KICEM

국내 · 외 콘크리트궤도구조 기술동향 및 발전방향

성덕룡 대원대학 철도건설과 교수

1. 머리말

콘크리트궤도구조는 유지보수의 용이성으로 인해 국내외에서 적용이 확대되고 있는 추세이다. 국외의 경우 독일 고속철도, 네덜란드 고속철도, 일본 신간센, 프랑스, 스페인 등 유럽 각국의 일반철도와 도시철도에 널리 사용되고 있는 추세이며, 국내의 경우 경부고속철도 2단계(동대구~부산) 전 구간에 콘크리트궤도를 도입하였고, 호남고속철도에도 전 구간 콘크리트궤도가 사용될 예정이다. 또한, 일반철도 터널 구간과 도시철도 등에서는 이미 널리 콘크리트궤도가 사용되고 있다. 그러나 콘크리트궤도는 자갈궤도와 달리 궤도부설이 완료된 후에는 궤도선형의 조정이나 궤도구조체의 보수가 쉽지 않기 때문에 초기 부설시 궤도를 구성하는 요소들 사이의 인터페이스에 대한 성능확보가 필수적이다. 이에 본고에서는 유럽의 콘크리트궤도 역사와 배경 및 발달과정, 국내외에서 사용하고 있는 대표적인 콘크리트궤도구조에 대해 소개하고, 궤도설계 및 궤도구조 선정절차 현황에 대해 고찰하여 발전방향을 모색하고자 한다.

2. 콘크리트궤도 개발 배경 및 발달과정

1) 콘크리트궤도 개발 배경

기존 철도에서 주로 사용하고 있던 자갈궤도의 경우 궤광이 자갈도상에 자유롭게 놓이기 때문에 열차주행 중 수평, 수직의 동역학적 힘이 증가하게 되어 궤광의 위치를 계속적으로 불안정하게 하며, 차량주행 안정성을 저하시킨다. 또한, 뜬침목 및 도상과 노반의 강성차이로 열차의 속도가 증가할수록 궤도의 하중과 변형의 분산이 널리 확산되고, 도상자갈의 침하와 마모가 발생하여 궤도틀림이 발생함에 따라 주기적인 유지보수작업이 요구된다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 콘크리트궤도가 도입되기 시작하였다.

그림 1. 도상자갈의 변화
(직경 22.5mm이하 자갈 40%이상 혼입상태)

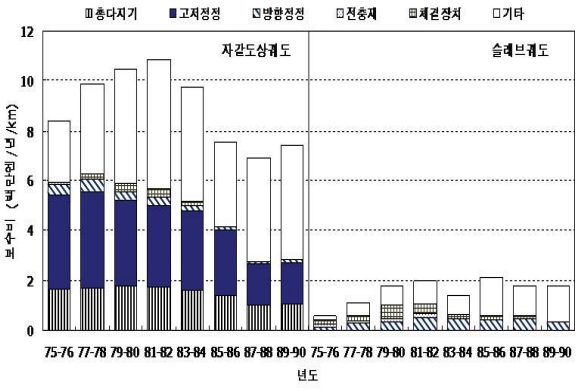
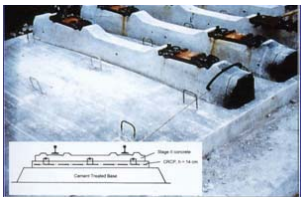


그림 2. 자갈궤도와 콘크리트궤도 보수비 비교

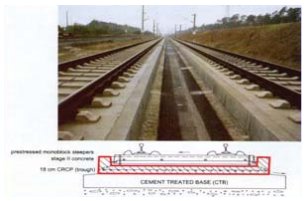
2) 유럽의 콘크리트궤도 역사와 발달과정

유럽의 콘크리트궤도는 60년대 중반 중부유럽에서 개발되기 시작하였다. 독일의 경우 1972년 Rheda역에 콘크리트

궤도(L=640m)를 처음 시험시공하였고, 1988년 Hannover-Berlin구간에 Mono block type의 콘크리트궤도를 시공하였다. 2002년 Cologne-Rhine구간에는 Twin block type의 콘크리트궤도를 시공하였으며, 2005년 Brandleite터널에서는 "GETRAC A3"라고 하는 광폭침목을 이용한 콘크리트궤도를 시공하였다. 2006년 Nuremberg-Ingolstadt구간에서는 Rheda 2000이라는 콘크리트궤도를 시공하였다(그림 3. 참조).



(a) Rheda(1972)



(b) Hannover-Berlin(1998)

(c) Cologne-Rhine(2002)

(d) Brandleite tunnel(2005)

(e) Nuremberg-Ingolstadt(2006)

그림 3. 유럽의 콘크리트궤도 발달과정

3. 국내외 콘크리트궤도 소개

1) Rheda classic

1972년에 독일 Rheda역에 처음으로 도입된 Rheda classic는 현장타설방식의 철근콘크리트 트러프를 형성하고, 트러프내에 PC침목을 부설하여 궤간을 유지하는 구조이다. 트러프내에서는 침목측면의 세로방향을 따라 위험하지 않은 미세균열이 자유롭게 형성되도록 하기 때문에 트러프의 균열은 침목 및 레일체결구에 영향을 주지 않는다. 또한, PC침목을 사용하기 때문에 궤간과 캔트가 항상 보장되며 추가적인 안전구조체가 되고, 윤중 변동을 작게 하여 안정적 주행을 보장하기 위해 레일체결장치의 탄성은 정적 레일침하가 1.5mm가 되도록 고려하였다.

2) Zublin 궤도시스템

Zublin 궤도시스템은 일체형 연속 철근콘크리트 궤도로서 TCL층에 Bi-block 침목을 매립시킨 구조로 타설된 콘크리트는 보통의 조건에서는 다소 단단한 재질을 나타내지만 진동을 가하여 주면 액체와 같은 성격을 보이게 됨으로 침목을 삽입하여 배치시키는 것이 가능하다는 점에 착안하였다. Zublin 궤도시스템의 특징은 소형의 Bi-block 침목을 사용함으로 PC침목에 의한 콘크리트궤도의 불균질 효과를 최소화할 수 있으며, 침목을 현장타설 콘크리트에 진동을 주어 매립함으로 침목과 도상 콘크리트간에 최상의 접착성 유지가 가능하다. 또한, 레일 조립없이 시공이 가능하기 때문에 독립된 개소에서 독자적인 시공이 가능하기 때문에 궤도의 연속성이 요구되지 않고, 반자동적인 기계 작업방법을 사용하기 때문에 높은 정확도와 품질, 효율성, 경제성 등을 확보할 수 있다. 뿐만 아니라 시공이음이 없는 균일한 콘크리트 슬래브 및 궤광조립이 없이 시공가능한 장점이 있다.

(a) Concrete bed 철근조립

(b) 콘크리트타설

(c) 침목운반

(d) 침목내리기 및 위치 선정

(e) 진동을 이용한 침목삽입

(f) 콘크리트 양생

그림 4. Zublin 궤도시스템

3) Rheda 2000

Rheda 2000시스템은 기존 Rheda classic의 구조와 설치

기술을 간소화하고 품질과 안전성을 개선하는 동시에 수요자가 부담하는 비용을 절감하기 위해 개발되었다. 궤도 트러프를 배제하고 특별히 개발된 Two-block 침목을 사용하고 현장타설 콘크리트를 통해 고정한다.

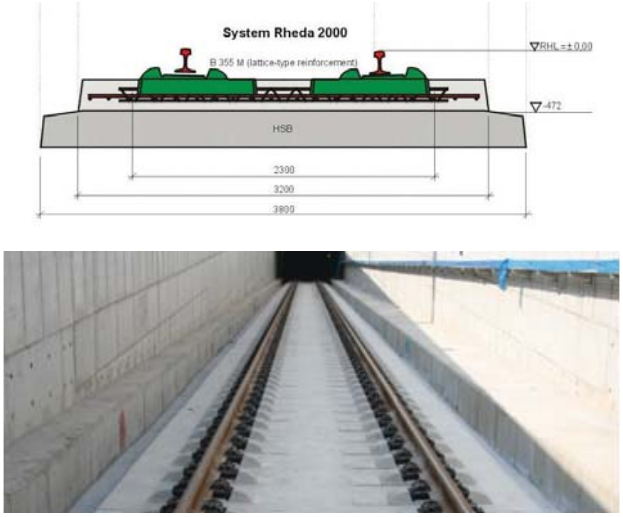


그림 5. Rheda 2000 궤도

4) B2S 궤도

B2S궤도(Ballasted track To Slabtrack)는 자갈궤도에서 슬래브궤도로 개량하기 위해 국내 서울메트로에서 개발한 궤도시스템이다. 운행선상에서 노후된 자갈궤도를 콘크리트궤도화하기 위해 열차운행정지시간대(약2시간30분)안에 프리캐스트 콘크리트 판넬을 적용하여 1일 10m이상 시공이 가능한 시스템이다. 현장타설 콘크리트량을 감소시켰으며, 안전하고 정밀한 시공이 가능하고 공사비가 절감되는 장점이 있다.

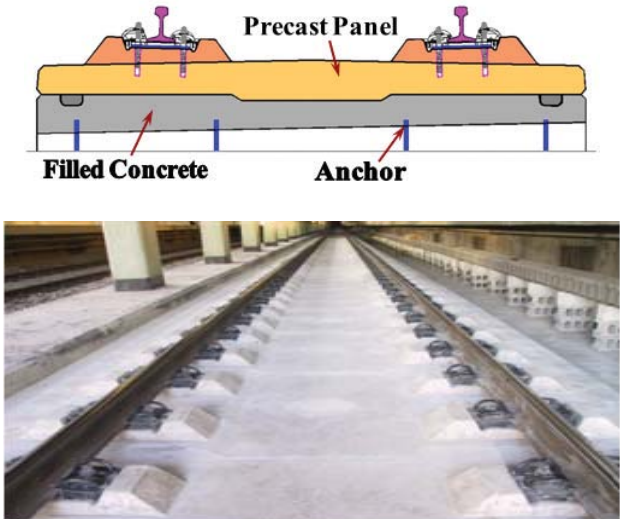
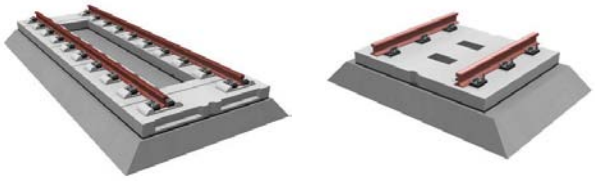


그림 6. B2S 궤도

5) PST 궤도

PST궤도는 국내에서 개발한 프리캐스트슬래브궤도로써 슬래브연속화를 통해 궤도 안정성을 증대시키고 공장제작을 통해 고품질 시공이 가능하며, 낮은 레일높이 확보로 구조물의 경제적 설계가가 가능하다. 또한, 일본 신칸센에서 사용하고 있는 콘크리트슬래브궤도와 마찬가지로 시멘트-아스팔트 모르터를 개발하여 사용하고 있다.



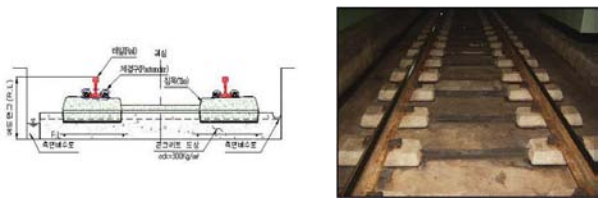
(a) Type A
(일반철도 및 고속철도용)

(b) Type B
(도시철도용)

그림 7. PST 궤도

6) 기타

국내외에서 사용되고 있는 콘크리트궤도의 종류는 위에서 언급한 유형들 이외에도 많으며, 기타 국내에서 사용되고 있는 대표적인 콘크리트궤도 유형은 다음과 같다.



(a) STEDEF 궤도

(b) LVT 궤도

(c) PTT 궤도(방진상 궤도)

그림 8. 기타 콘크리트궤도

4. 궤도설계 및 궤도구조 선정절차 현황

국내에서 궤도설계 및 궤도구조를 선정하기 위한 절차는 그림 9와 같다.

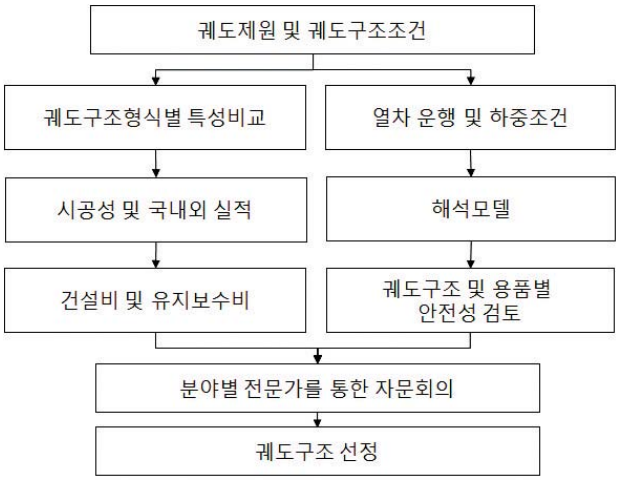


그림 9. 궤도구조 선정절차

현재 국내 궤도구조 선정절차는 분야별 전문가에 의한 자문회의를 통해 이루어지고 있으며, 궤도용품별 제작시방서는 있으나 궤도구조별 특성이 정립되어 있지 않다. 또한, 콘크리트궤도에 대한 신기술 및 신제품 적용을 위한 시험기준 등에 대한 절차가 수립되어 있지 않아 신기술 및 신제품 도입을 위한 평가가 어렵고 적용실적 부재로 선정에서 배제되는 경우가 많다.

5. 국내 콘크리트궤도 기술 발전방향

콘크리트궤도는 자갈궤도와 달리 한번 시공하면 재시공 및 유지보수를 위해 막대한 비용이 소요된다. 이에 따라 안전하고 쾌적한 열차운행 및 국내 콘크리트궤도기술 발전을 위해 본 고에서는 궤도설계단계, 궤도시공단계, 궤도유지보수단계로 구분하여 발전방향을 모색하였다.

1) 궤도설계단계
- 표준화된 궤도설계절차 수립
- 궤도용품별 인증시스템 도입
- 신기술 및 신제품에 대한 성능검증 시험기준 마련
- 노반구조물과의 인터페이스 성능평가방법 마련
- 소음 및 진동을 고려한 궤도구조 선정
- 궤도구조선정을 위한 LCC기법 도입

2) 궤도시공단계
- 정밀시공을 위한 광파측량기 적용
- 연약지반 보강기술 개발
- 시공속도 향상을 위한 재료 및 시공공법 개발
- 시공단계별 모니터링시스템 개발

3) 궤도유지보수단계
- 궤도구성품 유지보수관리기법 개발
- 노반침하 비파괴조사기법 개발
- 노반 부등침하에 따른 콘크리트궤도 보수기준 수립
- 콘크리트궤도 균열관리 및 보수기준 수립
- 콘크리트궤도 급속보강기술 개발

6. 맺음말

국내외에서 콘크리트궤도의 사용증가는 자갈궤도에서 매년 증가하는 유지보수비용과 승차감 개선을 위해 반드시 필요한 사항이다. 하지만 국내 콘크리트궤도기술은 국외 철도 선진국(유럽 및 일본)에서 개발된 제품을 그대로 적용하거나 일부 개선하여 사용하고 있다. 국내 철도기술의 발전을 위해서는 많은 철도 연구자들이 시행착오를 거치면서 새로운 콘크리트궤도기술을 개발할 수 있도록 관-산-학-연의 제도적인 상생협력이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 안전하고 쾌적한 열차운행을 위한 철도건설관리를 위해 콘크리트궤도 설계, 시공, 유지보수단계에서의 발전방향을 계속적으로 모색해야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국철도시설공단, 콘크리트궤도 인터페이스 성능향상에 대한 연구, 2008.
2. 한국철도기술연구원, 차세대고속철도기술개발사업 1단계 보고서(고속선 선로구축물 성능향상 및 유지보수기술 개발), 2009.
3. 김순철, 서울과학기술대학교 철도전문대학원 국제세미나 자료-해외 콘크리트 궤도구조 소개, 2009.
4. 공선용, 서울과학기술대학교 철도전문대학원 국제세미나 자료-"B2S" System 시공사례와 적용성 고찰, 2009.

· 성덕룡 e-mail : dysung@mail.daewon.ac.kr