

# 기존 운행선 철도노반하부 비개착터널 시공중 침하발생 문제분석 사례연구

## Case Study on Subsidence during Construction of Non-Open-cut Tunnelling under Existing Operation Railway

박준경\*<sup>†</sup>, 유찬호\*, 김원일\*

Jun Kyung Park\*<sup>†</sup>, Chanho Yoo\*, Wonil Kim\*

**초 록** 기존 운영중인 철도 선로 하부에 비개착공법을 이용한 지하횡단공사는 선로의 변위를 유발할 수 있으며, 이는 선로 운행시 열차의 안전 운행에 큰 영향을 미칠 수 있다. 비개착공법을 위한 최적공법의 설계 및 시공을 위해서는 주변현황 분석 및 운행선 종류, 운행구간 여건, 굴착지반 특성, 지하 횡단구조물 종류, 선로하부 토피고, 지장물 존재여부등을 상세히 분석하여야 한다. 본 연구에서는 T.R.c.M 공법(Tubular Roof Construction Method)이 적용된 운행선 하부 비개착터널 시공중 일부 구간에서 약 38mm의 노반침하가 발생한 사례에 대해 침하발생 원인분석과 대책방안을 제시하였다.

**주요어** : non-open-cut tunnelling method, forensic analysis, subsidence, T.R.c.M method

### 1. 서 론

비개착공법은 기존 운행선 선로하부에 구조물을 건설하기 위한 공법중 하나로 노반을 개착하지 않고 지중작업으로 구조물을 형성한다. 선로하부 구조물의 외벽역할을 할 강관을 압입하고 그 내부를 굴착하여 선로구조물을 형성하는 방식으로 구조물 상부에 영향을 최소화하여 건설이 가능하여 최근 들어 적용빈도가 증가하고 있는 실정이다. 비개착공법을 위한 최적공법의 설계 및 시공을 위해서는 주변현황의 분석 및 운행선의 종류, 운행 구간의 여건, 굴착 지반의 구성, 지하 횡단구조물의 구분, 계획고에 의한 선로하부 토피고, 지장물의 존재여부 및 지하구조물 형성 후 유지관리에 따른 이상 유무등을 상세히 분석하여야 한다. 철도선로 하부 지하 횡단 공사는 선로에 변위가 발생할 수 있어 운행선의 경우 열차 안전운행에 많은 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 T.R.c.M 공법이 적용된 운행선 하부의 비개착터널 시공중 일부 구간에서 약 38mm의 노반침하가 발생하여 이에 대한 침하발생 원인분석과 대책방안을 제시하였다.

### 2. 기존 운행선 침하발생 현황 및 분석

#### 2.1 비개착 터널공 시공현황, GPR 탐사 및 결과분석

본 연구대상 현장에서는 내부 5.56m(B)×6.86m(H) 규모의 철근 콘크리트 BOX구조물을 벽체 두께 1m로 계획하였다. 시공중 노반침하가 발생한 지점 인근의 강관 내부 육안조사 결과에 따르면 강관 내부 및 막장면에서의 토사 유입 및 굴착면의 붕괴 등의 정황은 확인되지 않았으나, 강관추진 공사가 완료된 상부갤러리 우측 강관의 경우에는 강관 이음부 미용접구간에서는 부분적인 지하수의 유입이 확인되었다. 철도노반의 이상구간을 확인하기 위해 현장에서 수행한 GPR탐사 결과, 경계면 불분명 등의 침하취약지점은 3개소가 확인됨에 따라 해당 구간을 중점적으로 보강하는 구간으로 설정하였다.

<sup>†</sup> 교신저자: 대림대학교 건설환경공학과  
(jkpark0215@daelim.ac.kr)

\* 대림대학교 건설환경공학과



Fig. 1 Project layout and typical cross section for T.R.c.M method.

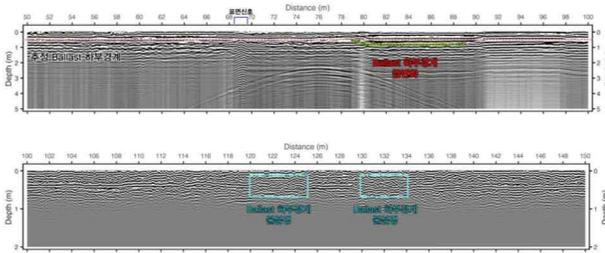


Fig. 2 GPR test results

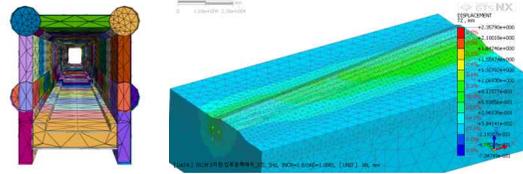


Fig. 3 T.R.c.M excavation modelling and Subsidence of existing railroad and track

## 2.2 보강계획 적정성 평가

지반보강 그라우팅 시행 후 비개착 터널공사시 상부의 경부선 철도노반과 터널 자체의 안정성 확보여부를 검증하기 위하여 3차원 유한요소 해석을 통한 보강계획의 적정성을 검증하였다. 수치해석은 MIDAS GTS NX를 이용하여 수행하였으며, 비개착터널 상부 지상 그라우팅을 적용하여 비개착 터널구간중 중간작업구#2를 중심으로 좌우 100m의 해석영역을 설정하여 해석을 수행하였다. 또한 수치해석은 비개착터널 시공중 시공단계별 거동을 평가하기 위한 정적해석을 수행하고, 열차이동하중을 고려한 동적해석을 수행 후 노반 침하량을 합산하여 최종 기존 운행선 노반침하량을 평가하여 3차원 침투응력해석을 통해 기존 운행선 최종 시공완료시 하부 비개착터널로 인해 발생하는 철도노반 및 궤도의 시공단계별 최대 지반침하하는 약 9.20mm로 검토되었다.

## 3. 결론

연구대상 현장의 비개착 터널은 강관으로 인해 터널 천단부의 변형은 억제되어 천단 침하로 인한 노반침하의 가능성은 작고, 터널 막장면의 육안조사 결과와 같이 막장면의 토사유실 및 막장면의 붕괴 징후가 발생하지 않았으며, 지하수 유입이 발생하지 않은 것을 고려할 때 이로 인한 지표침하의 가능성도 낮은 것으로 판단되었다. GPR 탐사를 이용한 침하 취약지역, 현장 침하계측 자료 그리고 역해석 결과를 이용한 향후 시공중 안정해석결과를 종합적으로 분석하여 터널상부 토사층의 지반보강이 필요한 것으로 분석되어 상부지반 보강계획을 수립하였으며, 지반보강공법으로는 소형장비 사용이 가능하여 시공성이 우수하고 경제적이며 차수 및 지반보강효과가 우수한 마이크로 시멘트 그라우팅 공법이 적절한 것으로 판단되었다.

## 참고문헌

- [1] H. K. Ji, K. H. You, and Y. J. Park (2004) An application of the tubular roof construction method for seoul subway tunnel construction, *Journal of Korean Tunn Undergr Sp.Assoc.*, 6(4), pp. 345-356.