

현장시험시공을 통한 쐐기형 제거식 쏘일네일링 공법의 거동 평가

An Estimation of Behavior for Wedge type Removable Soil Nailing System by Field Trial Construction

한연진¹⁾, Yeon-Jin Han, 박시삼²⁾, Sisam Park, 권혁준³⁾, Hyuk-Jun Kwon, 김홍택⁴⁾, Hong-Taek Kim, 박주석⁵⁾, Ju-Seok Park

¹⁾ 홍익대학교 토목공학과 박사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Eng, Hongik Univ.

²⁾ GS건설(주) 기술본부 선임연구원, Senior Research Engrn., Technical Division, GS E&C Corp.

³⁾ 홍익대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Eng, Hongik Univ.

⁴⁾ 홍익대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Eng, Hongik Univ.

⁵⁾ 주식회사 대작ENC 대표이사, President, Daejak ENC Company.

SYNOPSIS : Necessity of removable soil nailing has been arisen in the soil nailing system because of problem such as civil petition for geotechnical environment and invasion of the ground boundary line and payments for use besides geotechnical engineering. Removable soil nailing system is improved soil nailing system that fixed socket arranged in boring hole for increasement of skin friction. In this study, field pull-out tests are carried out more 4 times considering installed distance of fixed socket and analyze skin friction behavior characteristics in fixed socket through analysis of measurements of strain gauge attached to fixed socket. Also, to evaluate application for wedge type removable soil nailing system analyzing displacement aspects through field pull-out tests by trial construction.

Keywords : Fixed socket, Removable soil nailing system, Strain gauge, Wedge type

1. 서론

최근 들어 쏘일네일링 공법에서도 지반환경 및 대지경계선 침범에 의한 민원발생과 점용료 납부 등의 지반공학 이외의 문제로 인하여 제거식 쏘일네일에 대한 필요성이 대두되고 있다. 현재 상용화 되고 있는 제거식 쏘일네일링 공법의 경우, 기계식 제거를 하기 때문에 이형철근을 제거하는데 소요되는 시간이 많이 소요되고, 경비가 고가인 점 등의 이유로 인해 시공상 어려움을 겪고 있는 것으로 조사되었다.

따라서 본 연구에서는 이형철근의 제거가 인력으로 가능하고, 이형철근 제거시간을 대폭적으로 단축시킨 쐐기형 제거식 쏘일네일링 공법을 개발하였으며, 쐐기형 제거식 쏘일네일의 인발거동특성을 평가해보기 위해 현장인발시험을 수행하였으며, 일반 쏘일네일과의 인발거동특성과 비교, 검토를 수행해 보았다. 아울러, 현장인발시험시 고정소켓의 인발저항특성을 규명해 보기위해 설치간격 변화를 주어 현장인발시험을 수행하였으며, 이형철근의 길이방향으로 1m 간격으로 strain gauge를 부착하여 네일 인발시험시 고정소켓에서 발휘되는 응력상태를 확인해 보았다.

쐐기형 제거식 쏘일네일과 일반 쏘일네일의 인발거동특성을 비교, 평가해본 결과, 쐐기형 제거식 쏘일네일의 고정소켓을 1.5m 간격으로 설치했을 경우 일반 쏘이네일과 유사한 거동을 하는 것으로 평가되었다.

2. 썬기형 제거식 쏘일네일링 시스템

2.1 공법의 개요

썬기형 제거식 쏘일네일링 공법은 고정소켓, 썬기형 나사, PVC 파이프 및 이형철근 등으로 구성되어 있으며, 고정소켓 내부에 썬기형 나사를 설치하여 고정소켓과 이형철근을 결합시켜 시멘트 그라우트체와 일체식 거동을 할 수 있도록 고안하였다. 또한 이형철근 제거시에는 이형철근 회전 및 타격 등의 단순공정으로 이형철근을 손쉽게 인력으로 제거할 수 있도록 개발하였다(그림 1).

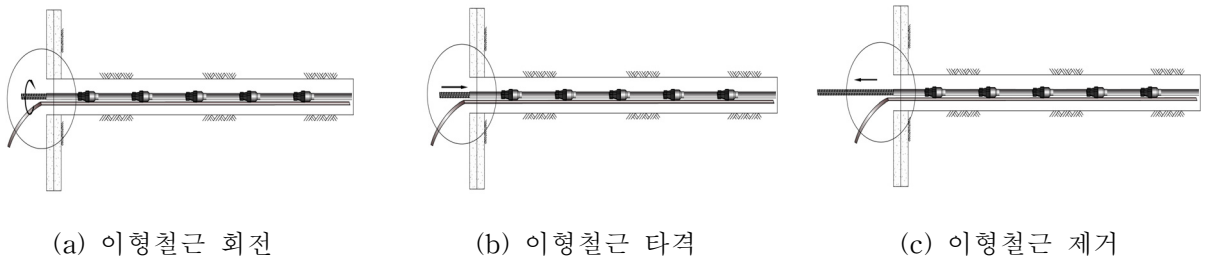


그림 1. 썬기형 제거식 쏘일네일링 공법 시스템

2.2 썬기형 제거식 쏘일네일의 인발특성

인발시험시 일반 쏘일네일과 썬기형 제거식 쏘일네일의 주면에 작용하는 마찰력은 그림 2. 및 그림 3. 과 같은 형태로 분포한다. 일반 쏘일네일의 경우에는 시멘트 그라우트체와 철근이 완전히 일체되어 거동함으로써 네일의 인발시 두부 부근에서의 주면마찰력은 크고 끝단으로 갈수록 주면마찰력은 줄어들어 그림 2.과 같은 특성을 나타낸다. 이에 고정소켓을 이용한 썬기형 제거식 쏘일네일의 경우에는 고정소켓에 의해 시멘트 그라우트체와 이형철근이 일체화됨으로써, 네일인발시 고정소켓 주변에서의 주면 마찰력이 크고 고정소켓에서 인발방향으로 멀어질수록 주면마찰력이 줄어들어 그림 3.과 같은 분포를 나타낸다고 할 수 있다.

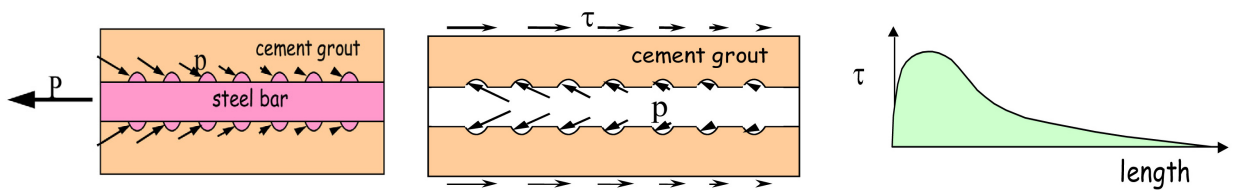


그림 2. 일반 쏘일네일의 인발특성

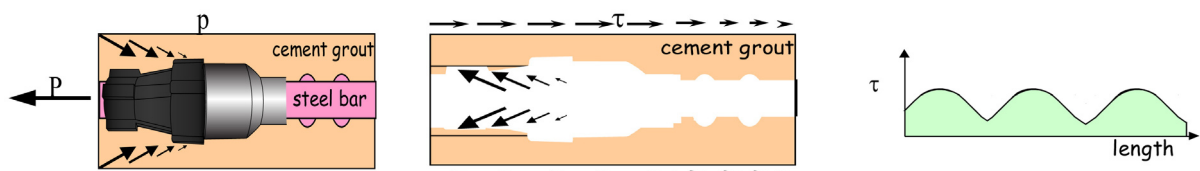


그림 3. 썬기형 제거식 쏘일네일의 인발특성

3. 현장인발시험

3.1 현장인발시험 조건 및 제원

본 연구에서는 켄기형 제거식 쏘일네일링 공법의 인발거동특성을 평가해보기 위하여 변위제어방식의 인발시험을 수행해 보았다(그림 4). 현장인발시험이 수행된 지반은 화강 풍화토층이며, N치가 25정도인 것으로 평가되었다. 또한 일반 쏘일네일(Case 1) 및 켄기형 제거식 쏘일네일(Case 2~4)의 인발거동특성을 평가하기 위한 현장인발시험 조건 및 제원은 표 1과 같다.

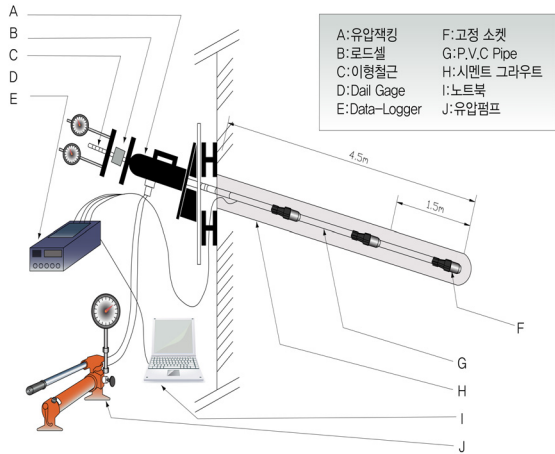


그림 4. 현장인발시험 대표단면도

표 1. 현장인발시험 조건 및 제원

구분	시험 조건	네일 길이 (m)	고정소켓		변형율계		비고
			간격 (m)	개수 (EA)	간격 (m)	개수 (EA)	
Case 1		5.5m	-	-	1m	5	화강 풍화토
Case 2		5.5m	4m	1EA	1m	5	
Case 3		5.5m	2m	2EA	1m	5	
Case 4		5.5m	1.5m	3EA	1m	5	

3.2 현장인발시험 방법

인발시험시 네일인발에 따른 철근의 변형율값을 계측하기위해 변형율계(strain gauge)를 설치하였으며(그림 5(c)), 네일 인발시 10초 단위로 계측되도록 자동측정장치(Data Logger)를 설정하였다. 아울러, 네일인발하중은 10kN 단위로 유발변위가 수렴할 경우 점진적으로 증가시켰으며, 현장인발시험 시편제작 및 시험전경은 그림 5와 같다.

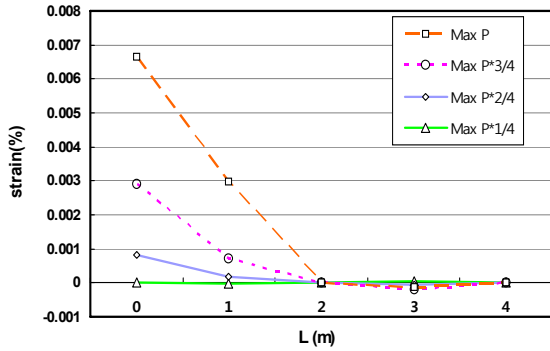


그림 5. 현장인발시험 과정

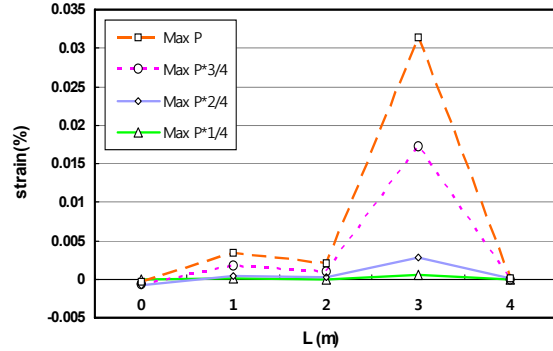
3.3 인발시험 결과분석

3.3.1 고정소켓 설치 간격에 따른 변형특성

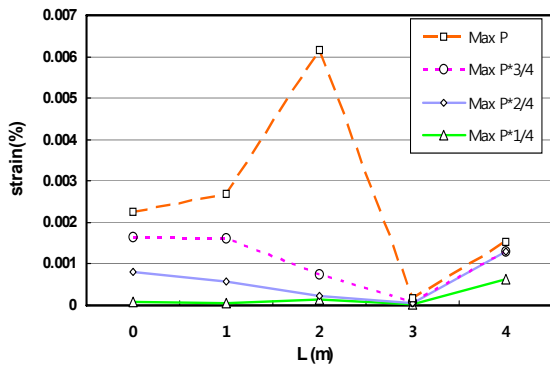
일반 쏘일네일 및 췌기형 제거식 쏘일네일의 네일 인발하중에 따른 변형률 값을 정리해 보면 그림 6과 같다.



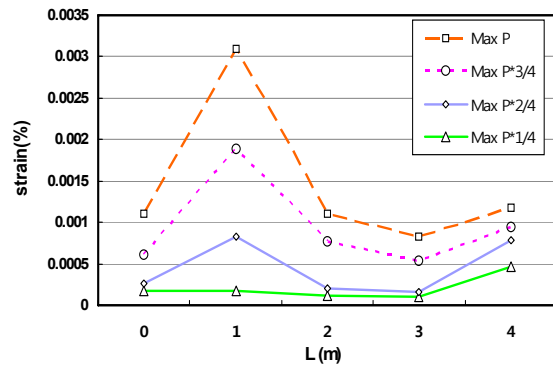
(a) 일반 쏘일네일



(b) 고정소켓 설치간격 : 4.0m (설치개수 : 1개)



(c) 고정소켓 설치간격 : 2.0m (설치개수 : 2개)



(d) 고정소켓 설치간격 : 1.5m (설치개수 : 3개)

그림 6. 고정소켓 설치간격에 따른 변형특성 결과

고정소켓 설치간격에 따른 인발특성 결과를 살펴보면, 고정소켓이 없는 일반 쏘일네일의 경우 네일두부에서 선단부로 갈수록 인발변형이 점진적으로 감소하는 것으로 나타났으며(그림 6.(a)), 고정소켓을 1개 설치한 췌기형 제거식 쏘일네일의 경우 고정소켓 설치지점에서 최대변형이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 고정소켓을 2m 및 4m 지점에 설치한 경우와 1.5m 간격으로 고정소켓을 설치한 췌기형 제거식 쏘일네일링의 인발변형을 살펴보면, 각각 고정소켓이 설치된 부분에서 크게 발휘되는 것으로 예측되었다.

3.3.2 인발하중-변위특성

일반 쏘일네일과 췌기형 제거식 쏘일네일의 현장인발시험 결과를 정리해보면 그림 7 및 그림 8과 같다. 먼저 일반 쏘일네일 인발시험 결과를 살펴보면, 최대인발하중 220kN에서 유발된 위는 18.01mm 정도인 것으로 평가되어, 설계강도 이상의 충분한 인발력을 상회하는 것으로 나타났다(그림 7).

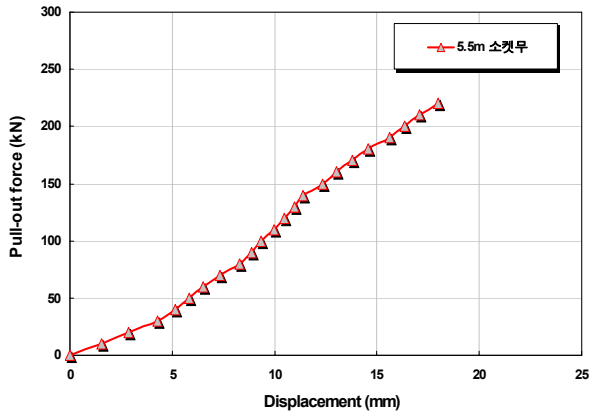


그림 7. 일반 쏘일네일 하중-변위 결과

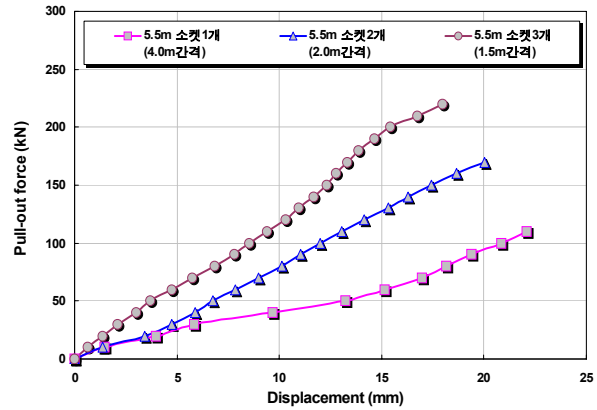


그림 8. 췌기형 제거식 쏘일네일 하중-변위 결과

췌기형 제거식 쏘일네일 인발시험 결과를 살펴보면, 고정소켓 1개를 설치한 경우 최대하중 110kN에서 최대변위는 22.06mm 정도로 일반 쏘일네일의 110kN에서의 변위를 비교하면, 고정소켓 1개인 경우가 약 55%정도의 변위가 크게 발생하였으며, 고정소켓 2개를 설치한 경우는 최대하중 110kN에서 최대 변위는 13.06mm 정도로 일반 쏘일네일의 변위 보다 약 24% 정도 크게 발생하였다. 또한, 고정소켓 3개를 설치한 경우에 최대 하중은 220kN일 때 최대변위는 17.97mm 정도로 일반 쏘일네일의 인발시험 결과와 유사한 경향을 나타내고 있는 것으로 평가되었다(그림 8.). 따라서 췌기형 제거식 쏘일네일의 경우, 고정소켓의 설치간격을 1.5m 설치할 경우, 일반 쏘일네일과 거의 유사한 거동을 하는 것으로 평가되었다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서 수행한 현장인발시험 결과를 요약, 정리하면 다음과 같다.

- (1) 일반 쏘일네일의 변형특성은 두부부분에 집중되어 발생하였으며, 췌기형 제거식 쏘일네일은 고정소켓 설치부위에서 인발변형이 집중되어 발생하는 것으로 나타났다. 이는 고정소켓이 설치시 인발 변형을 억제시키는 역할을 하는 것으로 판단된다.
- (2) 일반 쏘일네일의 인발시험시 인발하중-변위특성 결과를 살펴보면, 최대인발하중 220kN에서 최대 변위는 18.01mm 정도가 발생하였다. 췌기형 제거식 쏘일네일의 인발시험 결과, 고정소켓 1개 설치시 일반 쏘일네일에 비해 약 55%정도의 변위가 더 크게 발생하였으며, 고정소켓 2개를 설치한 경우는 약 24% 정도 일반 쏘일네일 보다 크게 발생하였다. 또한, 고정소켓을 3개 설치한 경우에 최대 하중은 220kN일 때 최대변위는 17.97mm 정도로 일반 쏘일네일의 인발시험 결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.
- (3) 따라서 췌기형 제거식 쏘일네일의 경우, 고정소켓의 설치간격을 1.5m 설치할 경우, 일반 쏘일네일과 거의 유사한 거동을 하는 것으로 평가되었다.
- (4) 향후 췌기형 제거식 쏘일네일링 공법의 적용성을 검증하기 위해, 추가적인 실내역학실험 및 현장 인발시험 등을 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 김홍택 (1998), “쏘일네일링의 원리 및 지침”, 평문각.
2. 박시삼 (1999), “제거식 쏘일네일 벽체의 적용성 및 안정해석에 관한 연구”, 홍익대학교 석사학위논문.
3. 김홍택, 류정수, 정성필, 강인규, 박시삼 (2000), “제거식 쏘일네일링 공법의 설계 및 시공”, 한국지반공학회 논문집, Vol.16, No.3, pp.107~117.