

발간등록번호

AN01145-000145-12

도로설계요령

제2권 토공 및 배수

2020

 한국도로공사

제2권

...

토공 및 배수

제5편 토공
제6편 배수시설
제7편 암거

제5편 토 공





11. 낙석방지시설

11.1 설계 기본사항

땅깎기 비탈면이나 자연비탈면에서 풍화의 진행, 이환, 진동, 호우 등에 의하여 노면에 낙석 위험이 있는 부위에는 낙석 대책공법을 설계에 반영해야 한다. 낙석 대책공법은 도로 구조, 비탈면 경사, 낙석 발생 예상 부위의 높이, 비탈면 보호공법 등을 고려하여 결정해야 한다. 낙석 대책공법은 낙석 방지공법과 낙석 보호공법으로 구분하고, 비탈면의 지형·지질·대책공법의 기능·내구성·시공성·유지관리 편의성 등을 고려하여 선정해야 하며, 1종류 또는 2종류 이상을 병용하여 설치해야 한다. 낙석 예방공법은 비탈면에서 부석이나 전석이 낙하지 않도록 처리하는 방법으로, 지반상태·뚝돌 또는 전석의 크기 등을 고려하여 공법을 선정해야 한다.

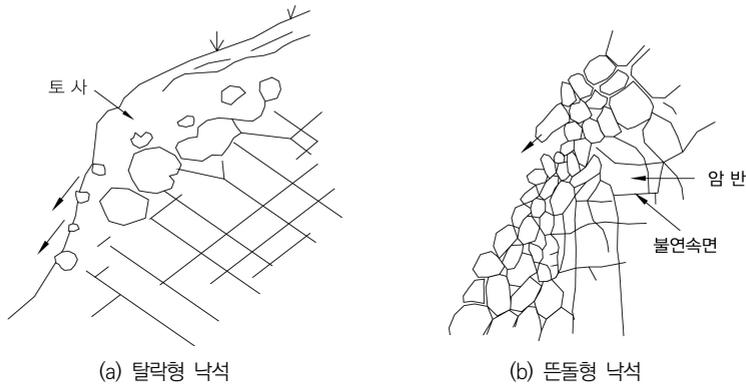
(1) 낙석의 원인

낙석은 주로 비탈면의 지형과 지질에 의하여 좌우된다. 낙석을 발생시키기 쉬운 지질조건으로 애추(talus)·화산성 쇄설물·풍화 화강암류 등 기질(암·자갈 등의 주위를 충전하는 토사 등 상대적으로 연약한 물질)이 풍화·침식에 대하여 저항력이 약하여 발생하는 경우와 불연속면이 발달하고, 이완된 불연속면을 따라 낙석이 발생하는 조건이 있다. 지형적으로는 경사가 급한 비탈면과 오버행(overhang)과 같은 지형의 형상에 좌우되어진다. 또한, 낙석에 의한 피해 정도는 낙석의 양·속도·도달거리에 의하여 좌우된다.

(2) 낙석의 발생 형태

낙석의 형태는 크게 두 종류로 구분되어지며, 기질 부분이 지표수나 지하수에 의하여 침식되어 낙석의 기본이 되는 암편이 표면에 들뜨게 되고 결국 균형을 잃어 떨어지게 되는 탈락형 낙석과 불연속면이 잘 발달된 단단한 암석의 비탈면에서 불연속면의 이완작용으로 발생하는 뜬 돌형 낙석이 있다. 그림 11.1 전자의 종류는 주로 애추성 퇴적물·화산 쇄설물·풍화 화강암류에서 풍화나 침식에 의하여 주로 발생하며, 후자의 경우는 불연속면이 발달한 암반에서 지표수가 침투하거나 지하수의 용출로 인하여 불연속면의 결합력이 저하되어 발생하거나

균기가 다른 두 암층이 호층으로 존재하는 경우, 지층에 따라 풍화·침식에 대한 내구성 차이로 발생하는 차별 침식의 결과로 주로 발생한다. 따라서, 낙석의 발생 구조와 원인은 경우에 따라 차이를 보이며, 이 구분은 낙석의 위험성을 판단하거나 대책을 계획하기 위한 기초가 된다.



〈그림 11.1〉 탈락형 낙석과 뜯돌형 낙석

(3) 낙석의 운동 형태

낙석의 운동 형태는 다음과 같이 분류된다.

(가) 미끄러짐

암석이 흘러내리는 형태로 아래쪽으로 미끄러져 내려오는 운동 형태

(나) 회전

암석이 회전하면서 아래쪽으로 이동하는 운동 형태

(다) 도약

공중으로 자유낙하하며 아래쪽으로 이동되어 오는 것으로, 지면 등에 튀면서 이동하는 경우와 발생 지점에서 도로나 구조물까지 도중에 튀는 일 없이 자유 낙하하는 경우가 있다.

낙석의 운동 형태는 낙석의 형태나 치수·암질과 함께 비탈면의 지형·지질·식생 등에 따라 좌우되며, 위에서 설명된 운동 형태 중 한 가지 또는 이것들의 조합으로 발생한다. 따라서 현장 상황에 대한 충분한 조사가 필수적으로 이루어져야 하며, 이를 기초로 운동 형태를 파악하고 적절한 대책을 세우는 것이 바람직하다.

11.2 낙석방지시설의 기능 및 종류

11.2.1 낙석방지시설의 기능

낙석방지시설의 주 기능은 낙석의 예방과 발생한 낙석이 도로로 유입되지 않도록 막아 도로 이용자와 도로 시설을 낙석으로 인한 재해로부터 지키는 것이다.

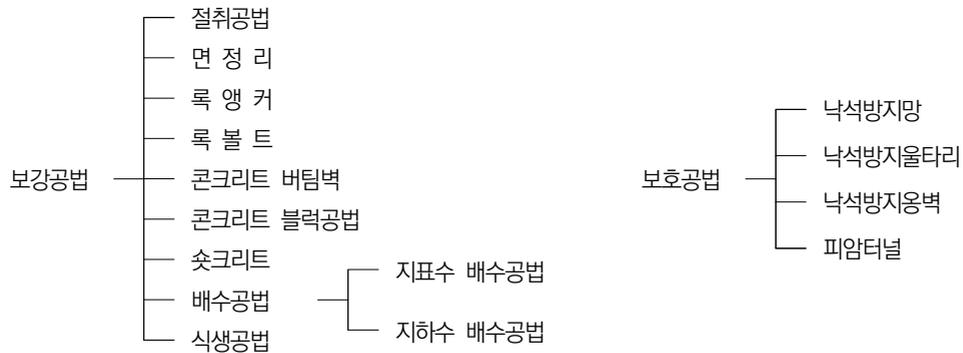
- (1) 낙석방지시설은 낙석 예방과 함께 예측하지 못한 낙석의 도로 유입을 막기 위하여 낙석이 예상되는 구간의 비탈면 전체 또는 일부에 설치하여 낙석으로 인한 재해로부터 도로 이용자들의 인명 피해와 재산 손실을 방지하는 기능을 가진다.
- (2) 낙석방지시설의 주요 기능은 다음과 같다.
 - 낙석의 충격에 저항하여 낙석 운동을 억제한다.
 - 낙석의 에너지를 흡수하여 낙석이 도로에 유입되는 것을 막는다.
 - 낙석의 낙하 진행방향을 바꾸어 피해 위험이 없는 곳으로 유도한다.
- (3) 낙석방지시설은 종류에 따라 그 기능이 다르므로 현장 특성을 고려하여 필요한 시설을 기능에 맞게 선정하여 설치해야 한다.
- (4) 낙석방지망은 주로 낙석을 포획하거나 낙석의 진행 방향을 바꾸는 기능을 하는 반면 낙석방지울타리와 옹벽은 낙석의 충격에 저항하거나 에너지를 흡수하여 도로로 유입됨을 막는 기능을 한다.

11.2.2 낙석방지시설의 종류

낙석방지시설은 기능에 따라 크게 보강공법과 보호공법으로 구분되며, 보호공법은 낙석방지망, 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽, 피암터널, 식생공법 등으로 구분된다.

- (1) 낙석방지대책은 낙석 보강공법과 낙석 보호공법으로 구분된다.
- (2) 낙석 보강공법은 낙석 발생이 예상되는 암편을 사전에 제거하거나 비탈면에 고정시키는 공법을 말하며, 낙석 보호공법은 비탈면으로부터 낙하하는 암편이 도로로 유입됨을 방지하기 위하여 도로변이나 도로시설 위에 설치하는 공법을 의미한다.
- (3) 현재 주로 사용 중인 낙석방지대책의 종류는 표 11.1과 같다.

〈표 11.1〉 낙석방지대책의 분류



(4) 보강공법(reinforcement method)

(가) 절취공법(resloping)

비탈면 자체의 급경사, 비탈면 내 대규모 이완 암반 존재 등에 의하여 비탈면이 불안정한 경우 경사도 완화, 이완 암편 제거 등을 수행하여 비탈면을 안정화시키는 공법이다.

(나) 면정리(triming)

비탈면으로부터 낙하가 예상되는 암편 등을 직접 제거하는 공법이다. 절취공법에 비하여 국부적으로 이루어지는 공법으로 시공성, 안정성, 경제성 등이 충분히 검토되어야 한다.

(다) 록앵커(rock anchor)

앵커공법은 대규모 암괴의 이동이 예상될 경우 고강도 강재를 앵커재로 사용하여 예상 활동면을 관통시켜 안정한 지반에 정착시키고, 앵커의 인장력에 의하여 활동에 저항하도록 하는 공법이다. 앵커공법은 고강도 강재를 사용하여 프리스트레스(prestress)를 가함으로써 정착된 암괴의 변위를 억제한다.

(라) 록볼트(rock bolt)

비탈면에서 예상 활동 암석이 소규모 블록으로 구성되어 있을 때 직경 약 25 ~ 50 mm, 길이 3 ~ 9 m 정도의 철봉을 안정한 암반에 정착시키고, 천공 흠을 그라우팅(grouting)함으로써 암반의 전단강도를 증가시키는 수동 보강형 공법이다. 록 앵커와의 가장 큰 차이는 프리스트레스를 가하지 않는다는 것이다.

(마) 콘크리트 버팀벽(butresses)

절취 공사 중 과다발파, 암 탈락, 침식현상 등에 의하여 비탈면 상에 빈 공간이 생기게 되면 비탈면 하부의 지지력을 상실하게 되어 또 다른 암 탈락이 발생할 위험이 커진다. 따라서 이를 방지하기 위하여 암이 떨어져 나간 빈 공간에 콘크리트 버팀벽을 설치하여 비탈면을 안정화 시키는 공법이다.

(바) 콘크리트 블록공법(concrete crib)

비탈면이 공기 중에 노출된 상태로 방치되면 강우나 지하수 등에 의한 풍화 침식작용으로 낙석 가능성이 높아진다. 블록공법(격자블럭공법)은 비탈면에 격자블럭을 시공하여 중력에 의한 비탈면 토층의 붕괴를 방지하고, 비탈면의 풍화침식작용을 차단시켜 비탈면 안정을 도모하는 공법이다.

(사) 쏿크리트(shotcrete)

쏿크리트 공법은 비탈면 표면의 침식, 암석의 풍화, 불연속면의 이완 등을 방지하기 위한 목적으로, 비탈면 표면을 시멘트·모래·물의 혼합 모르타르를 압축공기를 이용하여 피복하는 공법이다. 지하수가 많은 비탈면의 경우는 모르타르의 양생, 지하수압 발생 등에 의하여 비탈면 안정에 영향을 줄 수 있으므로 반드시 배수공과 병행해야 한다.

(아) 배수공법(drainage)

강우에 의한 비탈면 침식, 지하수에 의한 지반 강도 저하, 하중 증가 등 물은 낙석과 비탈면의 안정에 큰 영향을 미친다. 따라서 낙석예방과 비탈면의 안정성을 유지할 수 있도록 물의 영향을 받지 않도록 하는 방법이 배수공법이다. 배수공법은 강우가 지표면을 따라 지하로 침투하지 않도록 방지하는 지표수 배수공과 비탈면에 침투한 지하수를 배수시키는 지하수 배수공으로 나눌 수 있다.

(a) 지표수 배수공법

지표수 배수공법은 비탈면 상부 자연 비탈면에 콘크리트 U형 수로 등의 배수구를 설치하여 강우나 강설에 의한 지표수의 비탈면 내 침투를 방지하거나 지표수의 흐름을 차단시켜 비탈면의 침식을 방지하여 낙석을 예방하는 것으로 지하수 배수공에 비하여 설치비용이 저렴하고 시공이 용이하다.

(b) 지하수 배수공법

지하수 배수공법은 비탈면 내에 있는 용수 또는 지하수를 지표면 밖으로 유도하고 배수시켜 비탈면의 간극 수압 및 함수비율을 낮추어 비탈면을 안정시키는 공법이다. 설치 방향에 따라 수직배수공과 수평배수공으로 나눌 수 있다.

(자) 식생공법(vegetation)

낙석방지대책으로서 식생공법은 동결융해로 인한 지표면 균열 발생, 지표면 침식 작용, 암석 이완 등을 감소시킨다. 식생공법은 기상·비탈면 경사도·일조량 등을 고려하여 선택되어야 한다.

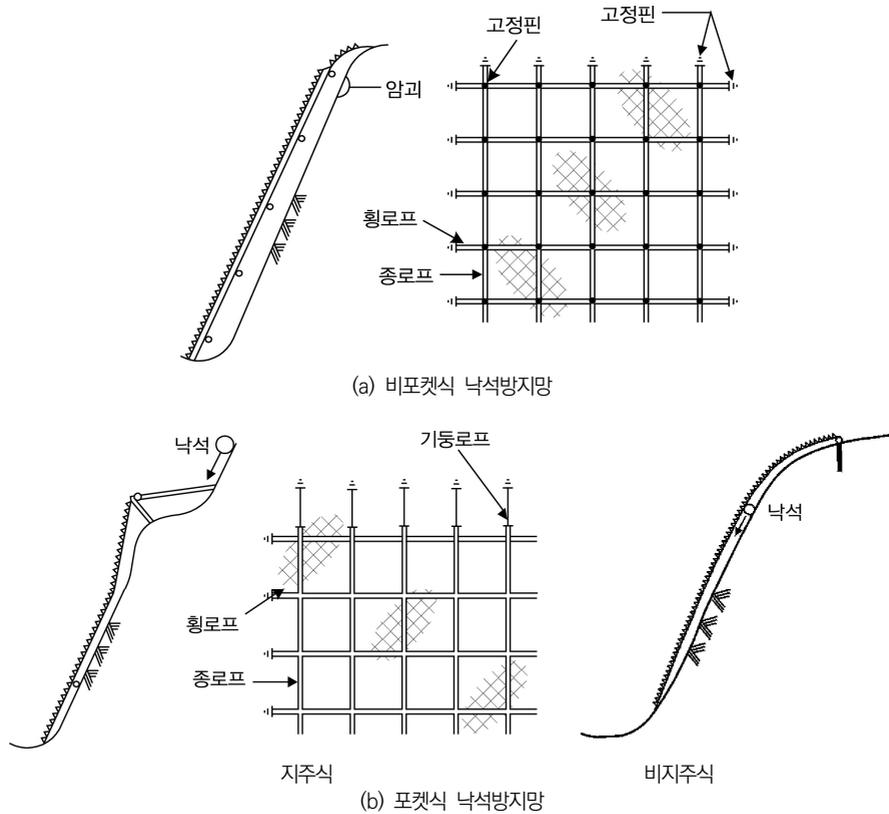
(5) 보호공법(Protection method)

(가) 낙석방지울타리(Rockfall protection fence)

낙석방지울타리는 비교적 소규모의 낙석을 방지하는데 효과적이며, 비탈면의 형태에 따라 낙석방지울타리의 종류와 설치방법을 결정해야 한다. 낙석방지울타리는 연장이 긴 비탈면에 집중호우 등에 의하여 낙석이 예상될 경우 또는 도로 이용자에게 직접적인 위험이 예상되는 장소나 도로 인접지에서 낙석이 예상되는 장소에 설치된다. 낙석방지울타리는 일반적으로 낙석 발생이 예상되는 비탈면의 최하단에 설치하며, 예상되는 낙하속도나 에너지가 큰 경우에는 비탈면 내에 추가적으로 설치하여 낙석의 운동에너지가 단계적으로 흡수되도록 한다.

(나) 낙석방지망(Rockfall protection net)

낙석방지망은 강우, 풍화, 나무뿌리의 작용 등에 의하여 불연속면의 이완이 심화되어 낙석 발생 가능성이 있는 부분을 철제망으로 덮어 낙석을 예방하는 공법으로서, 방지망의 자중과 이완된 암석의 포획 효과에 의하여 암석의 운동에너지를 억제하는 시설이다. 낙석방지망은 철망과 비탈면의 마찰력을 이용하여 이완 암편을 비탈면과 망 사이에 붙잡아 두는 역할을 하는 비포켓식 낙석방지망[그림 11.2(a)]과 기둥 로프, 지주, 철망, 와이어 로프 등으로 구성되어 이동하는 낙석을 철망에 충돌시킴으로써 낙석의 에너지를 감쇄하도록 하여 낙석이 도로 쪽으로 튀지 않고 낙석방지망 하부로 흘러내리도록 유도하는 포켓식 낙석방지망[그림 11.2(b)]으로 구분되며, 고속국도의 경우 일반적으로 비포켓식으로 적용한다.



〈그림 11.2〉 낙석방지망의 종류

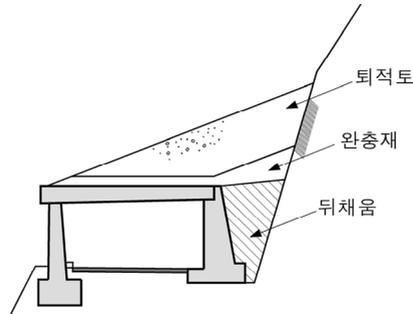
(다) 낙석방지옹벽(barrier)

낙석방지옹벽은 토사나 암반붕괴가 예상되는 지역에 이들이 도로로 떨어지는 것을 막아주는 보호공법으로 주로 도로가 인접한 곳에 설치한다. 낙석방지옹벽은 뒷부분에 포켓 부분을 두어 떨어지는 낙석이나 토사류가 퇴적될 수 있도록 하는 것이 바람직하며, 비탈면 경사도가 완만한 장소 또는 낙석방지옹벽과 비탈면 하부 사이에 여유가 있는 곳에 시공하는 경우가 많다.

(라) 피암터널(rock shed)

피암터널은 일반적으로 도로 인근에 여유폭이 없고, 낙석 발생의 가능성이 있는 급경사의 비탈면, 높이가 높은 비탈면(30 m 이상) 또는 낙석의 규모가 커서 낙석방지울타리나 옹벽으로 막아낼 수 없어 도로상에 낙석이 직접 떨어질 수 있는 구간에 설치한다. 피암터널은 강재나 철근 콘크리트 등을 이용한 터널형태의 구조물로 비탈면 상부에서 발생된 낙석을

도로 바깥쪽으로 이동하게 하여 낙석에 의한 피해를 방지하는 시설을 말한다. 피암터널의 상부에 완충재(경량성 토재·토사, 페타이어 등)를 설치하여 낙석의 충격을 흡수하며 피암터널 상단부 표면은 경사지게 하여 발생된 낙석의 충격에너지를 감소시킬 수 있다.



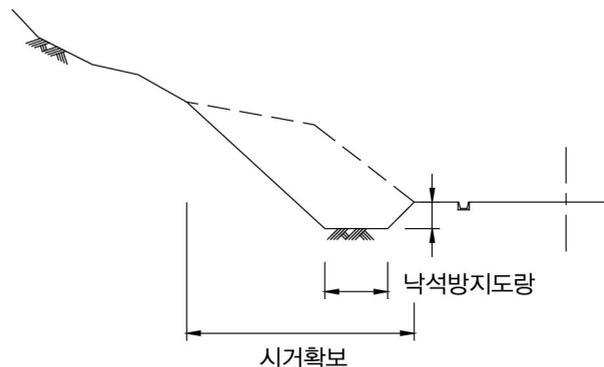
〈그림 11.3〉 피암터널의 예

(6) 기타 낙석 대책공

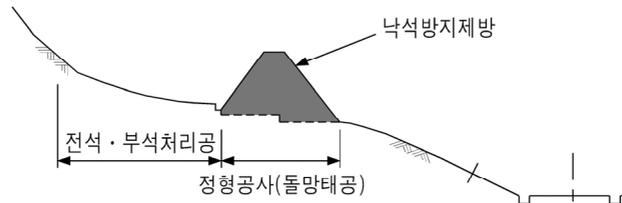
기타의 낙석 대책공으로는 낙석방지제방, 낙석방지도랑, 낙석유도책, 낙석방지림 등이 사용된다. 이들 공법은 어느 것이나 지형 및 수목 등의 자연 조건을 이용한 경제적이고 간단한 것이지만 용지 등의 제약조건이 있기 때문에 이의 선정에는 충분한 조사와 검토를 해야 한다.

(가) 낙석방지제방 및 도랑

낙석방지제방 및 도랑은 지형·지질 등의 현장 조건을 이용하여 낙석 에너지의 흡수·소산, 낙석의 유도를 도모하는 것이다. 현장 조건에 따라서는 효과적이고 시공이 용이하고 경제적인 대책으로 되는 경우가 있다. 또한 흙 제방 및 도랑을 설치하는 경우에는 배수공 등을 병설하여 배수대책도 충분히 배려할 필요가 있다(그림 11.4, 그림 11.5 참조).



〈그림 11.4〉 시거 확보를 도모한 낙석방지도랑의 설치 예



〈그림 11.5〉 완경사면 상의 낙석방지제방의 예

(나) 낙석유도책

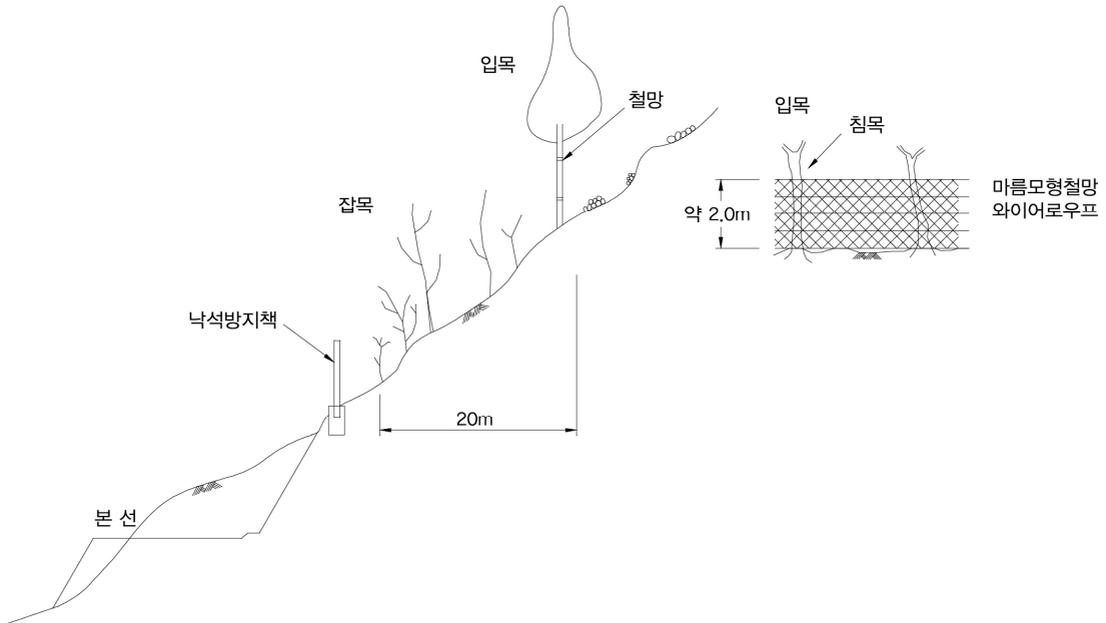
낙석이 발생하는 구간에서 낙석의 낙하 방향을 바꾸어 안전한 지대로 유도하는 편이 직접 방호공에 의하여 낙석을 막는 것보다 유리한 경우에는 그 목적에 따른 낙석유도책이 사용된다. 이를 위해서는 현지의 지형 등에 적합한 구조이어야 하며, 다단식 낙석방지책 등과 조합시키는 것이 바람직하다.

(다) 낙석방지림

낙석방지림에는 낙석의 예방을 목적으로 하는 것과 방호를 목적으로 하는 것이 있다. 예방을 목적으로 하는 낙석방지림은 암괴 이완이 심한 비탈면이나 급경사 비탈면의 표토 보전과 뿌리에 의한 이완 암괴의 결박을 기대하는 것이고, 뿌리의 발달이 확실한 자생의 수목에 기대하는 것이 원칙이다.

낙석 방호를 위한 낙석방지림은 일단 발생한 낙석을 나뭇가지에 의하여 저지하든가 감쇄하는 것을 목적으로 하고 있지만, 방지림만으로는 신뢰성이 떨어지기 때문에 다른 방호공과 병용하는 등의 고려가 필요하다.

(예) 낙석방지책의 지주에 수목을 이용하여 수목 사이에 철망을 붙여서 발생원 근처에서 낙석을 막도록 하는 것으로서, 임야지에 적합한 공법이다.



〈그림 11.6〉 낙석방지림의 예

11.3 선정 시 고려사항

낙석방지시설의 선정 시에는 낙석에너지에 대한 정확한 예측이 필요하다. 따라서, 비탈면의 지형·지질, 예상되는 낙석의 규모와 비탈면 높이, 낙석발생 가능성, 피해빈도 등에 대하여 정확하게 조사를 실시하며, 조사결과에 의한 분석을 근거로 예상되는 낙석의 규모와 발생 위치 그리고 낙석 에너지를 추정하여 이를 낙석방지시설의 기능, 흡수 가능 에너지, 장·단점 등을 비교하여 낙석방지시설을 선정한다.

- (1) 과거 낙석피해에 대한 조사 결과를 보면 낙석방지시설이 설치되어 있음에도 불구하고 도로까지 낙석이 떨어진 경우가 많이 발생되었다. 이러한 사례를 구체적으로 분류하면 다음의 네 가지로 나눌 수 있다.
- (가) 적절한 낙석방지시설이 설치되었음에도 불구하고 낙석의 규모가 커서 낙석방지시설이 낙석 에너지에 견디지 못하고 무너진 경우
 - (나) 낙석방지시설의 높이나 폭 등 규모가 작아서 발생된 낙석을 막지 못하고 도로로 떨어진 경우

(다) 낙석방지시설의 도로 종단방향으로의 설치 길이가 낙석 예상 구간에 비하여 짧게 설치되었거나, 혹은 인접한 두 시설사이의 틈새로 낙석이 노면에 떨어진 경우

(라) 유지관리의 소홀로 낙석방지시설이 제 기능을 하지 못한 경우

(2) 이러한 문제점들은 예상되는 낙석의 규모나 위치 등에 대한 예측이 정확하지 못한 경우와 낙석방지시설의 특성 및 흡수가능 에너지를 정확하게 파악하지 못하였기 때문이다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 낙석방지시설의 선정 시 낙석에너지에 대한 정확한 예측이 필요하며, 이에 따라 적절한 규모의 시설을 적절한 위치에 설치해야 한다. 낙석방지시설의 선정 시에는 비탈면의 지형 및 지질, 예상되는 낙석의 규모, 낙석의 발생확률, 피해 빈도나 상황 등을 고려하여 낙석으로 인한 피해를 최소화할 수 있도록 해야 한다. 따라서 비탈면의 상황, 즉 비탈면의 지형·지질·식생 분포 및 종류 등의 조사결과를 분석하고, 이를 근거로 하여 각종 낙석방지시설의 기능·내구성·시공성·유지관리의 편리성 등을 검토하고, 필요에 따라 낙석방지시설을 선정하여 설치해야 한다. 이를 위하여 다음과 같은 점들이 고려되어야 한다.

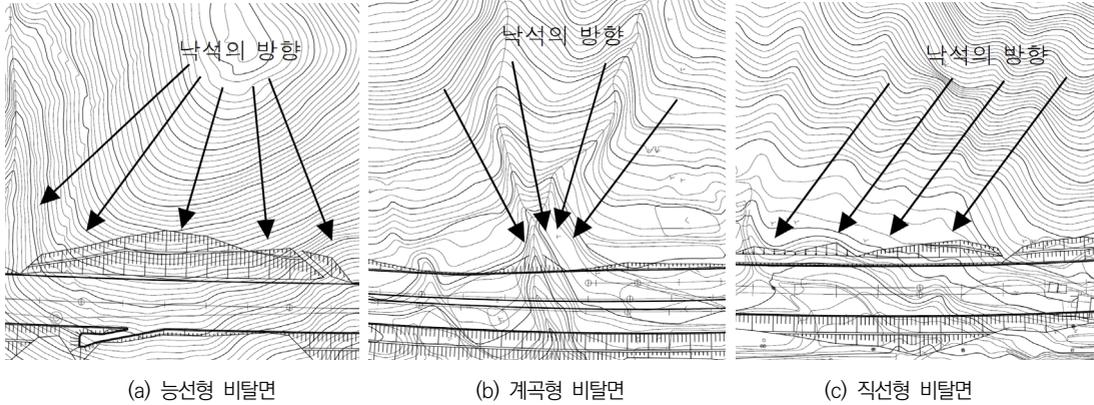
(가) 비탈면의 지형 및 지질

비탈면의 지형은 낙석의 평면 낙하 궤적과 낙석이 튀는 높이를 좌우하는 중요한 요소이다. 즉, 비탈면의 평면 형상은 낙석의 평면 낙하 궤적에 영향을 미치며, 비탈면의 측면 형상은 낙석이 튀는 높이를 좌우한다. 그림 11.7에서와 같이 비탈면의 평면 형상이 능선형일 경우 낙석의 평면 낙하 궤적은 다른 형태의 비탈면 형상보다 분산될 가능성이 높다. 또한, 그림 11.8(a)에서와 같이 볼록형 비탈면에서는 풍화작용으로 침식작용이 활발하게 일어나 복잡한 요철을 보이며, 따라서 튀는 높이가 매우 커질 가능성이 높다. 그림 11.8(b)의 오목형 비탈면에서는 상부 급경사면에서 발생한 탈락형 낙석이 하부로 갈수록 튀는 높이가 낮아지는 특성을 가진다.

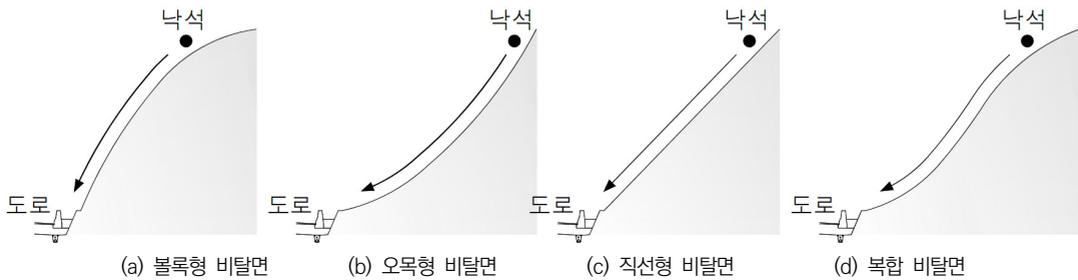
탈락형 낙석은 주로 비탈면의 경사각 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$, 뜬 돌형은 주로 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 이상에서 많이 발생하고, 30° 이하에서는 거의 발생하지 않는다. 즉, 뜬돌형 낙석은 급경사 비탈면에서 주로 발생하지만, 탈락형 낙석은 낮은 경사도에서도 발생할 수 있다.

비탈면의 지질 특성과 지질 구조는 낙석의 형태 및 규모와의 상관성이 높다. 비탈면의 구성암 종류에 따라 낙석의 발생 형태 등이 다양하게 변화하며, 절리면이나 지층면 같은 지질 구조에 의하여 낙석 규모 등의 영향을 받는다. 이러한 낙석의 형태와 규모는 낙석의

에너지와 튀는 높이에 영향을 주는 중요한 요소이다. 즉, 낙석이 구형에 가까울수록 그리고 규모가 클수록 높은 낙석 에너지를 발생시킨다. 따라서, 낙석방지시설의 선정 및 설치에는 이러한 지질 특성이 고려되어야 한다.



〈그림 11.7〉 비탈면 형태 분류(평면)



〈그림 11.8〉 비탈면 형태 분류(측면)

(나) 낙석방지시설의 기능 및 내구성

낙석방지시설을 선정할 때는 낙석방지시설의 종류별 기능적 한계를 고려해야 한다. 낙석방지시설이 낙석에너지에 대하여 저항할 수 있는 한계는 시설의 종류나 규모에 따라 다르다. 자료에 의하면 일반적으로 낙석방지망이 저항할 수 있는 낙석의 에너지는 약 10 kJ, 낙석방지울타리는 약 50 kJ, 낙석방지옹벽은 약 600 kJ 정도이다. 그러나, 이 수치는 낙석방지시설의 제원과 구조에 따라 다르다. 따라서 시설의 구조적 특성에 따라 흡수가능 에너지를 계산해야 하며, 이를 예상되는 낙석 에너지와 비교하여 낙석을 막아낼 수 있는 시설을 선정해야 한다. 10 kJ의 낙석 에너지는 0.4톤의 암석이 2.5 m의 높이에서 자유 낙하할 경우의 에너지에 상당하며, 50 kJ은 0.4톤의 암석이 12.5 m에서 낙하하는 에너지

를, 600 kJ은 3톤의 암석이 20 m 높이에서 낙하하는 에너지에 상당한다.

(다) 예상되는 낙석의 규모와 에너지

낙석 에너지는 주로 이동 암석의 규모에 좌우되므로 정확한 낙석 중량 추정이 이루어져야 한다. 낙석의 규모는 낙석의 사례, 지반조사를 통해 산정을 하되 추정이 어려운 경우는 800kg¹⁾를 적용하고, 낙석에너지는 간편식을 이용하거나 낙석 해석 전용프로그램을 활용하여 산정한다. 간편식을 활용하여 낙석에너지를 산정하는 경우는 식(11.1)을 이용하여 추정할 수 있다.

$$E_i = \left(1 - \frac{\mu}{\tan\theta}\right) \times (1 + \beta) \times m \times g \times H \quad (11.1)$$

여기서, E_i : 낙석 에너지(kJ)

θ : 비탈면의 경사도

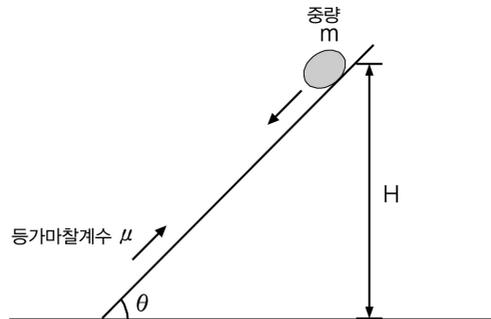
μ : 낙석의 등가마찰계수(표 11.2 참고)

β : 회전에너지 계수(대개 0.1을 사용)

m : 낙석의 중량(t)

H : 낙석의 낙차(m)

g : 중력가속도(보통 9.8 m/sec²)



〈그림 11.9〉 낙석 에너지 산정

- 낙석의 중량 추정 : 낙석의 체적(m³) × 2.65 ~ 2.70 t/m³,
- 낙석 부피 : 구의 경우 $\frac{4}{3}\pi r^3$ [r : 구의 반지름(m)], 육면체의 경우는 길이×폭×높이로 낙석 체적(m³)을 추정할 수 있다.

1) 국내에서 발생한 낙석규모 조사 결과(2010~2012) 분석 및 안전율을 고려하여 산정된 값

〈표 11.2〉 비탈면의 종류와 등가마찰계수

낙석의 특성	비탈면의 특성	등가마찰계수
둥근 모양	경암, 굴곡이 작고, 나무 없음	0.05
모나거나 둥근 모양	연암, 굴곡 중~대, 나무 없음	0.15
모나거나 둥근 모양	풍화암, 굴곡 소~중, 나무 없음	0.25
모난 모양	낭떠러지, 굴곡 중~대	0.31

주) 비탈면의 굴곡은 비탈면 1.0m 당 굴곡의 높이가 0.1m 이하를 소, 0.1~1.0m를 중, 1.0m 이상을 대로 표시한다.

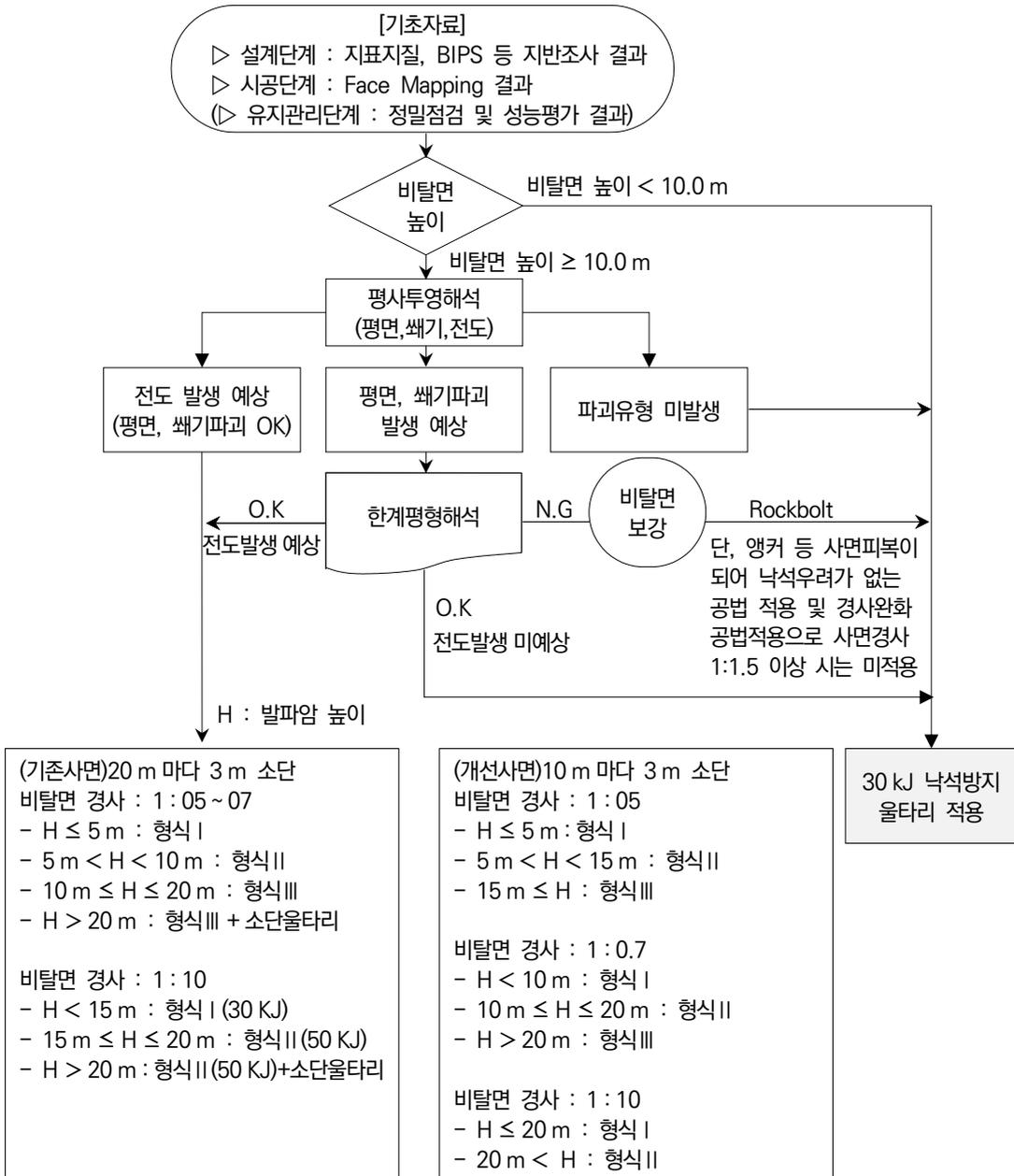
(라) 간편식으로 낙석에너지를 추정할 경우 비탈면의 형상, 소단 등의 특성을 반영하기 어려워 낙석에너지가 과다하게 산정되는 경향이 있어, 깎기 비탈면 특성이 반영 가능한 낙석에너지 전용 해석 프로그램을 활용하여 낙석에너지를 산정하는 것이 바람직하다. 비탈면 소단의 유무에 따라 낙석에너지 차이가 발생하므로 소단²⁾ 설치 위치와 폭을 감안하여 낙석방지시설을 계획한다.

2) 고속도로의 경우 깎기 비탈면 안전성 향상을 위해 소단 개선(2016)으로 발파암구간 높이 20m 마다 설치하는 소단(폭 3.0m)을 높이 10m마다 설치하는 것으로 개선

11.4 낙석방지시설 설치기준

11.4.1 낙석방지울타리

(1) 낙석방지 울타리 검토 흐름도



(2) 낙석방지 울타리 검토 조건

- (가) 낙석하중은 지반조사 결과 등으로 추정하여 산정하되, 추정이 불가능한 경우 허용(최대) 낙석 중량은 800 kg(8 kN)으로 한다.
- (나) 낙석의 높이는 3 m 소단이 설치되는 높이를 기준으로 최대 20 m로 하고, 20 m를 초과하는 경우는 소단부에 낙석방지 울타리 설치를 검토한다.
- (다) 발파암 적용 1:1.5이상인 경우는 낙석방지울타리를 미설치 하고, 비탈면 경사 1:1.2 이하부터 낙석방지울타리를 검토한다.

(3) 낙석에너지 산정

- (가) 낙석중량과 높이가 동일한 경우 낙석에너지를 간편식과 프로그램으로 비교하면 간편식이 프로그램 대비 낙석 에너지가 약 2~3배 높게 산출되어, 낙석방지울타리가 과다하게 설치 될 수 있으므로 비탈면의 다양한 변수 반영이 가능한 낙석 해석 전용프로그램을 이용하여 적용한다.

<표 11.3> 낙석에너지 산출방법 비교

구 분	변 수	비고
간편식	비탈면 경사, 낙석 중량, 낙하높이, 마찰계수	낙석 에너지
프로그램	간편식 변수 + 비탈면 특성(강도, 재료, 표면거칠기), 소단	낙석 에너지 낙석 도약높이

<표 11.4> 간편식에 의한 낙석에너지 산정 예(사면경사 1 : 0.7, 단위 : kJ)

낙석중량(kN) 발생높이(m)	4	5	8
10	39	48	77
20	77	97	154

<표 11.5> 프로그램에 의한 낙석에너지 산정 예(사면경사 1 : 0.7, 단위 : kJ)

낙석중량(kN) 발생높이(m)	기존(공용중) 사면			개선 사면		
	4	5	8	4	5	8
10	16	19	38	16	19	38
20	35	43	69	25	31	50

(나) 낙석방지울타리가 흡수 가능한 낙석에너지는 최대 110kJ을 적용한다.

〈표 11.6〉 낙석에너지 산정결과(단위 : kJ)

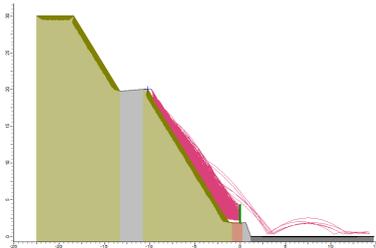
높이	구분	높이 20 m 마다 소단(폭 3 m)			높이 10 m 마다 소단(폭 3 m)		
		1 : 0.5 경사	1 : 0.7 경사	1 : 1.0 경사	1 : 0.5 경사	1 : 0.7 경사	1 : 1.0 경사
5		11.98	11.42	9.33	작동		
10		50.18	37.61	22.89			
15		89.36	68.67	58.63	27.32	-	-
20		107.31	93.59	70.91	75.30	50.08	28.75

(다) 낙석도약 높이 최대 4.21 m가 발생하는 것으로 검토되나, 2.5 m를 초과하여 발생하는 비율이 미소(0.5%)하여 낙석방지울타리 높이는 2.0 ~ 2.5 m로 적용하고, 낙석도약 높이 등 불규칙성을 감안하여 낙석방지망을 낙석방지울타리의 보조공법망으로 설치한다.

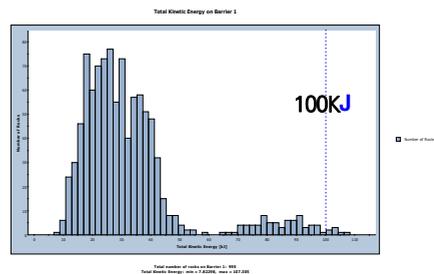
〈표 11.7〉 낙석 도약 높이 산정 결과(단위 : m)

높이	구분	높이 20 m 마다 소단(폭 3 m)			높이 10 m 마다 소단(폭 3 m)		
		1 : 0.5 경사	1 : 0.7 경사	1 : 1.0 경사	1 : 0.5 경사	1 : 0.7 경사	1 : 1.0 경사
5		0.83	0.61	0.52	작동		
10		1.24	1.32	0.81			
15		2.89	1.97	1.22	0.58	-	-
20		4.21	2.77	1.53	2.90	2.06	1.00

- 프로그램을 이용한 낙석 도약 높이 산정
- 조건 : 기존 비탈면 경사(1 : 0.5), 낙석중량 8.0kN(800kg), 발생높이 20 m, 낙석수량 1,000개 방지울타리 2.5 m



- 최대 도약 높이 : 4.21 m
- 울타리 높이 초과 비율 : 0.5%



- 최대 낙석 에너지 : 107.31 kJ
- 100 kJ 초과 비율 : 0.7%

(라) 환경성을 고려하여 깎기 높이는 30 ~ 40 m 이하로 설계하고 있어 대규모 깎기 비탈면 발생빈도는 낮으나, 소단 개선사면은 비탈면 경사 1 : 0.7 ~ 1.0, 암 높이 40 m 이하에서는 소단 낙석방지울타리의 추가 없이 낙석에 대한 안전성 확보가 가능하다. 비탈면 경사 1 : 0.5의 경우 암 높이 30 m까지는 낙석에 안정성이 확보된다. 따라서, 개선 비탈면에서 소단 낙석방지울타리는 경사별로 암높이 30 ~ 40 m 이상 시 지표지질조사 및 Face Mapping 결과 필요한 경우에 한하여 적용한다.

(4) 낙석방지울타리 적용 방안

- (가) 낙석발생 예상(평사투영 해석결과) 및 높이 10 m 이상인 깎기 비탈면은 비탈면 경사, 발파암 높이를 감안하여 표 11.9에 따라 적용
- (나) (가) 적용대상 외 토사, 리핑암으로 구성된 깎기 비탈면은 예측 불가한 소규모 유실로 인한 도로유입 방지를 위해 형식 I 적용
- (다) 낙석방지울타리 미적용 비탈면(구간)
 - 깎기 비탈면 높이 5 m 이하, 경사완화 공법 등의 적용으로 깎기 경사 1 : 1.5 이상의 암반 (발파·리핑)비탈면, 단, 불연속면 등 지반조사 결과 및 현장여건을 감안하여 필요 시 적용
 - 절토부 옹벽 등 비탈면 전면부에 보강공법 적용으로 낙석우려가 없는 구간
 - 기타 현장여건 등 불필요하다고 판단되는 비탈면

〈표 11.8〉 낙석방지울타리 형식별 규격

구 분		형식 I	형식 II	형식 III
흡수가능에너지		30 ~ 35	50 ~ 55	100 ~ 110
지주	높이	2.0 m	2.5 m	2.5 m
	간격	3.0 m	3.0 m	3.0 m
	규격 (단부)	H-150×75×5×7 (□-125×125×4.5)	H-150×75×5×7 (□-150×150×4.5)	□-150×150×4.5 (□-150×150×4.5)
와이어 로프	규격	Ø12(6×24) 파단강도18.3t	Ø20(6×24) 파단강도18.3t	Ø20(6×24) 파단강도18.3t
	간격	상부 30 cm, 하부 20 cm	상부 30 cm, 하부 20 cm	상부 30 cm, 하부 20 cm
철망	규격	Ø4.0×50×50(심선3.2)	Ø4.0×50×50(심선3.2)	Ø4.0×50×50-2ea(심선3.2)

주) H, □ : 지주(단부, 중간)의 규격 및 형식

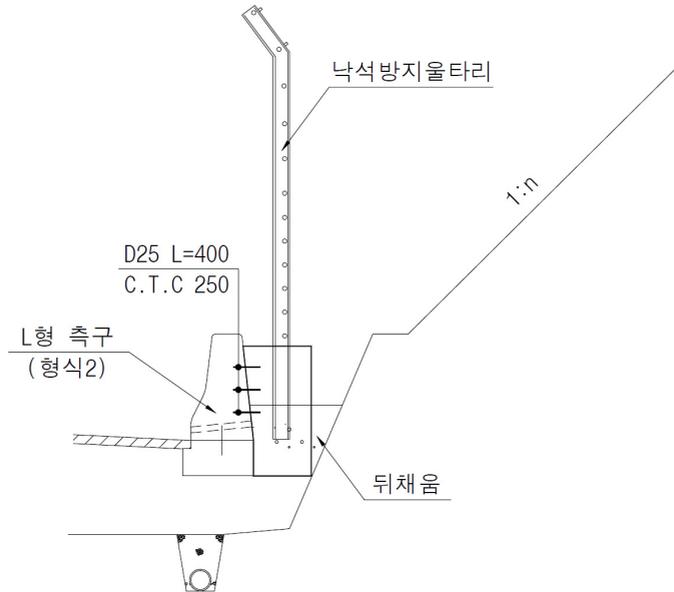
〈표 11.9〉 낙석방지울타리 적용대상 및 형식별 적용방안

구 분 (H: 발파암 높이)	기존 비탈면		개선 비탈면('16. 6 이후)		
	1:0.5~0.7	1:1.0	1:0.5	1:0.7	1:1.0
H ≤ 5 m	I	I	I	I	I
5 m < H < 10 m	II		II		
10 m ≤ H < 15 m	III	III		II	
15 m ≤ H ≤ 20 m		II	III	III	
20 m < H	III + 소단울타리*	II + 소단울타리*	III	III	II

* 20 m 소단 상단 발파암 높이에 따라 적정 낙석방지울타리 형식 적용

(5) 기타 세부 설치 기준

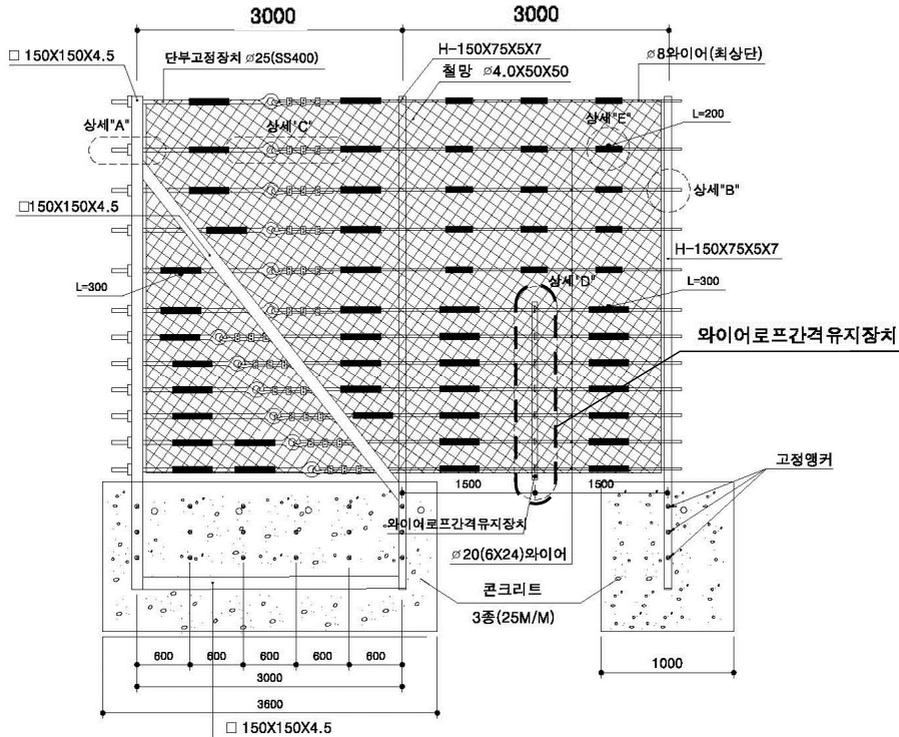
- (가) 낙석방지울타리는 일반적으로 낙석발생이 예상되는 비탈면의 최하단 또는 중간에 설치하여 낙석을 저지하는 것을 목적으로 한다. 따라서 비탈면의 최하부에서 추정되는 낙석의 낙하속도나 낙석 에너지가 큰 경우, 비탈면 내에 설치하여 낙석운동에너지를 순차적으로 흡수하도록 하는 것이 필요하다.
- (나) 비탈면의 굴곡이 심할 경우나 국부적인 돌기가 있어 낙석이 낙석방지울타리의 높이 이상으로 튈 것으로 예상되는 경우 혹은 비탈면의 상황이 다단식 낙석방지울타리의 설치가 불가능한 경우에는 낙석방지망과 함께 설치하는 것이 효과적이다. 낙석방지망은 절토부 하단 1 m까지 설치한다.
- (다) 낙석방지울타리의 설치 시 울타리의 설치 연장은 예상되는 낙석의 폭보다 어느 정도 여유있게 설치하는 것을 기본으로 하며, 지형 등의 이유로 연속적으로 길게 설치할 수 없을 경우나 100 m 이상 설치할 필요가 있는 경우 낙석방지울타리를 나누어 설치하며, 이럴 경우 새로 시작되는 울타리의 단부와 300 mm 이내의 이격을 두고 붙여서 설치해야 한다. 이때 단부사이의 틈은 낙석이 나오지 않도록 철망 등으로 막아야 한다.
- (라) 낙석방지울타리의 기초는 L2 측구 및 L3 측구 배면에 직경 $\phi 25$ mm, 연장 400 mm의 철근을 이용한 고정앵커로 측구 옹벽과 연결하여 독립기초에 의하여 발생하는 문제점을 해결하고, 낙석방지울타리와 비탈면 사이의 공간을 확보하여 어느 정도 규모의 낙석이나 토사류를 퇴적시킬 수 있다(그림 11.10).



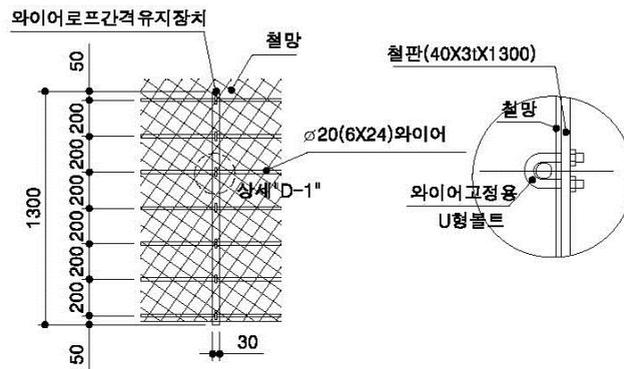
〈그림 11.10〉 L형 측구 배면 낙석방지울타리 설치 예

- (마) 낙석의 형상이 날카로운 형태이거나 송곳 모양인 경우에는 낙석이 와이어로프 사이를 빠져나가 도로로 유입되는 경우가 발생하기도 하며, 이를 방지하기 위하여 그림 11.11 과 같은 와이어로프 간격유지 장치를 설치하여 로프의 일체화와 함께 울타리의 흡수에너지를 증가시키는 효과를 발휘할 수 있다. 단, 사용 시에는 비탈면의 상황 및 재해 이력 등을 고려해야 한다. 간격유지 장치는 40×31×1300 mm의 철판을 사용하며, U형 볼트를 이용하여 와이어 로프와 고정한다.
- (바) 낙석방지울타리를 설치할 때는 울타리의 모든 나사부에 방청을 위한 그리스(grease)를 칠해야 하며, 이는 울타리의 유지관리 시 해체 및 조립을 용이하게 하기 위해서이다.
- (사) 새로운 재원이나 형태를 가진 낙석방지울타리를 설계하거나 설치하고자 할 때에는 새로운 형식의 낙석방지울타리가 어느 정도까지의 에너지를 흡수 가능한지 평가해야 한다.
- (아) 낙석방지망과 낙석방지울타리의 품질확보를 위하여 시공자는 설치 전에 발주기관의 사전공급원 승인을 받은 제품을 사용·시공해야 한다. 이를 위하여 시공자는 계약예정일로부터 1년 이내 기간 중 품질검사전문기관에서 실시한 동종제품의 시험성적서를 발주처에 제출해야 한다. 그렇지 못할 경우에는 시공 중이거나 현장에 설치될 낙석방지망과 낙석방지울타리 각 구조의 시험용 표본을 무작위로 최소한 0.2% 또는 5개 이상을 채취하여 품질검사전문기관의 품질시험을 거쳐야 하며 그 결과가 이 요령의 기준에 적합해

야 한다. 이를 위한 시험비는 품질시험의 합격을 조건으로 하여 1회의 시험비를 발주처에서 별도로 계상 지불한다. 현장반입 재료의 검수는 제품 선정 시의 재료 성능 결과를 준용한다. 그러나 현장재료에 대한 미비점이 있을 것으로 판단되는 경우에는 제품 선정 시와 동일한 시료채취시험을 시행한다.



(a) 설치 예



(b) 상세 도면

〈그림 11.11〉 와이어로프 간격 유지장치

(자) 와이어로프와 철망 및 철망 겹이음 기준

(a) 철망과 케이블은 철망과 동일한 재료를 사용하여 망눈마다 감는 형식으로 경간 길이의 20% 이상 결속해야 한다.

(b) 철망의 겹이음은 500 mm 이상으로 하며, 철망과 동일한 재료를 사용하여 겹이음 중앙부의 상단에서 하단까지 연속하여 연결되도록 결속해야 한다.

(차) 와이어로프의 설치기준

낙석 충돌 시 케이블의 벌어짐 방지를 위하여 낙석이 많이 충돌하는 하부의 와이어로프에 대하여 간격 유지 장치를 설치해야 한다.

(카) 단부 와이어로프 고정장치 설치 기준

와이어로프가 제 기능을 할 수 있도록 단부 고정장치의 형식 및 재질변경
(주물제품 → 압연강봉)

11.4.2 낙석방지망

(1) 설치 형식

상부 지주 형식은 비탈면 여건에 따라 설치 하되, 상부지주 보강형은 낙석방지망 상단부에 예기치 못한 낙석방호와 유지관리 시 점검원의 안전확보가 요구되는 구간에 설치하고, 상부 지주 비보강형은 상단부 낙석 및 유지관리 시 추락사고의 우려가 없는 구간, 깎기 비탈면 소단 하단에 적용을 원칙으로 한다.

(2) 설치 구간

(가) 흡수가능 에너지, 낙석의 도약 등 낙석의 불규칙성을 감안하여 낙석방지울타리의 보조공법으로 설계 적용하고, 낙석발생 예상(평사투영 해석결과)되는 비탈면의 발파암층의 높이와 소단 간격을 고려하여 설치

(a) 높이 20 m 마다 소단(폭 3 m)이 설치된 비탈면 : 발파암 층 높이 10 m 이상 시

(b) 높이 10 m 마다 소단(폭 3 m)이 설치된 비탈면 : 발파암 층 높이 15 m 이상 시

(나) 기타 현장여건 감안 필요하다고 인정되는 구간

(다) 단, 낙석방지 울타리가 설치되고 전체 비탈면 경사 1:1.0 이상 암반(리핑·발파) 비탈면 경우는 원칙적으로 미반영하되, 지반조사 및 시공 중 Face Mapping 결과 등 필요시 적용

(3) 설치 방법

- (가) 깎기부 하단에서 1 m 이격되게 설치(유지관리 고려 소단부 미설치)
 - (a) 주 앵 커 : 비탈면 내 좌·우측의 비교적 견고한 지점에 설치
 - (b) 보조앵커 : 와이어로프 교차 지점
- (나) 설치 규격(도로안전시설 설치 및 관리지침)

〈표 11.10〉 낙석방지망 설치규격

와이어로프(mm)		철망(mm)		주 앵커볼트 (mm)	보조 앵커볼트 (mm)
종 로프	횡 로프	심선지름	망눈		
φ20	φ16	φ4	5.0×50	φ25×1,000	Ø16×500

주) 보조앵커볼트의 경우는 Face Mapping 결과를 바탕으로 탈락가능 압괴크기를 고려하여 길이 변경 가능

(4) 기타 세부 설치 기준

- (가) 비탈면에 있는 뜬돌이나 이완이 심한 암괴들을 먼저 제거한 후에 시공해야 한다.
- (나) 낙석방지망은 낙석이 발생할 우려가 있는 전체 비탈면에 시공하여 낙석에 대처하는 것으로서 낙석 크기, 비탈면의 경사, 낙석의 높이에 따라 낙석방지망 망눈의 크기, 와이어로프의 굵기 및 설치간격을 조절해야 한다.
- (다) 암질과 현장 상황에 따라 적절하게 록볼트나 록앵커를 병행할 경우 낙석방지망의 흡수가 능에너지를 증가시키는 효과를 얻을 수 있다.
- (라) 케이블과 철망 및 철망 겹이음 기준
 - (a) 철망과 와이어로프는 철망과 동일한 재료를 사용하여 망눈마다 감는 형식으로 와이어로프 간격의 20% 이상 결속(중·횡방향 모두 적용)
 - (b) 철망의 겹이음은 50 mm 이상으로 하며, 철망과 동일한 재료를 사용하여 겹이음 중앙부의 상단에서 하단까지 연결되도록 결속
- (마) 낙석방지망 상단부의 지반이 경암으로 구성된 경우, 절취가 끝난 지점으로부터 2 m 이상, 토사나 풍화암으로 지반이 약한 곳은 5 m 이상되는 지점에 지름 25 mm 이상, 연장 1,000 mm 이상의 고정핀을 사용하여 고정시킨다. 고정핀에 주입재를 주입할 때에는 반드시 강제적인 방법을 이용하여 충전시켜야 한다.
- (바) 낙석방지망은 교차점마다 정착장치를 사용하여 비탈면에 고정핀으로 고정시켜야 한다. 이때, 고정핀을 시공해야 하는 비탈면 내 위치의 암질이 불량하거나 파쇄대가 발달하여

고정핀이 기능을 발휘할 수 없을 것으로 판단되는 경우 고정핀의 위치를 약 1m 내외 이동하여 설치해야 한다. 낙석방지망의 상부와 좌·우측은 반드시 모두 주고정핀을 이용하여 비탈면에 고정시켜야 한다.

(사) 소단부를 활용한 상부지주 설치 시 비보강형을 원칙으로 하며, 현장여건을 감안하여 적용한다.

11.4.3 낙석방지옹벽

낙석방지옹벽의 방호 기능은 낙석이 가진 운동 에너지를 옹벽 본체 및 지지지반의 변형에너지로 전환하여 흡수하는 방법으로 낙석을 정지시킨다.

낙석방지옹벽의 설계 시에는 낙석의 중량, 속도, 최대 낙하고, 지지지반의 강도 및 지형, 지질 등을 고려하여 옹벽의 활동, 전도에 대한 안정 및 단면의 강도에 대해서 검토해야 한다.

11.4.4 피암터널

(1) 설계 일반사항

피암터널은 낙석의 규모가 커서 일반 낙석방지사설로 방어하지 못하는 경우, 보호하고자 하는 대상물을 터널 구조물로 보호하는 방법이다.

피암터널의 설계는 예상되는 낙석의 충격력으로부터 안정하기 위한 터널의 단면을 결정한다.

(2) 피암터널의 설계

(가) 피암터널 설계방법

피암터널의 설계는 피암터널이 설치되는 지반의 안정 검토와 피암터널 자체의 구조적인 안정 검토를 포함한다.

피암터널의 안정 검토는 설치되는 지형과 지반조건에 따라 기초지반의 지지력, 침하, 횡방향 활동 그리고 경사진 지반을 깎아서 피암터널을 설치하는 경우는 전체적인 외적 안정검토를 실시한다.

피암터널 자체의 구조적인 안정검토에서는 낙석조사를 통하여 설계를 위한 낙석의 규모, 낙하 높이, 피암터널 상부의 충격완화구조를 고려하여 구조물에 예상되는 충격하중을 산정한다. 충격하중을 고려하여 피암터널 단면에 대한 구조 해석을 실시하고 부재를 설계한다.

피암터널 설계는 일반적으로 다음의 순서로 실시한다.

- (a) 피암터널의 형식과 규모, 설치 형태를 가정한다.
- (b) 피암터널이 설치되는 지형조건과 지반조건, 그리고 피암터널 상부와 주변의 채움 등을 고려하여 토압과 상재하중을 산정하고, 이를 고려한 지지력과 침하를 검토한다. 편토압이 발생하는 경우에는 측면활동도 검토한다. 경사진 지반 상에 설치하는 경우에는 기초지반의 활동파괴에 대한 안정검토도 실시해야 한다. 충격하중이 피암터널의 외적 안정에 미치는 영향은 크지 않으므로 고려하지 않을 수도 있다.
- (c) 현장 조사로부터 낙석의 규모·낙하 높이를 결정하고, 피암터널에서 사용하는 충격완화구조를 고려하여 구조물에 가해지는 등가정적하중을 산정한다.
- 이때, 콘크리트 피암터널인 경우에는 상부판 위에 0.9 m 두께의 모래완충층을 설치하는 조건에서는 모래층의 변형계수를 1000 kN/m^2 으로 가정하고, 낙석에 의하여 발생하는 충격력을 산정한다. 충격력은 모래층 완충재 표면에 집중 하중으로 작용시키고, 원추 형태로 분산 분포시켜 상부구조에 작용시킨다. 단면력 산정 시 충격하중으로 피암터널의 도로축 직각 방향에 지름의 폭을 잡고, 원형과 등가 면적을 이루는 직사각형 분포를 가정할 수도 있다.

(나) 충격력의 산정

피암터널에 작용하는 충격력의 산정은 낙석이 터널 상부 구조 바로 위에 떨어지는 경우와 측벽에서 5 m 이내에 떨어지는 경우로 구분하여 산정한다.

상부 구조 바로 위에 떨어지는 경우는 모래완충재가 있는 상태로 가정하여 충격력 값을 산정한다. 낙석이 피암터널 측벽에서 5 m 이내에 낙하하는 경우 측벽에 작용하는 충격도압의 산정 시는 탄성이론으로 계산된 토압을 사용한다.

- (a) 낙석이 터널 상부 구조 바로 위에 떨어질 경우 피암터널에 전달되는 충격력 값은 다음 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$P_s = 2.455 \lambda^{\frac{2}{5}} \times W^{\frac{2}{3}} \times H_r^{\frac{3}{5}} \times i \quad (11.2)$$

낙석의 입사각을 고려한 충격력의 연직 성분 $P_{s,v}$ 는

$$P_{s,v} = P_s \cdot \sin\theta \quad (11.3)$$

여기서, P_s : 모래완충재를 사용한 경우의 전달 충격력(kN)

λ : 모래층 완충재의 Lamé's constant, $5000 \sim 8000 \text{ kN/m}^2$

$$\text{Lame's constant} = \lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

E : 탄성계수, ν : 포아송비

W : 낙석의 중량(kN)

H_r : 낙석의 낙하 높이(m)

i : 모래층 두께에 관한 보정계수

(모래층 두께 0.9 m 일 때, $i=1$, 0.9 m 이상이면 $i < 1$)

θ : 낙석 경로와 완충구조 사이의 각도

- (b) 낙석이 상부 구조 바로 위에 낙하할 때 발생하는 충격력은 사용하는 완충재료와 완충 구조에 따라 차이를 나타낸다. 모래 완충재를 다짐하는 경우는 그냥 포설하는 경우에 비하여 피암터널에 가해지는 충격력이 커지는 경향이 있다.
- (c) 충격력의 분산은 모래층의 두께에 대하여 분산각 30° 로 분산시킨다. 충격력의 단면 방향 분포 폭과 및 도로 축방향 분포 폭은 간략화하여 각각 $c_p = 2h/\sqrt{3}$, $\pi c_p/4$ 라는 직사각형 분포로 가정할 수 있다. 모래층의 두께가 $h=0.9$ m의 경우에는 단면 방향, 도로 축방향의 분포 폭을 각각 1 m, 0.8 m로 하여도 된다.
- (d) 낙석이 피암터널 측벽에서 5 m 이내에 낙하하는 경우 낙석에 의하여 지중에 발생하는 토압의 분포는 다음식과 같다.

$$P_b = \frac{3P_{bs}x^2z}{\pi(r^2+z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (11.4)$$

여기서, P_b : 충격 하중재하점 중심을 원점으로 했을 때의 임의점(x, y, z)에 발생하는 단위면적 당 충격토압(kN/m²)

P_{bs} : 배면 낙석에 의하여 배면토 표면에 발생하는 충격력(kN)

$$P_{bs} = 2.455 \lambda_a^{\frac{2}{5}} W^{\frac{2}{3}} H_r^{\frac{3}{5}}$$

여기서, $\lambda_b = 1000$ kN/m²로 한다.

x : 재하점 중심에서 벽면까지의 수평거리(m)

y : 재하점 중심에서 벽면에 평행한 수평 거리(m)

z : 재하점 중심에서 벽면까지의 연직거리(m)

r : 재하점 중심에서 벽면까지 거리(m), $r^2 = x^2 + y^2$

(다) 피암터널의 단면 결정

- (a) 피암터널의 구조와 단면 결정은 충격 완화를 위한 모래층의 하중과 예상되는 낙석에 의한 충격하중을 고려하여 구조 검토를 통하여 결정한다.
- (b) 부재의 구조적인 설계는 콘크리트 피암터널인 경우에는 콘크리트 구조설계기준을 참조한다.

11.5 구조 및 재료

낙석방지시설은 비탈면에서 발생한 낙석이 도로로 유입되는 것을 방지하는 기능을 수행할 수 있는 구조적인 특성을 가져야 한다.

11.5.1 낙석방지울타리**(1) 낙석방지울타리 구조**

낙석방지울타리의 지주는 □형강 및 H형강을 사용하고, 와이어로프와 철망을 부착시키는 형식이 사용되고 있다. 지주는 상단부가 도로 쪽으로 휘어 있는 곡주식 형태가 주로 사용되고 있으며, 신장 능력이 뛰어난 와이어로프와 철망이 부착되므로 낙석 발생 시 지주, 와이어로프, 철망이 일체가 되어 낙석의 에너지를 흡수한다.

(가) 낙석방지울타리 지주

낙석방지시설 형식에 따라 지주의 높이와 규격은 표 11.10에 따른다.

(나) 와이어로프

와이어로프는 낙석방지울타리 지주의 상부는 300 mm 간격으로 설치하고, 하부는 성능을 강화하기 위한 목적으로 200 mm 간격으로 간격을 좁혀 설치한다. 와이어로프는 각 지주에 구멍을 뚫어 와이어로프를 통과시키고 단부 지주에서 단부고정장치로 인장을 주어 고정한다. 와이어로프의 간격을 유지하기 위하여 간격유지장치에 U형 볼트를 사용하여 고정한다.

(다) 철망

철망은 마름모꼴 모양으로 망 눈의 치수는 50×50 mm 이상이고, PVC로 코팅된 망을

사용한다. 철망과 와이어로프는 경간 길이의 20% 이상 결속하여 주어야 한다.

(2) 낙석방지울타리 재료

(가) 지주

낙석방지울타리 지주에 사용되는 재질은 KS D 3503(일반구조용 압연강재)에 제시된 종류 중 SS400을 사용한다. 재질의 인장강도는 $400 \sim 510 \text{ N/mm}^2$, 항복점은 245 N/mm^2 이상이어야 하며, 연신율은 17% 이상이어야 한다. 아연부착량은 편면 600 g/m^2 이상이어야 한다.

(나) 와이어로프

와이어로프는 KS D 3514(와이어로프)에 적합한 제품으로서 외접원 직경은 형식 I 은 12 mm, 형식 II와 형식 III 은 20 mm 이상으로 G종과 A종을 사용한다. G종의 경우 183 kN 이상의 하중을 견디어야 하며, A종의 경우는 197 kN 이상의 하중을 견디어야 한다. 와이어로프는 강연선의 수가 6개이며, 1개의 강연선의 소선수는 24가닥으로 보통 Z꼬임이어야 한다. 소선의 지름은 0.88 mm이며, 아연부착량은 G종의 경우 85 g/m^2 이상, A종의 경우 70 g/m^2 이상이어야 한다.

(다) 철망

낙석방지울타리에 사용되는 철망은 KS D 7036(염화비닐 피복철선)과 KS D 7018(체인 링크철망)에 적합해야 하며, 철망 심선의 지름은 3.2 mm로 PVC코팅한 선의 지름은 4 mm로 망눈의 치수는 $50 \times 50 \text{ mm}$ 의 것을 사용하며, 피복선의 색은 녹색계통을 사용한다. 낙석방지울타리 형식 I, II는 철망을 1겹, 형식 III은 철망을 2겹 시공한다.

(라) 결속선

결속선은 철망과 철망이 겹치는 부위와 철망과 와이어로프를 결속하는 경우에 사용하는 것으로 철망과 같은 규격의 제품을 사용하여 풀리지 않도록 지주 경간 길이의 20% 이상 망눈에 맞추어 망눈마다 와이어로프와 일체가 되게 감아주어야 한다.

망과 망이 겹치는 부위는 0.50 m 이상 겹이음이 되도록 설치해야 하며, 겹이음 부위 중앙부 상단에서 하단까지 망눈마다 감는 형식으로 결속해야 한다.

(마) 와이어로프 단부 고정 장치

와이어로프 단부 고정 장치는 와이어로프를 낙석방지울타리 단부 지주에 고정시키는 장

치로서, KS D 3503(일반구조용 압연강재)에 적합한 SS400 이상의 제품으로서 아연부착량은 600 g/m^2 이상이어야 한다.

(바) 낙석방지울타리 관련 한국산업표준

〈표 11.11〉 낙석방지울타리 관련 한국산업표준

구 분	한국산업표준
지 주	KS D 3503(일반구조용 압연강재) SS400
와이어로프	KS D 3514(와이어로프) G종과 A종
와이어로프 단부 고정장치	KS D 3503(일반구조용 압연강재) SS400
철 망	KS D 7036(염화비닐 피복철선) SWMV-GS2종 KS D 7018(체인링크 철망) V종
결 속 선	KS D 7036(염화비닐 피복철선) SWMV-GS2종 KS D 7018(체인링크 철망) V종

(사) 시공 및 유지관리 시 주의사항

낙석방지울타리는 지주가 연직방향을 향하도록 설치해야 한다.

낙석방지울타리 배면에 토사 등이 적치되어 있을 경우에는 수시로 제거해야 하며, 철망이나 와이어로프를 전단하였을 경우에는 철망은 겹이음 기준에 따라 설치하고, 절단된 와이어로프는 와이어로프 단부 고정 장치에 와이어로프를 결속하는 방법과 같이 보수하여 와이어로프가 제 기능을 할 수 있도록 해야 한다.

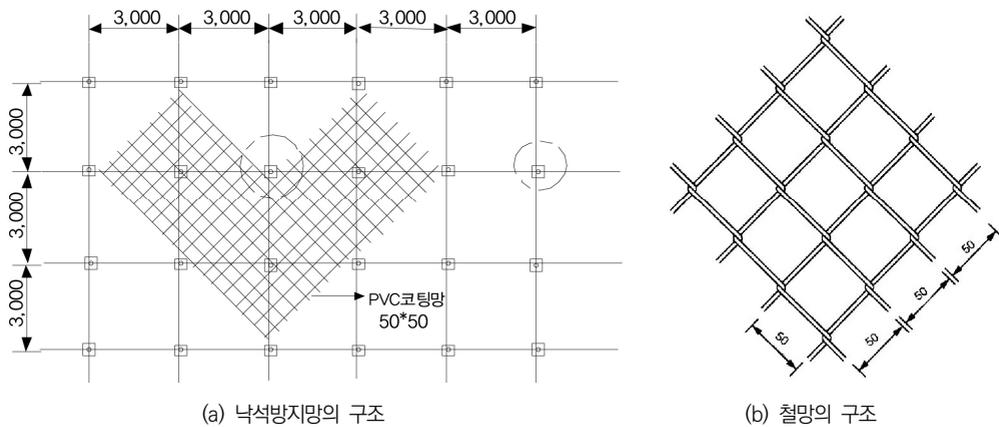
땅깎기부의 연장이 긴 경우에는 60 ~ 100 m 간격으로 나누어 설치하고, 낙석방지울타리 배면이나 땅깎기부의 유지관리를 위한 출입문을 설치해야 하며, 땅깎기부의 연장이 긴 경우에는 땅깎기 높이와 토질여건 등을 고려하여 다른 형식의 낙석방지울타리를 설치할 수 있다. 낙석방지울타리의 모든 나사부에는 방청을 위한 그리스를 칠하여 유지관리 시 해체가 용이하게 해야 한다. 낙석방지울타리에 사용되는 모든 재료는 고속도로공사 전문 시방서(EXCS 11 75 10 낙석방지울타리) 및 건설공사 비탈면 표준시방서(KCS 11 75 10 낙석방지울타리) 상기의 품질기준에 적합한 것이어야 한다.

11.5.2 낙석방지망

(1) 낙석방지망 구조

낙석방지망은 선지름 4.0~5.0 mm, 망눈 50×50 mm 이상의 철망 위에 가로와 세로 3 m 간격으로 와이어 로프를 설치하며, 종로프와 횡로프의 각 교차점을 조립구로 엮고 고정핀 등을 이용하여 비탈면에 부착하는 형태이다(그림 11.12).

낙석방지망의 구조는 규격에서 다소 차이가 있으나 크게 1000형과 1500형이 있다(표 11.12).



〈그림 11.12〉 낙석방지망 구조의 예

〈표 11.12〉 낙석방지망의 규격

종별	철 망 규 격(mm)		로 프 규 격(mm)	
	심선 지름	비닐피복 시 (선지름)	종로프	횡로프
1,500형	φ4.0	φ5.0×50×50 이상	φ20 이상	φ16 이상
1,000형	φ3.2	φ4.0×50×50 이상	φ20 이상	φ16 이상

주) 선지름은 비닐피복 후의 외경을 표시하며, 아연도금 철망을 심선으로 사용한다.

(가) 철망

비탈면에 일반적으로 시공되는 철망은 1,000형으로 비닐로 코팅되었을 때 선 지름이 φ 4.0 mm, 망눈이 50×50 mm 이상의 규격을 갖는다. 그 밖에 낙석방지망에서 사용되는 형식은 표 11.3에 제시되어 있다. 철망의 재질은 PVC 코팅망으로 마름모꼴 모양이며, 철망의 무게는 2.6 kg/m²이고 가로 폭 5 m 이상이다.

(나) 와이어로프

와이어로프는 철망을 비탈면에 부착시키는 역할을 하며, 만일 낙석이 발생할 경우 낙석에 너지를 흡수하는데 중요한 역할을 한다. 와이어로프는 종로프의 경우 $\varnothing 20$ mm 이상, 횡로프는 $\varnothing 16$ mm 이상인 것을 사용한다. 비탈면에서 일반적으로 사용되는 와이어로프의 무게는 약 $1.24 \text{ kg}/40 \text{ m}^2$ 이다.

(다) 고정핀

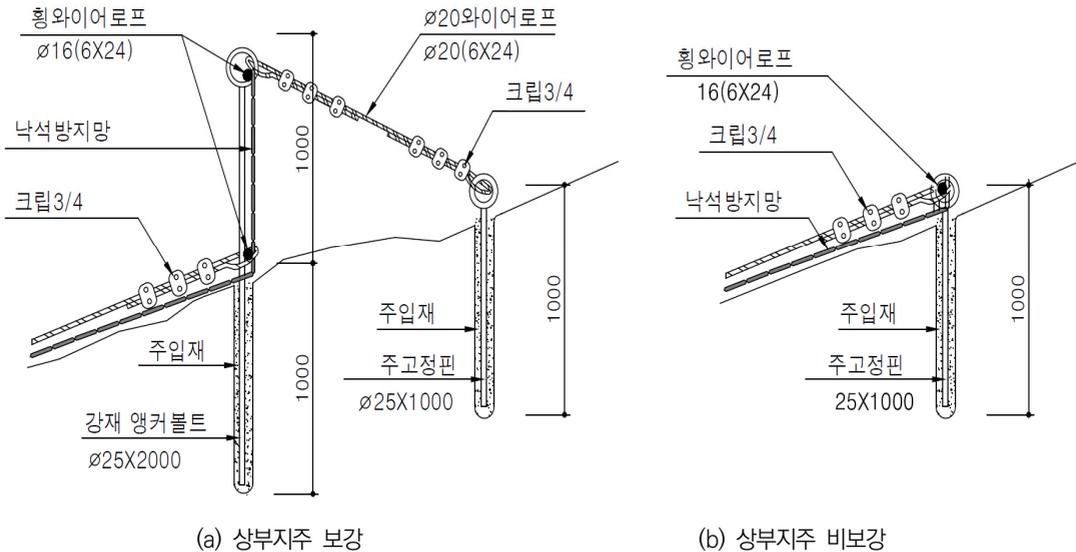
고정핀은 낙석방지망을 비탈면에 고정하거나 비포켓식 낙석방지망의 와이어로프(종로프와 횡로프)를 연결하는 조립구의 볼트 홀 부분에 시공하여 로프와 낙석방지망, 암반을 결합시키는 역할을 한다. 고정핀은 주고정핀과 보조고정핀으로 구별되는데, 주고정핀은 와이어로프의 끝부분을 암반에 고정시키는데 사용되며, 보조고정핀은 로프가 교차하는 지점의 조립구나 인근 부분에 설치한다. 포켓식의 경우, 주 고정핀을 이용하여 비탈면 상단에 절취가 끝난 부분으로부터 2~5 m 뒤쪽에 망을 고정하거나 비탈면 좌우측의 와이어로프 끝 부분을 비탈면에 고정시키며, 철망이 연결된 부분이나 일정한 간격(정방향에 가깝게 약 60 m^2 이내)으로 보조 고정핀을 사용하여 망을 결합시킨다.

고정핀의 시공은 고정핀의 지름보다 큰 35 mm 내외로 천공하고 고정핀을 심은 후 주입재(모르타르, 에폭시 등을 사용)를 주입하는 순서로 진행된다. 모르타르를 주입재로 사용할 경우 시멘트 : 모래 : 물의 배합비는 1 : 1 : 1로 한다. 주고정핀의 규격은 $\phi 25$ mm 이상, 길이 1,000 mm 이상이며, 보조고정핀의 경우 $\phi 16$ mm 이상, 길이 500 mm 이상의 형식을 갖는다. Face Mapping 결과 등 탈락가능 암괴 크기를 고려 보조 고정핀 길이를 변경 가능하다. 비탈면의 상부와 좌·우측의 고정핀은 와이어로프에 힘이 작용하는 방향의 반대 방향으로 표면에 직각으로부터 15° 가량 경사지도록 시공한다.

(라) 지주

지주는 낙석방지망 상단에서 예기치 못한 낙석을 방호하거나 깎기부 유지관리원의 추락 사고를 예방하기 위하여 낙석방지망 상단부에 설치한다. 낙석방지망 상단에서 낙석우려가 없거나 소단부에 소단울타리 또는 안전난간이 설치되는 경우 상부지주를 생략한다. 지주는 직경 $\phi 25$ mm, 길이 2 m의 철근 콘크리트용 봉강(KS D 3504)을 사용하여 1 m 이상 비탈면에 정착시키고, 낙석방지망을 지주상단까지 연장하여 설치한다(그림 11.13). 지주의 시공은 지름보다 큰 35 mm 내외로 천공하고, 지주를 넣은 후 주입재

(모르타르, 에폭시 등)를 강제적인 방법을 사용하여 충전해야 한다. 직경 $\phi 20$ mm의 와이어로프를 사용하여 지주상단과 주고정핀을 연결하여 낙석이 지주와 충돌할 경우 지주를 지탱하도록 한다. 지주를 생략하는 경우에는 낙석방지망 상단부를 주고정핀을 사용하여 비탈면에 부착시킨다.



〈그림 11.13〉 상부 지주 보강 및 상부 지주 비보강

(마) 결속선

결속선은 망과 망이 겹치는 부위와 망과 와이어로프가 겹치는 부위를 접합할 경우에 사용하는 것으로 망과 같은 규격의 제품(지름 4.0~5.0 mm)을 사용하여 풀리지 않도록 600 mm 이상 연속해서 망눈에 맞추어 망눈마다 감아 주어야 한다.

망과 망이 겹치는 부위는 500 mm 이상 겹쳐야 하며, 포개진 구간의 중앙부에 비탈면 상부로부터 하단 부까지 전 구간에 걸쳐 연결해야 한다. 망과 와이어로프가 겹치는 부분의 경우 비포켓식 낙석방지망은 조립구와 조립구 사이의 중앙부에 600 mm 연속으로 결속하며, 포켓식 낙석방지망은 횡 방향과 종 방향 모두 와이어로프를 따라가며 경간 길이의 20% 만큼 고르게 망눈마다 결속해야 한다.

(바) 조립구

조립구는 낙석방지망에서 사용되는 와이어로프의 교차점에 설치되는 십자형 구조물로 와이어로프의 이탈을 방지하고, 교차지점의 지지력 강화를 목적으로 사용된다. 포켓식의

경우 에폭시 등을 주입하여 와이어로프의 이완이 발생되지 않도록 조치한 조립구를 사용하며, 비포켓식에서는 조립구와 고정핀으로 고정한다. 이 때 조립구와 와이어로프 사이의 인장력은 2,500 kgf 이상이 되어야 한다.

(2) 낙석방지망 재료

(가) 와이어로프

와이어로프는 KS D 3514(와이어로프)에 적합해야 한다. 종방향 와이어로프의 외접원 직경은 20 mm 이상, 횡방향 와이어로프의 외접원 직경은 16 mm 이상을 사용하며, 와이어로프는 G종과 A종을 사용한다.

G종의 경우 로프 지름이 16 mm일 때 117 kN 이상, 20 mm일 때 183 kN 이상의 하중을 견디어야 하며, A종의 경우 로프 지름이 16 mm일 때 126 kN 이상, 20 mm일 때 197 kN 이상의 하중을 견디어야 한다.

와이어로프는 강연선의 수가 6개, 1개의 강연선의 소선수는 24가닥으로 보통 Z꼬임이어야 한다. 소선의 지름은 0.88 mm이며, 아연부착량은 G종의 경우 85 g/m² 이상, A종의 경우 70 g/m² 이상이어야 한다.

(나) 철망

낙석방지망에 사용되는 철망은 KS D 7036(염화비닐 피복철선)과 KS D 7018(체인링크 철망)에 적합한 제품으로서 철망 심선의 지름은 4.0 mm로 아연 도금 후 PVC 코팅한 선의 지름은 5 mm 이상, 망눈의 치수는 50×50 mm의 것을 사용한다.

이때, 아연부착량은 국내에서 일반적으로 사용되는 SWMV-GS2종을 기준으로 할 때 35 g/m² 이상이어야 한다. 피복선의 색은 녹색계통을 사용한다.

(다) 결속선

결속선은 철망과 철망이 겹치는 부위와 철망과 와이어로프를 결속하기 위하여 사용하는 것으로 철망과 같은 규격의 제품을 사용하여 풀리지 않도록 종·횡방향 와이어로프를 따라가며 와이어로프 간 경간 길이의 20 % 이상 고르게 망눈에 맞추어 망눈마다 감아주어야 한다. 망과 망이 겹치는 부위는 0.50 m 이상 겹침을 해야 하며, 겹침구간의 중앙부 상단에서 하단까지 망눈마다 감는 형식으로 결속해야 한다.

(라) 조립구

조립구는 낙석방지망의 와이어로프 교차점에 설치하여 와이어로프의 이탈을 방지하고 교차점의 지지력 강화를 목적으로 설치하는 구조물로서, 그 재질은 KS D 3503(일반구조용 압연강재)에 제시된 SS400 이상을 사용해야 하며, 조립구와 와이어로프 사이의 인장력은 2,500 kgf 이상 되도록 에폭시 등을 사용하여 와이어로프의 이완이 없도록 해야 한다.

(마) 앵커볼트

낙석방지망에 사용되는 앵커볼트는 주 앵커와 보조 앵커로 구분하여 설치하며, 주앵커는 비탈면의 좌, 우측 방지망의 끝부분으로부터 2~5 m 뒤쪽에 비교적 이완이 작고 견고한 지반 상에 설치하며, 보조앵커는 와이어로프의 교차점에 설치하되, 보조앵커를 와이어로프 교차점에 정확히 설치할 수 없는 경우에는 교차점 주변에 설치할 수 있다.

앵커볼트의 시공은 지름보다 큰 35 mm 내외로 천공하고 앵커볼트를 심은 후 주입재(몰탈, 에폭시 등)를 주입하는 순서로 진행하며, 강제적인 방법을 사용하여 충전해야 한다. 몰타르를 주입재로 사용할 경우에는 시멘트 : 모래 : 물의 배합비는 1:1:1로 한다. 주 앵커볼트의 규격은 $\phi 25$ mm 이상, 길이 1,000 mm 이상이며, 보조 앵커볼트의 규격은 $\phi 16$ mm 이상, 길이 500 mm 이상으로 하며, 주 앵커볼트는 와이어로프에 힘이 작용하는 방향의 반대 방향으로 표면에 직각으로부터 15° 가량 경사지게 설치한다.

(바) 지주

지주는 낙석방지망 상단에 설치하여 낙석방지망 상단에서 토사 등 예기치 못한 낙석을 방호하거나 땅깍기부 유지관리원의 추락 사고를 예방하기 위하여 설치하는 것으로, 재료는 KS D 3504(철근콘크리트용 봉강)의 SD30A를 사용해야 한다. 재료의 인장강도는 441 ~ 598 N/mm², 항복점은 294 N/mm² 이상이어야 한다. 소단부에 낙석방지울타리를 설치하는 경우에는 상부 지주 설치를 생략한다. 지주의 시공은 지름보다 큰 35 mm 내외로 천공하고 지주를 심은 후 주입재(몰탈, 에폭시 등)를 주입하는 순서로 진행하며, 강제적인 방법을 사용하여 충전해야 한다. 모르타르를 주입재로 사용할 경우에는 시멘트 : 모래 : 물의 배합비는 1 : 1 : 1로 한다. 상부지주의 규격은 $\phi 25$ mm 이상으로 길이 2,000 mm 이상으로 하며, 아연부착량은 600 g/m² 이상이어야 하며, 지주를 보조하는 시설은 $\phi 16$ mm 이상의 와이어로프와 $\phi 22$ mm 앵커볼트로서 길이 1,000 mm 이상의 제품으로 한다.

(사) 낙석방지망 관련 한국산업표준

〈표 11.13〉 낙석방지망 관련 한국산업표준

구 분	한국산업표준
와이어로프	KS D 3514(와이어로프) G종과 A종
철망	KS D 7036(염화비닐 피복철선) SWMV-GS2종 KS D 7018(체인링크 철망) V종
결속선	KS D 7036(염화비닐 피복철선) SWMV-GS2종 KS D 7018(체인링크 철망) V종
조립구	KS D 3503(일반구조용 압연강재) SS400
지주 및 앵커볼트	KS D 3504(철근콘크리트용 봉강) SD30A

(아) 시공 및 유지관리 시 주의사항

낙석방지망을 땅깍기 소단부에도 설치하는 경우에는 소단부 배수로의 유지관리를 위하여 표준도의 소단부 설치상세를 참조하여 설치.

11.6 유지관리

유지관리의 목적은 낙석방지시설을 항상 최상의 상태로 보전하여 제 기능을 발휘할 수 있도록 하는 것이다. 따라서, 낙석방지시설이 제 기능을 할 수 있도록 주기적인 점검과 유지 보수를 하고, 관련 기록을 유지 및 보관한다.

점검 결과에 따라 보수나 대체가 필요한 경우 신속히 처리해야 한다.

비탈면과 낙석방지시설은 공용연수가 증가할수록 풍화 등에 의하여 변화하며, 이에 따라 낙석방지시설에도 변형이 발생되고, 이를 방지할 경우 도로의 안전상에 문제를 일으키게 된다. 특히, 폭풍이나 호우·파랑 등의 영향이 비탈면과 방지시설의 변형에 중요한 요인으로 작용하며, 낙석이나 비탈면 붕괴와 같은 재해를 일으키는 원인이 된다.

따라서, 유지관리에 있어서는 비탈면의 지질·지형, 기상조건, 낙석방지시설의 기능과 특성 등을 충분히 숙지하여 두는 것이 중요하다.

유지관리의 내용은 점검·유지보수·대책 등으로 구성된다. 점검은 낙석 재해방지 차원에서

시행해야 하므로 비탈면과 낙석방지시설 각각에 대해서 점검해야 한다. 점검 결과 이상 징후나 변형 등의 징후가 발견되었을 때에는 상황에 따라서 적절한 대응을 해야 한다. 일반적으로 경미한 변형에 대해서는 유지보수를, 그 외의 변형에 대해서는 정밀조사를 시행한 후 위험도가 매우 높은 비탈면에 대해서는 적절한 대책공법을 강구해야 하며, 그 외의 경우에는 감시나 계측 등의 대응을 취한다.

11.6.1 유지관리 점검

낙석에 대하여 효과적인 유지관리를 하기 위해서는 주기적인 점검이 필수적으로 요구된다. 점검은 비탈면과 낙석방지시설에 대하여 각각 시행되어야 하며, 점검을 안전하고 효과적으로 수행하기 위해서는 비탈면이나 낙석방지시설에 철재 등으로 제작된 점검용 계단이나 안전 로프 등을 설치하여 두는 것이 좋다.

낙석방지시설의 점검에는 다음 세 가지의 점검이 항상 수행되어야 한다.

(1) 일상점검

도보나 점검용 차량을 이용하며, 낙석방지시설의 변형이나 이상을 조기 발견하기 위하여 주로 육안으로 점검을 시행하는 것이다.

(2) 정기점검

낙석방지시설에 대해서 일정한 주기로 상세히 점검한다. 점검 결과는 낙석방지시설의 이상 유무를 평가하여 유지보수로 대응할지 또는 정밀조사가 필요한지를 판단한다. 정밀조사 시에는 낙석방지시설의 이상 유무와 함께 비탈면의 위험도와 예측되는 낙석의 규모 등을 함께 평가하며, 따라서 구조물 및 비탈면의 전문가와 함께 점검하는 것이 필요하다. 특히, 강우나 지하수는 비탈면과 낙석의 안정성에 미치는 영향이 매우 크므로 산마루 측구 등과 같은 배수 시설에 대한 점검을 정기점검 시 수행해야 한다.

(3) 임시점검(부정기)

장마철, 태풍, 해빙기 등의 시기에 안정도가 낮은 지점에 대하여 사전에 순회·관찰하며, 낙석이나 비탈면의 붕괴여부, 낙석방지시설의 변형 여부를 조사한다. 낙석이나 비탈면 붕괴 등

재해발생 또는 심각한 낙석방지시설의 변형이 확인되었을 경우에는 우선 현지답사를 통한 관찰이나 사진촬영을 실시하고, 낙석방지시설이 기능을 유지할 수 있는지를 점검한 후 본래의 기능을 유지하지 못할 것으로 판단되는 경우에는 응급조치나 2차 재해방지를 위한 조사를 신속하게 수행해야 한다.

11.6.2 유지보수

낙석방지시설의 유지관리는 초기의 균열, 파손 등 후에 커다란 변형으로 이어지는 징조를 조기에 발견하는 것이 중요하다. 그러므로 균열·변형·파손 유무와 이들의 진행을 정기적으로 검토하고 경과를 기록해야 한다. 또한 이러한 현상이 방지시설의 국부적인 현상으로 경미한 것인지 안정성 여부에 관련된 중대한 사항인지를 판단하여 신속한 대책을 강구해야 한다.

(1) 낙석방지울타리

낙석방지울타리는 낙석으로 인한 변형·파손이 없는지를 검토하고, 동시에 와이어로프의 휨 정도나 인장이 충분한지 등을 점검하고 필요에 따라서는 와이어로프를 재인장하여 주어야 한다. 또한, 지주부의 경우 부식 상태나 아연도금의 훼손 여부 등을 확인하고 점검해야 한다. 그리고 배면에 토사가 다량으로 퇴적되어 있는 경우에는 이를 제거해야 한다.

특히, 배면의 낙석을 제거하기 위하여 지주를 절단하였다가 재설치하는 경우에는 낙석방지울타리가 초기 시공 때와 동일한 흡수가능 에너지를 가질 수 있도록 한다. 절단된 와이어로프를 보수할 경우 와이어로프의 연결은 지주부에서 고정구나 U형 볼트를 이용하여 고정하도록 해야 하며, 지주가 아닌 중간부에서 연결하는 것은 피해야 한다.

(2) 낙석방지망

낙석방지망은 철망의 파손이나 변형 등을 방지하게 되면 위험하기 때문에 항상 응급보수가 가능하도록 필요한 조치를 하여 두는 것이 중요하다. 와이어로프의 파손이나 고정핀의 흔들림 등이 관찰될 경우에는 현재 시설의 안정성이나 강도 등에 문제가 없는지 점검해야 한다. 보수가 필요하고 시일이 필요한 경우에는 응급보강대책을 시공해야 한다. 낙석방지망의 설치부에 해를 거듭하면서 식생이 번성한 경우에는 비탈면 표면의 풍화가 진행되어 보다 규모가 큰 붕괴를 초래할 가능성이 있으므로 주의가 필요하다.