

친환경 호안구조물의 사면보호 효과에 관한 연구

Study on Slope Prevention Effect of Eco-environmental Riprap Structure

김기웅^{1*} Kim, Khi-Woong

ABSTRACT

The slope failure in the country is caused by mainly rainfall and its type is reported shallow slope failures in general. To investigate the cause of slope failure, the unsaturated soil slope behavior in accordance with rainfall amount studies actively, but there are little studies related the slope erosion and scour by rainfall. The slope erosion and scour by rainfall cause environmental pollution and slope instability, however there are few methods to effectively control them. This research analyzed experimentally how infinite gradients are infiltrated according to the changes of amount of rainfall and the slope of gradients by manufacturing the model of gradient in order to investigate how rainfall infiltrates regarding homogeneous gradients and slope protection method. For this, this experiment measured and analyzed discharge . storage rate occurring in gradients by going on changing amount of rainfall, slope of gradients.

요 지

우리나라의 자연재해는 대부분 풍수해에 의해 발생하며, 강우시 산비탈이 갑작스럽게 붕괴되는 산사태로 인해 큰 재난을 겪고 있다. 사면파괴를 유발하는 요인은 다양하고 요인들이 서로 관련이 있기 때문에 어느 하나의 요인에 의하여 사면파괴의 발생을 설명할 수는 없으나, 외적요인 중 강우는 가장 중요한 외적요인이다. 따라서, 본 논문에서는 무보강된 일반사면과 친환경 호안구조물로 사면보호공법이 적용된 사면을 대상으로 실내 강우재현실험을 수행하였으며, 강우강도와 사면경사에 따른 유출량과 저류량을 분석하여 호안구조물의 침식에 대한 사면보호효과에 대하여 검토하였다.

Keywords : Rainfall amount, Slope gradient, Discharge, Storage rate

1. 서 론

우리나라의 하천정비는 강수량의 계절별 편중에 따른 유황 특성과 수위변동 특성을 감안하여 소류력에 저항할 수 있는 콘크리트 호안블럭을 사용하여 하천정비를 실시해 왔다. 이러한 콘크리트 호안블럭은 획일화된 형태로서 하천 주변에 서식처가 사라지고, 하천의 직선화가 되고, 고수부지를 주차장으로 이용함으로써 환경적으로 악영향을 끼쳐왔다. 그러나 1980년대 중반부터 확산되기 시작한 하천환경 복원운동은 1990년대에 이르러 자연형 하천 가꾸기 등의 하천 생태계 보전 및 복원공법으로 국내에 선진 기술이 도입되기 시작하여 다양한 종류의 자연형 호안공

법이 적용되고 있다. 이렇게 개발된 호안공법들이 하천에 적용되고 있으나 호안에서 가장 중요한 수리적 안정성에 대한 검토가 제대로 된 공법은 드문 실정이다(김대영, 2008). 따라서 자연하천으로의 시각적 조화와 사면자체의 안정성을 충분히 가지고 있는 사면보호를 위한 공법이 시급한 상태이다. 하천 호안구조물과 절개면 및 성토된 사면을 효과적으로 안정시키고, 친수환경적인 식생을 조성하여 안정적인 사면을 유지시키는 것에 있다. 또한, 현재 강우로 인한 사면파괴에 대한 국내외 연구에 따르면 집중호우에 마녀 파괴는 주로 지표면 부근 2.0m 이내에서 발생되며, 강우 발생 전 사면 내 지하수위가 높지 않은 경우 강우가 지하수위 상승에 미치는 영향은 크지 않을 것으로

^{1*} 정회원, 시립인천전문대학 토목공학과, 교수 (Member, Professor, Dept. of Civil Eng., Incheon City College, E-mail: kwkim@icc.ac.kr)

보고하고 있다(이관영, 2005). 한편 강우에 의한 비탈면 보호공법은 주로 식생공법에 의존하고 있고 세굴 및 침식에 취약한 흙으로 구성된 비탈면의 경우는 폭우시 세굴 및 침식으로 인한 대량의 토사유실이 발생하여 환경문제와 농작물의 피해를 야기할 수 있고, 폭우기간이 길어지면 파괴로 이어질 가능성이 크다(방인황, 2007). 따라서, 본 연구에서는 기존의 사면보호공법에 대한 연구에서 수행된 실험수행방법을 친환경적인 호안구조물 보호공법을 적용하여 강우재현장치를 통한 모형실험을 수행하여 강우시 사면의 세굴 및 침식에 근본적으로 대응할 수 있는 친환경 사면 보호공법의 효과를 분석하고자 하였다.

2. 강우재현 실험시 고려사항

2.1 강우강도 및 사면의 경사

홍원표 등(1990)은 1977년부터 1987년 까지의 산사태 기록과 그 지력의 강우기록을 분석하여 대교무의 산사태는 최대 시간 강우강도가 35mm를 넘고 2일간 누적강우량이 140mm를 넘으면 발생할 수 있다고 보고하였다. 또한, 이수곤(1989)에 의하면 24시간 내에 200mm 이상의 비가 오면 산사태가 날 위험이 있고, 비가 하루이상 지속되면 산사태가 날 위험이 있다, 비가 하루이상 시간당 평균강우량이 10mm 이상되면 산사태가 발생할 위험이 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 시간당 강우강도가 35mm를 넘는 여름철 최대강우량에 유사한 강우강도로서 시간당 50mm, 100mm, 150mm 경우에 대하여 강우재현 실험을 수행하였다. 사면의 경사각을 기준으로 볼 때 산사태가 가장 많이 발생한 지역의 경사는 26~30°이며 이 범위에서 전체의 산사태의 32%가 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 사면 경사 30°를 전후한 현장에서 흔히 볼 수 있는 1:1.0, 1:1.5로 변화시키며 실험을 수행하였다.

2.2 측정방법

강우재현실험을 통하여 측정할 항목은 유출량의 변화와 저류량의 변화를 측정하였다. 유출량의 변화는 유량계를 조절하여 강우강도를 일정하게 유지시켜 강우를 재현시켜 사면내에서 유출된 양을 메스실린더를 이용하여 사면의 저면부에서 측정하였다. 정상침투가 발생하면 사면에 공급되는 강우량과 유출량이 같게 되고 더 이상 유출량의 변화가 없는 상태가 된다. 이 상태가 되면 실험을 종료

하였다. 저류량의 변화는 강우재현 시간의 경과에 따라 유입량과 유출량을 토대로 흙내부에 잔류되어 있는 저류량을 산정하였다.

3. 강우재현실험

3.1 강우재현실험장치

일반적으로 자연강우를 이용하여 세굴 및 침식현상을 연구하는 것은 한계가 있으므로 본 연구에서는 차선택으로 노즐에 압력을 가하는 형식의 강우재현장치를 사용하였다. 강우재현장치의 구성은 크게 유량저수조, 강우재현장치, 모형토조 등으로 구성되어 있다. 유량저수조는 충분한 유량을 확보하여 원하는 강우강도를 재현하기 위하여 시간당 15~500cm³의 유량을 공급할 수 있는 장치이다. 총 유량을 체크할 수 있는 유량계, 충분한 압력을 가할 수 있는 가압용 펌프, 일정한 압력이 가해지는 것을 확인하기 위하여 압력계와 압력조절장치를 설치하였다. 모형토조는 길이 1500mm 높이 500mm 폭500mm로 투명 아크릴로 제작하였으며, 강우재현장치는 길이1400mm 폭 400mm의 규격으로 핀으로 설치할 경우 강우에 의한 표면의 침식을 우려하여 분사노즐로 실제 강우를 재현시켜주고 있다. 또한, 사면의 경사를 조절이 가능하도록 제작하였다. 본 연구에서 사용한 강우재현장치는 조립 및 운영이 간편하고, 이동이 가능하여 현장에서 실험이 가능하다. 또한, 시간당 50mm, 100mm, 150mm 경우에 대하여 강우재현 실험을 수행하였다. 사면의 경사각은 현장에서 흔히 볼 수 있는 1:1.0, 1:1.5로 변화시키며 실험을 수행하였다. 그림 1은 본 연구에서 사용한 강우재현장치를 나타낸 것이다.

3.2 친환경 호안사면보호 공법

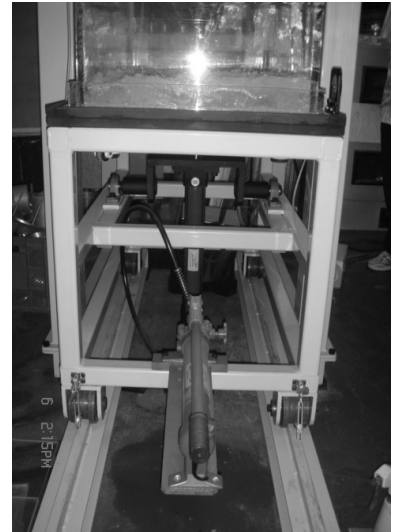
본 연구에서 적용한 사면보호공법은 호안사면 구조물의 유지와 토사의 유실방지기능을 하는 다공판을 재활용 자재로 구성하여 경제적이며, 공법의 단순화로 공사기간이 단축되는 장점이 있는 공법이다. 다공판의 기능은 호안사면 구조물과 토양의 유실을 방지해주고 복토된 토사에 자연스러운 식생을 조성하여 생태계 복원을 가능하게 하는 기능을 한다. 따라서, 강우재현 실험장치를 통하여 일반사면인 경우와 비교하여 보호공법을 적용한 경우 사면 보호기능과 사면의 파괴에 대한 안정성 검증에 목적을 두고 실험을 수행하였다. 그림 2는 친환경 호안사면보호공



(a) 강우재현장치

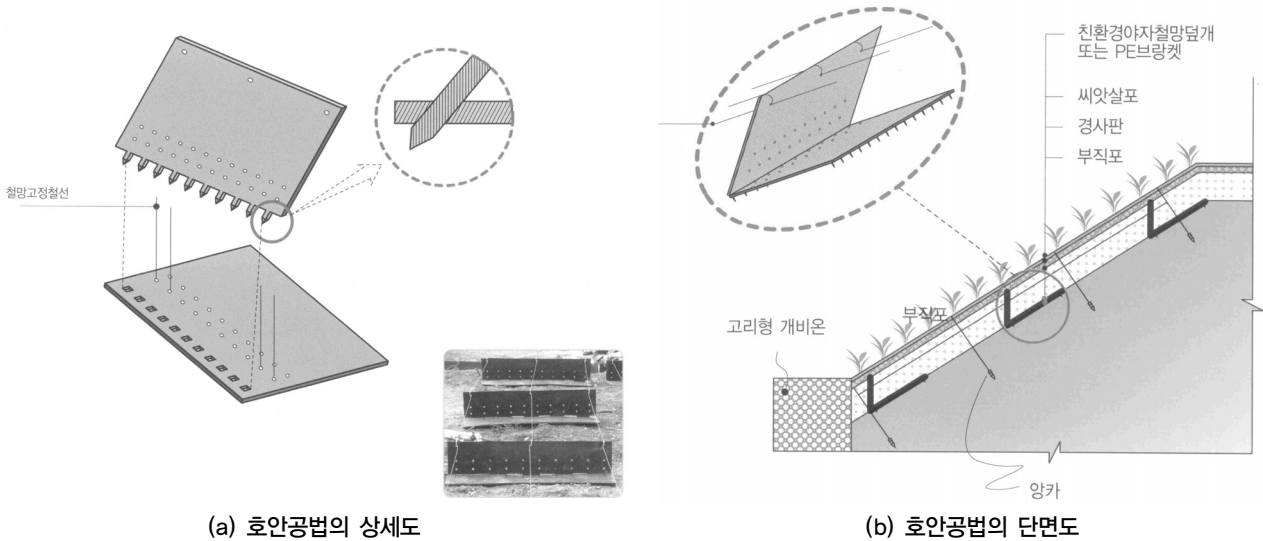


(b) 강우재현분사노즐



(c) 경사조절장치

그림 1. 강우재현실험장치 전경



(a) 호안공법의 상세도

(b) 호안공법의 단면도

그림 2. 친환경 호안공법의 상세도 및 단면도

법의 상세도 및 단면도를 나타낸 것이다. 경사가 급한 경우 경사판을 이용하여 토사의 흘러내림을 방지할 수 있으며, 앵커를 이용하여 기초지반에 고정할 수 있다. 또한, 토사보호용 피복재(친환경야자철망덮개)를 덮고 연결철선을 친환경야자덮개에 관통되게 끼워 넣어서 외부로 노출시켜 친환경야자덮개 뚜껑과 쉽게 연결이 가능하다.

4. 시험결과

4.1 유출량 측정결과

강우강도에 따른 강우재현으로 사면내의 침윤선이 사면 하단의 불투수경계면에 도달하면 점차 경계면에 평행

하게 자유수면대가 형성되고 사면 내에서 유출이 시작된다. 그림 3과 그림 4는 친환경 호안사면 보강공법 적용시와 무보강시의 경우 강우강도와 사면경사에 따른 유출량을 나타낸 것이다. 시간에 따른 유출량을 강우강도와 비교하여 보면, 강우강도가 크고 사면 경사가 클수록 유출량은 증가한다는 것을 알 수 있다. 사면보강 유무에 따른 유출량 분석결과 사면보강시 지반내부로 침투되는 유량이 작아지므로 유출량은 큰 것으로 분석되었다. 이는 친환경 사면보호공법 적용시 사면의 보호에 효과적일 것으로 판단된다. 또한, 그래프의 끝부분에서 유출량의 변화가 거의 일정한 부분은 정상 침투가 발생한 이후의 유출량을 나타낸다.

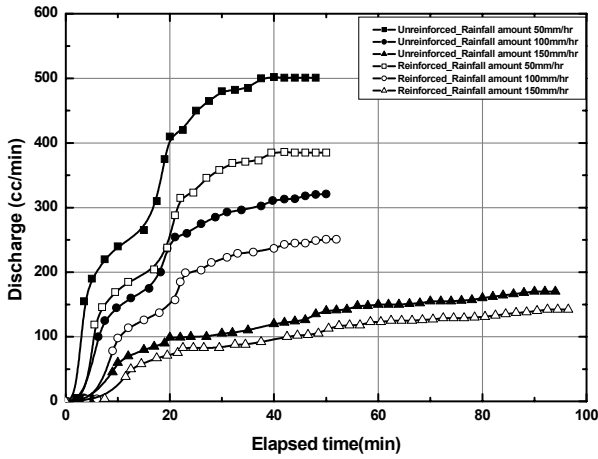


그림 3. 사면경사 1:1.0일 때 유출량변화

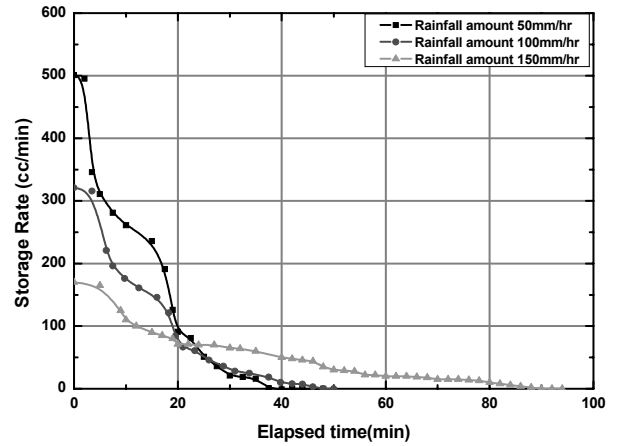


그림 5. 사면경사 1:1.0일 때 저류량변화

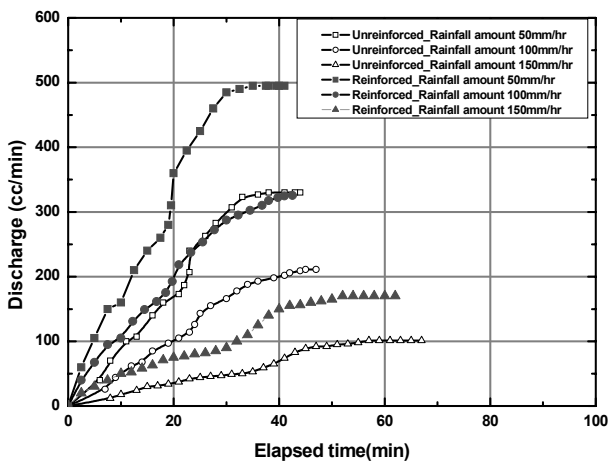


그림 4. 사면경사 1:1.5일 때 유출량변화

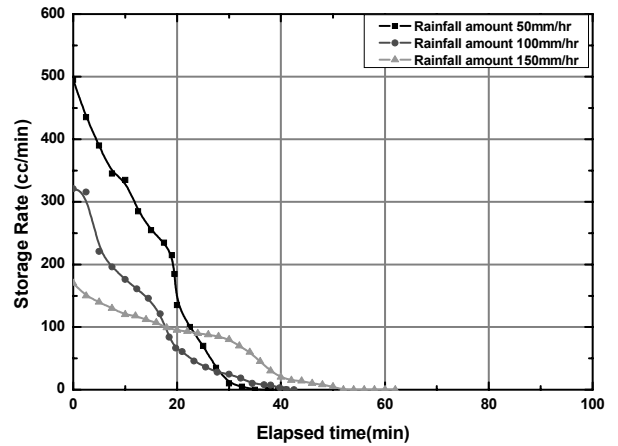


그림 6. 사면경사 1:1.5일 때 저류량변화

4.2 친환경 사면보호공법 적용시 저류량의 측정결과

강우재현실험으로 사면 내 강우량 유입에 따른 유출량 측정으로 사면 내 저류량의 변화를 알 수 있다. 그림 5~그림 6은 사면경사와 강우강도에 따른 저류량의 변화를 나타낸 것이다. 강우 초기에는 유출이 없으므로 강우량이 모두 사면에 저류되고 시간이 지남에 따라 점차 유출량이 많아지면서 사면내의 저류량은 줄어들게 된다. 어느 시점에 이르러 사면이 정상침투상태에 도달하면 유입과 유출이 일정해지고 저류량은 0이된다.

4.3 친환경 사면보호공법 적용시 강우강도에 따른 유출종료 시간 분석결과

그림 7은 사면 경사에 따른 강우강도에 따른 저류량이 0이 되는데 소요되는 시간을 도시한 그래프이다. 강우강도가 클수록 사면에 유입되는 강우의 양과 유출되는 양이

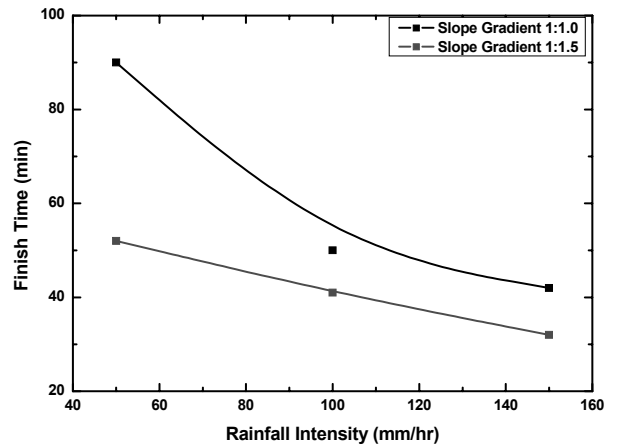


그림 7. 강우강도에 따른 유출종료 시간의 변화

같아지는 시간이 빨라짐을 알 수 있다. 이는 동일 시간에서 강우강도가 클 경우 간극수압이 크게 작용하게 되며 침윤선의 진행이 빨라질 것으로 예상된다. 또한, 사면경사가 급할수록 일정한 두께의 포화대를 형성하는데 소요되는 시간이 증가되므로, 저류량이 0이 되는 시간은 오래 걸리는 것을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 비탈면 보호공법을 개선한 친환경 사면 보호공법을 적용하여 강우재현장치를 통한 모형 실험을 수행하여 강우시 유출량과 저류량을 측정하여 침식에 대한 사면 보호공법의 효과를 분석하였다. 측정결과를 분석한 총괄결론은 다음과 같다.

- (1) 친환경 호안사면 보강공법 적용시와 무보강시의 경우 강우강도와 사면경사에 따른 유출량을 강우강도와 비교하여 보면, 강우강도가 크고 사면 경사가 클수록 유출량은 증가하였으며, 사면보강 유무에 따른 유출량 분석결과 사면보강시 지반내부로 침투되는 유량이 작아지므로 유출량은 큰 것으로 판단된다. 이는 친환경 사면보호공법 적용시 사면 침식과 같은 현상에 대한 사면의 보호에 효과적일 것으로 판단된다.
- (2) 강우강도가 클수록 사면에 유입되는 강우의 양과 유출되는 양이 같아지는 시간이 빨라짐을 알 수 있다. 이는 동일 시간에서 강우강도가 클 경우 간극수압이 크게 작용하게 되며 침윤선의 진행이 빨라질 것으로 예상된다. 또한 사면경사가 급할수록 일정한 두께의 포화대를 형성하는데 소요되는 시간이 증가되므로, 저류량이 0이 되는 시간은 증가되는 것으로 분석되었다.

- (3) 일반사면과 사면보호가 적용된 사면의 경우 유출량이 일반사면의 경우 작은 것을 확인하였으며, 이는 사면 보호시 적용된 사면보호덮개부분에서 강우를 지반으로 침투하는 것을 억제하는 기능을 하는 것으로 판단되어 본 연구에서 적용한 사면보호의 효과를 확인하였다. 향후 간극수압에 대한 분석 및 한계강우량의 평가의 수행이 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 인천전문대학 교내연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구개발비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김대영 (2008), *수치해석을 이용한 호안의 수리적 안정성 분석*, 석사학위논문, 호남대학교.
2. 방인황 (2007), *비탈면 표면침식억제 및 복구기술에 관한 연구*, 석사학위논문, 전북대학교.
3. 이관영 (2005), *강우특성을 고려한 불포화토 사면의 안정성 해석*, 석사학위논문, 대전대학교.
4. 이수곤 (1989), *한국의 山沙沈調査*, 한국동력자원연구소.
5. 홍원표, 김상규, 김마리아, 김윤원, 한중근 (1990), “강우로 기인되는 우리나라 사면활동의 예측”, *대한토질공학회지*, 제6권, 제2호, pp.55-63.

(논문접수일 2009. 12. 10, 심사완료일 2009. 12. 24)