

비탈면 배수로 설계기술 개선에 관한 연구

Improvement for Gutter Design Method in Sloping Area

이영대* · 김종순**
Lee, Young Dai · Kim, Jong Soon

Abstract

Malfunction of gutter systems in the slope area accelerate to percolate surface flow into underground and to cause the decrease of soil strength, Overflowing from gutter causes soil erosion from slope surface, secondary it is one of the main reasons to cause disaster in the hillside area. Much researches were reported and are undergoing about flood disaster in the down stream area, but rare in the upper reach(hillside). It is considered that improving function of gutter in the hillside is very important to prevent the disaster caused by rainfall. In this paper, After analyzing relationship between rainfall and disaster on the hillside in Busan, researches about having surface flow run into gutter effectively and preventing from overflowing outside of gutter on the hillside in Busan were carried out. Improved design methods of gutter are suggested to mitigate disaster in the sloping area by analysis of collected data and hydraulic model test.

Key words : Gutter, Hillside area, Flood disaster, Model test

요 지

호우 시 비탈면에서 배수로(측구 및 도수로)의 기능저하는 우수의 표토유입을 가속시켜 지반의 강도정수를 저하시키고, 도수 등에 의한 유수이탈은 비탈면 표토세굴을 유발하고 이는 2차적으로 경사지 직하류 유역에 재해를 발생시키기도 한다. 그러나 하류부에서 하천범람에 따른 홍수재해에 대해서는 많은 관심과 연구가 수행되고 있지만 상류유역에서의 비탈면유실이나 세굴 및 부유물에 따른 침수문제 등에 대해서는 관심과 연구가 적은 실정이다. 따라서 비탈면의 산마루측구나 도수로 등 배수로의 기능향상은 도시고지대와 같은 비탈면유역에서의 강우에 따른 재해방지를 위하여 해결해야할 중요한 과제이다. 본 연구에서는 부산지방에서의 강우와 재해발생과의 관계를 분석하고 도시고지대에서의 재해방지를 위하여 비탈면에서의 지표수가 측구 등 배수로내로 잘 유하하고 도수로에서의 유수이탈을 저감시키기 위하여 자료수집 및 분석과 모형실험을 통하여 설계개선안을 얻었다.

핵심용어 : 배수로, 비탈면유역, 홍수재해, 모형실험

1. 서 론

도시의 생활환경을 쾌적하게 보전하고 개선시키기 위한 우수배수조직은 유역으로부터의 지표수집수조직과 이 지표수를 받아서 하류로 유하시키는 관거조직으로 되어있다. 배수조직을 통하여 흐르는 유출량, 침투유량 및 침투유량발생 시간 등 유출의 특성은 지표의 물질적 특성 및 배수로의 기하학적 형태와 물리적 특성과 배치 및 유지관리 등에 영향을 받는다.

호우 시 비탈면에서 배수로(산마루측구 및 도수로)의 기능저하는 우수의 표토유입을 가속시켜 지반의 강도정수를 저하시키고, 도수 등에 의한 유수이탈은 비탈면 표토세굴을 유발하고 이는 2차적으로 경사지와 인접한 유역에 재해를 발생시

키기도 한다.

그러나 하류부에서 하천범람에 따른 홍수재해에 대해서는 많은 관심과 연구가 수행되고 있지만 상류유역에서의 강우에 따른 재해에 대해서는 관심과 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 비탈면의 산마루측구나 도수로 등 배수로의 기능향상은 도시고지대와 같은 비탈면유역에서의 강우에 따른 재해방지를 위하여 해결해야할 중요한 과제이다.

본 연구에서는 부산지방에서의 강우와 비탈면유실특성 및 원인을 분석하고 도시고지대와 같은 비탈면에서의 재해를 저감할 수 있도록 비탈면의 배수로설계개선안을 제안하는데 목적이 있다.

*정회원 · 교신저자 · 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 (E-mail: ydlee@pknu.ac.kr)

**부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정



(a) 측구 저부로의 우수유입



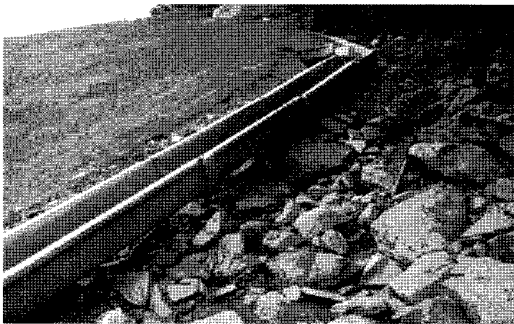
(b) 측구파손에 따른 비탈면유실



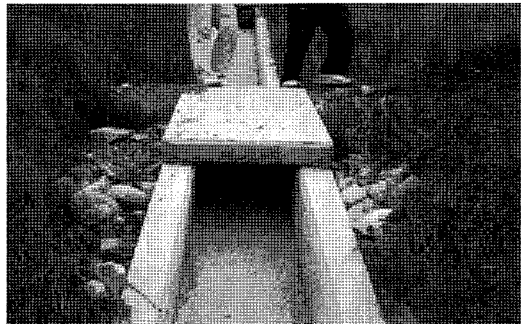
(c)관로 유입부 퇴적에 의한 월류(국립방재연구소 2006)



(d) 맨홀 뚜껑 등 유입기능상실에 따른 재해



(e)유수이탈에 의한 비탈면유실



(f) 유수이탈에 의한 비탈면유실

그림 1. 배수기능저하 및 유수이탈에 따른 비탈면 유실현상

2. 자료수집 및 분석

2.1 강우특성과 비탈면유실

강우시 저지대에서는 지반이 낮아 침수에 의한 피해가 종종 발생하지만 고지대 비탈면유역에서는 배수로(측구 및 도수로)의 기능 상실에 기인하여 피해가 발생하는 수가 많다. 그림 1과 같은 현장조사를 통하여 재해자료를 수집하여 작용강우량의 크기 및 1시간 강우량과 비탈면유실빈도와의 관계를 나타내면 그림 2와 같다. 또한 비탈면유실 자료를 유실양상에 따라 정리하고 참고로 일본의 연구결과와 함께 나타내면 그림 3과 같다.

그림 2에서 부산지방의 연속우량과 비탈면유실발생빈도와는 강우량에 큰 변화를 보이지 않으나 일본의 자료에 의하면 50 mm~150 mm에서 가장 많은 빈도를 보이고 있다. 이는 부산지방의 수집된 자료의 수가 적어 실제의 관계를 나타내는데 한계가 있기 때문으로 판단된다.

한편 대다수의 비탈면유실은 시간강우 20 mm/hr 이내에서 많이 발생하고 있음을 보여주고 있다. 그림 3에 의하면 유실

면 길이는 20~40 m, 폭은 40 m 이하 그리고 면적은 1000 m² 이하가 탁월한 것으로 나타났다.

2.2 비탈면유실의 원인별 빈도분석

부산지방에서의 고지대 비탈면의 유실과 침수 등 비탈면유역에서의 재해자료 42건을 지자체의 재해대장자료와 그림 2에 나타난 바와 같이 현장조사를 통하여 얻은 결과를 이용하여 표 1 및 그림 4와 같이 나타내었다.

3. 비탈면 배수로 설계 개선

3.1 우수배수조직

도시화한 유역에서의 우수배수조직은 그림 5와 같이 지표 흐름, 배수로(gutter) 흐름 및 배수관거 흐름의 3가지 요소로 개념화시킬 수 있다. 지표흐름은 유역의 기하학적 특성을 단순화하여 계단식으로 이루어진 평면위에 강우에 의하여 발생하는 지표월류흐름으로 가정할 수 있고 이와 같은 배수로를

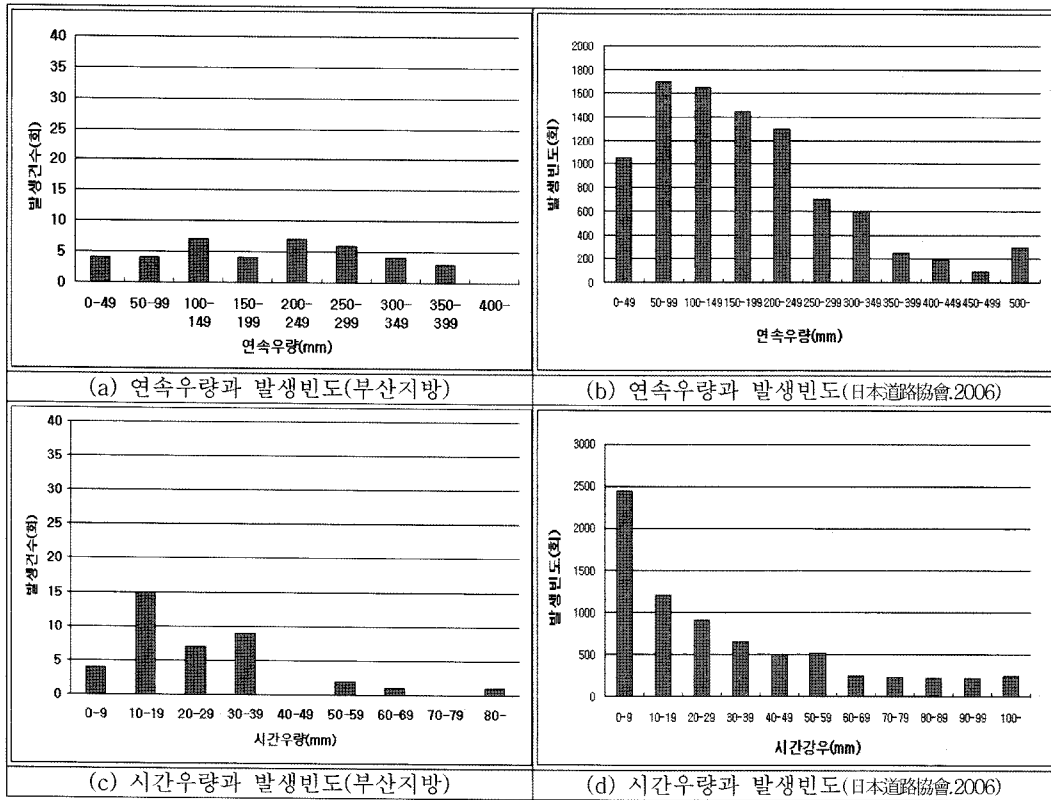


그림 2. 작용강우량의 크기 및 1시간 강우량과 비탈면유실빈도와의 관계

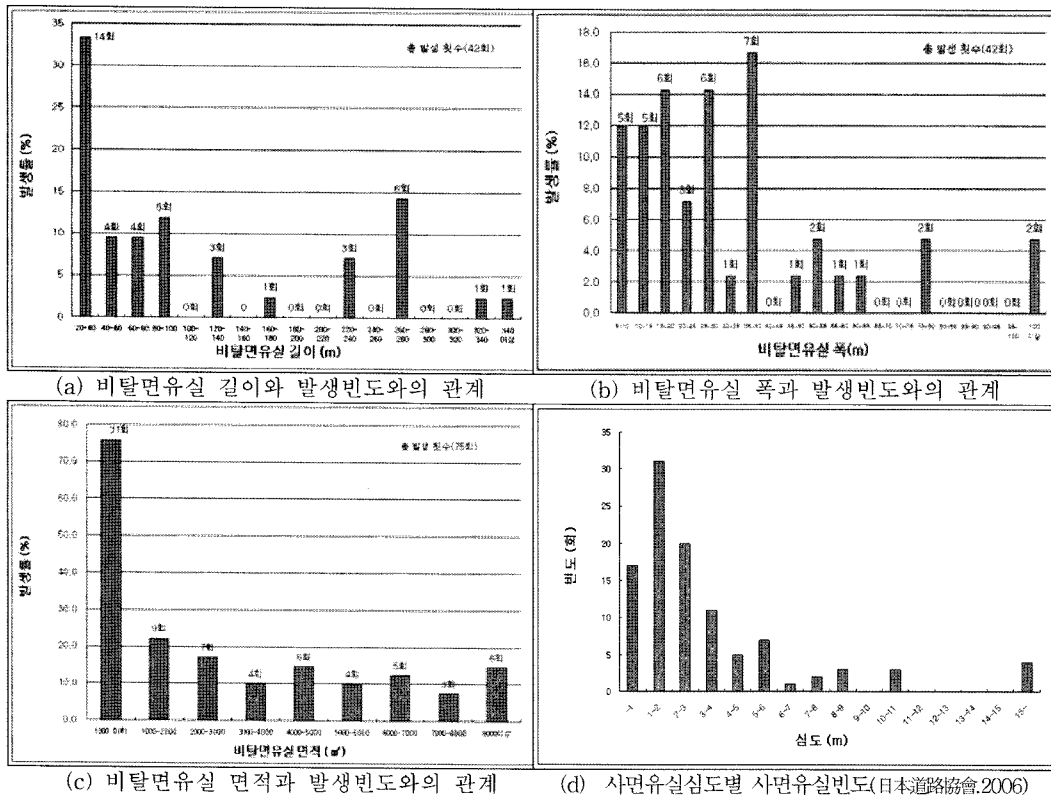


그림 3. 비탈면 유실양상

설계할 때 참고할 수 있는 기준을 요약하면 다음 표 2와 같다. 비탈면에 내린 강우는 그림 5와 같이 지표면을 침식시키기도 하고, 지표면에 침투한 강우는 간극수압을 증가시켜 전단강도를 저하시켜 비탈면 유실을 유발시키기도 한다.

비탈면 배수로 설계기술 개선에 관한 연구

3.2 배수로 설계개선

3.2.1 측구기능향상

1) 지표수 유입기능 개선

표 1 및 그림 4에 나타난 비탈면을 유하하는 유출이 측구

표 1. 도시상류유역 피해 원인 분석

| 번호 | 설 명 | 설 명 | 도 수 | 백분율 (%) |
|-----|------------------------|-------------------------------|-----|---------|
| 1 | 측구저부로의 우수유입 | 측구와 침하등에 따른 주변지반 사이의 틈으로 우수유입 | 10 | 23.8 |
| 2 | 관로유입부 퇴적에 의한 월류 | 비탈면과 관로와의 합류 점에서의 퇴적 | 3 | 7.1 |
| 3 | 맨홀 뚜껑 등 유입기능 상실에 따른 재해 | 집수구 및 맨홀 뚜껑 막힘 등에 의한 유입기능상실 | 5 | 11.9 |
| 4 | 도수로 등에 의한 유수 이탈 | 비탈면에서 배수로 만곡부 및 경사변환점에서의 유수이탈 | 2 | 4.8 |
| 5 | 단층사이 강우유입 | 단층 등을 미고려한 지점에서의 유수 지하 유입 | 2 | 4.8 |
| 6 | 불투수층위 얇은토사 | 불투수층위의 얇은 토사층에서의 배수로 기능 부족 | 8 | 19.0 |
| 7 | 단면부족 파손등 | 배수로 단면부족, 파손 등 | 5 | 11.9 |
| 8 | 기타 | | 7 | 16.7 |
| 합 계 | | | 42 | 100 |

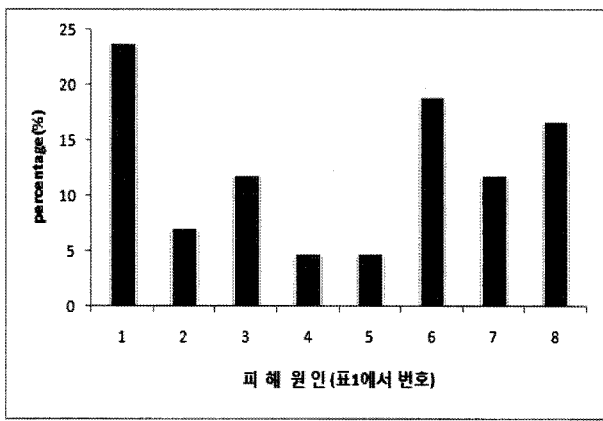


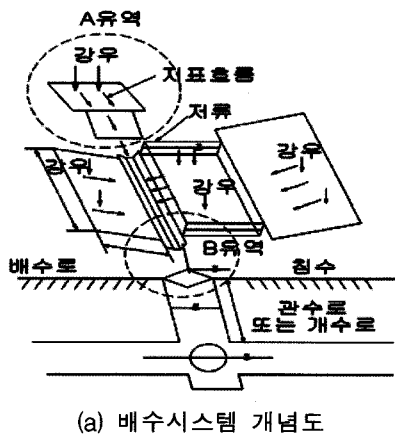
그림 4. 도시상류유역 피해원인 분석

하부로의 유입에 기인한 수로기능상실과 비탈면 유실을 저감시키기 위해서는 그림 6과 같이 측구 외부 퇴매움부 다짐, 외부벽체 무거푸집 시공, 측구 인접부지표수가 측구내로 잘 유입될 수 있도록 측구좌우측 지표에 지표수 침투방지 유도 시설을 하여 측구저부지반으로 우수가 침투하여 비탈면이 유실되는 재해를 방지할 필요가 있다.

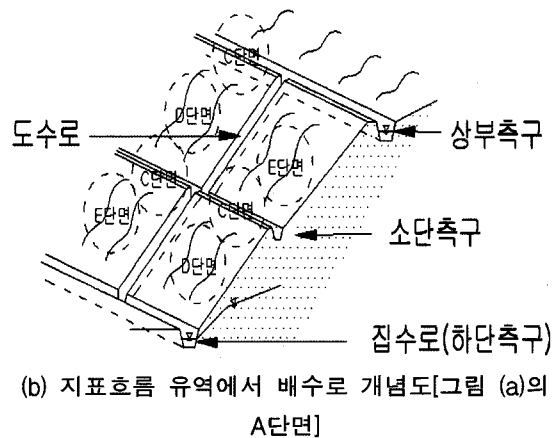
2) 도수로 유수이탈방지 시설

(1) 모형실험

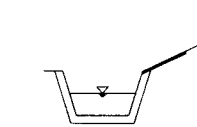
경사면에서 경사의 크기와 유량에 따른 물의 흐름을 관찰하기 위하여 1/5로 축소한 그림 7과 같은 모형을 제작하여 수리모형실험을 하였다. 본 모형실험은 중력이 지배하므로 Froude모형을 이용하였고, 이 때 모형실험에서 淺流(shallow



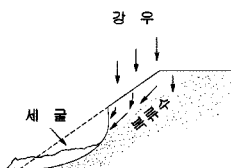
(a) 배수시스템 개념도



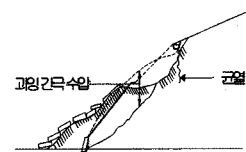
(b) 지표흐름 유역에서 배수로 개념도[그림 (a)의 A단면]



(c) 측구[그림b의 C단면]



(d) 지표면 세굴[그림 b의 D or E]

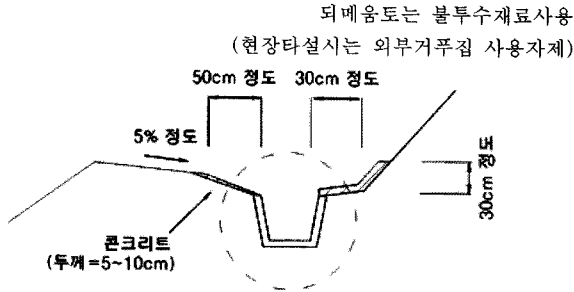


(e) 비탈면유실[그림b의 D or E]

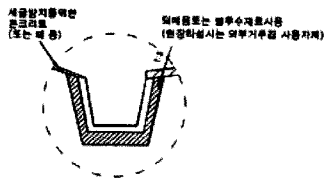
그림 5. 배수시스템개요 및 비탈면 유실 현상

표 2. 배수로(산마루측구 및 도수로)설계에 사용할 수 있는 기준 사례 요약

| | 도로공사도로설계요령 (2001.제2권) | 주택공사토목설계지침 (2006.) | 토지공사전문시방서 (2006.) |
|---------------------------------------|--|--|--|
| 산마루 측구 및 비탈면 배수로 설계시 유의사항 | <ul style="list-style-type: none"> • 비탈끝에서 2m 지점에 산마루 설치 • 도수로는 원칙적으로 현장타설 콘크리트 시공 • 세굴이나 풀 등에 의한 통수기능 저하방지 • 도수로와 다른 수로의 합류점 또는 경사 변화점에는 뚜껑설치 • 도로횡단수로 유입부 매물현상 방지주의 • 산마루 배수로는 토사나 나뭇잎 퇴적에 의한 비탈면 붕괴방지 • 비탈면 용수처리 대책 제시 | <ul style="list-style-type: none"> • 횡배수로와 종배수로 연결토목 설계 • 외곽수 침입이 우려되는 산마루와 소단에 설치 • 토사 및 낙엽퇴적 고려 여유단면 유지 • ㅁ 지형에 집수정 설치 • 배수로의 유입 및 유출부의 높이차를 크게 하여 누수 및 비산방지 • 필요에 따라 감세공 및 집수맨홀 등을 설치 • 배수로는 구조물과 일체성과 수밀성 유지 • 누수 또는 이탈방지 구조 | <ul style="list-style-type: none"> • 도수로는 성토완성 비탈면 보다 낮게 하여 우수침투 방지 • 엔드실 또는 집수거를 설치하여 급류충격에 의한 시설물 피해 방지 • 제품의 높이 보다 약 3~4 cm 낮게 터파기 • 도수로 하단부 맨홀 • 맨홀 등 차집구 유사 차집 • 유목 등 방지대책 • 우수이탈 방지대책 |



(a) U형(또는 제형)측구 측구외배음개선개요도



(b) U형(또는 제형) 측구 유입부 개선

그림 6. 비탈면 측구 유입부 설계개선 개요도

water flow)흐름시 점성력(원형과 모형에서의 유체는 물을 사용함)에 따른 축소효과(scale effect)를 고려하기 위해 모형에서의 수심은 6 mm 이상을 유지하도록 하였다.

(2) 시험결과

모형실험을 통하여 그림 8과 같은 결과를 얻었다. 그림 8(a)에서와 같이 유량과 비탈경사가 증가함에 따라 물의 흐름에 따른 수맥은 도수로를 이탈하였고 이를 정리하여 요약하면 그림 8(b)와 같고, 또한 그림 8(c)와 같이 도수로바닥에서 수맥까지의 이탈높이를 시험하였으며 이 결과를 요약하면 그림 8(d)와 같다. 그림 8(b) 및 (d)의 가로축의 유량은 모형실험의 결과를 이용한 원형에서의 환산단위폭당유량이고 세로축은 각각 원형에서의 수로바닥으로부터의 수맥이탈길이 및 수로바닥으로부터 이격된 수맥높이 이다.

(3) 설계개선안제시

경사소단부에서의 우수이탈을 방지하기 위해서는 현재와 같은 소단구간이 아니라 그림 9(a)의 2-2상세도와 같이 소단하류경사 수로구간에서 뚜껑이나 유수방향변환구조가 필요한 것으로 나타났다. 그림 9(a)에 나타난 바와 같이 소단끝에서 2 m로 하고 뚜껑의 하단부에 유수방향변환구조를 침부하는 것이 그림 9(c)에서와 같이 효과적인 것으로 나타났다.

3.2.2 유출부 구조물기능개선

경사 및 유량에 따른 하부 합류점(일종의 정수지 역할)에서

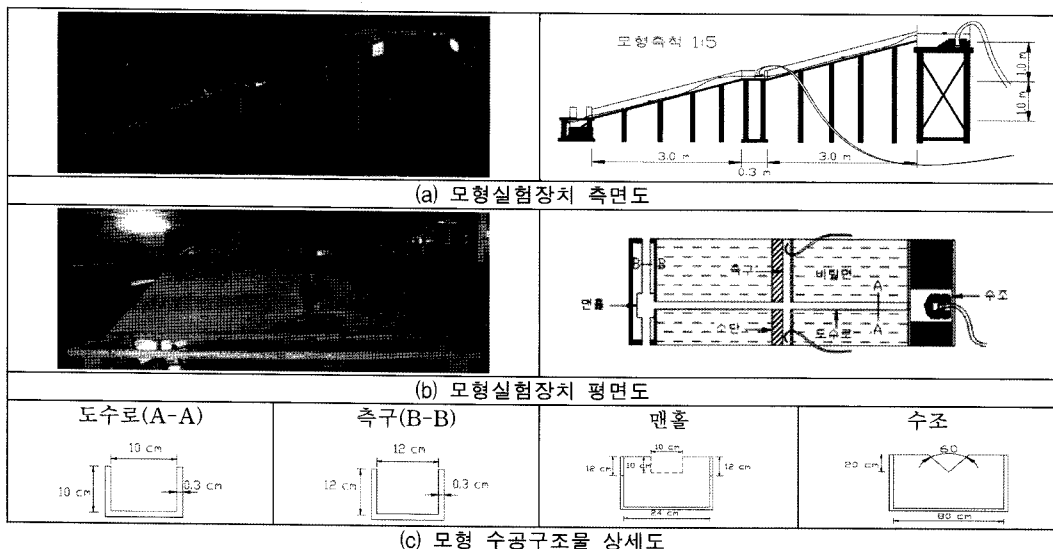


그림 7. 수리모형실험을 위한 실험장치 개요도

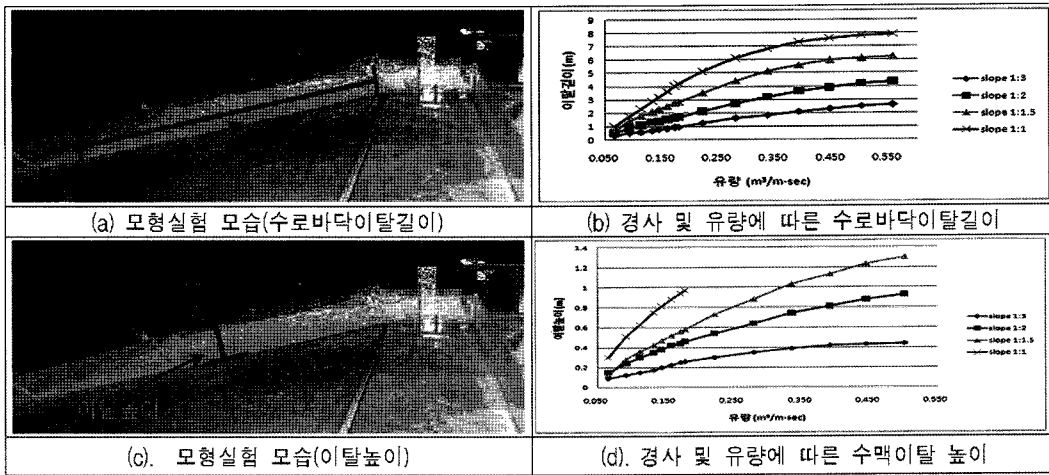


그림 8. 수리모형실험결과 요약

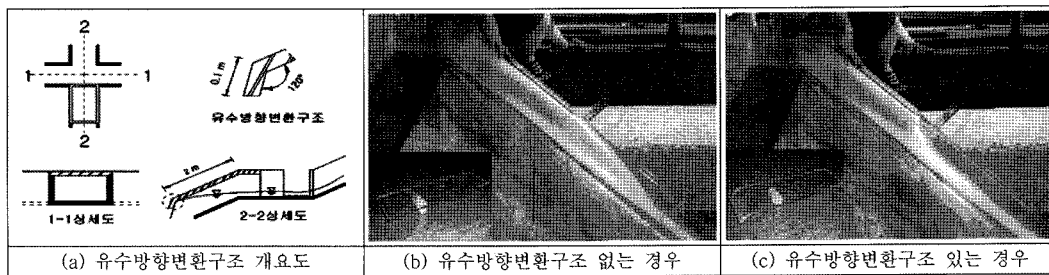


그림 9. 배수로 두경 설계개선에 따른 흐름 현상

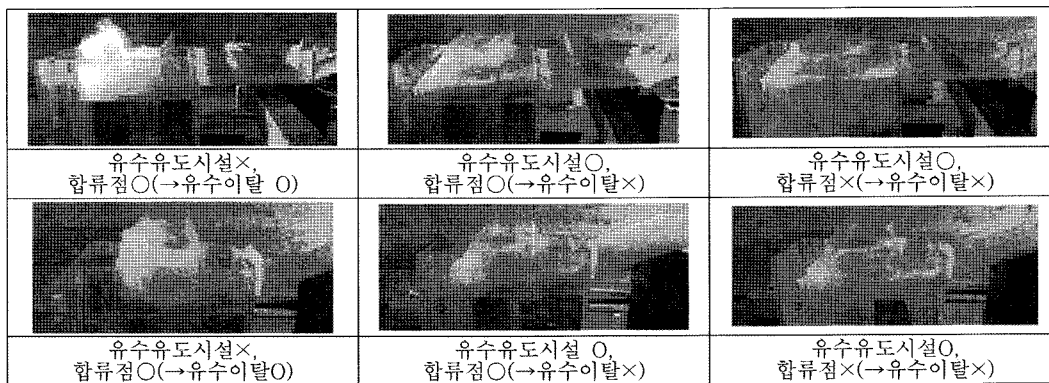


그림 10. 하부 맨홀에서의 비탈경사 및 유량에 따른 수두 변화

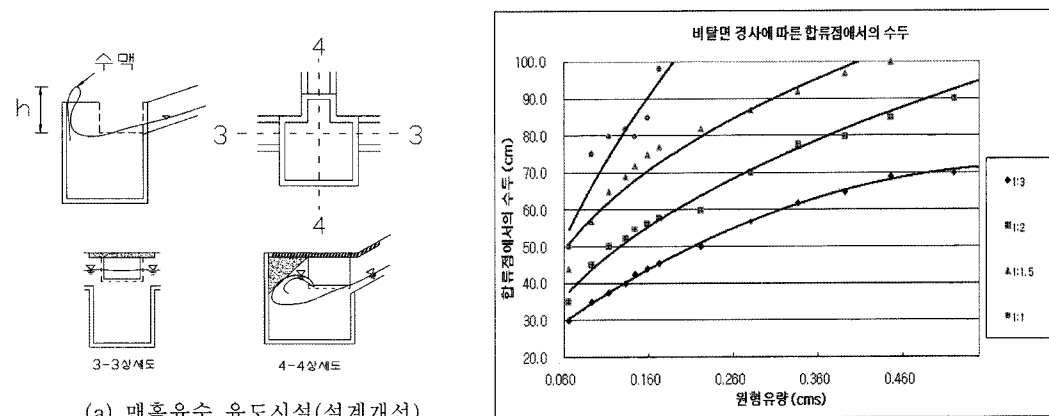


그림 11. 합류점 구조물 기능개선 개요도

의 비탈경사 및 유량에 따른 수두변화는 그림 10과 같이 나타났다. 그림에 나타난 바와 같이 경사와 유량이 증가하여 경사가 1:2 이상일 경우에는 그림 11(b)와 같이 우수유도시설을 설치하여 우수이탈을 방지할 수 있도록 할 필요가 있는 것으로 나타났다. 그림 11(a)에서 가로축의 유량은 모형실험의 결과를 이용한 원형에서의 단위폭당의 환산유량이고 세로축은 원형의 합류점 상단에서 튀어 오른 이탈수두이다.

4. 결 론

도시상류유역 비탈면에서의 강우와 재해발생과의 관계를 분석하고 도시고지대에서의 재해방지를 위하여 비탈면에서의 지표수가 측구 등 배수로내로 잘 유하하고 도수로에서의 우수이탈을 저감시키기 위하여 자료수집 및 분석과 모형실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 비탈면유실 및 침수자료 42개소를 원인별로 분류한 결과 산마루측구등과 같은 배수로에 기인한 피해가 약 24%로 가장 크게 나타났고 다음으로 불투수층위의 얇은 토사유실에 따른 피해가 약 19%로 크게 나타났다.
- (2) 경사소단부에서의 우수이탈을 방지하기 위해서는 소단 하류경사수로구간에서 우수방향변환구조가 달린 뚜껑이 효과적인 것으로 나타났다.
- (3) 도수로하단 합류점에서의 우수이탈저감을 위해서는 에너지 감쇄를 위하여 쇄기형 구조를 설치함이 효과적인 것으로 나타났다.

감사의 말

본 연구는 “건설부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에

서 위탁시행한 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C01)에 의한 것”으로 본 연구를 가능케 한 당국에 감사드립니다.

참고 문헌

대한주택공사 (2006) 토목설계지침. pp. 69-110.
 부산광역시 방재민방위과 (2006~2007). 재해대장.
 소방방재청 (2005). 재해영향평가 실무지침서.
 울산광역시 재난관리과 (2005). 재해대장.
 윤용남 (2007). 수리학(기초와 응용). 청문각, pp. 577-622.
 이영대, 박승우 (1990) 도시소유역유출해석을 위한 수문모형의 개발과 응용. 한국수문학회지, 한국수문학회, 제23권, 제3호, pp. 329-340.
 진해시 산림과 (2007) 재해대장.
 창원시 재난관리과 (2004) 재해대장.
 최신 사면·토류 기술총편집위원회 (1994) 사면·토류공학 총기술. 도서출판 과학기술, pp. 20-21, pp. 629-631.
 토질안전재료위원회 (1990) 사면 안정 공법.
 한국도로공사 (2001) 도로설계요령(토공 및 배수). 한국도로공사, pp. 363-493.
 한국상하수도협회 (2005) 수도설계기준. 건설도서, pp. 31-33.
 한국수자원학회 (2005) 하천공사설계기준·해설. (주)건설교통저널, pp. 492.
 한국토지공사 (2006) 토지공사지침서. 42230 측구편.
 (社)日本道路協會 (2006) 道路土工排水工指針. 丸善株式會社出版事業部. pp. 113, 115, 118.
 (社)地盤工學會 (2006) 豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度豫測. 丸善, pp. 24, 97.
 French, Richard H (1985) Open Channel Hydraulic. McGRAW-HILL, pp. 632-660.

- ◎ 논문접수일 : 2007년 11월 12일
- ◎ 심사의뢰일 : 2007년 11월 12일
- ◎ 심사완료일 : 2007년 12월 05일