

## 우리나라 중·소 하천의 세굴특성 조사연구(1)

### Field Investigation of Bridge Scours in Small and Medium Streams(1)

여운광\* / 강준구\*\*

Yeo, Woon Kwang / Kang, Joon Gu

---

#### Abstract

More than 100 bridges in Korea have been annually collapsed or badly damaged by the scouring around bridge piers, particularly in the flood season. To prevent from such a tragedy, the fundamental study on the bridge scouring is required, which is essential not only to estimate the scour depth with reliability but to take it into consideration in its design. However, it is not easy to find out the physical scour mechanism since many factors on the scour are coupled with. Moreover, there exists none of the measured data sufficiently for the primary research on the bridge scour depths.

In this study the field measurements are carried out to provide the fundamental data for the research and the design. Scouring depth, pier width, flow depth, and the approaching velocity and degree of pier nose are measured broadly in small and medium streams. From these measurements the present situation on bridge scours can be understood and some of important factors to affect the stability of bridges are analyzed.

*keywords:* bridge scour, scour depth, field measurements

---

#### 요 지

현재 국내에서는 매년 평균 100여개의 교량이 붕괴되거나 심각한 피해를 입고 있다. 이들의 대부분은 홍수시 기초지반이 유실됨으로써 발생되며 따라서 세굴에 의한 피해를 줄이기 위하여는 우선 이에 대한 기초적 연구와 함께 교량설계시 예상되는 세굴깊이를 정확히 산정하고 이를 설계에 합리적으로 반영시키는 것이 필요하다. 그러나 세굴이 발생하는 물리적 현상은 많은 인자들이 서로 복잡하게 연계되어 해석하기에 쉽지 않으며 실측된 자료 또한 찾아보기 힘들다. 본 연구에서는 좀 더 합리적인 설계와 세굴에 대한 기초적인 자료를 제공하기 위하여 교각세굴에 대해 현장실측을 수행하였다. 실측대상은 주로 접근하기 쉬운 중·소하천을 대상으로 하였으며 세굴깊이, 교각폭 및 길이, 수심, 유속 및 유량, 접근각 등 세굴에 영향을 미치는 물리량들을 관측하고 측정하였다. 이들 자료로부터 현재의 국내 세굴현황을 파악할 수 있었으며 교량의 안정성에 영향을 미치는 인자들에 대한 분석을 행하였다.

**핵심용어 :** 교량세굴, 세굴깊이, 현장조사

---

\* 명지대학교 공과대학 토목·환경공학과 교수

Prof., Dept. of Civil and Envir. Engrg., Myongji Univ., Yongin, Kyonggi 449-728, Korea

\*\* 명지대학교 공과대학 토목·환경공학과 박사과정

Doctoral Student, Dept. of Civil and Envir. Engrg., Myongji Univ., Yongin, Kyonggi 449 728, Korea

## 1. 서론

지난 10여년간 우리나라 자연재해에 의한 피해액중 호우에 의한 것이 58 %, 태풍이 31 %, 폭풍이 6 %, 기타 5 %로서 물과 관련이 있는 피해가 90 %를 넘고 있다. 이것은 강우량의 대부분이 여름철에 집중되어 있고, 짧은 시간에 많은 비를 동반한 태풍의 내습으로 순식간에 대규모 피해가 발생하기 때문이다. 이렇게 홍수량이 시간적으로 급변하는 우리나라의 기상특성과 더불어, 하상경사 또한 급한 지리적 특성으로 인하여 우리나라는 세굴의 위험성에 상대적으로 더 노출되어 있는 상태에 있다. 더구나 1996년의 연천지역 및 1995년에 발생한 충남 서해안지방의 집중호우나 91년 용인·안성지역에 내린 국지적 호우 등 최근에 나타나고 있는 기상이변현상은 산사태나 세굴로 인한 위험성을 증대시키고 있으며 이에 대한 대책수립이 시급함을 보이고 있다.

내무부에서 발간되는 재해년보에 따르면 전체 피해액중 세굴에 직접적인 영향을 받은 하천, 도로 및 수리시설에 대한 피해가 50 %를 상회하고 있으며, 간접적인 영향을 받는 소규모시설의 피해도 25 %나 되어 이를 더할 경우 직·간접적인 피해는 75 %이상되고 있음을 나타내고 있다. 이와같이 매년 되풀이 되는 엄청난 피해발생에도 불구하고 현재까지 세굴에 대한 현황조사나 피해형태에 대한 기본조사조차 이루어지지 않아 근본적인 원인분석이나 합당한 대책마련에 어려움이 많다. 이것은 피해발생시 사후 분석을 위한 자료 수집보다는 천재지변으로 취급하여 책임에서 빨리 벗어나기에 급급했던 잘못된 사회분위기와도 무관하지 않았다. 본 연구에서는 세굴에 의한 피해중 하천교량을 중심으로 피해사례를 수집하고 경기, 충청, 강원지방등 중부지역에 산재되어있는 중·소하천 교량을 대상으로 실제 현지답사를 하였고 답사결과를 정리하여 세굴조

사목록을 만들었다. 따라서 본 연구의 주목적은 세굴에 대한 연구 및 분석을 위해 필요한 하천교량에 대한 세굴기초자료를 제공하는데 있다. 표 1은 내무부(1985-1994)의 재해년보에 나타난 것을 요약한 것이다.

## 2. 세굴조사유역

금번 조사대상으로는 그림 1에 나타난 바와 같이 중부지방의 중·소하천에 위치한 교량으로서 경기도 북부지역, 남한강 중류지역, 강원도 한강상류지역, 충청 서해안 지역, 영동지역에 걸쳐 기초 조사를 실시하였다. 조사기간은 1996년 4월중순부터 말까지를 택하였다. 이 기간 동안은 수위가 가장 낮아 교량기초 및 세굴상태를 육안으로 관찰할 수 있는 좋은 시기이며 추후 하절기 홍수가 지난 후 한차례 더 조사를 시행하여 홍수 전·후의 세굴양상을 비교하기 위함이다.

## 3. 조사항목 및 방법

세굴에 대한 조사는 유속, 유량, 수심 등의 수리학적 특성뿐만 아니라 상·하류의 하천상태, 교량의 상·하부구조 및 하상모래의 입도분포에 이르기까지 종합적으로 이루어져야 하나 앞에서도 언급하였지만 금번 실시한 조사는 우선 세굴의 실태가 어떤지를 파악하기 위한것으로써 세굴이 심할 경우 추후 정밀조사가 실시될 것으로 가정하였다. 따라서 육안이나 간단한 기구로서 측정할 수 있는 기초조사의 성격이 강하였다. 조사항목의 선택은 미연방도로국에서 추천한 조사항목(FHWA, 1988)을 참조하여 표 2에 나타난 사항들을 조사하였다.

조사항목중 교량의 길이, 하천폭, 교각의 길이나 형태등 정량적으로 표시할 수 있는 것은 조사과정에서 별 어려움이 없었으나 하천형상, 만곡의 정도, 제방의 상태, 세굴에 의한 손상정도 등 정성적인 항목들은 조사자에 따른 편차를 줄이기위해 현장에서 스케치 또는

표 1. 자연재해의 원인별 피해 구성비 및 피해교량수

년 도	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	평균
호 우	69.3	20.3	50.5	91.5	63.4	91.5	32.7	62.5	40.0	58.9	58.1
태 풍	27.8	72.4	47.4	0.0	21.7	0.2	63.2	21.8	44.6	13.3	31.2
폭 풍	2.5	2.4	2.0	6.0	9.8	4.4	1.6	14.0	12.1	3.1	5.8
기 타	0.4	4.9	0.1	2.5	5.1	3.9	2.5	1.7	3.3	24.7	4.9
피해교량수 (개수)	53	37	255	51	112	89	162	89	90	93	103





사진 1. 현장에서의 세굴측정

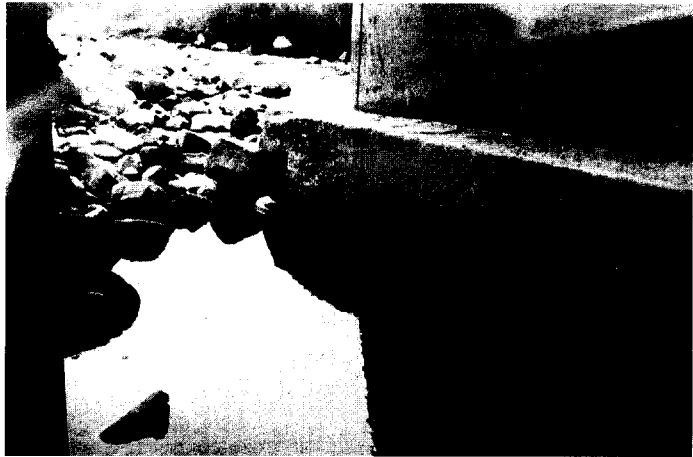


사진 2. 교각기초의 유실현장

표 3. 지역별 조사교량수

조사지역	청평·포천	용인·광주	전곡·연천	안성	수원·아산	이천·청주	평택·운양	천안·예산	횡성·양양	강릉·평창	여주
교량수	38	34	31	38	30	35	30	30	81	70	22

두 수록하기에는 너무 많은 지면이 필요하기 때문에 여기서는 생략하였으나 독자의 편의를 위하여 인터넷 상에서 볼 수 있도록 하였다. website 주소는 <http://scour.myongji.ac.kr> 로서 이곳에 접속하면 제 공받을 수 있다.

## 5. 조사자료의 분석

조사된 교량의 길이를 비교하여 나타낸 것이 표 5이며 이로부터 중·소하천에서는 60 m이내의 교량이 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있고 100 m가 넘는 교량도 8 %나 되었다. 교각과 교각사이의 길이는 20 m이내가 90 %이상으로 절대 다수를 점하고 있다. 본

표 4. 세굴특성자료(용인·광주지역)

교량이름	준공년도	사이길이 (m)	교량길이 (m)	교각길이 (m)	교각폭 (m)	흐름각도 (도)	세굴심 (m)	교각모양	d <sub>50</sub> (mm)	비고
신대교	1990	13.0	26.0		1	0	0.95	원형	1.20	
분화교	1976	10.0	30.0	8.50	0.8	0	1.15	타원	0.90	
능말교	1987	12.0	42.0	1.35	0.60	0	0.47	타원	1.30	
석성교	1987	8.0	27.1	1.80	0.60	15	0.60	타원	1.00	
금학교	1995	13.5	27.0	3.60	0.80	5	1.15	타원	0.80	
김량대교	1976	13.0	84.0	7.50	6.00	10	1.40	타원	2.00	
고진교	1967	8.6	43.0	11.80	0.60	0	1.15	타원	1.40	
유수교	1994	12.0	82.55	1.50	0.80	20	0.67	타원	1.20	
고림교	1975	8.5	44.0	7.90	0.60	0	1.00	타원	1.70	
교량명유실	년도유실	8.7	50.0	2.00	0.90	30	0.60	타원	0.94	
교량명유실	년도유실	8.0	48.0	3.50	1.00	0	0.70	타원	0.85	
교량명유실	년도유실	12.0	50.0		1.00	0	0.5	원형	1.25	
휴암교	1984	10.0	20.0	9.50	0.65	20	0.65	타원	1.10	
오천교	1984	11.0	82.0		1.30	0	0.55	원형	1.70	
당기교	1985	13.0	125.0		1.60	0	1.24	원형	2.10	
철시교	1963	15.0	30.0	7.00	0.60	40	1.00	타원	2.10	
포교교	1991	10.3	40.0	5.80	0.65	25	0.70	타원	1.70	
기야교	1994	13.3	75.0	11.80	1.20	25	0.65	타원	1.60	
수양교	1993	10.0	20.0	6.50	0.50	10	0.40	타원	1.20	
명신교	1978	11.0	24.0	4.60	0.50	0	0.65	타원	0.90	
구양교	1995	17.0	50.0	10.70	0.80	10	0.40	타원	0.85	
해양교	년도유실	9.5	22.5	1.20	0.80	0	0.60	타원	1.60	
예계2교	1994	10.0	24.0	1.40	1.00	0	0.80	타원	1.70	
곤지암교	1992	18.5	62.0	10.00	1.00	0	0.65	타원	0.82	
교량명유실	년도유실	20.0	62.0	6.20	0.80	0	1.60	육각	0.74	
능현교	1978	10.5	100.0	6.60	0.65	0	1.20	타원	1.20	
선동교	1977	11.0	33.0	5.40	0.75	0	0.50	타원	1.10	
용수2교	1994	5.0	20.0	6.00	0.80	0	0.65	타원	1.90	
용수교	1991	12.5	95.0	7.00	0.60	0	1.00	타원	1.80	
선림교	1995	10.0	100.0		2.45	0	1.22	원형	1.70	
교량명유실	년도유실	10.0	60.0	8.20	0.60	0	0.75	타원	1.40	
단벌교	1994	17.0	42.0	13.0	0.80	0	0.30	타원	1.80	
파말교	1995	20.0	96.0		0.70	0	0.65	원형	1.00	
교량명유실	년도유실	5.0	45.0	5.5	0.70	0	1.60	타원	1.10	

연구에서는 접근이 용이한 교량을 대상으로 하였으나 실제로 중규모 이상의 경우 손쉽게 세굴에 관한 조사를 수행하기는 무척 어렵다. 측정용 선박을 이용해야하고 잠수부 또는 세굴측정을 위한 특수장비가 별도로 필요하므로 짧은 기간에 다수의 교량에 대하여 세굴조사를 실시하는 것은 사실상 불가능하다. 한편 교량의

제작년도는 5년이내의 새로 건설된 것이 35 %로 제일 많은 것으로 보아 이는 최근 90년대 들어 활발한 도로 건설 때문으로 여겨지며 10년에서 20년이 32 %, 30년 이상도 5 %를 차지하고 있다. 교각기초의 모양은 타원형이 74 %, 원형과 사각형이 각각 13 %, 7 %로서 타원형이 가장 보편적으로 사용되고 있음을 알 수

표 5. 조사교량의 길이별 분류

20 m 이내	20~40 m	40~60 m	60~80 m	80~100 m	100 m 이상
97(22 %)	140(32 %)	97(22 %)	44(10 %)	26(6 %)	35(8 %)

표 6. 흐름과 교각의 접근각별 분류

10° 이내	10~20°	20~30°	30~40°	40° 이상
228(52 %)	83(19 %)	48(11 %)	40(9 %)	40(9 %)

표 7. 세굴깊이별 분류

30 cm 이내	30~60 cm	60~90 cm	90~120 cm	120~150 cm	150 cm 이상
145(33 %)	127(29 %)	79(18 %)	53(12 %)	22(5 %)	13(3 %)

있다.

또한 하천의 주흐름방향과 교각이 이루는 접근각은 표 6과 같으며 10° 이내가 제일 많으나 30° 이상인 것도 18 %나 되고 60° 이상인 것도 보이고 있다. 이는 하천흐름을 고려하지 않고 교각이 설계되었음을 보여주는 것으로서 이러한 잘못된 설계는 조사도중 곳곳에서 발견되었다. 예를들면 교량의 길이를 짧게하기 위해 만곡부에 일부러 위치시킨다든지, 보 등 하천의 수공구조물에 의해 도수가 발생하는 지점에 교각을 위치시킨다거나, 도로를 확장할 때 기존교각의 위치 및 방향을 전혀 감안하지 않고 새로운 교각을 위치시켜 교량 상·하류에서 심한 와류현상을 일으키기도 한다. 이러한 경우 세굴되는 깊이는 당연히 크게되어 교량의 안전에 큰 위협이 되며 이러한 교량의 경우 곳곳에 보수흔적이 있는 것으로 보아 이를 확실히 입증시켜 주고 있다.

표 7은 실측된 세굴깊이를 나타낸 것이다. 세굴깊이는 30 cm이내로 보이는 것이 1/3정도이며 조사교량의 경우 주로 60 cm내외로 세굴되었음을 알 수 있다. 그러나 1 m이상 세굴이 일어난 곳도 20 %를 넘고 있으며 1.5 m이상도 3 %로서 조사당시는 4월로 세굴후 퇴적이 진행된 시점임을 고려해 볼 때 세굴의 영향을 상당히 받고 있음을 예측할 수 있어 추후 정밀조사가 필요한 부분이다. 또한 신설된 교량에서는 세굴이 계속 진행되고 있어 대규모 홍수시 훨씬 커질 것을 감안한다면 약 20 %이상의 교량이 잠재적으로 세굴의 위험성에 직면하고 있다고 판단된다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 중부지방의 중·소하천에 위치한 교량의 세굴실태를 파악하기 위하여 현장조사를 실시 하였다. 총 439개에 걸친 조사결과 교량의 길이는 60 m 이하로서 파일이 없이 교각만으로 이루어진 것이 가장 많았고, 대부분 교각간의 길이는 20 m 이내, 제작년도는 5년 이내와 10년에서 20년 사이가 비슷하였으며 교각기준은 타원형이 2/3 이상 되었다.

이번 조사를 통하여 얻은 세굴에 관련된 가장 중요한 사항은 하천흐름을 고려하지 않은 채 도로교통의 용이함 위주로 교량이 설계되어 세굴에 의한 위험성을 증대시킨다는 것이다. 보수 흔적이 있는 교량을 중심으로 그 원인을 분석하면, 첫째, 교량을 만곡부에 설치함으로써 만곡부 외측은 세굴이 심하게 일어나고 내측은 퇴적이 일어나 교량의 안전을 해치는 경우, 둘째로 하천의 흐름방향을 고려하지 않고 교각의 방향을 위치시킴으로써 세굴깊이를 증대시키는 경우, 셋째로 도로확장시 기존의 교각 및 방향을 전혀 감안하지 않고 새로운 교각을 위치시켜 상·하류에 심한 와류를 발생시키는 경우, 넷째로 상·하류에 보 등 수공구조물이 있어 도수가 발생하는 지점에 교량을 위치시키는 경우 등이 있다.

또한 흐름과 교각이 이루는 접근각이 30° 가 넘는 교량이 18 %나 되고 세굴된 깊이가 1 m이상인 곳도 20 %, 1.5 m이상이 3 %나 되는 것을 감안할 때 약 20 % 정도의 교량이 세굴에 의한 손상 및 붕괴 등 심각한 잠재적 위험성을 내포하고 있다고 판단된다. 이

와 같은 잘못된 설계를 바로잡기 위해서는 무엇보다도 교량설계시 수리전문가가 꼭 참여하여 세굴에 대한 검토가 필수적임을 부연해 둔다.

### 감사의 글

이 연구는 95년도 한국과학재단 연구비 지원에 의하여 수행하였으며(과제번호 : 95-0600-07-01-3) 이에 심심한 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

내무부 (1985-1994). 재해년보.  
U.S. Department of Transportation, (1988).

*“Interim procedures for evaluating scour at bridges.”* Federal Highway Administration, Washington, D.C

U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (1988). *“Scour at bridges.”* Technical Advisory 5140.20, updated by Technical Advisory 5140.23, October 28, 1991, *“Evaluation Scour at Bridges.”* U.S. Department of Transportation, Washington, D.C

(논문번호:98-024/접수:1997.04.17/심사완료:1998.12.12)