

# 방추형 콘을 철근보강재에 장착한 암반사면보강 네일링공법

건설교통부 신기술지정 제530호

개발자 : (주)성우지앤씨, (주)용마엔지니어링, 김홍택, 박시삼

## 1. 신기술의 범위 및 내용

상시근 암반사면보강용 네일링 공법

### 가. 범위

일반 네일링 공법의 보강재로 사용되는 나선형 철근 보강재에 방추형(Spindle Shape)의 강재 콘을 다수 장착한 암반사면보강용 네일링 공법

### 나. 내용

일반 꼬일네일링 공법에서 사용되는 나선형 철근 보강재에 방추형(Spindle Shape)의 강재 콘을 다수 장착하여 천공경 내에 삽입한 후, 그라우팅을 실시하여 주면마찰저항력 등을 향

## 2. 신기술의 원리

방추형 콘 네일링 시스템은 방추형 콘을 보강재에 다수 장착하여 네일 천공홀에 삽입한 후, 대상 암질의 상태에 따라 필요시 고무패커 그라우팅 주입기를 이용하여 압력 그라우팅을 실시하는 방식의 사면보강 네일공법이다. 방추형 콘 네일링 공법은 네일 인발시 주면마찰저항력을 크게 향상시켜주는 역할 뿐만 아니라, 진동 및 장기 크리프변형에 의한 응력손실

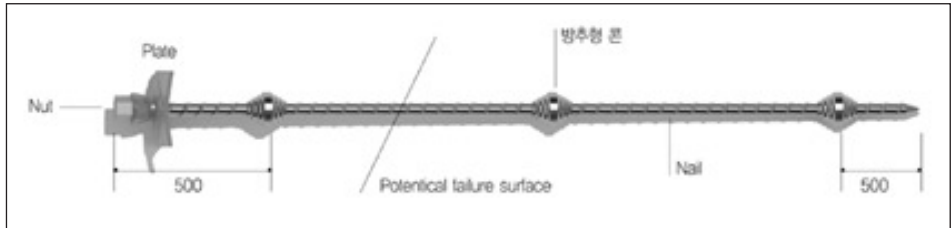


그림 1. 방추형 콘을 장착한 네일 시스템

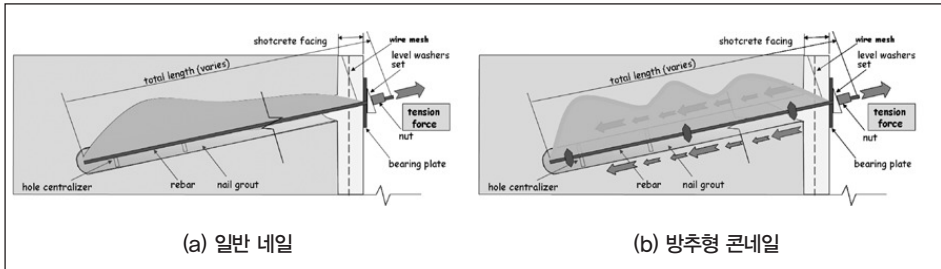


그림 2. 일반 네일과 방추형 콘을 장착한 네일의 개념도

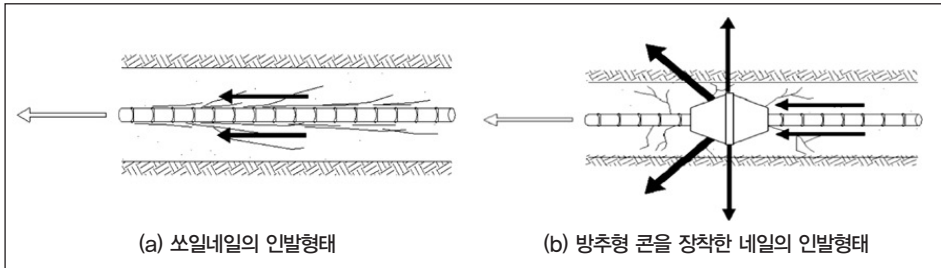


그림 3. 네일의 인발형태

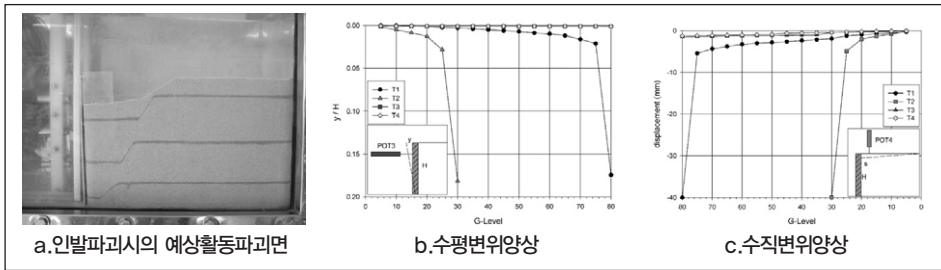


그림 4. 원심 모형 실험 결과

을 크게 감소시켜 줄 수 있는 공법원리에 의하여 영구구조물인 사면의 보강에 널리 이용될 수 있는 획기적인 네일공법이라 할 수 있다. 방추형 콘네일의 개요도는 그림 1과 같다.

일반적으로 사면안정을 목적으로 네일링 공법을 적용할 경우, 영구 구조물로서의 구조적 안정성을 확보하는 것이 매우 중요한 요소인 것으로 판단된다. 따라서, 지반의 장기인발거동 특성에 적극 대응할 수 있는 방추형 콘을 장착한 네일 시스템을 개발하였으며 방추형

콘을 장착한 네일 시스템의 인발 파괴시 개념도는 그림 2와 같다.

그림 2와 같이 일반 네일에 비해 우수한 인발저항특성을 나타낼 수 있는 이유는 방추형 콘을 장착한 네일 시스템의 경우, 보강철근에 장착된 방추 모양의 콘에 의해 그라우트체와 철근 사이의 부착저항력이 커짐으로써, 부착력 부족으로 철근이 그라우트체와의 접촉면으로부터 이탈되더라도 철근의 항복강도까지 그라우트체와 방추형 콘이 분리되지 않기 때문





이다. 아울러 네일 인발파괴시, 파괴선이 방추형 콘의 좌우측 어디가 되더라도 전단 저항구근을 그라우트체 뿐만 아니라 원 지반까지 방사방향으로 크게 발생시켜, 마찰저항 및 잔류저항 성능을 크게 향상시킨 공법이라 할 수 있다(그림 3).

원심모형 실험을 통하여 일반 쏘일네일링 시스템과 방추형 콘을 장착한 네일링 시스템의 두 경우에 대하여 시행하였다. 장기거동특성을 알아보기 위하여 중력수준 5g 간격으로, 각 중력수준에서 1분 동안 유지시켜가면서 증가시켰으며, 방추형 콘 네일 및 일반 쏘일네일의 경우에 대하여 축소모형을 제작하여 파괴가 발생할 때까지 수행하였으며 원심모형시험 결과, 인발파괴형상은 그림 4.a와 같으며, 중력수준을 증가시켜 가면서 측정한 수평변위 및 수직변위를 도시하면 그림 4.b, 4.c와 같다.

그림 4.a의 모형토조의 파괴형상을 살펴보면, 토조 바닥을 기준으로 3.5, 10.5 및 17.5cm 높이에 설치된 염색사의 변형형태가 전형적인 파괴흡쇄기 모양인 것으로 나타났다.

그림 4.b의 결과를 살펴보면, 일반 쏘일네일의 경우, 네일길이 12cm 인 경우 25g 중력수준에서, 네일길이 18cm인 경우 75g 중력수준에서 파괴가 발생하는 것으로 나타났으며, 방추형 콘을 장착한 네일 시스템의 경우 길이변화에 상관없이 80g 중력수준에서 60분 동안 가속하여도 파괴가 발생하지 않았다. 따라서 방추형 콘을 장착한 네일의 경우, 일반 쏘일네일에 비해 저항력이 크게 향상된 진보된 네일 시스템인 것으로 판단된다. 또한 그림 6.c

에서 동일한 중력수준(25g)에서의 수직변위량을 비교해 보면, 네일의 길이가 12cm인 경우 일반 쏘일네일은 5.0mm, 방추형 콘 네일은 0.4mm 정도 발생하는 것으로 계측되었으며, 네일의 길이가 18cm인 경우 일반 쏘일네일은 1.2mm, 방추형 콘 네일은 0.4mm 정도 유발된 것으로 계측되었다. 따라서 방추형 콘을 설치함에 따라 67~92% 정도 수직변위 감소 효과가 있는 것으로 평가되었다.

현장인발시험에 의한 단기인발 거동 특성을 파악한 결과 방추형 콘을 장착한 네일의 단기인발거동특성을 알아보기 위하여 풍화암과 연암에 대해 각각 1회씩 총 4회 변위제어방식의 인발시험을 수행하였다. 25.0ton의 인발하중을 가하였을 경우 연암층에서 유발된 수평변위량을 살펴보면, 방추형 콘 네일의 경우 5.6mm, 일반 쏘일네일의 경우 8.5mm 정도인 것으로 나타나, 방추형 콘 네일의 마찰저항특성이 34% 정도 우수한 것으로 평가되었다. 아울러 일반 쏘일네일의 최대인발력 21ton을 기준으로, 풍화암층에서 유발된 수평변위량을 살펴보면, 방추형 콘네일의 경우 8.7mm, 일반 쏘일네일의 경우 12.7mm 정도인 것으로 나타

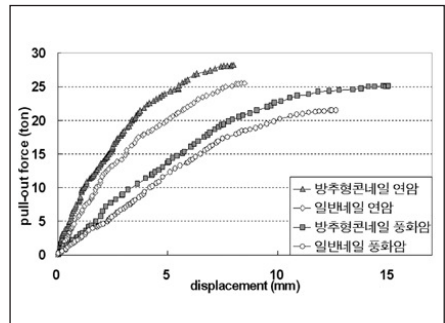


그림 5. 인발시험 결과

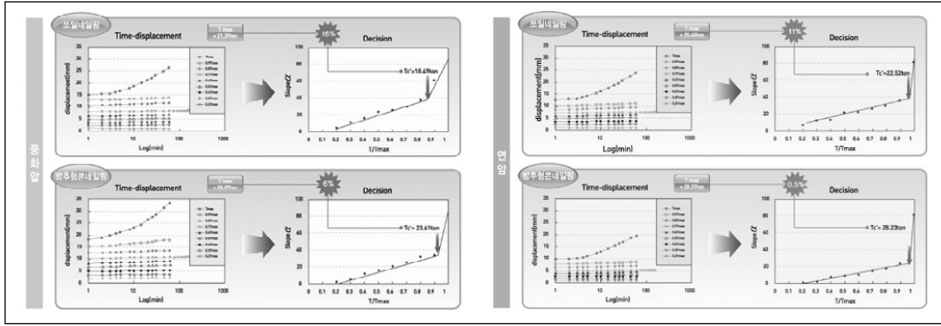


그림 6. 장기거동인발 특성

나, 방추형 콘네일의 마찰저항특성이 31% 정도 우수한 것으로 평가되었다. (그림 5. 참조)

현장인발시험에 의한 장기인발 거동 특성을 비교 검토한 결과 풍화암 지반에서는 소일네일링에서 한계크리프 인발력이 약 16% 감소하는 반면 방추형콘네일링에서는 약 6%가 감소하는 결과를 보이고 있다. 또한 연암 지반에서는 소일네일링에서 한계크리프 인발력이 약 11% 감

소하는 반면 방추형콘네일링에서는 약 0.5%가 감소하는 결과를 보이고 있다. (그림 6. 참조)

### 3. 신기술의 시공순서

신기술의 시공 순서는 그림 7.과 같다.

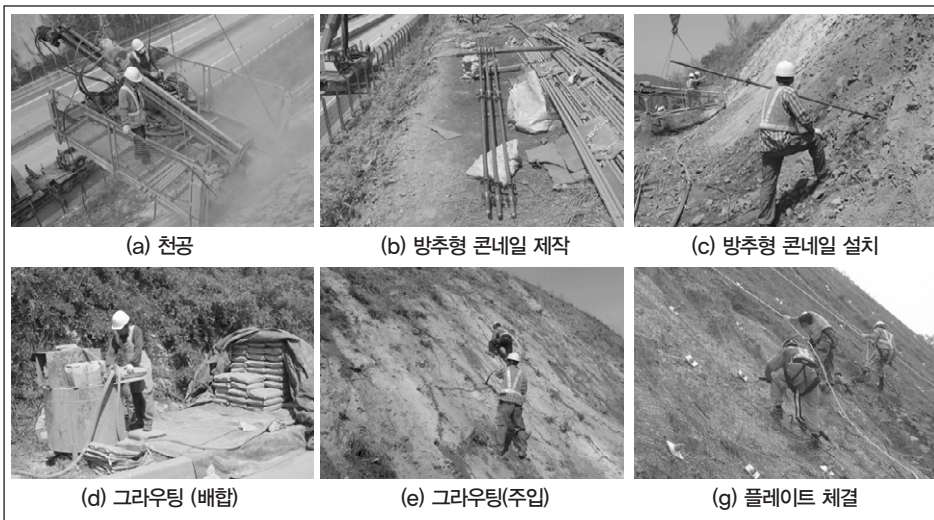


그림 7. 방추형 콘 네일공법의 시공순서





구분	쏘일네일링 공법	방추형 콘네일링 공법
원리	네일체의 주면마찰저항력이 발휘되어 원지반의 안정성을 확보하는 공법.	방추형 콘을 보강재에 일정간격마다 장착하여 네일 천공홀에 삽입한 후, 대상암질의 상태에 따라 필요시 고무패커 그라우팅 주입기를 이용하여 압력 그라우팅을 실시하는 방식으로서, 네일 인발시 주면마찰저항력을 크게 향상시켜주는 역할 뿐만 아니라, 장기 크리프에 의한 응력손실을 상당부분 감소시켜 줄 수 있는 획기적인 공법이라 할 수 있다.
시공성	천공후 보강재인 철근을 삽입하고 그라우팅함으로써 시공자체는 단순하다. 그라우팅 불량율이 높아 재시공하는 경우가 종종 있다.	천공후 방추형 콘을 철근보강재에 장착 하는 과정만 쏘일네일과 다르고 그 외 과정은 동일하다. 쏘일네일보다 시공공수가 줄어들어 공기단축, 교통통계시간단축, 중장비(크레인) 사용시간단축 등 시공성이 좋다.
안정성	진동에 의한 시멘트 그라우트체에 크랙이 발생하였을 경우, 인발파괴가 발생할 수 있으며, 장기 크리프 변형에 의해 응력손실이 20% 정도 유발됨.	방추형 콘 작용에 의한 인발력으로 양방향에 대한 장기인발거동 특성 우수하고, 안정성 및 시공 품질 확보가 용이하다.
경제성	시공방법이 간편함.	방추형 콘에 의해 증대된 인발저항력 및 장기 거동특성 등을 감안하여 최적의 네일 설치밀도를 반영한 설계를 할 경우, 쏘일 네일에 비해 경제적임.

• 기술개발자 : (주)성우지앤씨, (주)용마엔지니어링, 김홍택, 박시삼