

현장타설 콘크리트궤도 시공 중 초기균열 저감을 위한 연구

A study on reducing early-age concrete cracks in on-site concrete slab track

김만철*[†], 배영훈*, 표석훈*, 김재학**, 신순호**, 김인섭**, 서흥석***Man-Cheol Kim*[†], Young-Hoon Bae*, Sukhoon Pyo*, Jae-Hak Kim**, In-Sup Kim**,

Heong-Sok Seo***

Abstract Cracks in concrete slab track have reduced long-term durability and increased the maintenance time and cost, and invoked the social controversy about railway safety. In this study, effective countermeasures are investigated to reduce cracks in concrete slab track caused by the temperature change of the temporary rail made from steel during on-site curing of concrete. The effectiveness to reduce the early age cracking is evaluated by adopting alternative methods: using temporary rails made from composite materials with low thermal expansion coefficient, and covering concrete slab track with thick packing sheets immediately after the casting of concrete. It is revealed from this research that efficient methods to reduce early age concrete cracking in concrete slab track are 1) minimize the temperature changes of rails by covering concrete slab track with thick packing sheets right after the casting of concrete, 2) disassemble of the temporary rails as soon as possible, and 3) cast concrete while temperature changes are insignificant.

Keywords : early-age concrete crack, composite material rail, covering packing material, changing rail temperature, concrete slab track

초 록 콘크리트궤도의 균열은 장기적인 내구성을 저하시키고 유지보수 시간 및 비용을 증가시키며, 철도 안전에 대한 사회적 논란을 유발시킬 수 있다. 본 논문은 현장타설 콘크리트궤도 양생 중에 강재 임시레일의 온도변화에 의해 유발되는 균열 저감 대책을 연구하였다. 이를 위해서 낮은 열팽창계수를 갖는 복합소재 임시레일 및 타설 직후 콘크리트 궤도를 두꺼운 포장재로 덮는 방법을 이용한 현장시험을 실시하여 초기 균열 발생 현황을 분석하였다. 그 결과 콘크리트궤도 양생 중 발생하는 초기 균열을 방지하기 위해서는 콘크리트 타설 직후 콘크리트궤도를 두꺼운 포장재를 덮어 레일의 온도변화를 최소화 하고, 가능한 이른 시간 내 임시레일을 해체하거나 기온변화가 없는 시기에 콘크리트를 타설하는 것이 콘크리트궤도 품질에 효과적인 요소임을 알 수 있었다.

주요어 : 콘크리트 초기균열, 복합소재 레일, 포장재 덮기, 레일온도 변화, 콘크리트궤도

1. 서론

콘크리트궤도의 균열은 장기적인 내구성을 저하시키고 유지보수 시간 및 비용을 증가시키며, 철도 안전에 대한 사회적 논란을 유발시킬 수 있다. 본 논문은 현장타설 콘크리트궤도 양생 중에 강재 임시레일의 온도변화에 의해 유발되는 균열 저감 대책을 연구하였다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원(kimmc@krrri.or.kr)

* 한국철도기술연구원, ** (주)케이알티씨, *** (주)삼동랜드

2. 본 론

2.1 콘크리트궤도의 균열발생 원인 분석

콘크리트 타설 당일 하루 온도변화에 의한 균열 발생 개념은 Fig. 1과 2와 같다. 콘크리트 타설 2시간 이후부터 강제 임시레일의 신축으로 인하여 이음매를 시점으로 임시레일 신축 반대편으로 침목 주위에서 균열이 발생하기 시작하여 4시간 이후에는 콘크리트궤도 끝단으로 진전된다. 오전에는 레일이 늘어나는 반대쪽 침목 주위로 균열이 발생하지만 저녁이 되어서는 다시 레일이 수축하는 반대쪽 침목 주위로 균열이 발생하여 결국 침목의 양면에 균열이 발생하는 요인이 되게 된다. 따라서, 콘크리트궤도의 초기 균열을 저감시키기 위해서는 콘크리트 타설 후 최소 소요 이상의 시간 동안은 강제 임시레일 온도를 일정 이하로 유지하는 것이 매우 중요한 요소임을 알 수 있다.

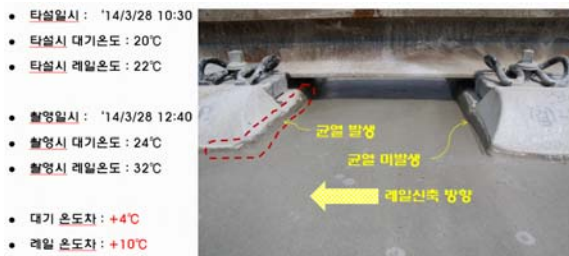


Fig. 1 Concrete crack after 2 hours pouring concrete

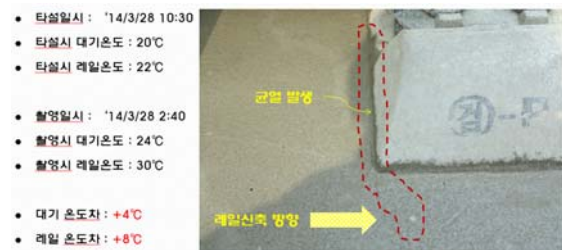


Fig. 2 Concrete crack after 4 hours pouring concrete

2.2 복합소재 임시레일과 포장재 덮기 시험시공

2.2.1 시험시공 개요

시험시공 장소는 평창 ~ 강릉간 복선철도건설 노반8공구 콘크리트궤도 공사 현장의 오대천교와 송정교 사이 토공구간(서원기(현) 75km250 ~ 75km770, L=520m)으로서 2016년 6월 27일 콘크리트 타설을 시행하였다. 임시레일은 저열팽창계수를 갖는 복합소재 20m짜리 4개와 13m짜리 6개, 강제(60E1) 13m짜리 약 70개를 사용하였다.



Fig. 3 Setting the track before pouring concrete



Fig. 4 Pouring concrete

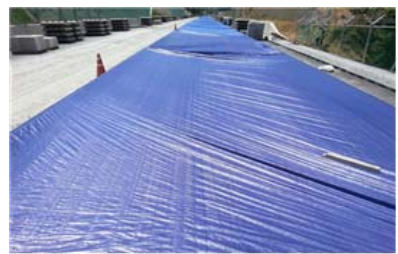


Fig. 5 Covering the track with thick packing material

2.2.2 온도계측 결과 및 분석

온도계측을 위해 대기온도 측정 센서 1개와 강재 및 복합소재 임시레일에 온도센서 5개(강재 임시레일 두부, 복부 각1개, 복합소재 임시레일 두부내, 두부, 복부 각 1개)를 설치하였다. 온도계측 시간은 2016년 6월 27일 08:30 ~ 6월 28일 08:00(24시간)로 Fig. 6과 같이 계측되었다. 온도계측 결과 강재 임시레일의 온도는 대기온도의 약 1.3배로 변동되었으며, 복합소재 임시레일 두부내 및 복부의 온도는 대기온도의 약 1.5배로 변동되었고, 복합소재 임시레일 두부의 온도는 강재 임시레일과 유사한 패턴을 보이고 있으나 약 1.9배로 크게 변동되고, 일찍 올라가고 낮아지는 양상을 보였다. 이는 강재에 비해 약 1/2 수준의 열용량과 약 1/100배 수준의 열전도율과 열확산계수에 기인하는 것으로 나타났다. 대기온도 하강에도 불구하고 레일과 복합소재 임시레일의 온도가 대기온도에 수렴하지 않는 이유는 오후 7:00경 양생을 위하여 포장을 덮은 관계로 내부의 수화열과 레일의 열이 유지되어 나타난 결과로 보인다.

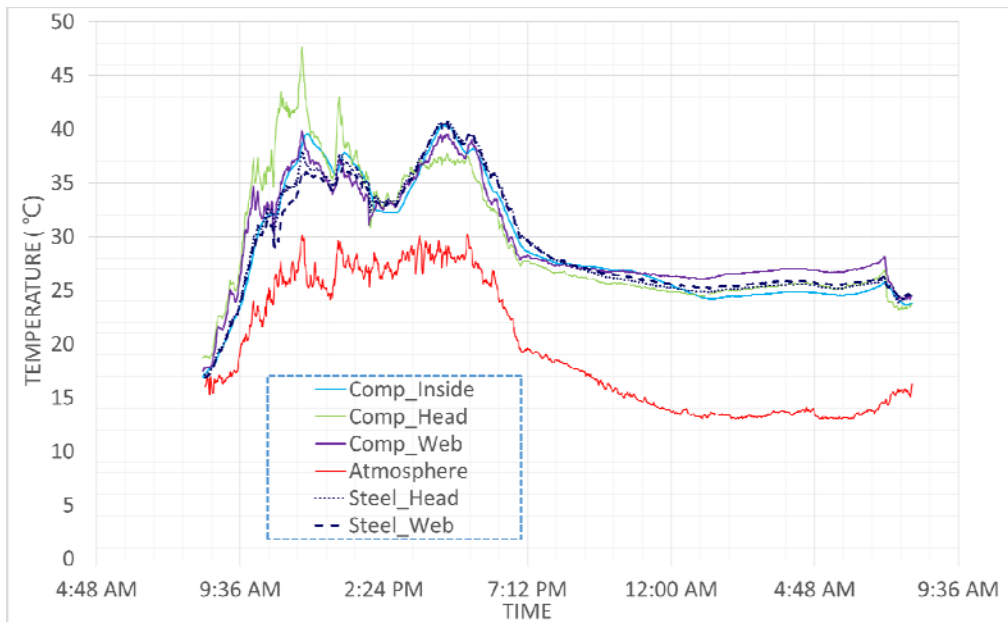


Fig. 6 Record of temperature measurement during 24Hours

2.2.3 균열점검의 결과 및 분석

콘크리트 타설 후 1개월 경과(2016.7.27)된 시점에서의 균열 점검 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 오전에 타설한 20m 길이 복합소재 임시레일 구간에서는 13m 길이 복합소재 임시레일 구간 보다 3배 정도 더 많은 균열이 발생하였다. 이는 복합소재 임시레일의 길이가 길어짐에 따라 레일의 신축량이 균열에 영향을 미치고 있는 것으로 추정된다. 오후에 타설한 강재 임시레일 구간의 경우 균열발생 수에서 이례적으로 매우 양호한 상태(13m 복합소재 임시레일 구간 대비 25% 이하)를 보이고 있으며, 0.3mm 이상의 도상균열은 복합소재 및 강재 임시레일 구간 모두 거의 발생하지 않음을 확인하였다.

Table 1 Crack number on concrete slab track in test site after 1 month

Crack width	0.3 ≤ W < 0.5mm			W < 0.3mm		
	Rail		60E1 Rail	Composite Rail		60E1 Rail
Temporary rail length(m)	20	13	13	20	13	13
Total extension(m)	40	40	440	40	40	440
Crack Number(EA)	2	1	-	19	6	16
10m@Crack Number(EA)	0.50	0.25	0	4.75	1.50	0.36

※ 균열의 개수는 침목 끝단에서 콘크리트레도 끝단까지 진행한 균열을 1 개로 산정함

강재 임시레일 구간과 복합소재 임시레일 구간 모두 타설 직후 포장재를 덮었음에도 불구하고 강재 임시레일 구간에서 오히려 균열이 매우 적게 발생한 원인은 복합소재 임시레일의 열용량이 강재 임시레일에 비해 약 1/2 수준으로 낮아 저열팽창계수의 장점이 서로 상쇄되는 영향이 있고 오전이 오후 비해 비교적 온도변화가 큰 영향으로 추정된다.

Table 2와 같이 타 현장과 균열발생 현황을 비교한 결과 전반적으로 타 현장에 비해 균열이 약 1/14 수준으로 대폭 적게 나타났으며, 이는 기존의 콘크리트레도 시공시에는 콘크리트 타설 후 야외 노출 또는 투명비닐만을 덮어 바람만을 막는 조치를 시행하였으나, 금번 시험시공 구간인 원강선 구간에서는 타설 직후 곧바로 두꺼운 포장재를 덮어 레일의 온도변화를 최소화 하고 다음날까지 수화열에 의한 보온효과가 크게 작용된 요인으로 추정된다.

Table 2 Comparison of crack number greater than 0.3mm

Item	Unit	①	②	③	④
Extension	km	31.070	3.946	53.104	0.500
Total crack number	EA	2,666	2,400	4,882	3
10m@Crack number	EA	0.86	6.08	0.92	0.06

① : KyungBu high speed line(DongDaeGu~Busan), ② : Jeolla line(JeonJu~Sillee)

③ : HoNam high speed line(Osong~SongJeong), ④ : WonGang line(PyungChang~JinBu, test site(500m))

3. 결론

(1) 온도 측정결과와 레일 열해석 결과 복합소재의 특성이 강재 보다 열팽창계수, 비열, 열전도율 측면은 장점으로 유리하게 나타나나 복합소재의 질량이 약 1/4 수준으로, 열용량이 약 1/2이 되어 복합소재의 장점을 상쇄하는 것으로 분석되었다.

(2) 균열발생결과를 분석한 결과 두꺼운 포장재를 덮은 강재 임시레일 구간의 경우 균열발생 수에서 0.3mm 미만 균열의 경우 13m 복합소재 임시레일 구간대비 25% 이하 발생, 0.3mm 이상의 균열은 거의 없어 이례적으로 매우 양호한 상태를 보이고 있다.

(3) 복합소재 임시레일 구간의 균열은 강재 임시레일 구간과 비교하였을 때 0.3mm 이상의 균열은 발생하지 않으나 0.3mm 미만 균열은 오히려 불리한 결과를 보이고 있으며, 경제성에서도 불리한 점을 감안하면 실용성은 낮은 것으로 판단된다.

(4) 비록, 복합소재 임시레일의 시험시공이 달성하고자 하는 목표에 만족할 만한 성과를 거두지는 못하였으나, 균열저감 목적으로 금번 시험시공 구간 선구(원주~강릉간)에서 처음으로

콘크리트 타설후 전구간에 걸쳐 두꺼운 포장재를 덮음으로서 획기적으로 균열을 저감할 수 있음을 발견한 것은 큰 성과라고 할 수 있다.

후 기

본 연구는 2015년 철도기술연구사업으로 추진중인 “고속철도용 분기기 국산화 및 성능개량 기술개발(15RTRP-B065498-03)” 과제로 진행되었습니다. 시험시공과정에서 협조하여주신 한국철도시설공단과 (주)현대건설 공사관계자 여러분께 깊은 감사의 인사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 박선규, 강태구, 김대상, 김성민 등 (2013) 경부고속철도 2단계 구간 및 전라선 BTL 구간 콘크리트 궤도 균열 조사 보고서, 콘크리트궤도 균열 합동조사반, 한국철도시설공단, pp. 1~51
- [2] S.H Shin, I.S Lee, J.G. Kim, S.J Jang (2013) The study of influence on track concrete caused by rail temperature variation during curing of the slab track, , *Journal of the Korean Society for Railway*