

시공현장 계측자료를 통한 합체전인공법 굴착단계별 변위분석  
**Displacement analysis in each excavation stage using field data obtained from  
 measuring instrument - Front-jacking method application**

엄기영<sup>\*†</sup>, 김영하<sup>\*\*</sup>, 박용걸<sup>\*\*\*</sup>, 전상수<sup>\*\*\*\*</sup>

Ki-Young Eum<sup>\*†</sup>, Young-Ha Kim<sup>\*\*</sup>, Yong-Gul Park<sup>\*\*\*</sup>, Sang-Soo Jeon<sup>\*\*\*\*</sup>

**Abstract** Underground structures below railway track and roadway are constructed to resolve the problem of narrow and small space of urban area and to efficiently utilize underground space. Underground crossing construction under railway effects on structures of track and influences the stability of train operation. In the meantime, since various methods for construction of underground structures have been suggested, the stability of roadbed associated with the methods should be carefully examined. In this study, ground behavior is estimated and analyzed based on the data obtained from measuring instrument in the field of underground crossing construction under railway. The results show that vertical displacement is in the range of 27% to 56% and the average is 44.3% of overall displacement during staged excavation as steel pipe jacking method is applied.

**Keywords** : Crossing construction under railroad, Front-jacking method, Steel pipe jacking, Roadbed, Displacement

**초 록** 도시의 비대화로 인해 협소해진 도심지의 공간 해소 및 지하공간의 효율적 활용을 위해 철도와 도로의 하부를 횡단하는 지하구조물이 다수 시공되고 있다. 철도지하횡단공사는 선로구조물에 영향을 주어 열차의 안전운행에 많은 영향을 미치게 된다. 이로 인해, 철도 하부 구조물을 건설하는 여러 가지 공법들이 제시되고 있으므로 공법에 따른 노반 안정성 검토가 필요하다. 본 연구에서는 합체전인공법을 이용한 철도지하횡단공사현장에서 지반거동 계측자료를 수집하여 굴착단계별 노반에 미치는 영향을 평가, 분석하였다. 그 결과 굴착단계별 강관추진공법 적용시 발생한 수직변위는 전체 발생 변위의 27~56%가 발생하였으며, 평균 44.3% 변위가 발생함을 알 수 있다.

**주요어** : 철도지하횡단공사, 합체전인공법, 강관추진, 노반, 변위

## 1. 서 론

최근 경제, 사회가 발전함에 따라 도시공간을 안전하고 경제적으로 연결시킬 수 있는 고속교통수단의 필요성이 높아지면서 철도수송 시스템이 급속도로 발전하고 있다. 철도수송 시스템의 발전과 더불어 건설목에서의 교통정체 해소 및 철도, 도로의 안정성 향상을 위해

† 교신저자: 한국철도기술연구원 첨단인프라연구팀(kyeum@krri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 첨단인프라연구팀

\*\* 한국철도시설공단 KR연구원

\*\*\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학과

\*\*\*\* 인제대학교 공과대학 토목도시공학과

철도 선로의 하부를 횡단하여 지하구조물 등이 건설되고 있다. 철도교통량이 많은 일본에서는 철도와 교차하는 공사를 많이 실시하였으며 적절한 공법을 적용하기 위한 세부 지침을 마련하여 시행하고 있으나, 국내에서는 철도지하횡단공사시 공법선정[1]에 대한 지반거동 분석이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 합체견인공법을 이용한 철도지하횡단공사현장에서의 지반거동[2] 계측자료를 수집하여 굴착단계별 노반에 미치는 영향[3]을 평가, 분석하였다.

## 2. 시공현장 계측자료 분석

### 2.1 경인선 구로~구일간 고척 지하차도 설치공사

#### 2.1.1 공사개요

“경인선 구로~구일간 고척 지하차도” 공사는 프론트잭킹(Front Jacking)공법[4]을 적용하였으며, 시공연장은 10.7m이다. 토피고는 2.57m이며, 지반조건은 성토체, 매립층, 실트질모래, 실트질점토로 구성되어 있다.

#### 2.1.2 공정별 변위 비교

“경인선 구로~구일간 고척 지하차도” 공사의 프론트잭킹(Front Jacking) 시공시 공정별 변위를 Table 1에 나타내었으며, 공정별 발생변위 비율을 Fig .1 에 나타내었다. 전체 공정 중 강관추진시 -0.386~+0.297mm의 미소한 변위 증감을 보이고 있으며, Box 견인시 -0.289~+1.101mm의 상대적으로 큰 폭의 변위 증감을 보이고 있어 Box 견인시 최대 변위가 발생함을 알 수 있다.

Table 1 Displacement in each stage

|                        | Process            |                 |
|------------------------|--------------------|-----------------|
|                        | Steel pipe jacking | Box jacking     |
| Displacement (mm)      | -0.386 ~ +0.297    | -0.289 ~ +1.101 |
| Displacement ratio (%) | 27.0               | 100.0           |

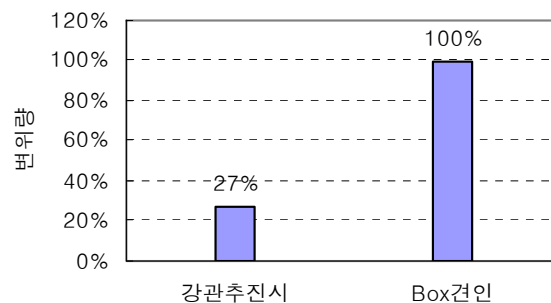


Fig. 1 Displacement ratio in each stage

## 2.2 경부선 세마~오산대간 53.800km 오산대 지하차도 설치공사

### 2.2.1 공사개요

“경부선 세마~오산대간 53.800km 오산대 지하차도” 공사는 프론트잭킹(Front Jacking)공법을 적용하였으며, 시공연장은 27.0m이다. 토피고는 3.94m이며, 지반조건은 전답토, 자갈질 실트, 풍화토로 구성되어 있다.

### 2.2.2 공정별 변위 비교

“경부선 세마~오산대간 53.800km 오산대 지하차도” 공사의 프론트잭킹(Front Jacking) 시공시 공정별 변위를 Table 2에 나타내었으며, 공정별 발생변위 비율을 Fig .2에 나타내었다. 전체 공정 중 수평강관추진시 약 -5.0mm의 침하가 발생, 전체 침하량의 50%가 발생하였으며, Box 견인시 20%의 추가적 변위가 발생하였다. 수평강관추진 및 Box 견인시 가장 큰 변위가 발생함을 알 수 있다.

Table 2 Displacement in each stage

|                        | Process             |                               |                             |             |
|------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|
|                        | H-Pile construction | Horizontal steel pipe jacking | Vertical steel pipe jacking | Box jacking |
| Displacement (mm)      | -1.0                | -5.0                          | -2.0                        | -2.0        |
| Displacement ratio (%) | 10.0                | 50.0                          | 20.0                        | 20.0        |

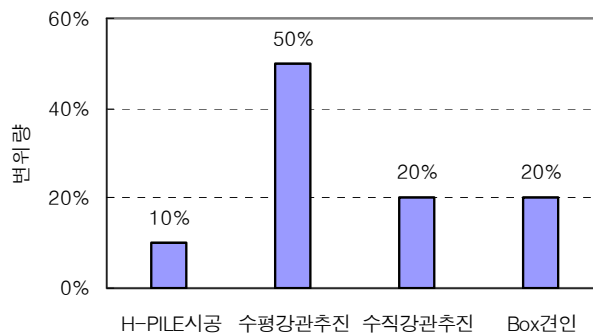


Fig. 2 Displacement ratio in each stage

## 2.3 경부선 부강~매포간 141km 270 부근 부강철도 지하도 건설공사

### 2.3.1 공사개요

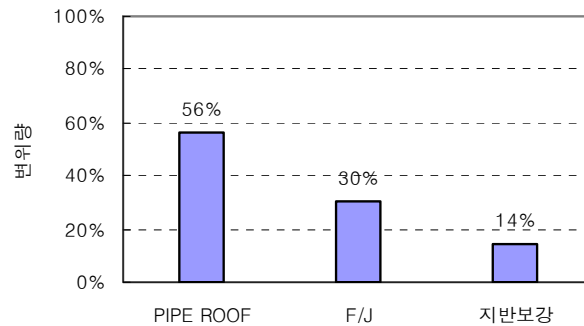
“경부선 부강~매포간 141km 270 부근 부강철도 지하도” 공사는 프론트잭킹(Front Jacking) 공법을 적용하였으며, 시공연장은 40.0m이다. 토피고는 2.50m이며, 지반조건은 모래질자갈, 연암으로 구성되어 있다.

### 2.3.2 공정별 변위 비교

“경부선 부강~매포간 141km 270 부근 부강철도 지하도” 공사의 프론트잭킹(Front Jacking) 시공시 공정별 변위를 Table 3에 나타내었으며, 공정별 발생변위 비율을 Fig .3에 나타내었다. 전체 공정 중 Pipe roof 추진시 약 -20.0mm의 침하가 발생, 전체 침하량의 56%가 발생하였으며, Front jacking시 30%의 추가적 변위가 발생하였다. Pipe roof 추진시 가장 큰 변위가 발생함을 알 수 있다.

**Table 3** Displacement in each stage

|                        | Process           |               |                      |
|------------------------|-------------------|---------------|----------------------|
|                        | Pipe roof jacking | Front jacking | Ground reinforcement |
| Displacement (mm)      | -20.0 ~ +3.0      | -11.0 ~ +3.0  | -5.0 ~ +3.0          |
| Displacement ratio (%) | 56.0              | 30.0          | 14.0                 |



**Fig. 3** Displacement ratio in each stage

### 3. 결론

본 연구에서는 합체견인공법을 이용한 철도지하횡단공사현장에서의 지반거동 계측자료를 수집하여 굴착단계별 노반에 미치는 영향을 평가, 분석하였다. 먼저, “경인선 구로~구일간 고척 지하차도” 공사현장에서 최대 발생변위는 1.101mm이며, 강관추진시 전체 변위의 27.0%가 발생하였다. “경부선 세마~오산대간 53.800km 오산대 지하차도” 공사현장에서 최대 발생변위는 10.0mm, 강관추진시 전체 변위의 50.0%가 발생하였으며, 마지막으로 “경부선 부강~매포간 141km 270 부근 부강철도 지하도” 공사현장에서의 최대 발생변위는 36.0mm이며, 강관추진시 전체 변위의 56.0%가 발생하였다. 합체견인공법을 이용한 세 곳의 공사현장에 대하여 공정별 침하패턴을 분석한 결과 강관추진시 전체 변위의 27.0~56.0%가 발생하였으며, 평균 44.3%의 변위가 발생함을 알 수 있다.

## 참고문헌

- [1] C.C. Seok, M.H. Shin, K.Y. Eum, M.I. Kim (2006) A Study on the Cost-Benefit Analysis for the Construction Method of Underground Railway Crossing, *Autumn conference of Korea Society for railway*, Busan, Korea, pp. 16-22.
- [2] K.Y. Eum, M.H. Shin, J.H. Kim (2001) The Analysis of Ground Behavior on the Crossing Construction Under Railroad Using Field Measurement, *Autumn conference & Annual meeting of Korea Society for railway*, Suwon, Korea, pp. 546-551.
- [3] K.G. Kim, K.H. Kim, H.J. Kim, S.H. Lee (2016) A Study on the Effects of Track Subsidence in the Excavation under Railway, *Autumn conference & Annual meeting of Korea Society for railway*, Jeju, Korea, pp. 1613-1616.
- [4] Y.J. Sim, K.N. Jin, K.I. Song (2015) Comparison of earth pressure around pipe-roof between UPRS and front-jacking method, *Journal of Korean Tunelling and Underground Space Association*, 17(5), pp. 513-522.