

## 교량 및 암거의 수리영향 분석

### Analysis on the Hydraulic Effect due to Bridge and Culvert in the Stream

이종설\* · 정재학\*\* · 김수전\*\*\* · 이호열\*\*\*\*

Lee, Jong Seol / Chung, Jae Hak / Kim, Soo Jun / Lee, Ho Yul

#### Abstract

The purpose of this research is to analyze sensitivities on hydraulic characteristic factors of bridge and culvert causing flood water level rising. With HEC-RAS and RMA2 models, analysis of backwater due to bridge and culvert in an ideal stream was carried out. The results of hydraulic modeling and sensitivity analysis indicated that the opening ratio and the Froude number were the most sensitive factors and other factors were not quite sensitive to flood water level rising.

**keyword** : Bridge, Culvert, Backwater, Sensitivity analysis

#### 1. 서 론

오늘날 도로는 지역간의 물류와 인구이동의 중요한 역할을 담당하고 있으며, 이에 따라 하천을 횡단하는 수단으로 수많은 교량과 암거가 설치되었다. 하지만, 이러한 교량과 암거들은 신속한 교통소통을 최우선시함에 따라 하천변에 연결하여 설치되어 많은 문제를 야기하고 있다. 특히, 하천의 흐름특성을 고려하지 않고 설치되는 경우가 많아 하천의 선형을 크게 변화시킬 뿐만 아니라 지역의 홍수를 가중하는 결과를 초래하기도 하였다. 이렇게 부적절한 설계와 시공이 이루어진 경우 교량 및 암거 자체의 피해뿐만 아니라 구조물 설치지점의 상하류 구간에 심각한 피해를 유발하기도 하는데, 주로 대하천 보다는 중소하천에서 그 피해가 극심한 것으로 나타나고 있어 중소하천의 중·소규모 교량과 암거에 대한 연구가 절실히 필요하다.

이에 따라 국내에서도 활발한 연구가 진행되었지만 대부분의 연구는 홍수에 대응하여 교량이나 암거의 내구성을 증가시키기 위한 연구로 구조물 자체의 홍수피해를 최소화하기 위한 연구로 구조물로 인한 배수위 효과에 대한 연구는 미비하였다. 최근에는 윤병만, 최계운(2003, 2004) 등에 의하여 도시하천 구조물에 의한 홍수위 영향과 흐름특성 분석을 실시한 이후로 여러 실험들을 통해 연구가 진행되고 있는 단계이다. 미국의 경우 미연방도로국이나 미육군공병단에서는 이에 대한 연구가 상당한 수준에 이르러 각종 실험계수들을 제안하고 있는데, 우리도 이와 같이 지속적인 실험과 분석을 통해 국내 실정에 적합한 기술들이 개발되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 하천의 배수위를 증가시키는 교량 및 암거의 특성인자에 대하여 홍수위 증가 정도에 대한 검토를 수행하고 각 인자의 민감도를 알아보도록 하였다.

#### 2. 교량 및 암거의 수리영향 분석

교량 및 암거의 수리학적 거동을 모의하는데 있어 영향을 미치는 인자들은 하천폭, 하도경사, 하도의 형상, 호안의 조도계수 등 여러 가지가 있다. 본 절에서는 이러한 인자들과 중소하천의 기하학적 특성을 고려하여 수리모형내에서 중요한 매개변수로 작용하는 특성인자들을 선정한 후 교량 및 암거의 수리영향 분석을 실시하였다.

---

\* 정회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 하천방재팀 연구관(E-mail: jlee@nema.go.kr)  
\*\* 정회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 하천방재팀 연구사(E-mail: blueboat@nema.go.kr)  
\*\*\* 비회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 하천방재팀 연구원(E-mail: soojuny@nema.go.kr)  
\*\*\*\* 비회원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 하천방재팀 연구원(E-mail: stemming1@nema.go.kr)

## 2.1 가상하도 결정

일반적으로 소하천의 지형학적 특성은 하폭은 2~52m 정도로 차이가 크게 나타나며, 유로연장은 0.5~12km에 이른다. 또한 대부분의 유역형상이 협소하고 긴 모양과 함께 1/30~1/100의 급경사를 가진 경우가 많다(소하천 시설기준, 1999). 본 연구에서는 소하천뿐만 아니라 중규모 하천(지방2급)까지도 포함하는 경우에 대하여도 고려하였고, 우선 교량에 대하여 그림 1과 같이 교량의 가상하도를 결정하였다. 따라서, 가장 기본적으로 사용하게 될 가상하도의 제원은 하천폭 50m, 하천연장 2km(2차원 모형은 500m)로 하며, 조도계수는 0.035, 하상경사 1/400, 하천 횡단면은 사다리꼴 하천으로 가정하였다.

암거는 배수구조물로서의 역할을 담당하지만 하폭이 작은 중소하천에서는 교량을 대신해 시공되는 경우가 많다. 따라서 암거에 대한 수치모의시 중소하천에 시공되는 상황을 가정하여 그림 2와 같이 대표단면을 설정하였다. 일반적으로 사용하는 암거중 3×3m 이하의 암거가 최대 2련으로 설치 가능할 수 있도록 단면을 결정한 후 암거 상류로 100m 까지 수위 변화를 확인할 수 있도록 등사다리꼴로 설정하였으며, 경사는 1/400로 가정하였다.

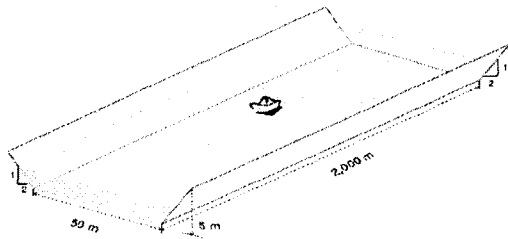


그림 1. 교량의 가상하도

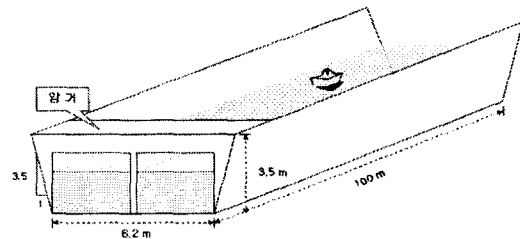


그림 2. 암거의 가상하도

## 2.2 시나리오 결정

교량과 암거가 하천홍수위에 미치는 영향인자들과 이러한 영향인자들을 바탕으로 수치모의를 위한 가상 시나리오는 표 1과 같이 정리할 수 있다. 수치모형의 특성을 고려하여 편심과 왜곡도의 경우 교량에서만 적용을 하였으며, 구조물 재질의 영향은 암거에서 그 특성을 고려할 수 있도록 하고, 편심의 경우는 1차원 모형에서 수치모의가 불가능한 관계로 2차원 모형을 적용하였다.

표 1. 교량 및 암거의 수치모의 시나리오

	영향인자	정의 및 수치모의 방법	수치모의
교량	개도비	· 수축의 정도(총유량과 구조물부의 소통유량의 비) → 교각수 또는 암거크기를 조정하여 개도비에 따른 영향분석	1차원
암거			
교량	흐름조건	· 압력흐름, 자유흐름, 상류, 사류 (Froude수, 한계수축, 폐색)	1차원
암거			
교량	수축부 수로길이와 경간과의 비	· 흐름방향 수축부의 수로의 길이(L)와 개도부의 폭(또는 경간)(b)의 비 (L/b)	1차원
암거			
교량	형상	· 원형, 사각형 등 교각 및 암거의 형상에 따른 영향분석	1차원
암거			
교량	왜곡	· 흐름방향의 연직선에 대한 횡단구조물의 설치경사	1차원
교량	편심	· 개도부가 하천수로의 중심에서 벗어난 정도	2차원
암거	조도계수	· 암거의 재질에 따른 조도계수의 영향분석	1차원

## 2.3 수치모의 및 분석

수리해석을 위하여 수리해석 프로그램으로 널리 알려진 1차원 HEC-RAS 모형과 2차원 RMA2 모형을 이용하였다. 수치모의시 운동량방정식을 이용하였으며 각 영향인자별로 교량 직상류부에서 일정 거리까지의 수심을 나타낸 결과는 그림 3과 같다(단, 구조물을 월류하는 경우는 모의에서 배제하였으며, 흐름조건의 분석시 흐름조건을 변화시키는 요인은 여러가지가 있겠으나 Froude 수의 변화만을 대상으로 하였음).

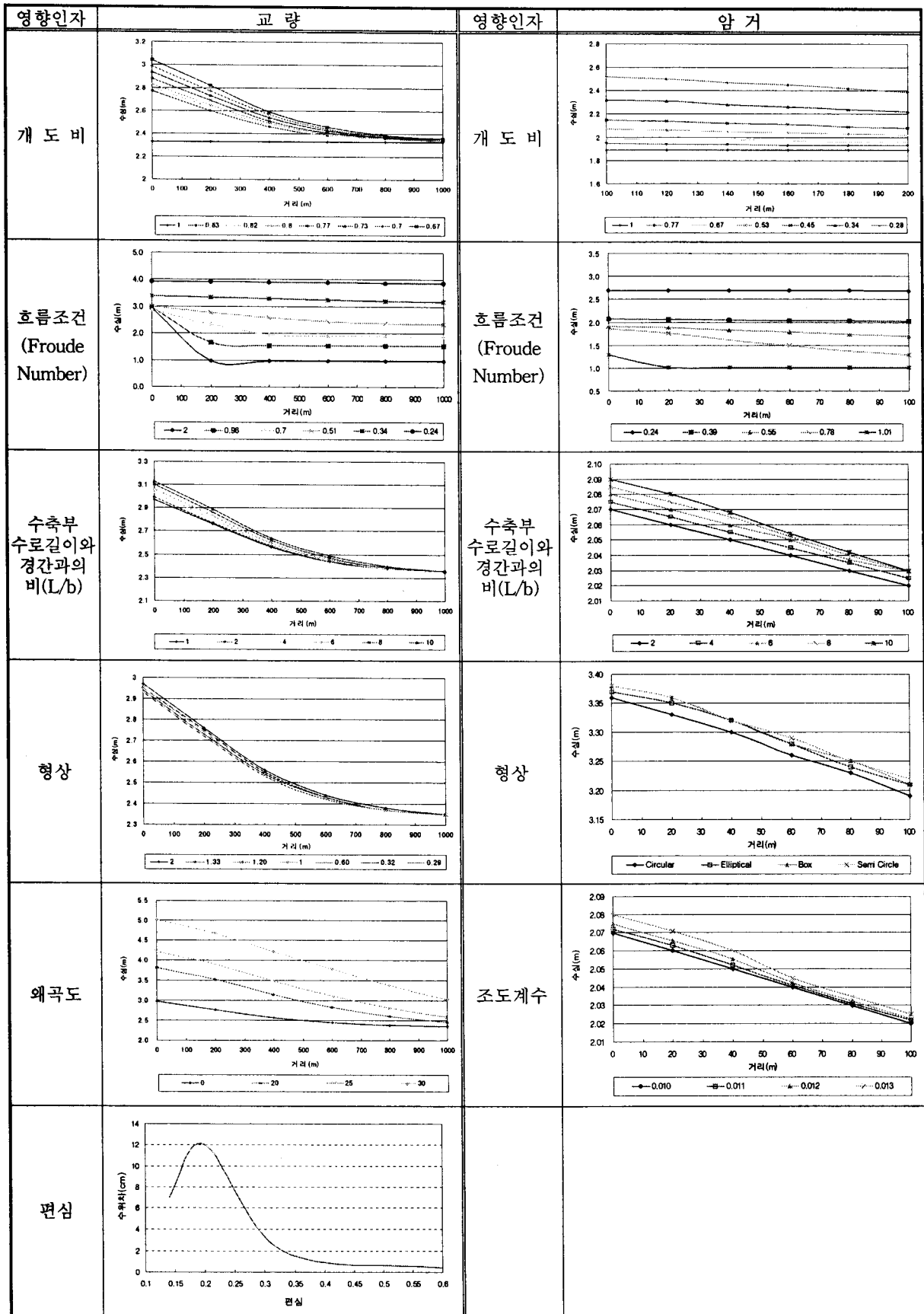


그림 3. 교량 및 압거의 특성인자별 수심 변화

## 2.4 민감도 분석

민감도는 무차원 지수인  $I$ 로 표시되며,  $I$ 는 모형의 출력자료의 변화에 대한 해당 매개변수의 변화의 비로서 정의된다. 여기에서  $y_0$ 은 매개변수  $x$ 의 초기값인  $x_0$ 의 출력결과가 되며, 초기매개변수 값은  $\pm\Delta x$ 의 크기로 변하게 되고 이때의 대응값으로  $y_1, y_2$ 를 갖게 된다. 민감도 지수  $I$ 를 구하면 식(1)과 같다.

$$I = \frac{y_2 - y_1 / y_0}{2\Delta x / x_0} \quad (1)$$

민감도 분석결과는 표 2와 같다. 가장 민감한 인자는 교량과 암거 모두 개도비인 것으로 나타났으며, Froude 수도 모형내에서 수위 변화에 민감하게 작용하는 것으로 나타났다. 그리고 이와 같이 교량과 암거는 수리해석상 비슷한 특성을 갖는 것으로 나타났다.

표 2. 교량 및 암거에 대한 민감도 분석결과

교량			암거		
특성인자	민감도	순위	특성인자	민감도	순위
개도비	0.941	1	개도비	1.288	1
Froude 수	0.397	2	Froude 수	0.221	2
L/b 비	0.068	4	L/b 비	0.004	5
교각형상	0.004	6	조도계수	0.010	4
왜곡도	0.205	3	암거형상	0.021	3
편심	0.007	5			

## 3. 결론

본 연구에서는 교량 및 암거에 의한 배수효과로 인해 발생하는 하천의 홍수위 증가 정도에 대한 분석을 수행하고자 수리해석 모형을 이용하였다. 가상하도를 설정하여 각 특성인자를 대상으로 시나리오를 작성하였으며, 시나리오별 모의를 실시하였다. 그리고 모의 결과를 바탕으로 각 특성인자에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 결과적으로 교량 및 암거에 의한 하천의 홍수위 증가에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 개도비와 Froude 수인 것으로 나타났으며, 다른 인자는 그 효과가 미미한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과에서 보듯이 증소하천의 경우 토석류에 의한 하상고의 증가, 유송잡물의 걸림에 의한 폐쇄 등과 같이 개도비에 크게 영향을 주는 요소들이 많다. 더욱이 Froude 수가 경사와 관련된 인자라고 할 때 상대적으로 경사가 급한 증소하천에서 교량 및 암거에 의한 홍수위 증가 효과가 클 수가 있음을 증명하는 예라고 할 수 있겠다. 따라서 증소하천에서 교량 및 암거의 시공시 이와 같은 인자의 영향이 최소화 될 수 있도록 시공함과 동시에 희생 말뚝이나 유송잡물 방지책 등의 시공과 같은 대안을 다각적으로 고려함이 옳을 것이다.

## 참고문헌

1. 윤병만, 최계운 (2004). "도시하천 중형단 및 복개구조물 등의 수리영향 분석" 도시홍수재해관리기술연구사업단.
2. 행정자치부, 국립방재연구소 (1999). "소하천 시설기준".
3. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (1995). Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis.
4. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (1998). HEC-RAS User's Manual Version 2.2.
5. US Army, Engineer Research and Development Center (2003). Waterways Experiment Station, Coastal and Hydraulics Laboratory, Users Guide to RMA2 WES Version 4.5.
6. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (2005). Debris Control Structures Evaluation and Countermeasures Third Edition.