

다철근 보강재와 스프링 신축장치를 이용한 쏘일네일링공법(MS-Nail)

건설교통부 신기술 제540호

개발자 : (주)알지오기술, (주)수성엔지니어링

1. 신기술의 범위 및 내용

가. 범위

4~5개의 다철근을 일정한 간격으로 배열한 보강재를 사용하고, 보강재 두부에 부착된 스프링 신축장치로 지압판을 비탈면에 압착시킴으로서, 비탈면의 내부와 표면을 동시에 보강하기 위한 쏘일네일링공법이다.

나. 내용

이 신기술은 4~5개의 다철근을 특수 간격재를 이용하여 일정한 간격으로 배열한 보강재를 사용하고, 보강재 두부에 부착된 스프링 신축장치로 지압판을 비탈면에 압착시킴으로서, 비탈면의 내부와 표면을 동시에 보강하기 위한 쏘일네일링공법이다.

다. 특징

이 신기술은 기존의 네일공법을 개량하여 다음과 같이 개선하였다.

- ① 네일의 휨저항력을 극대화시킴 (인장측에 철근배치)
- ② 철근의 인발저항력 증대 (일반네일의 2배)
- ③ 휨 및 전단을 고려한 설계 가능 (안전율 증대)
- ④ 사면 표면부 낙석, 낙반 및 토사유출 방지 (보강 와이어와 지압판 체결)
- ⑤ 굴착에 의한 초기지반 이완 억제 또는 지연 (지압판을 통해 압착력을 지반에 작용)

라. 적용범위

MS-Nail공법은 아래와 같은 특수한 지반을 제외한 모든 굴착사면에 적용이 가능하다.

- ① 1~2m의 연직굴착에서 자립되지 않는 지반
- ② 순수한 모래, 자갈 지반
- ③ 함수비가 높고 굴착면에서 용수가 발생하는 지반
- ④ 연약한 점성토 지반
- ⑤ 예민비가 큰 지반이나 팽창성 지반

2. 신기술의 원리

본 기술은 다철근(4~5가닥)을 특수 간격재를 이용, 일정한 간격으로 배치함으로써 보강재의 구조를 개선하여 인발저항력, 전단저항력, 휨저항력을 극대화하여 비탈면의 내부의 안정성을 증대시키는 “다철근 구조 네일”과 스프링 탄성복원력에 의한 압축효과로 낙석, 낙반 및 세굴 등의 표면파괴를 적극적으로 억제할 수 있는 “신축장치를 이용한 표면 압착 시스템”을 결합한 것으로 비탈면의 내부와 표면을 동시에 보강하여 안정성을 증대시키는 기술이다.

수평네일로 보강된 수직에 가까운 벽체에서는 네일의 인장응력에 의한 보강 효과가 지배적이고 전단과 휨응력에 대한 분포는 적게 나타난다(Jewell and Pedley, 1991; Schlosser, 1991). 실제 설계에서 사용하중 조건하의 전단과 휨저항은 무시할 수 있고 파괴조건에서도 마찬가지이다. 일반적으로 휨과 전단응력은 사용하중 상태에서 인장응력의 10%보다 작게

나타난다. 이로 인해 현재까지 대부분의 네일 설계나 해석프로그램에서도 인장하중만 고려한다. 그러나 이러한 설계개념은 수평 혹은 수평에 가까운 각도로 네일이 설치된 벽체구조물의 경우에 유효한 것으로 비탈면과 같이 네일의 휨거동이 뚜렷한 경우에는 적용성의 한계가 있다. 그림 2는 네일에 발생하는 저항력을 도시한 것으로 (a)는 인장저항만을 고려한

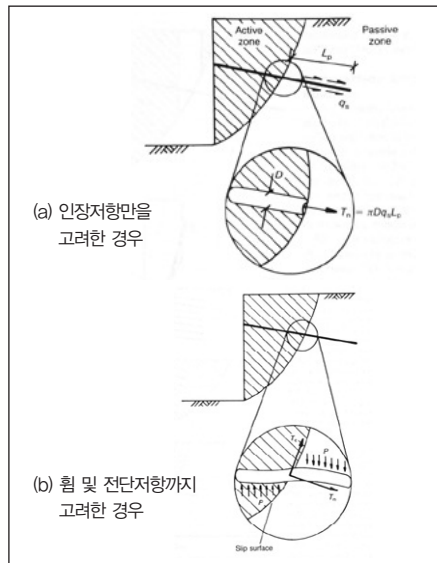


그림 2. 네일의 보강메카니즘(Ortigao, 1995)

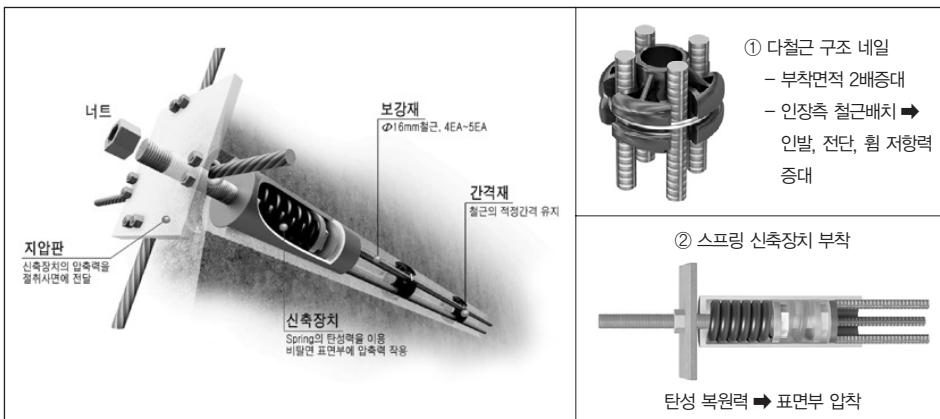


그림 1. 다철근 스프링 네일(Multi Bar Spring Nail)의 구조도





경우를 (b)는 휨 및 전단저항까지 고려한 경우를 나타낸 것이다. 특히 Schlosser(1991)는 극한상태로 갈수록 전단 및 휨응력의 영향이 증가하고 있음을 보여주고 있다.

또한, 그림 3과 같이 철근 한가닥을 보강재로 사용한 일반쏘일네일 보강 비탈면에서의 파괴사례를 살펴보면 전단변위가 발생함에 따라 상대적으로 강도차이가 큰 보강재와 그라우트 사이의 응력집중으로 인한 네일체의 파괴가 전체 비탈면붕괴로 이어진 것으로 판단

된다.(그림 4. 일반네일 전단시험결과 참조).

따라서, 인장력만을 고려하는 현재의 설계 개념으로 네일보강 비탈면을 설계할 경우 휨 거동을 고려하지 않아도 될 정도의 충분한 휨 저항을 확보할 수 있는 방안이 요구되어지며, 이러한 취지에서 고안된 다철근 스프링 네일은 보강재를 소정의 간격으로 배치시킴으로서 실내시험 및 현장시험 결과 전단저항력이 일반쏘일네일보다 28%, 인발저항력은 2배정도 우수한 것으로 평가되었다.

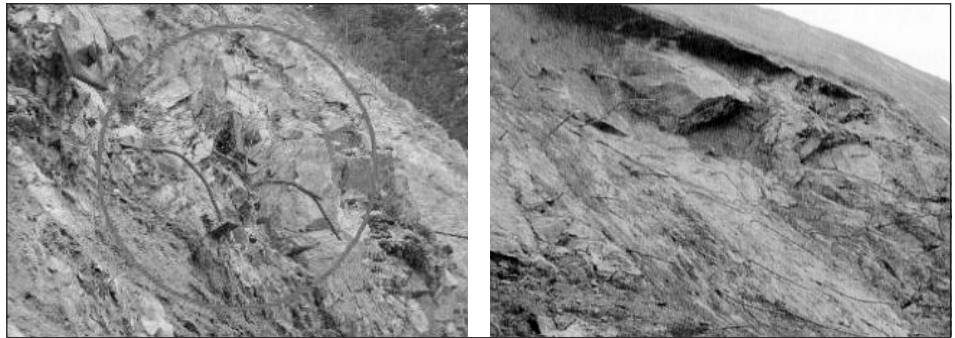


그림 3. 일반쏘일네일로 보강된 비탈면 붕괴사례

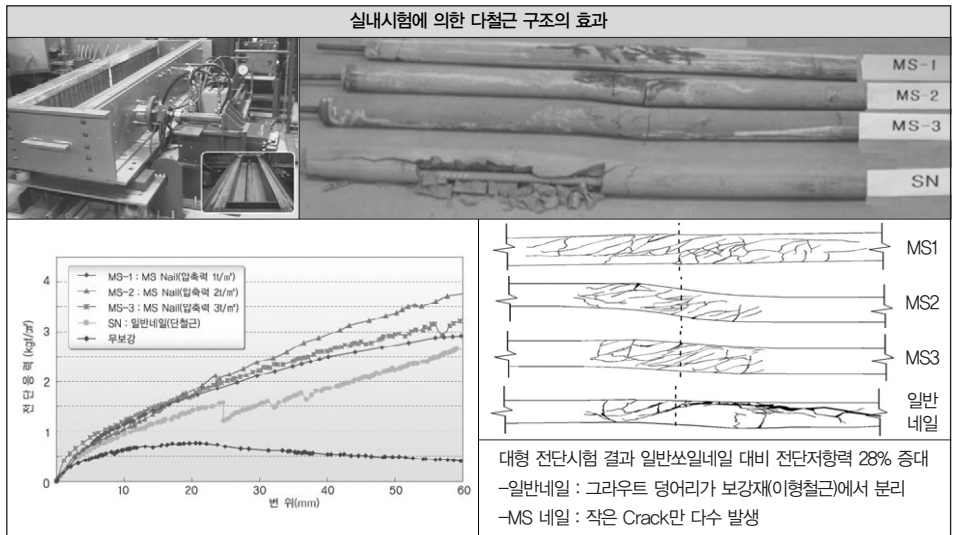


그림 4. 실내시험(대형전단시험) 결과

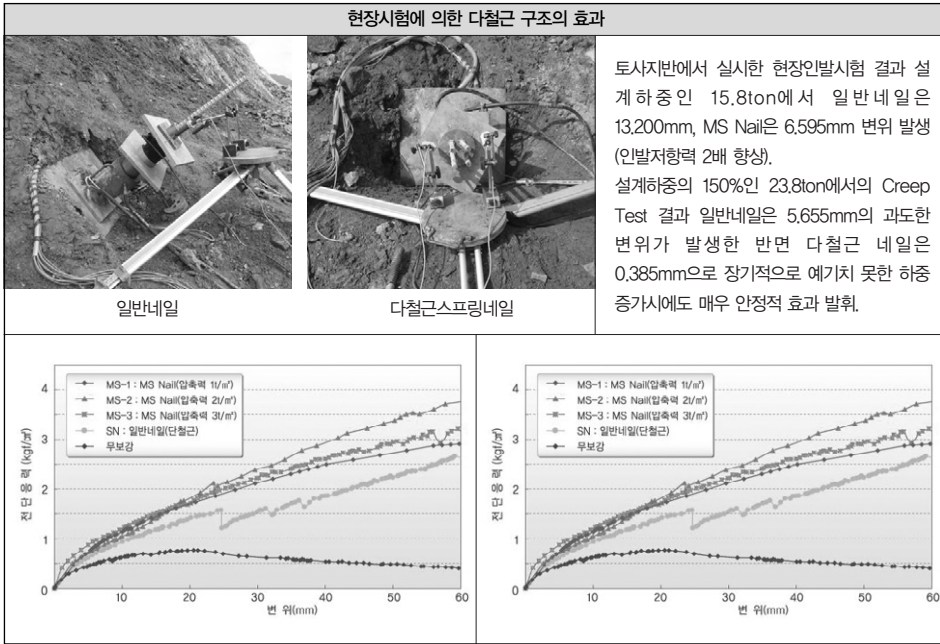


그림 5. Verification Tests 결과

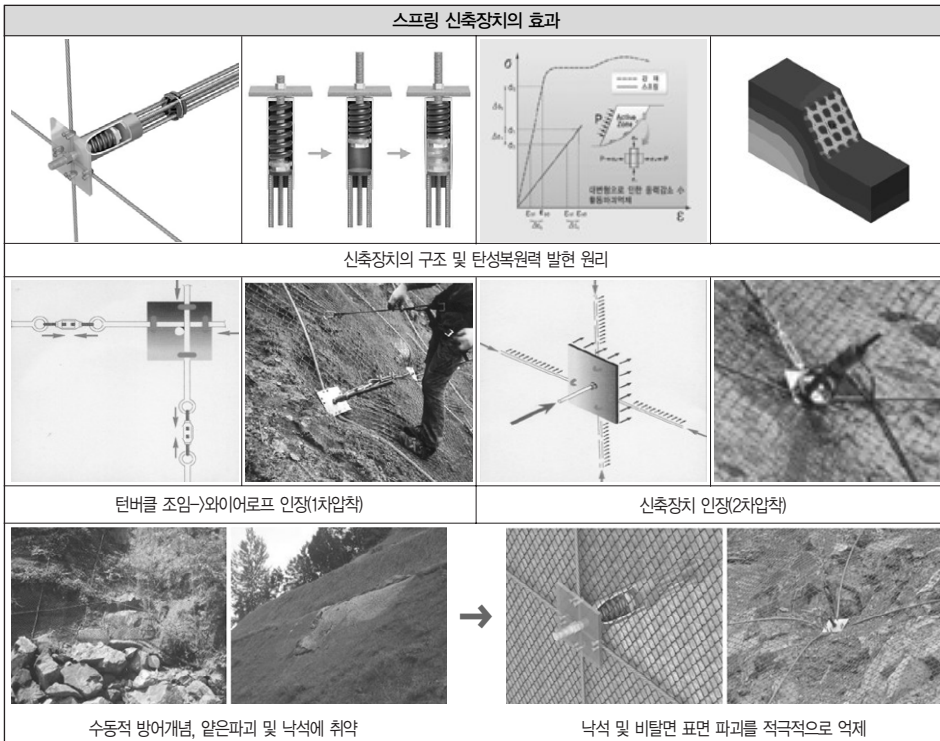


그림 6. 스프링 신축장치의 효과





이와 같이 다철근 보강재와 스프링 신축장치를 이용한 쓰일네일링은 네일체의 강도 및 강성에 대한 구조적인 개선과 기존의 수동적 보강공법인 네일류의 공통적인 문제인 표면파괴에 대해 취약한 단점을 극복한 신기술 신공법으로서 향후 실무 적용시 다음과 같은 파급효과가 예상된다.

가. 기술적 파급효과

- 보강재의 인발저항력 증대는 물론, 전단, 휨저항력을 증대시킨 네일링공법
- 낙석, 낙반 및 세굴 등의 표면파괴를 적극적으로 억제하는 표면보호기술
- 표면보호공과의 수월한 연계시공으로 비탈면 내부와 표면을 동시보강
- 인발, 전단, 휨저항력 및 표면 보강력을 동시에 증대시키는 합리적인 비탈면 보강 기술 및 최적의 설계법 확립

- 락볼트 등 유사 보강공법에 압착시스템을 도입하여 표면보강효과 확대 적용

나. 경제적 파급효과

- 하중분담영역 증가로 인한 본수 감소 및 공기 단축등으로 10%이상 공사비 절감 효과
- 표면보호공과 연계된 공정 단순화로 추가적인 공기 단축 및 공사비 절감가능
- 낙석 등의 표면파괴 빈도감소 및 유지보수의 효율성에 대한 직·간접적인 경제적 파급효과

3. 신기술의 시공순서

신기술의 시공 순서는 그림 7.과 같다.



그림 7. 다철근 스프링 네일(Multi Bar Spring Nail) 공법의 시공순서

4. 기존공법과의 비교

구분	쏘일네일링 공법	다철근 스프링 네일(MS Nail)공법
원리	네일체의 주면미찰저항력이 발휘되어 원지반의 안정성을 확보하는 공법	다철근 보강재에 의한 인발저항 및 휨, 전단저항력을 향상시킴으로서 원지반의 전체적인 안정성을 확보하고 철근 두부에 압축스프링이 내장된 신축장치를 부착하여 지압판을 비탈면에 압착시킴으로서 변형을 최소화하는 공법
시공성	천공, 보강재 삽입, 그라우팅의 단순 반복 공정으로 시공성 우수.	지압판 설치시 포터블 인장기에 의한 신축장치 압축 과정 이외에 모든 공정이 일반쏘일네일과 동일함. 네일체의 성능향상에 따른 시공공수 감소로 절대공기가 단축되어 시공성이 우수.
안정성	휨이나 전단에 취약한 구조, 장기 인발거동이 본 기술 대비 불리함. 인발저항력이 충분한 조건에서도 발생변위에 따른 휨, 전단파괴 가능성이 높음. 표면파괴에 취약.	네일체의 휨 및 전단 저항력이 증가. 부착면적 증가로 인한 인발저항력 약 2배 증가하며, 크리프에 의한 변위발생량이 작아 장기인발저항 거동특성이 우수. 표면파괴에 대한 저항력 우수.
경제성	시공성 우수하나 촘촘한 간격에 의한 설계 및 시공으로 비교공법 대비 공비증가. 표면보호공(식생공법, 낙석방지망) 조함시에도 2차적인 파괴 위험이 존재하여 유지보수 발생빈도가 높아 예산상비 발생.	네일체의 구조개선 및 성능향상에 따른 안정성 증대 등을 고려하여 최적 설계시 기존네일 대비 10%이상 경제적인. 비탈면 압착에 따른 낙석 및 앞은파괴 억제로 인한 LCC(Life Cycle Cost) 절감효과가 예상되어 직공비 및 유지관리시에도 기존기술 대비 경제적으로 유리.