

낙석 및 소규모 붕괴 방지를 위한 사면보강방안에 관한 연구 A Study on Slope Reinforcement Method for Control of Rockfall and Small Scale Failure

이승호¹⁾, 황영철²⁾, 노흥제³⁾, 심석래⁴⁾

Lee, Seung-Ho¹⁾, Hwang, Young-Cheol²⁾, Noh, Heung-Jae³⁾, Sim, Seok-Rae⁴⁾

- 1) 상지대학교 공과대학 건설시스템공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Sang-ji Univ.
2) 상지대학교 이공과대학 건설시스템공학과 전임강사, Instructor, Dept. of Civil Engineering, Sang-ji Univ.
3) 상지대학교 이공과대학 건설시스템공학과 박사과정, Ph. D. Course, Dept. of Civil Engineering, Sang-ji Univ.
4) 동아특수건설 대표이사, The Chief Director, Dong-A Special construction Company

SYNOPSIS : Most rockfall prevention net among the rockfall prevention equipment that is constructed in around the road is actuality lack of function by quantitative research insufficiency etc.. Most of rockfall prevention net are composed to setting needle, perpendicular and horizontal wire rope and wire net. Also, function of rockfall prevention net depend on setting needle and the wire net and perpendicular and horizontal wire rope are fixed by setting needle. when unreasonable load is offered setting needle, rockfall prevention net can lose the function and happen continuous falling off of rockfall prevention net. Because rockfall prevention net have a such structural defect, improvement had been required in reply. So in this paper, spot application of Rock Bolt & Net Connection method and falling rock support ability are estimated by numerical analysis. As a result, when Rock Bolt & Net Connection Method is applied to cutting slope, decreases of stress and displacement is examined than current rockfall prevention net.

Keywords : Rockfall, Rockfall Prevention Net, Rock Bolt & Net Connection Method

1. 서론

현재 시공되어 있는 낙석방지시설 중 대부분의 낙석방지망은 과거의 낙석지지능력에 대한 정량적인 연구 미흡 등으로 인하여 그 기능을 제대로 발휘하지 못하는 경우가 종종 발생하고 있는 현실이다. 현재 절개지에 시공되어 있는 낙석방지망의 대부분은 고정핀과 중횡와이어로프, 철망 등으로 구성되어 있으며, 낙석억지 효과 측면보다는 낙석의 운동에너지를 감소시켜 절개면 하부로 낙석을 유도하는 역할을 한다.

또한 현행 낙석방지망의 철망과 중횡와이어로프는 길이 1m 정도의 고정핀에 의하여 고정되어 있으나 표층과괴로 인한 고정핀의 고정역할 상실시 낙석방지망은 그 기능을 상실하게 되고 인접 고정핀에 무리한 하중을 제공하여 낙석방지망의 연쇄 타락이 발생한다. 현행 낙석방지시설은 이러한 구조적 결함으로 효과에 한계가 있어 이에 대한 개선이 요구되어 왔다.

따라서 이러한 현행 낙석방지망의 구조적 결함을 보완하여 인명·재산 피해를 줄이기 위한 기초 연구로 본 연구에서는 낙석방지망과 보강재를 와이어로프를 이용하여 상호 연계시킨 사면연계보강공법

(Rock Bolt & Net Connection)의 현장 적용성 및 낙석지지능력을 수치해석적으로 평가하였다.

2. 현행 낙석방지망 문제점 분석

현재 고속도로, 국도, 지방도 등에서 흔히 적용되고 있는 낙석방지망은 형식선정, 설계, 구조, 설치방법 등의 세부적인 사항에 대한 규정 등이 미비하다. 재래식 낙석방지망이 갖고 있었던 망과 와이어로프의 결속력 부족, 와이어로프 고정구의 고정력 부족, 보호망 접합부의 구조적 문제점 등을 개선한 형태로써 많은 발전이 있어 왔다고 할 수 있다. 그러나 이러한 개선에도 불구하고 낙석방지망의 근본적인 기능인 ‘낙석하중의 지지’는 결국 ‘암반-와이어로프-철망’이 일체의 구조를 이룰 때 가능하나 현재의 구조는 낙석하중을 지지하는데 중요한 역할을 하는 와이어로프가 제 기능을 발휘할 수 없도록 되어 있어 낙석방지망 자체가 기능성을 상실하는 경우가 많이 발생하고 있다. 기존 낙석방지망의 문제점은 다음 두 가지로 요약될 수 있다.

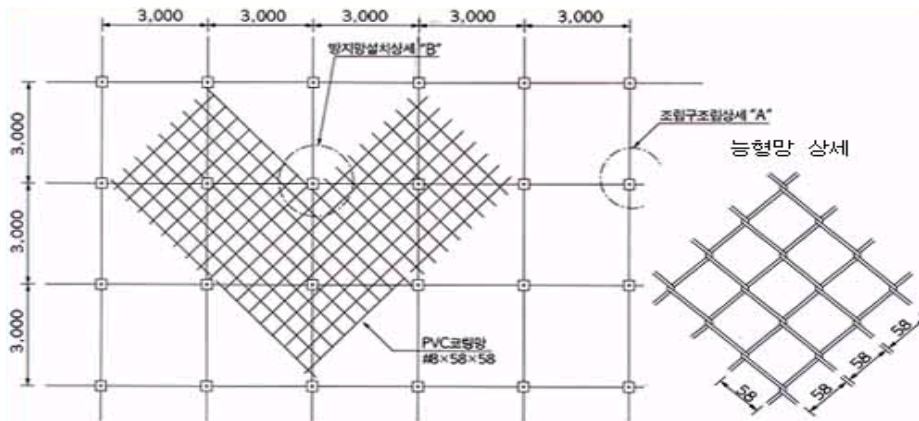


그림 1. 현행 낙석방지망 구조

(1) 소규모 암반 탈락에 대한 고정핀의 정착력 부족

우리나라 현장에 사용되는 낙석방지망은 앞서 언급한 바와 같이 선지름 4.0~5.0mm, 망눈 50×50mm 이상의 철망위에 가로와 세로 3m 간격으로 중형 와이어로프를 설치하고 중로프와 횡로프의 각 교차점을 조립구 엮은 후 고정핀을 이용하여 절개면 정착하는 형태를 갖추고 있다. 여기서 고정핀은 와이어로프와 철망을 절개면에 고정시키는 역할을 하는 부재로서 낙석방지망의 구조적 일체성을 확보하는데 매우 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

고정핀은 주고정핀과 보조고정핀으로 구별되는데, 주고정핀은 와이어로프의 끝부분을 암반에 고정시키는 데 사용되며 보조고정핀은 로프가 교차하는 지점의 조립구나 인근 부위에 설치한다. 특히 $\Phi=16\text{mm}$ 이상, 길이 500mm의 철근이 사용되는 보조 고정핀은 설계시 낙석하중 전체가 고정핀에 작용하는 것으로 간주하나 충분한 인발저항력이 확보되지 못하는 경우가 많아 암반탈락으로 인한 낙석하중이 발생할 경우 이에 대한 저항력 부족에 따른 고정핀 이탈 현상이 발생하는 것으로 보고 되었다. 이는 곧 낙석방지망의 구조적인 결함으로 이어지게 되어 망터짐 현상이 발생하고 추가적인 암반이완으로 국부적 혹은 전반적인 사면 불안정으로 이어지게 되는 중대한 문제점으로 지적되고 있다.

(2) 와이어로프 구조의 비효율성

기존의 낙석방지망에서는 앞서 언급한 바와 같이 와이어로프를 3.0×3.0m의 간격의 격자형태로 시공하여 철망을 밀착시키는 역할을 하도록 되어있으나 이러한 구조는 와이어로프는 낙석하중 발생시 철망을 암반에 밀착시키는 구조적 부재로서의 역할이 미흡한 것으로 지적되고 있으며 특히 횡로프 시공이 매우 어려운 관계로 인력 및 장비소요가 많고 시공의 품질확보가 매우 어려운 것으로 보고되고 있다. 특히, 보조고정핀이 이탈시에는 전구간이 지지력을 상실하는 구조적인 문제점을 보유함과 아울러서 부

분적인 보소가 용이하지 않아 유지관리상의 문제점이 있어 하자 발생시 전영역을 재시공해야 하는 문제점이 있는 것으로 알려져 있다.

3. 사면연계보강공법

3.1 공법개요

본 사면연계보강공법은 이러한 사면 보강효과가 적은 고정식 낙석방지망의 단점과 낙석방지망의 표면 보호 역할 뿐만 아니라 소규모의 낙석을 방지하지 못하는 고정핀의 단점을 보완하기 위하여 Rock Bolt 보강재와 중·횡 와이어로프를 상호 연계하여 소규모 암반탈락, 이로 인한 사면의 진행성과피해를 억제하기 위하여 개발된 공법이다.

또한 낙석방지망과 보강재를 상호 연계하여 불연속체를 경계로 한 암반들이 상호 일체화 되도록 보강하는 공법으로 암반에 고정된 각각의 보강재 중 어느 한 부위의 붕괴에 의하여 힘이 가중될 경우 이웃하는 보강재에 중, 횡 와이어로프를 통해 응력 전달현상이 발생, 그 응력을 다음 보강재로 분산이동시키며, 보강재 사이의 중, 횡 와이어로프가 상호 연계하여 장력과 지지력을 강화시켜 장기적인 사면 안정성을 확보하는 공법이다.

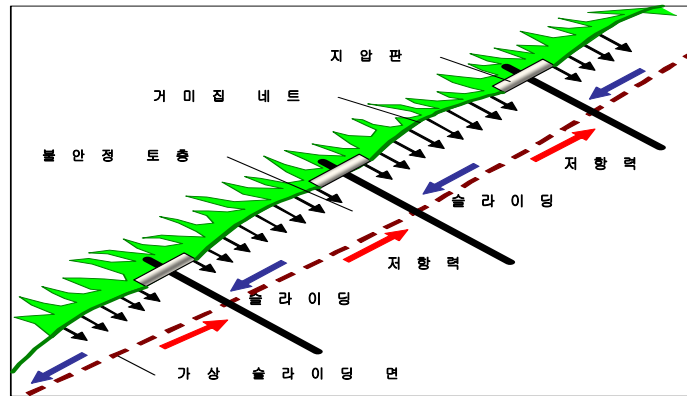


그림 2. 사면연계보강공법 개념도

3.2 현행 낙석방지망과 사면연계보강공법의 차이점

현행 낙석방지망은 Rock Bolt를 절개면에 보강한 후 추가적으로 낙석방지망을 시공함으로써 ‘보강공 + 보호공’의 개념이다. 또한 절개면 안정성 확보 공법 중 적극적인 대책인 보강공법이 아니라 보호공으로 구분되어 있으며 따라서 사면안정성 증대의 효과 없다. 이는 현행 낙석방지망의 설계는 사면안정성을 증대시켜 붕괴를 억지하는 것이 아니라 붕괴 후 발생하는 낙석 및 암반을 도로에 유입되지 않도록 절개면 하부로 유도하는 역할을 한다.

현행 낙석방지망은 철망과 중횡와이어로프는 길이 1m 정도의 고정핀에 의하여 고정되어 있으나 표층 파괴로 인한 고정핀의 고정역할 상실시 낙석방지망은 그 기능을 상실하게 되고 인접 고정핀에 무리한 하중을 제공하여 낙석방지망의 연쇄 탈락이 발생한다. 앞서 언급한 바와 같이 와이어로프를 3.0×3.0m의 간격의 격자형태로 시공하여 철망을 밀착시키는 역할을 하도록 되어있으나 이러한 구조는 와이어로프는 낙석하중 발생시 철망을 암반에 밀착시키는 구조적 부재로서의 역할이 미흡한 것으로 지적되고 있으며 보조고정핀이 이탈시에는 전구간이 지지력을 상실하는 구조적인 문제점을 포함과 아울러서 부분적인 보소가 용이하지 않아 유지관리상의 문제점이 있어 하자 발생시 전영역을 재시공해야 하는 문제점이 있다.

본 연구대상인 사면연계보강공법은 이러한 사면 보강효과가 적은 고정식 낙석방지망의 단점과 낙석방

지반의 표면보호 역할 뿐만 아니라 소규모의 낙석을 방지하지 못하는 고정핀의 단점을 보완하기 위하여 Rock Bolt 보강재와 중·횡 와이어로프를 상호 연계하여 소규모 암반탈락, 이로 인한 사면의 진행성과피를 억제하기 위하여 개발된 공법이다.

또한 낙석방지망과 보강재를 상호 연계하여 불연속체를 경계로 한 암반들이 상호 일체화 되도록 보강하는 공법으로 암반에 고정된 각각의 보강재 중 어느 한 부위의 붕괴에 의하여 힘이 가중될 경우 이웃하는 보강재에 중·횡 와이어로프를 통해 응력 전달현상이 발생, 그 응력을 다음 보강재로 분산·이동시키며, 보강재 사이의 중·횡 와이어로프가 상호 연계하여 장력과 지지력을 강화시켜 장기적인 사면 안정성을 확보하는 공법이다.

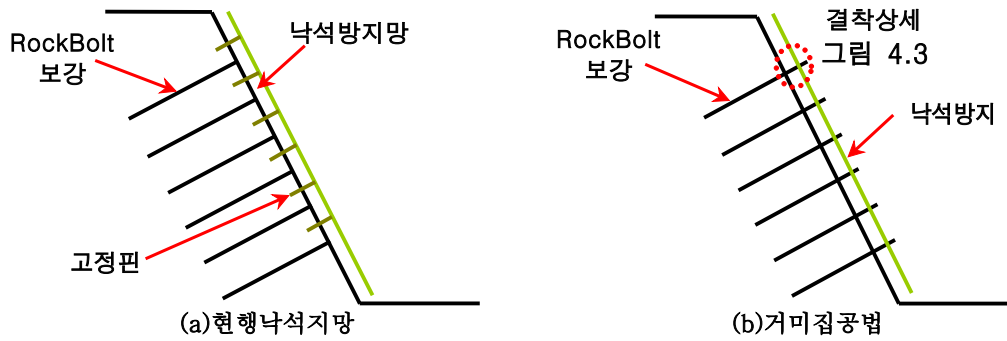


그림 3. 거미집공법과 현행 낙석방지망 개념 비교

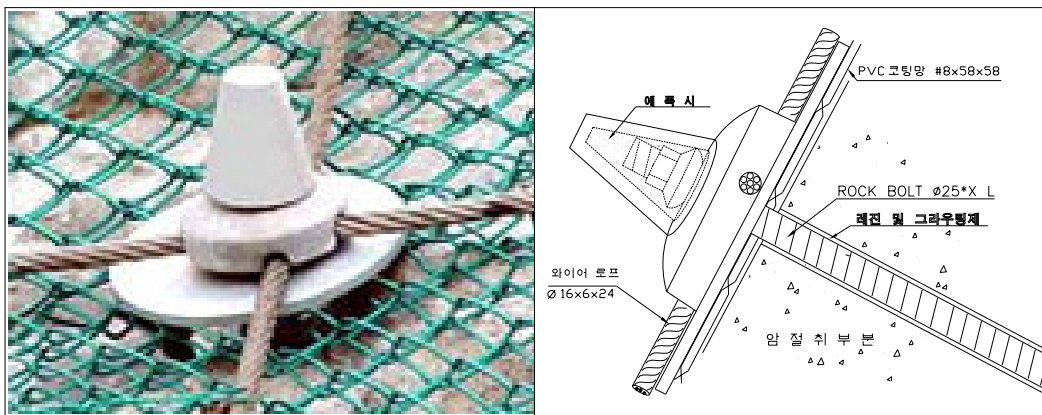


그림 4. 사면연계보강공법의 결착구 상세

4. 수치해석

4.1 해석내용 및 접근방법

본 사면연계보강공법(거미집공법)의 현장 적용시 사면보강효과 및 낙석지지능력을 수치해석적으로 평가하고 현행 낙석방지망과의 차이점을 비교·검토하기 위하여 유한차분해석 프로그램을 이용한 수치해석을 실시하였다. 사면연계보강공법과 현행 낙석방지망의 낙석대책 메커니즘을 절개면에 적용하여 각각 절개면의 9개 측정점에서 발생하는 지반의 응력과 변위를 비교 분석하였다. 연구대상 사면은 낙석방지망의 설치기준(건설교통, 2000, 도로안전시설 설치 및 관리지침 연구)과 기타 문헌을 참고하여 총 4개 단면을 결정하였다(표 1 참조). 또한 사면연계보강공법 적용 후 지반파괴 조건으로 지하수위를 절개면 높이의 1/2까지 상승시켰으며, 현행 낙석방지망에 대해서도 락볼트 보강 후 같은 지하수 조건을 적용하였다.

해석단면 모델링에서 중·횡 와이어로프와 락볼트는 Cable 요소를 이용하여 3.0×3.0m간격으로 모델링

하였으며, 지반요소는 지반공학에서 주로 쓰이는 탄·소성 영역을 나타낼 수 있는 Mohr Coulomb 모델을 이용하였다.

본 수치해석에 적용된 지반강도정수는 한계평형해석법을 이용한 역해석에 의하여 결정하였으며 기타 구성 재료에 대한 물성치는 시방규정(건설교통, 2000, 도로안전시설 설치 및 관리지침 연구) 및 본 신기술 공법의 시방서(동아특수건설)를 참고로 하여 다음 <표 1>과 같이 적용하였다.

표 1. 연구대상사면 조건 및 분류

구분	법면길이	사면구배(V:H)	적용지하수위
기존기술 (Rock Bolt+ 낙석방지망)	50m	1:0.5	절개면 높이 : H 지하수위 : H/2
		1:0.7	
	20m	1:0.5	
		1:0.7	
사면연계보강공법	50m	1:0.5	
		1:0.7	
	20m	1:0.5	
		1:0.7	

4.2 해석결과

4.2.1 변위량 비교검토

(1) 현행 낙석방지망(락볼트+ 낙석방지망) 검토 결과

락볼트로 보강되어 있는 암반 절개면에 대하여 낙석방지망을 시공하여 절개면에서 발생하는 x방향 지반변위를 검토한 결과 1:0.5의 구배, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반변위는 20~25cm가 발생하는 것으로 검토되었다.

1:0.5의 구배, 법면길이 20m 연구대상 사면에서는 지반변위는 25~70cm가 절개면 밖으로 발생하는 것으로 검토되었으며, 사면구배 1:0.7, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반변위는 10~40cm가 발생하는 것으로 검토되었다. 1:0.7의 구배, 법면 20m 연구대상 사면에서는 지반변위는 10.40~22.0cm가 발생하는 것으로 검토되었다(표 2 참조).

표 2. 대상사면별 각 측점에서의 지반 변위량-현행 낙석방지망

측점 \ 구분	대상사면1 구배1:0.5, 50m	대상사면2 구배1:0.5, 20m	대상사면3 구배1:0.7, 50m	대상사면4 구배1:0.7, 20m
1	-20.00cm	-25.00cm	-0.00cm	-15.00cm
2	-20.00cm	-50.00cm	-0.00cm	-15.20cm
3	-20.00cm	-25.00cm	-0.00cm	-18.40cm
4	-20.00cm	-25.00cm	-20.00cm	-16.90cm
5	-20.00cm	-50.00cm	-20.00cm	-11.32cm
6	-20.00cm	-25.00cm	-20.00cm	-22.00cm
7	-25.00cm	-25.00cm	-40.00cm	-17.70cm
8	-25.00cm	-75.00cm	-45.00cm	-16.50cm
9	-25.00cm	-25.00cm	-40.00cm	-10.40cm

+ 변위 : 절개면안쪽방향, -변위 : 절개면 바깥방향

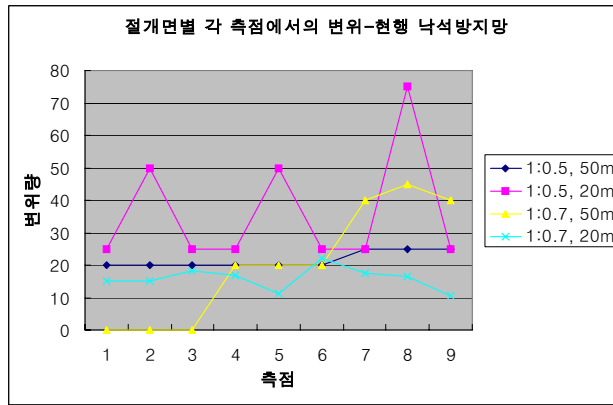


그림 5. 지반변위 그래프-현행 낙석방지망

(2) 사면연계보강공법에 대한 해석결과

본 사면연계보강공법을 적용하여 절개면에서 발생하는 x 방향 지반변위를 검토한 결과 1:0.5의 구배, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반변위는 0.78~3.76cm가 발생하는 것으로 검토되었다. 사면구배 1:0.5, 법면길이 20m 연구대상 사면에서는 지반변위는 절개면 안쪽방향으로 1~1.5cm, 절개면 바깥방향으로 0.18~5.01cm가 발생하는 것으로 검토되었다. 사면구배 1:0.7, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반변위는 1.44~5.83cm가 발생하는 것으로 검토되었으며, 1:0.7의 구배, 법면 20m 연구대상 사면에서는 지반변위는 0.22~0.42cm가 발생하는 것으로 검토되었다(표 3 참조).

표 3. 대상사면별 각 측점에서의 지반변위량-사면연계보강공법

구분 측점	대상사면1 구배1:0.5, 50m	대상사면2 구배1:0.5, 20m	대상사면3 구배1:0.7, 50m	대상사면4 구배1:0.7, 20m
1	0.87cm	1.51cm	1.60cm	0.30cm
2	0.78cm	1.46cm	1.44cm	0.42cm
3	0.96cm	0.99cm	3.58cm	0.28cm
4	3.76cm	4.65cm	4.28cm	0.30cm
5	1.37cm	0.18cm	4.27cm	0.25cm
6	1.64cm	0.53cm	5.26cm	0.24cm
7	3.12cm	5.01cm	3.74cm	0.22cm
8	3.09cm	2.10cm	5.83cm	0.22cm
9	3.10cm	4.53cm	3.62cm	0.36cm

+ 변위 : 절개면안쪽방향, - 변위 : 절개면 바깥방향

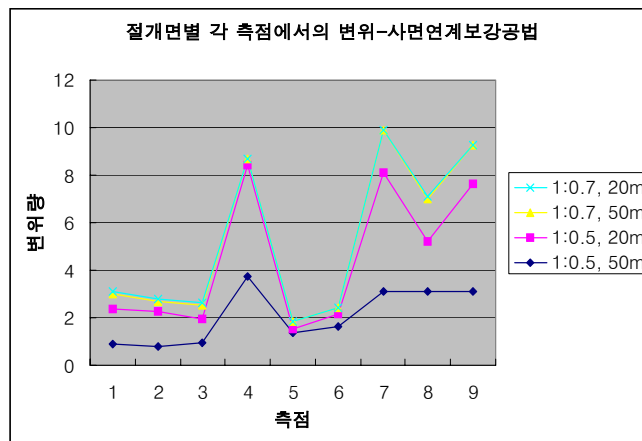


그림 6. 지반변위 그래프-사면연계보강공법

4.2.2 지반응력 비교검토

(1) 현행 낙석방지망(락볼트+ 낙석방지망) 검토 결과

락볼트로 보강되어 있는 암반 절개면에 대하여 낙석방지망을 시공하여 절개면에서 발생하는 x방향 지반응력을 검토한 결과 1:0.5의 구배, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반응력이 60~104ton/m² 정도 발생하였으며, 1:0.5의 구배, 법면길이 20m 연구대상 사면에서는 지반응력이 55~98ton/m² 정도 발생하는 것으로 검토되었다. 사면구배 1:0.7, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반응력이 45~100ton/m² 정도 발생하고, 1:0.7의 구배, 법면 20m 연구대상 사면에서는 지반응력이 25~35ton/m² 정도 발생하는 것으로 검토되었다(표 4 참조).

표 4. 락볼트+ 낙석방지망에 대한 지반응력 해석결과

구분	법면길이	사면구배(V:H)	응력(ton/m ²)
기존기술 (Rock Bolt+ 낙석방지망)	50m	1:0.5	60~104
		1:0.7	45~100
	20m	1:0.5	55~98
		1:0.7	25~35

+ 변위 : 절개면안쪽방향, - 변위 : 절개면 바깥방향

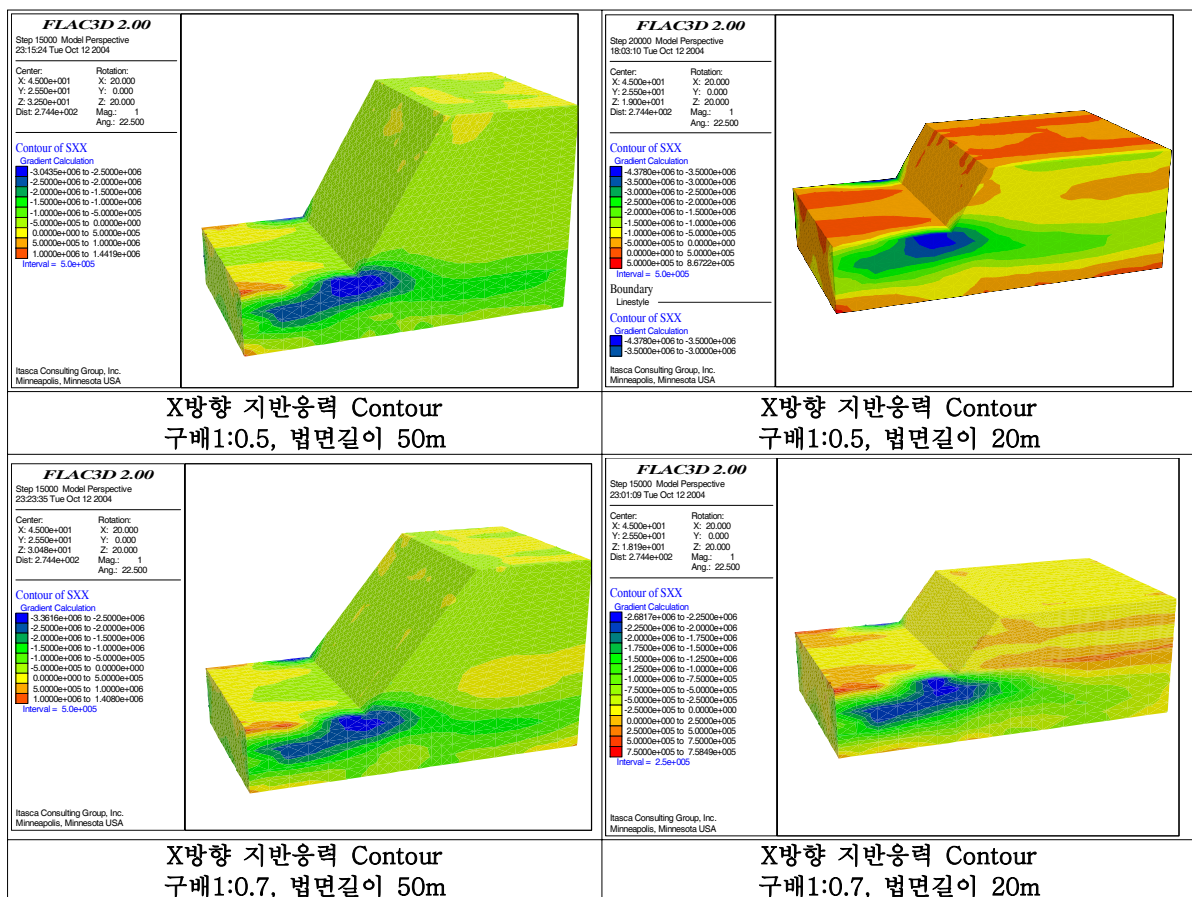


그림 7. 지반응력 변위 Contour-현행 낙석방지망

(2) 사면연계보강공법에 대한 해석결과

본 사면연계보강공법을 적용하여 절개면에서 발생하는 X 방향 지반응력을 검토한 결과 1:0.5의 구배,

법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반응력이 0~11ton/m² 정도 발생하였고, 사면구배 1:0.5, 법면길이 20m 연구대상 사면에서는 지반응력이 2.6~50ton/m² 발생하는 것으로 검토되었다. 사면구배 1:0.7, 법면길이 50m 연구대상 사면에서는 지반응력이 8~10ton/m² 정도 발생하는 것으로 검토되었고 1:0.7의 구배, 법면 20m 연구대상 사면에서는 지반응력이 0.2~4.9ton/m² 정도 발생하는 것으로 검토되었다(표 5 참조).

표 5. 사면연계보강공법 적용시 지반응력 해석결과

구분	법면길이	사면구배(V:H)	응력(ton/m ²)
사면연계보강공법	50m	1:0.5	0~11
		1:0.7	8~10
	20m	1:0.5	2.6~50
		1:0.7	0.2~4.9

+ 변위 : 절개면안쪽방향, - 변위 : 절개면 바깥방향

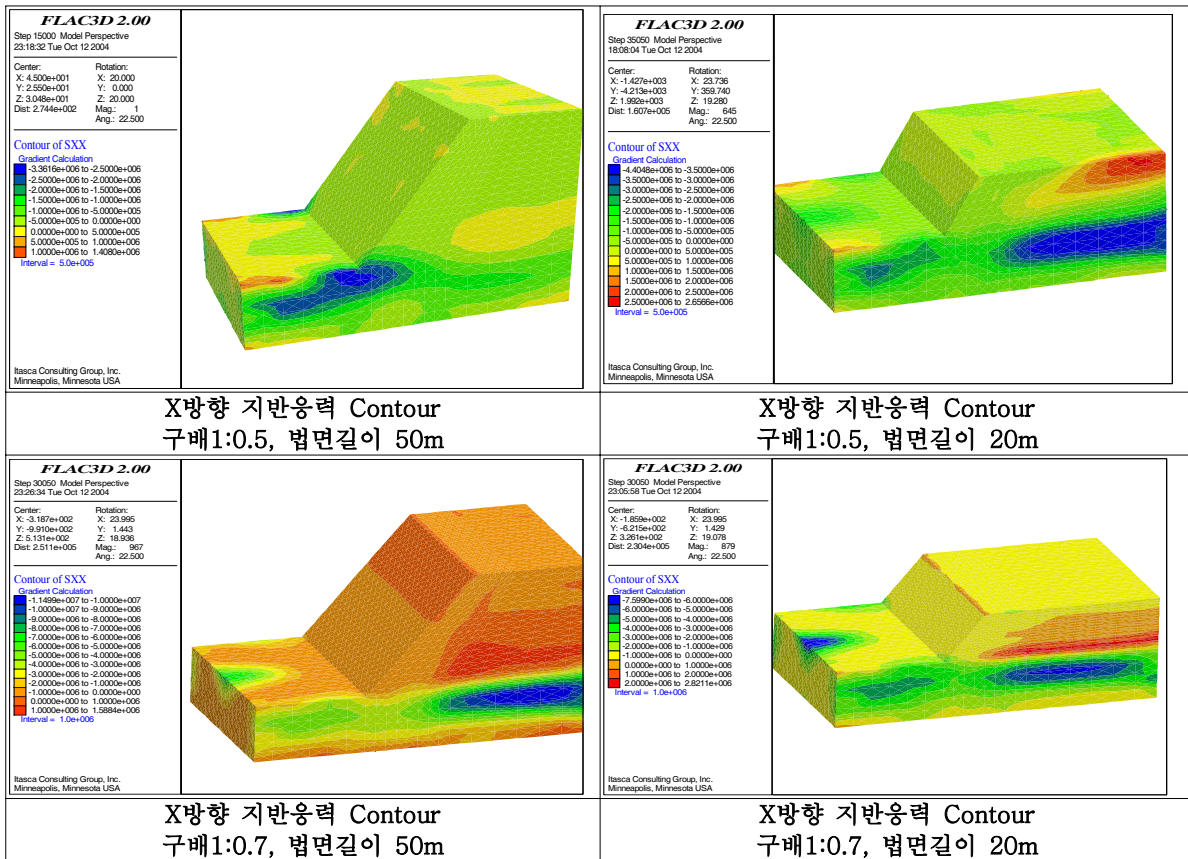


그림 8. 지반응력 변위 Contour-사면연계보강공법

4.3 비교분석

암반 절개지에 락볼트 보강 후 현행 낙석방지망 시공과 사면연계보강공법 적용 후 이 두 가지 경우에 대해서 지반 응력 변화를 비교 검토한 결과 사면연계보강공법 적용 시 지반내의 응력이 현격히 감소하는 것으로 검토되었다.

락볼트+ 낙석방지망 형식과 사면연계보강공법 적용 후 동일조건에서의 암반 절개지에서 지반응력변화를 비교하면 사면연계보강공법 적용시 지반응력은 평균적으로 약 82 %정도 감소하고 변위는 89%가 감소되는 것으로 검토되었다.

수치해석결과 현행 낙석방지망의 현장 적용시 락볼트 보강만이 시공어 있을 때의 지반응력 및 변위와 별다른 차이가 없었으며, 이에 대한 이유는 소규모 암반탈락 발생시 낙석지지능력은 ‘고정핀 인발저항력 + 와이어로프강성+ 네트강성’이나 사면안정성 증가와 암반탈락 역지에는 별다른 영향을 못 미치며 기존 기술은 보강의 역할이 아닌 표면보호공에 가까운 것으로 판단된다. 그러나 본 사면연계보강공법의 낙석지지능력은 ‘네트강성+ 와이어로프강성+ 락볼트인발저항력’ 으로서 현행 낙석방지망보다 큰 낙석지지능력을 가질 뿐만 아니라 현행 낙석방지망에서는 아무런 보강효과를 나타내지 않은 와이어로프가 락볼트와 연계되어 ‘락볼트 인발저항력에 와이어로프 강성을 합산한 만큼의 낙석에 저항하는 능력이 증가하여 현행 낙석방지망 적용시 보다 사면안정성을 증가시켜 장기적인 사면안정성 확보측면에서 더 우수한 것으로 수치해석결과 입증되었다.

또한 사면연계보강공법은 현행 낙석방지망의 표면보호공의 역할 뿐만 아니라 소규모 암반탈락을 억제하고 더 나아가 암반사면의 진행성 파괴에도 큰 보강효과를 보이는 것으로 사료된다.

표 6. 수치해석결과 비교

구분	범면길이	사면구배(V:H)	응력(ton/m ²)	변위(cm)
기존기술 (Rock Bolt+ 낙석방지망)	50m	1:0.5	20~64	20~22
		1:0.7	25~78	5~15
	20m	1:0.5	15~38	10~40.9
		1:0.7	25~41	10.4~22
사면연계보강공법	50m	1:0.5	3.9~11.0	0.87~3.76
		1:0.7	8.0~13.2	1.44~5.83
	20m	1:0.5	1.6~5.0	0.18~5.01
		1:0.7	2.2~7.9	0.22~0.42

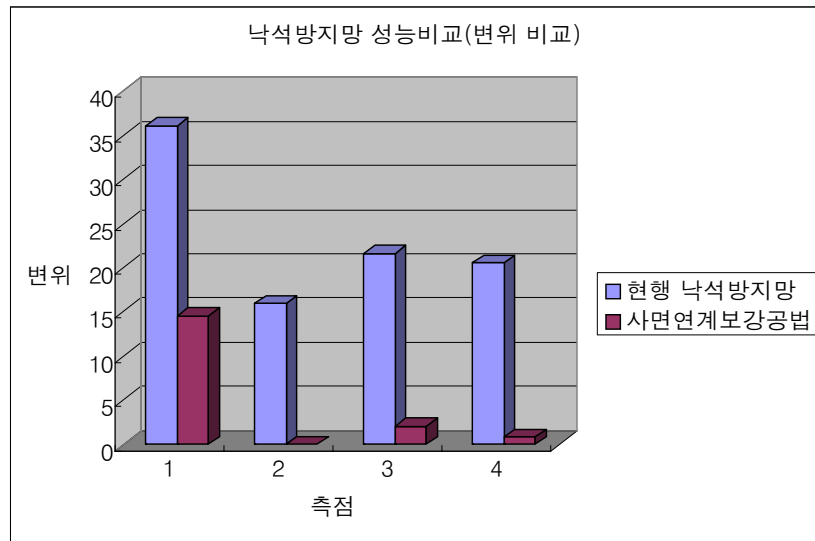


그림 9. 기존기술과 사면연계보강공법 적용시 변위 비교 그래프

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 사면연계보강공법(거미집공법)의 현장 적용시 사면보강효과 및 낙석지지능력을 수치해석적으로 평가하고 현행 낙석방지망과의 차이점을 비교·검토하기 위하여 유한차분해석 프로그램을 이용한 수치해석을 실시하였다.

- (1) 락볼트+ 낙석방지망 형식과 사면연계보강공법 적용 후 동일조건인 암반 절개지에서 지반응력변화를 비교하면 본 신기술공법 적용시 지반응력은 평균적으로 83.39 %정도 감소하고 변위는 94.38%가 감소되는 것으로 검토되었다.
- (2) 현행 낙석방지망의 현장 적용시 락볼트 보강만이 시공어 있을 때의 지반응력 및 변위와 별다른 차이가 없었으며, 이에 대한 이유는 소규모 암반탈락 발생시 낙석지지능력은 ‘고정핀 인발저항력+ 와이어로프강성+ 네트강성’이나 사면안정성 증가와 암반탈락 역지에는 별다른 영향을 못 미치며 기존 기술은 보강의 역할이 아닌 표면보호공에 가까운 것으로 판단된다.
- (3) 본 사면연계보강공법의 낙석지지능력은 ‘네트강성+ 와이어로프강성+ 락볼트인발저항력’ 으로서 현행 낙석방지망보다 큰 낙석지지능력을 가질 뿐만 아니라 현행 낙석방지망에서는 아무런 보강효과를 나타내지 않은 와이어로프가 락볼트와 연계되어 ‘락볼트 인발저항력에 와이어로프 강성을 합산한 만큼의 낙석에 저항하는 능력이 증가하여 현행 낙석방지망 적용시 보다 사면안정성을 증가시켜 장기적인 사면안정성 확보측면에서 더 우수한 것으로 수치해석결과 검토되었다.
- (4) 사면연계보강공법은 현행 낙석방지망의 표면보호공의 역할 뿐만 아니라 소규모 암반탈락을 억제하고 더 나아가 암반사면의 진행성 파괴에도 큰 보강효과를 보이는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2000), 도로안전시설 설치 및 관리지침 연구-낙석방지지설, 도로반사경, 장애인 안전시설 편, pp1~92
2. 건설교통부(1996), 도로공사표준시방서
3. 건설교통부(1998), 도로부대시설 표준도(배수시설, 안전시설)
4. 이승호(1997), 암반사면 파괴형태의 기본개념, 한국고속도로관리공단 회지, 10월호
5. 유충식(2002), A-볼트보강 낙석방지망, 한국지반공학회 논문집, 18권 제10호, pp24-30
6. 정형식(2004), 토목기술자를 위한 암반역학, pp119~288, 도서출판 새론,
7. 황제안, 이상덕, 전동각, 구자갑(1993), 사면안정해석에 대한 Constrained Simplex Method 적용, 대한토목학회 논문집, pp.209-215
8. 건설교통부(2000), 국내사면 파괴 특성을 거러한 토사사면의 안정해석 및 보강기법 시스템, ‘97 건설교통기술 연구사업 최종보고서, 한국과학기술원 pp.239