

## 돌망태 옹벽의 유지 관리를 위한 제안

### Suggestion for Maintenances of mesh gabions

백중남<sup>1)</sup>, Jong-Nam Baek, 신창건<sup>2)</sup>, Chang-Gun Shin, 박재영<sup>3)</sup>, Jae-Yuong Park, 홍남경<sup>4)</sup>, Nam-Gyung Hong

<sup>1)</sup> 한국시설안전공단 기술개발팀, Staff, Korea Infrastructure Safety Corporation

<sup>2)</sup> 한국시설안전공단 기술개발팀, Assistant Director, Korea Infrastructure Safety Corporation

<sup>3)</sup> 한국시설안전공단 기술개발팀, Staff, Korea Infrastructure Safety Corporation

<sup>4)</sup> 국토해양부 도로운영과, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

**SYNOPSIS :** 대규모 절토사면 유지관리 시스템 운영간 적절한 장소에 합리적인 공법을 선정하여 시공하는 것은 중요한 일이다. 다양한 옹벽 시공 공법이 있지만 시공성과 경제성을 감안할 때 옹벽의 기능을 최대한 유지하면서 친환경 기술을 접목할 수 있는 돌망태 옹벽은 최근 사면 보강에 빈번히 시공되고 있다. 장기간 그 기능을 유지해야하는 옹벽의 경우는 유지관리가 더욱더 중요한 과제이다. 따라서 본 연구에서는 돌망태 옹벽의 시공 및 유지관리·점검에 대한 방안을 사례분석을 통하여 제안하고자 한다.

**Keywords :** slope maintenance, slope failure estimation, mesh gabions

## 1. 서 론

대부분 산악 지형인 우리나라에서는 국토의 개발 및 국민의 편의시설 확충 과정에서 토목 및 건축 구조물 등을 시공하면서 많은 절취사면들이 생성되고 있다. 절취사면은 국토의 경우 전국에 약 12,650여개, 고속도로의 경우 약 3,000여개, 지방도의 경우 약 4,000여개를 비롯하여 철도, 주택지 배후, 임지 등 다양하게 분포해 있으며, 향후 도로망 확충 및 국토 인프라구축 과정에서 그 수가 더욱 증가할 것으로 예상된다.

근래 들어 기상이변에 따른 자연재해 발생비율이 증가하고 있는 추세이며, 이 중 절취사면의 붕괴로 인한 인명피해는 자연재해로 인한 전체 사망자 중 약 30%(태풍 '루사' '매미' 게릴라성 폭우 내습시)에 이르고 있다. 그러므로 절취사면의 안정성 확보를 위한 사전 단계 및 사후 유지관리 단계에서의 기술개발을 통한 재해저감대책 기술의 개발필요성이 대두되고 있다.

대규모 절토사면 유지관리 시스템 운영간 적절한 장소에 합리적인 공법을 선정하여 시공하는 것은 중요한 일이다. 다양한 옹벽 시공 공법이 있지만 시공성과 경제성을 감안할 때 옹벽의 기능을 최대한 유지하면서 친환경 기술을 접목할 수 있는 돌망태 옹벽은 최근 사면 보강에 빈번히 시공되고 있다. 장기간 그 기능을 유지해야하는 옹벽의 경우는 유지관리가 더욱더 중요한 과제이다.

따라서 본 연구에서는 돌망태 옹벽의 시공 및 유지관리·점검에 대한 방안을 사례분석을 통하여 제안하고자 한다.

## 2. 설계 기준

### 2.1 재료의 특성

#### 2.1.1 철망

일반적으로 돌망태에 사용하는 재료는 KS D 7011 아연도금 철선, KS D 7017 용접철망, KS D 7019

6각 철망, KS D 7036 염화비닐 피복철선, KS D 7037 알루미늄 도금철선 및 강선, KS F 4601 돌망태 등이 있다. 돌망태는 직경 2~3.8mm의 철선을 용접방식과 꼬임방식으로 망눈의 형태를 사각형 또는 육각형으로 제작한다. 이러한 제작방식은 돌망태 옹벽의 전체적인 구조적 안정성에는 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 간주되나, 장기적인 내구성이나 부분적인 파손시의 형상과 기능수행 정도에는 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 철망의 방청처리 방법은 크게 3가지 방식으로 구분하며, 각각의 철망은 설치하고자 하는 현장의 환경에 따라서 적합한 것을 선택한다. 아연도금은 가장 보편적으로 사용하는 방청방법이며, 산성도(pH) 7~10범위에서 안정하며 이 범위를 벗어나면 PVC피복망을 사용한다. 아연-알루미늄도금은 95%의 아연과 5%의 정도의 알루미늄으로 도금 방청하는 방법이며, 순수 아연도금 철망보다 약 1.5~4배 정도 내구성이 높다. 아연도금-염화비닐피복은 아연도금-염화비닐피복망은 부식에 대한 저항성이 가장 높으며, 매우 열악한 환경조건에 적용한다. 염분이 많은 소금물이나 pH가 7~10범위를 초과한 경우에도 사용 가능하다. 동절기 제설작업에 사용하는 염화칼슘에 장시간 노출되는 지역에도 사용이 가능하다.

### 2.1.1 채움재

채움재는 일정크기 이상의 강도를 지녀야 하며, 풍화에 대한 내구성이 있어야 하고, 또한 동상 등에 취약해서는 안 된다. 사용가능한 재료는 자연골재, 퇴적암중 사암, 셰일 계열의 암석을 제외한 부순 암석, 부순 콘크리트가 있다. 채움재의 적정 크기는 100~150mm가 권장되고, 250mm 이상은 가급적 사용하지 않는다. 채우는 암의 종류에 따라 돌망태의 단위중량이 달라지는데, 일반적으로 채움재의 종류에 따른 값은 표 1과 같다.

표 1 채움재에 따른 돌망태의 단위중량

골재종류	단위중량(KN/m <sup>3</sup> )	골재종류	단위중량(KN/m <sup>3</sup> )
부순 콘크리트	15	화강암	17
잡석 채움	16	현무암	18

돌망태 옹벽은 도시에서 경관미를 위하여 설치하는 경우도 있으며 이런 경우에는 노출되는 전면부의 골재를 모두 동일한 크기 또는 미적인 형상으로 맞추어 손으로 작업하고, 뒷면은 일반적인 방식으로 채운다.

### 2.2 돌망태 옹벽의 배수시설

돌망태 옹벽은 옹벽자체가 배수성 구조물로서 일반적으로 별도의 배수시설을 필요로 하지 않는다. 옹벽배면으로부터 지하수 및 지표수가 유입되는 지형이거나 옹벽전면에서 옹벽방향으로 표면수가 유입되는 지형에서는 이를 처리하기 위한 암거 및 지표수 배수시설을 상황에 맞게 다음과 같이 설치한다.

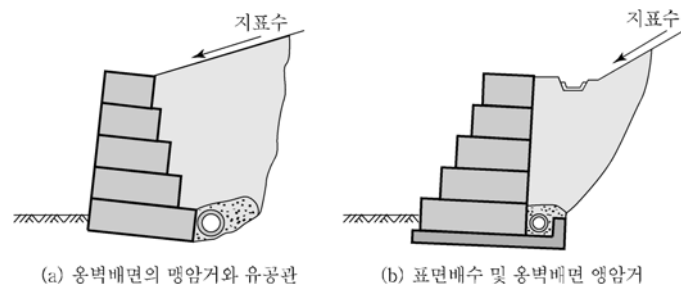


그림 1 지표수 유입 가능지역 배수시설

### 2.3 돌망태 옹벽의 파괴형태

돌망태 옹벽은 중력식 옹벽과 동일하게 간주할 수 있으며 외적안정해석에서의 해석방법과 적용하는 안전율은 옹벽의 방법과 동일하게 적용한다. 돌망태 옹벽 자체의 파괴는 옹벽의 활동(sliding)파괴에 대한 검토방법과 유사하지만 외관상 나타나는 옹벽벽체의 변형에 대한 중요성을 감안하여 추가의 안전성을 확보하는 것이 필요하다.

표 2 설계 안전율

구분	검토항목	평상시	지진시
외적안정	활동	1.5	1.1
	전도	1.5	1.1
	지지력	2.5	2.0
	전체 안정성	1.5	1.1
돌망태 옹벽 자체의 파괴		2.0	1.1

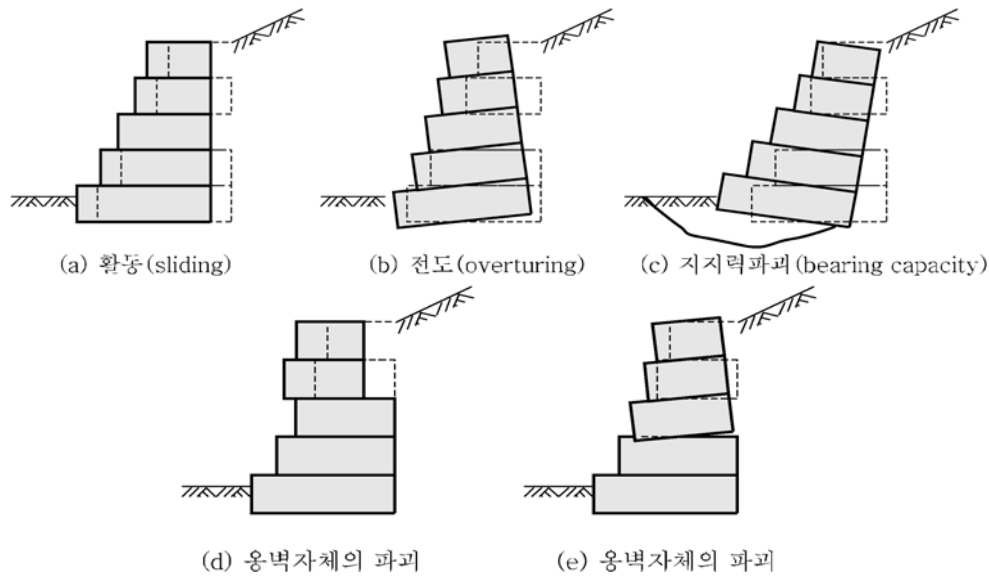


그림 2 돌망태 옹벽의 파괴형태

### 2.4 돌망태 옹벽의 설치형태

돌망태 옹벽을 수직전면형으로 설치하는 경우는 시공 중 변형과 장기적인 안정성을 고려하여 전면부분이 6°~10°이상 뒤로 경사지게 설치한다. 돌망태의 자중은 돌망태가 모두 지지하도록 배치하며 뒤채움재에 걸쳐 있는 형태로 설치해서는 안 된다. 돌망태 옹벽은 일반적으로 기초지반대로 약 0.3m 이상 근입 되도록 한다. 경사지반의 경우에는 0.6m 이상이 기초지반에 근입 되도록 하고, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상까지 근입 시킨다. 돌망태 옹벽의 형태를 유지하는 철망은 방청처리가 되어있지만 시공 중 손상 등의 가능성이 있으므로 산성지반이나 산성오염수가 있는 조건에서는 적용을 주의한다.

#### 2.4.1 수직전면형

전면수직형 돌망태 옹벽은 전면의 공간이 제한되거나 전면 공간을 최대한 활용하고자 하는 경우에 흔히 사용한다. 전면수직형 옹벽은 시공 중 또는 장기적인 벽체의 변형으로 인한 벽체가 앞으로 약간 기

울어질 가능성이 있으므로 약 8°이상 뒤로 경사지게 설계·시공한다. 경사지게 설치하는 경우 벽체의 안정성을 높이고 시각적으로 안정하다. 일반적으로 10° 정도 경사지면 가장 경제적인 단면이 나오는 것으로 알려져 있다. 전면수직형 돌망태 옹벽은 앞굽 부분에 큰 지반반력을 유발시키는 점에 유의한다.

### 2.4.2 정상전면형

벽체 전면에 약 70~80mm정도 폭의 계단이 생기도록 옹벽을 쌓는 방법이다. 이는 시공 중 또는 장기적으로 옹벽의 변형으로 인하여 위쪽의 옹벽이 움직이더라도 여유를 확보할 수 있다.

### 2.4.3 계단전면형

가장 안정적인 벽체형태로서 벽체 전면에 공간적 제약이 없는 경우 적용한다. 계단의 폭은 돌망태 1개 높이의 1/2정도가 적절하며, 전면의 평균적인 설치각도는 약 70°이하가 가장 안정감을 준다.

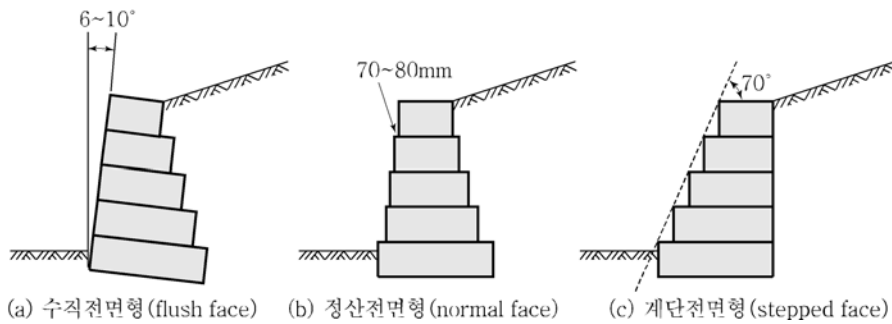


그림 3 돌망태 옹벽의 설치 형태

## 3. 사례연구

### 3.1 ○○지구

조사대상 절토사면은 ○○호선에 위치하고 있으며 거리표는 설치되지 않았다. 연장 64m, 높이 13m이고 경사는 약 51~55°를 나타낸다. 대상사면은 ○○○○년 ○월 집중 호우시 붕괴가 발생함에 따라 유실물이 도로에 유입되어 현장조사를 실시하였다.



그림 4 조사대상 사면의 전경

### 3.1.1 붕괴 원인

편마암을 기반암으로 하여 완전풍화에서 풍화잔류토로 구성된 토사사면이다. 0~8m, 28~42m 지점에서 표층유실과 함께 기존에 시공된 식생공이 훼손(그림 8)되었다. 0~8m 지점은 경사가 약 51°이고 표층만 얇은 깊이로 유실되었다. 표층이 유실되면서 식생공이 함께 훼손되며 사면 하단부에 적치(그림8)되어 있다. 표층유실의 직접적인 원인은 집중 강우시 상부자연사면으로부터의 지표수가 다량 유입되어 흙의 단위중량이 증가하고 전단강도가 낮아지며 완전풍화의 기반암층과 토층사이 간극수압이 증가하여 윤희면으로 작용한 것으로 판단된다. 붕괴 깊이가 얇고 표층만 유실되었음에도 불구하고 식생공이 훼손된 것으로 보아 식생공 상부 고정핀의 정착이 부실하였음을 시사한다. 사면 하단에는 5단의 돌망태옹벽이 시공되어 있는데 하단부에는 압축강도가 낮고 물에 대한 저항도가 낮은 이암이 다량 포함(그림 10)되어 있어 자체하중으로 인한 균열 및 변형이 관찰된다.



그림 5 표층유실부 전경



그림 6 표층유실(0~8m)



그림 7 표층유실(28~32m)



그림 8 표층유실 및 식생공 훼손



그림 9 훼손된 식생공



그림 10 채움재 불량 이암

### 3.1.2 대책 제시

본 사면은 집중호우시 지표수의 적절한 배수대책이 없었으며 돌망태 옹벽이 그 기능을 대신했어야 했으나 시공시 설계 기준 미달의 암석을 채움재로 사용하여 자체 하중으로 변형이 발생하였으며 채움 간격 또한 설계 기준에 미달되게 시공이 되어있었다. 대책공법으로 상부자연사면으로부터 유입되는 지표수를 제어하기 위해 전단면 배수로를 제안하고 돌망태옹벽에는 물에 대한 저항도가 낮은 이암이 다량 포함되어 있어 재기능 수행이 불가능하고 지표수의 지속적인 유입을 차단할 수 있는 옹벽 배면 맹암거를 설치하여 배수를 통제할 수 있도록 제안했으며 식생공이 훼손된 구간에 대하여 식생공을 재시공하되 고정핀의 근입 깊이와 간격을 조정하여 정착을 단단히 할 것을 제안하였다.

### 3.2 ○○지구

다음의 절토사면은 국도 ○○호선에 위치하며 총연장 243 m 최대높이 26 m의 대규모 혼합사면이다. 절토사면 경사는 암반부의 경우 52°(1:0.8 구배)이며 토사부의 경우 약 45°(1:1.0 구배)를 형성하고 있다. 전체적인 상부자연사면 경사는 최초에는 25~50°로 급경사로 조성되어 있다가 역구배로 변화한다. 본 사면은 왕복 4차선 구간에 존재하며 일일교통량이 약 20,000 대에 달하여 붕괴시 피해도가 매우 클 것으로 예상되는 현장이다.



그림 11 조사대상 사면의 전경

#### 3.2.1 붕괴 원인

본 사면은 지표수 배수 능력 부족으로 인해 표층이 유실 되었고 표층 유실로 인해 돌망태옹벽이 변형(배부름 현상)되면서 측구 또한 손상이 있는 것으로 조사되었으며 돌망태옹벽과 낙석방지울타리가 불필요하게 이중으로 보호 되어 있었다.



그림 12 돌망태옹벽 변형



그림 13 측구 훼손



그림 14 이중보호

### 3.2.2 대책 제시

본 사면은 붕괴부를 중심으로 추가붕괴가 우려되나 붕괴부 하단의 경사가 완만하여 붕괴가 발생되더라도 낙석이 도로로 침입될 가능성은 낮다고 판단된다. 단 붕괴부 좌측의 지반상태가 불량하여 토사유실 또는 표층붕괴가 우려되므로 이를 고려한 공법의 선정이 필요하였다. 따라서 붕괴부의 좌측부분에 기존 붕괴부에 설치된 돌망태옹벽과 동일 높이로 추가로 돌망태옹벽을 설치하여 추가적인 표층유실에 대해 제어할 것을 제안한다.

### 3.3 ○○지구

조사대상 절토사면은 국도 ○○ 호선에 위치하고 있으며 연장 284m, 높이 18m의 규모를 가지고 있으며 경사 45~63°이다. 세일로 구성된 혼합사면이며 심한풍화~완전풍화 양상을 보인다.



그림 15 조사대상 사면의 전경

#### 3.3.1 붕괴 원인

본 대상사면 0~145m 구간은 식생이 발달하여 있으며 돌망태옹벽이 시공되어 있고 소규모 표층유실은 보이나 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 145~221m 구간은 옹벽과 돌붙힘공이 시공되어 있으며 정비가 잘 되어 있어 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 221~284m 구간은 상재하중을 버티지 못하여 돌망태옹벽의 변형 및 소단배수로의 파손이 발생하였다.

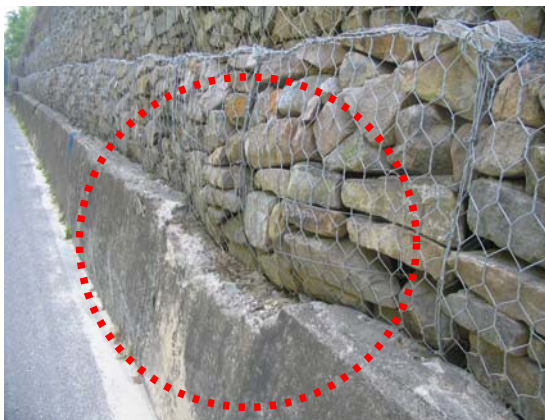


그림 16 돌망태옹벽 배부름



그림 17 돌망태옹벽 훼손에 의한 측구 손상

### 3.3.2 붕괴 원인

본 대상사면의 221~284m 구간에 돌망태옹벽 변형과 상부거동이 관측된 상태이므로 토류벽을 설치한 후 돌망태옹벽을 제거하고 의지식 옹벽과 지지앵커 보강방안을 제안하였으나, 돌망태옹벽 제거 시 여러 가지 문제점이 예상(사면붕괴 우려, 제거 후 폐자재 처리문제)되어 현재 상태에서 보강공 적용이 합리적 일 것으로 판단된다. 그래서 현재 변위가 발생이 진행 중인 곳에 어스앵커와 1소단부분에 역지말뚝으로 보강하여 추가적인 붕괴에 대비할 것을 제안한다.

## 4. 결론

돌망태 옹벽은 설계기준에 의거 시공이 된다면 계단식 옹벽이나 의지식 옹벽에 비해 경제적으로나 미관상으로 활용도가 높은 구조물이다. 하지만 위의 현장에서 시공된 내용을 보면 기준 미달의 채움재(세일 및 이암 등 풍화가 심한 암석 사용시 지표수유입, 강우가 발생하면 옹벽의 기능을 현저하게 저하시킴)를 사용하여 내구성을 저하시키거나 배수시설을 설치해야 하는 현장임에도 불구하고 배수시설 미비로 인해 전체적인 변형을 가져와 폐기물로 전락하는 현상을 볼 수 있었다. 돌망태 옹벽도 기술이 발전되어 친환경 칠판망 시공시 화단으로 사용이 가능하여 반영구적으로 사용이 가능하고 경제성도 우수해졌다. ‘건설 기준을 준수한 시공이 한사람의 생명을 지켜낼 수 있다’라는 신념을 가지고 구조물을 조사하고 설계하고 시공을 한다면 기상이변과 계렬라성 폭우로 수시로 재난에 노출되어 있는 현재 구조물에 의한 제 2의 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 국토해양부, 2009년도 도로절토사면 유지관리시스템(CSMS) 운용업무
2. 한국시설안전기술공단(2003), “절토사면 점검, 진단 및 유지관리 기법 개발(I)”
3. 건설공사비탈면설계기준(2009), “돌망태옹벽”
4. 정철호, 권형석, 백영식(1994), “돌망태 석축의 변형거동 및 전단특성 분석”, 한국지반공학학회지 제 10권, 제4호, 한국지반공학회 논문집, pp181~190
5. 홍콩GEO - Retaining wall