

자연 친화적 하천정비를 위한 호안평가기법의 개발 및 적용

Development and Application of Evaluation Technique for Revetment for Nature-Friendly River Improvement

김 윤 환* / 박 남 희** / 진 영 훈*** / 김 철****

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

Abstract

Recently, existing river improvement methods for flood control purpose have changed into nature friendly river improvement methods and the efforts to improve the river environment including river restoration have been made, and close-to-nature river improvement and nature friendly river restoration are actively conducted all over the country. In the present situation where various revetment methods are used after the introduction of the concept of close-to-nature river improvement, the environmental characteristics of rivers need to be considered to apply more suitable revetment methods. Therefore, as a precedent study for the development of revetment evaluation techniques and methods for close-to-nature river improvement, the present study suggested evaluation techniques using detailed survey items through field survey. Evaluation items of hydraulic stability consist of mode of streamline, stream bed gradient, flow velocity and tractive force ratio and those of environmental efficiency consist of revetment of vegetation, state of river water, land use of the terrace land on the river, vegetation and materials of the terrace land on the river. Each item was graded with the point 1 through 5. Hydraulic stability and environmental efficiency was evaluated by the points which were averaged in each items. As the result of the application of the proposed evaluation technique, it was found that a number of existing revetments excessively focus on hydraulic stability with little consideration about environmental term. It is expected that the proposed technique in the present study can be used as a base for providing guidelines to construct the design and construction of revetments in the future.

keywords : revetment, evaluation technique, hydraulic stability, environmental efficiency

요 지

과거 치수적 목적에 의해 진행하던 하천정비방식이 최근에 친환경적 개념의 정비방식으로 전환되면서 하천살리기 운동을 비롯해 하천의 환경기능을 개선하려는 노력이 진행중이며 전국적으로 자연형 하천정비 또는 친환경적 하천 복원 등의 사업이 활발히 시행되고 있다. 호안공법 또한 자연형 하천정비 개념의 도입이후 다양한 호안공법이 시공

* 호남대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정
Ph.D. Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School, Honam University
(e-mail: cfkyh@lycos.co.kr)

** 호남대학교 산업기술연구소 연구원
Researcher, Institute of Industrial Technology, Honam University

*** 호남대학교 산업기술연구소 연구원
Researcher, Institute of Industrial Technology, Honam University

**** 호남대학교 공과대학 토목환경공학과 교수
Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Honam University

되고 있는 상황에서 보다 적합한 호안공법의 적용을 위해서는 하천의 환경특성을 고려할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 자연 친화적 하천정비를 위한 호안의 평가지표 및 기법의 개발에 대한 선행연구로서 현장조사에 의한 세부조사항목들을 활용한 평가방법을 제안하였다. 수리적 안정성 부분의 평가 항목은 유전형태, 하상경사, 유속, 소류력비의 4개 항목이며, 환경성 부분은 호안식생, 하천수의 상태, 고수부지의 토지이용, 고수부지 재료, 고수부지 식생의 5가지 항목이다. 평가방법은 각 평가 항목별로 1~5점의 점수를 부여하여 평가하였고 수리적 안정성과 환경성 부분의 평균 점수를 산정하였다. 제안된 평가방법의 적용결과 다수의 기존 호안이 수리적 안정성에 과도하게 편중되어 있고 환경성의 고려는 매우 미흡한 양상을 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제안된 방법은 향후 하천의 호안설계 및 시공을 위한 가이드라인 제시를 위한 초석으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 호안, 평가기법, 수리적 안정성, 환경성

1. 서 론

우리나라는 고도의 경제성장과 산업화를 거치는 동안 하천유역의 토지이용증대를 위한 개발로 인해 많은 하천들이 치수와 이수기능 위주의 하천정비가 이루어져왔다. 홍수 시 우수의 빠른 소통을 위해 콘크리트 제방의 축조, 하도의 직강화 등으로 하천의 동식물의 서식처를 훼손시켰으며, 특히 육역과 수역의 연결부로서 생태학적으로 중요한 추이대(ecotone) 기능을 하는 하천의 호안구간은 하천정비 시 재료의 확보와 시공의 용이성 및 경제성의 이유로 환경·생태적인 부분에 대한 고려가 되지 못한 채 콘크리트를 주재료로 하는 시공이 이루어져왔다.

최근 환경에 대한 국민 의식수준의 향상으로 하천의 생태적 기능과 복원에 대한 필요성과 관심이 높아지고 있다. 또한 친수공간으로서의 하천의 기능에 대한 욕구가 점차 증가하면서 자연친화적인 하천정비가 시행되고 있다. 그러나 현대사회에서는 하천의 이수과 치수기능을 유지하여야 한다는 점에서 자연의 일부인 하천을 완전히 원래의 자연 상태로 되돌릴 수 없다는 한계가 있다. 결국 하천복원은 이수과 치수라는 공학적 기능을 가능한 유지하면서 생물서식처라는 자연적 기능이 되살아나게 해야 하는 복합적 목적을 갖게 된다.

이러한 자연친화적 하천정비는 각각의 하천이 가지는 특성을 고려해서 자연친화적이면서도 수리적 안정성이 적절히 조화를 이룰 수 있도록 설계·시공 되어야 한다. 그러나 현재까지 적절한 호안의 평가를 통하여 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 설계기법들이 확립되지 못하고 있다. 특히 국내 관련 업계가 치수능력 및 환경영향 등을 검증하지 않은 환경블록 관련 신기술을 무분별하게 적용하거나, 국내여건을 고려하지 않고 외국 식생호안기법을 도입·적용함으로써 오히려 홍수 시 피해를 유발하거나 하천환경 개선효과가 미흡하여 이에

대한 개선이 시급하다.

따라서 본 연구의 목적은 기존에 정비된 하천의 호안들이 대상 하천의 특성을 잘 반영하여 적절하게 적용되어 있는지를 판단할 수 있는 호안평가 기법을 개발하는 데 있으며, 개발된 호안평가 기법을 기존의 호안들에 적용하여 호안의 건전성을 판단하고자 한다.

기존의 연구들 중 호안평가와 관련된 연구를 살펴보면, 호안평가 연구의 대부분이 하천의 자연도 평가의 일부만 이거나 자연친화적 하천정비를 위한 호안정비 기법의 소개와 적용에 관련되어 있을 뿐이다. 따라서 하천의 자연도 평가 연구 중 호안평가에 관련된 내용을 살펴보면 다음과 같다.

조용현(1997)의 하천자연도 평가는 하천의 물리적 구조의 질을 파악함으로써 하천의 생태학적 복원에 직접 활용하는데 그 목적이 있다. 조용현의 평가부분 중 호안의 평가는 고수호안, 저수로 호안공의 종류 및 인공화 정도에 따른 평가와 저수로변의 식생 유형에 따른 평가가 포함되어 있다. 평가척도는 등 간격으로 자연성의 저감에 따라 1~5점의 점수를 부여하였다. 또한 백경중(2000)은 독일, 스위스, 영국, 일본과 같은 외국의 자연형 하천조성 사례를 중심으로 조사하였으며, 기존의 직강화 정비하천과 비교하여 친환경적 하천의 정비 방향 및 특성에 대하여 고찰하여 종합하였다. 주요한 친환경적 하천정비 기법을 제시하고, 특히 하천 저수로 구간인 친환경적 조성 기법에 대하여 실제 하천에 적용된 공법을 중심으로 연구하였다.

박봉진 등(2005a)은 환경적인 측면에서 우리나라 하천의 자연성을 평가하여 생물서식처를 복원할 수 있는 하천자연도 평가 방법을 제안하였다. 평가부분은 하천의 형태와 하천의 환경 두 부분으로 나누어져 있으며, 호안의 평가는 조용현(1997)이 제안한 평가의 항목을 따르고 있다. 이 연구의 평가척도 역시 자연성 저감에 따라 1~5점을 부여하는 5단계 방식으로 되어있다.

더불어 외국의 연구사례를 살펴보면, 미국 워싱턴주에서 발간한 수생 서식처 가이드라인 모음(Washington State Aquatic Habitat Guidelines Program, 2003)은 야생동물의 서식처를 보호하고 복원하기 위해 호안의 설계기준에 관한 설명과 위험도 평가 등을 포함하고 있으며, 적절한 호안의 선택과정과 함께 다양한 호안공법에 대해 상세하게 기술하고 있다.

호안평가기법은 앞서 언급한 바와 같이 자연친화적 하천정비 기법의 요소기술로서 그 필요성이 대두되고 있다. 본 연구는 이러한 필요성에 의해 호안평가 지표 개발의 선행연구로서 호안평가기법을 제안하였다. 이를 위해 호안의 수리적 안정성을 고려한 평가뿐만 아니라 호안의 환경적 측면을 함께 고려하였으며, 제안된 평가기법을 실제 하천에 적용하여 호안평가를 실시하였다. 수집된 자료는 기존의 호안에 대한 분석에 사용하였다.

2. 호안평가기법 제안

호안설치의 본래의 목적은 제방 또는 하도의 유수에 의해 파괴 또는 침식으로부터 제방비탈면을 보호하기 위해 앞 비탈에 설치하는 것이다. 그러나 요즘 요구되는 호안은 이러한 수리적 측면뿐만 아니라 하천이 생태적으로 가지는 중요한 기능 중 하나인 추이대의 기능까지 고려할 것을 요구하고 있다.

따라서 본 연구에서 제안한 호안의 평가는 향후 하천정비 과정에서 호안의 설계 시 기존 호안의 평가를 통해 대상 하천이 가지는 특성과 주변의 여러 요건들을 고려하여 적절한 호안공법의 선정에 참고가 될 수 있도록 기본방향을 설정하였다. 본 연구에서 제안한 호안평가 항목은 호안설치의 본래의 목적인 수리적 안정성 평가와 더불어 호안이 생태적으로 중요한 추이대의 역할도 수행할 수 있도록 평가하는 환경성 평가의 두 부분으로 구성하였다.

호안평가의 평가항목을 살펴보면 다음과 같다. 평가부분을 수리적 안정성과 환경성으로 설정하고 각각 4개와 5개의 평가항목으로 세분화 하였다.

수리적 안정성 부분은 국립방재연구소(2000)의 연구결과를 참고·분석하여 본 연구에 필요한 항목을 선정하였다. 항목으로는 유선의 형태, 하상의 경사, 유속과 계산소류력대 허용소류력비의 4개의 항목을 포함하도록 하였다. 먼저 유선의 형태는 하천의 유수가 흐르는 방향에 따라 호안의 침식으로 인한 안정성에 영향을 미칠 것으로 판단하여 사수부, 직선부, 수충부 이렇게 3가지로 분류하였다. 하상경사는 일본 건설성(1996)에서 일본 전국 1급 하천에 대한 현장 연구 후에 제시한 4단계

하천분류를 수정하여 5단계 등급화 하였다. 그리고 계산소류력과 허용소류력비 산정에 필요한 계산소류력 자료는 하천정비기본계획에서 수리검토를 통해 산정된 소류력을 수집하여 활용하였으며, 허용소류력으로는 하천공사표준시방서(1994)에 제시된 호안상태에 따른 소류력을 사용하였다.

환경성 부분은 하천 및 호안내의 환경적인 평가를 할 수 있도록 평가부분의 체계성과 항목의 구체성이 비교적 잘 나타난 박봉진 등(2005a)이 제시한 하천 자연도 평가의 항목 중 호안과 관련된 호안의 식생, 하천수의 상태, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료, 고수부지의 식생을 포함한 5개의 항목을 수정하여 제시하였으며, 호안평가의 세부 사항을 Table 1에 나타내었다.

각각의 세부항목들에 대한 평가점수는 수리적 안정성의 경우 매우 안정함에 1점을 부여하고 안정성의 저감에 따라 1점씩 점수를 증가하는 방식으로 하였으며, 환경성은 박봉진 등(2005a)이 제시한 하천자연도 평가의 호안과 관련된 평가방법을 참고하여 자연스러운 상태에 1점을 부여하였으며, 인공적 요소가 많이 가해지고 지극히 자연스러움이 없는 상태에 5점을 부여하는 5단계 방식으로 하였다.

3. 호안평가의 적용

3.1 조사자료 분석

본 연구에서는 호안평가의 세부항목을 적용하여 국내 하천의 호안이 가지고 있는 특성을 분석하고 향후 호안 설계에 있어서 실제호안의 적용성과 개선의 방향을 모색하고자 호안평가기법을 제안하였으며, 이를 실제 하천에 적용해 보았다.

호안평가의 적용을 위한 현장조사는 하천의 등급이나 자연형하천 공법의 적용 유무를 떠나 국내의 기존 하천호안이 지니는 전반적인 특성을 파악하고, 평가 항목의 적용이 용이하도록 비교적 최근에 하천정비가 이루어진 하천을 대상으로 하였다.

그 결과 영산강, 섬진강, 금강 수계의 54개 하천에서 현장조사가 이루어졌으며, 120개 지점에 대한 284개의 경우(case)에 대한 자료를 확보할 수 있었다. 확보된 자료의 내용 중 하천의 일반적인 현황을 살펴보면 조사하천의 위치에 따라 도시 19개, 농촌 206개, 산지 19개의 자료가 조사되었으며, 하천에 대한 개수 여부는 전체 284개 경우 중 274개가 개수가 이루어진 것으로 조사되었다. 적용된 호안의 공법은 7가지(공법0-호안없음, 공법1-자연호안, 공법2-식생계호안(식생재료를 이용한 호안, 예 : 때, 싹단호안) 공법3-돌바구니계호안, 공법4-목

Table 1. Items for revetment evaluation

| 평가부분 | 평가 항목 | 평가내용 | 평가점수 | 평가기준 |
|---------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 수리적 안정성 | 유선형태 | 유선과의 관계 | 1 | 사수부 |
| | | | 3 | 직선부 |
| | | | 5 | 수층부 |
| | 하상경사 | 하상의 경사정도 | 1 | 1/5000 ~ 수평 |
| | | | 2 | 1/400 ~ 1/5000 |
| | | | 3 | 1/200 ~ 1/400 |
| | | | 4 | 1/60 ~ 1/200 |
| | | | 5 | 1/60 이상의 급경사 |
| | 유속 | 계획홍수발생시 유속 | 1 | 1.0m/s 이하의 완류 |
| | | | 2 | 1.0m/s ~ 2.0m/s 중완류 |
| | | | 3 | 2.0m/s ~ 3.0m/s 중급류 |
| | | | 5 | 3.0m/s 이상의 급류 |
| | 소류력비 | 호안의 계산소류력과 허용소류력의 비 | 1 | 1:4 이상 |
| | | | 2 | 1:3 ~ 1:4 |
| | | | 3 | 1:2 ~ 1:3 |
| 4 | | | 1:1 ~ 1:2 | |
| 5 | | | 1:1 이하 | |
| 환경성 | 호안식생 | 호안의 식생유무와 식물군락형성 여부 | 1 | 다양한 자연식생군락 |
| | | | 2 | 자연적잡초, 교목이 혼합 |
| | | | 3 | 인위적인 식생 |
| | | | 4 | 침식으로 일부식생 없음 |
| | | | 5 | 호안공으로 식생없음 |
| | 하천수의 상태 | 물의 색과 냄새에 의한 분류 | 1 | 매우 맑음 |
| | | | 2 | 비교적 맑음 |
| | | | 3 | 황갈색, 바닥녹조 |
| | | | 4 | 흑갈색, 바닥이 안보임 |
| | | | 5 | 먹물색, 악취가남 |
| | 고수부지의 토지이용 | 고수부지의 토지이용으로 인공화 정도 | 1 | 자연홍수터, 초지 등 자연상태 |
| | | | 2 | 논, 밭 등의 경작지 |
| | | | 3 | 인공식생과 산책로 등 |
| | | | 4 | 공원, 운동장 등 투수성 시설 |
| | | | 5 | 주차장, 도로 등 불투수성 구조물 |
| | 고수부지재료 | 고수부지의 재료 및 투수정도 | 1 | 호박돌, 조약돌 혼합 |
| | | | 2 | 조약돌, 자갈 혼합(자갈위주) |
| | | | 3 | 모래, 점토 혼합(모래위주) |
| | | | 4 | 점토 |
| | | | 5 | 콘크리트, 아스팔트포장 |
| 고수부지 식생 | 고수부지의 식생 및 식물군락 형성 | 1 | 다양한 자연식생군락 | |
| | | 2 | 자연적잡초, 교목이 혼합 | |
| | | 3 | 인위적인 식생 | |
| | | 4 | 침식으로 일부식생이 없음 | |
| | | 5 | 인공적 구조물로 식생 없음 | |

재계호안(목재를 주재료로 사용한 호안, 예 : 목재방틀 호안), 공법5-식생블록호안, 공법6-사석·돌쌓기호안, 공법7-콘크리트계호안)로 분류하여 현장조사를 실시한 결과 돌바구니계 호안공법의 적용이 92개로 가장 많이

나타났고, 다음은 식생블록호안이 46개, 그 다음이 사석·돌쌓기호안 순으로 나타났다. 이와 같은 내용을 Fig. 1에 나타내었다.

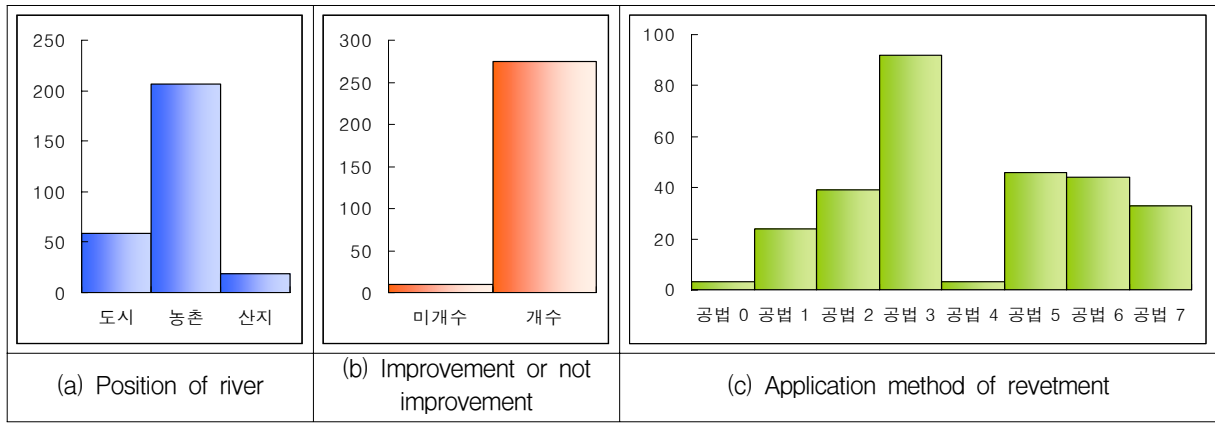


Fig. 1. General conditions of study river

3.2 수리적 안정성과 환경성 관계 분석

호안의 수리적 안정성을 위해서는 기 시공된 호안이 하천에서 발생하는 소류력 이상의 안정성을 충분히 확보하여야 한다. 하지만 호안시공이 수리적 안정성에 치중하다보면 환경성이 악화되는 것은 자명한 일이다. 따라서 본 연구에서는 수리적 안정성을 대표할 수 있는 소류력과 환경성의 관계를 분석하였다.

소류력이란 사면에서 발생하는 전단응력을 나타낸다. 즉, 물과 접촉하는 윤편에서 흐름에 의해 발생하는 힘을 소류력이라 할 수 있을 것이다. 따라서 소류력은 하천시설물중 하나인 호안의 설계 시 호안의 안전성 평가에 중요한 평가 요소 중 하나이며 하천정비기본계획에서 일반적으로 적용되고 있는 소류력의 계산공식은 다음과 같다(임채만, 2005).

$$\tau_{bed} = \gamma R S_0 \quad (1)$$

상기 식에서

$$\tau_{bed} = \text{하천 바닥에서 단위면적당 소류력 [kg/m}^2\text{]}$$

$$\gamma = \text{물의 단위무게 [1000kg/m}^3\text{]}$$

$$R = \text{동수반경 (A/P) [m]}$$

$$(A = \text{하천의 횡단면적 [m}^2\text{], } P = \text{윤편 [m]})$$

$$S_0 = \text{수로의 경사(에너지 경사)}$$

앞서 언급한 바와 같이, 계산소류력은 호안에서 발생하는 소류력을 계산한 것으로 하천정비기본계획의 계산된 소류력을 참고하였으며, 하상에서의 발생 소류력으로 계산된 경우 Eq. (2)를 이용하여 제방에 해당하는 소류력을 산정하였다.

$$\tau_{bank} = 0.75\tau_{bed} \quad (2)$$

허용소류력은 호안의 종류에 따라 호안이 허용할 수 있는 최대 소류력 값이다. 현재 우리나라의 경우 Schoklitch의 연구결과를 토대로 하여 건설부(1994)에서 정리한 허용소류력을 하천설계 시 실무에서 활용하고 있다. 따라서 본 연구에서도 건설부(1994)의 허용소류력 자료를 활용하였으며, 이를 Table 2에 정리하여 나타내었다.

Table 2. Permissible tractive force by revetment states

| 호안의 종류 | 허용소류력(kg/m ²) |
|----------------------|---------------------------|
| 평 때 | 2.0 |
| 바자안의 굵은 모래 | 1.0 |
| 바자안의 자갈 | 1.5 |
| 바자(유수에 병행 혹은 비스듬할 때) | 5.0 |
| 섣호안 | 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

현장조사를 통하여 조사한 54개 하천의 조사내용과 호안평가를 위한 세부항목 중 수리적 안정성 항목인 하상경사, 유속과 하천정비 기본계획 상에 계산된 소류력 값을 이용하여 호안의 소류력 산정이 가능한 하천정비 기본계획을 검토하여 종합하였다. 하천정비기본계획 상에 있는 수리적 안정성 항목에 부합하는 내용이 잘 반영된 11개 하천의 호안평가를 실시한 결과를 Table 3에 나타내었다.

또한 환경성 부분 역시 앞서 언급한 바와 같이 박봉진 등(2005a)이 제시한 하천 자연도 평가의 항목 중 호안과 관련된 내용인 호안의 식생, 하천수의 상태, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료, 고수부지의 식생을 포함한 5개의 항목에 대한 점수화한 결과를 Table 3에

함께 나타내었다.

Table 3에 정리한 결과들 중 광주시 광주천, 장흥군 평화천, 강진군 파산천 및 장수군 요천에 대해 세부분석 결과를 Fig. 2에 도시하였다. 횡축에 소류력을 나타내었으며, 종축에는 환경성 평가 결과를 나타내었다. 먼저 Fig. 2 (a)와 (b)에 도시한 결과를 살펴보면, 실선으로 나타낸 하천정비기본계획에서 수집한 계산소류력과 비교하여 기존의 호안이 지니는 허용소류력이 현저하게 큰 값을 나타내었다. 이와 함께 Fig. 2의 (a)와 (b)의 환경성 평가 결과는 양호하지 못한 상태를 나타내었다. 종합적으로 과도한 수리적 안정성의 배려가 불량한 환경성 평가 결과를 나타내고 있다. 따라서 환경적 요인에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

Table 3. Revetment evaluation result of rivers

| 연번 | 하천명 | 지점 번호 | 수리적 안정성 | 환경성 | 허용 소류력 (kg/m ²) | 계산 소류력 (kg/m ²) | 연번 | 하천명 | 지점 번호 | 수리적 안정성 | 환경성 | 허용 소류력 (kg/m ²) | 계산 소류력 (kg/m ²) | |
|--------|------------|--------|-------------|--------|-----------------------------|-----------------------------|------|------------|--------|-----------|--------|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| 1 | 광주시 광주천 | Site 1 | 2.75 | 4 | 60 | 3.35 | 7 | 장수군 요천 | Site 2 | 3.25 | 1.8 | 60 | 10.67 | |
| | | | 2.75 | 3 | 60 | 3.35 | | | | 4.25 | 1.8 | 4 | 10.67 | |
| | | Site 2 | 4 | 3.2 | 4 | 5.14 | | | | 3.25 | 1.8 | 60 | 10.67 | |
| 2.25 | 1.8 | | 2 | 10.67 | | | | | | | | | | |
| 2 | 장성군 산정천 | Site 1 | 2.25 | 3 | 60 | 0.99 | | | Site 3 | 2.25 | 1.8 | 16 | 3.35 | |
| | | | 2.25 | 3 | 60 | 0.99 | | | | 3 | 1.8 | 2 | 3.35 | |
| | | Site 2 | 2.75 | 2 | 60 | 14.29 | | | 2.25 | 1.8 | 16 | 3.35 | | |
| | | | 3.75 | 3.5 | 60 | 14.29 | | | 3 | 1.8 | 2 | 3.35 | | |
| | | Site 3 | 2.75 | 2.5 | 2 | 1.05 | | | 2.25 | 2.8 | 60 | 3.36 | | |
| | | | 2.75 | 2.5 | 2 | 1.05 | | | 2.25 | 2.8 | 150 | 3.36 | | |
| 3 | 장성군 북이천 | Site 1 | 3.5 | 1 | 24 | 9.90 | | | 8 | 순창군 경천 | Site 1 | 2.25 | 2.8 | 60 |
| | | | 4.5 | 1 | 24 | 9.90 | 2.25 | 2.8 | | | | 60 | 3.36 | |
| | | Site 3 | 2.75 | 2.6 | 30 | 9.43 | 3 | 2.6 | | | | 4 | 3.36 | |
| | | | 3.75 | 2.6 | 30 | 9.43 | | | | | | | | |
| 4 | 장흥군 평화천 | Site 1 | 3.75 | 1.5 | 4 | 2.95 | 9 | 곡성군 유정천 | Site 1 | 2.25 | 4.5 | 60 | 1.44 | |
| | | Site 2 | 3 | 2.5 | 60 | 1.27 | | | | 3.25 | 4.5 | 60 | 1.44 | |
| 5 | 강진군 파산천 | Site 1 | 3 | 2 | 4 | 3.50 | 10 | 곡성군 고치천 | Site 1 | 3 | 3.5 | 60 | 4.49 | |
| | | | 3.25 | 1 | 24 | 1.89 | | | | 3 | 3.5 | 60 | 4.49 | |
| | | | 3.25 | 3 | 60 | 1.89 | | | | Site 2 | 2.25 | 2.2 | 4 | 1.00 |
| | | Site 3 | 4 | 2 | 24 | 12.08 | | | | | 2 | 2.2 | 60 | 1.00 |
| | | | 4 | 2 | 24 | 12.08 | | | | | 2.25 | 2.2 | 4 | 1.00 |
| | | 6 | 광주시 풍영정천 | Site 1 | 2 | 3 | | | | 60 | 0.38 | 11 | 서산시 청지천 | Site 2 |
| 2 | 3 | | | | 60 | 0.38 | 1.75 | 2.2 | 4 | 1.24 | | | | |
| Site 2 | 2.5 | | | 3.4 | 60 | 0.57 | 2.75 | 2.6 | 4 | 1.24 | | | | |
| | 2.5 | | | 2.6 | 24 | 0.57 | 2.75 | 2.6 | 4 | 2.24 | | | | |
| Site 2 | 2.5 | | | 3.4 | 60 | 0.57 | | | | | | | | |
| | 2.5 | | | 2.6 | 24 | 0.57 | | | | | | | | |

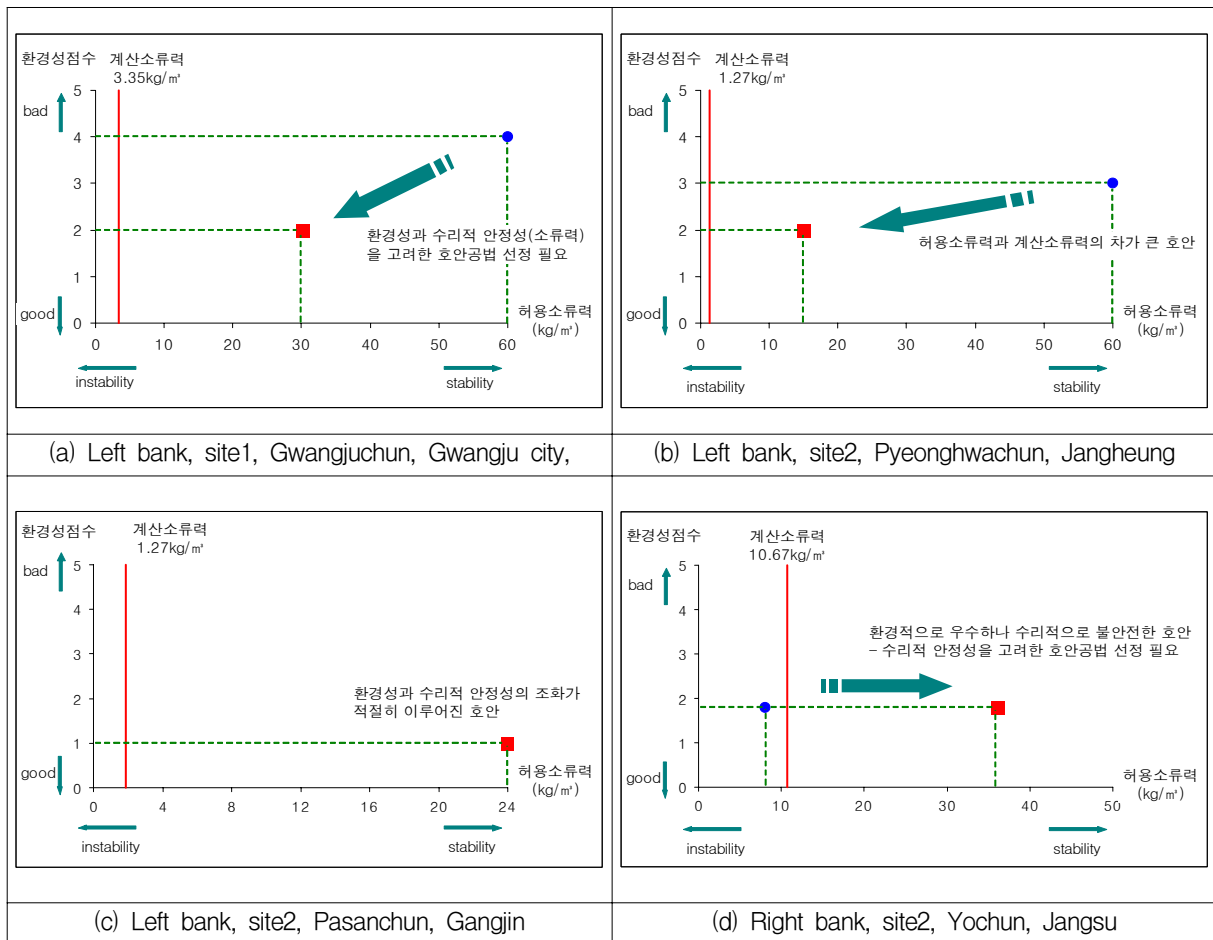


Fig. 2. Relation between tractive force and environmental attribute of existent revement

이와는 상반된 결과를 보이고 있는 강진군 파산천의 경우(Fig. 2 (c))는 호안의 상태가 계산소류력에 대해 충분히 안전한 측에 있으며, 이와 더불어 환경성 역시 양호한 것으로 나타났다. 즉 수리적으로 안정성을 보장함과 동시에 환경성을 충분히 고려하고 있는 사례로 판단되었다. 그러나 Fig. 2의 (d)의 장수군 요천의 경우는 설치되는 호안에 요구되는 소류력에 미치지 못 하는 호안의 상태를 보이고 있어 수리적으로 불안한 상태의 호안이 설치되어 있음을 파악 할 수 있었다. 이는 호안이 기본적으로 갖추어야 하는 수리적 안정성을 만족시키지 못하고 있어 다른 호안 공법의 적용이 필요한 상태임을 알 수 있다.

4. 결 론

최근 우리나라의 많은 하천에서 자연 친화적 하천정비가 이루어지고 있으며, 이를 위한 하천정비기법들 역시 다양하게 소개되고 있다. 그러한 바람직한 하천정비를 위해 선행되어야 하는 호안 평가 기법과 방법에 관한 연구는 자연 친화적 하천정비를 위한 요소기술로서

매우 중요한 의미를 지니고 있음에도 불구하고 아직까지 그 연구가 이루어지지 않고 있는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 호안의 평가 기법을 제안하고 실제하천에 적용함으로써 기존의 국내 하천에서 호안의 전반적인 특성을 분석하고 향후 하천정비가 지향해야 할 목표가 무엇인지를 보여주었다.

호안의 평가는 수리적 안정성과 환경성 두 가지로 이루어졌으며 수리적 안정성은 유선의 형태, 하상의 경사, 유속 및 소류력비로 환경성은 호안의 식생, 하천수의 상태, 고수부지의 토지이용, 고수부지의 재료 및 고수부지의 식생을 세부평가항목으로 취하였다.

제안된 호안평가기법을 실제하천에 적용한 결과, 세가지의 대표적인 사례로 요약·정리할 수 있었다. 첫 번째는 하천에 설치된 호안에 요구되는 계산소류력이 현재 설치된 호안이 갖는 허용소류력의 범위를 뛰어넘어 수리적으로 불안정한 경우이다. 이는 호안이 가장 기본적으로 보장하여야 할 수리적 안정성을 만족시키지 못한 경우로 대체 호안이 필요한 상태임을 판단할 수 있었다.

두 번째 경우는 현재 설치되어 있는 호안이 지니는 허용소류력이 계산소류력에 비해 과도하게 크며 환경적 평가 결과가 양호하지 못한 경우이다. 이는 수리적 안정성에 지나치게 편중된 호안을 설치한 경우이며, 최근 환경에 대한 관심이 증대되고 있는 상황을 고려할 때 환경적 요인에 대한 고려가 필요한 상태이다.

마지막으로 수리적 안정성의 충분한 보장과 환경성 평가 역시 양호한 상태를 보여주는 경우이다. 이러한 경우는 상기의 첫 번째 그리고 두 번째의 하천과 향후 조성될 하천의 호안이 지향해야 할 목표라 할 수 있다.

결론적으로 본 연구에서 제안한 호안평가기법을 통해 현재 설치된 호안에 대한 평가가 가능하였으며, 그 결과는 수리적 안정성을 보장하기 위해 호안의 교체가 필요한 경우, 수리적 안정성에 과도하게 편중되어 환경적 요인에 대한 고려가 필요한 경우 그리고 수리적 안정성과 환경성이 적절히 조화되어 있는 경우로 분류되었다. 즉 이는 본 연구에서 제안한 기법이 현재의 호안 상태를 평가하여 대안을 강구할 수 있는 방향을 제시할 수 있음을 보여주었다. 따라서 하천의 호안설계 및 시공 시 본 연구에서 제안한 자료항목들이 사전조사 항목으로 이용될 수 있을 것으로 판단되며, 호안평가기법의 적용에 따른 대상지점에 대한 적절한 호안공법을 제공해줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서 제안한 호안평가 기법의 보완을 위하여 향후 호안의 동·식물서식처 기능을 고려할 수 있도록 평가항목의 추가 및 그에 따른 현장조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제안된 방법은 자연친화적 하천정비를 위한 보다 과학적이고 체계적인 호안의 평가지표 및 기법의 개발에 대한 선행연구로서 향후 하천의 호안설계 및 시공을 위한 가이드라인 제시를 위한 초석으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심 B01 - 자연과 함께하는 하천복원기술개발)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

건설교통부 (1999). 섬진강수계 치수사업 실시설계(8차) 하천환경관리계획 및 하천환경정비사업 보고서
 건설부 (1994). 하천공사 표준시방서, P.3-25.

광주광역시 (2000). 광주천 하천정비기본계획
 광주광역시 (2005). 풍영정천 하천정비기본계획
 국립방재연구소 (2000). “자연형 하천공법의 재해특성 분석에 관한 연구(II).” 행정자치부.
 국립방재연구소 (2004). “자연형 소하천 정비공법 개발 (III).” 행정자치부.
 김영호 (2005). 중·횡단 특성에 다른 자연형 호안공법의 적용성에 관한 연구 석사학위논문, 홍익대학교.
 박봉진, 성영두, 강태호 (2003). “우리나라의 하천특성을 고려한 하천자연도 평가의 제안.” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제36권 제6호, pp.92-103
 박봉진, 신종이, 정관수 (2005a). “하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가 : I. 평가방법의 제안.” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제38권 제1호, pp. 37-48.
 박봉진, 신종이, 정관수 (2005b). “하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가 : II. 평가방법의 적용.” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제38권 제1호, pp. 49-57.
 백경중 (2000). “하천 저수로 호안의 친환경적 조성기법의 개발.” 토지개발기술, 2000년 제2호, pp.146-159
 임채만 (2005). 중·소규모 하천에서의 제방 비탈경사에 따른 수리특성연구, 석사학위논문, 서울산업대학교
 전라남도 (2000a). 고치천 하천정비기본계획
 전라남도 (2000b). 유정천 하천정비기본계획
 전라남도 (2000c). 평화천 하천정비기본계획
 전라남도 (2002). 북이천 하천정비기본계획
 전라남도 (2004). 산정천 하천정비기본계획
 전라북도 (1991). 요천 하천정비기본계획
 조용현 (1997). 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가평가방법 개발, 박사학위논문, 서울대학교
 충청남도 (2001). 청지천 하천정비기본계획
 환경부 (2002). 하천복원 가이드라인.
 建設省 (1996). 河道計劃 策定の 案内指針(案)
 Iowa Department of Natural Resources (2006). How to Control Streambank Erosion.
 Washington State Aquatic Habitat Guidelines Program (2003). Integrated Streambank Protection Guidelines.

(논문번호:07-49/접수:2007.05.30/심사완료:2007.12.03)