

녹색성장을 위한 건설공사 비탈면 설계기준 개정



백 용
한국건설기술연구원 지반연구실 연구위원
(baek44@kict.re.kr)



김 진 환
한국건설기술연구원 지반연구실 전임연구원
(goethite@kict.re.kr)

1. 서론

전 세계적으로 저탄소 녹색성장이 국가 발전의 차세대 성장 동력으로 부각되면서 우리나라도 생활 전반에 걸쳐 녹색성장이 화두로 대두되고 있다. 녹색성장을 뒷받침하

기 위한 여러 법률, 제도가 정비 중이며, 녹색성장을 위한 다양한 기술개발 시장이 확대되고 있다. 정부에서는 효율적인 온실가스 감축, 탈석유/에너지자립 강화, 기후변화 적응역량 강화, 녹색기술개발 및 성장동력화, 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성, 산업구조의 고도화, 녹색경제 기



그림 1. 녹색성장 개념(녹색성장위원회)

반조성, 녹색국토/교통의 조성, 생활의 녹색혁명, 세계적인 녹색성장 모범국가 구현이라는 10대 정책 방향을 설정하여 국가 정책을 추진하고 있다(그림 1). 이러한 국가 정책 변화에 발맞추어 그동안 제정, 운용되었던 국가 기준에 대해서도 녹색성장 패러다임을 반영할 수 있도록 재검토가 요구되고 있다.

이러한 사회적 요구는 우리나라의 건설, 토목 분야도 예외는 아니며 저에너지로 고성능을 발휘하며 자연 친화적인 다양한 신공법, 신기술들의 개발이 진행되고 있으며 관련 국가 기준도 이에 발맞춰 개정이 이뤄지고 있다.

국내의 도로, 철도, 주택 건설과 관련된 비탈면 설계와 관련하여 제안하고 있는 다양한 기준, 편람, 요령, 지침 등을 모두 아우를 수 있고 비탈면 보강, 보호 관련 공법에 대

하여 합리적인 설계 지침을 제안하기 위해 “건설공사 비탈면 설계기준”은 2006년도에 처음 제정되었다. 2006년에 제정된 기준은 제정 당시, 우리나라의 각 기관별 상이한 비탈면 관련 기준을 통합하여 일관성 있는 하나의 국가 기준을 마련하는데 주요 목적이 있었기 때문에 최근 이상기후에 의한 자연재해 발생 빈도 증가의 문제점, 지반 특성별 나타날 수 있는 다양한 현장 여건 및 새로운 성장 동력 패러다임인 녹색성장을 반영하기는 어려웠다고 볼 수 있다. 제정 이후 변화된 국내외 다양한 환경 변화를 반영하기 위해 2010년부터 개정 연구가 진행되고 있다. 본고에서는 “건설공사 비탈면 설계기준” 개정과 관련된 주요 문제점과 개정 방향을 정리하였다.

표 1. 국내 비탈면 설계 관련 기준서

구분	발행기관	제목
기준	국토해양부	건설공사 비탈면 설계기준(2009)
		도로설계기준(2005)
	한국철도시설공단	철도설계기준 노반편(2004)
		고속철도설계기준(2005)
시방서	국토해양부	토목공사 표준일반시방서(2005)
	국토해양부	도로공사 표준시방서(2009)
	국토해양부	건설공사 비탈면 표준시방서(2006)
	국토해양부	콘크리트 표준시방서(2008)
	한국도로공사	고속도로공사 전문시방서(2009)
	한국철도시설공단	철도공사 전문시방서 토목편(2004)
지침	국토해양부	도로절토사면 유지관리지침(2010, 개정중)
	국토해양부	환경친화적 도로유지관리 잠정지침(2006)
	국토해양부	환경친화적 도로건설지침(2010)
	국토해양부	건설공사 비탈면 유지관리지침(2006)
	한국토지주택공사	토목공사 설계 및 적산 지침(2010)
	한국토지주택공사	토목설계지침(2008)
편람	국토해양부	도로설계편람 토공 및 배수(2010, 개정중)
	한국도로공사	도로설계실무편람(1997)
	한국철도시설공단	철도설계편람(2004)
	한국토지주택공사	택지조성공사 설계실무편람(2006)
요령	국토해양부	국도건설공사 설계실무요령(2008)
	한국도로공사	도로설계요령 토공 편(2009)
기타	국토해양부	산악지 도로설계 매뉴얼(2007)
	한국토지주택공사	Koland 설계기법 토공(2001)

2. 국내 비탈면 관련 기준

국내 비탈면 공사의 경우, 공사 발주처에 따라 도로 공사와 관련된 편람, 지침, 요령 등이 발간되어 해당 실무자들이 활용하고 있다. 국토해양부에서는 “도로설계편람 토공 및 배수 편”에서 국도도로 개설시 형성되는 성토, 절토 법면에 대한 설계 기준을 제시하고 있다. 2000년 처음 제정된 “도로설계편람”도 최근 변화된 기후조건 및 기술 개발을 반영하기 위해 개정 작업이 진행 중이다. 한국도로공사에서는 고속도로 설계 전반에 관한 내용을 담은 “도로설계요령”을 제정하여 보급하고 있다. 도로설계요령은 총 16편의 장으로 구성되어 있는데, 이 중 제 5 편 토공에서 비탈면 설계에 관한 내용을 다루고 있다. 한국토지주택공사에서는 “Koland 설계기법 토공” 편에서 사면 안정해석에 관한 설계 기법을 제시하고 있다. 이밖에 국도건설공사 설계실무요령(국토해양부, 2008), 도로공사 표준시방서(국토해양부, 2009), 택지조성공사 실시설계지반조사지침(대한주택공사, 2005) 등 기관별로 다양한 기준, 시방서, 지침, 요령, 편람 등이 제정되어 업무에 활용되고 있다. 각각의 지침서는 비탈면 생성 원인, 활용 방안 등에 따라 내용이 조금씩 차별화 되어있다. 건설공사 비탈면 설계기준 개정은 타 기준과 상호 보완하며 특징을 부각시킬 수 있도록 개정을 수행할 예정이다. 국내에서 비탈면 설계에 활용중인 다양한 기준, 편람, 요령 목록을 표 1에 나타내었다.

3. 건설공사 비탈면 설계기준 구성 및 주요 문제점

2006년도에 처음 제정된 건설공사 비탈면 설계기준은 8개의 비슷한 요구 내용을 갖는 그룹으로 분류할 수 있으며 총 24장으로 구성되어 있다(표 2). 건설공사 비탈면 설계기준은 다른 기준, 지침 등과 달리 대표적인 비탈면 안정화 공법에 대해 설계기준을 제안하고 활용할 수 있도록 하고 있다.

비탈면 설계기준의 개정 가이드라인을 도출하기 위해 설계기준에 내용 검토를 수행하였다. 그동안의 운용과정에서 제기되었던 다양한 문제점과 녹색성장을 반영할 수 있는 부분에 중점을 두어 검토하였으며 주요 문제점의 일부를 소개하면 다음과 같다.

먼저 지반조사 및 계측 분야는 관련 내용이 설계 대상인 비탈면과 부합되지 않는 내용이 기술되어 있는 부분이 있으며 지반조사의 경우 예비조사와 본조사 내용의 중복 및 구분이 모호하게 되어 있어 명확한 정립이 필요하며 지반조사를 이종으로 수행하지 않도록 유도할 필요가 제기되었다. 쌓기 비탈면의 경우 다짐에 관한 사항이 미흡하며 표준 경사 부분과 건기시 기준안전율에 대한 내용이 불필요한 부분이 많이 나타났다. 깎기 비탈면의 경우 표준경사에 관한 사항과 발파 설계에 관한 사항이 비교적 미흡한 것으로 나타났다. 옹벽의 경우, 옹벽 표면 처리, 사용 재료에 대해 보완이 필요하며 보강토옹벽은 보강재료

표 2. 건설공사 비탈면 설계기준 구성

분류	장
일반사항	1장 총칙, 2장 설계일반, 3장 지반조사, 4장 쌓기비탈면 설계, 5장 깎기비탈면 설계
보강공법	6장 앵커, 7장 네일, 8장 록볼트, 9장 역지말뚝
옹벽 류	10장 콘크리트옹벽, 11장 보강토옹벽, 12장 돌망태옹벽, 13장 기대기옹벽, 14장 돌(블록)쌓기 옹벽, 15장 격자블록 및 돌(블록) 붙이기, 16장 콘크리트 뿔어붙이기
녹화공법 관련	17장 비탈면 녹화
배수시설 관련	18장 지표수 배수시설, 19장 지하수 배수시설
보호공법 관련	20장 낙석방지망, 21장 낙석방지울타리
피암공법 관련	22장 낙석방지옹벽, 23장 피암터널
내진설계 관련	24장 비탈면 내진설계기준

표 3. 건설공사 비탈면 설계기준 주요 문제점

분야	주요 문제점
지반조사 및 계측	- 비탈면에 부합되지 않는 지반조사 및 계측 내용
쌓기 비탈면	- 쌓기 비탈면 다짐 기준 미흡
깎기 비탈면	- 암깎기 비탈면 설계기준 미흡
앵커, 네일, 록볼트	- 최근 개발된 앵커, 네일, 록볼트 고려 기준 미흡
옹벽 류	- 옹벽 표면 처리, 재료에 관한 사항 미흡
내진설계에 관한 사항	- 비탈면에 적용 가능성 미흡

및 설치 기준에 관한 사항이 부족한 것으로 나타났다. 내진설계의 경우, 주요 내용이 비탈면이 아닌 지구조물에 초점이 맞춰져 있어 비탈면 설계에 최적화된 내용으로는 비교적 부족한 편이라고 볼 수 있다. 표 3에 기 제정된 건설공사 비탈면 설계기준의 주요 개정 문제점을 나타내었다.

녹색성장을 도모하고 기 제정된 비탈면 설계기준의 문제점을 개선하기 위한 2010년 8월부터 연구가 진행중이고 현재 많은 부분에서 개정안을 위한 주요 사항을 도출하였다.

총 24개 장으로 이뤄진 비탈면 설계기준은 그 구성 및 내용이 방대하여 동시에 개정을 진행하기에 어려움이 컸

다. 이런 문제점을 극복하기 위해 학계, 연구소, 공공기관, 산업계에서 활동하고 계시는 29분의 자문위원들께서 개정안 도출 작업에 큰 도움을 주셨다.

4. 건설공사 비탈면 설계기준 주요 개정 사항

비탈면 설계를 위한 가장 큰 쟁점사항은 비탈면 설계를 합리적으로 하기 위한 “지반조사” 부분과 “쌓기, 깎기 비탈면설계”시 기준안전율과 우기시 안정해석에 관한 문제

표 4. 건설공사 비탈면 설계기준 개정관련 주요 사항

구분	주요 개정 사항
지반조사	예비조사 강화, 산성배수 발생 지역 조사 추가, 시추공 내 지하수위 측정 기준 및 폐공 처리 기준 보완 비탈면 현황도 작성 기준 강화
쌓기비탈면	연약지반 흙쌓기 기준 보완, 배수시설 보완
깎기비탈면	우기시 안정해석 조건 보완, 지하수위 적용 기준 보완
앵커, 네일, 록볼트, 억지말뚝	가설앵커 적용 기준, 네일 설치간격 및 가공에 대한 사항 보완 비탈면용 록볼트 구분 검토, 말뚝거동형태에 따른 근입 길이 보완
콘크리트옹벽	옹벽 설계 안전율 검토, 터파기기술 산정 고려
보강토옹벽	보강재 수직설치 간격기준 보완, 설계 안전율 재검토
돌(블록)쌓기 옹벽	돌 쌓기 재료 규격 검토
비탈면 녹화	특수한 암질에서 녹화공법 검토
지표수, 지하수 배수시설	배수시설 유지관리를 위한 부대시설 설치 기준 검토 수평배수공 설치기준 검토
낙석방지망, 낙석방지울타리	포켓식 낙석방지망 형태 재검토, 낙석방지망 성능 평가 시험 보완, 낙석방지울타리 성능평가 시험 보완, 낙석방지옹벽 중복내용 보완
피암터널	강재 및 파형 강판 피암터널 검토
토석류 대책시설(추가)	이상기후로 발생빈도가 높아진 토석류에 관한 대책시설 검토

등으로 볼 수 있다. 그 밖에 비탈면 안정화를 위한 대책공법과 관련하여 그동안 제기되었던 여러 가지 문제점을 개선하고 과다 설계를 예방하기 위한 방향으로 설계기준 개정안을 제시하였다.

각 장별 주요 개정을 위한 가이드라인을 표 4에 정리하였다. 개정과 관련하여 주목할 점은 최근 이상기후로 인해 집중 강우기시 발생빈도가 매우 높아진 토석류에 대비하기 위해 개정안에는 토석류 대책시설을 마련하여 토석류 피해를 예방하기 위한 가이드라인을 마련하였다.

주요 개정안에 대하여 보면, 지반조사의 경우 산성배수 오염지역의 비탈면 설계와 관련하여 유의해야 할 사항을 제안하였다. 산성배수 발생 지역은 비탈면이 생성되기 위한 지역에 이미 존재하고 있을 수도 있으나 도로, 철도, 주택 공사 과정에서 산성배수 발생 지역이 새롭게 나타날 수 있으므로 사전에 이를 인지하기 위한 조사가 중요하다고 볼 수 있다. 산성배수 오염지역은 환경적 피해 뿐만 아니라 지반의 풍화가 가속될 수 있는 여건이 높으므로 해당지역의 사전인지 및 대책 마련은 건설공사와 관련하여 많은 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

사면 설계와 관련하여 우기시 안정해석을 위한 지하수 위 위치는 그동안 많은 논의가 있었던 부분으로 본 개정연구에서는 다양한 접근 방법을 통해 합리적인 지하수 위치 설정을 위한 검토를 수행하고 있다. 이번 개정 연구를 통해 우기시 지하수위 위치를 합리적으로 제안하고 이에 맞추어 안정해석을 할 수 있도록 개정안을 마련할 계획이다.

쌓기비탈면의 경우, 연약지반의 쌓기에 관한 사항을 보완하여 개정할 계획이다. 그동안 쌓기를 할 경우, 지반특성을 고려하지 않아 여러 가지 2차적인 문제가 발생하였다. 연약지반 쌓기비탈면에 관해 일반 쌓기비탈면과 마찬가지로 장기 및 단기로 구분하고 연약지반 심도에 따라 강도 특성 및 압밀에 따른 강도증가, 공용중 교통하중 등을 고려할 수 있도록 계획하고 있으며 이와 더불어 연약지반 쌓기비탈면을 위한 계속도 강화하여 관리할 수 있도록 개정안을 마련하고 있다. 쌓기비탈면의 붕괴의 경우 많은 부분 배수시설 불량에 의해 발생하고 있으므로 쌓기비탈면에 대한 배수시설도 합리적으로 설계할 수 있도록 기준을 정비할 계획이다.

보강토옹벽의 경우, 그 동안 합리적인 기준 없이 사용되던 보강재에 대해 재질 및 특성을 반영하여 보완하였으며 보강재 설치 간격도 제시하였다. 보강토옹벽 기준안전율의 경우, 미연방고속도로관리국의 설계 매뉴얼을 참고하여 변경 제안할 계획이다.

토석류 대책 시설의 추가는 그 적용 범위에 있어 많은 부분 논란이 있을 것으로 예상된다. 그러나 건설공사의 경우 많은 부분 산악지역에서 이뤄지고 있고 이 과정에서 토석류에 의한 공사중, 공사후 피해 사례가 많이 보고되고 있어 많은 인명 피해 및 경제적 피해가 발생하고 있다. 따라서 토석류 피해를 최소화하기 위한 가이드라인 마련이 필요하다고 볼 수 있다. 이번에 개정되는 설계기준에서는 이 같은 요구를 반영하여 토석류 대책시설에 관한 기준을 제시하고자 한다. 우리나라 토석류 대책시설은 주로 산림청에서 관리하고 있어 각 기관이 상호 유기적으로 협력, 보완할 수 있는 방향으로 제안할 계획이다.

5. 결론 및 향후 방안

산악지역이 많은 우리나라는 건설공사와 관련하여 크고 작은 비탈면의 생성은 필연적이다. 비탈면 설계 및 관리를 체계적으로 하기 위한 요구가 많이 있었으나 그동안 비탈면과 관련된 기준, 지침서 등의 준비는 미흡했다고 볼 수 있다. 비탈면은 주로 도로, 철도, 주택 등의 부대시설로 인식되어 관련 시설 설치와 관련된 기준, 지침 등에서 일부 설계 및 유지관리에 관한 사항을 다루고 있었다. 다행스럽게도 2006년도에 비탈면과 관련 시설을 대상으로 통합 관리할 수 있는 설계기준이 마련되었다.

기 제정된 설계기준 활용과 관련하여 제기된 여러 가지 문제점을 개선하고 이를 통해 저비용, 고효율, 친환경적인 녹색성장을 실현하기 위해 “건설공사 비탈면 설계기준”에 관한 개정 연구가 진행 중이다. 본 연구가 당초 계획한 대로 원활하게 이루어질 경우 다양한 분야에서 활용이 가능할 것으로 판단된다. 특히, 토목, 건축, 산림, 농업 등의 분야 및 각종 도로 건설, 건축물 시공, 산림 개간 등과 같이 공사중 생성되는 각종 절토, 성토 비탈면의 설계, 시

공, 유지관리 분야에서 지침서로 활용이 가능할 것으로 생각된다. 또한 기존에 제정되었던 기준들의 운용 과정에서 예기치 못하게 발생하였던 문제점을 보완 개선함으로써 현장 실무자들의 애로사항을 해결할 수 있을 것으로 기대되며 각종 토공, 건축물 시공 등으로 생성되는 비탈면 설계, 시공과 관련하여 현장 실무자들이 업무를 수행함에 있어 일관된 기준을 제시하여 업무 진행의 혼선을 피하고 최근 기후조건 변화를 반영할 수 있는 기준을 제시함으로써 기존보다 비탈면의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

관련 분야의 학계, 산업계, 공공기관 전문가의 의견을 종합하여 합리적인 개정안을 도출할 계획이며 개정된 설계기준은 그간 흩어져 있던 관련 기준, 자료 등을 총 망라할 수 있을 것으로 생각되며 우리나라 건설공사 수준을 한 단계 끌어올릴 것으로 기대된다.

감사의 글

건설공사 비탈면 설계기준 개정을 위해 힘써주시는 자문위원님께 감사드립니다.

참고 문헌

1. 국토해양부, 건설공사 비탈면 설계기준, 2006.
2. 국토해양부, 도로설계기준, 2005.
3. 국토해양부, 도로설계편람, 2000.
4. 국토해양부, 도로옹벽 표준도(설계기준 및 표준도), 2008.
5. 국토해양부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2009.
6. 국토해양부, 도시철도내진설계기준, 2008.
7. 국토해양부, 도로터널 방재시설 설치지침, 2009.
8. 국토해양부, 수해 예방을 위한 산악지 도로설계 매뉴얼, 2007.
9. 국토해양부, 환경친화적 철도건설지침, 2007.
10. 녹색성장위원회, <http://www.greengrowth.go.kr>
11. 한국도로교통협회, 도로설계기준, 2005.
12. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준해설, 2008

