

# 케이싱과 고무튜브형 또는 에어튜브형팩커를 이용한 압력식 쏘일 네일링 공법



건설교통부 신기술 지정 제 529호(보호기간 3년, 2007년 4월 11~ 2010년 4월10)

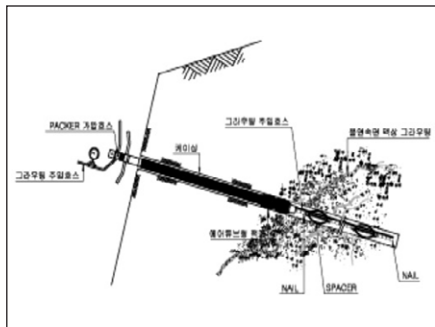
개발자 : (주)현이앤씨

## 1. 신기술의 내용

### 가. 기술개발 배경

네일로 보강된 사면의 붕괴현장을 확인해보면, 보강재는 건전하게 있으나 그라우팅 구근이 형성되지않은 것이 주요 원인이었다. 이러한 일반적 쏘일 네일링공법의 문제점을 개선하여 그라우트 구근의 품질을 완벽히 이루고자하였다.

### 나. 신기술 개요

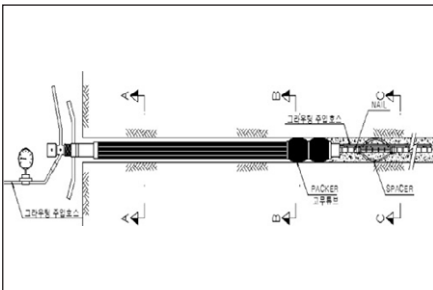


본 신기술은 저압(0.5~0.7Mpa 이하) 그라우팅으로 케이싱과 재사용 팩커를 보강재와 결합시켜 천공홀 내에 삽입한 후 천공홀 하부에서부터 그라우팅재를 충전시킨 후 가압하는 공법으로 팩커를 재사용 할 수 있고 재주입 및 재가압이 가능하다. 이로써 일반적인 쏘일네일링의 문제점인 . 천공홀 내에 가압을 위한 팩커를 설치후 원지반의 과다한 절리로인해 압력이 형성 되지 않고 그라우트액이 누수될 경우에도 반복주입하여 완벽한 충진이 가능하다. 압력 그라우팅의 장점인 지반내의 소규모 공극과 불연속면의 틈에 맥상 그라우팅 및 유효경을 증가시키는 효과와, 본 신기술은 기존의 타 공법과는 달리 다단 그라우팅 및 코킹·실링 같은 공정이 필요없기 때문에 공기단축을 기대할 수 있다. 또한 팩커를 무제한적으로 사용할 수 있으며, 일정한 주입압을 유지할 수 있어 공내 그라우팅시 원지반의변형을 방지하고 품질관리가 용이한 공법이다.

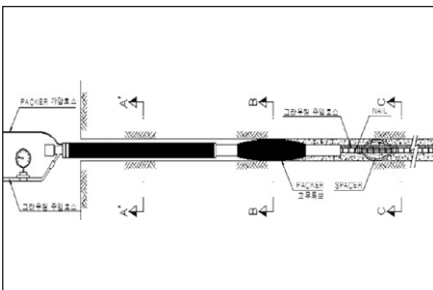
**다. 주요 구성장비**

**(1) 팩커**

본 신기술은 케이싱이 결합된 팩커에 네일을 삽입 조립하여 공내에서 공벽이 훼손되더라도 회수가 가능하도록 일체형으로 만들었으며 팩커는 중공형의 고무튜브형과 에어튜브형을 사용하였으며, 토사지반에서는 에어튜브형이 적합하다.



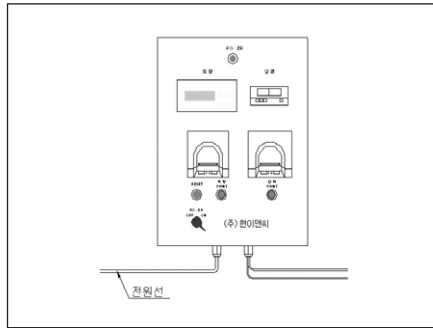
Handle Packer : 풍화암~연암지반 적용



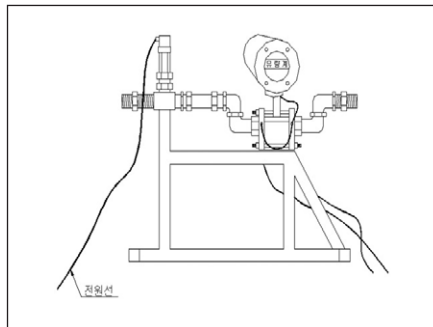
Air Packer : 토사지반 적용

**(2) 유량 및 압력계**

유량과 압력이 표시되고 프린팅될 수 있도록 구성되어 품질관리 및 시공 기록되는 장치를 개발.



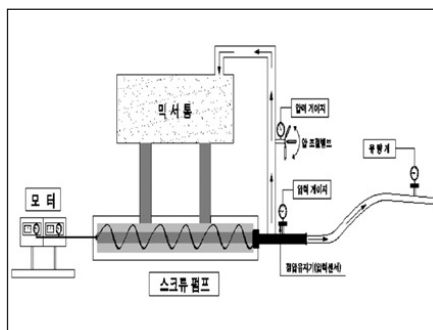
유량 유압 기록장치



유압센서 및 유량계

**(3) 그라우트 펌프**

BY PASS 관을 설치하여 그라우팅 호스에 과압 작용시 그라우트액이 믹서통으로 월류하도록하여 과압방지.



유압센서 및 유량계





## 라. 시공순서도



1. 천 공



2. Nail+팩커+케이싱 조립



3. Nail+팩커+케이싱 삽입



4. 1차 무압 2차 가압 그라우팅



5. 팩커 제거, 3차 그라우팅

## 마. 신기술의 특·장점

### (1) 복잡한 공정의 해소

- 기존의 팩킹을 위한 실링제나 약액주입식 팩커를 양생하는 공정이 없으므로 팩커에 보강재를 삽입 조립한 즉시 압력 그라우팅할 수

있다.

- 크리티칼패스인 천공하는 시간동안에 부대공정인 그라우팅등을 완료할 수 있다.

### (2) 품질 향상

- 재주입 재가압을 하여 재료분리에 의한 공동 현상 방지와 누액이 되는 다공질 지반에서도 완벽하게 충전 그라우팅 할 수 있다.

- 그라우트액이 보강재측면의 주입호스를 통해 공저부터 그라우팅되므로 공내에 물이 차 있거나 공벽이 무너져있어도 그라우트 구근 품질을 확보할 수 있다.

- 유효경 증가와 맥상 그라우팅 및 구근의 강도 증가 효과가 있다.

- BY PASS관으로 그라우팅시 과압을 방지할 수 있다.

- 그라우팅 압력 및 유량 기록장치로 시공 기록을 용이하게 할 수 있다.

**(3) 경제성 증대**

- 팍커를 무제한 재사용 할 수 있어 팍커 비용을 절약할 수 있다.

- 즉시 주입이 가능하므로 공기 및 인건비를 감소시킬 수 있다.

- 중력식 쓰일 네일링에 비해 압력 그라우팅에 의한 네일 성능향상으로 설치 본수를 감소시킬 수 있다.

**바. 본 신기술의 성능 및 개발관련시험**

본 신기술의 성능을 확인을 하기 위한 현장 시험은 본 신기술에 의한 네일을 수직으로 시공하여 인발시험과 유효경확인시험을 실시하였다.

**(1) 지반조건**

심도	지반 조건
0.0~1.5m	ML 지반으로 자갈이 없는 보통 지반
1.5~2.5m	ML 지반에 자갈이 일부 섞인 붕적토 지반
2.5~5.5m	SM, 풍화진류토층, 화강암 풍화토로 색깔은 황갈색을 띠는 지반

**(2) 인발시험**



시료	그라우팅 방법	네일 길이(m)	그라우팅 길이(m)	인발항복 하중	비고 (tonf/분)
No.2	중력식	3.0m	2.0m	6.56	
No.3	"	4.0m	3.0m	8.70	
No.5	압력식	3.0m	2.0m	14.60	가압
No.6	"	4.0m	3.0m	19.80	7kg/cm <sup>2</sup>

\* 인발력이 중력식보다 2~3배 증가

**(3) 유효경 확인시험**



구분	지반조건	구관 평균둘레/ 직경 (cm)
중력식 No.2,3	토사층(ML)	35.0/11.1
	붕적토층 (ML+자갈30%)	32.0/10.2
	풍화진류토층	32.0/10.2
비고	· 그라우팅 구관의 증가 변화 없음 천공 Bit 자국이 그라우팅 구관에 남아있음 D=10.5cm 천공 주면장=33cm 주면장 감소	





구분	지반조건	구근 평균둘레/ 직경 (cm)
가압식 No.5,6	토사층(ML)	39.2/12.48
	붕적토층 (ML+자갈30%)	42.0/13.36
	풍화잔류토층	37.0/11.78
비고	붕적토층에서 구근 주면장 증가가 가장 크며, 그라우팅에 자갈이 근입되어 있음.(9.0cm 증가)	

#### (4) 실내시험(일반 그라우트재의 문제 파악)

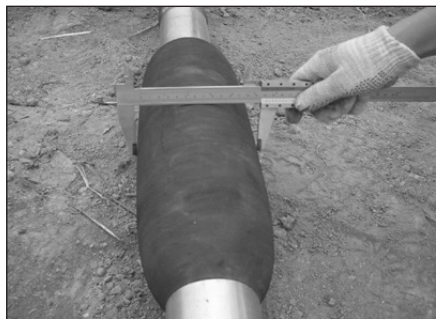
Soil Nail의 일반적인 그라우트의 시방기준이 45%~48%이므로 시험결과에 의하면 시멘트 밀크가 응결되기 전까지 3~6%의 재료분리가 발생하는 것으로 나타났다.

소일네일의 길이가 10m일 경우는 30cm ~ 60cm의 재료분리가 발생하여 천공홀의 입구부에 생기는 공동에 재주입이 필요하다.

#### 그라우트 배합표

시멘트 (kg)	물 (ℓ)	W/C (%)	팽창제 (kg)	비고
1305	587	45	시멘트량의 1% 13.1	시험 배합

#### (5) 팩커 성능시험



토사지반에서 에어 팩커를 천공홀 입구에서

150cm 깊이 지점에 설치한 후 그라우트 압력 시험을 하였을 때 1.5Mpa의 압력에도 누수가 없었다. 그 이유는 시멘트나 약액을 양생한 팩커와 달리 공기압에 의한 가압으로 원지반의 변형에 적절히 대응하여 팩커측면으로 그라우트액이 우회하여 누수되는 것을 방지하였기 때문이다.

#### (6) 시험결과와 분석

- 그라우트 유효경이 10~20% 증가하는 것에 비해 네일의 인발력이 2~3배 증가하는 것은 압력그라우팅에 따른 지반의 연경도에 따라 그라우트 구근이 불규칙하게 형성되어 생기는 결과로 판단된다.

- 유효경은 모래 자갈층에서 가장 효과적으로 증가한다.

- 그라우트액을 사용시 재료분리에 의한 물이 천공홀 입구로 상승하는 것은 피할 수 없으므로 재주입 및 재가압 주입이 필요하다.

- 토사지반의 팩커 능력은 에어팩커의 사용으로 충분한 것으로 판단되었다. (주입압력 0.5~0.7 Mpa)

### 사. 현장 적용성

#### (1) 사면 보강

절취된 사면을 크레인을 이용하여 보강하거나 TOP DOWN으로 절취 하면서 본 기술을 이용하여 압력 그라우팅으로 보강.

#### (2) 굴토 흙막이

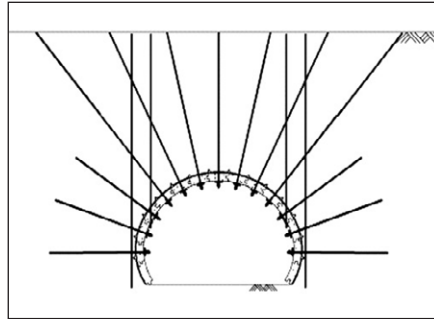
도심지에서 건축물을 시공하기 위하여 지하

굴토를 할 때 굴토면을 네일로 보강하면서 TOP DOWN으로 시공.

### (3) 터널의 선지보재

토피가 비교적 얇은 천층터널의 경우 터널 굴착전에 지표에서 터널 굴착면을 향해 본 신 기술공법으로 네일을 시공하여 굴착시의 충분한 자립시간(Stand-Up Time)을 확보하는 선 지보재로 사용.

종래의 락볼트는 토사지반일 경우에는 원지 반과의 마찰력 부족으로 보강기능을 할 수 없 었으나 대구경 천공과 보강네일 삽입후 가압 그라우팅을 하여 인발력 향상으로 선지보재 기능을 할 수 있게 되었다.



선지보터널



**Safety SQ!**  
**Quality SQ!**

◆ 안전진단전문기관  
◆ 시설물유지관리업

◆ 엔지니어링활동주체  
◆ 기술연구소

**SQ SQ엔지니어링(주)**  
<http://www.sqeng.co.kr>

서울시 송파구 가락동 160-11 드림빌딩 / TEL : (02)400-5200(☎), FAX : (02)400-9134