

# 산지하천도로 호우피해방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발

---

2007. 10. 19.

주관연구기관 / 강릉대학교 산학협력단

건 설 교 통 부  
한국건설교통기술평가원

# 제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “토사유실방지를 위한 하천도로 수층부 방재설계 선진화 기술개발(기획연구)”의 최종보고서로 제출합니다.

2007. 10. 19.

주관연구기관 : 강릉대학교 산학협력단

단장 : 손진기

---

■ 총괄연구책임자 / 수석연구원 이 승 우

담당업무

■ 주관연구기관 참여연구원 / 수석연구원 박 상 덕  
/ 선임연구원 윤 찬 영  
/ 연구원 신 승 숙  
/ 연구원 전 범 준

---

## 요 약 문

### I. 제 목

토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발(기획연구)

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

강원권의 “토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부에 대한 방재 설계기술 과제”에 대한 본격적인 추진에 앞서 사전기획을 통해 그 최종 연구목표를 설정하고 이를 위한 주요연구 내용 및 추진전략을 수립하며, 설정된 연구목표와 내용, 추진전략 및 이를 달성하기 위한 적정 연구기간, 적정 연구비를 포함한 과제 공모 기준이 되는 RFP를 도출한다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 사전기획연구로서 강원지역 하천도로 및 수충부, 토석류 피해에 대한 기본자료를 수집하고 그에 대한 기술수요를 도출하여 향후 본 과제 공모를 위한 최종 연구목표 및 세부연구과제를 제시한다. 또한 연구성과물의 제시를 통해 연구성과의 정량적, 정성적 파급효과 분석을 실시하고 원활한 최종연구 목표 달성을 위한 연구 추진전략 제시, 예산 산출을 포함한다.

### IV. 연구개발결과

본 과제의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 집중호우 및 태풍으로 인한 강원지역 도로 및 하천피해 자료 분석 결과, 피해 유형은 크게 만곡 하천수충부의 범람 및 호안 파괴, 산지 도로 하부지반의 세굴 및 침식, 토석류 등으로 인한 도로 기능 상실 등 총 세 가지로 구분할 수 있다.
- 관련 연구 및 기술동향 분석 결과, 강원지역 하천도로의 반복되는 피해를 저감하고자 산악지 도로설계 매뉴얼 개발, 산지사면의 낙석 및 산사태 방지 등 관련연구가 수행되고 있으나 산지하천 및 도로 설계의 세부관련 지침이 정량적인 연구결과에 의해 제시되어 이를 설계에 반영할 수 있도록 해야 하며, 장기 유지관리 측면에서도 미흡한 면이 많은 상태이다.

- 전문가 설문 조사 결과, 강원지역 맞춤형 산지도로 설계기술 개발의 필요성이 매우 높은 것으로 나타났으며 주요 연구내용으로 도로 선형설계, 수충부 호안설계, 토석류 피해 방지가 중점적으로 부각되었다. 따라서 최종 연구목표 달성을 위해 1) 재해방지 도로선형 및 배수설계, 2)수충부 하천방재설계. 3)토석류 제어설계로 세부 과제를 구성하였으며 각 세부과제 별 세세부과제를 구성하여 본과제의 체계적인 연구수행이 가능하도록 하였다.

- 자문 회의를 통해 최종 연구목표 및 세부 연구내용에 관련하여 수정, 추가 의견 사항을 검토하여 기획연구에 충분히 반영하였다. 또한 설문 조사 및 자문 회의 시 연구 과제명 변경에 관련한 의견이 다수 지적되어 기존의 “토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발”에서 “**산지하천도로 호우피해 방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발**”로 최종 제시하였으며 본 연구의 연구목표 및 주요연구내용을 감안하였을 때 보다 타당한 연구과제명이라 판단된다.

## V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구결과는 강원권 토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발 사업의 체계적이고 실질적인 연구결과를 도출하는데 필요한 연구단 공모에 활용할 수 있으며 향후 본과제의 연구결과는 정부가 추진하고 있는 풍수해에 대한 예방적 차원의 재해대책 수립에 직접적으로 기여할 수 있다.

## S U M M A R Y

**Title :** Development of Advanced River-Road Disaster Prevention Design Adjacent to Water Impact Area for the Control of Debris Flow and Sediment Runoff(Preparation Planning Study)

This study is the preparation planning to make proposals on regionally characterized construction technology program(Gang-Won). It is aiming to establish the final objects and the detail projects of future study. Also, specific strategies for promoting the project and optimum period and cost for successful performance of the project are presented through the questionnaire survey and the discussion for counselling.

The results of this planning study are summarized as follows:

- There are three types of roadway damage by heavy rainfall and typhoon.
  - a) a damage by flood at the water impact area
  - b) a damage on soil loss by scouring and eroding(washed out) at roadway foundation
  - c) a damage by debris flow which occurred in the mountain valley
- To attain the objects and practical outputs, the study has to consist of three categories:
  - a) geometric design and drainage for roadway in the mountain area
  - b) revetment design for water impact area
  - c) erosion control design for protecting from debris flowand each part has to be intimately associated with other parts.
- As results of advise and discussion from number of experts, it is necessary to change the research title. Therefore, our research group propose the new research title as follow:

"Development of the Design Techniques for Revetment at the Water Impact Area and Control of Debris Flow for Mountain-River-Road Disaster Prevention"

## 목 차

|  |    |
|--|----|
| 제 1 장 서론                                 | 1  |
| 1.1 연구 개발의 목적                            | 1  |
| 1.2 연구 배경 및 필요성                          | 1  |
| 1.3 연구 내용 및 범위                           | 2  |
| 1.4 연구개발의 타당성 및 관련 연구와의 유사성 검토           | 3  |
| 1.5 과제명 변경 제안                            | 4  |
| 제 2 장 국내·외 기술개발 현황                       | 6  |
| 2.1 국내·외 관련 분야에 대한 기술개발 현황               | 6  |
| 2.1.1 반복되는 도로 피해 저감을 위한 정부의 의지           | 6  |
| 2.1.2 국외 기술 동향                           | 7  |
| 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과                     | 10 |
| 3.1 피해 사례 조사 및 주요 피해 유형 분석               | 10 |
| 3.1.1 하천 만곡 수충부 인접 도로의 도로침수              | 11 |
| 3.1.2 산악지 계곡부 도로의 하부지반 침식 및 세굴로 인한 도로 유실 | 13 |
| 3.1.3 토석류, 유송잡물에 의한 도로 배수기능 상실 및 도로 유실   | 14 |
| 3.2 기술수요 도출                              | 16 |
| 3.2.1 주요 설문 문항 및 응답 결과                   | 16 |
| 3.2.2 응답 결과 분석                           | 20 |
| 3.3 자문회의 결과 분석                           | 20 |
| 3.4 최종 연구목표 설정                           | 22 |
| 3.5 연구내용 및 계획 수립                         | 23 |
| 3.5.1 1차년도 연구내용                          | 24 |
| 3.5.2 2차년도 연구내용                          | 25 |
| 3.5.3 3차년도 연구내용                          | 26 |
| 3.5.4 4차년도 연구내용                          | 27 |
| 3.5.5 5차년도 연구내용                          | 28 |
| 3.6 소요 연구비 산정                            | 29 |
| 3.6.1 연차별·세부 과제별 연구비                     | 29 |
| 3.6.2 연구비 산정 근거                          | 30 |
| 제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도            | 33 |
| 4.1 연구추진 체계                              | 33 |
| 4.2 연구개발 추진전략                            | 34 |
| 4.3 타 연구와의 연계방안 및 차별화 전략                 | 36 |
| 제 5 장 기대효과 및 전망                          | 41 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 5.1 기대효과 .....                    | 41 |
| 5.1.1 학술적 측면 .....                | 41 |
| 5.1.2 기술적 측면 .....                | 41 |
| 5.2 경제성 분석 .....                  | 42 |
| 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ..... | 44 |
| 6.1 다양한 배수 구조물 보호 공법 .....        | 44 |
| 제 7 장 참고문헌 .....                  | 48 |

## 표 차례

|  |    |
|--|----|
| 표 1.1 수해로 인한 강원지역의 인명 및 재산 피해 현황 .....           | 2  |
| 표 3.1 2006년 7월 집중호우로 인한 강원지역 도로 피해(단위 : 건) ..... | 10 |
| 표 3.2 주요 자문 내용 및 검토 결과 .....                     | 21 |
| 표 3.3 연구단계 별 주요 연구성과 .....                       | 24 |
| 표 3.4 1차년도 세부 연구개발 계획 .....                      | 25 |
| 표 3.5 2차년도 세부 연구개발 계획 .....                      | 26 |
| 표 3.6 3차년도 세부 연구개발 계획 .....                      | 27 |
| 표 3.7 4차년도 세부 연구개발 계획 .....                      | 28 |
| 표 3.8 5차년도 세부 연구개발 계획 .....                      | 29 |
| 표 3.9 연구비 산정 결과(단위 : 백만 원) .....                 | 30 |
| 표 3.10 연차 별 세부 연구비 산정표 (단위 : 백만 원) .....         | 32 |
| 표 4.1 낙석 및 산사태 방재연구단의 1세부과제 연구내용 .....           | 37 |
| 표 4.2 낙석 및 산사태 방재연구단의 2세부과제 연구내용 .....           | 38 |
| 표 4.3 낙석 및 산사태 방재연구단의 3세부과제 연구내용 .....           | 39 |
| 표 4.4 낙석 및 산사태 방재연구과제의 관련 연구내용 .....             | 40 |
| 표 5.1 강원도 풍수해 피해 현황(단위 : 억 원) .....              | 42 |

## 그림 차례

|   |    |
|---|----|
| 그림 2.1 일본의 사방 시설 .....                    | 7  |
| 그림 2.2 1916년에 시공된 일본의 사방 시설(시공 초기) .....  | 8  |
| 그림 2.3 1916년에 시공된 일본의 사방 시설(현재) .....     | 9  |
| 그림 3.1 태풍 '루사'로 인한 전국 도로피해 발생 분포 .....    | 11 |
| 그림 3.2 태풍 '루사'로 인한 전국 도로침수 피해 발생 밀도 ..... | 11 |
| 그림 3.3 만곡 수층부 인접도로 피해 .....               | 12 |
| 그림 3.4 만곡 수층부의 피해 모식도 .....               | 12 |
| 그림 3.5 도로 하부지반 침식으로 인한 도로 유실 .....        | 13 |
| 그림 3.6 도로 하부지반 침식으로 인한 도로 유실 .....        | 13 |
| 그림 3.7 배수용량 초과로 인한 도로 유실 .....            | 14 |
| 그림 3.8 퇴적토사로 인한 배수기능 상실 .....             | 15 |
| 그림 3.9 토석류로 인한 도로 유실 .....                | 16 |
| 그림 3.10 설문 응답 결과(1) .....                 | 17 |
| 그림 3.11 설문 응답 결과(2) .....                 | 17 |
| 그림 3.12 설문 응답 결과(3) .....                 | 18 |
| 그림 3.13 설문 응답 결과(4) .....                 | 19 |
| 그림 3.14 설문 응답 결과(5) .....                 | 20 |
| 그림 4.1 연구 추진 체계 .....                     | 33 |
| 그림 6.1 Debris deflector 설치 예 .....        | 44 |
| 그림 6.2 Debris grill 설치 예 .....            | 45 |
| 그림 6.3 Fin structure 설치 예 .....           | 46 |

## C O N T E N T S

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Chapter 1 | Introduction  | 1  |
| 1.1       | Objectives  | 1  |
| 1.2       | Research background and overview  | 1  |
| 1.3       | Research contents and scope   | 2  |
| 1.4       | Validity of the research and similarity with other relative research            | 3  |
| 1.5       | Proposals on changing research title  | 5  |
| Chapter 2 | Literature review of previous research  | 6  |
| 2.1       | Trends of domestic techniques   | 6  |
| 2.1.1     | Efforts of the Government about preventing flood disaster                       | 6  |
| 2.2.2     | Trends of foreign techniques  | 7  |
| Chapter 3 | Research approach and summary   | 10 |
| 3.1       | Investigation of damaged types in the roadway in Gang-Won area                  | 10 |
| 3.1.1     | A damage by flood at the water impact area                                      | 11 |
| 3.1.2     | A damage on soil loss by scouring and eroding(washed out) at roadway foundation | 13 |
| 3.1.3     | A damage by debris flow which occurred in the mountain valley                   | 14 |
| 3.2       | Questionnaire survey  | 16 |
| 3.2.1     | Replies with questions  | 16 |
| 3.2.2     | Results of survey   | 20 |
| 3.3       | Results of discussion   | 20 |
| 3.4       | Final research objectives   | 22 |
| 3.5       | Detail plan of the main study   | 23 |
| 3.5.1     | Subjects in 1st year  | 24 |
| 3.5.2     | Subjects in 2nd year  | 25 |
| 3.5.3     | Subjects in 3rd year  | 26 |
| 3.5.4     | Subjects in 4th year  | 27 |
| 3.5.5     | Subjects in 5th year  | 28 |
| 3.6       | Optimum research cost for study   | 29 |
| 3.6.1     | Details on the research cost  | 29 |
| 3.6.2     | Reasons for the research cost calculated  | 30 |
| Chapter 4 | Organization and strategies for the study                                       | 33 |
| 4.1       | Organization of this study  | 33 |
| 4.2       | Strategies for the study  | 34 |
| 4.3       | Academic Connection with the Rockfall & Landslide Prevention Research           | 36 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Chapter 5 | Future plan of research outputs and expected effects ..... | 41 |
| 5.1       | Expected effects .....                                     | 41 |
| 5.1.1     | Academic fields .....                                      | 41 |
| 5.1.2     | Technical and practical fields .....                       | 41 |
| 5.2       | Cost analysis .....  | 42 |
| Chapter 6 | Information on foreign science technique .....             | 44 |
| 6.1       | Various structures for protecting drainage system .....    | 44 |
| Chapter 7 | References .....   | 48 |

## TABLE CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| Table 1.1 Status of damage by flood disaster in Gang-Won area .....                                | 2  |
| Table 3.1 Number of roadway damage occurred by heavy rainfall in Gang-Won area at July, 2006 ..... | 10 |
| Table 3.2 Consulted opinions on conference .....   | 21 |
| Table 3.3 Expected results with each stage of research .....                                       | 24 |
| Table 3.4 Subjects in 1st year .....   | 25 |
| Table 3.5 Subjects in 2nd year .....   | 26 |
| Table 3.6 Subjects in 3rd year .....   | 27 |
| Table 3.7 Subjects in 4th year .....   | 28 |
| Table 3.8 Subjects in 5th year .....   | 29 |
| Table 3.9 Results of proposed research expenses .....  | 30 |
| Table 3.10 Reasons for proposed research expenses .....  | 32 |
| Table 4.1 First subject on Rockfall & Landslide Prevention Research .....                          | 37 |
| Table 4.2 Second subject on Rockfall & Landslide Prevention Research .....                         | 38 |
| Table 4.3 Third subject on Rockfall & Landslide Prevention Research .....                          | 39 |
| Table 4.4 Related subjects of Rockfall & Landslide Prevention Research with this study .....       | 40 |
| Table 5.1 Current status of damage by flood disaster in Gang-Won area .....                        | 42 |

## FIGURE CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| Figure 2.1 Erosion control in Japan .....  | 7  |
| Figure 2.2 Erosion control structure in Japan(initial figure) .....                              | 8  |
| Figure 2.3 Erosion control structure in Japan(current figure) .....                              | 9  |
| Figure 3.1 Roadway damages by typhoon 'Rusa' .....   | 11 |
| Figure 3.2 Roadway flood damages by typhoon 'Rusa' .....   | 11 |
| Figure 3.3 Roadway damages adjacent to water impact area .....                                   | 12 |
| Figure 3.4 Diagram of damages at water impact area .....   | 12 |
| Figure 3.5 A damage on soil loss by scouring and eroding(washed out) at roadway foundation ..... | 13 |
| Figure 3.6 A damage on soil loss by scouring and eroding(washed out) at roadway foundation ..... | 13 |
| Figure 3.7 Roadway damage by excess of drainage capacity .....                                   | 14 |
| Figure 3.8 Roadway damage by sediments .....   | 15 |
| Figure 3.9 A damage by debris flow which occurred in the mountain valley ..                      | 16 |
| Figure 3.10 Results of reply on question(1) .....  | 17 |
| Figure 3.11 Results of reply on question(2) .....  | 17 |
| Figure 3.12 Results of reply on question(3) .....  | 18 |
| Figure 3.13 Results of reply on question(4) .....  | 19 |
| Figure 3.14 Results of reply on question(5) .....  | 20 |
| Figure 4.1 The system for promoting the study .....  | 33 |
| Figure 6.1 Example of Debris deflector .....   | 44 |
| Figure 6.2 Example of Debris grill .....   | 45 |
| Figure 6.3 Example of Fin structure .....  | 46 |

## 제 1 장 서 론

### 1.1 연구 개발의 목적

본 연구의 최종적인 목표는 강원지역 산지하천도로의 방재설계 기술을 개발하여 지침화함으로써 매년 반복되고 있는 호우로 인한 강원지역 도로의 피해를 줄이고 나아가 수충부 및 토석류, 도로선형 및 배수설계 기술의 선진화를 추구하는 데 있다. 이를 위한 본 사전기획연구의 주요 목적은 본 연구의 시행에 대한 기본적인 타당성을 검토하여 성공적인 본 연구 수행을 위한 기초를 다지는 데 있다. 본 연구의 체계적인 수행을 위해 연구의 최종 목표 및 성과물을 제시하고 연구목표 달성을 위한 세부 과제 및 세세부 과제를 구성하며 원활한 연구추진을 위한 전략을 수립한다. 또한 연구 목표 달성을 위한 최적 연구기간 및 연구비를 산정하여 국가 예산 낭비를 방지하고 연구 성과의 실질적인 활용방안을 제시한다.

### 1.2 연구 배경 및 필요성

강원도는 약 89%가 산지로 되어 있기 때문에 강원지역 하천의 형태는 산지의 지형 및 지질 구조에 큰 영향을 받고 있다. 또한 지형적인 영향으로 강원지역 도로의 대부분이 산지하천을 끼고 건설되어 있어 하천과 도로의 상호작용이 크며 직선 하천구간에 비해 만곡 수충부는 홍수 시 급류에 의한 인접 도로의 빈번한 파괴를 초래한다. 또한 산지도로가 산지계곡부에 위치한 경우 산지의 산사태나 토석류 및 유목 등 유송잡물에 의해 도로 배수체계가 파괴될 수 있다. 산지가 대부분인 강원권의 하천은 집수면적이 작고 하상경사가 크며 홍수 도달 시간이 짧은 산지하천 특성이 있어 호우에 의한 하천 및 도로 파손에 의한 인명 및 재산 피해가 반복되고 있다. 표 1.1은 최근 수해로 인해 강원지역에서 발생한 인명 및 재산 피해 현황으로, 2002년 태풍 ‘루사’ 및 집중호우로 인해 강원지역의 피해 복구액만 약 3조 5천억 원(전국 대비 35%)에 달했으며 2006년 집중호우 시 전국피해액 1조 4870억 원 중 강원지역에서만 1조 4183억 원을 기록하는 등 강원지역의 수해 피해가 심각한 것으로 나타나고 있다.

표 1.1 수해로 인한 강원지역의 인명 및 재산 피해 현황

| 구분            | 인명 피해(명) | 피해액(억 원) |
|---------------|----------|----------|
| 2002년 태풍 ‘루사’ | 149      | 27,500   |
| 2003년 태풍 ‘매미’ | 17       | 8,200    |
| 2006년 7월 집중호우 | 50       | 14,200   |

또한 2002년 태풍 ‘루사’ 이후 강원지역 도로를 비롯한 공공시설물의 대대적인 보수, 보강공사가 이루어졌음에도 불구하고 2003년, 2006년 태풍, 집중호우 시 반복 피해 지역이 발생함에 따라 하천도로 설계 시 재해를 사전에 방지하는 개념의 도입이 반드시 필요하다고 볼 수 있다.

최근 호우 시 강우량이 지속적으로 증가하는 추세에 있기 때문에 만곡 수충부에서의 하천 및 도로 피해는 증가할 것으로 판단되며 이를 저감시키기 위한 설계기술개발에 대한 하천 및 도로 설계실무적인 측면에서 요구가 더욱 증가할 전망이다. 또한 산지도로에서는 토석류에 의한 도로유실 및 도로 시설물 파괴 등 토석류로 인한 피해사례가 급증하고 있는 반면 토석류 피해저감 기술 개발은 미미한 실정이다. 따라서 강원지역의 반복되는 호우 피해 방지를 통해 국가적 재산 손실과 인명 피해를 방지하고 피해 지역 주민의 불신감을 해소하며 하천, 도로 설계 기술의 선진화를 위해 본 연구의 중요성은 매우 높다고 볼 수 있다. 이를 위해 강원도의 하천 및 도로의 방재설계를 위해서는 하천 수충부에 대한 조사연구와 산지도로와 하천 수충부의 상호작용 및 산지수로에서 빈번하게 발생되고 있는 토사유출, 유목과 토석류에 대한 조사연구, 산지하천도로의 선형 설계기술 및 배수설계 기술 등이 필요하며 본격적인 과제 추진에 앞서 연구의 타당성을 파악하고 연구개발 성공 가능성을 높이기 위해서 과제의 전략적 방향성 및 실행방안을 제시할 사전기획연구를 수행하는 것이 반드시 필요하다.

### 1.3 연구 내용 및 범위

토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발 연구의 사전 기획 연구과제에 포함된 연구 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 본 연구 수행의 중요성 및 의의
- 본 연구개발의 건설 R&D 과제로서의 타당성 평가
- 본 연구과제의 최종 연구 목표 제시
- 본 연구 수행 시 예상되는 연구 성과 및 기대 효과 분석
- 본 연구 수행을 위한 세부 및 세세부 연구과제 도출
- 연구개발 최종 목표의 성공적인 달성을 위한 연구 추진 전략 수립
- 최적 연구기간 및 연구비 산정

#### 1.4 연구개발의 타당성 및 관련 연구와의 유사성 검토

도로는 국가 기반시설로서 인력 및 물자 수송의 중추적 역할을 담당하고 있다. 국내 도로의 총 연장은 약 100,000km 이상으로 집계되고 있으며(도로업무편람, 2005) 도로 총 연장은 매년 증가하고 있는 추세이다. 강원도 내 도로의 총 연장은 약 9,400km로 타 도(12,000~21,000km)에 비해 낮으며 이는 강원도의 지리적 여건에 기인한다. 또한 대부분의 도로는 불가피하게 산지계곡부 및 하천을 끼고 건설되고 있어 매년 발생하고 있는 집중호우 및 태풍에 대하여 매우 취약한 면을 보이고 있는 실정으로 2002년 태풍 ‘루사’ 및 2006년 집중호우 시 강원도 내 피해도로 대다수 인근지역의 교통단절 및 고립이 이를 증명해 준다. 최근 들어 정부에서도 국가 풍·수해 방지 대책의 일환으로 도로관련 설계지침 강화 및 제정 등을 통해 반복되는 도로 피해를 저감하고자 노력하고 있다.

2007년 7월 건설교통부는 “산악지 도로설계 매뉴얼”의 제정을 통해 산지도로의 특성을 도로 설계 실무에 반영할 수 있도록 하였다. 주요 내용으로는 산악지 도로 선형 계획 및 설계 기준, 도로 비탈면 및 토석류 방지 대책, 산악지 도로 배수시설 설계, 산악지 도로의 교량 및 터널 계획 등이 포함되어 강원지역을 비롯한 산지 도로의 설계 기준이 한층 강화되었다. 하지만 강원지역 도로의 가장 큰 특징인 하천과의 연계성을 제대로 고려하고 있지 않은 실정이며 설계실무 엔지니어의 주관적 판단에 따라 각 설계 기준을 적용하도록 하고 있다.

국립 방재 연구소는 하천 만곡부 안전설계를 위하여 소하천의 홍수피해가 발생한 만곡부와 미발생 만곡부에 대한 수리기하학적인 연구를 한 바 있다. 이 연구에서는 30년 빈도 홍수량과 만곡부의 기하특성간의 상관 분석을 실시하여 하천 설계 실무자

들이 만곡부 하천 설계 시에 홍수피해가 발생하지 않는 가장 적합한 특성인자를 찾을 수 있도록 하였다. 하지만 이 연구 결과는 단기간의 현장 조사를 바탕으로 하여 조사자료가 불충분하며 홍수 시 만곡부의 하상저하 현상이 반영되지 못한 한계를 지니고 있다.

하천설계기준(2005)의 사방시설 편에서는 유로공의 매끄러운 설계를 유도하여 가능한 한 날카로운 만곡을 피하도록 하고 있으나, 불가피하게 곡선부를 설치할 경우 발생하는 수층부의 호안에 대한 대책공법 등의 명확한 방안은 아직 개발되지 않은 실정이다. 또한 태풍 ‘루사’ 이후 산지계곡의 토석류 발생을 완화시키기 위한 사방댐, 스크린 댐 등 사방시설의 설치가 증가되고 있으나 지리적, 지반공학적 특성을 고려한 사방시설의 최적 설계 및 시공방안, 유지관리 방안 등은 아직 미흡한 실정이다.

2005년 강원권 지역특성화 사업의 일환으로 “낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발” 연구가 진행되고 있다. 이 연구는 절·성토부 등의 인공사면 및 자연사면의 안정성 해석을 통한 산사태 방지기술 및 낙석 방호공에 중점을 두고 있는 반면, 본 연구는 강원권 산지하천도로의 호우 피해 방지를 주요목표로 설정하여 도로설계와 하천 호안설계의 연계성 향상, 수층부 호우 피해 및 토석류 발생 제어를 통한 도로피해 저감 등에 연구의 초점이 맞추어져 있어 과제의 중복성은 크게 없는 것으로 검토되었다. 최근 발생이 급증하고 있는 토석류에 의한 피해 저감 방안에 대해서는 현재 토석류 발생 제어를 위한 연구 및 기술개발이 거의 전무한 국내 실정과 산지 계곡상부의 산사태 발생이 토석류 발생의 일부원인을 제공하는 점 등을 고려하였을 때 위 연구를 통한 사방 공법의 신기술 개발, 본 연구를 통한 신기술의 적용성 평가 및 설계·시공 지침 제시 등으로 보다 효율적이고 체계적인 연구가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 강원권 산지하천도로의 호우피해방지 기술을 개발함으로써 국가 기반 시설이자 교통의 핵심적인 역할을 담당하고 있는 도로를 보호하는 데 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 반복되는 피해발생 및 복구로 인한 국가예산 낭비를 막고 국민들의 국가 시설물에 대한 불신감을 해소하는데 기여할 것으로 예상되어 국가 차원에서 연구개발을 추진하는 데 큰 의의가 있는 것으로 판단된다.

## 1.5 과제명 변경 제안

기술 수요 도출을 위한 설문조사 및 자문 회의 시 본 연구과제명으로는 연구목표 및 대상을 명확히 판단하기 어렵다는 의견이 대두되었다. 따라서 본 연구진에서 과제명에 대한 세부검토를 실시한 결과 ‘토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발’은 호우로 인한 하천도로의 반복되는 피해 방지라는 본 연구개발의 취지에 적합지 않다고 검토되어 본 연구진에서는 다음과 같이 연구과제명을 변경할 것을 제안한다.

- 산지하천도로 호우피해 방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발

연구과제명이 변경될 경우, 연구 대상(산지하천도로)과 연구 목표(수충부, 토석류 방재설계 기법 개발)가 명확해지며, 연구 취지(산지하천도로의 호우에 의한 피해 방지) 또한 분명하게 드러나기 때문에 연구개발 기획의도에 매우 적합할 것으로 판단된다.

## 제 2 장 국내·외 기술개발 현황

### 2.1 국내·외 관련 분야에 대한 기술개발 현황

#### 2.1.1 반복되는 도로 피해 저감을 위한 정부의 의지

정부는 2002년 태풍 ‘루사’, 2003년 태풍 ‘매미’ 등을 계기로 2003년 8월 수해방지 대책의 일환으로 각종 도로설계기준 등을 대폭 강화, 도로공사에 적용하고 있다. 도로변 비탈면은 안전성을 높이기 위해 지반조사 및 안정분석을 실시하고, 절개지 경사가 소규모이고 붕괴이력 등 별다른 문제가 없는 경우 비탈면 기울기를 완만하게 하도록 했다. 하천교량의 경우 하천의 설계발생빈도를 종전 50~100년에서 50~200년으로 강화하고, 이에 맞도록 교량의 계획고도를 높이는 등 도로교 설계기준을 대폭 강화했다. 또 배수시설의 경우 노면 및 비탈면 배수시설의 설계발생빈도를 종전 5년에서 10년으로 늘리고, 횡단 배수관의 최소관경을 종전 800mm에서 1,000mm로 상향조정했다. 또한 항구적인 복구를 위해 우선 산악지 계곡부에 암거를 교량으로 교체하고, 토사유출 및 산사태 예방을 위해 계곡상류에 사방댐, 토석유입 방지책 등을 설치할 계획이다. 또 하천 수충부에는 도로건설을 억제하되, 불가피한 경우 교량, 콘크리트 옹벽, 세굴방지시설 등을 설치할 계획이라고 발표하였다.

그러나 이러한 정부의 강원권 하천도로의 피해방지 목적을 달성하기 위해서는 관련 법규, 설계기준의 합리적 수립이 중요하다. 하천 수충부, 산지토석류로 인한 피해 등 호우로 인한 도로피해 예상지역에 도로건설을 억제하고자 하면 도로선형 설계 시 도로피해가 예상되는 지역을 설계자 개인의 판단이 아닌 정량적이고 합리적 기준에 의해서 통제지점으로 선정하는 방법이 지침으로서 제시되어야 한다. 또한 불가피한 경우 이러한 통제지점을 도로가 통과하는 경우 수충부 피해 및 토석류로 인한 도로유실 등을 방지하기 위해 교량, 콘크리트 옹벽, 세굴방지시설, 토석류 방지시설 등을 설치해야 할 것이다. 강원지역의 지형적, 수리학적, 지반공학적, 사회환경 요인을 고려하여 이러한 시설의 설치구간 결정 및 설계 방법이 구체적인 설계기준 혹은 지침으로 제시되어야 한다.

## 2.1.2 국외 기술 동향

하천 만곡부에 대한 외국의 연구로는 1950년대에 하천지형학자인 Leopold와 Wolman이 수리기하학적인 연구를 수행하여 만곡부의 하도기하특성을 조사하였으며, 만곡부의 이동속도와 같은 동적인 변화에 대한 주목할 만한 연구는 Odgaard(1989)에 의한 2차원 정상류 이동상 수리모형실험 연구가 있다. Yeh와 Kennedy(1993)는 만곡부의 하상변동에 대한 이동상 수치모형실험을 통해서 만곡부 하상의 거동을 연구하였으며 이들은 1995년 만곡부의 하상재료 분리현상에 대한 연구를 수리실험을 통해서 연구한 바 있다. 또한 대하천의 수충부에서는 수제를 사용하여 유량을 조절하고 유속을 완화시키는 공법이 많이 사용되고 있으나 이는 강원지역과 같이 하천경사가 급하고 하폭이 작은 경우에는 적합하지 않다.

일본의 경우, 우리나라보다 산세가 험하고 지각활동이 매우 빈번하게 발생하여 산사태 및 토석류가 다발적으로 발생되고 있어 그에 대한 사방연구가 매우 활발히 이루어지고 있다. 또한 산지계곡부에 거석 차단시설 및 토석류 방어, 완화시설이 많이 시공되어 있으며 해당 지역의 인문·사회학적 특성을 감안하여 친환경적인 사방 시설 설치, 사방 시설의 문화재화, 관광자원화 등이 이루어지고 있는 실정이다. 그림 2.1은 관광 자원으로 활용되고 있는 일본의 사방 시설을 나타내고 있다.



그림 2.1 일본의 사방 시설

일본의 사방 대책의 가장 큰 장점은 사방 관련 정부기관 간의 긴밀한 협조를 통한 다양한 지침의 범령화를 통한 soft 정책과 재해 위험도 및 형태에 따른 세분화된 사방 공법 적용 및 친환경 사방 시설의 적극 활용 등의 hard 정책이 적절히 조화되어 있다는 점이다. 이를 토대로 현재 사방댐, 체크댐, 링네트 등 다양한 공법 및 목재 사방 시설 등의 친환경 사방시설이 많이 활용되고 있다. 또한 이러한 사방 구조물을 관광자원, 문화재원으로 활용하는 등 다양한 활용대책을 가지고 있다.



그림 2.2 1916년에 시공된 일본의 사방시설(시공 초기)



그림 2.3 1916년에 시공된 일본의  
사방시설(현재)

### 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

#### 3.1 피해 사례 조사 및 주요 피해 유형 분석

표 3.1은 2006년 7월 집중호우로 인해 발생한 강원지역 내 도로 피해 건수를 피해 유형별로 구분하여 나타낸 것이다. 전체 발생 횟수 중 일반국도에서 발생한 피해가 약 89%로 대부분 일반국도에서 피해가 발생하였음을 알 수 있으며 선형이 뛰어난 고속도로에 비해 하천의 영향으로 곡선부가 많은 일반국도에서 도로유실 및 침수 피해가 급증함을 알 수 있다.

표 3.1 2006년 7월 집중호우로 인한 강원지역 도로 피해(단위 : 건)

| 구분   | 계   | 도로유실 | 도로침수 | 비탈면 낙석 등 | 산사태 | 기타 |
|------|-----|------|------|----------|-----|----|
| 전체   | 131 | 29   | 25   | 39       | 34  | 3  |
| 고속도로 | 15  | 1    | -    | 6        | 7   | -  |
| 일반국도 | 116 | 28   | 25   | 33       | 27  | 3  |

2002년 태풍 ‘루사’로 인한 도로 침수 발생지역을 그림 3.1에 나타냈다. 산지가 발달한 강원지역 태백산맥 일대와 전라북도-경상북도의 경계부분에서 대부분의 피해가 발생하였음을 알 수 있다. 또한 소규모 산지하천 및 급경사 계곡이 많은 강원 영동지역에 가장 많은 도로 피해가 발생하였음을 알 수 있다.

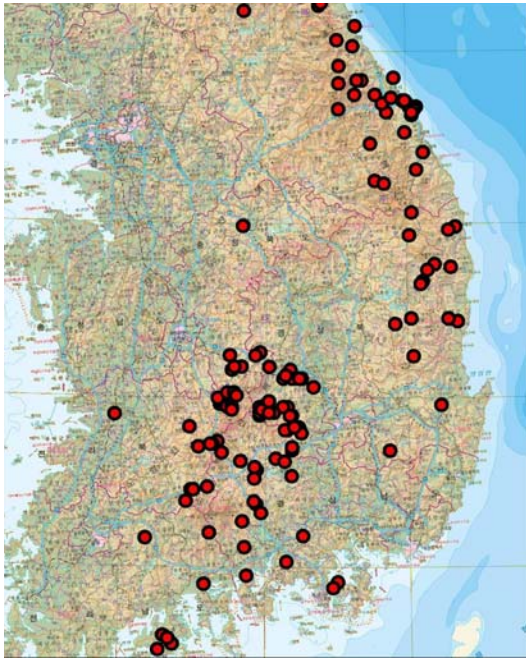


그림 3.1 태풍 ‘루사’로 인한 전국 도로 피해 발생 분포

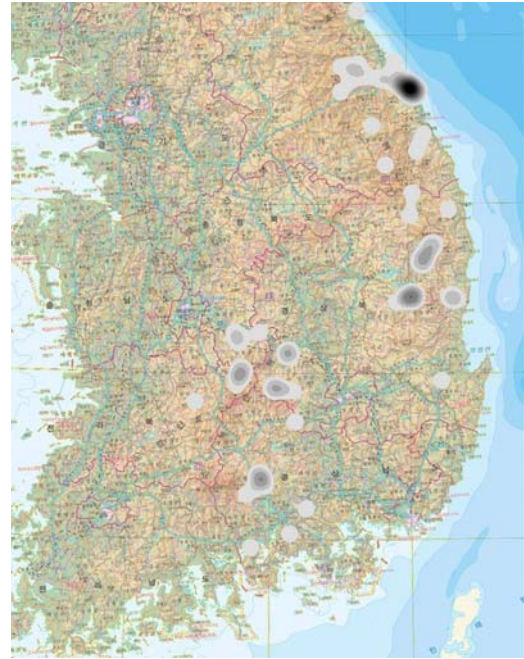


그림 3.2 태풍 ‘루사’로 인한 전국 도로침수 피해 발생 밀도

산지 하천도로의 주요 피해 유형 및 원인은 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

- 하천 만곡 수충부 인접 도로의 도로 침수
- 산악지 계곡부 도로의 하부지반 침식 및 세굴로 인한 도로 유실
- 토석류, 유송잡물에 의한 도로 배수기능 상실 및 도로 유실

### 3.1.1 하천 만곡 수충부 인접 도로의 도로침수

그림 3.3은 국도 44호선 오색천 수충부 지역의 피해를 나타낸 것으로 하천 만곡부의 수위상승으로 인해 인접한 도로가 유실된 모습을 나타내고 있다. 그림 3.3(a)에서 점선은 피해 발생 전의 하천유역을 나타낸 것으로 집중 호우 시 유속증가로 인해 하천이 범람하여 인접도로에 피해를 준 모습을 나타내고 있다. 그림 3.3(b)는 유송잡물 및 수위흔적선의 위치를 통해 실선 위치까지 하천의 수위가 상승했음을 보여주고 있으며 그림 3.4는 오색천 지역의 수충부 피해 모식도를 나타내고 있다.

강원지역의 하천은 일반적으로 하천유역이 넓지 않고 유속이 빠르기 때문에 집중 호우, 태풍 등으로 인해 유량이 급속히 많아질 경우 이와 같은 만곡부에서의 범람을 야기시키며 하천을 따라 건설되어 있는 강원지역의 도로 특성 상 도로 침수 및 유실 피해가 2차적으로 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 강우량 산정 기법 개발, 강우량

에 따른 홍수위 예측 및 하상 변동 예측 모델 개발 등을 통해 피해예상 지역에 적절한 크기 및 형태의 호안을 설치할 필요가 있다.



(a)

(b)

그림 3.3 만곡 수충부 인접도로 피해

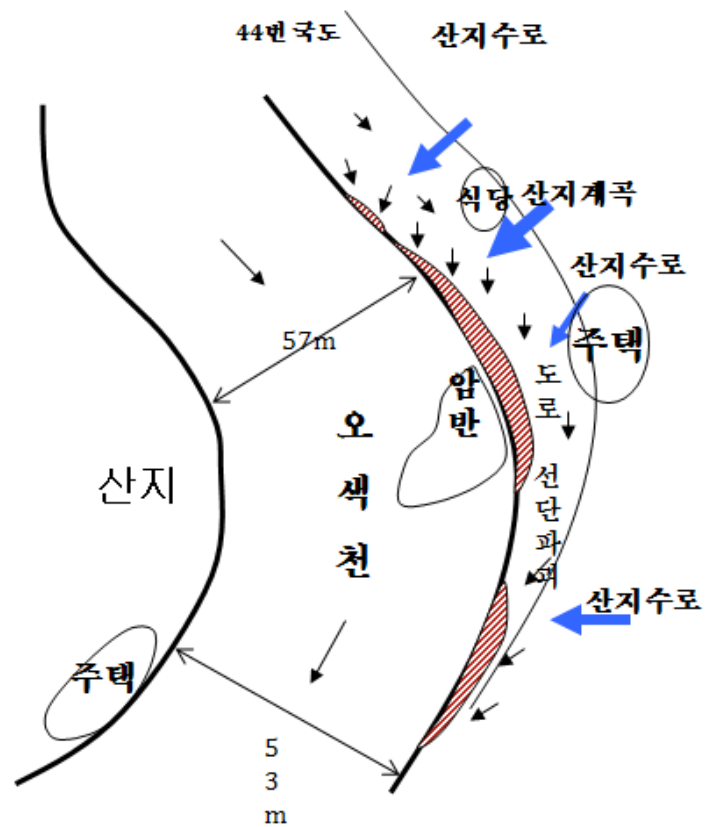


그림 3.4 만곡 수충부의 피해 모식도

### 3.1.2 산악지 계곡부 도로의 하부지반 침식 및 세굴로 인한 도로 유실

강원지역의 지형학적 특성 상 도로가 산지계곡부와 인접하거나 가로지르는 경우가 많은데 이와 같은 경우 호우 시 빠른 유속으로 인해 도로의 하부지반이 침식, 세굴되어 도로가 유실된다. 또한 산지사면에서 발생하는 유출수로 인해 계곡 인접부의 지반을 침식시켜 피해가 발생하기도 한다.



그림 3.5 도로 하부지반 침식으로 인한 도로 유실



그림 3.6 도로 하부지반 침식으로 인한 도로 유실

또한 그림 3.7과 같이 도로가 계곡부를 가로지르는 경우 급속히 증가된 유량이 도

로 횡단배수 시설물의 용량을 초과할 경우 도로 침수가 발생하며 심각한 경우 도로가 유실되기도 한다.



그림 3.7 배수용량 초과로 인한 도로 유실

수충부에서의 피해와 마찬가지로 호우 시 빠른 유속이 원인이 되기 때문에 도로 하부지반의 측면 세굴 및 침식을 저감시킬 수 있는 보호 시설물을 설치함으로써 도로피해를 줄일 수 있다. 또한 계곡부를 가로지르는 경우 충분한 배수용량을 확보할 수 있는 배수 시설물의 설치가 필요하며 횡단 암거의 교량화 등으로 피해를 방지할 수 있다. 또한 신설도로의 경우 피해예상지역을 우회하거나 교량 등으로 통과하는 방안도 장기적인 측면에서 검토되어야 한다.

### 3.1.3 토석류, 유송잡물에 의한 도로 배수기능 상실 및 도로 유실

토석류(debris flow)는 자연산지의 파괴 쇄설물들이 물과 함께 흐르는 것을 의미하며 모래, 자갈, 거석, 유목 등이 물과 함께 계곡을 따라 이동하면서 점차 규모가 커져 극심한 피해를 초래한다. 계곡 상부에서 발생하는 소규모 산사태 등이 원인으로 최근 들어 국내에서 집중호우로 인한 토석류에 의한 피해가 점차 증가하는 추세를 보이고 있다. 소규모 토석류의 발생은 도로 배수기능 마비로 인한 도로 침수를 야기시키나 거석 등이 포함된 대규모의 토석류는 도로 유실, 인명 및 재산 피해에 직접적인 원인이 되기 때문에 토석류 발생 예측모델 개발, 적정 사방공법의 적

용 등으로 피해를 방지할 수 있는 대책마련이 시급하다.



(a)



(b)

그림 3.8 퇴적 토사로 인한 배수기능 상실

그림 3.9는 토석류 피해로 인해 도로가 완전히 유실된 모습을 나타내고 있다.



그림 3.9 토석류로 인한 도로 유실

### 3.2 기술수요 도출

본 연구의 실효성을 높이고 연구와 관련된 전문 의견을 반영하기 위해 학계, 업계, 연구소 등 다양한 분야에서 종사하는 전문가들을 대상으로 2007년 8월 12일부터 약 3주간 설문 조사를 실시하였다. 조사 기간 동안 39%의 설문 응답률을 나타냈으며 중요 항목은 응답자 전공 별로 구분하여 각 전공 분야에서의 기술 수요를 조사하였다.

#### 3.2.1 주요 설문 문항 및 응답 결과

(1) 귀하는 강원지역의 도로, 지반, 수리 특성에 대하여 어느 정도 지식을 갖고 계십니까?

|    |   |    |   |    |
|----|---|----|---|----|
| 미흡 |   | 보통 |   | 충분 |
| 1  | 2 | 3  | 4 | 5  |

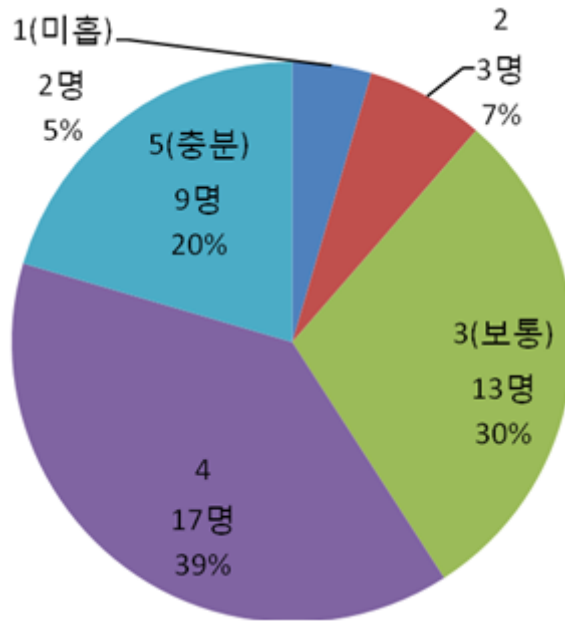


그림 3.10 설문 응답 결과(1)

(2) 태풍, 집중호우 시 강원지역 산지도로에서 빈번하게 발생하고 있는 수충부 도로 피해를 고려하였을 때 본 연구의 필요성이 얼마나 된다고 생각하십니까?

|            |                      |           |                 |               |
|------------|----------------------|-----------|-----------------|---------------|
| 불필요<br>( ) | 크게 필요하지<br>않음<br>( ) | 보통<br>( ) | 어느 정도 필요<br>( ) | 반드시 필요<br>( ) |
|------------|----------------------|-----------|-----------------|---------------|

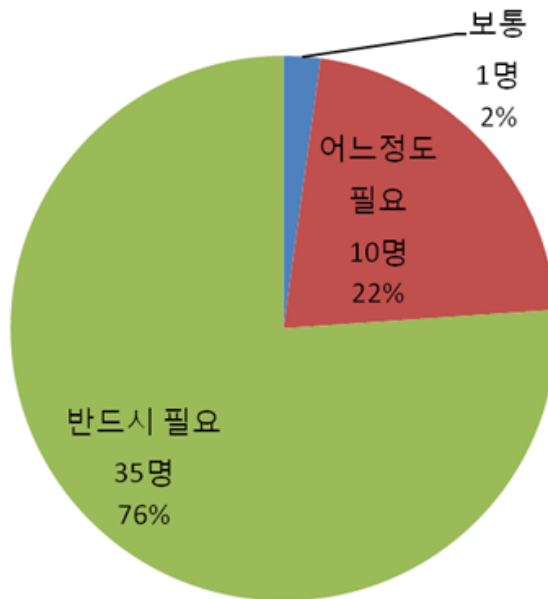


그림 3.11 설문 응답 결과(2)

(3) 본 연구와 관련된 국내 기술수준을 고려하였을 때, 연구 수행 시 중점적으로 고려되어야 할 사항은 무엇이라고 생각하십니까? 다음 항목 중 연구중점사항을 세 가지씩 선정하여 표시하여 주시기 바랍니다.

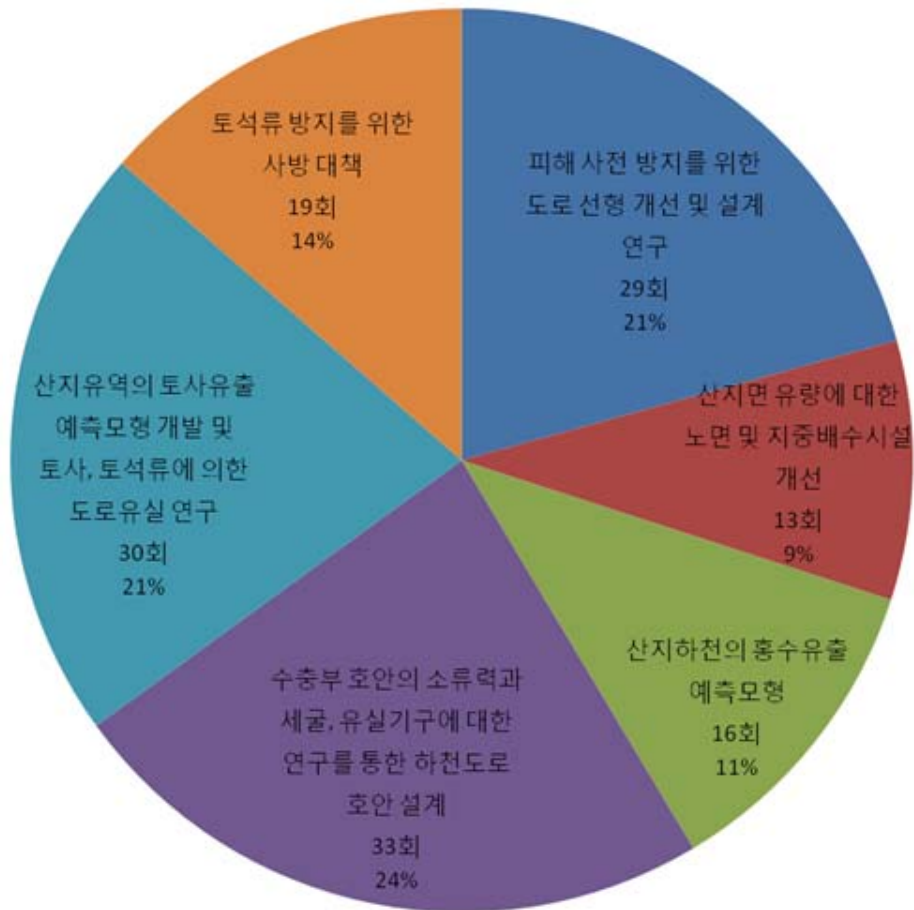


그림 3.12 설문 응답 결과(3)

(4) 본 연구가 수행되었을 경우 예상되는 기대효과에 대해 가장 중요하게 생각하시는 부분에 체크하여 주시기 바랍니다.

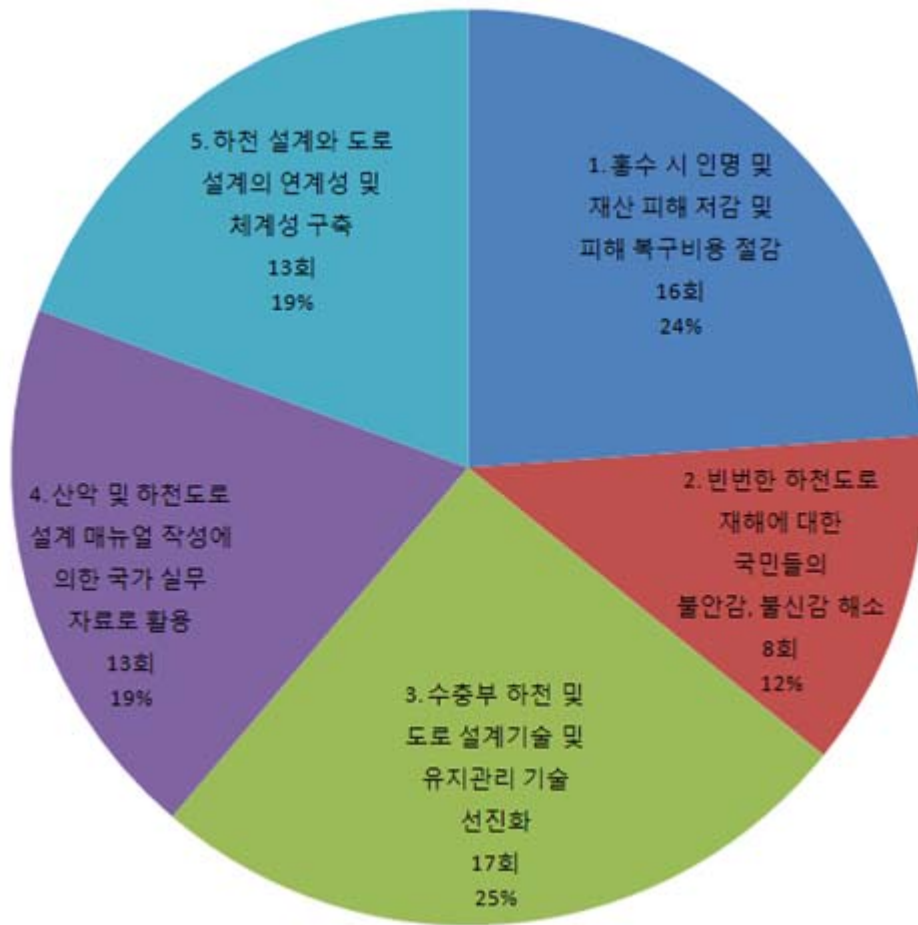


그림 3.13 설문 응답 결과(4)

(5) 본 연구는 수리, 지반, 도로, 방재, 구조 등 다양한 분야가 연관되어 있는 연구 과제입니다. 본 연구를 원활히 수행하기 위해 필요한 연구기간 및 연구비의 수준은 어느 정도라고 생각하십니까?

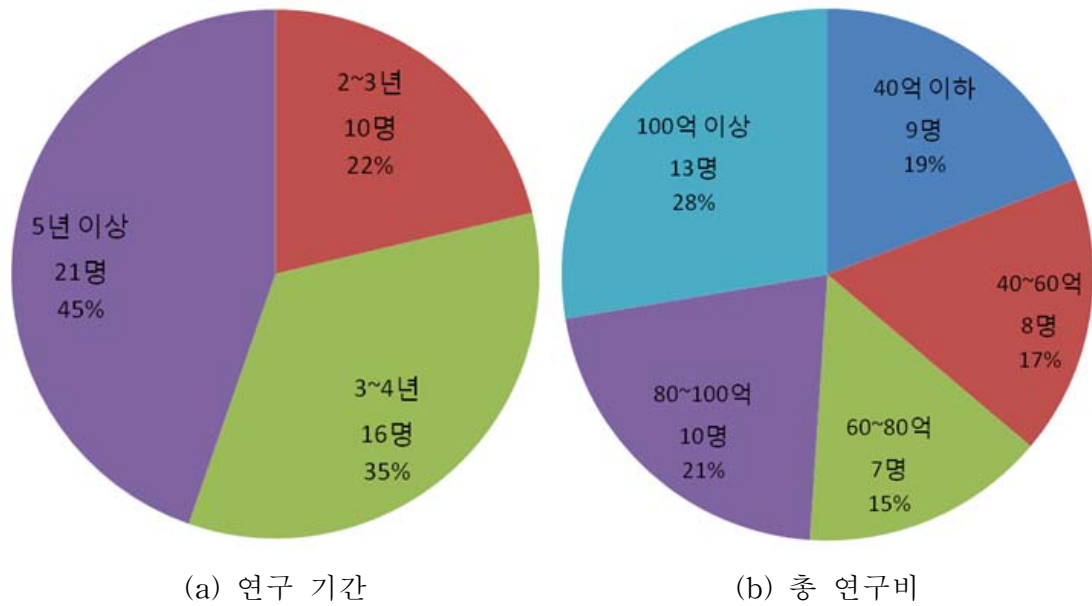


그림 3.14 설문 응답 결과(5)

### 3.2.2 응답 결과 분석

주요 설문 항목의 응답 결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 학계, 업계, 연구기관에 종사하는 다양한 전공분야(수리, 도로, 지반, 구조)의 전문가 의견을 수렴
- 응답자 대부분이 강원 지역의 하천 및 도로 특성을 상당 부분 이해하고 있어 설문 응답의 신빙성 확보
- 하천도로의 피해방지를 위한 본 연구과제의 필요성이 매우 높은 것으로 조사
- 연구 중점사항으로 수충부 방재설계, 도로 선형 및 배수 설계, 토석류 제어 설계 등이 중점적으로 부각
- 하천, 도로의 설계기술 선진화, 재산 및 인명 손실 저감, 연구내용의 설계 지침화 등 다양한 연구 성과 기대
- 원활한 본 연구과제 수행을 위한 적정연구기간은 5년, 적정 연구비는 100억 정도로 조사

### 3.3 자문회의 결과

본 기획연구와 관련하여 연구방향을 설정하고 관련 기술수요를 도출하기 위해

학계, 업계, 공공기관에 종사하는 전문가를 초빙하여 자문회의를 실시하였으며 주요 회의 내용은 표 3.2에 정리한 바와 같다. 연구 과제명의 변경 필요성에 대한 의견이 다수 지적되었으며 세부 연구과제의 수정 및 추가 사항에 관한 의견이 제시되었다.

표 3.2 주요 자문 내용 및 검토 결과

| 주요 의견 사항  | 검토 결과   |
|---|---|
| · 연구기획 내용과 과제 제목과의 관련성이 미비하므로 연구성과를 고려하여 적합한 연구제목 재설정 필요  | · “산지하천도로 호우피해 방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발” 로 변경 신청                                    |
| · 산사태 및 토석류의 발생규모 및 예상피해 등을 예측하여 위험구간을 선정하는 기준 제시 필요  | · 토석류 제어 설계 지침 및 재해위험지도 작성 시 포함   |
| · 토석류 제어를 위한 사방시설의 경우, 관리주체가 달라 개발되는 설계법의 적용 및 유지관리가 용이하지 않을 것으로 예상됨. 따라서 도로피해 방지를 위한 강제설치기준 등이 마련되어야 함 | · 연구 기간 내 건설교통부 및 산림청 등 관계부처와의 협의를 바탕으로 최종 설계 및 시공 지침의 법제화 추진. 향후 연구기관 선정 및 연구원 구성에 고려 예정 |
| · 수충부 파손은 유속, 유량 외에도 토사, 암석 등에 의한 충격에 의해서도 발생하기 때문에 이에 대한 영향 분석을 고려한 측정 및 실험이 포함되어야 함                   | · 호안 구조물 등 수충부 방재 설계 연구개발 내용에 반영  |
| · 시범 운영 및 장기 모니터링 계획 등이 제시되어야 하며 연구종료 후에도 지속적으로 모니터링할 수 있는 방안의 모색 필요                                    | · 모니터링 방안 및 계획 수립은 연구개발내용에 포함. 관계 부처와의 협의를 통해 연구기간 종료 후 지속적인 모니터링 실시 예정                   |
| · 5년의 연구기간은 시범운영 및 장기모니터링까지 추진하기에 짧다고 생각되며 중간결론을 조속히 내고 시험시공 및 운영이 최대한 조속히 이루어져야 함                      | · 3차년도 내 설계잠정안을 도출하고 시험시공 및 시범운영을 개시하여 최대한 장기간의 모니터링 결과를 바탕으로 5차년도에 최종설계지침을 제시            |
| · 본 과제연구대상이 산악지 도로이므로 방재설계 기술 및 공법 개발 시 친환경적인 공법이 필요함   | · 신설도로 및 수충부, 토석류 방어구조물 설계 시 사전환경성영향검토의 실시 법제화  |
| · 수충부에 대해 유속 및 수심에 따른 보강방안 및 구체적 보강공법을 도면화하여 제시할 필요가 있음   | · 최종 연구결과물인 수충부 방재설계 지침에 포함   |

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 및 수충부 피해에 대하여 보수, 보강에 많은 시간이 소요되므로 조속한 복구방법에 대한 연구가 필요함</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연차 별 주요 연구내용에 응급복구 공법의 효과분석 및 시공에 대한 연구 포함</li> </ul>       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조분야에 대한 자문보강을 통해 공법개발이 포함되어야 함</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 주요 세부과제 별 공법개발이 연구내용에 포함. 추후 연구진 구성 시 구조분야 반영 계획</li> </ul> |

### 3.4 최종 연구목표 설정

국·내외 기술동향 및 기술수요 분석을 통해 본 연구의 최종연구목표를 다음과 같이 제시하였다.

- 하천 만곡 수충부 및 토석류 등으로 인한 도로 피해를 사전에 방지하기 위해 강원지역 맞춤형 도로선형설계 및 배수설계, 수충부 방재설계, 토석류 제어설계 기법을 개발하고 재해 발생 예측 지도(MAP) 및 유지관리 시스템을 구축한다.

최종 연구목표에 따른 세부과제 별 연구 목표는 다음과 같다.

- 1세부 과제(도로 선형 및 배수 설계)
  - 산지와 하천을 따라 발달하는 강원지역 도로의 지형학적 특성을 고려하여 재해를 사전에 방지하기 위한 맞춤형 도로 선형설계 기준 및 도로배수 설계기준 수립
  - 사전 피해 방지 및 보강에 사용할 수 있도록 기존도로의 재해 발생 예측 지도(MAP) 및 유지관리 시스템 구축
- 2세부 과제(수충부 방재 설계)
  - 강원권 산지하천의 홍수유출, 토사유출, 하상변동, 유속분포 등 호우에 대한 하천의 반응특성을 조사 연구하여 산지유역의 호우양상과 지표상태 변화에 따른 산지하천 예측모형 개발
  - 강원지역 산지하천 만곡 수충부의 제방 및 호안시설에 적합한 설계 홍수위

## 산정기법 구축 및 호안보호공 안전 설계 지침 마련

- 3세부 과제(토석류 제어 설계)
  - 강원지역 토석류의 거동특성 및 토석류가 하천 및 도로에 가중시키는 재해특성을 연구하고 예측모형을 개발하여 토석류 위험지역 선정 방법 제시
  - 토석류에 의한 피해를 효과적으로 저감하기 위한 사방댐 등의 설계 및 시공 기술을 제시하고 관련 설계지침 및 시방기준 마련

본 연구를 통해 예상되는 실질적인 연구성과물은 다음과 같다.

- 실무 적용이 가능한 도로 선형 및 배수 설계 지침, 하천 수충부 호안 설계 지침, 토석류 제어 설계 및 사방시설 설계·시공 지침 제시
- 강원지역 도로의 수충부 피해 및 토석류에 의한 피해 발생 예측 지도 작성
- 강원지역 도로, 하천, 산지부의 통합 데이터베이스 구축
- 강원지역 도로 배수 시설, 호안, 사방 시설의 장기 유지관리 대책 수립

### 3.5 연구내용 및 계획 수립

설문 조사 결과 및 연구 목표를 고려하여 적정 연구 기간은 5년으로 산정하였으며 최종 연구목표 달성을 위한 연차별 체계적이고 구체적인 세부 연구내용 및 계획을 수립하였다. 연구의 흐름은 크게 1~2차년도 연구를 통한 설계기법의 개발, 3~4차년도 연구를 통한 설계기법의 적용 및 모니터링, 5차년도 연구를 통한 실무적 최종설계 지침제시로 이루어져 있으며 각 단계 별 연구성과는 다음과 같다.

표 3.3 연구단계 별 주요 연구성과

| 연구 단계           | 주요 연구성과   |
|-----------------|---|
| 1단계<br>(1~2차년도) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장조사를 통한 강원권 주요지역의 호우피해 관련 데이터 확보</li> <li>• 수집된 데이터 분석을 통한 설계 영향인자 모델 및 모형 개발</li> </ul>                      |
| 2단계<br>(3~4차년도) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수집된 데이터와 개발된 피해예측 모델 적용을 통한 세부과제 별 설계잠정안 도출</li> <li>• 시험시공 및 시범운영을 통한 관련 설계 및 시공 기술, 모니터링 기술 확보</li> </ul>    |
| 3단계<br>(5차년도)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 세부과제 별 최종설계안 제시 및 통합설계지침 제시</li> <li>• 재해 MAP 작성 및 운용방안 도출</li> <li>• 통합 데이터베이스 구축을 통한 유지관리 대책 제시</li> </ul> |

### 3.5.1 1차년도 연구내용

1차년도 주요 연구내용은 기존 피해사례 조사를 중심으로 피해 원인 분석 및 설계 보완점 도출을 위한 이론적 기초 연구 수행에 초점을 두고 있으며 분야 별 세부 연구내용은 표 3.4와 같다. 강원지역의 피해사례 지역 및 주요 지역을 지형적 특성에 따라 3개 권역(영동, 영서, 강원북부)으로 구분하고 각 세부과제와의 연계성을 고려하여 현장조사구간을 선정한다. 원활하고 성공적인 연구수행을 위해서는 권역 별 12-15개소 이상의 도로 현장조사와 하천 특성 별 2~3개소의 현장조사 및 토석류 피해현장 조사가 필요할 것으로 검토되었다.

표 3.4 1차년도 세부 연구개발 계획

| 도로 선형 및 배수 설계<br>(도로 분야)   | 수충부 방재 설계<br>(하천 분야)  | 토석류 제어 설계<br>(지반 분야)  |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역 도로피해의 원인, 형식, 규모 등 전반적인 자료수집 및 분석, 현장조사 구간 선정(권역 별 12-15개소 이상)</li> <li>· 현장조사를 통한 피해 원인 분석 및 도로선형, 배수 측면에서 객관화하여 평가하기 위한 정량적 인자들의 도출, 현행 설계기준의 보완요소 및 수정방향 도출</li> <li>· 산지도로 표면유출 조사분석</li> <li>· 피해 유형 별 복구공법의 종류 및 적용 사례 조사</li> <li>· 강원권 지역특성 별 재해원인을 고려한 산지하천도로의 3차원 지형 DB 설계 및 구축 방안 도출</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역의 산지하천 수충부 피해 특성 조사 분석, (시험유역 및 현장조사 구간 선정의 하천특성 별 2~3개소)</li> <li>· 산지하천의 하상재료와 하천수리기하를 고려한 조도계수 조사 분석</li> <li>· 강원지역 산지하천의 토사유출 및 하상변동 시험유역 운영 및 기준 예측모형의 적용성 평가</li> <li>· 강원지역 산지하천의 호우특성, 침투유량, 도달시간, 유속분포 조사 분석</li> <li>· 하천만곡 수충부의 수리기하학적인 특성과 홍수위 변동 조사 분석</li> <li>· 집중호우에 대해 설계강우 정량화 기법 연구</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역 내 토석류로 인한 피해 사례 조사</li> <li>· 강원권 산지의 식생, 지하수위, 지반 특성 등의 환경적 특성과, 강우특성 조건을 고려한 강원권 토석류 거동 특성 파악</li> <li>· 산지사면의 표면류 조사 분석</li> <li>· 기존 사방공법의 효과조사 분석 및 개선방안 도출</li> </ul> |

### 3.5.2 2차년도 연구내용

2차년도의 연구내용은 설계 잠정안 도출을 위한 모델 개발 및 재해 위험지도 작성을 위한 자료 조사분석 및 데이터베이스 구축에 중점을 두고 있으며 배수시설 보호구조물 및 수충부 유속저감 장치의 모형 제작 및 성능 평가를 실시한다. 수충부 피해의 주요 원인은 빠른 유속에 의한 하부지반의 세굴 및 침식으로, 유속을 제어하기 위해 호안구조물의 내벽에 저감장치를 설치하거나 빠른 흐름이 수충부에 도달하기 전에 미리 유속저감장치를 통해 만곡부에 미치는 충격을 완화시키는 방

안의 개발이 필요할 것으로 판단된다. 각 세부과제 별 연구내용은 표 3.5와 같다.

표 3.5 2차년도 세부 연구개발 계획

| 도로 선형 및 배수 설계<br>(도로 분야)  | 수충부 방재 설계<br>(하천 분야)  | 토석류 제어 설계<br>(지반 분야)   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산지하천도로의 선형 및 배수설계에 대한 피해원인 관련 영향인자의 적용 방안 검토</li> <li>· 산지하천도로의 배수유출특성 조사분석</li> <li>· 현장조사를 통한 강원권 주요 산지하천도로의 선형, 배수, 포장 상태 조사 및 실험 수행(권역 별 12-15개소 이상)</li> <li>· 재해MAP 작성을 위한 강원지역 산지하천도로 DB 구축</li> <li>· 도로 배수시설 보호구조물의 샘플 제작 및 성능 평가</li> <li>· 응급 피해 복구공법 종류 별 효과 및 비용분석</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산지하천의 1차원 홍수유출 및 하상변동 예측모형 개발</li> <li>· 호안 안전설계를 위한 수리특성, 토질특성 조사</li> <li>· 하천 만곡 수충부의 홍수위 세굴, 호안 관계조사</li> <li>· 강원지역 산지하천의 토사유출 및 하상변동 시험유역 운영(하천특성 별 2~3개소)</li> <li>· 재해MAP 작성을 위한 강원지역의 식생 및 하천 DB 구축</li> <li>· 산지하천의 토사유출량 추정기법 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 토석류 거동 예측모형 재현을 위한 이론적 및 실험적 연구수행</li> <li>· 위험지역 특성 별 효율적인 사방 대책 선정방법 연구</li> <li>· 토석류에 의한 기존 피해발생지역 및 산지 계곡부의 지형, 토양 특성 조사</li> <li>· 산지사면 집중류 조사 분석</li> <li>· 재해MAP 작성을 위한 강원지역 산지의 지형, 토양 DB 구축</li> <li>· 토사 유입으로 인한 하천 홍수위 상승효과 분석 및 토사유입 방지 대책 연구</li> </ul> |

### 3.5.3 3차년도 연구내용

3차년도는 각 분야 별 설계 잠정안을 도출하고 시범운영 및 시험적용을 위한 기초연구를 수행한다. 3차년도 각 분야 별 세부 연구내용은 표 3.6과 같다.

표 3.6 3차년도 세부 연구개발 계획

| 도로 선형 및 배수 설계<br>(도로 분야)  | 수충부 방재 설계<br>(하천 분야)  | 토석류 제어 설계<br>(지반 분야)  |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로, 하천, 지형 통합 데이터베이스 구축</li> <li>· 교통량 조사, 환경영향평가, 경제성 분석을 통한 위험지역 및 통제지역 설정, 의사결정 기준 수립</li> <li>· 배수시설 보호공 시제품 제작</li> <li>· 피해 유형 별 최적복구공법 제시</li> <li>· 산지사면 집중류를 고려한 도로배수안전 강화기법 제시</li> <li>· 강원권 하천도로의 포장 및 배수 설계, 선형설계 잠정안 수립</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산지하천의 2차원 홍수유출 및 하상변동 예측모형개발</li> <li>· 강원지역 산지하천의 토사유출 및 하상변동 시험유역 운영 (하천특성 별 2~3개소)</li> <li>· 하천 만곡 수충부의 홍수위 하도변동 관계 연구</li> <li>· 수충부 피해 위험지역 분류 및 피해 방지를 위한 방안제시</li> <li>· 유속저감 장치(구조물) 제작 및 성능평가</li> <li>· 수충부 호안 안전설계 잠정안 수립</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 토석류 발생 및 거동 예측모델의 개발 및 검증</li> <li>· 토석류 제어공법 효과평가기술 확보 및 운용 시스템 개발</li> <li>· 토석류 발생 조건 별 모사시험을 통한 지역 별 최적 공법 제시</li> <li>· DB 조사분석에 의한 토석류 위험지역 분류 및 시범운영 지역 선정</li> <li>· 시범 적용을 위한 해당지역의 환경영향평가 실시 및 친환경공법의 적용성 검토</li> <li>· 토석류 제어설계 잠정안 수립</li> </ul> |

### 3.5.4 4차년도 연구내용

4차년도 연구 중점사항은 3차년도에서 수립한 각 분야의 설계 잠정안을 시범 적용하고 모니터링하는 것으로 세부 연구내용을 표 3.7에 정리하였다. 설계 잠정안의 구체적, 체계적인 시범적용 및 시험운영을 위해 강원지역 내 지형적 특성, 수리학적 특성을 고려하여 강원권을 3개 권역(영동, 영서, 강원북부)으로 구분하고 각 권역 별 2~3개소의 시범 운영 구간을 선정하여 장기 모니터링 계획 수립 및 데이터베이스를 구축한다.

표 3.7 4차년도 세부 연구개발 계획

| 도로 선형 및 배수 설계<br>(도로 분야)  | 수충부 방재 설계<br>(하천 분야)   | 토석류 제어 설계<br>(지반 분야)   |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강원권 하천도로의 선형 설계 잠정안 및 포장, 배수 설계 잠정안 시범적용</li> <li>• 배수시설 종류, 크기 및 위치에 따른 보호구조물의 시범 적용 및 모니터링</li> <li>• 시범적용 구간 모니터링 계획 수립 및 모니터링 기구 설치</li> <li>• 신규 신설도로 및 기존 도로에 대해 GIS 기법을 이용한 재난 예측지역 분석 및 시뮬레이션</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 호안 안전설계를 위한 세굴방지 공법, 보수공법 및 유속저감 장치의 시범적용 및 효과분석</li> <li>• 강원지역 산지하천의 토사유출 및 하상변동 시험유역 운영</li> <li>• 산지하천의 2차원 홍수유출 및 하상변동 예측모형 정교화</li> <li>• 홍수유출 및 하상변동에 대한 토석류의 영향 평가기법 개발</li> <li>• 시범적용 구간 모니터링 실시</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 토석류 제어 설계 잠정안의 시범적용</li> <li>• 강원지역 산지특성 (관광자원으로 보호)을 고려한 사방시설 설치 및 관광자원으로의 활용화 방안 제시</li> <li>• 시범적용 구간 모니터링 계획 수립 및 모니터링 기구 설치</li> <li>• GIS 시뮬레이션 등을 이용한 시범 적용 구간 안전성 평가 방안 제시</li> </ul> |

### 3.5.5 5차년도 연구내용

5차년도는 각 분야별 설계 잠정안의 미비점 보완을 통해 최종 설계지침을 제시하고 재해위험지도 및 통합데이터베이스 운용 방안을 수립하는 데 연구의 중점을 둔다. 5차년도의 분야 별 세부 연구내용은 표 3.8과 같다.

표 3.8 5차년도 세부 연구개발 계획

| 도로 선형 및 배수 설계<br>(도로 분야)  | 수충부 방재 설계<br>(하천 분야)   | 토석류 제어 설계<br>(지반 분야)  |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 모니터링 결과 분석을 통한 선형설계 및 포장 배수설계 잠정안 효과 분석</li> <li>· 배수 시설 및 배수 시설 보호구조물에 대한 성능 검증 및 시공, 관리 지침 제시</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 호안 안전설계를 위한 세굴방지 공법 및 보수 공법의 보완점 도출</li> <li>· 산지하천의 2차원 홍수유출 및 하상변동 예측 모형 검증</li> <li>· 강원지역 산지하천의 특성을 고려한 호안 구조물의 최적관리 기법 제시</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 모니터링 결과 분석을 통한 사방 시설 성능 검증</li> <li>· 친환경 사방시설의 최적시공 방법 제시 및 지침화</li> <li>· 사방 시설의 효율적 유지관리 방안 제시</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 모니터링 결과 분석을 통한 각 분야 설계 잠정안의 보완점 도출</li> </ul>  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 설계 잠정안의 미비점, 보완점 수정을 통해 산지하천도로 호우 피해방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 최종통합지침 제시</li> </ul>                             |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 통합 DB 구축을 통한 강원지역 호우 재해위험지도 작성 및 운영 방안(설계, 유지 관리) 제시</li> </ul>  |  |   |

### 3.6 소요 연구비 산정

#### 3.6.1 연차별 · 세부 과제별 연구비

본 연구개발 과제의 최종목표는 강원지역 수충부 및 토석류 특성을 접목한 도로 설계기술 개발로 연구성과물의 실제설계 적용이 매우 시급하며 그에 따른 경제적 효과가 막대하기 때문에 최종 연구성과물이 설계지침으로 즉각 사용될 수 있어야 한다. 그러한 연구 성과물을 얻기 위해서는 연구기간 내 신속한 잠정설계안의 시험 적용 및 운영, 시험 운영 구간의 장기 모니터링, 모니터링 결과를 바탕으로 한 최종 설계안의 제시가 모두 이루어져야 한다. 이에 본 기획연구진에서 소요 연구비를 산출한 결과 5년간 65억 5천만 원의 총 연구비가 산출되었다.

연차별, 세부과제 별 예상 소요 연구비 내역은 다음과 같다.

표 3.9 연구비 산정 결과(단위 : 백만 원)

| 총연구개발비 내역 |        |       |       |        |       |       |       |
|-----------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 연도        | 연구비 확보 |       |       | 연구비 배정 |       |       |       |
|           | 정부출연금  | 민간부담금 | 합계    | 연구단    | 1세부   | 2세부   | 3세부   |
| 1차년도 금액   | 500    | 100   | 600   | 40     | 200   | 180   | 180   |
| 2차년도 금액   | 1,000  | 200   | 1,200 | 60     | 380   | 380   | 380   |
| 3차년도 금액   | 1,100  | 200   | 1,300 | 60     | 420   | 400   | 420   |
| 4차년도 금액   | 1,700  | 200   | 1,900 | 70     | 620   | 600   | 610   |
| 5차년도 금액   | 1,350  | 200   | 1,550 | 70     | 500   | 490   | 490   |
| 총계        | 5,650  | 900   | 6,550 | 300    | 2,120 | 2,050 | 2,080 |

### 3.6.2 연구비 산정 근거

#### (1) 1차년도

1차년도는 각 세부과제 별 현장조사를 통한 데이터 수집 및 확보에 중점이 맞추어져 있으며 그에 따른 조사 장비 구입비용, 인건비, 여비 등이 소요된다. 현장조사 구간은 강원권을 지형적 특성에 따라 3개 권역(영동, 영서, 강원북부)으로 재구분하고 피해 발생 여부 및 피해 유형, 하천 및 도로, 산지계곡부 특성을 감안하여 현장조사 구간을 선정하되, 각 권역(영동, 영서, 강원북부) 별로 12-15개소 이상의 도로 현장조사가 필요할 것으로 판단된다. 하천 및 토석류 현장조사의 경우, 하천 특성별 2~3개소의 조사지역을 선정하여 현장조사를 실시하고 장기조사 계획을 수립한다. 또한 수집된 자료를 바탕으로 통합 데이터베이스 구축방안을 모색하고 설계함에 있어 관련 프로그램 구입 및 운영비, GIS 시스템 도입 비용 등이 예상된다.

#### (2) 2차년도

현장조사를 통해 수집된 데이터 분석을 통해 관련 모델 및 모형을 개발함에 있어 모형 및 모델 개발비, 이론적 모델을 검토하기 위한 모형 제작비 및 관련 실내·

현장 실험비용, 시뮬레이션을 위한 프로그램 구입비용 등이 소요될 것으로 판단된다. 샘플 제작 및 성능평가가 필요한 시설 및 장치로는 배수시설 보호구조물, 수층부 유속 저감장치가 있으며 구조물의 적용대상 크기 및 형태에 따라 다양한 샘플의 제작이 필요하다. 또한 web을 기반으로 하는 통합 데이터베이스 구축비용 등이 포함된다.

### (3) 3차년도

1~2차년도에 걸쳐 축적된 데이터와 개발된 피해 예측 모델을 현행 설계지침에 적용하여 각 세부과제 분야 별 설계잠정안을 도출한다. 4차년도에 설계 잠정안을 시험적용하기 때문에 위험지역 선정모델 개발비용, 위험지역 내 시험적용 선정 작업을 위한 현장조사 및 타당성 분석비용, 현장 시험시공을 위한 환경영향평가 비용 등이 예상되며 배수시설 보호구조물 및 수층부 유속저감장치의 시제품 제작 및 성능평가 비용이 소요될 것으로 판단된다.

### (4) 4차년도

4차년도는 각 세부과제 별 설계 잠정안과 개발된 시설 및 장치의 시험적용을 위한 현장 설계 및 시공비, 모니터링 기구 구입 및 설치비, 지속적인 모니터링 및 시험적용 구간 관리비 등이 소요된다. 세부적으로 시험시공을 위한 장비 구입 및 대여비, 전문 인력 사용으로 인한 인건비 등 연구기간 내 가장 많은 연구비가 요구될 것으로 판단된다.

### (5) 5차년도

5차년도는 지속적인 모니터링 및 관리를 통해 설계잠정안을 수정, 보완하고 이를 바탕으로 실제 설계에 사용될 수 있는 수준의 최종설계안을 제시한다. 이를 위해 모니터링 유지비용 및 시범운영 구간 관리비용, 관련 모델 및 모형 수정 및 개발비용, 최종 통합설계 지침 개발비용 등이 소요된다. 통합데이터베이스를 바탕으로 한 재해위험지도 작성비용, GIS 시뮬레이션 비용 등이 필요하며 또한 통합데이터베이스 및 재해위험지도의 향후 활용을 위한 방안을 모색하여 연구종료 후에도 관리기관, 지자체 등에서 원활한 사용이 가능하도록 관련 전문인력을 양성한다.

표 3.10 연차 별 세부 연구비 산정표(단위 : 백만 원)

| 1차년도<br>600  | 2차년도<br>1,200  | 3차년도<br>1,300  | 4차년도<br>1,900   | 5차년도<br>1,550  |
|--|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기존 도로피해지역 현장조사 및 조사장비 구입(150)</li> <li>· 3차원 지형 DB 설계(50)</li> <li>· 피해유형별 원인분석 및 복구공법 조사(50)</li> <li>· 강원지역 산지하천 세부특성 현장조사(50)</li> <li>· 시험유역 운영(100)</li> <li>· 기존 토석류 발생지역 현장조사(100)</li> <li>· 강원지역 지형적, 환경적 특성 조사(50)</li> <li>· 기타(50)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역 주요 산지하천도로 선형, 배수, 포장 상태 조사(200)</li> <li>· 호안안전설계를 위한 수리특성 및 토질 특성 조사(150)</li> <li>· 강원지역 도로, 하천, 식생, 토양, 지형 DB 구축(150)</li> <li>· 홍수유출, 하상변동 모형개발 및 토사유출량 추정기법 개발(100)</li> <li>· 시험유역 운영(200)</li> <li>· 토석류 거동 예측모형 개발(150)</li> <li>· 토석류 발생모사 실험 및 사방대책 연구(200)</li> <li>· 기타(50)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 선형설계 잠정안을 위한 DB이용 위험지역 선정 모델개발(200)</li> <li>· 도로의 포장 및 배수 설계, 선형설계평가(150)</li> <li>· 배수구조물 보호시설 및 유속저감장치 시제품 제작, 성능평가(150)</li> <li>· 2차원 홍수유출, 하상변동 모형개발 및 호안안전설계 기법개발(200)</li> <li>· 시험유역 운영 및 조사(200)</li> <li>· 토석류거동 예측모형 개발 및 검증(250)</li> <li>· 토석류 제어공법 효과분석 및 지역 별 최적공법 제시(100)</li> <li>· 기타(50)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 선형설계 및 포장,배수설계 잠정안, 배수구조물 보호시설 시범적용 및 시험시공(450)</li> <li>· 모니터링 계획수립 및 장비구입(400)</li> <li>· GIS를 이용한 재난 예상지역 시뮬레이션(150)</li> <li>· 산지하천에 대한 토석류의 영향평가 및 2차원 홍수유출, 하상변동 모형 정교화(150)</li> <li>· 시험유역 운영조사 및 유속저감장치 시험적용(300)</li> <li>· 사방시설 현장시험시공 및 모니터링(400)</li> <li>· 기타(50)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 각 분야 별 시범적용 구간 모니터링 자료 수집 및 분석(300)</li> <li>· 미비점, 보완점 수정을 통한 최종설계지침 마련(350)</li> <li>· 배수구조물 보호시설, 유속저감장치 설계 및 시공 지침제시(250)</li> <li>· 호안구조물 및 사방 시설, 배수시설 등에 대한 효율적 유지관리 방안 제시(150)</li> <li>· 통합 DB를 이용한 강원지역 호우피해 위험지도 작성(200)</li> <li>· 위험지도 및 통합 DB 향후 운영방안 마련(100)</li> <li>· 기타(100)</li> </ul> |

## 제 4 장 연구개발 추진전략 및 방법

### 4.1 연구추진 체계

최종 목표 달성을 위해 도로, 수리, 지반 분야의 긴밀한 협조가 불가피하므로 전공 분야 별 세부과제를 구성하여 유기적인 관계를 형성한다. 연구 기간 내 설계 잠정안을 도출하고 시험 적용을 통해 최종 설계 지침을 제시하여 실무적용이 가능하도록 하며 또한 연구 결과의 원활한 실무 반영을 위해 산업체 및 학계의 각 전공 분야 전문가로 연구진을 구성한다. 각 세부과제 별 통합 데이터베이스를 구축하고 데이터베이스의 운용이 용이하도록 네트워크를 형성하고 실질적인 장기 운용 방안을 모색한다. 또 연구 기간 중 주기적인 성과발표 및 자문 회의를 통해 실무적인 의견을 수렴한다.

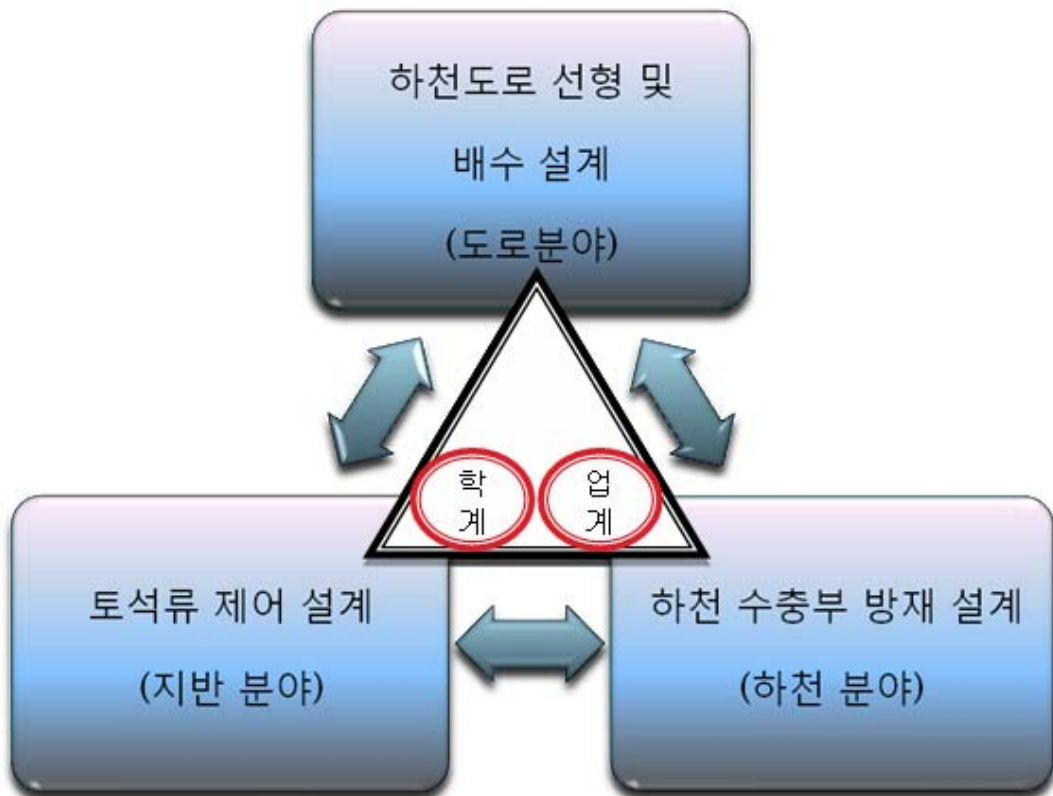


그림 4.1 연구 추진 체계

각 구성원 별 핵심적인 연구개발 역할은 다음과 같다.

- 산업체

개발되는 설계기술의 실제설계 적용성을 지속적으로 평가하여 향후 최종연구 성과물을 실시설계에 사용될 수 있도록 한다. 또한 응급 피해복구공법의 효과를 분석하여 피해유형 별 적용 방안을 검토한다.

- 학계

집중호우로 인한 산지하천 도로피해의 각 유형 별 원인 및 관련인자를 이론적, 정량적으로 모델링하여 이를 재해방지 설계기술을 개발하고 적용하기 위한 방향성을 제시한다. 또한 관련 설계지침 및 규정의 적합성 및 타당성을 이론적, 실적 근거에 의해 검토하고 최종 연구성과물(설계 기술)의 지침화 및 법제화 방안을 모색한다.

## 4.2 연구개발 추진전략

### (1) 최종연구목표

하천 만곡 수충부 및 토석류 등으로 인한 도로 피해를 사전에 방지하기 위해 강원 지역 맞춤형 도로선형설계 및 배수설계, 수충부 방재설계, 토석류 제어설계 기법을 개발하고 재해 발생 예측 지도(MAP) 및 유지관리 시스템을 구축한다.

### (2) 추진전략

- 도로 선형설계 및 배수설계 기술에 수충부 방재설계 기술, 토석류 제어설계 기술을 유기적으로 접목하여 방재 개념의 강원지역 산지하천도로 통합 설계기술을 개발한다. 또한 최종 연구성과물이 설계지침으로 사용될 수 있도록 산업체와 학계의 유기적 네트워크를 구성한다.

- 연구개발 과정에서 수집되는 강원지역 도로 및 하천 제반 자료를 데이터베이스화하여 향후 효율적 유지관리에 사용할 수 있는 방안을 모색한다. 데이터베이스는 강원지역 내 지형, 도로 및 배수시설 현황, 하천 현황 등을 통합적으로 관리하여 도로 분야, 하천 분야, 지반 분야 연구진들이 총괄적으로 사용할 수 있도록 제공한다.

(3) 1 세부과제 연구개발 추진전략

- 연구개발 목표

- 산지와 하천을 따라 발달하는 강원지역 도로의 지형학적 특성을 고려하여 재해를 사전에 방지하기 위한 맞춤형 도로 선형설계 기준 및 도로배수 설계기준을 수립한다.

- 추진전략

- 강원지역 도로를 영동,영서 및 강원북부로 세분화하여 도로 선형 특성 및 배수 특성 조사구간을 각 지역 별 최소 12-15개소 이상 선정한다.
- 강원지역의 산지 특성을 도로 설계기술에 접목시킬 수 있는 방안을 마련하여 강원지역 맞춤형 도로설계 기준을 제시한다.

(4) 2 세부과제 연구개발 추진전략

- 연구개발 목표

- 강원권 산지하천의 호우 특성에 따른 예측모형을 개발하고 호안보호공 안전설계 지침을 제시한다.

- 추진전략

- 강원지역 주요하천을 특성 별로 구분하여 권역 별 2~3개의 시험유역을 운영하고 강우에 따른 하천의 반응에 관한 예측모형을 개발하여 타당성을 추구한다.
- 하천 특성 별, 수충부에 대한 최적 호안공법의 안전설계 지침을 제시한다.

(5) 3 세부과제 연구개발 추진전략

- 연구개발 목표

- 강원지역 토석류의 거동특성 및 토석류가 하천 및 도로에 가중시키는 재해특성을 연구하고 예측모형을 개발하여 토석류 위험지역 선정 방법을 제시한다.
- 토석류에 의한 피해를 효과적으로 저감하기 위한 사방댐 등의 설계 및 시공기술을 제시하고 관련 설계지침 및 시방기준을 마련한다.

- 추진전략

- 다양한 모형 제작을 통해 토석류의 발생 원인 및 크기, 지형학적 요인 등을 고려한 토석류 발생 예측 모델을 개발한다.
- 토석류 발생 특성에 따른 다양한 사방공법 적용을 모형화하고 가상 시뮬레이션

을 통해 최적의 사방공법 선정기준을 제시한다.

#### 4.3 타 연구와의 연계방안 및 차별화 전략

건설교통부의 2005년 강원권 지역특성화 사업의 일환으로 “낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발” 연구가 진행되고 있다. 1장에서 언급한 바와 같이 각 연구과제의 주요 연구대상 및 연구개발 목표가 상이하여 두 연구개발 과제 간 중복성은 크게 없는 것으로 나타났으나 본 연구과제의 3세부 과제인 토석류 제어설계 분야에서는 낙석 및 산사태 방재 연구의 일부 연구내용 및 결과를 반영, 연계하여 탄력적인 연구계획 수립을 통해 연구개발을 수행하는 것이 보다 타당할 것으로 판단된다. 세부적으로 토석류 제어설계의 효율적인 연구개발이 가능할 것으로 예상되는 분야를 조사하기 위해 낙석 및 산사태 방재 연구단의 세부과제 별 연구내용을 표 4.1~4.3에 정리하였다.

표 4.1 낙석 및 산사태 방재연구단의 1세부과제 연구내용

| 세부<br>과제명                          | 세세부 과제명   | 연구개발 내용   |
|------------------------------------|---|---|
| 1세부<br>통합 사<br>면 관 리<br>기 술 개<br>발 | 1세세부 과제<br>WEB기반 낙석·산<br>사태 통합시스템 개<br>발 및 낙석방호시설<br>성능평가방안수립 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 낙석 및 산사태 안정해석프로그램, Navigtion 정보전달 서비스, 스마트예측기술, 첨단 조사장비 개발 등의 체계적이고 과학적인 유지관리 차원의 핵심 기술을 개발하여 첨단 통합 사면관리기술을 구축</li> <li>· 비탈면 설계시 기존 설계의 문제점을 보완하여 강우를 고려한 설계 기술 개발</li> <li>· 현행 낙석방지시설의 성능을 개선하기 위한 성능 평가 방안 수립 및 성능 평가시설 건설</li> <li>· 낙석 및 산사태 전문교육 연구 기관 및 Web 기반 통합시스템 마련</li> </ul> |
|                                    | 2세세부 과제<br>현장 조사용<br>Proto-Type장비 개<br>발                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 복잡하고 비효율적인 조사 및 평가 체계를 혁신적으로 개선</li> <li>· 비전문가와 전문가별로 적합한 조사 및 결과의 평가기법 정립</li> <li>· IT기술을 접목한 첨단기법을 이용하여 사면 조사의 효율성을 극대화하는 정보화 기술 개발</li> </ul>   |
|                                    | 3세세부 과제<br>차세대 현장정보 수<br>집차량 개발                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차세대 현장정보 수집차량 개발 및 성능평가</li> <li>· 개발 장비의 WEB기반 운영환경 구축</li> <li>· 현장정보 수집차량 활용매뉴얼 및 운영·관리방안 수립</li> </ul>   |
|                                    | 4세세부 과제<br>현장실무자용 암반<br>사면 위험도 평가기<br>법 개발                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현장정밀조사 및 실내실험을 통한 핵심인자 및 가중치 도출</li> <li>· 핵심인자별 조사/측정법 표준화</li> <li>· 핵심인자 및 가중치 적용한 위험도평가법 개발</li> <li>· 위험도평가법 적용을 위한 S/W 개발</li> <li>· 위험도평가 매뉴얼 작성</li> <li>· 현장 적용 및 검증을 통한 신뢰성 확보</li> <li>· 현장실무자용 암반사면위험도평가기법 개발</li> </ul>   |

표 4.2 낙석 및 산사태 방재연구단의 2세부과제 연구내용

| 세부<br>과제명                         | 세세부 과제명   | 연구개발 내용  |
|-----------------------------------|---|--|
| 2세부<br>광역 산<br>사태 저<br>감 기술<br>개발 | 1세세부 과제<br>광대역 산사태 관리를 위한 공간 정보를 위한 공간 정보 구축 및 WEB지원 서비스 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 광대역 산사태 관리를 위한 공간정보 구축 및 Web 지원서비스 개발</li> <li>• 산사태 예방을 위한 조기수립화 기술 개발</li> </ul>  |
|                                   | 2세세부 과제<br>간섭SAR 영상처리를 위한 조기수립화 기술개발                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 광대역 산사태 관리를 위한 공간정보 구축 및 Web 지원서비스 개발</li> <li>• 산사태 예방을 위한 조기수립화 기술 개발</li> </ul>  |
|                                   | 3세세부 과제<br>시계열 라이다 정보에 의한 산사태 모니터링 기술개발                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 산사태에 의한 재해 가능성을 파악함으로써 지역개발을 위한 건설사업 및 토지이용뿐만 아니라 피해를 예방하기 위해 필요한 주요 자료들을 제공할 수 있도록 항공 및 지상 LiDAR 데이터의 융합기술, 시계열 LiDAR영상에 의한 지형 모니터링 기술, 3차원 시각화 서버프로그램을 개발하여 산사태 관리시스템의 핵심요소기술로서 제공.</li> <li>• 시계열 라이다 정보에 의한 산사태 모니터링 기술 개발</li> </ul> |

표 4.3 낙석 및 산사태 방재연구단의 3세부과제 연구내용

| 세부<br>과제명                          | 세세부 과제명   | 연구개발 내용   |
|------------------------------------|---|---|
| 3세부<br>사면<br>안정성<br>증대<br>기술<br>개발 | 1세세부 과제<br>사면수평배수공법<br>개발                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 인공 절개지에 지하수위 상승을 억제하기 위한 수평배수공에 대한 배수모형실험을 실시하고 문제점 및 배수능력을 분석하며 보다 개선된 수평배수공법 개발은 물론 수평배수공의 합리적인 유지관리 방안 제시</li> </ul>  |
|                                    | 2세세부 과제<br>파괴음 측정을 이용<br>한 계측 기법 개발                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 광대역 산사태 관리를 위한 공간정보 구축 및 Web 지원서비스 개발</li> <li>· 산사태 예방을 위한 조기수립화 기술 개발</li> </ul>   |
|                                    | 3세세부 과제<br>디지털 영상을 이용<br>한 암반사면 절리구<br>조 맵핑기법 및 장<br>비개발        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 고정밀 디지털 영상 측정 및 분석 기법 개발</li> <li>· 실용화 장비 및 응용프로그램 개발</li> <li>· 절리구조의 지질통계학적 자료처리기법 및 암반블록, 사면변위 측정 기법 개발</li> </ul>   |
|                                    | 4세세부 과제<br>배수공법 설계 적용<br>을 위한 설계 기준<br>제안                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지반조건별 수평배수공의 유지관리 실태 조사 및 분석</li> <li>· 세부 조건별 사면 안정성 영향 인자 분석</li> <li>· 지하수관련 사면 설계 방안 제안</li> </ul>   |
|                                    | 5세세부 과제<br>포켓식 낙석방지망<br>국산화 기술 개발                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 인위적, 기술적으로 사면의 안정성을 증대시키는 적극적 보호보강기술 개발과 차세대 계측 기술 등을 개발함으로써 사면안정성을 증대시키는 기술 개발을 최종 목표로 하는 지역특성화 연구개발사업의 일환인 포켓식 낙석방지망의 국산화기술 개발 및 성능평가와 지지능력별 포켓식 낙석방지망 규격 제안 등의 기반기술 개발</li> </ul> |
|                                    | 6세세부 과제<br>차세대 현장정보 수<br>집차량 설계                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 복잡하고 비효율적인 조사 및 평가 체계를 혁신적으로 개선</li> <li>· 비전문가와 전문가별로 적합한 조사 및 결과의 평가기법 정립</li> <li>· IT기술을 접목한 첨단기법을 이용하여 사면 조사의 효율성을 극대화하는 정보화 기술 개발</li> </ul>                                   |
|                                    | 7세세부 과제<br>A.E.(Acoustic<br>Emission)을 이용한<br>절토사면의 파괴위<br>험 연구 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Acoustic Emission을 이용한 파괴위험 조기에측기법 개발</li> <li>· 파쇄단계별 A.E 분석기법 개발</li> <li>· 분석 SYSTEM 개발 및 실용화모델 제시</li> </ul>   |

낙석 및 산사태 방재 연구단의 연구내용 중, LiDAR 영상기법에 의한 지형 모니터링 기술개발, 음파를 이용한 산사태 발생예측 연구 등은 토석류 제어설계 연구에서 활용이 가능할 것으로 나타났다. LiDAR 영상기법에 의한 지형 모니터링 기술은 4~5차년도에서 수행되는 시험운영 구간의 모니터링 및 장기 유지관리 대책으로 사용될 수 있으며 음파를 이용한 산사태 발생예측기술은 토석류 예측기술로도 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 그 외 연구 및 기술개발 내용은 향후 본 과제를 수행하는 연구진의 충분한 적용성 검토를 통해 활용방안을 검토해야 할 것으로 판단된다.

표 4.4 낙석 및 산사태 방재연구과제의 관련 연구내용

| 연구과제 | 낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신기술 개발   | 토사유실방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발  |
|------|--|--|
| 연구내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현장 조사용 Proto-Type장비 개발</li> <li>· 차세대 현장정보 수집차량 개발</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역 내 토석류로 인한 피해 사례 현장조사</li> </ul>  |
|      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사면수평배수공법 개발</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산지사면 집중류를 고려한 도로배수안전 강화기법 제시</li> </ul>   |
|      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 광대역 산사태 관리를 위한 공간 정보 구축 및 WEB지원 서비스 개발</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 재해MAP 작성을 위한 강원지역 산지의 지형, 토양 DB 구축</li> <li>· 통합 DB 구축을 통한 강원지역 호우 재해위험지도 작성 및 운영 방안(설계, 유지 관리) 제시</li> </ul> |
|      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시계열 라이다 정보에 의한 산사태 모니터링 기술개발</li> <li>· A.E.(Acoustic Emission)을 이용한 절토사면의 파괴위험 연구</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시범적용 구간 모니터링 계획 수립 및 모니터링 기구 설치</li> <li>· 모니터링 결과 분석을 통한 사방 시설 성능 검증</li> </ul>                              |

## 제 5 장 기대효과 및 전망

### 5.1 기대 효과

#### 5.1.1 학술적 측면

본 연구개발 과제는 세부적으로 도로, 하천, 지반 분야가 상호 유기적인 관계를 토대로 연구성과를 제시하여 수충부 방재 설계, 토석류 제어 설계, 도로 선형 설계에 관련되어 있는 과제의 수행에 연계될 수 있어 다양한 전공 분야에서의 활용이 기대된다.

향후 본 연구과제 수행 시, 현재 국내·외적으로 명확하게 정립되어 있지 않은 토석류 거동의 예측 분야에 이론적인 접근이 가능하고 이를 검증할 수 있는 모형, 모델 개발이 이루어질 것으로 예상되어 아직 미흡한 국내 관련연구 분야에 많은 영향을 미칠 것으로 분석된다. 토석류 제어분야는 기존 강원지역 특성화 사업의 일환인 ‘낙석 및 산사태 방지 연구’ 연구과제에서도 일부 수행하고 있는 바 본 연구과제와의 유기적 협력관계를 추진하여 학계간 융·복합적 연구활동을 촉진할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 강원지역 산지하천의 호우반응 특성을 정립하여 강우량에 따른 하천 유역 및 홍수위 예측 기법을 개발하는 과정에서 특허, 논문 등 관련 분야에의 학술적 기여도가 매우 클 것으로 기대된다.

#### 5.1.2 기술적 측면

본 기획연구의 연구결과는 직접적으로 강원지역의 도로 재해 방지를 위한 수충부, 토석류 방재 설계 기술 개발의 실질적인 연구 결과를 도출하는데 활용할 수 있으며 강원지역 뿐 아니라 산지 계곡부, 수충부 인접도로의 설계기술 선진화에 적극 활용될 수 있다. 본 연구개발 과제 수행 시 예상되는 가장 큰 기술적 효과는 실무적 측면의 강원지역 산지하천도로 설계기술 개발로, 본 기획연구에서는 산지하천도로 설계기술을 개발하는 데 있어 도로선형 설계기술 및 배수설계 기술은 물론, 하천 만곡 수충부의 설계기술, 산지계곡부의 토석류 발생 제어 설계기술 등 다양한

요소기술 개발이 필요할 것으로 검토되었다. 또한 설계업무를 담당하는 엔지니어의 실무에 즉각 적용이 가능한 수준의 설계기술을 개발함과 동시에 재해 사전 방지 개념의 설계법 도입으로 인해 전체적인 관련 설계업무에서의 기술적 선진화를 가져 올 것으로 기대된다.

## 5.2 경제성 분석

본 기획연구를 통해 현재 도로, 하천 설계실무의 문제점 및 미비점 검토를 통한 향후 수정방향을 제시하였으며 이는 각종 설계 기준 강화 및 수정을 통해 풍수해 저감을 위한 정부의 의지 실현에 활용이 가능하다. 앞으로 신설되는 도로 및 하천 설계에 반영할 경우 재해 사전 방지의 개념이 도입되어 장기적 측면에서 인명 및 재산 피해를 저감되고 유지관리 및 보수보강 비용이 크게 감소되어 경제적 파급효과가 매우 클 것으로 예상된다. 표 5.1은 최근 발생한 강원도 풍수해 피해에 관련한 통계청 자료이다.

표 5.1 강원도 풍수해 피해 현황(단위 : 억 원)

| 지역  | 1999  |       | 2000 |       | 2001  |       | 2002   |        | 2003  |       | 2004 |       | 2005 |       |
|-----|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|-------|------|-------|
|     | 계     | 공공 시설 | 계    | 공공 시설 | 계     | 공공 시설 | 계      | 공공 시설  | 계     | 공공 시설 | 계    | 공공 시설 | 계    | 공공 시설 |
| 강원도 | 2,826 | 2,656 | 213  | 156   | 2,288 | 1,948 | 27,495 | 21,895 | 8,066 | 7,305 | 975  | 883   | 231  | 136   |

일반적으로 강원도 지역은 인구 및 공공 시설물의 밀도가 타 지역보다 낮아 전국대비 피해규모가 적은 편이나 2002년을 비롯한 대규모 태풍, 집중호우 발생 시 지형적, 지리적 요인에 의해 강원도 지역에 피해가 집중되는 현상을 보이고 있다. 조사 기간 중의 강원지역의 연평균 공공시설 피해액은 약 5천 억원이나 태풍 ‘루사’에 의한 피해를 제외하면 연간 약 2천 2백억 원으로 대폭 감소함을 알 수 있다. 본 연구과제 수행 시 강원지역 수해에 의한 피해를 현재 수준의 약 70% 이하로 저감할 수 있으며 통합데이터베이스와 재해위험지도를 활용한 체계적 유지관리가 이루어지면 그 효과는 더욱 클 것으로 예상된다. 본 연구과제의 영향범위가 공공시

설물의 약 50% 정도를 차지하고 있음을 고려하면 피해 복구비 기준 연간 약 1000억 원 이상의 예산절감 효과가 있을 것으로 분석된다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 6.1 다양한 배수 구조물 보호 공법

도로에서의 배수는 매우 중요하며 집중 호우 시 산지 도로의 배수 불량은 도로 유실의 위험이 따르기 때문에 배수 시설물의 보호가 매우 중요하다. 토석류 발생 시 토사 및 유송잡물에 의한 도로배수공의 막힘 현상은 배수 기능을 현저히 저하시키기 때문에 배수 시설 유입물에 대한 차단을 위해 해외에서는 다양한 방법으로 배수 시설물을 보호하고 있다. 배수 시설 보호 대책은 보호 원리 및 형태에 따라 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

#### (1) Debris deflector

Debris deflector는 배수구조물 입구에 삼각형 모양의 frame을 설치하여 토석류가 배수구 입구의 좌우측으로 비껴가도록 유도한다.



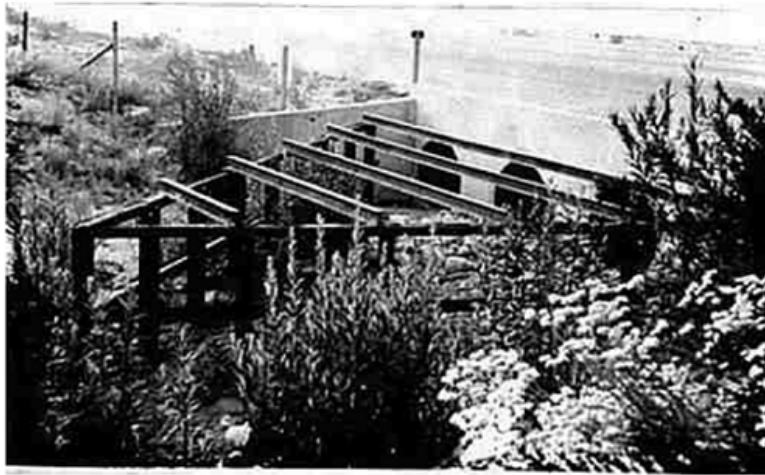


그림 6.1 Debris deflector 설치 예

(2) Debris grill(Debris lake)

배수 구조물의 입구에 갈퀴 모양의 방어를 설치하여 유목 등 유송잡물을 차단시킨다.





그림 6.2 Debris grill 설치 예

(3) Fin structure

소규모 교량의 측면에 많이 설치되어 유목 등 유송잡물을 흐름방향과 나란하게 유도하여 빠르게 통과시킨다.





그림 6.3 Fin structure 설치 예

## 제 7 장 참고문헌

건설교통부, 산악지 도로설계 매뉴얼, 2007

건설교통부, 국도건설공사 설계실무 요령, 2005

박종호, 박창훈, 장범수, 수해지역 긴급복구 사례 결과보고, 한국지반공학회, 2007

산림청, 사망기술교본, 2003

통계청, <http://www.nso.go.kr/>, 2007

한국수자원학회, 하천설계기준·해설, 2005

한국수자원공사, 태풍 ‘루사’에 의한 전국 홍수조사 보고서, 2002

행정자치부 국립방재연구소, 하천만곡부의 적정설계를 위한 유로특성 분석, NIDP 2003-08, 2003

행정자치부 국립방재연구소, 하천만곡부의 개략설계값 산정에 관한 연구, NIDP 2004-09, 2004

황영철, 이승호, 비탈면 재해지역 긴급 조사 결과 보고, 한국지반공학회, 2007

붙임 1

---

**2008년 지역기술혁신사업[강원권]  
신규 지원과제 제안요구서(RFP)**

---

| 연구과제명              | 토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발  |
|--------------------|---|
| 1. 연구개발 목표         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하천 만곡 수충부 및 토석류 등으로 인한 도로 피해를 사전에 방지하기 위해 강원지역 맞춤형 도로선형설계 및 배수설계, 수충부 방재설계, 토석류 제어설계 기법을 개발하고 재해 발생 예측 지도(MAP) 및 유지관리 시스템을 구축한다.</li> </ul>  |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p data-bbox="268 786 459 869">□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강원도 면적의 약 83%가 산지이며 수충부 및 산지계곡부에 인접한 강원지역의 도로특성을 고려하지 않은 획일화된 도로 설계로 최근 발생하고 있는 여름철 태풍, 집중호우 등에 의해 극심한 피해 발생               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2002년 집중호우 및 태풍 ‘루사’로 인한 강원도 피해복구액은 약 3조 5천억원으로 전국 대비 35%로 가장 높음</li> <li>- 2006년 집중호우 전국 피해액 1조 4870억원 중 강원도 지역에서만 1조 4183억원을 기록</li> </ul> </li> <li>○ 실무엔지니어들이 강원권 신규도로 설계에 수충부 및 토석류로 인한 도로피해를 방지하도록 설계하기 위한 구체적 설계지침 및 기준이 마련되어 있지 않음.</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="268 1317 432 1350">□ 기술동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강원 지역 수충부 도로 피해가 반복됨에 따라 정부는 수해방지대책의 일환으로 각종 도로설계기준을 대폭 강화하여 도로공사에 적용하여 피해를 줄이고자 노력하고 있으나 강원지역의 지형적, 수리학적, 지반공학적, 사회환경요인을 고려한 방재 시설물 설치구역 결정방법 및 설계방법, 도로 배수시설물 및 도로 선형설계 등의 구체적인 설계방법이 설계기준 혹은 지침으로 제시되어져야 함</li> <li>○ 강원 지역 도로피해의 주요 원인 별 대책 마련이 미흡하고 획일화된 보강 대책의 적용으로 상습피해지역이 발생하고 있음               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 피해 유형 별 명확한 원인분석을 통한 설계지침의 수정, 보완이 시급</li> <li>- 피해 유형 별 차별화 된 보수, 보강 공법 선정 방법 및 대책 제시 필요</li> </ul> </li> </ul> </div> |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강원 지역의 산지 및 하천에 인접한 도로의 특성을 감안하여 강원권 도로의 선형설계 및 배수설계에 대한 구체적이고 차별화된 설계기준이 필요하고 지속적인 모니터링을 통한 유지관리 기준 및 대책이 마련되어 있지 않은 실정임</li> <li>- 선형 설계 시 설계자의 주관적인 판단이 아닌 객관화, 정량화된 기준에 의해 피해지역의 통과, 우회, 보강 후 통과 등의 여부가 결정되어야 함</li> </ul>   |
| <b>3. 연구개발 내용</b>             |   |
| <input type="checkbox"/> 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강원지역 도로피해의 원인, 형식, 규모 등 전반적인 자료 수집 및 분석, 현장조사 구간 선정</li> <li>○ 현장조사를 통한 피해 원인 분석 및 현행 설계기준의 보완요소 및 수정방향 도출</li> <li>○ 산지도로 표면유출 및 산지사면 표면류 조사 분석</li> <li>○ 피해 유형 별 복구공법의 종류 및 적용 사례 조사</li> <li>○ 강원권 지역특성 별 재해원인을 고려한 산지하천도로의 3차원 지형 DB 설계 및 구축 방안 도출</li> <li>○ 강원지역의 산지하천 수충부 피해 특성 조사 분석, 시험유역 및 현장조사 구간 선정</li> <li>○ 강원지역 산지하천의 유출, 토사유출, 하상변동 시험유역 운영 및 기존 예측모형의 적용성 평가</li> <li>○ 강원지역 산지하천의 호우특성, 첨두유량, 도달시간, 유속 분포, 조도 계수, 홍수위 변동 조사 분석</li> <li>○ 집중호우에 대해 설계강우 정량화 기법 연구</li> <li>○ 강원지역 내 토석류로 인한 피해 사례 조사</li> <li>○ 강원권 산지의 환경적 특성과 강우특성 조건을 고려한 강원권 토석류 거동 특성 파악</li> <li>○ 기존 사방공법의 효과조사 분석 및 개선방안 도출</li> </ul> |
| <input type="checkbox"/> 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산지하천도로의 선형 및 배수설계에 대한 피해원인 관련 영향인자의 적용 방안 검토</li> <li>○ 산지하천도로의 배수유출특성 조사분석</li> <li>○ 현장조사를 통한 강원권 주요 산지하천도로의 선형, 배수, 포장 상태 조사 및 실험 수행</li> <li>○ 재해MAP 작성을 위한 도로, 하천, 지형 DB 구축</li> <li>○ 도로 배수시설 보호구조물의 샘플 제작 및 성능 평가</li> <li>○ 응급 피해 복구공법 종류 별 효과 및 비용분석</li> </ul>   |

|               |   |
|---------------|---|
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산지하천의 1차원 홍수유출 및 하상변동 예측모형 개발</li> <li>○ 호안 안전설계를 위한 수리특성, 토질특성 조사</li> <li>○ 하천 만곡 수층부의 홍수위 세굴, 호안 관계조사 연구</li> <li>○ 강원지역 산지하천의 토사유출, 하상변동 시험유역 운영</li> <li>○ 산지하천의 토사유출량 추정기법 개발</li> <li>○ 유속저감 장치 모형제작 및 실내실험 수행</li> <li>○ 토석류 예측모형 재현을 위한 이론적, 실험적 연구수행</li> <li>○ 위험지역 특성 별 효율적인 사방 대책 선정방법 연구</li> <li>○ 토석류에 의한 기존 피해발생지역 및 산지 계곡부의 지형, 토양 특성 조사</li> <li>○ 토사 유입으로 인한 하천 홍수위 상승효과 분석 및 토사 유입 방지 대책 연구</li> </ul>  |
| <p>□ 3차년도</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로, 하천, 지형 통합 데이터베이스 구축</li> <li>○ 교통량 조사, 환경영향평가, 경제성 분석을 통한 위험지역 및 통제지역 설정, 의사결정 기준 수립</li> <li>○ 배수시설 보호구조물 시제품 제작</li> <li>○ 피해 유형 별 최적 응급복구공법 제시</li> <li>○ 산지사면 집중류를 고려한 도로배수안전 강화기법 제시</li> <li>○ 강원권 하천도로의 포장 및 배수 설계, 선형설계 잠정안 수립</li> <li>○ 산지하천의 2차원 홍수유출 및 하상변동 예측모형개발</li> <li>○ 강원지역 산지하천의 유출, 토사유출, 하상변동, 유속측정 시험유역 운영 및 조사연구</li> <li>○ 하천 만곡 수층부의 홍수위 하도변동 관계 연구</li> <li>○ 유속저감 장치(구조물) 제작 및 성능평가</li> <li>○ 호안 안전설계 잠정안 수립</li> <li>○ 토석류 발생 및 거동 예측모델의 개발 및 검증</li> <li>○ 토석류 제어공법 효과평가기술 확보 및 운용 시스템 개발</li> <li>○ 토석류 발생 조건 및 지역 별 최적 사방공법 제시</li> <li>○ DB 조사분석에 의한 토석류 위험지역 분류 및 시범운영 지역 선정</li> <li>○ 시범 적용을 위한 해당지역의 환경영향평가 실시</li> <li>○ 토석류 제어설계 잠정안 수립</li> </ul> |
| <p>□ 4차년도</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강원권 하천도로의 선형설계 및 포장, 배수 설계 잠정안 시범적용</li> <li>○ 배수시설 종류, 크기 및 위치에 따른 보호구조물의 시범 적용 및 모니터링</li> <li>○ 시범적용 구간 모니터링 계획 수립 및 모니터링 기구 설</li> </ul>   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | <p>치</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ GIS 기법을 이용한 재난 예측지역 분석 및 시뮬레이션</li> <li>○ 호안 안전설계를 위한 세굴방지 공법, 보수공법 및 유속저감 장치의 시범적용 및 효과분석</li> <li>○ 강원지역 산지하천의 유출, 토사유출, 하상변동, 유속측정 시험구역 운영</li> <li>○ 산지하천의 2차원 홍수유출 및 하상변동 예측모형 정교화</li> <li>○ 홍수유출, 하상변동에 대한 토석류의 영향 평가기법 개발</li> <li>○ 토석류 제어 설계 잠정안의 시범적용</li> <li>○ 강원지역 산지특성 (관광자원으로 보호)을 고려한 사방시설 설치 및 관광자원으로의 활용화 방안 제시</li> <li>○ GIS 시뮬레이션을 이용한 시범 적용 구간 안전성 평가 방안 제시</li> </ul>  |
| <p>□ 5차년도</p>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 모니터링 결과 분석을 통한 선형설계 및 포장 배수설계 잠정안 효과 분석</li> <li>○ 배수 시설 및 배수 시설 보호구조물에 대한 성능 검증 및 시공, 관리 지침 제시</li> <li>○ 호안 안전설계를 위한 세굴방지 공법 및 보수 공법의 보완점 도출</li> <li>○ 산지하천의 2차원 홍수유출 및 하상변동 예측 모형 검증</li> <li>○ 강원지역 산지하천의 특성을 고려한 호안 구조물의 최적 관리 기법 제시</li> <li>○ 모니터링 결과 분석을 통한 사방 시설 성능 검증</li> <li>○ 친환경 사방시설의 최적시공 방법 제시 및 지침화</li> <li>○ 사방 시설의 효율적 유지관리 방안 제시</li> <li>○ 설계 잠정안의 미비점, 보완점 수정을 통해 산지하천도로 호우 피해방지를 위한 도로 설계, 수충부 및 토석류 방재 설계 최종통합지침 제시</li> <li>○ 통합 DB를 활용한 강원지역 호우 재해위험지도 작성 및 운영 방안(설계, 유지 관리) 제시</li> </ul> |
| <p><b>4. 연구개발 추진방법</b></p> |  |
| <p>□ 추진전략</p>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최종연구결과를 하천도로의 관리기관/설계자가 실무에 적용 할 수 있도록 체계적인 설계절차와 구체적인 설계기준을 제시 이를 통하여 시범적용을 하여 신뢰성 및 적용성을 검증하여 최종 연구성과를 도출</li> <li>○ 강원지역 내 지형적 특성, 수리학적 특성을 고려하여 강원 권을 3개 권역으로 구분하고 (영동, 영서 강원북부) 각 권</li> </ul>   |

역 별 장기 모니터링 계획 수립 및 데이터베이스를 구축

- 강원지역 도로의 지형학적 특성을 고려한 자연재해를 사전에 방지하기 위한 1) 재해 방지 도로 선형설계, 2) 수충부 하천방재설계 3) 토석류 제어설계 등의 세부과제를 구성하고 유기적인 관계 형성
- 사용자 측면에서 실무적용시의 장애를 연구기간 내에 해결하기 위하여 주기적인 중간 연구결과의 발표 및 자문회의를 통해서 실무적 의견을 수렴

□ 추진체계

- 학술적 측면이 실무적 측면에 합리적으로 반영될 수 있도록 전공 별(도로, 수리, 지반, 구조) 전문가를 분야별로 학계, 업계에서 연구진을 구축
- 연차별 연구계획이 최종 연구목표를 달성할 수 있도록 호우시 수충부의 하천과 도로에 발생하는 피해원인의 발생 과정, 피해발생기구, 피해저감대책에 관한 연차별계획을 수립

**5. 사업기간 및 소요예산**

- 사업기간 : 5년
  - 1차년도 사업기간 : 연구시작 후 1년
- 사업예산
  - 당해연도 사업비 : 6억원
  - 총사업비 : 65억 5천만 원

(단위 : 백만 원)

|    | 2008 | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 계     |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 정부 | 500  | 1,000 | 1,100 | 1,700 | 1,350 | 5,650 |
| 기업 | 100  | 200   | 20    | 200   | 200   | 900   |
| 기타 |      |       |       |       |       |       |

**6. 기 타**



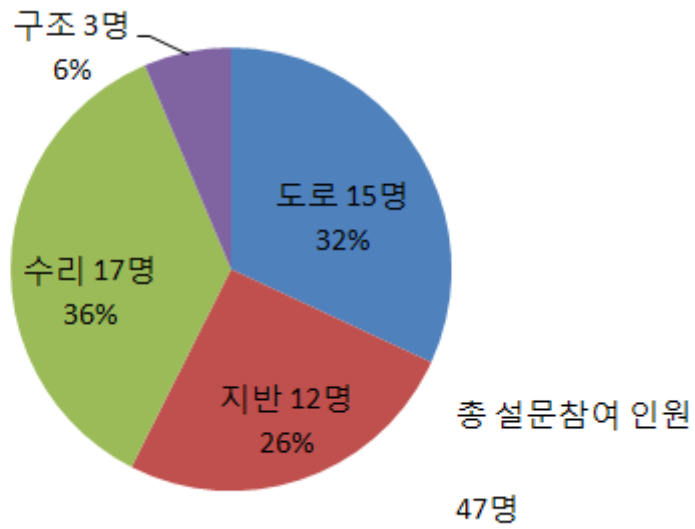
붙임 2

---

## 설문조사 자료

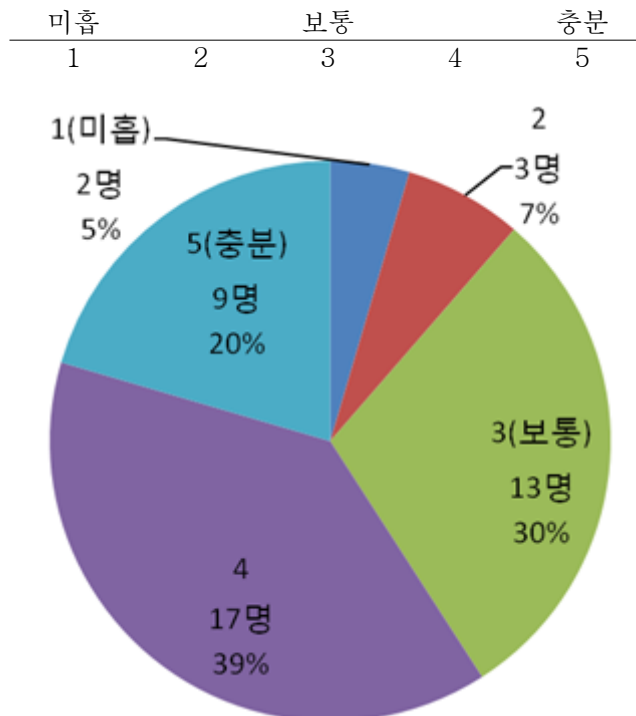
---

◎ 전공 별 설문참여 인원



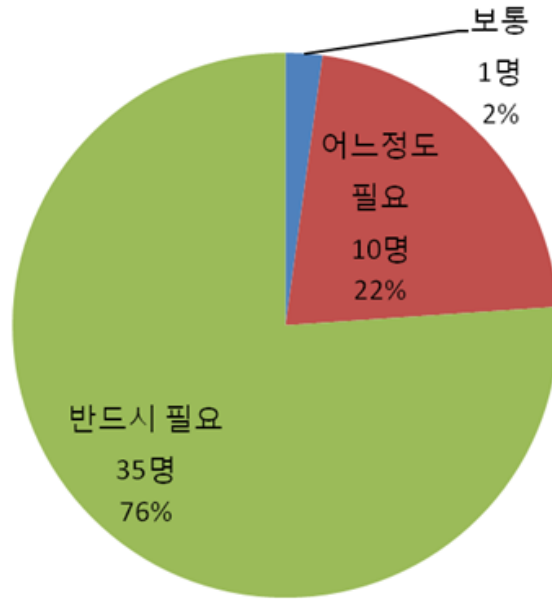
◎ 질문 별 응답 현황

Q) 귀하는 강원지역의 도로, 지반, 수리 특성에 대하여 어느 정도 지식을 갖고 계십니까?

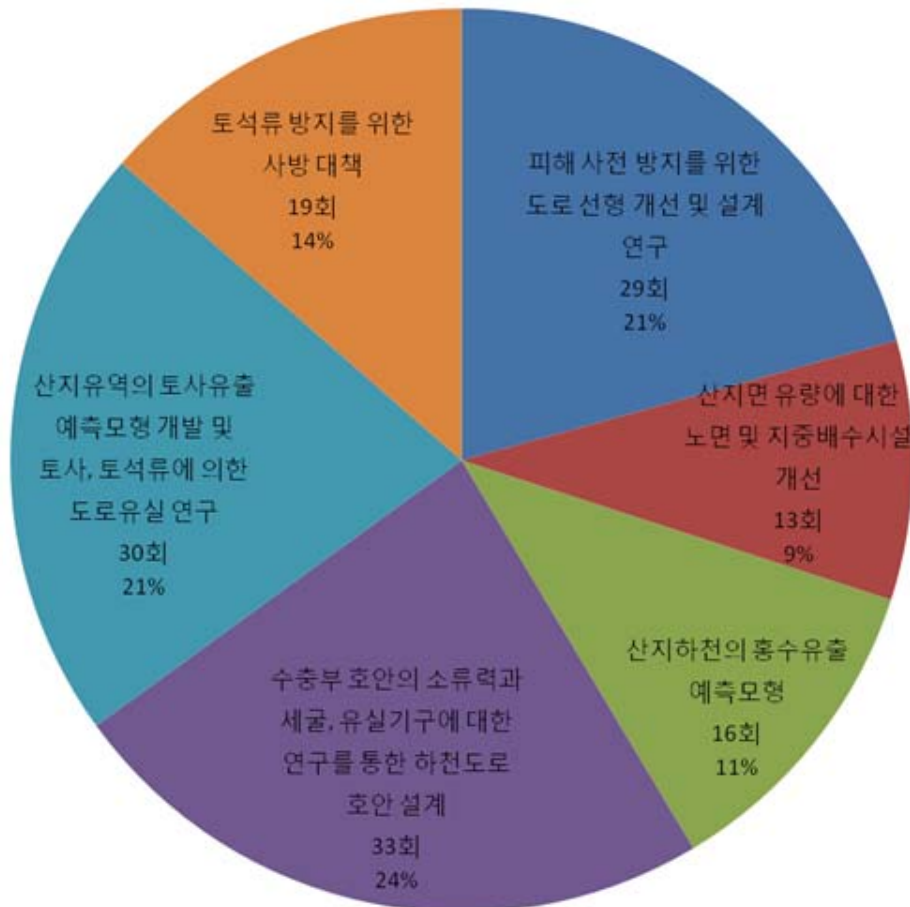


Q) 태풍, 집중호우 시 강원지역 산지도로에서 빈번하게 발생하고 있는 수충부 도로 피해를 고려하였을 때 본 연구의 필요성이 얼마나 된다고 생각하십니까?

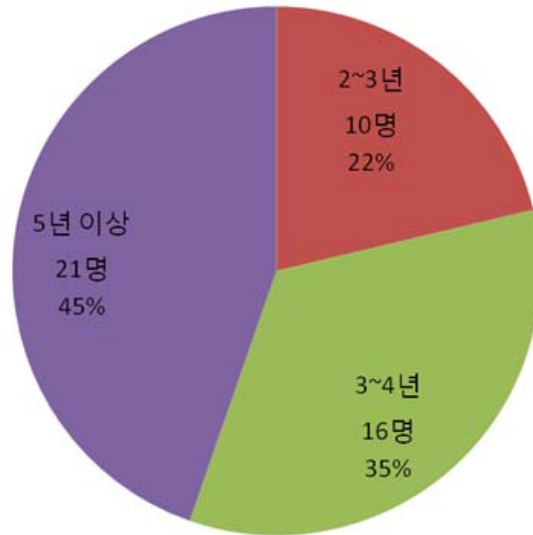
|            |                      |           |                 |               |
|------------|----------------------|-----------|-----------------|---------------|
| 불필요<br>( ) | 크게 필요하지<br>않음<br>( ) | 보통<br>( ) | 어느 정도 필요<br>( ) | 반드시 필요<br>( ) |
|------------|----------------------|-----------|-----------------|---------------|



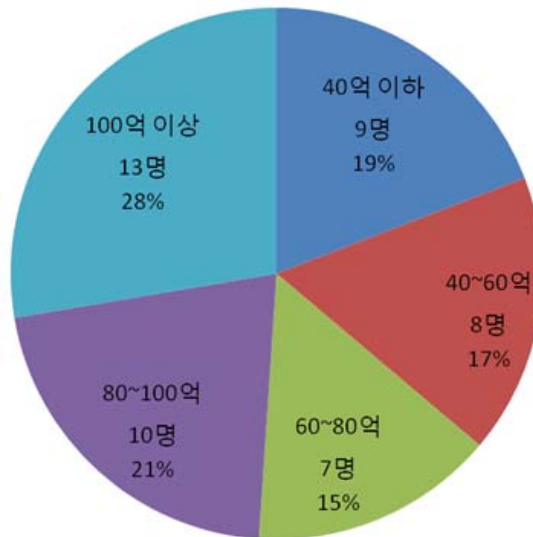
Q) 본 연구와 관련된 국내 기술수준을 고려하였을 때, 연구 수행 시 중점적으로 고려되어야 할 사항은 무엇이라고 생각하십니까? 다음 항목 중 연구중점사항을 세 가지씩 선정하여 표시하여 주시기 바랍니다.



Q) 본 연구는 수리, 지반, 도로, 방재, 구조 등 다양한 분야가 연관되어 있는 연구 과제입니다. 본 연구를 원활히 수행하기 위해 필요한 연구기간 및 연구비의 수준은 어느 정도라고 생각하십니까?



(a) 연구 기간



(b) 총 연구비

Q) 다음 각 항목의 국내 연구 및 기술 수준이 선진국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하시는지 기입하여 주시기 바랍니다.

0% ( )      25% ( )      50% ( )      75% ( )      100% ( )

- ▶ 수충만곡부의 횡단방향 수면경사 변동 : 58%
- ▶ 수충부 하상의 세굴 및 변동 : 56%
- ▶ 만곡부의 유속 분포 : 63%
- ▶ 토석류 및 산사태 방지 기술 : 58%
- ▶ 수충부 호안 시설물 설계 및 시공 기술 : 61%
- ▶ 만곡부 도로하부지반 세굴방지를 위한 기술 : 60%
- ▶ 도로 횡단 배수 시설물 설계 및 시공 기술 : 72%
- ▶ 자연재해, 지역여건을 고려한 도로 선형설계 연구 : 62%
- ▶ 도로와 하천의 유기적, 체계적인 설계 기술 : 57%

Q) 아래의 표에서 본 연구를 수행함에 있어 우선적으로 수행되어야 하는 세부내용을 중요도에 따라 선정하여 번호를 기입하여 주십시오.

▶ 하천·수리 분야

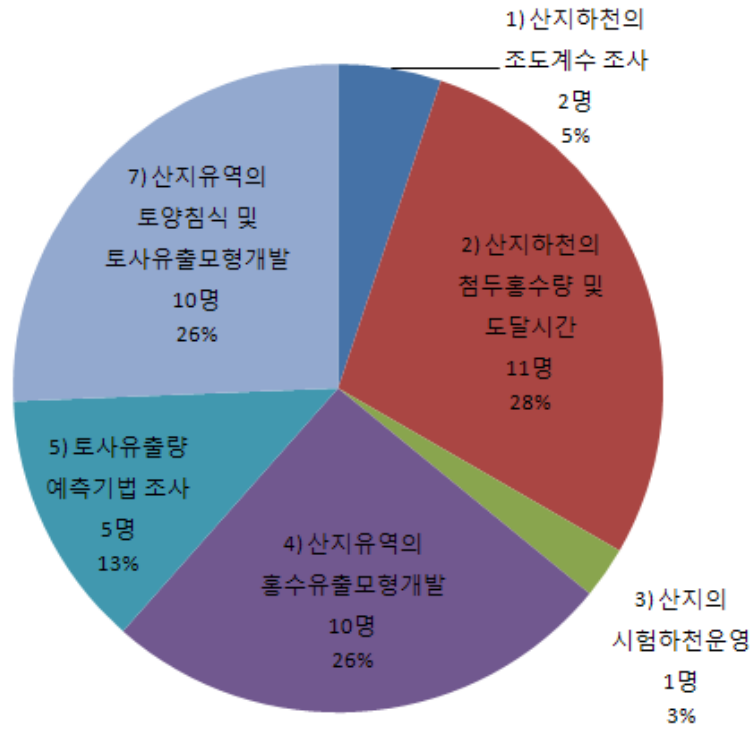
| 분야    | I. 산지하천   | II. 수충부 수리해석   | III. 수충부 설계기법   |
|-------|---|--|---|
| 세부 내용 | 1) 산지하천의 조도계수 조사<br>2) 산지하천의 침투홍수량 및 도달시간<br>3) 산지의 시험하천운영<br>4) 산지유역의 홍수유출모형개발<br>5) 토사유출량 예측기법 조사<br>6) 하상변동 대표하천운영<br>7) 산지유역의 토양침식 및 토사유출모형개발 | 1) 수충부의 홍수위 변동<br>2) 수충부하상의 국부세굴<br>3) 수충부 호안의 소류력과 유실기구<br>4) 수충부의 하상재료 및 단면 변동 | 1) 수충부 하천횡단면 설계기준<br>2) 호안설계기준<br>3) 수충부 홍수위 상승 저감기술<br>4) 수충부 최대세굴심 저감기술<br>5) 수충부 안전호안기술 개발<br>6) 하천과 도로의 설계연계성 |
| 중요 순위 | 1   |  |   |
|       | 2   |  |   |
|       | 3   |  |   |

▶ 지반 · 도로 분야

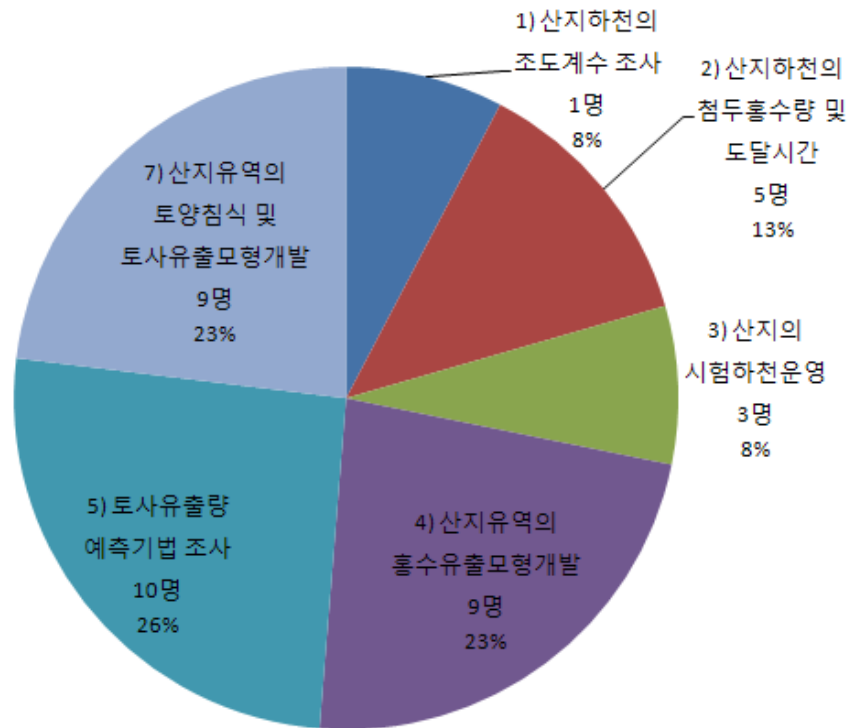
| 분야    | I. 토석류 대책 및 도로 배수   | II. 도로 선형 설계   | III. 하천 도로사면 세굴 및 침수 방지   |
|-------|---|--|---|
| 세부 내용 | 1) 토석류 피해 분석<br>2) 토석류 발생 메커니즘 분석을 통한 방어 구조물 설계 변수 산정<br>3) 토석류 방어 공법 별 효과 분석<br>4) 도로 횡단배수시설물 보호 대책 및 유지관리 기준<br>5) 도로 피해발생 시 원인 별 신속한 피해 복구 대책<br>6) 토사유출을 고려한 종단, 횡단 배수구조물의 형태 및 규격 연구 | 1) 교통량 수요분석을 통해 교량, 터널 구조물의 도입 타당성 검토<br>2) 강원권 산악 및 하천도로의 선형 특성 분석 및 선형개선 방향 제시<br>3) 지역여건(관광지역, 주거지역 등)에 따른 세분화된 선형설계 기법 개발<br>4) 하천과 도로의 설계 연계성 | 1) 옹벽, 호안강재, Gabion, 테트라포드 등 보강, 보호 대책공법의 효율성 분석<br>2) 지역 특성을 고려한 도로 사면 보호대책 선정<br>3) 보호 공법의 관광자원 활용화 방안<br>4) 지속적인 유지관리를 위한 세굴, 침식 조사기법 개발 및 데이터베이스화 |
| 중요 순위 | 1   |  |   |
|       | 2   |  |   |
|       | 3   |  |   |

▶ 하천 · 수리 분야

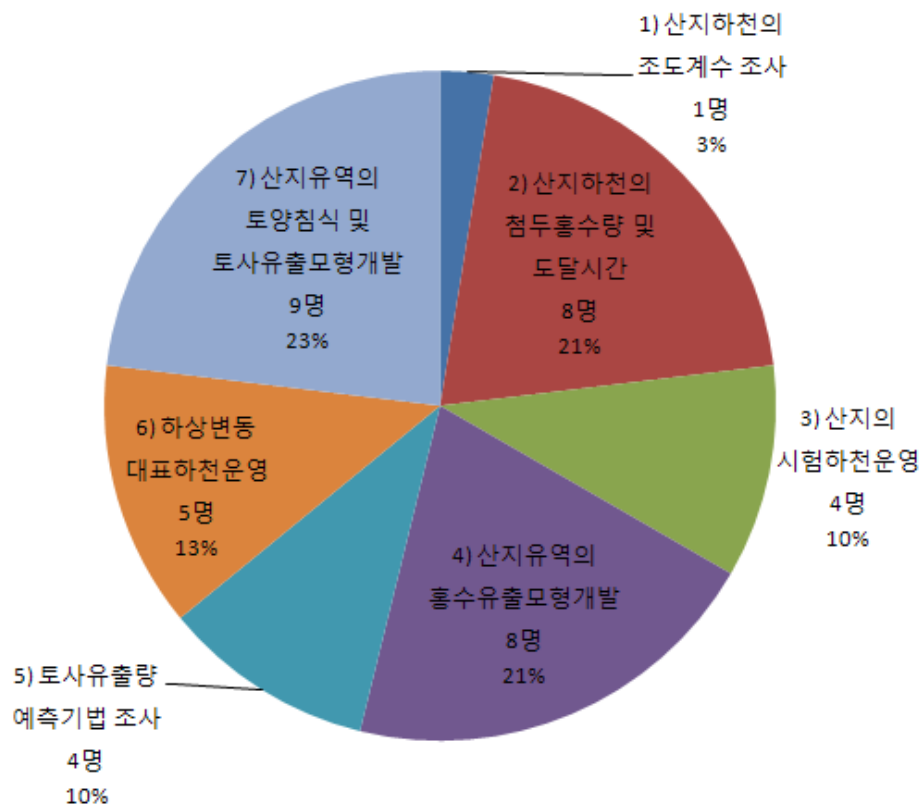
I. 산지하천



< 1 순위 >



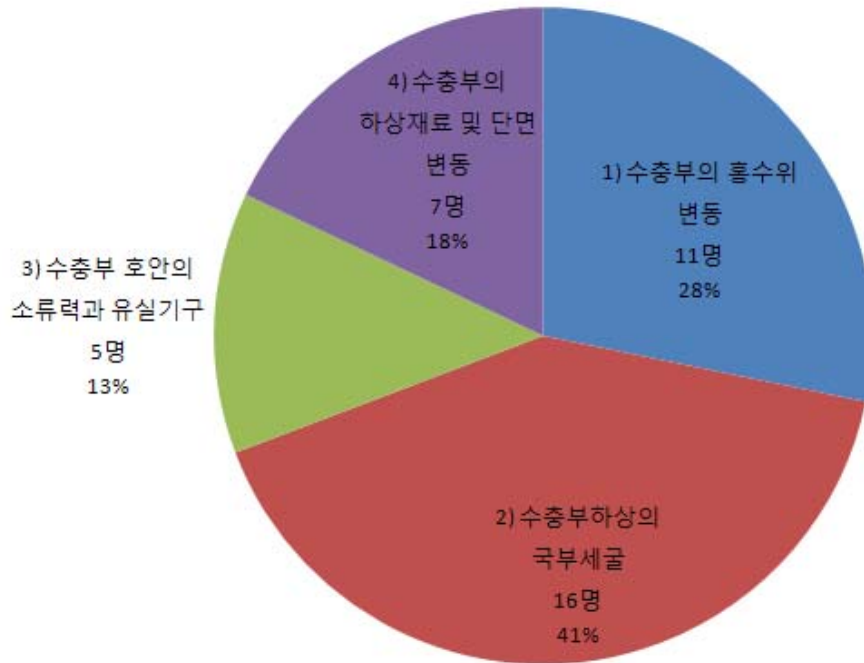
< 2 순위 >



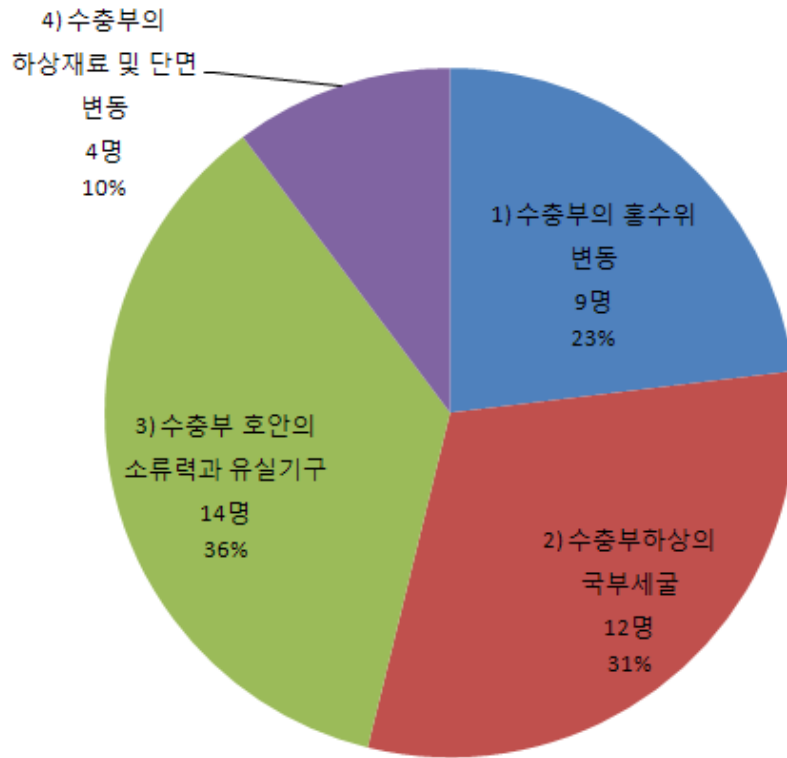
< 3 순위 >

▶ 하천 · 수리 분야

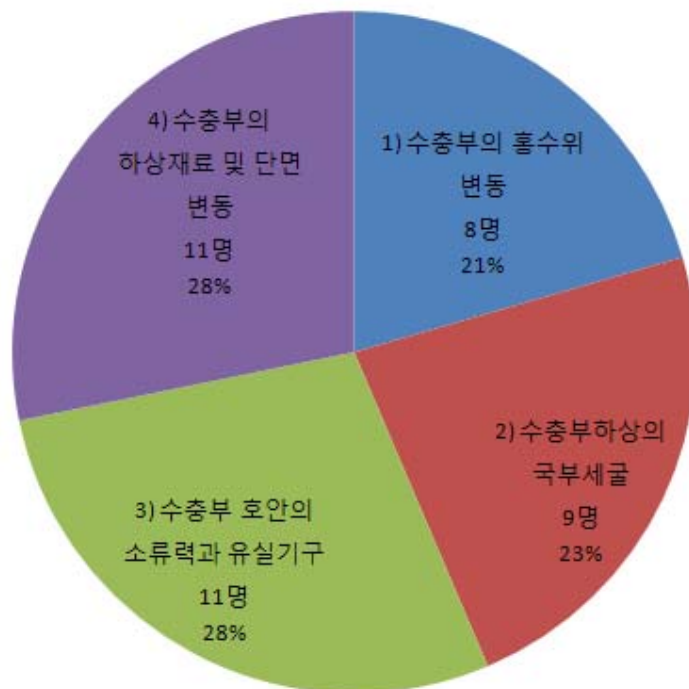
II. 수충부 수리해석



< 1 순위 >



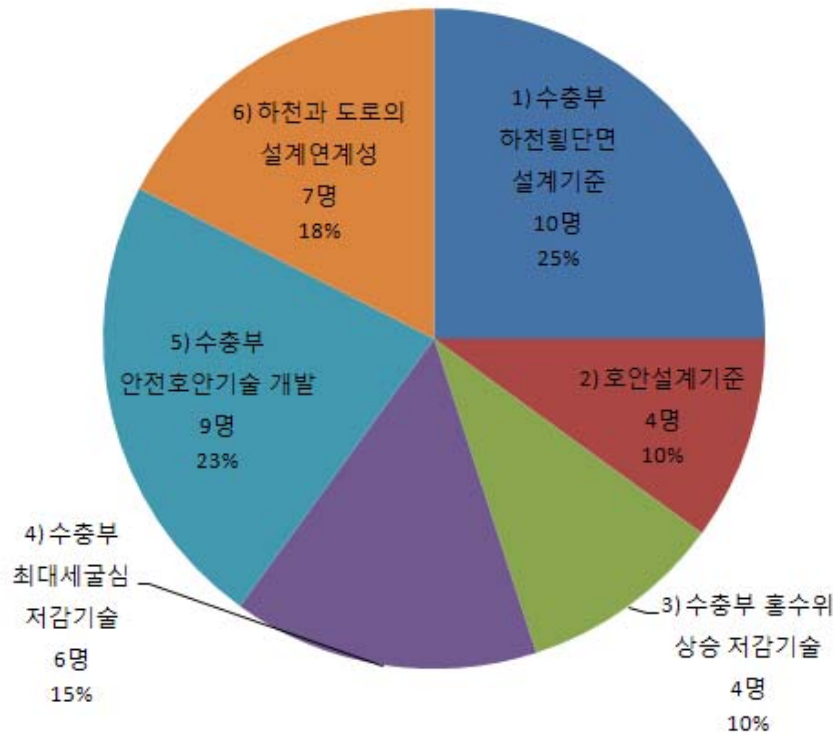
< 2 순위 >



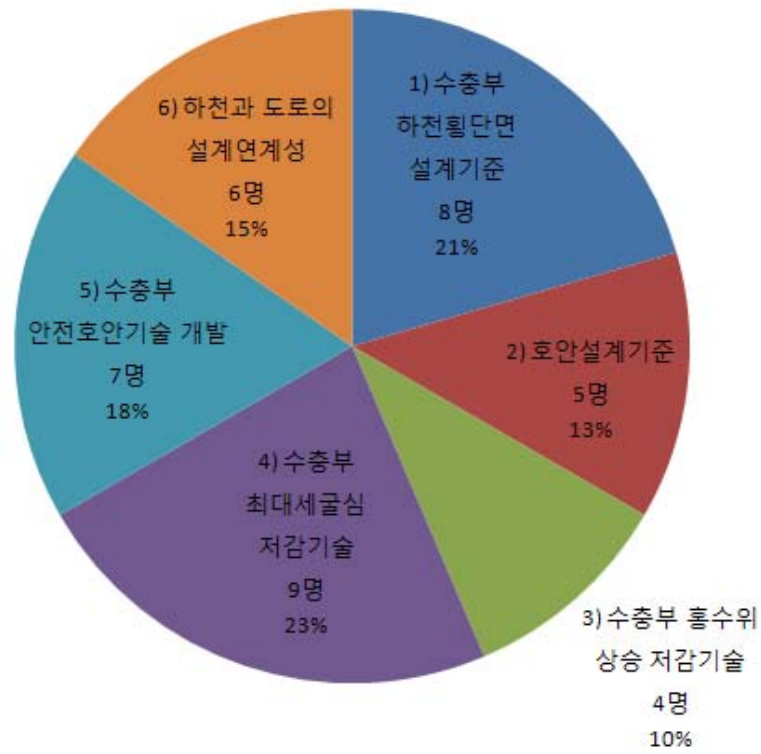
< 3 순위 >

▶ 하천 · 수리 분야

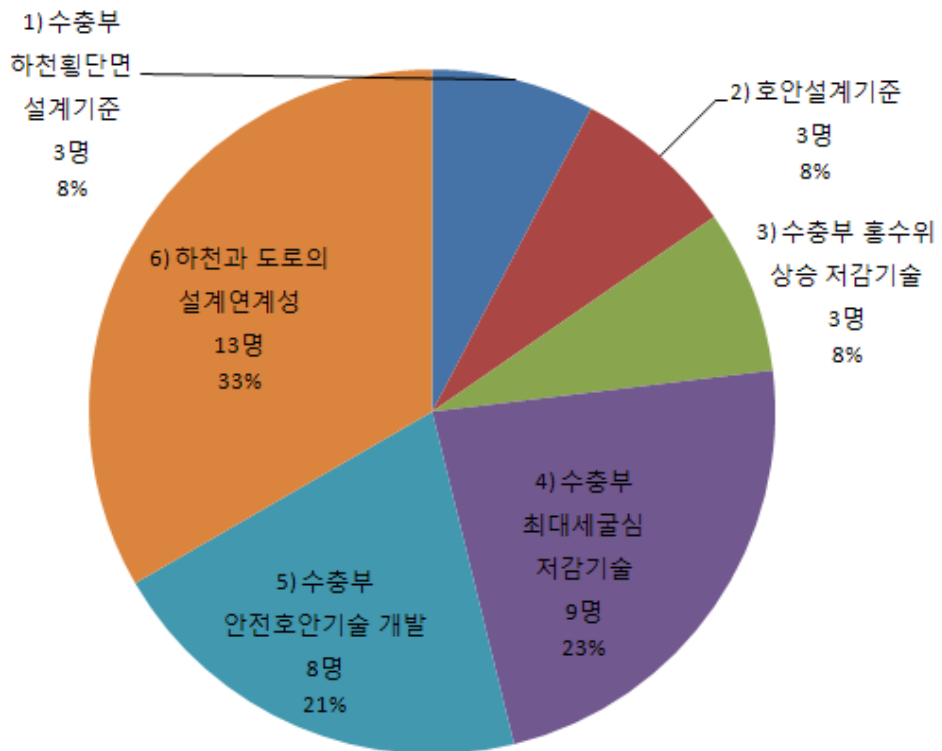
Ⅲ. 수충부 설계기법



< 1 순위 >



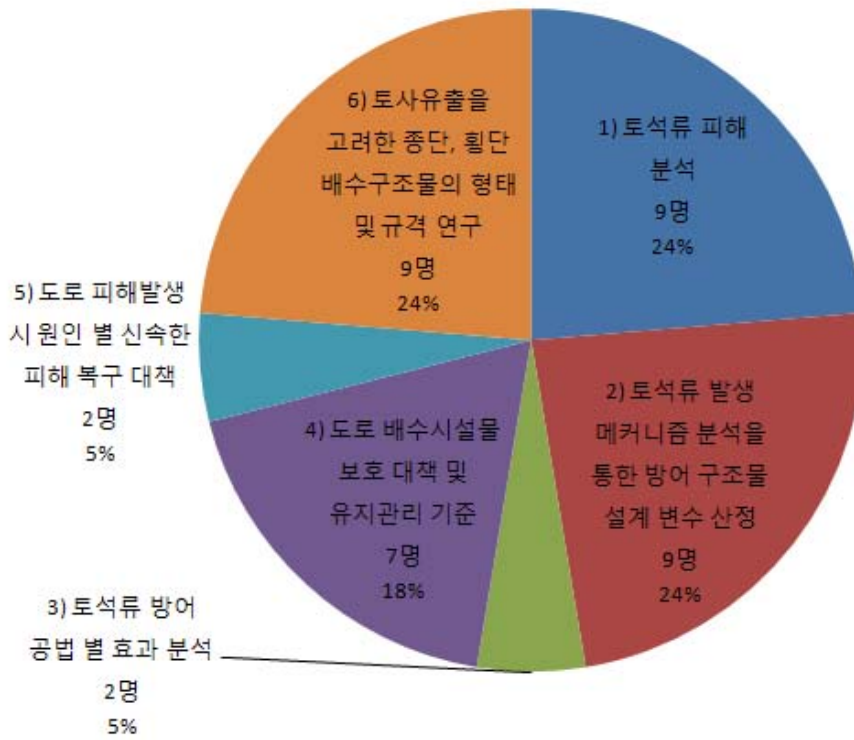
< 2 순위 >



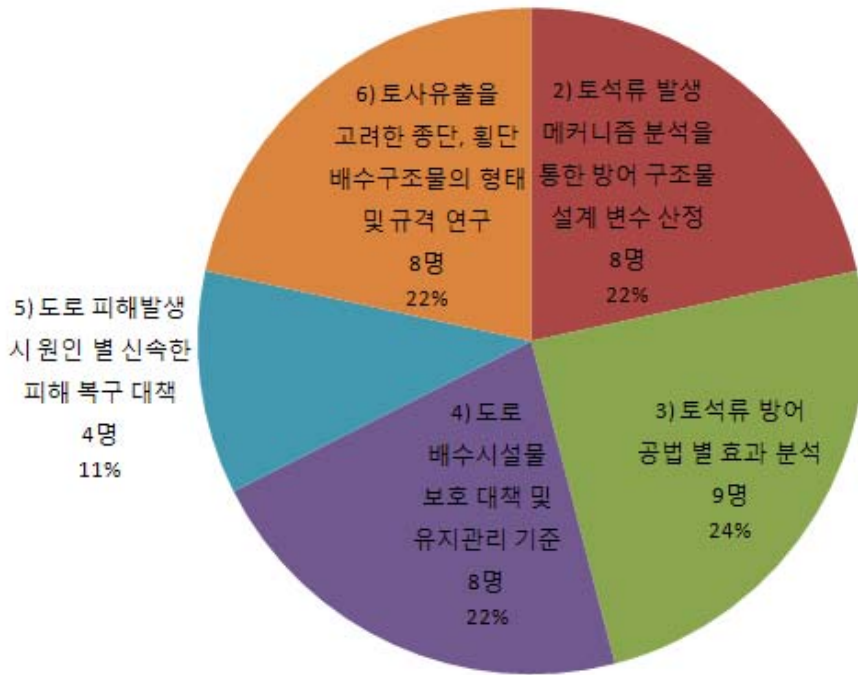
< 3 순위 >

▶ 지반·도로 분야

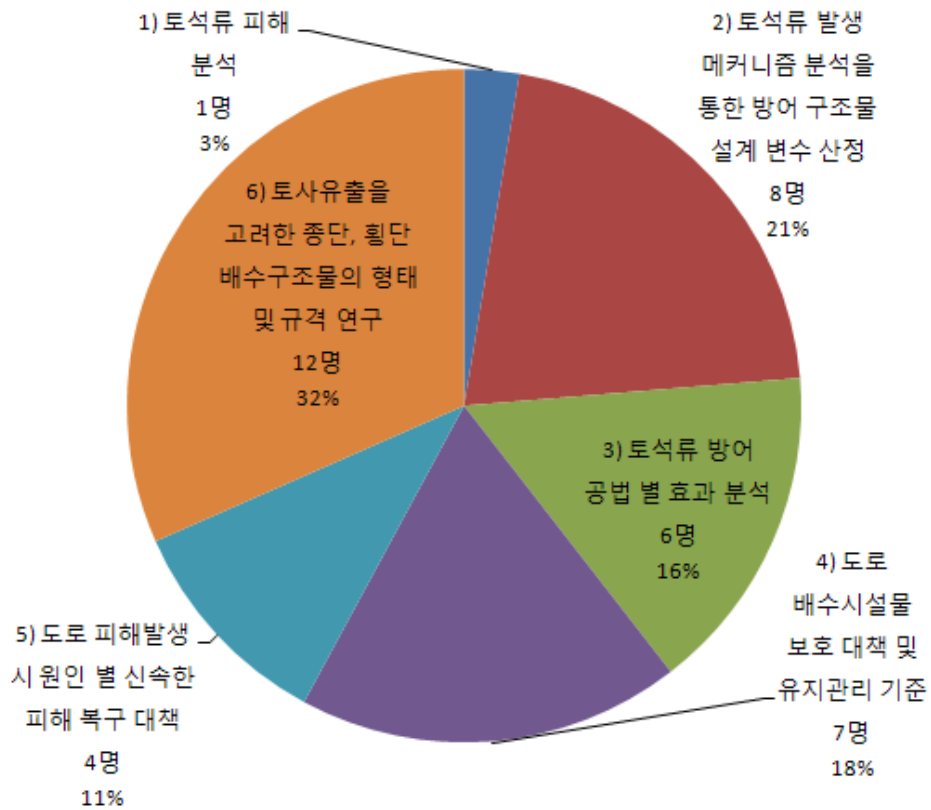
1. 토석류 대책 및 도로 배수



< 1 순위 >



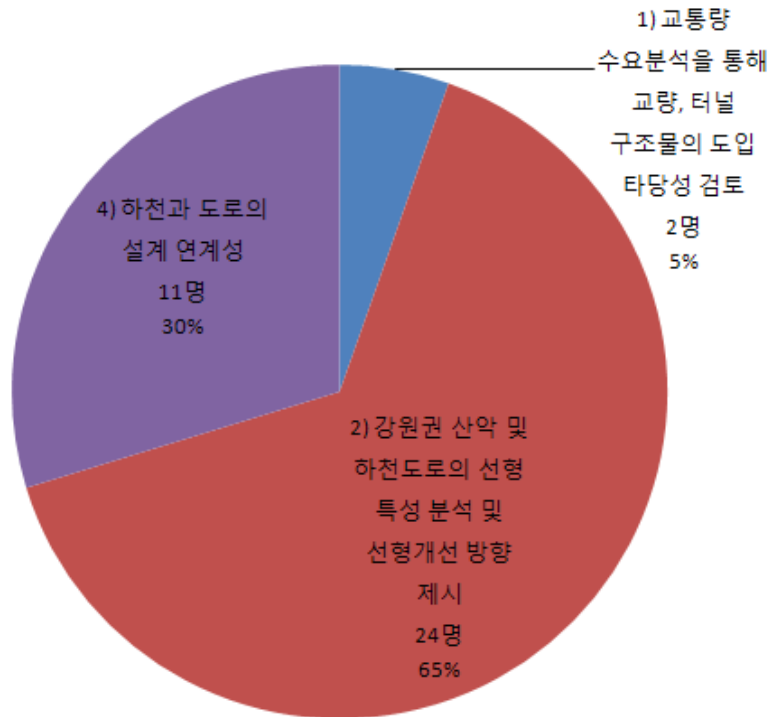
< 2 순위 >



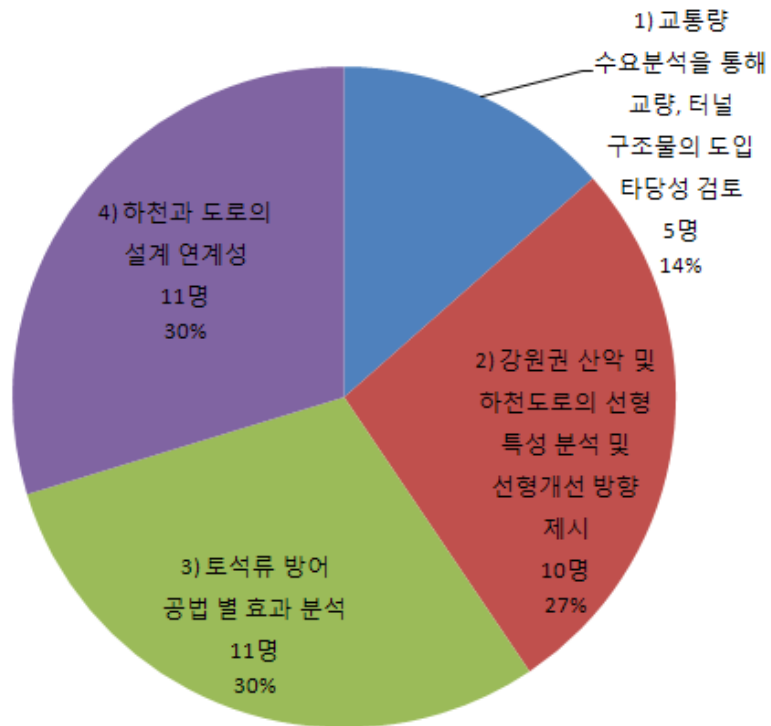
< 3 순위 >

▶ 지반·도로 분야

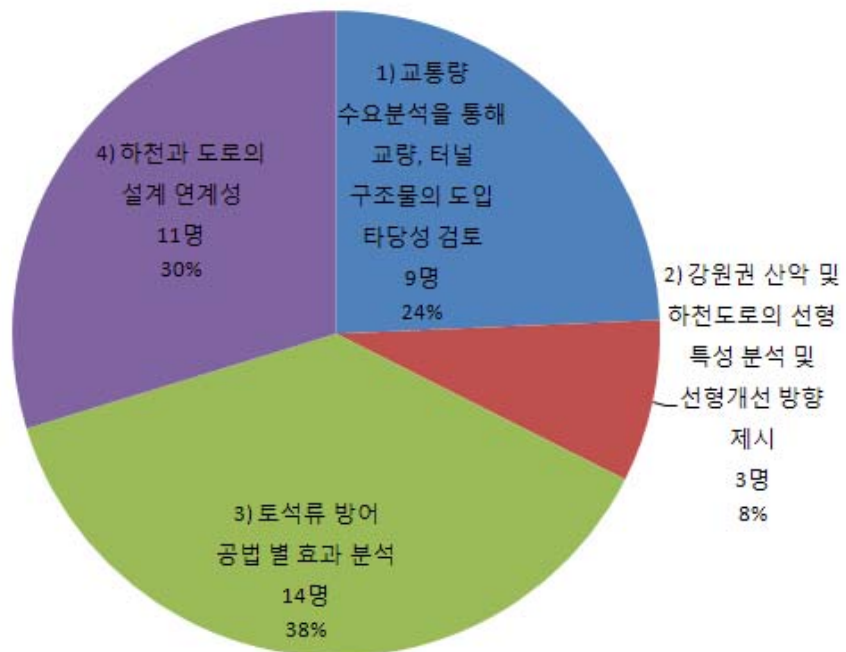
II. 도로 선형 설계



< 1 순위 >



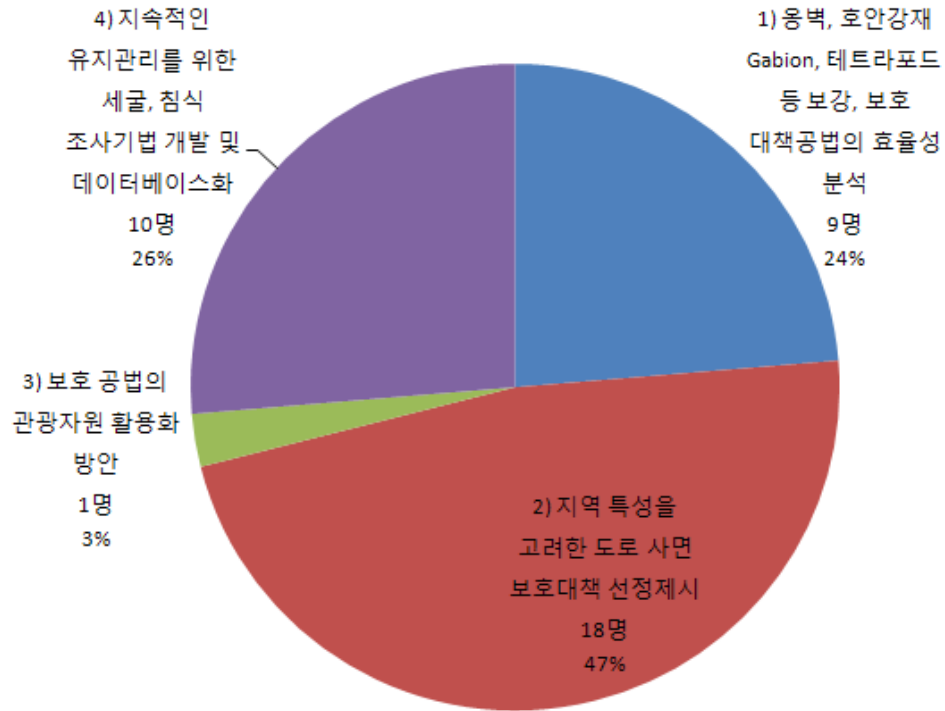
< 2 순위 >



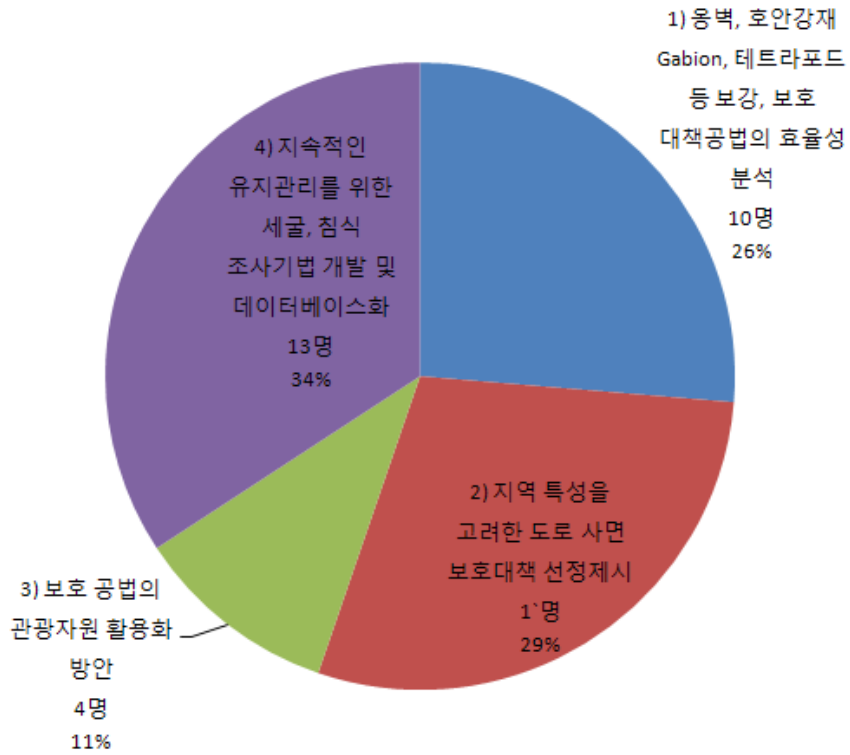
< 3 순위 >

▶ 지반·도로 분야

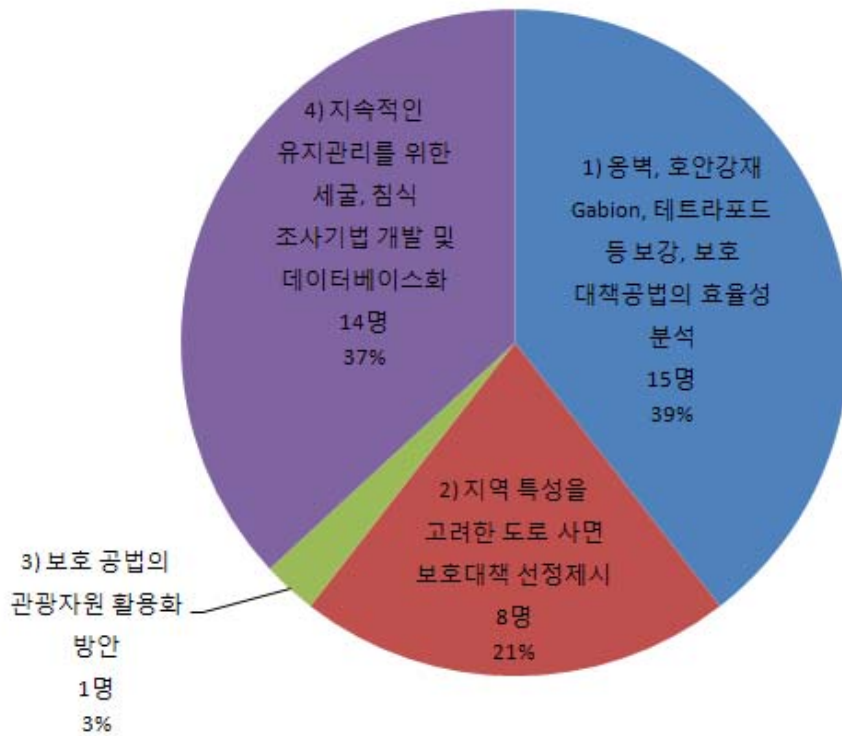
III. 하천 도로사면 세굴 및 침수 방지



< 1 순위 >



< 2 순위 >



< 3 순위 >

Q) 우리나라의 하천설계실무에서 다음과 같은 하천수충부의 수리학적 현상을 어느 정도 반영하고 있다고 생각하십니까?

| ▶ 만곡부의 횡단방향 수면경사 | 미흡 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 충분 |
|------------------|----|---|---|---|----|---|---|---|----|
|                  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9  |

4.1

| ▶ 수충부 하상의 세굴 및 변동 | 미흡 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 충분 |
|-------------------|----|---|---|---|----|---|---|---|----|
|                   | 1  | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9  |

4.7

| ▶ 만곡부의 유속분포 | 미흡 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 충분 |
|-------------|----|---|---|---|----|---|---|---|----|
|             | 1  | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9  |

4.3

Q) 강원도지역 하천피해의 원인이라고 생각되는 다음 사항의 경중에 대하여 어떻게 생각하십니까?

| ▶ 통수단면 부족 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|-----------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
|           | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

6.1

| ▶ 만곡부 수면상승 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
|            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

6.4

| ▶ 교량의 경간장 부족 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|--------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
|              | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

6.7

| ▶ 급경사 산지하천 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
|            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

7.3

| ▶ 과도한 토사유출 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
|            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

7.6

|             |     |   |   |   |   |    |   |   |   |     |
|-------------|-----|---|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 과도한 산사태발생 | 아니다 |   |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|             | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7 | 8 | 9 |     |

6.9

|            |     |   |   |   |   |    |   |   |   |     |
|------------|-----|---|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 과도한 유목유출 | 아니다 |   |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7 | 8 | 9 |     |

7.5

|                     |     |   |   |   |   |    |   |   |   |     |
|---------------------|-----|---|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 수충부 호안시설 설계<br>미흡 | 아니다 |   |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|                     | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7 | 8 | 9 |     |

6.7

Q) 강원도지역 도로피해의 원인이라고 생각되는 다음 사항의 경중에 대하여 어떻게 생각하십니까?

|                 |     |   |   |   |    |   |   |   |     |
|-----------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 도로 횡단배수 시설 불량 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|                 | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

6.2

|                |     |   |   |   |    |   |   |   |     |
|----------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 토석류 및 산사태 발생 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|                | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

7.4

|                           |     |   |   |   |    |   |   |   |     |
|---------------------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 수충부 및 계곡부를 고려하지 않은 선형설계 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|                           | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

6.6

|                        |     |   |   |   |    |   |   |   |     |
|------------------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 호안 시설 미비로 인한 하부지반 침식 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|                        | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

6.7

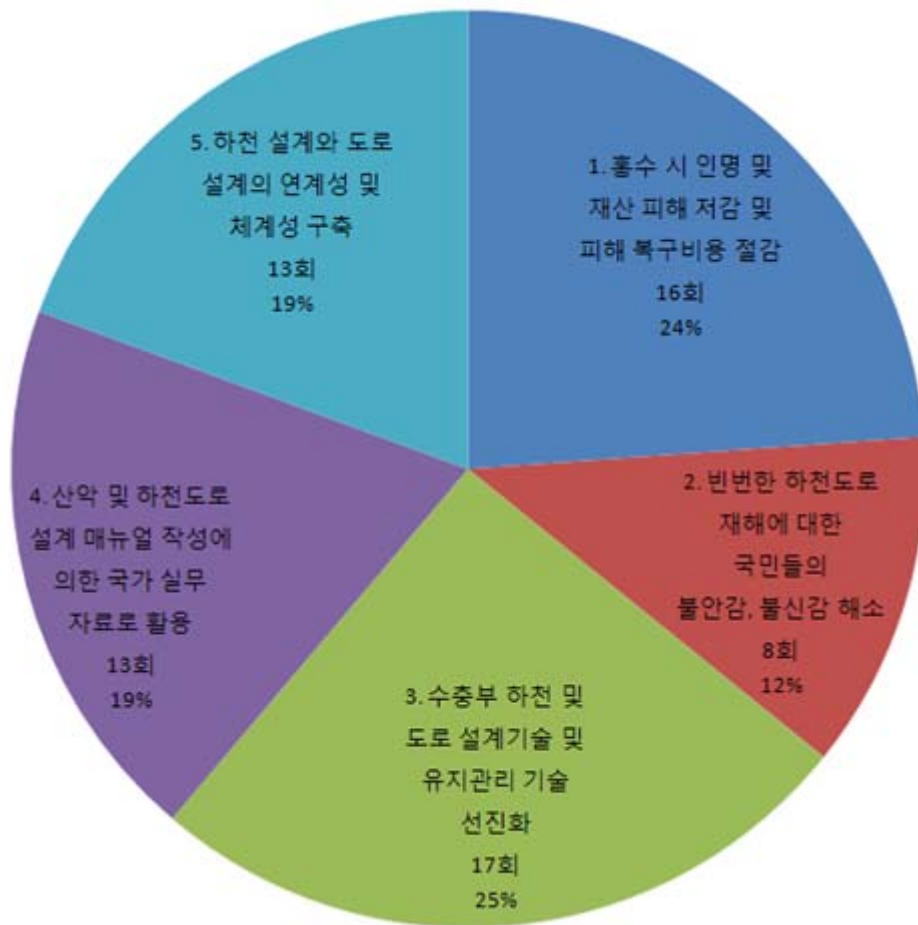
|               |     |   |   |   |    |   |   |   |     |
|---------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 도로 사면 보강 불량 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|               | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

5.9

|                             |     |   |   |   |    |   |   |   |     |
|-----------------------------|-----|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| ▶ 위험지역의 지속적인 모니터링 및 유지관리 미흡 | 아니다 |   |   |   | 보통 |   |   |   | 그렇다 |
|                             | 1   | 2 | 3 | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9   |

7.3

Q) 본 연구가 수행되었을 경우 예상되는 기대효과에 대해 가장 중요하게 생각하시는 부분에 체크하여 주시기 바랍니다.



Q) 『토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술』 연구를 수행함에 있어 필요한 조언 및 제안이 있으시면 기탄없이 기술해 주시기 바랍니다.

- 이론적인 정립보다는 실무적인 내용에 충실하였으면 함
- 하천 수충부에는 도로건설을 억제하되, 불가피한 경우 교량, 콘크리트 옹벽, 세굴방지시설 등의 설치에 대한 연구도 필요할 것으로 사료됨
- 합리적인 호안 종류별 제품설계허용유속 및 평가기법이 마련되지 않기 때문에 합리적 호안설계를 할 수 없음. 소류력은 큰 반면 구조적 호안보다 친환경 호안을

## 고집합

- 순차적 구조물별(사방시설, 사방댐, 보, 호안시설, 교량, 수문시설, 옹벽 등)에 의한 강원도 지역 특색을 고려한 총론적 방호개념 및 기술통합이 요구됨
- 토목관련 전 분야(구조, 지반, 수공관련)가 관련되어 있는 분야이므로 연구팀 구성 시 관련 전문가가 적절히 구성되어야 할 것임
- 본 최종 기술은 이론적인 연구결과로만 끝나지 않고 연구중간단계에서부터는 실질적인 활용메뉴얼 또는 기준 등으로 연구방향이 설정되어야 할 것임
- 수충부 구조물의 축조에 있어서 환경과 구조적 견고성을 확보할 수 있는 방안의 적극적인 강구와 이에 대한 투자처(정부)의 인식제고를 위한 경제성, 환경성 등에 대한 분석이 필요함
- 해당 지자체에 소속된 각 분야별 전문가들의 네트워크를 형성하여 상호 정보교환이 될 수 있는 시스템을 구축하는 것이 필요함
- 현재의 기법보다는 이러한 기회가 주어진다면 여러 가지의 기존의 기법의 재 활용과 함께 신기술/신공법의 개발도 동시에 추진되어야 함
- 최근 빈번하는 집중호우로 인한 하천범람은 유출량의 증가가 가장 큰 원인이겠지만, 집중호우에 따른 도시의 하천 유입으로 인한 하상증가 및 통수능 부족이 큰 원인을 차지하고 있음. 따라서 토석류를 고려한 하천 흐름해석 기법의 개방 및 이를 활용한 홍수위 예측기법은 강원도 수재해 방지를 위해 반드시 필요한 연구사안이라 사료됨
- 피해의 원인과 유형에 대한 세밀한 조사와 분석을 배경으로 한 접근
- 하천과 도로의 연결부의 수리적 취약의 분석
- 수리적 특성에 의한 구조물의 안정성 평가기법의 정립(이론, 모형실험, 현장계

측과 현장조사 및 분석, 모니터링)

- 이론적인 체계도 중요하지만 실무가 접합이 되는 기술개발이 되었으면 하며, 선진기술(미국, 유럽) 등을 따라하는 것이 아닌 국내 적합한 실정에 맞는 기술개발은 물론이며, 적용사례 등을 분석하여 체계적이며 효과적인 기술개발이 되었으면 함

- 과거 도로설치는 주로 하천의 폭을 축소시키면서 계획을 하였던 것으로 알고 있다. 하천의 형태는 장기간을 거쳐 형성된 것을 감안할 때 하천의 형태(하폭, 유량 등)를 변경하는 것은 물이 흐르고 싶은 곳으로 못흐르게 하는 것으로 판단되며, 인위적으로 막을 수 없는 것으로 봄. 물을 고려한 계획이 요구됨

- 설계 발주 시 수자원에 대한 중요도를 적게 보는 경향이 있고, 도로 설계자가 결과에 대한 판단력도 없이 설계하는 경향이 있음

- 실무에 바로 적용 가능하도록 여러 가지 경우에 대하여 세밀한 내용을 정리할 필요 있음

- 이론적인 연구수행보다 현장에 바로 적용할 수 있는 공법 및 계산식 필요

- 토사유실방지라는 개념이 하천도로 수충부 방재설계기술과 어떤 연관성을 가지는 지 혼돈됨. 토사유실은 산사태 등에 의한 것이라 판단되어 수목석재 및 사방댐 건설 등 여러 가지 대책이 있을 수 있겠으며 하천도로 수충부는 다른 개념이라 생각됨. 예전에 강원도 피해시 가장 중요한 화두가 <물길은 예전 물길을 되살리고 따라가게 된다, 인공적인 하천변형이나 통수능이 부족한 지역에서 심각한 피해가 발생한다> 등의 내용을 들은 기억이 있음. 수충현상을 해석하기 위해서는 수리학적 분석이 기초가 되어서 정확한 힘의 역학적인 것을 분석해야 함. 그런 다음 그 힘을 분산시키기 위한 구조물 설치 및 변경 등이 있어야 할 것으로 판단됨. 현재 수충부의 역학적 형태는 제가 알기로는 활발하지 않지만 전혀 새로운 개념도 아니라고 생각함. 실험실에서 마복부 등에 대한 연구가 많이 진행되고 있기도 함.

그러나 실질적인 피해를 입고 있는 강원도 지역에서 체계적이고 합리적인 분석에 의한 수충부해석은 지역발전을 위해서 의미 있는 연구과제라 생각함.

- 또한 다른 피해원인은 복구사업 시 피해조사, 설계, 시공 시 절대공기가 필요함에도 불구하고 너무 조급하게 서둘러서(실제 공사완료는 상당히 늦어지고 있음) 피해복구사업의 과정이 수행되므로 이에 따라 조사불충분, 적절치 않은 설계에 따라 시공 시 문제가 도출되며 반복적으로 재해가 발생하고 있는 실정임. 피해에 대한 철저한 조사와 피해원인의 분석에 따라 적절한 항구복구 및 철저한 유지관리가 필요함

- 연구 범위가 너무 광범위하게 작성되어 있는 경향이 있음. 궁극적으로는 사면, 도로, 하천 모든 분야에 있어서의 연구가 총괄적으로 진행되어야 한다는 점에서는 동의하나, 현실적으로 연구진행의 우선순위를 매겨, 만곡하천부에서의 도로호안설계에 대한 지침을 작성하는 것이 필요할 것으로 사료됨

- 강원도의 지형적인 특성으로 인하여

1. 국지적인 집중호우 발생
2. 산간 상류지역 특성 상 유속의 흐름이 극히 빠름
3. 과대한 토사와 부유물, 유출물 발생
4. 만곡부 하저 침식, 저수지퇴적, 유로변경 및 교량, 교각 충격으로 인한 구조물의 안전 위협

상기 대책 필요

- 강원도 지역에 대한 지형분석자료, 홍수피해 자료 등을 통하여 피해 발생 지역의 특성분석이 이루어져야함 특성분석을 통하여 피해 지역별 여건을 고려한 설계가 이루어져야 할 것으로 판단됨

따라서 정확한 피해의 원인 분석, 실제 피해 사례를 고려한 설계검토, 피해지역을 등급별로 분류하여 지속적인 관리대책수립 등이 필요할 것으로 생각됨

붙임 3

---

## 관련 논문 현황

---

|      |  |     |         |
|------|--|-----|---------|
| 제 목  | 산불피해임지 사방공작물의 토사유출 억제에 관한 연구   |     |         |
| 저 자  | 이창우, 김재현, 이천용,<br>윤호중  | 연 도 | 2004.01 |
| 출 처  | 한국임학회  |     |         |
| 연구내용 | 산불 피해지역의 무분별한 복원으로 인한 산림환경파괴에 대한 국민들의 관심이 고조됨에 따라 인공복구와 자연복구에 대한 의견 대립 및 인공복구 시 친환경적인 방법의 필요성이 요구됨. 따라서 2000년 4월 산불 피해지인 삼척 국유림 내에 시험지를 선정하여 자연복원지와 친환경적 사방구조물 설치 지역의 토사유출 특성파악을 통해 각 사방구조물의 토사유출억제기능 평가를 위해 수행. |     |         |

|      |   |     |         |
|------|---|-----|---------|
| 제 목  | 고성 산불피해임지의 토사유출 특성  |     |         |
| 저 자  | 이창우, 이천용, 조병훈   | 연 도 | 2002.01 |
| 출 처  | 한국임학회   |     |         |
| 연구내용 | 산불 피해지의 식생피도 및 토사유출을 조사하기 위해 피해지내 6개의 시험구를 설치하고 강수량 식생 및 피도 토사유출량 등을 조사하고, 토사유출량의 경년변화, 입지환경인자와 토사유출량과의 관계를 파악. |     |         |

|      |   |     |         |
|------|---|-----|---------|
| 제 목  | 절개지에서 토사유출 방지를 위한 둥근잎매듭풀 ( 콩과 ) 의 이용  |     |         |
| 저 자  | 허홍욱, 허만규  | 연 도 | 1998.01 |
| 출 처  | 한국환경과학회   |     |         |
| 연구내용 | 식물은 침식으로부터 토양을 보호하는데 상당한 역할을 하고 있다. 인공 경사지에서 둥근잎매듭풀이 표토의 유실 방지에 효과가 있는지 인공 강수량을 분무하여 정도를 조사함. |     |         |

|      |  |     |         |
|------|--|-----|---------|
| 제 목  | 경사농경지에서의 토사유출 저감방안 연구  |     |         |
| 저 자  | 신용철, 최중대, 임경재,<br>류창원, 심혁호, 신경식  | 연 도 | 2005.01 |
| 출 처  | 한국물환경학회  |     |         |
| 연구내용 | 고령지 경사 밭의 토양유실을 제어하기 위한 대안을 개발하기 위하여 급경사지 시험포에서 자연강우에 의한 토양유실의 외관적 형태를 관찰하고, 인공강우시설을 이용하여 비닐과 벧짚거적 멀칭의 토양유실저감 효과를 파악하기 위한 실험 수행. |     |         |

|      |   |     |         |
|------|---|-----|---------|
| 제 목  | 임도 구조인자 및 기상인자가 임도 토사유출에 미치는 영향   |     |         |
| 저 자  | 이승현, 김경훈, 우보명,<br>최형태, 전기성  | 연 도 | 2000.01 |
| 출 처  | 한국임학회   |     |         |
| 연구내용 | 임도의 구조인자 및 기상인자에 따른 임도의 토사침식 및 유출 상황을 파악함으로써 효과적인 환경피해감안대책을 위한 기초자료 수집. |     |         |

|      |  |     |         |
|------|--|-----|---------|
| 제 목  | 산지토사유출량 산정공식의 특성인자 결정에 관한 연구   |     |         |
| 저 자  | 강옥륜  | 연 도 | 2005.02 |
| 출 처  | 연세대 공학대학원  |     |         |
| 연구내용 | 각종 토사유출량 산정 공식의 내용을 정리하고 제한사항, 장·단점, 적용대상 등 각 공식의 특성을 분석한 후 각 공식을 비교·분석한다. 특히 재해영향평가에서 주로 사용하고 있는 USLE와 RUSLE공식에 대한 심도있는 분석을 실시하고 각 공식의 매개변수에 대한 내용을 자세히 검토하고 우리나라에서 적용한 대표적인 사례를 조사, 분석하여 두 공식이 가지고 있는 제한사항 등이 실제 적용시에 제대로 지켜지고 있는지, 각 매개변수가 미국의 실정에 맞추어 제안된 것이므로 이를 국내에 그대로 적용한 것에 대한 문제점은 없는지 파악. |     |         |

|      |   |     |         |
|------|---|-----|---------|
| 제 목  | 하천 만족부의 적정설계를 위한 유로특성분석   |     |         |
| 저 자  | 심기오   | 연 도 | 2003.12 |
| 출 처  | 국립방재연구소   |     |         |
| 연구내용 | <p>하천 만족부에서의 피해방지를 위한 적정설계방안을 제시하기 위하여 2002년도에 극심한 피해가 발생하였던 강릉시 남대천 유역의 하천을 대상으로 만족부 피해지점에 대한 조사를 실시하였다. 수집된 자료를 분석함에 있어 9개 피해하천에서 23개의 만족부의 피해지점을 발견하였다. 각각의 피해지점에서 10가지의 특성인자값을 적출하여 회귀분석을 실시하였다.</p> <p>하천 만족부의 피해특성조사, 하천 만족부의 흐름특성, 조사대상지역의 선정</p> <p>연구결과 : 피해하천 만족부 특성인자간 회귀분석, 만족부 적정설계를 위한 피해특성제시</p> |     |         |

|      |  |     |      |
|------|--|-----|------|
| 제 목  | 하천만곡부의 개략설계 값 산정에 관한 연구  |     |      |
| 저 자  | 심기오  | 연 도 | 2004 |
| 출 처  | 국립방재연구소  |     |      |
| 연구내용 | <p>하천 만족부에서의 피해방지를 위한 개략설계방안을 제시하기 위하여 강릉시 남대천 유역 등의 피해 미발생 소하천을 대상으로 만족부에 대한 조사를 실시하였다. 수집된 자료를 분석함에 있어 14개 하천에서 18개의 만족부 지점을 발견하였다. 각각의 피해지점에서 11가지의 특성인자값을 적출하여 다중회귀분석을 실시하였다.</p> <p>제시된 회귀직선식의 비교에서 사행과장과 하천연장, 곡률반경과 하천연장, 사행대과 하천 연장의 관계가 개략설계시 도움이 될 것으로 나타났다.</p> |     |      |

|      |  |     |         |
|------|--|-----|---------|
| 제 목  | 자연하도 만곡부에서 수리구조물에 의한 수리학적 변동특성 분석  |     |         |
| 저 자  | 김승균  | 연 도 | 2004.12 |
| 출 처  | 국회도서관, 경일대학교 대학원   |     |         |
| 연구내용 | <p>사행하천의 만곡부는 흐름 방향전환으로 인한 소용돌이 능력이 문제되는 구간으로서 홍수 발생시 하천 범람이나 제체의 안정성 등으로 인한 홍수피해의 발생 가능성이 매우 높은 부분이다. 그러나 최근에는 수변공간의 개발로 인하여 만곡수로 합류부 하류에서도 수공구조물이 설치되어 수로 흐름에 저항을 주는 장애물로 작용하게 됨은 물론 이로 인한 편수위 상승과 우수 총수단면적 감소로 인한 하천의 범람과 침식 등이 발생하게 되어 제방 외측에 심각한 피해를 주게 된다.</p> |     |         |

|      |   |     |      |
|------|---|-----|------|
| 제 목  | 만곡부 호안공 수리학적 설계법에 관한 연구   |     |      |
| 저 자  | 노상원   | 연 도 | 2004 |
| 출 처  | 진주산업대 산업대학원, 국회도서관  |     |      |
| 연구내용 | <p>만곡부에서의 호안공 설계 시 현재 1차원 수리계산 결과를 근거로 계획홍수위를 결정하고, 유속을 근거로 하는 소류력 평가에 의하여 호안공을 선정하므로써 호안공의역학적 안정성에 심각한 문제를 유발할 수 있다는 것을 전제로 본 연구를 시작하였다. 따라서 본 연구에서는 먼저 호안공의 파괴원인-구조형식 모형을 문헌조사를 통하여 파악하였으며, 만곡부에서의 합리적인 호안공 설계를 위하여 현장적용사례로서 1차원 수리해석 프로그램 HEC-RAS와 2차원 수리해석 프로그램인 RMA2를 이용하여 수위, 유속 등을 좌안 우안 및 중앙부로 나누어 비교, 검토한 결과를 토대로 만곡부 호안공의 수리학적 설계법에 대하여 기술하고자 한다.</p> |     |      |

|      |   |     |      |
|------|---|-----|------|
| 제 목  | 하천제방 관련 선진기술 개발 최종보고서   |     |      |
| 저 자  | 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 김규호   | 연 도 | 2004 |
| 출 처  | 국회도서관   |     |      |
| 연구내용 | <p>최근 제방의 노후화 및 이상홍수로 인하여 홍수시 제방붕괴로 인명 및 재산피해가 가중되고 있다. 우리나라에서는 아직까지 제방의 유지관리 및 안전진단 기술이 미국이나 일본에 비해 미흡한 실정이다. 이와 같은 피해를 최소화하기 위해 하천제방의 치수안전도를 향상시킬 수 있는 제방 안전성 평가와 보강기법 등을 포함하는 설계지침 개발이 필요하다.</p> |     |      |

|      |  |     |      |
|------|--|-----|------|
| 제 목  | Mike Flood를 이용한 홍수범람해석 :우이천 유역을 중심으로   |     |      |
| 저 자  | 최경록  | 연 도 | 2006 |
| 출 처  | 국회도서관  |     |      |
| 연구내용 | 1차원 부정류 모형인 mike 11 모형의 모의를 하여 우이천의 설계빈도에 해당하는 50년 빈도의 주요지점별 수위를 계산하고, 제장의 여유고를 판단하고자 한다. 또한, mike 11 모형이 부정류 모형이므로 정상류에서 모의한 수위와의 차이를 살펴보고, 우이천에 빗물펌프장의 영향도 고려해 보고자 한다. |     |      |

|      |   |     |      |
|------|---|-----|------|
| 제 목  | 소하천 피해사례분석을 통한 하천피해 저감방안  |     |      |
| 저 자  | 김명균   | 연 도 | 2006 |
| 출 처  | 부경대학교 산업대학원, 국회도서관  |     |      |
| 연구내용 | 최근 급격한 기후변화로 인한 이상강우 및 태풍에 의한 풍수해 피해가 반발하고 있으며, 그 피해액도 기하급수적으로 늘어나고 있는 실정이다. 따라서 연구는 소하천 피해사례(월류, 침식, 제체불안정, 구조물) 분석을 통해 소하천의 피해저감방안을 제시하는 것에 목적이 있다. |     |      |

|      |  |     |      |
|------|--|-----|------|
| 제 목  | 하천 만곡부의 홍수위 변화에 따른 제방고 산정에 관한 연구   |     |      |
| 저 자  | 인천대 산업대학원 김달성  | 연 도 | 2003 |
| 출 처  | 국회도서관  |     |      |
| 연구내용 | 안성천수계에 있는 진위천 및 오산천의 만곡부에서 홍수위 변화를 1차원 모형(HEC-RAS)와 2차원 모형(RMA-2)을 적용하여 해석하였으며, 또한 연구 구간내의 유역 구간내의 유역개황과 특성, 수문정보를 이용하여 계획홍수량을 산정한 후에 1차원 모형인 HEC-RAS에 의하여 연구 검토구간의 홍수위를 산정하고, 2차원 모형(RMA-2)의 해석은 SMS프로그램을 사용하여, 앞서 1차원 모형의 해석결과와 비교하였다. |     |      |

붙임 4

---

## 자문회의 회의록

---

## 회 의 록

과제명 : 토사유실방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화  
기술개발

일시 : 2007. 9. 6

장소 : 강릉대학교 토목공학과 세미나실

회의참가명단

| 성명  | 소속          | 직급  | 전공분야 |
|-----|-------------|-----|------|
| 백규호 | 관동대학교       | 교수  | 지반공학 |
| 서홍석 | 강릉영동대학      | 교수  | 지반공학 |
| 안명길 | 강원대학교       | 교수  | 수공학  |
| 최종인 | 강원대학교       | 교수  | 수공학  |
| 김종창 | 한국종합기술      | 부사장 | 하천수리 |
| 황영철 | 상지대학교       | 교수  | 지반공학 |
| 김기철 | 한국도로공사      | 지사장 | 토목   |
| 양은익 | 강릉대학교       | 교수  | 구조공학 |
| 정우영 | 강릉대학교       | 교수  | 구조공학 |
| 김기홍 | 강릉대학교       | 교수  | GIS  |
| 이승우 | 강릉대학교       | 교수  | 도로   |
| 박상덕 | 강릉대학교       | 교수  | 수공학  |
| 윤찬영 | 강릉대학교       | 교수  | 지반공학 |
| 박래상 | 한국건설교통기술평가원 | 연구원 | 기술정책 |

### 회의록

김종창) 하천도로 설계 시 기존에는 하천수위를 기준으로 설계를 하고 있으나  
홍수 시 빠른 유속이 문제가 되므로 유속을 기준으로 한 설계지침이 개  
발되어야 함. 또한 유목 등 잡물로 인한 통수단면 부족현상이 생기기 때  
문에 이에 대한 고려도 필요하며 산지하천에 수제를 적용할 경우 2차 피  
해가 발생할 수 있기 때문에 수제는 적용이 힘들

박상덕) 본 과제 연구내용에 포함된 내용이며 수제를 적용하는 것이 아니라 수  
제 등 다양한 공법의 적용성을 검토하겠다는 의미임

안명길) 기존 하천 수리설계 시 맑은 물을 사용한 실내실험을 바탕으로 하고 있

으나 실제 현장에서는 물보다 비중이 큰 토사가 섞인 흙탕물이기 때문에  
실내실험시 이를 고려하고 설계에 반영해야 함

박상덕) 연구내용에 고려하겠음

김기철) 하천도로 피해는 강원지역뿐 아니라 전국에서 발생되고 있기 때문에 설  
계 개념의 확대가 필요함. 유속이 중요하지만 유속을 감소시키면 홍수면  
적이 증가하기 때문에 구조적보완을 통한 유속을 감소시키는 공법 개발  
이 필요함. 설계 잠정안을 개발하고 시험시공 및 모니터링까지 추진하기  
에는 연구기간이 부족한 것으로 판단되며 최대한 빠른 설계지침 도출이  
필요.

김종창) 산지하천의 유로를 변경시키는 것도 필요한 연구내용이며 이에 대한 행  
정적, 법적 기준의 검토 필요

백규호) 현재 과제제목은 도로피해를 포괄하지 않기 때문에 적절한 제목을 재선  
정해야 함. 연구 대상이 산악지 도로이므로 구조적 안정성 뿐만 아니라  
환경 친화적인 측면에서도 연구개발이 필요함

이승우) 연구제목은 다시 수정할 계획임

서홍석) 연구제목이 수층부만 너무 부각되고 있음. 1차년도 연구는 현황조사 위  
주로 좀더 타이트한 연구계획 수립 필요

이승우) 1차년도 연구내용 중심은 전체 연구의 틀을 마련하는 것으로 실제적인  
현장조사는 2차년도부터 계획되어 있음

박래상) 본 과제가 시급한 과제이므로 연구기간을 최대한 단축시켜 빠른 연구결  
과를 도출할 필요가 있음. 1~2차년도 연구내용은 1년 연구기간 내 수행  
가능할 것으로 판단됨

이승우) 연구기간은 오히려 부족한 실정이기 때문에 실제로 연구기간을 단  
축시키는 것은 무리임

박래상) 설문조사 결과와 제안요구서의 내용이 조금 불일치하는 부분이 있음

- 이승우) 설문조사가 아직 진행중이며 추후 설문결과를 통합하여 제시할 것임
- 박래상) 연구과제 제목은 큰 틀을 벗어나지 않는 한도 내에서 일부 변경이 가능함
- 양은익) 연구과제 제목이 적합하지 않다고 판단되어 설문회신율이 떨어지는 측면이 있음
- 이승우) 추후 회의를 통해 연구과제의 제목을 수정할 계획임
- 황영철) 토석류에 대비한 사방공법의 설계지침이 개발되어 법제화될 필요가 있음, 사방시설 설계, 유지관리, 법제화까지 연구내용에 포함되어야 함
- 이승우) 연구목표가 설계지침을 개발하는 것으로 법제화를 위한 노력도 포함되어 있음
- 양은익) 설계 뿐 아니라 실제 피해가 발생하였을 때 신속한 복구 대책도 연구되어야 함
- 백규호) 하천 및 도로의 설계기법 개발에만 치중되어 있음. 설계기법에 따른 시공방법 개발 등에 관한 연구도 추가적으로 필요함. 그에 대한 신공법 및 신기술 개발도 포함되어야 함
- 김종창) 호안 보강공법 기술개발이 필요함. 일본에서는 해안방파 구조물로 사용되는 테트라포드도 사용되고 있으며 산악지 계곡부에서는 낙차공을 주로 사용하고 있음. 연구기간 내 검증할 수 있는 단계가 부족함.
- 안명길) 강원도 산악지 집중호우를 강우량에 접목시켜 정량화할 필요가 있음, 토사유입에 의한 수위상승 효과분석이 이루어져야 함
- 최종인) 산지하천에 대한 연구가 종합적이고 연속성을 가지기 때문에 환경문제에 대한 검토가 필요함
- 정우영) 상지대학교에서 수행 중인 산사태 방지 관련 연구와 본 연구내용의 중복이 안되는지.

황영철) 중복되지 않음

김기철) 강원도 설계 심의 및 예산을 고려하였을 때 장경간, 아치형 교량 등 위험지역의 교량화에 대한 연구수행 시 자연환경을 고려해야 함

이승우) 연구결과의 관계기관 법령화를 추진

황영철) 수위, 유속, 돌 등에 의해 방어구조물이 파괴되기 때문에 수충부의 피해 원인분석을 통한 결과가 포함되어야 함

이승우) 연구내용에 포함되어 있음

이승우) 각 전공별 자문의견은 향후 과제 제안요구서 작성 시 적극 반영토록 하겠음

### 주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종(중간) 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311  
강릉대학교 TEL 033)640-2416

### R&D / 07-지역기술-01

토사유실 방지를 위한 하천도로 수충부 방재설계 선진화 기술개발 연구보고서(기획연구)

- 발행일 / 2007. 10. 19.
- 발행처 / 강릉대학교 산학협력단  
강원 강릉시 지변동 123