주동보강형(主動補强型) 낙석방지망 공법

1. 머리말

전 국토의 70% 이상이 산지로 구성된 우리 나라의 경우 대규모 토목공사시 절취사면(ut-slope)의 형성은 필연적이며, 그 수와 규모 역시 점점 증가하고 있다. 따라서 절취사면의 설계 및 시공에 있어 안정성의 확보는 구조물의 원활한 이용을 위한 기본적인 요건이 된다. 절취사면의 경우 안정성 확보를 위한 대책공법은 사면 자체의 안전율에 따라 크게 안전율 증가공법과 안전율 유지공법으로 구분할 수 있다.

국내에서 일반적으로 사용되는 보호공법으로 낙석방지망을 들 수 있다. 이 공법은 크게 고정식과 커튼식으로 분류되며, 다른 공법들에 비해 시공이 용이하다는 장점이 있다. 그러나 낙석방지망의 경우 낙석의 형태 및 규모에 대해 충분한 고려없이 일괄적으로 시공된다는 점과 소규모의 낙석에도 쉽게 파손되어 유지·관리에 많은 어려움을 겪는다는 점등의 문제점이 있다.

특히 후자의 경우는 주변의 경관을 해칠 뿐 만 아니라 추가적인 낙석에 의해 대규모 사고의 원인을 제공할 수 있는 위험성이 잠재되어 있다.

미국 및 유럽의 선진국에서는 소규모 이완 암블록의 탈락과 토석류의 슬라이딩(Sliding) 및 소규모 붕괴에 대한 대비책으로 낙석방지망과 유사한 개념인 주동보강형 낙석방지망 시스템이 널리 보급되어 있다.

2. 주동보강형 낙석방지망 시스템의 특성, 제원 및 구조

침식방지 시스템인 본 공법은 사면의 소규모 붕괴나 낙석 발생 가능성이 높은 지역에 인장력을 지닌 재료를 사면 전체에 시공하여 사면을 안정화시키는 공법이다. 즉, 사면 상부에 위치한 뜬돌이나 이완된 암괴에 대한 저항력을 증대시켜 이들의 이동을 제한하므로서 사면의 안전성을 확보하는 것이다. 이와 더불어 이 시스템은 기존의 사면 보호공법에 주동보강의 개념을 도입한 것으로 암블록의 이동시 암괴의 충격에너지를 효율적으로 흡수, 분산시켜 도로나 주변 구조물에 주는 피해를 최소화하는 것이다.

이 시스템은 육각형 와이어 메쉬(hexagonal wire mesh), 격자형 와이어 로프 네트(wire rope net), 직경 12~16mm의 보강케이블(strengthening cable 혹은 tension cable) 및 이를 고정하는 길이 1.5~2.0m, 직경 15~25mm의 앵커로 구성된다(그림1). 고정 앵커의 경우는 시스템의 특성과 현장 여건에 맞도록 메쉬의 상, 하단부 및 측부에 각각 다른 특성을 갖는 앵커를 사용할 수 있으며 이외에도 표토층에 메쉬를 고정할 경우 특별히 고안된 육각형 물림판(hexagonal claw-plate) 등을 사용하기도 한다. 특히 앵커와 육각형 물림판은 암반의 표면과 케이블 및 와이어 로프 네트를 잘 밀착시켜 시공성을 높이는 역할을 한다.

이러한 주도보강형 낙석방지망은 현장 조사를 통해 사면의 붕괴 규모나 형태 등이 밝혀지

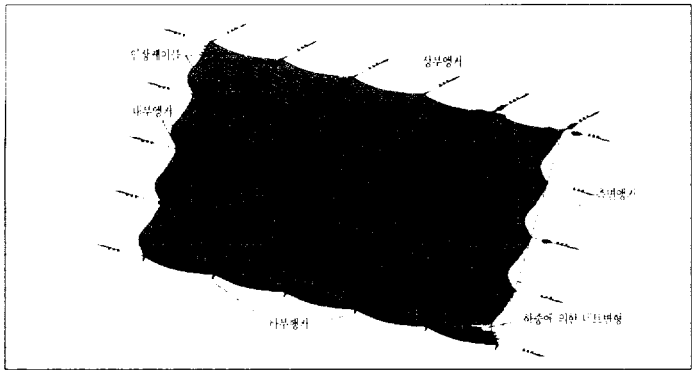

그림1. 주동보강형 낙석방지망의 개략적인 모형(화살표는 하중의 전달방향을 표시한 것임)

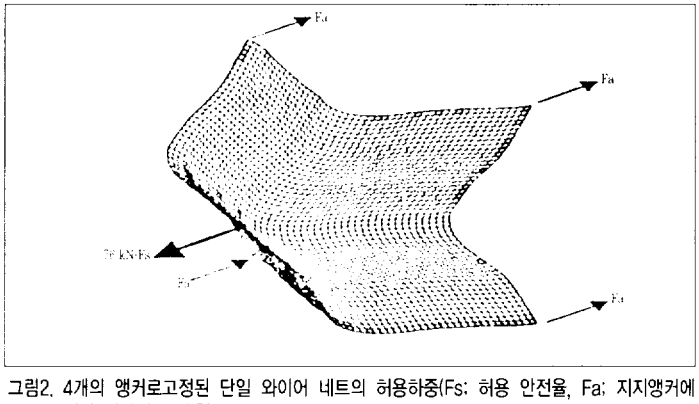

그림2. 4개의 앵커로고정된 단일 와이어 네트의 허용하중(Fs; 허용 안전율, Fa; 지지앵커에 의해 지탱되는 하중)

면 메쉬의 종류, 보강 케이블의 재료 및 직경, 앵커의 종류나 길이 등 시스템의 구성요소를 자유롭게 선택하여 시공할 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 충분히 안전율이 확보된 절취사면의 경우 소규모 낙석을 방지하기 위해서라면 육각형 와이어 메쉬와 직경이 작은 보강케이블만을 사용할 수 있으며, 안전율이 다소 낮으나 비용이 많이 드는 보강공법을 적용하기에 부적합한 절취사면의 경우에는 육각형 와이어 메쉬 외에 격자형 와이어 로프 네트와 앵커에 의해 인장력이 확보된 직경이 굵은 인장 케이블 등을 사용하여 절취사면의 안전율을 어느 정도 증가시킬 수 있다.

본 공법은 기존의 낙석방지망에 비해 초기 비용이 많이 든다는 단점이 있으나 장기적인 사면의 유지 · 관리적인 측면에서 보았을 때 보수나 교체 등의 추가비용이 적으며 기타 다른 보호공법보다 사면의 안전율을 지속적으로 확보하는데 있어 유리하다.

3. 시스템의 허용하중(load capacity)

이 시스템의 경우 허용하중은 가압 하중(stamping pressure)에 대한 와이어 로프 네트의 저항력에 의해 결정된다. 와이어 로프 네트 하부에 설치되는 육각형 와이어 메쉬는 로프 네트와는 다른 변형거동을 하므로 시스템의 허용하중 계산에는 포함하지 않는 것이 일반적이다. 와이어 로프 네트를 지지해 주는 고정 앵커는 로프 네트에 의해 앵커의 절점에 전달되는

표1. 특수망 시스템의 각 재원에 따른 최대허용하중

	단일 이완 블록		파쇄된 암반사면의 표면	
	지지하중 (kN)	블록크기 (부피, m³)	최대하중 (KN/m²)	블록크기
육각형 와이어 메쉬	1.98	43cm 크기 (0.080m3)	0.365	25cm 크기 (0.015m³)
육각형 와이어 메쉬 + 보강 케이블	4.13	56cm 크기 (0.172m³)	0.775	32cm 크기 (0.032m³)
육각형 와이어 메쉬 + 보강 케이블(D=12mm) + 앵커	12.66	81cm 크기 (0.528m³)	2.375	46cm 크기 (2.375m³)
육각형 와이어 메쉬 + 보강케이블(D=16mm) + 앵커	25.00	100cm 크기 (1.042m³)	4.690	58cm 크기 (0.195m³)

그림3. 주동보강형 낙석방지망 시공의 한 예

하중보다 더 큰 하중을 흡수할 수 있다. 이 시스템의 최대허용하중은 4개의 앵커에 의해 격리된 단일 와이어 로프 네트의 경우 안전율(Fs) 2를 적용하였을 때, 최대 약 76kN의 하중을 지지할 수 있다(그림2).

그러나 이러한 하중의 지지력은 고정앵커의 심도와 간격에 의해 변할 수 있어 사면에 대한 기술자의 판단에 의해 허용하중을 작게 혹은 크게 할 수 있다.

표1은 시스템의 각 요소들에 대한 최대 허용하중과 이에 따라 지탱할 수 있는 낙석의 대략적인 크기를 나타낸 것이다.

4. 맺음말

국내의 경우 1980년대 이전에 시공된 절취사면들은 발파에 의한 균열 및 풍화, 침식 작용에 의해 부분적인 낙석과 암탈락이 빈번히 발생하고 있다. 그러나 기존의 낙석방지망으로는 낙석이나 토석류의 이동 등을 효과적으로 차단할 수 없어 이를 대체하는 공법으로 주동보강의 개념이 보완된 이 시스템이 매우 유용할 것으로 생각된다(그림3). 본 공법의 다음과 같은 경우에 적용할 수 있다.

- 균열이 심한 암반 사면이나 표토층의 슬라이딩 발생 가능성이 높은 지역
- 암층이 선택적 풍화나 구조적인 요인에 의해 암반층에 파쇄대가 발달한 지역
- 사면의 이완 영역 또는 암편에 의한 낙석 발생이 높은 지역에서 숏크리트의 대체 공법
- 대규모 평면, 혹은 쐐기파괴가 예상되는 지역에 대해 앵커 시공 후 보완공법

• 붕괴 가능한 대규모 암체를 와이어 네트와 앵커로 인장시켜 낙석을 예방할 경우

이상에서 살펴본 것처럼 시공된 지 상당한 시간이 지난 급경사 도로사면이 많은 우리 나라와 같은 여건에서는 기존의 낙석지망에 보강공법의 개념이 들어간 주동보강형 낙석방지망 공법이 효과적으로 사용될 수 있다.

■ 자료 : 1. The GEOBRUGG Solutions for Protection against erosion and near-surface instabilities on escarpments and slopes, GEOBRUGG, 1996, pp. 1.1-2.24.
2. Gerber, W. and Haller, B., Safe and economical rockfall protection barriers, Environmental and Safety Concerns in Underground Construction, Lee, Yang & Chung (eds.), Special Reports of ISRM, 915-920, 1997.

■ 자료제공 : **정 의 진**
〈토목연구부 토공구조물 및 사면그룹〉

소규모 생물고도처리 공법

1. 종래의 활성슬러지 공법

일반적으로 현재 널리 보급되어 있는 하·폐수의 생물학적 처리장치는 유기물 산화조인 폭기조와 상기 폭기조의 미생물을 고액분리시키는 2차침전조로 구성(그림1)되어 있다. 2차침전지와 폭기조는 분리되어 설치되기 때문에 침전된 슬러지를 폭기조로 이송하기 위하여 별도의 반송펌프가 필요하며 침전된 슬러지의 rising방지 및 반송슬러지가 관에서 막히는 것을 방지하기 위하여 스크래퍼(scrapper)가 설치된다. 이러한 스크래퍼 및 반송펌프에 관련된 기계 및 전기장치는 비전문인력으로 구성되는 소규모 하수처리장의 경우에는 매우 복잡하다고 할 수 있다. 그리고 폭기조 및 침전지는 횡류식으로 설치되기 때문에 부지면적이 많이 소요되며 폭기조와 침전지의 구조물을 시멘트로 시공하기 때문에 공사비가 많이 소요된다.

우리나라의 읍·면 단위의 소도시지역은 그동안 생활환경의 개선으로 수세식 화장실의 보급이 확대되었고 축산시설의 증가 등으로 환경용량이 취약한 마을의 인근배수로 및 소하천은 수질이 악화되어 있다. 최근 정부에서는 농어촌 읍·면지역의 소하천 수질오염 방지를 위하여 2004년까지 전국 3,500개소의 읍·면지역에 대하여 하수도 보급사업을 실시하거나 계획중에 있고 상업용 개별업소에도 오수 처리설치를

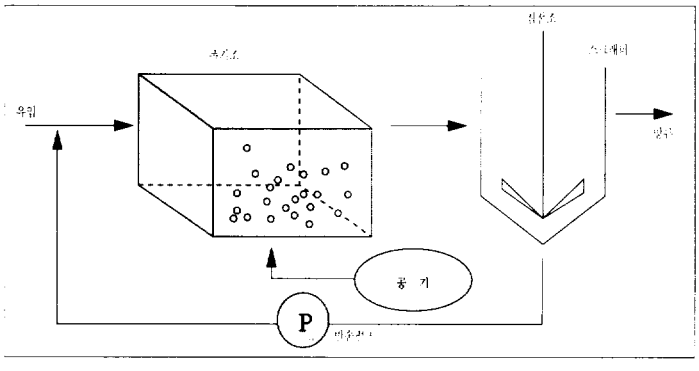

그림1. 활성슬러지 공법개념도