

친환경 콘크리트 호안블록 그라스콘의 공법개발 및 적용성 검토



장 석 환 |
대진대학교 건설시스템공학과 교수
drjang@daejin.ac.kr



한 광 두 |
(주)남원건설엔지니어링 전문 수자원개발기술사
hankd36@nwks.co.kr

1. 서론

그 동안 하천의 제방은 치수위주의 콘크리트 제방에서 최근 자연형 하천정비의 도입으로 프리캐스트 형태의 호안블록을 적용하여 자연 경관 및 식생을 포함한 생태계 보호를 위해 노력을 해 왔으나, 매년 홍수가 지난 다음에 탈락, 이탈, 파손 등의 손상 부분에 대하여 보수공사를 반복하고 있는 실정이다. 이러한 자연형 하천정비 기법에 관한 연구는 외국의 공법을 도입하여 유역에 적용하고 이에 대한 범용성을 검증하고 있는 수준에 와 있고, 현재까지 자연형 하천공법을 적용한 하천 정비는 초기 단계로서 우리나라 실정에 맞는 공법과 제품에 대한 적용성 검토가 요구되고 있다. 최근 여러 기관에서 자연형 하천공법 및 제품을 개발하여 각각의 블록형 호안공법 등을 제시하고 있으나, 유속이 빠른 급류부나 수충부가 홍수 시 탈락 및 유실되는 사례가 종종 발생하고 있다. 특히 우리나라 하천은 공간적 분포와 그 기능 및 기후적 특성 또한 매우 다양하기 때문에 우리나라 실정에 맞

는 공법을 개발함은 물론 이론적인 뒷받침과 실험을 통하여 치수적으로 안정되고 친환경적인 호안공법을 통하여 하천의 안정성을 꾀하여야 한다. 기존의 식생 블록 포장이나 식생호안 공법이 적용되고 있는 대부분의 구간에서 블록 간의 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, 지속적인 치수위주의 하천관리에도 불구하고 재시공 및 피해 복구 관련 피해액이 매년 증가하고 있는 추세이다.

따라서 기존의 포장 및 호안공법이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 치수안정성과 친환경 호안공법의 개발이 필요하게 되었으며 이에 현장 타설식 그라스콘콘크리트 형태인 그라스콘을 개발하여 보다 안전하고 보다 친환경적인 국내 홍수에 안정한 하천호안 공법을 개발, 적용성을 검토하고자 한다.

2. 호안공법의 분석

2.1 호안의 정의

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 부

분으로 구성되어있다. 여기서 비탈덮기는 제방 또는 하안의 비탈면을 보호하기 위해 설치하는 것으로 하상, 설치장소, 비탈면 경사 등에 의해 공법을 선정한다. 기초는 비탈덮기의 밑부분을 지지하기 위해 설치하며, 비탈막기는 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사 유출을 방지하기 위해 설치하고 기초와 겸하는 경우가 많다. 그리고 밑다짐은 비탈면 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지함으로써 기초와 비탈덮기를 보호하는 구조물을 지칭한다.

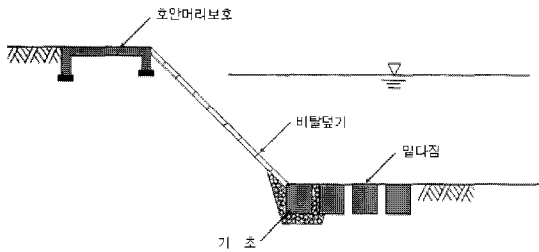


그림 1. 호안의 구조

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 저수로가 제방에 접해 있는 경우, 홍수 시 수충부가 되는 요안부, 과거에 파괴되었던 부분, 급류하천, 고수부지

가 없는 부분 등에 설치한다.

호안의 높이는 일반적으로 계획홍수위까지를 원칙으로 하며, 특히 중요한 제방, 파랑이 발생하는 장소, 급류하천 및 고조의 영향을 받는 하류구간, 굴곡이 심한 만곡부의 외측 제방면인 경우에는 제방의 둑마루 높이까지 시공한다. 다음은 하천설계기준에서 제시하고 있는 호안의 높이 기준이다.

표 1. 수면경사에 대한 호안의 높이

수면경사	호안높이
1/5,000 ~ 1/25,000	0.35H
1/25,000 ~ 1/1,500	0.45H
1/1,500 ~ 1/600	0.60H
1/400 이상	H
1/200 이상	둑마루까지

주 : H는 계획하상고에서 계획홍수위까지 높이임.

2.2 국내·외 적용된 호안공법의 특성 및 장단점 비교·분석

국내·외 하천호안공법으로 활용되고 있는 기본공법의 특징과 그때의 장단점을 조사하면 표 2와 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 다르기 때문에 그대로 수록하였다.

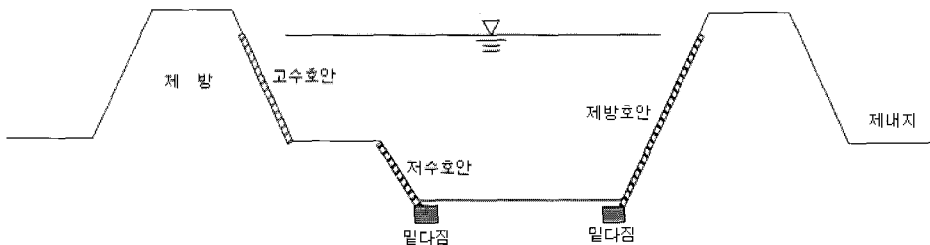


그림 2. 호안의 종류

표 2. 기존 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	
	스톤네트	콘크리트	보통	보통	완류부	
다공성 호안블록	지오그린셀	콘크리트	취약	우수	완류부	
	초류식생블록	콘크리트	취약	우수	완류부	
옹벽형 호안블록 및 기타 블록	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	
	그린매트	합성수지	보통	양호	완류부	
자연재료를 이용한 공법	매트릭스게비온	사석+철망	보통	적음	완류부	
	조경석 쌓기	사석	우수	적음	완류, 급류부	
	돌붙임	사석	우수	적음	급류부	
	코이어롤	코코넛 섬유	보통	양호	완류부	

3. 그라스콘 공법개발

3.1 그라스콘의 특징

가. 침투성 포장재로서 하중에 대한 저항력

침투성 포장재로서의 현장타설식 그라스콘의 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 손

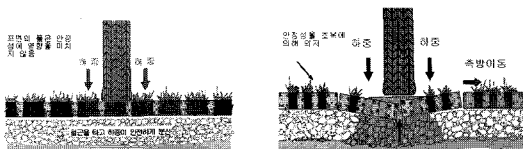
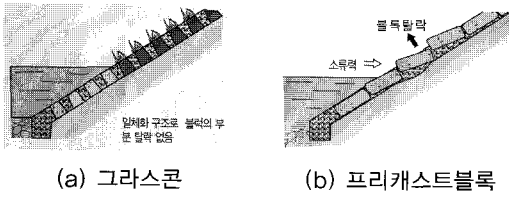


그림 3. 그라스콘의 윗하중 분산 구조 및 탈락 형태

상이 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. 그라스콘은 그림 3과 같이 철근으로 보강되고 전체가 일체화되어 시공되기 때문에 집중하중을 분산하여 파괴손상의 발생을 줄일 수 있다.

나. 배면 하중에 의한 안정성 및 블록간의 일체화
 땅속의 수분이 결빙되면 체적이 팽창하게 되어 포장면을 상부로 밀어 올리게 된다(Frost Heaving). 따라서 프리캐스트 블록 포장은 서로 결속력이 부족하



(a) 그라스콘 (b) 프리캐스트블록

그림 4. 이탈방지 및 결속력 비교

기 때문에 용기, 탈락 등의 손상이 발생되나 그라스콘은 일체화되어 있어 하중에 저항력은 큰 반면에 형성된 포켓으로 하중이 소산되는 구조로 되어있다. 또한 이러한 특성으로 인해 동결방지층의 시공이 필요 없게 된다. 유수의 흐름이 빠른 하천에서는 강한 소류력에 의해 블록의 이격, 침하, 탈락 등의 손상이 발생된다. 하천의 상류나 수충부에서는 일단 유수가 표면에 작용되면 이격 및 미세한 침하, 용기 등의 변형이 발생되고 여기에 오류 및 소류력이 증대되어 하중은 점점 더 증가 되어 파손이 발생된다. 따라서 초기의 미세한 변형이 억제된 구조로 되어 있어 그라스콘은 이러한 것을 그림 4와 같이 만족하고 있다.

다. 호안의 초기 안정성 확보 및 부분적인 파손의 확산 방지 구조

친환경 식생공법의 대부분은 프리캐스트 블록을 설치하고, 그 표면에 복토 후 씨앗을 뿌려 최소 3개월에서 6개월 이상이 지난 후에야 비로소 풀의 뿌리가 활착 되므로써 안정성을 확보하게 된다. 그러나 그 전에 물이 흐르거나 비가 내리면 유실 될 가능성이 높다.

그라스콘은 그림 5와 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



그림 5. 그라스콘의 초기 안정성 확보



그림 6. 그라스콘의 손상 확산 방지구조

발생된 부위는 충격작용, 와류작용, 부압력 등에 의해 손상이 가중되고 주위로 이러한 손상이 확산되는 구조로 되어있다. 그림 5-6과 같이 그라스콘은 포켓이 독립되어 있으므로 발생한 손상이 주위로 확산될 가능성을 줄여준다.

3.2 포머의 개발 및 시공방법

가. 포머의 특징

포머의 측면 주름과 돌기는 풀의 활착을 돕고 풀이 뽑혀 나가지 않게 저항하는 역할을 하며 작업 하중을 지지하는 구조를 가지고 있다. 또한 다양한 문양으로 미적인 연출이 가능하며, 잔디와 콘크리트 부분이 항상 맞는 구조이므로 외력으로부터 잔디를 보호하고 안정성을 높일 수 있다. 포머 재질은 연소시 환경유해물질인(CFC)을 배출시키지 않는 재활용 비닐을 사용한다.

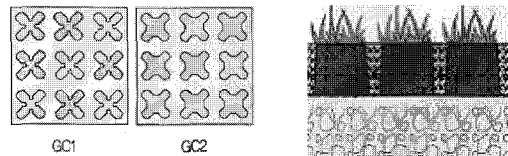


그림 7. 포머의 형상 및 시공 상태

나. 시공방법

(1) 포머 설치

포머는 계획지반고에 따라 평평하게 설치하며, 포머의 끝에 형성되어 있는 홈끼리 맞추어 설치한다. 포머를 설치할 가장자리는 작업의 효율성을 감안하여 10cm의 이격거리를 유지하고, 지반의 형상대로 재단하여 배열한다.

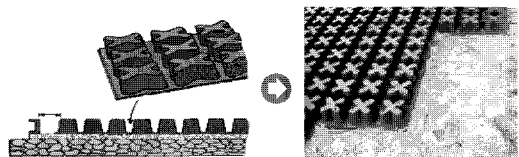


그림 8. 포머 배치

(2) 와이어메쉬 설치

포머에 일체화된 스페이서 위에 와이어메시를 설치하여 포머의 위치를 고정시키며, 이음은 1개의 메시를 겹쳐 놓는다.

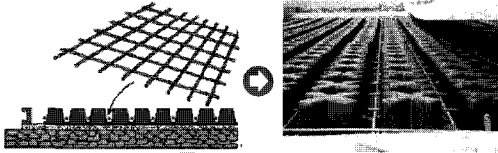


그림 9. 와이어메쉬 설치

(3) 콘크리트 타설

레미콘을 포머 위에 채워 넣으며 평평하게 고른 후 전체를 타설하면 일체형으로 지지할 수 있다.

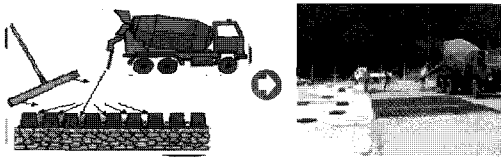


그림 10. 콘크리트 현장 타설

(4) 포켓 커버 제거

양생이 끝난 다음 가스버너를 사용하여 포켓의 커버를 제거한다.

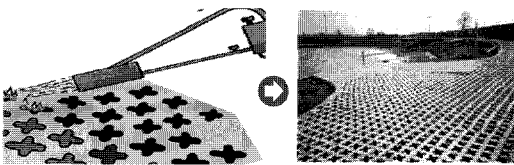


그림 11. 커버 제거

(5) 흙채움 및 식생

포켓에 흙을 채우고 풀씨를 뿌리거나 초목을 식생한다.

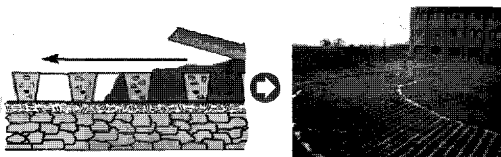


그림 12. 포켓 내부 흙채움 및 식생

(6) 시공사진

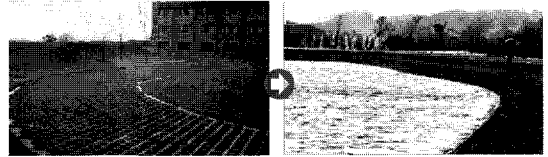


그림 13. 접속도로 및 하천호안 시공사진

3.3 그라스콘 수리모형 실험

가. 수리모형 실험의 조건 및 제원

그라스콘의 적용을 위해 수리모형실험을 통하여 수위의 안전성을 검토하였다. 본 수리 모형실험에 사용한 하천의 원형은 성덕댐이 위치한 길안천으로 실험실에서 모형을 제작하였으며 수로길이 $L=212.0m$, 하천폭 $B=35.0m$, 하상구배 0.1%의 지형으로 모형 축척은 1/50, 단면형상은 법면구배 좌안 1:2, 우안 1:3의 비대칭 사다리꼴 단면으로 제작하였다.

실험 대상 유량은 댐 조절방류량 $49m^3/sec$, 길안천 100년 빈도 홍수량 $150m^3/sec$ 과 PMF 방류량인 $600m^3/sec$ 를 대상으로 그라스콘을 적용하여 식생전 후의 하도내의 수위 및 유속을 측정하였다.

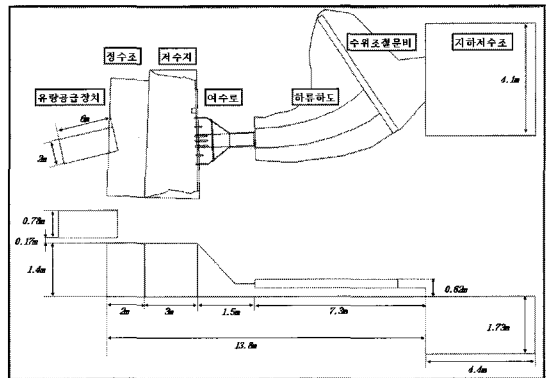


그림 14. 실험장치의 배치 평면 및 종단도

나. 실험 결과 및 분석

호안 및 하도 내 그라스콘을 적용하여 하천호안공법 도입에 따른 수리량의 변화 분석결과, 재현기간 100년 유량규모 이상인 $Q=200m^3/sec$ 유하 시 유속

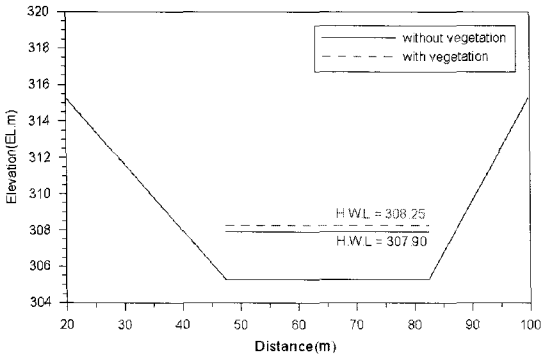


그림 15. Q=200m³/sec, 측선 E-E' 단면 수위 비교

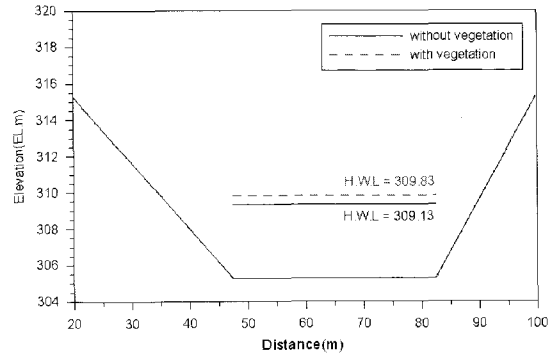


그림 16. Q=600m³/sec, 측선 E-E' 단면 수위 비교

표 3. Q=600m³/sec 조건의 E-E' 식생 전·후 비교

	측정위치	유 속(m/sec)			수 심(m)			Fr. No.		
		식생전	식생후	차 이	식생전	식생후	차 이	식생전	식생후	차 이
600m³/sec E-E' 측선	EL,305.2 (E2)	4.26	3.15	1.11	4.00	4.60	-0.60	0.68	0.47	0.21
	EL,305.5 (E3)	4.17	3.30	0.87	3.95	4.50	-0.55	0.67	0.50	0.17
	EL,305.1 (E4)	4.27	3.25	1.02	3.65	4.60	-0.95	0.71	0.48	0.23

에 대하여 최대 32.5%, 최소 3.5%, 평균 19.1%의 저감효과가 있는 것으로 조사되었다. 이때의 수심은 최대 50.8%, 최소 1.4%, 평균 27.8% 증가한 것으로 조사되었다. 또한 극한 홍수규모인 Q=600m³/sec 유하시 유속에 대하여 최대 37.4%, 최소 20.2%, 평균 27.2%의 저감효과가 있는 것으로 조사되었으며, 수심은 최대 39.9%, 최소 13.9%, 평균 31.3% 증가한 것으로 조사되었다.

실험결과로부터 유량규모가 클수록 유속 저감효과와 수위 상승효과가 커지는 것으로 조사되었으며, 특히 사류구간에서 수위증가와 이에 따른 유속저감효과가 큰 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 그라스콘 기술이 자연하천의 급류구간에서 수위 상승에 의한 영향보다는 유속저감에 따른 효과를 나타낼 수 있으므로 제방보호를 위한 조절기제의 수단으로 사용될 수 있음을 보여준다.

4. 결론

최근 도시화와 인구의 증가로 하천 부근에서 홍수 피해가 빈번히 발생되고 있으며, 하천 주위에 오염원이 있을 경우에는 수질, 생태계 등의 보존 문제가 대두되고 있다. 1995년 소하천정비법의 제정으로 소하천 정비 및 관리를 위한 제도적 기틀이 마련되었고 여러 가지 자연형 하천공법들이 계획·시공되고 있다. 하지만 이러한 사업을 진행하는데 있어서 종합적인 자료와 축적된 기술의 부족으로 어려움을 느끼고 있는 실정이다.

본 연구에서는 하천 정비 시 자연형 하천정비 방향을 연구함으로써 현재 국내에 보급되고 사용되는 공법이나 기법의 형태 및 장단점을 비교 분석하고 그중 현장타설식 식생 호안블록 시트랩인 그라스콘의 공법 개발과 수리모형실험을 통하여 현장의 적용성을 검증하고 수리학적 효과를 검토함으로써 실제 자연형 호

안블록의 개발에 따른 이론적인 토대를 제시하였다. 특히 자연형 하천정비 기법에 관한 연구는 외국의 공법을 도입하여 유역에 적용하고 있는 수준에 와 있지만 현재까지 소류력이나 외력에 안전한 호안공법이 개발되어 있지 않아 자연형 하천공법을 적용한 소하천 정비는 검증의 절차가 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 그라스콘의 개발을 통하여 기존의 프리캐스트 호안블록과 현장타설식 그라스콘 호안블록의 장단점을 살펴보고 치수안정성과 다양한 수종의 식생이 가능하고 친환경성이 확보되는 개발기술의 장점을 평가하여 국내 자연형 하천조성 사업지역 및 급류 하천의 적용성을 살펴보았으며, 수리모형 실험으로 개발기술의 에너지 감세 효과와 유속에 대한 저항성도 검증하였다. 향후 이러한 수리모형실험과 수치해석 및 현장조사를 병행하여 현장타설식 그라스콘의 흐름저항성과 최대 허용유속 검증을 통하여 국내 급류부의 친환경 식생 호안블록 적용과 홍수 시 치수안정성을 고려한 호안 공법을 적용, 안정화 시켜야 한다고 사료된다.

이 공법의 개발과 연구가 현재 여러 지역에서 시행되고 있는 자연형 하천 정비에서 하천 및 수변구역의 정비방향설정의 계기가 되기를 바라며 향후 지속적인 시범사업과 모니터링을 통하여 기본적인 정비 방향 뿐 아니라 공법이나 기법의 진보로 보다 쾌적하고 인간과 자연이 공존하는 하천환경을 조성하는데 일익을 담당할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 건설교통부, 하천설계기준, 2005
- 김창완, 우효섭, 이두한, 2004 춘천 물포럼 - 친환경 하천복원의 허와 실, 2004
- 장석환, 성덕댐 여수로 수리모형실험 보고서, 대전대학교, 2004
- 정재욱, 자연형 소하천 정비기법, 도시방재학회 기술 기사, 2002. 9
- 한국건설기술연구원, 일본의 다자연형 하천 만들기의 실제와 관련연구, 2001
- 한국수자원학회, 하천공사 표준시방서, 1999
- 행정자치부, 소하천정비 실무 지침서, 1998
- 환경부, 하천복원 가이드라인, 2002. 12
- Klingeman P. C., River Engineering to Restore and Re-naturalize Rivers, 1998
- H. Hewrett, L. Boorman, MA Bramley, Design of reinforced grass waterways, CIRIA, 2003
- University of Washington, Permeable pavement demonstration project - Background and field results, Center for urban water resources management, 1997
- US Department of Commerce(USDC), Stream corridor restoration-principles, processes and Practices, Federal Interagency Stream Restoration Working Group, National Technical Information Service, Springfield, VA., Oct., 1998
- Virginia state university, Runoff and pollution abatement characteristics of concrete grid pavements, 1981
- Whitehead D. and Nickersons, A guide of the use of grass in hydraulic engineering practice, CIRIA Technical note 71, 1976
- 日本土木學會, “水邊の景觀設計”, 技報堂出版, 1990
- 財團法人 河川環境管理財團, “多自然形 河川工法の設計施工要領”, 1994