

일체형 식생호안블록 시스템 개발 및 수리특성 연구(I)

-일체형 호안블록 개발 및 수리모형실험을 통한 적용성 검토-

장 석 환*⁺

Development and Hydraulic Characteristics of Continuous Block System in River Bank Protection (I)

- Development and Application Review through Hydraulic Model Test -

SukHwan Jang*⁺

요약 : 본 연구는 현재 대부분의 자연형 하천에 적용되는 프리캐스트 호안블록 대신 현장 타설식 일체형 블록 시스템을 개발하고 수리특성분석을 위하여 수리모형 실험을 실시하여 수위와 유속의 변화를 통하여 호안 적용성을 검토하였다. 기존의 프리캐스트 블록은 홍수 시 빠른 유속과 집중하중에 유실 및 탈락의 문제점이 나타나고 있으나 이를 보완한 일체형 호안블록 시스템은 홍수시나 수충부에 적합한 호안식생블록 시스템이다. 수리모형실험에서는 성덕댐이 위치한 보현천의 하도에 1/50 축척으로 모형을 재현하고 설계홍수량을 방류하는 조건으로 하도에서 원형과 개발된 블록의 식생유무에 대한 흐름 및 특성의 변화를 검토하였다. 검토결과, 설계홍수량 200m³/sec에서 유속 저감 평균 10.1%, 수위 상승 평균 17.8%의 실험 결과를 얻었다. 연구(II)에서는 수치모형실험을 통하여 실험결과를 검증하고자 하였다.

핵심용어 : 일체형 식생호안블록, 수리모형실험, 식생

Abstract : This research focused on development and application feasibility for the coalesced continuous block system in river bank protection. Most of block systems in river bank are pre cast type and have some difficulties against high velocity flood condition or high pressure load, however, the continuous block system can be applied to flood damage recover as well as environmental vegetation block system in river bank. For the application review and analysis of hydraulic condition for this block system, hydraulic physical modeling was carried out. The physical model was built as a scale of 1:50 by Froude similitude measuring the water levels and the water velocities for vegetation application or not. In consequence, the water velocities were observed to decrease meanly 10.1%, and the water depths were to increase meanly 17.8% in case of the of design flood, Q=200m³/sec. To verify the hydraulic physical modeling, the numerical modeling should be conducted for a close examination of vegetation application by one or two dimensional numerical analysis as a next study.

Keywords : Continuous block system, Hydraulic model test, Vegetation application

1. 서 론

그 동안 홍수로부터 제방을 보호하기 위하여 제방 사면에 호안을 설치하여 왔으며 하천의 제방은 치수위주의 콘크리트 제방에서 최근 자연형

하천정비의 도입으로 프리캐스트 형태의 호안블럭 등을 적용하여 자연 경관 및 식생을 포함한 생태계 보호를 위해 노력을 해 왔다. 그러나 매년 홍수가 지난 다음에 탈락, 이탈, 파손 등의 손상 부분에 대하여 보수공사를 반복하고 있는 실정

⁺ Corresponding author : drjang@daejin.ac.kr

* 정회원 · 대전대학교 건설시스템공학과 교수

다(박 성범, 2007). 자연형 호안은 환경성은 대체로 보장이 되지만 치수 안정성 측면에서는 그 성능이 의문시 되어왔으며, 현재까지 자연형 하천공법을 적용한 하천 정비는 초기 단계로써 우리나라 실정에 맞는 공법과 제품에 대한 적용성 검토가 요구되고 있다. 최근 자연형 하천공법 및 제품을 개발하여 여러 기관에서 각각의 블록형 호안공법 등을 제시하고 있으나, 유속이 빠른 급류부나 수층부가 홍수 시 탈락 및 유실되는 사례가 종종 발생하고 있다(이 동섭 등, 2007). 특히 우리나라 하천은 공간적 분포와 그 기능 및 기후적 특성 또한 매우 다양하기 때문에 우리나라 실정에 맞는 공법을 개발함은 물론 이론적인 뒷받침과 실험을 통하여 치수적으로 안정되고 친환경적인 호안공법을 통하여 하천의 안정성을 꾀하여야 한다. 국내에서 자연형 호안 공법에 대한 연구는 1990년대 중반부터 시작되었는데, 환경부 선도기술 개발사업의 일환으로 진행된 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발(한국건설기술연구원, 2001)을 시작으로 국내에 본격적으로 자연형 호안 공법이 도입되기 시작하였다. 우호섭 등(1999)은 국내 하천 환경에 적합한 생물 재료를 이용한 저수호안 공법을 소개하였으며 2000년대 들어 자연친화적 하천관리 지침 및 하천 설계기준(건설교통부, 2005)이 개정이 추진되는 등 하천환경정비사업의 제도적·기술적 기반이 마련되어 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 자연형 하천 설계의 경우 콘크리트와 같은 인공자재 대신 나무, 돌, 흙과 같은 자연 재료를 사용하는 것으로 규정하고 있으나 이에 대한 설계지침이나 치수안정성을 포함한 이론적 해석이 부족한 실정이다. 현재 국내에 적용되는 대부분의 호안은 프리캐스트 블록과 그 공간사이의 식생으로 채우는 식생블록 형태나 돌붙임 식생호안 공법이 적용되고 있는 대부분의 구간에서 블록간의 결속력 부족, 식생과 블록과의 일체화 불량, 집중하중에 대한 측방유동 및 탈락, 수압이나 동상압 등의 배면 하중에 의한 손상 등과 시공 및 유지관리 비용이 많이 소요된다는 문제점이 있으며(장석환, 2006), 지속적인 치수위주의 하천관리

에도 불구하고 재시공 및 피해 복구 관련 피해액이 매년 증가하고 있는 추세이다. 따라서 기존의 포장 및 호안공법이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 치수안정성과 친환경 호안공법을 동시에 해결할 수 있는 공법 개발이 필요하게 되었으며 이에 현장 타설식 일체형 호안블록 시스템을 개발하여 안전하고 친환경적인, 홍수에 안정한 하천호안 공법을 개발, 적용성을 검토하고자 한다.

본 연구에서는 현재 국내에 보급되고 사용되는 공법이나 기법의 형태 및 장단점을 비교 분석하고 그 중 대부분을 차지하고 있는 프리캐스트 식생 호안블록의 장단점 및 특징과 문제점을 파악하여 개체의 탈락과 홍수 시 유속에 대한 저항성이 탁월한 일체형 자연형 호안 블록 시스템을 개발하여, 빠른 유속에 안전성을 보강하는 공법개발과 수리모형실험을 통하여 적용성을 검증하고 수리학적 효과를 검토하고자 한다. 수리모형실험의 적용은 실제 하천의 모형을 제작하여 축적을 통한 실제 효과를 검증하였으며 일체형 호안시스템을 사용한 식생 전후의 호안에 대한 실험을 실시하였다. 또한 개발된 일체형 호안블록 시스템의 수리모형 실험결과를 기반으로 수치해석을 실시하여 합리적인 해석 및 대안으로 제시할 수 있도록 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 일체형 호안 블록의 개발

2.1 호안의 정의

하천설계기준(건설교통부, 2005)에 따르면 호안(revetment, bulkhead 또는 bank protection)은 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물이다. 일반적으로 제방은 재료확보와 시공의 용이성 및 공사비의 저렴성 때문에 주로 토사로 축조되며, 유수의 침식작용으로부터 앞비탈을 보호하기 위해 호안을 설치한다. 호안은 비탈덮기, 기초, 비탈막기, 밑다짐의 네 부분으로 구성되어있다. 여기서 비탈덮기는 제방 또는 하안의

비탈면을 보호하기 위해 설치하는 것으로 하상, 설치장소, 비탈면 경사 등에 의해 공법을 선정한다. 기초는 비탈댐기의 밑부분을 지지하기 위해 설치하며, 비탈막기는 비탈댐기의 활동과 비탈댐기 이면의 토사 유출을 방지하기 위해 설치하고 기초와 겹하는 경우가 많다. 그리고 밑다짐은 비탈면 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지함으로써 기초와 비탈댐기를 보호하는 구조물을 지칭한다.

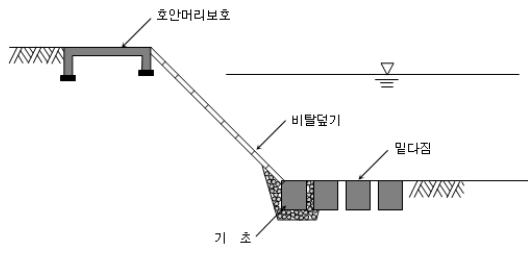


그림 1. 호안의 구조

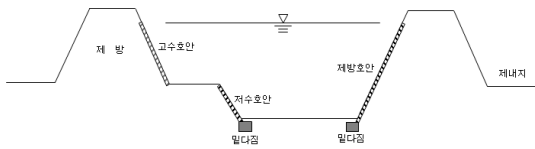


그림 2. 호안의 종류

호안의 종류는 설치되는 위치와 용도에 따라 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 분류된다. 여기서 고수호안은 홍수 시 앞 비탈을 보호하기 위해 설치하는 호안이며, 저수호안은 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 저수로의 하안에 설치하는데 일반적으로 홍수 시에는 수중에 잠기므로 세굴에 대한 고려가 필요하다. 또한 제방호안은 고수호안 중 제방에 설치하는 것을 지칭하며, 제방을 직접 보호하기 위해 설치하는 것으로 저수호가 제방에 접해 있는 경우, 홍수 시 수충부가 되는 요안부, 과거에 파괴되었던 부분, 급류하천, 고수부지가 없는 부분 등에 설치한다.

호안의 높이는 일반적으로 계획홍수위까지를 원칙으로 하며, 특히 중요한 제방, 파랑이 발생하

는 장소, 급류하천 및 고조의 영향을 받는 하류구간, 굴곡이 심한 만곡부의 외측 제방면인 경우에는 제방의 독마루 높이까지 시공한다.

2.2 기존 적용된 호안공법의 특성 및 장단점 비교·분석

국내외 자연형 하천호안공법으로 활용되고 있는 기본 공법의 특징과 그때의 장단점을 조사하면 표 1과 같다. 조사된 호안공법은 사용재료, 공법 및 기대효과에 따라 대분류하였으며, 대분류된 호안공법은 각각 판매되고 있는 호안재료로 다시 중분류하여 기술하였다. 따라서 일부 호안공법은 유사한 제품끼리 중복되어 기술되는 경우가 있으나 중복되는 제품이라 하더라도 제원 등 특성이 다르다.

2.3 일체형 호안 블록 시스템 개발

기존의 프리캐스트 방식의 자연형 호안 블록은 대부분의 구간에서 블록 간의 결속력 부족, 식생과 블록과의 일체화 불량, 집중하중에 대한 측방 유동 및 탈락, 수압이나 동상압 등의 배면 하중에 의한 손상(Hewrett et al., 2003) 등과 시공 및 유지관리 비용이 많이 소요되는 문제점(환경부, 2002)이 있는데 이는 우리나라처럼 여름철 집중 호우에 의한 빠른 유속이나 소류력 등 외력에 지지할 수 있는 호안 공법이 필요하다. 이에 연구 개발된 일체형 호안블록 시스템은 하천호안에서 호안 유실, 부등침하로 인한 붕괴, 블록상호간 식생에서 개체간의 이탈 등의 문제점을 해결하기 위해 거푸집 역할을 하는 플라스틱 폼과 인장력을 갖는 와이어매쉬를 이용하여 식생과 호안을 일체화함으로써 안정성을 도모하였고, 식생면에서 식생공간을 50%이상 확보함으로써 친환경성을 확대하고 우수에 대한 투수성과 지속 가능한 배수를 위한 일체형 블록시스템 공법이다. 이 시스템은 외력 및 국부하중에 대한 저항성 및 구조적 안정성 확보가 가능하고 친환경적 요소를 많이 포함하고 유지관리가 용이한 와이어 메시로 보강된 현장 타설식 자연형 호안 공법이다. 일체형 호안 블록

표 1. 기존 자연형 호안공법 총괄 비교표

대분류	중분류	특징				비고
		재료	개체안정	식재공간	적용구간	
기존 프리캐스트 콘크리트 블록	친환경식생블록	콘크리트	양호	보통	완류부	
	I, H 형 식재블록	콘크리트	양호	보통	완류부	
	장방형 블록	콘크리트	우수	적음	완류, 급류부	
	장방형 식생블록	콘크리트	우수	적음	완류, 급류부	
식생전제 대형 유공 식생블록	환경생태블록(A형)	콘크리트	보통	보통	완류부	
	바이오 호안블록	콘크리트	보통	보통	완류부	
	환경블록자연석형	콘크리트	보통	보통	완류부	
	생태블록(A형)	콘크리트	보통	보통	완류부	
	자연석 호안블록	콘크리트	보통	보통	완류부	
다공성 호안블록	스톤네트	콘크리트	보통	보통	완류부	
	지오그린셀	콘크리트	취약	우수	완류부	
옹벽형 호안블록 및 기타 블록	조류식생블록	콘크리트	취약	우수	완류부	
	생태옹벽블록	콘크리트	보통	보통	완류, 급류부	
	반딧불이블록	콘크리트	보통	보통	완류, 급류부	
	스톤무늬 견치블록	콘크리트	보통	보통	완류, 급류부	
	친환경 축조블록	콘크리트	보통	보통	완류, 급류부	
	지오그린 N-2공법	콘크리트	보통	보통	완류, 급류부	
자연재료를 이용한 공법	그린매트	합성수지	보통	양호	완류부	
	매트리스게미온	사석+철망	보통	적음	완류부	
	조경석 쌓기	사석	우수	적음	완류, 급류부	
	돌붙임	사석	우수	적음	급류부	
	코이어롤	코코넛 섬유	보통	양호	완류부	

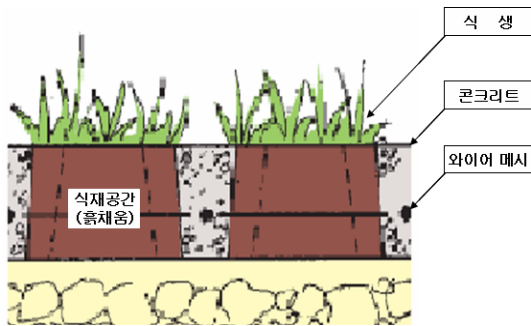


그림 3. 세부형태 및 식재공간 모식도

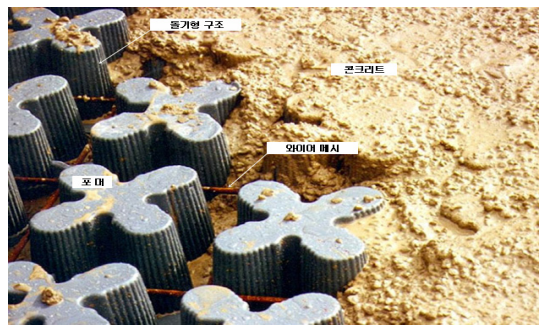


그림 4. 포머 및 와이어 메쉬 상세도

시스템은 아래 그림 3, 4와 같이 환경적 문제가 없는 폴리스티렌 소재로 제작된 플라스틱 포머와 그 위에 와이어 메시를 배치하고 현장 타설하며, 초기 양생 후 포머의 상부를 화충 및 인력으로 제거하여 식재를 위한 공간이 노출되고 이 공간에

흙을 채워 식재 하는 공법 기술이다. 그리하여 공간과 공간사이는 인장력을 갖는 와이어 메쉬에 의해 전 구간에 걸쳐 일체로 연결되어 있어 소류력이나 빠른 유속에도 충분히 견딜 수 있는 일체형 호안블록 시스템이 된다. 본 개발 시스템은 와이

어 메시에 의해 구조적으로 안정되어 있으므로 상부 여러 종류의 상황을 견딜 수 있으며, 포머의 형태는 아래 그림과 같이 포장 표면에 비해 토양이 채워지는 포켓하부의 면적이 더 넓은 사다리꼴 모양으로 이루어져 토사의 침식 및 유실이 방지되며 기반 토사와 일체를 이루므로 식물이 착근하고 자리를 잡는데 이상적인 환경을 제공한다. 거푸집 설치 후 강도 240 kg/m²의 재료 타설로 현장 시험시공 적용 한 결과 흘러내림 등의 문제점이 발생되지 않았을 뿐만 아니라 호안층 후면에서 발생하는 양압력이 효과적으로 조절되어 홍수와 유하 조건이나 수면이 빠르게 강하하는 경우에 기층에 남아있는 압력이 호안공을 휘거나 무너지게 할 수 있는 문제점이 발생하지 않는다.

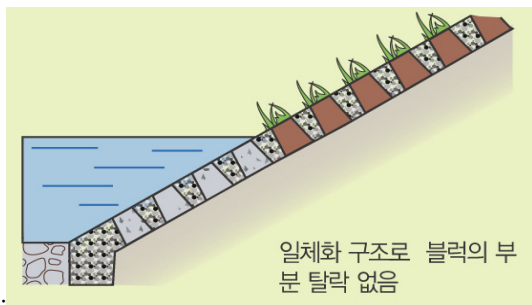
2.3.1 기존 프리캐스트 블록 특징 및 일체형 호안 시스템 비교

가. 배면 하중에 의한 안정성 및 블록간의 일체화
 땅속의 수분이 결빙되면 체적이 팽창하게 되어 호안 표면을 상부로 밀어 올리게 된다(frost heaving)(Whitehead et al, 1976). 따라서 프리캐스트 블록 호안은 서로 결속력이 부족하기 때문에 용기, 탈락 등의 손상이 발생되나 일체형 블록 시스템은 구조체 전체가 일체화되어 있어 하중에 저항력은 큰 반면에 형성된 포켓으로 하중이 소산되는 구조로 되어있다. 또한 이러한 특성으로 인해 동결방지층의 시공이 필요 없게 된다. 또한 유수의 흐름이 빠른 하천에서는 프리캐스트 블록시스

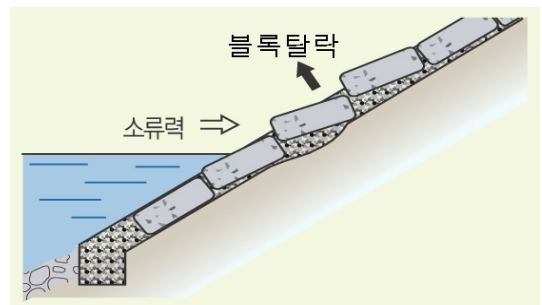
템은 개별적인 블록 개체들 간에 강한 소류력에 의해 블록의 이격, 침하, 탈락 등의 손상이 발생되고 하천의 상류나 수충부에서는 일단 유수가 표면에 작용되면 이격 및 미세한 침하, 용기 등의 변형이 발생되고 여기에 소류력이 증대되어 하중은 점점 더 증가 되어 파손이 발생된다. 따라서 이러한 결점을 보완하기위하여 변형이 억제된 구조로 되어있는 일체형 호안 블록 시스템이 필요하다.

나. 호안의 초기 안정성 확보 및 부분적인 파손의 확산 방지 구조

친환경 식생공법의 대부분은 프리 캐스트 블록을 설치하고, 그 표면에 복토 후 씨앗을 뿌려 최소 3개월에서 6개월 이상이 지난 후에야 비로소 풀의 뿌리가 활착됨으로서 안정성을 확보하게 되나 그 전에 물이 흐르거나 비가내리면 유실 될 가능성이 높다(하천환경관리재단 1994). 그러나 일체형 블록 시스템은 그림 6과 같이 초목의 뿌리에 의해 안정성을 확보하는 구조가 아니기 때문에 활착되기 전의 초기 안정성 확보에 유리하다. 또한 호안에 유수의 소류력이 작용하면 약한 부분에서 먼저 식생의 유실, 블록의 탈락 등의 손상이 발생되며 일단 손상이 발생된 부위는 충격작용, 와류작용, 부압력 등에 의해 손상이 가중되고 주위로 이러한 손상이 확산되는 구조로 되어있다. 그림과 같이 일체형 호안시스템은 포켓이 독립되어 있으므로 발생한 손상이 주위로 확산될 가능성을 줄여준다.

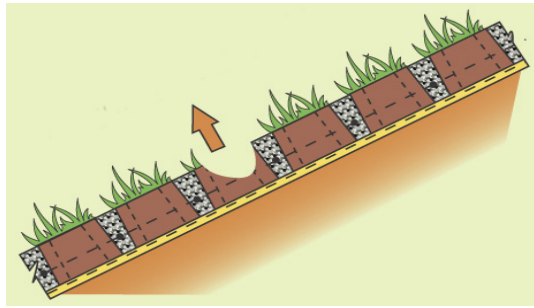


(a) 기존 프리캐스트 블록 시스템

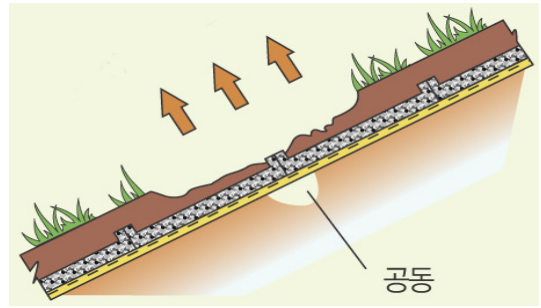


(b) 일체형 호안블록 시스템

그림 5. 이탈방지 및 결속력 비교

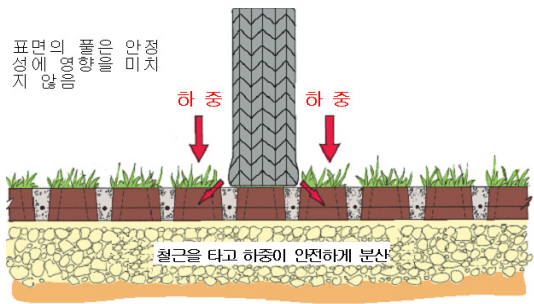


(a) 일체형 호안블록 시스템

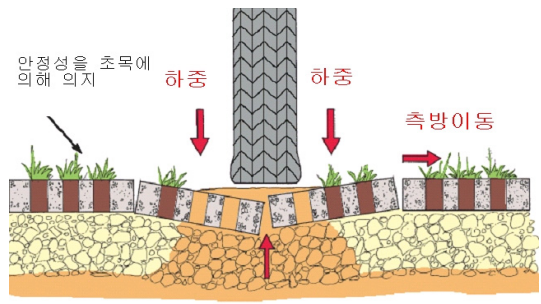


(b) 기존 프리캐스트 블록 시스템

그림 6. 그라스콘의 초기 안정성 및 손상 확산 비교



(a) 일체형 호안블록 시스템



(b) 기존 프리캐스트 블록 시스템

그림 7. 제방상단 윤택중 분산 구조 및 탈락 형태

다. 배수시스템에서의 침투성 표면재로서 하중에 대한 저항력

일반적인 하천호안뿐 만 아니라 제방 상부 등 배수를 위한 침투성 표면재로서의 일체형 블록 시스템의 특징은 소류력이나 일반하중에 대한 저항력이 뛰어나다고 할 수 있다. 프리캐스트 형태의 블록들은 중차량의 차륜하중, 특히 크레인의 지지대 등의 집중하중이 작용 시에는 블록의 부분침하, 측방유동, 탈락 등의 손상이 발생된다. 이것은 우천으로 지반이 습윤상태에 있거나 지반의 지지력이 균질하지 않은 경우에는 그 영향이 더욱 크게 나타난다. 이것으로 포장된 곳에 차량이 빈번히 통행되는 경우나 유수에 의한 소류력에 의해 손상이 점점 크게 되어 어느 한계를 넘어서면 손상이 급속도로 진행되어 블록의 파손, 탈락 등이 발생되고 전체의 결속력이 저하된다. 일체형 블록시스템은 그림 7과 같이 인장력을 갖는 와이어메쉬로 보강되고 전체가 일체화되어 있

기 때문에 집중하중을 분산하여 파괴손상의 발생을 줄일 수 있다.

3. 일체형 호안블록의 수리모형 실험

3.1 수리모형 실험의 조건 및 제원

일체형 호안블록의 적용성과 식생전후의 수리학적 특성을 검토하기 위하여 수리모형실험을 실시하였다. 수리 모형실험에 사용한 하천의 원형은 성덕댐이 위치한 길안천으로 실험실에서 모형을 제작하였으며 수로길이 $L=212.0m$, 하천폭 $B=35.0m$, 하상구배 0.1%의 지형으로 모형축척은 1/50, 단면형상은 범면구배 좌안 1:2, 우안 1:3의 비대칭 사다리꼴 단 단면으로 제작하였다(장석환, 2004).

실험 대상 유량은 100년 빈도 홍수량에 해당하는 $200m^3/sec$, PMF에 해당하는 $600m^3/sec$ 와 100년 빈도와 PMF 중간 유량인 $400m^3/sec$ 등으

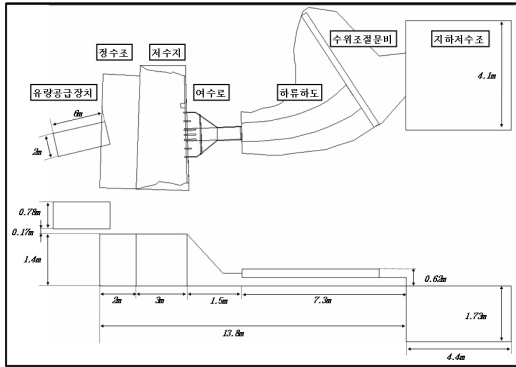


그림 8. 실험장치의 배치 평면 및 종단도

로 결정하였으며 식생 전후의 수위와 유속을 측정하여 저감효과 및 일체형 호안 블록의 최대 유속을 측정하여 적용성을 검증하고자 하였다. 본 실험에서 유량공급의 정확성을 위하여 사각형 웨어를 사용하였으며 그 유량 공급 검정은 그림 8과 같다. 유량공급장치의 수위-유량 관계식은 다음과 같으며 이데야-데지마 공식과 비교 검정한 관계곡선은 그림과 같다.

$$\ln(h) = 0.7203670965 \times \ln(Q) + 0.3350397891 \quad (1)$$

3.2 실험 측정 및 결과

수리 실험을 통하여 상류부 사각웨어의 방류량을 기준으로 하여 실험 수로 상의 식생유무에 대한 흐름 특성의 변화를 검토하였다. 수리모형실험의 원형 대상 유량은 상류부 사각웨어 기준 200m³/sec(재현기간 100년 이상 유량 규모), 400m³/sec, 600m³/sec의 3개 규모로 결정하여 실험하였다. 수리량 계측은 인공수로의 유입부분에서는 흐름이 안정하지 않으므로 유입부에서 1.5m 떨어진 지점에서 하류방향으로 측정하였으며 이때 흐름방향으로 총 5개의 측선(A~E열)을 구성하고 하나의 측선에서 저수로 지점 3점, 좌우안 법면 지점 각각 2점, 측선 당 5점을 선정하여 수로 내 계측지점 총 수는 25개이며 측정의 위치는 다음 그림 9와 같다.

상류부 사각웨어에서 공급되는 유량규모별 식생 전후 조건에 대한 계측지점에서의 유속, 수위 및 Froud 수를 비교하였으며 각각의 유량규모에



대하여 식생 전후 각 측선과 계측지점에서 관측된 수리량을 비교·정리한 것이다.

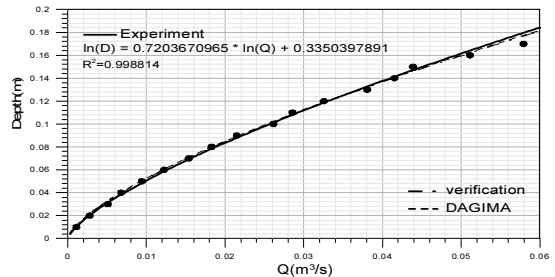
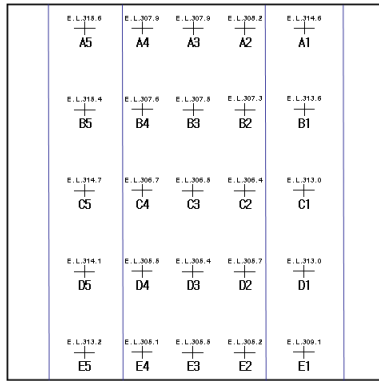


그림 9. 유량공급 사각 웨어의 검정 실험 결과

3.3 수리모형실험 결과 분석 및 고찰

일체형 호안블록 시스템의 개발과 하천 호안공법의 적용성을 검증하기 위하여 인공수로에 시스템을 적용하여 수리량의 변화양상과 그때의 치수적 안정성을 조사하였다. 본 연구에서 개발기술의 하천호안공법 도입에 따른 수리량의 변화 분석결과, 재현기간 100년 유량규모 이상인 Q=200m³/sec 유하 시 유속에 대하여 최대 10.1%의 저감효과가 있는 것으로 조사되었으며 이때의 수심은 평균 17.8% 증가한 것으로 조사되었다. 또한 극한 홍수규모인 PMF 유하 시 Q=600m³/sec 유하 시 유속에 대하여 평균 16.2%의 저감효과가 있는 것으로 조사되었으며, 수심은 평균 21.3% 증가한 것으로 조사되었다. 마찬가지로 Q=400m³/sec 인 경우도 수위 유속 모두 유사한 결과를 보여주고 있다.



[DOWNSTREAM]

그림 10. 모형수로의 형태

표 2. Q=200m³/sec, A-A' 식생 전·후 비교

측정 위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Froude수		
	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이
A2	3.98	3.56	0.42	1.52	1.86	-0.34	1.03	0.83	0.20
A3	4.13	3.86	0.27	1.57	1.86	-0.29	1.05	0.90	0.15
A4	3.91	3.46	0.45	1.26	1.61	-0.35	1.11	0.87	0.24

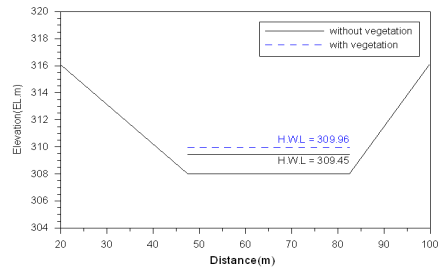


그림 11. 식생전후 수위비교
Q=200m³/sec

표 3. Q=200m³/sec, C-C' 식생 전·후 비교

측정 위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Froude수		
	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이
C2	4.01	3.65	0.36	1.32	1.66	-0.34	1.11	0.90	0.21
C3	4.15	3.38	0.77	1.49	1.63	-0.14	1.09	0.85	0.24
C4	4.06	3.54	0.52	1.47	1.88	-0.41	1.07	0.82	0.24

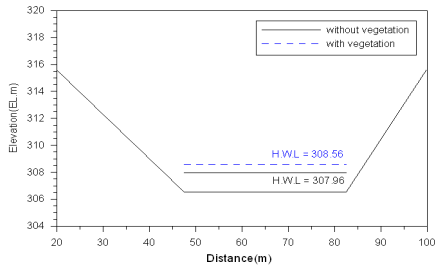


그림 12. 식생전후 수위비교
Q=200m³/sec

표 4. Q=400m³/sec, A-A' 식생 전·후 비교

측정 위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Froude수		
	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이
A2	5.21	3.96	1.25	2.18	3.14	-0.96	1.13	0.71	0.41
A3	5.34	4.08	1.26	2.16	2.97	-0.81	1.16	0.76	0.40
A4	5.19	4.01	1.18	2.20	2.71	-0.51	1.12	0.78	0.34

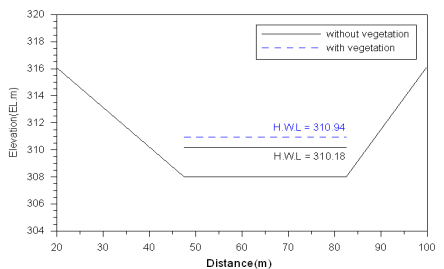


그림 13. 식생전후 수위비교
Q=400m³/sec

표 5. Q=400m³/sec, C-C' 식생 전·후 비교

측정 위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Froude수		
	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이
C2	5.09	3.87	1.22	2.16	2.89	-0.73	1.11	0.73	0.38
C3	5.17	3.91	1.26	2.38	2.99	-0.61	1.07	0.72	0.35
C4	5.15	3.72	1.43	2.11	3.08	-0.97	1.13	0.68	0.46

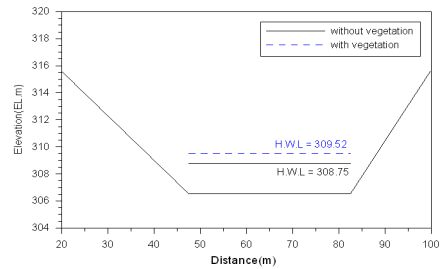


그림 14. 식생전후 수위비교
Q=400m³/sec

표 6. Q=600m³/sec, A-A' 식생 전·후 비교

측정 위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Froude수		
	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이
A2	6.17	4.95	1.22	2.81	3.54	-0.73	1.18	0.84	0.34
A3	6.38	5.13	1.25	2.81	3.41	-0.60	1.22	0.89	0.33
A4	6.13	5.02	1.11	2.54	2.96	-0.42	1.23	0.93	0.30

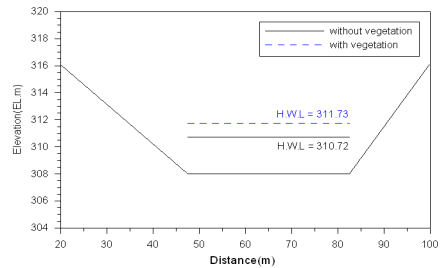


그림 15. 식생전후 수위비교
Q=600m³/sec

표 7. Q=600m³/sec, C-C' 식생 전·후 비교

측정 위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Froude수		
	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이	식생전	식생후	차이
C2	6.06	4.98	1.08	2.68	2.99	-0.31	1.18	0.92	0.26
C3	6.15	5.02	1.13	2.86	3.60	-0.74	1.16	0.85	0.32
C4	6.11	4.63	1.48	2.81	3.60	-0.79	1.16	0.78	0.38

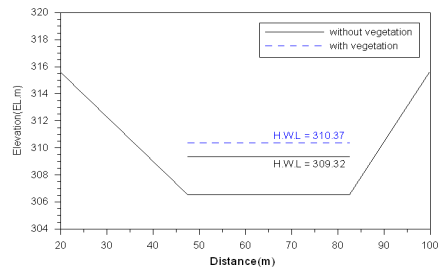


그림 16. 식생전후 수위비교
Q=600m³/sec

실험결과로부터 유량규모가 클수록 유속 저감 효과와 수위 상승효과가 커지는 것으로 조사되었으며, 특히 사류구간에서 수위증가와 이에 따른 유속저감효과가 큰 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 이 개발기술이 자연하천의 급류구간에서 수위 상승에 의한 영향보다는 유속저감에 따른 효과를 나타낼 수 있으므로 제방보호를 위한 조절기계의 수단으로 사용될 수 있음을 입증하는 것이다. 여기서 수위증가에 대한 영향보다 유속저감에 따른 효과가 크다는 점의 고찰과 언급은 일반적으로 하천의 경우 홍수위 방어를 위한 방어기제로 제방

의 여유고를 설정하고 있으므로 여유고 내에서 홍수위의 일부 상승은 치수적인 관점에서 문제가 되지 않을 수 있으나, 과도한 유속은 제방 및 구조물 등의 파괴로 이어지므로 유속을 저감시키는 제어기계의 도입은 하천관리입장에서 설득력을 가질 수 있다.

또한 수리모형 실험을 통하여 에너지 감세 효과뿐만 아니라 유속에 대한 호안재료의 저항성 즉, 안정성도 검증하였다. 실험결과 모형의 최대 유량 Q=600m³/sec 유하 시 수로 내 최대 유속은 계측지점 A3 지점으로 이때의 유속은 5.13m/sec

이며, 하류 수문(tail gate)의 통제를 받아 유속이 비교적 작은 E측선을 제외하고 평균 4.0m/sec 이상의 큰 유속이 조사되었다. 이러한 수로 내 유속에 대하여 설치된 호안재료 및 식생재료의 개체 이탈 및 진동현상은 전혀 조사되지 않아 개발된 일체형 블록 시스템은 호안재료로서의 안정성이 검증되었다. 여기서 실험에 사용된 유속조건은 자연 하천의 경우 급류하천 또는 수층부 구간에서 발생하는 유속규모 이상이며, 이 경우 기존 프리캐스트 호안재료의 개체안정성은 확보될 수 없고, 따라서 이 연구의 일체형 호안블록 시스템은 하천관리 입장에서 볼 때 고 유속 조건에 대한 개체 안정성이 확보되면서 유속에 대한 제어효과를 확보할 수 있으므로 하천 호안 적용 시 치수적으로 안전하고 유지관리가 용이하다는 장점과 함께 기존 프리캐스트 공법이 가지는 문제를 해결하는 대안 공법이 될 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 자연형 하천 정비 시 현재 국내에 보급되고 사용되는 호안 공법이나 기법의 형태 및 장단점을 비교 분석하고 기존의 프리캐스트 호안블록형태의 수리적 안전성과 환경성을 비교분석하여 새로운 호안블록 형태인 일체형 호안블록의 개발과 적용성을 입증하고자 하였다. 개발된 현장타설식 식생 호안블록 시스템을 수리모형 실험을 통하여 현장의 적용성을 검증하고 수리학적 효과를 검토함으로써 실제 자연형 호안블록의 개발에 따른 이론적인 토대를 제시하였다. 특히 자연형 하천정비 기법에 관한 연구는 소류력이나 외력에 안전한 호안공법의 개발과 이론적인 검증이 부족하여 자연형 하천공법을 적용한 하천의 평가와 효율에 대한 객관적적인 자료가 필요할 시점이라고 판단된다. 본 연구에서 개발된 일체형 블록 시스템을 적용한 수리모형실험 결과로부터 유량규모가 클수록 유속 저감효과와 수위 상승효과가 커지는 것으로 조사되었으며, 특히 사류구간에서 수위증가와 이에 따른 유속저감효과가 큰

것으로 분석되었다. 이러한 결과는 개발기술이 자연하천의 급류구간에서 수위 상승에 의한 영향보다는 유속저감에 따른 효과를 나타낼 수 있으므로 제방보호를 위한 조절기제의 수단으로 사용될 수 있음을 입증하는 것이다. 또한 수위증가에 대한 영향보다 유속저감에 따른 효과가 크다는 점의 고찰은 일반적으로 하천의 경우 홍수위 방어를 위한 제방의 여유고를 설정하고 있으므로 여유고 내 홍수위의 일부 상승은 치수적인 관점에서 문제가 되지 않을 수 있으나, 과도한 유속은 제방 및 구조물 등의 파괴로 이어지므로 유속을 저감시키는 제어기제의 도입은 하천관리입장에서 설득력을 가질 수 있다. 향후 이러한 수리모형실험과 수치해석 및 현장조사를 병행하여 호안블록 시스템의 흐름저항성과 최대 허용유속 검증을 통하여 국내 급류부의 친환경 식생 호안블록 적용과 홍수 시 치수안정성을 고려한 호안 공법을 적용, 안정화 시켜야 할 것이다.

참 고 문 헌

건설교통부, 하천설계기준, 2005.
 박성범, 자연형 식생 호안공법의 수리모형실험 및 수치해석 연구, 대전대학교 대학원 석사학위논문, 2007.
 우효섭, 이진원, 이두한, 박재로, 생물 재료를 이용한 저수호안의 세굴저항성 평가, 대한토목학회지 제 47권 11호, pp. 71~80, 1999.
 장석환, 성덕담 여수로 수리모형실험 보고서, 대전대학교, 2004.
 장석환, 현장타설식 RC구조 그라스콘의 친환경적 호안공법 적용에 관한 실험적 연구, 대전대학교 건설연구소, 2006.
 이동섭, 안홍규, 우효섭, 권보애, 치수안정성과 환경성을 고려한 새로운 식생 호안공법의 적용 및 평가, 한국수자원학회 논문집 제 40권 2호, pp. 124~135, 2007.
 한국건설기술연구원, 일본의 다자연형 하천 만들기의 실제와 관련연구, 한국건설 기술연구원,

- 2001.
- 환경부, 하천복원 가이드라인, 2002.
- 河川環境管理財團, 多自然形 河川工法の設計施工要領, (財) 河川環境管理財團, 1994.
- Hewrett H, Boorman L., MA Bramley, Design of reinforced grass waterways, CIRIA, pp. 85~90, 2003.
- Whitehead D. and Nickersons, A guide of the use of grass in hydraulic engineering practice, CIRIA Technical note, p. 71, 1976.