

제거식 쏘일네일의 고정자소켓 강도에 관한 실험적 해석

Experimental Analysis of the fixed socket strength of a removable soil nail

김낙경¹⁾, Nak-Kyung Kim, 김성규²⁾, Sung-Kyu Kim, 윤승권³⁾, Seung-Kwon Yun, 조규완⁴⁾, Kyu-Wan Cho, 김웅규⁵⁾, Woong-Kyu Kim, 이충호⁶⁾, Chung-Ho Lee

- 1) 성균관대학교 건설환경시스템공학과 부교수, Professor, Dept. of Civil & Environmental Engineering, SungKyunKwan Univ.
- 2) (주)삼우G&C 기술부 실장, Director of R&D, Technical Support, Samwoo Ground Engineering & Consulting Co. Ltd
- 3) 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정, Graduate student, Dept. of Civil & Environmental Engineering, SungKyunKwan Univ.
- 4) 삼성건설 주택사업팀 토목파트 과장, Senior Manager, Housing Construction Team(Civil), Samsung Engineering & Construction
- 5) 삼성건설 주택사업팀 토목파트 과장, Senior Manager, Housing Construction Team(Civil), Samsung Engineering & Construction
- 6) (주)알지오기술 사장, CEO, Rgeo Engineering & Construction Co. Ltd.

SYNOPSIS : As a reinforcement technique, the application of removable soil nailing has been extended to solve the public grievance of typical soil nailing such as the geotechnical environmental problem and invasion of adjacent land. In the case of removable soil nailing, pullout capacity of the nail depends on the adhesive strength of a fixed socket. Because the existing fixed socket is made from a plastic product, the strength of a socket is less than a steel bar and then the yield failure by abrasion and deformation is occurred on the steel bar-socket contact surface. In this study, therefore, experimental analysis from laboratory test of a removable soil nail equipped with steel socket, improving the adhesive strength of steel bar-socket connection is performed to estimate the increase effect of pullout capacity of a soil nail.

Key words : removable soil nailing, steel fixed socket

1. 서론

쏘일네일링(Soil Nailing) 공법은 NATM공법과 유사한 원위치지반보강 공법으로써 굴착면에 대한 유연한 지보체계의 제공 또는 사면의 안정 등을 목적으로 개발되었다. 국내의 경우 1993년 가시철 흙막이 벽체에 처음으로 적용된 이후 주로 사면보강 및 지반굴착분야 등에 그 적용성이 더욱 확대되고 있으며, 이에 관한 이론적 연구 및 실무적 응용기술들은 국내에서도 계속적으로 진보하여 개발되고 있는 추세에 있다.

근래에 들어서는 영구사면보강 등에 그 적용성이 점차 확대되고 있으나, 지반환경문제를 예방하고 도심지 지하굴착 공사에 있어서는 인접구조물에 대한 영향을 최소화하고, 굴착으로 인한 지반의 변형을 최소화하는 것이 중요한 문제로 대두되고 있다. 따라서, 최근에는 강봉을 제거할 수 있는 제거식 쏘일네일공법(removable soil nailing)이 활발하게 사용되고 있는데 제거식 쏘일네일은 강봉 전체가 나선으로

이루어진 네일과 그라우트에 삽입되는 고정자 소켓(fixed socket)으로 구성되어 있다. 따라서 굴착 등으로 발생하는 응력은 지반-그라우트 사이 마찰력에 의해 그라우트로 전이되고 그라우트에 작용하는 하중은 그라우트 속에 삽입되어 있는 소켓 및 강봉에 전달되어 강봉의 인장력 및 전단력 등으로 지반 변형에 저항하는 시스템이다. 그러나 기존의 제거식 쏘일네일의 경우 고정자소켓이 플라스틱으로 제작되어 그 강도가 강봉의 강도보다 훨씬 적어 하중이 전이되는 강봉-소켓 연결부위에서 소켓의 마모 및 변형으로 인한 항복이 발생된다. 따라서, 본 연구에서는 고정자소켓을 스틸(steel)로 제작하여 강봉-소켓 연결부위의 부착강도를 높임으로써 네일의 인발력 증가효과를 비교, 검증하기 위해 실내시험을 통한 고정자소켓 강도의 실험적 해석을 수행하였다.

2. 고정자소켓 강도 실내시험

2.1 시작품 준비

기준에 사용되고 있는 제거식 쏘일네일은 강봉과 플라스틱으로 제작된 고정자소켓으로 구성되며 구성 부품은 그림 2. 1(좌)와 같다. 실내시험을 수행하기 위해 개발된 스틸 고정자소켓이 장착된 네일은 그림 2. 1(우)와 같으며 이형철근과 스틸소켓, 스틸커플러로 구성된다. 소켓내부에 키홈이 형성되어 있고 스틸커플러의 키와 결합하여 하중을 저항하게 된다. 또한 제거는 이형철근을 360° 돌리면 수평키홈에서 수직키홈을 따라 제거되는 원리로 이루어진다.



그림 2. 1 제거식 쏘일네일 구성부품 - 플라스틱 소켓(좌), 스틸소켓(우)

2.2 시험방법

쏘일네일링 시험은 과도한 변위가 발생하지 않으면서 설계축력이 확보되는지를 확인하고 적절한 안전율로 설계되었는지를 확인하기 위한 시험이다. FHWA 0-IF-03-017 보고서에 의하면 시험 목적에 따라 Verification or Ultimate Tests, Proof Tests 및 Creep Tests로 나눌 수 있다. Verification(or Ultimate) Tests는 실제 네일이 시공되기 전 실시하며 네일의 인발저항력, 설계부착강도, 시공방법의 적절성을 확인하는 것이 목적이다. 최대시험하중은 파괴시까지 또는 설계하중×안전율에 해당하는 하중으로 한다. Proof Tests는 시공과정에서 네일 총개수의 특정 비율을 실시(보통 5%)하며 설계하중의 150%까지로 한다. Creep Tests는 Verification Tests와 Proof Tests의 한 부분으로 수행하며 장기적으로 구조물에 손상을 줄 만한 변위가 발생하지 않고 구조물의 사용기간 동안 안전하게 하중을 확보할 수 있는지 여부를 확인하기 위해 하는 시험법이다.

또한 FHWA 보고서에 의한 시험 네일의 적합성 규정은 다음과 같다. 첫째, Verification Tests에서 6분에서 60분까지 발생된 총 크리프 변위는 2mm 이하여야 하며 creep test load 유지시간 동안 크리프 비가 선형이거나 감소하여야 한다. 둘째, Proof Tests에서 10분 동안의 총 크리프 변위가 1mm이하이거나 60분 동안의 총 크리프 변위가 2mm 이하여야 하며, creep test load 유지시간 동안 크리프 비가 선형이거나 감소하여야 한다. 셋째, Verification Tests 및 Proof Tests에서 최대시험하중에서 발생하는 변위는 네일 자유장의 이론적인 탄성 변위값의 80% 이상이어야 한다.

본 연구에서는 Verification Tests를 통해 네일의 인발시험을 수행하였으며 플라스틱 소켓이 장착되어 있는 기존의 제거식 쏘일네일은 물/시멘트비(W/C) 45, 50, 55%의 그라우트체에 양생하여 각 2case씩 실시하였으며 스틸소켓은 그라우트 물/시멘트비 50%로 양생하여 2case 실시하였다.

2.3 시험결과 및 분석

실내인발시험을 실시한 후 플라스틱 소켓과 스틸 소켓의 항복 메커니즘을 확인하기 위해 플라스틱 소켓은 강봉 제거 후 소켓을 반으로 잘라서 내부를 관찰하였고 스틸 소켓은 강봉을 제거하여 소켓과 커플러를 해체한 후 내부 모습을 관찰하였다. 그 결과 아래의 그림과 같이 소켓 내부의 마모 및 변형으로 인해 네일의 항복이 발생한 것을 확인할 수가 있으며 플라스틱 소켓의 경우 돌출부분이 확연하게 파괴되는 것을 관찰할 수가 있으나 스틸소켓의 경우는 부분적으로 일그러진 모습을 확인할 수가 있었다.



그림 2. 2 인발 시험후 소켓내부도 - 플라스틱 소켓(좌), 스틸소켓(우)

항복하중을 분석한 결과 그라우트의 물/시멘트비의 영향은 거의 없는 것으로 판단되고 플라스틱 소켓의 항복하중은 전반적으로 약 2ton 안팎인 것으로 나타났다. 반면에 스틸 소켓을 장착한 네일은 플라스틱 소켓을 장착한 네일 보다 약 3배 정도 높은 단계인 6~7ton 정도에서 항복이 발생하는 것을 실험결과 확인할 수 있었다.

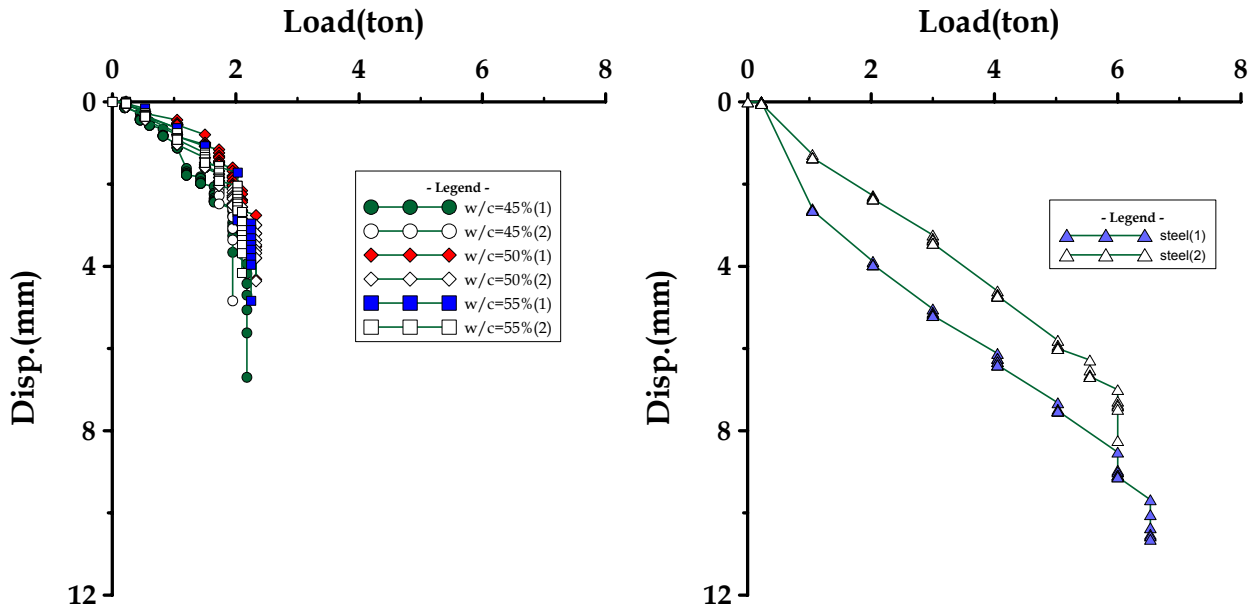


그림 2. 3 하중-변위곡선 - 플라스틱 소켓(좌), 스틸소켓(우)

3. 결론

기존에 사용되고 있는 플라스틱 제품이 장착된 네일과 스틸소켓을 장착한 네일의 인발강도를 비교, 검증하기 위해 두 제품 모두 실내시험을 수행하였고 그라우트체의 물/시멘트비(W/C)의 영향 또한 확인하기 위해 45, 50, 55%로 양생하여 시제품을 제작하였다. 시험을 수행한 결과 기존에 사용되고 있는 플라스틱 소켓을 장착한 네일의 경우 소켓 내부가 확연하게 파괴되는 것을 관찰할 수가 있으며 이에 반해 스틸 소켓은 부분적으로 다소 일그러진 모습을 확인할 수 있었다.

항복하중을 분석한 결과 그라우트의 물/시멘트비의 영향은 거의 없는 것으로 판단되고 플라스틱 소켓을 장착한 네일은 약 2ton정도의 값을 보이는 반면 스틸 소켓을 장착한 네일은 약 3배 정도 높은 값인 6~7ton정도의 항복하중 값을 나타내었다. 따라서, 스틸 소켓을 장착한 네일의 인발강도가 기존의 제품보다 우수한 효과를 가진 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구를 위해 연구비를 지원해주신 삼성건설 관계자 분들께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. FHWA(1994), "Soil Nailing Field Inspectors Manual", Publication No. FHWA-SA-93-068
2. FHWA(1998), "Manual for Design and Construction Monitoring of Soil Nail Wall", Publication No. FHWA-SA-96-069R
3. FHWA(2003), "Soil Nail Walls", Publication No. FHWA-IF-03-017