

저토포 구간 변위억제를 위한 SEM파일 시공 시 노반의 영향평가

Evaluation of Roadbed Using SEM-Pile for Reducing Displacement on Shallow Depth

박은형*, 김현기**, 김형규*†

Eun Hyung Park*, Hyun Ki Kim**, Hyeong Gyu Kim*†

초 록 최근 지하매설물의 파손 및 노후화, 굴착공사에 의한 유출 증대 및 시공불량에 따라 지반이 함몰되거나 지하공동이 빈번히 발생하고 있으며 토질조건, 응력변화, 지하수 유출이 지반침하의 공학적 주요원인으로 파악되고 있다. 이에 대응하기 위하여 도심지 저토포 구간 굴착시 변위제한 대응형 비개착 지하횡단공법인 SEM(Super Equilibrium Method)공법을 개발 중에 있다. SEM공법을 구성하는 한 요소인 SEM파일은 기존 비개착 공법에 적용되는 중·대구경 강관이 아닌 $\Phi 114.3\text{mm}$ 내외의 소구경강관을 시공함으로써 천공 및 그라우팅 시 지반교란 및 상부지반의 변위 발생을 억제할 수 있다. 이에 저토포 구간 내 SEM파일 시공 시 노반에 미치는 영향을 지표변위 계측을 통하여 SEM파일 기능의 정량적 검토 및 현장적용성을 평가하였다.

주요어 : 비개착공법, 지하횡단공사, 지반침하, 지하공동, SEM공법, SEM파일

1. 서 론

SEM(Super Equilibrium Method)공법은 도심지 저토포(3.5m 이내) 구간 굴착 시 발생하는 상부 운행선의 지표변위를 억제하기 위하여 개발된 비개착 지하횡단 공법이다. SEM파일은 Fig.1과 같이 SEM공법을 이루는 구성요소 중 하나이며, 기존 비개착공법에서 임시 지보용으로 적용하는 중·대구경 강관($\Phi 800\text{mm} \sim \Phi 2,800\text{mm}$)이 아닌 $\Phi 114.3\text{mm}$ 내외의 소구경강관과 강관 압입시 이완부를 그라우팅으로 보강한 형태의 루프형 구조체를 말한다.

강관압입 및 지반보강의 효과로서 지보역할을 하는 SEM파일은 비개착 시공 중 상부지반의 변위를 억제하고 선단부 굴착과정에서 지반의 붕락을 방지하고 굴착 전면부의 상재하중을 지지한다. 이러한 메커니즘의 증명을 위하여 SEM공법에 적합하게 특수 제작된 천공 및 주입장치를 사용하여 현장시험을 수행하였다.

실내시험 및 구조검토를 통하여 저토포 시공이 가능한 SEM파일의 제원, 시공조건 등을 결정하였으며 SEM파일 압입 후 저압 그라우팅에 의한 이완영역 보강을 통하여 SEM파일 시공 시 노반변위 억제기능을 검토하였다.

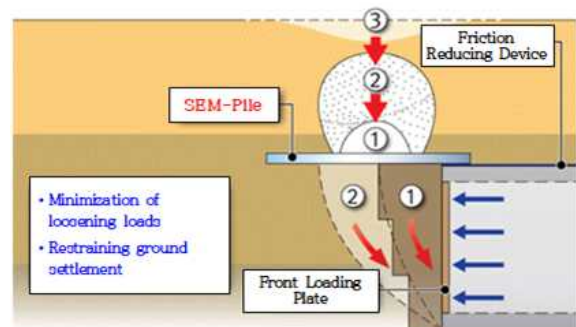


Fig. 1. Construction of SEM method and effect on excavation using SEM-Pile

2. SEM파일의 현장적용성 평가

2.1 현장시험계획

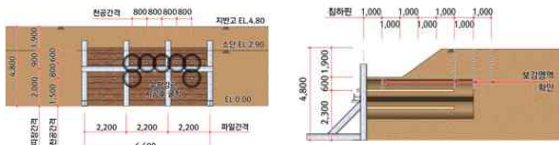
SEM파일은 연장이 길고 시공간격이 좁을수록 그라우팅 중첩부 및 보강부 영역이 넓어지며 지반 내 지지효과의 증가로 비개착 박스 견인시 선단부의 안정성을 증가시킨다.

* (주)특수건설 기업부설연구소 대리

** 한국철도기술연구원 책임연구원

† 교신저자: (주)특수건설 기업부설연구소 연구소장
(maccan@hanmail.net)

구조검토 및 실내실험을 통하여 SEM파일의 현장시험 시공조건을 Fig. 2와 같이 결정하였다.



(a) Cross Section (b) Longitudinal section
Fig. 2. Condition of SEM Field test

SEM파일은 케이싱관을 본관으로 사용하는 직천공 및 재활용이 가능한 회수식 비트의 형식을 채택하여 Table 1의 제원과 Fig.3의 구성으로 제작하였으며, SEM공법의 시공환경에 적합한 용도로 특수 제작한 천공 및 주입 장치를 사용하고 주입방식은 1.5shot, LW그라우팅을 적용하였다.

Table 1 Specification of SEM-Pile

standard	Length	Grout hole	Grout Spacing
∅114.3mm (Structural Carbon Steel)	5.55m	∅13mm	300mm (2way Lattice)



(a) Production drawings (b) Composition (c) SEM-Pile
Fig. 3. Composition of SEM-Pile

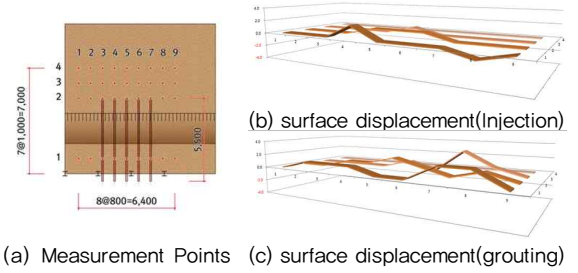
2.2 현장시험결과

특수건설 아산중공업 사업소 내 실험부지를 조성한 후 SEM파일의 천공 및 주입 효과에 대한 현장시험을 수행하였다. 루프형태로 7공의 SEM파일을 배치하였으며 파일의 압입순서는 인접구간의 영향을 최소화하기 위하여 Fig. 4와 같이 격공으로 시공하였다.



(a) Construction Step (b) Construction View
Fig. 4. SEM-Pile Construction

시공 시 상부지반의 변형을 억제하는 SEM파일의 기능을 증명하기 위하여 배면부의 지표침하량을 시공단계별로 측정하였으며 그 결과는 Fig. 5와 같다.



(a) Measurement Points (c) surface displacement(grouting)
Fig. 5. Measurement of Surface Displacement

7공의 SEM파일 천공 완료 후 지표변위량은 토피 0.6m의 소단부에서 최대 -2mm 침하가 발생하였으며 토피 2.5m의 지표면에서 최대 -1mm의 침하량이 발생하였다. 같은순서로 그라우팅을 실시한 결과 최대 지표변위는 소단부 +2mm, 지표면 +1mm의 융기가 발생하였다.

3. 결론

SEM파일 시공 시 천공과정에서 최대 -2mm, 주입 과정에서 최대 +2mm의 상부지표 누적변위량이 계측되었다. 실제 SEM파일 시공완료된 시점에서 총 변위량을 측정할 시 예상침하량은 최대 2mm 이내로 예측되며 철도설계기준의 침하기준을 준수한다. 향후에는 SEM파일 시공 외 횡단박스 압입 공정을 연계하여 SEM공법의 연속성 및 경제성 등에 대한 검토를 수행할 계획이다.

후기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 건설기술연구사업(지반함몰 발생 및 피해저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술개발, 18SCIP-B108153-04)의 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] Cheon, B.S., Shin, Y.W., (2001), "A Study on the Design Loads of NATM Tunnel Concrete Lining", TUNNEL AND UNDERGROUND SPACE, Vol. 11, No.2, pp. 96-108.,
- [2] Geotechnical Principles of Tunnels
- [3] International Tunnelling Association(2000), Guidelines for the design of shield tunnel lining, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.15, No.3, pp.303~331.
 (한국철도학회 정기학술대회 Full Paper
 -Template 작성일: 2018.3.19.)