

수리모형을 이용한 고수호안의 안정성 분석

Stability Analysis of High Water Revetment Using Hydraulic Model

이성준*, 전상미**, 김영도***, 박재현****

Sung Jun Lee, Sang Mi Jun, Young Do Kim, Jae Hyeon Park

요 지

국내는 1960년대부터 시작된 급속한 산업화 및 도시화로 인해 하천 환경이 지속적으로 오염 및 훼손되어 왔다. 하천을 관리함에 있어서 치수목적 중심적으로 한 직강화와 콘크리트 제방과 더불어 하천변의 공간이 주차장이나 도로로 사용되었다. 또한, 하천의 홍수피해 방지, 도심의 택지 및 농경지 등의 토지 확보를 위한 대규모 하천정비사업으로 인해 과거 자연상태의 하천은 홍수터 내 저류능력 상실, 생태환경공간 훼손 등으로 하천의 자연적 환경 기능이 매우 악화된 상황이다. 최근 들어 치수 기능만을 위한 공학적 효율 위주의 하천 관리 정책에서 벗어나 하천의 환경적 기능의 개선, 자연하천으로의 생태복원사업이 이루어지고 있다. 하지만 하천의 특성을 고려하지 않은 무분별한 복원공법의 적용결과 호안의 안정성이 고려되지 않은 복원사업들이 진행되기도 한다. 진정한 자연하천으로의 복원은 하천기능의 회복과 함께 호안의 안정성까지 고려된 복원이어야 할 것이다. 본 연구에서는 경상남도 김해시의 생태복원 하천을 대상으로 하여 HEC-HMS, HEC-RAS 등과 같은 수리·수문 모형을 이용하여 다양한 조건의 유량과 수위에 대하여 소류력 평가 공식을 활용하여 시설 고수호안의 안정성을 분석하였다. 신어천을 대상으로 각 하천마다 적용된 공법을 조사하고 지점별 적용 공법과 평균 소류력의 관계를 파악하여 고수호안의 안정성을 분석하고자 하였다. 향후 본 연구결과를 활용하여 각 호안공법의 수리학적 설계기준을 제안할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 생태복원, 고수호안, 소류력, HEC-HMS, HEC-RAS

1. 서론

국내는 최근 들어 치수 기능만을 위한 공학적 효율 위주의 하천관리 정책에서 벗어나 삶의 질 향상과 살기 좋은 국토환경의 조성을 위하여 하천의 환경적 기능 개선을 위한 생태복원사업을 시작하였으며, 2005년 이후부터 전국적으로 사업을 추진되고 있는 실정이다. 치수기능 위주정책에서 환경기능을 동시에 고려한 정책 전환을 기술적으로 뒷받침하기 위해서는 최신의 하천관리 기술 및 지침 등이 요구되고 있다. 그러나 하천 환경의 보전, 복원에 관한 구체적이고 본격적인 기술개발이 없는 상태에서 1990년대 후반 이후 지자체별로 경쟁적으로 하천환경 개선, 복원사업을 추진함에 따른 사업의 비효율성, 비생태성, 비안전성 등의 문제가 노출되고 있다. 진정한 자연하천으로의 복원은 하천기능의 회복과 함께 호안의 안정성까지 고려된 복원이어야 할 것이다. 본 연구에서는 김해시의 생태복원 하천을 대상으로 하여 HEC-HMS, HEC-RAS 등과 같은 수리·수문 모형을 이용하여 다양한 조건의 유량과 수위에 대하여 소류력 평가 공식을 활용하여 시설 고수호안의 안정성을 분석하였다.

* 정회원 · 인제대학교 환경공학부 석사과정 · E-mail : basketball05@nate.com
** 정회원 · 인제대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : nii79@nate.com
*** 정회원 · 인제대학교 환경공학부 조교수 · E-mail : ydkim@inje.ac.kr
**** 정회원 · 인제대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : jh-park@inje.ac.kr

2. 대상 하천 현황

본 연구에서는 경상남도 김해시에 위치한 신어천을 대상하천으로 선정하였다. 신어천은 경상남도 김해시 삼방동 경운리고개(해발361.0m)에서 발원하여 서측의 분성산과 동측의 신어산(해발 630.4m) 사이로 북쪽에서 남쪽 방향으로 김해시를 경유하여 김해시 불암동 지선에서 서낙동강으로 유입하고 있다. 위도상으로는 동경 128° 54' 02" ~ 128° 56' 36", 북위 35° 15' 37" ~ 35° 13' 18"에 위치하고, 행정구역으로는 김해시 삼방동의 4개동 및 부산직할시 강서구 식만동을 포함하고 있다. 신어천의 유역면적은 18.08 km²이고, 유로연장은 6.5 km이다. 신어천의 유역형상은 동서에 비하여 남북 유역폭이 넓은 장방형으로 유역의 평균폭이 약 1.74 km에 이른다. 신어천은 범정준용하천으로, 하천 조사연장은 5.6 km로서, 하상재료의 평균입경은 0.41 mm ~ 7.87 mm로서 하류부는 미립토사이며 상류부는 자갈과 모래로 분포되어 있다. 유역의 평균 하상구배는 1/33 ~ 1/1141로서 대체로 하류는 완만한 편이나 상류부는 매우 급한 편이다.

본 연구에선그림 1에 나타난 바와 같이 신어천에 4개의 조사지점을 선정하여 각 구간에 대하여 호안의 안정성을 검토하였다. 조사지점의 선정이유는 신어천의 경우 자연형 하천복원사업으로 인하여 저수호안과 고수호안이 자연스러운 조화를 이루게 되고 여울과 웅덩이가 나타나는 등 복원사업의 성공적인 경우를 나타내기 때문이다. 따라서 본 구간에 대하여 지속적으로 모니터링을 실시함으로써 사용된 공법의 효율성과 공법별 호안의 안정성에 대하여 검토 하고자 하였다. 표 1은 각 조사지점의 위치와 호안 및 식생현황에 대한 사진을 나타낸 것이다.

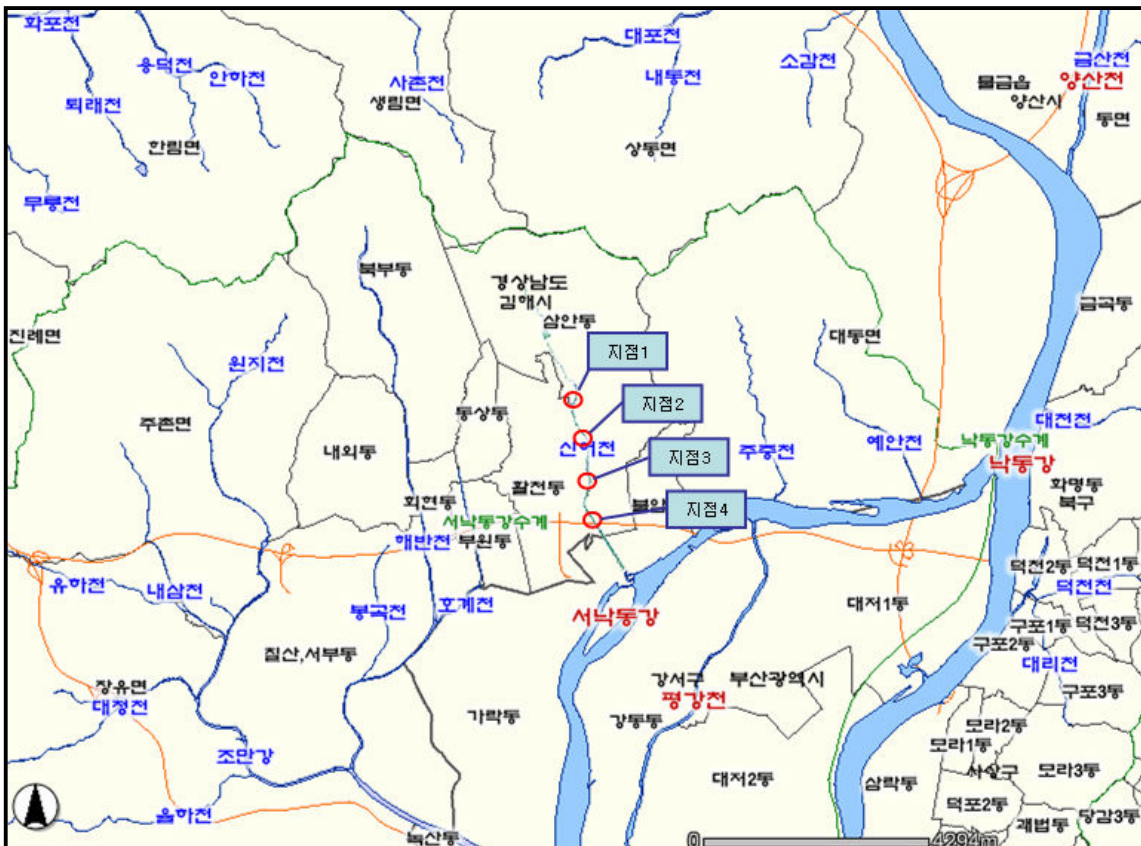


그림 1. 신어천유역 조사지점 선정

표 1. 신어천의 조사지점

	
<p>신어천 제 1 조사지점</p>	<p>호안 및 식생상태</p>
	
<p>신어천 제 2 조사지점</p>	<p>호안 및 식생상태</p>
	
<p>신어천 제 3 조사지점</p>	<p>호안 및 식생상태</p>
	
<p>신어천 제 4 조사지점</p>	<p>호안 및 식생상태</p>

3. 호안의 안정성 검토

낙동강 유역 하천의 경우 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미등의 큰 홍수 후 재정비된 하천이 대부분이기 때문에 2004년에서 2007년까지의 기간 동안의 큰 강우사상에 대하여 HEC-HMS를

통해 신어천 유역의 홍수량을 산정하고 HEC-RAS를 이용하여 각 단면에서의 유속과 수심을 계산하였으며, 그 결과를 소류력 계산공식에 대입하여 호안의 소류력을 검토하고 안정성을 평가하였다. 그림 2에 나타난 바와 같이 신어천 유역의 티센망을 구성한 결과, 신어천 유역은 부산측후소의 관측자료에 100% 의존하는 것으로 나타났다. 따라서 신어천 유역에 대한 기상특성을 파악하고 월평균과 일최대강우량도 부산측후소의 우량관측자료(2004년~2007년)를 이용하였다. 그림 3과 같이 2004년~2007년의 강우를 분석하여 다음과 같은 3가지의 경우의 강우사상에 대하여 HEC-HMS를 모의하였다(표 2 참조). 표 3은 신어천 유역의 HEC-HMS의 입력자료 구성을 나타낸 것이며, 이와 같은 방법을 사용하여 HEC-HMS를 수행한 결과는 표 4와 같다.

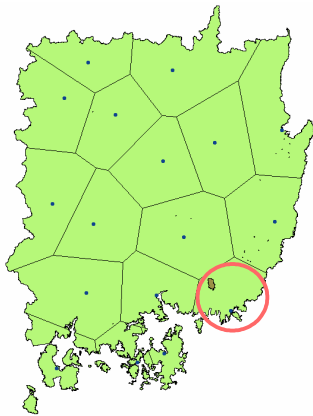


그림 2. 신어천 테센망 구성

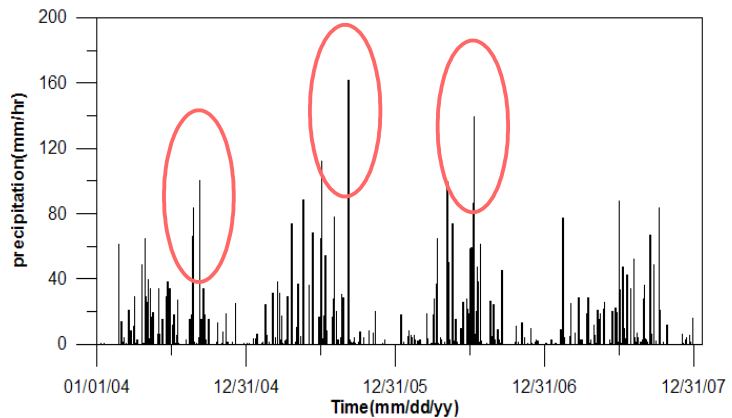


그림 3. 2004년~2007년 신어천 유역의 강우분석

표 2. 2004~2007년 강우분석결과

	강우 시작일	강우 종료일	지속기간 (day)	총 강우량 (mm)	최대강우량 (mm/hr)
1 case	2005년 6월 26일	2005년 7월 5일	10일	222.5	37
2 case	2005년 9월 5일	2005년 9월 6일	2일	163.5	20.5
3 case	2006년 7월 8일	2006년 7월 12일	5일	295.5	27.5

표 3. 신어천 유역의 HEC_HMS 입력 자료 구성

HEC-HMS 분석항목		내용
유역 자료	유역손실	3개 소유역 SCS Curve No. method
	유역변환	Clark method
	유역추적	muskingum
	기저유출	단기 사상에 대한 분석으로 고려하지 않음
기상 자료	강우자료	부산 기상청자료 활용(시간 강우)
	증발량자료	단기 사상에 대한 분석으로 고려하지 않음

표 4. 신어천 유역의 HEC-HMS 수행 결과

	강우 시작일	강우 종료일	W.S 1	W.S 2	W.S 3	비고
1	2005년 6월 26일	2005년 7월 5일	26.138	23.390	17.135	-
2	2005년 9월 5일	2005년 9월 6일	16.415	14.689	10.921	-
3	2006년 7월 8일	2006년 7월 12일	27.996	25.052	18.579	-

HEC-HMS를 수행한 결과 2006년 7월 8일~7월 12일에 대한 강우사상이 가장 큰 것으로 산정되었으며, 이 시가의 첨두홍수량을 HEC-RAS에 유량조건으로 하여 수심과 유속을 산정한 뒤 소류력 계산 공식을 사용하여 호안의 안정성을 검토하였다. 소류력 산정 공식은 뒤뵈아의 식을 사용하였으며 그 결과는 다음과 같다.

$$\Rightarrow v^* = \frac{\sqrt{g} \cdot v \cdot n}{CME \cdot D^{1/6}}$$

- v = 평균유속 CME = coefficient = 1
 n = 조도계수 D = 수심(계획홍수위 - 최심하상고)
 $\tau = \gamma RI = \rho (v^*)^2 \Rightarrow$ 뒤뵈아의 식을 이용한 소류력 산정
 τ = 소류력(Kg/m^2) R = 경심
 ρ = 물의 밀도 I = 수면경사
 v^* = 전단속도(shear velocity)

표 5. 신어천 유역의 지점별 소류력 산정결과

	수심 (m)	유속 (m/s)	전단속도 (m/s)	소류력 (kgf/m ²)	적용되어있는 호안공법
제 1 지점	1.465	2.72	0.160	2.603	고수호안 : 블럭공법 저수호안 : 징검다리 여울
제 2 지점	1.805	1.85	0.105	1.123	고수호안 : 블럭공법 저수호안 : 거석놓기
제 3 지점	1.96	1.475	0.083	0.695	고수호안 : 블럭공법 저수호안 : 징검다리 여울
제 4 지점	1.765	1.14	0.065	0.430	고수호안 : 콘크리트 제방 저수호안 : 거석놓기

4. 결론

본 연구에서는 자연형 하천복원이 이루어진 신어천 유역을 대상으로 복원공법에 따른 호안의 안정성을 검토하기 위하여 HEC-HMS와 HEC-RAS 모형을 이용하였다. 향후 지속적인 모니터링으로 호안의 공법별 안정성과 식생과의 상호관계 등을 조사하여 호안의 안정적 설계기준을 제시함에 있어서 기초자료로 활용하고자 한다.

감 사 의 글

본 연구는 건설기술혁신연구개발사업인 ECORIVER21 자연과 함께하는 하천복원 기술개발연구단의 지원(과제번호: 3-2)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 박재현, 조경제, 김상준, 윤성용 (2001). 김해시 신어천 자연형 하천정화사업 기본설계 결과 보고서
2. 신어천 하천정비기본계획 (1995). 김해시