

교량에 집적된 유송잡물의 배수영향에 의한 홍수피해 분석

Flood Damage Estimation causing Backwater due to the Blockage by Debris in the Bridges

김 수 전* / 정 재 학** / 이 종 설*** / 김 지 태****
Kim, Soojun / Chung, Jaehak / Lee, Jongseol / Kim, Ji Tae

Abstract

The bridge crossing river is the one of the major factors causing backwater level rising. Furthermore, the bridges in the mountainous areas increase the flood damage in the upstream of the bridge due to the blockage by debris. In this research, the effects of debris to the magnitude of flood damage in the study river basin were simulated by using HEC-RAS and HEC-GeoRAS models. With assumption that the backwater caused by debris blocking the space between bridge piers is the only factor causing inundation, the unsteady flow simulation was carried out with various case studies. The potential inundation area with the overflow locations and volumes could be estimated as the results of simulation. However, the simulation results also reveal the limitations of inaccurate estimation of inundation area and depth. To overcome these hindrances, DEM and satellite images were applied to the simulation. By readjusting the inundation area using digital maps and satellite images and calibrating overflow volume and depth using DEM, the accuracy of simulation could be increased resulting more accurate flood damage estimation.

key words : Bridge, Debris, HEC-RAS, HEC-GeoRAS, Potential Inundation Area

요 지

하천을 횡단하는 교량은 하천의 배수위를 증가시키는 중요한 요인으로 작용한다. 더욱이 산지하천에 시공된 교량은 유송잡물에 의한 폐색으로 인하여 교량 직상류부에 홍수피해를 가중시킨다. 본 연구에서는 교각에 집적되는 유송잡물의 영향으로 인해 발생할 수 있는 홍수피해 규모를 확인하고자 대상하천에 대한 HEC-RAS 모형과 HEC-GeoRAS 모형을 구축하여 모의하였다. 교각에 집적된 유송잡물에 의한 폐색이 하천의 범람을 일으키는 원인으로 가정하여 범람 시나리오 별로 부정류 모의를 실시한 결과 월류지점 및 홍수용량을 산정하였고, 이에 따라 대략적인 범람예상구역을 작성하였다. 그러나 범람구역의 침수면적과 침수심에 대하여 실제 분석결과를 제대로 반영하지 못하는 한계가 있었다. 따라서 수치지형도와 위성사진을 이용하여 범람예상구역을 재설정하고 수치고도자료 내에서 월류용량과 동일 용량의 침수면적과 침수심을 갖는 범람구역을 재작성하는 과정을 수행함으로써 좀 더 정확한 홍수피해 규모를 산정하였다.

핵심용어 : 교량, 유송잡물, HEC-RAS, HEC-GeoRAS, 범람예상구역

* 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : soojun@empal.com)
** 정회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 연구사
*** 정회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 연구관
**** 국립방재교육연구원 방재연구소 연구관

1. 서 론

오늘날 도로는 지역간의 물류와 인구이동의 중요한 역할을 담당하고 있으며, 이에 따라 하천을 횡단하는 수단으로 수많은 교량이 설치되었다. 하지만 하천을 횡단하는 교량은 하천의 배수위를 증가시키는 중요한 요인으로 작용한다.

이종설 등(2007)의 연구결과에 의하면 교량의 배수 효과에 가장 크게 영향을 미치는 특성인자는 개도비인 것으로 연구된바 있다. 교량의 개도비는 유송잡물에 의한 폐색 또는 토석류에 의한 하상고의 증가가 원인이 되는데 우리나라의 경우 소규모 교량에 있어서 홍수피해의 대부분은 산지하천에 집중되어 있으며 유송잡물의 영향이 크게 작용하는 것으로 조사되고 있다. 따라서 교각에 집적되는 유송잡물의 영향으로 어떠한 규모의 침수피해가 예상되며, 이러한 피해를 효과적으로 줄일 수 있는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

이와 관련하여 국립방재연구소(2001)에서는 소규모 교량의 홍수피해특성의 파악과 함께 교량설계를 위한 제조건을 연구하였고, 그 밖에 교량의 세굴과 관련된 교량 파괴에 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같이 대부분의 연구는 홍수에 대응한 교량의 내구성에 관한 연구로 교량 자체에 초점이 맞추어져 있는 편이다. 따라서 본 연구에서는 교량 자체의 파괴에 중점을 두기보다는 교량 등 하천횡단구조물이 하천 홍수위에 어느 정도 영향을 미치는가에 대하여 중점을 두고자 하였다.

외국의 하천 배수위에 대한 연구(USACE, 1995)는 주로 현장실험을 기반으로 하여 연구가 진행중이며, 특히 미 연방도로관리국(FHWA, 2005) 및 미 육군공병단(USACE, 1998) 등에서 많은 실험을 통해 각종 계수들을 제안하기도 하였다. 국내에서도 윤병만(2004) 등이 도시하천 구조물에 대하여 실험 및 수치분석을 통해 도시 복개하천내의 교각군에 대한 홍수위 영향 및 교각 유송잡물 집적으로 인해 발생하는 흐름 특성 등을 분석한 사례가 있다. 또한, 전상미(2006) 등은 유송잡물 차단 및 교량세굴 저감을 위한 희생말뚝 효과에 대하여 실험적인 연구를 하였으며, 김주황(2006) 등은 수리실험과 수치모형을 병행하여 교각의 배치에 따른 배수위의 영향을 검토하였다.

2. 기본 이론

2.1 유송잡물에 의한 폐색

국내의 도로교 설계기준(2000) 등 각 지침서에서

는 홍수시 유송잡물의 충돌에 의한 하중은 고려가 되지만 유송잡물의 집적에 의해 유수압의 증가를 고려하는 규정은 아직 마련되어 있지 않은 상황이다.

유송잡물에 관하여 교량설계에 사용되는 최대 유송잡물의 추정치에 대한 사례는 호주(NAASRA, 1976)의 사례와 뉴질랜드의 사례를 인용한 AASHTO(1998)의 사례에서 찾아 볼 수 있으며, 그 개념도는 그림 1과 같다. 호주의 설계사례에서는 교각에 집적될 수 있는 최대폭은 인접한 교각사이 길이의 평균과 같으며 최대 폭 20m이고 최소두께는 1.2m라 가정하고 있고 형상은 흐름방향에서 볼 때 직사각형의 형상을 이룬다고 하였다. 뉴질랜드의 설계사례에서는 유송잡물의 집적모양이 흐름방향에 직각으로 삼각형 단면을 나타내고 이 단면의 최대 폭은 인접교각사이 길이의 반으로 최대 15m에 이르며 수직으로는 수심의 절반 또는 최소 3m의 두께로 교각을 따라 아래로 뻗어 있다고 가정하였다.

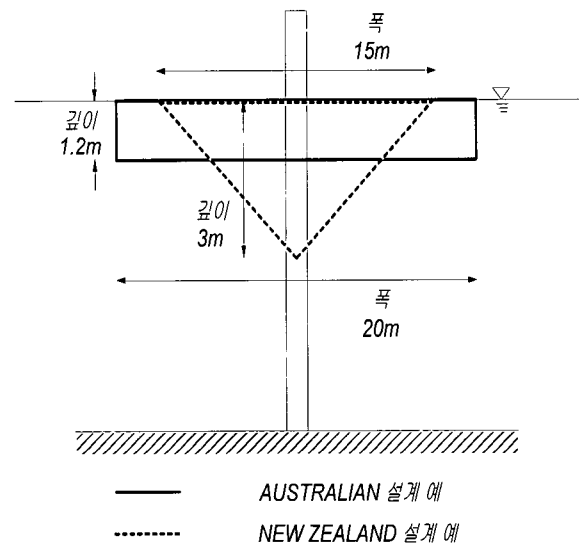


그림 1. 호주와 뉴질랜드의 설계사례

본 연구에서는 교량의 설계에 이용되는 최대 추정치 이상의 유송잡물이 교각에 집적된다면 교량의 붕괴로 배수위에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 판단하여 설계에 사용되는 유송잡물의 최대 추정치가 교량에 집적될 수 있는 한계로 가정하였다. 그리고 유송잡물의 집적 형상은 HEC-RAS 모형에서 적용이 용이(유송잡물의 형상이 사각형)한 호주의 설계사례를 이용하였다.

2.2 HEC-GeoRAS와 HEC-RAS

HEC-GeoRAS는 HEC-RAS와 함께 사용할 목적으로 지형공간 데이터를 처리하기 위해 특별히 설계된

ArcView GIS의 확장모형이다. 그리고 지형자료를 이용하여 HEC-RAS의 입력데이터를 생성할 뿐만 아니라 HEC-RAS의 모의 결과를 지형자료와 함께 표현하는데 유용한 모형이다.

HEC-RAS는 자연하천이나 인공하천에서 흐름상태 및 구조물의 영향에 의한 수면곡선의 변화를 알아낼 수 있도록 개발된 모형으로 표준축차법에 의한 수치해에 근거하고 있다.

본 연구에서는 흐름이 교량을 월류하지 않는 Low Flow 상황만을 고려하였다. Low Flow에서는 교각손실과 마찰손실이 지배적인 경우 운동량 방법이 가장 적합하다(한국수자원학회, 2000). 교량에서 운동량 방정식은 식(1), 식(2), 식(3)과 같이 흐름이 팽창되는 구간, 교량구간, 흐름이 압축되는 세 구간에서 적용한다.

$$A_{BD} \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} = A_2 \bar{Y}_2 - A_P \bar{Y}_P + \frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + F_f - W_x \quad (1)$$

$$A_{BD} \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} = A_P \bar{Y}_P + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} + F_f - W_x \quad (2)$$

$$A_3 \bar{Y}_3 + \frac{\beta_3 Q_3^2}{g A_3} = A_{BU} \bar{Y}_{BU} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{g A_{BU}} + A_P \bar{Y}_P + \frac{1}{2} C_D \frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + F_f - W_x \quad (3)$$

A, \bar{Y} , Q : 교량 BD(직하류), BU(직상류), 2(하류), 3(상류) 단면에서의 흐름면적, 도심거리, 유량
 β : 운동량 보정계수, g : 중력가속도,
 F_f : 마찰력, W_x : 항력

2.3 월류용량의 산정

실제 하천에서는 홍수가 발생하여 하천을 범람할 경우 제방이 붕괴되어 하도를 흐르는 홍수량이 그대로 범람구역으로 유입되는 현상이 발생한다. 하지만 제방의 붕괴현상에 대한 모의는 그 일반화와 객관성 확보 측면에서 많은 제약이 따른다. 따라서 본 연구에서는 제방의 붕괴상황은 고려하지 않기로 하고 제방고 이상의 홍수위만이 제방을 월류한다는 가정하에 1차원 수리해석모형인 HEC-RAS 모형을 이용하여 부정류 해

석을 실시하고 이 결과로부터 유출수문곡선의 월류용량을 분리하였다.

2.4 범람구역의 작성방법

일반적으로 홍수로 인한 침수는 크게 내수에 의한 침수와 외수에 의한 침수로 구분할 수 있다. 내수에 의한 침수와 외수에 의한 침수는 그 침수 원인이 다르며, 또한 같은 내수침수라 하더라도 제외지의 홍수위로 인한 배수불량에 의한 원인과 하수관거의 용량부족이 원인인 경우 등, 그 원인은 다양할 뿐만 아니라 실질적으로 침수상황이나 피해의 정도는 큰 차이를 나타낸다. 그리고 외수에 의한 침수는 홍수위가 제방고보다 높아서 월류하거나 파제로 인하여 발생한 외수범람을 말하는데 여기서 외수에 의한 침수구역은 범람구역이라는 용어를 사용하기도 한다(이충성 등, 2005).

침수지역의 모의시 GIS 기법을 활용할 수 있는데 가장 간편한 방법은 수치고도자료(DEM: Digital Elevation Model)을 이용하는 것이다. 고도자료를 포함하고 있는 정사각 격자인 DEM은 그 특성상 자료구조가 간단하며 자료를 수치화할 수 있는 보편적 방법으로 활용된다(김채승, 1999). 따라서 DEM에서 침수용량이 범람용량과 같아지는 일정 수위를 계산하는 방법으로 침수심을 산정할 수 있으며, 그 외곽경계를 면적으로 하는 침수면적을 산정할 수도 있다. 본 연구에서는 지형정보 자료를 처리할 수 있는 HEC-GeoRAS 모형(한국수자원학회, 2001)을 이용하여 대략적인 침수지역을 예측한 후, 침수지역의 지형정보를 보완할 수 있는 수치지도와 위성사진을 중첩하여 침수가 예상되는 지역을 재설정 하는 후처리를 통하여 범람시나리오별 범람구역을 작성하였다.

3. 적용 및 결과

3.1 대상구역 및 교량 현황

대상구역은 한강의 제1지류인 왕숙천 수계 중 지방 2급하천인 덕송천 유역을 대상지역으로 선정하였다. 덕송천 유역은 총 면적 10.5 km²으로 유로연장은 4.75km, 유역폭은 2.21km이고 형상계수는 0.47, 평균하상경사 14.42%, 조도계수 0.035 정도인 농경지 유역이다. 그리고 그림 2와 같이 유역내에는 덕송1교를 포함하여 총 4개의 교량(표 1 참고)이 존재하는데 덕송천은 산지를 포함하고 있는 1차하천으로 유역내에서 어느정도 유송잡물의 영향이 있을 것으로 판단된다.

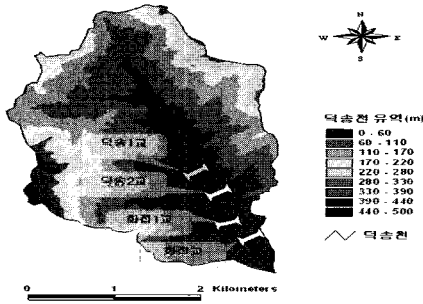


그림 2. 대상유역 및 하천수계

표 1. 교량 제원

	덕송1교	덕송2교	화접1교	화접교
연장(m)	40	50	50	40
폭(m)	12	18	9	6
교량고(m)	4	4.8	4.5	4
경간수(개)	3	4	4	4
평균경간장(m)	13.3	12.5	12.5	10
교각수(개)	2	3	3	3
교량형식	RA	RC Slab	RC Slab	RA
하상경사	0.012	0.010	0.004	0.002

표 2. 교각의 개수를 줄이는 시나리오

교량명		덕송1교	덕송2교	화접1교	화접교
폐색된 교각 개수	교각0개 감소	2	3	3	3
	교각1개 감소	1	2	2	2
	교각2개 감소	-	1	1	1

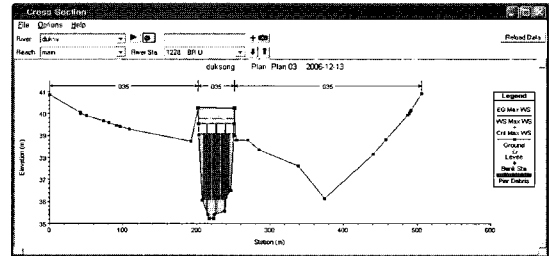


그림 3. 교량단면에서 부유잡물 집적(덕송2교)

3.2 범람시나리오의 작성

유송잡물의 걸림 현상은 교량의 경간장에 큰 영향을 받는다. 같은 교량이라면 경간장이 길수록, 즉 교각의 개수가 작을수록 유송잡물에 안전하다고 볼 수 있다. 여기에서 덕송천내의 교량에 유송잡물이 걸리는 현상을 가정할 수 있는데 호주의 설계사례를 이용하여 유송잡물의 영향을 고려하였다. 그리고 유송잡물은 발생 근원지에서 가장 가까운 상류의 교량에 집중적으로 발생하는 현상으로 볼때 하류의 교량은 상류의 교량보다 상대적으로 안전하다고 볼 수 있겠으나, 본 연구에서는 모든 교량이 각각 유송잡물의 영향을 받는 상황을 가정하였다. 그리고 각 교량에 대하여 교각의 개수를 1개씩 줄이면서 표 2와 같은 범람 시나리오를 작성하였다. 그리고 교각의 개수에 따라 경간장을 조절하여 일정 경간장을 확보하도록 교각을 재배치하였고 교각의 직경은 일정한 것으로 가정하였다. 교량 단면에서의 부유잡물은 호주의 사례를 이용하여 HEC-RAS 모형에서 그림 3과 같이 고려할 수 있다.

3.3 측정 생성 및 유출해석

본 연구에서는 1:5,000 수치지도를 활용하여 덕송천에 대한 지형자료를 추출하였고, 그림 4와 같이 HEC-GeoRAS 모형의 전처리 과정을 통하여 교량측점을 고려한 하천의 측점을 생성할 수 있었다. 그리고 「남양주 별내지구 택지개발사업」 재해영향평가서(한국토지공사, 2006)의 내용(표 3 참고)을 바탕으로 Clark 유역추적법의 30년 빈도에 해당하는 유출량을 산정하였으며, 각 교량지점별 유출량 또한 Clark의 유역추적법을 이용하여 유출수문곡선(그림 5 참조)을 유도하였다.

3.4 월류용량 산정

HEC-RAS 모형을 이용하여 부정류 모의를 실시한 결과 각 교량에 대응하는 유출수문곡선으로부터 월류용량을 표 4와 같이 분리할 수 있었다. 월류가 발생하지 않는 교량별 교각수는 각각, 덕송1교 1개, 덕송2교

표 3. 덕송천의 빈도별 산정방법별 첨두유출량

	산정방법	30년	50년	80년	100년
첨두유출량 (CMS)	SCS	303.77	329.23	352.51	363.07
	Nakayasu	174.83	191.67	207.26	214.68
	Clark	224.69	245.33	264.37	273.29

※ 남양주 별내지구 택지개발사업」 재해영향평가서(한국토지공사, 2006)

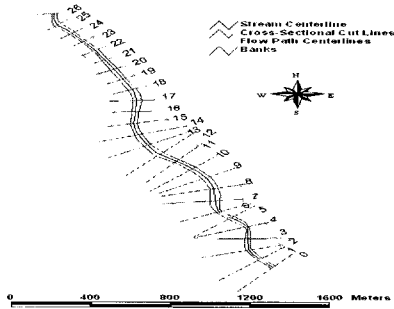


그림 4. 덕송천의 측점 생성

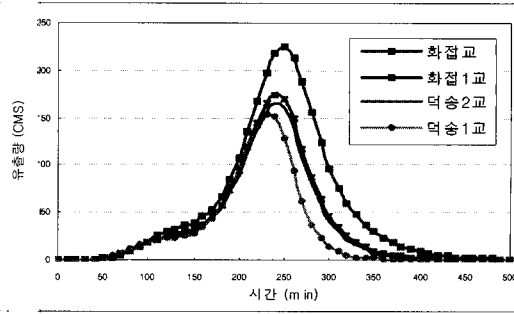


그림 5. 교량설치 구간별 유출수문곡선

표 4. 교량의 폐색 교각개수에 따른 침두수위 및 월류용량

덕송1교				덕송2교				화접1교				화접교			
교각 개수	침두 유량 (m ³ /s)	침두 수위 (m)	월류 용량 (10 ³ m ³)	교각 개수	침두 유량 (m ³ /s)	침두 수위 (m)	월류 용량 (10 ³ m ³)	교각 개수	침두 유량 (m ³ /s)	침두 수위 (m)	월류 용량 (10 ³ m ³)	교각 개수	침두 유량 (m ³ /s)	침두 수위 (m)	월류 용량 (10 ³ m ³)
2	152.6	39.9	5.1	3	166.1	39.1	474.7	3	175.0	35.8	166.1	3	224.7	35.2	346.2
1		39.4	-	2		38.1	346.3	2		35.2	21.5	2		34.9	111.4
-		39.0	-	1		37.5	125.6	1		35.0	4.5	1		34.6	-

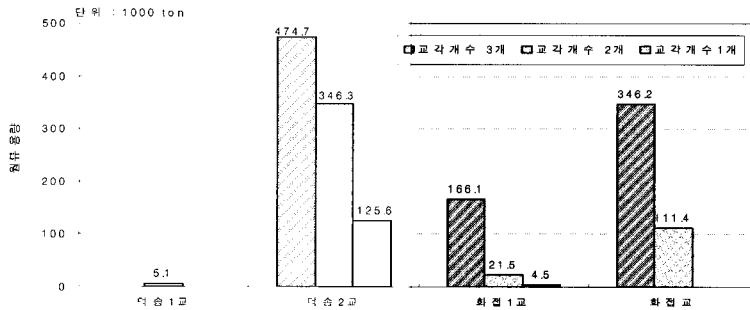


그림 6. 교량의 폐색 교각개수에 따른 월류용량

0개, 화접1교 0개, 화접교 1개 이하였으며 교각의 개수가 줄어들에 따라 현저하게 월류용량이 감소하는 것을 그림 6과 같이 확인할 수 있다.

못하는 부분에 있어서는 최종적으로 위성사진을 참고로 하여 가능한 모든 범위가 포함되도록 범람예상구역을 재설정하는데 그 결과는 그림 7과 같다.

3.5 범람예상구역의 재설정

HEC-GeoRAS 모형을 이용하여 산정한 범람예상구역을 바탕으로 1:5,000 수치지도, 수치고도자료 (DEM), 위성사진을 통하여 범람예상구역을 재설정하였다. HEC-GeoRAS 모형의 범람예상구역은 과대 (월류용량과 상관없이 제방고 보다 낮은 지역을 범람구역으로 작성) 혹은 과소 (하천흐름선을 작게 잡으면 범람구역을 작게 추정) 추정된 정보이기 때문에 재설정시에는 범람예상구역 보다 큰 범위를 설정할 필요가 있다. 따라서 DEM자료를 이용하여 가급적 동일 고도의 범람구역을 설정하는데 DEM의 해상도 문제로 인하여 고도의 구분이 정밀하지 못한 부분에 있어서는 수치지도를 활용하게 된다. 수치지도에서 반영하지

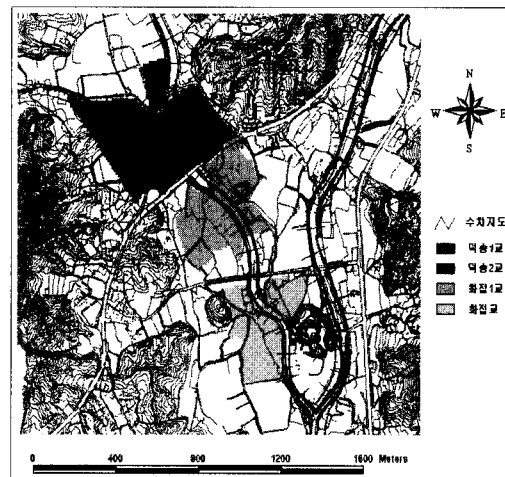


그림 7. 재설정된 범람예상구역

3.6 범람구역의 작성

재설정된 범람예상구역의 DEM(격자 10×10m)은 각 교량의 영향으로 침수될 가능성이 있는 구역의 고도자료이다. 따라서 부정류 모의를 통하여 산정한 월류용량과 침수에 의해 홍수위가 같아지는 등지반고를 침수구역의 외곽경계로 설정하는 방법으로 침수심과 침수면적을 그림 8과 같이 산정할 수 있으며 침수심을 격자형의 그리드별로 유도할 수 있다. 이와 같은 방법으로 각 시나리오별 평균침수심과 침수면적을 산정한 결과는 표 5와 같으며 덕송2교의 3개 교각 모두에 유송잡물이 집적될 경우 가장 넓은 면적이 침수가 되는 것으로 나타났다.

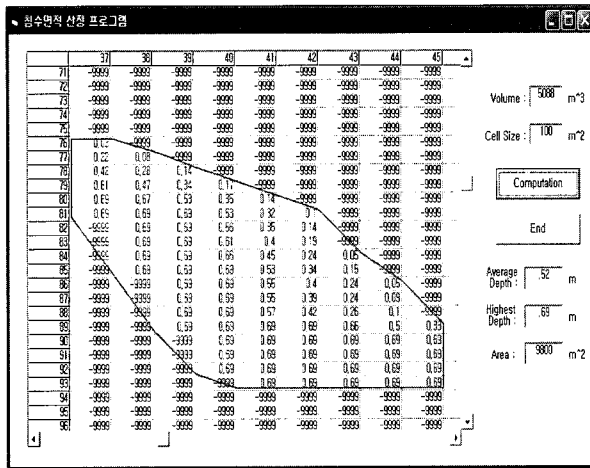


그림 8. 침수심 및 침수면적 산정(ex: 덕송1교)

이와 같은 결과를 이용하여 수치지도에 침수심 그리드 자료를 중첩시키는 방법으로 GIS Tool을 사용하여 범람구역을 작성할 수 있다. 그림 9~17은 각 교량에 집적된 유송잡물의 영향으로 하천을 범람한 홍수량에 의하여 침수되는 지역의 규모를 나타내고 있다. 범람시나리오에 따라 교각이 줄어들 경우 침수면적과 침수심이 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그리고 이와 같이 범람예상구역을 작성하는 방법으로 침수가 예상되는 지역의 범위 정도를 파악할 수 있을 뿐 아니라, 하천을 범람한 홍수가 어느 지역에 얼마만큼의 피해를 줄 것인지에 대한 대략적인 예측이 가능했다.

표 5. 범람시나리오별 평균침수심과 침수면적

	폐색 교각개수	평균침수심(m)	침수면적(m ²)
덕송 1교	2	0.5	9,800
	1	-	-
	0	-	-
덕송 2교	3	3.2	149,000
	2	2.5	137,100
	1	1.3	98,800
화접 1교	0	-	-
	3	1.5	110,200
	2	0.6	37,600
화접 2교	1	0.4	11,700
	0	-	-
	3	4.0	87,600
화접 3교	2	1.8	61,700
	1	-	-
	0	-	-

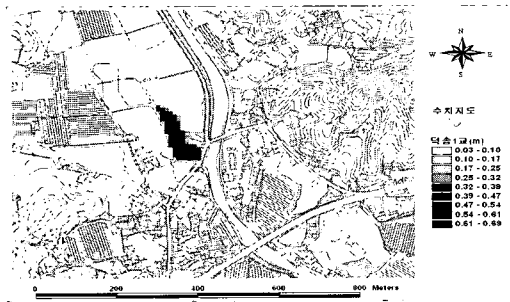


그림 9. 덕송1교의 범람예상구역(교각2개)

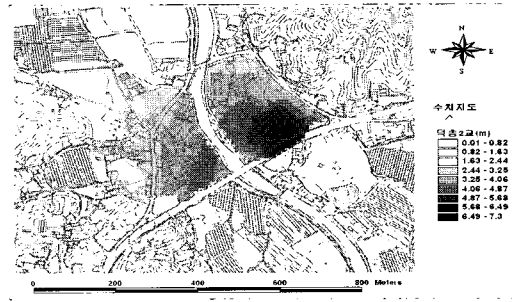


그림 10. 덕송2교의 범람예상구역(교각3개)

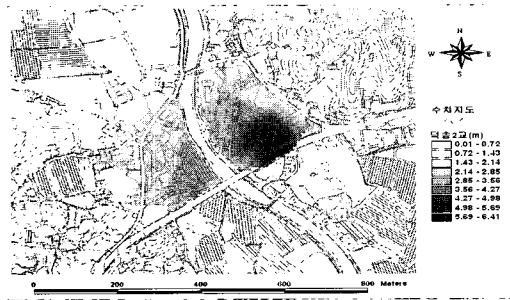


그림 11. 덕송2교의 범람예상구역(교각2개)

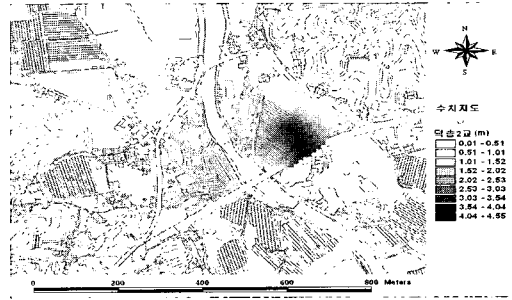


그림 12. 덕송2교의 범람예상구역(교각1개)

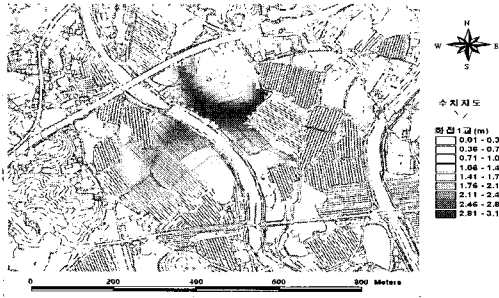


그림 13. 화점1교의 범람예상구역(교각3개)



그림 14. 화점1교의 범람예상구역(교각2개)



그림 15. 화점1교의 범람예상구역(교각1개)



그림 16. 화점교의 범람예상구역(교각2개)

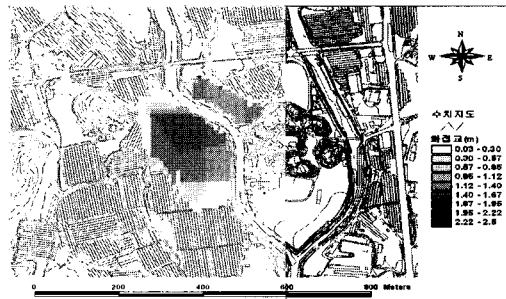


그림 17. 화점교의 범람예상구역(교각1개)

4. 결론

본 연구에서는 교량이 유송잡물에 의한 폐색에 의하여 예상되는 피해규모를 확인하고자 교각의 개수에 따른 범람시나리오를 작성하였다. 대상유역으로 선정된 남양주 별내지구의 지형자료와 유출해석 자료를 이용하여 HEC-RAS 모형과 HEC-GeoRAS 모형을 구축하였고, 범람시나리오별 부정류 모의를 통해 제방을 월류하는 월류용량을 산정하였다. 그리고 HEC-GeoRAS 모형을 이용하여 대략적인 범람예상구역을 작성할 수 있었지만, 이 결과는 범람구역을 과대 또는 과소 추정하는 오류가 있었다. 따라서 모형의 결과를 바탕으로 수치지도와 위성사진을 이용하여 범람예상구역을 재설정하였으며, 월류용량과 침수에 의한 홍수위가 같아지는 등지반고를 침수구역의 외곽경계로 설정하여 수치지도에 표시하는 방법으로 침수구역을 작성한 결과 교량으로 인한 하천의 범람시 침수피해가 예상되는 범람구역을 작성하여 그 피해규모를 확인할

수 있었다. 교각의 개수를 줄여 경간장을 늘이는 시나리오에 따라 침수구역도를 작성한 결과 전교량에서 침수면적 및 침수심이 크게 감소함을 알 수 있었다(표 5 참고). 따라서 덕송천 유역의 경우에 외수범람에 의한 침수피해를 방지하기 위해서는 덕송1교 1개, 덕송2교 0개, 화점1교 0개, 화점교 1개 이하의 교각의 개수를 갖는 경간장을 확보해야 유송잡물로부터 안전하다고 할 수 있다.

이와 같이 교량을 가설할 경우 유송잡물이 집적되는 현상에 대비하여 하천을 횡단하는 교각의 개수를 줄여 경간장을 확보한다면 하천범람에 의한 침수피해를 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 이를 위해서 상류로부터 유입될 수 있는 유송잡물의 잠재량을 추정할 수 있는 기법에 대한 연구가 더 필요하다고 할 수 있겠다. 그리고 유송잡물의 영향을 최소화하기 위한 방법으로 희생말뚝과 같은 부대 구조물을 시공하는 방법 등도 다각적으로 고려하는 방안이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김주황, 윤병만, 류권규, 고택조 (2006) 군교각에 의한 하천의 홍수위 상승분석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 1256-1260.
- 김채승, 윤창진 (1999) 지리정보체계(GIS 실습). 대영사.
- 윤병만, 최계운 (2004) 도시하천 중형단 및 복개구조물 등의 수리영향 분석, 도시홍수재해관리기술연구사업단, FFC03-03.
- 이중설, 정재학, 김수전, 이호열 (2007) 교량 및 암거의 수리영향 분석, 한국방재학회 학술발표대회논문집, 한국방재학회, pp. 571-574.
- 이충성, 최승안, 심명필, 김형수 (2005) 홍수피해역 산정시 내수배제를 감안한 예상침수구역 설정 방안, 대한토목학회 정기학술대회지, 대한토목학회, pp. 2426-2429.
- 전상미, 박재현, 이주형, 곽기석 (2006) 유송잡물 차단 및 교량세굴 저감을 위한 희생말뚝 효과에 관한 실험적 연구, 대한토목학회 정기학술대회지, 대한토목학회, pp. 327-330.
- 한국수자원학회 (2000) 제8회 수공학워킹샵교재.
- 한국토지공사 (2006) 남양주 별내지구 택지개발사업 재해영향평가서.
- AASHTO (1998) *LRFD Bridge Design Specifications, second edition.*
- National Association of Australian State Road Authorities (1976) *NAASRA bridge design specification : Sydney.*
- US Army Corps of Engineers (1995) *Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis.*
- US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (1998) *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual Version 2.2.*
- US Department of Transportation Federal Highway Administration (2005) *Hydraulic Design of Highway Culverts.* Publication No. FHWA-NHI-01-020.

© 논문접수일 : 2007년 05월 09일

© 심사의뢰일 : 2007년 05월 10일

© 심사완료일 : 2007년 06월 29일