

HEC-RAS를 이용한 오십천의 수위변화 해석 :태풍산바의 영향을 중심으로

Analysis of Flood Level Variation in Oship Stream Using HEC-RAS : Focuses on the Impact of the Typhoon Sanba

전계원

강원대학교 방재전문대학원

Kye-Won Jun(kwjun@kangwon.ac.kr)

요약

최근 기후변화에 의한 영향으로 태풍의 발생빈도가 증가하고 있으며 그 결과 산지하천의 경우 상류부의 유량증가와 하류부에 빈번한 수위상승을 가져오고 있다. 본 연구에서는 2012년 9월 17일~18일에 우리나라에 직접적인 영향을 준 태풍 산바의 영향으로 발생한 집중호우가 산지하천 하류부 수위 변동에 어떤 영향을 주는가를 분석하였다. 삼척 오십천 유역을 대상구역으로 선정하고 HEC-RAS모형을 적용하고 홍수위 분석을 실시하였다. 그 결과 2012년 측정된 관측수위와 HEC-RAS모형에 의해 모의된 수위가 유사한 결과를 나타냈으며 최대 홍수위는 5.32m, 평균유속은 2.33m/sec, 최대수로수심은 7.51m로 모의 되어 태풍 산바에 의해 내린 집중호우가 오십천의 수위상승에 영향을 미친 것으로 판단되며, 향후 구축된 자료는 하천정기기본계획 수립시 수공구조물 설계에 기초자료로 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 수위변화 | HEC-RAS | 수리모델링 | 오십천 |

Abstract

Recently, the frequency of typhoons have increased due to the effects of climate change. As a result, in mountain streams, it has caused streamflow increase upstream and frequent water surface elevation downstream. This study analyzed the effects of the heavy rainfalls caused by Typhoon Sanba, which had a direct impact on Korea between September 17 and 18, on the water level variations downstream in mountainous streams. In addition, the drainage basin of Samcheok Oship stream was chosen as the object of this study. This study analyzed the flood level by applying HEC-RAS model. The observed water level measured in 2012 and the water level simulated by HEC-RAS model showed similar results. In addition, the simulation results showed the maximum flood level was 5.32m the mean flow velocity was 2.33m/sec and the maximum channel water depth was 7.51m. The analysis showed that the heavy rainfalls caused by Typhoon Sanba had an impact on the water surface elevation in Oship stream. The final results from this study will give a reasonable and important data to perform the Design of Hydraulic Structure

■ keyword : | Level Variation | HEC-RAS | Hydraulic Modeling | Oship Stream |

I. 서론

최근 국지적인 집중호우와 태풍의 빈번한 발생은 하천 수위 변동에 많은 영향을 주고 있고 유역상류부 개발에 따른 유역의 변화 또한 하류부 수위 변동에 영향을 주고 있다. 특히 강원도 동해안의 경우 하천의 상류부는 산악 지형을 형성하고 도시는 주로 동해안에 인접한 하천하류부에 형성되어 있어 하상은 급경사를 이루고 유로연장이 짧은 편이며 산지하천의 특성상 대체로 심한 만곡수로를 이루고 있다. 따라서 예상치 못한 집중호우가 발생했을 때 유속과 홍수량이 급속히 증가하여 하류지역에 위치한 도시에 홍수피해를 유발할 수 있는 불리한 지형적 조건을 갖고 있다.

하천에서 기상변동에 따라 변화하는 수위를 관측하고 분석하기 위해서는 연속적인 수위관측과 강우발생에 따른 유역의 유출량분석 및 하천에서의 유량측정이 선행되어야 하며 모델링 기법과 연계하여 연속적인 하천수위 변동해석이 필요하다.

하천흐름 해석을 위해 국내의 다수의 모형이 개발되어 실무에 적용되고 있으나 국내 하천 홍수 흐름해석에서는 주로 미국에서 개발된 HEC-RAS모형, FLDWAV 모형이 이용되고 있다. 두 모형은 지배방정식과 해석기법 등이 유사하나 네트워크 모의 불가, 자료의 전처리 과정 필요, 모형의 지속적인 지원 미비 등으로 FLDWAV 모형보다 HEC-RAS 모형을 전 세계적으로 많이 이용하고 있다[1].

최근 미기상청 수문개발부 수리분과에서는 수리평가팀을 구성하여 홍수예보 지원이 가능한 수리모형 평가 연구를 수행한 바 있으며, 미기상청에서는 현재 운영중인 수리학적 홍수예측 모형의 평가 연구를 수행한 결과 FLDWAV 모형을 HEC-RAS 모형으로의 대체를 추진 중에 있다[2][3].

HEC-RAS 모형을 이용한 연구는 장인수·박기범(2005)이 충주댐 수계의 수리모델링을 위해 HEC-RAS 모형을 적용하여 수위변동을 모의하였으며, 정재훈 등(2012)은 미호천 유역의 홍수위 분석을 위해 HEC-HMS와 HEC-RAS를 적용한 바 있다. 또한 임종철 등(2007)은 탄천의 조도계수를 구하기 위해 HEC-RAS 모형을

적용하였으며 모의된 수위변화에 따른 조도계수 보정에 관한 개선방안을 제시하였다. F. Pappenberger 등(2005)은 하류수위 관측과 침수지역을 이용하여 HEC-RAS의 조도계수를 보정하는 연구를 수행하였으며, Leticia B. 등(2008)은 HEC-RAS와 MODFLOW를 연계해서 하천수위와 지하수위의 상호적 연계성에 대해 연구하였다 [4][8].

본 연구에서는 하천정비시 빈도별 홍수위에 의존하여 기본계획을 수립하는 기존연구와 홍수위에 영향을 줄 수 있는 태풍이 발생한 경우 산지하천 하류부에 어떤 영향을 주는가를 분석하기 위해 2012년 9월 17일-18일에 한반도에 직접적인 영향을 준 태풍 “산바”의 영향을 분석해 삼척 오십천 유역을 대상유역으로 기본자료를 구축하고 HEC-RAS모형을 적용하고 홍수위 분석을 실시하였다.

II. HEC-RAS 모형

1. 기본이론 및 모형의 구성

HEC-RAS(River Analysis System)모형은 미육군 공병단의 수문연구소에서 개발된 상류, 사류, 혼합흐름영역 등의 수문곡선을 계산하는 프로그램이며, 자연하천이나 인공수로에서 변하는 정류에 대하여 1차원 수면의 계산을 수행한다. 수면곡선의 계산 절차는 표준축차계산법(Standard Step Method)에 의해 식 (1)과 같은 에너지 방정식의 반복과정과 연속방정식을 이용하여 해석함으로써 계산된다. 여기서 최초 단면에서 계산된 수심, 유속 등의 값은 그 다음 단면을 계산해 나가는데 사용된다.

$$Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + H_t \quad (1)$$

여기서 Z 는 하상표고, Y 는 수심, V 는 유속, α 는 속도분포 계수, g 는 중력가속도 이고 H_t 는 전체 에너지 손실 이다.

식 (1)에서 사용된 에너지 손실수두 h_t 는 식 (2)에 의해서 구해진다.

$$h_t = L_0 \overline{S_f} + C \left| \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

여기서 L_0 는 검사 단면간의 수로 구간길이, $\overline{S_f}$ 는 구간에서의 평균마찰경사 이고 C 는 단면의 확대 또는 축소에 따른 손실계수 이다. 그리고, 수로구간 길이 L_0 는 식(3)으로 계산 할 수 있다.

$$L_0 = \frac{L_{lob} \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \quad (3)$$

여기서 L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} 는 좌측제방, 수로중앙, 우측제방에 대한 구간 양단의 수로 구간 길이, $\overline{Q_{lob}}$, $\overline{Q_{ch}}$, $\overline{Q_{rob}}$ 는 좌측제방, 수로중앙, 우측제방에 대한 구간 양단에서의 평균유량 이다[9][10].

HEC-RAS 모형은 유량과 수위의 빈도 및 지속기간 그리고 수로를 기하학적으로 모형화 함으로써 나타나는 수로에서 침식이나 침전의 장기간 추세를 모형화하기 위해 설계된 것으로 이 체계는 저수지에서의 퇴사, 항해 깊이를 유지하기 위해 요구되는 수로설계, 퇴사율에 대한 준설 여부의 예측, 대홍수 기간동안의 침식 그리고 고정된 수로에서의 유사량을 계산하기 위해 사용된다.

HEC-RAS 모형은 Multi-tasking과 Multi-user network 환경으로 합성된 소프트웨어로서 그 영역은 Graphical User Interface (GUI), 수리계산 모듈(SNET), 자료관리 모듈 및 결과처리 모듈로 구성되며, 그 중에서도 수리계산 모듈이 가장 핵심적인 영역으로 [그림 1]에 수리계산 모듈의 개요를 나타내었다.

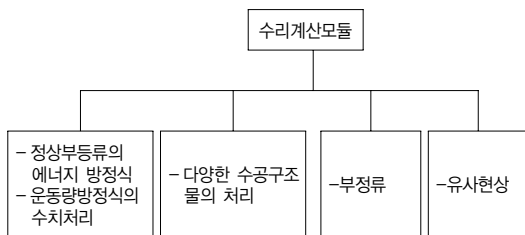


그림 1. 수리 계산 모듈의 구성

III. 모형의 적용

1. 대상유역

삼척오십천 유역은 삼척시와 태백시의 경계인 백병산(EL 1259.3m)에서 발원하여 급한 사행으로 북동유하며 유역면적은 394.72km²이고 유로연장은 55.76km이다. 하천의 형상은 대체적으로 수직상이고, 상류지역은 전형적인 하상경사가 크고 협곡을 이루는 산지하천의 형상을 띠고 있으며 하류지역은 동해안과 접해 완만한 하상경사를 유지하며 유로연장이 짧은 편이며 유로의 형상 역시 만곡반경이 작은 심한 만곡유로를 형성하고 있다. 이러한 유역의 지형특성에 따라 평상시 유량은 적은편이며 태풍이나 집중호우에 의한 유출이 발생할 때 수위가 갑자기 상승하는 흐름형태를 보이는 매우 불안정한 하천구조를 보이고 있다[8]. [그림 2]는 삼척오십천의 유역도를 나타내고 있다.

특히, 오십천 유역은 2000년 4월에 발생한 산불로 17,107 ha의 삼림손실이 발생하였으며 이는 오십천 유역의 토양 지지력 저하와 유역의 유출량 변화에 영향을 미쳤으며, 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미에 의해 약해져 있는 유역의 상황에 집중호우가 더해져 대규모 유목의 발생, 토사류 및 토석류의 대규모 유출로 인하여 하천수위 상승 및 제방월류 및 붕괴, 내수침수 등에 의해 많은 재산피해와 인명피해가 발생한 곳이다[11].

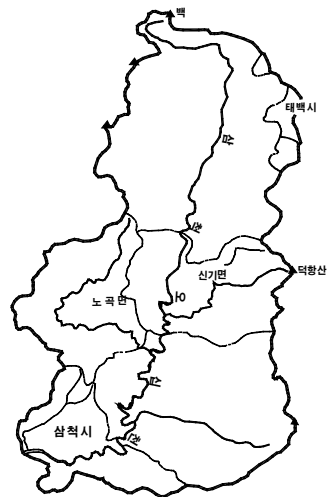


그림 2. 삼척오십천 유역도

2. 모형의 구축

2012년 9월 17일-18일 내습한 태풍 산바에 의한 하천 수위 변동을 모의하기 위해 HEC-RAS 모형을 적용하였다. 태풍 산바는 우리나라 남해군에 상륙하기 직전 중심 기압이 965 hPa로 관측되어 상륙시 중심기압 부분에서 역대 5번째 값을 기록하였고 상륙 당시의 풍속은 38 m/s로 해석되어 2003년 태풍 매미와 같은 값을 나타내며 강 한바람과 폭우를 만들어 냈다. 본 연구에서는 과거 최대 홍수피해를 발생시킨 태풍 루사와 매미시 발생한 홍수위와 금번 태풍 산바에 의해 발생한 홍수위를 비교하고 하천수위 증가에 따른 하천범람의 위험성을 파악하고자 한다.

먼저 HEC-RAS 모형을 모의하기 위해 오십천유역 삼척수위표의 수위-유량 곡선식을 적용하였으며[12] 오십천하천정비기본계획에서 산정된 자료를 이용하여 하천 단면을 입력하고 하도상황 및 홍수흔적조사를 통해 조도 계수를 0.035~0.045로 결정한 후 하도시스템을 구축하였다. [표 1]은 수위-유량 관계곡선 적용식을 나타내었고 [그림 3][그림 4]는 하천단면 자료를 HEC-RAS에 입력하여 3D형태로 표현한 결과이다.

표 1. 수위-유량관계곡선 적용식

적용기간	수위범위	곡선식
20060101~20081231	0.16 <H < 1.52	$Q=1.362*(h-0.160)^2.499$
20060101~20081231	1.52 <H < 2.62	$Q=80.1856*(h-1.265)^2.420$
20060101~20081231	2.62 <H < 4.2	$Q=88.145*(h-1.206)^1.848$
20060101~20081231	4.2 <H < 5	$Q=46.473*(h-1.206)^2.432$
20060101~20081231	5 <H < 8.13	$Q=46.473*(h-1.206)^2.432$
20090101~현재	0.97 <H < 1.45	$Q=1.760*(h-0.970)^2.999$
20090101~현재	1.45 <H < 1.8	$Q=245.152*(h-1.358)^2.993$
20090101~현재	1.8 <H < 2.6	$Q=113.514*(h-1.462)^1.543$
20090101~현재	2.6 <H < 10.2	$Q=118.457*(h-1.510)^1.820$

HEC-RAS 모형에 수위변화를 모의하기 위해서는 유역의 홍수량 산정이 필요하며 본 연구에서는 오십천 하천정비기본계획에서 산정된 홍수량 자료와 태풍 루사와 매미때 발생한 강우량을 이용하여 산정된 홍수량 자료를 HEC-RAS 모형 모의를 위한 입력자료로 활용하였다.

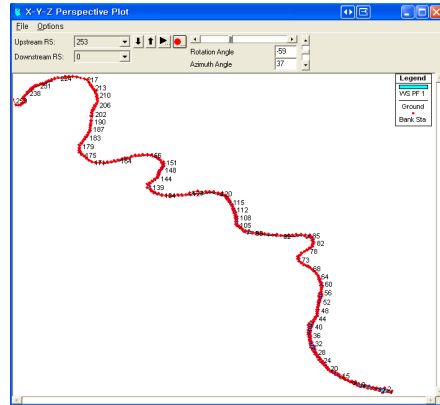


그림 3. 오십천 중하류 지역의 3D표현

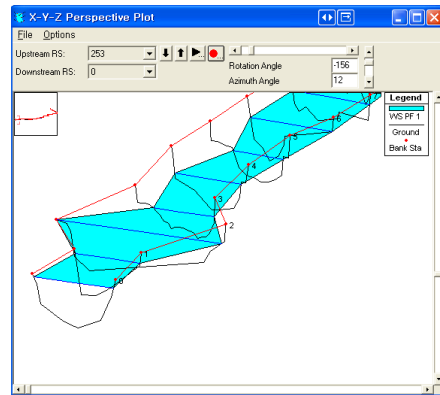


그림 4. HEC-RAS로 구축된 하천단면

Flow Change Location		Profile Names and Flow Rates					
River	Reach	RS	하천장비	산바	루사	매미	
49	osc	01	205	525	422.2379	1150.81	1391.714
50	osc	01	204	525	422.2379	1150.81	1391.714
51	osc	01	203	525	422.2379	1150.81	1391.714
52	osc	01	202	525	422.2379	1150.81	1391.714
53	osc	01	201	646	519.9536	1416.044	1712.471
54	osc	01	190	646	519.9536	1416.044	1712.471
55	osc	01	189	646	519.9536	1416.044	1712.471
56	osc	01	188	646	519.9536	1416.044	1712.471
57	osc	01	187	646	519.9536	1416.044	1712.471
58	osc	01	186	860	691.6658	1885.136	2279.76
59	osc	01	185	860	691.6658	1885.136	2279.76
60	osc	01	184	860	691.6658	1885.136	2279.76
61	osc	01	183	860	691.6658	1885.136	2279.76

그림 5. HEC-RAS 모의를 위한 홍수량 자료의 입력

3. HEC-RAS를 적용한 홍수위 검토

오십천 하류지역에서 태풍 산바에 의한 홍수위 변동성

항을 파악하기 위해 HEC-RAS모형으로 구축된 하도시스템을 이용하여 모형을 모의하였다. 먼저 오십천 하류 지역에 위치한 삼척수위표 지점에서 태풍 산바 및 덴빈 내습시 관측된 홍수기 수위자료를 조사하고 수위-유량 관계식을 이용하여 수위와 유량의 변화를 파악하였다 [13]. [그림 6]과 [그림 7]은 2012년 6월1일부터 9월 30일까지 관측된 수위와 변환된 유량을 나타내고 있으며 오십천의 하천수위는 태풍 덴빈시 상승한 수위보다 태풍 산바에 의한 하천수위 상승이 2.46m 높게 관측되었고 유량의 경우 산바때 발생된 첨두유량이 덴빈 내습시에 비해 7.18배 많은 1390.57m³/sec의 첨두유량을 기록해 태풍 덴빈에 비해 상대적으로 높은 위험성을 갖고 있는 것으로 분석되었다.

관측된 수위자료와 HEC-RAS에 의해 모의된 수위자료를 비교하여 [표 2]에 나타냈다. [표 2]에서 알 수 있듯이 관측된 수위와 HEC-RAS에 의해 모의된 수위자료가 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 따라서 HEC-RAS에 의해 구축된 모형으로 하천정비기본계획에서 제시한 홍수위, 태풍 루사와 매미 때의 하천수위와 2012년에 발생한 산바 때의 수위를 비교하여 구축된 하도상에서 어떤 특징을 보이는지 판단이 가능한 것으로 판단된다.

표 2. HEC-RAS 모델링 결과와 관측수위의 비교

수위 표	발생시간	수위(m)		유량 (m ³ /sec)	유속 (m/sec)
		시작 수위	첨두수위		
삼척	2012년 9월 11일 19시	1.68	5.32	1390.58	2.19

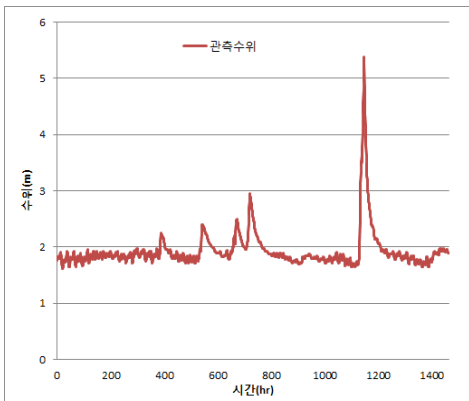


그림 6. 홍수기 관측수위

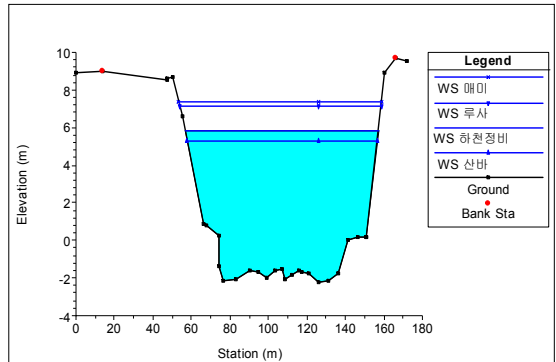


그림 8. 주요사상별 홍수위 비교

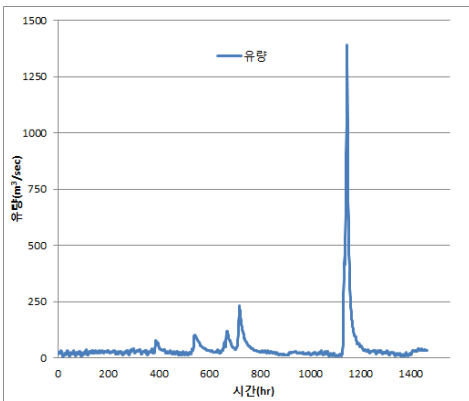


그림 7. 홍수기 변환유량

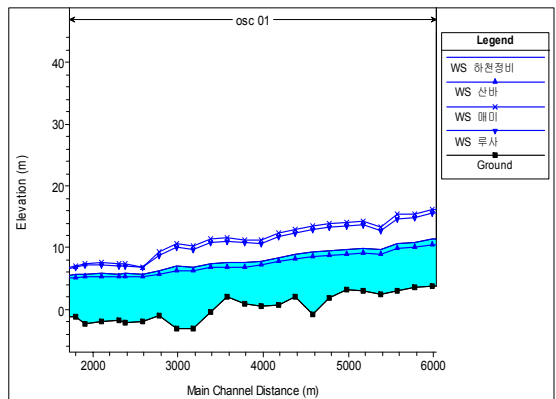


그림 9. 주요구간별 수위변화 비교

표 3. HEC-RAS 모의에 의한 수리특성 비교

주요사항	산바	하천정비계획	루사	매미
수위(m)	5.32	5.82	7.11	7.37
유속 (m/sec)	2.33	2.58	4.69	4.98
최대수로 수심(m)	7.51	8.02	9.31	9.56
유량 (m ³ /sec)	1390.58	1671.00	3662.86	4019.97

오십천유역 삼척수위표 지점에서 HEC-RAS에 의해 모의된 수위를 비교한 결과 2012년 태풍 산바에 의해 발생한 최대 수위는 5.32m로 모의 되었으며 과거 발생한 태풍 루사와 매미의 최대수위인 7.11m와 7.37m에는 미치지 못하지만 100년빈도 홍수량에 의해 발생한 홍수위인 5.82m와는 불과 0.5m정도 낮은 수위로 모의되어 태풍 산바에 의해 내린 집중호우가 오십천의 수위상승에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

IV. 결론

본 연구에서는 HEC-RAS 모형을 이용하여 삼척 오십천의 수리특성을 분석하기 위해 모형을 구축하고 2012년 한반도에 직접적인 영향을 준 태풍 산바의 영향으로 발생한 집중호우가 산지하천 하류부에 위치한 하천수위 변동에 어떤 영향을 주는가를 분석하였다. 분석을 위해 2012년 측정된 관측수위와 HEC-RAS모형에 의해 모의된 수위를 비교 검토한 결과 거의 일치한 값을 얻었다.

오십천유역내 삼척수위표 지점에서 모의된 주요사상에 대한 홍수위 비교에서는 2012년 태풍 산바에 의해 1390.58m³/sec의 유량이 발생하였고 이때 최대 홍수위는 5.32m, 평균유속은 2.33m/sec, 최대수로수심은 7.51m로 모의되었으며 100년빈도 홍수위와 비교시 홍수위는 0.5m 정도 낮은 수위로 분석되었다.

분석결과에 나타난 바와 같이 태풍 산바에 의한 상류부 유량증가는 산지하천 하류부에 수위상승을 가져왔으며 연구를 통해 얻은 결과는 향후 하천 홍수터의 활용이 늘어나고 있어 방재적인 측면에서 태풍이나 집중호우에 의해 홍수터를 범람하는 수위가 발생할 경우의 하천흐름

특성 파악에 활용 될수 있고 구축된 모형자료는 향후 하천정비기본계획 수립시 수공구조물 설계에 기초자료로 유용하게 활용 될 것으로 판단된다.

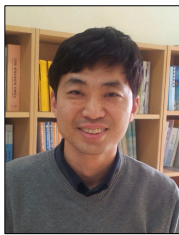
참고 문헌

- [1] 김극수, 김지성, 김원, “1차원 하천흐름 해석 모형의 비교분석”, 한국수자원학회지, 제42권, 제7호, pp.57-61, 2009.
- [2] NWS, *Evaluation of Difference Hydraulic Models in Support of National Weather Service Operations*, Final Report of the Hydraulic Model Evaluation Team, NWS, NOAA, 2007.
- [3] <http://www.hec.usace.army.mil>
- [4] 장인수, 박기범, “HEC-RAS를 이용한 남한강 수계의 수리모델링에 관한 연구”, 한국산업융용학회논문집, 제8권, 제4호, pp.213-220, 2005.
- [5] 정재훈, 이승영, 신경윤, 김병찬, 이종석, “HEC-RAS를 이용한 대규모하천의 홍수위 분석”, 한국콘텐츠학회2012 춘계종합학술대회 논문집, 토목&건축콘텐츠, pp.115-116, 2012.
- [6] 임종철, 김문모, 여운광, 지운, “HEC-RAS를 이용한 탄천의 조도계수 분석”, 2007년 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 수공분야, pp.1977-1977, 2007.
- [7] F. Pappenberger, K. Beven, M. Horritb, and S. Blazkova, “Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations,” *J. of Hydrology*, Vol.302, pp.46-49, 2005.
- [8] Leticia B. Rodriguez, Pablo A. Cello, Carlos A. Vionnet, and David Goodrich, “Fully conservative coupling of HEC-RAS with MODFLOW to simulate stream aquifer interactions in a drainage basin,” *J. of Hydrology*, Vol.353, pp.129-142, 2008.

- [9] USACE-HEC, *Hydrologic Modeling HEC-RAS User's Manual*, 2006.
- [10] 김병찬, 이종석, “하천 복원 후의 홍수위 안정성 검토”, 한국콘텐츠학회논문집, 제9권, 제10호, pp.417-423, 2009.
- [11] 정운민, 강우자료 적용방법이 홍수유출에 미치는 영향-삼척 오십천 유역을 중심으로-, 삼척대학교 산업대학원, 2005.
- [12] <http://www.wamis.go.kr>
- [13] http://www.hrfco.go.kr/html/flood/realTime_2_7.jsp

저 자 소 개

전 계 원(Kye-Won Jun)



- 1995년 : 충북대학교 토목공학과 (공학사)
 - 2000년 : 충북대학교 토목공학과 (공학석사)
 - 2004년 : 충북대학교 토목공학과 (공학박사)
 - 2009년 ~ 2010년 : 콜로라도 주립대학교 방문교수
 - 2004년 ~ 현재 : 강원대학교 방재전문대학원 교수
- <관심분야> : 수리·수문 모델링, 수재해, 방재관리

정회원