

[부 록]

1. 논문, 특허 등 정량적 성과와 정성적 성과

[정량적 연구성과]

• 국내외 학술지

연번	학술지명	논문제목	게제일
1	한국지형공간정보학회 논문집	강릉지역 국도의 재해위험성 평가	2008.12
2	한국지반환경공학회 논문집	압밀해석을 통한 부마찰이 작용하는 단독말뚝의 거동분석	2009.02
3	한국방재학회논문집	2006년 강원도 인제지역의 토석류 산사태 수해 및 복구에 관한 연구	2009.02
4	한국재난관리표준학회 논문집	산지하천도로재해지도 작성을 위한 SW 개발	2009.03
5	한국도로학회논문집	수치해석을 활용한 산지도로의 상향 침투수압으로 인한 포장파손방지를 위한 포장기층종류 및 배수형태의 고찰	2010.03
6	한국지반공학회 논문집	DB구축을 통한 강원지역 사면재해 유발강우특성 분석	2010.10
7	한국측량학회지	GIS를 이용한 인제 산사태발생지역의 토석류 분석	2011.02
8	한국도로학회논문집	산지도로의 상향침투수압으로 인한 포장파손 방지 배수성 기층재료의 적정입도 연구	2011.06
9	대한토목학회논문집	횡단 배수로에서 토석류 퇴적에 대한 유사농도와 바닥경사 영향 실험연구	2011.09
10	한국지반공학회 논문집	데이터베이스 구축을 통한 산사태 위험도 예측식 개발	2012.04
11	대한토목학회논문집	한국 토석류의 이동거리 특성	2012.05
12	한국공간정보학회	수량화 2종법을 이용한 GIS 기반의 인제지역 산사태 영향인자 분석	2012.06
13	한국방재학회논문집	유역별 토석류 위험도 평가 모델	2012.08
14	한국도로학회 논문집	친환경 도로노선의 재해위험도 평가시스템 개발	2012.10
15	대한토목학회논문집	DB구축을 통한 강원지역 토석류 유형 분석	2013.01
16	JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE	Debris Flow in Metropolitan Area - 2011 Seoul Debris Flow	2013.03
17	Flood Recovery Innovation And Response II	Flood mitigation analysis for abnormal flood	2010
18	수공학논문집	有明海の全流域における環境変化が流出量に与える影響の評価	2009
19	일본 토목학회 (서부지구)	韓國山地河川を對象として準3次元河床變動計算による最深河床高評価	2010
20	한국수자원학회논문집	만곡하천의 자갈하상재료 분포에 따른 한계수류력 평가	2012.2
21	한국방재학회논문집	초기수위해석을 이용한 2차원 유한요소모형의 개선	2012
22	대한토목학회논문집	섬강시험유역에서 SWAT-CUP을 이용한 SWAT모형 매개변수 추정	2013
23	한국방재학회논문집	수중 부유구조물에 의한 세굴특성 분석	2011
24	대한토목학회논문집	도시하천의 홍수에·경보를 위한 의사결정시스템 개발	2008
25	한국수자원학회논문집	Fuzzy 회귀분석기법을 이용한 평창강 유역의 설계홍수량 산정	2012
26	한국지진공학회논문집	철근콘크리트 구조물 내 부착된 수계 관망시스템의 내 진거동 및 손상예측	2011

27	국지반환경공학회논문집	지반세굴 유형에 따른 교량 하부구조의 해석적 거동 예측	2013
28	한국콘크리트학회봄 학술대회는논문집	콘크리트 구조체의 충격저감에 관한 해석적 연구	2012
29	한국방재학회논문집	선복구계획 수립기준 및 효과측정 연구	2009
30	한국도로학회논문집	GFRP를 활용한 도로 방음벽 구조물의 구조성능 및 단면형상 개선에 관한 연구	2009
31	한국방재학회논문집	공간분석을 이용한 강원도 지역의 강수분포 분석 (II): 지속기간 및 재현기간별 확률강수량 분석	2009
32	수자원학회논문집	강원도 지역의 PRISM를 이용한 강우의 공간분포 해석	2011
33	한국방재학회논문집	강원도 지역의 최적 확률강수 공간분포 해석방법	2012
34	한국방재학회논문집	원형교각의 세굴심 산정식 개발에 대한 실험적 연구	2010
35	Journal of Hydraulic Engineering	A Depth-Averaged Two-Dimensional Numerical Modeling in Open Channels Using the Finite Difference Method on a Staggered Grid	심사중
36	Catena	Effective Energy of Rainfall and Runoff for Soil Erosion on Steep Vegetated Hillslopes	심사중
37	ASCE Journal of Hydrology	Sediment and hydrological response to vegetation recovery following wildfire on hillslopes and the hollow of a small watershed	심사중
38	한국수자원학회논문집	개수로 측벽 세로돌출출구의 흐름저항	심사중
39	한국방재학회	분리형 부재 옹벽 설계 프로그램 개발	2011.9
40	한국지반공학회	데이터베이스 구축을 통한 산사태 위험도 예측식 개발	2012.3
41	대한토목공학회	DB구축을 통한 강원지역 토석류 유형 분석	2013.5
42	한국지반환경공학회	지반세굴 유형에 따른 교량 하부구조의 해석적 거동 예측	2013.3
43	한국측량학회지	GIS를 이용한 강원지역 토석류 특성분석	2013.3
44	한국지반환경공학회	토석류 · 유목 대책에 관한 설계인자 분석	2009.3
45	한국위기관리논집	저감시설의 설치 유무에 따른 토석류 유출량 해석	2013.3
46	한국위기관리논집	산산지재해 연구를 위한 토석류 실험장치의 개발 방안	2012.6
47	한국위기관리논집	토석류 발생 피해지에 대한 분석방안	2011.2
48	지반환경공학회	지상LIDAR를 이용한 토석류 발생량 산정에 관한 기초연구	2010.3
49	한국안전학회	산악지역 돌발홍수 기준우량 결정에 관한연구	2009.2

• 국내외 학술발표

연번	학술발표명	논문제목	계제일
1	대한토목학회 정기학술대회	토석류 거동분석을 위한 HSDPA 방식의 USN 모니터링 시스템	2008
2	한국도로학회 봄학술대회 논문집	산지도로의 상향침투수압으로 인한 포장 파손방지에 대한 연구	2009
3	한국방재학회 학술발표회	토석류 수치모의를 위한 일차원 모형 개발에 대한 연구	2009
4	한국지반공학회 봄학술발표회	강원지역 산사태발생지의 산불이력과 강우특성에 관한 분석	2009
5	한국지반공학회 가을학술발표회	진부지역 토석류발생 사면에 대한 침투 및 사면안정 연계해석	2009
6	한국지반공학회 가을학술발표회	2006년 집중호우로 발생된 강원도 진부지역의 토석류 특징 분석	2009
7	대한토목학회 정기학술대회	토석류 흐름의 1차원 수치모의 및 현장관측	2009
8	17th ICSMGE	A study on disaster and restoration of debris flow landslides at Inje, Kangwon Province, Korea	2009
9	한국방재학회 학술발표회	토석류 수치모의를 위한 일차원 모형 개발에 대한 연구	2009
10	한국지반공학회	국지성 집중호우로 인한 인제군 산사태 발생 특성 및 원인 분석	2010
11	한국지반공학회	2006년 집중호우에 의한 홍천지역의 산사태 발생 사례 연구	2010

	봄 학술발표회		
12	The 17th Southeast Asian Geotechnical Conference	Seepage and Slope Stability Analysis on the Occurrence of debris Flow at Jinbu, Korea	2010
13	한국지반공학회 봄 학술발표회	2009년 집중호우에 의한 인제군 상남리 토석류 현장 분석	2010
14	한국지반환경공학회 학술대회	침투해석을 통한 토석류 발생사면의 지하수위 변화거동 분석	2010
15	한국방재학회	사면안전성 영향인자의 민감도 분석	2010
16	강원대학교 산업기술연구	2006년 춘천지역 산사태 유발 강우와 사면의 기하 특성에 관한 연구	2010
17	한국지형공간정보학회 추계 학술대회	인제 지역의 산사태 발생 위치 추출	2010
18	한국지반환경공학회 학술발표회	집중호우 시 화천군 사면피해 지역 조사 및 상관관계 분석	2010
19	대한토목학회 정기 학술대회	사각형 수로에서 토석류 흐름 수리모형 실험	2010
20	대한토목학회 정기 학술대회	실험수로에서 토석류 표면유속 측정을 위한 LSPIV 기법	2010
21	대한토목학회 정기 학술대회	집중호우에 의한 유역별 산사태발생 특성 : 강원도 원주·횡성지역을 중심으로	2010
22	한국지반공학회	DB구축을 통한 강원지역 토석류 재해특성 분석	2011
23	한국도로학회 학술대회	산사태 및 토석류 재해 위험도 평가시스템 개발	2011
24	한국도로학회 학술대회	산지하천도로 재해를 고려한 대안노선 평가 시스템	2011
25	한국도로학회 학술발표회	산악지도로 배수설계 개선을 위한 수리 및 수치해석 연구	2011
26	한국수자원학회 학술발표회	횡단 배수로 내 토석류 퇴적 양상의 실험 연구	2011
27	강원대학교 산업기술연구	2006년 원주지역 산사태 발생특성	2011
28	한국도로학회 봄 학술대회 논문집	도로 선형 설계를 위한 사면 재해 발생 확률 예측모델 개발	2011
29	한국지형공간정보학회 추계 학술대회	토석류 현장조사기법의 표준화	2011
30	대한토목학회 정기 학술대회	사각형 수로에서 입도 분포 변화에 따른 토석류 퇴적 특성	2011
31	대한토목학회 정기 학술대회	Sled 모형에 근거한 국내 토석류의 영향범위	2011
32	MONITORING BEDLOAD AND DEBRIS FLOWS IN MOUNTAIN BASINS 2012	Monitoring studies to investigate rheology of debris flows in Korea	2012
33	2012 AGU FALL MEETING	A real-scale field experiment of debris flow for investigating its deposition and entrainment	2012
34	한국수자원학회 학술발표회	FLO-2D 모형을 이용한 우면산 토석류 수치모델링	2012
35	2012 International Debris-Flow Workshop	Debris Flow in Metropolitan Area - 2011 Seoul Debris Flow	2012
36	34th International Geological Congress	Development of Landslide Prediction Model Based on Hazard Database of Gangwon Province in Korea", 34th International Geological Congress	2012
37	한국측량학회 추계 학술발표회	로지스틱 회귀분석을 이용한 토석류 재해예측	2012
38	대한토목학회 정기 학술대회	수치모형을 이용한 우면산 토석류 유동해석	2012
39	대한토목학회 정기 학술대회	우면산 소유역의 강우-지하수위 특성	2012
40	한국도로학회 봄 학술대회	강원권 국도 대안노선 산지재해 위험도 평가	2013
41	AGU	Rainfall and Sheet Power Equation for Interrill Erosion on Steep Hillslope	2012.8
42	IAHR-APD	Soil Erosion based on kinetic energy of rainfall and potential	2012.8

		energy of surface runoff on mountain slopes,	
43	AGU 2011 Fall Meeting	Evaluation of sediment hazards by extreme rainfall in wildfire lands	2011
44	IAHR-APD	Application of depth-averaged shallow water model to bend flow	2012
45	International Conference on Convergence Contents	Internal Water Wave Generation with 3D Level-Set Finite Element Approach	2012
46	뉴질랜드 수자원학회 학술발표회	Orographic precipitation analysis with regional frequency analysis and multiple linier regressions in Korea	2009
47	대한토목학회 학술발표회	초고속 카메라를 이용한 유속측정	2009.10
48	대한토목학회 학술발표회	산지하천 수충부 연구를 위한 시험유역 운영	2009.10
49	한국방재학회 학술발표회집	강원홍수피해지역 산지하천의 만곡수충부 특성에 관한 연구	2010.1
50	한국방재학회 학술발표회	디지털영상을 이용한 산지하천의 홍수유속 측정	2010.1
51	한국수자원학회 학술발표회	산지하천의 면적 - 고도곡선에 관한 연구	2009.5
52	한국방재학회 학술발표회	수위측정 방식이 산지하천 수위관측에 미치는 영향,	2011.2
53	한국수자원학회 학술발표회	개수로에서 디지털 동영상을 이용한 부자의 이동거리 측정	2010.5
54	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 만곡수충부 수리모형실험	2010.5
55	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 하상재료와 소류사의 크기	2010.5
56	한국수자원학회 강원지회 정기심포지움	산지하천 수충부 편수위 산정방안	2011.4
57	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 만곡수충부의 하류수위 조절에 따른 편수위 변화	2011.5
58	한국수자원학회 학술발표회	급경사 만곡수로의 Manning 조도계수에 대한 외측벽면의 영향	2011.5
59	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 만곡부의 홍수시 편수위 조사	2011.5
60	대한토목학회 강원지회 정기심포지움	산지하천 만곡부 유수저항에 미치는 하류수위 조절의 영향	2011.11
61	대한토목학회 정기학술대회	엇갈림 격자에 유한차분법을 이용한 개수로의 수심적분 2차원 수치모델	2011.11
62	대한토목학회 정기학술대회	산지하천 만곡부의 조도계수 산정	2011.11
63	한국수자원학회지 물과 미래	산지하천 만곡수충부의 특성과 편수위 저감방안	2011.11
64	한국수자원학회 학술발표회	개수로 흐름에서 측벽 수직줄눈의 수리효과	2012.5
65	한국수자원학회 학술발표회	2009년 영서지역 산지하천 시험유역의 운영	2010.5
66	한국수자원학회 학술발표회	RAM-2 모형을 이용한 2차원 동수역학 해석	2009.5
67	한국방재학회 학술발표회	지류 합류부 해석을 위한 CCHE2D 모형의 적용	2011.2
68	한국방재학회 학술발표회	2010 평창강 상류 시험유역의 운영	2010.2
69	한국방재학회 학술발표회	RAMS 모형을 이용한 편수위 특성 분석	2011.2
70	한국수자원학회 학술발표회	편수위 산정을 위한 만곡수로의 적용	2011.2
71	한국방재학회 학술발표회	평창강에 대한 제방 취약도 평가 기법의 적용	2012. 2
72	대한토목학회 학술발표회	교각밀집하천에 대한 수리특성분석	2012.10
73	대한토목학회	RMA-2 모형의 수리특성인자에 대한 민감도 분석	2012.10

	학술발표회		
74	대한토목학회 정기학술대회	2009년 산지하천 시험유역 운영	2009.10
75	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 시험유역 운영	2009.5
76	대한토목학회 강원지회 정기심포지움	산지하천 조도계수 추정	2011.11
77	한국수자원학회지	산지하천 시험유역 운영(영동·영서)	2011.11
78	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 시험유역 운영	2011.5
79	대한토목학회 정기학술대회	SWAT-CUP을 이용한 속사천의 매개변수 분석 및 유출량 모의	2012.10
80	한국수자원학회 학술발표회	GIS를 이용한 산지유역의 집중시간 산정	2009.5
81	한국수자원학회 학술발표회	산지하천 유역에서의 분포형 유출모형을 통한 홍수해석	2010.5
82	한국수자원학회 학술발표회	Fuzzy Regression 기법을 이용한 산지하천 유역 홍수량 산정	2011.5
83	한국수자원학회 학술발표회	Fuzzy 회귀분석 기법을 이용한 산지하천 홍수유출 산정 시스템 개발	2012.5
84	대한토목학회정기학술 대회	퍼지회귀분석 기법을 이용한 산지하천 홍수유출 산정 시스템 적용 및 평가	2012.10
85	한국수자원학회지	우리나라 산지하천에 대한 흐름 및 하상변동 모의기법에 관한 연구	2011.11
86	대한토목학회	만곡부흐름에 대한 수심적분 유한요소모형의 적용	2011.11
87	대한토목학회	불연속 갤러킨 유한요소법을 이용한 천이류 모의	2012.10
88	한국콘텐츠학회	불연속 갤러킨 유한요소법을 이용한 1차원 천이류 모의	2013
89	한국수자원학회	레블셋 유한요소 기법을 이용한 내부 조파	2012.5
90	대한토목학회	3차원 레블셋 유한요소 기법을 이용한 내부 조파	2012.10
91	토목학회 강원지회	산지하천의 호안피해 원인분석과 설계기준 정립에 관한 고찰	2008
92	한국수자원학회학술발 표회	산지하천 호안의 역학적 설계를 위한 평가기준 및 프로그램 개발	2012.5
93	대한토목학회강원지회 정기심포지움	만곡부 수리특성에 따른 세굴심 예측기법 검토	2010.10
94	KSCE	Application of Runge-Kutta Discontinuous Galerkin Finite Element Method to Shallow Water Flow	심사중
95	한국콘텐츠학회	이차원 수치모형을 이용한 사행하도 흐름모의	심사중
96	한국도로학회	산악지 도로의 산사태 및 토석류 재해-Analysis of debris flow characteristics through DATABASE construction in Korea	2011.9
97	대한토목학회	2011년 우리나라 토석류 재해 특성	2011.5
98	국가재난대응시스템 개선을 위한 세미나	우리나라 토석류 특성과 피해현황	2011
99	한국지반공학학회	2011년 발생한 국내 사면재해 특성 분석	2012.3
100	한국지반공학학회	강우 패턴에 따른 사면 안정을 변화에 대한 수치적 연구	2012.3
101	한국지반공학학회	2011년 국내 사면재해 발생 현황 조사 및 유발인자 분석	2012.3
102	한국지반공학학회	2012 국내 사면재해 발생현황 및 유발인자 분석	2013.3
103	한국지반공학학회	실규모 토석류 실험을 통한 대책공법의 성능분석	2013.3
104	한국지반공학학회	초기 함수비에 따른 사면 모형 실험에 관한 연구	2013.3
105	DFHM	Analysis of debris flow characteristics through DATABASE construction in Korea	2011.8
106	AGS	Debris flows in Korea and Risk Evaluation	2012.7
107	International Debris-Flow Workshop	Debris Flow in Metropolitan Area - 2011 Seoul Debris Flow	2012.8
108	대한토목학회	Kanako-1D를 이용한 토석류재해지역의 수치모의	2011.9
109	대한토목학회	저감시설의 설치 유무에 따른 토석류 유출량 해석	2013.9
110	지반환경공학학회	토석류 대책 구조물에 관한 국내·외 설계인자 분석	2009.3
111	한국지반공학학회	사방댐 설계방법의 문제점과 그 대책	2009.3
112	한국지반공학학회	불투과형 사방댐에 대한 설계기준 분석	2010.3
113	한국지반공학학회	토석류 발생 가능지역에서의 위험구역 설정방법	2010.3
114	한국 토질 및 기초기술사회	투과형 사방댐의 설계법 및 국내현황	2010.5
115	한국지반공학학회	현장조사를 통한 강원권내 설치된 사방댐의 적정성 평가	2011.3
116	한국지반공학학회	사방댐 설치 현장에서 위험도 평가 방법	2012.3
117	한국지반공학학회	광역지역에서 토석류 위험도 평가를 위한 무한사면 설계인자 분석	2012.3

118	한국지반공학학회	상류부 토석류 제어시스템의 타당성 검토를 위한 모형실험연구	2012.3
119	International Joint Symposium on Urban Geotechnics for Sustainable Development	Development and Verification of a New Defense System Based on the Reduction of Deris Flow Velocity and the Split of Compositions	2012.11
120	한국지반공학학회	국내 지역적 토석류 특성을 고려한 실내 모형실험	2013.3
121	IGS	Development and Verification of a New Defense System Based on the regional characteristics of debris flow in Korea	2013.5
122	한국지반공학학회	국내 산악지역 토석류 피해사례 및 조사기법에 관한 연구(I)	2009.3
123	한국지반공학학회	토석류 재해조사법의 제안(II)	2010.3
124	한국지반공학학회	현장기반 GPS 및 카메라 연동 비탈면 붕괴현황 조사방법	2011.3
125	대한지질공학학회	국내 토석류재해 대응을 위한 시설기준의 현안 및 대책	2011.3
126	구조물진단공학학회	국내 사방댐 제도와 관리시스템 개선방안 연구	2011.5
127	구조물진단공학학회	토석류 재해저감을 위한 사방시설 유지관리 개선방안 연구	2011.5
128	The 5st Korea-Japan Joint Symposium for Slope Failure Disaster Mitigation	Improvement of Barrier Facility Standards And Institutions For Debris-Flow Hazard Reduction	2011.6
129	한국지반공학학회	산사태 및 토석류 재해저감을 위한 국내외 제도적 기준 사례	2011.3
130	Japan Symposium on Rock Mechanics & 6th Japan-Korea Symposium on Rock Engineering	A Suggestion of stability Analysis Method Reflecting the Dip Direction between Cut Slope and Discontinuity at Rock Slope	2013.8
131	구조물진단공학학회	토석류 및 유송잡물 대책공법 설계매뉴얼 작성에 관한 연구	2013.5
132	한국방재학회	저감시설의 설치조건변화에 따른 토석류 유출량 비교	2013.2
133	한국수자원학회	토석류 유출 특성 분석을 위한 실험적 연구	2012.5
134	한국수자원학회	산지토사 재해예보를 위한 강우분석	2012.5
135	한국방재학회	토석류 농도분석을 위한 실험적 연구	2012.2
136	한국방재학회	유입유량에 의한 토석류 발생의 토사농도 분석 실험에 관한 연구	2012.2
137	대한토목학회	GIS를 이용한 토석류 발생유역 위험성 분석에 관한 연구	2011.4
138	한국수자원학회	토석류 도달거리 예측에 관한 실험적 연구	2011.5
139	한국방재학회	수치해석을 통한 토석류사방댐 설치위치 개선에 관한 연구	2011.2
140	대한토목학회	1차원 모형을 이용한 토석류 발생량 저감기법 개발	2010.1
141	대한토목학회	집중호우로 인한 토석류 발생지역의 해석방법	2010.1
142	International Symposium on Sediment Disasters and River Environment in Mountainous Area (Japan)	Risk Aseessment of Debris Flow Disaster in Korea	2010.8
143	International Symposium on Sediment Disasters and River Environment in Mountainous Area (Japan)	Alalysis of Rainfall Triggering Debris Flow	2010.8
144	International sysposium on a robust and resilient society against natural hazards & environmental disasters and the third aun.seed-net regional conference on geo-disaster mitigation (Japan)	Characteristics of rainfall triggering debris flow and topographical change	2010.8
145	한국방재학회	제천 토석류 현장에 대한 지상 LiDAR의 활용	2010.2

• 특허등록

연번	특허명	출원 및 등록번호
1	하천 만곡부 국소세굴 및 하안침식방지 수제블록과 이를 이용한 날개형 수제공법	제 2010-0004096 호
2	다중 전도형 우량계	제 2011-0043977 호
3	유속측정 보조장치 및 이를 이용한 유속측정 방법	제 2011-0043974 호
4	유속측정시스템	제 2011-1064965 호
5	하천용옹벽	제 2011-1077623 호
6	하천용옹벽	제 2011-1077624 호
7	사방댐 구조물	제 10-2012-0095822 호
8	종방향 사방댐 구조물	제 10-2012-0116114 호
9	복수의 중공형 구조체를 갖는 사방댐 구조물	제 10-2012-0134648 호
10	사방댐 구조물	제 10-2012-0116584 호
11	토석류에 의한 재해 방지 구조물	제 10-2012-0131056 호
12	재해방지 구조물용 지지말뚝	제 10-2013-0000498 호

• 소프트웨어 등록

연번	프로그램명	등록번호
1	LDFAS	제 C-2012-015446 호
2	RDF 1D	141171-0003780
3	대안노선 평가 시스템	등록예정
4	산지도로 대안노선 평가시스템 통합프로그램	제 C-2013-010592 호
5	RD-RAS(호안 설계 및 평가 프로그램)	제 C-2013-008906 호
6	DKU_MPI_Solver(디케이유_엠포아이_에스오엘브이이알)	제 C-2012-008549 호
7	KU_GRID_v1(케이유_지알아이디_브이1)	제 C-2012-008542 호
8	Spatial Analysis of Rainfall v.1.0	제 C-2012-002876 호
9	산지하천 1차원 하상변동모형	제 C-2013-014084 호
10	DFAM 1D	제 C-2013-018670 호

• 매뉴얼 및 설계지침

연번	제안처	매뉴얼 및 설계지침 명	발행일
1	예정	산지도로 대안노선평가 시스템 통합프로그램 매뉴얼	발행예정
2	국토해양부	도로배수시설 설계 및 유지관리 지침 개정안	2012
3	예정	재해를 고려한 산지하천도로선형 기술서	발행예정
4	국토해양부	건설공사 비탈면 설계기준	2011.12
5	국토해양부	건설공사 비탈면 표준시방서	2011.12
6	한국건설기술연구원, 한국시설안전공단	건설공사 비탈면 설계기준 및 해설서 개정안	2011.12
7	국토해양부	도로비탈면 배수시설 유지관리매뉴얼	2012.6
8	한국시설안전공단	토석류·유송잡물 재해저감 시설물 유지관리매뉴얼	2013.5

● 기술실시계약

연번	기술명
1	유속측정시스템
2	하천용 옹벽

● 기술서적발간

연번	발간기관	서적명	발간년도
1	(주)한국종합기술	호안설계기법	2012
2	(주)한국종합기술	RD-RAS 사용자설명서	2012
3	한국시설안전공단	토석류 재해대책 조사법	2011
4	한국시설안전공단	토사유출현상과 토사재해 대책	2012
5	한국시설안전공단	유목과 재해	2013

[정성적 연구성과]

- 산사태 및 토석류 Database 구축
- 산사태 및 토석류 위험도 평가 모델 개발
- 산사태 및 토석류 분석 프로그램 개발
- 강원도 지역 재해지도 작성
- 대안노선 평가시스템 개발
- 산지도로 대안노선 평가시스템 통합프로그램 개발
- 배수구조물 설계 개정 지침안 반영
- 실제규모 토석류 실험 장치 개발 및 운용
- 산지하천과 평지하천의 특성의 정성적 비교를 통한 용어 정립
- 산지하천 시험유역 운영을 통한 수문자료 조사 분석, D/B구축
- 산지하천 시험유역 지점별 수위-유량 관계 곡선식 개발
- 산지하천 조도계수 조사 및 분석
- 강원도 지역의 최적 확률 강수 공간 분포 해석방법 제시
- 산지하천의 하상재료 및 수리특성을 반영한 소류사 측정기술 개발 및 소류사 자료 수집
- 산지하천 유사량 산정공식 제시
- 산지하천 편수위 산정공식 제시
- 산지하천 수충부 피해조사 및 분석을 통한 산지하천 수충부 안전설계 방향 제시
- 산지하천 만곡수충부의 편수위 및 세굴을 줄이기 위한 유속저감 기법 제시
- 국내외 토석류 관련 제도 및 기준에 대한 조사 및 분석
- 국내외에서 발생한 토석류의 사례 및 대책공법 적용사례 수집·조사·분석
- 국내외 토석류 기준 및 제도 개선 착안사항 도출

- 토석류 및 유송잡물 대책공법 설계 매뉴얼 체계 마련
- 토석류 대책수립을 위한 조사구역 설정 및 요령 등에 대한 제도적인 착안사항 도출
- 토석류 및 유송잡물 처리계획 수립을 위한 제도적 기본사항 도출
- 토석류 처리 계획수립 및 재해구역설정을 위한 제도적 기본사항 도출
- 토석류 대책공법에 대한 선정기준과 설계, 시공, 모니터링 및 유지관리 기준 정립을 위한 제도적 착안사항 도출
- 환경친화적인 토석류·유송잡물 대책공법 및 설계·시공사례 조사
- “사방시설물 안전점검 및 정밀안전진단 매뉴얼(가칭)” 체계 마련
- 국내 실정에 맞는 토석류 재해조사관련 기술서적 발간
- 토석류 방지시설 관리실태에 대한 자료 수집 및 분석
- “사방시설물 안전점검 및 정밀안전진단 매뉴얼(가칭)”에 대한 사전연구 수행
- 국내외 타기준 및 법령과의 배치여부 검토
- “토석류·유송잡물 대책공법 설계 매뉴얼(가칭)”에 대한 사전연구 수행
- “토석류 및 유송잡물 재해저감 시설물 유지관리 매뉴얼(안)” 발간

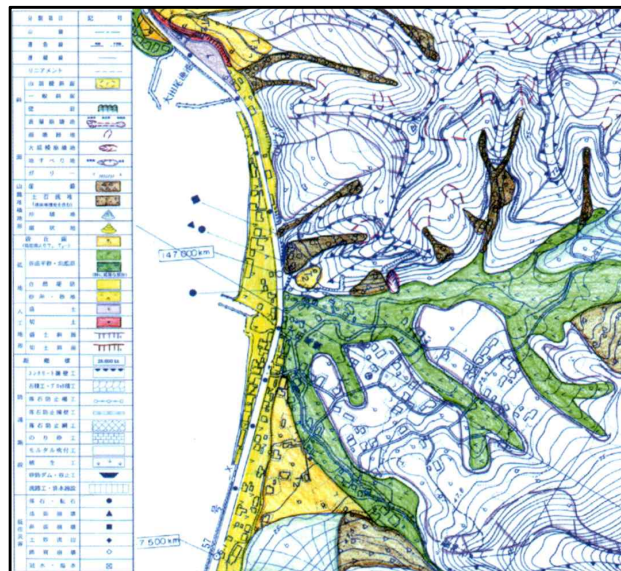
2. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

가. 산악지 도로 선형/배수 설계 및 재해예측지도 개발

(1) 일본

(가) 도로 재해 대책 조사에 있어서의 도로 방재 맵(일본 국토지리원)

도로 재해 대책 조사에서는 보고서와 1:5,000 토지조건도에 미지형 분류나 과거 재해, 노선의 구간마다 예상되는 재해의 위험도 판정 등이 기재되어 있다.



<1 1:5,000 토지조건도의 사례>

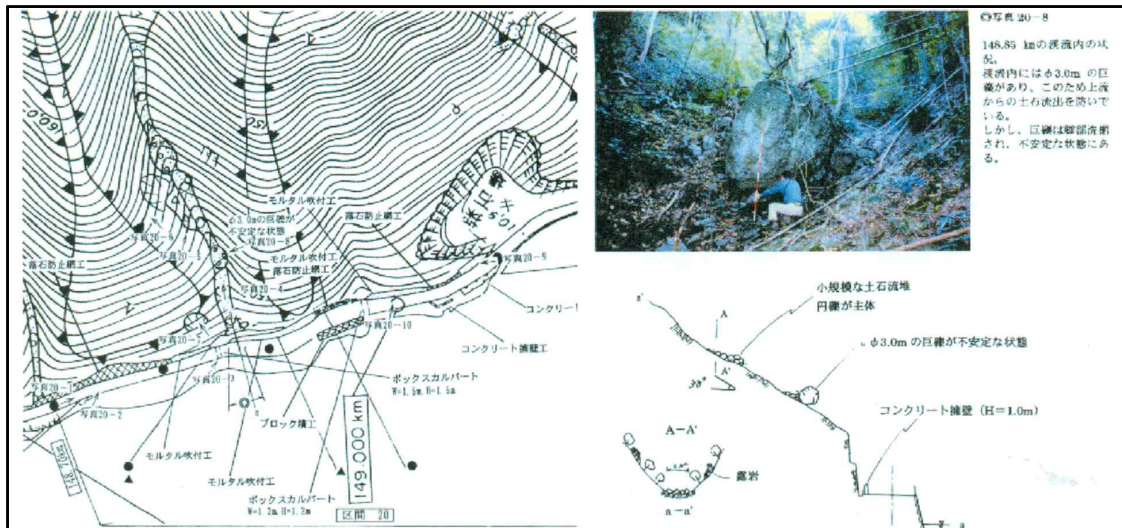
도로 재해대책조사의 절차는 다음과 같다.



<도로 재해대책조사의 절차>

도로 재해대책 조사의 절차를 통하여 위험도를 판정하게 된다. 위험도는 「특히 주의
를 필요로 하는 구간」, 「주의를 필요로 하는 구간」의 판정을 실시해 후속 조사를 위
한 제언을 한다.

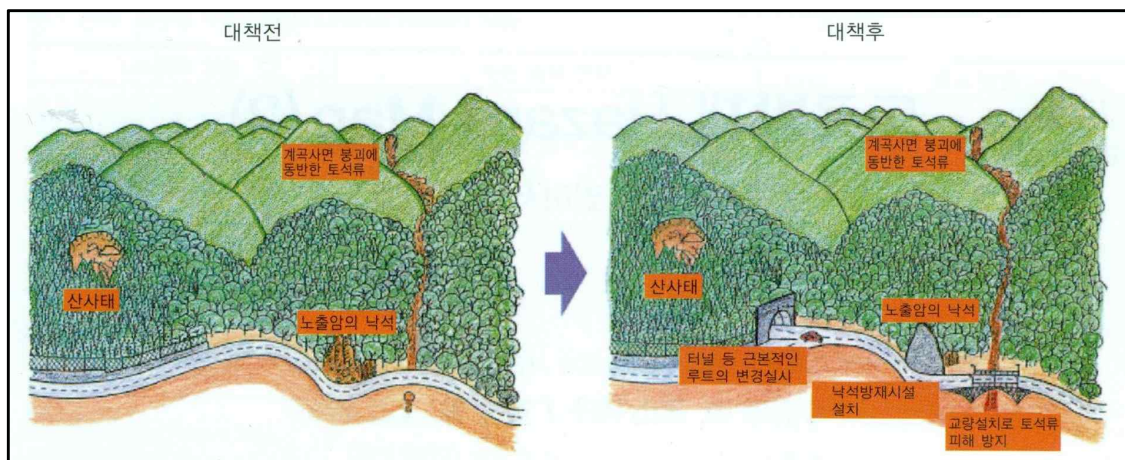
그림은 조사 기록도 및 현지조사의 사진의 예로, 토지 조건도의 작성에 의해 노선 주
변의 미지형이나 과거 재해가 파악되며 조사기록도, 현지 사진에 의해 예상되는 재해의
종류 및 구간 주변에서의 상황을 파악할 수 있다.



<위험도판정의 기초가 되는 조사기록도와 현지사진, 단면도>

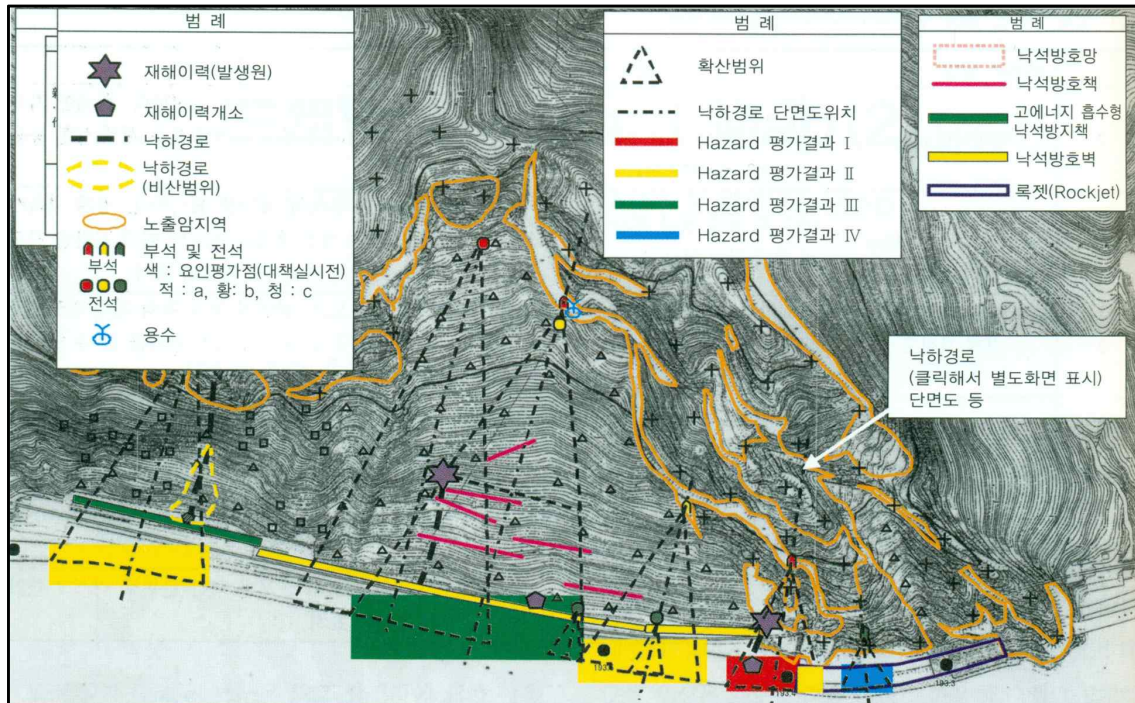
「특히 주의를 필요로 하는 구간」은 장래에 재해 발생이 예상되어 대책 공사가 급선
무라고 생각되는 구간이며, 응급조치뿐만 아니라 항구적인 재해 대책이 요구된다.

그림에는 대책전의 상황과 대책을 강구한 결과를 모식적으로 나타냈다. 특히, 경사면
붕괴나 암반 폭락·산사태의 구간에서는 낙석방재시설 설치나 터널 등의 설치로, 계곡
부에서는 교량을 설치함으로 재해를 막을 수 있다.



<도로 재해 대책조사후의 근본대책 사례>

그림은 일본 독립행정법인 토목연구소와 6개의 민간회사의 협력에 의해 1999년부터 2002년까지의 4년간 실시한 도로 방재 Hazard Map에 관한 공동 연구의 성과를 「GIS를 활용한 도로 경사면의 리스크 평가에 관한 공동 연구 보고서, 2004」에 있는 낙석 Hazard Map의 예를 나타낸 것이다.



<낙석 Hazard Map>

(2) 베네수엘라

(가) 토석류 재해

폭우로 인해 1999년 북부 베네수엘라 해안 20개 구역에 토석류 재해가 발생하였다. 토석류 재해로 인하여 약 15,000명의 사람들이 사망했고, 23,000가구의 집이 파괴되었으며, 20억 달러 이상의 경제적 손실이 발생하였다. 베네수엘라 토석류 재해의 발생 원인과 FLO-2D model 기반, 수문학과 항공사진 및 현장조사를 이용한 물과 퇴적물 예측 재해 지도 생성 방법은 다음과 같다.

(나) 토석류 발생 원인

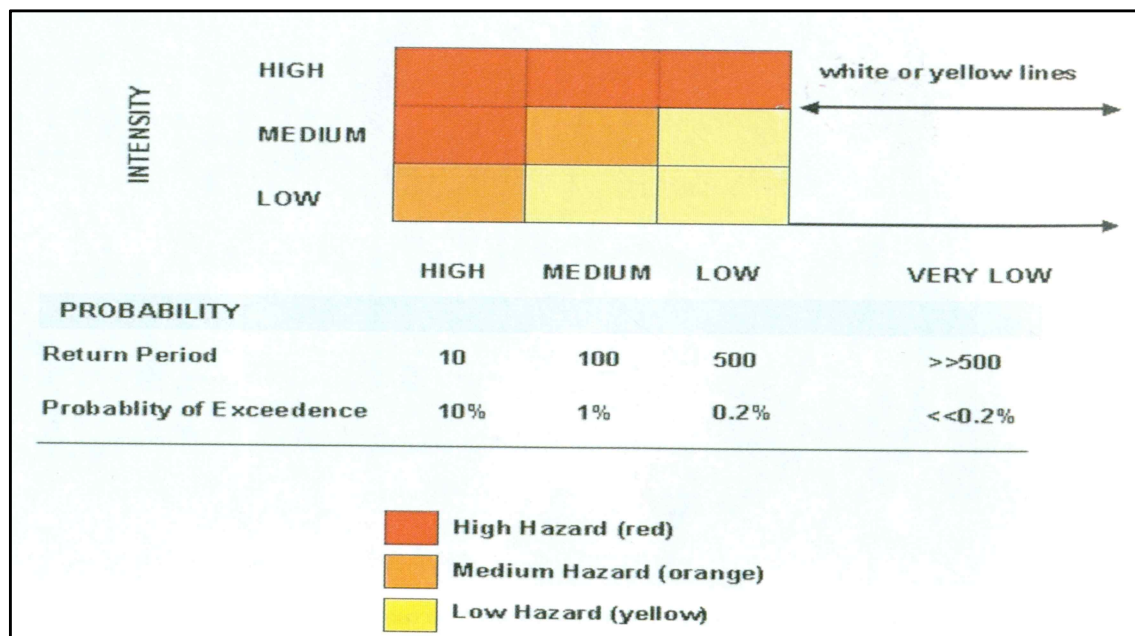
- 지형학적 특성: 가파른 경사의 해협과 Avila Mountain 계곡
- 장기간의 폭우: 13일 동안 293mm 강우
- 높은 강우강도: 1시간에 72mm 강우
- 풍부한 침전물, 크기가 큰 식물, 흙의 두께, 풍화된 바위

(다) 재해지도

The Instituto de Mecanica de Fluidos는 선상지에 재해 등급을 보여주는 재해지도를 개발하였다. 재해지도는 수학적 모델(FLO-2D)을 기초로 GIS와 결합한 진흙과 토석류에 의한 재해영향을 보여준다. 발생 빈도와 심각성 기준에 따라 잠재적 홍수위험 지역을 정의하고 있다. 이 방법은 베네수엘라의 23개 지역에 실행되었고, 지금도 베네수엘라 환경부 등 각각의 부처가 재해대피계획을 세우거나 새로운 토지정책을 계획할 때 사용한다. 또한 베네수엘라의 다른 홍수 재해 위험 지역에도 사용되고 있다.

<재해등급 정의>

재해 등급	지도표시 색	내 용
High	Red	- 사람이 집 안에서 위험인 상태 - 건물이 파괴될 위험
Medium	Orange	- 사람이 집 밖에서 위험인 상태 - 건물이 손상될 수 있고, 건설양식에 따라 파괴될 가능성이 있음
Low	Yellow	- 사람에 대한 위험이 적거나 없음. - 건물은 약간의 손상만 있고, 홍수나 퇴적에 의해 집 내부가 영향이 있을 수 있음



<재해등급(PREVENE 2001 project)>



<재해 지도 (San Julian alluvial fan, 500m×500m)>

(3) 스위스

(가) 토석류(1999)

토석류는 스위스 Sörenberg 지역의 주된 위험요소이다. 스위스는 20세기 초 큰 토석류가 발생하였고, 지금도 알프스의 여러 곳에서 산사태 재활동화 및 토석류 위험 지역이 나타나고 있다. 이러한 위험을 관리하기 위해 연방 당국은 새로운 전략을 제시하고 있다. 재해 위험 분석을 통해 산사태와 토석류는 구조적 시설물 설치만으로는 방지할 수 없다는 것이 나타났다. 이에 스위스는 전체적인 접근 방법을 통해 제한된 재정으로도 사람들의 안전을 상당히 증가시킨다는 것을 파악하여 점차 확대 시행하고 있다.

(나) 재해등급

재해지도는 1:5,000 또는 1:10,000으로 생성한다. 재해 위험 등급은 위험의 정도(3등급)와 발생가능성(4등급 : 30년 빈도, 100년 빈도, 300년 빈도, 최고 등급)에 따라 결정된다. 재해의 4가지 등급 기준은 다음과 같다.

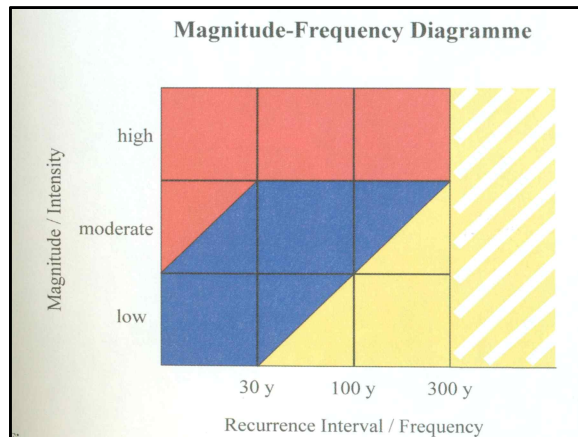
<재해등급 정의>

재해 등급	지도표시 색	내 용
High	Red	- 심각한 위험지역 - 건물 안에 있을 때 안전하지 않음 - 새 건물의 건설 제한
Moderate	Blue	- 건물이나 구조물에 손상이 일어날 수 있음. - 건물 안에 있을 때 안전함. - 새 건물 건설은 일부 지역에 한하여 허락됨.
Low	Yellow	- 손상이 일어날 수 있음. - 중요한 개발과 구조물은 제한되지만, 개인에 한하여 제한이 없음.
Very low	Yellow /white	- 높은 재해 잠재 가능성이 있음. - 계획시 필요한 참고 자료.

<홍수 및 토석류 기준>

강도 등급	홍수	토석류
High	$h > 2\text{m}$ or $h \times v > 2\text{m}^2/\text{s}$	$h > 1\text{m}$ and $v > 1\text{m/s}$
Moderate	$0.5 > h > 2\text{m}$ or $0.5 > h \times v > 2\text{m}^2/\text{s}$	$h < 1\text{m}$ and $v < 1\text{m/s}$
Low	$h < 0.5$ or $h \times v < 0.5\text{m}^2/\text{s}$	토석류는 낮은 등급이 없음

※ h : 흐름 깊이, v : 흐름의 속도



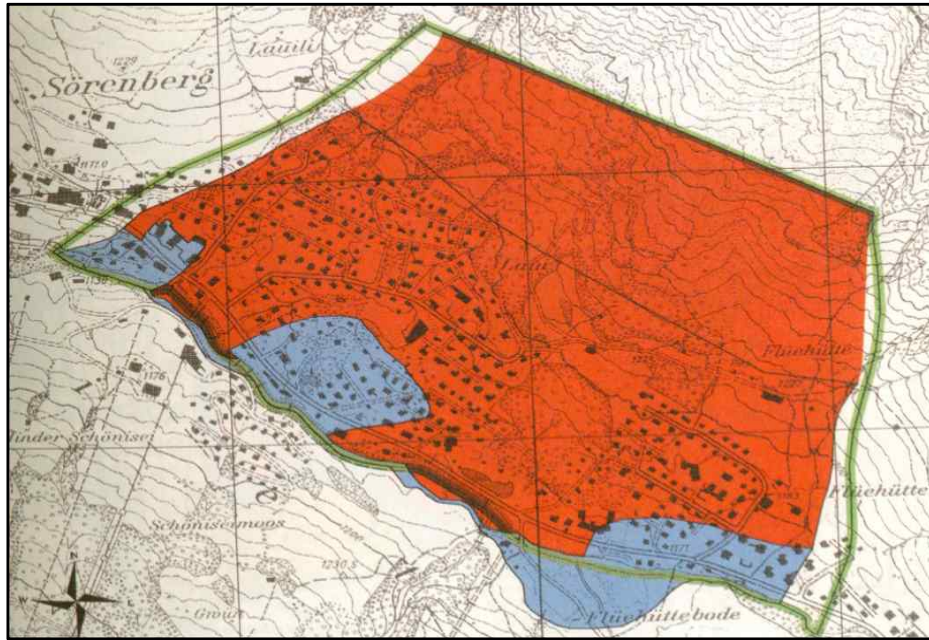
<재해등급 매트릭스>

(다) 재해경감 대책 우선순위

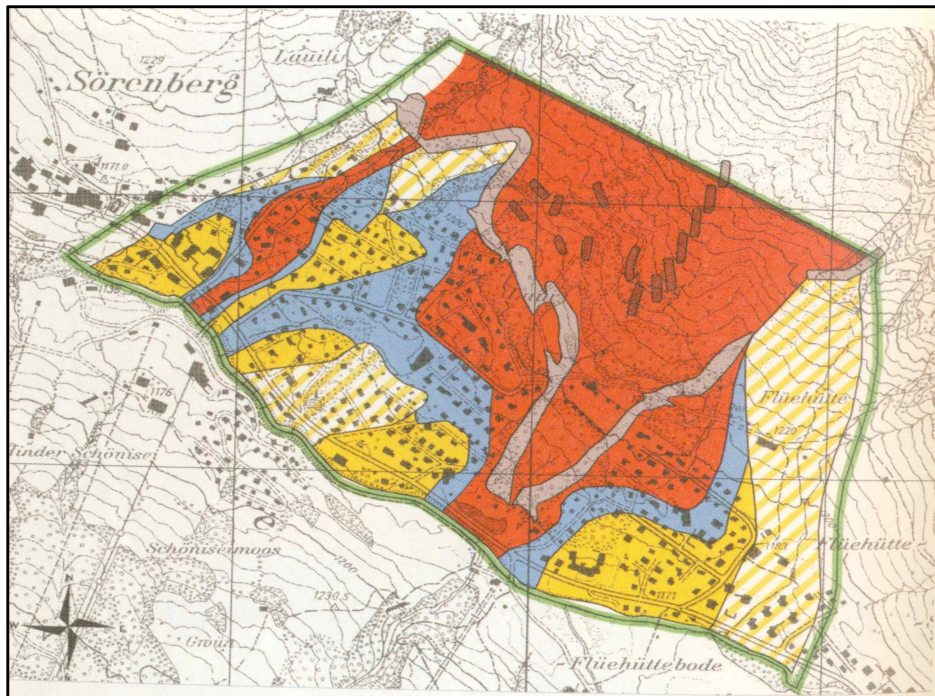
- ① 토지이용계획 : 피해의 증가를 방지하며, 구조물의 위험을 저감하기 위하여 재해지도를 기반으로 한 토지이용계획
- ② 구조물 저감 대책 : 토석류를 저감할 수 있는 댐 및 낙석 방지책 등의 설치
- ③ 긴급 대피 계획 : 불가피한 피해를 수용하고, 긴급 상황 시 인명과 피해를 최소화 할 수 있는 계획.

(라) 재해지도

다음은 스위스의 Sörenberg 지역을 재해등급 기준으로 구분하여 토석류를 저감하기 위한 구조물 저감 대책 시행 전과 후를 비교한 재해지도이다.



<재해지도(구조물 저감대책 시행 전, Sörenberg)>

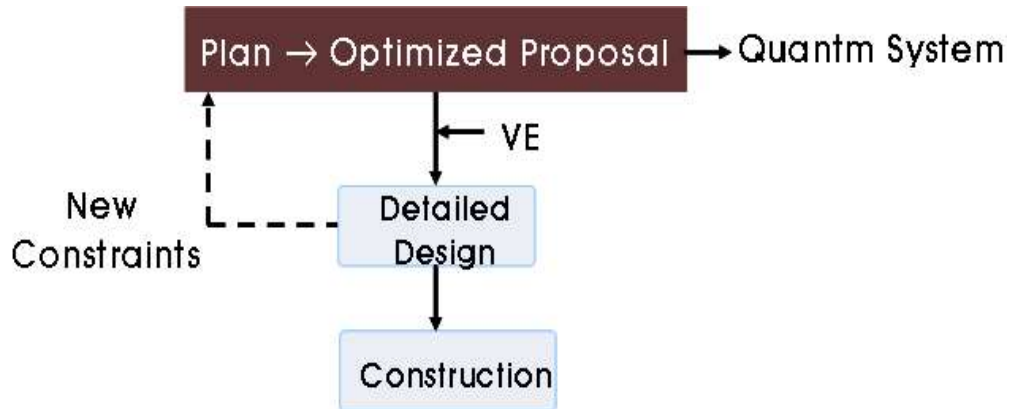


<재해지도(구조물 저감대책 시행 후, Sörenberg)>

(4) 호주 Quantm system

(가) Quantm system 개요

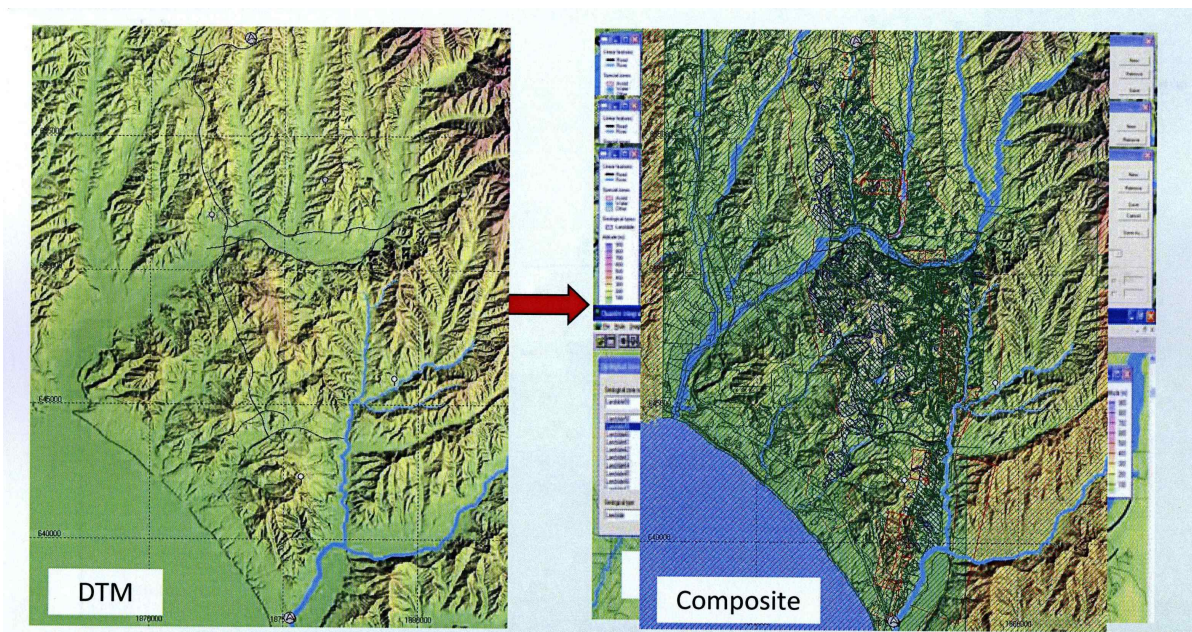
Quantm system은 도로설계 자동화 프로그램으로 주로 계획단계에서 사용이 되고 있다.



사용자가 모든 입력자료(지역에 따른 환경요건, 기하구조, 단가, 제약조건 등)를 입력하면 최적화 수행으로 1차 대안이 제시되며 사용자 요구에 따라 입력 자료를 재입력하면 최적화 수행을 통해 2차 대안이 제시된다.

(나) Quantm system 단계

① DTM(Digital Topography map) 생성 및 각종 주제도 입력



② 초기 조건(Cost) 입력

Cost Parameters - Pavement

Pavement: 15.468 cost/m3
Thickness: 0.5 m

Earth movement cost

Haul: 0.300 cost/m3/km
Dump: 0.500 cost/m3
Borrow: 5.000 cost/m3

Fill

Rate: 1.000 cost/m3
Batter slope: 50 %

Step height: 10 m
Step width: 0 m

Cost Parameters - Tunnel

Name	Cost (\$/m)	Portal cost (\$)	Area (m2)
4-lane tunnel	70000.00	850000.00	70.00
2-lane tunnel	400000.00	650000.00	45.00

Cost Parameters - Material

Name	Class	Cost ext...	Slope %...	Usable %	Compac...
Clay/Gravel	Strip	2.00	25.00	0.00	1.00
Clay	Ordinary	4.65	50.00	70.00	0.95
Weathered conglomerate	Ordinary	5.00	50.00	100.00	1.00
Gravel	Ordinary	3.00	25.00	100.00	0.90
Granite	Ordinary	8.00	100.00	100.00	1.00
Schist	Ordinary	6.67	66.70	70.00	1.00

Cost Parameters - Geology

Name	Step H(m)	Step W(m)	N.	Material	Thickness...
Alluvial	5.00	3.00	1	Clay/Gravel	1.00
Conglomerate	6.00	3.00	2	Clay	9999.00
Schist	6.00	3.00			
Granites	7.00	3.00			

Cost Parameters - Area

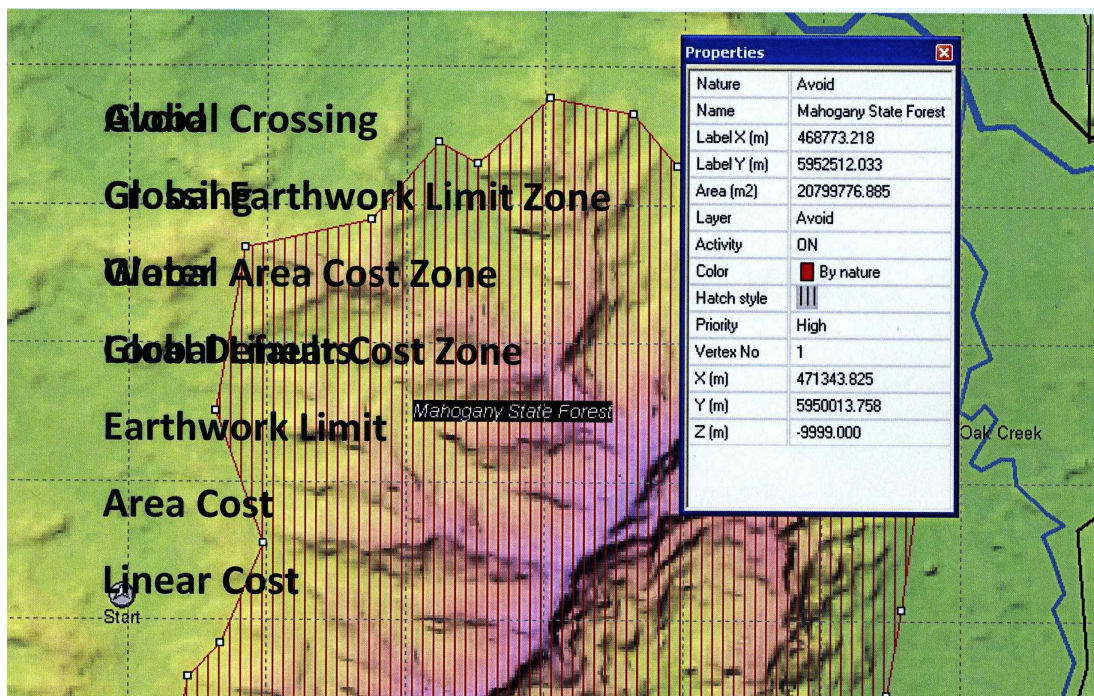
Name	Sub type	Cost/m2	Margin (m)
Pine Plantation	Footprint	1.50	25.00
Anti Erosion geo-fabric	Fill batter	0.65	1.00
Anti Slope protection	Cut batter	2.00	2.00

Cost Parameters - Fixed

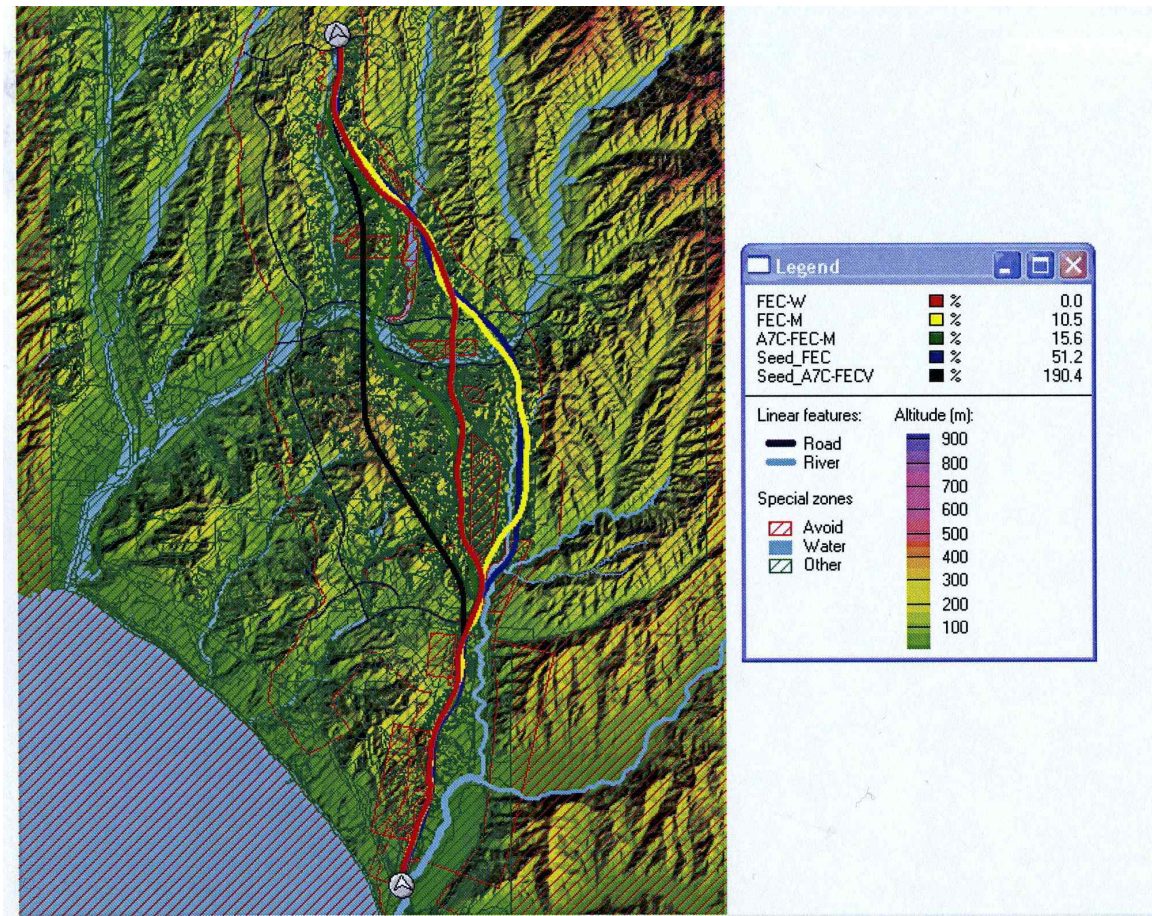
Description	Cost(\$)
Signage	50000
Environmental Impact Study	370000

Total fixed cost: 420,000

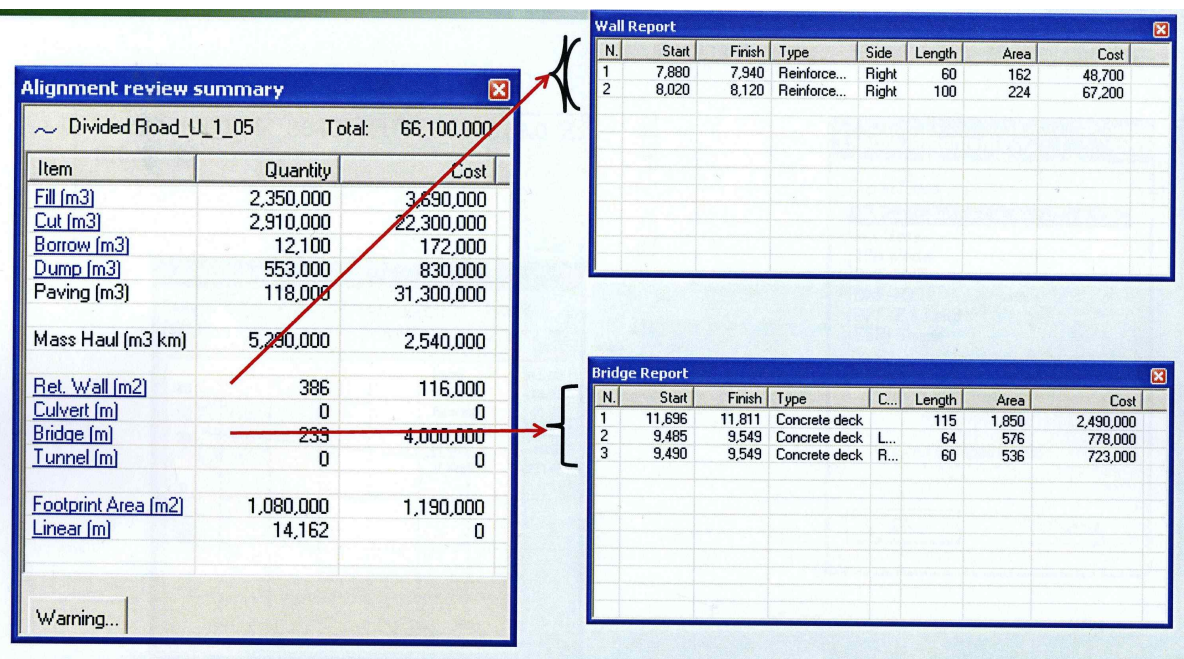
③ Zone 지정



④ 노선 생성



⑤ Report 출력



나. 산지하천 시험유역 운영 및 홍수유출 평가 기술 개발

(1) Fuzzy Regression 기법

Fuzzy Regression 기법에 관한 연구로 국내 논문(홍용기, 1992)과 해외 논문(Maria Mimikou, 1989) 등을 검토하였다. 검토 결과 국내에서는 Fuzzy Regression 기법을 여러 분야에 걸쳐서 적용해왔으며 현업에 적용 가능성 검증이 주로 이루어졌었다. 이 같은 시도는 대부분 산업분야에 걸쳐서 이루어졌으나 수자원분야, 특히 산지하천 유역을 기초로 하여 Fuzzy Regression 기법을 적용한 사례는 미비했다. 국외에서는 Fuzzy 이론은 수자원분야를 해석할 수 있는 하나의 이론으로 인정받고 있으며 Fuzzy 이론을 이용한 홍수유출 해석을 위해 다양한 시도가 이루어지고 있다. 또한 다양한 방법에 의하여 지형정보를 이용한 홍수유출 해석을 시도하고 있었으나 아직 세부적인 측면에서 개선할 여지가 많이 남아있다. 앞으로 산지유역의 홍수에 관한 관심이 커질 것으로 예측되므로, 홍수유출을 정확히 해석하기 위해서 수문자료의 확보가 시급하고, 지형정보를 이용하여 홍수유출 해석기법의 개발은 수공구조물의 안정적 운영과 관리를 위해 필수적인 요소이다.

(2) 하상변동 모형

1차원 하상변동모형은 1980년대까지 활발히 연구되었으며 HEC-6, MOBED, IALLUVIAL, CHARIMA, 3ST1D등 대부분 1차원모형은 흐름의 질량 및 운동량 보존방정식이나 에너지보존방정식과 유사연속 Exner 방정식을 유한차분기법으로 해를 구하는 것으로 되어 있다. 2차원 하상변동 예측모형은 1990년대 들어 개발이 활발히 이루어지고 있다.

미국 미시시피 대학의 NCCHE에서 개발한 2차원 하상변동 예측모형은 2차원 수심적분 모형으로서 유한요소법(FEM)을 이용하고, 지배방정식은 수심 적분된 2차원 난류흐름에 대한 운동량 방정식과 연속방정식 적용을 하였다. 비정상 흐름의 이동경계 조건을 다루기 위해 마른영역 기법을 이용하였으며, 유사모의는 수심 적분된 2차원 이송-확산 방정식을 적용하였다.

RMA2/SED2D에 의한 2차원 하상변동은 2차원 흐름특성을 모의하기 위한 수치모형이며, 수평 2차원 흐름모형으로 Norton, King과 Orlop(1973)에 개발되었다. TABS-MD 모형 시스템 및 FastTABS모형 그리고 SMS 모형의 기본모형이고, SMS 모형은 Brigham Young 대학에서 격자망 생성과 전-후 처리 프로그램을 탑재시킨 것이며, RMA2 모형은 동수역학적인 문제해결을 위한 2차원 수심적분 유한요소모형으로 정류, 부정류에 대한 대상수역의 수위와 유속에 제공한다. 이 모형의 기술적 특성은 복합차원 모형으로 일차원 격자의 네트워크 구성이 가능하고, 수위상승과 하강에 의한 수역의 잠

수와 부상 취급이 가능한 Wetting/drying기법 포함한다. 복합차원 모형의 사용에 있어서 등수위, 등에너지, 운동량 평형조건이 존재하며, Wetting/drying기법 사용 시 해의 발산을 방지하기 위해 marsh porosity조건 이용가능하다. 또한 2가지 난류모형(와점성계수, Pelect 수)를 선택적으로 사용 가능하고, Galerkin 가중 잔차법을 채택하고 있으며, 완전 음해법에 의해 형성된 행렬을 Newton-Raphson법으로 해석된다. Ranjan Ariathurai(1974)는 평면 2차원 모형을 최초 개발했으며, 최근에는 습지와 같은 다공성 매질에 대한 적용과 점착성 하상층에 대한 코드, 경계 버퍼링과 확산계수에 대한 계산을 포함하는 조수 흐름경계에 대한 자동 적용을 추가하여 SED2D-WES코드에 대한 개정이 이루어졌다.

SED2D모형은 평면 2차원으로 간주될 수 있는 영역에서 점토질 또는 사립질에 적용 가능하고, 하천의 퇴적 및 침식문제에 유용하게 적용될 수 있고, 제한적이지만 하폭에 대해서도 가능하다. 허나 점착성, 비점착성 유사의 복합재료에 대해서는 모의하지 못하고, 침상속도는 유속, 분산계수, 침식한계, 전단력, 침식율 계수, 퇴적 한계 전단력에 따라 미리 설정해야 하는 제한사항이 있다. 또한, 유사의 기초과정은 침식, 연행, 이송, 퇴적의 4가지로 분류되며, 하상의 유사는 전단력이 침식한계 전단응력 이하인 경우에만 이동하지 않는다. 하상고 변화가 발생하는 것은 침식율과 퇴적율의 차이가 발생하는 경우인데 침식과 퇴적은 연속적이고 독립적으로 발생하고, 이송 중인 점착성 유사는 하상 전단력이 퇴적 한계 이상인 경우에 부유사로 이송한다. 점착성 유사의 침식과 퇴적은 동시에 발생하지 않으며, 점착성 재료의 하상구조는 시간에 따라 변하며 중첩되는 특징을 띈다.

(3) 하상변동 설계가이드라인 개발

본 연구의 주요 키워드는 산지하천, 하상변동, 수치모형 이라 할 수 있다. 이러한 키워드를 갖고 해외 선진기술정보에 대해 조사한 결과 중, 본 연구의 테마에 대한 향후의 기술전개방향에 대해 정리하면 다음과 같다.

(가) 급경사하천의 토사수송, 하상변동에 관한 연구에 대한 전망

급경사 하천에서는 하상재료의 이동한계가 완경사하천의 이동한계보다 크다는 점, 또한 급경사하천에서는 한계소류력과 중력효과를 크게 함으로서 완경사하천에서 사용되는 유사량공식으로 유사량을 구하고 있으나, 자갈하천의 토사유송량이 자갈하천에서 유도된 유사량공식 형태로의 한계소류력 수정이나 구배 영향의 수정만으로 표현가능하다는 검토가 필요하다.

또한 급경사하천의 홍수류의 수면형 등, 중요한 수리정보를 높은 정도로 관측하여 이들을 하상변동해석 정도 향상에 활용하도록 요구되어지고 있다.

급류에서 하상재료가 돌 자갈로 이루어진 하천의 지금까지의 연구는 산지 하천의 유로 형태, 하상형태에 대해서 행해져 Whittaker·Jaeggi에 의한 계단·풀 발생 연구를 효시로 보인다. 그들은 흐름이 사류로, 하상에 반사되게 발생하여 혼합 입경의 하상재료 분급이 일어나는 것이 계단·풀을 생성하는 조건이라는 것을 보여주었다.

아시다·에가와 등은 실험실이나 현지 골짜기에서, 계단형 하상형태의 발달, 흐름의 저항 법칙, 형태 특성 등 선진적인 연구를 통해 발생 조건을 제시하고 있다.

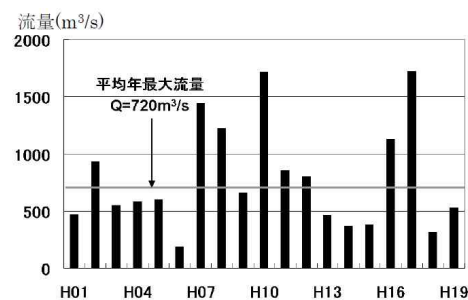
하세가와는 계류 형태로 소규모 하상형태의 계단·풀의 수리 특성을 상세하게 조사, 평균 파장과 파고를 이론적으로 구하고 있다. 또한, 중형 하상형태에 대해서는 교호사주의 소, 늪의 형성에 작용하는 하상모양의 상생 관계를 논의하고 있다.

또한 계곡의 계단·풀의 수중 생물에 대한 서식지 특성에 대해서도 논의하고 있고 흥미 있는 결과를 얻고 있다.

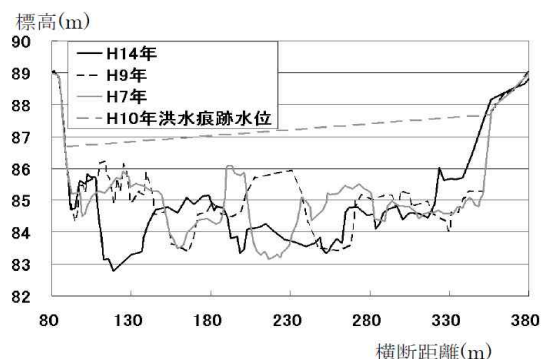
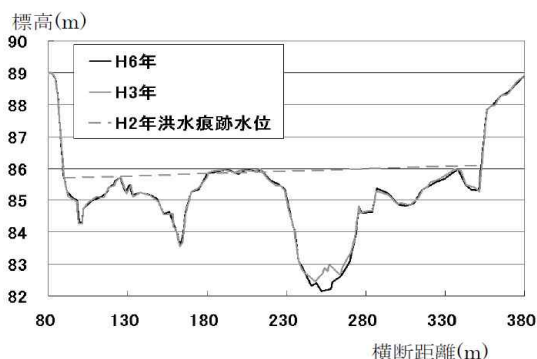
(나) 대표적 자갈하천인 조간지천에 관한 이동상수리연구

① 조간지천에 있어서 홍수류와 하상변동-현지측정자료의 해석

일본에서는 현지 산지하천에서의 하상변동자료 취득과 분석을 통한 산지하천 하상변동특성 연구가 활발히 진행되고 있으며, 한 사례로 조간지천에서 얻어진 각장 하상경년변화 자료의 분석 연구 등이 새로운 연구경향을 보이고 있다. 일례로 연최대 유량과 하상변동의 경년변화도 분석을 통하여 급류하천에 있어서 저수로 세굴문제를 생각할 때, 중소규모의 홍수에 대해서도 깊게 고려해야 하는 것을 발굴하고 있다.

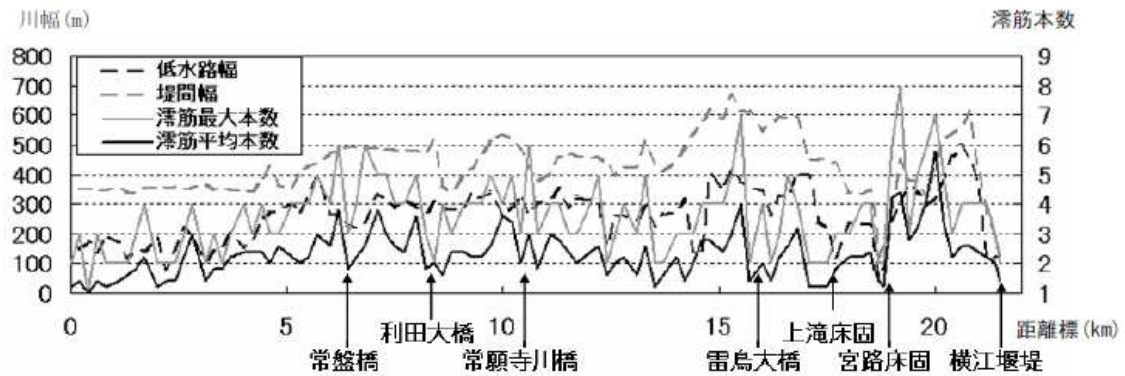


<연최대홍수량 경년변화>



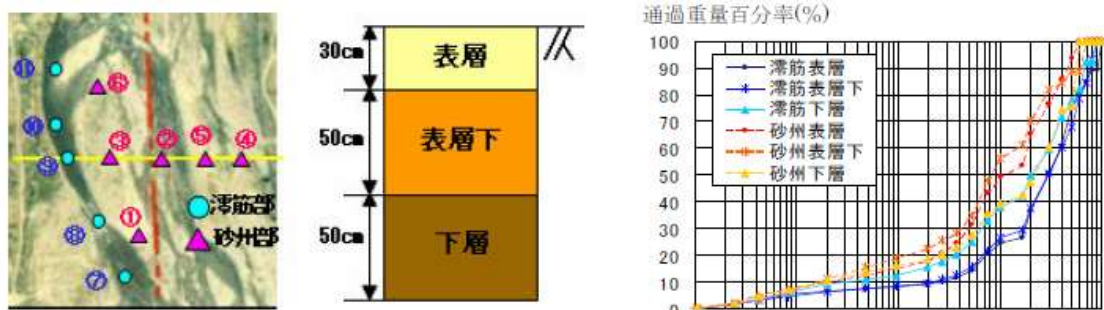
<조간지천 임의지점에 있어서의 하상단면 경년변화도>

또한 최대세굴심에 관한 연구에 있어서, 최대세굴심은 저수로 물길에 나타나기 때문에 저수로 물길의 형성과 변동특성 파악에 관한 현지자료 분석에 관한 연구도 상당히 진행되고 있으며, 현지자료의 분석을 통해 제방폭, 저수로폭이 홍수의 흐름과 유사의 운동을 지배하는 중요 요소라는 사실을 밝히고 있어, 보다 운동의 자유도가 높을수록 많은 저수로 물길이 형성한다는 사실을 규명하고 있다.

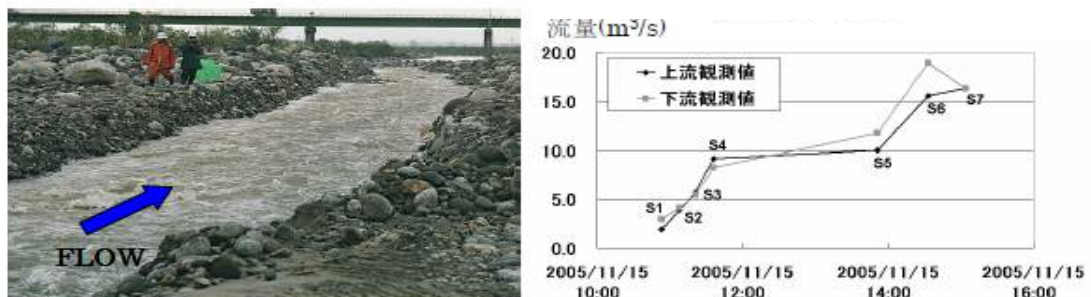


<조간지천 저수로 물길수의 횡단분포 경년변화도>

그 이외에도 하도형태에 따른 입도분포특성 차이를 조사하기 위한 자료조사도 실시하고 있으며, 하상식도에 의한 입도특성 차이를 파악하기 위한 자료 분석도 실시하고 있다.



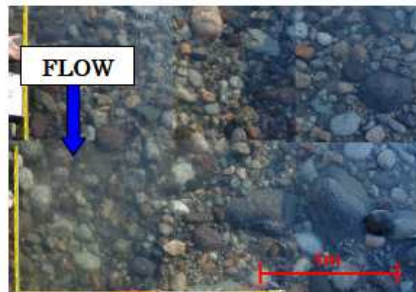
<조간지천 수심방향 입도분포 조사결과>



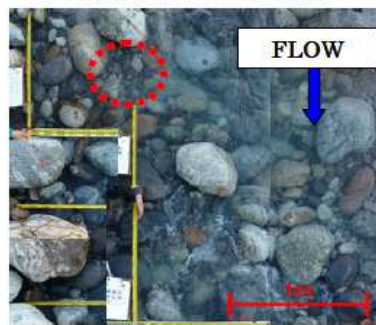
<하상안정화기구 규명을 위한 현지실험예>

② 현지실험에 의한 자갈하천의 하상안정기구 연구

급경사 산지자갈하천에 있어서의 하상안정기구 규명을 위해서 최근에는 대규모 현지 실험을 동원하고 있는 추세이다.



(a) L2-25m 地点の河床表層画像



(b) L1-20m 地点の河床表層画像



(a) 巨石により安定した河岸



(b) 護岸付近の深掘れ

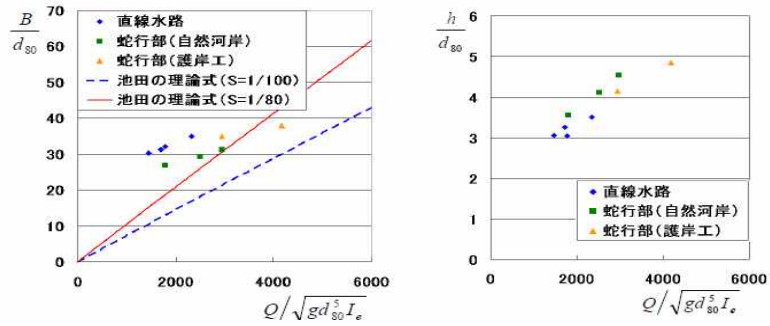
<현지실험을 통한 하상표층과 호안에 의한 하상안정효과 분석>

이러한 현지실험은 현지 하천을 굴삭하여 수행되며, 10m 내외의 하폭과 200m 내외의 길이를 갖는 수로를 현장에 설치하게 되며, 수면형, 하상종횡단측량, 유량관측 및 입도 분포를 조사하게 된다.

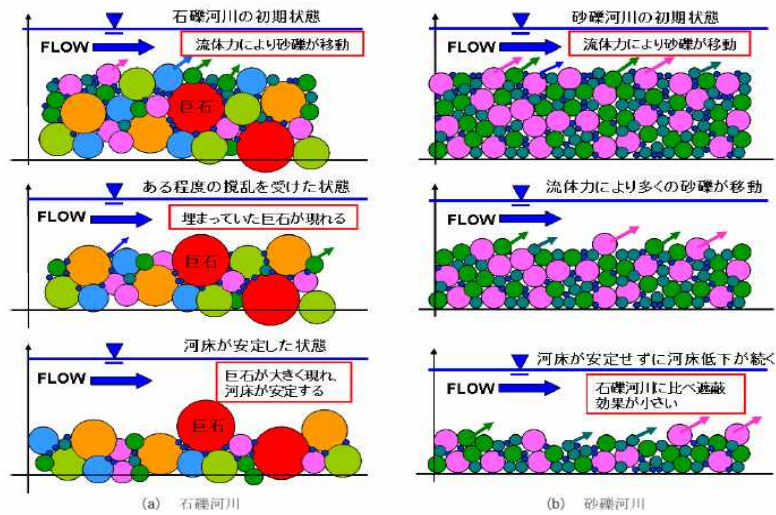
③ 산지자갈하천에서의 유량-경사-하상재료-하도단면형과 저항법칙 연구

일반적으로 유량, 경사, 대표 입경, 하천의 수면 폭과 수심 등의 단면형태는 대체로 결정된다고 생각된다. 자갈 하천은 이케다 등이 안정적인 단면 형상에 대해 검토하고 있으며, 자갈 하천의 단면 결정기구에 대해 수리실험을 통하여 검토하는 연구 등이 최근 진행되고 있다.

다음 그림은 자갈 하천의 무차원 유량과 수면 폭의 관계를 나타낸다. 직선 수로에서 열린 실험 결과를 플롯하고 있으며, 횡축에 유량 Q , 대표 입경 d_{80} , 에너지 경사 I_e 를 이용한 무차 유량을 세로축에 d_{80} 을 이용한 무차원 수면 폭을 이용하고 있으며, 자갈 하천에서는 거석 등의 굵은 직경의 하상재료가 하상의 안정을 지배하기 때문에, 대표 입경에 d_{80} 을 사용하고 있다.



<자갈하천의 유량과 수면폭의 관계 및 유량과 수심과의 관계도>



<돌자갈하천과 자갈하천의 하상변동과정>

④ 돌자갈하천과 자갈하천의 토사이동형태에 관한 연구

최근에는 돌자갈 하천의 하상변동기구와 자갈 하천의 하상변동기구의 차이에 연구가 진행되고 있다.

돌자갈 하천에서는, 유체력이 작용하면 모래가 빠져 거석이 조금 나온 상태가 된다. 또한 보다 세굴이 진행되면, 거석이 크게 노출되어, 이 거석이 이동하지 않음으로써 유체장에 저항이 되어, 주위의 자갈은 거석보다 낮은 위치에서 머물 수 있게 된다.

돌자갈하천과 자갈하천의 하상안정화 기구에 대한 규명은 토사유송과 하상변동해석 분야에 있어 가장 늦은 분야이므로, 이에 대한 연구가 최근 주목을 받고 있는 실정이다.

(다) 하상변동해석법 정보향상 연구

① 수면형의 시간변화를 고려한 홍수류 해석의 필요성

현재 하상변동해석 기술은 흐름에 대해서는 알려진 피크 유량 (또는 유량 하이드로그래프)와 홍수 흔적 수위 등을 이용하여 하상변동모델에서 산정된 하상고와 홍수 후에 관찰된 하상높은 비교 검증한다. 다음에 검증된 하상변동모델을 사용하여 계획규모의

홍수피크유량에 대해 하상높이를 추정하고는 방법으로 하천계획을 수행 하고 있다. 그러나 홍수 후에 나타난 하상고가 홍수 중의 하상고와 어떤 관계에 있는지, 잘 알고 있지 못한 것이 실정이다.

이러한 하상변동 계산의 정밀도를 생각하면, 외력으로 홍수류의 수리계산도 그리 높은 정밀도를 필요로 하는 것이 아니어서, 일반적으로 1차원 분석 및 준2차원 해석을 이용하는 것이 많았다. 그러나 하상변동해석의 신뢰도를 높이기 위해서는 그것을 일으키는 홍수류의 해석 정밀도도 높여야 한다. 지금까지 홍수류는 수위, 유속 등 수리량이 하류로 천천히 전해지는 현상 때문에, 수리량의 시간적 변화가 작은 준정상류로 생각해도 좋다고 되어 왔다. 특히 큰 유역에서는 최대유량 발생 시간을 사이에 두고 상당한 시간 동안 최대 유량이 지속된다. 따라서 최대 유량을 대상으로 하천계획을 세우는 경우에는 홍수류는 근사적으로 정상류라고 볼 수 있어, 혼적 수위를 이용한 부등류 해석 및 준2차원 해석이 이용되어왔다. 많은 홍수류 문제는 이 해석법으로 좋지만, 대상이 되는 홍수류 문제에 따라서는 이러한 정상류 분석 방법으로는 불충분 한 경우도 있다. 홍수류 현상은 임의 위치에서의 수리 양으로 정해져있는 것이 아니라, 하천의 시간적, 공간적인 확대를 갖는 홍수 위가 하도를 따라 전해지는 비정상적인 수리 현상이다. 수위 데이터를 시공간으로 모을 수 있게 된 오늘날, 수면형태의 시간 변화에 홍수류 현상의 본질이 있다는 것을 이해하고, 하천 관리상 중요한 정보를 수면 형태의 시간 변화에서 읽을 수 이루어져야한다.

하상변동해석도 홍수류의 비정상성을 고려하는 것으로 정밀도 향상 방법이 제시된다. 하상변동해석의 정확도 향상이 필요한 이유 중 하나는 홍수중 하상변화의 시간 변화의 실태를 구하는 것이 중요 때문이다. 홍수중 하상고와 유사량을 측정하려는 시도가 행해지고 있지만, 시공간적인 변화를 아는 것은 현재로서는 기술적으로 어려움이 있다. 점측정 위주의 하상고와 유사량 측정은 홍수중 하상변화를 시시각각 예측하는 것은 곤란하다. 홍수중 하상변화를 정량적으로 예측하는 열쇠는 홍수수면 형태의 시간 변화의 관측값을 적절하게 사용하는 것이라 할 수 있다.

오늘날 수위 관측 자료를 쉽게 조밀하게 측정할 수 있도록 되어 홍수시 수면 형태의 시간 변화에서 홍수에서 일어나고 있는 모든 시시각각의 수리 현상이 수면 형태에 반영되어 있는 것으로 밝혀지고 있다. 이 중에는 하상변화의 시시각각 변화도 포함되어있다. 정확한 하상변동 분석은 홍수중의 수면 형태의 변화를 시시각각 도입한 하상변동 계산을 하는 것이며, 관측 수면 형태를 해석하고 홍수류의 비정상 2차원 계산과 2차원 하상변동 계산을 조합하여 하상고를 분석하면 보다 실제 현상을 설명하는 하상변화 분석 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

② 기존 수치해석기법이 갖는 문제점 분석

하상변동 해석 방법은 하상재료가 모래와 자갈의 경우, 또는 모래를 중심으로 하는 혼

합입경재료로 구성되는 경우가 예상되어 있으며, 이 경우 홍수 류의 계산 방법을 개선하면, 분석의 신뢰성은 높아질 것으로 생각된다. 그러나 모래에서 큰 자갈, 돌 등 폭 넓은 입도 범위를 갖는 돌자갈 하천에 대해서는 큰 돌 사이에 있는 자갈 등 작은 입경 집단의 이동기구가 완류하천의 유사량 식과 하상변동 식에서 고려 하고 있는 기구와 다르기 때문에 기존의 분석 방법을 적용하는 것은 무리가 있다.

하상에서 유체장애의 저항 평가로서, 매닝 조도계수를 이용한 마찰 저항식이 일반적으로 적용된다. 그러나 전술한 바와 같이, 돌 자갈 하천에서는 주로 거석 등 큰 하상재료의 형상 저항이 탁월하다. 또한 돌자갈 하천에서는 시간적, 공간적으로 거석을 중심으로 하상상태 (하상표층 입도분포 및 하상 표면의 요철)가 변화하고 저항 특성도 변화한다. 이러한 바위 자갈 하천의 저항은 마찰에 의한 생각으로는 파악할 수 없으며, 거석 등의 형상저항을 고려한 저항 평가법이 필요하다고 생각된다.

입자직경별 유사량 식으로 일반적으로 사용되는 아시다·미치우에 식은 일정모양의 모래로 구축된 유사량 식을 혼합입경에 적용할 수 있도록 개량한 것이다. 이 입자직경별 유사량 식에서 중요한 지표가 되는 입자직경별 한계 소류력 평가에는 일반적으로 수정 Egiazaroff 식이 사용된다. 수정 Egiazaroff 식은 입자의 이동 한계를 활동 형식에 의한 조합 관계로부터 유도된다. 하지만 돌자갈 하천에서는 하상 표층에 큰 요철이 있기 때문에 활동형식으로는 실제 현상을 설명하는 것은 어렵다.

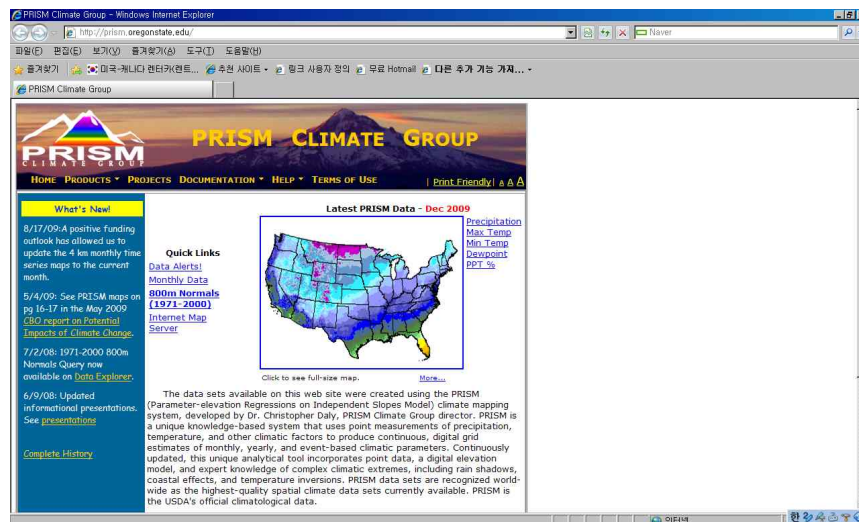
또한 과거의 해석법은 공극율의 평가에 관한 문제를 안고 있다. 하상고 및 하상입도분계산은 1971년에 히라노에 의해 유도된 하상 및 입도분포의 연속식에 의해 진행된다. 돌자갈 하천에서는 거석이 크게 노출하여 하상 표면에 큰 요철이 생겨, 공극율이 변화한다. 돌자갈 하천해석에서는 하상의 요철, 즉 공극률의 변화를 파악, 분석에 도입하는 것이 중요하다. 그러나 공극률의 시간 변화를 공식화하는 것이 곤란이기 때문에 일반적으로 공극률을 일정하다고 해석하고 있다. 공극율을 일정하게 하는 것은 자갈 하천처럼 입경비가 작은 경우는 그다지 문제가 없지만, 바위 자갈 하천과 같이 거석에서 모래까지 넓은 범위의 입경에서 하상이 형성되어 있는 하천에서는 이 가정은 잘못되어 있다. 돌자갈 하천의 하상변화에서 중소 자갈이 떨어져 나가는 것으로 묻혀 있던 거석이 나타난다는 과정이 공극율을 일정하게 하면 실제로는 높이가 변하지 않는 거석도 주위의 자갈이 벗어나는 것과 동시에 저하하는 계산 결과가 된다. 여기서는 거석의 존재를 파악하지 못하고 실제보다 큰 하상 변동량을 추정하게 된다.

(4) 강우의 공간분포

미국에서는 강우의 공간분포 자료의 중요성을 인지하여 오레건주립 대학교 연구소를 지원하여 미국내 강우의 공간분포 자료를 인터넷을 통하여 제공하고 있으며, 홈페이지 주소는 <http://www.prism.oregonstate.edu/>이다.

제공되는 자료는 PRISM 기법을 통하여 산정된 자료이며, 오레건주립 대학교는 지속

적인 연구를 통하여 PRISM 기법을 수정 및 보완하여 꾸준히 자료에 대한 정확성을 높여가며 서비스를 제공 하고 있다.



<면적강우량 제공 서비스 (PRISM)>

또한, 자료에 대한 설명 및 지원기관에 대한 자세한 설명은 아래와 같이 명시하고 있다.

<제공 자료에 대한 정의 및 지원기관>

자료에 대한 설명
The data sets available on this web site were created using the PRISM (Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model) climate mapping system, developed by Dr. Christopher Daly, PRISM Climate Group director. PRISM is a unique knowledge-based system that uses point measurements of precipitation, temperature, and other climatic factors to produce continuous, digital grid estimates of monthly, yearly, and event-based climatic parameters. Continuously updated, this unique analytical tool incorporates point data, a digital elevation model, and expert knowledge of complex climatic extremes, including rain shadows, coastal effects, and temperature inversions. PRISM data sets are recognized world-wide as the highest-quality spatial climate data sets currently available. PRISM is the USDA's official climatological data
지원기관 및 사용목적
PRISM data sets were developed through projects funded partly by the USDA Natural Resources Conservation Service, USDA Forest Service, NOAA Office of Global Programs, and others. However, there is little operational funding for maintaining and updating or expanding the data sets. Data are provided as a public service for a limited time. If you find them valuable, please consider doing your part to support the PRISM Climate Group. Contact us for details at 541-737-2531.
자료의 관리
Use this site to access up-to-date and historical monthly climate data sets and graphics for the US, explore our data online with our Internet Map Server, view related papers and presentations, or contact us.

다. 토석류 제어기법 개발

- Debris-Flow Hazards Mitigation : Mechanics, Prediction, and Assessment
- Expressway Design Manual
- Handbook of Slope Stabilization
- Landslides Disaster Risk Reduction
- Landslide of the world-Japan Landslide Society
- MESSAGES FOR THE 21st CENTURY Sabo Works and Its Achievements
- Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense and Debris Flow II
- MUDFLOWS AND LANDSLIDES
- Sabo 2007~2008
- The First World Landslide Forum 18-21 November2008
- The Structure of Sabo Administration
- 砂防地すべり技術研究成果報告會發表論文集(平成17년)
- 鋼製砂防構造物設計便覽
- 鋼製砂防構造物設置事例集
- 緑の斜面づくり調査・設計-緑の斜面工法整備の事例集
- 砂防地すべり技術研究成果報告會發表論文集(平成19년)
- 砂防地すべり技術研究成果報告會(平成14년)
- 砂防地すべり技術研究成果報告會講演論文集(平成15년)
- 砂防地すべり技術研究成果報告會講演論文集(平成20년)
- 砂防技術 創立三十周年記念出版(平成17)
- 砂防技術 設立20周年記念出版(平成7)
- 環境保全砂防事例集 — 美しい自然と安全を求めて
- 新・斜面崩壊防止工事の設計と實例
- 「砂防基本計畫策定指針（土石流・流木對策編）及び同解説」
- 土砂災害を防ぐ — 砂防施設効果事例集
- 砂防關係事業災害對策の手引き
- 砂防百科 Vol. 1~ 10
- 砂防計畫論
- 土砂災害防止法令の解説
- 砂防指定地實務 핸드ブック(핸드북)
- 砂防關係法令例規集（平成18年版）
- 砂防便覽（平成20年版）
- ドキュメント あの日、あの時 — 89人の体験者が語る土砂災害の記録
- 鋼製砂防構造物の全國設置事例

- 地すべり防止技術指針及び同解説
- 沖縄縣 中城村 安里地すべり災害と対策の記録
- 世界の砂防 SABO IN THE WORLD
- 世界の災害の今を知る 土砂くずれ
- 河川砂防技術基準 同解説 計画編,設計編,調査編
- 豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測
- 建設技術者のための 土砂災害の地形判読 事例問題中・上級編
- 地すべりと地質学
- 天然ダムと災害
- 土砂災害の警戒・避難システム
- 落石対策工設計マニュアル
- 誰にでも簡単にできる Excelによる擁壁設計
- 土砂災害防止法 建築物の構造規制マニュアル
- 防災学講座3 地盤災害論
- 火砕流土石流の實態と対策
- 土石流出現象と土砂害対策
- 日本応用地質学会応用地形学研究小委員会編 応用地形セミナー 空中写真判読演習
- 落石対策便覧に関する参考資料—落石シミュレーション手法の調査研究資料
- 建設技術者のための地形図判読演習帳 初・中級編
- クイズ 土はなぜ崩れるのか—基本を學んで防ぐ法面と擁壁のトラブル
- 地すべり調査と解析 改訂版
- 地すべり地形の判読法 空中写真をどう読み解くか
- 知っておきたい斜面のはなしQ&A—斜面と暮らす
- 岩盤斜面の安定解析と計測 암반 경사면의 안정 해석과 계측
- 貯水池周辺の地すべり調査と対策 저수지 주변의 사태 조사와 대책
- ランドスライド — 地すべり災害の諸相
- 災害地質学入門 (Science selection series Vol. 2)
- 地質・土木技術者のための地質構造解析20講
- 擁壁設計Q&A—誰も教えてくれなかった疑問に答える
- 新しい補強土擁壁のすべて—盛土から地山まで 새로운 보강토옹벽의 모든 것
- 補強土壁工法 FAQ50 보강 토벽 공법 FAQ50
- 道路土工-擁壁工指針
- 崩壊の場所 — 大規模崩壊の発生場所予測
- 斜面防災100のポイント
- 擁壁の設計と施工計画—解説と實務計算例

- 地すべり災害と行政責任 ― 長野・地附山地すべりと老人ホーム二六人の死
- 道路土工-のり面工、斜面安定工指針
- 地質・砂防・土木技術者/研究者のための土石流の機構の対策
- 写真と図で見るのり面工の施工ノウハウ
- 切土斜面の安定と対策
- 切土のり面の設計・施工のポイント
- 土木技術相談集（河川・ダム・砂防編）
- 技術者に必要な岩盤の知識(Hibino Satoshi)
- 技術者に必要な岩盤の知識(Takaya Seiji)
- ヅオテクノート 土石流
- 地すべり - 山地災害の地質学
- グラウドアソカ - 設計・施工例
- 保全砂防学入門 - 土砂災害の予知と防災
- 国土交通省防災業務計画
- 建築地盤アソカー設計施工事例集
- 三重の地質と斜面リスクマネジメント
- 老朽化吹付け法面の調査・対策の手引き
- 河川・法面工法にみる工学的生物学の実践
- 地質学調査の基本-地質基準
- 植生技術による斜面安定工法-侵食防止のための実務ガイド
- マンガで学ぶ根切り・山留めの計画と施工管理
- シリーズ環境と地質〈第1巻〉環境と地質
- シリーズ環境と地質<第2巻>地震と火山と侵食
- シリーズ環境と地質<第3巻>水環境と地盤災害
- 豪雨の災害情報学
- 地盤災害から身を守る-安全のための知識
- シリーズ繰り返す自然災害を知る・防ぐ
- 噴火の土砂洪水災害-天明の浅間焼けと鎌原土石なだれ（シリーズ繰り返す自然災害を知る・防ぐ）
- 台風と高潮災害-伊勢湾台風（シリーズ繰り返す自然災害を知る・防ぐ）
- 豪雨と斜面都市-1982長崎
- 表面保護工法設計施工指針(案)（コンクリートライブラリー119）
- 斜面防災・環境対策技術総覧
- 知っておきたい根切り・山留めの基本 入門シリーズ(29)
- 道路土工-切土工・斜面安定工指針平成21年度版(2009)

- 道路土工要綱 平成21年度版 (2009) [單行本]
- 道路震災対策便覧 震災復旧編 平成18年度改訂版 (2006) [單行本]
- 風化と崩壊-近未來科學ライブラリーシリーズ5
- 群發する崩壊-花嵐岩と火砕流 (近未來科學ライブラリー)
- 山崩れ・地すべりの力學-地形プロセス學入門 [單行本]
- 鐵道構造物等維持管理標準・同解説 (構造物編) 土構造物 (盛土・切土)
- 地すべり災害と行政責任-長野・地附山地すべりと老人ホーム二六人の死(セレクトッド・ドキュメンタリー)
- 吹付けコンクリート指針(案)-補修・補強編 (コンクリートライブラリー)
- 吹付けコンクリート指針(案)-のり面編
- グラウンドアンカー維持管理マニュアル
- これで安心危機災害マニュアル
- 地震・地すべり 大崩落
- 災害情報とメディア
- 世界と日本の災害復興ガイド
- シリーズ災害と社會3 災害危機管理論入門 (防災危機管理担当者のための基礎講座)
- シリーズ災害と社會4 減災政策論入門 (巨大災害リスクのガバナンスと市場經濟)
- 地球温暖化 自然災害の恐怖
- 災害・状況別 防災繪事典
- 自然災害の危機管理
- 繪で見るダムのできるまで 設計編 (コンクリートダム・フィルダム) II
- 繪で見るダムのできるまで 施工編 (コンクリートダム) IV
- 繪で見るダムのできるまで 施工編 (フィルダム) V
- 生死を分ける災害時とっきの判断力
- 家族を守る斜面の知識-あなたの家は大丈夫?
- 人工林荒廢と水・土砂流出の實態
- 最新環境綠化工學
- 地刑変化の科學 (風化と侵食)
- 森林・林業白書 底炭素社會を創る森林 平成21年版
- 森林水文學のゆくえを科學する
- 生物多様性綠化ハンドブック(豊かな環境と生態系を保全・創出するための計畫と技術)
- 斜面防災都市 都市における斜面災害の予測と対策
- グラウンドアンカー施工のための手引書
- 治山技術基準解説-總則・山地治山編
- 土砂災害調査マニュアル

- 現場技術者のための砂防地すべり防止工事
- 砂防學講座第6巻-2 土砂災害対策一扇狀地対策・土石流対策等(2)
- 土木研究所資料一砂防ダムの災害實態調査(昭和54年6月)
- 土木研究所資料一砂防に関するアイデア事例集(平成5年8月)
- 土木學會編 新体系土木工學 77砂防・地すべり急傾斜地崩壊
- 道路土工 のり面工斜面安定工指針
- 河川・砂防工事における木材活用工法ガイドブック(案)
- 土木工事設計・施工例集9 土木建設技術全書 土木施工編集委員會編 河川・砂防,ダム,上水道工事 設計・施工例集Ⅰ 41
- 土木工事設計・施工例集10 土木建設技術全書 土木施工編集委員會編 河川・砂防,ダム,上水道工事 設計・施工例集Ⅱ
- 土木建設技術全書一土木施工編集委員會編 土木施工法講座11一砂防・地すべり防止,急傾斜地崩壊防止施工法11
- 土木地質達人の智慧
- 地質リスクマネジメント入門
- [第二次改訂版]宅地防災マニュアルの解説[Ⅰ]
- [第二次改訂版]宅地防災マニュアルの解説[Ⅱ]
- グラウンドアンカー工法設計施工指針
- 流木と災害一發生から處理まで
- 建設事故Ⅱ-身近に潛む現場の事故72例
- 中國をよく知る地すべり研究者の四川大地震と山地災害
- 防護柵の設置基準・同解説(平成20年1月)
- 道路土工カルバート工指針(平成21年度版)
- 道路土工盛土工指針(平成22年度版)
- ジオパーク・マネジメント入門
- 洪水の水理-被害の評価と対策-
- 都市防災學
- 地球温暖化自然災害の恐怖〈第3巻〉地すべり・山火事・砂嵐
- 技術者の疑問に答える地すべり・崩壊
- 地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル
- 國土交通省 (2007), 砂防基本計畫策定指針(土石流・流木対策編)解説
- 國土交通省 (2009), <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/index.html>.
- 嶋 大尙 (2009), 土石流・流木対策施設の計畫・設計, 財団法人砂防・地すべり技術センター, http://open.nat.gov.tw/OpenFront/report/show_file.pdf.

3. 기타사항(중요 연구 변경사항 등)