

봉황천의 자연형 하천공법 시공전후 모니터링

Monitoring before and after Nature-Friendly River Construction in Bongwhang Stream

박의정*, 김윤환**, 이종필***, 김철****
Eui-Jung Park, Yoon-Hwan Kim, Jong-Pil Lee, Chul Kim

요 지

과거의 이수나 치수기능에 역점을 둔 하천개발이 국민의 하천환경에 대한 관심이 증대되면서 인공화 된 하천을 원래의 자연스러운 하천상태로 되돌리고자 하는 다각적인 노력이 모색되어 하천에 대한 복원계획을 세우고 자연형 하천공법을 개발, 적용하기 위하여 여러 기관에서 각각의 연구목적에 맞게 시험유역에 운영하고 있다. 그러나 소하천은 지역적인 특성이 두드러지고 공간적 분포와 기후적 특성이 다양하기 때문에 소하천 특성변화에 따른 지속적인 자료구축을 위해 유출 및 하도형상등 수리·수문학적 변화특성과 하천환경 특성을 분석하고 모니터링 함으로써 자연형 하천의 시공 후 발생하는 여러 가지 문제에 대한 검증과 설계 시에 세운 목표에 대해서 목표의 달성을 여부를 검토해야 한다. 하천정비후의 정확한 변화 상태를 검토하여 적용된 공법에 대한 타당성을 검토하여야 하며 각 분야별 세부평가 기준도 작성할 필요가 있다. 본 연구는 행정자치부 선정 소하천정비 시범지구로 지정된 봉황소하천에 대해 유역의 시공전후 모니터링을 실시하여 소하천의 환경기능을 향상시킬 수 있는 소하천 정비공법 개발을 위한 지속적이고 일관성 있는 수리·수문 자료의 축적과 하천환경 개선과 향후 자연형 소하천정비 공법의 기초자료로 활용하는 것이 목적이다.

연구 대상지역인 봉황천은 전라남도 강진군에 위치하고 있으며 시범구간 약 1km에 대해 2003년부터 2006년까지 수질, 수리, 생태계 모니터링을 실시하여 시공전후로 비교하였다.

핵심용어 : 자연형 하천공법, 수질, 수리, 생태계 모니터링

1. 서 론

과거의 이수나 치수기능에 역점을 둔 하천개발로 인해 국내의 하천환경 기능은 소홀히 취급되어 왔다. 국민의 하천환경에 대한 관심이 증대되면서 인공화 된 하천을 원래의 자연스러운 하천상태로 되돌리고자 하는 다각적인 노력이 모색되어 하천에 대한 복원계획을 세우고 자연형 하천공법을 개발, 적용하기 위하여 여러 기관에서 각각의 연구목적에 맞게 시험유역에 운영하고 있다. 그러나 소하천은 지역적인 특성이 두드러지고 지역 주민들과 밀접한 관계가 있으므로 하천환경을 적극 고려하는 것이 중요하다. 따라서 소하천 특성변화에 따른 지속적인 자료구축을 위해 유출 및 하도형상등 수리·수문학적 변화특성과 하천환경 특성을 분석하고 모니터링 함으로써 자연형 하천의 시공 후 발생하는 여러 가지 문제에 대한 검증과 설계 시에 세운 목표에 대해서 목표의 달성을 여부를 검토해야 한다.

하천 정비후의 성과를 정확히 분석하고 그 목표를 달성하였는가에 대한 평가는 국내에서는 아

* 정회원 · 호남대학교 토목공학과 박사수료 · E-mail: pej1214@hotmail.com
** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail: cokyh@lycos.co.kr
*** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail: jongpil1980@nate.com
**** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 교수 · E-mail: kuchul@dreamwiz.com

직 매우 미흡한 실정에 있다. 따라서 자연형 하천에 대한 복원기술은 설계시공후 원래의 목표에 대한 달성여부를 검토하고 하천정비후의 정확한 변화상태를 검토하여 적용된 공법에 대한 타당성을 검토하여야 하며 타당성을 분석하기 위한 각 분야별 세부평가 기준도 작성할 필요가 있다. 본 연구는 행정자치부 선정 소하천정비 시범지구로 지정된 강진군 봉황소하천에 대해 자연형 하천공법 시공전후 모니터링을 실시하여 소하천의 환경기능을 향상시킬 수 있는 소하천 정비공법 개발을 위한 지속적이고 일관성 있는 수리·수문 자료의 축적과 하천환경 개선과 향후 자연형 소하천 정비 공법의 기초자료로 활용하는 것이 목적이다.

연구 대상지역인 봉황천은 전라남도 강진군에 위치하고 있으며 산지와 농경지가 혼합된 준경사형 하천으로, 하류의 하폭은 20m 내외이며, 시범구간 약 1km에 대해 2003년부터 2006년까지 수질, 수리, 생태계 모니터링을 실시하였다. 수리모니터링은 호안, 세굴·퇴적, 경관 등을 분석하였고, 생태계 모니터링은 식물, 어류 및 수서무척추동물, 조류, 양서류, 파충류, 포유류 등을 조사하여 시공전후로 비교하였다.

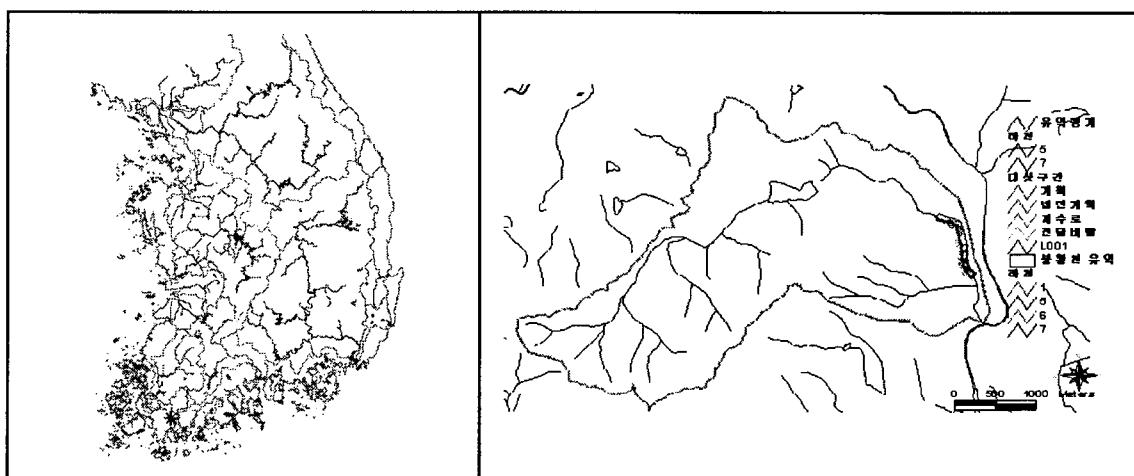


그림 1. 연구 대상지역

2. 수질 모니터링

2.1 수질 측정지점 및 기간

대상하천의 수질 모니터링 지점 선정은 하천시설기준(건설교통부, 2002), 접근성, 안전성, 지속 측정 가능지역 및 오염원 발생량 등을 고려하여 선정하였다. 수질의 변화를 모니터링하기 위해 2003년 2월부터 2006년 6월까지 7개 지점에 대한 수질모니터링을 실시하였으며, 그림 2.에 측정지점과 측정항목별로 시간에 따른 변화그래프를 나타내었다.

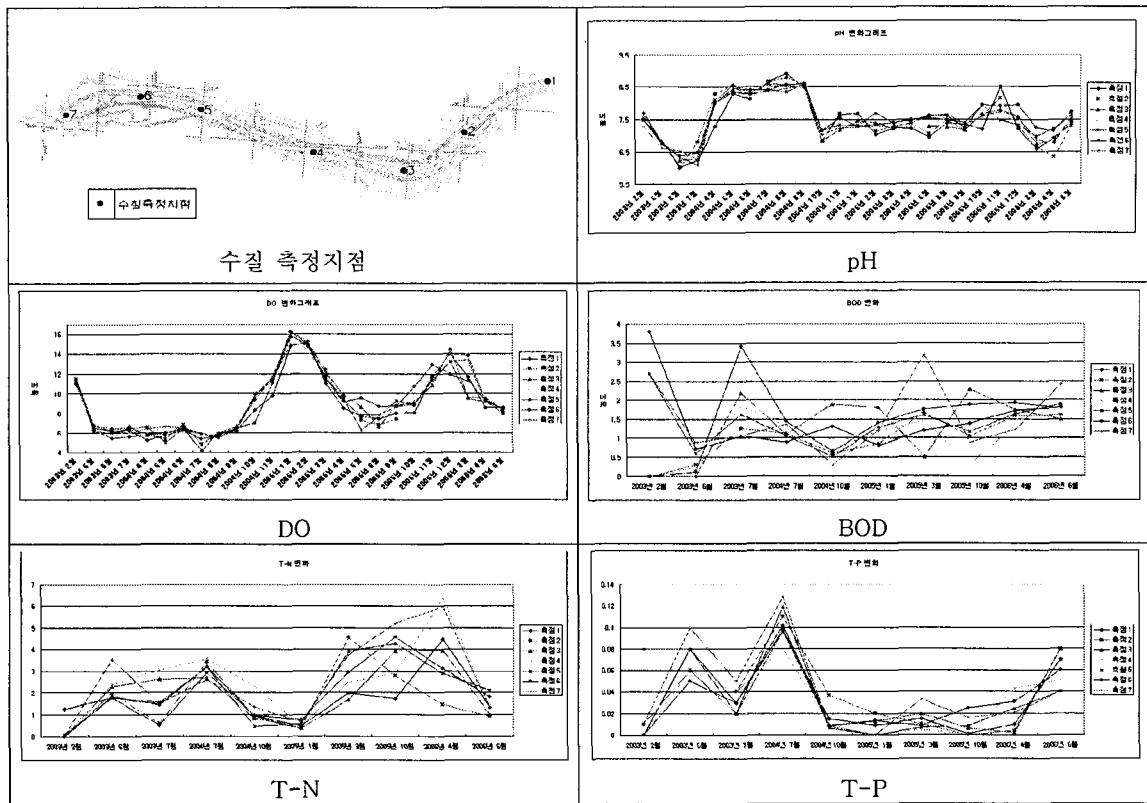


그림 2. 수질 측정지점과 변화그래프

2.2 수질분석

pH값은 2004년 10월 이후 모든 측점에서 거의 일정하게 나타나고 있으며, 2003년 6월~7월은 6.5 이하로 낮게 나타났고 2003년 4월~9월까지는 8이상으로 높게 나왔으며 2004년 10월~2006년 6월까지는 6.8~8.5사이로 일정한 수치를 보이고 있다. DO값 역시 측점별로 거의 일정하게 나타났으며 평균적으로 계절에 따라 변화함을 알 수 있었다. 4.18~16.35 mg/L까지 분포하였고 2003년 5월부터 8월까지는 낮은 값을 보이다가 2004년 9월부터 2005년 1월까지 상승하였다. 그 후 2005년 2월부터 2005년 6월까지 다시 하강하였고 그 후 다시 상승하는 경향을 보였다. BOD의 값은 0~0.38 mg/L까지 분포하였고 계절별로 다양한 값을 보였다. T-N 값은 2003년 2월부터 2005년 3월까지 다양한 변화를 보였으며 2005년 3월은 지점별로 변화의 폭이 커으며 측점 2에서 가장 높았음을 알 수 있다. 전체적으로 0~0.128 mg/L까지 분포하였다. T-P 값은 2003년 2월부터 2005년 3월까지 다양한 변화를 보이고 있으나, 각 측점에서의 값은 시간에 관계없이 거의 일정한 값으로 측정되고 있다.

3. 수리모니터링

수리모니터링은 적용된 공법과 공사로 인한 주변의 수리적 대응도를 관찰하고 분석하며 공법의 적정성과 치수안전도, 상하류 수리적 영향을 분석하는 것으로서 이를 위해서 하천의 횡단형을 조사하고 세굴 및 퇴적 조사를 실시하였으며, 하도 지형의 변모를 관찰하여 수리적 특성을 분석하였다.

3.1 구조물을 이용한 세굴·퇴적 조사

세굴 및 퇴적조사를 위해 세굴 및 퇴적이 발생하기 쉬운 부분 20지점을 선정하여 정기적으로 측정함으로 세굴 및 퇴적을 조사하고자 하였다. 2004년 8월 최초 측정된 값을 기준으로 분석한 결과 퇴적된 지역은 제3호 낙차보(좌), 제1호 징검다리(우, 뒤), 제1호 낙차보(좌, 우), 제1호 낙차보 밑 바위(좌), 제1호 낙차보 밑 바위(우)에서 발생하였고 가장 많은 퇴적을 보인 곳은 제3호 낙차보(좌)와 제1호 낙차보(우)로써 각각 22cm, 24cm가량 퇴적되었다. 반대로 세굴된 지역은 제2호 징검다리(우, 앞), 제2호 낙차보(좌), 제2호 낙차보 밑 바위(좌, 우), 제1호 징검다리(좌, 뒤), 제1호 징검다리(우, 앞)에서 발생하였고, 그 중 제2호 낙차보(좌)에서 60cm가량 세굴되었다. 그림 3.에 세굴 및 퇴적 지역을 나타내었다. 2004년 8월(태풍 메기)의 홍수로 인한 세굴·퇴적의 변화가 가장 컼으며 그 후의 변화는 그리 크지 않았다. 그림 3.에 세굴 및 퇴적지역을 나타내었다.

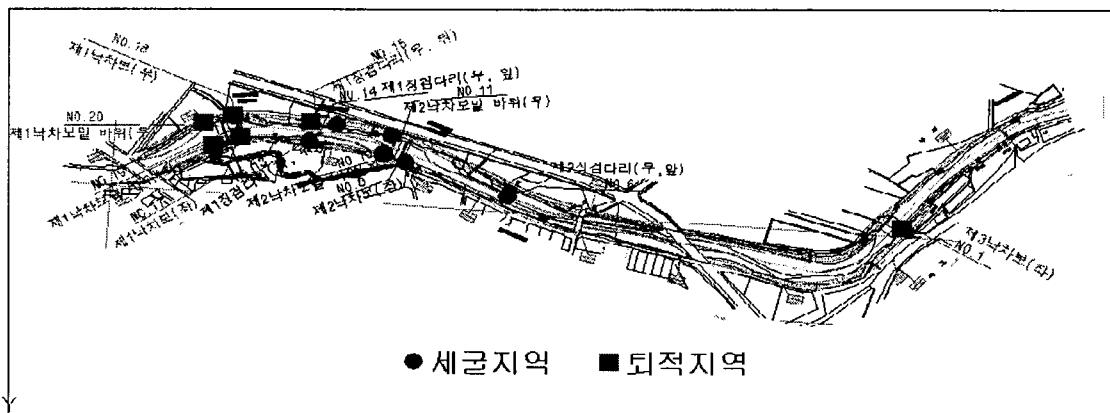


그림 3. 세굴 및 퇴적 지역

3.2 하도변화

하도의 퇴적·세굴·침식부의 특성 및 수리특성을 분석하기 위하여 하도 횡단면조사를 실시하였다. 조사기간중 하도 횡단면의 변화가 많을 것으로 예상되는 시기는 크게 시공전, 시공후로 나눌수 있으며, 그림 4.에 하도 변화가 많았던 지점 4, 지점 5의 단면을 시공전, 중, 후로 결과를 나타내었다.

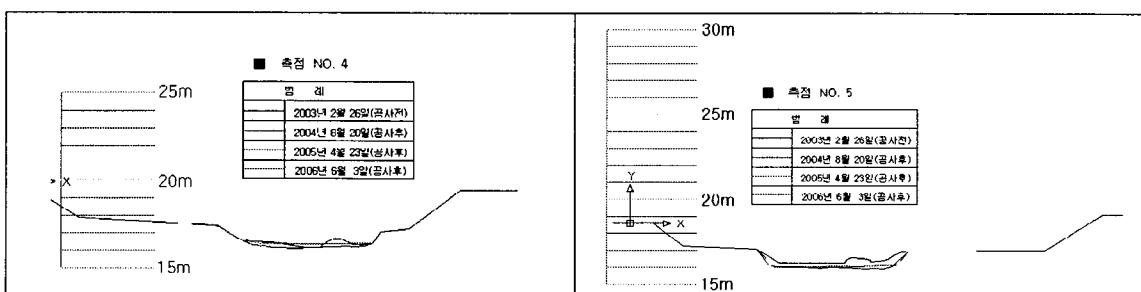


그림 4. 시공전과 시공후의 하도변화

3.3 호안 모니터링

호안이란 하천제방 및 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방앞 비탈에 설치하는 구조물이다. 봉황소하천에 적용된 호안공법의 식생의 활착정도와 주변하상의 변화 등을 시공전, 중, 후로 나누어 호안의 특성을 모니터링하였다. 봉황천에 시공한 호안재료로 하천의 호박돌이 아닌 채석장의 발파석을 사용한 것은 자연스럽지 못해 보인다. 표 1은 호안 모니터링을 나타내었다.

표 1. 호안 모니터링

시공전 (2003년 2월)	시공중 (2004년 4월)	시공후 (2005년 5월)	
수리학적 특성	호안공법		
하천경사	1.24%	홍수 직후 하상특성	좌안에 세굴
만곡부 여부	상류방향으로 원쪽	하천폭의 급확대, 급축소 여부	변화없음
세굴특성	좌안쪽에 세굴 발생	Fr수 등의 기타 수리학적 인자	$Fr = 0.295$
갈수시 유량	유량부족	최대홍수위	20.93m
홍수시 호안 반응 조사		갈수시, 동절기 호안 식생특성	
자연식 사이와 흙에서 식물들이 자라나 홍수에 대한 호안반응은 거의 없음		갈수시 : 하상의 일부까지도 노출되어 식물들이 하상 의 노출부에서도 확인되며 생육상황이 좋음. 동절기 : 초본식물은 지상부가 모두 고사	

4. 생태계 모니터링

4.1 식물

시공 전, 중 및 후의 식물상을 비교해보면 시공전은 2002년 12월 27일 1회 동절기 조사를 하여 118종류가 나타났고, 시공 중은 2003년과 2004년 봄철 조사를 하여 145종류가 확인되었다. 그리고 시공 후는 2004년 여름부터 2006년 여름까지 2년 정도 조사를 하여 181종류가 확인되었다.

4.2 어류

2003년 자연형 하천 시공 전 봉황천 어류의 종다양도는 1.95, 균등도는 0.72, 풍부도는 2.34였다. 2004년 시공 중의 종다양도는 1.58, 균등도는 0.58, 풍부도는 2.29로서 시공이 진행이 되어감에 따라 전체적인 어류의 종과 개체수에 대한 감소가 나타나기 시작하였다. 2005년 시공후는 종다양도 1.69, 균등도는 0.68, 풍부도는 2.17을 나타내었다.

4.3 조류

조류의 분포는 계절적 특이성을 보이기 때문에 동일 계절에 한하여 봉황소하천의 생태계 변화를 시공 전·후로 비교해 보면 다음과 같다. 표 2는 계절별 및 시공전후의 조류분포를 나타내었다. 표 2에 계절별 조류의 분포를 나타내었다.

표 2. 계절별 조류의 분포

항목	겨울			봄			
	2002(1차) (시공전)	2005(7차) (시공후)	2006(11차) (시공후)	2003(2차) (시공중)	2004(4차) (시공중)	2005(8차) (시공후)	2006(12차) (시공후)
종수	20	19	12	16	19	20	10
개체수	239	255	106	126	201	132	64
종다양도(H')	2.43	2.32	1.97	2.20	2.44	2.22	1.72
항목	여름				가을		
	2003(3차) (시공중)	2004(5차) (시공후)	2005(9차) (시공후)	2006(13차) (시공후)	2004(6차) (시공후)	2005(10차) (시공후)	
종수	14	13	24	5	15	14	
개체수	67	87	259	33	83	157	
종다양도(H')	2.13	2.21	2.26	0.98	2.15	2.01	

4.4 양서류, 파충류, 포유류

봉황천 및 인근에 서식 중인 양서·파충류 및 포유류를 조사한 결과 양서류 중 참개구리, 청개구리, 음개구리 등이 서식 및 산란하는 것을 관찰할 수 있었으며 파충류는 유혈목이, 능구렁이가 각각 관찰되었다. 또한 포유류는 너구리 배설물, 고라니 죽적, 다람쥐 등의 서식이 확인되었다.

5. 결 론

본 연구는 자연형 소하천 시범사업의 기초연구로서 자연형 하천공법이 적용된 봉황천을 대상으로 2002년부터 2006까지 시공전, 중, 후로 나누어 수질, 수리, 생태계 모니터링을 실시하였다. 수질 모니터링 결과 pH, DO, T-P는 지점별로 일정하게 분석되었으며, BOD와 T-N은 지점별로 변화의 폭이 커다. 하도변화와 호안 모니터링, 세굴, 퇴적조사를 통한 수리 모니터링의 결과 2004년 8월의 홍수로 인한 세굴·퇴적의 변화가 가장 커으며 홍수 후에 부분적으로 세굴과 퇴적이 발생하였다. 생태계는 시공중에 개체수의 감소가 나타났으나 시공후에는 공사전의 상황으로 회복되었다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 2001. 자연 친화적 하천정비기법 개발 보고서
2. 건설교통부, 2002. 하천시설기준
3. 환경부, 2001. 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발
4. 국립방재연구소, 2000. 자연형 하천공법의 재해특성 분석에 관한 연구(I)(II)