



MIDAS SQUARE 공학 기술강연

사면공학 특강

백 용 | 한국건설기술연구원 지반연구본부 선임연구위원

CONTENTS

01 일반 개론

- 기본개념, 용어에 대한 개략적 설명

02 사면 붕괴 사례

- 붕괴 분류 및 특이한 붕괴 사례를 통한 고찰

03 사면 설계 및 해석 이론

- 사면 조사, 자료 분석, 해석, 설계 방법에 대한 접근

04 사면 대책 공법 및 시공

- 보강 공법과 보호 공법 소개 및 시공 주의점

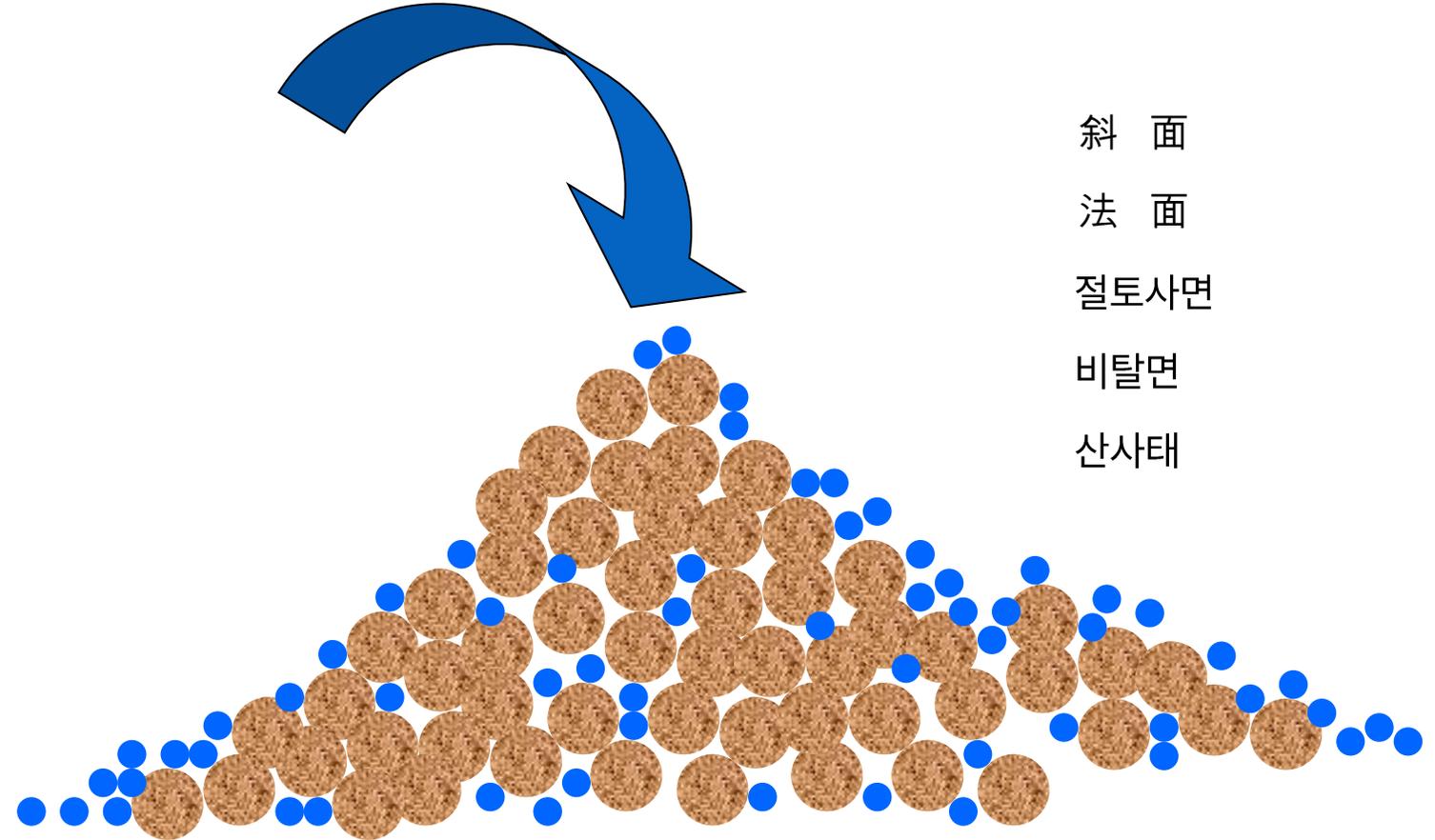
05 국내 사면 관리 실태 및 계측

- 도로 사면 관리 및 계측 기술 동향

01 일반 개론

기본개념, 용어에 대한 개략적인 설명

사면이란?



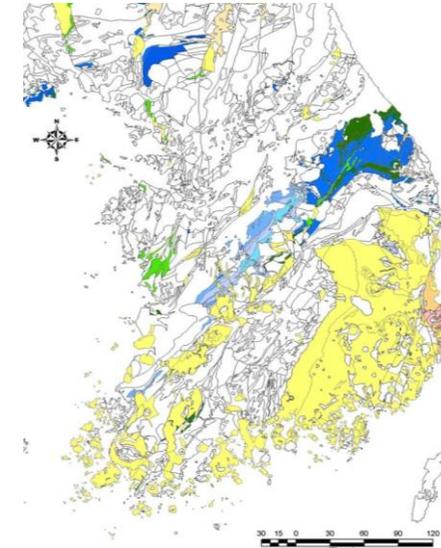
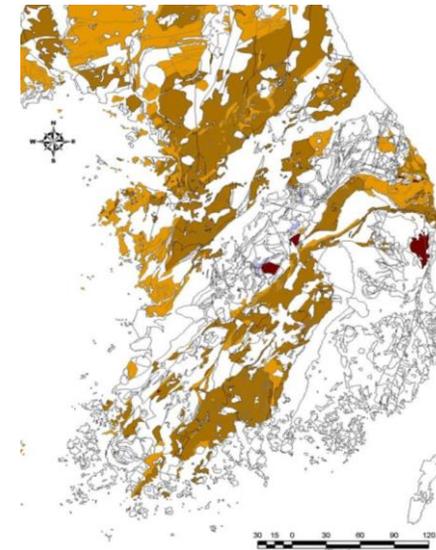
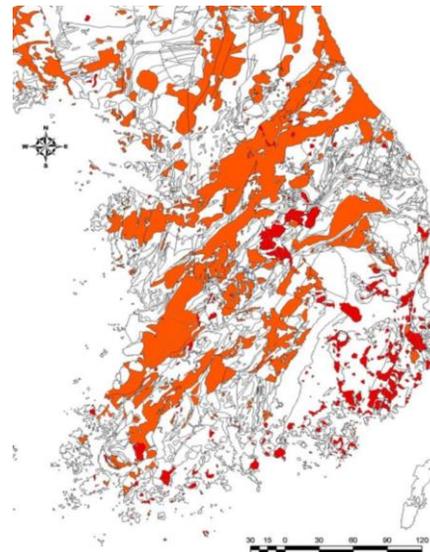
사면관련 법령

구분	시행일	주요내용
시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법	1995.4	<ul style="list-style-type: none"> 2종시설물로 관리 -지면으로부터 노출된 높이가 5m이상인 부분의 합이 100m이상인 옹벽 -지면으로부터 연직높이 (옹벽이 있는 경우 옹벽 상단으로 부터의 높이) 30m이상을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100m이상인 절토사면 옹벽과 절토사면, 도로법과 급경사지 재해예방에 관한 법률에 적용을 받는 시설은 제외한다.
산지관리법	2003.10	<ul style="list-style-type: none"> 산사태 등 재해발생이 우려되는 지역에 대하여 행위 제한을 하고 있음. 산지태양광발전설비 설치시 사면에 대한 안정성 검토 결과를 포함하여 재해위험성 검토의견서를 제출해야 함(2021.6)
급경사지 재해예방에 관한 법률	2008.7	<ul style="list-style-type: none"> 택지, 도로, 철도 및 공원시설 등에 부속된 자연비탈면, 인공비탈면(옹벽 및 축대 등을 포함) (적용범위) 도로법 제 11조의 고속국도 및 12조 일반국도, "시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법" 의 제 2조 1호의 시설물은 이법을 적용하지 아니함. 연 2회의 안전점검이 필요
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	2009.2	<ul style="list-style-type: none"> 풍수해·산사태·지반붕괴·지진 및 그 밖에 재해예방에 장애가 된다고 판단되는 경우, 법률에 따라 방재지구로 지정 재해취약성 분석 실시하여야 함

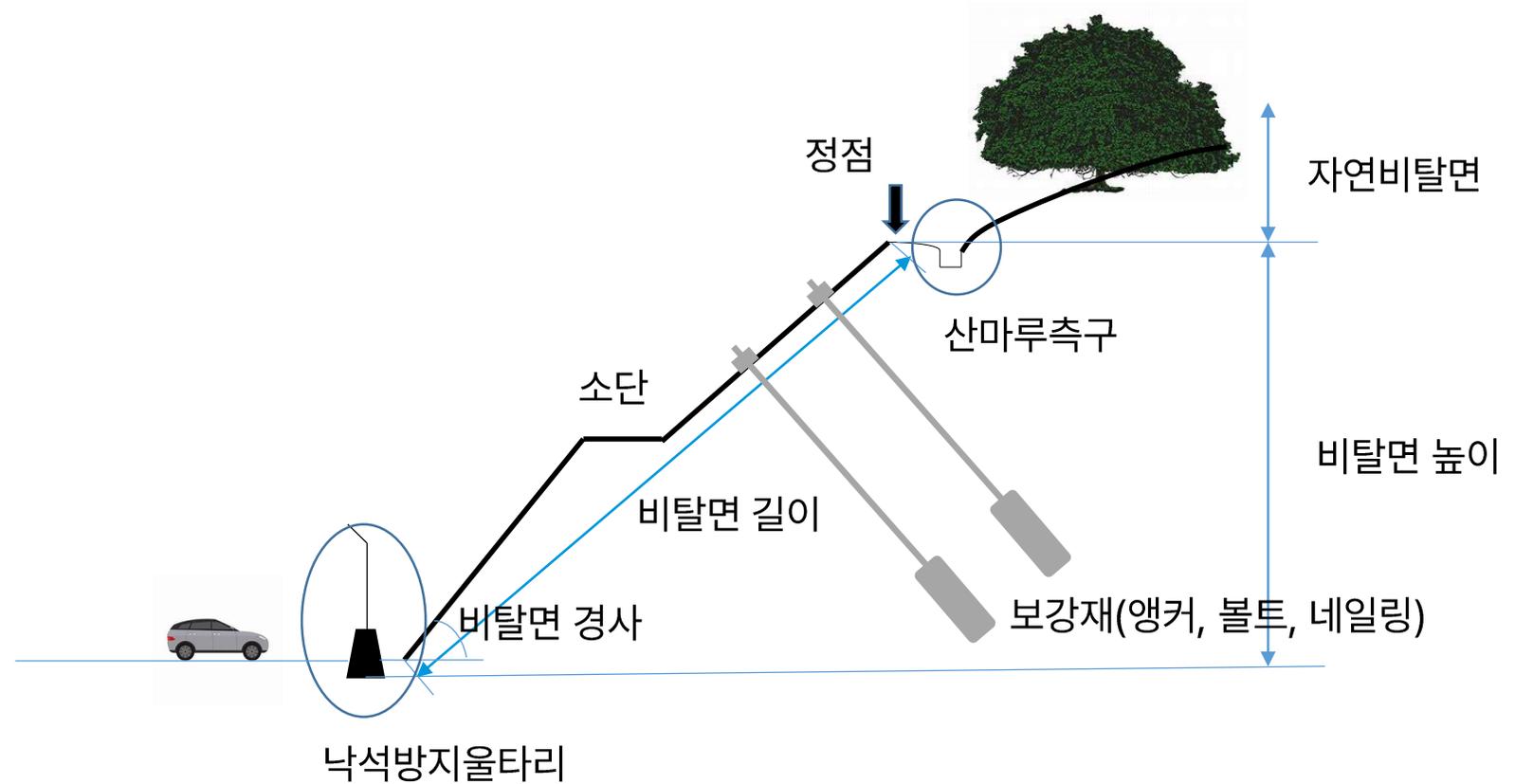
한국의 지질



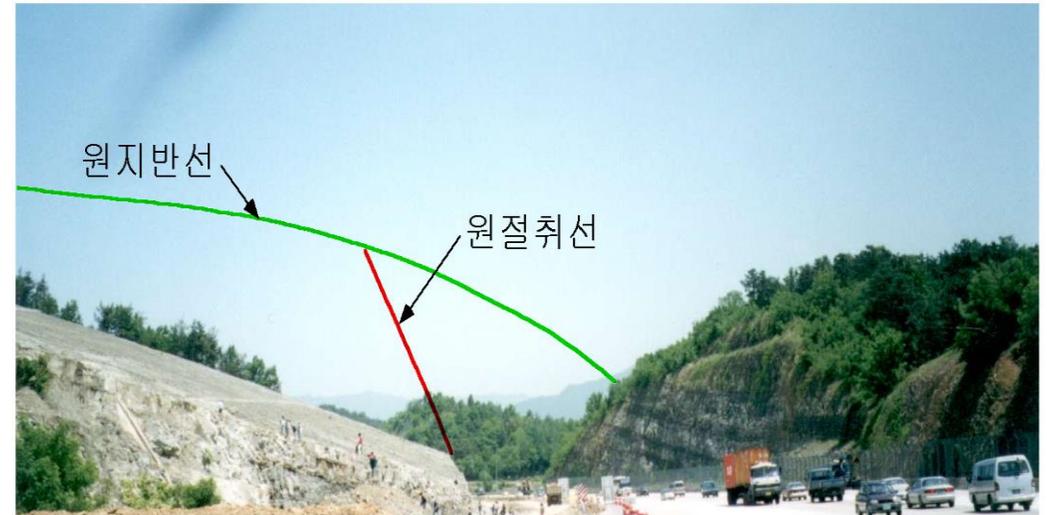
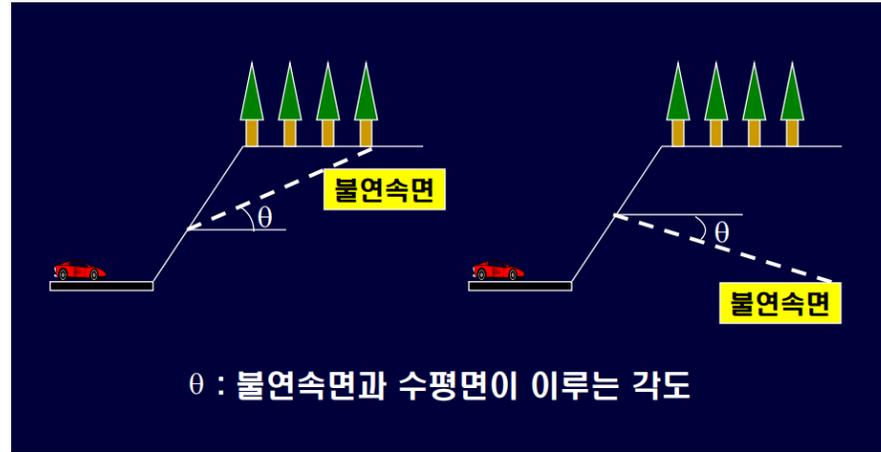
출처 : 한국지질자원연구원



기본 용어



불연속면의 중요성



주향과 경사

주향(strike)

성층면과 수평면과의 교선이 남북선과 이루는 각도를 북을 기준으로 하여 나타낸 것이다.

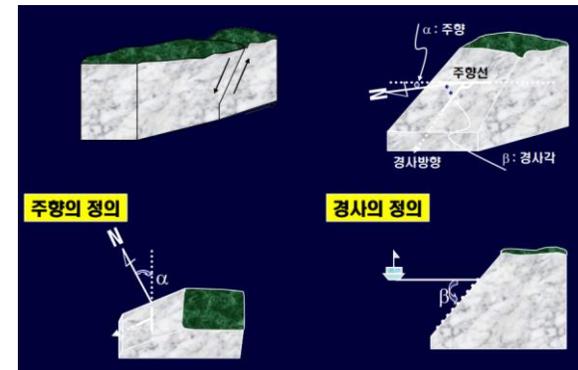
예) N 30 E , N 45 W



경사(True dip)

성층면과 수평면이 이루는 각 중 90°이하 이면서 가장 큰 것을 말한다.

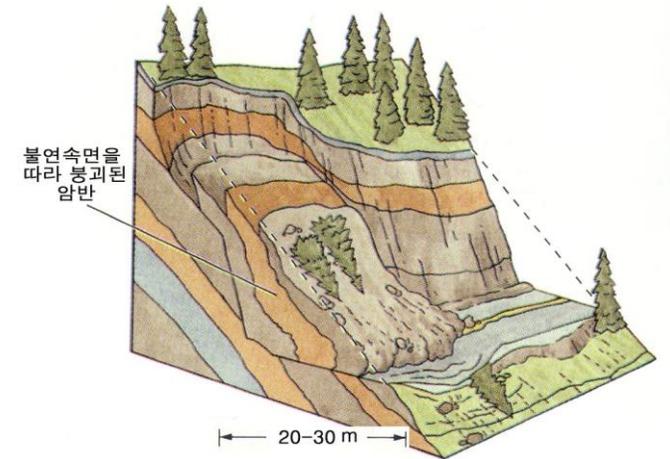
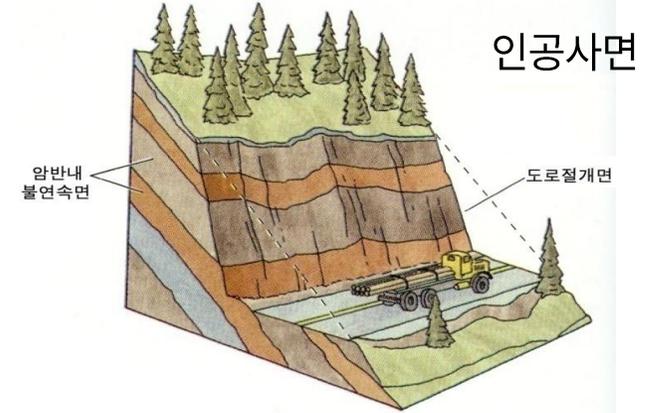
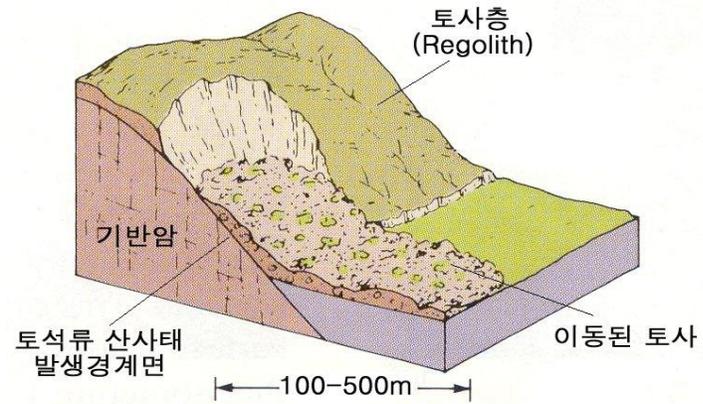
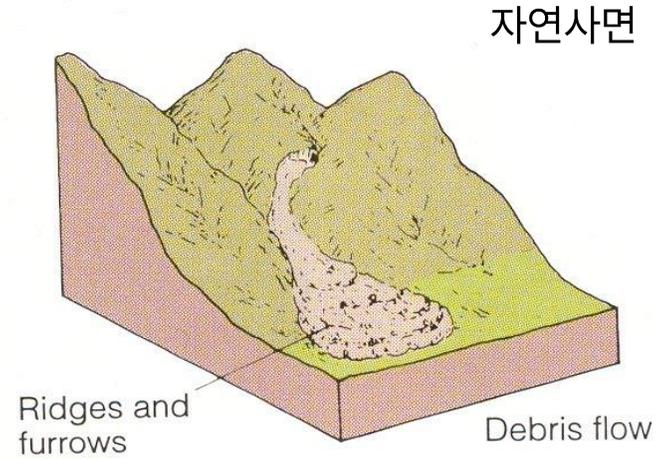
예) 60SE , 40NW, 30NE , 45SW



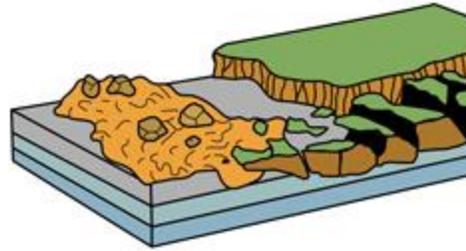
02 사면 붕괴 사례

붕괴 분류 및 특이한 붕괴 사례를 통한 고찰

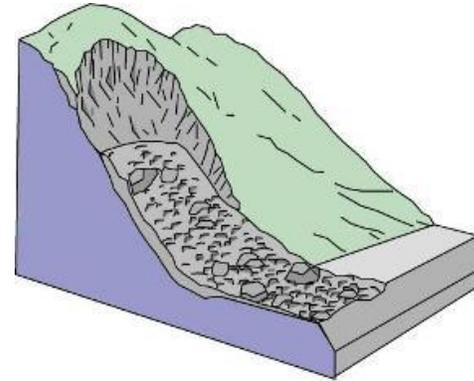
사면 붕괴 분류



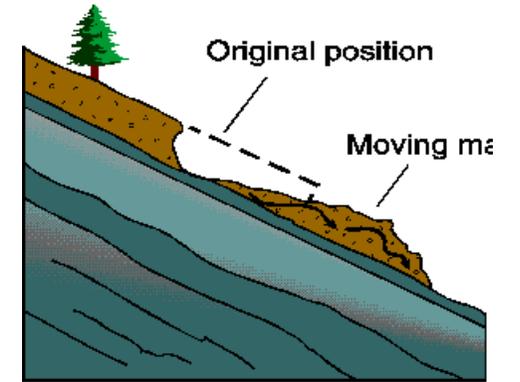
사면 붕괴 분류



Spreading



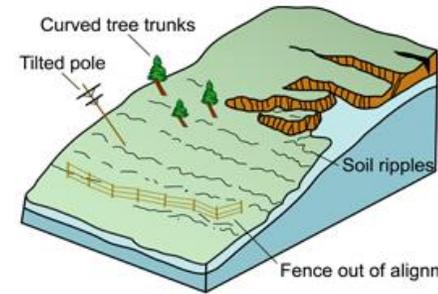
Flowing



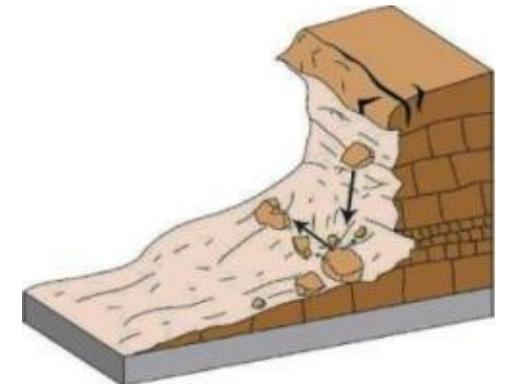
Sliding



Toppling



Creeping



Falling

사면 붕괴 사례

-연차적 사면 붕괴

-도로개설 관련 붕괴

-대규모 사면 붕괴

1차 붕괴 ('11.01.03)

STA.5+670~5+700



2차 붕괴 ('11.04.23)

STA.5+700~5+720



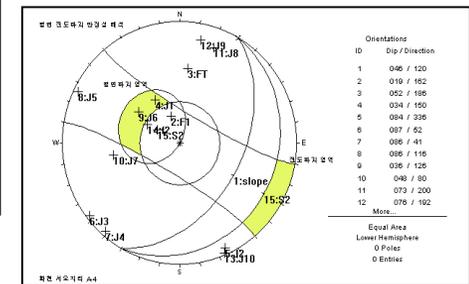
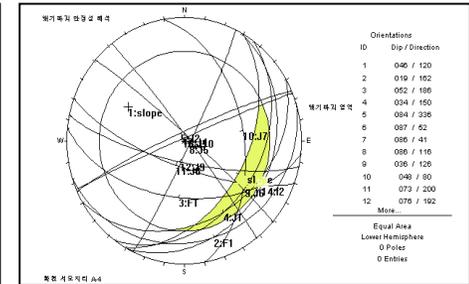
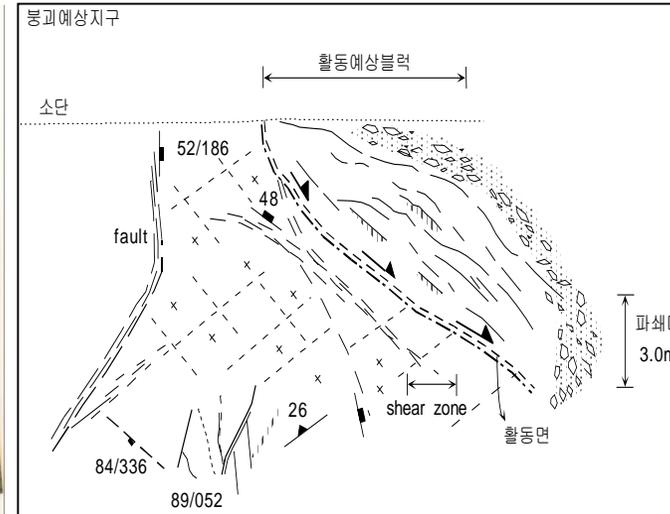
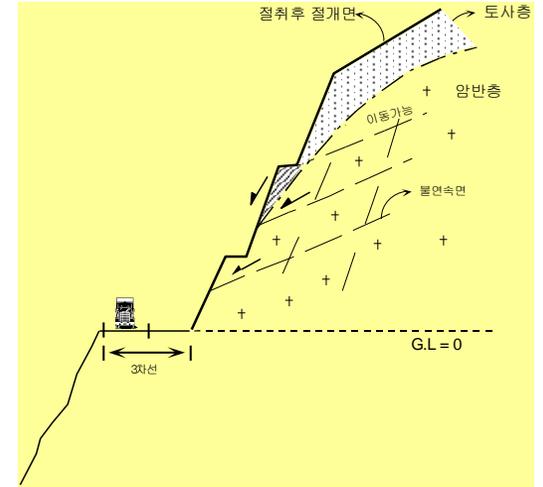
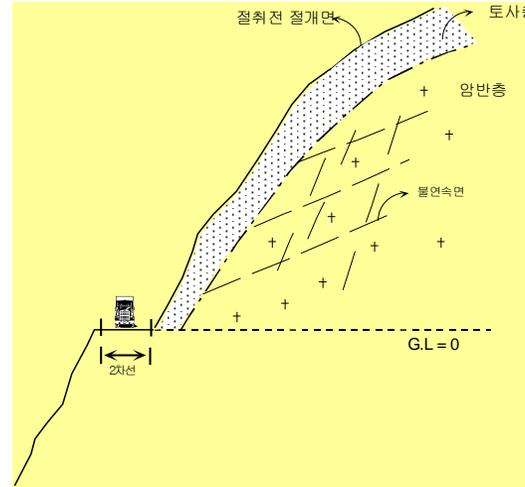
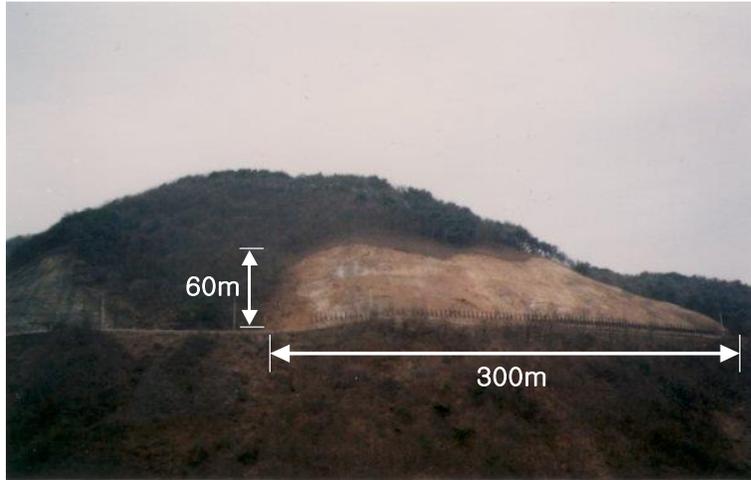
3차 붕괴 ('11.07.25)

STA.5+860~5+900



사면 붕괴 사례

- 연차적 사면 붕괴
- 도로개설 관련 붕괴
- 대규모 사면 붕괴



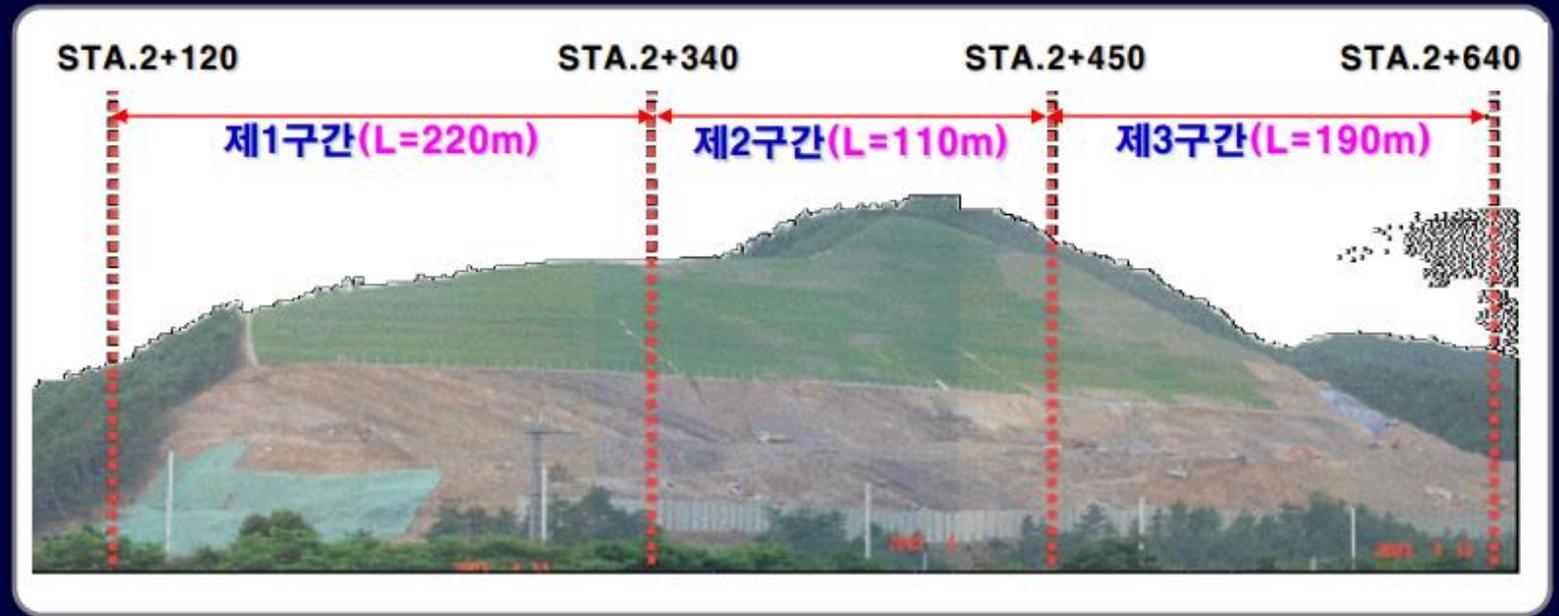
사면 붕괴 사례

-연차적 사면 붕괴

-도로개설 관련 붕괴

-대규모 사면 붕괴

- 위치 : 강원도 강릉시 옥계면 낙풍리
- 연장 : L = 520.0m(STA.2+120 ~ 2+640)
- 최대 절취고 : 약 122.0m
- 최대 법면길이 : 약 212.0m
- 원설계 구배 : 발파암 기준 1:0.7(약55°), 사면높이 10.0m마다 소단쪽 1.0m

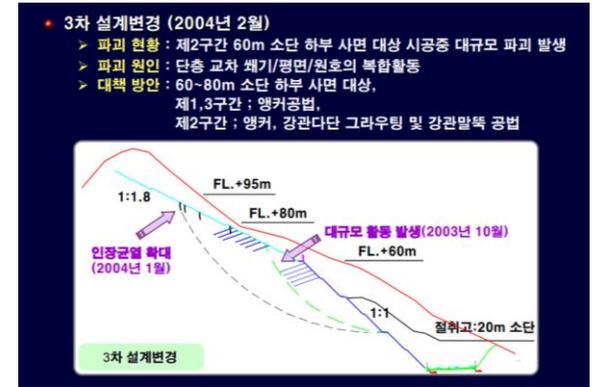
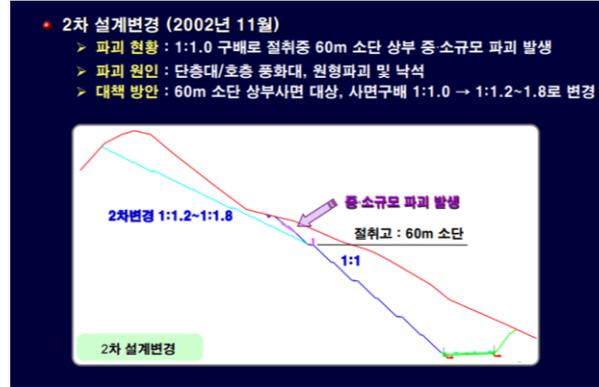
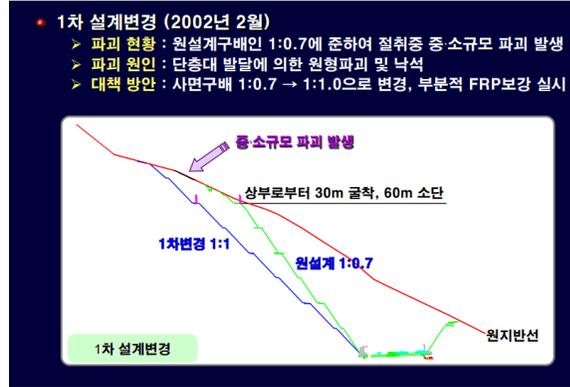


사면 붕괴 사례

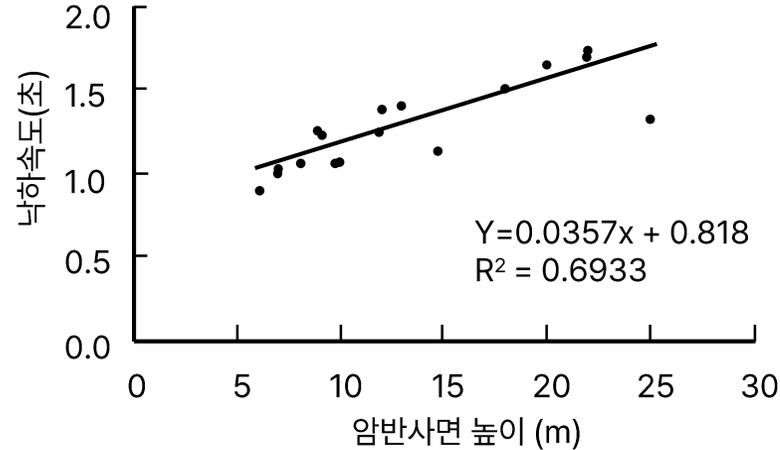
-연차적 사면 붕괴

-도로개설 관련 붕괴

-대규모 사면 붕괴



낙석 속도 및 대응



- 붕괴 시간 : 0.89초 ~ 1.73초

- 붕괴 속도 : 31.43km/h ~ 60.90km/h

사면 높이 (m)	낙하시간(초)		설치제안위치 (60km/h)		설치제안위치(80km/h)	
	토사사면	암반사면	토사사면	암반사면	토사사면	암반사면
10.00	1.91 초	1.18 초	100.90 m	88.59 m	149.90 m	144.11 m
20.00	2.74 초	1.53 초	114.72 m	94.54 m	163.72 m	152.04 m
30.00	3.57 초	1.89 초	128.54 m	100.49 m	177.54 m	159.97 m
40.00	4.40 초	2.25 초	142.36 m	106.44 m	191.36 m	167.91 m
50.00	5.23 초	2.60 초	156.18 m	112.39 m	205.18 m	175.84 m
60.00	6.06 초	2.96 초	170.00 m	118.34 m	219.00 m	183.77 m

국도 노선	위치	암질	길이 (m)	높이 (m)	각도 (°)	낙석량 (m ³)	낙석 수	아광 상수	밀도	K	속도 (m/s)	시간 (sec)	낙하속도 (km/hr)
3	경기도 광주군 초월면	gneiss	95	20	62	8	3	0.05	2.63	0.65	16.13	1.65	58.07
37	경기도 기흥군 원면	schist	76	10	55	2	5	0.15	2.63	0.55	10.40	1.06	37.42
31	경기도 인제군 인제면	granitic gneiss	207	20	62	18	20	0.25	2.63	0.65	16.13	1.65	58.07
44	경기도 양양군 서면	granite	92	22	62	8	20	0.25	2.61	0.65	16.92	1.73	60.90
31	경기도 영월군 중동	sand stone	85	9	75	1	1	0.05	2.67	0.84	12.21	1.25	43.95
1	충남 공주군 안포면	granite	117	18	60	10	5	0.15	2.61	0.63	14.94	1.52	53.78
36	충북 단양군 단성면	quartzite	72	12	60	2	3	0.05	2.73	0.63	12.20	1.24	43.91
21	충남 서천군 비인면	schist	71	6	61	2	5	0.15	2.77	0.65	8.73	0.89	31.43
25	충북 보은군 수한면	phyllite	42	8	65	0.5	2	0.15	2.69	0.71	10.54	1.08	37.95
15	전남 회선군 동북면	schist	119	12	70	4	12	0.15	2.73	0.78	13.54	1.38	48.75
30	전북 우주군 우봉면	granite	82	7	67	3	6	0.25	2.63	0.74	10.05	1.03	35.22
17	전북 원주군 평원면	shale	111	13	67	2	7	0.25	2.63	0.74	13.71	1.40	49.36
18	전남 보성군 북내면	gneiss	149	25	43	2	8	0.15	2.61	0.34	12.92	1.32	45.52
30	경북 영주군 금수면	gneiss	56	22	61	0.3	2	0.15	2.67	0.65	16.72	1.71	60.19
14	경북 영주시 양곡면	granite	85	9	74	0.2	2	0.35	2.67	0.83	12.12	1.24	43.62
20	경남 산성군 경미면	conglom- erate	46	15	48	10	3	0.15	2.61	0.43	11.25	1.15	40.52
24	경남 송산시 원곡	granite	245	7	90	10	4	0.35	2.67	0.71	9.87	1.01	35.53

* K는 암반구성재료의 내부마찰각과 사면의 경사에 의하여 도출되는 상수임.

03 사면 설계 및 해석 이론

사면조사, 자료분석, 해석, 설계 방법에 대한 접근

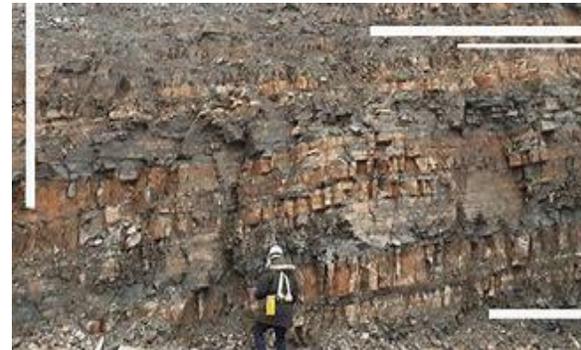
사면 업무 프로세스

- 사면 현장 조사와 실내외 실험은 어떻게 하는지?
- 암반사면과 토사사면은 어떻게 구분 할지 ? 절토사면과 성토사면 조사 방식은?
- 해석 프로그램에 따른 해석기법은? 사용 프로그램은?
- 설계 정수와 인자는 적당한가?
- 사면 안정화 공법은 어떤 것이 있는지? 적용시 문제점은 없는지?
- 신설 사면과 운영중 붕괴된 사면의 접근 방식은?
- 붕괴된 사면에서 주의해야 할 점은?
- 이제 안정적인가?

사면 조사 방법

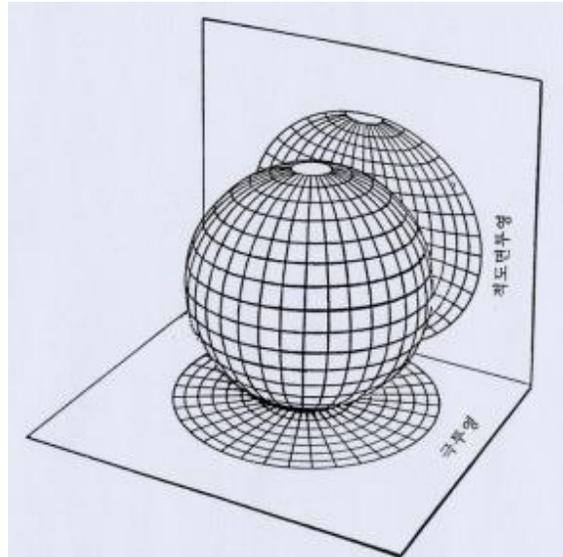
사면 단계별 조사항목

구분	사전조사	시공 중 조사	붕괴원인조사	유지관리시 조사
조사 항목	<ul style="list-style-type: none"> - 지형조사 - 지표지질조사 - 시추조사 - 물리탐사 - 현장시험 - 실내시험(토질, 암석) 	<ul style="list-style-type: none"> - 비탈면 현황도조사 (face mapping) - 현장시험 	<ul style="list-style-type: none"> - 지형조사 - 정밀비탈면조사 - 시추조사 - 물리탐사 - 지하수 조사 - 강우량조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 육안관찰 - 계측을 통한 모니터링

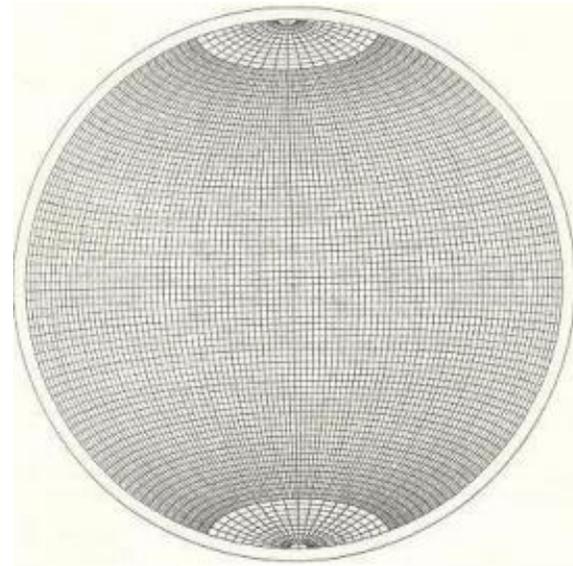


평사투영해석

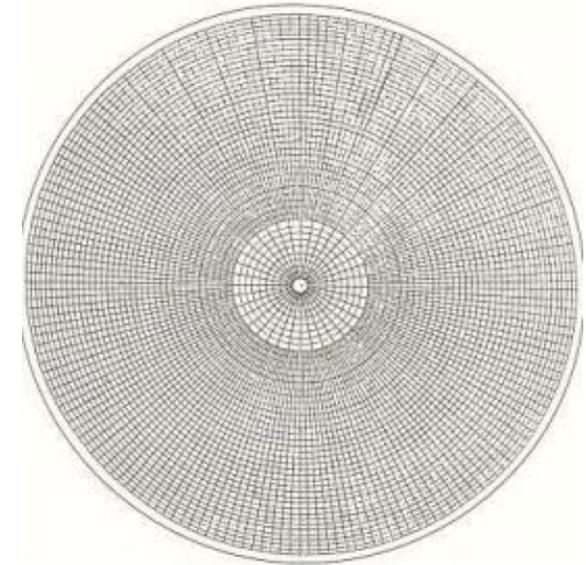
기본 시트



구의 극투영 및 적도면 투영



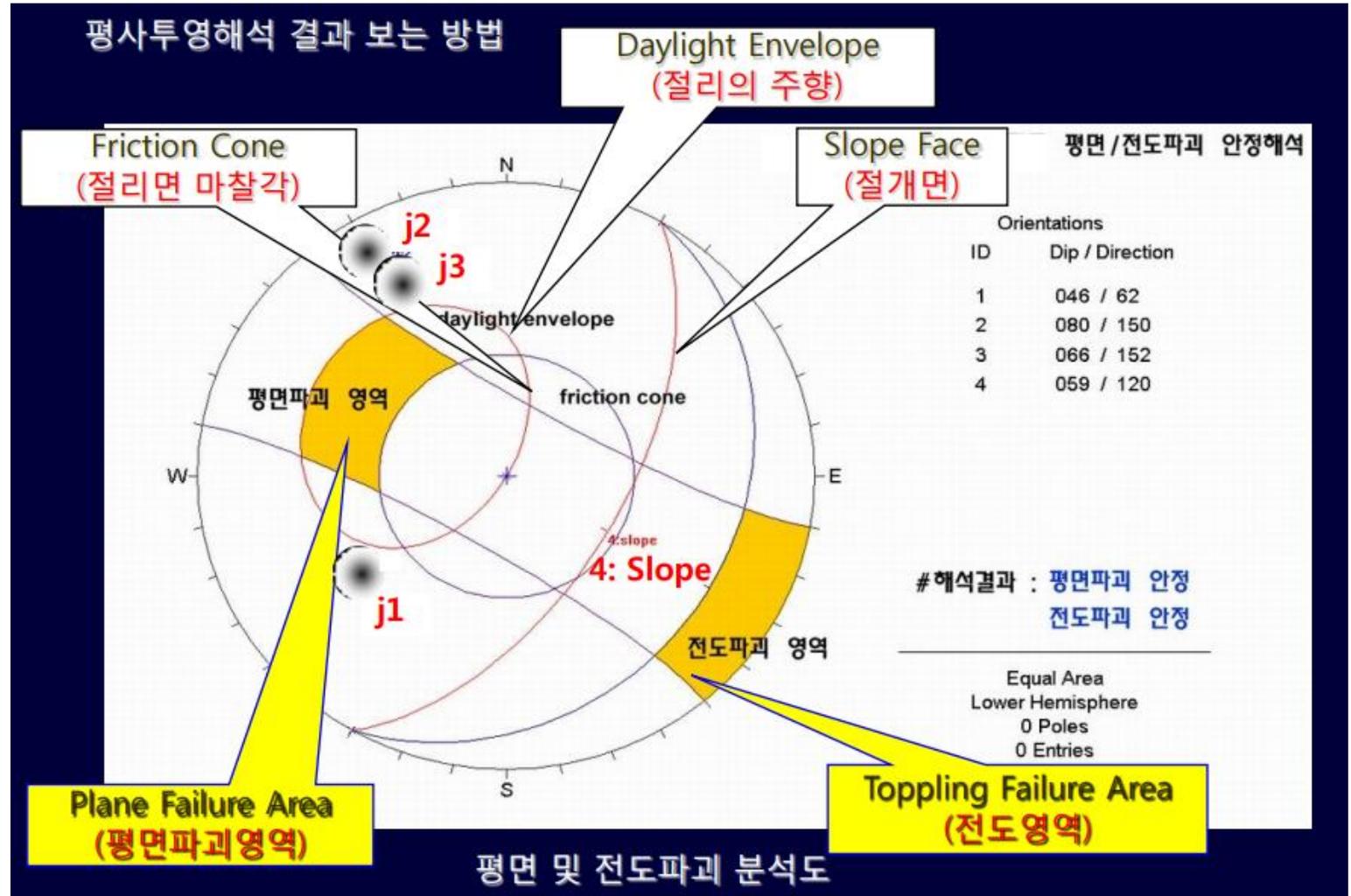
등면적 입체투영망
(equal-area equatorial net)



등면적 극 투영망
(equal-area polar net)

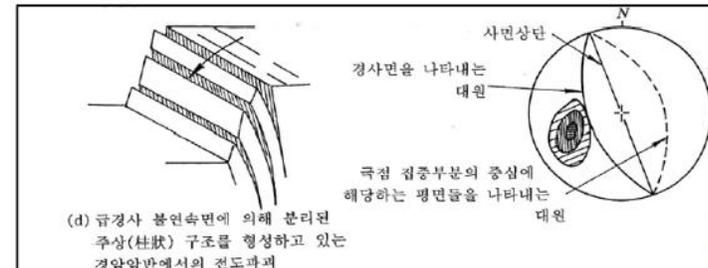
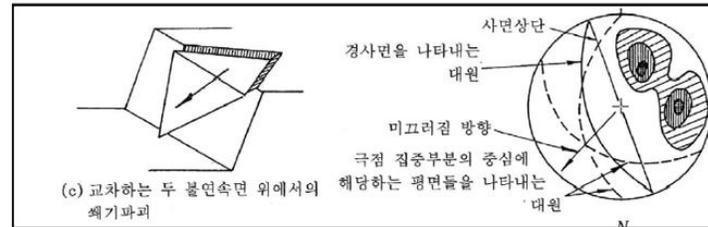
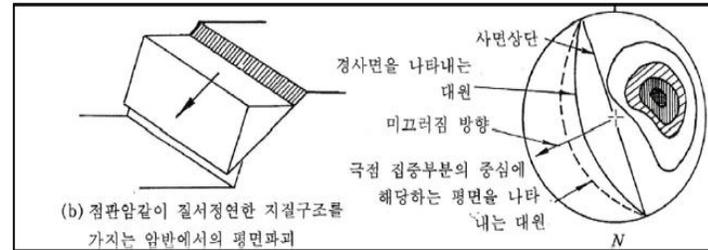
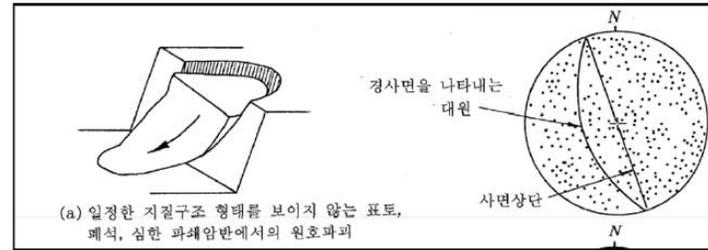
평사투영해석

분석 및 해석사례



평사투영해석

붕괴 특성에 따른 분류



사면안정해석

사면 안정해석 기법

구분	안전율	변형율	파괴확률	하중저항계수법
세부내용	평형상태(FS=1.0)을 기준 한계평형해석기법 *가장 보편적 활용 *파괴면에 작용하는 전단응력과 전단강도 비교 *가상파괴면으로 부터 임계파괴면 추정 *Mohr-Coulomb 파괴기준을 적용	변형율의 규모나 변형의 속도에 따라 안정성 평가	확률분포함수로 표현되는 하중(load)과 저항(resistance)을 분포함수로 계산하여 안정성 평가	계수값을 적용시킨 하중과 저항을 비교하여 저항이 하중에 비해 크거나 같을 경우 안전한 것으로 판단

사면 해석 프로그램

- ❖ Talren : Terrasol (프)
- ❖ Slope/w : GEO - SLOPE Intenational (캐)
- ❖ SLIDE : Rocscience (캐)
- ❖ STABLE for windows : Purdue Univ. (미)

04 사면 대책공법 및 시공

보강공법과 보호공법 소개 및 시공 주의점

사면 대책공법 분류

● 보강공법

FS < 1

앵커, 네일, 록볼트, 억지말뚝, 옹벽, 절취공(경사완화), 집수정 등

● 보호공법

FS > 1

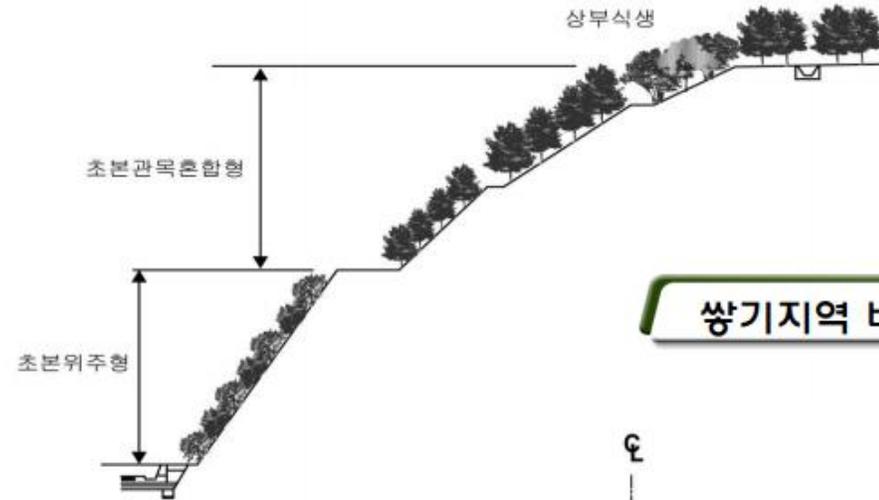
표면보호공(돌붙이기, 슛크리트 취부공), 배수시설, 낙석방지울타리, 낙석방지망, 녹화공법 등

사면 대책공법

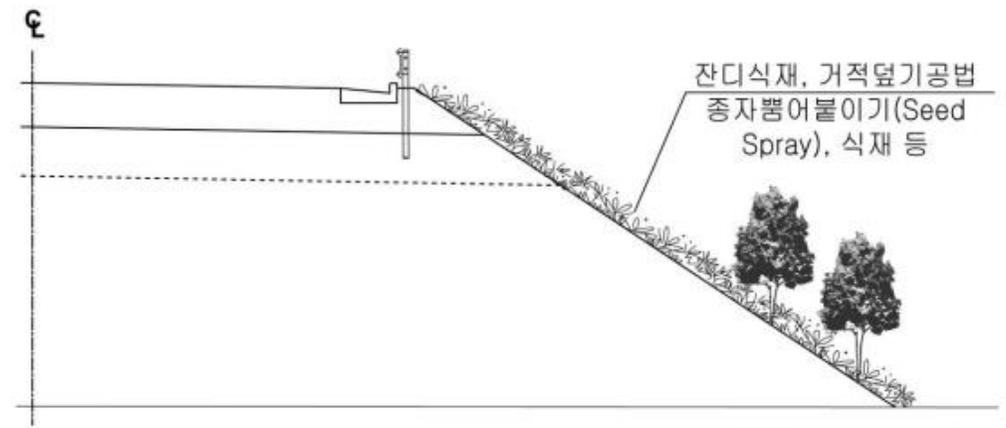
-보호공법에 대하여

FS > 1

각기지역 비탈면녹화 모형도



쌍기지역 비탈면녹화 모형도



사면 대책공법

보호공법에 대하여

FS > 1

6개월후

1년후

3~5년후



6개월후 0.3~0.5m
초화류·관목 혼재

1년후 1~1.5m
관목·교목 혼재

3~5년후 1~2m
다층형 식생구조

사면 대책공법

보호공법에 대하여

FS > 1



- 현장 : 경전선 명봉-이양간
- 설치구간 : L= 90 m, A= 640 m²

사면 대책공법

보호공법에 대하여

FS > 1



韓

日



(photo by BAEK. Y)

swiss



사면 대책공법

보호공법에 대하여

FS > 1



배수공법 분류

보호공법에 대하여

FS > 1

구분	지표수 배수			지하수 배수	
	산마루 측구	소단배수로	수직도수로	수평배수공	수직관정

개요
상부자연사면의 지표수가 법면으로 흘러 들어오는 것을 방지하기 위하여 설치

개요
소단내에 설치된 유도배수 시설

개요
사면 주변 지형을 토대로 집수지역 및 계곡수 유도를 위하여 설치된 배수시설

개요
지하수위 하강을 위하여 사면내부 천공 후 지하수를 유도하는 배수시설

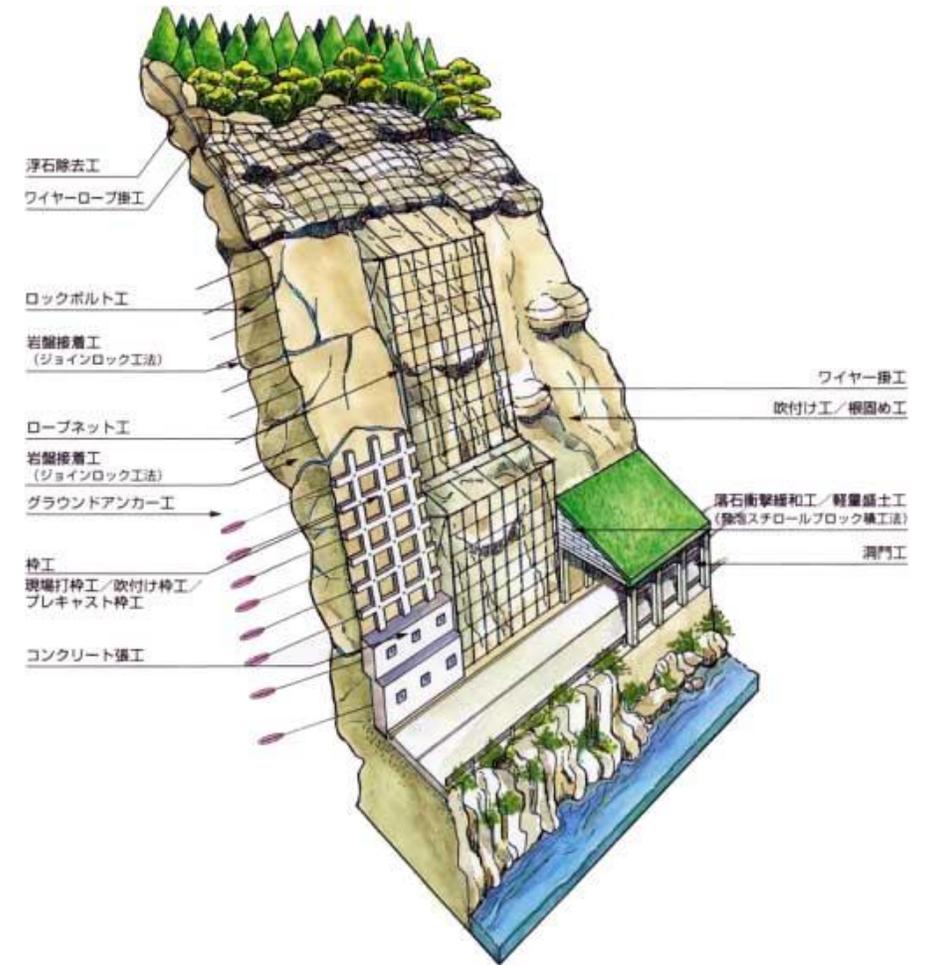
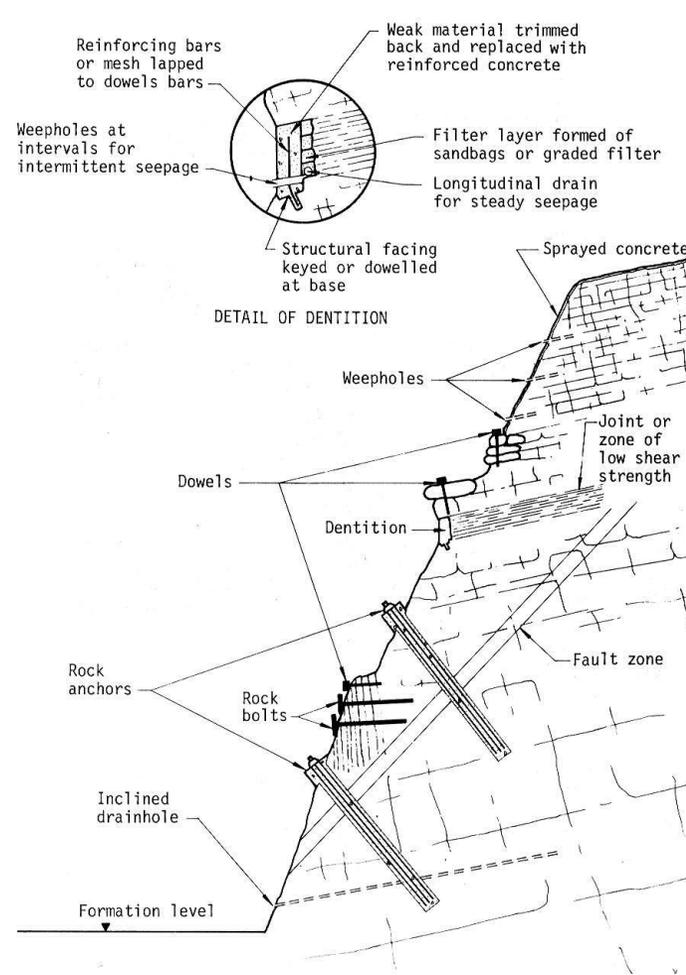
개요
대규모 산사태 지역에서 지하수위를 관리하기 위하여 설치되는 우물통 배수시설



사면 대책공법 종류

보강공법에 대하여

FS < 1

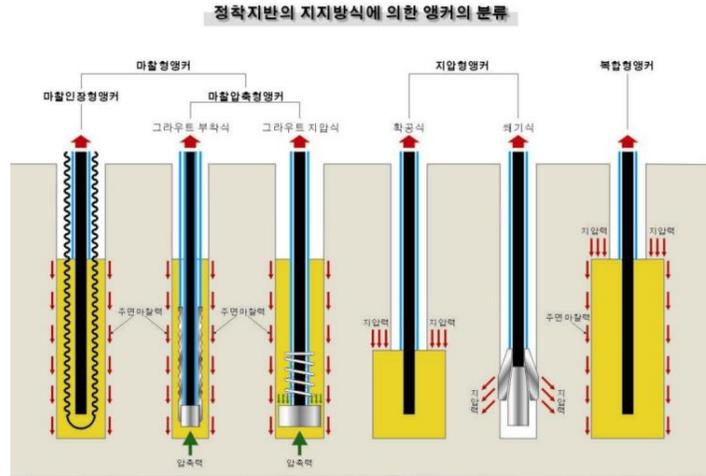


사면 대책공법

보강공법에 대하여

FS < 1

● 지지방식에 의한 분류



日 (photo by BAEK. Y)

● 시공사례

韓



日 (photo by BAEK. Y)

사면 대책공법

보강공법에 대하여

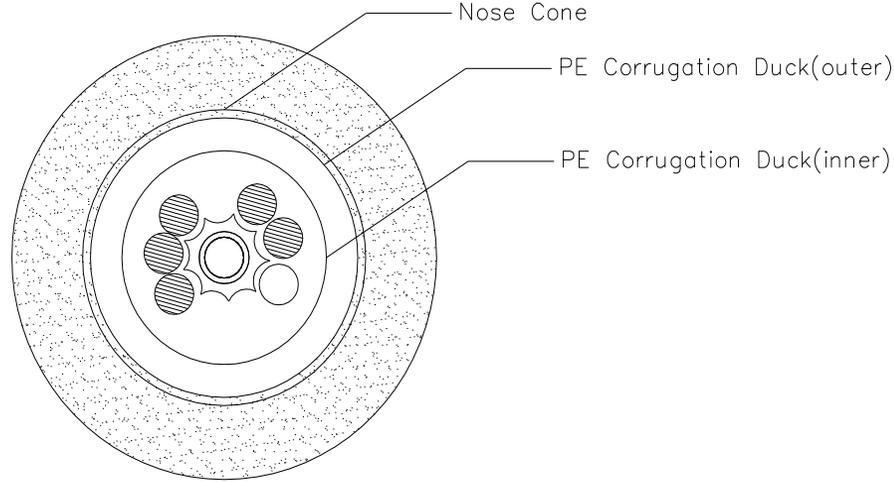
FS < 1



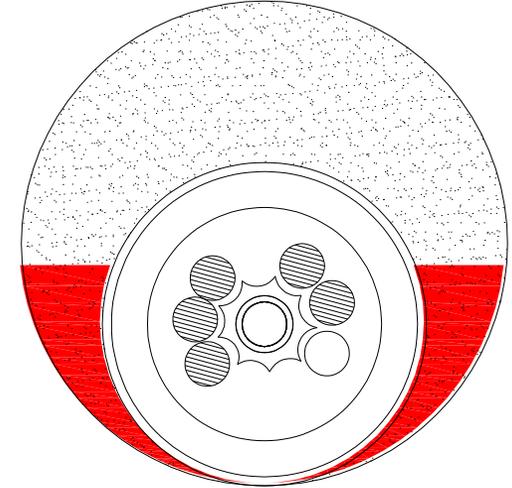
앵커 설계시 주의점

마찰형 앵커 간격재 설치

천공홀 중앙에 위치



천공홀 하부에 위치

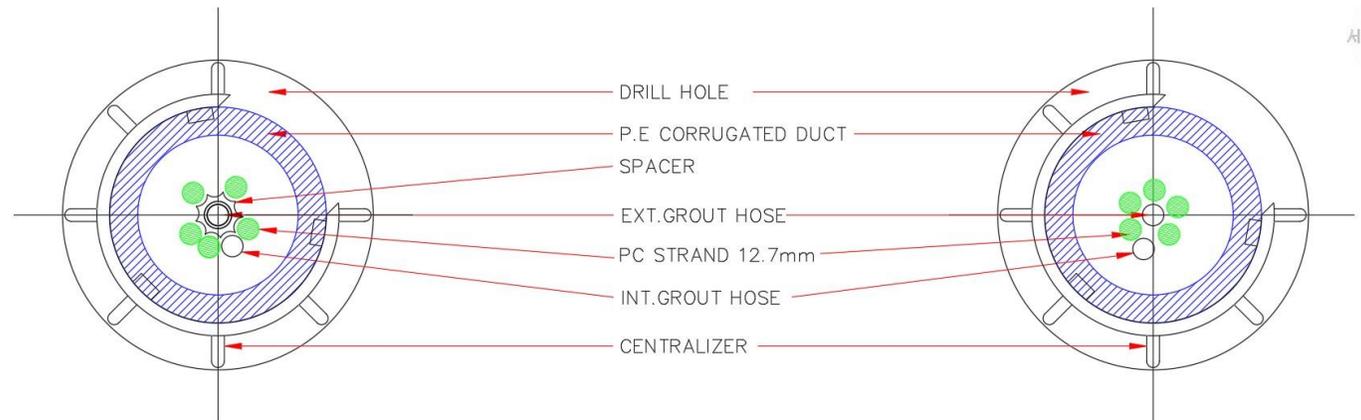


▶ 그라우트 피복확보(40mm)

▶ 직경의 45%는 그라우트 피복기준미달

3.4 앵커의 삽입

- (1) 앵커는 삽입 작업대 또는 크레인 등의 장비에 의해서 삽입하여야 한다.
- (2) 앵커 삽입 시 앵커가 천공 구멍의 중앙에 위치하도록 앵커에 중심결정구(센터링 라이저)를 1~3m 간격으로 부착하여야 하며 공벽의 붕괴우려가 있으면 케이싱을 인발하지 않고 삽입한다.
- (3) 소요길이까지 삽입 후 지지대를 설치하여 앵커를 공내에 고정시킨다.



옹벽 시공시 주의점

판넬식 옹벽 시공시

현장과 상이한 지반조건 => 보강재 길이가 짧음



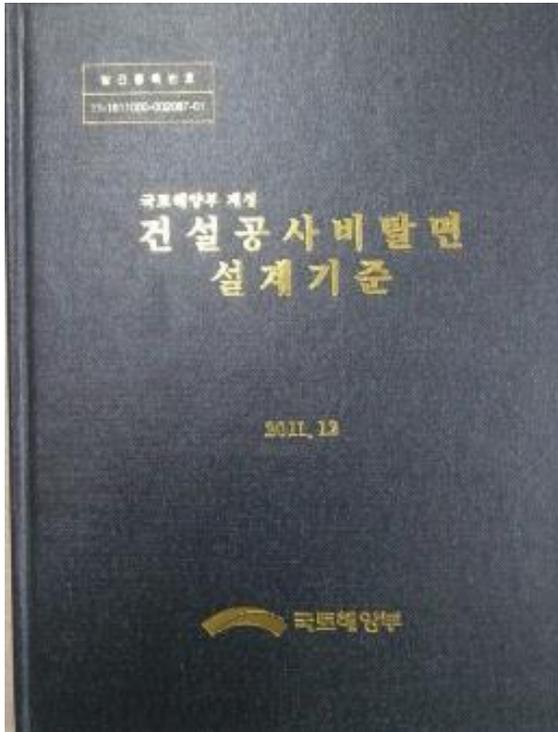
과다 굴착에 의한 품질 미확보



05 국내 사면관리 실태 및 계획

도로사면관리 및 계획 기술동향

절토사면 현황도



"우리 국토 안전을 위해 - 우리 교통 편의를 위해"

건설교통부

수신: 수신자 함의
(경유)
제목: 절토사면 현황도 작성

1. 도로관리규-9890(2004. 11. 23)의 규범입니다.
2. 도로건설공사 중 발생하는 절토사면에 대하여 복합권 절토사면 현황도(Cut Slope Face-map)를 작성하여 유지관리 계획수립시 안정성을 높이고자 함임과 같이 절토사면 현황도 작성요령을 보오니, 귀 공에서 시행하는 도로건설공사중 절토사면 높이(수직고)에이상의 복합 시행예정인 일반 절토사면에 대하여 절토사면 현황도를 작성하시기 바랍니다.

붙임 : 1. 절토사면 현황도 작성요령 1부,
2. 절토사면 현황도 작성보고서 표준안(예) 1부,
3. 절토사면 현황도 소요예산내역서 1부. 끝.

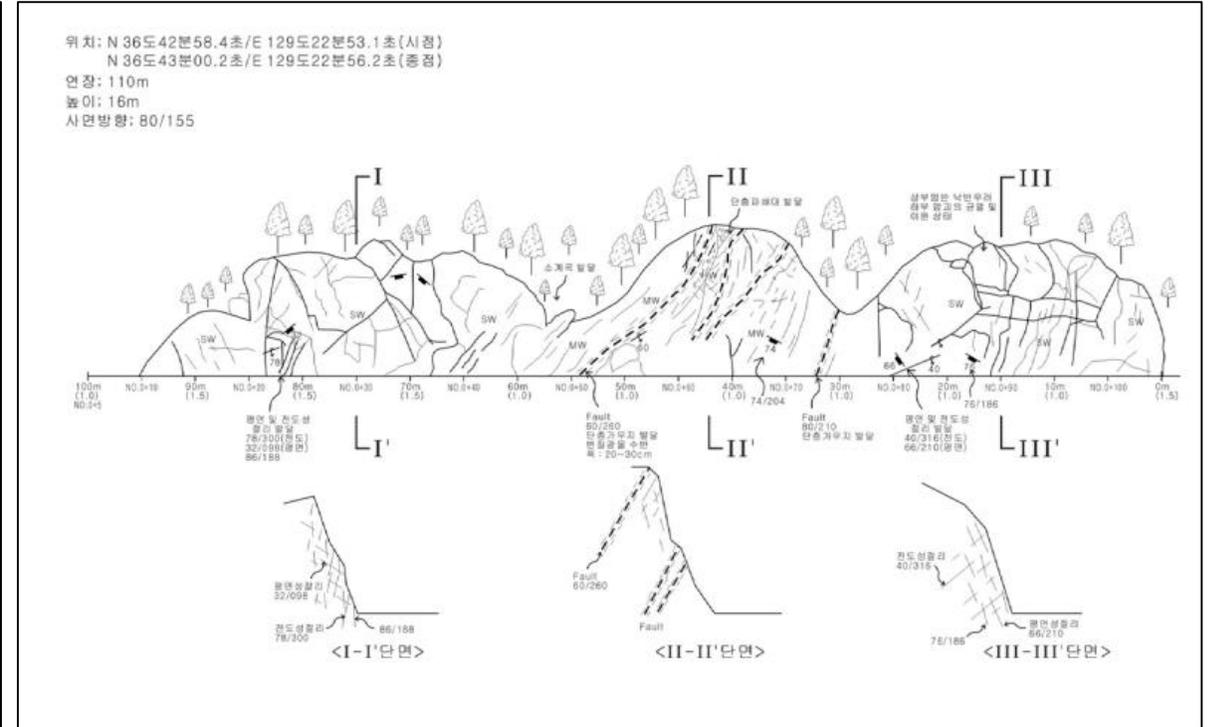
건설교통부

수신자: 서울지방국토관리청장(도목계획과장), 광주지방국토관리청장(도목계획과장), 대전지방국토관리청장(도목계획과장), 부산지방국토관리청장(도목계획과장), 강원지방국토관리청장(시설과장)

주소: 서울특별시 세종로 101호 국토해양부

발주처: 서울특별시 도로건설과-405 (2005. 08. 24.) 광주광역시 광운로 1504 (2005. 02. 04.)
주 452-712 광주 407-100 서울 402-204 / http://www.socet.go.kr

전화: 02-504-9273 02-970-0941 / socet@socet.go.kr / 87개



- 도로, 철도, 부지조성 등 건설을 위하여 **사면을 절취할** 경우, 원상태 사면의 사면 형상, 지질 상태, 풍화 정도, 불연속면, 지하수 특성 등 제반 특성을 **평면상에 기재(스케치)한** 도면

절토사면 개수

일반국도 : 연장 14,199km('22년)

구분	개수
총계	30,719
서울청	2,470
원주청	6,694
대전청	4,247
익산청	7,175
부산청	10,133



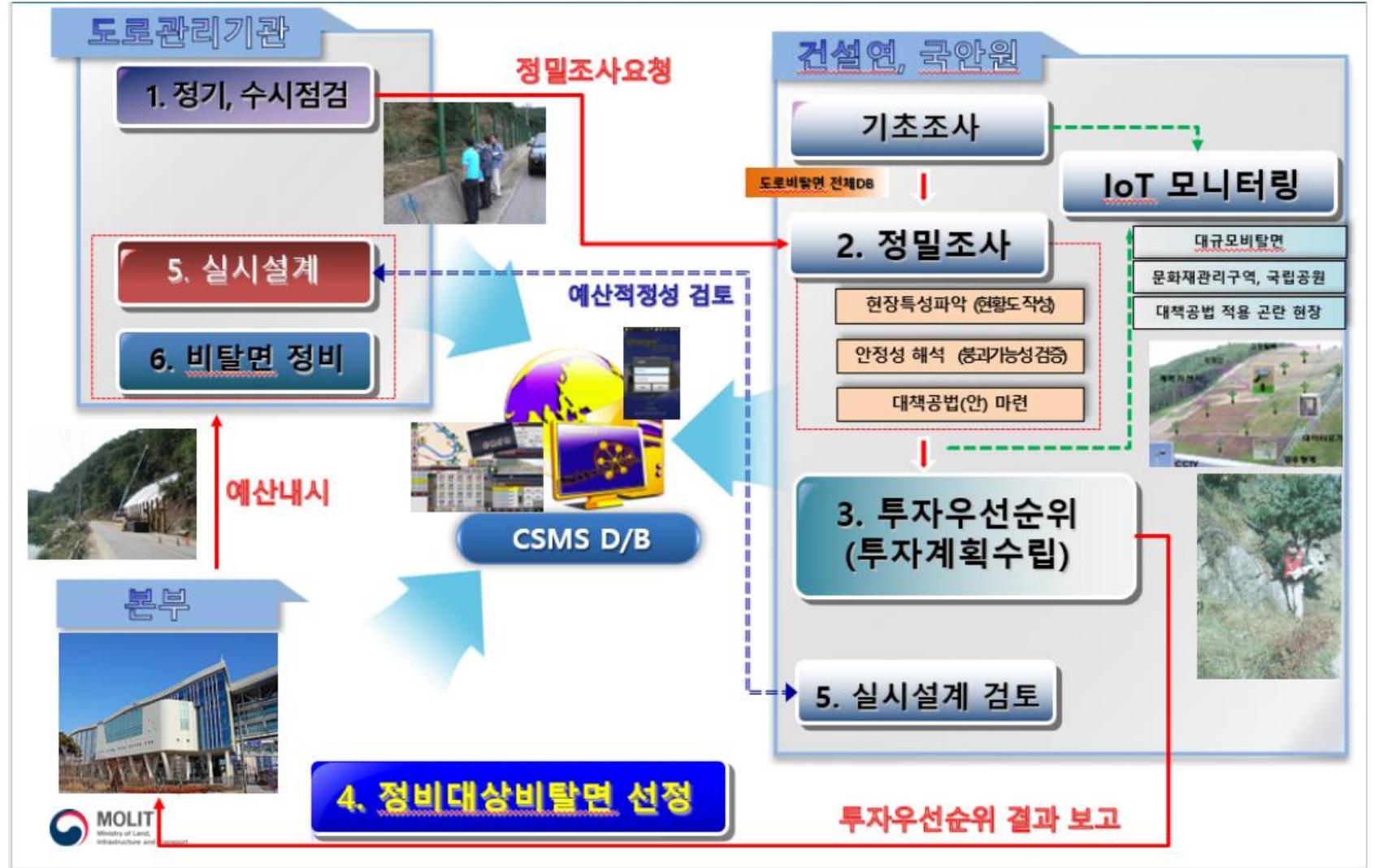
고속국도 : 연장 4,939km('22년)
고속도로 관리 비탈면 및
용벽(2023.9) 중 깎기 비탈면 만



구분	개수
총계	10,746
수도권	746
강원권	1,800
충청권	2,751
전라권	2,398
경상권	3,051

철도 : 5,367개소('23년)

사면관리 시스템 (CSMS)



사면 계측

계측목적에 따른 항목과 기기

구분	계측 항목	계측기기
지표변위	표층부 변위 표층부 균열측정 표층부 기울기 표층부 이동량	측량 GPS 균열측정기 경사계 신축계 광섬유 센서 디지털 사진측량
지중변위	지중 수평변위 지중 수직변위	지중경사계 지중침하계
옹벽, 석축 등 구조물 변형	기울기 공극수압 측정 억지말뚝 어스앵커	구조물경사계 측량 GPS 간극 수압계 응력계, 하중계
지하수위	공극수압 측정 지하수위 측정 강우량 측정	간극 수압계 지하수위계 우량계
기 타	낙석 감지	광섬유 센서, 변이계측기, 균열계
	사면 감시용	CCTV

사면 계측

붕괴 유형별 적합성

계측기기명	주요 계측대상 항목	붕락	평면	썩기	원호	복합
지표면 신축계	인장부 부근의 머리부 변위량		○	○	◎	◎
지반경사계	활동머리부, 중간부, 말단부의 표면경사량				◎	◎
광파측거법	지표면 변위량(수평, 수직성분)		△	△	△	○
파이프변형계	활동면 위치의 검출과 변형누적 경향		△	△	△	△
지중변위계	지중 변위량 (수평, 수직성분)		○	○	○	○
검지선식 낙석감지기	낙석의 감지	◎				
GPS 측량	지표면 변위량(수평, 수직성분)					△
지하수위계	지하수 동태 관측과 사면 안정도		○	○	○	○
간극수압계	사면부근 간극수압 측정		△	△	△	△
강우량계	강우량 데이터 수집 (사면안정과 강우의 관계)		○	○	◎	◎

사면 계측

신축계



신축선

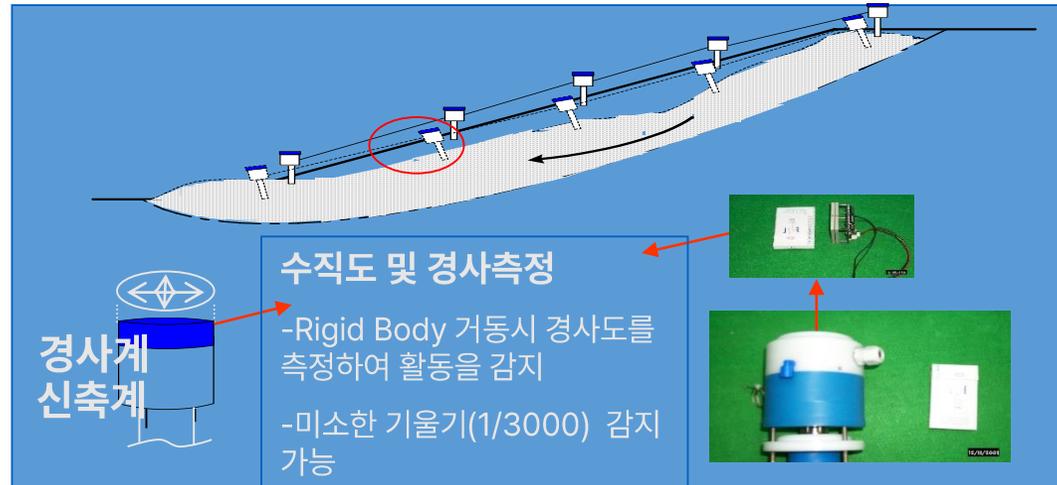
확대



신축계 + 경사계 실물사진

- 절토사면 상에 직경 100mm, 깊이 2-3m 이동 말뚝 시공
- 말뚝 두부에 스테인리스 선을 설치

경사계



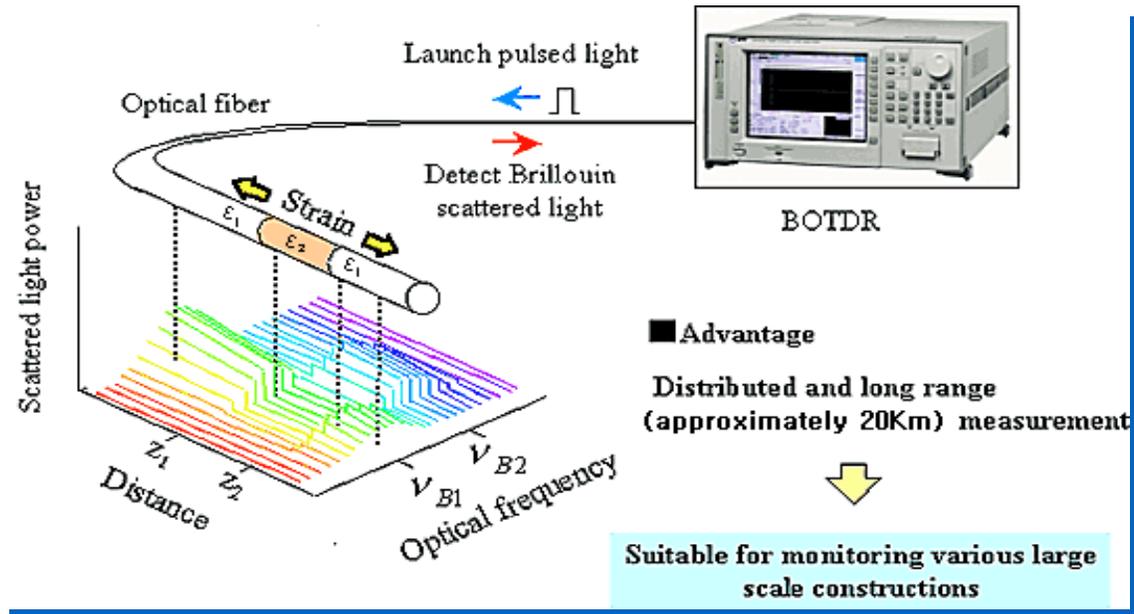
- 두 극판을 설치, 전기적 특성(유전률)을 이용
- 극판의 기울기 변화 측정

사면 계측

광섬유센서

광섬유의 측면에 광원을 투과 일정 파장이

빛의 반대 방향으로 반사빛의 양으로 변이를 파악하는 기법

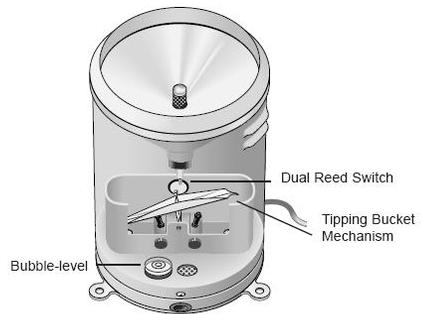


기타 사면 계측

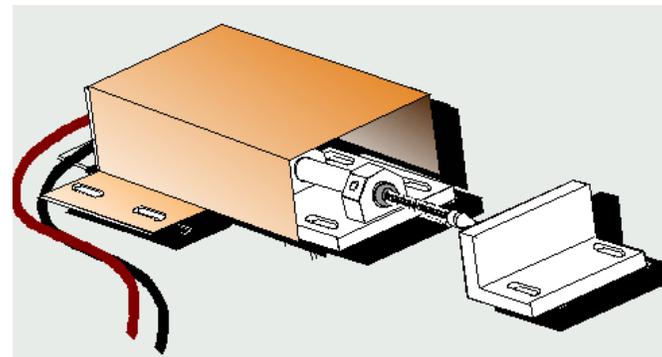
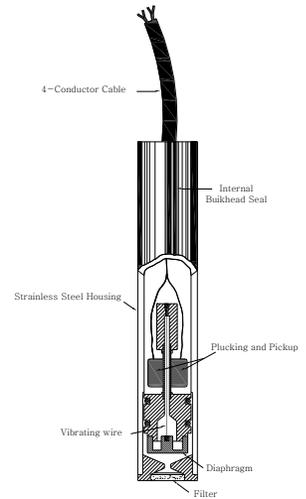
GPS, 레이저 스캐너, 지중경사계

지하수위계, 크랙게이지

AE 계측 센서, 강우계 등

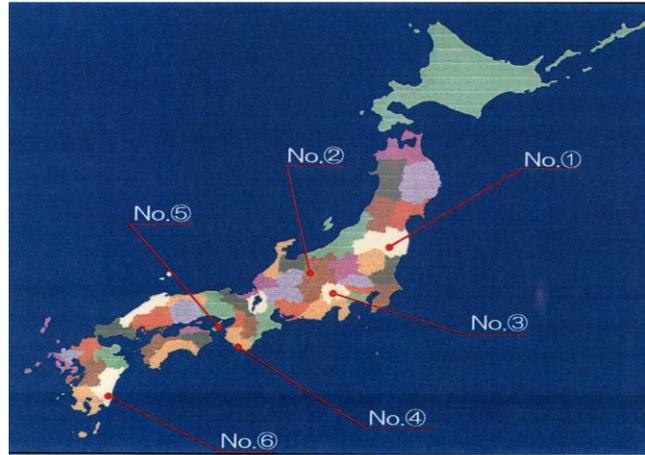


Transparent view of CS700 shows tipping bucket mechanism



사면 계측 해외사례

광섬유 센서 설치



광섬유 센서 설치사면 위치



(일본 큐슈 photo by BAEK. Y)

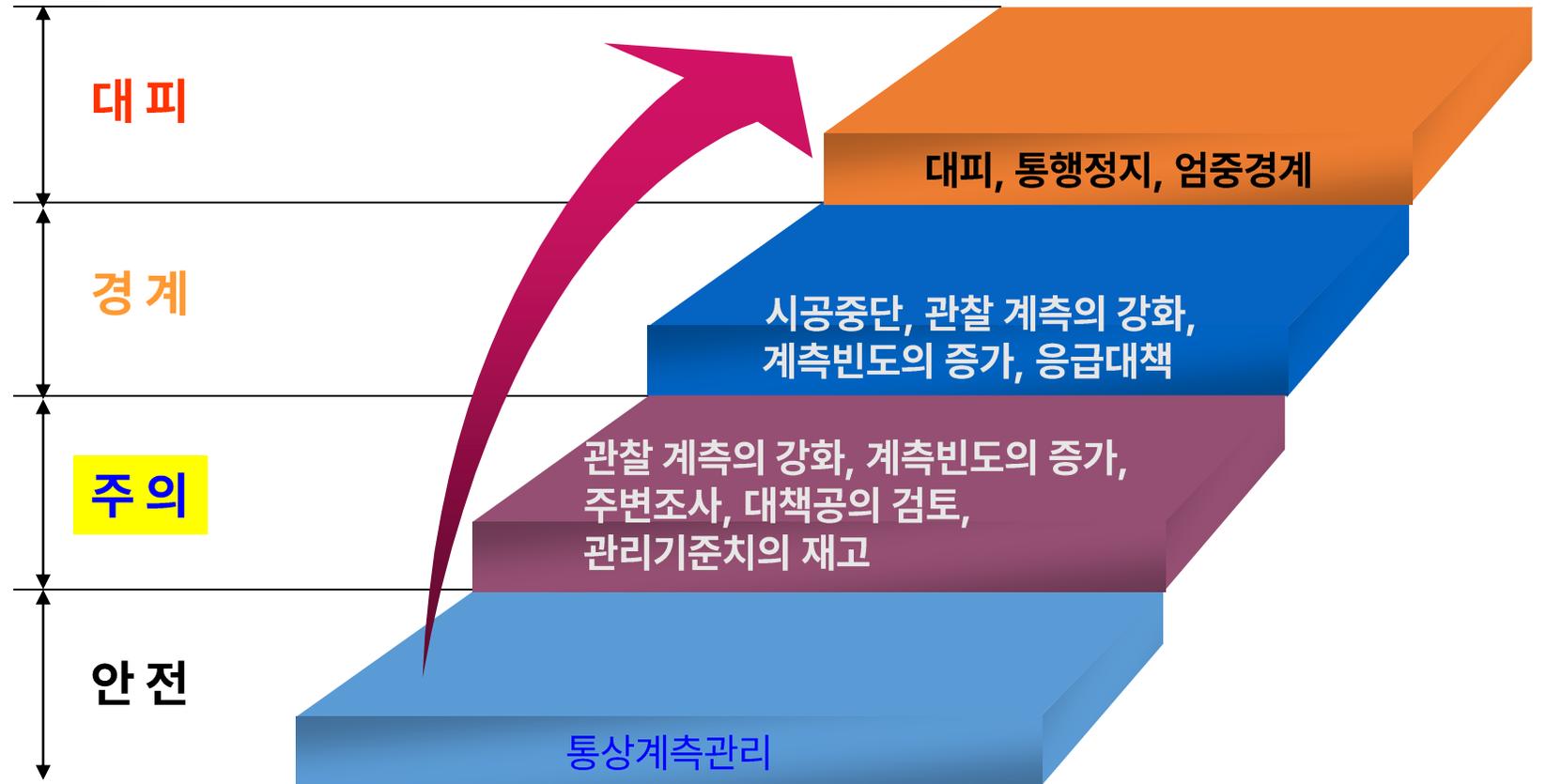
기타 사면 계측

사진 측량

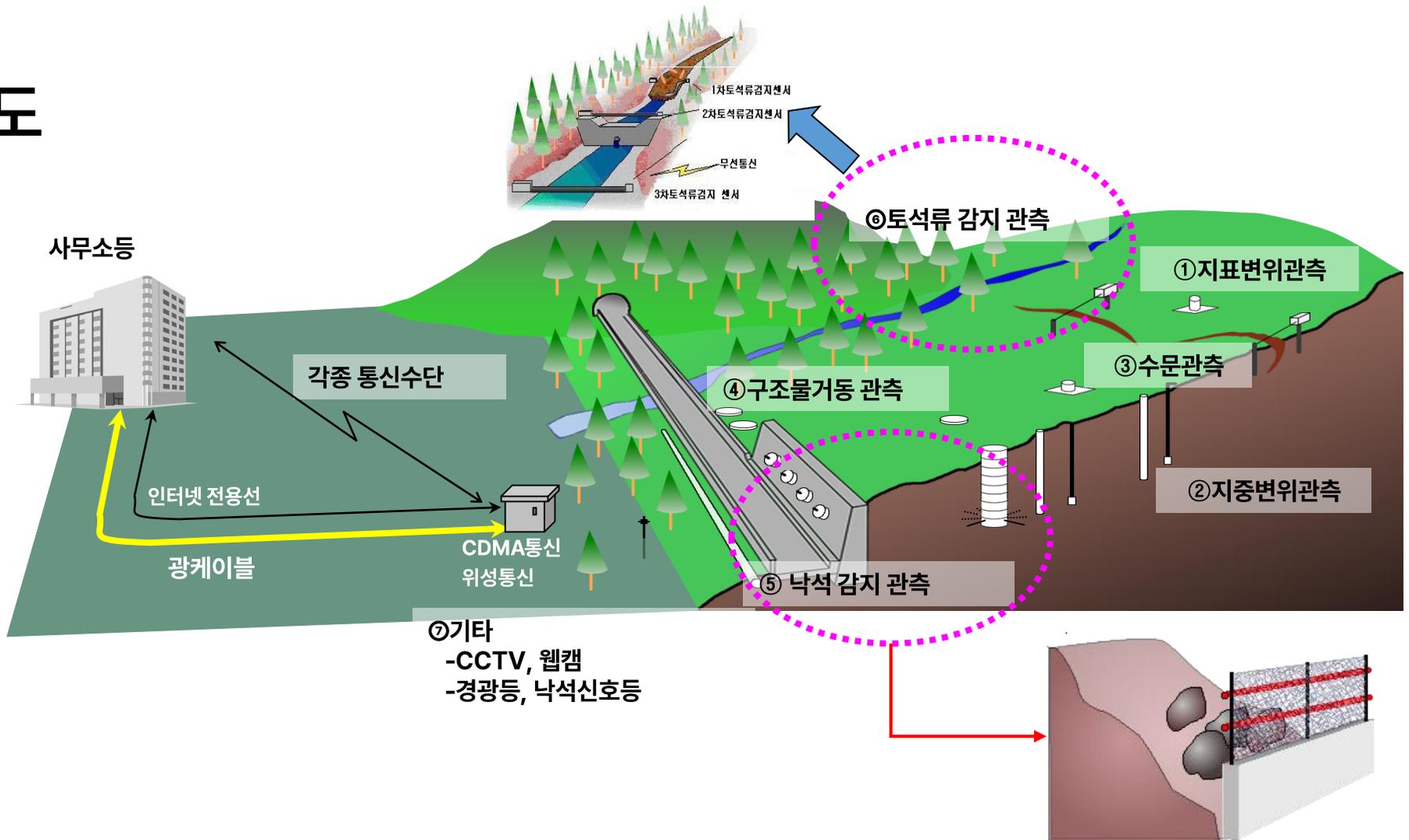


일본 東名고속도로 건설현장 (photo by BAEK. Y)

사면계측관리 단계



사면 모니터링 개념도



사면 관리기준치

시공 단계의 관리기준치

계기구분과 계측기	대응구분	점검.요주의 또는 관측 강화	대책검토	경계 및 응급대책	엄중경계 / 일시대피
신축계	지표면의 변위속도	5mm이상/10일	5~50mm/5일	10~100mm/일	100mm이상/일
지중신축계					
광파측량					
삽입형 지중경사계	미끄러짐면 부근의 변위속도	1mm이상/10일	5~50mm/5일		

유지관리 단계의 관리기준치

계기구분과 계측기	대응구분	점검.요주의 또는 관측 강화	대책검토	경계 및 응급대책	엄중경계 / 일시대피
신축계	지표면의 변위속도	10mm이상/30일	5~50mm/5일	10~100mm/일	100mm이상/일
지중신축계					
광파측량					
삽입형 지중경사계	미끄러짐면 부근의 변위속도	1mm이상/10일	5~50mm/5일		

기관별 사면계측

구분	국토교통부	한국도로공사	행정안전부
계측기기(센서)	GPS, 광섬유센서, AE, 변위계, 변형률계, 경사계, 강우량계, CCTV	올빼미(MEMS)센서, 광섬유센서	GPS, 지표변위계, 경사계, 간극수압계, 지하수위계, 함수비센서, 지중경사계, 하중계, 강우량계, 진동센서
계측 인자	변위 및 변위속도, 변위 경향분석 시스템	경보시스템 (충격량 및 경사)	최대변위 변위 경향분석시스템
관리 시스템	상시계측/ 통합관리시스템	올빼미 경보 시스템	각 지자체별 관리 및 경보시스템
계측위치	비탈면	비탈면	지중 및 비탈면
계측기 설치 근거	시범 적용을 통한 비탈면 계측기기 선정	모형실험에 따른 올빼미 적용	급경사지 재해예방에 관한 법률 근거 10개 계측기 적용 추가 GPS 선정

첨단 종합 사면 계측

GPS	AE	Fiber-optic sensor (FBG, Distributed)
<ul style="list-style-type: none"> 3축가속도 기반 융합 GPS변위계, 실시간 데이터(1sec)구현 후처리 알고리즘 개발 사용(1hour 데이터 구현) RTK-GNSS 방식, 초당 20회 측정 후 1min데이터 구현 	<ul style="list-style-type: none"> AE센서의 일정 크기 이상 신호 카운트 수량 관리 (AE Count) 진동속도 (mm/1min) 측정 AE-진동 복합 센서 (AE Count, AE Avg Freq, AE lb value, AE Peak, 진동 Count, 진동 Avg Freq, 진동 lb value, 진동 Peak 인자를 통한 분석 기술) 	<ul style="list-style-type: none"> FBG센서 Type의 경사계, 신축변위계, 변형률계 Point 센서 설치 FBG센서 Type, 지표변위계 토사전구간 설치 분포형 광섬유 센서(BOTDR Type) 1km구간 10,000Point 변위 및 온도 측정

비탈면 상시계측시스템



사면 계측

비탈면 IoT 계측 표준 안 마련

- 하나의 계측시스템에 의존하던 계측방식을 복합계측으로 변경, 신뢰도 높임
- Point(점), LINE(선), SURFACE(면), SOLID(입체) 전방위 계측(**PLSS SYSTEM 도입**)
- 국내 유일의 위험비탈면 **데이터 변화경향 분석을 통한 예방** (포렌식), **위험기준, 관리 기준 적용**
- 국부적 계측이 아닌 **전방위 계측**이 주목적, **누구든, 어디서든 실시간 관측이 가능한 관리시스템** 구축

구분	L:200m/ H:50m 이하			L:200m/ H:50m 이상			비고
	암반 비탈면	토사 비탈면	혼합 비탈면	암반 비탈면	토사 비탈면	혼합 비탈면	
GPS	○	○	○	○	○	○	
지표변위계	○	○	○	○	○	○	
분포형 광섬유센서					○	○	
FBG 광섬유 센서						○	
함수울계		○			○		
지중경사계		○			○		
강우량계	○	○	○	○	○	○	
CCTV	○	○	○	○	○	○	
통합시스템 연계	○	○	○	○	○	○	

※ 비탈면 특성을 고려한 현장조사 후 계측센서 적용.
 - GPS센서, 지표변위계 병행설치
 - MEMS센서, 지표변위계 대체로 시범적용 후 적용 예정

종류	최소 요구 성능
지표변위계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정범위 : 2000mm 이내 ○ 분해능 : 0.05% FS ○ 정확도 : 0.5% FS ○ 초기장력: 2.5kg 이상
구조물경사계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정범위 : ±10deg ○ 분해능 : 0.1% FS ○ 정확도 : 1.0% FS
지중경사계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정범위 : ±30deg ○ 분해능 : 0.5% FS ○ 정확도 : 3.0% FS
지하수위계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정범위 : 150m 이내 ○ 분해능 : 0.1% FS ○ 정확도 : 0.5% FS
강우량계	<ul style="list-style-type: none"> ○ '기상측기의 검정기준에 대한 검사방법 및 공차' ○ 측정방식 : Tipping Bucket 방식 ○ 정밀도 : 100mm/hour ±3%
GNSS	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토지리정보원 고시 '측량기기 성능검사 규정' ○ 하드웨어 구성 ○ 데이터 업데이트 및 처리 프로그램 포함
데이터로거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 채널 수 : 255 채널 이상 ○ 저장장치 : Flash Memory, SD Card(MicroSD) ○ 작동온도 : -30℃ ~ 80℃ ○ 작동전압 : 10V ~28V(DC) ○ 통신포트 : RS232, RS485, Ethernet ○ 데이터통신 : TCT/IP, UDP, RS485

시공불량 사례

배수시설설치 불량

터파기 원지반과 마무리 작업을 불량시공한 사례



퇴적물로 인해 기능을 상실한 배수로



보강체 유지관리



강원도 정선 현장사진(photo by BAEK. Y)



일본 제 2 동명고속도로 伊佐布사면 세부현장사진(photo by BAEK. Y)

옹벽 유지관리

구조물내 균열 및 붕괴징후 관리

콘크리트 옹벽 또는 석벽 유지관리



보강토 옹벽내 우각부 균열



감사합니다.



국도 4호선 절토사면 붕괴(경주부근)