

자연 친화적 하천정비를 위한 호안평가기법 연구

Study on the Evaluation Technique of Revetment for Nature-Friendly River Improvement

김윤환*, 박남희**, 진영훈***, 김철****

Yun Hwan Kim, Nam Hee Park, Young Hoon Jin, Chul Kim

요 지

최근 우리나라의 많은 하천에서 자연 친화적 하천정비가 이루어지고 있으며, 이를 위한 하천정비기법들 역시 다양하게 소개되고 있다. 다양한 기법들은 대상하천이 가지고 있는 특성을 충분히 고려하여 자연 친화적 하천정비를 추진하자는 데 그 근거를 두고 있다. 이에 따라 하천을 구성하고 있는 지형학적 요소와 그 구조 안에서 흐름이 갖는 수리학적 특성, 그리고 하천에서 서식하는 생태학적 조건과 현상들에 대한 분석을 통한 연구가 친자연적인 하천을 조성하기 위한 토대로서 활발하게 진행되고 있다.

본 연구에서는 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 보호하는 역할을 하는 호안에 대한 평가기법을 수리학적, 생태학적 관점에서 연구하였다. 호안은 제방 및 하안의 수리적 안정성을 담보하기 위해 시공되는 하천구조물이며, 그로 인해 자연 생태계와의 조화로부터 이탈될 수 있는 가능성이 높은 구조물이다. 그러므로 자연 친화적 하천정비를 위한 호안의 평가는 반드시 생태적 요소들을 고려하여야 한다.

따라서 본 연구는 자연 친화적 하천정비를 위한 호안의 평가지표 및 기법의 개발에 대한 선행연구로서 현장조사지점 선정과 선정된 조사지점의 세부조사항목들을 활용한 평가방법을 모색하였다. 이는 향후 하천의 호안설계 및 시공을 위한 가이드라인 제시를 위한 초석으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 자연 친화적 하천정비, 호안공법, 평가기법

1. 서 론

호안에 관한 외국의 연구사례를 살펴보면, 미국 워싱턴주(2003)에서 발간한 수생 서식처 가이드라인 모음의 내용 중 야생동물의 서식처를 보호하고 복원하기 위해 호안의 설계기준에 관한 설명과 위험도 평가 등을 포함하고 있으며, 적절한 호안의 선택과정과 함께 다양한 호안공법들에 대해 상세하게 소개하고 있다. 또한 아이오와주의 자연 자원국(2006)은 개인, 개발자 및 계약자들로 하여금 하안의 침식조절을 위한 호안의 재료와 방법들을 선택할 수 있도록 지침서를 발행하였다.

국내 사례를 살펴보면 환경부(2002)는 하천복원 가이드라인을 발간하여 기존의 이치수 위주의 하천정비를 지양하고 하천의 생물 서식처, 경관과 친수성 등 하천의 환경적 기능을 되살리기 위한 목적으로 하천을 복원할 수 있도록 호안의 설계와 다양한 자연형 하천공법들에 대해 소개하고 있다.

* 정회원·호남대학교 토목공학과 박사과정 ·E-mail : cfkyh@lycos.co.kr
** 정회원·호남대학교 산업기술연구소 연구원 ·E-mail : namee1004@dreamwiz.com
*** 정회원 · 호남대학교 산업기술연구소 연구원 · E-mail : nmdrjin@nate.com
**** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 교수 · E-mail : kuchul@dreamwiz.com

최근 국내의 하천을 대상으로 자연 친화적인 하천정비가 많이 이루어지고 있다. 이른바 자연형 하천을 조성하기 위해 많은 예산이 투입되고 있으나 설계와 시공이 제대로 이루어지는 경우가 많지 않다. 특히 호안에 대해서는 많은 회사에서 여러 가지 제품을 출시하고 있으나 각 제품에 대한 소류력, 강도 등의 정확한 데이터가 없는 제품들이 대다수를 차지하고 있다. 이러한 현실을 감안할 때 기존의 호안에 대한 평가를 정확히 함으로서 호안의 설계에 대한 지침을 만드는 것이 시급한 실정이다.

본 연구는 이러한 사실을 감안한 호안에 대한 평가기법에 관한 연구의 일부이다. 평가항목은 수리적 안정성과 환경성이다. 수리적 안정성 항목은 허용소류력과 요구소류력 그리고 호안의 훼손정도, 제내지의 토지이용 등이며, 환경성은 하천수의 상태, 호안의 식생, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료 및 식생을 이용하여 산출된 점수를 이용하여 기존호안에 대하여 적정성 평가를 실시하였다.

2. 대상지점 및 현장조사

본 연구의 대상지역은 전라남도를 중심으로 한 영산강 권역으로 담양, 나주지점 등 영산강 본류를 포함하여 총 24곳의 하천을 조사지역으로 선정된 후 각 하천이 지닌 수리학적 안정성과 생태적인 측면을 고려하여 현장조사를 실시하였다.

각 현장조사 지점은 호안시공에 있어서 중요한 요소인 지형적 특성과 물리적 특성을 고려해 하천의 경사(산지, 1/60 ~ 1/400, 1/400 ~ 1/5000, 1/5000 ~ 수평), 위치(도시, 농촌, 산지), 개수여부와 함께 호안 공법(호안없음, 자연호안, 식생계, 돌망태-거석쌓기, 목재계, 식생블록, 사석-석축쌓기, 콘크리트계)으로 조사지점을 선정하였다. 선정된 각 하천은 하천정비기본계획을 참고하여 하천의 각 조사 지점별 최심하상고, 제방고, 유속, 소류력, 홍수위, 하천경사 등 수리학적 안정성에 포함된 항목들에 대해서는 현장조사 실시 전에 사전 검토가 이루어 졌으며 그 이외의 유선의 형태, 호안의 훼손정도, 제내지의 토지이용이 포함된 수리학적 안정성 부분과 하천수의 상태, 호안의 식생, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료 및 식생 등 환경적인 부분은 현장조사를 통하여 조사하였다. 그 결과 총 24개 하천에서 58개 구간에 대한 조사가 이루어졌으며 135개의 자료를 수집하였다.

3. 자료 분석

현장조사를 통해 수집한 135개의 자료에 대해 그림 1.에 하천의 분류기준에 따라 자료의 분포현황을 나타내었다. 경사에 관한 기준에 대해서는 1/60 ~ 1/400의 경사구간에서 많은 자료들이 수집되었다. 또한 상당수가 농촌지역에 분포하였으며, 대부분이 개수가 이루어진 구간인 것을 알 수 있다. 마지막으로 현장에서 조사된 호안의 공법을 살펴보면 공법 3(돌망태-거석)이 적용된 지점이 가장 많았으며, 그 다음이 공법 5(식생블록), 공법 7(콘크리트계)의 순으로 나타났다.

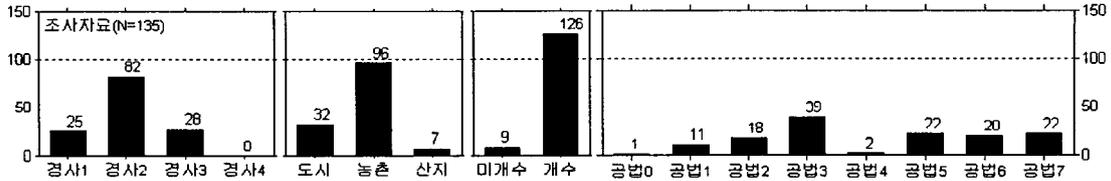


그림 1. 현장조사 지점 선정기준에 의한 조사자료 분류

상기의 과정에 의해 조사된 자료를 각 호안공법별(예: 자연호안, 돌망태·거석, 식생블록, 콘크리트계)로 6개 항목(경사, 위치, 개수여부, 호안 훼손정도, 유선형태 및 제내지 토지이용)으로 분류하여 그림 2.에 도시하였다. 자연호안의 경우, 급경사에 해당하는 경사 1의 구간과 미개수 지점 및 수충부에 대한 높은 빈도를 보이고 있어 다른 공법들과 상이한 결과를 보여주고 있다. 또한 호안의 훼손정도에 관한 조사항목은 전반적으로 양호한 상태를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 제내지 이용현황은 조사지점들 중 농촌지역이 많이 조사된 것과 관련되어 경작지의 범주에서 높은 빈도를 나타내었다. 특히 식생블록 호안공법의 경우 경작지와 더불어 주거지 및 시가지에 해당하는 제내지 토지이용 현황 역시 다소 높은 빈도를 나타내고 있다.

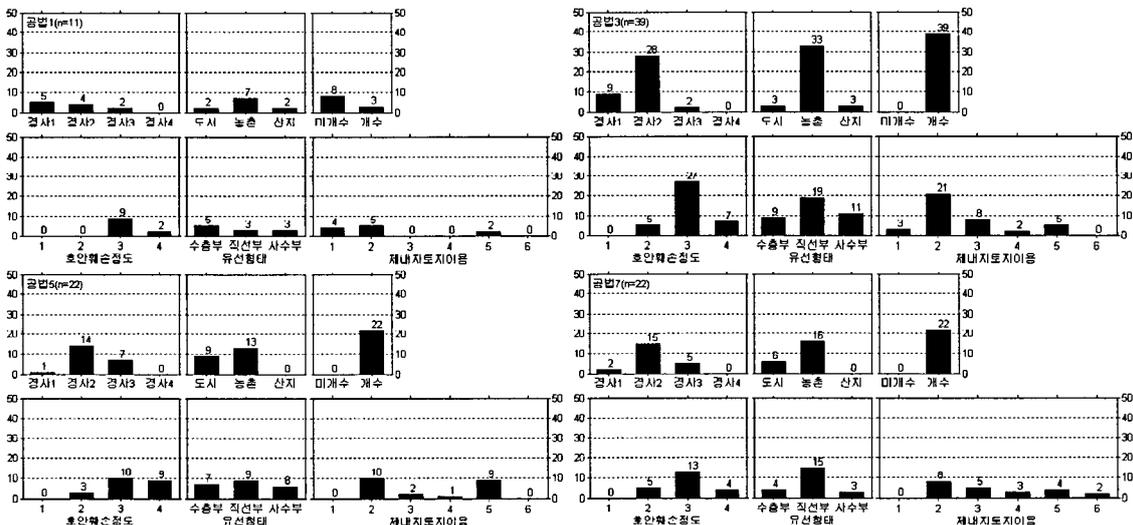


그림 2. 호안공법별 경사, 위치, 개수여부, 호안 훼손정도, 유선형태 및 제내지 토지이용 현황에 대한 분포: 공법1(자연호안), 공법3(돌망태·거석), 공법5(식생블록) 및 공법 7 (콘크리트계)

호안 공법별 환경 인자(호안식생 및 하천수의 상태)에 대하여 5등급으로 분류하고 분류한 결과를 그림 3.에 도시하였다. 다양한 식생이 분포하면 호안식생의 등급이 낮도록 하였고 하천수의 상태가 좋으면 낮은 등급을 갖도록 하였다. 자연호안(공법1)의 경우 다양한 자연식생과 맑은 하천수의 빈도가 높다. 그러나 기타 인공적인 호안공법들은 대체적으로 호안식생이나 하천수의 상태가 전반적으로 높은 등급을 보이고 있다.

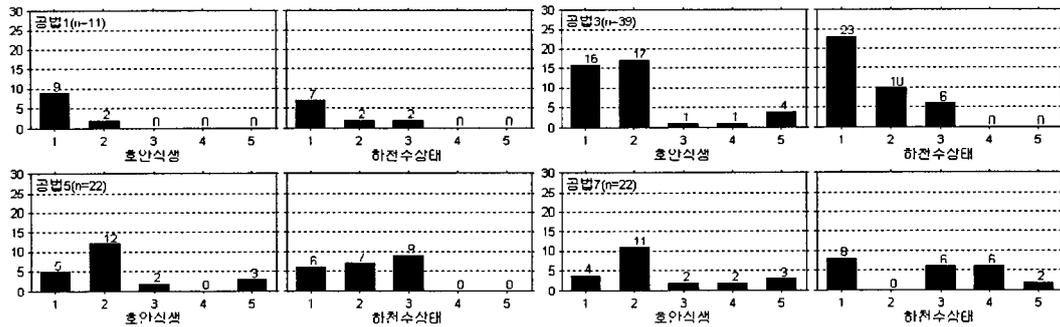


그림 3 호안공법별 환경 인자(호안식생 및 하천수 상태) 분포 현황

대상지점에 대해 하천의 호안공법과 소류력의 관계를 하천정비 기본계획을 토대로 사전 조사하였다. 소류력 값의 결손이 있는 부분을 제외한 대표 호안공법에 대해 각 하천호안의 요구소류력과 허용소류력의 관계를 표 1.에 인용한 하천공사표준시방서(1994)를 토대로 본 연구에 맞게 분류하여 그림 4.에 나타내었다.

표 1. 호안상태에 따른 허용소류력

호안의 종류	허용소류력(kg/m ²)
평 때	2.0
바자안의 굽은 모래	1.0
바자안의 자갈	1.5
바자(유수에 병행 혹은 비스듬할 때)	5.0
설호안	7.0
돌붙임(비탈 1:1, 두께 0.3m)	16.0
큰 사 석	24.0
돌쌓기(메쌓기)	60.0
콘크리트벽	60.0
방 틀 공	150.0까지

※자료 : 하천공사표준시방서(1994), 건설부, P.3-25

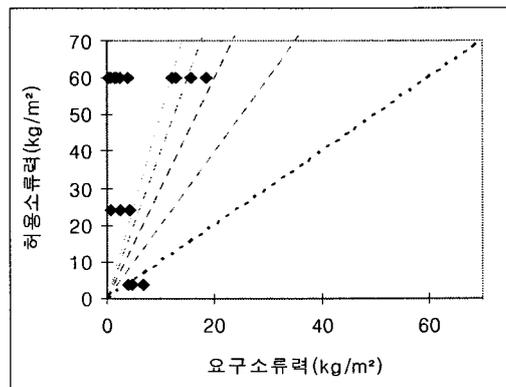


그림 4. 허용소류력과 요구소류력의 관계

그림 4.에서 공법 7의 범주에 포함되는 호안의 허용소류력은 $60.0\text{kg}/\text{m}^2$ 인 반면 실제 호안의 요구소류력 범위는 $0.56 \sim 18.32\text{kg}/\text{m}^2$ 이었다. 이와 같이 허용소류력이 실제 호안의 요구소류력을 과도하게 초과하는 경향은 호안공법의 생태성이 낮게 평가되는 공법에 대해 두드러지게 나타났다. 이러한 결과로부터 기존의 하천 호안들이 생태성은 배제한 채 요구소류력을 과도하게 초과하여 수리적 안정성만을 고려하여 호안이 조성되어있음을 알 수 있다.

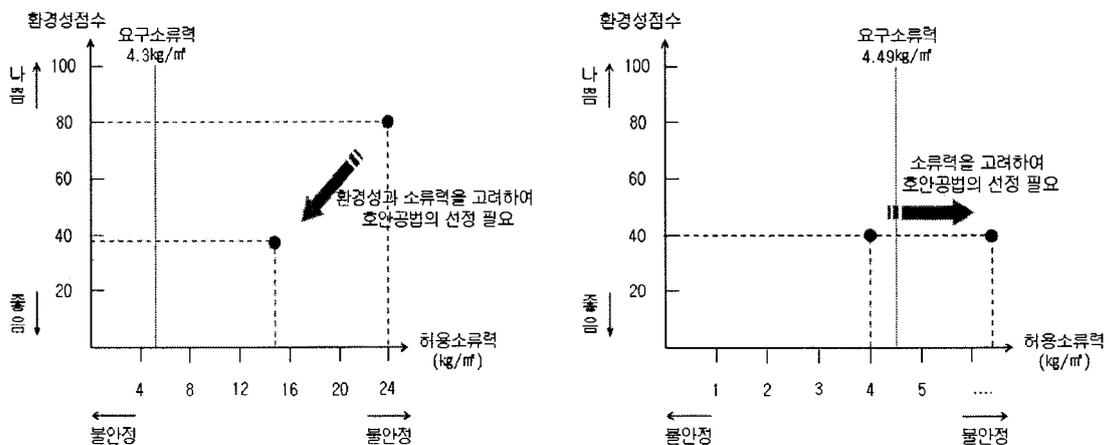
4. 호안평가기법의 적용 및 결과

소류력에 대한 호안의 안정성에 대한 평가와 호안의 환경성을 고려한 평가를 수행하여 결과를 표 2.에 나타내었다. 환경성 평가는 조사항목(호안 식생, 하천수의 상태, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료, 고수부지의 식생)에 대하여 가중치를 부여하여 각 항목을 평가하였으며 그 결과를 합계하여 0 ~ 100점으로 점수를 매겼으며 낮은 점수일수록 환경성이 좋은 평가를 받도록 점수를 부여하였다(표 2).

그림 5.에 광주천과 파산천에 대해 환경성과 소류력을 고려하여 호안을 평가한 결과를 그래프로 표시하였다. 광주천 S1의 경우 요구소류력과 허용소류력간의 격차가 약 6배에 달하였으며 환경성 점수는 80점으로 수리적 안정성 측면에서는 호안의 성능이 과도할 정도의 기능을 보유하고 있지만 환경성에 있어서는 그 기능을 제대로 못하고 있음을 알 수 있다. 따라서 광주천 S1 지점은 소류력과 환경성을 모두 고려해서 호안공법의 선정이 필요함을 알 수 있었다. 또한 강진군 파산천 S1의 경우 환경성에 있어서는 40점이라는 좋은 점수를 받았으나 허용소류력이 호안의 요구소류력을 충족시키지 못하여 소류력을 고려한 호안 공법선정이 필요할 것으로 보인다.

표 2. 조사 하천별 소류력과 환경성을 고려한 호안 평가 방법

조사 일시	하천명	지점번호	허용 소류력 (kg/m ²)	요구 소류력 (kg/m ²)	환경성점수	공법
2/9	광주시 광주천	S1	24	4.30	80	공법 6
			24	4.30	60	공법 6
		S2	4	6.60	64	공법 2
2/20	장성군 산정천	S1	60	1.27	60	공법 7
			60	1.27	60	공법 7
		S2	60	18.32	40	공법 7
			60	18.32	70	공법 7
2/22	장성군 복이천	S1	60	12.70	20	공법 3
			60	12.70	20	공법 3
		S3	60	12.10	50	공법 3
			60	12.10	50	공법 3
2/27	장흥군 평화천	S1	4	3.78	30	공법 2
			60	3.78	40	공법 7
		S2	60	1.63	50	공법 7
			60	1.63	60	공법 7
2/27	장흥군 금자천	S1	60	1.63	50	공법 3
			60	1.63	50	공법 3
2/27	강진군 파산천	S1	4	4.49	40	공법 2
			60	2.43	20	공법 7
		S2	24	2.43	60	공법 6
			60	15.49	40	공법 7
2/28	광주시 풍영정천	S1	60	0.37	60	공법 7
			60	0.37	60	공법 7
		S2	60	0.56	58	공법 7
			24	0.56	66	공법 6
			60	0.56	58	공법 7
			24	0.56	50	공법 6



a) 광주천 S1에 대한 호안평가

b) 강진군 파산천 S1에 대한 호안평가

그림 5. 환경성과 소류력을 고려한 기존 호안의 적정성 평가

5. 결 론

본 연구는 호안에 대한 평가기법에 관한 연구의 일부로서 평가항목은 수리적 안정성과 환경성이다. 본 연구의 대상지역은 전라남도를 중심으로 한 영산강 권역으로 담양, 나주지점 등 영산강 본류를 포함하여 총 24곳의 하천을 조사지역으로 선정한 후 각 하천이 지닌 수리학적 안정성과 생태적인 측면을 고려하여 현장조사를 실시하였으며 135개의 자료를 수집하였다. 조사 항목은 허용소류력과 요구소류력 그리고 하천수의 상태, 호안의 훼손정도, 고수부지의 토지이용, 재료 및 식생 항목을 조사하였다.

호안의 수리적 안정성에 대한 평가는 소류력에 대해 평가하였으며 환경성 평가는 조사항목(호안 식생, 하천수의 상태, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료, 고수부지의 식생)에 대하여 가중치를 부여하여 각 항목을 평가하였으며 그 결과를 합계하여 0 ~ 100점으로 점수를 매겨 낮은 점수일수록 환경성이 좋은 평가를 받도록 점수를 부여하였다.

시범적으로 광주천과 강진군 파산천에 대해 환경성과 소류력을 고려하여 호안을 평가한 결과 광주천 의 경우 요구소류력과 허용소류력간의 격차가 약 6배에 달하였으며 환경성 점수는 80점으로 수리적 안정성 측면에서는 호안의 성능이 과도할 정도의 기능을 보유하고 있지만 환경성에 있어서는 그 기능을 제대로 못하고 있음을 알 수 있었고 따라서 이 지점은 소류력과 환경성을 모두 고려해서 호안공법을 선정할 필요가 있음을 알 수 있었다. 또한 파산천의 경우 환경성에 있어서는 40점이라는 좋은 점수를 받았으나 허용소류력이 호안의 요구소류력을 충족시키지 못하여 소류력을 고려한 호안 공법선정이 필요할 것으로 보인다.

이 연구의 결과는 향후 하천의 호안설계 및 시공을 위한 가이드라인 제시를 위한 연구로 활용될 수 있을 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06 건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설부(1994) 하천공사 표준시방서
2. 서울특별시(2006) 청계천복원사업 백서
3. 환경부(2002) 하천복원 가이드라인
3. Washington State Aquatic Habitat Guidelines Program, 2003. Integrated Streambank Protection Guidelines.
4. Iowa Department of Natural Resources, 2006. How to Control Streambank Erosion.