

콘크리트 궤도 균열 및 유지관리 방법에 대한 연구

Study on concrete track crack and maintenance methods

이종태^{*†}, 강보순^{*}

Lee Jong Tae^{*†}, Kang Bo Soon

Abstract Recently, railway steps into a high-speed era. Under the consideration of improving safety and decreasing repairing cost, our country pave concrete track to follow the world trend. Concrete track enjoy higher rank than gravel ballastless track. In addition, on site casting concrete track concrete track also has roadbed cracks, sleeper cracks and others when roadbed and sleeper separating. also Precast concrete traks has filler shed and the gap between panel and filler. However, the situation of on-site casting concrete track is confirmed but Precast concret track is not. Therefore, the study of concrete track in and outside of country focuses on understanding and managing on-site casting and Precast concrete track, compare state with national standard, to find a suitable standard to maintain and renovate concrete track in a safety way and on the study on it.

Keywords : Concrete Track, Crack, Maintenance, Drying Shrinkage, Maintenance methods

초 록 최근 철도가 고속화가 되면서 높은 안전성과 유지보수의 노력과 비용 절감을 위해 국내외적으로 콘크리트궤도가 증가되고 있는 추세이다. 고속철도 경우에는 콘크리트궤도가 자갈도상궤도에 비해 더 효율적이라고 평가되고 있으나 현장타설 콘크리트궤도는 도상의 균열, 침목의 균열, 도상과 침목의 분리 등 이 발생 될수 있고 현장타설 콘크리트궤도 같은 경우에는 기준이 명확하게 제시되어 있으나 사전제작식 콘크리트궤도 같은 경우에는 충전재 탈락, 패널 과충전재 사이의 간극등이 발생되고 있지만 아직 유지관리 기준이 확립되어 있지 않다. 따라서 콘크리트궤도의 문제점을 파악하고 현장타설 콘크리트궤도와 사전제작식 콘크리트의 관리에 있어서 기준 값을 초과 되지 않는 범위를 유지 하기 위해 국내기준과 해외기준을 비교, 적합한 기준을 찾고 콘크리트 궤도를 더 안전하게 유지하고 보수하는 방법을 고찰하고자 한다.

주요어 : 콘크리트궤도, 균열, 유지보수, 건조수축, 보수방법

1. 서 론

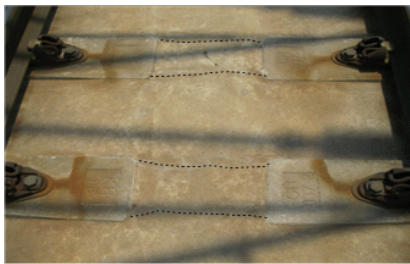
산업발달하면서 수송량이 증가하고 친환경적인 교통시스템으로 인해 철도의 역할이 증대되고 있으며, 철도의 고속화, 중량화, 고밀도화를 요구 하고 있다. 따라서 기존의 자갈도상궤도에 발생하는 지속적인 궤도변형, 빈번한 유지보수를 보완하고자 국내외적으로 고속철도의 신설에는 콘크리트 궤도가 점차 증가되는 추세이다. 따라서 본 논문은 콘크리트궤도 유지보수를 위해 국내와 해외기준을 비교, 적합한 기준을 찾고 콘크리트 궤도를 더 안전하게 유지보수하는 방법을 고찰하고자 한다.

† 교신저자: 배재대학교 공과대학 건설환경철도공학과 (scoot1514@gmail.com)

* 배재대학교 공과대학 건설환경·철도공학과

2. 콘크리트궤도 균열

현장타설 콘크리트궤도에는 온도변화 건조수축에 의한 콘크리트도상의 균열, 양생의 차이에 따른 콘크리트 부등 건조수축화에 의한 침목균열, 시공중 타설 속도에 따른 침목과 도상경계부의 파손등이 발생한다. 사전제작식 경우 망미터널의 사례를 통해 볼수 있듯이 온도변화 및 건조수축에 의한 모서리의 컬링 현상으로 인한 충전층의 탈락, 패널과 충전층의 간극, 충전층과 패널 방사균열의 현상이 발생한다. 특히 망미터널은 결로가 있는 터널로서 충전층과 수분접촉은 충전재에 나쁜 영향을 줄수 있으므로 되도록 물의 유입을 차단할 필요가 있다.



[도상균열]



[침목균열]



[파손균열 및 백화현상]



[충전층 입구 방사균열]



[패널층 간극]



[충전층 파손 및 탈락]

Fig.1 균열종류

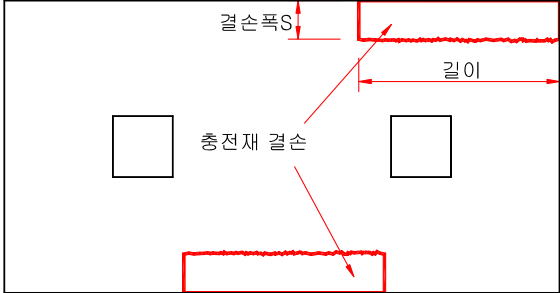
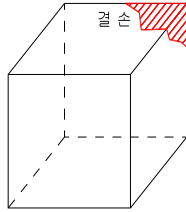
3. 유지보수기준

일반 콘크리트 균열에 대한 허용균열폭을 보면 보통 주변의 환경이나 재료에 따라 다르지만 일반적으로 0.2mm-0.3mm의 허용 균열 폭으로 정해져 있다. 하지만 콘크리트 궤도의 경우 피복두께를 100mm이상으로 할 때 0.5mm로 다른 콘크리트 균열의 허용기준보다 크게 허용되어지고 있다. 때문에 균열 보수에 있어서 신중하고 철저히 관리되어야 한다.

콘크리트 궤도 균열에 대해 유지보수를 할 때 폭이 0.5mm이하인 경우에는 바로 보수를 하거나 교체하지 않고 균열에 대해 주의 관찰을 하도록 하고 있으며 0.5mm를 초과하는 경우와 균열폭이 1.0mm 이상, 그 깊이가 철근까지 도달하였을 경우에는 보수를 실시 하도록 되어있다. 폭의 깊이에 따라 보수를 달리하는데 1.5mm를 기준으로 이하 일 경우 합성수지재, 동등재료를

이용하며 1.5mm를 초과할경우는 에폭시를 주입하거나 V컷팅후 그라우팅을 실시하도록 되어있다. 이러한 기준을 가지고 즉시보수와 계획보수로 나누어 실시하게 되는데 즉시보수의 경우 도상 자체의 파손, 균열로 인해 가능하지 못할 경우, 도상어깨 폭 200mm내 종방향으로 균열이 생겼을 경우 실시하며 계획보수는 균열폭 0.5mm 이상이지만 확대나 균열이 진전이 없으며 구조적으로 문제가 없는 도상의 균열 및 훼손일 경우이며, 수축균열이 발생하였을 경우에는 열차운행이 문제가 생기지 않지만 시간의 경과에 따라 궤도 노반의 문제를 발생시킬수 있기 때문에 보수계획을 실시하여야 한다.

사전제작식 궤도 충전층의 손상, 탈락, 균열에 대해서는 아직 우리나라의 기준이 확실히 정립되어 있는 것이 없기 때문에 보수기준 정립을 위해 연구가 필요하다. 따라서 현재 우리나라의 경우 충전층의 간극 보수기준은 망미터널, 경전선의 충전층의 형태와 동일한 J-SLAB 유지보수 기준을 적용하였으며, 일본의 J-SLAB와 국내의 사전제작식 궤도의 구조와 충전재 재질이 다르므로 구조해석을 통해 검토되었으며 충전층 모서리의 라운드화로 인해 간극을 모두 허용으로 하였으나, 구조해석 결과만으로 기준을 정하는 것은 어렵기 때문에 조금더 보수적인 접근이 필요하며 현재 유지보수는 1.5mm-2mm 경우 계획보수, 2mm를 초과하는 경우 즉시보수를 실시하고있다.

충전층*	탈락	A $S > 10\text{cm}$ B $50\text{mm} < S \leq 100\text{mm}$ C $20\text{mm} < S \leq 50\text{mm}$ D $S \leq 20\text{mm}$ S: 결손폭 ※ 충전층의 탈락이 발생할 가능성이 없는 균열에 대해서는 별도의 보수를 시행하지 않음.	 <p>길이에 대해서는 1m 정도가 기준</p>
	간극	A $t \geq 2\text{mm}$ B $1.5\text{mm} \leq t < 2\text{mm}$ C $1\text{mm} \leq t < 1.5\text{mm}$ D $t < 1\text{mm}$ t: 간극	
전단키	탈락	A 철근노출 및 절손 B 철근노출, 녹 발생 C 철근비노출	

비고	판정등급 A : 즉시보수(발견 후 신속하게 보수) B : 계획보수(보수대상, 방법, 기간 등을 조사하여 일정한 기간에 보수) C : 주의(대장에 기입하고 확대 등을 관찰함) D : 별도의 조치가 필요 없음.
----	--

Table.1 사전제작식레도 유지보수기준

4. 유지보수 방법

4-1) 콘크리레도 균열

레도의 균열을 최소화 하기 위해 침목의 생산시 콘크리트 제조와 양생 과정에서 철저한 품질 관리를 실시해야 하며, 침목-도상 분리의 현상에 의한 균열과 파손의 경우 간극이 주 원인이기 때문에 시공시 하부 의 다짐을 철저히 하도록 한다. 콘크리트 타설속도는 충분한 다짐 작업이 될 수 있도록 하루의 300m 내외의 적정 수준을 유지해야하며 타설은 낮은쪽에서 높은 방향으로, 굳지 않은 콘크리트가 여러방향에서 모여들지 않도록 일정한 방향으로 실시하도록 하여 균열을 최소화 시킬 수 있도록 해야한다.

콘크리트구조물의 균열보수방법으로 0.2mm 미만인 경우 표면처리공법 0.2mm초과는 주입공법 그밖에 충전공법 기타공법이 있으나 주로 주입공법을 사용하여 보수한다.

표면처리 공법은 미세한 균열에 대하여 도막을 형성 방수성 내구성을 향상시키고자 하는 목적이며 폴리우레탄, 폴리머 시멘트 페이스트, 탄성도막 방수제를 이용하여 미세균열을 보수하는 방법이며 균열폭이 큰 경우 에폭시수지 처럼 접착효과가 좋은 그라우트제를 사용하여 균열을 보수한다. 이를 통해 균열의 진행을 방지할수 있으며 철근의 부식도 방지할 수 있다. 시공방법에는 고압주입공법과 저압주입공법으로 나누어 지는데 장·단점이 있으므로 상황에 맞는 공법을 사용하도록 해야한다. 또한 사전제작식의 경우 단부 훼손, 파손시 주입공법만으로 불충분 할 경우 결합부 주위에 콘크리트를 V또는 U자로 절단하여 충전시키는 공법을 이용하여 보수를 한다.

구분	적용균열폭	주입용구	주입압력	장점	단점
고압 주입 공법	1mm이상의 균열에 적용, 1mm이하는 실용적이지못함	압력펌프를 사용하여 직접주입	10kg/cm ²	펌프를사용해 (1mm)이상의 균열에 대해 경제적이며 효율적임 주입시간이 빠름	주입량 확인 곤란 주입된수지가완전히메워지지 않을수 있음
저압 저속 주입 공법	1mm 이하의 균열에 적용되며, 0.1mm 이하의 미세균열에도 완전 충전이 가능	고무의복원력, 스프링의복원력, 공기압등이작용하는 캡슐을 고정하여 주입	8kg/cm ² 이하	(0.1mm)이하의 미세한 균열에 가능한 주입량 점검이 용이 시공이 간편	재료손실이 많다 특수한기구를 필요로한다. 주입시간이길다.

Table. 2 주입공법 비교

4-2) 콘크리트도상 파쇄

도상콘크리트 파쇄는 탈선이나 사고의 영향으로 손상되는 경우로 볼수있는데 이러한 경우 파쇄균열의 깊이는 10cm 이하이며 결함이 생긴 구멍을 모르타르를 이용해 충전시킨다. 사전제작식의 경우에 탈선으로 인해 체결구 부위를 치고나가 손상이 일어나는 문제가 발생하게 되는데 그때 체결구를 풀고 레일을 옆으로 내려놓은 후 손상 체결구 부위를 제거한 후 유로폼으로 거푸집을 만들고 충전제로 채워 보수한 후 레일과 체결구를 조립하는 방법으로 보수를 실시한다.



Fig.2 탈선에 의한 파쇄 유지보수

4-3) 충전층 균열 파손

사전제작식의 충전층 모르타르의 박리/균열/파손 발생한 경우 충전공법을 이용하여 보수를 실시한다. 이러한 문제점은 망미터널에서도 발생한 문제를 예로 들수 있는데 이러한 경우 탈락된 충전층을 제거한후 폴리우레탄 보수제를 채워 보수를 실시하게 된다. 그후 패널의 상부에서 하부 기층까지 30cm간격으로 천공하여 폴리 우레탄을 주입하여 공극을 제거하는 보수를 실시한다.



탈락부위 보수제 채움

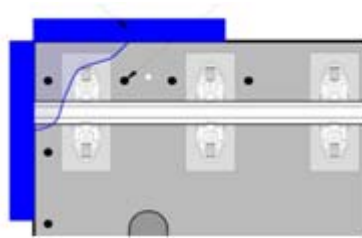


에폭시 주입제 주입



보수후

Fig.3 중앙선 망미터널 탈락보수



패널 상부 천공

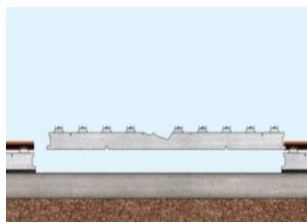


에폭시 주입제 주입

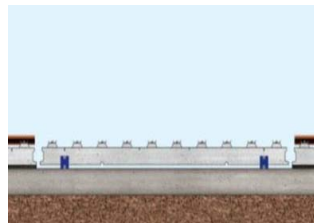
Fig.4 중앙선 망미터널 충전층 간극 및 균열보수

4-3) 심각한 궤도손상

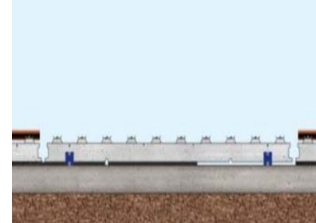
사전제작식 콘크리트 경우 궤도손상이 많이 되었을 때 에는 패널을 교체한 후 충전제를 다시 투입시키고 24시간 후에 열차운행 가능하다.



1. Panel 파손



2. Panel 교체



3. 충전제 주입

5. 결론

콘크리트궤도의 균열은 일반 콘크리트 허용균열보다는 좀더 완화된 기준으로 되어있다. 따라서 균열의 크기 형상, 패턴등을 분석하여 좀더 단계적이고 체계적인 계획보수와 즉시보수로 나눈 유지보수가 필요하다. 사전제작식의 경우 사용실적이 충분하지 않지만 충전층과 패널 사이의 간극, 충전층, 탈락, 등에 대해서는 확실한 유지보수 기준이 정립되지 않았으므로 외국 사례를 기초로 하여 향후 발생하는 문제점을 보완하여 우리환경에 맞는 콘크리트 궤도의 실험 및 현장경험을 통한 적절하고 체계적인 유지보수 방법을 확립하여야 한다.

참고문헌

- [1] 강보순(2014.10.31), 한국철도학회 2014 추계학술대회
- [2] 사전제작형 콘크리트궤도 유지보수 매뉴얼, 한국철도시설공단, 한국철도기술연구원, 삼표이앤씨
- [3] 삼표이앤씨(주) (2014. 9) 사전제작형 콘크리트궤도(PST) 부설구간 특별 합동점검 보고서