

# 세굴방지기둥의 끝단각도에 따른 국부세굴심의 영향

The Influence of Local Scour depth according to Nose Angle of Protecting Column

안상진\* · 김용용\*\* · 김종섭\*\*\* · 전계원\*\*\*\*

## 1. 서론

교각주위의 국부세굴을 일으키는 주요 인자는 교각전면에서 발생하는 하강류와 이로 인한 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, 본 연구에서는 교각주변에서 발생하는 국부세굴을 감소시키는 방법의 하나로 교각 전면의 하강류를 차단 또는 약화시키는 교각세굴 방지기둥을 교각 전면에 부착하여 실험을 실시 하였으며, 세굴 방지기둥의 끝단 각도(nose angle)가 세굴감소에 얼마나 영향이 있는가를 모형실험을 통하여 제시하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

본 연구에서 실험을 위한 실험장치는 수로길이 12m, 수로폭 0.4m, 수로높이 0.4m의 개수로장치를 이용하였다. 설치된 실험수로는 양측 벽면이 유리로 되어 있어 흐름을 관찰할 수 있고, 하상경사를 0.0% ~ 4.0%범위 까지 변화시킬수 있도록 되어 있다. 실험장치의 개략도는 Fig.1과 같다.

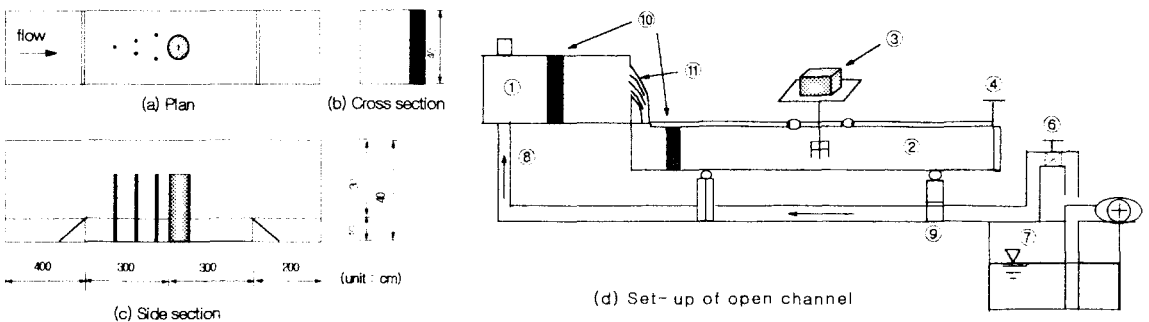


Fig. 1. Open Channel Apparatus for the Experiment

\* 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수  
 \*\* 충북대학교 공과대학 강사, 공학박사  
 \*\*\* 대전산업대학교 도시공학과 조교수  
 \*\*\*\* 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

수심 측정장치는 Vernier형의 Point gage를 이용하였으며 유속장치는 소형 자기 유속계를 사용하였으며, 프로펠러형으로 회전수를 측정하고 이를 유속환산공식에 대입하여 유속을 계산하도록 되어있다. 실험수로의 하상재료의 중앙입경( $d_{50}$ ) 0.8mm, 기하표준편차( $\sigma_g$ )는 1.95이며, 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, 모형교각은 시멘트 몰타르를 사용하여 제작한 교각폭 2.5cm, 기초폭 7.5cm인 반원형 교각을 사용 하였다. 교각의 표면은 조도의 영향을 무시하도록 필름으로 포장하여 교각의 전면에 방지기둥 부착하였다. 모형교각은 수로 중앙에 유수의 방향과 동일하게 1개만 설치하였다.

Fig.2는 방지기둥의 부착위치 및 끝단각도(nose angle;  $\alpha$ )를 나타내고 있다. 방지기둥은 교각 전면에 교각의 폭과 같은 2.5cm를 돌출하도록 제작하였으며, 방지기둥의 끝단각도는 수평방향과  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  및  $60^\circ$ 로 경사지게 제작하여 하강류의 작용을 억제하는 역할에 대한 실험을 할 수 있도록 하였다. 실험은 수심과 수로 경사를 변형시키면서 세굴심이 평형을 이룰 때 까지 충분한 시간을 주면서 수행 하였다. 실험에 이용된 방지기둥의 제원은 Table 1.과 같다.

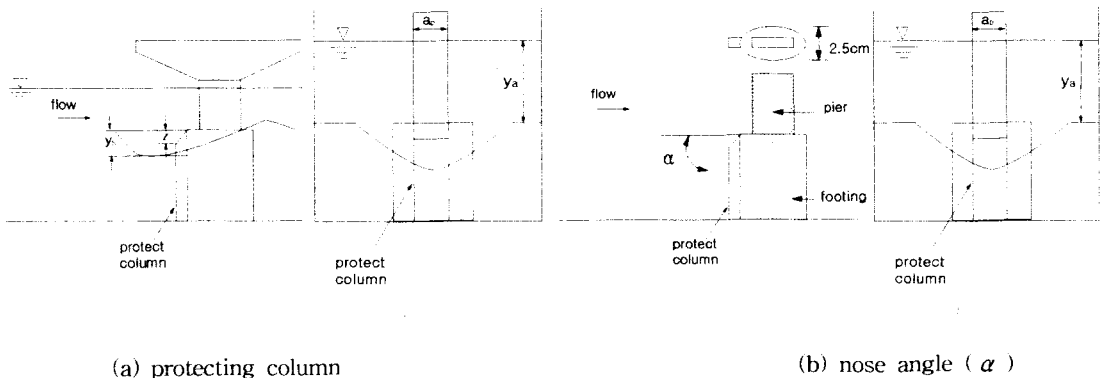


Fig. 2. The Model of Scour Protecting Column

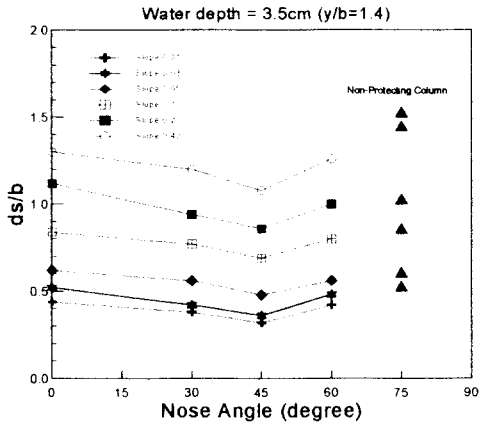
Table 1 The Scour Protecting Column used for experiment

Scour Protecting Column			Pier			Opening Ratio (%)
Column Nose Angle ( $^\circ$ )	Column Length $L_c$ (cm)	Column Width $b_c$ (cm)	Pier Length $L$ (cm)	Pier Width $b$ (cm)	Shape Factor ( $L/b$ )	
0, 30, 45, 60	2.5	2.5	6.75	2.5	2.7	93.8

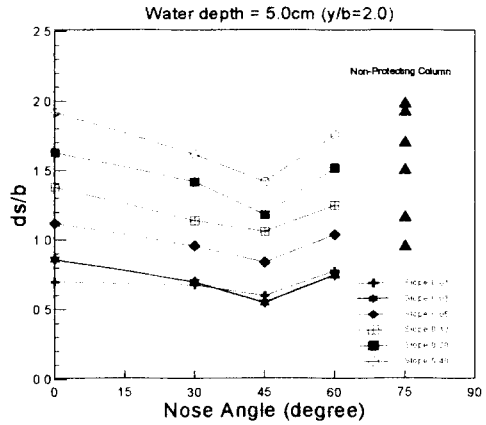
### 3. 실험결과

#### 3.1 수심별 끝단 각도에 의한 세굴심의 영향

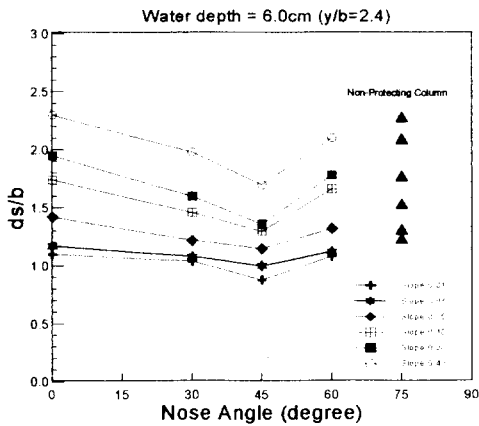
방지기둥의 끝단각도가 수평방향에서 아래로 각각  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  및  $60^\circ$ 를 가졌을 때의 최대평형 세굴심을 수로경사 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.10%, 0.20% 및 0.40%에 대하여 수심별로 도시한 결과는 Fig.3.1(a)~(d)와 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 방지기둥을 부착하지 않았을 때의 세굴심에 비하여 방지기둥을 부착한 후의 세굴심은 감소를 보이고 있음을 알 수있다. 또한 방지기둥의 끝단의 각도는 수평방향과  $45^\circ$  일 때 세굴감소 효과가 가장 크게 나타났다.



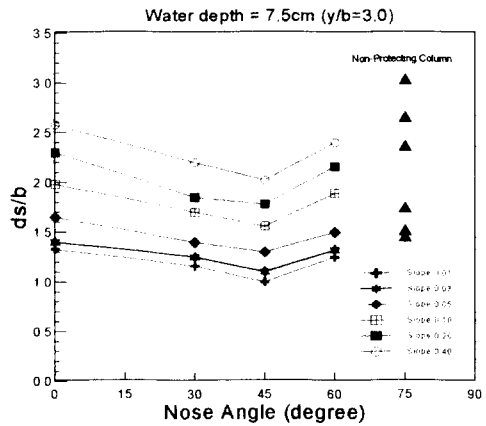
(a) Water Depth 3.5cm



(b) Water Depth 5.0cm



(c) Water Depth 6.0cm

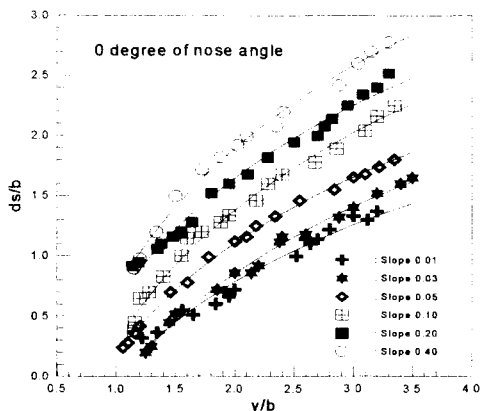


(d) Water Depth 7.5cm

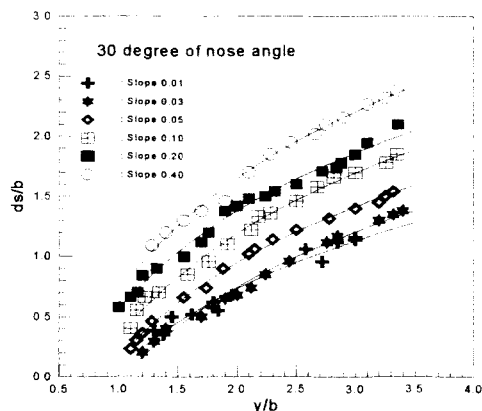
Fig. 3. Comparison of Maximum Scour Depth with Scour Protecting Column by Nose Angle

### 3.2 끝단각도별 수심에 의한 세굴심의 영향

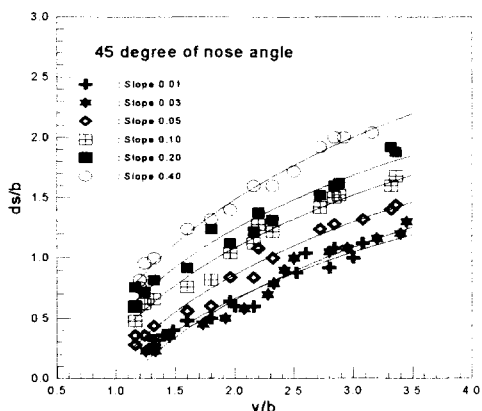
수심의 증가에 따른 세굴심의 영향을 방지기둥을 부착하였을 때, 최대평형 세굴심을 수로경사 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.10%, 0.20% 및 0.40%에 대하여, 방지기둥의 끝단각도별로 비교한 결과는 Fig. 4(a)~(e)와 같다. 그림에서 알수 있듯이 세굴심의 영향은 수로경사가 증가할수록 세굴심이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 또한 그 증가폭은 수심이 증가할수록 점차 커지는 것을 알 수 있다.



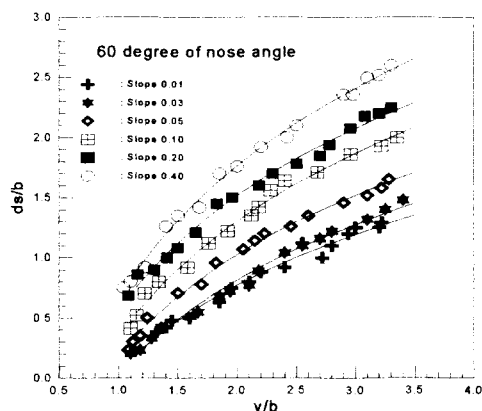
(a) 0° of Nose Angle



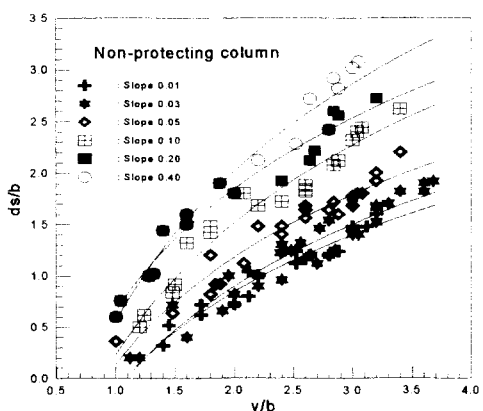
(b) 30° of Nose Angle



(c) 45° of Nose Angle



(d) 60° of Nose Angle

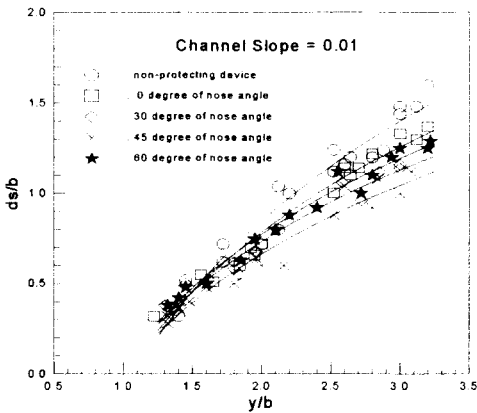


(e) Non-Protecting Column

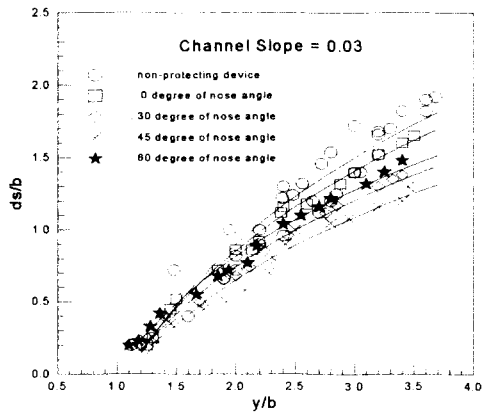
Fig. 4. Comparison of Maximum Scour Depth with Nose Angle

### 3.3 수로경사별 수심에 의한 세굴심의 영향

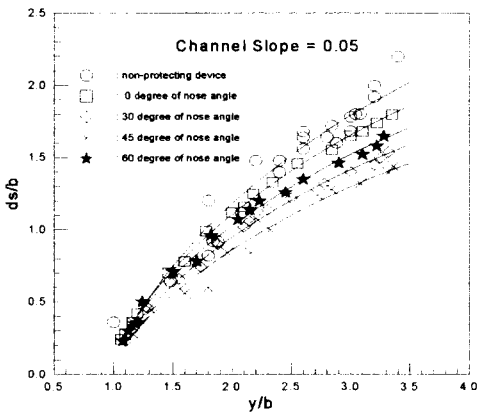
서로다른 끝단각도를 가진 세굴방지기둥을 부착하였을 때, 수심의 증가에 따른 최대평형 세굴심의 영향을 각각의 수로경사별로 비교한 결과는 Fig. 5(a)~(f)와 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 최대평형 세굴심의 감소영향은 끝단각도가 45°, 30°, 60°, 0° 및 방지기둥을 부착하지 않았을 때의 순으로 나타났다. 또한 수심이 작을 때는 방지기둥을 부착했을 때와 부착하지 않았을 때의 차이는 그리 크지 않음을 알 수 있으나 수심의 증가와 함께 그 증가폭이 점차 커지는 것을 알 수 있다.



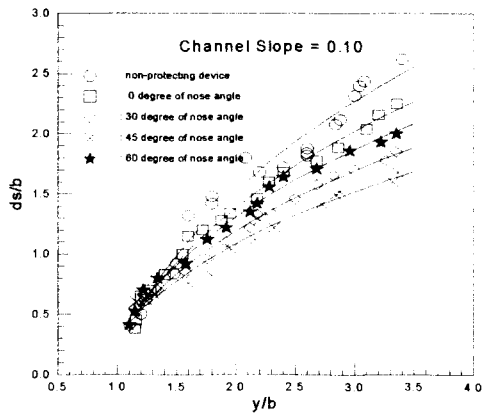
(a) Channel Slope 0.01%



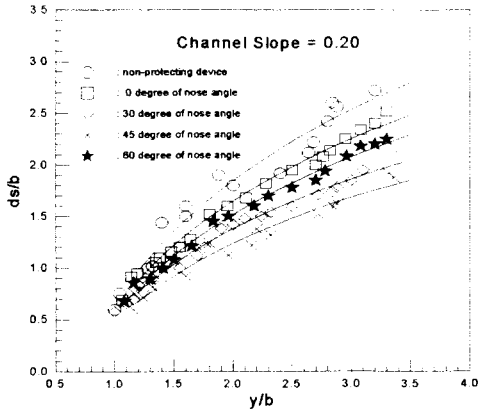
(b) Channel Slope 0.03%



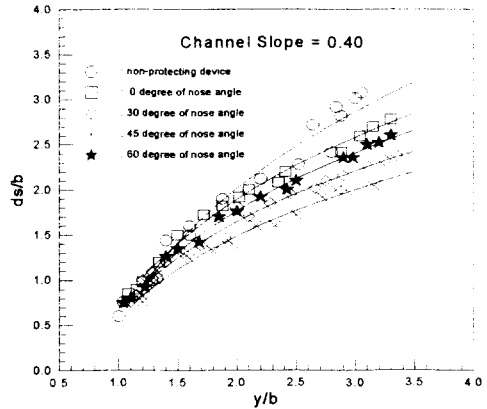
(c) Channel Slope 0.05%



(d) Channel Slope 0.10%



(e) Channel Slope 0.20%



(f) Channel Slope 0.40%

Fig. 5. Comparison of Maximum Scour Depth with Channel Slope

## 5. 결론

본 연구는 교각주위의 국부세굴 방지 방법중 교각의 기초 전면에 서로다른 끝단각도를 가지는 방지기둥을 설치하고 방지기둥의 끝단각도에 따른 최대평형 세굴심 감소의 영향을 모형실험을 통하여 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교각기초의 전면에 방지기둥을 하고 모형실험을 실시한 결과 방지기둥을 부착하지 않았을 때보다 최대 평형 세굴심을 감소시킬 수 있었다.
2. 세굴 방지기둥의 끝단각도와 세굴심과의 영향은 수평방향에 대하여 45°일 때 세굴심 감소효과가 가장 크게 나타났으며, 끝단각도가 45° 보다 크거나 작을 때는 감소효과는 작아지는 것을 알 수 있었다.
3. 수심에 의한 영향에서 수심이 작을 때는 방지기둥을 부착했을 때와 부착하지 않았을 때의 차이는 그리 크지 않았다. 그러나 수심의 증가와 함께 세굴방지 기둥의 영향은 점차 크게 나타났다.
4. 교각세굴심의 감소효과는 방지기둥의 끝단각도가 45°, 30°, 60°, 0° 및 방지기둥을 부착하지 않았을 때의 순으로 나타났다. 따라서, 세굴 방지기둥 설치시 교각세굴 감소효과를 크게 하기 위해서는 방지기둥의 끝단 각도를 고려하여 부착하는 것이 바람직하다고 사료된다.

## 참고문헌

1. Fotherby, L. M. and Jones, J. S. (1993), "The Influence of Exposed Footing on Pier Scour Depths", Proc., Hydr. Conference, ASCE, New York, pp.922~927.
2. Imamoto, H. & Ohtoshi, K. (1987), "Local Scour around a Non-uniform Circular Cylinder", Proc., IAHR Congress, pp.304~309.
3. Richardson, et al.(1995), "Evaluating scour at bridges", Hydraulic Engineering Circular No. 18 3rd Ed., FHWA, U. S. Dept. of Transportation.
4. 안상진, 김용용(1997), "교각의 크기와 접근각도에 따른 국부세굴의 실험적 연구", **대한토목학회 논문집**, 제17권, 제II-1호, pp.45~53.
5. 안상진, 김용용, 김종섭, 김진국(1998), "세굴방지 시설물에 의한 교각의 국부세굴 방지실험", **'98년 한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp.461~465.