

고속도로 비탈면 경보시스템



이창봉
한국도로공사
도로처
(lcb1219@ex.co.kr)



박진원
한국도로공사
도로처
(jwpark@ex.co.kr)



조래훈
한국도로공사
도로처
(rhcho@ex.co.kr)



김낙영
한국도로공사
도로교통연구원
(ynagkm@ex.co.kr)

1. 고속도로 비탈면 경보시스템 운영 목적

우리나라 고속도로에 분포하는 비탈면은 9,351개소(2016년 기준)이고 향후에도 비탈면의 수적인 증가와 더불어 대형화, 장대화가 예상된다. 또한 우리나라 비탈면은 장마, 응설 및 지구온난화의 영향으로 국지성 집중호우, 태풍 등 기상조건이 악화되어 자연재해 가능성이 더욱 높아지고 있다. 비탈면 붕괴는 일부 구간에 발생하여도 교통 및 통신시설 운용에 큰 영향을 미치며 인명피해도 발생할 수 있으므로 미연에 방지하는 것이 중요하다. 따라서 비탈면의 활동 징후를 감지하여 붕괴에 대한 사전예측으로 경계, 피난, 교통통제의 필요성 유무를 사전에 판단하여야 한다. 절토 비탈면내 붕괴 징후는 대부분 그 전조현상을 동반하여 절토 비탈면 상부 및 절토 비탈면에 인장 균열과 같은

표층이동을 유발하며 이를 감지기 위한 계측기 설치 및 이를 통한 신속한 사전조치의 연계성이 대두되고 있다.

이에따라 한국도로공사는 비탈면 문제발생시 신속한 초기 대응을 위해 '13년부터 설치 중인 경보시스템을 지속적으로 개선하여 신뢰성을 향상하고 '16년부터 강화되는 시트법 비탈면을 대상으로 경보시스템의 확대 설치를 통해 비탈면 관리강화를 도모코자 다음과 같은 고속도로 비탈면 경보시스템을 운영하고 있다.

2. 고속도로 비탈면 현황

2016년 기준으로 고속도로 비탈면 현황은 다음 표 1~3과 같다.

표 1. 비탈면 전체 현황

구 분	계	2종(시트법)	중점관리대상(자체기준)	기타 비탈면
대상(개소)	9,351	1,664(18%)	182(2%)	7,505(80%)

▶ '16.11 시트법 기준 강화 : 높이 50m → 30m, 연장 200m → 100m

표 2. 비탈면 높이별 현황

구 분	계	10m미만	10~20m	20~30m	30~40m	40~50m	50m이상
개 소	9,351	1,969	3,276	2,166	1,112	527	301
비 율	100%	21%	35%	23%	12%	6%	3%

표 3. 지역별 비탈면 현황

구 분	계	수도권	강원	충청	전북	전남	경북	경남
계	9,351	815	2,122	1,302	1,109	1,354	1,453	1,196
2 종	1,664	149	450	181	207	202	279	196
중 점	182	10	32	18	10	68	19	25
기 타	7,505	656	1,640	1,103	892	1,084	1,155	975

3. 고속도로 비탈면 경보시스템

3.1 고속도로 비탈면 경보시스템 운영체계

고속도로 비탈면 경보시스템은 지표변위량계 형태의 비탈면 무인 감시 시스템으로 비탈면의 변위나 활동 징후가 발생시 센서를 통해 감지하여 주행 중인 도로상에 1차적인 경고메시지(경고등 점멸)를 전달하고 2차적으로 관리기관이나 상황실에 CDMA를 통한 무선통신으로 메시지를 전달하여 비탈면 전조현상을 사전에 감지, 대처함으로써 운전자의 교통안전을 확보하고 더 나아가 대형 참사로 이루어질 수 있는 상황을 미연에 방지하여 인명 및 경제적 피해예방을 목적으로 한다. 고속도로 비탈면 경보시스템은 위험비탈면에 설치되어 있는 센서로부터 위험신호를 전달받아 Control box에 데이터를 전송하며, 센서의 신호를 전

달받은 Control box는 그 신호를 그 즉시 경보등에 전달하여 경보등을 작동시키며, 또한 그 신호를 이동통신망을 활용해 상황실에 즉각 통보하여 상황실의 모니터에 그 상황을 표현해주고, 관리기관으로부터 즉각 조치할 수 있는 상황을 제시해 주는 시스템이다. (일명 올빼미)

3.2 고속도로 비탈면 경보시스템 설치개요

- 정 의 : 비탈면 파괴 시 경보체계를 통해 신속한 초기대응이 가능토록 한 실시간 경보 시스템
- 운영체계 : 디지털 센서(평형센서)를 이용하여 센서의 이동변위 감지하며, 실시간 경보체계 운영 (경고등 + 실시간 SMS)

고속도로 비탈면 경보시스템 소개는 그림 1과 같다.

고속도로 비탈면 경보시스템

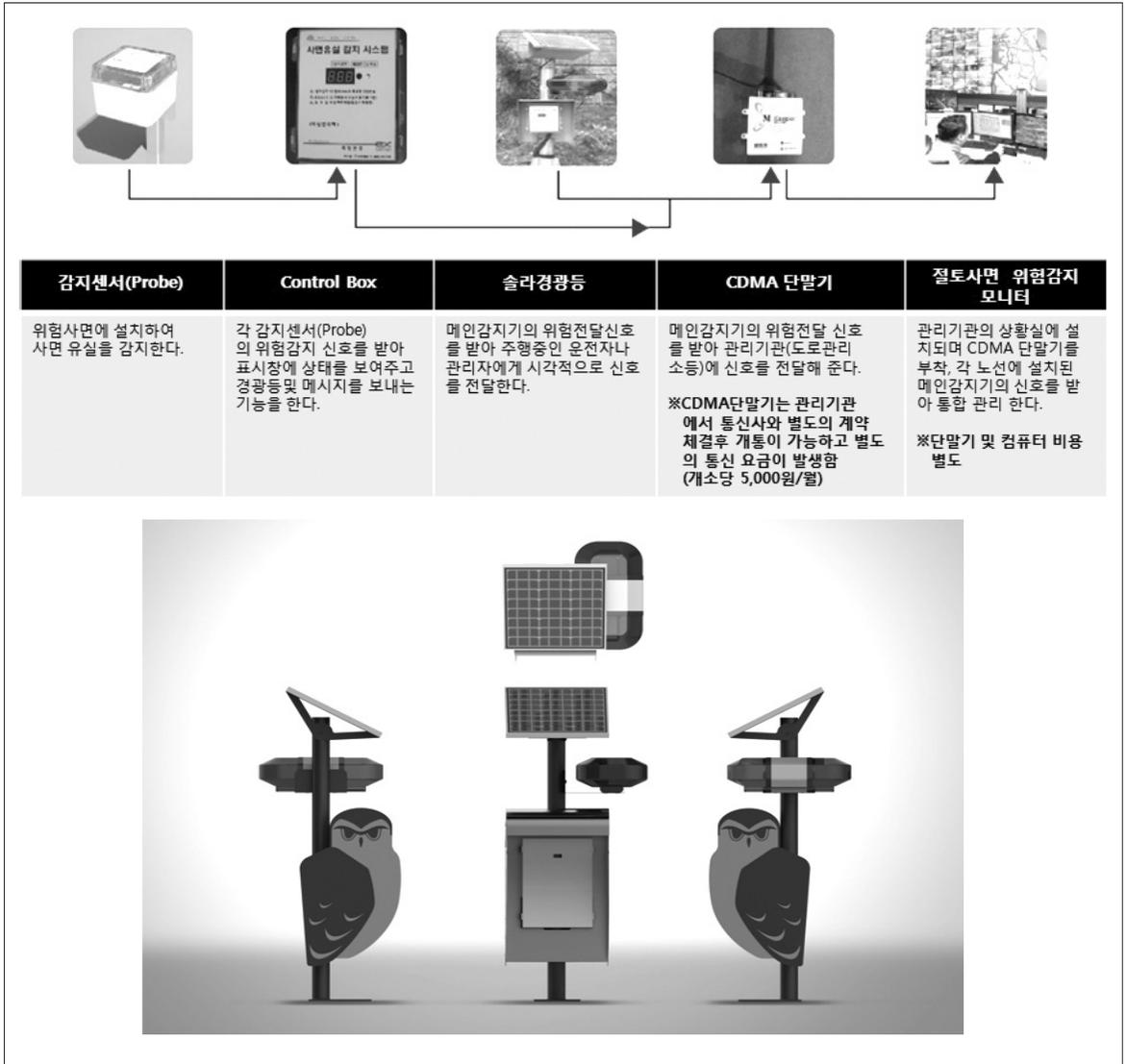


그림 1. 고속도로 비탈면 경보시스템 개념도

표 4. 경보시스템 운영체계

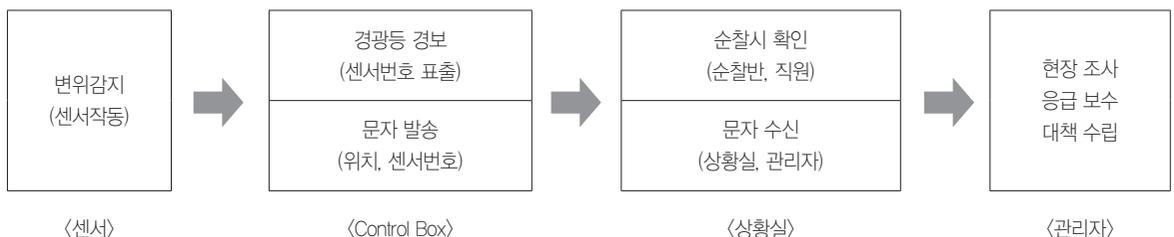


표 5. 경보시스템 설치현황

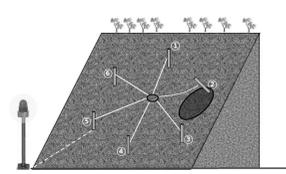
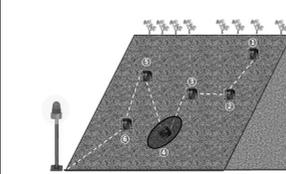
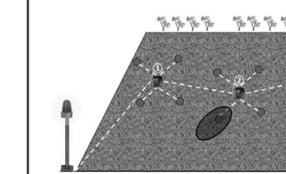
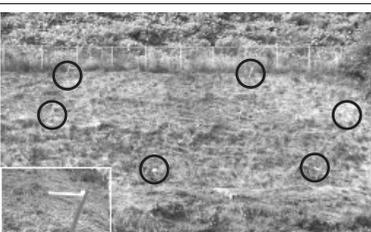
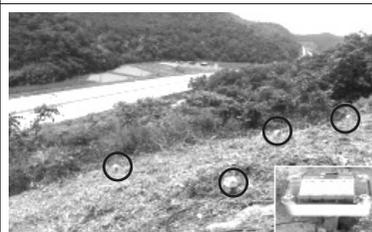
• 연도별, 형식별 설치현황

구분	계	올빼미 ^{1.0}	올빼미 ^{2.0}	올빼미 ^{3.0}	비고
계	188	43	123	22	
2013년	43	43	-	-	
2014년	65	-	43	22	
2015년	80	-	80	-	

• 지역별 설치현황

구분	계	수도권	강 원	대전충청	전 북	광주전남	대구경북	부산경남
개소	188	21	20	11	18	74	23	21

표 6. 경보시스템 형식별 주요 특성

올빼미 ^{1.0} 【'13년 최초】	올빼미 ^{2.0} 【'14년 개량형】	올빼미 ^{3.0} 【'14년 보강형】
 <ul style="list-style-type: none"> • 지주간 와이어(장력) 평형유지 • 지주간 상대적 움직임 감지 • 아날로그 방식(와이어) 	 <ul style="list-style-type: none"> • 각 지주당 평형센서 장착 • 지주자체 움직임 센서 감지 • 디지털 방식(평형센서) 	 <ul style="list-style-type: none"> • 올빼미^{2.0} 디지털센서(母)에 아날로그 자(子)센서 연결 • 디지털+아날로그 방식
		

3.3 비탈면 경보시스템 설치 위치

- 비탈면 경보시스템은 주로 중점관리 대상 비탈면 중 비탈면 상태, 도로피해 예상정도 등을 고려하여 설치대상을 선정한다.
- 선정된 비탈면 중 경보시스템 세부 설치위치 판단 기준은 다음 표 7과 같다.

3.4 비탈면 경보시스템 효과 사례

- 중부내륙선 O.Ok 경보시스템 작동

* 중부내륙선 O.Ok 개요
 * 연장 : 90m, 높이 : 46m, 최대경사 : 63°
 * 보수·보강 이력 : 계미온 옹벽(2014년), 사면 배수공(64공) 및 쏘일네일링 109공(2009년)

표 7. 잠재적 위험 고려한 토질별 설치 필요구간 상세

구분	설치 필요구간 상세	비고
공 통	① 소단부, 산마루측구 등에 인장균열(2~5mm) 있는 구간	
	② 우기 및 집중호우 시 유실이 잦은 구간	
	③ 보강부 주변으로 추가 거동이 예상되는 구간	
	④ 접근이 어려운 구간으로 지반상태 불량 구간	
토 사	① 비탈면 내 배부름이 있는 구간(30cm 이상인 경우 전문가 자문 요청)	
	② 붕적층이 두꺼운(2m이상) 구간	
	③ 용수 발생지점이 다수인 구간	
	④ 시공당시 토층구간에서 대규모의 원호파괴가 발생된 구간	
암 반	① 퇴적암 구간에 별도 보강공법이 적용되지 않은 구간(층리면이 도로방향으로 경사진 경우)	
	② 뚜렷한 불연속면(절리, 단층, 층리, 엽리, 점토층 충전 등)이 도로방향으로 경사진 구간(확인가능 구간)	
	③ 토사와 암반경계부로서 경계부가 뚜렷하고 습윤한 구간	
	④ 낙석이 잦은 구간 또는 용수발생이 다수인 구간	

※기타 위험구간으로 판단되는 등 필요한 경우 설치



비탈면 보강 전 전경



경보 후 현장조사



비탈면 보강 후 전경

- 경보시스템으로 비탈면 변위를 인지하여 안정성 검토 후 사면보강 시행
→ 위험요소 사전 조치로 비탈면 붕괴 및 사고예방

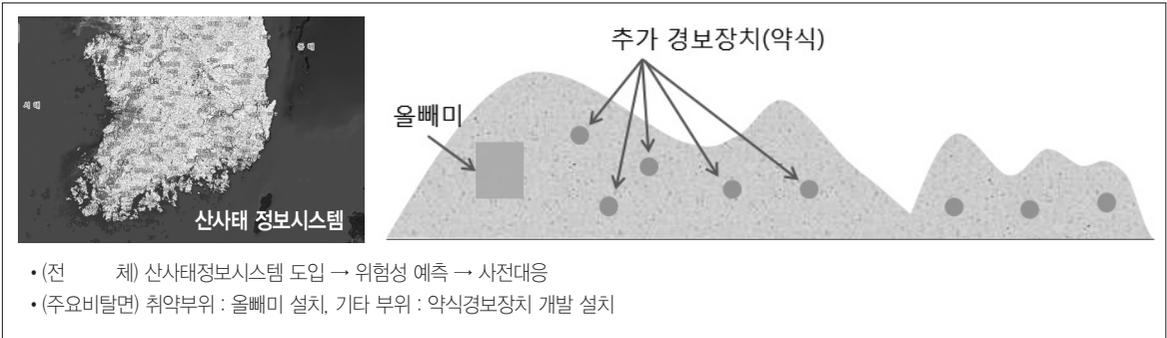
※ 조치경과

- 2015. 03 : 경보시스템 1개소 연속적으로 경보 알림(4회)
→ 지사 담당자 비탈면 변상상태 중점관찰
→ 본사 특별점검
(배부름 및 전반적 습윤상태, 위험성 크므로 보강대책 필요)

- 2015. 04 : 도로교통연구원 기술자문
(변형 발생구간 앵커보강, 하부 표면유실방지 옹벽시공 제시)
- 2015. 07~09 : 비탈면 보강 공사 착수 및 완료
↳ 앵커 120공, 격자블럭 72EA, 슛크리트 690m², 면벽 320m²

4. 향후 추진계획

- 비탈면 경보시스템은 사면관리의 개념을 수동적



‘사후대처’에서 능동적 ‘사전예방’으로 전환할 수 있게 만들어주는 기술이다. 한국도로공사는 올빼미 경보시스템과 더불어 산림청에서 운영 중인 산사태경보시스템 데이터 공유를 통해 고속도로 변 전체 비탈면의 붕괴 위험을 상시 모니터링하고, 보다 경제적인 보급형 약식 비탈면 경보장치를 확대 설치하여 비탈면을 다층적으로 관리하는 중장기 전략을 추진하고 있다.

• 이러한 지반공학적 비탈면 관리에 최신 IT기술 등을 도입하는 기술 컨버전스를 통해 예측 불가능한 것으로 여겨졌던 영역이 실질적인 예방적 유지관리가 가능한 관리의 영역으로 바뀔 것으로 기대하고 있으며, 앞으로는 경보시스템과 더불어 드론, 영상촬영장치 등을 활용한 비탈면 상시·원격 관리시스템 도입도 적극 검토하는 등 비탈면 점검 과학화를 지속적으로 추진해 나갈 계획이다.