

## 운영중인 철도노반 보강을 위한 약액의 침투성능

### Infiltration performance of chemical grouting for reinforcement of operation railroad

정혁상\*, 윤환희\*<sup>†</sup>, 김동현\*, 이수형\*\*, 한진규\*\*\*

Hyuk-Sang Jung\*, Hwan-Hee Yoon\*<sup>†</sup>, Dong-Hyun Kim\*, Su-Hyung Lee\*\*\*, Jin-Gyu Han\*\*\*

**Abstract** This study deals with the infiltration performance of the chemical grouting in the ground reinforcement method to reinforce the railway roadbed that has subsided in an operating railway. On the ballasted track, the roadbed settlement can be corrected through the roadbed, but it is almost impossible to reinforce the roadbed in the concrete orbit. However, in order to secure the safety of the train, the only way to lift the rails without restoring the roadbed was through the orbit restoration method. These orbit restoration methods are temporary not work well because they are not reinforced on the roadbed. This problem occurs re-settlement due to improper use of materials of soft ground and roadbed. Moreover, there is no case in Korea that reinforces the roadbed to the railway that is in operation. Therefore, in order to reinforce the railway roadbed in this study, the existing method of the chemical grouting method, which is the ground reinforcement method, was examined and basic studies on the infiltration performance and conditions were conducted.

**Keywords** : Railway, Roadbed, Settlement, Reinforcement, Chemical grouting

**초 록** 본 연구는 운영중인 철도에서 침하된 철도노반을 보강하기 위해 지반보강 공법의 약액 침투성능에 대한 내용을 다루었다. 자갈 도상에서 노반침하는 양로를 통해 징징이 가능하지만 콘크리트 도상에서 노반침하시 보강은 거의 불가능하다. 다만 열차주행의 안전성 확보를 위해 궤도 복원공법을 통해 노반의 복원 없이 레일만 들어올리는 공법이 유일했다. 이러한 도상복원 공법은 노반에 대한 보강이 이루어지지 않아 임시적인 공법에 해당되며 연약지반과 노반의 부적절한 재료 사용 등으로 인해 재침하가 발생되어 문제를 발생시키고 있다. 더욱이 국내에는 운영중인 철도에 노반을 보강한 사례가 없어 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구에서 운영중인 철도노반 보강을 위해 기존의 지반보강 공법인 약액주입 공법을 검토해보았으며 침투성능과 조건 등에 대한 기초연구를 실시하였다.

**주요어** : 철도, 노반, 침하, 보강, 약액주입공법

## 1. 서 론

현재 주기적인 관리가 필요해 유지비용이 큰 자갈궤도에 비해 비교적 유지보수비용이 적은 콘크리트궤도가 적용되고 있는 추세이다. 그러나 미흡한 원지반처리와 배수 등의 문제로 인해 노반침하가 발생하고 있다.

† 교신저자: 동양대학교 철도대학 철도건설안전공학과 (yhh0554@naver.com)

\* 동양대학교 철도대학 철도건설안전공학과 \*\* 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

\*\*\* (주)케이우스코리아 기술연구소

이에 국내에서는 노반의 복원 없이 레일만 복원시키는 공법이 유일하지만 지속적인 재침하로 인해 노반보강이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 운영중인 철도노반의 보강을 위해 약액 주입재에 대한 침투성을 파악하기 위한 기초적인 연구를 실시하였다.

## 2. 현장투수시험

콘크리트레도에서의 노반 침하에 대한 보강을 위해 먼저 고속철도 구간에 대하여 현장투수시험을 실시하였다. 현장투수시험방법으로 시추공내에서의 수위강하법을 이용해 시험을 수행하였다. 현장투수시험은 매립층과 풍화토 그리고 붕적층에 대해 측정하였고, 그 결과 매립층에서는 약  $10^{-3} \text{cm/sec}$ , 풍화토와 붕적층에서 각각 약  $10^{-4}$ ,  $10^{-5} \text{cm/sec}$ 의 투수계수가 측정되었다.

## 3. 주입재별 침투성능

운영중인 철도노반을 보강하기 위해 약액주입공법에서 쓰이는 주입재들의 침투성능에 대한 이론적 배경을 검토해보고자 하였다. 주입재는 일반적으로 약액형과 비약액형인 현탁액형으로 분류된다. 그 중 현탁액형의 경우 마이크로시멘트 milk 주입시  $10^{-3} \text{cm/sec}$ 의 투수층까지 주입이 가능하고, 보통시멘트의 milk 주입은  $1 \text{cm/sec}$ 의 투수층까지 주입이 가능하다. S.G.R공법과 L.W공법의 경우 마이크로시멘트, 보통시멘트를 각각 사용하였을 때 fig.1과 같은 침투한계를 보여준다.

Injection material		Layer		Sand layer			Silt layer
		Gravel layer		coarse	medium	fine	
milk	micro cement	[Infiltration limit bar]					
	cement	[Infiltration limit bar]					
S.G.R	micro cement	[Infiltration limit bar]					
	cement	[Infiltration limit bar]					
L.W	micro cement	[Infiltration limit bar]					
	cement	[Infiltration limit bar]					
Particle size (mm)		2	0.5	0.2	0.074		
Hydraulic Conductivity (cm/sec)		$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	

Fig. 1 The infiltration limits of each injection materials (Byung Sik Chun, 2014)

## 4. 실내 침투성능 실험

현장투수시험과 주입재 별 침투한계에 대한 이론적 배경을 토대로 일반적으로 쓰이는 주입재들의 침투성능을 실내실험으로 확인해보고자 하였다. 침투성능 실험은 한국산업규격에 규정되어 있지 않아 실험기기를 제작하여 진행하였고, 현장투수시험을 통해 도출된 투수계수를 기반으로 투수계수  $10^{-4} \text{cm/sec}$ 를 확보하는 노반대체재료로 규사8호를 사용하였다. 실험에 쓰인 주입재료는 현탁액형과 약액형의 주입재를 사용하였고, 실험결과 현탁액형의 주

입재는 클로킹 현상이 발생하였다. 그리고 약액형의 경우 저압에서도 20cm이상의 침투높이를 보였다.

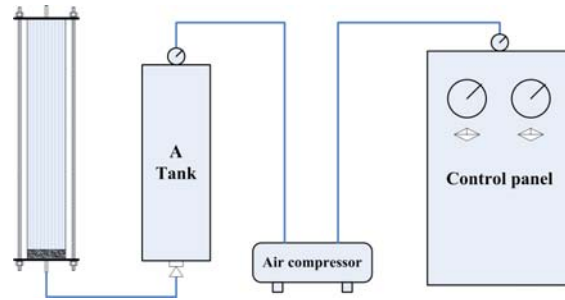


Fig. 2 Experimental apparatus for infiltration capacity experiment

Table 1 Result of infiltration capacity experiment

Division	Infiltration height (Hydraulic conductivity $1 \times 10^{-4}$ (cm/sec))					
	Pressure (kPa)					
	0.5	1.0	2	3	4	5
Suspension type	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration
	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration	No Infiltration
Liquid injection type	5.0cm	11.0cm	18.2cm	20.0cm	21.0cm	21.9cm

### 3. 결론

본 연구에서는 운영중인 철도노반을 보강하기 위한 기초적인 연구를 실시하였다. 이에 대하여 고속철도 현장에서의 현장투수시험을 수행하였고, 주입재별 침투성능에 대한 이론적 배경을 검토하였다. 그리고 실내실험을 통해 일반적으로 쓰이는 현탁액형과 약액형의 침투성능을 파악하였고, 현탁액형의 경우 클로킹현상에 의해 저투수층에서는 주입이 되지 않다고 분석되었다.

### 후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업 "선로안정화를 위한 콘크리트레도 도상/노반 상태평가 및 보강/복원 기술 개발(17RTRP-B114179-02)"과제의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

[1] Byung Sik Chun (2014) Principles and Practice for Chemical Grouting, p.86.