

# 푸팅이 교각주위 국부세굴에 미치는 영향

## The Influence of Footings on Local Pier Scour

윤태훈\* 남궁돈\*\* 김경희\*\*

### 1. 서 론

교각 주위에서 국부세굴이 심한 교량에 대한 유지·보수와 교량의 안전한 관리를 위하여 폭넓은 교량세굴 방지대책이 수립되고 있다. 교각주위에서의 세굴방지를 위한 기존의 연구는 크게 2가지로 구분될 수 있는데, 그 하나는 교각 자체에 세굴방지를 위한 구조물을 부착하는 것이고, 다른 하나는 교각주위 하상에 보호공을 설치하는 것이다. 여기서 교각에 구조물을 부착하는 방법은 교각전면의 하강류에 의한 말굽형화를 제어하여 세굴을 방지 또는 감소시키는 것을 말하며, 교각주위 하상에 보호공을 설치하는 방법은 보호공에 의해 하강류의 에너지를 일부 소산시킴으로써 세굴을 제어하기 위한 방법을 말한다. 이러한 보호공으로는 콘크리트 이형블럭, 사석, 돌망태, 블럭매트, 모래주머니 등이 많이 사용되고 있다.

교각에 구조물을 부착하는 방법으로 분류될 수 있는 새로운 방법으로 푸팅에 의한 세굴방지에 관한 연구가 최근에 이르러 Jones(1992)와 Parola(1993) 등에 의해 수행되고 있다.

이 연구에서는 교각과 푸팅의 제원에 따른 그리고 하상에서 푸팅 상부슬라브까지 높이의 변화에 따른 교각주위 국부세굴의 영향을 조사하기 위하여 수리실험이 수행되었다. 특히 푸팅의 상류부 연장판(upstream extension)이 국부세굴 감소에 미치는 영향을 실험을 통하여 고찰하였다.

---

\* 정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

## 2. 교각주위 세굴방지에 대한 기존연구

교각주위에서의 세굴을 방지하기 위한 기존의 연구를 정리하면 교각에 구조물을 부착하는 방법과 교각주위 하상에 보호공을 설치하는 방법의 2가지가 있다.

### 2.1 교각주위 하상에 보호공을 설치하는 방법

교각주위 하상에 보호공을 설치하는 방법은 기존교량의 세굴공 보호에 주로 이용되며, 보호공에 의해 하상조도를 증가시켜 하강류를 하상입자 사이로 통과시킴으로서 하강류의 에너지를 일부 소산시키기 위한 방법이다. 사석보호공의 부설면적이 세굴심 감소에 미치는 영향에 대한 연구로는 Fotherby(1993)와 Ruff와 Nickelson(1993) 등의 연구가 있으며 세굴방지공 사석의 한계직경 결정에 관한 연구로는 Breusers 등(1977), Bona Soundas(1973) 그리고 Richardson(1993) 등의 연구가 있다.

### 2.2 교각에 구조물을 부착하는 방법

세굴방지용 구조물 부착법은 주로 신설교량에 사용되며, 교각전면에 하강류에 의한 말굽형 와류를 제어하여 세굴을 방지 또는 감소시키는 방법이다. 구조물 부착에 대한 기존연구로는 교각하부의 하상인근에 원환(collar)을 설치하거나, 교각에 동공을 설치하여 교각전면의 하강류를 제어함으로써 세굴을 감소시킬 수 있다고 제안한 Chiew(1992)의 연구가 있으며, 방지목과 방지판을 설치하여 세굴방지 및 감소효과를 규명하고자 한 이정규(1994)의 연구가 있다. 또한 Jones 등(1992)은 푸팅의 위치에 따른 세굴 감소효과를 보고하였으나 교각 대 푸팅의 폭비가 세굴에 미치는 영향을 고려하지 않았으며, 푸팅의 상류부 연장판이 세굴 감소에 효과가 있다고 제안하였으나 정량적인 분석은 하지 못했다. Parola 등(1993)은 교각 대 푸팅의 폭비가 세굴에 미치는 영향을 조사하여 Jones 보다는 개선된 결과를 제시하였다. 또한 푸팅의 상류부 연장판이 세굴 감소에 효과가 있다는 것을 실험을 통해 제시하였으나, 모든 조건에서의 영향을 밝혀 내지는 못했다.

## 3. 수리 실험

수리실험을 위한 모형수로와 교각, 푸팅의 개략도는 그림1과 같다. 모형수로는 폭 90cm, 길이 20m, 깊이 40cm의 자체순환식 가변경사 개수로를 사용하며, 수로중앙부에 길이 3m, 깊이 15cm의 후퇴부(recess box)를 설치하여, 이곳에 평균입경이 0.58mm( $\sigma_g = \sqrt{d_{84}/d_{16}} = 1.83$ )인 하천모래를 부설하였다. 교각과 푸팅은 한변이 각각 3.75cm와 7.5cm인 정사각형 아크릴 교각과 푸팅을 분리형으로 제작하여 설치하였다.

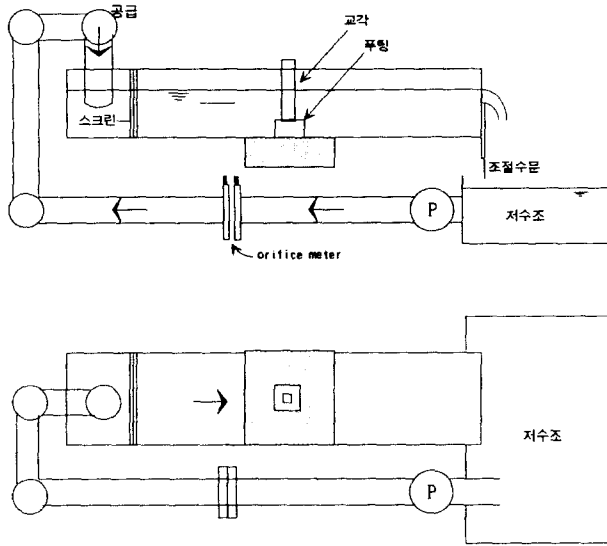


그림 1. 모형수로의 개략도

실험수로의 자체순환은 수로하류부에 고정식 저수로를 설치하고 여기에 15HP 펌프 2대를 가동하여 유량을 공급한다. 또한 유량은 유량공급관(φ 150mm) 중앙에 설치된 오리피스 미터를 사용하여 측정하였으며, 수로 내의 각 단면에서 국부 유속의 측정과 난류특성 측정을 위하여 전자식 대차에 전자기 유속계를 설치하고 여기에 6채널 플로터를 연결하여 운영하였다. 그리고 푸팅 상류부 연장판의 영향을 실험하기 위하여 그림2와 같이 연장판을 설치하였다. 여기서 사용된 연장판은 길이가 3.75, 7.5, 11.25, 15.0, 18.75, 22.5cm인 아크릴판이다.

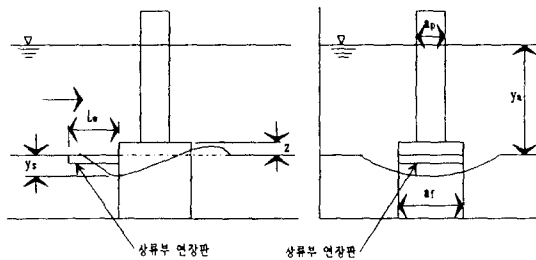


그림 2. 상류부 연장판 설치와 기호 정의도

실험은 동일한 흐름조건에서 수행되었으며, 이때의 수심은 22.5cm, 유량은 0.048cms이다. 또한 하상에서 푸팅 상부슬라브까지의 높이(z)를 변화시키면서, 각 경우에 대해 상류부 연장판의 길이(L<sub>u</sub>)를 변화시키면서 실험을 수행하였다. 이를 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 세굴실험 조건표

실험번호	유량 (cms)	수심 (cm)	z (cm)	상류부 연장판 (cm)	L <sub>u</sub> /a <sub>p</sub>
RUN-1-1	0.048	22.5	0.0	0.00	0.0
RUN-1-2	0.048	22.5	0.0	3.75	1.0
RUN-1-3	0.048	22.5	0.0	7.50	2.0
RUN-1-4	0.048	22.5	0.0	11.25	3.0
RUN-2-1	0.048	22.5	7.5	0.00	0.0
RUN-2-2	0.048	22.5	7.5	3.75	1.0
RUN-2-3	0.048	22.5	7.5	7.50	2.0
RUN-2-4	0.048	22.5	7.5	11.25	3.0
RUN-3-1	0.048	22.5	22.5	0.00	0.0
RUN-3-2	0.048	22.5	22.5	3.75	1.0
RUN-3-3	0.048	22.5	22.5	7.50	2.0
RUN-3-4	0.048	22.5	22.5	11.25	3.0
RUN-3-5	0.048	22.5	22.5	15.00	4.0
RUN-3-6	0.048	22.5	22.5	18.75	5.0
RUN-3-7	0.048	22.5	22.5	22.50	6.0

각각의 실험은 평형세굴심 측정을 위하여 실험 가동시간을 최소 3.5시간으로 하였으며, 실험 시작과 평형세굴심 형성시 급작스런 밸브와 수문조작에 의한 하상형상의 변형을 최소화하기 위하여 충분한 시간(약 1시간)동안 밸브와 수문을 조작하였다.

#### 4. 결 과

푸팅에 의한 교각주위 국부세굴의 영향을 조사하기 위한 수리실험결과의 일부를 그림 3과 그림 4에 도시하였다. 그림 3에서 하상에서 푸팅 상부슬라브까지의 높이(z)가 작을수록 세굴은 작게 조사되었다. 그리고 푸팅 상류부 연장판의 길이(L<sub>u</sub>)를 증가시키면 세굴심은 많게는 50%까지 감소효과를 보이는 것으로 조사되었다. 그림 4에서 상류부 연장판이 길수록 세굴감소효과는 크지만 감소하는 폭은 작아진다. 이 실험 결과 L<sub>u</sub>/a<sub>p</sub>=2 이상이 되면 세굴감소효과는 무시할 만하다. z/a<sub>r</sub>가 증가할수록 상류부 연장판이 길면 짧은 것보다 세굴감소효과는 큰 것으로 조사되었다. z/a<sub>r</sub>가 증가할수록 하강류의 강도가 커지고 푸팅에 의해서 흐름을 방해받는 단면이 넓어지면서 말굽형와의 강도도 커져서 세굴을 일으키는 힘은 전체적으로 증가한다. 따라서 z/a<sub>r</sub>가 증가하면 더욱 커진 세굴잠재력을 제어하기위해 보다 긴 상류부 연장판이 필요하다.

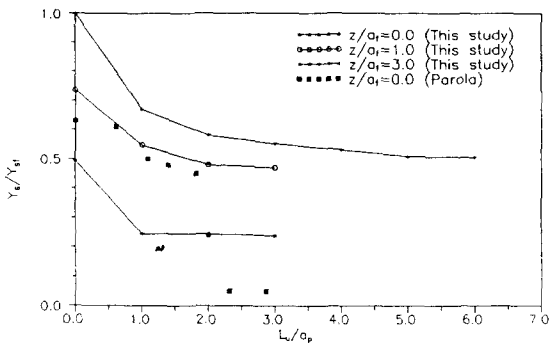


그림 3.  $z/a_f$ 의 변화에 따른 세굴심 변화

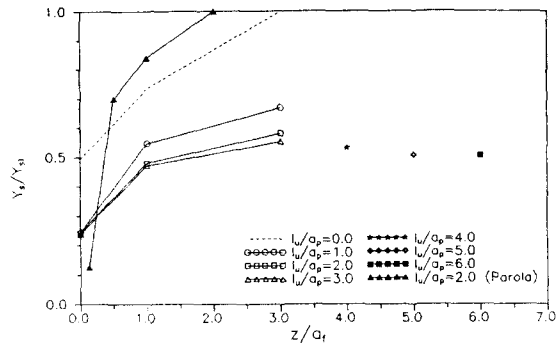


그림 4.  $L_u/a_p$ 의 변화에 따른 세굴심 변화

## 5. 결 론

푸팅의 형상인자와 푸팅 상류부 연장판이 교각주위 국부세굴에 미치는 영향을 고찰하기 위한 연구를 통하여 다음 결론을 도출하였다. 푸팅과 교각의 형상변화는 교각주위 국부세굴에 큰 영향을 미친다. 푸팅은 하상면 바로 밑에 위치할때 세굴감소효과가 있다. 푸팅의 상류부 연장판을 설치하여 길이를 증가시키면 세굴감소효과가 있다. 상류부 연장판의 길이가 교각폭의 2배 이상이면 더 이상의 세굴감소효과는 기대하기 어렵다. 교각세굴 방지를 위한 구조물 설치방법의 하나인 푸팅과 푸팅상류부 연장판의 세굴방지 효과를 부분적으로 입증하였다. 보다 정량적인 분석을 위하여 여러가지 규격의 푸팅과 푸팅 상류부 연장판에 대한 실험이 요구된다.

## 6. 기 호

$a_p$  = 교각폭(cm)

$a_f$  = 푸팅폭(cm)

$d_{50}$  = 중앙입경(mm)

$L_u$  = 상류부 연장판 길이(cm)

$Y_a$  = 접근수심(cm)

$Y_s$  = 평형세굴심(cm)

$Y_{sf}$  = 최대평형세굴심(cm),  $z=Y_a$ 인 경우

$z$  = 하상으로부터 푸팅의 높이(cm)

$\sigma_g$  = 하상입자의 표준편차

## 7. 참고문헌

- (1) Chiew, Y.M. & Melville, B.W. (1987) Local Scour around Bridge Piers, J. of Hydraulic Research, Vol.25, No.1, pp.15-26.
- (2) Fotherby, L.M. & Jones, J.S. (1993) The Influence of Exposed Footing on Pier Scour Depths, Proc., Hydr. Conf., ASCE, New York, N.Y., pp.922-927.
- (3) Jones, J.S. (1992) Effects of Footing Location on Bridge Pier by Scour, J. of Hydraulic Engineering, Vol.118, No.2, pp.280-290.
- (4) Melville, B.W. & Raudkivi, A.J. (1996) Effects of Foundation Geometry on Bridge Pier Scour, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 122, No.4, pp.203-209.
- (5) Parola, A.C. (1996) Effects of Rectangular Foundation Geometry on Local Pier Scour, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 122, No.1, pp.35-40.
- (6) Raudkivi, A.J. (1983) Clear-Water Scour at Cylindrical Piers, J. of Hydraulic Engineering, Vol.109, No.3, pp.339-350.