

교대형상에 따른 국부세굴의 실험적 연구

An Experiment Research of Local Scour according to Abutment Nose Shape

안상진*, 김응용**, ○황보연***, 김진극***

1. 서론

현재까지의 세굴예측방법들은 특정하천부지에 대한 세굴현상을 이해하고 그 현상에 따른 예측 방법을 적절하게 선택하는 일련의 과정을 통해서만 얻어졌다. 정확하지 못한 세굴심도의 예측은 교량이나 교대를 붕괴시키는 원인이 되며, 교량 또는 교대의 붕괴는 복구에 드는 재정적인 손실과 더불어 교통체증, 각종 무형재산의 손실등 심각한 사회적 손실을 일으키게 된다. 대부분의 교대가 어떤 특정한 형상으로 건설되어 있으나 여러 형상별로 세굴심에 대한 연구를 한다든지 국부세굴심에 대한 정확한 예측을 한다면 경제적인 교대의 설계는 물론 교대의 안전성 검사에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 특히 교대의 형상에 따른 국부세굴심의 영향을 검토하는 것은 매우 중요하나 이에대한 국내의 연구결과는 아직 미미한 실정이며 교대설계에 있어서도 세굴심의 영향을 고려하고 있지 않은 상황이다.

따라서 본 연구는 다양한 교대의 형상 중 수직벽 교대의 끝단 형태에 따른 국부세굴심의 영향을 실험을 통하여 알아보고 각각의 교대형상에 대하여 하상경사, 수심 및 교대길이에 따른 최대세굴심의 변화를 비교 검토하여 적절한 국부세굴심을 예측하기 위한 기본자료를 제공코자 한다.

2. 교대 형상에 의한 국부세굴

2.1 교대의 형상계수

교량의 교대는 매우 다양한 크기와 형상으로 설계된다. 일반적으로 교대의 형태는 서로다른 형태를 구별하는 형상인자로서 흐름을 방해하는 구조물의 길이 L 로 표현할 수 있고, 접근흐름과 교대사이의 각도 및 정렬상태로 표현할 수 있다.

이는 교대의 부분적인 형상이 교대세굴에 중요하다는 것을 잘 알려주고 있다. 서로다른 여러 교대의 형상은 여러 가지 방법으로 흐름이 전환되므로, 유선형의 형상을 지닌 교대는 무딘 형상의 교대에 비해 더 적게 세굴된다. 이러한 형상의 영향은 형상계수 K_s 를 이용하여 표현되며, Melville¹⁾의 실험에 의하여 제안된 교대의 형상계수값은 Table 1.과 같으며, Fig.1 은 여러 형태의 교대 형상을 나타내고 있다.

수직벽교대(vertical wall abutment)가 가장 단순한 형태이며 기준으로 이용된다. 경사벽교대(spill-through abutment)에서 교대길이는 수심의 중앙길이 이다.

* 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정 수료

*** 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

Table 1 Shape Factors

Abutment Shape	K_s
Vertical-wall Abutment	1.00
Vertical-wall Abutment with Wingwalls	0.82
Spill-through Abutment	0.55

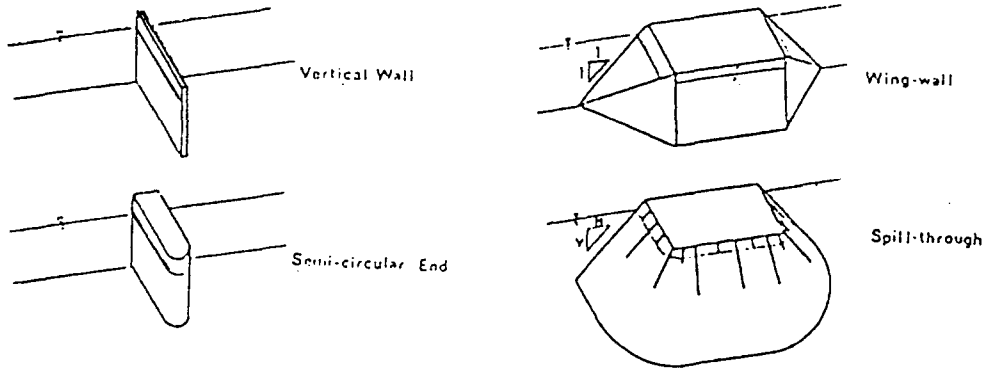


Fig. 1 Abutment shapes

2.2 교대에서의 이동상세굴

교대세굴의 경우 실측자료가 거의 없으며 따라서 주로 실험에 의하여 이루어 졌다. 교대에 의한 이동상 세굴의 실험은 Liu et al.²⁾, Laursen³⁾, Froehlich⁴⁾ 및 Melville¹⁾ 등에 의하여 이루어 졌다. Liu et al.은 실험을 통해 제안된 식으로 실험자료 와 변수의 차원해석에 의해 개발되었으며, Laursen은 교대에 의해 발생하는 흐름의 가속도에 따른 입자이동의 변화에 따른 식을 개발하였다. Froehlich은 실험자료의 차원해석과 회귀분석으로부터 유도하였으며, Melville는 차원해석과 실험자료의 매개변수 사이의 관계로부터 이루어졌다. 또한 Froehlich은 실험수로에서의 170개 이동상 세굴(Live-bed Scour) 조건에 의한 측정치를 회귀분석에 의해 분석하였다.

2.3 교대 길이에 따른 분류

Melville는 각각 평형세굴심과 교대길이 사이의 관계와 평형세굴심과 수심과의 관계를 나타내어 다음과 같은 방정식을 유도하였다.

$$d_s = 10y \quad \frac{L}{y} \geq 25 \quad (1)$$

$$d_s = 2L \quad \frac{L}{y} \leq 1 \quad (2)$$

$$d_s = 2(yL)^{0.5} \quad 1 < \frac{L}{y} < 25 \quad (3)$$

여기서, d_s 는 세굴심, y 는 수심, L 은 돌출교대의 길이이며, 식(1),(2) 및 (3)은 각각 긴 교대, 짧은 교대 및 중간교대이다.

3. 실험장치 및 실험방법

실험은 수로길이 12m, 수로폭 0.4m, 수로높이 0.4m인 가변개수로장치를 이용하였다. 설치된 실험수로는 양측벽면이 유리로 되어있어 흐름을 관찰할 수 있고, 하상경사를 0.0%~4.0% 범위까지 변화시킬 수 있도록 되어있다. 실험수로의 하상재료는 보칭천내 산계교 지점에서 채취한 모래를 이용하였다. 채취된 모래의 평균입경(d_{50})은 0.8mm이며 비중 2.58인 불균등 모래를 사용하였다.

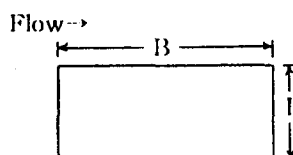
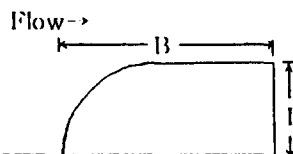
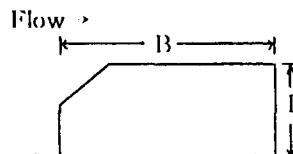
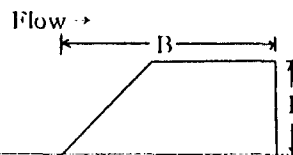
하상재료는 수로의 바닥에 두께 10cm로 깔고, 길이방향으로 수로의 중간부분에 6.0m를 부설하였다. 모형교대의 표면은 조도를 무시할 수 있도록 아크릴로 제작하였으며, 교대 길이를 일정하도록 제작하였다.

실험은 수직벽교대 중 끝단이 직사각형, 무단형, 끝단을 깎아낸 직사각형, 및 예연형의 4가지 형상의 교대로 실험을 실시하였으며, 한 형상의 교대에 대해 각각의 하상경사별로 수심을 증가시키면서 실시하였다. 수심의 증가는 약 1cm를 기준으로 하였으며, 같은 수심에 있어서 1회의 실험 기간은 최대세굴심에 도달하여 평형상태가 유지될 때 까지 충분한 시간이 되도록 하였으며, 실험이 끝난후 최대세굴심의 측정은 모형교대에 미리 표시한 눈금을 측정하는 방법으로 실시 하였다.

하상경사는 0.01%, 0.03%, 0.05%까지 변경 시키면서 수행하였고, 모형교대는 유수의 방향과 동일하게 벽면에 설치하였다.

본 실험에 사용된 모형교대의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Type of Abutment Shape for Experiment

Abutment Nose Shape		Length L(cm)	Wide B(cm)	Opening Ratio (%)
Rectangular Nose		2.0	10.0	95.0
Oblong Nose		2.0	10.0	95.0
Chamfered Rectangular Nose		2.0	10.0	95.0
Sharp Nose		2.0	10.0	95.0

4 실험결과와 분석

4.1 수심변화에 의한 세굴심

Fig. 2는 경사 0.03%에서 수심을 약 1cm간격으로 증가시켰을 때 직사각형 및 예연형교대에 대한 최대세굴심의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 예연형 교대에 비해 직사각형 교대의 최대세굴심이 더 크게 나타났으며, 수심이 증가할수록 교대 후미의 Dune 현상이 점차 없어지는 것을 알 수 있다.

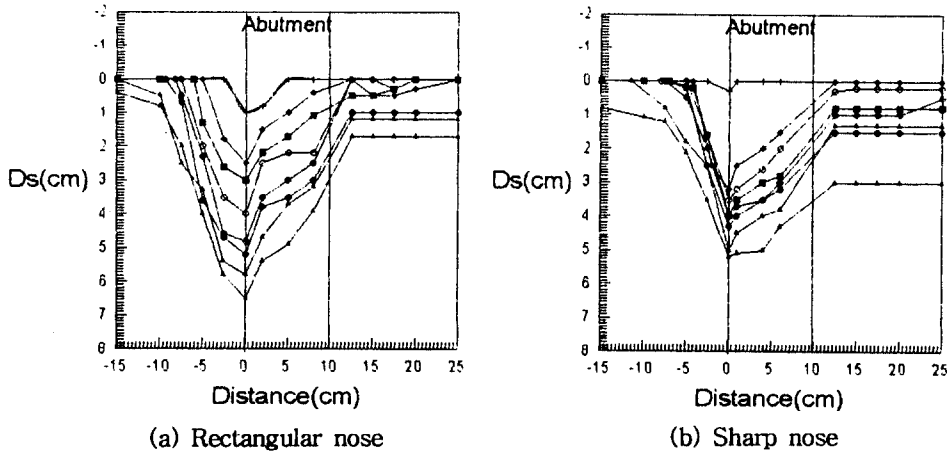


Fig. 2 Variation of Maximum Scour Depth with Water Flow Depth Increase

4.2 수로경사 변화에 의한 세굴심

동일한 교대형상에서 세굴심의 변화를 분석하기 위하여 하상경사가 0.01%, 0.03% 및 0.05%일 때의 최대세굴심을 측정하여 비교하였다. Fig. 3은 교대 형상이 직사각형 및 무딘형일 때 각각의 수심에서 하상경사에 따른 최대세굴심의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 x축은 y/L , y축은 d_s/L 로 표현된 무차원량을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 경사변화가 클수록 세굴심도 증가하고 있음을 볼 수 있다. 그러나 그 증가폭은 점차 둔화하는 것으로 나타났다.

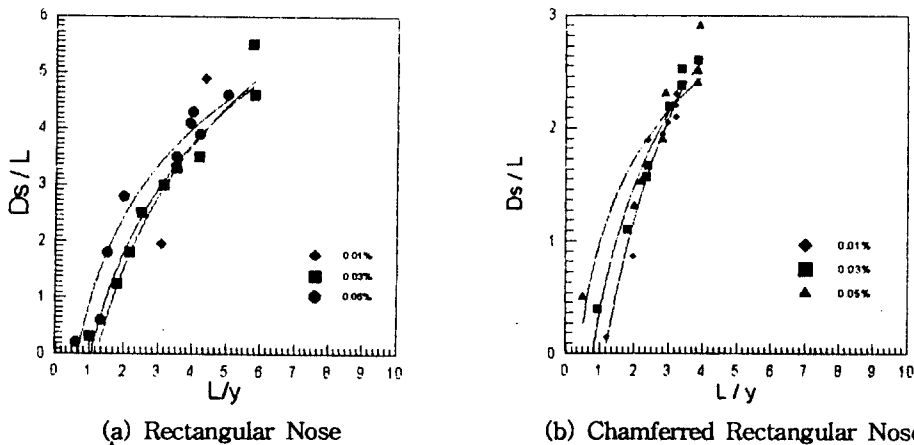


Fig. 3 Variation of Maximum Scour Depth with Flume Slope Increase

4.3 교대형상에 따른 최대세굴심의 변화

Fig.4는 동일한 하상경사에서 끝단형상이 다른 교대에서의 수심증가에 따른 최대세굴심의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 동일한 하상경사에서는 직사각형, 무딘형, 끝단을 깎아낸 직사각형, 예연형의 순서로 최대세굴심이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 하상경사가 커질수록 세굴심의 증가폭은 둔화되고 있으나 각각의 형상별 비교를 통해서서는 그 증가폭이 점차 커지는 현상을 보여주고 있다.

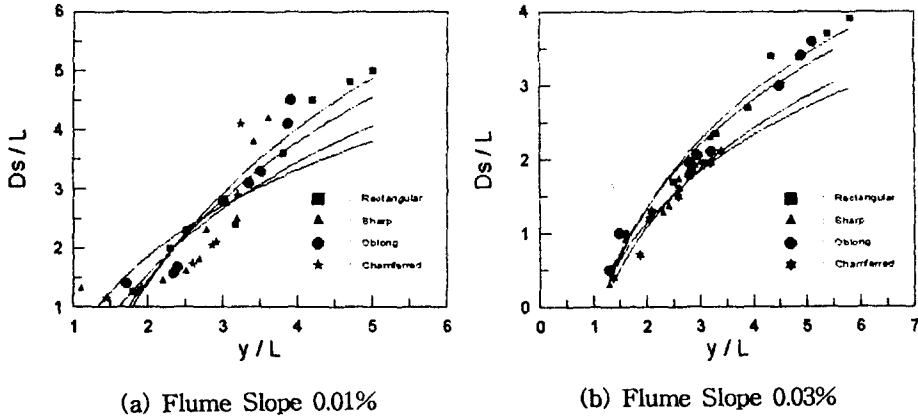


Fig. 4 Variation of Maximum Scour Depth with Abutment Nose Shape

5. 결론

본 연구는 끝단이 서로다른 교대의 형상에 대한 국부세굴심을 예측하기 위한 실험적 연구로서 교대의 형상변화에 따른 수심 및 수로경사의 변화와 동일경사에 대한 형상별 최대세굴심도의 비교분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일한 수로경사에서 수심을 증가시켰을 때 최대세굴심 및 세굴폭은 점차 증가하였으며 수심이 증가할수록 교대후미의 세굴심도 증가하였다.
2. 동일한 교대형상에서 하상경사를 증가시켰을 때 최대세굴심은 증가하였으나 그 증가폭은 그다지 크지 않고 약화하였다.
3. 동일한 수로경사에서 교대형상에 따른 세굴심의 크기는 직사각형, 무딘형, 끝단을 깎아낸 직사각형, 예연형의 순서로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Melville, B. W., "Local Scour at Bridge Abutment", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 118, No. 4, ASCE, April, 1992.
2. Liu, H.K., Chang, F.M., and Skinner, M.M., "Effect of Bridge Constriction on Scour and Backwater", Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Co.,1961.
3. Laursen, E.M., "Scour at Bridge Crossing", Journal Hydraulic Division, American Society of Civil Engineering, Vol. 92, No. HY 3, 1960.
4. Froehlich, D.C., "Abutment Scour Prediction", Presentation, Transportation Research Board, Washington, D.C, 1989.
5. Richardson, et al., "Evaluating Scour at Bridge", Hydraulic Engineering Circular, No.18 2nd Ed., FHWA, U. S., Dept. of Transportation, 1993.
6. Richardson, et al., "Stream Stability at Highway Structures", Hydraulic Engineering Circular, No. 20 1st Ed., FHWA, U. S., Dept. of Transportation, 1991