

국내외 지진 및 산사태 재해

2017.11.22

산림조합중앙회 산림공학연구소
책임연구원 김만일 (Ph.D., Eng.)
mikim@nfcf.or.kr



발표목차

- I. 지진
- II. 산사태
- III. 지진-산사태 복합재해
- IV. ICT 기반의 대응방안



I. 지진



▶▶ 국외 지진 발생

유라시아판과 아프리카판 충돌하는 곳

- 서기 79년 폼페이 화산 및 지진발생(2천명 사망)
- 1857년 나폴리, 규모 6.9, 11,000명 사망
- 1908년 시칠리아, 규모 7.2, 82,000명 사망
- 1915년 아베자노, 규모 6.5, 32,000명 사망
- 1980년 이르파니아, 규모 6.9, 3000명 사망
- 2009년 라퀼라, 규모 6.3, 295명 사망
- 2016년 아마트리체, 규모 6.2, 291명 사망

[공무원, 과학자 책임 판결]



문화재 분포도와 지진가능성





▶▶ 국외 지진 발생 – 2016 이탈리아 지진 (M 6.2_2016.08.24)





▶▶ 국외 지진 발생 – 2011 동일본 지진 (M 6.5_2011.03.11)





국내 지진 발생

산림청, 경주지진 단층 조사 2차 피해 산사태 예방책 추진

10~11월 단층 내 취약지역 조사·산사태 영향 분석 실시

중앙 2016-09-27 14:27:27 | 문성진 기자 | mediapen@mediapen.com

[미디어펜=문성진 기자] 산림청(청장 신원섭)은 최근 발생한 경주 지진과 관련, 단층 내 취약지역에 대한 조사와 산사태 영향 분석을 위한 정밀조사를 10월부터 11월 말까지 추진할 계획이라고 27일 밝혔다.

이번 조사는 지진 진앙지인 양산단층과 인접 단층(밀양, 동래) 경계 내 산사태 취약지역(1598개소), 사방시설(749개소), 암밀림 지역(6개소)의 산사태 발생, 토사유출 유무, 사방시설 군열 등에 대한 조사를 실시하고 이상 징후 발생지역에 대해서는 2차 전문가 정밀조사를 추진 할 계획이다.



· 사진가이드 : 이시원(부산·유치)을 기점으로 이시원(천주) 및 동래(유치)를

- 2016.09.27 경주 지진 기사
- 규모 : M 5.8

포항 용흥동 산지 '6.5cm 땅밀림' 감지... 대피·긴급점검(종합)

포항 용흥동 산지 '6.5cm 땅밀림' 감지... 대피·긴급점검(종합)

기사입력 2017-11-16 11:22 | 최문순 기자 | 2017-11-16 13:31 | 기사원문

716

산림청 산사태 예방본부, 전문가 등 원인조사단 급파



중밀도 감시시스템 위치도 [산림청 제공=연합뉴스]

(대전=연합뉴스) 유의주 기자 = 산림청 산사태 예방지원본부는 지난 15일 경북 포항 지진 발생으로 산지에서 땅밀림 현상이 관측돼 주민을 대피시키고 현장 점검에 나섰다 16일 밝혔다.

산림청에 따르면 포항시 북구 용흥동 산 109-2에 설치된 산림청의 '땅밀림 무

- 2017.11.16 포항 지진 기사
- 규모 : M 5.4

포항 지진 피해, 심해지기에 '골든타임' 속지

포항 지진 피해, 심해지기에 '골든타임' 속지

포항 지진 피해 (온라인 커뮤니티) 포항 지진 피해, '골든타임' 지켜라... 재발 없기 위해 '포항 지진 피해'로 인해 포항 곳곳이 물질을 잃고 있다. 이러한 가운데 포항 지진 피해를 위해 각 기업과 은행의 지원, 전문가들의...

포항 지진 피해, '골든타임' 지켜라... 기호일보 11분 전



경북공동모금회, 포항 지진 피해 기부금품 모금 실시

경북공동모금회, 포항 지진 피해 기부금품 모금 실시

(아시아뉴스통신=박종환 기자) 경북사회복지공동모금회(회장 신현수)는 지난 15일 포항에서 발생한 지진으로 피해를 입은 이재민들의 신속한 긴급구호 지원과 생활안정 지원을 위해 16일부터 '포항 지진 피해 기부금품...

경북공동모금회, 포항 지진 피해 성금 모금... 뉴시스 35분 전 네이버뉴스

'포항지진' 그동안 보고된 적 없는 단층에서 발생

'포항지진' 그동안 보고된 적 없는 단층에서 발생

(앵커) 포항지진은 그동안 지표면 상에 존재가 보고된 적이 없는 단층에서 발생했다는 분석이 나왔습니다. 한국지질지원연구원의 분석인데, 특히 진앙인 포항 황해동 등은 퇴적물이 상대적으로 발달해 밀도도 형태...

조선일보 '포항지진의 250배에 달하는 진원' 사실인가?

조선일보 '포항지진의 250배에 달하는 진원' 사실인가?

이런 가운데 조선일보는 '지진을 일으킨 한 원인은 원수병 시대 때와 같다'며 '포항 지진의 250배가 넘는 원인은 안전하다'고 보도했다. 단순히 진도만을 기준으로 원인의 안전성을 평가하는 모양새다. 조선일보는...

포항시 홈페이지 지진피해 공동게시판 폐쇄... 주민들 '대피' 신고하냐

포항시 홈페이지 지진피해 공동게시판 폐쇄... 주민들 '대피' 신고하냐

그러나 국민재난안전포털 홈페이지의 신고 요건에는 다른 재난 정보와 포항 지진 관련 정보가 뒤섞여 있어 주민들은 어디에 어떻게 신고해야 할지 모르겠다고 하고 있다. 포항시 관계자는 '당초 지진상황공동게시판을 열었던 이유'는...

포항지진 '불안 공포 여전하지만 자원봉사자들 있어 힘입니다'

포항지진 '불안 공포 여전하지만 자원봉사자들 있어 힘입니다'

포항 한동로 주택에 거주하며 지진 피해를 입은 이(여, 65)씨는 '먹을 것 잘 갖춰 주고 쓰러지 잘 치워주고 잘 있게 잘해줬다'며 자원봉사자들에게 고마움을 표했다. 이명자 신천지 자원봉사단 링크보자기팀 팀장은...

<포항지진> 여진 현재까지 51차례...75명 부상·이재민 1730여명

<포항지진> 여진 현재까지 51차례...75명 부상·이재민 1730여명

포항시는 지진으로 피해 경수를 한 건축물에 추가 균열 등 2차 피해를 막기 위한 조치를 하고, 현장에서 지진피해 건물에 대한 상임도 진행할 예정입니다. ts뉴스 노경민입니다. ■

[37] 지진 종합지식 게시판 1. 지진이란 무엇인가? 지진이란...

[37] 지진 종합지식 게시판 1. 지진이란 무엇인가? 지진이란...

- 2017.11.16 포항 지진 기사 - 기타

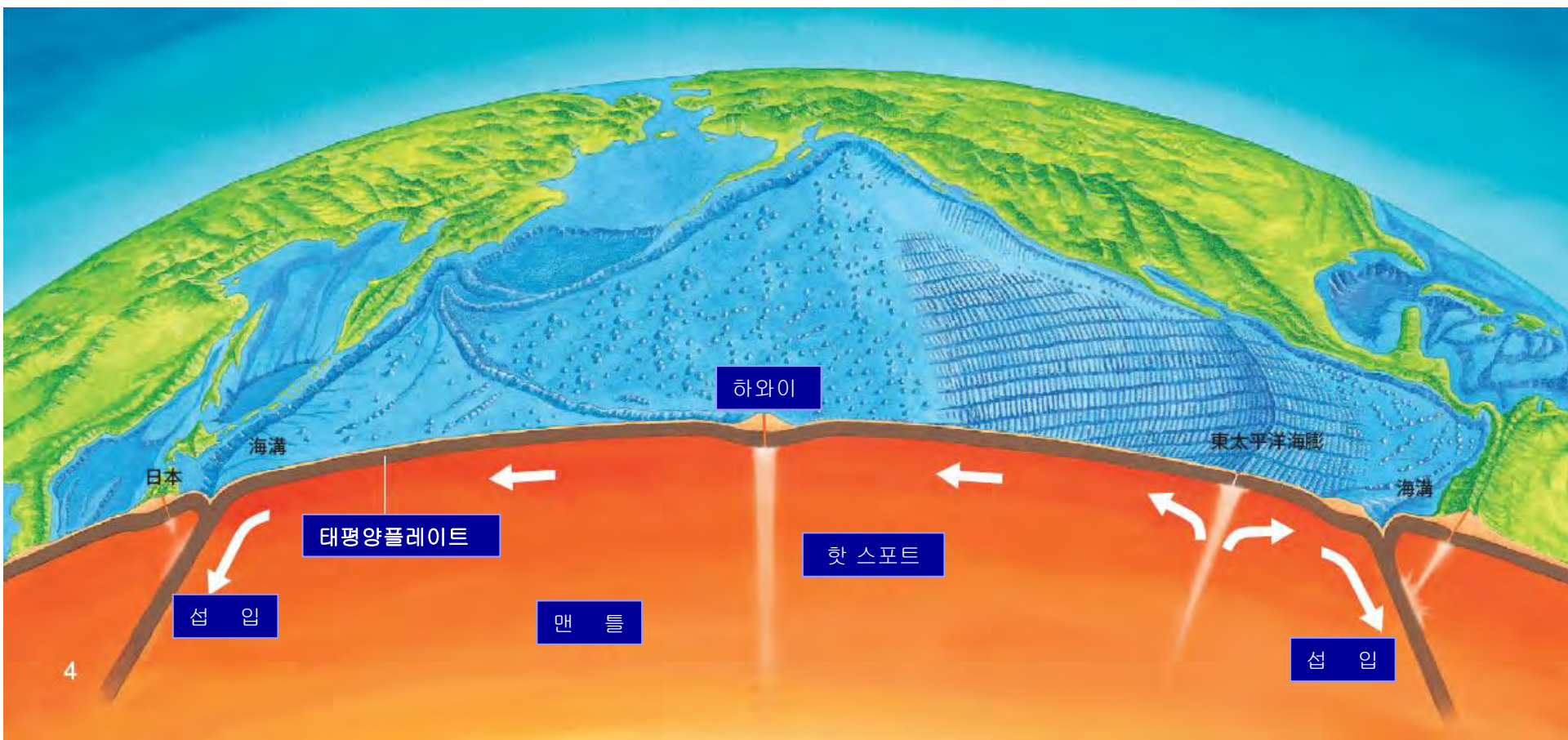


▶▶ 국내 지진 발생 – 포항 지진 (M 5.4_2017.11.15)





▶▶ 지진 발생 메커니즘





▶▶ 지구의 내부구조

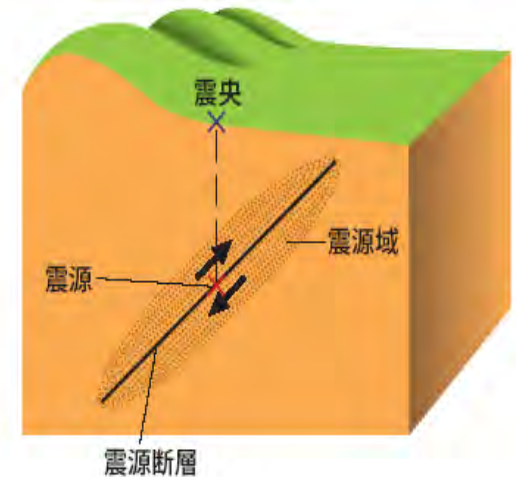
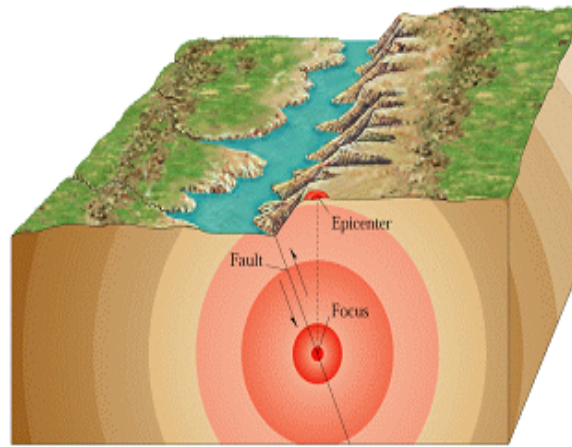
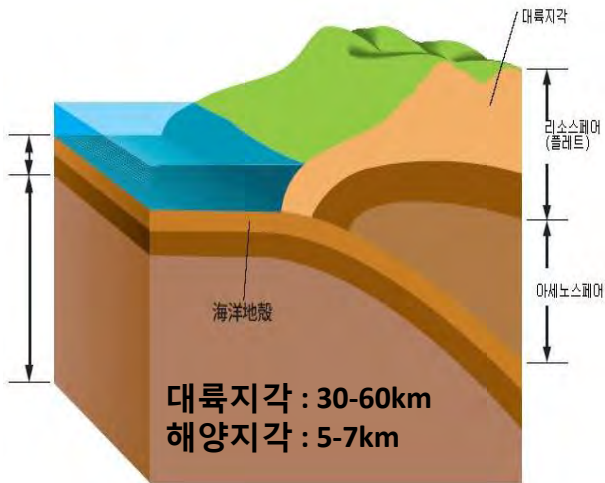
지구표면 7개 주요 판

- ❖ 유라시아판 : 유라시아판과 인도판 충돌로 **히말라야산맥** 형성
- ❖ 남아메리카판 : 가장 작은 판, 나츠키판과 남아메리카판 충돌로 **안데스산맥** 형성
- ❖ 북아메리카판 : 북아메리카판과 태평양판 충돌로 **로키산맥** 형성
- ❖ 아프리카판 : 1년 125mm 이동, 아라비아판 사이의 **홍해**는 더욱 넓은 바다 형성
- ❖ **태평양판** : 1년에 100mm 이동, **샌안드레스단층** 형성
- ❖ 호주-인도판 : 1년 67mm 이동
- ❖ 남극판 : 1년 10mm 이동





▶▶ 지각 구조 및 지진 발생원



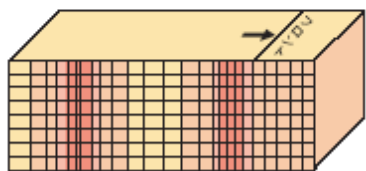
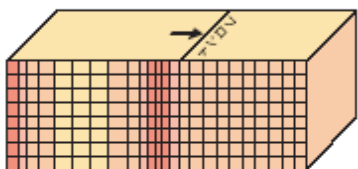
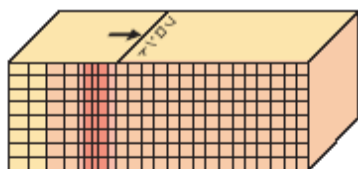
진원(震源 seismic center, focus): 지진이 발생한 곳

진앙(震央 seismic epicenter): 진원 바로 위의 지표의 지점



▶▶ 지진파 유형 및 속도

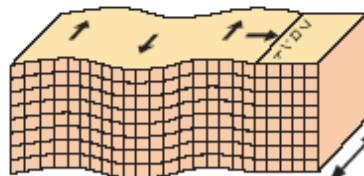
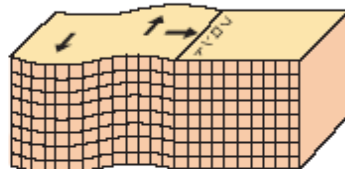
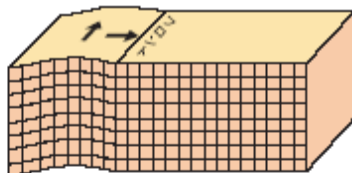
縱波
(P波)



↔ 振動方向
→ 波の伝わる方向

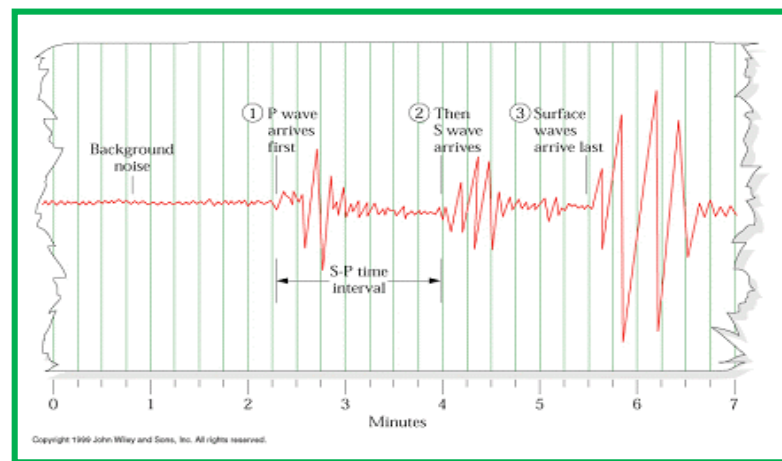
P파: 약 6~9km/s

橫波
(S波)

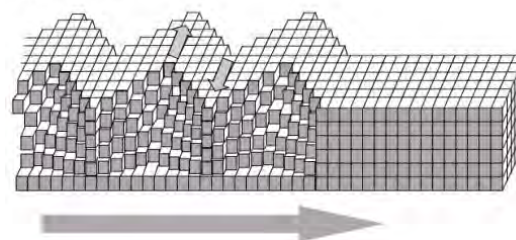


↕ 振動方向
→ 波の伝わる方向

S파: 약 3~5km/s



Love Wave

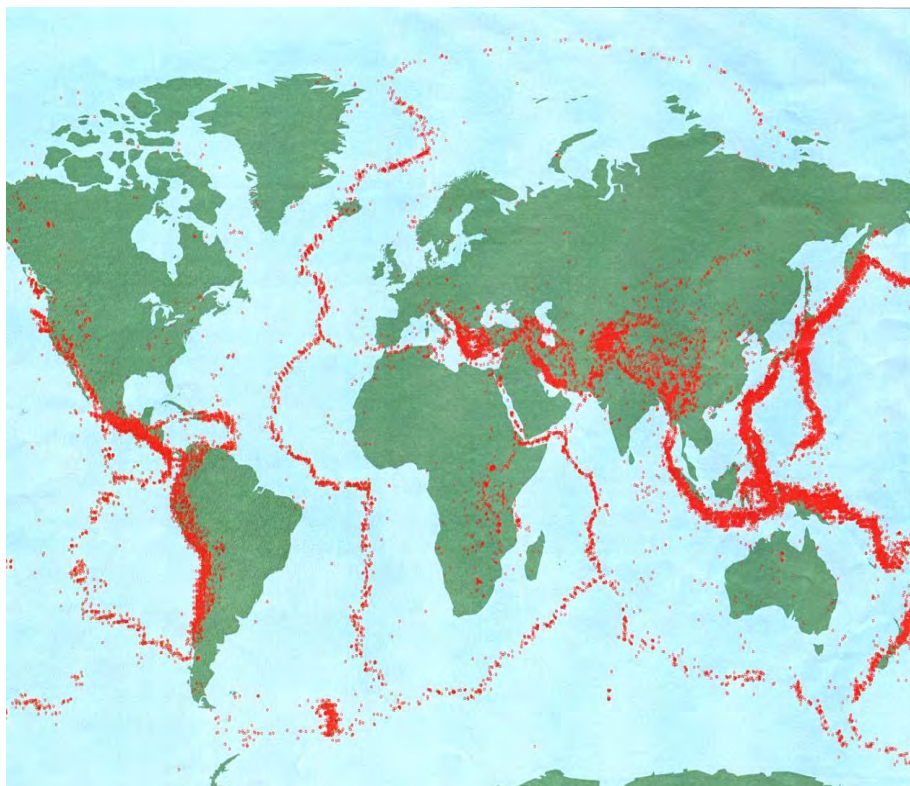


L파: 약 1~2km/s



▶▶ 세계 지진 분포도

[M>4.0 깊이 100km 이하, 1975~1994년]





▶▶ 지진의 크기

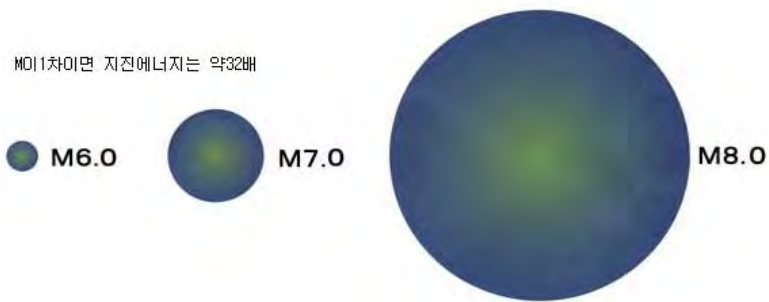
리히터 규모

- 지진의 대소는 단층운동에 의해 방출되는 에너지 대소에 의해 정함.
- M이 1늘어나면 지진파 에너지는 32배 2배로 늘면 약 1000배에 이른다.
- 지진계의 최대진폭을 이용하여 계산

수소폭탄 1발 M=7.4
원자폭탄 1발 M=5.2(히로시마 투하 된 원폭)

메르칼리 진도

- 지진에 의한 어떤 장소에서 흔들림의 정도를 나타내고 같은 지역이라도 지역에 따라 다름.
- 일본에서는 10단계로 나누어 분류



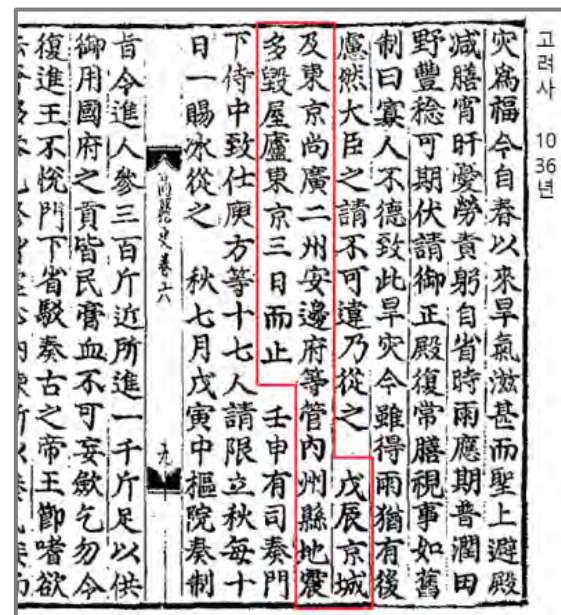
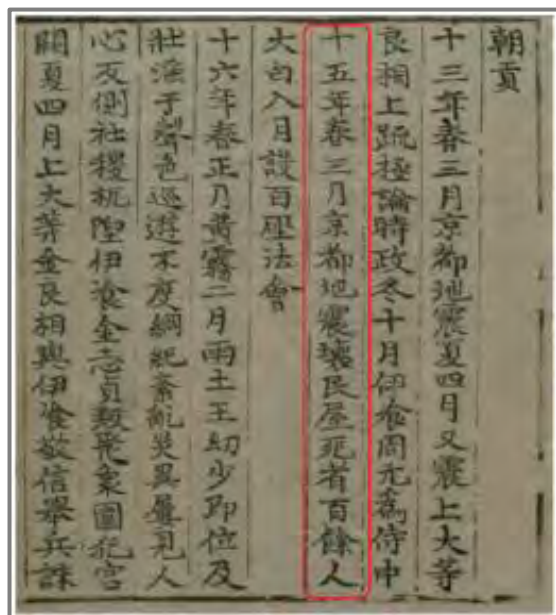
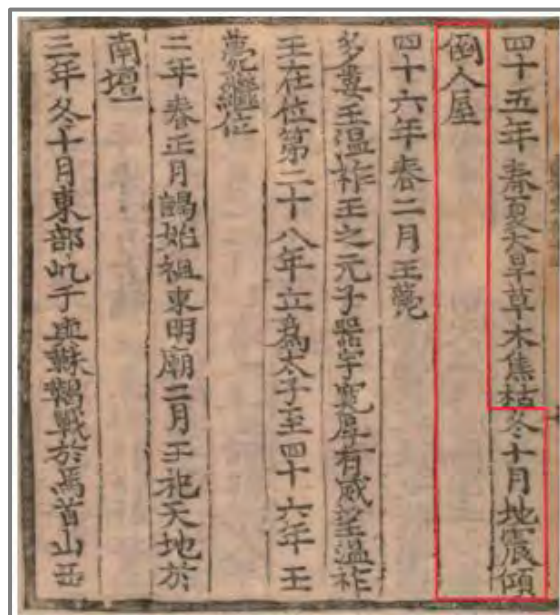


▶▶ 진도와 규모의 상관관계

메르칼리 진도 등급	강도	효과	리히터 규모
I	기계만 느낌	지진계나 민감한 동물이 느낀다.	~3.5
II	아주 약함	가만히 있는 민감한 사람이 느낀다.	3.5
III	약함	트럭이 지나가는 것과 같은 진동을 느낀다.	4.2
IV	중간 정도	실내에서 진동을 느끼고 정지한 자동차를 흔든다.	4.5
V	약간 강함	일반적으로 진동을 느껴 자는 사람을 깨운다.	4.8
VI	강함	나무가 흔들리고, 의자가 넘어진다. 일반적인 피해를 초래한다.	5.4
VII	보다 강함	벽에 금이 가고 떨어진다.	6.1
VIII	파괴적임	굴뚝, 기둥이나 약한 벽이 무너진다.	6.5
IX	보다 파괴적임	집이 무너진다.	6.9
X	재난에 가까움	많은 빌딩이 파괴되고 철도가 휜다.	7.3
XI	상당한 재난	몇 개의 빌딩만 남고 다 무너진다.	8.1
XII	천재지변	완전히 파괴된다.	8.1~

기상청(KMS)은 과거 일본기상청 계급(JMA, 1949)을 사용하였으나, 2001년1월부터 MM scale (modified mercalli)을 사용한다.

역사에서 발견된 지진 기록[역사지진]



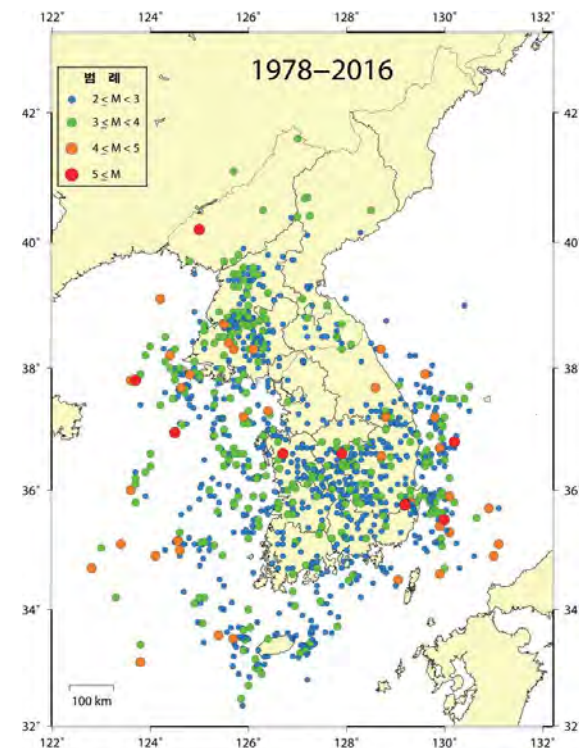
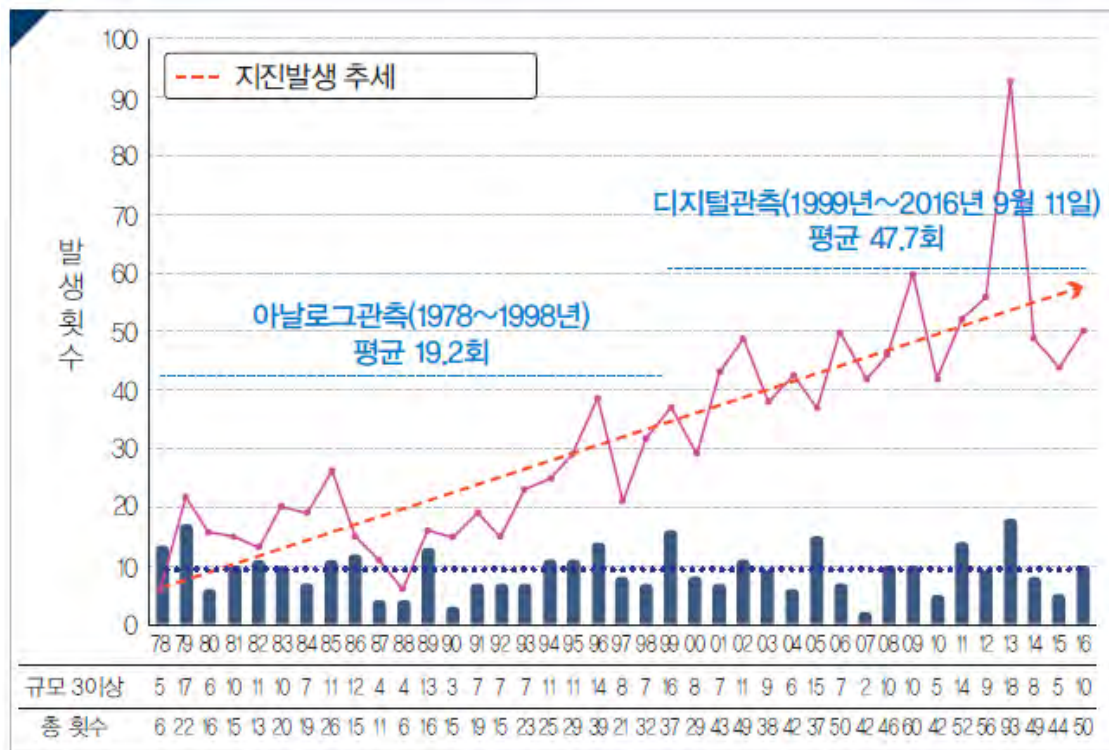
- 서기 27년 백제
- 온조왕때 “겨울 10월
에 지진이 일어나 집이
기울고 무너졌다”는
기록이 존재함

- 서기 779년 통일신라
- 혜공왕 15년 당시
지진으로 백여명의
백성이 사망한 기록

- 고려사
- 경주지역에서 발생한
대표적인 역사 지진기록



▶▶ 국내 지진 발생 추이(계기지진)

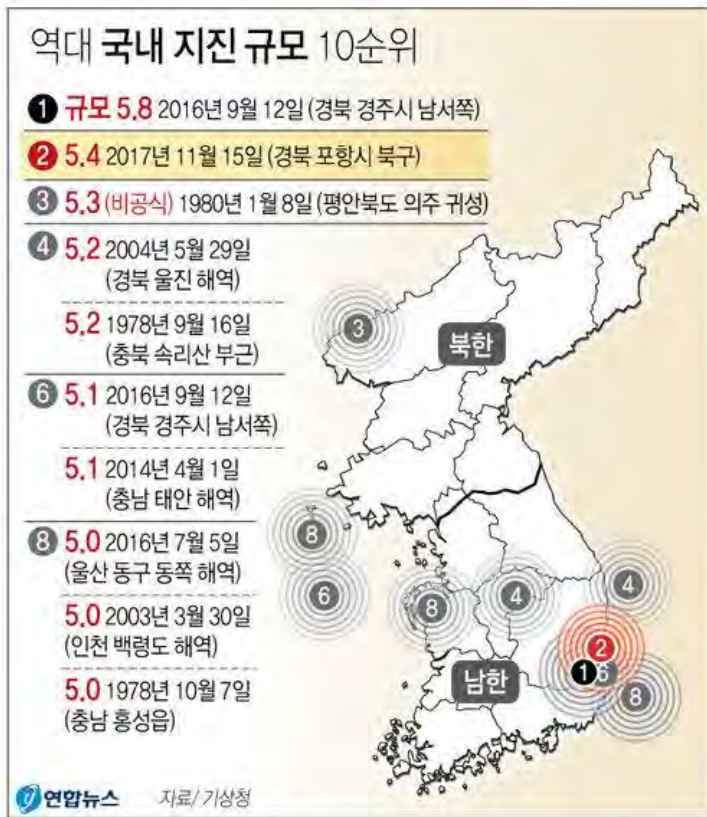


- 1978년부터 2016년도 까지 지진발생 횟수는 총 1,464회의 지진이 발생
- 특히 최근 1999년 이후부터 지진 발생횟수는 매년 평균 58.9회로 과거보다 **증가 추세**



국내 지진 발생현황

▶▶ 역대 국내 지진 규모 순위

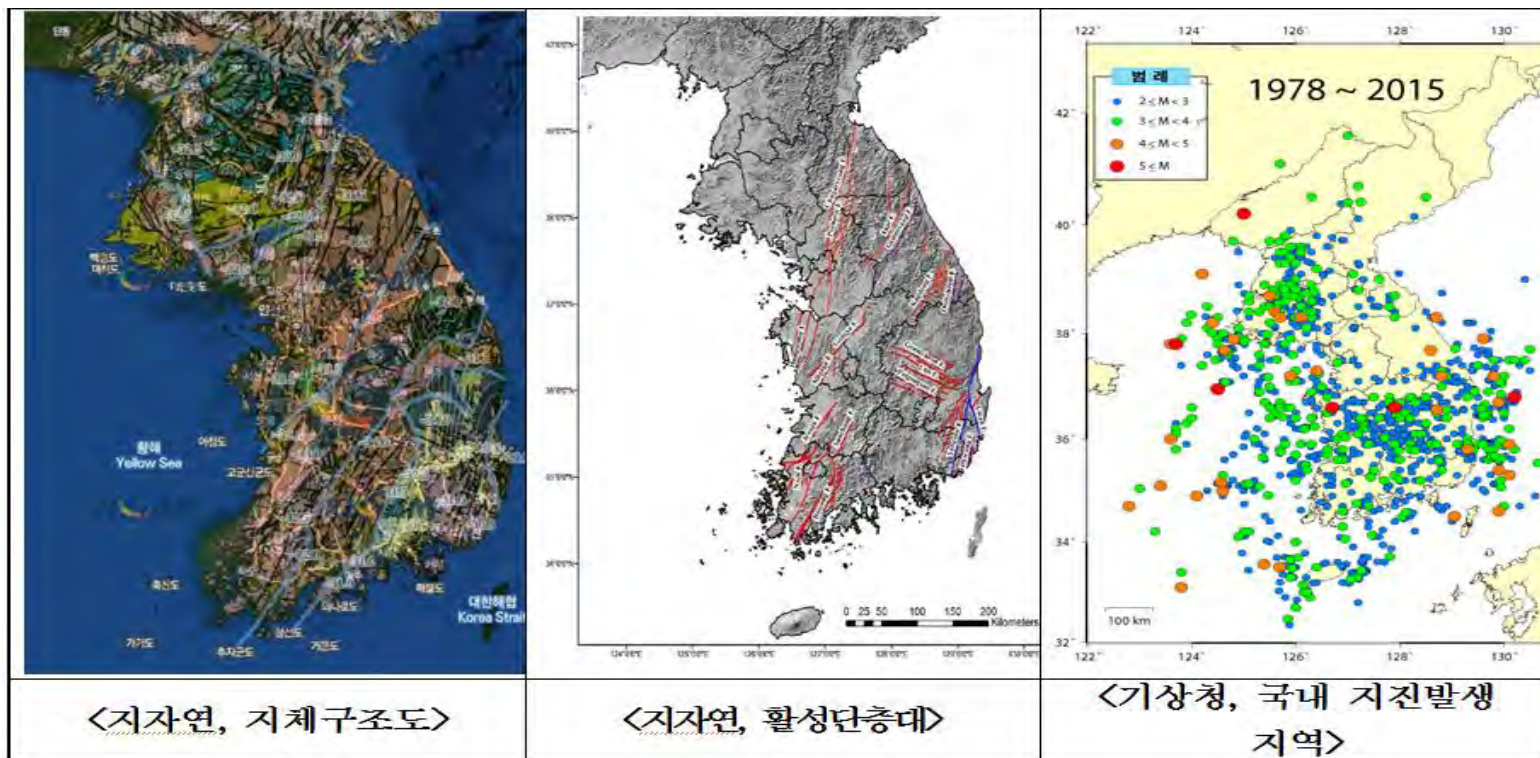


장예진, 반종빈, 김토일 기자 / 20171115
트위터 @yonhap_graphics 페이스북 tune.kr/LeYN1

No.	규모 (M)	발생연월일	진원시	진앙(Epicenter)		
				위도(°N)	경도(°E)	발생지역
1	5.8	2016. 9. 12.	20:32:54	35.77	129.18	경북 경주시 남남서쪽 8km 지역
2	5.4	2017. 11. 15.	14:29:31	36.12	129.36	경북 포항시 북구 북쪽 9km 지역
3	5.3	1980. 1. 8.	8:44:13	40.2	125	평북 서부 의주-삭주-귀성 지역 (북한 평안북도 삭주 남남서쪽 20km 지역)
4	5.2	2004. 5. 29.	19:14:24	36.8	130.2	경북 울진군 동남동쪽 74km 해역
4	5.2	1978. 9. 16.	2:07:05	36.6	127.9	충북 속리산 부근지역 (경북 상주시 북서쪽 32km 지역)
6	5.1	2016. 9. 12.	19:44:32	35.76	129.19	경북 경주시 남남서쪽 9km 지역
6	5.1	2014. 4. 1.	4:48:35	36.95	124.5	충남 태안군 서격렬비도 서북서쪽 100km 해역
8	5	2016. 7. 5.	20:33:03	35.51	129.99	울산 동구 동쪽 52km 해역
8	5	2003. 3. 30.	20:10:52	37.8	123.7	인천 백령도 서남서쪽 88km 해역
8	5	1978. 10. 7.	18:19:52	36.6	126.7	충남 홍성군 동쪽 3km 지역
11	4.9	2013. 5. 18.	7:02:24	37.68	124.63	인천 백령도 남쪽 31km 해역
11	4.9	2013. 4. 21.	8:21:27	35.16	124.56	전남 신안군 흑산면 북서쪽 101km 해역
11	4.9	2003. 3. 23.	5:38:41	35	124.6	전남 신안군 흑산면 서북서쪽 88km 해역
11	4.9	1994. 7. 26.	2:41:46	34.9	124.1	전남 신안군 흑산면 서북서쪽 128km 해역



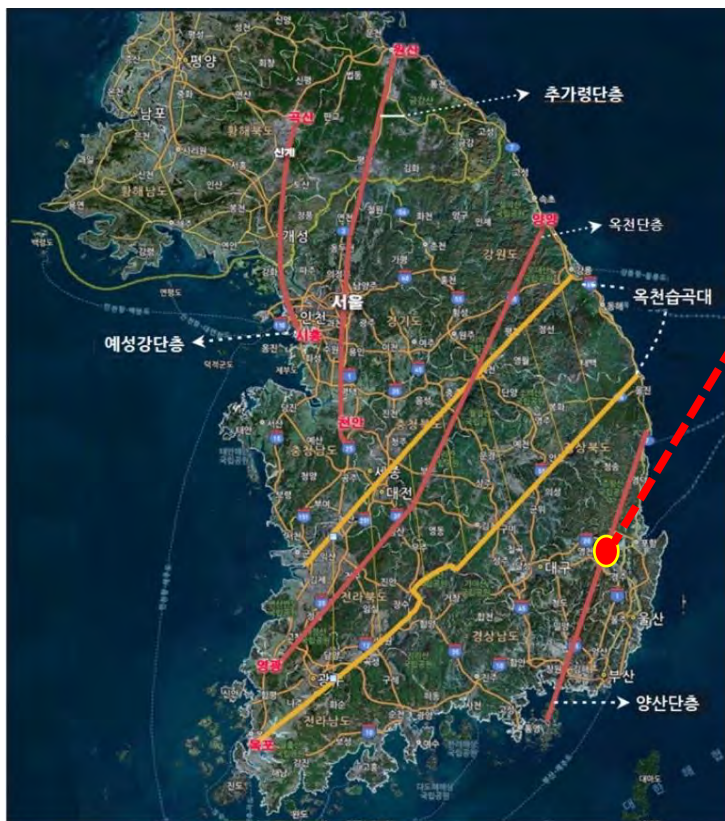
▶▶ 단층대 주변에서의 지진 발생 현황 - 1



- 1) 한반도 단층지도 1:50,000 지질도에 기재된 단층은 약 500여개 존재
- 2) 주요 광역 선구조 및 활성단층대는 약 40여개로 추정 중
- 3) 규모 3.0이상 지진발생 이력지 주변 대상지 선정(기상청 자료 활용)



▶▶ 단층대 주변에서의 지진 발생 현황 - 2



한반도 활성단층대 현황



양산 단층대 주변 현황



II. 산사태



▶▶ 산사태 발생 유형

내가 사는 곳 안전할까

국토의 64%, 면적 기준으로 80%가 산지인 우리나라에서 산지에는 인구는 도시나 마을을 위협하는 재해다. 전민가의 의견을 종합해 위험한 입지를 표시해 봤다.

산책대가 집이나 사람
산책은 적대기를 향해 진행하기 때문에 위험하다. 반대편 사면이 안전하다.

산 중턱 비로칭 도로
산 중턱을 깎아 만든 비로칭 도로는 위험 아래 모두 산사태 위험이 있다.

오목사면
불룩 튀어나온 사면보다 오목하게 들어간 사면이 무너질 가능성이 높다.

굴파기에 의한 토사
도로를 만들고 남은 흙과 모래를 굴파기에 버리는 경우가 있다. 비가 오면 흙이 내려갈 가능성이 높아 위험하다.

토석류 위험지
직접 산사태 발생지가 아니더라도 토석류가 흘러내리는 곳에 위치한 집은 위험하다.

난개발지
사용지 중 일부나 군부대는 개발 정도가 없는 경우가 많아 위험을 예측하기 어렵다.

사면붕괴
사면붕괴는 토석류의 위험에서 안전하게 보호해 준다.

산 중턱의 호수
산 중턱에 호수를 만들 경우 산면에 수분이 많아진다.

임계지
인공적으로 만든 임계지의 붕괴 확률은 70%가 공시다.

소나무
침엽수의 소나무로만 된 숲은 물에 잘 타는 재해다. 사사잡일 임이 나 있어 숲 적대7까지 타는 대형 산불 위험이 높다.

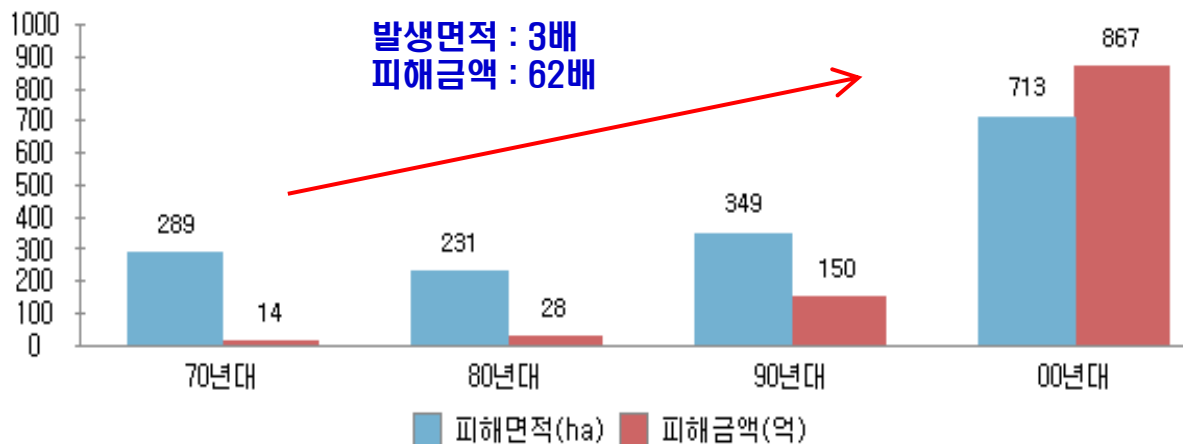
재해라면 모두 산사태라고 부른다. 때문에 도로를 짚은 절개지가 무너지거나 도로 사면이 쏠린 경우도 산사태로 인식한다. 하지만 전문가들은 발생 원인이 다르기 때문에 불을 분리한다. 윤호중 국립산림과학원 산림방재연구과 박사는 "절개지 붕괴는 풍사가 전체 원인의 70%를 차지한다"며 "산사태와는 별개로 접근해야 한다"고 말했다.

현재 인티넷으로 제공되고 있는 산사태 위험지와 예보 역시 좁은 의미의 산사태를 예측한 지도다. 사실상 '사면이 흔들리지 않은' 발원한 산으로, 비가 많이 오면 저절로 무너질 우려가 있는 곳이라는 한정된 정보를 표시한 것이다. 물론 이 자체로도 큰 의미가 있다. 예초에 무너지기 쉬운 지형을 알 수 있다면 집이나 건물을 지을 때 위험한 지역을 피할 수 있기 때문이다. 검증도 많이 이뤄졌다. 이제까지 일어난 실제 산사태의 88%가 1등급과 2등급에서 벌어졌기 때문이다. 이번엔 사고가 난 우원산과 춘천 역시 1급이다. 하지만 도로를 내거나 건물을 짓기 위해 산을 깎은 곳이 갈수록 늘어나고 있는 현실을 생각한다면 절개지 붕괴 위험을 뺀 산사태 위험지 정보는 위험을 온전히 반영하기엔 부족하다.

또 하나의 문제점은 산사태 이후의 피해지역을 예측하기 어렵다는 점이다. 산사



▶▶ 산사태 발생 유형



▶ 자연적 요인 : 낙석산사태 등의 재해 발생 대형화 · 빈발화

- 지구온난화 → 태풍, 국지성 집중호우 빈발 → 재해 증가 → 한반도 기온 상승 고착화
[일강우량 100mm이상 집중호우 빈도 : 43회/'80년대 → 54회/2000년대]
[우리나라에 영향을 주는 태풍 : 평균 3개 ('12년 : 5개)]

▶ 인공적 요인 : 생활권의 팽창으로 인한 위험지 증가

- 관광지, 펜션 등 경관, 위락만을 위해 산기슭, 계곡 주변에 입지 → 대규모 토사사태 재해 발생 위험
[산지전용 면적 : 7,170ha/'00년 → 9,013ha/'05년 → 11,851ha/'10년]

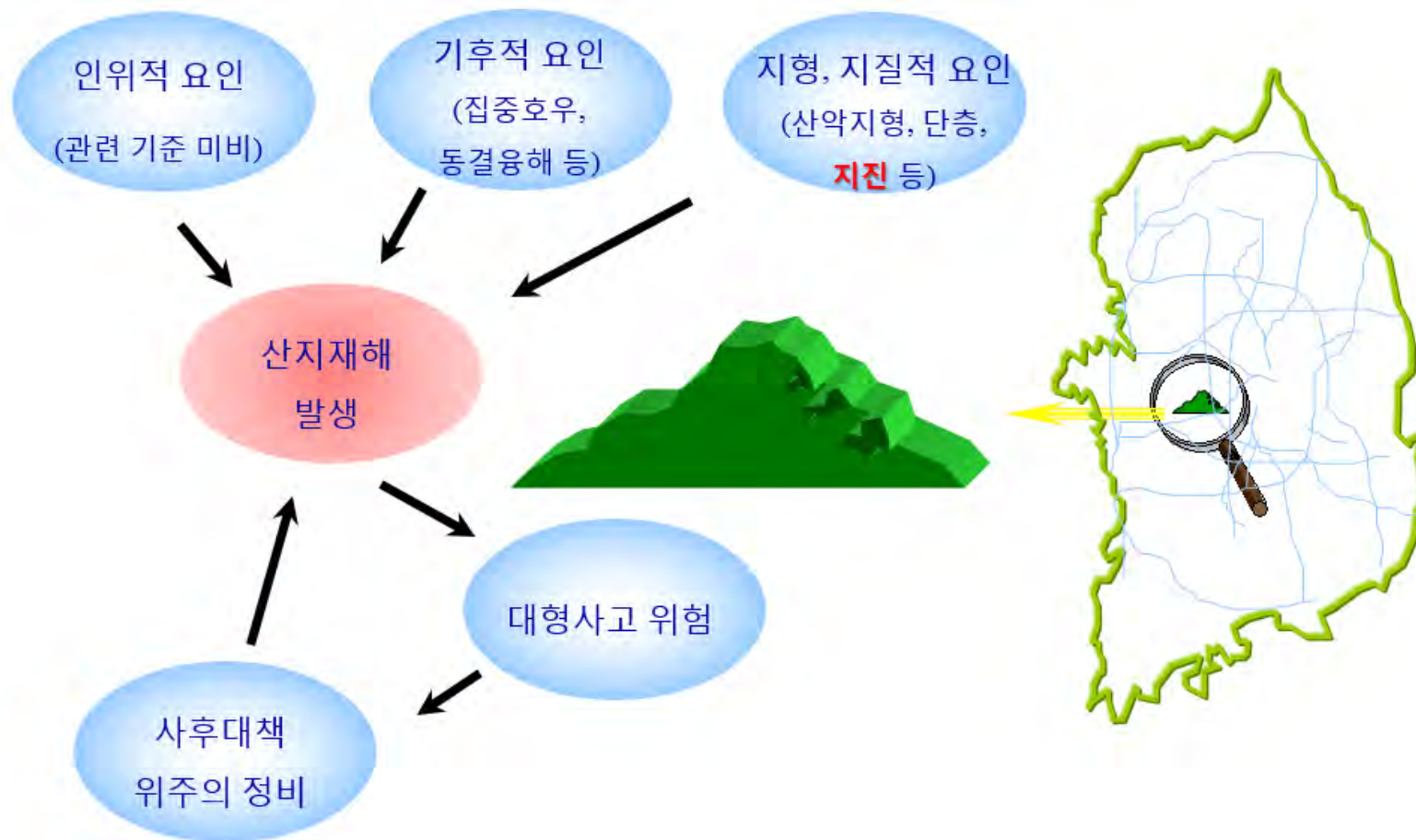


▶▶ 자연재해로 인한 피해현황 - 재해연보

연도	전체 자연재해 사망자	산사태 및 사면재해 사망자			연도	전체 자연재해 사망자	산사태 및 사면재해 사망자		
		소계	산사태 [토석류]	절개지 및 축대 붕괴			소계	산사태 [토석류]	절개지 및 축대 붕괴
1976	526	56	태풍 "루사" 태풍 "매미" 태풍 "셀마"	1996	77	2	2	0	
1977	345	222		1997	38	5	5	0	
1978	158	18		1998	384	111	103	8	
1979	423	167		1999	89	32	24	8	
1980	279	58		1999	89	32	24	8	
1981	216	25		2000	49	12	11	1	
1982	121	9		2001	82	8	7	2	
1983	91	N/A		2002	270	79	74	5	
1984	265	18		2003	151	37	31	6	
1985	250	50		2004	17	3	1	2	
1986	156	N/A	2005	47	11	10	1		
1987	1,022	155	2006	63	9	-	-		
1988	143	16	2007	17	0	-	-		
1989	307	43	38	5	2008	11	0	-	-
1990	258	67	56	11	2009	13	5	-	-
1991	236	68	5	5	2010	14	1	-	-
1992	40	2	1	1	2011	78	43	-	-
1993	69	12	12	0	2012	16	1	-	-
1994	72	6	6	0	2013	4	3	-	-
1995	157	28	28	0	2014	2	0	-	-
전체 자연재해 사망자*			합계 : 6,556				연평균 : 163.9		
산사태 및 사면재해 사망자*			합계 : 1,383				연평균 : 34.6		
전체 자연재해 대비 산사태 및 사면재해 사망자 비율 : 21.1%									

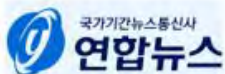


▶▶ 산지재해 발생 메커니즘





▶▶ 산사태 발생 사례



최신기사

"청주 산사태, 기록적인 폭우·취약한 지질구조 탓"

송고시간 | 2017/07/25 09:25



산림청, 산사태 원인조사단 현장 조사 결과 발표

내부적 요인

(대전=연합뉴스) 유익주 기자 = 지난 14~16일 발생한 청주시 일대 산사태는 시간당 90mm가 넘는 기록적인 폭우에 얇은 토층 등 취약한 지질구조가 원인인 것으로 드러났다.



청주 낭성면 산사태 현장 [산림청 제공=연합뉴스]

외부적 요인

가장 큰 원인은 알려진 대로 지난 16일 내린 시간당 최고 강우량 91.8mm에 달하는 기록적인 폭우로 조사됐다.

상부에 오목한 형태의 집수지형이 있었고, 얇은 토층과 바위 조각이 다수 존재하는 등 지질구조가 집중호우에 취약했던 것으로 밝혀졌다.

조사단은 이번 조사 결과를 바탕으로 안정성 검토 등 면밀한 분석을 통해 발생 원인에 따른 맞춤형 복구방안을 제시할 계획이다.



청주 마원면 산사태 현장 [산림청 제공=연합뉴스]



▶▶ 산사태 발생 사례 - 우면산



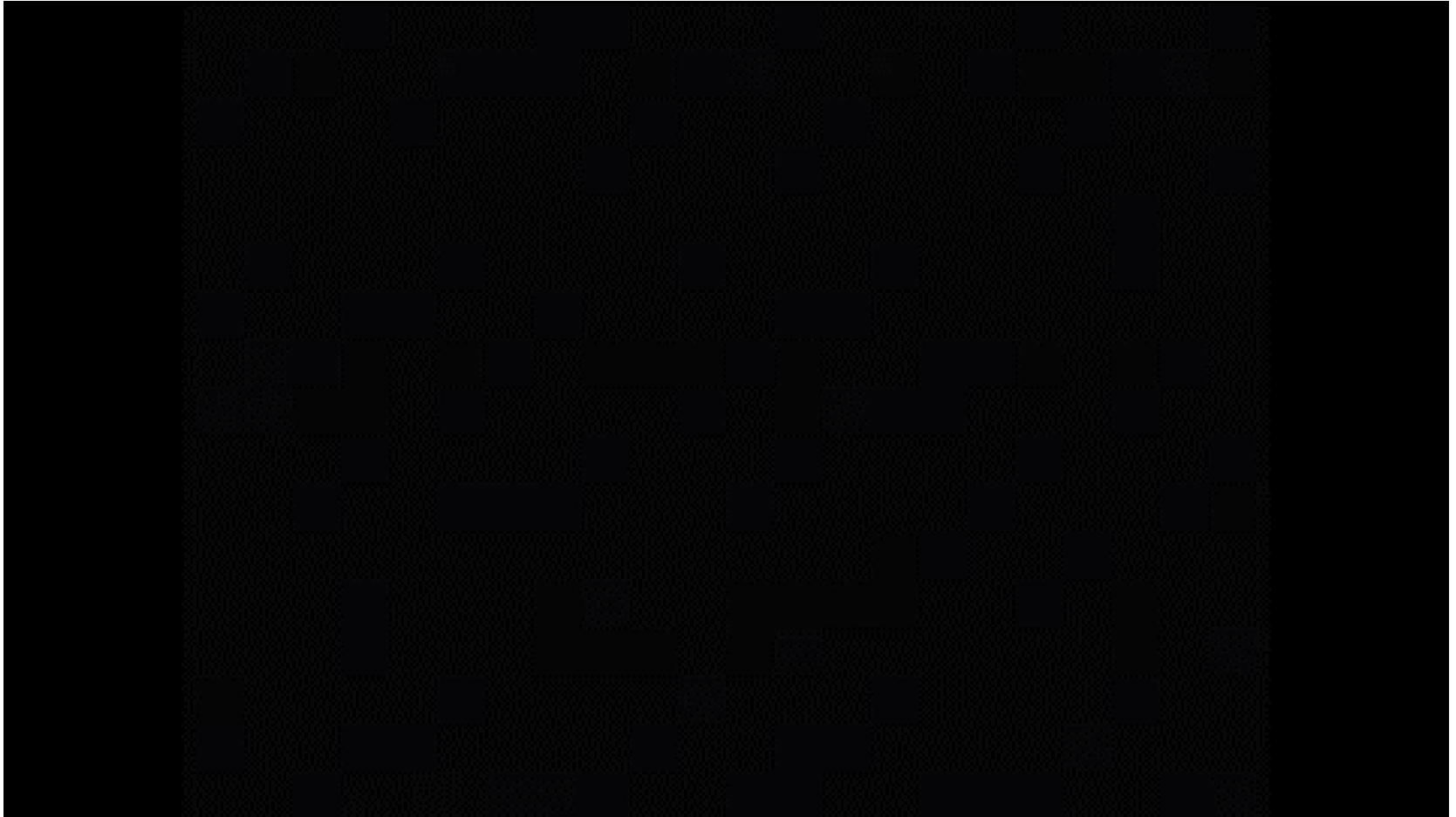


▶▶ 산사태 발생 사례 - 우면산





▶▶ 산사태 발생 사례 - 일본





▶▶ 토석류 발생 사례 - 미국

debris flow

Clear Creek County,
Colorado



III. 지진-산사태 복합재해



▶▶ 지진-산사태 복합재의 개요



지구 내부의 에너지가 지표로 나와,
땅이 갈라지며 흔들리는 현상.

폭우나 지진, 화산 따위로 산
중턱의 바윗돌이나 흙이 갑자기
무너져 내리는 현상.



두 가지 재난이 동시에 발생하여 심각한 피해를 초래할 수 있음.



▶▶ 지진-산사태 복합재해 사례 - 일본



산 위의 집도 위기임박 일본 규슈 구마모토현 미나미아소의 마을이 지난 16일 지진 여파로 발생한 산사태 때문에 생사의 기로에 놓였다. 나무는 송두리째 뽑혔고, 집들은 지진으로 생겨난 절개지 바깥 아래로 굴러 떨어질 듯 위태롭게 서 있다.

(21.8.13. Thomson)



참혹한 강진-사망 42명, 이재민 19만명 지진이 강타당한 일본 규마모토현 미나미아소 일대에 16일 대규모 토사가 흘러내려 마을과 도로를 덮쳤다. 땅이 갈라지면서 산 밑에는 거대한 계곡이 생겼다. 이날 새벽 일어난 규모 7.3의 강진으로 곳곳에서 도로가 끊기고 산사태 위험이 증대됐다. 지진으로 인한 사망자는 17일 현재 42명이며 19만명 이상이 이재민이 됐다.

미나미아소(구마모토) | EPA

- 위치 : 일본 구마모토 현과 오이타현
- 일시 : 2016.04.14
- 규모 : M 5.4
- 내용 : 지진을 동반한 산사태 발생
 약 40만 가구에 수도 공급이 차단됐고 10만 가구가 전기와 가스 공급 차단
 산사태로 지반변형이 발생해 국도 57호선을 비롯, 곳곳의 도로가 차단
 열차가 탈선해 철도교통이 마비 발생
- 피해 : 부상자 2000여명, 이재민 18만명 발생



▶▶ 지진-산사태 복합재해 사례 - 스위스



- 위치 : 스위스 발 본다스카 지역
- 일시 : 2017.08.23
- 규모 : M 3.0
- 내용 : 지진을 동반한 산사태 발생
약 400m² 토사와 바위, 진흙이 일대의 가옥과 축사 수십채를 파손함
- 피해 : 8명 실종



▶▶ 지진-산사태 복합재해 사례 - 중국



- 위치 : 중국 쓰촨성 지역
- 일시 : 2017.08.08
- 규모 : M 7.0
- 내용 : 수로 2km와 도로 1.6km 차단, 마을이 최대 7m의 토사로 뒤덮임
- 피해 : 약 123명 사상자 발생



▶▶ 지진-산사태 복합재해 사례 - 네팔



- 위치 : 네팔 카트만두 북서쪽 81km 지역
- 일시 : 2015.04.25
- 규모 : M 7.8
- 내용 : 중국-네팔 국경마을인 장무진이 완전히 고립, 산사태로 도로차단
- 피해 : 17,000여명 사망



▶▶ 지진-산사태 복합재해 사례 - 네팔





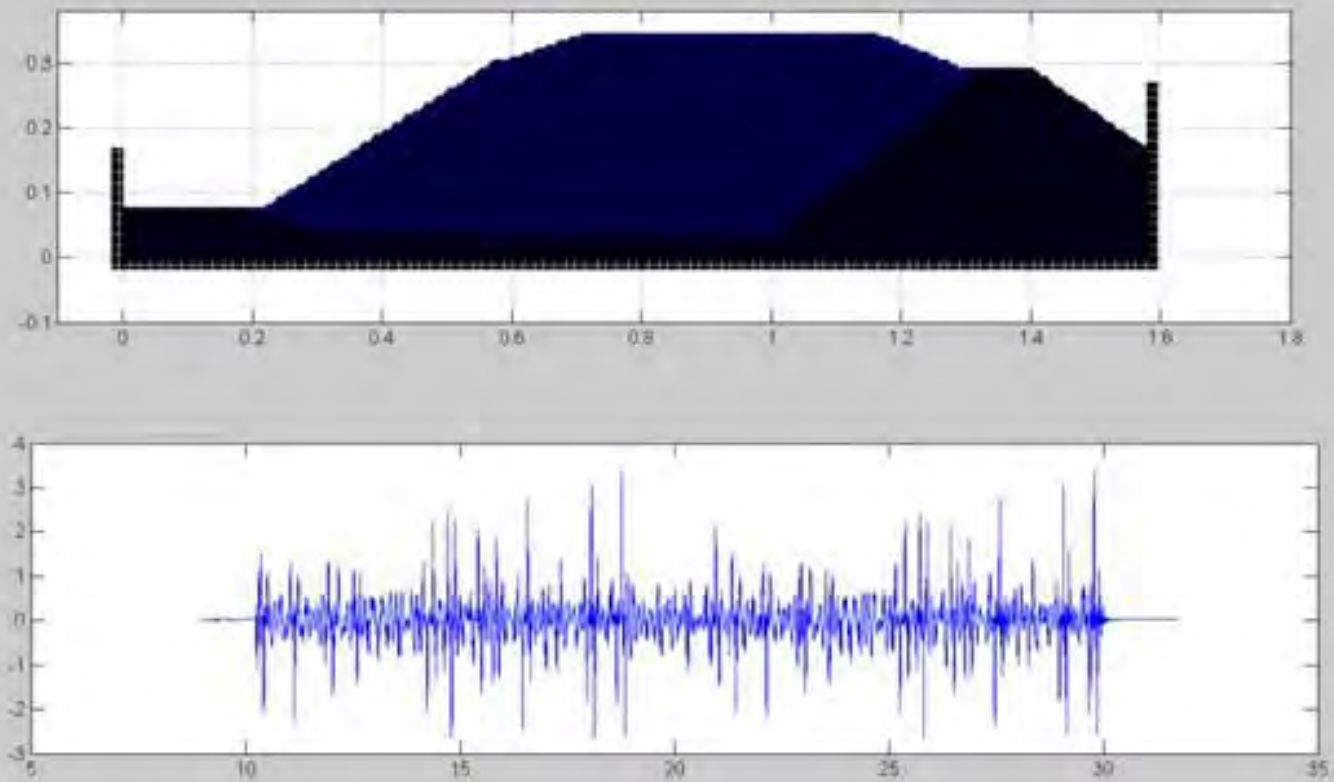
지진 발생 따른 지반 재해 발생

▶▶ 지진에 의한 지반재해 발생 유형



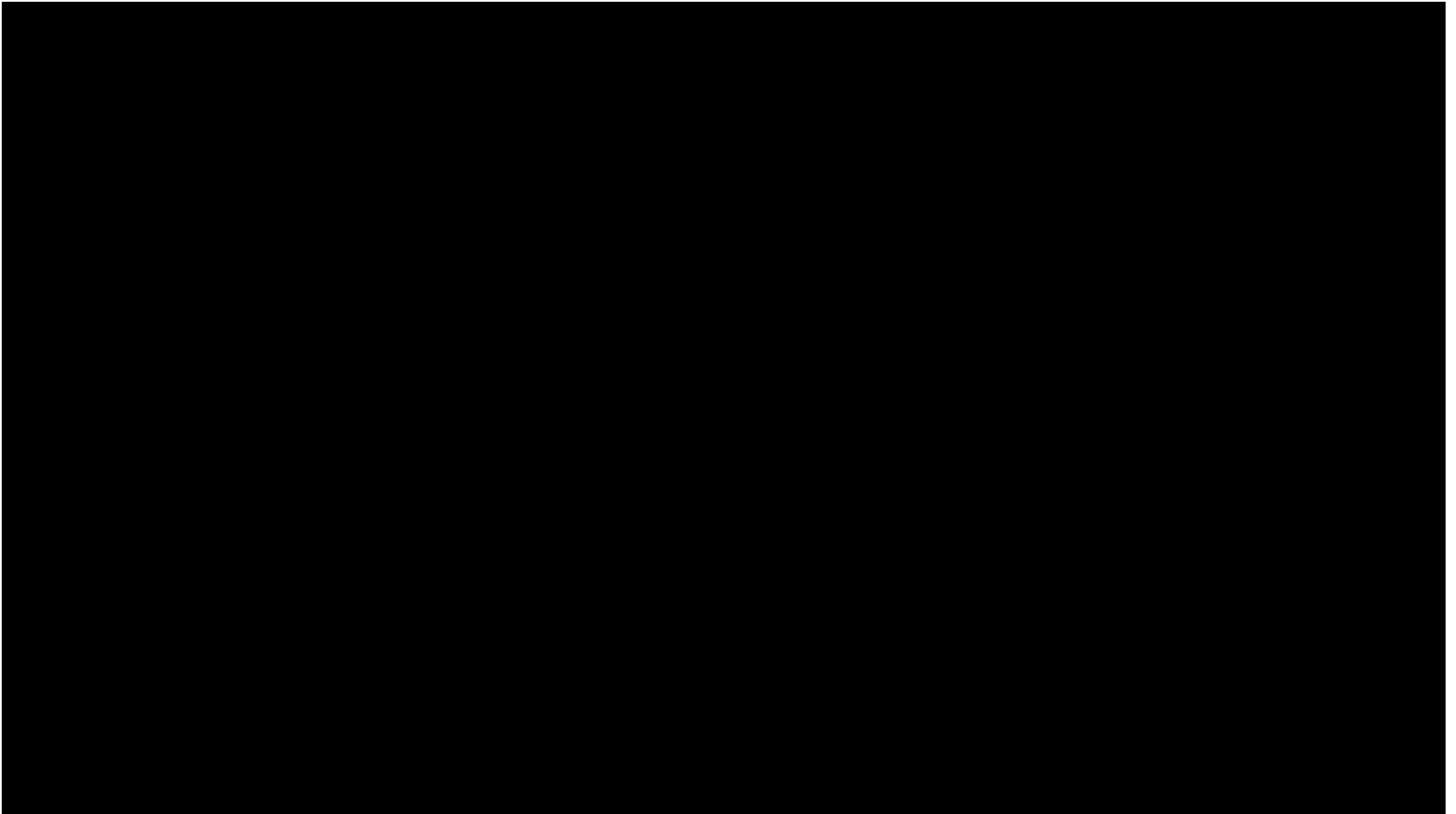


▶▶ 지진-산사태 복합재해 시험 사례 – 사면안정성 분석





▶▶ 지진-산사태 복합재해 시험 사례 – 모형시험





IV. ICT 기반의 대응방안



▶▶ 대형복합재난 피해예측을 위한 지반 재난 모델링 기술

모델링 방식 결정

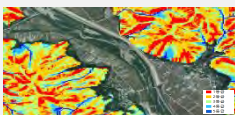
Input Data 구축 및 재난유형별 모델링

재난 유형별 피해예측도

산사태 및 급경사지

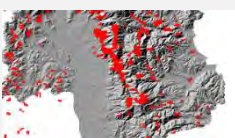
수집자료 기반

산사태 및 급경사지 위험도



물리모의 기반

토석류 피해범위 예측



Input Data 수집

- 기존 산사태 및 급경사지 붕괴 피해자료 조사
- 공공기관 DB 수집(산사태 위험지도, 수치표고모형)

Input Data 구축 및 고가정보화

- 산사태 발생이력 Geocoding을 통한 공간정보화
- 산사태 위험지도(1~2)등급 Polygon화
- 토석류 트리거포인트 구축

• 90m단위의 수치표고모형

수집자료기반 위험점수 산출

- 산사태위험지도 1~2등급의 밀도 분석을 통한 위험

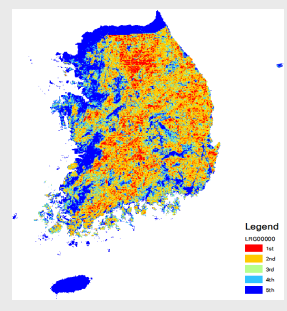


Flow-R모델링 전사출

- 전국 90m단위의 수치표고모형과 산사태 트리거 포인트를 활용한 점수산정



산사태 및 급경사지 재난 결과산출



*SHP 파일 구축

Table 형식 자료

ID	POINT_X	POINT_Y	LANCODE
1	126.2103865	33.11105491	1
2	126.2099115	33.1099888	1
3	126.2099115	33.11011719	1
4	126.2099999	33.11010066	1
5	126.2099142	33.10910124	1
6	126.2103871	33.1099888	1
7	126.2099142	33.1099888	1
8	126.2099142	33.1099888	1
9	126.2099142	33.1099888	1
10	126.2099142	33.1099888	1
11	126.2099142	33.1099888	1
12	126.2099142	33.1099888	1
13	126.2099142	33.1099888	1
14	126.2099142	33.1099888	1
15	126.2099142	33.1099888	1
16	126.2099142	33.1099888	1
17	126.2099142	33.1099888	1
18	126.2099142	33.1099888	1
19	126.2099142	33.1099888	1
20	126.2099142	33.1099888	1
21	126.2099142	33.1099888	1

지반조사자료 및 최대 지반운동수준

액상화 위험도 및 지진 취약도 함수 [시설물]

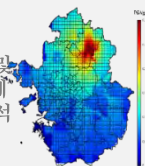
GIS Layer

지진

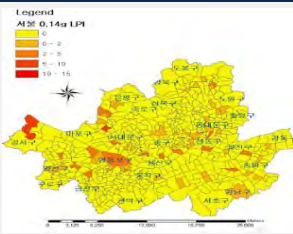


국가지반정보 수집 및 입력자료 추출

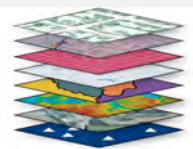
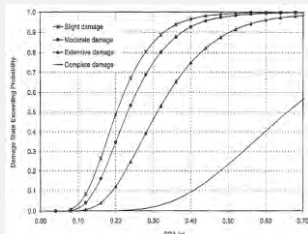
지진가속도 선정 및 지진시 지반종류에 따른 지반응답 분석



셀 단위 액상화 가능성 지수 산정

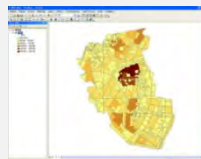


시설물 파괴확률 산정



결과보정 및 GIS data migration

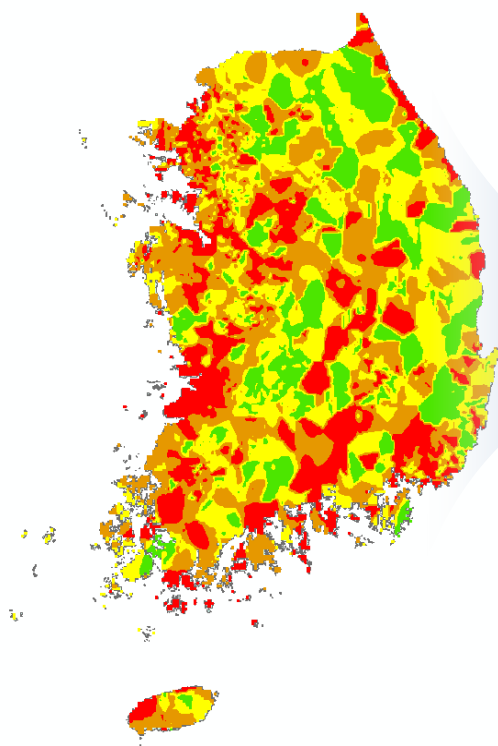
GIS Layer 생성 및 입출력 검토



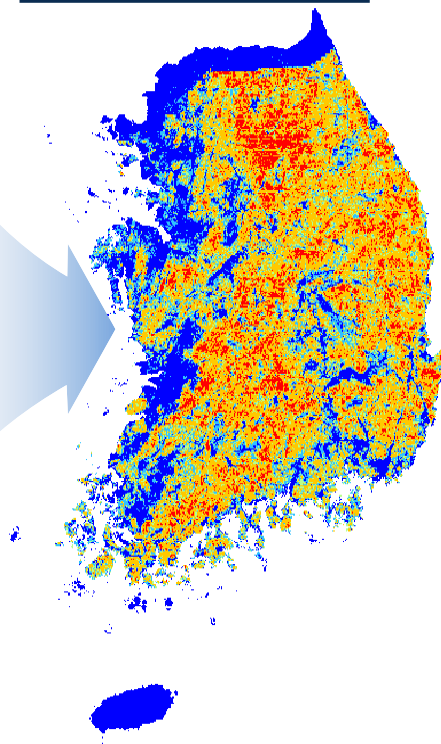


▶▶ 대형복합재난 피해예측을 위한 지반 재난 모델링 기술

지진재난 위험성평가



산지 재해 위험성평가

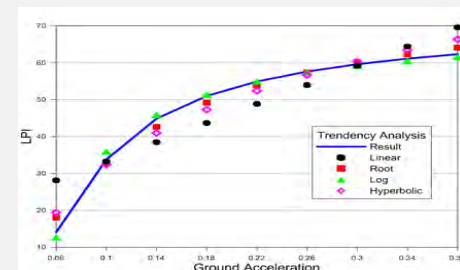


Legend

LRG000000
1st
2nd
3rd
4th
5th

복합 재난 위험성 평가

- 지진 재해의 산사태 트리거 포인트 영향성 분석을 통한 산지재해(산사태 및 토석류)에 대한 복합재난 모델링 수행 가능
- 지진 재난으로 인한 지반의 물리 구조적 변화에 따른 산사태 및 토석류 발생 영향성 분석을 통한 산지재해 위험성 평가 고도화 가능





To be continued in Part 2

ICT 기반의 대응방안

2017.11.22

산림조합중앙회 산림공학연구소
책임연구원 김 만 일(Ph.D., Eng.)
(mikim@nfcf.or.kr)

1. 개요

◆ 4차 산업혁명 : 정보통신 기술(ICT)의 융합으로 이루어낸 혁명 시대

- 혁명의 핵심 : 인공지능(AI), 로봇공학(RT), 사물인터넷(IoT), 무인 운송수단, 3차원 인쇄(3D printing), 나노 기술(NT)



◆ ICT 기술의 적용 4대 전략 분야

- 국가안전관리통합정보시스템 구축 → 위기, 위험관리 체계화
- 현장대응전략시스템 구축 → 현장 진두지휘 일원화, 신속성 확보
- 예방, 대응시스템 구축 → 연구기술 개발기반의 과학적 사전 안전관리
- 리스크 커뮤니케이션 상시화 → 위기관리에 대한 국민신뢰 확보

1. 개요

◆ 재난재해 유형별 담당부처 R&D 투자계획(2016년 기준)

유형		예방		대비		대응		복구		시사점	
자연재해	태풍			기상청 (12)						국민안전처, 국토부, 미래부 등 관계 부처 참여 없음	
	산사태	국민 안전처 (63)	산림청 (43)	국민 안전처 (12)	미래부 (48)	국민 안전처 (32)	산림청 (3)	산림청 (5)	예방대비 단계 투자 편중		
				국토부 (162)	산림청 (10)				사업간 유사중복 /연계 검토 필요		
<div><div></div> : ~5억 원 <div></div> : 5~10억 원 <div></div> : 10~20억 원 <div></div> : 20~50억 원 <div></div> : 50억 원 이상</div>											

<출처 : 국과심 운영위(2016), 제2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획>

◆ 재난안전분야의 ICT 기반기술의 접목 방향

- 대형 재난 저감을 위한 **상시 모니터링**,
- 예보 및 경보 시스템** 기술 개발



1. 개요

◆ 미국 기관별 ICT 융합형 재난재해 관련 개발 기술 사례

구분	개발기술
연방재난관리청(FEMA) 연방통신위원회(FCC)	긴급 상황 발생 시 <u>휴대폰의 위치정보</u> 를 이용하여 해당 지역의 사람들에게만 경고 메시지를 전송하는 대국민 경보 시스템인 PLAN(Personal Localized Alerting Network) 개발
지질조사국(USGS)	트위터 메시지에서 '지진' 낱말과 메시지의 위치정보를 활용하여 지진 발생을 실시간으로 알려주는 트위터지진감지기(TED) 시스템 개발
해양대기청(NOAA)	쓰나미 관측을 위한 GPS, 압력센서, 통신모듈 등이 탑재된 <u>DART 센서 모듈</u> 을 태평양과 대서양에 설치하여 쓰나미 관측에 활용
태평양재난재해센터(PDC)	전세계의 지진, 쓰나미, 태풍, 홍수, 화산 등과 같은 자연재해의 정보를 <u>온라인</u> 에서 실시간으로 제공

출처: FCC PLAN, <http://transition.fcc.gov/pshs/services/plan.html>, USGS TED, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/ted/>



NOAA의 DART 센서



PDC의 세계 실시간 재난 지도

2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

빅데이터의 정의

기술적

- ▶ 다양한 종류의 대규모 데이터로부터 저렴한 비용으로 가치를 추출하고, 데이터의 초고속 수집, 발굴, 분석을 지원하도록 고안된 차세대 기술

규모적

- ▶ 일반적인 데이터베이스 소프트웨어가 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 규모의 데이터

산지재해 관리에 적용

산지재해
예측

산지재해
예방
관리

실시간
대응력
강화

2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

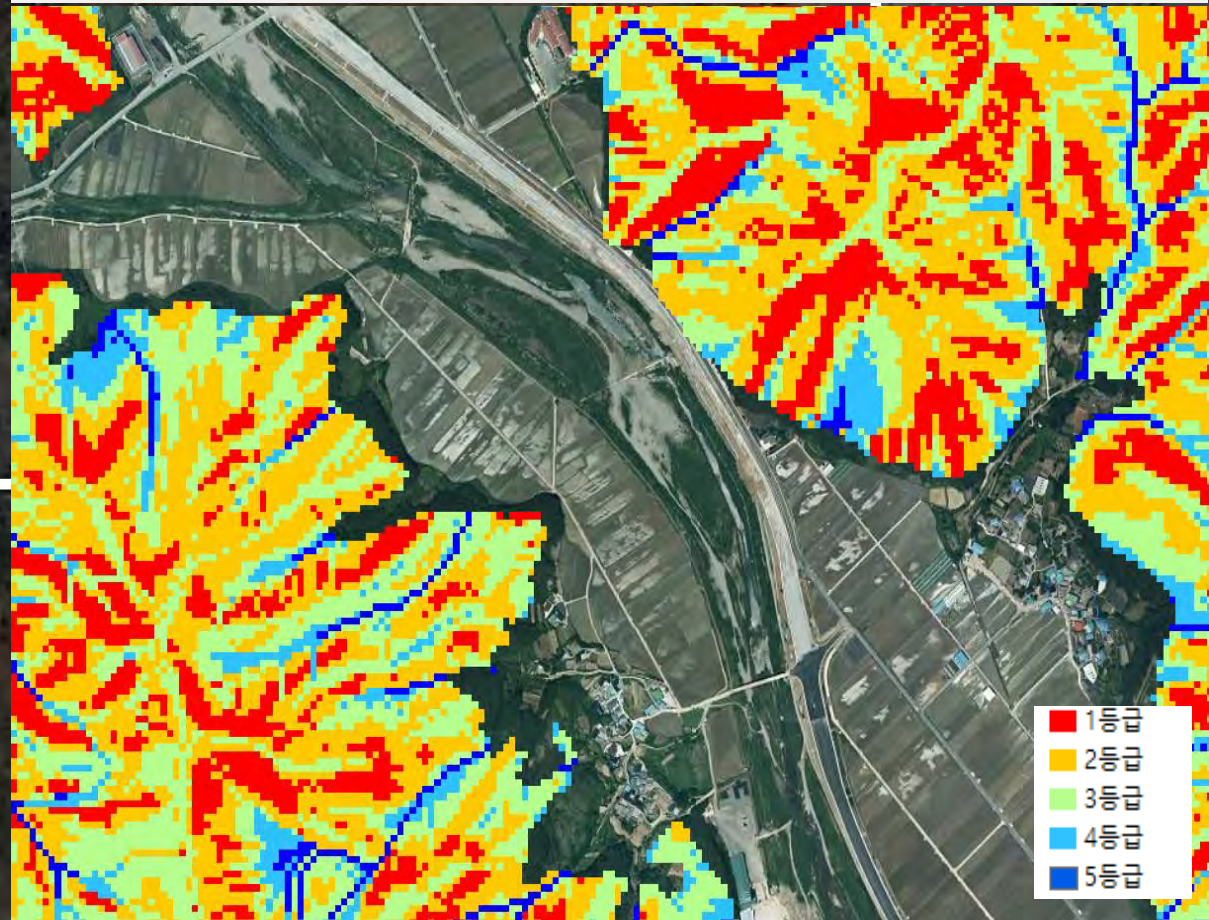
빅데이터를 활용한 산사태위험지도

• 산사태위험지도 특징

- 영향이 큰 9개의 산사태 발생인자
→ 로지스틱 회귀분석을 통해 Raster 형태로 제작한 지도
- Raster 크기는 10m x 10m 크기
- 각 속성은 1~5등급의 등급값 표출

• 산사태위험지도(산림청, 산사태 정보시스템)

구분	축척	추출인자	자료출처
지형도	1:5,000	사면경사	국토지리원 (2010)
		사면방위	
		사면길이	
		사면곡률	
		지형습윤지수(TWI)	
임상도	1:5,000	임상	산림청 (2008~2012)
		경급	
산림입지도	1:25,000	토심	산림청 (2000~2003)
지질도	1:50,000	모암	한국지질자원 연구원 (~1980)



2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

빅데이터를 활용한 산림지반특성지도

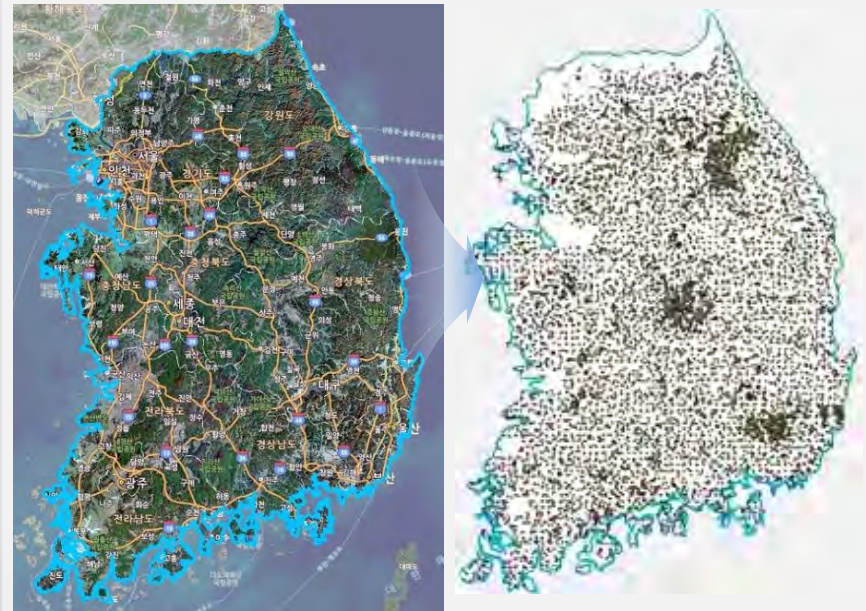
1 전국 산림지반 물성 시험결과



2 산림지반 물성 공간 DB 구축



3 전국 공간DB 구축

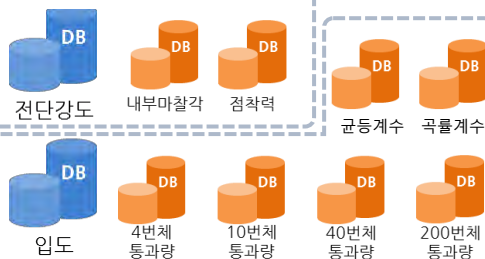


산림지반 물성 DB 세부 구조

단일구조



복합구조



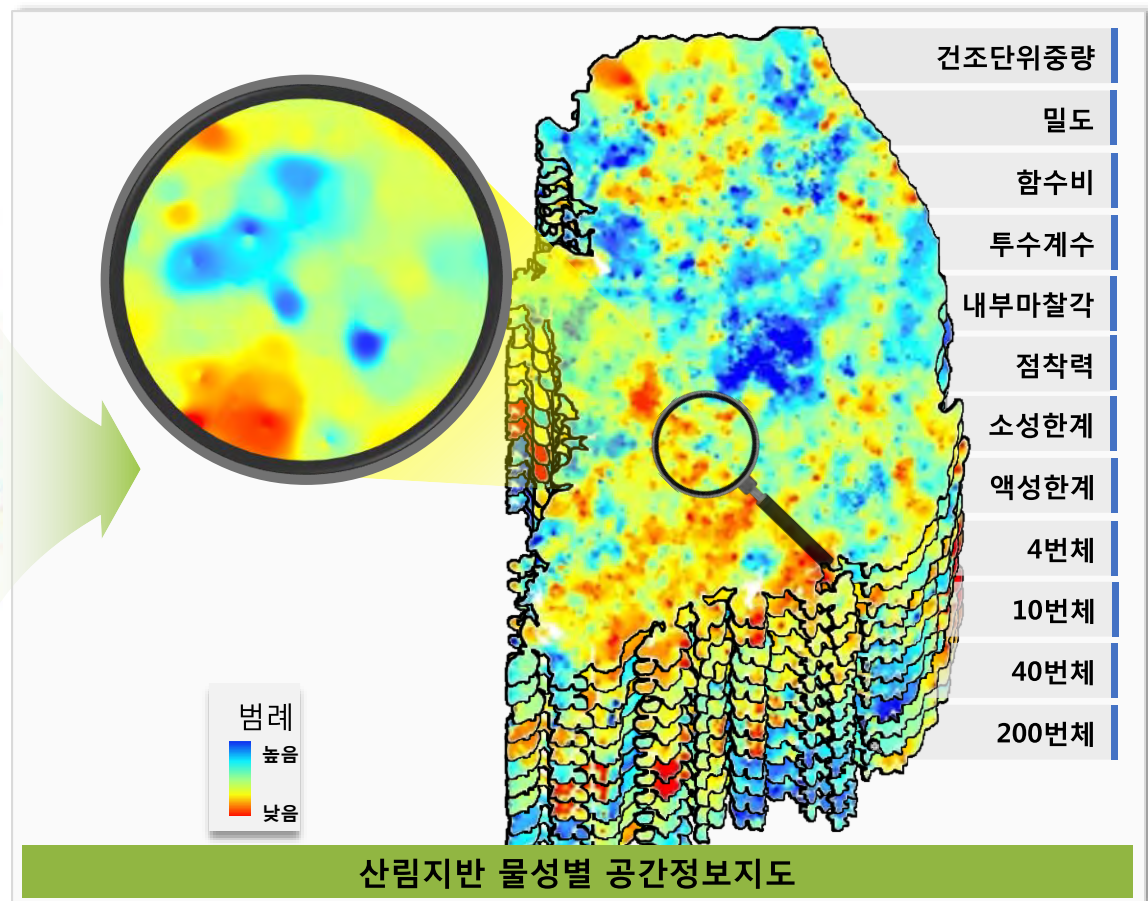
전국 공간DB 구축

- ✓ 전국에 대하여 산림지반 물성별 데이터를 공간DB로 제작
- ✓ 제주도, 울릉도, 독도 및 도서지역은 시료 미채취 지역으로 공간유 구축 범위에서 제외 → 후속연구 수행 계획 中

2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

빅데이터를 활용한 산림지반특성지도

◆ 산림지반물성별 공간정보지도 제작

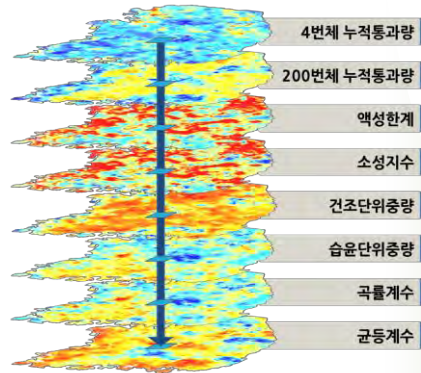


2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

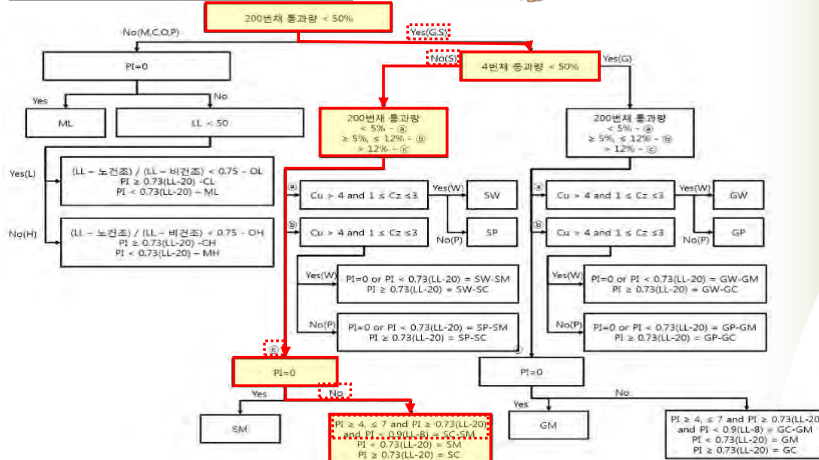
빅데이터를 활용한 산림지반특성지도

흙의 분류법(USCS)을 이용한 통계 분류 수행

동일위치 중첩분석

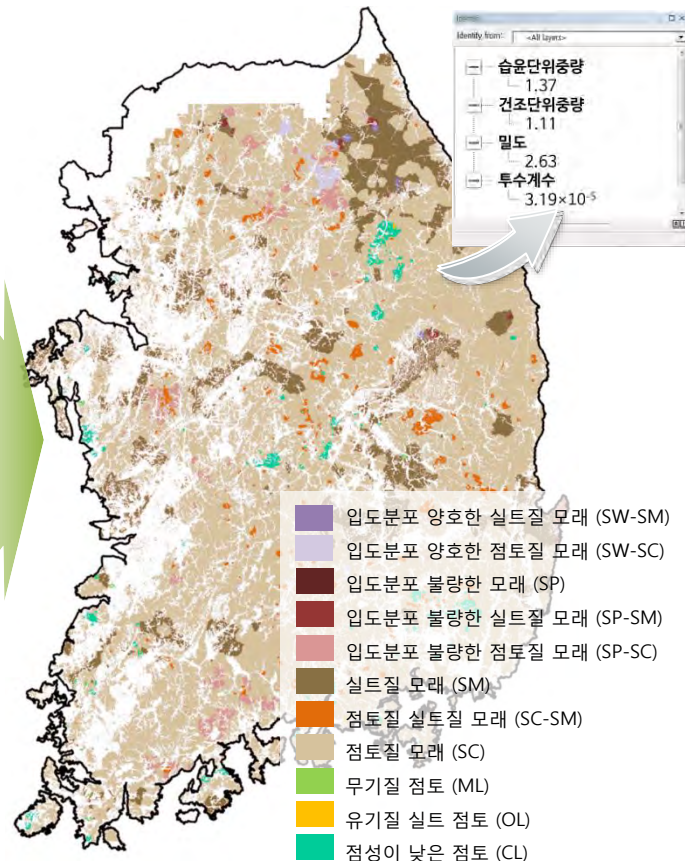


통일 분류법 (USCS) 적용



USCS(Unified Soil Classification System), ASTM(1969)

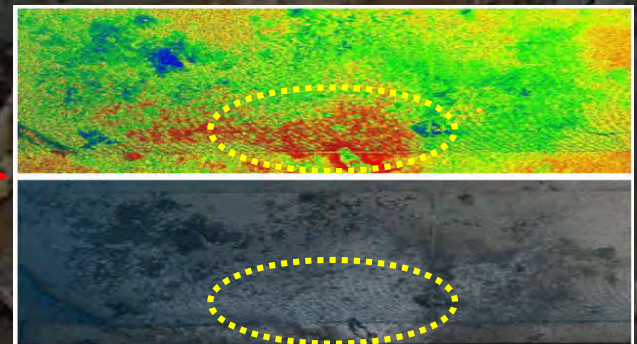
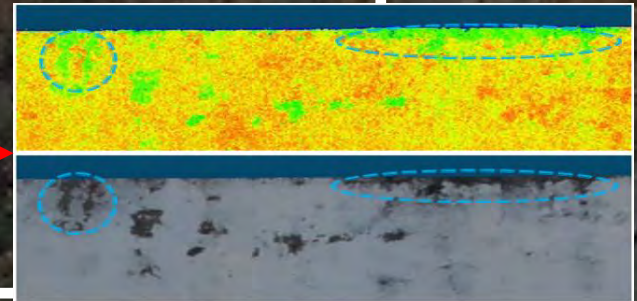
산림지반특성지도 구축



2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

레이저스캐너 활용 산림시설 유지관리

- 단시간 내 수만, 수십만 포인트로 구성된 고해상도 3차원 표면자료 획득가능
- 고해상도 3차원 포인트 자료를 활용한 다양한 분석 가능
- 활용 분야 - 급경사지, 터널, 사방시설 등 다방면 분야 활용가능



레이저스캐너 활용 포인트 자료수집

파손, 백태, 누수 등 시설현황 분석

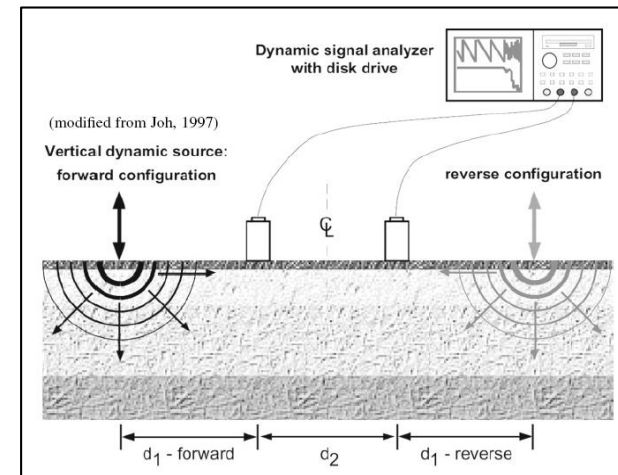
2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

물리탐사기법을 활용한 사방시설 유지관리

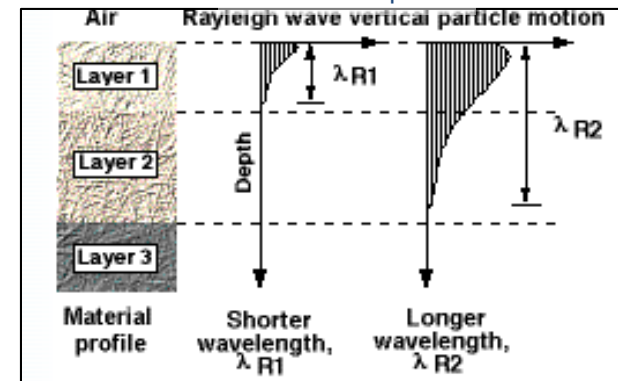
물리탐사(SAWA기법)

- 사방구조물의 안전도 평가를 위한 시험
- 전단파, 탄성파 속도에서 구해지는 P파 속도를 이용한 사방시설 건전도 평가
- 기존 콘크리트 압축강도와와의 관계에 대한 P파 속도를 이용하는 기법

구 분	장비명	장비사진
탄성파 탐사기	Strataview 24 ch	
탄성파 발생원	Sledge Hammer	
수신기	4.5 Hz Vertical geophone	
자료처리 및 해석 S/W	Seisimager	



SASW 모식도



표면파 투과 모식도

2. 산림분야에서의 빅데이터 활용

물리탐사기법을 활용한 사방시설 유지관리

사방댐 안전도 등급판정 및 조치사항

P-파 속도 (m/sec)	서술형 등급	문자 등급	조치사항
2,600 이상	손상 없음	A	<u>문제가 없는 상태로 안전</u> 및 기능발휘에는 지장이 없음. 단, 내구성 증진을 도모하고자 할 경우에는 외관상 취약한 곳에 간단한 보수 및 보강조치를 할 수 있음
2,000 ~ 2,600	요점 관찰	B	전체적인 사방댐의 안전에는 지장이 없으나, 내구성, <u>기능성 저하가 우려되므로</u> 조속한 보수 및 보강조치가 필요함
2,000 미만	안전조치 필요	C	사방댐에 <u>심각한 결함으로</u> 사방댐의 안전에 위험이 있을 가능성이 농후하므로 즉각 사용을 금지하고 확실한 보강 혹은 개축조치가 필요함

3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용

계측이란?

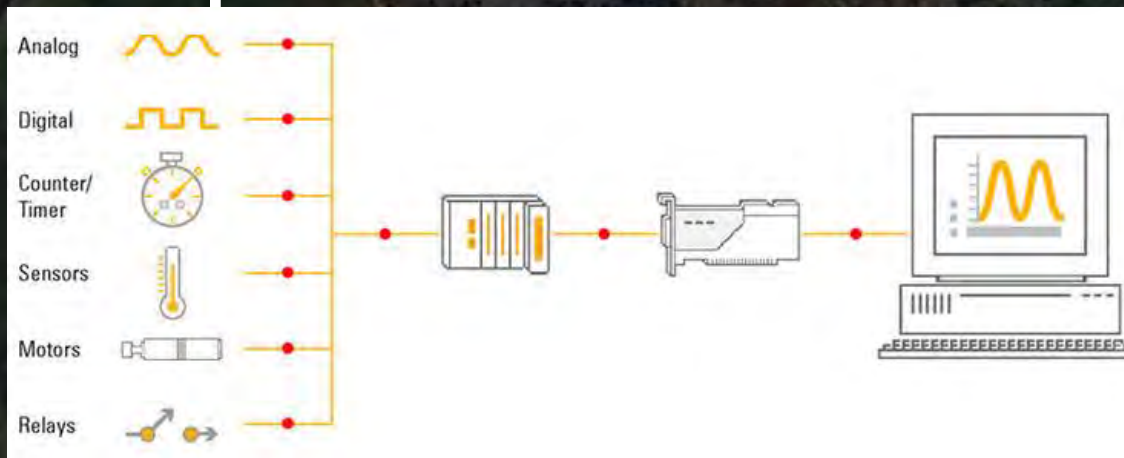
측정(Measurement)

장치를 사용하여 물리량(길이, 질량, 온도, 압력 등)을 수치화 작업

계측(Instrumentation)

측정보다 훨씬 넓은 의미의 단어.....

측정결과에 따른 연산과 여러 정보를 통해 사전 조치



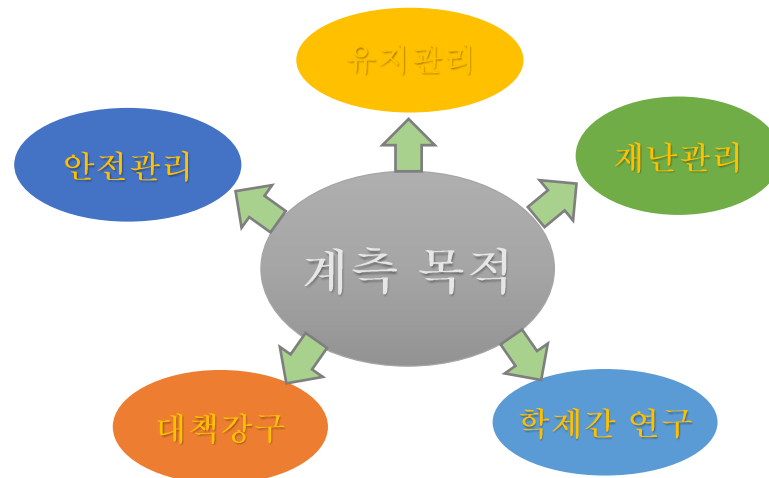
3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용

시공 중 계측

- 설계시 고려되지 않은 현장 요소 확인 및 시공 적용
- Feed-Back을 통한 설계 및 공법 선정 효과 확인 및 적용

유지관리 계측

- 보수 및 보강 구역 확인 및 대책방안 강구
- 시설물의 효율적인 유지관리 : 사용자 안전 및 시설물 수명 연장
- 투자 우선순위 결정 : 합리적 예산 투자 계획
- 장기적 관점 도시계획 및 국토 개발 계획 기초자료(GPS 등 활용)



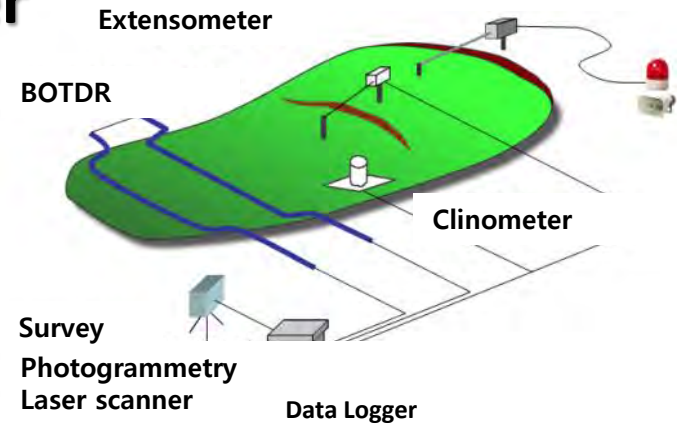
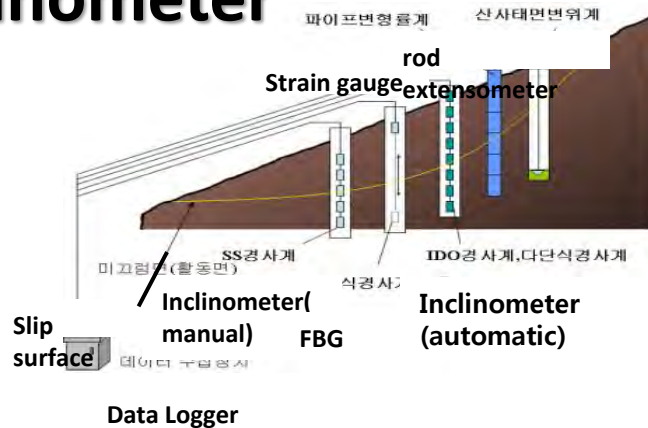
3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용

Underground

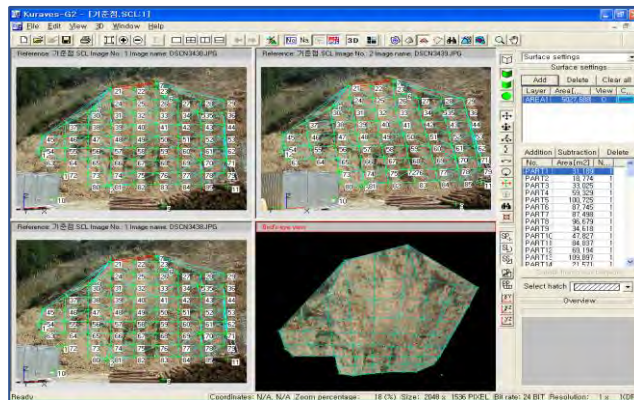
Inclinometer

Surface displacement

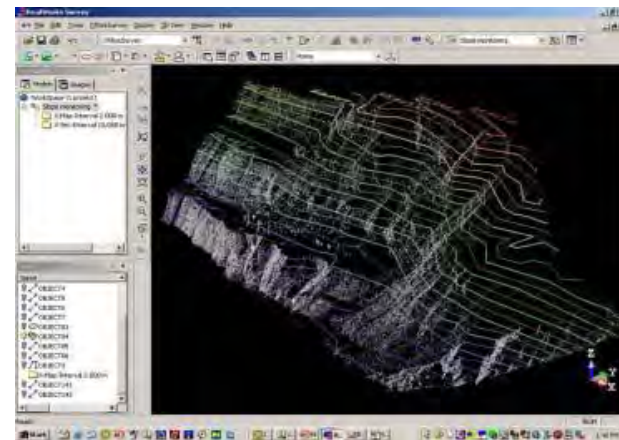
meter



Photogrammetry



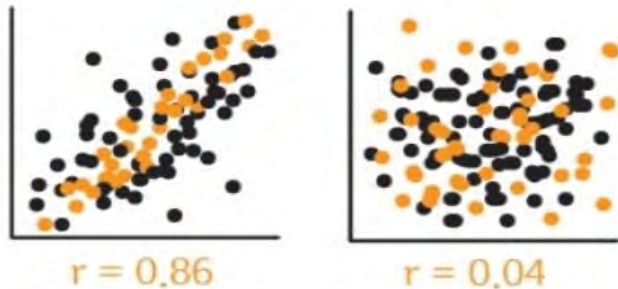
Laser Scanner



3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용

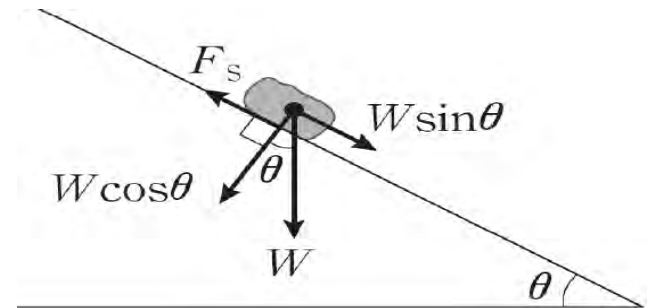
Statistics

- Artificial Intelligence(A.I.)
- Numerical Analysis



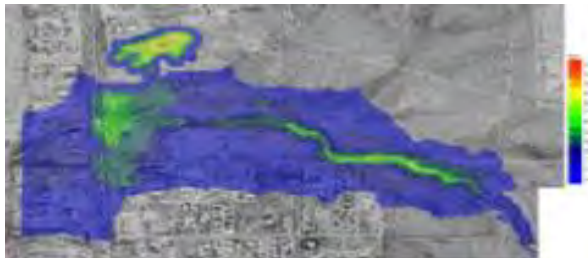
Physical Models

- Safety factor
- Physics Mechanics



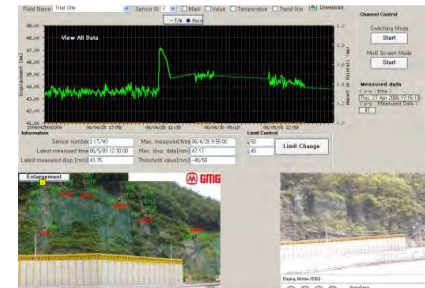
Commercial program

- Slope/W, SoilWorks
- FLO-2D, Dan3D, RAMMS



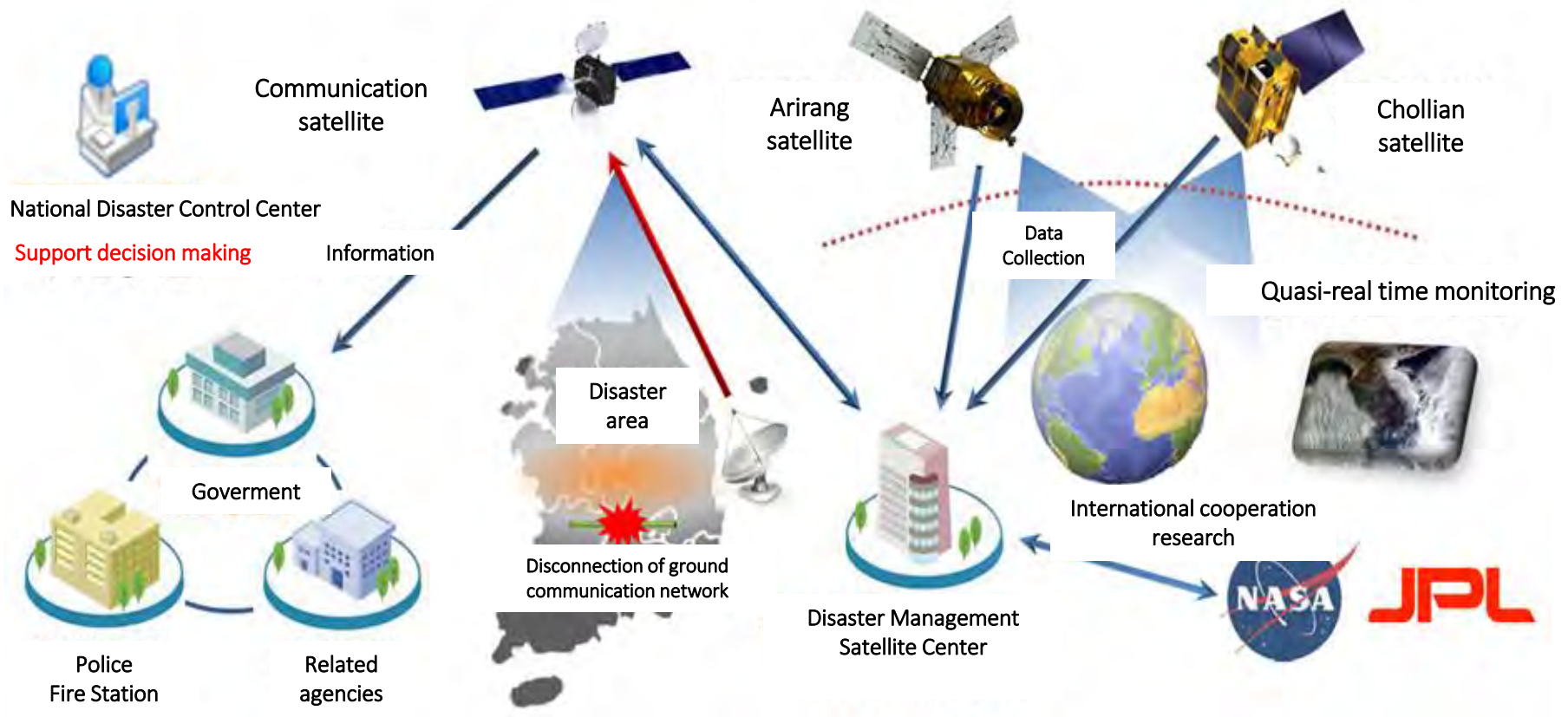
Monitoring

- Investigation
- Measurement equipment



통계, 수치해석, 물리, 역학, 프로그램 해석, 모니터링 등 다분야 예측기술 발달

3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용 인공위성을 활용한 ICT 융합 계측시스템



- 기존의 모니터링 시스템의 정보를 **인공위성과 연계하여 양자간 정보교류 시스템** 개발
- 산지에 **캡슐형 센서** 살포 후 센서변화에 의한 지반거동 감지 기술 도입 또는 개발

3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용 광섬유센서를 활용한 사방시설물 상태 모니터링



Wire
sensor



CCD
Camera

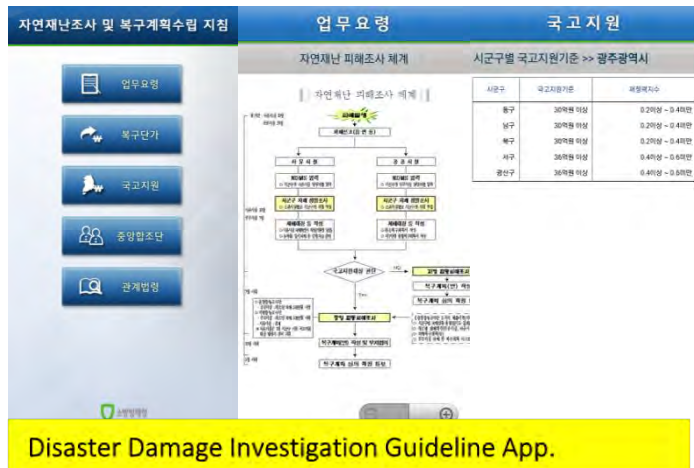


Automatic
Rain
gauge



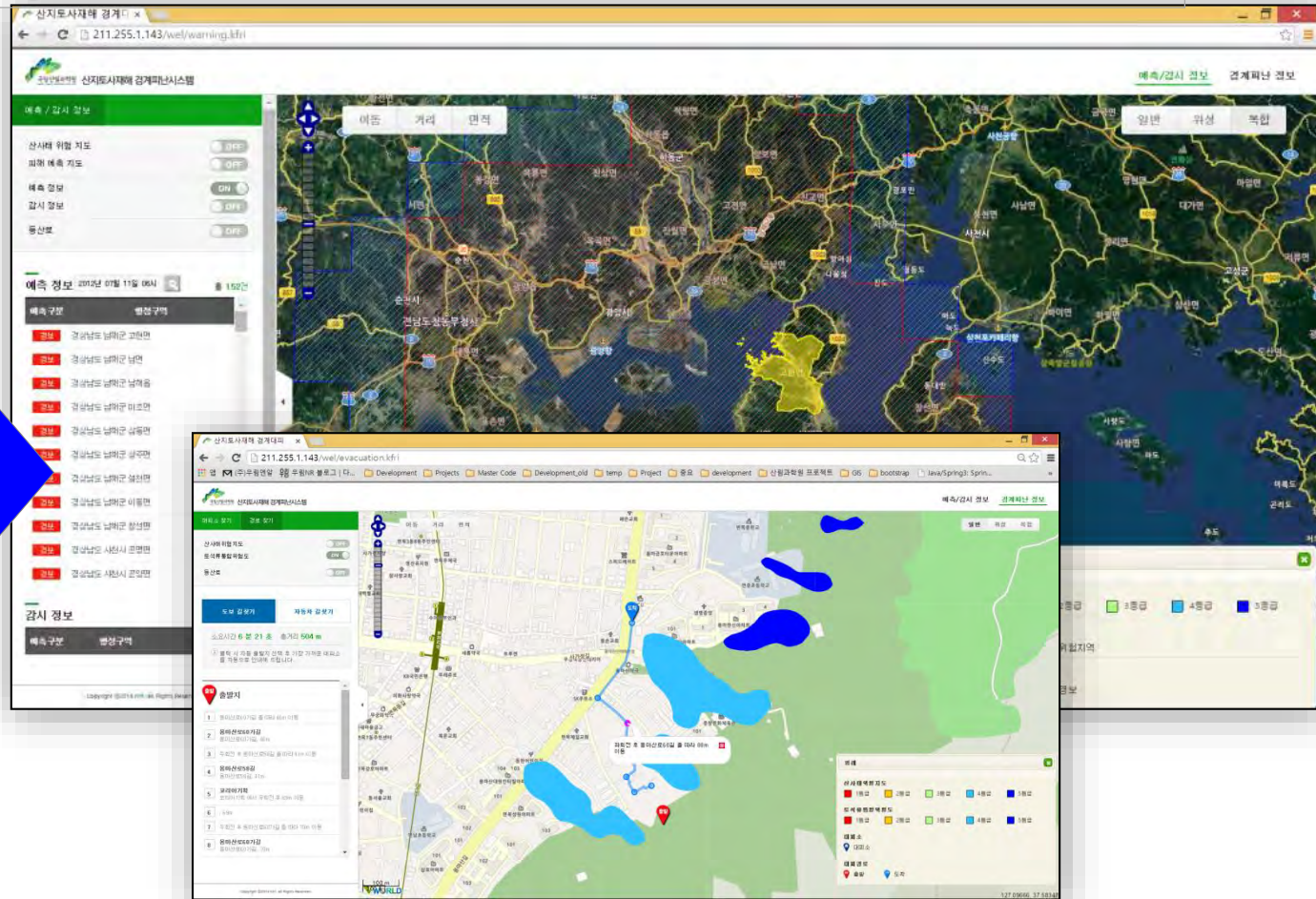
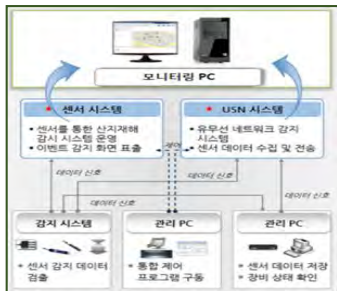
- 기존모니터링시스템 + 광섬유센서적용
- 사방댐 성능 실시간 감지 가능(이상 시 알림²)

3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용 실시간 위험구간 알림 및 대피로 안내 시스템



● 위험상황 발생시 가장 가까운 대피장소
자동안내 및 피난 인원 분산 조정

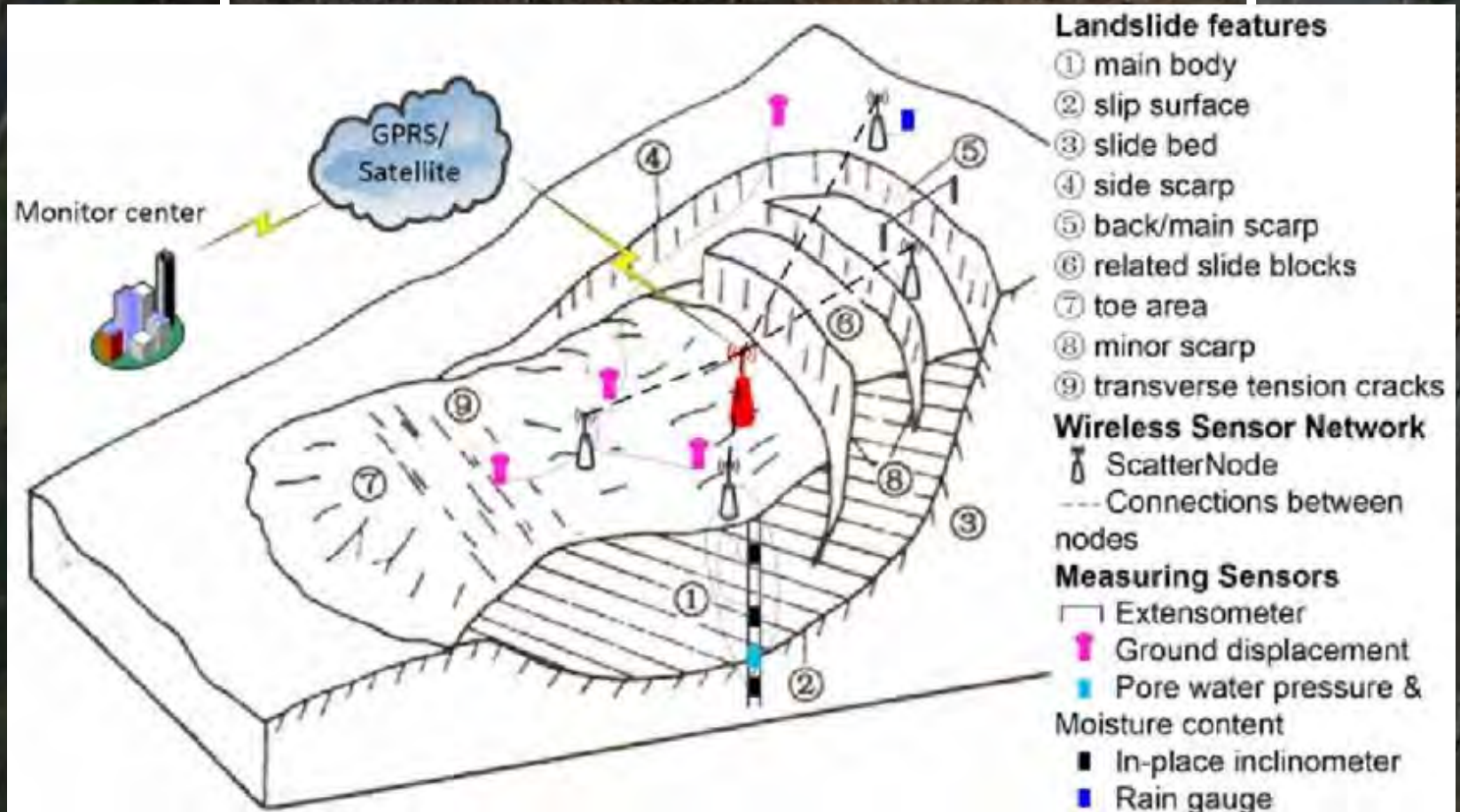
3. 산지재해관리를 위한 ICT 활용 Early Warning System + Information Communication



기존 단순 계측시스템이 아닌 **인문·사회적인 정보(빅데이터)**를 활용한 재난·재난시스템 구축하여 **인명 및 재산피해 방지** 및 **평상시 주변 위험환경에 대한 정보를 상시 제공**

4. 결 언

◆ ICT 기술 기반의 산지재해 관리 체계 구축 → 실효성 있는 산지재해 대응 가능



*Thanks for
your attention!!!*

