

선로선형에 따른 능동제어 콘크리트궤도 복원공법(ACBR) 적용사례 연구

ACBR Method Case Study on the Linear Track

민지홍*†, 배석복**, 손승훈**

Ji-Hong Min*†, Seok-Bok Bae**, Seung-Hun Son**

Abstract ACBR methods, can be applied to restore settled concrete rail system, has been developed and being applied to the field study. Applicability of this method has been verified through full-scale test, pilot construction to ordinary and also high-speed rail system.

ACBR method has been applied only to relatively limited length and this may be reason why the whole restoration procedure could be performed by a single lift-up. Most of the area, where this method has been applied, has complex line geometry includes combined rail geometry. From this complex rail geometry, concerns to the rail distortion has been arose and actually found at the site. This method is also useful to minimize this rail distortion and summarized in this paper.

Keywords : ACBR, Concrete Ballast, Restoration Method, Track irregularity

초 록 침하된 콘크리트궤도를 복원시키기 위한 능동제어 콘크리트궤도 복원공법(ACBR)이 개발되어 현장적용 중에 있다. 실험실시험, 기존철도 시험부설 및 고속철도 선시공 등 철도현장 적용과정을 거쳐 현재 침하된 고속철도 선로 복원에 적용되고 있다.

현재까지 본 공법이 적용된 고속철도 현장은 길이가 비교적 짧은 구간이었으므로 1회 인상으로 복원 가능하였다. 이들 현장은 직선과 경사, 평면곡선과 경사, 평면곡선과 종곡선 등이 대부분 중첩되어 있으므로, 일시에 인상시키고 체결구를 해체 및 복원하는 것은 궤도틀림이 추가적으로 발생할 우려가 있으며 실제 발생되고 있다. 본 연구는 곡선선로 등을 보다 정확하게 인상시키는 방안과 침하보수용 체결구 및 심플레이트의 제거에 따른 궤도틀림을 최소화 시킬 수 있는 기술을 개발하고 적용시킨 사례들에 대한 기술 적용성에 관한 것이다.

주요어 : ACBR, 콘크리트궤도, 복원공법, 궤도틀림

1. 서 론

콘크리트 도상은 자갈도상에 비하여 여러 측면에서 유리하므로 고속선로를 비롯하여 기존선에도

*† 교신저자: (주)현우그린 (tmlmsp@naver.com)

** 한국철도공사 경주고속철도 시설사무소

*** 한국철도공사 경주고속철도 시설사무소

확대되는 추세이나, 노반침하 등의 원인으로 콘크리트 도상이 침하되고 궤도틀림이 발생하여 열차서행, 승차감 저하 등의 문제를 발생시키고 있다.

콘크리트 도상은 자갈도상에 비하여 여러 측면에서 유리하므로 고속선로를 비롯하여 기존선에도 확대되는 추세이나, 노반침하 등의 원인으로 콘크리트 도상이 침하되고 궤도틀림이 발생하여 열차서행, 승차감 저하 등의 문제를 발생시키고 있다.

능동제어 콘크리트 도상 복원공법(ACBR : Active Control Concrete Bed Restoration)은 강화노반에서 콘크리트 도상을 유압잭을 사용하여 인상시키고 그 공간에 충전제를 충전시켜 복원하는 공법으로 신타형실험, 기존선 시험부설, 고속철도 선시공을 거쳐 고속철도 운행선상 복원공사를 완료 및 실시하고 있다. 본 논문에서는 ACBR 공법을 이용하여 평면 및 종곡선 형태의 콘크리트 도상의 정밀인상을 위한 방법과 궤도틀림을 최소화 시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

2. 능동제어 콘크리트 도상 복원공법(ACBR Method)

2.1 공법개요

본 공법은 기존의 복원공법과 다르게 고압용 유압잭을 사용하여 노반을 인상시키는 공법으로, 유압잭을 콘크리트 도상의 HSB에 결속시키고 강화노반을 지지반력으로 사용하여 인상시키는 방법이다. 인상방법은 콘크리트 도상 TCL 인접 외측의 HSB를 강화노반까지 천공하여 이곳에 반력지지강관을 설치하고, 지지강관을 삽입하여 무수축 모르타르로 HSB와 일체화시킨다. 지지강관 내에 유압잭을 설치하고 상부에 지지뚜껑으로 지지강관과 결속시킨 후 유압잭에 작동유를 유입시킴으로써 강화노반에서 콘크리트 도상을 상부로 인상시키게 된다.

이들의 제어는 일정량이 인상되면 레벨스위치에 의해 작동유의 유입은 중지되고, 주변 유압잭에 작동유가 추가되어 1mm 초과 인상이 되면 또 다른 위치의 레벨스위치에 의해 작동유를 유출시켜 하강시키게 된다. 이들이 각각의 유압잭을 연동시키는 솔레노이드 밸브와 레벨스위치가 직접 연결되어 중앙에서 통제 없이 원버튼으로 작동되며, 상호 주변 유압잭과 직접 균형을 이루면서 최적의 위치까지 인상을 시키는 능동제어 시스템이다.

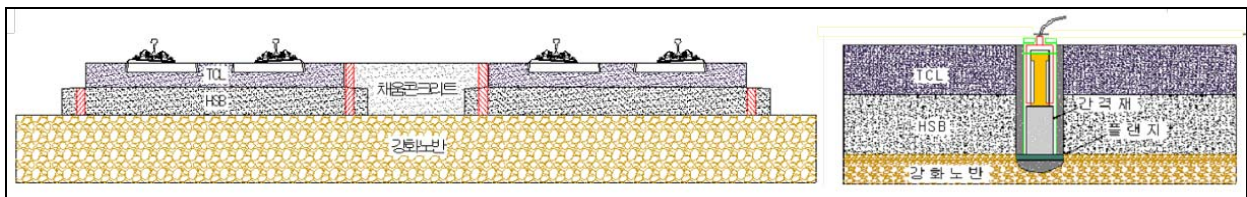


Figure 1. Concept of ACBR Method

2.2 ACBR 공법의 특징

- 단시간 (3~5분)에 정밀제어 인상 가능
- 공정이 단순하고 인상량이 자유로움(1회 100mm이상 가능)
- 인상, 횡뒤틀림 인상 등 모든 침하 복원가능(단, 영구변형의 경우 탄성변위 내)

- 추가침하 발생시 보존된 지지강관을 통한 신속복원 및 비용절감
- 긴급상황 발생시 열차운행에 지장을 주지 않도록 기존선로 원위치 가능
- 복합공정이 가능하므로 장구간 침하 및 침하량이 큰 경우에 적용 유리

3. 기술개발 및 적용과정

3.1 기준가선(와이어) 및 레벨스위치 설치

인상목표지점 설정을 위해 침하가 발생하지 않은 양끝단 레일 혹은 침목에 와이어를 일정높이에 설치하고 긴장시킨 후 와이어 자중에 의한 처짐을 보정하기 위하여 일정간격으로 무게추를 설치하며(Fig. 2), Fig. 3는 자중에 의해 처진 와이어와 이를 추로 보정한 것에 대한 구조해석 결과이다. Fig. 4 (c)의 레벨스위치가 와이어와 접촉하게 되면 앞서 서술한 방식으로 인상을 멈추게 된다.

Table 1.
Wire Specification

Φ	2mm
Fwa	360kg
T	150kg
Δ	120mm

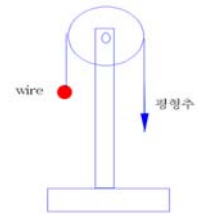
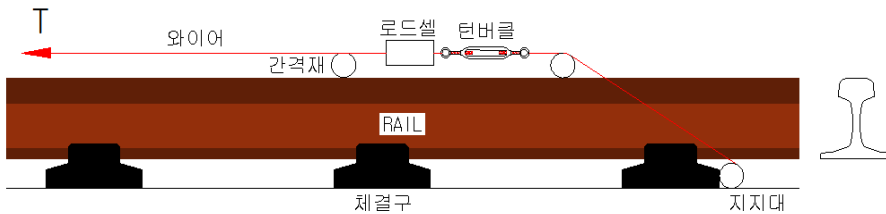


Fig. 2 Concept of Wire Installation

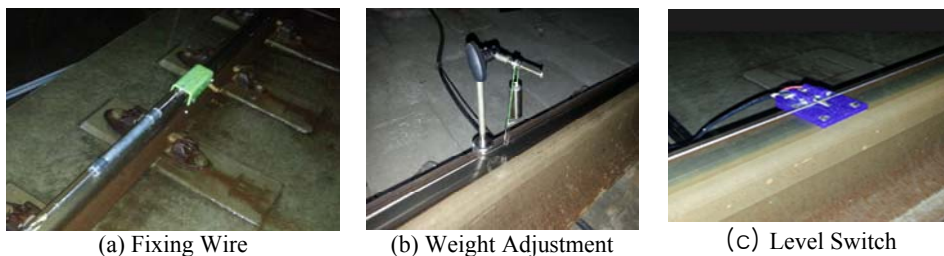


Fig. 4 Wire Installation View

직선인 경우 와이어는 평형하중을 이용하여 균형을 유지시켜 사용하면 되지만, 평면곡선이나 종곡선에서 이들은 보정이 필요하며 다음은 이들에 대한 보정방법을 경부고속철도 2단계 복원공사에 실제 적용한 내용을 기술한 것이다.

3.2 평면곡선 기준가선 설치

평면곡선의 경우 $R=7000m$, 인상에 필요한 기준점거리 $29.9m$ (토공선로 $28.6m=44 \times 0.65m$ 에 고정점 침목 2정 $1.3m$ 추가 거리)로 중심위치의 최대 편기량은 $16mm(=L^2/8R)$ 이다. 따라서 기준가선이 직선으로 설치되므로 가선의 중심위치에 설치되는 레벨스위치는 레일단면 중심에서 $16mm$ 벗어나게 되며,

레일경사(1/20)와 cant 경사 0.0867가 중첩되는 외측레일에서는 13.67% 경사가 발생된다. 이때 16mm 편기는 2.2mm 높이차가 발생된다. 따라서 이 경우 적정한 거리에서 기준가선을 수평으로 16mm만큼 당겨 Fig. 5 같이 위치시킨다면 중심 편기량은 4mm로 감소시킬 수 있으며 수준차는 최대 0.5mm 정도로 감소시킬 수 있다. 한편 침목에 설치하고 레벨스위치 지지판을 사용하면 위와 같은 보정은 필요 없다. 평면곡선의 궤도의 경우 침목보수용 체결구 및 심플레이트의 제거에 따른 궤도틀림으로 인상과정에서 횡방향으로 궤도가 이동할 위험이 있으므로 횡지그(Fig. 6)를 이용하여 횡방향 변위를 구속한다.

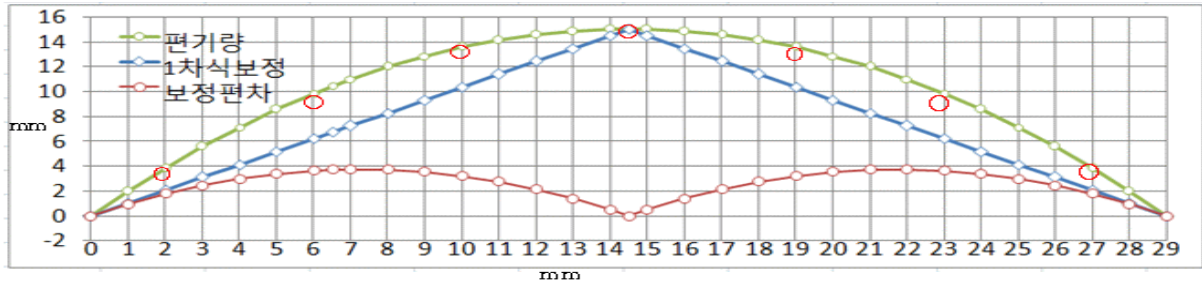


Fig. 5 Calibration Graph(Bell Curve)



Fig. 6 Restriction of Transverse Displacement

3.3 종곡선 기준가선 설치

종곡선의 경우 R=25000m 이상으로 완만하나 Fig. 7과 같은 방법으로 기준레벨과 레벨스위치의 높이를 조절하여 곡선에 맞게 설치하여 인상한다.

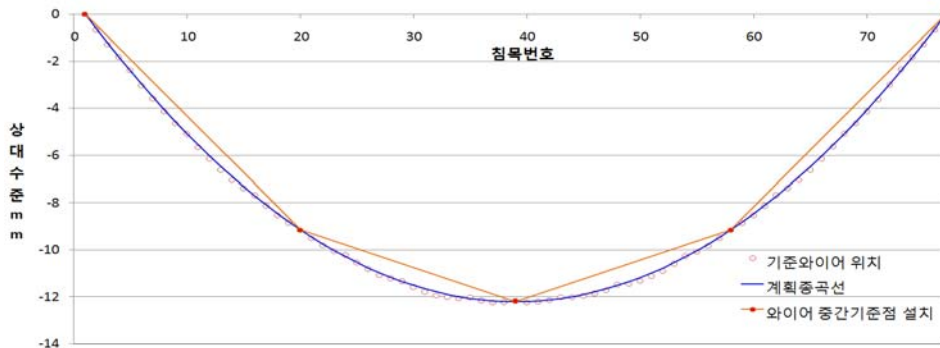


Fig. 7 Calibration Graph(Plane Curve)

3.4 단계인상

인상구간에서 침량이 큰경우 기준와이어와 최대침하구간의 인상높이가 증가되므로 이간격을 일시에 인상하는 데는 부등인상의 우려가 있으며 특히 곡선선로에서는 cant로 인하여 콘크리트도상의 무게중심이 외측으로 이동되므로 횡방향으로 경사로 인상이 된다. 이경우 인상을 1회에 일시에 시행하면 부등인상으로 인한 궤도의 안전성을 저해하게 된다. 따라서 이러한 경우에는 아래 표와 같이 평형추를 이용하여 단계적으로 인상한다.

단계 인상방법은 인상초기에 중앙부 평형추를 제거시키면 와이어는 중앙부에서 처짐이 발생된다. 레벨스위치와 와이어의 간격을 평형추를 사용하여 단계적으로 조절하면서 콘크리트도상슬래브의 균형을 유지시키며 인상하는 방법이다.

Table 2. Step of Impression Procedure

인상단계	기준가선(와이어) 처짐조절 평형추에 의한 와이어 높이조정
1-STEP 초기가선 -60mm	
2-STEP 5mm(↑) 5mm	
3-STEP 6mm(↑) 11mm	
⋮	⋮
9-STEP 6mm(↑) 47mm	
10-STEP 6mm(↑) 53mm	
11-STEP 7mm(↑) 60mm	

3.4 현장별 적용사례

현재까지 본 공법 및 기술을 이용하여 아래 표와 같이 평면 및 종단곡선을 가진 콘크리트 도상에 위와 같은 방법을 적용하여 복원을 수행하였다. 장대구간 인상공정은 문헌[2]에 상술하였으므로 여기서는 생략한다.

Table 3. Site Condition

부근 구조물	시공시기	평면선형 (R, m)	종단선형(m)		연장	적용기술			비고
			경사	종곡선(R)		와이어 횡보정	종곡선 보정	단계 인상	
1.은석교 시점부	2015.02	직선	2%		15				전라선
2.삼정1고가 ~삼정1터널	2015.07	7000		25000	30	4개	24개		경부 고속 철도
3.전읍천교 ~삼정1터널	2016.03	7000	2%		60	12개		10차	
4.가야고가 ~속초고가	2016.04	직선	2%		47				
5.두동2터널 ~서하고가	2016.06	직선		25000	47		28개		
6.천전1터널 ~천전1교	2016.09	7000	2%		105	20개		5차	

3. 결 론

본 연구에서는 운행선상 기존선을 포함하는 고속철도의 침하된 콘크리트 궤도 복원을 목표로 개발된 복원기술을 응용하여 다양한 선로의 상태에 따라 능동제어콘크리트 도상 복원공법(ACBR)을 적용시킬 수 있는 기술들 개발 하여 적용하였다. 경부고속철도의 경우 곡선선로가 많고 궤도에서 종곡선의 설치가 비교적 용이한 토공부 종곡선을 설치한 경우가 많다. 이들에서 궤도를 정밀복원 및 궤도를 립을 방지하기 위한 기술을 개발 적용시켰다. 이들 곡선선로 및 침하가 많은 곳에 기술을 용이하게 현장에 적용시키기 위한 기구 및 지그들을 제작하여 현장에서 쉽게 사용할 수 있도록 하므로서 능동 제어콘크리트 도상 복원공법(ACBR)이 보다 더 효율적이고 정밀하게 복원할 수 있는 기술을 개발하고 있다.

참고문헌

- [1] 민지홍, 이방우, 배석복, 박용걸(2016), “능동제어 콘크리트 도상 복원공법 개발과정 및 적용사례”, 한국철도학회, 춘계학술발표회 논문집
- [2] 민경주, 임오진, 이방우(2015),” 운행선상 장대침하구간 콘크리트궤도 인상공법 적용성” 한국철도학회, 춘계학술발표회 논문집