

자연형 소하천 모니터링 시범사업 결과 분석

A Monitoring and Data Analysis for Close-to-Nature Pilot Creeks

이상국* · 정재학** · 이호열*** · 이종설****

Yi, Sang Kuk · Chung, Jae Hak · Lee, Ho Yul · Lee, Jong Seol

Abstract

Recently according to increasing of damage in creeks, it has been needed to develop a close-to-nature creek improvement technique considering flood safety as well as the functions of ecosystem and scenery preservation. In this study, the monitoring on creeks in seven provinces was accomplished to develop the technique applicable to domestic creeks between 2002 and 2007. Although the riparian ecosystem was disturbed, after just finishing the improvement on pilot creeks, the result of monitoring showed that restoration rates of creeks were satisfactory by constructing close-to-nature creek revetments. However it is hard to analyze on restoration and permissible tractive force of each revetments constructed in most creeks, because of insufficient monitoring data. Therefore the feasible study on the close-to-nature creek revetments should be performed in the near future through continuous monitoring on creeks.

key words : close-to-nature creek improvement technique, permissible tractive force, restoration

국문요약

최근의 집중호우로 소하천의 피해가 빈번해짐에 따라 치수적 안전성을 확보함과 동시에 환경생태기능 및 경관보존 측면을 반영한 하천정비공법 개발이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 국내 소하천에 적용가능한 자연형 하천정비공법 개발을 위해 2002~2007년에 걸쳐 전국의 7개 시범소하천을 대상으로 모니터링을 실시하였다. 시범소하천에 대한 정비공사 시행 후, 수변생태계에 교란이 발생하였으나 자연형호안공법 적용으로 생태계의 복원 정도 및 속도는 양호한 것으로 조사되었다. 그러나 국내 적용사례가 많은 호안공법에 대한 실측자료가 부족하여, 공법별 하천복원 및 허용소류력 검토가 어려운 실정이다. 따라서 향후 지속적인 모니터링 사업을 통해 보다 효과적인 자연형 호안공법을 제시해야할 것이다.

key words : 자연형 소하천 정비공법, 허용소류력, 수변 생태계 복원

1. 서 론

소하천은 유역의 상류에 위치하고 있는 자연적 특성을 간직한 하천이며 1995년 소하천정비법이 제정된 이래 홍수 피해와 환경오염에 방지된 소하천의 정비를 위한 기본 계획이 수립되어 체계적인 정비를 추진하고 있는 상황이다. 또한 우리나라의 소하천은 일반적으로 상류부는 산지와 농경지에 접한 계곡을 따라 굴곡이 심하며 급경사를 이루고 있으며, 집수면적이 작고 유로연장이 짧은 급한 급류하천을 형성하는 경우가 많다. 또한 소하천은 집수면적이 작으므로 국지성 집중호우에 지배 되고, 지방하천에 비해 비홍수량이 크다. 따라서 여름철 호우시 소하천의 범람이 자주 발생하고 유출토사로 인한 농경지 매몰과 인명손상 및 재산피해가 자주 발생한다(행정자치부 국립방재연구소, 1999). 이렇듯 소하천은 국가하천이나 지방하천과는 지형학적·수문기상학적 특성이 상이하므로, 법정하천(국가하천, 지방하천)에서 축적된 자료를 소하천에 직접 적용하기는 어려운 실정이다.

* 비회원 소방방재청 방재연구소 연구원 E-mail : skyi239@nema.go.kr
** 정회원 소방방재청 방재연구소 시설연구사 E-mail : blueboat@nema.go.kr
*** 비회원 소방방재청 방재연구소 연구원 E-mail : stemming@nema.go.kr
**** 정회원 소방방재청 방재연구소 시설연구관 E-mail : jlee@nema.go.kr

본 연구에서는 7개 시범소하천을 대상으로 6개년간의 모니터링 과제를 수행함으로써, 소하천 정비시 하천생태계를 보전 혹은 복원하면서도 치수방제적인 측면에서 불리하지 않은 정비기법에 대한 가이드라인이 제시되어야 하며, 주민들의 의견, 문화적인 배경 등을 종합적으로 고려할 수 있는 정비방향을 제시하고자 하였다(고재현 등, 2003).

2. 연구과제 추진방향 및 내용

2002년 본 연구과제는 최초 전국의 8개 시·군에서 선정한 8개 시범하천을 대상으로 실시되었으나 강원도 평창군 소재 큰골소하천을 제외한 7개 시범하천에 대해 모니터링을 실시하여 자연형 호안공법 적용에 따른 치수적 안정성·생태계 복원·수질개선 등 사례 중심의 분석을 실시하였다. 그림 1(a)는 시범소하천의 위치도이며, 그림1(b)는 연구 흐름도를 나타낸 것이다.

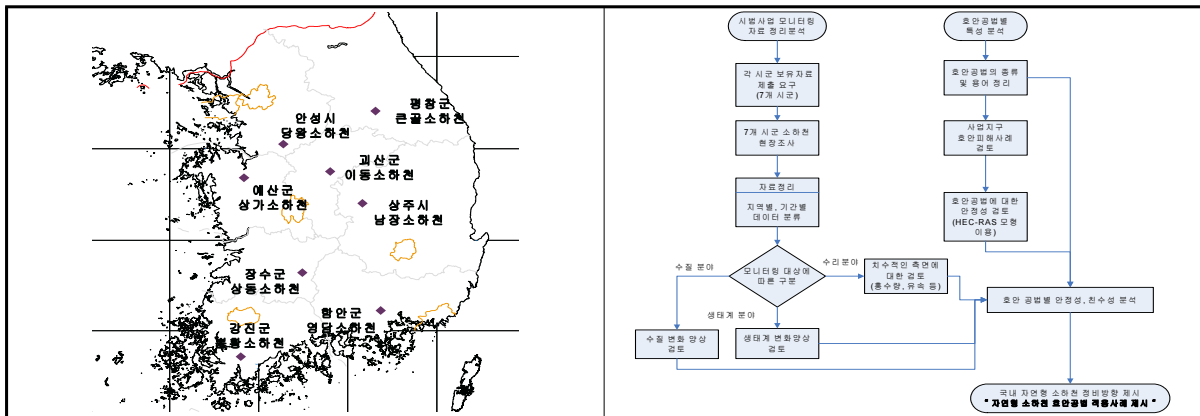


그림 1. (a) 시범소하천 위치도(왼쪽), (b) 연구 흐름도

다음으로 시범소하천에 대한 분석 내용을 간단히 정리하면 아래와 같다.

□ 시범하천의 모니터링 자료 수집 및 분석

주요 항목	조사 방향 및 내용
수질, 유량	· 항목: BOD, COD, SS, pH, 대장균수, 전도도, T-N, T-P, As, Cd, Cr, Hg, Pb
저니질	· 항목: COD, 강열감량(IG-Loss), T-N, T-P, As, Cd, Cr, Hg, Pb 총량(표층부)
하상 재료	· 10지점 × 월 1회(12회)
홍수량 측정	· 주요홍수(최소 5회 이상의 홍수사상) 포함 12회 이상(유량변화가 큰 경우 2개소) · 50cm 간격 이내(갈수위, 저수위, 평수위, 풍수위, 홍수위) · 수위/유량 곡선식 개발
형태와 하도 조사	· 홍수사상 2개 전후로 각1회 · 형태 : 평면, 종·횡단형 · 하도 : 여울과 소, 사주, 수제(물가), 하도 침식과 퇴적, 기타(저수로와 고수부지 특성)
수문 조사	· 수문, 강수량, 증발산량, 유량, 과거홍수기록
수리 모니터링	· 유속, 수위, 수심 · 적용공법의 수리적 대응도 및 안전성 · 식물 적용부와 그 주변, 보전지역의 변화 · 호안의 하단, 중단, 상단부의 수리적 변모과정 · 하도지형 및 중횡단(평시, 홍수시) 변화와 상·하류 수리적 영향 분석 · 홍수흔적 · 기타 시설의 세굴 퇴적, 침식 · 유지관리
생태계 모니터링	· 계절별 각 1회(여름철 2회) · 어패류, 양서파충류, 저서무척추동물, 곤충, 조수류, 식물(수중, 수제, 수변) · 수변토지이용, 수변의 인문사회적 특성, 친수경관 특성 · 생태계 구조와 기능

□ 시범소하천 호안공법에 대한 치수적 안정성 검토

소하천 정비사업지구의 치수적 안정성을 평가하기 위하여 2006년도 실측 강우사상을 적용한 홍수유출량을 산정하여 HEC-RAS를 통한 하천의 홍수위 및 유속을 산정하고 호안공법별 치수 안전도를 검토를 위해 하천별 소류력을 산정하였다. 검토결과를 토대로 시범하천유역에 적용된 각종 호안공법에 대하여 재료별 분류와 함께 유사한 호안공법을 서로 통합하여 각 호안공법별 시범하천 적용사례 분석을 실시하고 이를 제시하였다.

3. 시범소하천 모니터링 실시 결과 분석

시범소하천 7개소 대해 수질, 생태계(식물상, 동물상), 수리·수문학적 특성 등을 소하천 정비공사 실시전, 공사중, 공사후, 그리고 공사후의 경년변화 모니터링을 실시하였다. 각 시범소하천에 대한 친환경조성공사 계획에 따라 하도 정비구간에 따라 확폭 및 하상정리를 실시하였으며, 호안의 비탈경사는 자연친화적 호안공법의 안정성을 감안하여 가능한 한 1:2.0보다 더 완만한 경사로 계획하도록 유도하였다.

호안공법의 선정은 각 소하천이 대부분 산지하천임을 감안하여 치수적 안정을 확보하고 아울러 식생 회복이 용이한 자연형 호안공법을 선정하였다. 시범소하천 모니터링 실시 결과 분석에서는 7개 시범소하천 중 유역면적 0.92km²이고 유로연장은 0.6km인 당왕소하천에 대한 분석 결과를 언급하기로 한다. 그림2는 경기도 안성시 소재 당왕소하천 당왕1교 상류지점으로 공사 진행 단계별 하천현황을 나타낸 것이다.



그림 2. 개발단계별 하천현황(당왕소하천 당왕1교 상류지점)

3.1 수질 모니터링

각 소하천별 분류의 수질 및 수리 특성을 파악하기 위하여 모니터링 지점을 선정하여 일반 수질 항목 6개 (DO, BOD, SS, 온도, pH, Chl-a), 영양염류항목 2개 (TN, TP), 유기화합물항목 4개 (말라티온, 파라티온, 톨루엔, 벤젠) 총 12개에 대해 조사를 실시하였다. 그림 3은 당왕소하천의 공사 전, 중, 후의 월별 BOD변화를 나타낸 것이다. 공사전, 중, 후를 비교 하였을 때 공사후 초기 2004년의 경우 BOD 농도가 다소 높고 또한 변화 폭이 크지만 전체적으로 공사후 시간이 지날수록 공사전에 비해 BOD 농도가 감소하고 변동폭 또한 줄어드는 경향을 보이고 있다.

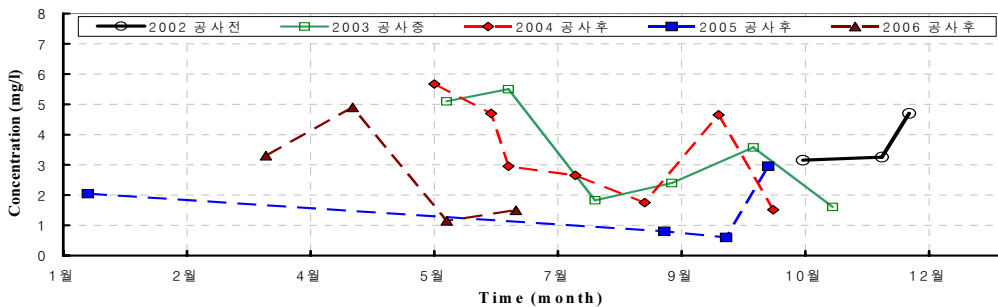


그림 3. 당왕소하천 하류지점 BOD 경년변화

3.2 생태계 모니터링

시범소하천 수변대에 분포하는 식생은 비교적 안정적인 상태이나 하천 정비 사업시행에 따른 교란이 발생하였다. 자연형 소하천 정비공법 개발(V)(소방방재청 방재연구소, 2007)의 조사결과에 의하면 그림2에서도 보여 주듯이 당왕천의 경우 비록 하천 고유식생이 부족하고 전체적으로 특징 없는 종으로 구성되어 있다하더라도 사업시행으로 식생이 완전히 교란되었으며, 공사 시행후 갈대과 물억새, 고마리, 개망초 등이 우점하면서 다양한 수변 식생이 복원되었다. 또한 당초 수로 폭이 협소하고 수심은 5~10cm 내외인 소형하천으로 유량이 적어 외부 충격에 취약한 생태계로 평가되었다. 따라서 구체적인 유량증대 방안이 없이 수로폭을 확대하는 것은 넓은 면적에 유량이 분산되어 건천화를 유발할 가능성이 높다는 평가가 일반적이나 현재까지는 대체로 평수량이 확보되어 하천생태계 자체의 교란은 크지 않은 것으로 분석되었다.

3.3 자연형 호안공법의 허용소류력 검토

당왕소하천의 5개 소하천에 대한 수리검토를 통해 구간별 평균유속 및 소류력을 산정하였다. 모니터링 기간 동안의 홍수량 및 홍수위의 실측자료가 부족하여 호안별 조도계수를 추정할 수 없었으므로, 금회 검토에서는 호안별 조도계수를 적용하지 않았다. 2006년도 강우자료를 이용하여 구간별 평균유속 및 소류력을 산정한 결과 6개 하천 일부 구간에서의 소류력이 허용소류력을 초과하는 것으로 검토되었다. 하천의 소류력 계산식은 아래와 같고 하천별 소류력 범위는 표 1과 같다.

$$\tau = \omega_0 \cdot R \cdot I = \left(\frac{\omega_0}{C^2} V^2 \right)$$

여기서, τ 는 소류력(kg/m²), ω_0 는 물의 단위중량(1,000kg/m³), R은 경심(m), I는 수면경사, V는 평균유속(m/s), C는 Chézy의 유속계수이다.

표 1. 하천별 유속 및 소류력

하천명	유속(m/s)	소류력(kg/m ²)	적용한 호안 공법
당왕소하천	0.76~5.47	0.64~42.46	자연석쌓기(287m), 램스톤(137m), 친환경돌망태(113m), 환경블럭(115m), 스톤넷(193m), 식생호안(124m)
이동소하천	0.89~2.86	0.89~10.58	스톤넷(100m), 환경블럭 H형(345m), 식생매트(802m), 반딧불이블럭(133m), 지오그린셀(665m), 그린환경블럭(486m), 그린리버블럭(300m), 식생축조블럭(400m), 친환경돌망태(518m), 자연석쌓기(686m)
상가소하천	0.32~3.47	0.08~13.45	침수방틀(207m), 환경블럭 A형(160m), 자연석쌓기(106m), 게비온(215m), 전석쌓기(1,072m)
상동소하천	0.50~2.16	0.35~7.85	자연석쌓기(747m), 스톤넷(90m), 석축쌓기(23m), 4각돌망태(44m), 전석쌓기(260m)
봉황소하천	1.28~3.19	1.61~11.21	발파석쌓기(1,222m), 통나무방틀공(133m), 바이오블럭(534m)
영담소하천	1.55~4.41	2.40~16.73	전석붙임(1482m), 잔디식재(149m), 코이어틀 및 네트(579m) 어소블럭 및 지오그린셀(274m), 게비온(201m)

4. 결 론

본 연구는 2002~2007년까지의 연구사업을 통해 전국 7개 시·군에서 선정된 7개소의 시범소하천에서 모니터링을 실시하여 수질, 생태계(식물상, 동물상), 수리·수문학적 특성 등에 대한 평가를 실시하였으며, 각 하천에 적용된 정비공법 실태의 경년변화를 조사하여 적용성을 검토하였다.

1. 수질 모니터링의 경우 정비공사이후에 BOD, DO 등을 보면 수질이 향상되는 경우가 있으나 하천에 따라 변동폭은 매우 큰 것으로 나타났으므로 향후 지속적인 모니터링이 요구된다.
2. 시범소하천에 적용한 대부분의 호안공법에서의 식생은 시간이 경과함에 따라 피도가 높아지고 종의 수도 늘어나는 것으로 나타났으나, 웅벽형태의 일부 호안공법의 경우, 식물의 침입은 이루어지고 있으나 뿌리가 침투할 공간이 한정되어 있어서 생장이 불량했으며, 침입식생 뿌리부분에 인위적인 예취작업이 이루어져 생장이 저해되므로 식생회복을 위해서는 예취작업을 최소화해야 할 것이다.
3. 모니터링 대상하천에 적용된 호안공법의 허용소류력이 제대로 규명되지 않아, 각 하천에서의 소류력에 대한 안전성을 확신할 수 없으므로, 향후 호안공법별 허용소류력의 정량적인 검토가 선행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구 과제수행에 있어 현장조사에서부터 자료수집에 이르기까지 협조를 아끼지 않으신 7개 시범소하천 모니터링 사업의 연구책임자들과 해당 지자체 담당 공무원들께 진심으로 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 행정자치부 국립방재연구소(1999), 소하천 시설기준
2. 고재현, 신원욱, 한정석, 정재욱(2003), “효율적인 자연형 소하천 정비기법 연구.” 부천대학논문집, Vol.24, pp.15~24
3. 행정자치부 국립방재연구소(2007), 자연형 소하천 정비공법 개발(V)