

생태하천 고수호안의 안정성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Stability of Eco-Stream High Water revetment

한은진*, 황수덕**, 김영도***, 박재현****

Eun Jin Han, Soo deok Hwang, Young Do Kim, Jae Hyun Park

요 지

최근 들어 치수 기능만을 위한 공학적 효율 위주의 하천관리 정책에서 벗어나 하천의 환경적 기능의 개선을 위한 생태하천으로의 복원사업이 이루어지고 있다. 치수적 안정성 확보를 위해 기 설치된 콘크리트 호안을 철거하는 대신에 복토후 식생매트리스 공법을 통한 자연친화적인 하천공법이 널리 사용되고 있다. 홍수로부터 제방을 보호하기 위하여 일반적으로 제방 사면에 호안을 설치한다. 설계 홍수량의 규모가 작거나, 상대적으로 규모가 작은 하천에는 호안이 설치되어 있지 않는 경우도 있지만, 국내는 하천계획의 수립시 호안을 설치하는 것이 일반적이다. 그러나 이와 같은 자연친화적인 하천공법의 적절한 수리학적 기준이 제시되지 않아 홍수기 유실로 인한 경제적 손실이 자주 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 직선수로에 친환경적인 호안을 설치하여 실험을 통하여 하천의 안정성을 살펴보았다.

핵심용어 : 생태하천, 수리학적, 호안, 안정성

1. 서 론

1960년대 이후 우리나라에서는 홍수 피해 방지, 도시, 공단, 농경지 등과 같은 부지 확보를 위한 하천정비사업으로 인해 과거 자연 상태의 하천은 대부분이 직선화, 인공화 되었다. 더욱이 급속한 산업화와 도시화로 인하여 하천의 수질은 악화되었고, 하천 공간은 황폐해졌으며, 특히 도시하천은 건천이 되었다. 이러한 결과로 하천 생물 서식처의 다양성과 하천 환경 기능은 상대적으로 위축되고 지하되었고 일부 하천에서는 소멸되었다. 1990년대 들어서면서 열린 공간, 녹색 숲과 푸른 물에 대한 시민의 요구는 점차 증가하고 있다.

치수만을 강조하는 하천관리 정책에서 벗어나 국민 삶의 질 향상, 다음 세대를 위한 깨끗한 환경을 조성하고 복원하는 사업을 시작하게 되었다. 이러한 친자연적 하천 복원 사업은 호안 설치시에도 적용하여 친자연적이고 친환경적인 호안 계획이 필요하게 되었다. 그러나 돌망태, 콘크리트 블록 등에 비하여 평평, 식생매트 등의 공법은 시공실적이 적어 정비과정에서 호안공법의 적용에 치우쳐 부적합한 공법 도입 사례가 발생하였다(최윤주, 2001). 이와 관련한 국내의 연구로서 호안용 돌망태의 수리학적 특성을 규명한바 있으며(지흥기, 2001), 홍수조절수로에서 거석에 대한 안전성 실험을 통해 수리학적 흐름조건에 따른 유속, 소류력, 변형 등에 대한 안정성을 검토하였으며(Fiuzat, 1982) 등의 연구는 이루어져 왔으나 호안의 복토와 식생매트 설치 공법에 관한 세부적인 연구 자료는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 수리실험을 통해 고수호안의 식생매트공법에 대한 수리학적 특성과 이에 따른 상대적 토양유실율을 평가하고자 하였다.

* 정회원 · 인제대학교 자연과학대학 환경공학부 석사과정 · E-mail : neo64@naver.com
** 정회원 · 인제대학교 자연과학대학 환경공학부 석사과정 · E-mail : dikaal@naver.com
*** 정회원 · 인제대학교 자연과학대학 환경공학부 조교수 · E-mail : ydkim@inje.ac.kr
**** 정회원 · 인제대학교 공과대학 토목공학부 부교수 · E-mail : jh-park@inje.ac.kr

2. 실험 방법

2.1 실험 수로

본 연구에서 사용된 실험 장치는 크게 저수조와 고수조, 그리고 실험수로로 구성되어 있다. 복토공법 모형이 설치된 실험수로에 공급되는 유량은 고수조로부터 유입되며, 유입유량은 전자식 유량계를 설치하여 크기를 측정하였다. 또한 실험수로에 공급된 유량이 안정한 흐름을 유지하도록 에너지를 감소시키는 정류부와 안정화구간을 설치하였다. 수위와 유속 등이 안정된 유량을 이용하여 복토공법의 토양유실에 대한 측정구간에서 실험을 수행하며, 측정구간을 통과한 유량은 하류부를 지나 저수조로 흘러들어가게 된다. 그림 1,2는 실험 수로제원 및 호안의 개념도이다.

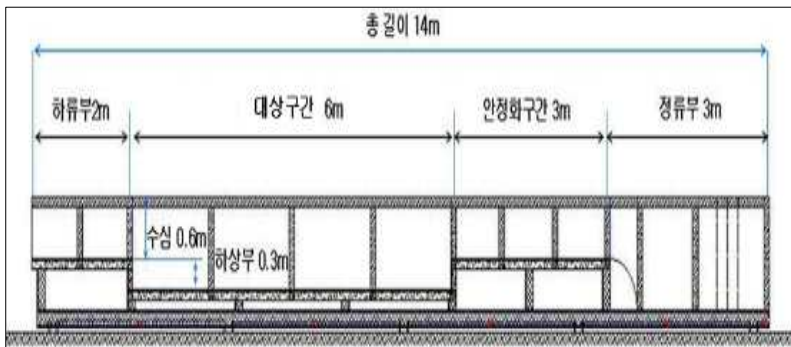


그림 1. 수로 개념도

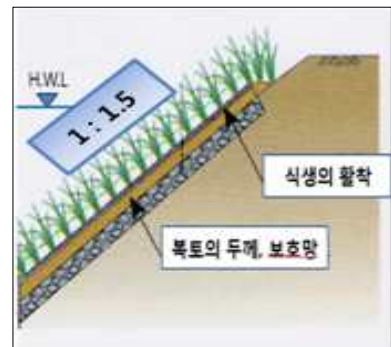


그림 2. 고수호안 개념도

2.2 실험 조건

본 연구에서는 표 1에서와 같이 동일한 호안 경사에서 유량과 수심의 변화를 통한 다양한 유속 조건을 구현하고, 그리고 식생매트의 설치유무에 따른 세굴정도를 살펴보기 위한 실험을 수행하였다. 동일한 수리적 조건에서 식생매트가 설치되지 않은 복토의 세굴에 대한 방어능력을 검토하고, 이를 보강하기 위해 설치한 식생매트에 따른 상대적 토양유실율의 차이를 측정하였다. 그림 3는 측정 단면에서의 유속과 세굴심 측정 지점에 대한 모식도를 나타낸 것으로 복토된 토양의 유실은 사면측정기를 활용하여 수행하였으며, 고수호안 주변의 유속분포에 관한 측정은 3차원 micro-ADV를 이용하였다.

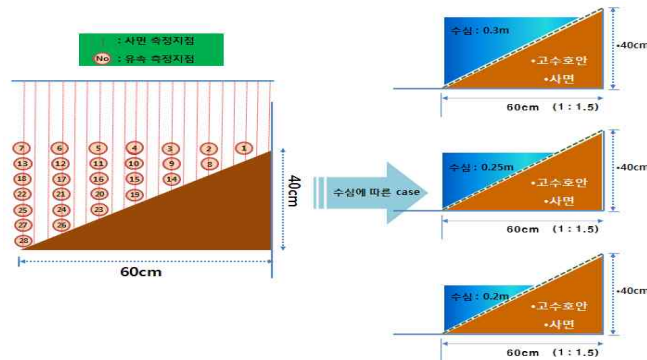


그림 3. 수심별 유속 및 사면 측정에 관한 개요도

표 1. 실험 조건

실험조건	단면최대유속 (m/s)	수심(m)	호안경사	식생유무
CASE1	0.6	0.20	1 : 1.5	無
CASE2	0.8	0.20	1 : 1.5	
CASE3	1.0	0.20	1 : 1.5	
CASE4	0.6	0.25	1 : 1.5	
CASE5	0.8	0.25	1 : 1.5	
CASE6	1.0	0.25	1 : 1.5	
CASE7	0.6	0.30	1 : 1.5	
CASE8	0.8	0.30	1 : 1.5	
CASE9	1.0	0.30	1 : 1.5	
CASE10	0.6	0.20	1 : 1.5	
CASE11	0.8	0.20	1 : 1.5	
CASE12	1.0	0.20	1 : 1.5	
CASE13	0.6	0.25	1 : 1.5	
CASE14	0.8	0.25	1 : 1.5	
CASE15	1.0	0.25	1 : 1.5	
CASE16	0.6	0.30	1 : 1.5	
CASE17	0.8	0.30	1 : 1.5	
CASE18	1.0	0.30	1 : 1.5	

3. 결 과

그림 4은 식생매트 설치 유무에 따른 실험 전·후의 세굴양상을 나타낸 것이다. 식생매트 설치시 앵커 모형은 실제 시공시 사용되는 앵커와 유사한 형태 제작하였으며, 아크릴 호안과 복토호안이 접하는 지점에 적절히 설치하여 식생매트가 들리는 형태의 세굴이 발생하지 않도록 하였다.



그림 4. 식생매트 설치 유무에 따른 실험 전·후의 모습

표 2. 유실을 평가 실험결과

실험조건	Re수	소류력 (kg/m ²)	단면최대유속 (m/s)	수심 (m)	호안경사	식생 (有,無)	유실율
case1	1.18*10 ³	1.57	0.6	0.20	1:1.5	無	23.29%
case2	1.58*10 ³	2.10	0.8	0.20	1:1.5		27.02%
case3	1.98*10 ³	2.63	1.0	0.20	1:1.5		35.47%
case4	1.48*10 ³	1.50	0.6	0.25	1:1.5		34.46%
case5	1.98*10 ³	2.01	0.8	0.25	1:1.5		39.99%
case6	2.47*10 ³	2.51	1.0	0.25	1:1.5		44.25%
case7	1.78*10 ³	1.46	0.6	0.30	1:1.5		30.64%
case8	2.36*10 ³	1.95	0.8	0.30	1:1.5		40.01%
case9	2.97*10 ³	2.44	1.0	0.30	1:1.5		60.90%
case10	1.18*10 ³	6.31	0.6	0.20	1:1.5	有	2.23%
case11	1.58*10 ³	8.42	0.8	0.20	1:1.5		3.14%
case12	1.98*10 ³	10.53	1.0	0.20	1:1.5		3.52%
case13	1.48*10 ³	6.03	0.6	0.25	1:1.5		3.53%
case14	1.98*10 ³	8.05	0.8	0.25	1:1.5		4.58%
case15	2.47*10 ³	10.06	1.0	0.25	1:1.5		5.43%
case16	1.78*10 ³	5.85	0.6	0.30	1:1.5		6.11%
case17	2.36*10 ³	7.81	0.8	0.30	1:1.5		10.39%
case18	2.97*10 ³	9.76	1.0	0.30	1:1.5		16.25%

4. 결 론

수심별 유실율이 다르긴 하나 유속영향에 의한 유실율 변화가 더 큰 것을 볼 수 있다. 호안은 윗 부분부터 무너져 내리며 슬라이딩 현상으로 호안이 무너져 내린다. 식생매트가 있을시에 유실율은 매트와 표면 사이에 결부분이 유실이 되고, 밑다짐공과 맞닿아 있는 부분부터 무너져 내리기 시작하며 복토부분이 물에 의해 잠기게 되면 마찰력이 떨어져지기 때문에 연쇄 슬라이딩 현상이 일어난다. 또한 매트에 들림 현상이 없지면 복토 공법이 안정해지지만 매트와 복토면 사이에 지지력이 약해지면 무너져 내린다. 식생매트가 없을 때는 특정 부분이 파져 계속 무너져 내려 유실율이 크게 나타난다. 본 연구에서와 같이 중규모의 수로 실험에서는 구현할 수 있는 흐름 조건의 한계 때문에 실제 하천에서의 일어나는 현상과는 차이가 나타날 수 있다. 따라서 고수호안의 안정성 평가를 위해서는 설계 유속 재현이 가능한 대규모 원형 수리 실험장에서의 실험을 통하여 보완이 되어질 것으로 판단되어 지며 본 연구 결과는 이와 같은 원형 실험의 설계시 사전 연구로서 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

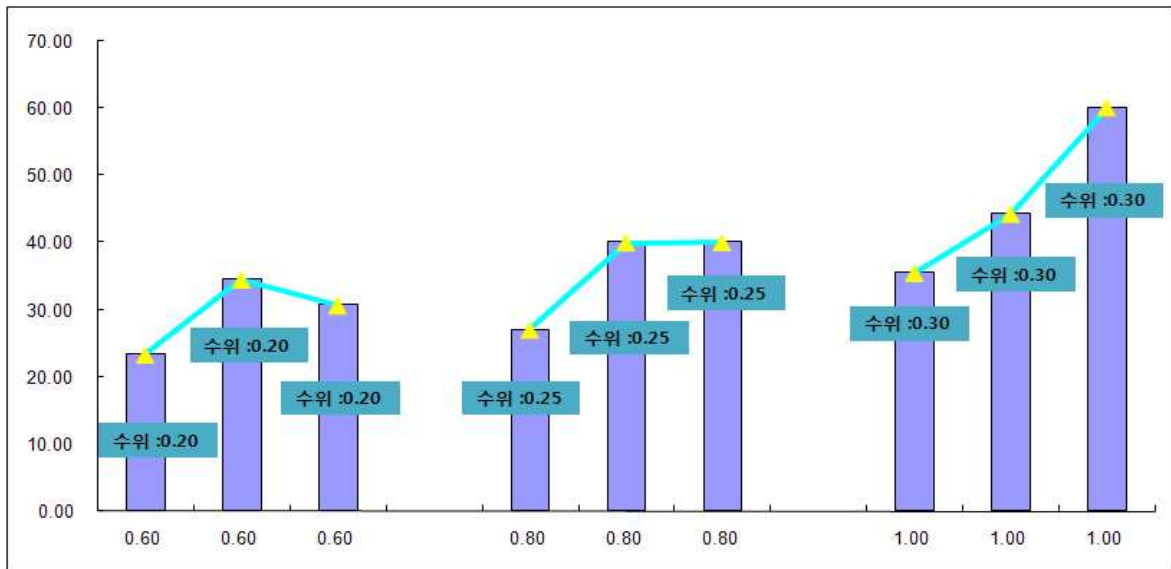


그림 5. 유속-유실을 관계(식생 無)

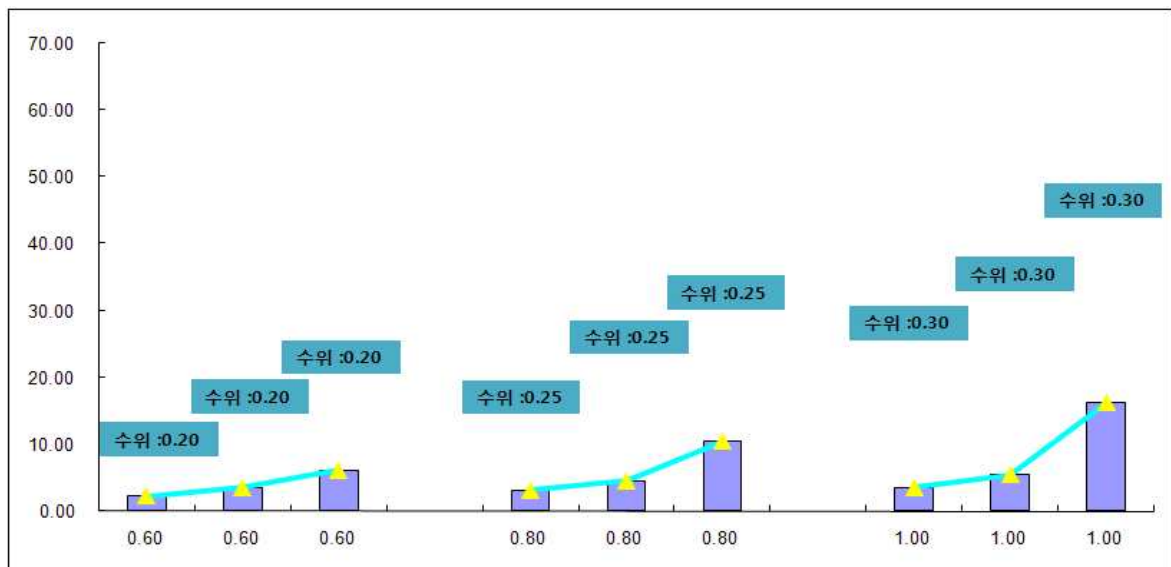


그림 6. 유속-유실을 관계(식생 有)

감사의 글

본 연구는 건설기술혁신연구개발사업인 ECORIVER21 자연과 함께하는 하천복원 기술개발 연구단의 지원(과제번호:3-2)에 의해 수행되었습니다. 본 연구 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 우효섭(2007), 이코리버21 1차년도 개발기술 요약서.
2. 지홍기등 (2001). 돌망태를 이용한 호안구조물의 수리학적특성. 한국수자원학회 학술발표회.
3. Fiuzat, A. A., Chen, Y. H. and Simons, D. B(1982). Stability Tests of Rip-Rap in Flood Control Channels, Officine Maccaferri Technical Report, Fort Collins Colorado.