

HEC-RAS 모형을 이용한 온천천 8월 홍수 분석



이 두 한 ●●●

한국건설기술연구원 하천해안연구실 연구위원
dhlee@kict.re.kr

1. 서론

온천천은 수영강의 제1지류로 수영강 하구로부터 약 3.1km 상류지점에서 유입하는 지방하천이며 유역 면적은 56.28km², 유로 연장은 14.85km이다. 온천천 유역은 부산광역시 동래구 전부와 금정구의 대부분을 포함하고 있으며 유역에 해당 되는 행정구역 내 총 인구는 2002년 기준으로 122만명이다(부산광

역시, 2004). 또한, 온천천을 따라 부산 도시철도(범어사역~교대역)가 지나고 있어 홍수 발생시 피해가 크게 발생할 수 있는 전형적인 도심하천이다.

하상 경사는 상류로부터 장전교까지 약 1/100, 중류에 해당하는 장전교에서 온천교 지점까지 약 1/300, 온천교에서 수영강 합류점까지 약 1/1,400(부산광역시, 2004)으로 수영강 합류점을 제외한 대부분의 구간에서 급한 경사를 나타내고 있다. 금번 2014년 8월 25일 홍수에서도 하류에 속하는 세병교의 수위가 2m에서 6.12m까지 상승하는데 소요된 시간은 1시간 20분에 불과하였다. 도심에 위치한 하천 특성으로 홍수에 대비한 충분한 통수단면 확보에 한계가 있는데 최근까지 여름철 집중 호우 기간에 범람 위기가 자주 발생하고 있다(그림 1~그림 3 참고).



그림 1. 2009년 7월 16일 온천천 세병교 지점
(<http://blog.daum.net/2100ys/13415339>)



그림 2. 2012년 7월 15일 온천천 연안교 지점
(동래인터넷신문, 2012.07.15.)



그림 3. 2014년 8월 25일 온천천 세병교 지점
(<http://m.blog.daum.net/2100ys/13415790>)

본 고에서는 수리학적 모형인 HEC-RAS 모형을 이용하여 금번 온천천 홍수의 특성을 분석하여 제시하고자 하였다. 분석에서는 제한된 측정자료로 인하여 다양한 가정의 도입이 불가피하였으며 짧은 분석 기간으로 인하여 심도 있는 분석이 이루어지지 못한 한계가 있음을 밝혀둔다.

2. HEC-RAS 부등류 모형을 이용한 홍수 위 분석

HEC-RAS 모형을 이용하여 1차원 부등류 모의를 수행하고 이를 이용하여 2004 하천기본계획 대비 홍수위 비교를 수행하였다. 온천천의 하천기본계획은 2004년 수립되었으며 2007년 온천천 종합정비 시행계획을 수립하여 2011년 4월에 온천천 종합정비공사가 준공되어 현재에 이르고 있다(부산발전연구원, 2012). 본 고에서는 2007년 온천천 종합정비 시행계획 당시의 HEC-RAS 단면 자료를 이용하였다((주)한국종합기술, 2007).

8월 25일 홍수 당시 수위자료는 부산대학교 하천 및 수자원 연구실의 실시간 모니터링 시스템 (<http://pnuhydro.pusan.ac.kr/>)에서 수집하였다. 분석에 이용한 자료는 온천천 하류 지점인 세병교 수위자료와 수영강 하류 지점인 좌수영교의 수위자료이다(그림 4 및 그림 5 참고). 그림 4에 의하면 수위가 2m에서 최고 수위인 6.12m에 도달하는 시간은 1시간 20분이다.

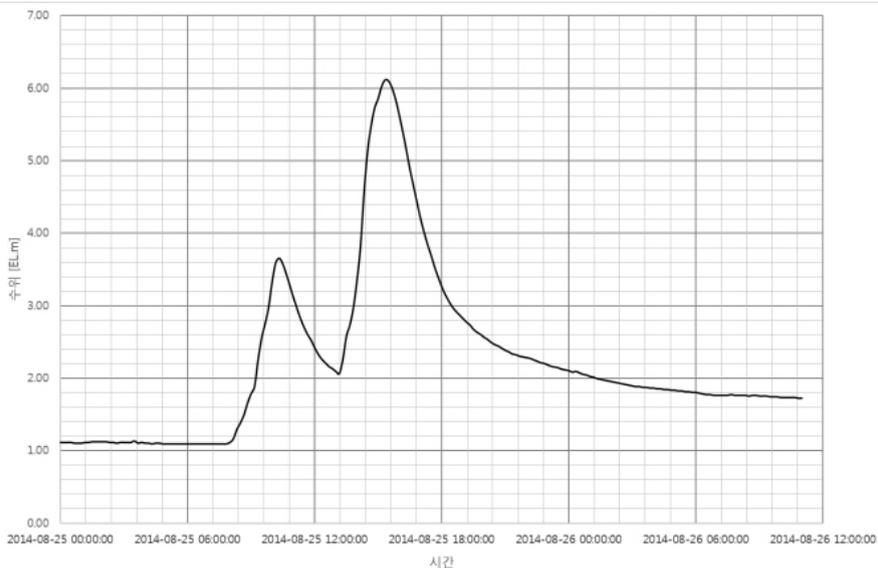


그림 4. 2014년 8월 25일 홍수시 온천천 세병교 수위 자료

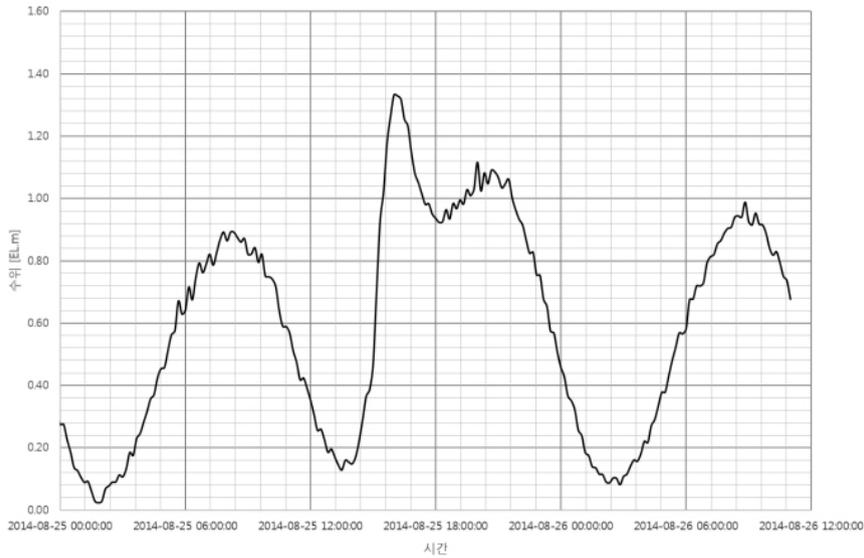


그림 5. 2014년 8월 25일 홍수시 수영강 좌수영교 수위 자료

온천천에서 관측수위에 의해 조도계수를 산정한 사례가 거의 없고 본 고에서도 가용한 자료가 2007년 종합정비시행계획 당시의 단면자료 및 조도계수, 금번 홍수기의 수위자료 등으로 제한되어 있어 분석에 한계가 있다. 본 고에서는 2007년 당시의 조도계수를 기본값으로 금번 홍수기의 수위자료를 이용하여 조도계수를 조정하였다. 이를 위해서는 세병교의 수위-유량관계가 필요한데 세병교 지점에서 유량

측정 성과가 있으나 저수위에 한정되어 있다. 본 고에서는 홍수시에는 조도계수의 영향이 작다는 가정하에 저수위의 유량측량 성과를 이용하여 조도계수 검정을 수행하였다.

세병교 지점의 저수위의 관측 수위-유량은 신현석 등(2005)의 자료를 참고하였으며 이를 동일 유량에 대한 HEC-RAS 모형의 조도 조정에 의한 수위와 비교하면 다음과 같다.

표 1. 온천천 세병교 지점 저수위 수위-유량 비교

유량(m ³ /sec)	관측수위	HEC-RAS 모의 수위(m)
18.04	1.34	1.42
20.26	1.44	1.48
22.89	1.54	1.54
25.53	1.64	1.62

위와 같이 시행착오를 통해 결정된 HEC-RAS 모형의 조도를 고정시키고 유량을 증가시켜 세병교 지

점의 수위-유량관계를 그림 6과 같이 도출하였다. HEC-RAS 모형에 의해 도출된 추정 수위-유량 관

계를 이용하여 8월 25일 당시의 세병교 지점의 유량을 도출하였다. 이 결과는 저류함수모형에 의한

세병교 지점과 장전교 지점의 유출량 산정에 이용되었다.

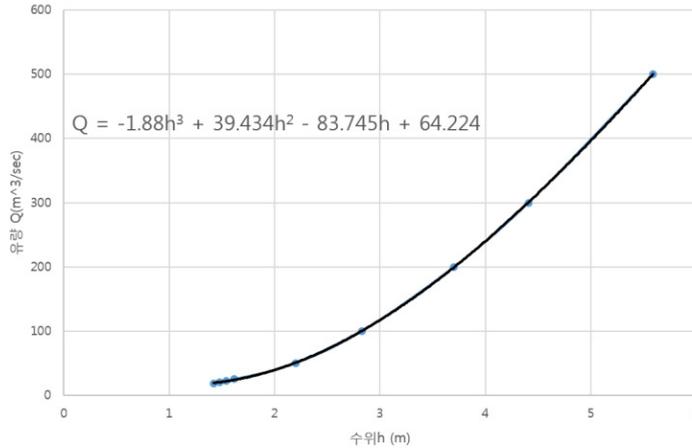


그림 6. HEC-RAS 모의에 의한 세병교 지점 추정 수위-유량 관계

HEC-RAS 부동류 모의에서 주요 지점의 유입량은 세병교 지점의 추정 홍수량을 기준으로 면적비로 환산하여 입력하였으며 이에 의한 추정 홍수위 계산 결과는 그림 7과 같다. 주요 지점의 추정 유량과 홍수량을 2004년 기본계획과 비교하면 표 2와 같다. 표 2에 의하면 최상류 청룡교를 제외한 하류 전 지점에서 추정 홍수량과 홍수위가 2004년 당시의 기본계획 홍수량과 홍수위를 상회하는 것으로 나타났

다. 세병교 지점의 수위가 관측 수위에 비해 다소 높게 나타난 점을 고려하면 금번 HEC-RAS 결과가 실제 관측치에 비해 홍수위를 과대하게 산정하고 있음을 알 수 있다. 또한 온천천 유역에서 고유량 관측 결과가 없어 보다 정확한 분석이 불가하였지만, 세병교 관측 수위 자체가 설계 홍수위를 상회하고 있음을 고려하면 금번 홍수가 설계 홍수 이상이라는 추정이 가능하다.

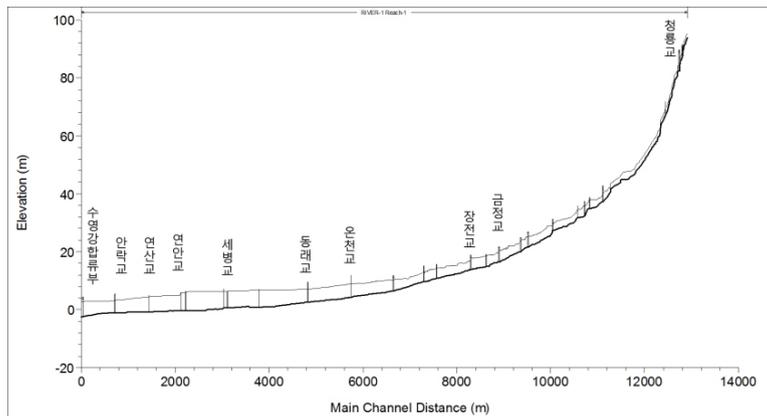


그림 7. HEC-RAS에 의한 8월 25일 온천천 추정 홍수위

표 2. HEC-RAS에 의한 8월 25일 온천천 추정 홍수위 비교

지점	누가 거리 (km)	기본계획(2004)		2014년 8월 홍수	
		계획홍수량 (m ³ /sec)	계획홍수위 (m)	추정 홍수량 (m ³ /sec)	추정 홍수위 (m)
안락교	0.7	594	2.96	770	3.39
연안교	2.2	594	5.14	770	6.05
세병교	3.1	451	5.62	550	6.37
동래교	4.8	355	7.21	401	7.50
장전교	8.3	294	17.31	313	17.85
청룡교	12.7	121	85.19	110	84.96

3. HEC-RAS 부정류 모형을 이용한 홍수 위 분석

주요 지점의 시간별 수위변화를 분석하기 위하여 HEC-RAS 모형의 부정류 모형을 이용한 모의를 수행하였다. 단면자료는 부등류 모의 시에 사용된 자료를 기본으로 장전교 지점부터 수영강 합류점까지의 자료를 이용하였다. 금번 홍수에 대한 저류함수법에 의한 유출량 자료를 세병교 지점과 장전교 지점에서 제공받아 상류 경계는 부득이하게 장전교로 설정하였다.

부정류 모형은 단면 하상고의 불규칙성과 통수단면의 급격한 변화에 의해 발생되는 경우가 많은데 특히 금번 온천천 홍수 사상의 경우에는 급격한 수위 및 유량 변화로 모형의 계산 안정성을 위한 단면 자료 수정이 불가피하였다. 이를 위해 구간 내의 교량 구조물을 고려하지 않았으며 단면의 불규칙성에 의해 발산이 발생하는 지점의 단면을 선형화하였다. 교량을 고려하지 않음으로서 하도 전체의 흐름 저항이 과소 산정되므로 세병교의 관측 수위를 기준으로 조도계수를 상향 조정하였다.

실제 홍수 사상은 그림 4에서 제시된 것과 같이 최대 홍수위 발생 전에 소규모 국부 홍수가 발생하였으나 본 고에서는 부정류 모형의 안정성을 고려하

여 최대 홍수위 1개 사상에 대해서 모의하였다. 그림 4의 관측 결과에 의하면 세병교 지점에서 수영강 하류의 조위의 영향은 없는 것으로 나타났으나 이상화(2012) 등의 연구에 의하면 온천천 하류에서 700m 지점까지 홍수시에 조위 영향이 나타나는 것으로 분석되었다. 본 모의에서는 이를 고려하여 하류 경계 조건을 온천천 최하류에서 1.6 km의 가상 하류경계를 설정하고 가상 하류경계에 그림 5의 좌수영교 관측수위를 경계조건으로 설정하였다.

유입유량곡선은 저류함수법에서 산정된 장전교 지점의 유량을 상류 유입조건으로 하고 세병교 직상류에 가상적인 횡유입을 설정하여 모의하였다. 세병교 직상류의 횡유량은 장전교 지점의 유입량만을 고려한 HEC-RAS 부정류 모의 결과와 관측지점의 가상적 수위-유량관계의 차이로 역산하여 설정하였다. 상류 경계 및 하류 경계 입력 시간 간격은 10분으로 하였으며 계산 간격은 10초로 설정하여 모의를 수행하였다.

이상에 의한 세병교 지점의 부정류 모의결과를 관측치와 비교하면 그림 8과 같다. 첨두 홍수 이후 수위 하강에서 관측치와 다소 차이를 나타내고 있으나 첨두 홍수 도달시간 및 첨두 수위는 유사하게 모의됨을 확인할 수 있다. 장전교 하류 구간의 시간별 수위 변화 및 주요지점 수위 변화는 그림 9 및 그림 10

과 같다. 모의 결과에 의하면 13시에서 14시 사이에 상류 구간인 장전교~동래교 사이의 수위가 상승하기 시작하며 14시에는 15시 사이에 급격한 수위 상승이 발생하여 세병교를 중심으로 상하류의 수위가 최대 수위에 접근하며 이후에는 세병교 상류의 수위는 다소 낮아지면 세병교 하류의 수위가 상승한다. 부정류 모의 구간의 최상류인 장전교의 최대 수위는 15시 10분에 발생하였으며 하류를 따라서 동래교, 세병교, 안락교에서는 10분 간격으로 최대 수위

가 발생하였다.

4. 결론

본 고에서는 수리학적 모형인 HEC-RAS 모형을 이용하여 금번 온천천 홍수의 특성을 부정류 및 부정류 모의에 의해 분석하였다. 제한된 관측자료 및 분석 기간으로 인하여 다양한 가정을 도입하여 분석

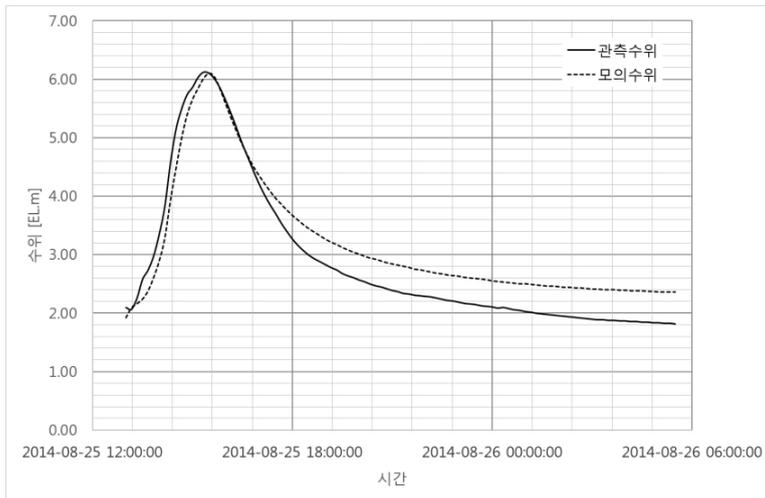


그림 8. HEC-RAS 부정류 모의 결과(세병교 지점)

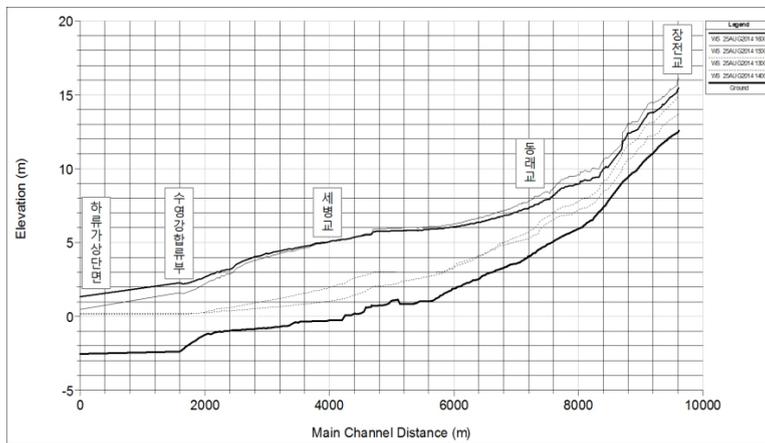


그림 9. 부정류 모의에 의한 장전교 하류 구간 시간별 수위변화

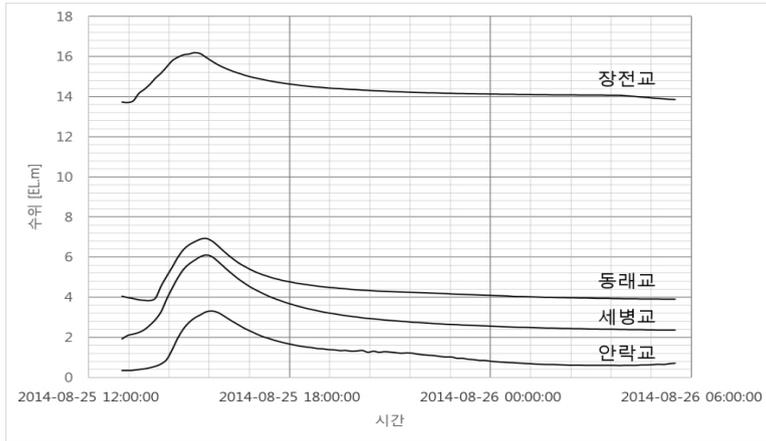


그림 10. 부정류 모의에 의한 주요 지점 수위 변화

을 수행하여 실제 홍수 발생 양상과 다소 차이의 있으나 도달시간이 매우 짧은 도시 홍수의 특성을 제시하였다고 판단된다.

세병교 지점의 관측자료에 의하면 금번 홍수는 설계 홍수 이상으로 추정되며 최고 수위 도달 시간도 2시간 이내로 홍수의 하류 전파 시간도 매우 짧은 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 온천천은 국내 도시 하천이 가진 하천관리 측면에서의 취약성을 잘 보여 주고 있는 사례라 판단된다. 수리학적 측면에서 이에 대응하기 위해서는 도달 시간이 짧은 도시홍수에

대응할 수 있는 관측 및 예보 체계의 재정비가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 기사는 한국건설기술연구원 주요사업 '지하시설 침수 안전 향상 기술 개발'의 일부로 작성되었으며, 온천천 유역 수위자료를 제공해 주신 부산대학교 신현석 교수님께 감사드립니다. 🙏



참고문헌

<http://blog.daum.net/2100ys/13415339>

동래인터넷신문, <http://blog.daum.net/dni/25>, 2012.07.15.

부산광역시 (2004), 온천천 하천정비기본계획 보고서.

부산대학교 하천 및 수자원 연구실의 실시간 모니터링 시스템, <http://pnuhydro.pusan.ac.kr/>. 부산발전연구원 (2012), 도시하천 환경 평가 및 지속관리방안 온천천을 대상으로, pp. 14-15.

신현석, 박용훈, 김홍태 (2005), SWMM과 HEC-RAS 모형을 이용한 해안 도시 홍수예정보 시스템 구축, 한국수자원학회 2005년도 학술발표회 논문집, pp. 816-820.

이상화, 이한승, 김재중, 박동훈 (2012), Delft-3D를 이용한 온천천의 조위 영향범위 검토, 한국수자원학회논문집, 제45권 제5호, pp. 465-472.

(주)한국종합기술 (2007), 온천천 종합정비시행계획.