

# 오산천의 하천복원공법에 대한 수리학적 모니터링

## Hydraulic Monitoring for Stream Restoration Technique in the Osan River

김지혜\*, 김서준\*\*, 이진호\*\*\*, 윤병만\*\*\*\*  
Jihye Kim, Seojun Kim, Jinho Lee, Byungman Yoon

### 요 지

최근 하천정비 사업은 하천의 치수, 이수적인 기능뿐만 아니라 자연 친화적인 기능을 고려하여 하천을 조성하기 위한 노력들을 많이 하고 있다. 그 결과 기존 콘크리트 호안을 자연형 호안으로 바뀌어 생태계 복원 및 접근성을 높이고, 직선형 하도를 사행하는 자연형 하도로 바꾸는 등의 다양한 하천복원 사업들을 실시하고 있다. 하지만 하천복원에 따른 유지관리를 위한 하천복원공법들에 대한 모니터링과 복원사업에 대한 효과 분석이 제대로 이루어지지 못하고 있다. 따라서 하천복원 전, 후에 대한 모니터링과 평가를 위한 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 2001년에 시작하여 2006년 12월에 복원 사업이 완료된 오산천 하천환경 정비사업에 적용된 복원 공법들의 수리학적 모니터링을 통해 복원 후의 효과 및 문제점들을 평가하였다. 우선 수리학적 모니터링의 일반적인 사항으로 강우량 및 홍수량 추정, 하상변동 분석, 하상재료 분석 그리고 항공영상 분석을 수행하였다. 또한 복원 공법에 대한 수리학적 모니터링은 호안의 수리학적 안정성 평가, 어도의 기능 평가, 저수로내에 설치된 인도교 주변과 목교의 수리학적 영향을 분석하였다.

모니터링 결과 복원 후 일부 목교 주변과 자연형 호안 중 일부는 침식되었으며, 하중도 하류부에는 퇴적이 발생한 것을 확인하였다. 금곡취수보에 설치된 어도는 자체안전성에는 문제가 없었으나, 어류 소상을 위한 기능을 다하지 못하는 것으로 확인되었다. 또한 상류 하천정비로 인해 하류에 퇴적이 많이 되어 있는 것을 확인하였다. 이와 같은 적용 공법별 수리학적 모니터링 결과는 복원 공법에 대한 모니터링 및 평가를 위한 지침서 작성을 위한 기초자료로 사용될 것으로 기대된다.

**핵심용어 : 하천복원공법, 수리학적 모니터링, 오산천**

## 1. 서 론

최근 하천정비 사업은 하천의 치수, 이수적인 기능뿐만 아니라 자연 친화적인 기능을 고려하여 하천을 조성하기 위한 노력들을 많이 하고 있다. 그 결과 콘크리트 호안은 사라지고 자연형 호안으로 변화되고 있으며 이로인해 직선형 하도에서 사행하는 자연형 하도로 바뀌어 생태계 복원 및 접근성을 높이고 있다.

본 연구에서는 이러한 사업의 일환으로 수행, 완료된 오산천을 대상으로 모니터링을 시행하였다. 오산천은 2002년에서 2006년까지 사업이 수행되었다, 또한, 사업 수행 후 3년이 지나 사후 모니터링을 통해 적용된 다양한 복원 공법들을 평가하기에 적절한 하천이다. 대상 모니터링 구간을 통해 2009년 홍수 전, 후 적용된 다양한 자연형 공법들의 자체 안정성과 설계 목적에 맞게 기능을 하고 있는지에 대하여 모니터링 하였다. 모니

\* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail: heaven769@hanmail.net

\*\* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 박사과정 · E-mail: seojuny@paran.com

\*\*\* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail: jejusjinho@hanmail.net

\*\*\*\* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail: bmyoon@mju.ac.kr

터링을 통해 향후 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼 작성에 도움을 주고자 한다.

## 2. 모니터링 대상 구간

본 연구의 대상 구간은 안성천의 제 2지류인 오산천을 대상으로 하였다. 오산천은 경기도 용인시 동백에서 발원하여 용인시, 화성시, 오산시를 거쳐 평택시에 위치한 진위천과 합류하는 총 연장 22km의 국가하천으로써 하천 주변은 다양한 형태의 주거 공간이 위치해 있다. 본 모니터링 대상 구간인 오산천 중류는 오산시에 위치하고 있으며 도시화로 인해 아파트와 오산시 종합운동장 등이 위치하고 있어 자연적 형태가 훼손된 전형적인 공원하천 구간이다. 그림 1은 대상 구간을 나타낸다. 모니터링 중 2009년 7월 12일 80년 빈도에 해당되는 780cms의 홍수가 발생하였다. 홍수시의 수심분포와 유속분포를 알아보기 위해 2차원 수치모의를 수행하였다. 그림 2는 수심분포를 나타내며 그림 3은 유속분포를 나타낸다. 최고 수심은 약 4m까지 나타났으며, 최고 유속은 약 4m/s까지 나타났음을 확인할 수 있다.



그림 1. 모니터링 대상 구간

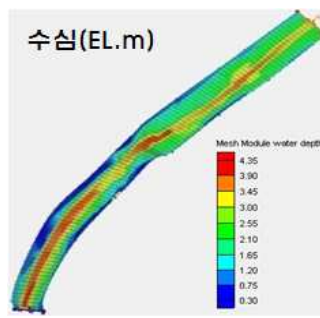


그림 2. 홍수시 수심분포

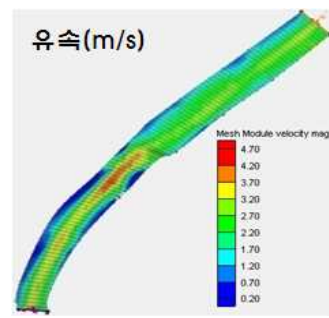


그림 3. 홍수시 유속분포

## 3. 적용공법의 수리학적 모니터링

본 대상구간에서는 하중도 주변의 하상변동 분석, 호안의 수리학적 안정성 평가, 금곡취수로 어도의 기능 평가, 저수로내 설치된 인도교의 영향에 대해서 수리학적 모니터링을 수행하였다.

### 3.1 하중도 주변의 하상변동 분석

2009년 홍수로 인해 오산천 저수로내에 위치한 하중도 주변에서는 상류 부분에는 주로 침식이 발생하였고 하류부분에는 퇴적이 되는 현상을 모니터링 하였다. 그러나 그림 4에서 퇴적이 발생한 원인은 상류 공사로 인해 토사가 퇴적된 것으로 판단되며 이로 인해 좌안 흐름이 상실되었음을 볼 수 있다. 2010년 3월 현재 퇴적된 구간은 준설을 실시하였다. 향후 이 지역의 퇴적 여부를 모니터링 하여 상습 퇴적 지역인지 모니터링 해야 할 것이다.



2009년 2월



2009년 10월



2010년 3월

그림 4. 하중도 주변의 퇴적 현상

### 3.2 저수호안에 설치된 교각 세굴

모니터링 구간내에는 저수로내 인도교를 제외하고 4개의 교량이 설치되어 있다. 또한 교각이 저수로 및 저수호안에 설치되어 있는데 그 중 오산철교의 교각 주변이 2009년 홍수로 인해 세굴 현상이 발생하였다. 이는 저수로내 교각 설치로 통수단면적이 작아져 유속이 빨라져 발생되었다고 판단된다. 모니터링 결과 약 80cm 정도의 세굴이 발생하였으며, 하상 재료는 모래와 굵은 자갈로 이루어져 있었다. 교각의 지름은 약 1.9m 정도이다. 세굴과 관련하여 Coleman의 공식을 비롯하여 26개 공식과 비교한 결과 Froehlich 공식이 약 88cm로 비슷한 결과를 나타냈다. 2010년 3월 현재 교각 주변은 모두 성토되었다. 저수로내 교각이 설치 될 경우 수치모의나 수리모형실험을 통해 교각의 세굴 여부를 검토하는 것이 바람직하다.



그림 5. 오산철교 교각 주변 세굴 모습

### 3.3 호안의 수리학적 안정성 평가

본 모니터링 구간에는 다양한 자연형 호안이 설치되어있으나 우선적으로 환경생태블럭과 조경석쌓기 공법에 대해서 모니터링을 수행하였다. 두 공법 모두 유속이 빠른곳에서도 적용될 수 있는 공법들이며, 흐름특성 분석과 횡단면 측량을 통해서 ECORIVER21 연구단에서 제안한 호안평가지표를 이용해 평가를 실시하였다.



그림 6. 환경생태블럭과 조경석 쌓기 공법

두 공법이 위치한 곳이 근접하여 하상경사는 1/450으로 같으며, 계획홍수시 유속은 통수 단면적으로 인해 각각 2.5m/s와 1.5m/s 로 나타났다. 비탈경사 역시 각각 1:3과 1:2이며, 소류력비는 허용소류력으로 인해 많은 차이를 나타냈다. 표1을 사용하여 점수를 평균낸 결과 환경생태블럭은 2.2를, 조경석 쌓기는 2.6의 결과는 나타났다. 두 호안모두 평가 등급에서 2등급에 해당되며 이는 환경적으로 우수하지만 홍수시에 제한요소가 있음으로 평가 되었다.

표 1. 호안의 수리학적 안정성 평가지표

평가항목	평가내용	평가방법	평가기준	점수	환경생태블럭	조경석쌓기
유선행태	유선과의 관계	현장에서 목측조사 (상류→하류)	사수부	5	3	3
			직선부	3		
			수충부	1		
하상경사	하상경사정도	보고서와 현장조사 병행	1/3000이하	5	3	3
			1/1000~1/3000 사이	4		
			1/400~1/1000 사이	3		
			1/100~1/400 사이	2		
			1/100 이상	1		
유속	계획홍수시 유속	보고서	1.0m/s 이하	5	3	2
			1.0m/s ~ 2.0m/s	3		
			2.0m/s ~ 3.0m/s	2		
			3.0m/s 이상	1		
비탈경사	호안의 비탈경사	현장조사	1:3 이하	5	1	3
			1:2~1:3	4		
			1:2~1:1	3		
			1:0.3~1:1	2		
			직립	1		
소류력비	허용소류력/ 계산소류력		2.5 이상	5	1	2
			2.0~2.5	4		
			1.5~2.0	3		
			1.0~1.5	2		
			1.0 이하	1		
평균					2.2	2.6

### 3.4 금곡취수보 어도의 기능 평가

본 모니터링 대상 구간에 위치한 금곡취수보에는 좌안과 우안에 어도가 설치되어 있다. 어도 모니터링은 두 가지 방법으로 시행하였다. 첫 번째로 홍수 후 자체 안정성에 대하여 모니터링 하는 것인데, 2009년 홍수로 인한 어도의 피해는 발생하지 않았다. 두 번째로 제 기능을 하고 있는가를 모니터링 하였다. 그러나 어도의 기능은 제 구실을 하지 못하고 있다. 어도의 최소 수심은 체고의 1.2배로 정의 되어있지만(2009, 하천설계 기준), 모니터링 대상 어도는 수심이 거의 없다. 또한 오산천의 우집중 어종은 붕어로 도약높이는 11.5cm정도이지만 어도에 설치된 격벽의 높이는 60cm에 이르러 어류의 소상이 불가능하다고 판단된다. 어도 설치시 대상어종을 선별한 후 어종의 유영특성을 분석하여 도약 높이, 최소 수심을 산정하여 어도를 설치해야 어류의 소상이 가능할 것이다.

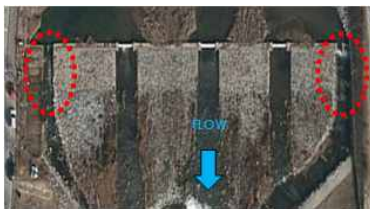


그림 7. 어도 위치도



그림 8. 우안 격벽의 모습



그림 9. 평수시 모습

### 3.5 저수로내 설치된 인도교

자연형 하천이 조성됨에 따라 친수 목적으로 저수로내 인도교들이 형성되고 있다. 본 모니터링 구간에서는 2개의 저수로내 인도교가 설치되어 있다. 철재로 형성된 인도교는 금년 홍수로 인한 피해가 발생하지 않았으나 목교로 형성된 인도교는 금년 홍수로 인해 일부가 유실되는 피해가 발생하였다. 또한 목교 직하류에 위치

한 호안이 파괴되는 현상도 모니터링 하였다. 이 구간을 2차원 수치모의한 결과 홍수시 유속이 3.5 m/s 정도이며, 전단응력은 약  $50\text{N/m}^2$  정도의 결과를 나타냈다. 이는 직하류 호안의 허용소류력에 해당되는 결과이다. 이로 인해 호안이 파괴되었음을 알 수 있었다. 저수로내 인도교를 설치할 경우 수치모의를 통해 홍수시 인도교로 인한 영향성을 검토해야 할 것이다.



그림 10. 저수로내 설치된 인도교(목교)



그림 11. 목교 직하류 파괴된 호안

#### 4. 결론

2009년에는 설계홍수량에 근접한 홍수가 발생하였다. 이로 인해 오산천 내에 적용된 공법들이 대부분 안전하였으나, 그렇지 못한 곳도 있었다. 저수로내에 위치한 교각의 세굴이 발생하였고, 저수로 내에 설치된 인도교 직하류에 호안이 파괴되는 현상도 발생하였다. 이는 홍수시 인도교로 인하여 흐름특성에 변화가 발생하여 직하류에 강한 흐름이 발생한 것으로 판단되며, 향후 저수로내 인도교 설치시 수리적 영향성에 대해 검토가 필요할 것으로 판단된다. 이와 반대로 하중도가 설치된 구간에서는 퇴적이 발생했다.

복원공법들이 대체적으로 설계 목적에 맞게 운영되고 있었으나, 금곡취수보에 위치한 어도는 대표어종인 붕어의 도약높이보다 높은 격벽과 유영 가능한 최소수심에 못 미치는 수심으로 인해 어류의 유영이 거의 없음을 확인 하였다.

모니터링을 통해 오산천에 적용된 공법들의 타당성을 조사하였다. 그 결과 대부분이 계 목적에 맞고 홍수에 대해서 안전하게 운영되고 있었지만 안전하지 못한 공법도 있었다. 복원공법 적용시에는 수치모의나 수리모형실험을 통해 미리 수리학적 변화에 대해서 예측해야 할 것이다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원 건설기술혁신사업 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- 건설교통부(2004) “자연친화적 하천관리를 위한 수변조사 및 모니터링 매뉴얼”
- 김윤환, 박남희, 진영훈, 김철(2007) “자연 친화적 하천정비를 위한 호안평가기법의 개발 및 적용” 한국수자원학회 논문집 Vol.40, No.12
- 서울국도관리청(2006) “오산천 하천환경정비사업”
- 한국건설기술연구원(2002) “하천복원가이드라인”
- 한국수자원학회(2009) “하천설계기준”