

## 건설공사 비탈면 유지관리를 위한 보강공법별 점검항목에 관한 연구 A Study on the inspection item classified by reinforcement method for the construction slope maintenance

김용수<sup>1)</sup>, Yong-Soo Kim, 장범수<sup>2)</sup>, Buhm-Soo Chang, 신관영<sup>3)</sup>, Kwan-Young Shin

- 1) 한국시설안전기술공단 기술개발실 과장, Department Manager, Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation
- 2) 한국시설안전기술공단 기술개발실 부장, Department Chief, Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation
- 3) 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation

**SYNOPSIS** : With the tunnel to case of the construction slope it executes the periodic maintenance due to an objectivity standard. But, the standard connected with construction slope is not integrated with the important public paper organic enemy and it is duplicated and the standards which conflict are being scattered. Also, it is referred to some specifications simply and the feature which is diffuse appears. Therefore, there is a necessity which it investigates the problem point of the maintenance civil official and it improves rationally and it takes a triangular position a confusedly be standard system. In this research which it sees accomplished the fundamental research against the inspection item classified by reinforcement method for the construction slope maintenance.

**Key words** : slope, maintenance, reinforcement method, inspection item

### 1. 서론

건설공사 비탈면과 유사한 지반구조물로 분류할 수 있는 터널의 경우에는 설계기준, 표준시방서, 유지관리 지침 등이 완비되어 객관적 기준에 의한 설계와 철저한 품질관리에 의한 시공 및 주기적인 유지관리를 실시하고 있다. 그럼에도 불구하고 건설공사로 기인된 비탈면 관련 기준들은 주요 공종이 유기적으로 통합되지 못하고 상호 중복되거나 상충되는 기준들이 산재해 있고, 각 기준간에 참조내용 및 수록범위가 일정하지 않아 산만한 특징을 보이고 있으며, 단지 몇몇 시방서의 토공편에 간략히 언급되어 있을 뿐 이에 대한 관련 규정이 미약한 실정이므로 다양한 종류의 비탈면이 동시에 발생하는 대규모 토목사업의 경우에 있어서 많은 문제점을 내포하고 있다.

붕괴에 대한 수동적 회피에서 적극적 대처를 사회적으로 요구하고 있고, 비탈면 개수 및 규모가 커짐에 따라 붕괴로 인한 후처리에 많은 시간적, 비용적인 문제점이 있음을 감안할 때 현재 상황에서 전반적으로 비탈면 유지관리상의 문제점을 검토하여 합리적으로 개선하고 혼란스런 기준을 체계적으로 정립할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 건설공사 비탈면 유지관리 관련 기준의 적용성과 활용도를 높이기 위해서 보강공법별 점검항목에 대한 구체적이고 실증적인 연구를 통하여 지속적인 보완 발전이 이루어질 수 있도록 내용적으로 상충 또는 중복 부분을 조정하고, 누락 또는 미비한 부분의 보완과 새로운 기술을 추가할 수 있는 방안을 마련하는 기초연구를 수행하고자 하였다.

## 2. 비탈면 손상과 대책

본 절에서는 건설공사로 기인한 인공 비탈면의 시공 후 발생 가능한 손상 종류에 대해 파괴징후, 상부자연비탈면, 인공비탈면으로 구분하고 이를 표 1에 나타내었다.

표 1. 비탈면 손상종류 및 대책

구 분	손 상 종 류	특 징 및 대 책
파괴징후	인장균열 지반변형 구조물 변형	- 발견 시 비탈면 안전에는 큰 영향을 미치지 못함 - 지표수 침투 등으로 붕괴위험성이 악화될 수 있다. - 지속적인 추적과 원인 규명이 필요함 - 적절한 대책 수립이 요구됨
상부 자연비탈면	인공구조물 테일러스 포행(Creep) 지표수/계곡부 낙석위험 뜬돌	- 인공구조물 주변에 지지력 확보를 위한 대책 수립 - 높은 강성의 낙석방지망 또는 스크린 댐 설치 - 시각적 불쾌감과 경계부의 수목전도 발생(측구설치) - 지표 유실 및 세굴 발생, 측구 및 도수로 설치 - 예상 지점에 포켓식 낙석방지망 또는 강성이 큰 방지망 설치
인공 비탈면	땅깎기 소단 녹화  뜬돌 기봉괴부 지하수 용출 붕적층 배면토석 암과쇄 방호시설	- 소단내 측구 설치부 소단라이닝 실시, 지표수의 침투 방지  - 비탈면 경계에서 상부 5m이내 교목류는 표층유실로 발본 될 가능성이 높으므로 제거 해야 한다. - 뜬돌의 규모에 따라 라운딩, 면정리, 경사완화 적용 - 추가붕괴 발생가능성 및 붕괴위험성 제거 여부 확인 - 배수공의 막힘 점검, (수평배수공의 지하수를 측구로 유도하는 시설 설치 등) - 토석더미에 의한 낙석방지망 시설의 변형을 방지해야 한다. - 절취작업으로 인한 암괴압편을 차단하기 위해 설치

## 3. 비탈면 보호공법별 유지관리 및 점검항목

### 3.1 녹화에 의한 비탈면 보호공 유지관리

녹화공법은 침식방지 등의 비탈면 보호를 목적으로 하는 것과, 주변 경관과의 조화 등의 환경 보전·창조의 목적을 함께 가지고 있다. 또한 녹화공은 녹화 목표(장래의 목표로 하는 녹화)를 기본으로 시공된다. 유지관리 작업은 이러한 목적을 달성하고 또한 안전성을 확보할 수 있도록 수행할 필요가 있다.

표 2. 녹화공법의 점검 항목과 착안점

종 류	점 검 항 목	착 안 점
도입식물	활 력 번 성 병 충 해 손 상	잎의 색, 줄기 잎가지 잎의 생육 정도 등 지나친 번성, 통행 장애의 유무, 시거의 확보 등 종류, 발생 정도 등 말라 죽음, 손상입은 정도, 닳아 없어짐, 소실 등
침입식물	종 류 번 성	침과 같은 유해 식물의 유무 등 유해 식물로 인한 도입 식물의 피압 정도 등
생육기반	기 반 배 수 붕 괴 녹화기초공	생육 기반의 유출 및 노화 용수, 월류(overflow) 등 균열, 합몰, 붕괴의 유무 등 안정성 등

### 3.2 구조물에 의한 비탈면 보호공 유지관리

구조물에 의한 비탈면 보호공이 적용되어 있는 비탈면에 대하여 구조물 시공 공종별 점검항목을 비교·분석하고 이를 표 3에 제시하였다.

표 3. 구조물에 의한 비탈면 보호공법의 유지관리 점검 사항

공 종	점 검 항 목
갈기공법	① 옥석이나 잡석의 국부적 탈락 ② 지진과 돌의 풍화 등으로 인한 완화, 균열 ③ 뒤채움 토사의 유출, 보호공의 함몰 ④ 비탈면 붕괴(원호 활동 등)로 인한 보호공의 활동, 침하, 돌출, 균열 ⑤ 콘크리트부의 변형 및 파괴
뿔어붙이기공법	① 균열 ② 돌출 및 버력 반출 ③ 뒤쪽 자연 지반 사이의 틈, 공동의 유무 ④ 줄눈부의 변형 및 단절
격자틀공법	① 틀 내 속채움의 완화 또는 함몰 ② 틀 뒤쪽 토사의 유실 ③ 틀의 균열 및 돌출 ④ 줄눈부의 변형 및 단절
쌓기공법	① 벽면의 변형 및 파손 ② 줄눈부의 변형 및 단절

### 3.3 비탈면 배수공의 유지관리

비탈면 배수시설은 노면에서는 그 상황을 정확히 파악할 수 없는 위치에 만들어져 있는 경우가 많으므로 이런 경우에는 비탈면을 직접 올라가서 점검하는 적극적인 자세가 필요하다. 비탈면 배수시설의 점검사항은 다음과 같다.

- (1) 비탈끝 배수구, 종배수구, 소단배수구에 쓰레기, 토사 등으로 인한 막힘 상태 점검
- (2) 용수로 인한 지하배수구, 수평배수구(구멍)의 막힘 상태
- (3) 배수구 파손 여부 및 이음부의 어긋남 등 이상유무
- (4) 배수구의 세굴 상황
- (5) 이상 기상시의 배수기능 상황

표 4. 비탈면 배수시설의 점검사항

목적	원인	점검항목
비탈면 세굴·붕괴 방지	표면수의 배수공으로부터의 유출	① 강우 직후의 배수 시설의 배수 상황 ② 배수공 내의 토사, 유목의 퇴적 상황 ③ 비탈면의 침식 상황 ④ 배수공의 경사 및 이동 상황 ⑤ 배수공의 파손 ⑥ 배수홈 양측의 움푹 패인 곳
비탈면 붕괴방지	침투수로 인한 비탈면 용수	① 강우 직후의 비탈면의 습윤 상태 ② 비탈면으로부터의 용수 상황의 변화 ③ 배수구멍으로부터의 유출량 변화 ④ 배수구멍 내의 막힘 상황 ⑤ 배수공 바닥부의 균열 및 손상

비탈면 배수시설의 유지 및 보수는 주기적으로 비탈면을 점검하고 이상 유무를 확인함으로써 유지 및 보수를 실시한다.

- (1) 쓰레기, 토사가 막혀 있는 경우는 즉시 제거한다.
- (2) 그물이 막혀있는 배수구 등은 고압수로 씻는 등 막혀 있는 토사를 제거 한다.
- (3) 파손 부분은 보수 또는 교체하며, 이음부가 어긋나 있는 것은 재설치 한다.
- (4) 시설의 능력이 불충분한 경우는 증설하거나 충분한 기능을 가진 것으로 교체한다.
- (5) 세굴되어 있는 곳은 필요한 재료를 이용해 복구한다.

### 3.4 낙석방호시설의 유지관리

낙석방호시설이 제 기능을 할 수 있도록 주기적인 점검과 유지 보수를 하고, 관련 기록을 유지 및 보관하여야 하며 점검 결과에 따라 보수나 대체가 필요한 경우에는 이를 신속하게 처리해야 한다. 따라서, 유지관리에 있어서는 땅깍기면의 지질, 지형 및 기상조건과 낙석방호시설의 기능과 특성 등을 충분히 숙지해 두는 것이 중요하다.

유지관리의 내용은 기본적으로 점검, 유지보수, 대책 등으로 구분된다. 점검은 낙석재해방지차원에서 시행해야 하므로 땅깍기면과 낙석방호시설 각각에 대해서 점검해야 한다. 점검 결과, 이상 징후 또는 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 땅깍기면에 대해서는 적절한 대책공법을 강구하여야 하며, 그 외의 경우에는 감시나 계측 등의 대응을 취한다.

점검카드는 도로관리자 등이 일상관리 등에 있어서 재해발생 요인을 조기에 발견하고 전문기술자에 의한 상세조사 등의 대책에 적절하게 진행시키도록 하기 위하여 도로관리자 등의 업무를 지원하는 것이다. 일상관리 등을 시행함에 있어서 점검카드에 기재되어 있는 ‘변상’, ‘점검방법’, ‘점검시기’, ‘재해형태’ 및 ‘대응방안’에 따라서 점검하고 재해발생 요인을 조기에 발견하여 필요시 보수·보강 및 대책공법을 적용하는 것이 중요하다. 점검카드를 이용하여 일상관리를 수행하기 위해서는, 점검대상 시설물마다 점검 카드에 기재된 점검시기에 의한 계획을 작성하고, 노선도 등을 이용해서 위치와 시기를 기재한 점검지도를 작성하는 것이 유효하다.

### 3.5 옹벽의 유지관리

옹벽시설물은 인간의 재산과 생명에 무엇보다 가까이 있음에도 불구하고 대형시설물의 중요성에 가려져 기초적인 조사 및 설계 자료의 미비로 인해 손상이 발생하여도 정확한 원인을 규명하기에는 매우 복잡한 과정을 거쳐야 한다. 따라서 효율적인 유지관리를 위해 구조물의 특성을 고려하고 결함을 파악한 후 이에 대한 대책을 수립할 수 있도록 철저한 유지관리가 필요하다.

표 5. 콘크리트 옹벽의 현장조사 항목과 방법

상 태	조 사 항 목	조 사 방 법	비 고
침하	침하량	◎측량(수준측량) ◎육안관찰(단차확인)	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
경사	경사량	◎측량 ◎ 점검 추 ◎육안관찰	
	진행성	◎측량 ◎ 점검 추	
활동	활동량	◎측량 ◎사진촬영 ○육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
균열	위치(범위), 패턴	◎육안관찰 ◎사진촬영	균열 종류, 위치, 패턴 등으로 작용 응력의 상태, 손상 원인 추정
	길이, 폭	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	깊이	○코어링 △초음파 △검사창	
	진행성	◎균열계 ◎Scale Calipers ○Mortar Pat	
박리·박락	위치(범위)	◎육안관찰 ◎타음검사 ◎사진촬영	
	크기, 깊이, 빈도	◎Scale Calipers ◎타음검사 ◎사진촬영	
	진행성	◎육안관찰	
세 굴	위치(범위)	○육안관찰 ○사진촬영	
	크기, 깊이	○육안관찰	
철근노출	위치(범위)	○육안관찰 ○사진촬영	
백태	위치(범위)	○육안관찰 ○사진촬영	
배수공상태	위치	◎육안관찰 ○사진촬영	
	상태	◎육안관찰 ○내시경 관찰	
파손및손상	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
마모/칩식	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	

표 6. 보강토 옹벽의 현장조사 항목과 방법

상 태	조 사 항 목	조 사 방 법	비 고
침하	침하량	◎측량(수준측량) ◎육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
경사	경사량	◎측량 ◎ 점검 추 ◎육안관찰	
	진행성	◎측량 ◎ 점검 추	
활동	활동량	◎측량 ◎사진촬영 ○육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
파손, 손상 및 균열	위치(범위) 패턴	◎육안관찰 ◎사진촬영	
이 격	위치(개소)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
유 실	위치(개소)	◎육안관찰 ○사진촬영	
전면부 배부름	위치(범위)	◎육안관찰 ○사진촬영	
세 굴	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	

표 7. 석축의 현장조사 항목과 방법

상 태	조 사 항 목	조 사 방 법	비 고
침하	침하량	◎측량(수준측량) ◎육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
경사	경사량	◎측량 ◎ 점검 추 ◎육안관찰	
	진행성	◎측량 ◎ 점검 추	
활동	활동량	◎측량 ◎사진촬영 ○육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
파손, 손상 및 균열	위치(범위) 패턴	◎육안관찰 ◎사진촬영	
이 격	위치(개소)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
유 실	위치(개소)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
전면부 배부름	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
세 굴	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
채움콘크리트 상태	위 치	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	상 태	◎육안관찰	
배수공상태	위 치	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	상 태	◎육안관찰 ○내시경 관찰	

표 8. 개비온 옹벽의 현장조사 항목과 방법

상 태	조 사 항 목	조 사 방 법	비 고
침하	침하량	◎측량(수준측량) ◎육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
활동	활동량	◎측량 ◎사진촬영 ○육안관찰	
	진행성	◎측량 ○육안관찰	
세 굴	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
Wire Mesh 상태	위치(개소)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
채움재 유실	위치(개소)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
결속철망 상태	위치	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	상태	◎육안관찰	
진행성 변형	위 치	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	상 태	◎육안관찰	

### 3.6 그라운드 앵커의 유지관리

점검, 관측 및 계측의 목적은 시공된 앵커 및 앵커로 보강되는 구조물이 사용기간 중 그 기능을 충분히 다하는지 여부를 확인하고 필요한 조치에 대해 검토하는 것에 있다. 앵커가 그 기능을 충분히 다하고 있는지 어떤지는 앵커의 두부나 앵커로 보강되는 구조물의 변형이나 변위를 정기적으로 점검하고, 주변지반의 거동을 관측·측정하며 잔존 인장력의 변화를 측정하는 등에 의해 확인을 해야 한다.

- (1) 앵커두부의 변위, 변형 및 부식
- (2) 앵커로 보강되는 구조물의 변위, 변형 및 균열
- (3) 주변지반의 변위, 변형 및 균열
- (4) 앵커에 발생하는 하중 및 변위
- (5) 지하수위
- (6) 기타

앵커공법의 변형 상황은 다음과 같다.

- (1) 머릿부분 피복공법의 변형
- (2) 머릿부분 정착부 및 긴장재의 변형
- (3) 앵커 긴장력의 변화
- (4) 지하수의 용출이나 녹방지 기름의 누출

## 4. 결론

본 연구는 건설공사과정에 필연적으로 발생하는 비탈면에 대한 합리적이고 실용적인 유지관리기준을 마련하기 위한 기초적 연구로서 보강공법 별 점검항목에 대한 비교·분석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 문제 제거(시설물의 이동, 취약부의 제거 등), 활동력 감소(구배 변화, 지표수 배수, 지하수 배수, 비탈면보호 등), 저항력 증대(옹벽 등 구조물 적용, 록볼트, 록앵커, 어스앵커 등의 외력에 의한 방법, 토목섬유 등 보강재 설치, 화학적 처리 등) 및 기타(낙석방지책, 낙석방지망, 피암터널 등)로 공법을 구분하고 이에 대한 유지관리 방안을 제시하였다.
2. 비탈면 붕괴방지를 위한 안전점검을 효율적으로 수행하기 위해서 사전계획과 준비가 필요하며 일상점검, 정기점검, 정밀안전진단, 긴급점검 등으로 구분된 유지관리체계의 확립이 필요할 것으로 판단된다.
3. 비탈면의 안정성 및 붕괴여부, 붕괴시기, 붕괴규모, 피해정도 등 불확정요소를 보완하기 위해서는 정기적으로 안전점검을 실시하여 사고를 미연에 방지하여야 하며, 이는 장기적으로 예산절감효과를 기대할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 건설교통부(2003), 도로절토사면 유지관리지침
2. 건설교통부, 한국시설안전기술공단(2003), 정밀점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면)
3. 山田邦光(1982), 最新の斜面安定工法(設計・施工), 理工圖書
4. 建設省道路局(1996), 道路防災点檢 防災カルテ作成要領