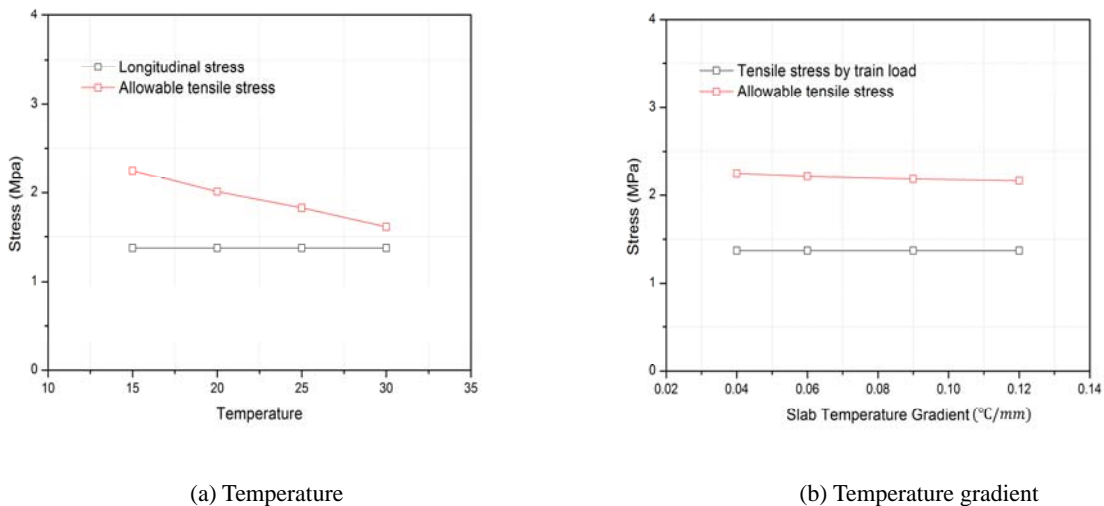


Fig. 3 Stress on the Fast hardening track

그림 Fig. 3(a)는 슬래브의 온도변화에 따른 응력결과 그래프이다. 열차하중에 의한 인장 응력은 1.37MPa이다. 슬래브의 온도가 증가할수록 슬래브의 허용응력은 감소하며, 열차하중에 의한 슬래브에 발생하는 응력은 허용응력을 모두 만족하는 것으로 분석된다. 그림 Fig.

3(b)는 슬래브의 온도구배변화에 따른 응력결과 그래프이다. 슬래브의 온도구배에 따른 열차하중에 의한 응력은 1.37MPa로 온도구배 변화에 관계없이 일정한 값을 보인다. 슬래브의 온도구배가 $0.04^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ (CASE-E)일 때 허용응력은 2.25MPa, $0.06^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ (E-G-1)일 때 2.22MPa, $0.09^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ (E-G-2)일 때 2.19MPa, $0.12^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ (E-G-3)일 때 2.17MPa이다. 온도구배가 증가함에 따라 허용응력이 감소하는 경향을 보이지만 슬래브의 온도구배변화에 따른 열차하중에 의한 응력은 슬래브의 허용응력에 대해 모두 만족한다.

감사의 글

본연구는국토교통부철도기술연구사업의연구비지원(고속철도자갈궤도급속경화기술개발, 15RTRP-B065581-03)에의해수행되었습니다

참고문헌

[1] Korea Rail Network Authority (2014) KR C-14040