

# 세굴방지 시설물에 의한 교각의 국부세굴 방지실험

안상진\* · ○김응용\*\* · 김종섭\*\*\* · 김진극\*\*\*\*

## 1. 서 론

교각 또는 기초를 세굴로부터 보호하는 방법에는 세굴에 대한 하상물질의 저항력을 증가시키는 방법과 하상물질을 세굴하는 하강류와 마제형와류와 같은 세굴유발 요인의 능력을 감소시키는 방법의 두가지 접근방법이 있다. 첫번째 접근방법은 교각주위 하상에 큰 입경의 재료나 사석과 같은 보호층을 부설하는 방법이며, 두번째 접근방법은 교각 전면에 부착되는 방지판이나 푸팅의 상판을 상류로 연장하거나 원환을 바닥 또는 바닥부근에서 교각에 부착시키는 방법이다.

교각주위의 국부세굴을 일으키는 주요 인자는 교각전면에서 발생하는 하강류와 이로인한 마제형와류 및 교각의 약리현상에 의한 후류형와류이다. 따라서 하강류를 감소시킨다면 세굴을 감소시키는 것이 가능하다. 하강류를 차단하는 방법의 하나는 교각기초의 단면을 크게 하는 것이다. 그러나 교각기초의 하상으로부터의 높이가 증가하면 기초전면에 의한 하강류의 발달이 예상되어 기초는 세굴을 감소시키기 보다는 증가시키는 인자가 되기도 한다. 따라서 어떤 조건에서 어느 정도의 세굴감소 효과를 얻을 수 있는지 그 범위를 밝히는 것이 필요하다.

실제로 교각은 우물통이나 파일과 같은 기초위에 세워지므로 교각과 기초의 단면은 불균일 단면이 된다. 그러므로 모든 세굴심 예측식은 교각의 전 길이를 통하여 횡단면이 일정한 균일단면의 폭 또는 직경을 사용하도록 되어있으므로 이와같은 교각과 기초가 불균일한 단면에 대하여 적정 교각단면의 선정이 어려운 문제가 된다.

따라서, 교각기초에 의한 교각주위 국부세굴의 감소를 유발하는 기초의 기하학적 조건, 교각과 기초가 불균일한 단면이 세굴심에 미치는 영향 및 방지구조물에 의한 세굴감소 범위를 모형실험을 통하여 제시하였다.

## 2. 실험장치 및 방지실험

본 연구를 위한 실험장치는 수로길이 12m, 수로폭 40cm, 수로높이 40cm의 개수로를 이용하였다. 설치된 실험수로는 양측 벽면이 유리로 되어 있어 흐름을 관찰할 수 있고, 하상경사를 0.0%~4.0%범위까지 변화시킬수 있도록 되어 있다. 실험장치의 개략도는 Fig.1과 같다. 실험수로의 하상재료는 보청천내 산계교 지점에서 채취한 모래를 이용하였다. 채취된 모래의 평균입경( $d_{50}$ )은 0.8mm, 기하표준편차( $\sigma_g$ )는 1.95이며, 불균등 모래를 사용하였으며, 비중은 2.58 이었다. 하상재료는 수로의 바닥에 두께 10cm로 깔고, 길이방향으로 수로의 중간부분에 6.0m를 부설하였다.

하상경사는 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.4%까지 변경 시키면서 수행하였고, 세굴방지를 위한 실험에 사용한 교각은 시멘트 몰타르를 사용하여 제작한 교각폭 2.5cm, 기초폭 7.5cm인 반원형 교각을 사용 하였으며, 교각의 전면에 방지목과 방지판을 부착하였다. 모형교각은 수로 중앙에 유수의 방향과 동일하게 1개만 설치하였다. Fig. 2는 방지목과 방지판의 부착위치를 나타내고 있다.

방지목의 단면형은 교각의 단면형과 같은 모양으로 교각 앞으로 교각의 폭과 같은 2.5cm를 돌출하도록 제작하였으며, 방지목 상단의 형상은 연직방향과 45%로 경사지게 제작하여 하강류의 작용을 억제하는 역할을 하도록 제작하였다.

\* 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 충북대학교 공과대학 강사, 공학박사

\*\*\* 대전산업대학 도시공학과 조교수

\*\*\*\*충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

방지판은 돌출길이( $L_p$ )와 교각폭( $b$ )의 비가 0.5, 1.0 및 2.0이 되는 1.25cm, 2.5cm 및 5.0cm를 상류쪽으로 돌출하도록 제작하였으며, 방지판의 두께는 교각폭과 같은 2.5cm로 하였다. 실험은 중심과 수로경사를 변형시키면서 수행 하였다.

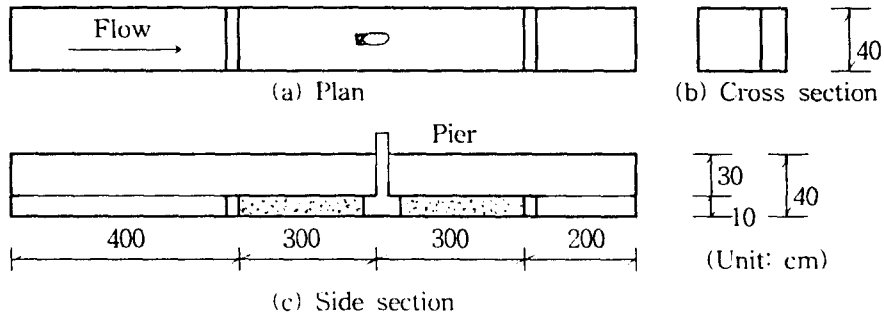


Fig. 1. Open Channel Apparatus for the Experiment

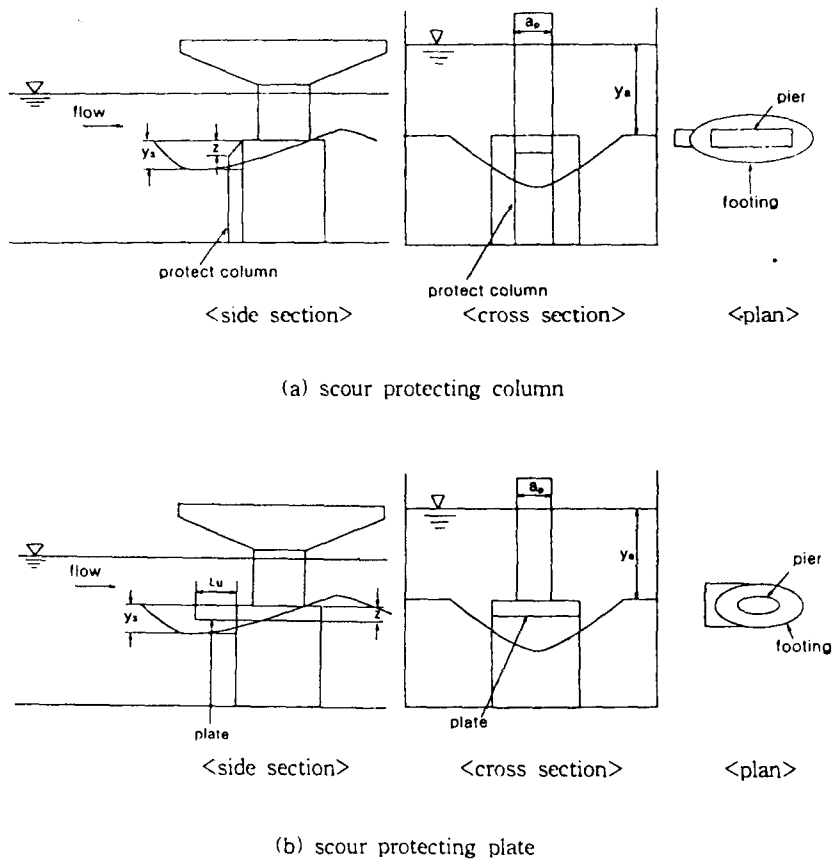


Fig. 2 The Model of Scour Protecting Column and Plate

### 3. 실험결과

#### 3.1 수심과 경사의 영향

방지구조물을 부착 하지 않은 교각에서의 세굴심과 방지목과 방지판을 부착했을때의 세굴심을 수로경사 0.05%, 0.20% 비교한 결과는 Fig. 3(a), (b)와 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 방지목을 부착했을 때, 방지판을 부착했을 때, 방지구조물을 부착 하지 않았을 때의 순으로 세굴심의 감소를 보이고 있다. 그러나 방지목과 방지판에 의한 세굴심의 영향은 큰 차이를 보이지 않고 거의 비슷하게 나타났다.

또한, 수심이 증가할수록 방지목과 방지판을 부착하였을 때의 세굴심의 증가폭은 점차 증가하는 것을 알 수 있으며, 각각의 수로경사별 세굴심도 유사한 경향을 보였다.

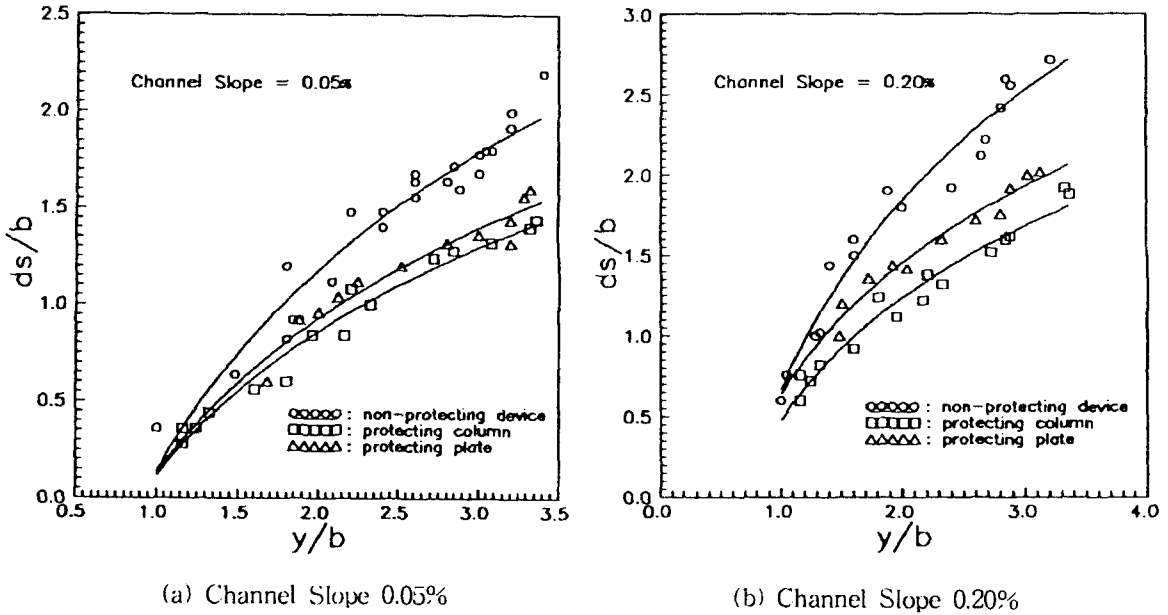


Fig. 3 Comparison of Maximum Scour Depth with Scour Protecting and Non-protecting Device

#### 3.2 접근유속의 영향

한계유속 ( $V_c$ )은 Shields 도표상에서 마찰속도  $u_*$ 를 구하여  $u_*$ 와  $V_c$ 와의 관계식 식(1)을 이용하여 구했다.

$$\frac{V_c}{u_*} = 5.75 \log \left( 5.53 \frac{h}{d_{50}} \right) \quad (1)$$

비교적 수로경사가 작은 0.03%와 비교적 수로경사가 큰 0.10%일 때에 대한 접근유속에 따른 세굴심의 변화를 나타낸 것이 Fig.4(a), (b)와 같다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 접근유속이 증가함에 따라 세굴심의 변화는 세굴심이 증가하였으며, 방지구조물에 의한 세굴감소 효과가 크게 나타났다. 또한, 세굴심은 대체로 방지 구조물을 부착했을때  $v/V_c > 0.6$ 에서 발생하였으며, 방지구조물을 부착하지 않은 교각 주위의 세굴심은  $v/V_c > 0.4$ 에서 발생하였다. 따라서, 방지구조물이 세굴감소에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

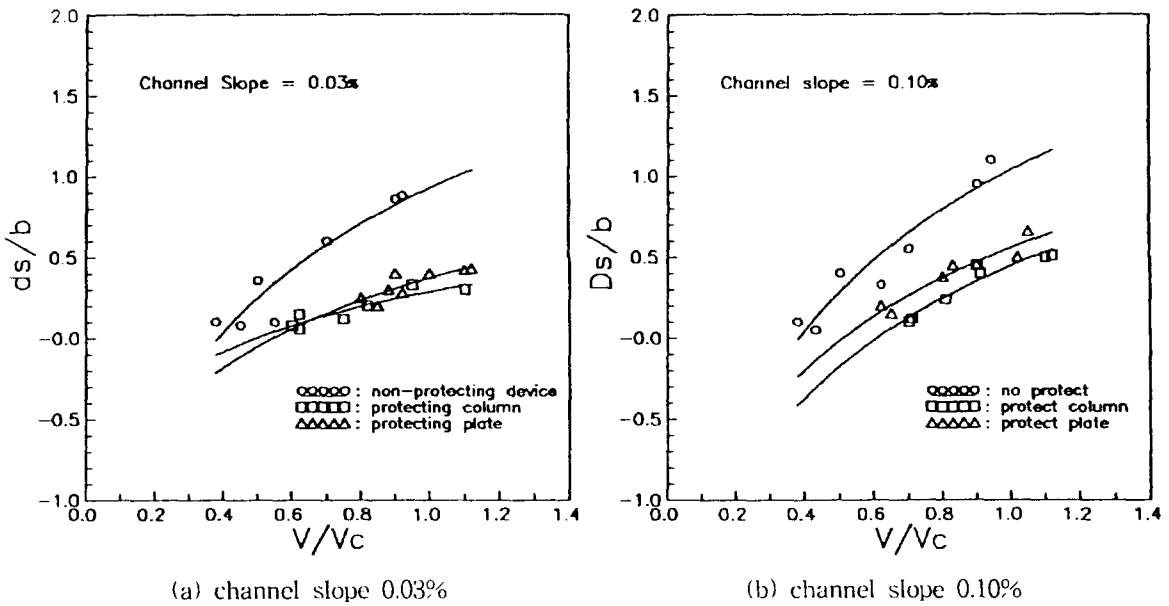


Fig. 4. Comparison of Maximum Scour Depth with Protecting and Non-protecting device according to increasing  $v/V_c$

### 3.3 방지판의 길이( $L_p$ )에 의한 영향

기초의 방지판은 하강류를 방지하기 위한 것으로 본 실험에서는 불균일 단면을 가진 교각과 기초의 상류 하상에 방지판을 설치하여 세굴심의 변화를 조사한 결과 Fig.5와 같이 도시되었다. 방지판의 길이( $L_p$ )가 기초폭( $b$ )의 0.5배내지 1배의 범위( $L_p/b=0.5\sim 1$ )에서 세굴심 방지효과가 최대로 되고 그 범위는 최대 40%정도가 됨을 알 수 있다. 그러나,  $L_p/b>1$ 에서는 방지의 영향이 크지 않음을 알 수 있다.

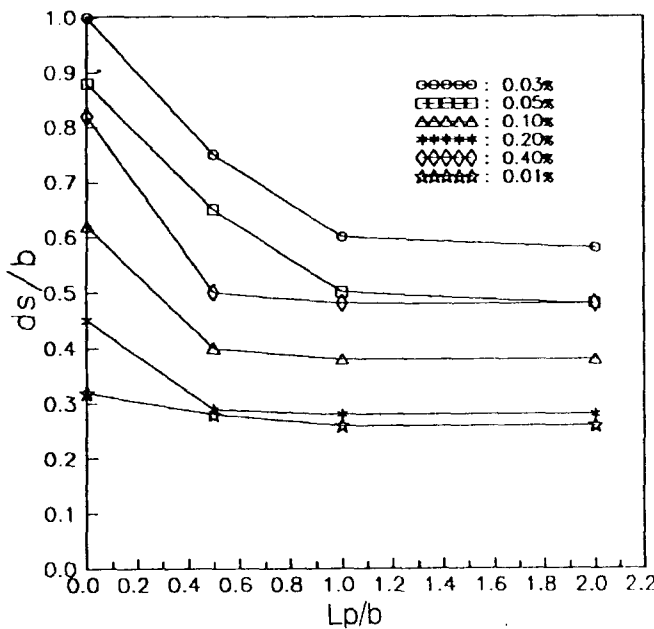


Fig.5. Variations of Scour Depths with  $L_p$

#### 4. 결 론

본 연구는 국부세굴을 감소시키는 방법의 하나로 세굴 방지시설물을 기초의 상류단에 하상과 같은 높이로 방지판과 방지목을 설치하고 모형실험을 실시하여 종합 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기초의 상류단에 하상과 같은 높이로 방지판과 방지목을 설치하여 하강류를 차단함으로써 세굴심을 감소시킬 수 있었다.
2. 세굴심 감소정도는 방지목, 방지판, 방지시설물을 부착 하지 않았을 때의 순서로 세굴심의 감소를 보였다. 그러나 방지목에 의한 세굴심과 방지판에 의한 세굴심의 영향은 서로 큰 차이를 보이지 않았다.
3. 국부세굴의 시작은 대체로 방지 시설물을 부착했을 때  $v/V_c$ 는 0.6이상에서 발생하였으며, 방지구조물을 부착하지 않은 교각 주위의 세굴시작은  $v/V_c$ 가 0.4이상 에서 발생하였다. 따라서, 방지시설물이 세굴심 감소에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.
4.  $L_p/b=0.5\sim 1$ 에서 세굴심 감소효과가 최대로 되고 그 범위는 최대 40%가 되었다.  $L_p/b>1$ 에서는 그 영향이 크지 않았다. 따라서 방지구조물 설치시 교각의 폭을 고려하여 부착하는 것이 바람직하다고 사료된다.

#### 참고문헌

1. Dargahi, B., "Controlling Mechanism of Local Scouring", J. of Hydraulic Engineering, Vol. 116, No.10., 1990
2. Fotherby, L. M. and Jones, J. S., "The Influence of Exposed Footing on Pier Scour Depths", Proc., Hydr. Conference, ASCE, New York, pp.922~927, 1993.
3. Parola, A. C., "Effects of Rectangular Foundation Geometry on Local Pier Scour", J. of Hydraulic engineering, Vol.122, No.1, pp.35~40., 1996
4. Posey, C. J., "Test of Scour Portection for Bridge Piers", J. of Hydraulics Division, Vol.100, No. HY12, 1974.
5. Stevens, M.A., et al., "Wake-Vortex Scour at Bridge Piers", J. of Hydraulic Engineering, Vol.117, No. 7, 1991.
6. 吉川秀夫, "橋脚의 洗掘을ひろ타その防止に關する考察", 日本土木學會論文集, 第194號, 1971.
7. 安相鎭, 金雄鎔, "橋脚의 크기와 接近角度에 따른 局部洗掘의 實驗的 研究", 大韓土木學會論文集, 第17卷 第II-1號, pp.45~53, 1997.
8. 李正圭, 河川橋脚의 洗掘防止 對策에 대한 實驗的 研究, 漢陽大學校, 1992.
9. 이정규, 정동원, 이창해, 육운수, "하천교각의 세굴방지 대책에 대한 실험적 연구", 대한토목학회논문집, 제15권 제1호, pp.165~172, 1995.