

# A-볼트 보강 낙석방지망

유충식<sup>\*1</sup>, 나재술<sup>\*2</sup>

## 1. 서론

일반적으로 고속도로나 국도 등 중요한 국가 도로 주변의 절개사면에서 낙석사고가 발생할 경우 도로망의 기능성 저하 및 상실 등의 문제가 발생하므로 사전에 이러한 문제를 방지하기 위해 불연속면이 발달한 사면에는 낙석방지시설이 적용되고 있다. 낙석방지시설은 기능에 따라 보강공법과 보호공법으로 구분되며 본 공법은 보호공법으로 분류되는 낙석방지망의 범주에 든다고 하겠다. 낙석방지망은 철망과 와이어로프 등의 구조적 부재를 절개면에 시공하여 강우나 풍화 작용 등에 따른 불연속면의 이완에 의한 낙석에 대처하기 위한 시설물로 정의할 수 있으며, 사면관리 측면에서 유지관리를 위한 매우 중요한 역할을 하는 구조체라고 할 수 있다.

우리나라에서는 일반적으로 선지름 4.0~5.0mm, 망는 50×50mm 이상의 철망위에 3.0×3.0m 간격의 종·횡 와이어로프를 설치한 후 종·횡로프의 각 교차점을 조립구조로 엮고 이를 고정판을 이용하여 절개면에 정착시키는 형태로 되어 있다(그림 1). 이러한 형태의 낙석방지망은 시공시 작업자의 안전문제와 더불어 구조적 문제로 인한 하자발생 사례가 많아 이에 대한 개선이 꾸준히 요구되어 왔다. 즉, 낙석이 발생할 경우 철망과 와이어로프가 이에 충분히 저항하여야 하나 고정판을 이용하여 종·횡로프를 절개면에 정착시키는 기존의 구조는 고정판의 인발저항

력 부족으로 인해 와이어로프가 낙석하중이 발생할 경우 제 기능을 발휘하지 못해 망터짐 현상이 발생하는 근본적인 문제점이 지속적으로 대두되고 있다. 이러한 측면에서 향후 발생하는 각종 절개사면을 효율적으로 관리하고 기존의 문제성 절개사면을 보호하는 측면에 있어서 경제성과 내구성이 확보되는 낙석방지망의 개발이 절대적으로 요구된다고 하겠다.

A-볼트 보강 낙석방지망은 이러한 기존의 낙석방지망의 근본적인 문제점을 해결하기 위해 개발된 사면보호 및 보강공법 개념의 낙석방지망으로서 기존의 낙석방지망과 비교하여 우수한 역학적 안정성 및 경제성, 그리고 현장 적용성을 확보한 공법이라고 할 수 있다. 기존의 낙석방지망에 있어서 고정판을 이용하여 와이어로프를 절개면에 정착시킴에 따른 하중 지지력 부족의 근본적인 문제점을 보완하는데 중점을 둔 본 공법은 와이어로프를 방사형으로 배열하고 이를 본 공법의 일환으로 새로이 개발된 A-볼트를 이용하여 절개면에 정착시키는 구조를 갖추고 있어 암반-철망-와이어로프가 복합구조체로 거동하도록 하여 암반의 이완을 최소화 하고 낙석하중에 저항하는 매우 효율적인 구조로 되어 있다. 본 고에서는 A-볼트 보강 낙석방지망에 대한 소개를 다루었다.

## 2. 현행 낙석 방지망의 문제점

현재 적용되고 있는 낙석방지망은 재래식 낙석방지망이 갖고 있었던 ①망과 와이어로프의 결속력 부

\*1 정희원, 성균관대학교 건축, 조경 및 토목공학부 부교수

\*2 (주)성원전문 대표이사

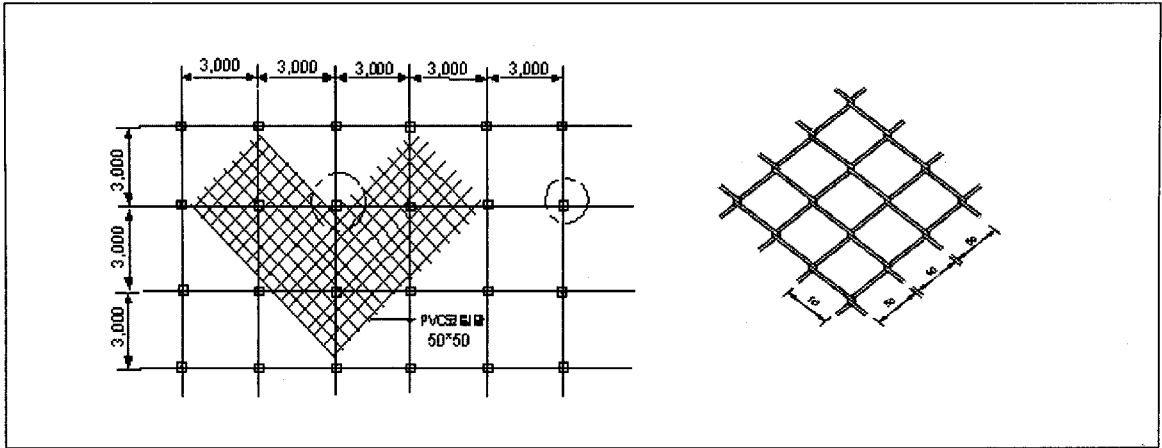


그림 1. 현행 낙석방지망 구조

죽 ②와이어로프 고정구의 고정력 부족 ③보호망 접합부의 구조적 문제점 등을 개선한 형태로서 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 기능 발휘할 수 없도록 되어 있어 낙석방지망 자체가 기능성을 상실하는 경우가 많이 발생하고 있다. 기존의 낙석방지망의 문제점은 다음 두 가지로 요약될 수 있다.

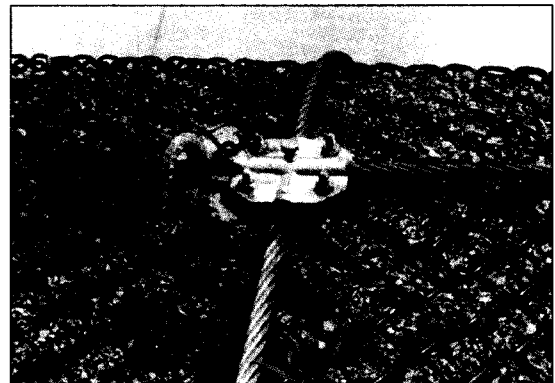


그림 2. 고정핀을 이용한 와이어로프 정착

### 1) 고정핀의 암반 정착력 부족

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

정핀은 주고정핀과 보조고정핀으로 구별되는데, 주고정핀은 와이어로프의 끝부분을 암반에 고정시키는데 사용되며 보조고정핀은 로프가 교차하는 지점의 조립구나 인근 부위에 설치한다. 특히  $\phi = 16\text{mm}$  이상, 길이 500mm의 철근이 사용되는 보조 고정핀(그림 2)은 설계시 낙석하중 전체가 고정핀에 작용하는 것으로 간주하나 충분한 인발저항력이 확보되지 못하는 경우가 허다하여 낙석하중이 발생할 경우 이에 저항력 부족에 따른 고정핀 이탈 현상이 발생하는 것으로 보고 되고 있다. 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. 특

히, 보조고정핀 이탈시에는 전구간이 지지력을 상실하는 구조적인 문제점을 보유함과 아울러서 부분적인 보수가 용이하지 않아 유지관리상의 문제점이 있어 하자 발생시 전 영역을 재시공해야 하는 문제점이 있는 것으로 알려져 있다.

## 3. A-볼트 보강 낙석방지망의 구성 요소

본 보강 낙석망은 기존의 낙석망이 가지고 있는 문제점을 개선하기 위해 다양한 구성요소를 개발하여 적용하였다. 그림 3은 개선된 A-볼트 보강 낙석 보호망을 보여주고 있으며 구체적인 구성요소는 다음과 같다.

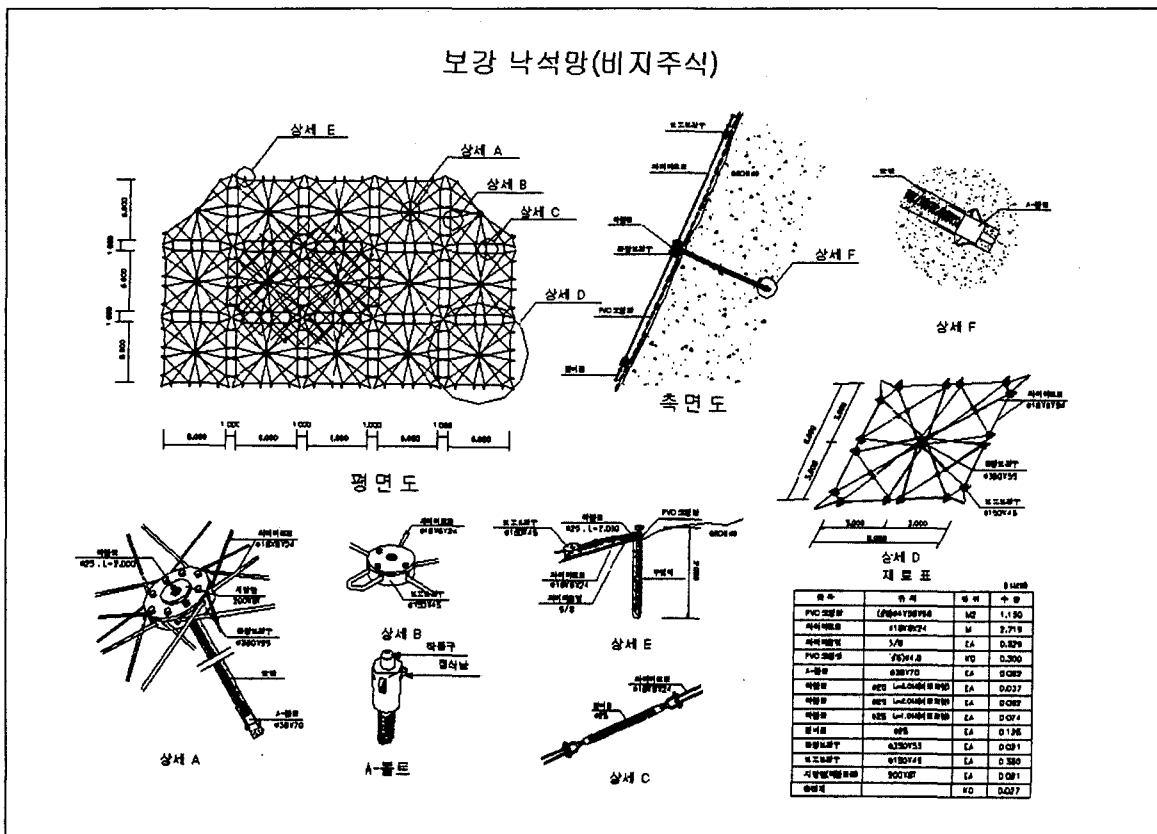


그림 3. A-볼트 보강 낙석방지망 개요도(비지주식)

■ 일체식 와이어로프

앞서 언급한 바와 같이 현행 낙석방지망의 구조는 망을 설치한 후 와이어로프를 연결편으로 법면에 고정시키는 형태로 되어 있으나 고정편이 낙석하중에 대한 충분한 인발저항력을 확보하지 못해 암반으로부터 이탈될 경우 와이어로프의 일체성이 상실되어 낙석하중에 대한 충분한 지지력을 확보하지 못함에 따른 망터짐 사고가 종종 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 본 공법에서는 단일 가닥의 와이어로프를 거미줄 형태로 시공하여 일체성 및 하중지지력이 확보되도록 하여 종·횡로프의 구조적 문제점을 해결할 수 있도록 하였다. 또한 개별 유니트로의 생산이 가능하여 하자발생시 교체 등의 유지관리가 편리한 장점이 있다.

■ A-볼트

현행 낙석 방지망의 근본적인 문제인 망-로프-법면의 일체성 부족의 문제를 근본적으로 해결하기 위해 개선된 낙석방지망에는 직경 35cm의 중앙보강구(φ350×55)와 15cm의 보조보강구(φ150×45)를 설치하여 이를 통해 A-볼트의 시공이 가능하게 하였다. 중앙보강구에 설치되는 A-볼트(그림 5, 6)는 기존의 록볼트의 인발특성을 향상시킨 것으로서 망과 로프를 법면에 고정시키는 역할 뿐만 아니라 절리가 발달한 사면에서는 네일링 개념으로 적용할 수 있으

며 사면의 안정성 검토 결과를 토대로 보조보강구에 대한 A-볼트 시공여부를 결정하여 선택적으로 A-볼트를 설치할 수 있도록 하였다. 이러한 시공방법은 “암반-와이어로프-철망”구조의 일체성을 향상시켜 낙석의 형성을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 낙석발생 후 암반의 이완을 방지하는 역할을 할 수 있다.

■ 중앙보강구 및 보조보강구

보강구는 그림 3 및 4에서 보이는 바와 같이 A-볼트가 시공되는 구성요소로서 와이어로프를 일체식으로 연결할 수 있도록 고안되었다. 일반형에서는 중앙보강구에만 A-볼트가 시공되나 설계자의 판단에 따라 보강효과를 증진시킬 목적으로 보조보강구에도 추가의 A-볼트 시공이 가능하다.

■ 턴버클

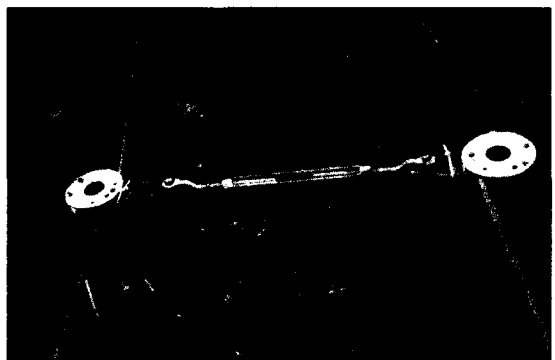
본 보강 낙석망은 6m×6m 크기의 단일 유니트를

표 1. A-볼트 보강 낙석방지망 구성요소의 규격

PVC 코팅망	#8(40-32)×56×56	KS D 7036
와이어로프	φ 16×6×24	KS D 3514
A-볼트	φ 38×70	
록볼트	φ 25, L=(3.0~1.0)m	
중앙보강구	φ 350×55	
보조 보강구	φ 150×45	

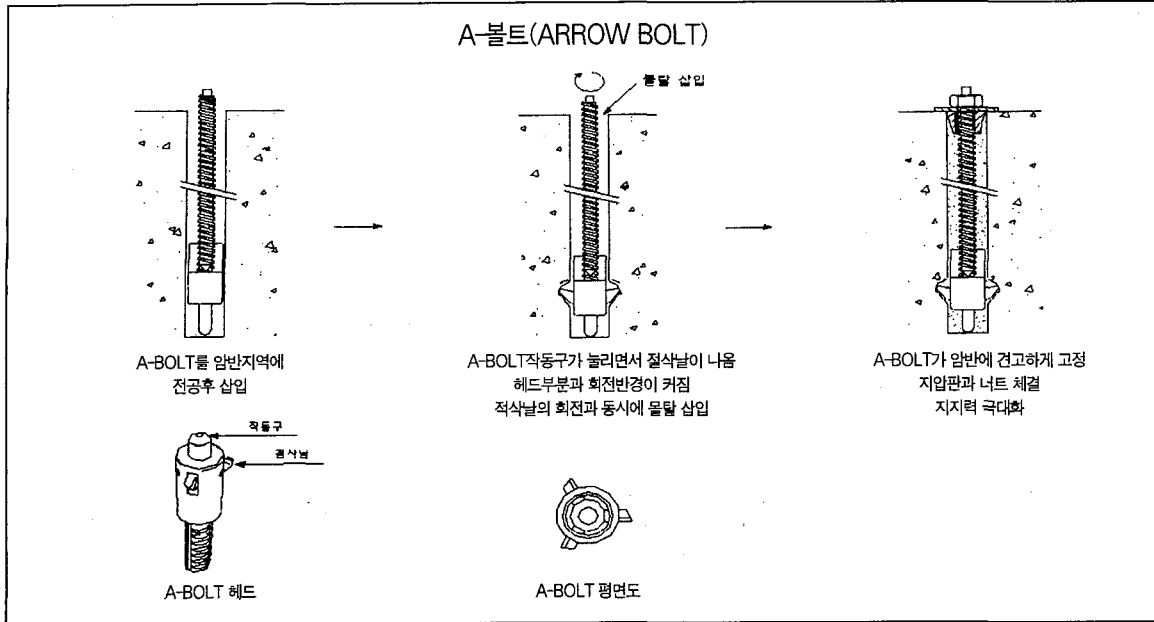


(a) 주 보강구

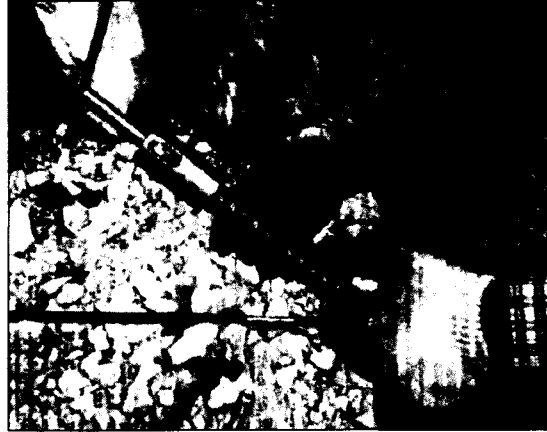


(b) 보조보강구 및 턴버클

그림 4. A-볼트 보강 낙석방지망 주 구성요소



(a) A-볼트 헤드



(b) A-볼트 헤드 장착

그림 6. A-볼트 헤드 및 설치

조립식으로 연결하여 시공할 수 있도록 되어 있으며 필요에 따라 연결하는 유니트의 수를 조절하여 그 크기를 조정하도록 되어 있다. 턴버클은 개별 유니트를 연결하는 구성요소로서 버클식으로 고안되었다.

각 구성요소의 규격은 표 1과 같다.

표 2는 A-볼트 보강 낙석방지망과 기존의 낙석방지망의 구성요소와 장단점을 비교하고 있다. 보이는 바와 같이 A-볼트 보강 낙석방지망이 구조적으로 안정성을 확보할 수 있도록 고정력이 확보된 일체의 구조로 형성되는 장점을 보유하고 있다.

표 2. 낙석방지망 비교·분석

구성요소	• 와이어로프 • 철망 • A-볼트 • 중앙보강구 • 보조보강구	• 와이어로프 • 철망 • 고정핀 • 결속선 • 조립구
시공성	단일유니트를 턴버클을 이용하여 연결하므로 시공성이 우수하다.	망접합부와 와이어로프 교차부에 스프링을 설치하여야 하므로 시공성이 떨어진다.
구조적 안정성	와이어로프-A-볼트-철망의 일체구조로 되어 있어 외력에 대한 저항력이 뛰어나다.	고정핀을 이용하여 와이어로프와 철망을 암반에 결착시키므로 외력에 저항하는데 비효율적이다.
특징	<ul style="list-style-type: none"><li>• 단일기닥의 와이어로프를 이용하므로 구조적인 일체성을 확보할 수 있다.</li><li>• A-볼트를 적용하므로 소정의 암반 보강 효과를 확보할 수 있다.</li><li>• 암반-낙석방지망의 일체구조를 확보할 수 있어 암반의 이완을 방지하고 낙석하중에 충분히 저항할 수 있다.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 고정핀이 낙석하중에 충분히 저항하는데 비효율적인 구조를 갖추고 있다.</li><li>• 격자형의 와이어로프 배열형태는 구조적으로 낙석하중을 저항하는데 비효율적이며 고정핀 이탈시 외력에 대한 저항력을 상실한다.</li></ul>

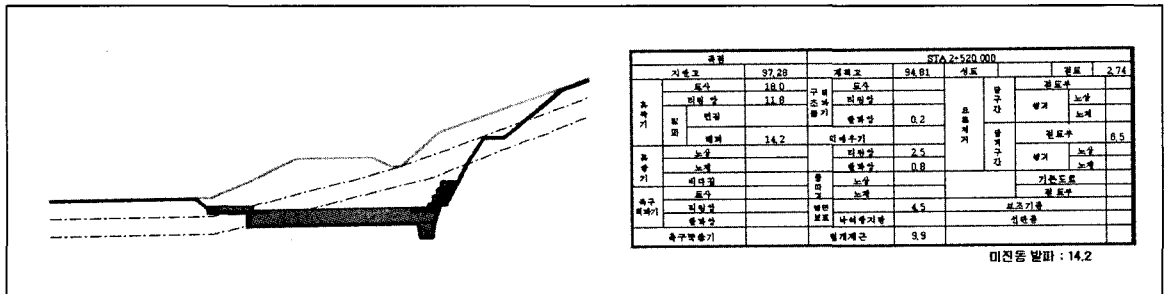


그림 7. 현장 절토사면 개요도

### 4. 현장적용 사례

개발된 보강 낙석망의 시공성 및 적용성 평가를 위해 경기도 소재 현장 1개소에 시험시공을 수행하였다. 시험시공이 실시된 현장은 경기도 남양주시 별내면 덕승리에서 청학리간 4.1km 구간의 군도 3호선 개설공사 현장으로서 그림 7은 당 현장의 일반적인 절토사면의 구배를 나타내고 있으며, 당 현장의 일부 구간에 A-볼트 보강 낙석 방지망을 시공하였다.

그림 8은 A-볼트 보강 낙석방지망이 시공된 현장 전경을 사진으로 보여주고 있는데 보이는 바와 같이 주 보강구에 A-볼트가 시공되어 있어 방지망과 암반이 일체화 되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 한편, A-볼트 및 케이블망은 보호망을 암반에 밀착시키고 있어 암반의 풍화를 억제시킬 수 있을 것으로 판단되며

A-볼트와 와이어로프 시스템으로 인해 낙석보호망의 하중 저항능력이 증가하여 암반의 이완으로 발생할 수 있는 탈락된 암괴를 기존의 낙석보호망 보다 매우 효율적으로 지지할 수 있을 것으로 판단된다.

현장 시험시공 결과 A-볼트 보강 낙석 방지망은 시공성이 우수하고 암반과 밀착되어 시공되므로 풍화를 억제할 것으로 판단되며, 개발된 낙석 보호망의 주 부재인 A-볼트와 와이어로프 시스템은 낙석 보호망 자체의 하중지지력을 증가시켜 향후 암반의 이완으로 발생하는 암괴를 효율적으로 지지할 수 있는 것으로 나타났다.

### 5. 결론

A-볼트 보강 낙석방지망 공법은 절개사면의 장·

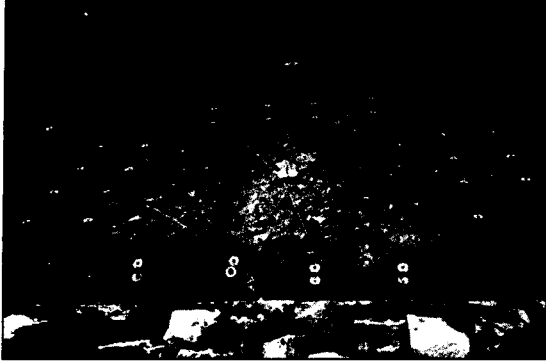


그림 8. 현장적용 전경

단기적인 안정성 확보측면에서 암반이완을 방지하고 낙석방지를 위한 보강개념의 사면 보호공법으로 적용될 수 있는 공법으로서 기존의 낙석방지망의 대체 공법으로서의 활용도가 매우 높을 것으로 기대 되는 공법이다. 특히 본 공법은 기존의 낙석방지망에서는 기대할 수 없었던 사면보강개념이 적용된 공법으로서 불연속면의 발달이 심한 절개면의 효율적인 유지 관리에 그 활용도가 매우 높을 것으로 판단된다.

본 공법은 복잡한 지질구조로 인해 절리와 같은 불연속면이나 파쇄대가 많이 분포하고 있어 사면절취 후 절개면의 보호를 위한 보호 내지 보강공법이 적용

되어야 하는 우리나라 절개사면에 적합하다고 할 수 있다. 즉, 현재는 불연속면이 발달한 절개사면의 경우 록앵커나 네일공법 등의 보강공법을 적용한 후 필요에 따라 낙석방지망을 시공하는 방식을 택하고 있으나 본 공법은 보강개념의 사면보호공으로서 경우에 따라서는 위 두 공법을 단일 공정화할 수 있는 장점을 갖고 있다고 하겠다. 이러한 맥락에서 본 공법의 활용도는 낙석방지망의 시공이 필요한 경우, 사면보강이 요구되는 경우 등 절개면이 발생하는 현장에서의 사면보호/보강공법으로서 활용도가 매우 높을 것으로 기대된다.