

# 자연형 하천의 복원에 따른 홍수위 변화와 피해 분석

## - 부산시 온천천 대상 -

### Analysis of Flood Water Level Change and Flood Hazard by Natural Stream Restoration

#### - On-Cheon Stream in Busan -

박용운\*, 홍일표\*\*

Yong Woon Park, Il Pyo Hong

## 요 지

최근 급속한 도시화에 따른 토지이용 증가와 토지이용 효율성의 증대는 불투수 표면의 확대, 유역의 조도 계수 감소와 함께 유입시간의 단축, 수로망 정비에 의한 침투유량의 증가, 도달시간의 감소를 발생시켜, 수로의 통수능 증가와 저류량의 급격한 감소 등 전반적인 수문현상의 변화를 가져와 도시 하천유역에 홍수 피해를 빈번히 발생시키고 있을 뿐만 아니라 근시안적인 난개발로 인해 하천 생태계가 파괴되는 등 하천 오염이 갈수록 심각해지고 있다. 근년에 들어 이런 문제 해결을 위해 하천정비시 자연형 개념을 도입하여 공사가 시행되고 있으며 본 연구의 대상하천으로 선정된 온천천이 부산의 그 대표적인 예라 하겠다.

본 연구에서는 자연형 하천의 복원에 따른 홍수위 변화와 피해 분석을 위해 먼저 온천천이 자연형 하천으로 복원되기 이전의 하도 단면과 복원 후 변화된 하도 단면으로 분류하였으며, GIS 기법을 이용해 공간 지형자료를 정량적으로 산출하였다. 하천 복원에 따른 특성 분석을 위하여 부산지방기상청으로부터 수집된 강우자료를 이용하여 확률강우량을 산정한 후 빈도별 홍수량을 산정하였다. 산정된 빈도별 홍수량을 HEC-RAS(River Analysis System) 모형에 적용하여 복원 전·후의 홍수위를 모의한 결과 온천천의 친수공간을 대표하는 주요 지점에 대해 안전하다고 판단되었으나 온천천이 시민들의 친수공간으로 이용되고 있는 자연형 하천임을 고려할 때 돌발홍수에 대한 홍수예경보가 반드시 필요하다고 본다.

**핵심용어 : 자연형 하천, 하천 복원, 하천정비, 홍수위, 홍수관리**

## 1. 서론

자연형 하천 만들기는 1970년대 독일, 스위스에서 시작되어 미국, 일본 등 선진 외국에서 하천의 친수성을 높이고 생태계를 보전하는데 중요한 역할을 하고 있다. 우리나라는 1990년대 초반부터 이 개념이 도입되어 검토되기 시작했다. 온천천은 하루평균 만 명의 시민들이 찾고 있는 부산의 대표적인 도심하천으로 넉넉한 둔치에 온갖 꽃과 풀이 자라고 있으며 친수공간과 체육시설 등 편의시설이 잘 갖춰져 있다. 하지만 과거의 온천천은 직강화 하천 계획과 무분별한 복개, 하천 제방의 콘크리트화 등으로 하천 생태계가 거의 파괴되었을 뿐 아니라 대도시의 배수로로 전락하였으며 하천 둔치마저 대규모 주차장으로 쓰이기 시작하면서 하천오염이 갈수록 심각해졌다. 부산시에서는 1995년부터 온천천 살리기 사업을 시작하여 1996년 실태조사 및 자연형 하천사업 용역 수행을 거쳐 지금까지 계속적으로 자연형 하천정비사업을 추진하고 있다. 2011년까지 전체의 1/3에 달하는 콘크리트 바닥을 모두 철거해 자연 친화형 하천으로 거듭날 계획을 세우고 있지만 보다 면밀한 사전조사를 통해 계획적인 하천정비가 이뤄져야 할 것이며 많은 관심과 노력이 필요하다고 본다.

\* 정희원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·공학석사·E-mail : ywpark@kict.re.kr - 발표자

\*\* 정희원·한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원·공학박사·E-mail : iphong@kict.re.kr

본 연구에서는 온천천이 자연형 하천으로의 복원으로 인해 홍수위 변화와 홍수 피해에 얼마나 영향이 있는지를 분석하였으며 친수공간을 대표하는 주요지점에 대해 홍수량과 계획홍수위에 대한 검토를 수행하였다.

## 2. 유역 개황

온천천은 수영강의 제1지류로서 수영강 하구로부터 약 3.1 km 상류지점에서 수영강의 우안측으로 유입하는 지방2급 하천으로 유역면적은 56.28 km<sup>2</sup>, 유로연장 14.85 km이며 14개의 소하천으로 이루어져 있다. 토지이용 현황은 43.5%가 임야, 42.7%가 주거지, 9.5%가 초지, 3.9%가 나대지, 기타가 0.4%로 이용되고 있으며, 인구가 밀집한 도시 유역으로 도시화율이 높고 자연형 하천정비사업이 진행 중이다.

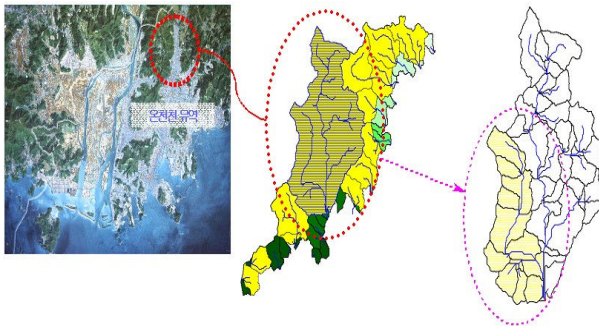


그림 1. 온천천 유역

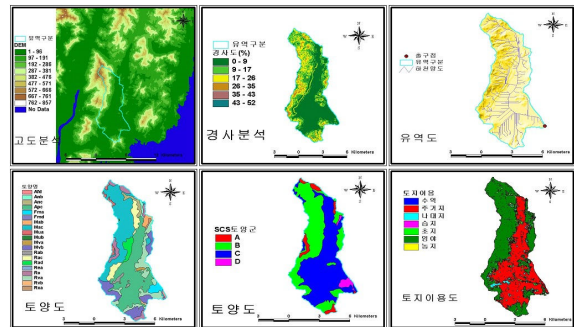


그림 2. 온천천 수문 GIS 자료

## 3. 연구의 내용

### 3.1 강우분석 및 빈도별 홍수량 산정

온천천과 같이 규모가 작고 홍수도달시간이 짧은 하천의 첨두홍수량은 단시간 강우에 크게 좌우되므로 단시간 강우의 분석에 대한 적용이 필요하다. 따라서, 재현기간별(1년, 30년, 50년, 80년, 100년, 150년, 200년) 홍수량 산정을 위해서 부산측후소의 시강우 자료를 이용하여 통계분석한 후 채택된 확률강우량으로부터 빈도별 홍수량을 산정하였다. 빈도별 홍수량 산정시 하천시설기준에 제시되어 있는 유역추적법, Kajiya, 수정 Kajiya(1), 수정 Kajiya(2), Nakayasu, 합리식 등 6가지 방법 중에서 유역의 지형학적 특성과 강우의 시간적 분포를 고려할 수 있는 유역추적법을 채택하였으며 8개 지점에 대해 산정한 결과를 표 1에 제시하였다.

표 1. 빈도별 홍수량 산정 결과

산정지점	빈도별 홍수량 (m <sup>3</sup> /s)							비고
	1년	30년	50년	80년	100년	150년	200년	
No. 254	12	95	106	116	121	130	136	구남산교 지점
No. 216	17	139	156	171	178	191	200	금남교 지점
No. 198	23	185	207	227	237	254	267	안뜰교 지점
No. 166	28	230	257	282	294	316	331	장전교 지점
No. 127	35	278	311	341	355	381	400	온천5호교 지점
No. 92	40	304	339	371	387	414	434	동래교 지점
No. 69	48	354	395	433	451	483	506	세병교 지점
No. 45	69	470	523	572	594	636	666	연안교 지점

### 3.2 HEC-RAS 모형의 수행

본 연구에서는 온천천이 복원되기 이전의 하도 단면과 복원 후 변화된 하도 단면으로 분류하여 각각의 하

도를 HEC-RAS 모형을 이용하여 구축하였고 산정된 빈도별 홍수량을 적용하여 복원 전·후의 홍수위를 그림 3과 같은 과정으로 모의하였다.

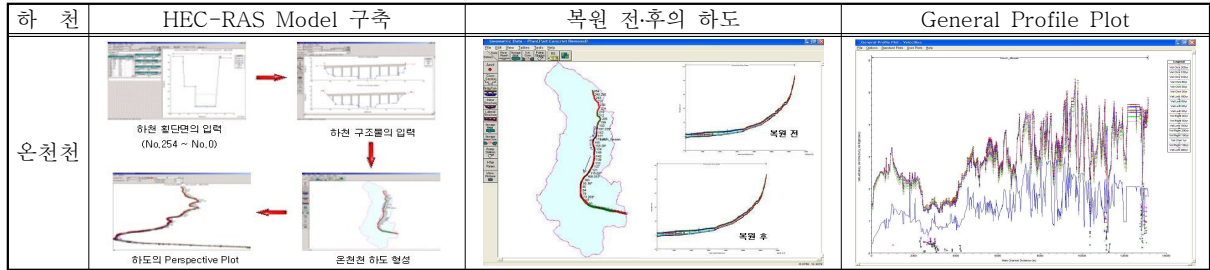


그림 3. 온천천 HEC-RAS 모형의 수행

### 3.3 홍수위 분석 기법

대상 하도에서는 다수의 하천 구조물 및 급한 하도 경사에 의하여 상류만이 아닌 사류와 상류가 동시에 존재하고, 도수가 발생하는 등의 혼합류(Mixed Flow) 수리 특성을 가지고 있다. 따라서 홍수위 분석시 운동량 방정식에 의한 혼합류 분석을 실시하였다.

### 3.4 대상하천의 조도계수 변화

조도계수는 유체에 대한 마찰 저항을 나타내는 계수로서 일반적으로 Manning의 조도계수를 의미한다. Manning 조도계수에 영향을 주는 요소들로는 수로의 표면조도, 수로 내의 식물, 수로의 부정, 수로법면 보전 및 세굴, 장애물, 수로의 크기와 형태, 수위 및 유량, 계절적 변화 등 매우 다양하며 결정방법으로는 하도상황 및 하상재료에 의한 추정방법, 수위-유량(H-Q)곡선에 의한 추정방법, 홍수흔적을 조사하여 부등류 계산에 의한 추정방법 등이 있다. 본 연구에서는 하천설계기준 하천상황별 조도계수 범위에서 상기한 제반 상황을 고려하여 조도계수 값을 결정하였으며 표 2에 제시하였다.

표 2. 결정된 조도계수 값

구 분	콘크리트 라이닝구간	옹벽 호안	자연고수부지	자연하천법면	암반 및 사석 노출구간	
조도 계수	복원 전	0.017	-	-	0.035	0.033
	복원 후	0.017	0.017	0.027	0.030	0.033

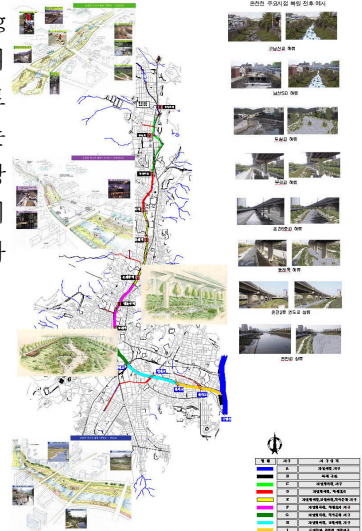


그림 4. 변화된 온천천의 모습(oncheoncheon.or.kr)

## 4. 복원 전·후의 홍수위 변화와 피해 분석

자연형 하천 복원에 있어 중요한 점은 홍수를 조절하는 치수기능을 유지할 수 있는가 하는 것이다. 온천천 복원 전·후의 홍수위 변화를 해석해 본 결과 자연형 하천 복원 후 홍수위가 낮아진 것으로 분석되었는데 세병교 상류는 약 0.12 m, 하류는 약 0.06 m 하강하였다. 하지만 콘크리트 바닥으로 덮혀 있는 중상류 구간인 온천장역~동래역주차장(No.134~No.91)에서는 홍수위가 약 0.3 m 상승된 것으로 나타났다. 빈도별 홍수위 변화를 검토하기 위해 내성교차로~연안교(No.82~No.46) 구간만을 분석한 결과 1년 빈도의 경우는 거의 차이가 없었으며 30년, 150년, 200년 빈도는 약간의 차이를 보였고 50년, 80년, 100년 빈도는 홍수위 차가 컸다. 특히, 100년 빈도가 복원 전·후에 있어 가장 큰 홍수위 차를 보였는데(그림 5) 대상하천이 지방2급 하천(국내 치수경제 대상빈도: 50~200년)인 점과 해당하천의 중요도 및 토지이용 현황, 최근의 기상이변과 도심

하천인 점을 고려해 볼 때 100년 빈도를 계획규모로 결정하면 타당할 것으로 판단된다. 온천천의 자연고수부지 및 홍수 호안은 평상시에는 자연관찰장소로 이용되다가 홍수시 저류지의 역할을 수행하므로 본 연구 결과를 놓고 볼 때 홍수 피해에 대해 안전하다고 판단되나 시민들의 친수공간으로 이용되고 있는 자연형 하천임을 고려할 때 돌발홍수에 대한 홍수예경보가 반드시 필요하다고 본다.

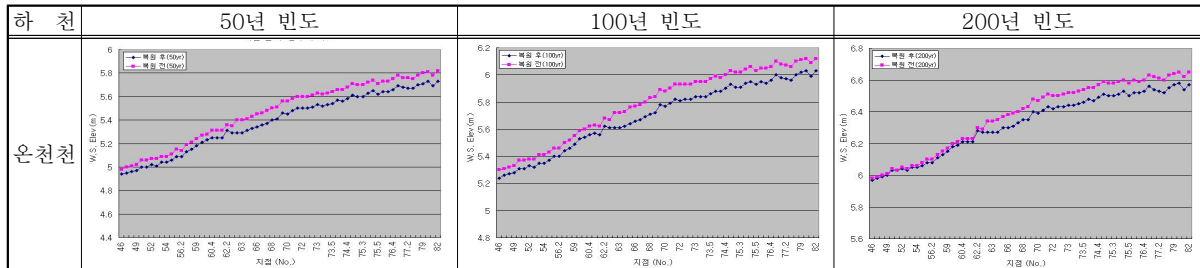


그림 5. 복원 전·후의 홍수위 비교

## 5. 결론

본 연구는 온천천에 대해 기존 직강화되고 확일적으로 정비된 하천에서 자연형 하천으로의 복원으로 인해 홍수위 변화와 홍수 피해에 얼마나 영향이 있는지를 분석하였다. 먼저 GIS 기법을 이용해서 공간 지형자료를 정량적으로 산출하였고 HEC-RAS 모형을 이용하여 복원 전·후의 하도를 구축한 다음 시강우 자료를 이용하여 이를 통계분석한 후 채택된 확률강우량으로부터 빈도별 홍수량을 산정하여 수리분석을 실시 복원 전·후의 홍수위를 모의하였다. 또한 온천천의 친수공간을 대표하는 주요지점에 대해 홍수량과 계획홍수위에 대한 검토를 수행하였으며 결론은 다음과 같다.

첫째, HEC-RAS 모형을 이용하여 수리분석을 실시 복원 전·후의 홍수위를 모의한 결과 자연형 하천 복원 후 홍수위가 낮아진 것으로 분석되었으며 빈도별 홍수위 변화를 살펴본 결과 100년 빈도의 경우 홍수위 차가 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과를 놓고 볼 때 홍수 피해에 대해 안전하다고 판단되나 온천천이 시민들의 친수공간으로 이용되고 있는 자연형 하천임을 고려할 때 돌발홍수에 대한 홍수예경보가 반드시 필요하다고 본다.

둘째, 자연형 하천 공법의 수리적 안정성 검토를 위해서는 장기간의 충분한 수리, 수문에 관한 자료가 필요하다. 그러나 본 대상유역에는 그동안 수문관측시설이 전무하였고 자료 또한 충분치 못하였다. 최근 도시홍수재해관리기술 연구사업을 진행하면서 2005년 7월에 수위계 1조와 우량관측소 1조가 설치되었지만 추후 더 많은 검토를 통해 수문관측시설의 추가 설치가 절실히 요구된다.

셋째, 자연형 하천 복원에 있어 철저한 사전조사가 필요하며 하천 복원 후 시공에만 그치는 것이 아닌 성과를 정확히 분석하고 그 목표를 달성하였는가에 대한 평가를 위해 모니터링 계획 수립과 지속적인 관리가 요구되고 하천평가를 위한 종합적인 기준 제시가 필요하다.

## 참고 문헌

1. 국립방재연구소 (1999). 자연형 하천 공법의 재해특성분석에 관한 연구(I) -소하천의 자연형 하천 공법 적용 사례 및 유형별 피해 사례 조사를 중심으로.
2. 국립방재연구소 (2000). 자연형 하천 공법의 재해특성분석에 관한 연구(II).
3. 한국건설기술연구원 (2002). 임진강유역 홍수피해 원인조사 및 항구대책 수립 요약보고서.
4. 부산광역시 (2004). 온천천 하천정비기본계획 보고서.
5. 인천발전연구원 (2005). 장수천의 자연형 하천 복원 사업 평가.
6. 한국하천협회 (2006). 자연형 하천 복원 학술 심포지엄, 양재천 자연형 하천 복원 10년.
7. 온천천살리기 네트워크 <http://www.oncheoncheon.or.kr/>.