

국토해양기술연구개발사업 성과총람 원고

주관연구기관명	강릉원주대학교 산학협력단
연구책임자명	박 상 덕

I. 과제 기본정보

사업명	지역기술혁신사업	
최상위과제명	산지하천도로 홍수피해 방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발	
(핵심·세부) 과제명	○ 산악지 도로 선형/배수 설계 및 재해예측 지도 개발 ○ 산지하천 수충부 방재기술 개발 ○ 토석류 제어기법 개발	
연구책임자 정보	(성 명) 박 상 덕 (전 화) 033-640-2417 (이메일) sdpark@gwnu.ac.kr (소 속) 강릉원주대학교 토목공학과	

II. 연구개발 배경 및 목표

1. 연구배경

- 강원지역은 산지가 89%를 차지하기 때문에 대부분 도로가 하천을 끼고 있으며 집중호우 시 하천 수충부의 홍수위 상승 및 하상세굴과 같은 빈번한 하천 홍수피해는 도로 등을 파괴시키는 직접적인 원인
- 산지하천은 지형 및 지질적인 요인으로 경사가 급하고 만곡수충부가 많이 발달되어 있기 때문에 홍수시 유속이 매우 빠르고 만곡 수충부에서 수위상승과 횡방향 수위변동이 심하다. 이는 산지하천의 동적 거동이 일반하천에 비하여 제한되어 있어서 하천의 형태학적인 변화가 크지 않음에도 불구하고 하천을 따라 발달된 도로 등과 같은 사회간접 시설을 파괴시키는 직접적인 원인
- 특히 만곡수충부는 홍수시 급류에 의한 인접도로의 빈번한 파괴를 초래함
- 그러나 산지하천의 홍수특성을 규명하고 방재설계를 위한 연구개발이 매우 미흡한 실정
- 따라서 강원지역에서 빈번히 발생하는 산지하천의 홍수피해를 방지하기 위하여 본 연구에서는 산지하천의 특성을 조사하고 홍수시 홍수량, 하상변동, 수충부의 수위변동 및 세굴을 예측하여 산지하천 시설물의 안전설계 기법을 개발하고자 함
- 산지계곡부에 위치하고 있는 산지도로는 집중호우에 의해 산사태나 토석류 및 유목 등 유송잡물에 의해 도로 배수체계가 파괴되는 등 인명과 재산피해 매년 반복됨
- 지역적 특성을 고려한 대책공법의 부족과 한정된 지방재정여건으로 인한 지역인프라의 구축 미흡, 토석류에 의하여 피해를 받는 관리주체와 관할권 문제로 원활한 업무협조 미비

○ 매년 반복되고 있는 호우로 인한 강원지역의 도로 피해를 줄이기 위해 산사태 및 토석류 재해를 고려한 도로선형 설계 및 배수설계 등 도로의 방재설계 기술 개발이 필요함

2. 연구목표

- 강원 산지하천도로 피해 Database 조사 및 분석을 통한 산사태 및 토석류 위험도 평가모델 개발
- 산지하천도로 재해예측지도 작성 및 산지하천도로의 산사태 및 토석류 위험도와 경제성 분석평가 시스템 개발
- 산지하천도로 방재를 위한 대안노선 선정 및 도로선형 설계 기술 개발
- 산지하천도로 배수 구조물 설계
- 강원지역 재해지도 작성 및 대안노선 평가 통합시스템 개발
- 강원지역의 산지하천 시험유역 운영을 통해 산지하천 특성자료를 구축
- 산지유역의 홍수유출해석 기법과 산지하천의 하상변동 예측모형
- 산지하천 수충부 호안공법 개발
- 산지하천 수리시설물 안전설계 기법을 개발
- 산지하천 수충부 방재설계 지침 제시 및 재해 위험지도를 작성함
- 토석류 제어 기법 개발
- 토석류 재해저감을 위한 시설기준 및 지침제안

III. 연구개발 내용 및 결과물

1. 주요 연구내용

(1) 강원 산지하천도로 피해 Database 조사 및 분석을 통한 산사태 및 토석류 위험도 평가모델 개발

- 강원권 및 전국단위의 산사태 및 토석류 피해지를 대상으로 한 Database구축
- 산사태 및 토석류 특성 및 영향 인자분석
- 산사태 및 토석류 위험도 평가 모델 개발
- 강원권 3개 국도 및 서울시 우면산에 대한 모델의 신뢰성 검증

(2) 산지하천도로 재해예측지도 작성 및 산지하천도로의 산사태 및 토석류 위험도와 경제성 분석평가 시스템 개발

- 도로선형 설계기법 제안연구
- 대안노선 선정 및 평가시스템의 실무 검증 및 활용방안 연구
- 산지하천 도로선형 설계 모델기반구축
- 산지하천 도로선형 설계 잠정안 개발

(3) 산지하천도로 방재를 위한 대안노선 선정 및 도로선형 설계 기술 개발

- 대표위험구간별 재해위험도 평가 시스템 구축
- 기존 도로 설계 프로그램과의 연계성을 고려한 인터페이스 보완
- 피해현장 현장조사 및 시범노선 적용을 통한 프로그램 보완
- 산지하천도로 방재를 위한 도로설계기법 초안 작성

○ 산지하천 도로선형 설계 S/W 주요엔진 개발
(4) 산지하천도로 배수 구조물 설계 및 실제규모 토석류 실험수행 ○ 호우 피해 배수구조물 현장 조사 및 분석 ○ 토석류 영향 인자 및 관련 변수 분석 ○ 배수구조물 설계 개선안 제안 및 평가 및 보완 ○ 배수구조물 내 토석류 유동 해석을 위한 수리 실험 및 수치해석
(5) 강원지역 재해지도 작성 및 대안노선 평가 통합시스템 개발 ○ 산지하천도로 재해예측지도 및 재해 위험도 분석기법을 위한 유관기관의 DB 조사 및 예측 시스템 조사 ○ 재해 원인별, 피해 유형에 따른 산지하천도로 재해예측지도 표준화 방안 연구 ○ 강원지역 재해지도 작성 ○ 대안노선 평가 통합시스템 개발
(6) 산지하천 특성자료 구축 ○ 강원지역 산지하천 시험유역 운영 ○ 산지하천의 특성 및 조도계수를 조사 ○ 수위-유량 관계곡선 개발
(7) 홍수유출 해석시스템 개발 ○ 산지유역 집중호우 특성을 반영할 수 있는 설계강우 정량화 ○ 홍수유출 해석기법 개발 ○ 사용자 시스템 구축
(8) 산지하천 하상변동 예측모형 ○ 산지하천 1차원 하상변동 예측모형 개발 ○ 산지하천 만곡수충부 하상변동 예측모형 개발 ○ 산지하천 소류사 측정 및 유사량 산정공식 개발
(9) 산지하천 수충부 호안공법 ○ 산지하천 만곡수충부의 홍수피해, 홍수위 특성 등의 관계를 조사 ○ 만곡수충부 세굴심 산정기법 ○ 만곡수충부 홍수위 산정기법 ○ 산지하천 호안설계를 위한 편람작성 및 검토 프로그램 개발
(10) 산지하천 수리시설물 안전설계기법 ○ 산지하천 수리시설물 피해유형 조사 ○ 유속저감 기법 및 수리시설물 안전설계 지침작성
(11) 토석류 제어공법의 개발 ○ 강원 산지지형과 토석류 발생의 상관관계 분석 ○ 토석류 거동 예측모형 재현을 위한 이론적 연구수행 ○ 토석류 발생 환경인자와 저감공법 거동 물리특성 파악 ○ 다중제어 시스템 시뮬레이션 및 시공메뉴얼 제시

- 토석류 발생 및 거동예측 모델의 개발 및 검증
- 토석류 제어공법의 시험시공 및 모니터링
- 실제규모 토석류 실험 지원
- 토석류 발생 저감공법 개발
- 토석류 발생 특성 분석 및 저감공법 잠정(안) 도출

(12) 토석류 재해저감 시설기준 및 제도 개선

- 토석류 특성 파악 및 기존의 공법, 시설기준 분석
- 사방시설의 효율적 유지관리 방안제시
- 토석류 제어 설계 잠정안 수립
- 토석류 재해저감을 위한 시설기준 확립

2. 연구개발 결과

※ 관련사진을 반드시 첨부하고, 캡션으로 설명

(1) 강원 산지하천도로 피해 Database 조사 및 분석을 통한 산사태 및 토석류 위험도 평가모델 개발

- 산사태 위험도 예측 모델

<산사태 발생 확률모델 예측 유발 인자>

영향 인자	산사태 발생 여부(Target, 1: 발생 0 : 미발생)
사면인자 (o), S	위험경사도(29o) - 경사도
경사방향지수, SI	남, 남동, 남서, 서 = 1 북, 동, 북동, 북서 = 0
건조단위중량 (t/m ³), γ_d	사양토 = 1.7, 양토 = 1.65, 미사질양토 = 1.5
강수량 (mm), R_{3day}	3일 누적 강수량
산불이력, F	산불 발생 유무 (재해 발생이전 7개년) 1 : 발생, 0 : 미발생
영급분포 (year), T	1급 = 5, 2급 = 15, 3급 = 25, 4급 = 35, 5급 = 45, 6급 = 60

$$\text{산사태 발생 확률 } (P) = -84.480 - 0.1S + 0.001T + 2.22S_I + 44.125\gamma_d + 2.517F + 0.023R_{3day}$$

○ 토석류 위험도 평가 모델

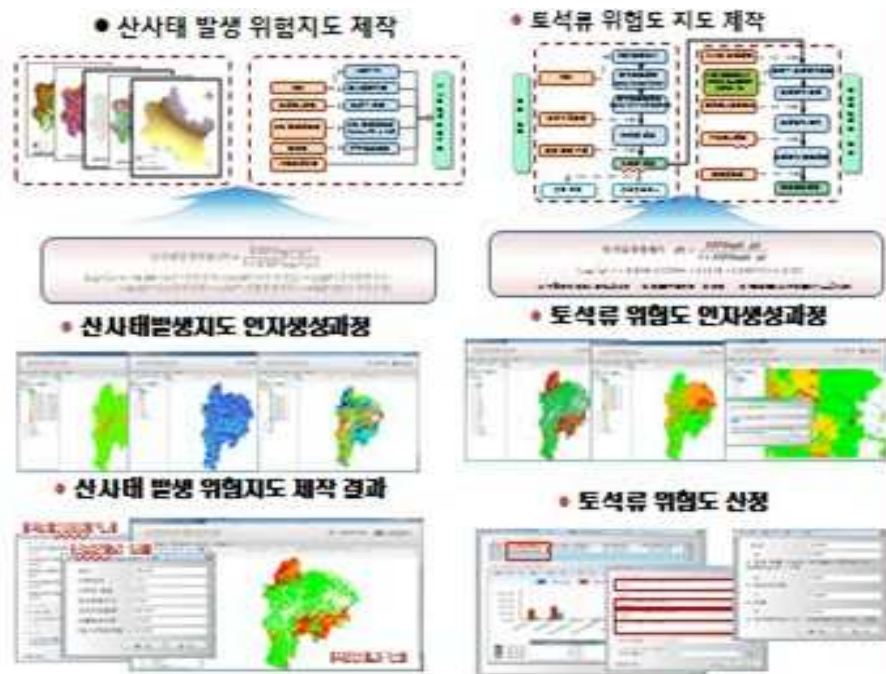
<유역별 토석류 위험도 평가 영향인자 정리>

영향인자 기호	영향인자 상세 설명
A	유역내 산사태 발생확률이 80%이상인 지역의 면적 x 토피 (m3/100)
B	연속강우량(mm)
C	암종(퇴적암, 변성암(편마암):1),(화성암:0)
D	토석류 침식인자 (유로평균경사 x 유역면적((° x m2)/100))

$$\text{유역별 토석류 위험도 Logit}(p) = -9.949 + 0.004 \cdot A + 0.01 \cdot B + 5.487 \cdot C + 0.015 \cdot D$$

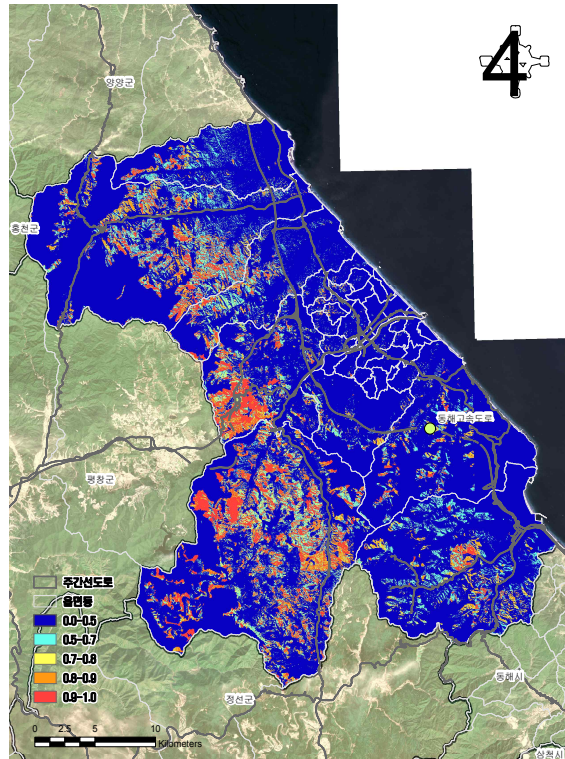
(2) 산사태 및 토석류 위험도 평가 시스템 및 산지하천도로 재해예측지도 작성

○ 산사태 및 토석류 평가 시스템



<산사태 및 토석류 평가시스템>

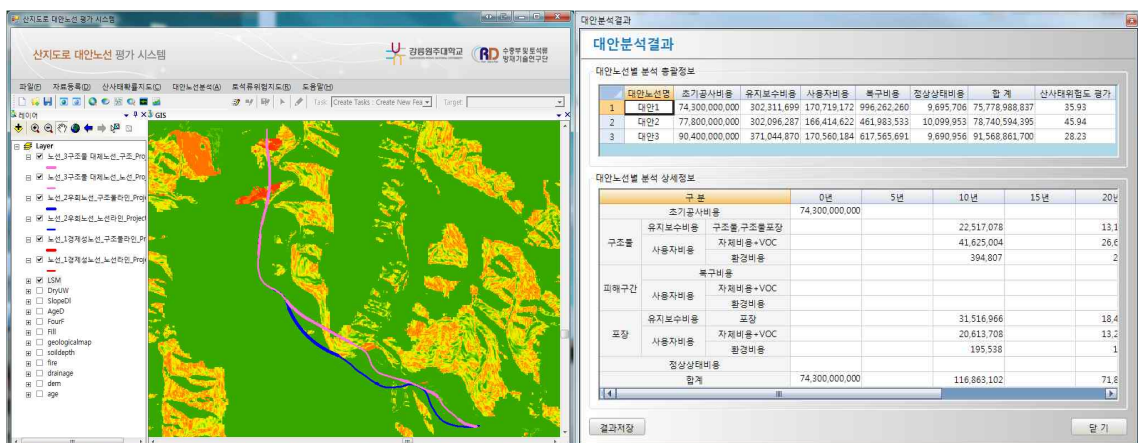
○ 산사태 재해지도 작성



<강릉시 산사태 발생확률지도(3년 빈도)>

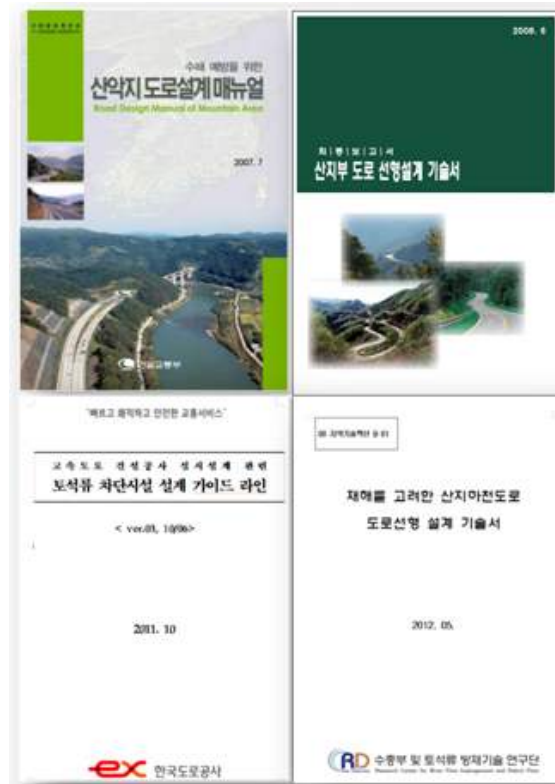
(3) 산지하천도로 방재를 위한 대안노선 선정 및 도로선형 설계 기술 개발

○ 산지도로 대안노선 평가 시스템



<산지도로 대안노선 평가 시스템 및 대안노선별 LCC 분석 및 산사태 재해위험도 분석화면>

○ 재해를 고려한 산지하천 도로 도로선형 설계 기술서



<재해를 고려한 산악지 도로설계 매뉴얼 및 산지부 도로 선형설계 기술서>

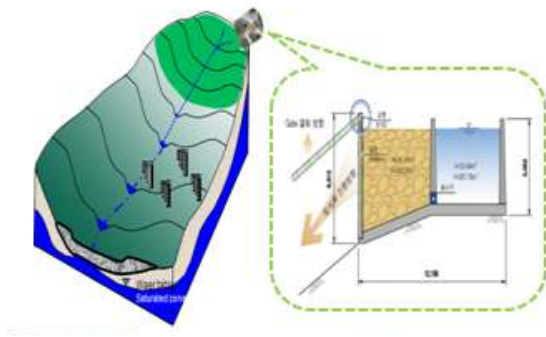
(4) 산지하천도로 배수 구조물 설계 및 실제규모 토석류 실험수행

○ 산지하천도로 배수구조물 설계

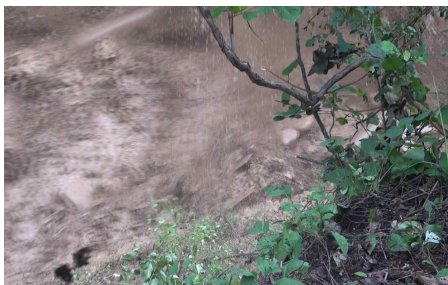
개정(안) - 1제2012.1.29	개정(안) - 1제2012.1.29 제15장 토석류(신설)
<그림 15.2.4> 토석류발생지역의 토석류 차단시설 15.2.3 토석류 흐름 제어 방법 - 상류로부터 발생한 토석류를 차단하는 방법은 다음과 같다. • 배수시설의 유입부 또는 도널드 구배의 상부에서 차단(Intercepting) • 배수시설의 유입부 근처에서 주회(deflecting) • 배수시설의 종파(flowing) (1) 차단방형 토석류가 배수시설 유입부로 들어오기 전까지 배수시설의 유입부 앞에 스크린 또는 차단 기둥을 가하는 구조물을 설치하는 방법. (2) 우회방형 배수시설의 유입부 앞에 우회시설을 설치하여 토석류가 시설 주변의 다른방향으로 우회 또는 일시 저류시키는 방법. (3) 통과방형 배수시설의 크기 및 토류의 속도를 조절하여 토석류가 배수시설 유입부에 퇴적되지 않게 통과시키는 방법. 15.2.3 토석류 차단시설 종류 • 토석류 차단시설은 교량형과 기역형으로 구분되며, 형식적 따라 통과형, 차단형, 부분 통과형으로 구분된다. 토석류 차단시설은 토석류 상류, 중류, 하류에 설치할 수 있으며, 상류부에 설치하는 시설은 중류와 하류에 목적을 두고 있으며, 하류부에 설치하는 시설은	15.1 적용범위 이 장은 토석류로 인한 시설물의 파손, 붕괴 또는 정지시킴이 위한 대책의 설계에 적용한다. • 토석류(debris flow)는 우수의 흐름에 의해 토사, 암석, 나무가지 등이 원지바닥으로 부딪히 분산되어 이동하는 현상으로, 물보다 가벼운 부유물과 물보다 무거운 이동물인 토사 또는 암석이 물결의 혼합물 형태로 이동하는 형태이다. 따라서 토석류 차단시설은 토사, 암석, 나무가지 등 토석류의 지체 도로 매수관, 암기 등의 약점으로 피해가 예상되거나 이미 피해가 발생한 지역에서 추가적으로 토석류 발생이 예측되는 도로 절도지 및 내의 경우이다. 특히, 도로변터원은 토석류 차단시설을 도로 부근에 필요한 거리에 설치하며, 도로 부근의 지형의 지형으로 설치에 필요한 경우, 인입장 등지에는 관계기관에서 설치 할 수 있도록 협의한다. 15.1.1 토석류의 특성 • 토석류는 주로 비탈면 또는 계곡부 상부에서 발생하며, 일반적으로 표토층을 구성하고 있는 풍화토층이 상부로 인해 토류상태가 되어 빠른 이동속도로 중역의 방향으로 낙하하는 산사태의 일종이다. • 토석류는 전단부의 유량이 크고, 가장 끝이 급이 유한하며, 경사면의 2~3° 정도가 될 때까지 흘러내린다. 유속은 돌이나 자갈이 주로 포함된 경우에는 10m/sec 이내이고, 이류형인 경우에는 20m/sec 정도도 매우 빠르다. • 토석류는 물의 혼합된 토석이 빠른 속도로 흘러내리면서, 주변에 있는 바위나 나무와 함께 제방의 출구까지 도달하여 부딪히면서 물의 파기는 경우가 있다. 제방에는 경사가 완만해지면서 토석류가 멈추게 되지만 많은 양의 부유물과 토사가 쌓인다. • 토석류가 발생하기 쉬운 장소는 산사태의 경사가 급한 계곡부에서 제방의 측면이나 상류에 위치하기 쉬운 토사가 많이 있는 곳이다. 경사면에는 물이 흐르며 많은 양의 물과 기이하지만, 돌이나 큰 암석, 흙탕물이 흐름이 빠른 장소로 변하는 것도 토석류가 발생하기 쉬운 곳이다. 그리고, 제방의 출구에서 차단된 돌이나 바위가 물과 함께 있는 지형도 차가워 토석류가 발생하였을 가능성이 있다. • 토석류의 발생형태는 다음과 같이 크게 세 가지로 구분된다. (1) 제방 바닥에 퇴적된 토사가 우수의 의한 유속으로 유입된 퇴적토사, 부유물 등을 모아서 토석류로 발전하는 형태 (2) 조수에 의해 계곡부 비탈면 기반이 토류되어 비탈면이 붕괴되거나 붕괴된 토사가 우수 또는 표면 흐름수와 혼합되어 유속증대의 토석류로 발전하는 형태 (3) 제방부 또는 비탈면 토사가 단기간에 퇴적되고 조수의 의해 일시적인 일시적 퇴적되어

<산지하천도로 배수구조물 설계 지침안>

○ 실제규모 토석류 실험



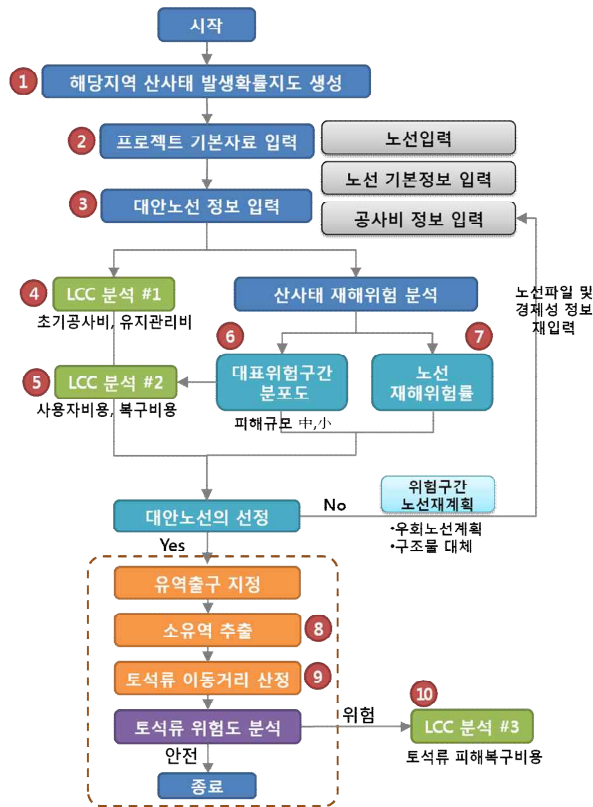
<실제규모 토석류 실험장치>



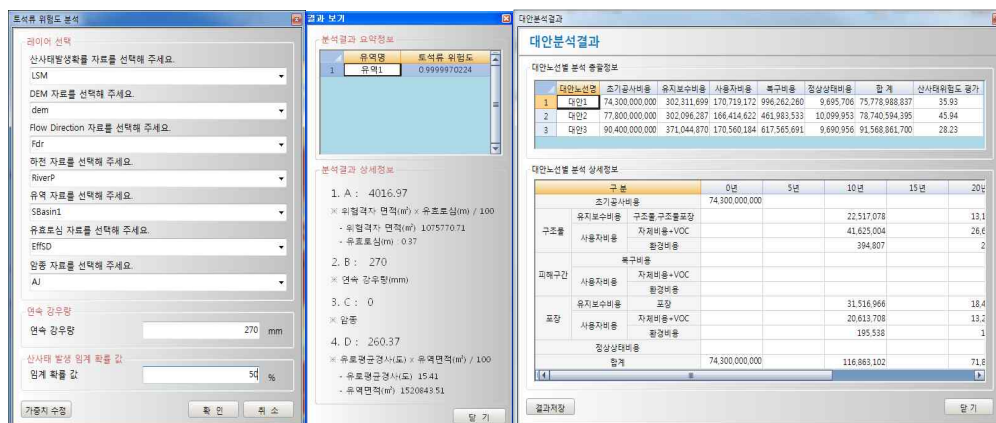
<실제규모 토석류 실험 모습>

(5) 산지로 대안노선 평가시스템 통합프로그램 개발

○ 산지로 대안노선 평가시스템 통합프로그램



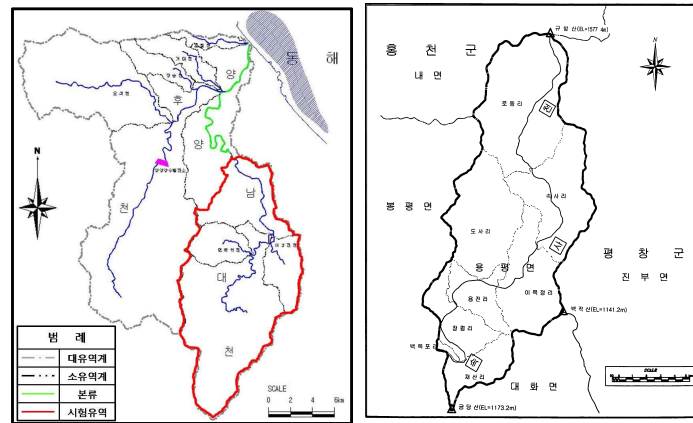
<통합프로그램알고리즘>



<산사태 및 토석류 위험도 분석 및 대안노선 선정 모습>

(6) 산지하천 특성자료 구축

○ 강원 영동과 영서지역을 대표하는 시험유역 선정



<양양남대천 시험유역>

<속사천 시험유역도>

○ 시험유역의 하천 및 유역특성과 유량, 유사량, 조도계수 등 조사

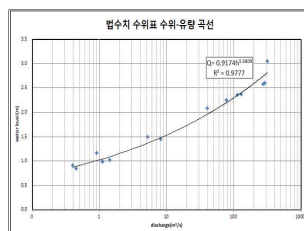


<전자파 표면 유속계 유속측정 장면>

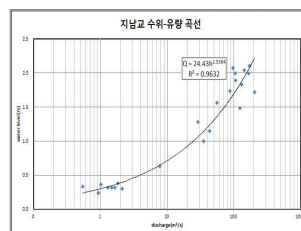


<구형봉부자 유속측정장면>

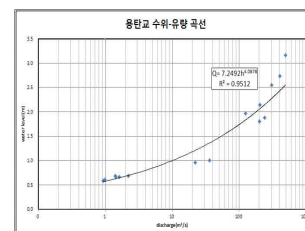
○ 시험유역내 6개소의 수위-유량 관계곡선 개발



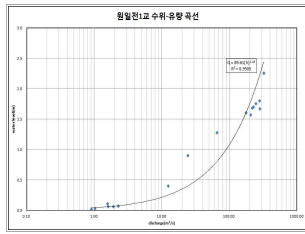
<범수치 수위관측소
수위-유량 곡선>



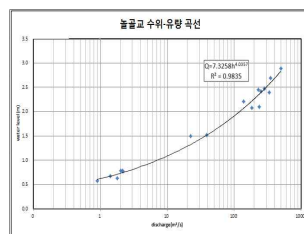
<지남교 수위관측소
수위-유량 곡선>



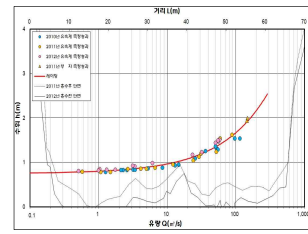
<용탄교 수위관측소
수위-유량 곡선>



<원일전1교 수위관측소 수위-유량 곡선>



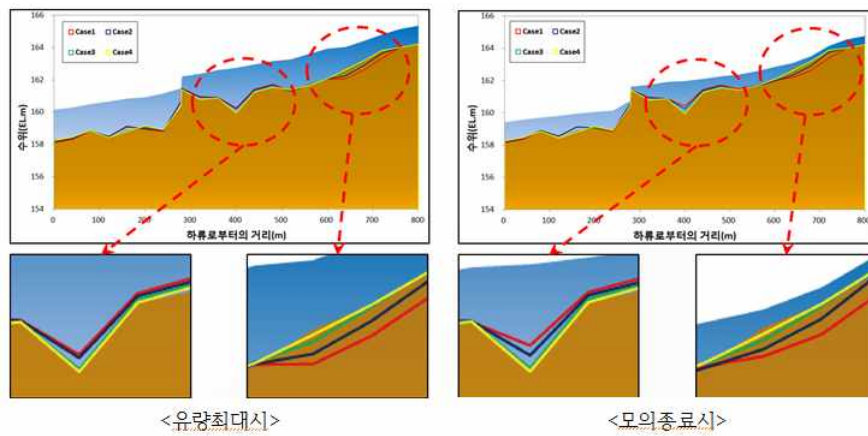
<원일전1교 수위관측소 수위-유량 곡선>



<속사천 수위관측소 수위-유량 곡선>

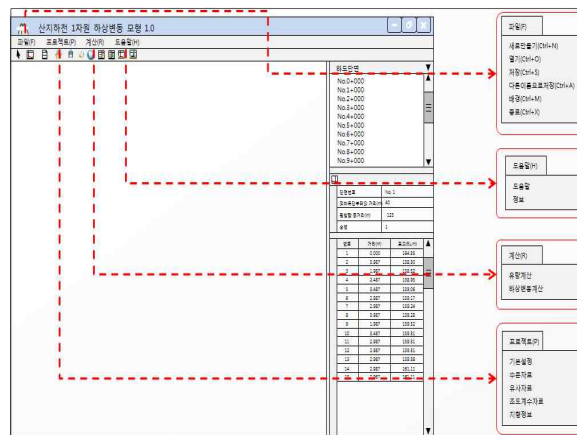
(7) 산지하천 하상변동 예측모형 개발

○ 산지하천 하상변동 1차원 예측모형 개발



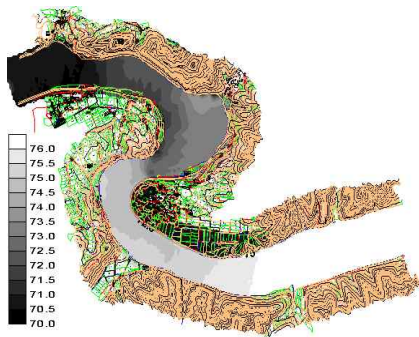
<성능검증 결과>

○ 산지하천 하상변동 설계 실무를 위한 가이드라인 개발

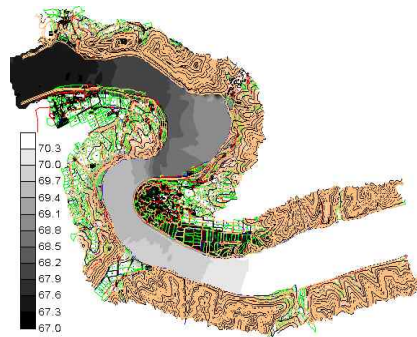


<산지하천 1차원 하상변동 모형 메뉴 구성>

○ 만곡부 2차원 흐름 모의

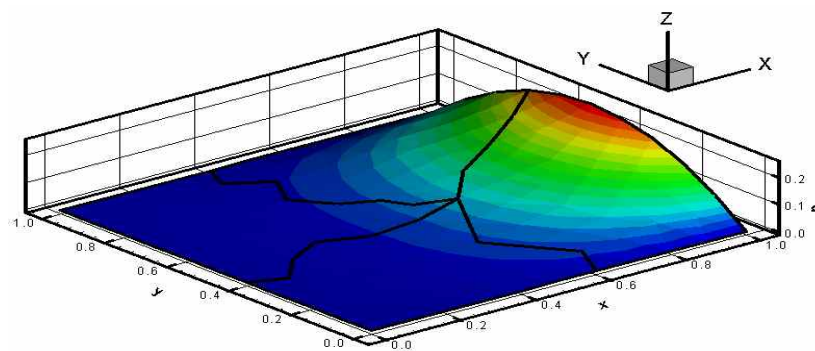


<모의조건별 정상류 흐름 계산
결과(수위, EL. m) (F-I)>



<모의조건별 정상류 흐름 계산
결과(수위, EL. m) (F-II)>

○ 산지하천 만곡수충부 2차원 하상변동 예측 모형 개발



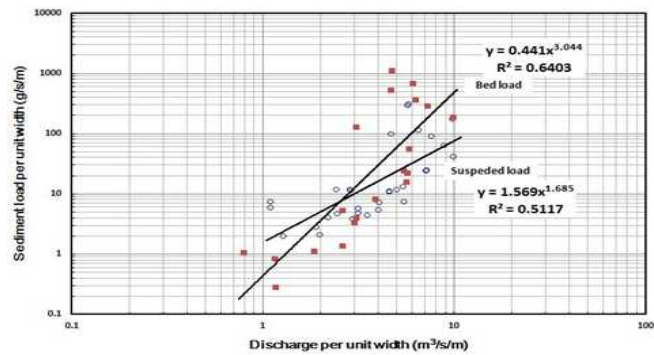
<해석 결과 (영역 내부의 선은 프로세서 사이의 경계)>

○ 산지하천 소류사 측정 기술 개발을 통한 소류사 측정



<소류사 측정 장치 개발 및 현장적용>

○ 산지하천 유사량 산정공식 개발



<부유사량 및 소류사량과 유량 관계>

(8) 산지하천 호안공법 개발

○ 산지하천 편수위 현장측정 및 급경사 이동상 만족부 수리실험



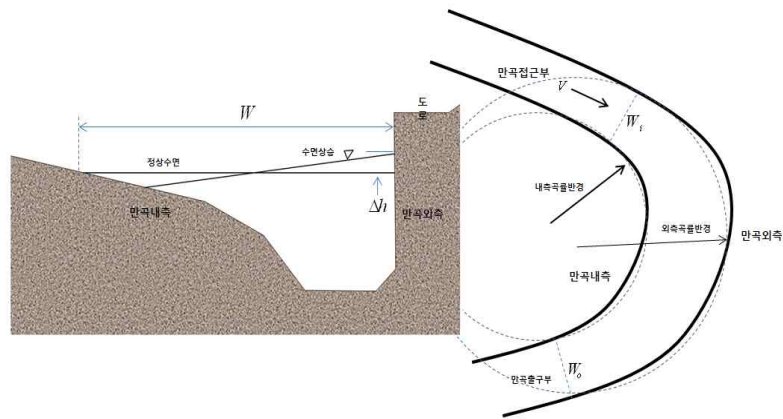
<홍수위상승 조사지점>



<이동상 수리실험 전경>

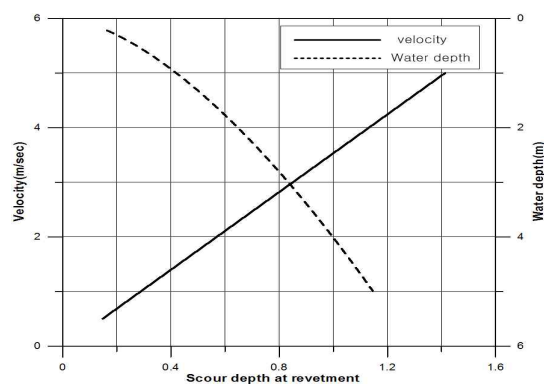
○ 편수위 산정기법 및 편수위 계수 결정인자 제안

$$\Delta h = CWF_{im}^2$$



<하천 만곡수충부의 홍수위에 관련된 주요 용어>

○ 산지하천 만곡수충부 세굴심 산정 공식 개발



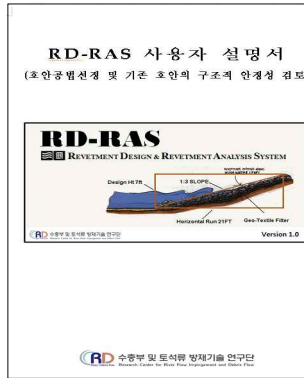
<유속과 수심변화에 따른 호안세굴심 범위 >

○ 산지하천 수충부 호안설계 편람 작성

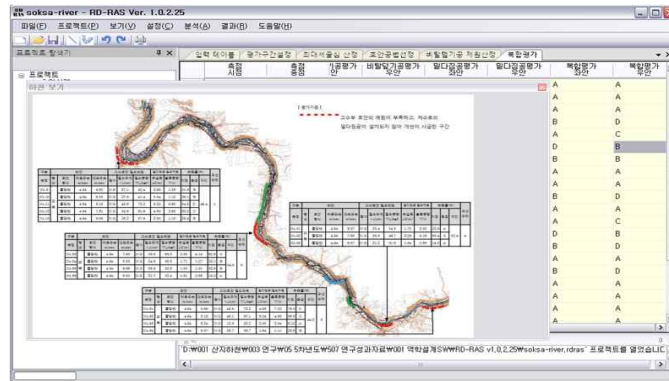


<호안설계 편람 작성>

○ 호안평가 소프트웨어 개발 및 사용자 매뉴얼 작성



<사용자 매뉴얼>



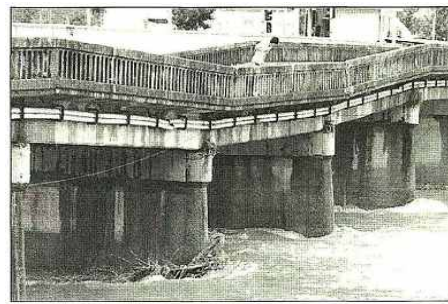
<RD-RAS를 이용한 호안의 구조위험도 평가결과>

(9) 산지하천 수리시설물 안전설계 기법 개발

○ 산지하천 수리시설물 피해유형 조사

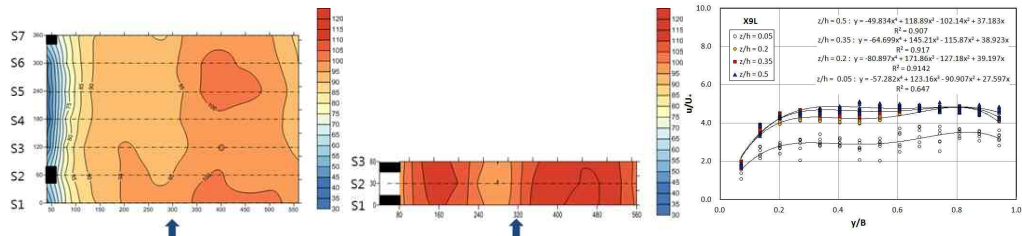


<산지하천 만곡수충부 피해>



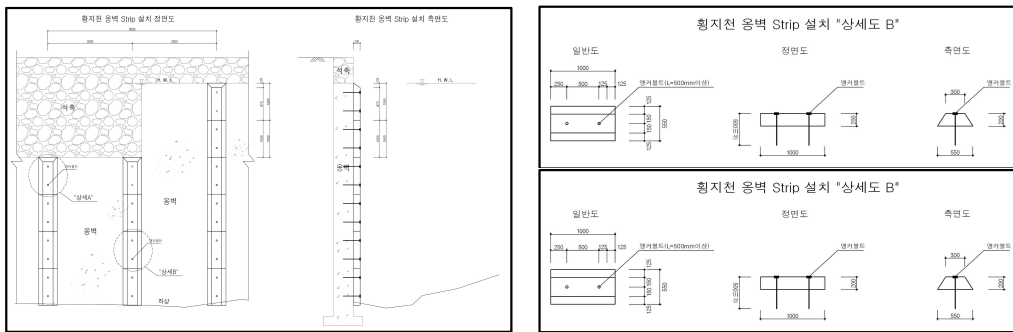
<부세굴에 의한 교량피해>

○ 최적 유속저감장치 제시



< 속저감장치 수리실험 - 평면 및 횡단면 유속분포 Relationship $u/U_* - y/B$ >

○ 유속저감 최적 시설 설계



< 속저감시설 설치 개념도>

< 속저감장치 상세도>

○ 유속저감 시설 시범적용

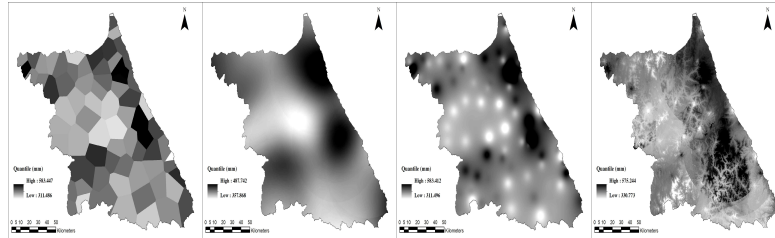


< 속저감시설 시범설치 전경(태백황지천 수해피해 복구현장)>

○ 산지하천 만곡부 유속저감 기법 및 수리시설물 안전설계 지침 작성

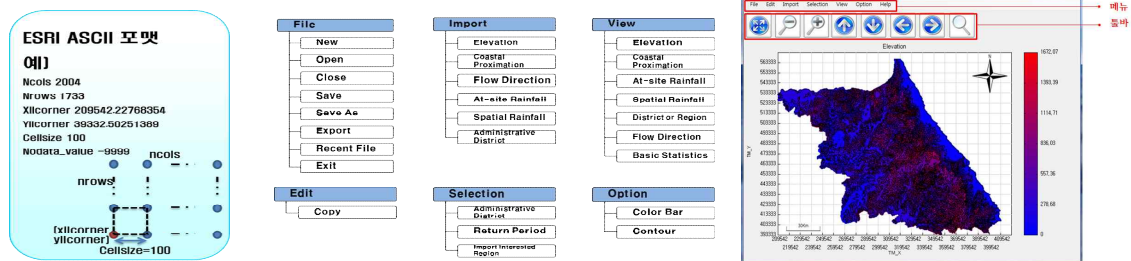
(10) 산지유역 홍수유출해석 시스템 개발 및 재해위험지도 작성

○ 산지유역 설계 강수량 산정 프로그램 개발



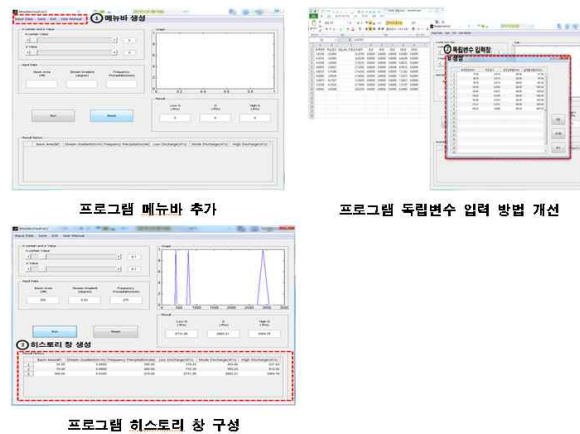
<Spatial distribution analysis for 24 hour-duration and 100 year-return period>

○ 강원지역 설계 강수량 산출을 위한 GUI시스템 구축



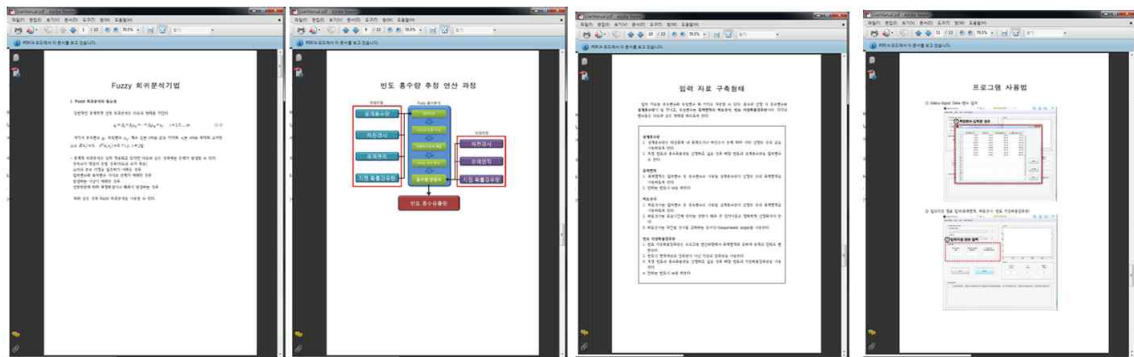
<GUI시스템 구축 (SAR v1.0)>

○ 산지유역 홍수유출 사용자 시스템 개발



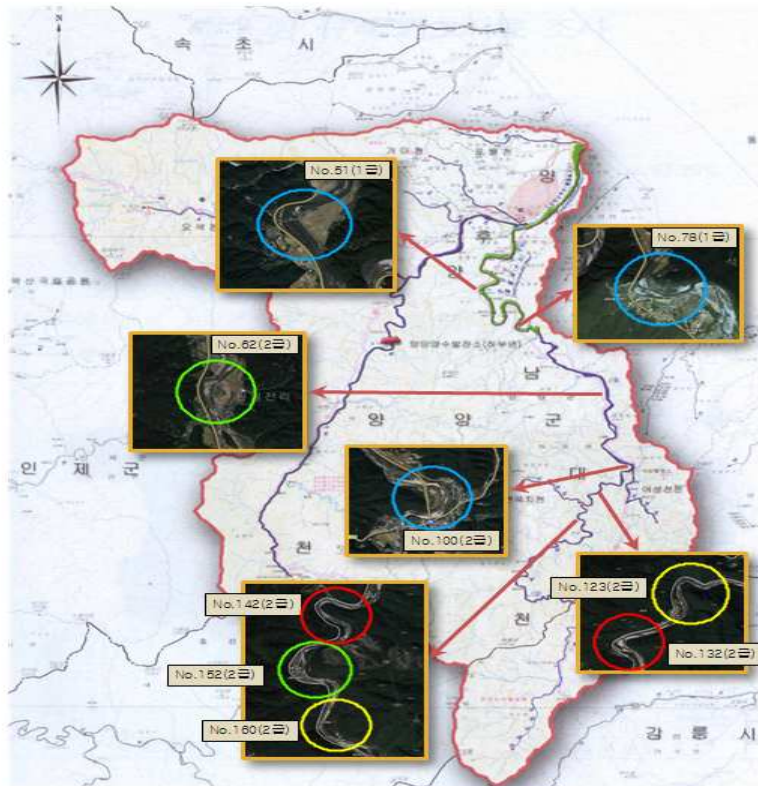
<홍수량 산정 프로그램 사용자 시스템 구축>

○ 산지유역 홍수유출 사용자 매뉴얼 작성



<개발된 프로그램에서 실행된 사용자 매뉴얼>

○ 산지하천 시험유역(양양남대천) 재해위험지도 작성

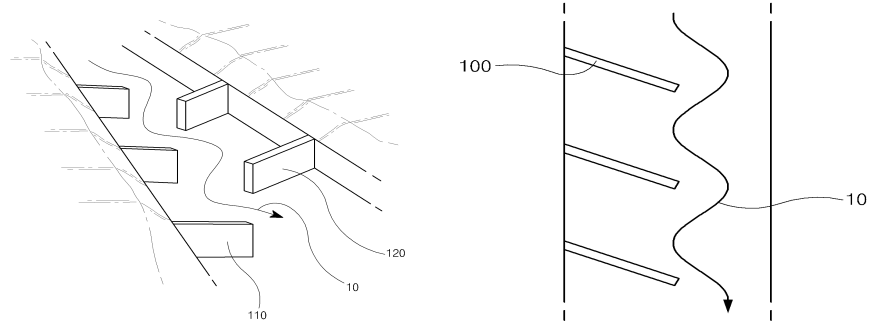


<재해위험도

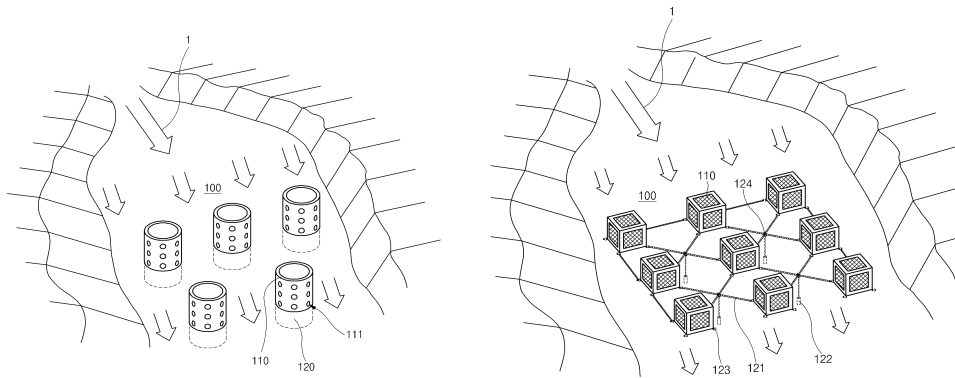
(녹색-최적 안정, 파랑-다소 안정, 노랑-약간 높음, 빨강-아주 높음)>

(11) 토석류 제어기법 개발

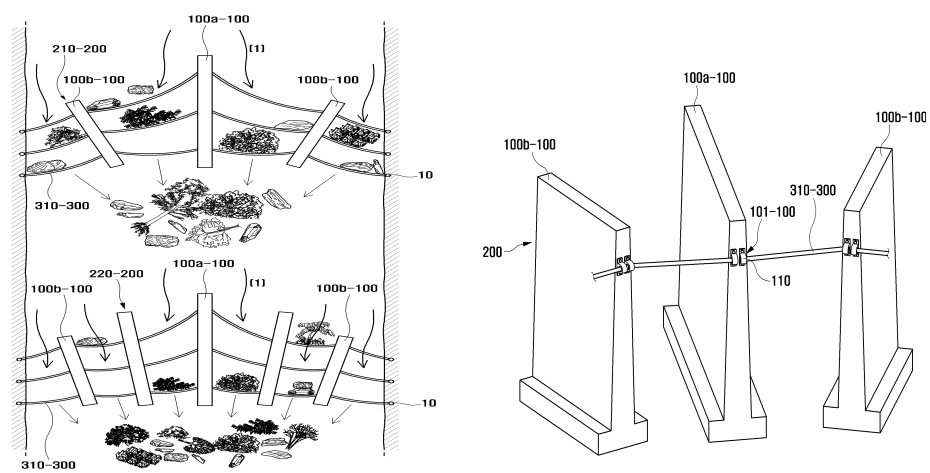
○ 토석류 제어공법 개발



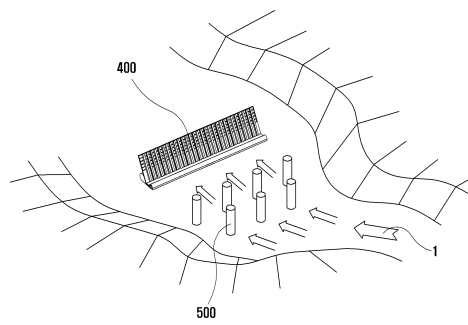
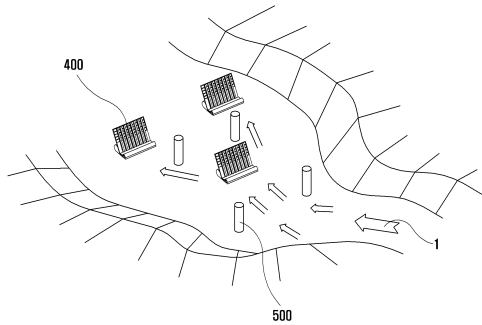
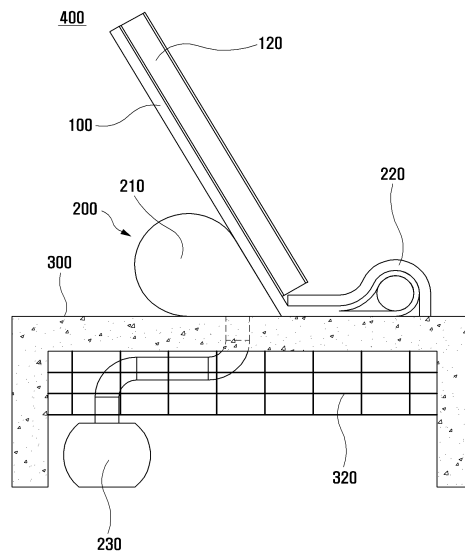
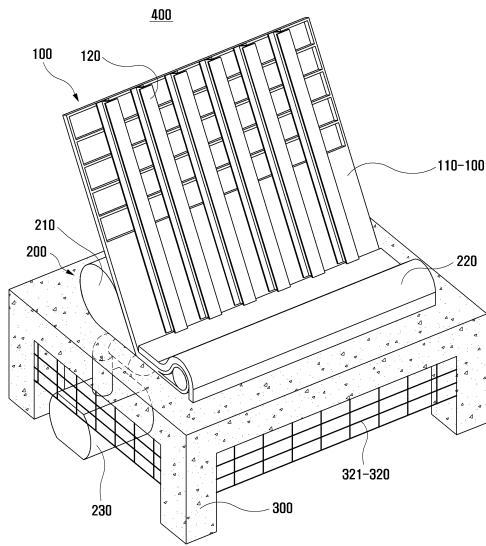
<사방댐 구조물 도면>



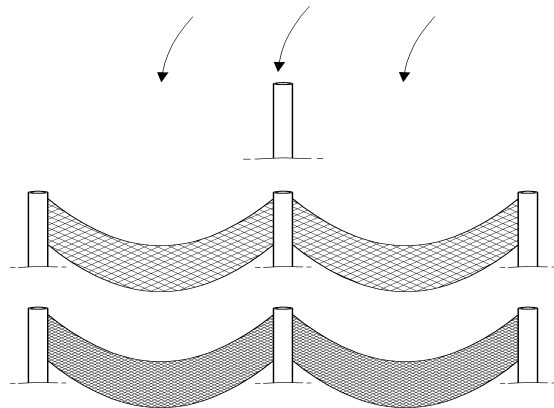
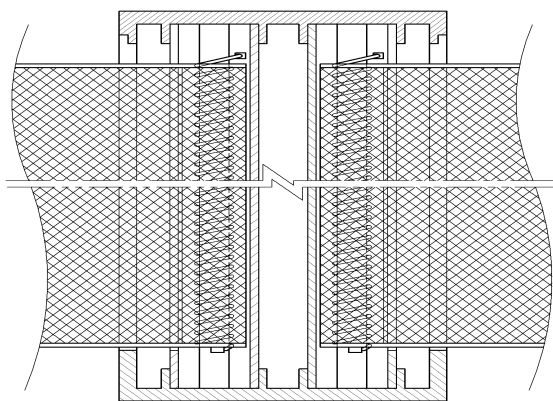
<복수의 중공형 구조체를 갖는 사방댐 구조물 도면>



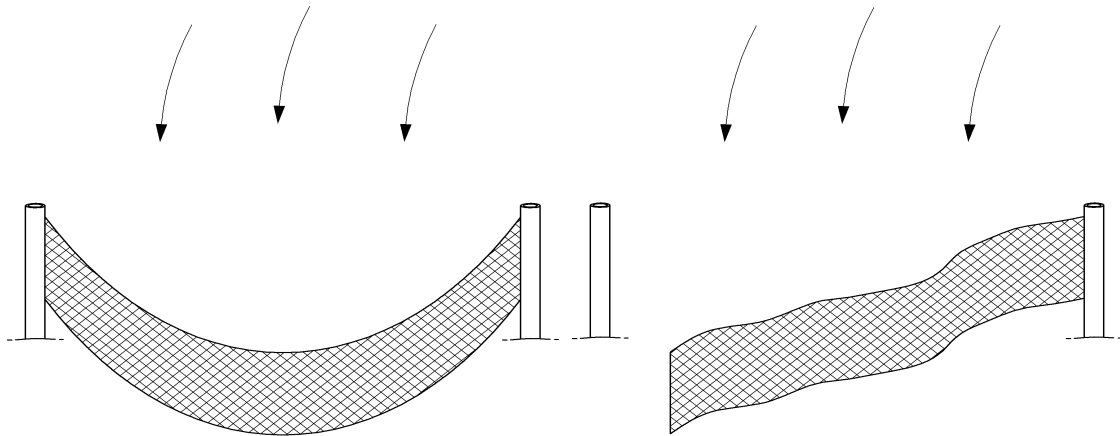
<중방향 사방댐 구조물 도면>



<사방댐 구조물 도면>

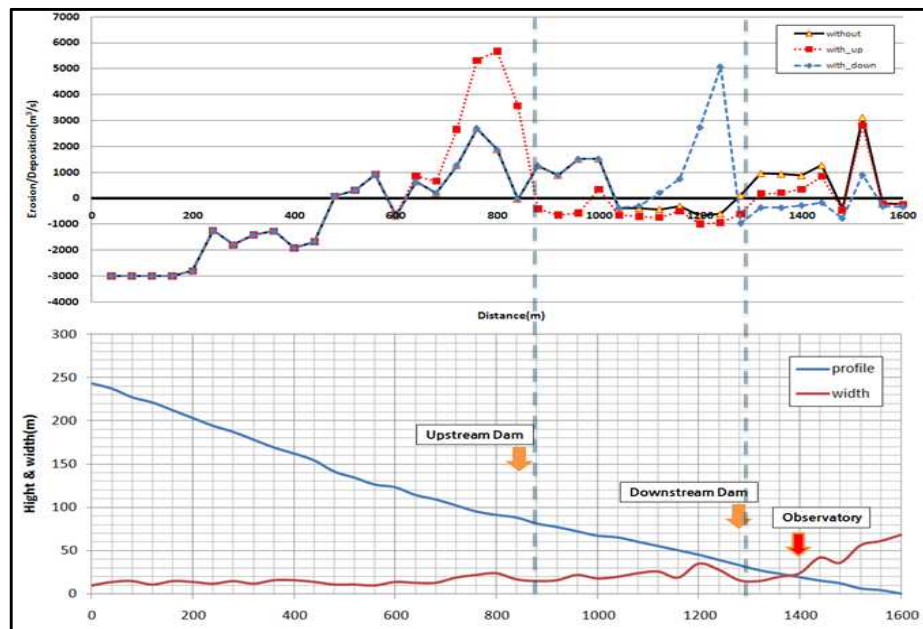


<토석류에 의한 재해방지 구조물 도면>



<재해방지 구조물용 지지말뚝 도면>

○ 토석류 해석 프로그램 개발(DFAM 1D)



<토석류 발생 위험지역에 대한 해석모형의 적용>

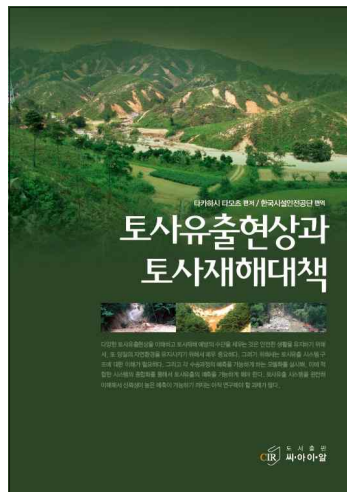


<실규모 토석류실험 공법 적용>

(12) 토석류 재해저감 시설기준 및 제도개선

○ 기술서적 발간

- 토석류 재해 조사법
- 토사유출현상과 토사재해 대책
- 유목과 재해



<기술지도서적>

○ 설계기준, 지방서, 지침 반영

- 건설공사 비탈면 설계기준 및 표준지방서
- 도로비탈면 배수시설 유지관리 매뉴얼
- 토석류·유송잡물 재해저감 시설물 유지관리 매뉴얼
- 고속도로 토석류 대책설계 매뉴얼
- 고속도로 토석류 조사 및 대책설계지침
- 토석류 방재시설물 및 제도적 개선사항

3. 연구개발 성과

(1) 공공적 성과

- 강원지역 산지하천부 재해를 예방할 수 있는 도로건설 유도
- 산지하천도로의 재해에 대한 사전방지 및 저감을 위한 토석류, 수충부 피해를 예측 기술을 확보하여, 도로 선형 및 배수기준을 개선함으로써 재해를 대폭 저감
- 국내 재해예측을 위한 데이터의 축적과 분석기술의 확보를 통해 산지도로 방재기술의 선진화
- 독자적인 국내기술의 개발을 통한 외국기술 도입비 절감효과 및 재해피해 저감을 통한 인명손실, 재산피해 방지
- 수리특성의 해석을 위한 모형의 개발의 경계조건 제공과 모형의 검정과 검증자료의 기반을 구축
- 실무에서 쉽게 적용이 가능하도록 평가소프트웨어의 개발하여 연구성과에 대한 보급을 고려하였으며, 나아가 산지하천 수충부를 보호할 수 있는 호안공법의 제시
- 호우시 많은 피해가 발생되고 있는 강원도의 하천 수충부와 산지하천도로의 방재설계 선진화 기술개발의 연구결과는 정부가 추진하고 있는 풍수해에 대한 예방적 차원의 재해대책에 직접적으로 기여
- 토석류 저감기법을 실제현장에 적용하고 있는 소방방재청, 산림청, 지방자치단체, 기업과 같은 설계 및 시공담당자들에게 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 시설기준 및 제도개선과 같은 정책에 반영될 수 있을 것으로 기대
- “토석류 재해저감을 위한 시설기준 및 제도개선”을 위한 연구과정 중에 획득된 국내외 정책동향 및 관련법령 등의 제도적 관련 정보를 바탕으로 기존에 제정된 정부관련 기준의 개선·보완 및 재해·재난 예방정책에 활용될 것으로 판단
- 또한, 토석류 재해 억제·저감기술에 대한 설치근거, 기준 및 제도적 가이드라인을 제시함으로써 토석류 및 유충잡물에 의한 피해를 최소화시키기 위한 “자연재해 방재정책 수립” 등에 활용될 것으로 판단

(2) 기술적 성과

- 특허 : 13건
- S/W 등록 : 10건
- 기술실시계약 : 2건
- 기술서적발간 : 9건

(3) 학술적 성과

- 국내외 학술지 게재 : 63건
- 국내외 학술회의 발표 : 157건

(4) 경제적 성과

- 산사태 및 토석류 발생을 예측함으로써 도로선형 계획시 재해를 고려한 노선설계가 가능하므로 도로피해에 대한 복구비용 및 유지보수비용 절감
- 도로의 특성을 반영한 최적의 피해저감 공법을 표준화하여 설계 및 시공비용을 절감하고 재해예방과 복구에 소요되는 비용 및 시간을 절감
- 산지하천도로의 배수구조물 성능개선에 의한 유지보수 비용절감 및 설계 비용절감
- 본 연구에서 제안되는 유지관리 방침은 예방적 유지관리에 따라 주기적인 점검과 적절한 보수·보강방안을 제시함으로써 사후복구가 아닌 사전대비의 정책변화와 예산절감 효과를 기대
- 연구과정중 발간된 연구보고서는 재해관련 공무원들의 토석류 재해예방을 위한 정책 자료로도 활용될 수 있을 것으로 판단
- 토석류 재해예방을 통한 인명 및 재산피해 최소화
- 설계표준화 및 요령집을 통한 효율적인 사방시설물 운영
- 토석류 재해예방 으로 복구에 소요되는 비용 및 시간 절감
- 토석류 예방을 위해 적용할 수 있는 공법에 대해 지침서를 제시함으로써, 지역 개발 및 도로 개설을 위한 설계에 토석류 예방공법을 적용하여 토석류 재해에 따른 소요 비용절감 효과를 얻을 수 있음
- 효과적인 토석류 저감공법의 타당성 검토로 설계의 질을 높이고 경제적인 시공이 가능
- 토석류로 인한 도로나 교량 등 사회기반시설의 피해를 줄임으로써 토석류로 인한 직접적인 인적/물적 피해의 감소 뿐만 아니라 해당지역의 물류이동이나 효율적인 토지이용 등을 유도할 수 있기 때문에 부가적인 경제활성화 효과가 큼

(5) 기타 성과

- 실제규모 토석류 실험 장치
- 강원지역 재해지도 지도첩 작성

IV. 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

- 산사태 대안노선 평가시스템은 도로계획시 재해를 고려한 비교노선 검토의 의사결정수단으로 활용
- 산지도로 대안노선 평가시스템은 도로의 계획단계(예비타당성조사, 타당성조사, 사전환경성 검토) 및 설계단계(기본설계, 실시설계, 전략 환경영향평가 등)에 활용될 수 있으며 시공 및 공용중인 도로에도 적용이 가능함
- 강원권 재해지도는 산지재해 상황관리에 적용 가능함
- 산사태 및 토석류 Database는 사용자에게 필요에 따라 제공
- 호우시 많은 피해가 발생되고 있는 강원도의 하천 수충부와 산지하천도로의 방재설계 선진화 기술개발의 연구결과는 정부가 추진하고 있는 풍수해에 대한 예방적 차원의 재해대책에 직접적으로 기여할 수 있을 것임
- 연구결과의 활용을 위해서는 소하천을 관할하는 행자부와 소방방재청, 산지의 사방시설을 관할하는 산림청, 강원도의 하천관리 방안과 연계될 수 있도록 협력하여야 하며 사업을 수행하는 연구단 이외의 전문가에 의한 자문 및 검토를 통해서 내실 있는 결과의 도출과 적용이 이루어질 수 있도록 하여야 함
- 수충부 및 하천도로에 대한 연구 성과는 전문가에 의한 검증절차를 거쳐 관련 시설기준에 적절히 반영될 수 있도록 적극 노력해야 할 것임
- 본 연구개발 결과는 강원지역 산지하천에 대한 제방 및 수충부 설계, 유지관리, 정책수립에 활용
- 관련 업계에서는 방재 시설 신제품개발에 과제에서 확보된 산지하천 흐름에 대한 기초지식 및 해석 기술을 활용
- 산악지형 설계 강우량 산정 방안 개선에 활용 및 설계 강우량 개선을 통한 방재효과 극대화 및 산지지형 강우예보 및 관리 방안 수립
- 개발되어진 토석류 발생 저감공법들은 지방자치단체와 같은 국가기준에 반영하여 토석류 재해를 예방하기 위한 사방시설공사 시에 산림청, 지방자치단체, 기업 등의 설계 및 시공 실무자들이 이를 활용할 수 있도록 한다면 현장상황에 알맞은 저감대책을 적용하는데 기여할 수 있을 것으로 기대
- 토석류 재해 저감을 위한 시설 기준 및 제도 개선을 위한 연구결과는 토석류 재해저감을 위한 “기술지도 서적 발간” 및 “설계기준·지방자치·지침”에 반영되어 일선 실무자들(설계자, 시공자 및 유지관리 종사자)의 실무지침으로 활용될 뿐만 아니라 연구과정중 발간된 연구보고서는 재해관련 공무원들의 비탈면 재해예방을 위한 정책 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 이를 통해 향후 토석류에 의한 사고와 피해를 획기적으로 저감시킬 것으로 기대되며, 적절한 시점에서의 토석류 방지시설물에 대한 유지보수를 통해 적은 예산으로 큰 사고를 미연에 방지하여 국가예산의 효율적인 사용과 함께 국가의 대국민 신뢰도를 높이는 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단
- 예방적 유지관리에 따라 주기적인 점검과 적절한 보수·보강방안을 제시함으로써 사후복구가 아닌 사전대비로의 정책변화와 예산절감효과를 기대

2. 기대효과

- 산지하천도로의 재해에 대한 사전방지 및 저감을 위한 토석류, 수충부 피해를 예측 기술을 확보하여, 도로 선형 및 배수기준을 개선함으로써 재해를 대폭 저감
- 적절한 시점에서의 토석류 방지 시설물에 대한 유지보수를 통해 적은 예산으로 큰 사고를 미연에 방지하여 국가예산의 효율적인 사용과 함께 국가의 대국민 신뢰도를 높임
- 예방적 유지관리에 따라 주기적인 점검과 적절한 보수·보강방안을 제시함으로써 사후복구가 아닌 사전대비로 정책변화와 예산절감 효과
- 강원지역의 반복되는 호우 피해 방지를 통해 국가적 재산 손실과 인명피해를 방지하고 피해 지역 주민의 불신감을 해소
- 산지하천도로 설계기술을 개발하는데 있어 도로선형 설계기술 및 배수설계 기술은 물론, 하천 만곡 수충부의 설계기술, 산지계곡부의 토석류 발생 제어 설계기술 등 다양한 요소기술을 개발할 수 있으며 또한 설계업무를 담당하는 엔지니어의 실무에 즉각 적용이 가능한 수준의 설계기술을 개발함과 동시에 재해 사전 방지 개념의 설계법 도입으로 인해 전체적인 관련 설계업무에서의 선진화를 가져 올 것으로 기대
- 강원도 산지의 효율적인 개발을 유도하여 국토 활용을 극대화시킬 수 있으며, 소방방재청, 산림청, 지방자치단체 등에 개발된 시스템을 납품할 수 있을 것으로 기대
- 이에 더하여 체계적이고 표준화된 피해저감기술 적용으로 지자체 자체적으로 토석류 발생에 대한 신속한 대응책 마련할 수 있는 기반을 제공할 수 있으며 공동연구와 기술이전을 통한 참여기업의 산사태 재해관련 분야로의 사업영역 확대 및 매출 증대 또한 기대
- 연구과정중 발간된 연구보고서는 재해관련 공무원들의 토석류 재해예방을 위한 정책 자료로도 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 이를 통해 향후 토석류에 의한 사고와 피해를 획기적으로 저감시킬 것으로 기대
- 본 연구에서 제안되는 유지관리 방침은 예방적 유지관리에 따라 주기적인 점검과 적절한 보수·보강방안을 제시함으로써 사후복구가 아닌 사전대비의 정책변화와 예산절감 효과를 기대
- 본 연구에서 개발된 저감공법은 모두 운반 및 설치가 용이하며, 비교적 적은 비용으로 기존의 사방댐들보다 공기를 단축할 수 있어 경쟁력을 가질 것으로 판단
- 향후 본 연구를 통해 보다 선진화된 토석류 재해 저감을 위한 시설기준 및 제도를 마련한다면 이러한 아시아 시장의 토석류 및 비탈면 재해에 대한 예방, 시공분야 및 유지관리 분야에 진출 할 수 있을 것으로 판단

3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

※ 구체적인 수치로 설명(예:년,%)

- 산사태와 토석류에 대한 연구는 그동안 국내에서 많이 연구되어 선진국 대비 70~80%수준에 이르렀으나 산사태와 토석류에 대한 도로의 피해에 대한 연구는 선진국 대비 부족하였음
- 본 기술개발로 인해 도로의 산사태와 토석류에 대한 위험평가 및 대안노선 평가시스템은 선진 기술과의 격차를 줄였으며 경쟁단계에 돌입 (90~100% 수준)
- 산사태 및 토석류 위험도 평가 모델 개발에 있어서 강우특성(누적강우)을 고려한 국내 최초의 산사태 및 토석류 위험 평가모델임
- 대안노선 평가시스템 통합프로그램은 GIS기반의 프로그램이므로 사용자가 간편하고 단시간에 대안노선을 선정 할 수 있는 프로그램임
- 하천만곡부 해석 및 호안공법, 홍수추적 및 하상변동 예측, 산지하천 만곡부 해석 및 호안공법, 산지하천 홍수추적 및 하상변동 예측 등 산지하천 수충부 방재 관련 기술은 선진국 기술수준의 약 90%에 육박 해 있음
- 토석류 제어기법 관련 성과 또는 기술은 해외 여러 나라들이 서로 기준이 상이하므로 일률적인 비교는 어려움. 하지만, 기존에는 국외의 수십년에 걸친 연구사례를 우리나라에 적용시켜 연구 또는 설계 자료로 사용하여 우리나라의 특성이 제대로 고려되지 않아 여러 가지 문제를 일으켰지만, 본 연구는 우리나라 주요 발생지를 대상으로 DB를 구축하고, 여러 가지 특성에 맞는 기법들을 개발