

유압잭을 이용한 콘크리트궤도 인상공법(ACBR) 시공사례 연구 Field Experiences about Concrete Ballast Uplift with Hydraulic Cylinder (ACBR Method : Active Control Concrete Bed Restoration Method)

민지홍^{*†}, 이충표^{**}, 우용근^{***}

Ji-Hong Min^{*†}, Chung-Pyo Lee^{**}, Young-Guen Woo^{***}

Abstract Modern railway systems are normally constructed on the concrete ballast system because, comparing to gravel ballast systems, concrete ballast system possesses higher safety factor and requires less effort for maintenance. The rail distortions in the concrete ballast systems are mainly from the base ground settlement. Many methods have been developed and applied to restore these rail distortions that from the base ground settlement. In the new method, the concrete ballast is uplifted first with oil jack(hydraulic cylinder) to the design location, and then the void between concrete ballast and strengthened base ground is filled with mixed cement. In this paper, brief descriptions of this method and practical application experiences are presented.

Keywords : Concrete Track, Settlement, Restoration, Active Control, ACBR

초 록 콘크리트 도상은 자갈도상에 비하여 안정성이 높고 유지관리에 매우 유리하므로 현재 철도궤도는 대부분 콘크리트궤도로 건설된다. 콘크리트 도상에서의 궤도틀림은 대부분 토공부 취약 노반에서 노반침하로 인한 고저틀림이며, 이러한 노반침하로 인한 상부 콘크리트도상의 변상을 복원하는 여러 공법들이 개발되어 적용되고 있다. 본 연구에서는 기존의 기술들과 다르게 콘크리트도상을 유압잭으로 인상하여 설계 위치로 복원시키고, 콘크리트 도상과 강화노반 사이 간극을 배합된 시멘트로 충전시켜 선로를 복원시키는 공법개발에 관한 것이며, 공법의 개요와 적용사례를 중심으로 본 공법에 대하여 기술하였다.

주요어 : 콘크리트궤도, 노반침하, 침하복원, 능동제어, ACBR

1. 서 론

노반 침하는 원지반침하, 성토노반침하 및 열차하중 등에 의하여 나타나며, 구조물 접속부에서는 이들이 복합되어 전후 강성차로 인하여 대부분 발생된다. 콘크리트도상은 철도 선로의 노반 침하로 인하여 궤도틀림이 발생되는데 이러한 궤도틀림으로 인해 열차의 진동이 증가되고, 열차속도 감속, 승차감 저하 등의 문제를 일으킬 수 있다.

*† 교신저자: (주)서현기술단 기술연구소(tmlmsp@gmail.com)

** (주)서현기술단 구조사업부

*** 한국철도공사 경주고속철도 시설사무소

현재 일반적으로 많이 쓰이는 노반침하 보수방법은 도상과 체결구 사이에 플레이트를 삽입시켜 침하량을 복구하는 방법이 있으나, 이는 임시적이며 침하정도에 따라 적용에 한계를 가지고 있다.

본 연구는 콘크리트 도상을 유압잭을 이용하여 복원하는 공법인 ‘능동제어 콘크리트도상 복원(ACBR : Active Control Concrete Bed Restoration)공법’의 적용성에 관한 것으로, 본 공법은 비교적 단시간 내에 긴 구간을 정밀하게 복원하는 공법이며, 공법의 개요와 적용사례를 중심으로 서술하였다.

2. 능동제어 콘크리트도상 복원공법

2.1 공법의 개요

본 공법은 유압잭을 콘크리트 도상의 HSB에 결속시키고 강화노반을 지지반력으로 사용하여 인상시키는 방법이다. Fig. 1은 본 공법의 인상방법에 대한 개요를 나타낸 것으로, 콘크리트도상 TCL 인접 외측의 HSB를 강화노반까지 천공하여 이곳에 반력 지지 강관을 설치하고 지지강관을 삽입하여 무수축모르타르로 HSB와 일체화시킨다. Fig. 2는 유압잭 설치 순서를 나타낸 것으로, 지지강관 내에 유압잭을 설치하고 상부에 지지뚜껑으로 지지강관과 결속하여 유압잭에 작동유를 유입시킴으로써 강화노반에서 콘크리트도상을 인상시키게 된다.

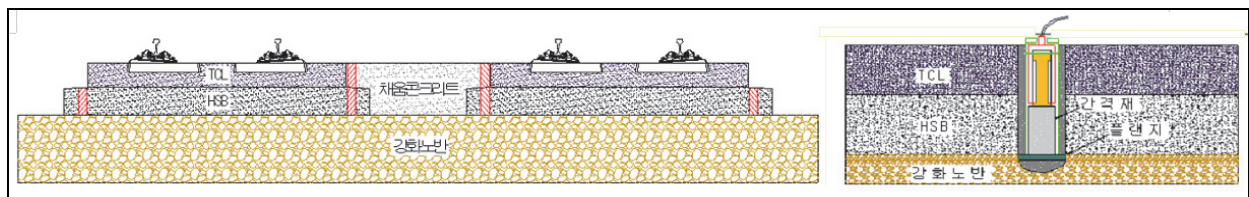


Figure 1. Concept of ACBR Method

순서	설명	개념도	순서	설명	개념도
① HSB 천공	- 코어드릴을 사용하여 HSB 천공 - 곡선구간일 경우 천공위치에 따라 높이 확인 후 천공		④ 간격재 삽입	- 유압잭과 플랜지판 사이에 간격재 설치 - 벽면에 구리스 등 윤활유 도포	
② 지지기초 및 플랜지 설치	- 강화노반의 지지기초를 형성하기 위해 무수축시멘트 주입시켜 강도를 강화하고 수평면 형성 - 플랜지판을 형성된 수평면에 설치		⑤ 유압잭 설치	- 유압유 입출 커넥터가 하부에 설치된 유압잭을 거꾸로 삽입 - 지지강관 상부에 저항너트체결	
③ 지지강관 삽입 및 충전	- 천공홀 청소후 지지강관을 천공홀에 연직으로 삽입 - 코어단면과 지지강관 사이에 무수축시멘트 충전		⑥ 유압호스 설치	- 저항너트의 중앙 홀을 통하여 유압잭과 유압호스 연결 - 유압유의 입출 가능	

Figure 2. Process of Hydraulic Cylinder Installation in Concrete Track

천공한 구멍에 각각 유압잭을 설치하고 Fig. 3의 배선 개요도와 같이 유압제어장치와 유압잭을 연결한다. Fig. 4의 유압제어장치는 유압잭이 일정량 인상되면 레벨스위치에 의해 작동유의 유입은 중지되고 주변 유압잭에 인상하중이 추가되면서 주변 유압잭과 상호균형을 유지시키는 장치이며, 각각의 유압잭과 유압잭을 연동시키는 솔레노이드밸브와 레벨스위치가 직접 연결되어 있어 중앙에서 통제 없이 작동되면서 최적의 위치까지 인상시켜주는 시스템이다.

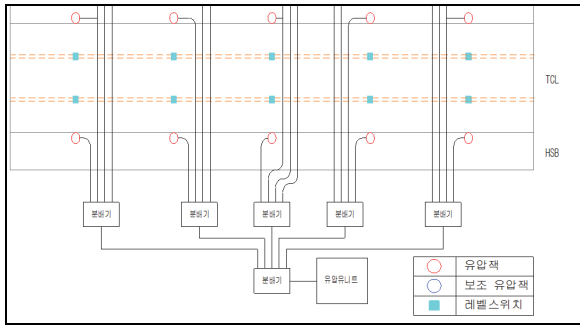


Figure 3. Wiring The Hydraulic Lines

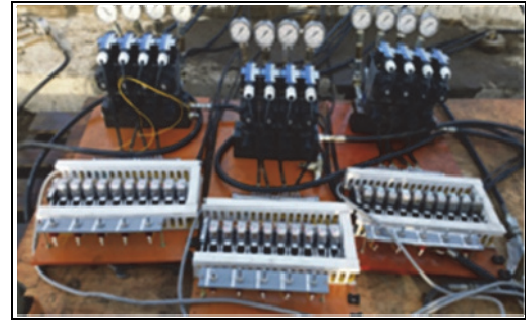


Figure 4. Hydraulic Control Device

콘크리트도상을 강화노반으로부터 인상시키면, 콘크리트도상에 미리 천공해 놓은 주입 구멍이나, 인상한 측면을 통해 배합된 시멘트의 그라우팅을 실시한다. Fig. 5는 측면에서 주입하는 그라우팅 공정에 대한 개념도이며, 이러한 그라우팅 공정은 현장여건에 맞는 다양한 공정에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 콘크리트케도의 보수공사 특성상 짧은 시간에 주입 및 일정량의 초기 강도가 발현되어야 함으로 초속경시멘트, 유동화제, 응결제 등의 혼화재를 시멘트에 배합하여 사용하여야 하며, 주입 용량에 따른 응결시간 조절 및 현장 온도에 따른 응결시간 영향에 대한 연구도 필요할 것이다.

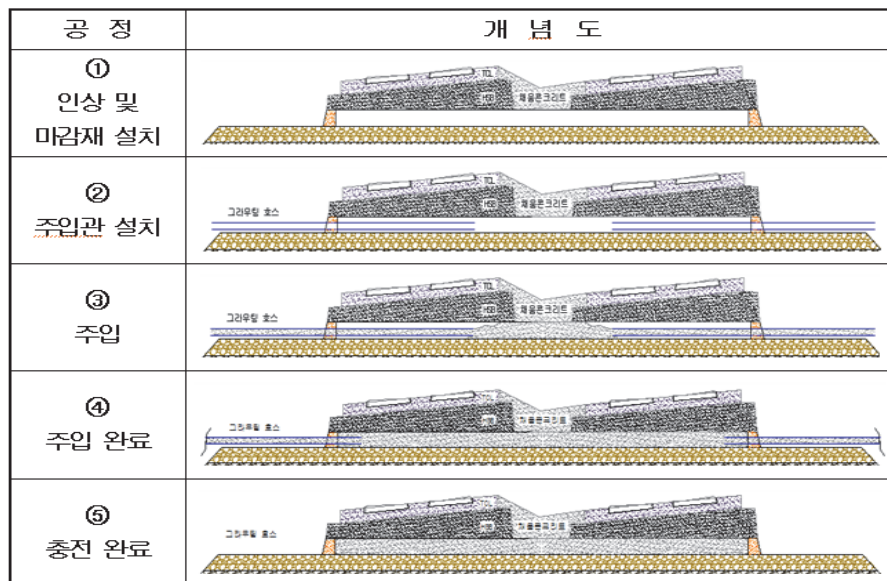


Figure 5. Concept of Mixed Cement Injection

2.3 실대형실험

능동제어콘크리트도상 복원(ACBR)공법의 검증을 위해 울산광역시 울주군 두서면 활천리 kcc일반산업단지 내에 Fig. 6과 같이 R=7000m 곡선선형의 cant 130mm, 연장 16m의 고속철도용 콘크리트 도상을 실물 크기와 동일하게 제작하여 선로 복원 실험을 수행하였으며 Fig. 7은 유압잭을 제작한 콘크리트도상에 설치하고 제어장치와 배선한 사진이다.



Figure 6. Manufactured Concrete Ballast



Figure 7. The View of Installation

2.3.1 인상실험

콘크리트 도상에 아래와 같이 인상실험을 실시하였다.

- 1 단계 : 시점부 50mm와 종점부 0mm 종경사 인상
- 2 단계 : 시점부 0mm와 종점부 100mm 역종경사 추가 인상
- 3 단계 : 시점부 100mm와 종점부 100mm 평형 인상(Fig. 8)
- 4 단계 : T1 10mm추가인상, T2 -10mm하강시켜 T1 110mm와 T2 90mm로 횡경사 인상
- 5 단계 : T1 종점부 20mm추가 하강과 T2 종점부 +20mm추가 인상시켜 비틀림 인상
- 6 단계 : 전체를 하강시켜 원위치



Figure 8. The Image Which is 100mm Lifted up

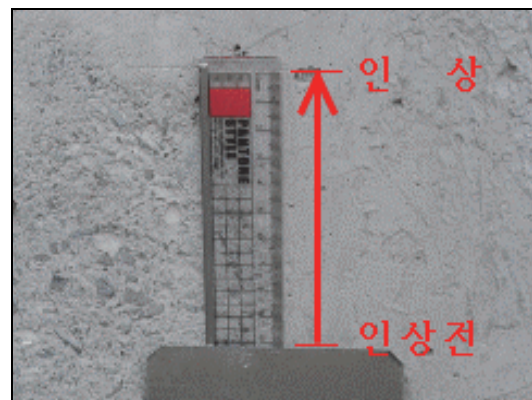


Figure 9. Compare Before and After The Lift

2.3.2 충전실험 및 재하실험

충전실험에 사용된 재료는 초속경시멘트와 일반시멘트를 1:1 배합하고, 충전시간 및 응결시간을 고려하여 적절한 비율의 지연제를 혼합하여 주입하였다. 충전실험에서는 시점부 0mm, 종점부 50mm로 경사 인상하여 배합된 시멘트를 충전하고, Fig. 10과 같이 간극에 시멘트가 충전되었음을 확인하였다. 콘크리트 슬래브 측면에서 경사로 강화노반에 작은 구멍을 천공하여 주입 중 시멘트 유출로 충전을 확인하였고(Fig. 10-(a)), 주입 완료 후 슬래브 상부 구멍에 물을 주입하여 물 빠짐이 없음을 통해 충전을 확인하였다(Fig. 9-(b)). Fig. 9-(c)는 충전완료 후 측면에 설치된 마감재를 제거한 후 간극에 시멘트가 충전된 모습이다. 이후 콘크리트 도상 상부에 KXT 최대 하중이 680kN 임을 고려하여 하중 432kN 트럭 2대(총 하중 864kN)를 5분간 재하시켰으며(Fig. 10-(d)), 재하 전후의 측량과정을 수행하여 추가 침하가 발생되지 않음을 확인하였다.

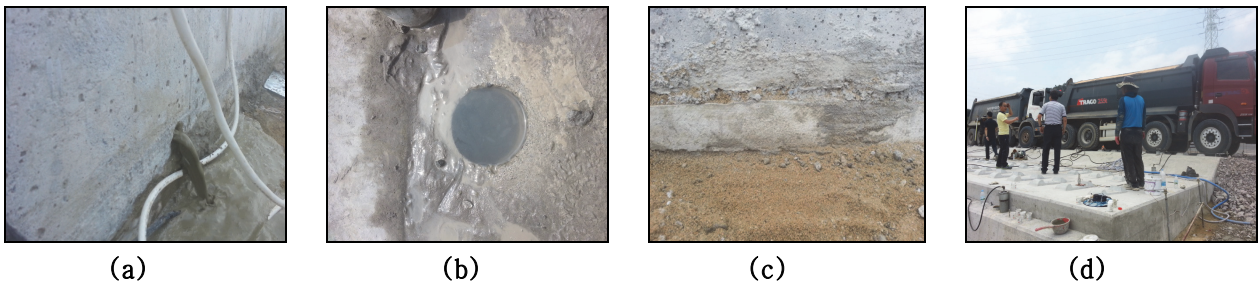


Figure 10. Confirmation that The Cement is Filled in The Space Between Ground and Concrete Ballast

2.4 기존선 현장시험부설

‘능동제어 콘크리트도상 복원(ACBR)공법’의 유효성을 입증하기 위하여 기존선에서 시험부설을 수행하였다(Fig.11). 시험부설 기존선 선로는 의 상태는 성토구간 교량 접속부로 최대침하량 30mm, 접속부 Conc 단면 두께 1850mm, 침하구간 12m, 상구배 1%의 직선 선로이다.

시험부설 대상은 비교적 침하구간과 침하량 및 해당 관리주체의 요구 등을 고려하여 선정하였으며, 지지강관 설치를 위해 HSB를 천공한 결과, 교량접속부 어프로치슬래브 구간에서 콘크리트 단면 두께가 1850mm로 나타났다. 본 기존선 시험부설에서는 하부의 접속부노반 및 강화노반구간의 지지력부족으로 유압잭 지지력보강이 장기간 수행되었으며, 성토지반을 보강하면서 유압잭을 사용하여 인상력과 인상균형을 제어하면서 순차적으로 인상하였다.

그 결과 영구(소성)변형으로 약 4mm 미인상된 부분과 교량 인접부의 최대 2mm 초과인상을 제외하고는 상하선 각각 최대 26mm 및 23mm를 인상하였으며, 이후 현재까지 약 40일 측정



Figure 11. Experiment in-Service Rail Lines

결과 침하는 발생되지 않았다. 향후 좀더 지속적인 계측을 통하여 분석하여야 할 것이다. 또한 비교적 단구간이고 침하량이 많지 않은 기존 고속선로에서 선시공을 수행하고 있다.

4. 결론

본 연구는 유압잭을 이용한 콘크리트궤도 인상공법에 대한 기술소개에 시공사례에 관한 연구로써 본 공법을 활용할 경우 다음과 같은 효과와 개선사항이 요구된다.

- 단시간 (3~5분)에 정밀제어 인상 가능.
- 공정이 단순하고 인상량에 제한없이 인상량에 자유로움(1회 100mm이상 가능)
- 인상, 횡뒤틀림 인상 등 모든 침하 복원 가능(단 영구변형의 경구 탄성변위내 가능).
- 추가침하 발생시 보존된 지지강관을 통한 신속복원 및 비용절감.
- 노반 지지력이 부족할 경우 본 시공 전 준비기간이 증가.

현재 본 공법을 이용하여 고속철도 운행선에서 노반침하 복원 공사가 진행되고 있으며 향후 천공에 따른 안정성 증대, 효율적인 충전방법, 다양한 조건에 맞는 시멘트 배합방법 등에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 고효석, 신학용, 신근식, 윤원민, 이일화(2013), “콘크리트궤도 침하복원공법(PRCG)의 시공사례 연구”, 한국철도학회, 춘계학술발표회 논문집