

교각일체형 세굴방지구조물에 의한 교각세굴 방지

Scour Countermeasure using Additional Facility in front of Bridge Pier

김웅용* · 안상진** · 윤석환***

Kim, Ung Yong · Ahn, Sang Jin · Yoon, Seok Hwan

요 지

본 연구는 장기하상변동, 단면축소세굴, 국부세굴로 일반적으로 분류되는 세굴형태 중 국부세굴의 방지를 위하여 교각 전면에서 발생하는 하강류를 차단함으로써 교각 및 교각기초를 세굴로부터 보호하여 세굴심을 감소시키기 위한 실험적 연구로서, 동시에 경제성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

교각의 기초부의 전면에 우수방향과 대응되도록 세굴방지구조물을 설치하여 세굴방지구조물의 상부 끝단에 하강류를 방지하기 위하여 차단각을 주었고 세굴방지구조물의 폭은 교각의 폭을 고려하여 설계하였다.

이러한 세굴방지구조물은 기초에 하강류 차단 방지시설을 설치하여 세굴심의 방지효과가 약 20~40%로 나타났으며 기존의 교각기초에 설치하던 매트 및 사석보호공에 비해 경제적 시공이 가능하며, 지속적인 효과를 볼 수 있었다.

핵심용어: 교각세굴, 교각일체형 세굴방지구조물, 하강류

1. 서론

세굴현상은 물의 흐름에 의하여 하상과 제방으로부터 재료가 유실되는 침식작용이라 정의할 수 있다. 이 현상은 흐르는 물에 의한 침식활동, 수로내 하상 굴착현상 및 하천의 수로단면으로부터 침식된 재료의 운반작용들을 포함하며, 서로 다른 하상재료로 구성된 하천은 세굴비율에 따라 차이가 난다. 이들 인자에 대한 적절한 예측은 수공학자나 교량설계자에게 적절한 교량을 설계하는데 필수적인 것이며, 이 인자들은 하천 및 그 지류의 장·단기적인 세굴심 변화에 많은 영향을 주고 있다. 자연상태의 하천은 장기적으로는 토사의 유입량과 유출량이 거의 같기 때문에 평형상태를 유지하고 있으나 하천에 교각이 설치되면, 이로 인해 수리현상이 변화하여 교각주위에 국부적인 세굴이 발생하게 된다.

교각에서 일어나는 세굴은 이동하는 유체의 역학적 상호작용과 불균등하게 분포된 하상입자들은 교각의 형상과 같은 여러 요소에 의해 지배를 받기 때문에 세굴에 대한 정확한 예측은 매우

* 정회원 · 충북대학교 공과대학 강사 · E-mail : ungyongkim@empal.com

** 정회원 · 충북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : hydrosys@trut.chungbuk.ac.kr

*** 정회원 · 충북대학교 건설기술연구소 연구원 · E-mail : yun4918@empal.com

어렵다. 국내 하천의 경우 구미 각국과는 달리 계절적 유량 편기 현상이 심하고 하상재료의 입경도 상당히 작은편이어서 세굴에 의한 구조물의 위험성이 상존하고 있는 실정이며 현재 사용중인 교량의 경우에도 세굴에 대하여 무방비한 상태로 남아있는 경우가 있어 붕괴에 의한 인적 및 물적 손실을 야기할 우려가 있다.

이러한 붕괴위험이 있는 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 사석, 테트라포드(tetrapod), 케이블 블록등 과 같은 보호층을 부설하는 방법이며, 두번째 접근방법은 교각 상류에 교각보호장치를 설치하거나, 교각 전면에 부착되는 방지판이나 푸딩의 상판을 상류로 연장하거나 원환을 바닥 또는 바닥부근에서 교각에 부착시키는 방법이다.

하강류를 차단하는 방법의 하나는 교각의 상류부에 방지 구조물을 설치하여 하강류를 차단 또는 약화시키는 것이다. 그러나 교각 상류부의 방지 구조물의 수가 많게 되면 하천의 단면을 수축시켜 수축세굴의 발달이 예상되어 교각은 세굴을 감소시키기 보다는 증가시키는 인자가 되기도 한다. 따라서 어떤 조건에서 어느정도의 세굴감소 효과를 얻을 수 있는지 그 범위를 밝히는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국부세굴을 방지시키는 방법으로 세굴방지 구조물을 모형교각 주변에 설치한 후 실험을 통하여 최대 평형 세굴심을 살펴보고, 수심별, 수로경사별, 설치각도별로 실험을 실시 하여 기존의 방지시설이 설치되지 않은 교각에 대한 실험결과와 비교하여 이것으로 인한 세굴보호 영향과 세굴감소 범위를 밝혀 신설교량 설치 및 기존교량의 보수에 따른 구조물의 안전성을 평가하는 기본자료로써 활용하고, 동시에 기존의 교각기초에 설치하던 매트 및 사석보호공에 비해 경제적 시공이 가능토록 하는데 그 목적이 있다.

2 국부세굴에 영향을 주는 인자

교각에서 국부세굴을 일으키는 근본적인 원인은 하상에서의 와류의 형성이다. 이 와류현상은 유체 자체의 특성, 하천에서의 흐름의 변화, 하상재료의 성질 및 교각의 크기와 형상등 많은 인자들에 의해 영향을 받는다. 따라서 교각주위에서의 세굴에 영향을 주는 인자로는 크게 자체의 특성인자, 하천내 흐름인자, 하상재료인자 및 교각의 형태인자로 대별할수 있으며 이들 인자들을 정리하면 표 1과 같다.

3. 실험장치

실험장치는 수로길이 12m, 수로폭 0.4m, 수로높이 0.4m의 개수로를 이용하였다. 설치된 실험수로는 양측 벽면이 유리로 되어 있어 흐름을 관찰할 수 있고, 수로경사를 0.0~4.0% 범위까지 변화시킬 수 있도록 되어 있다. 유량은 벨브에 의해서 조절이 가능하고, 수로의 상류단에 설치된 고수조에는 삼각위어가 설치되어있어 유량을 측정할 수 있으며, 수로 하류단에는 수직 gate가 설치되어 있어 흐름상태를 조절할 수 있다. 또한 수로 상단부의 고수조와 수로 사이에 screen이 설치되어 있어 흐름상태를 일정하게 정류상태로 유지하도록 할 수 있다.

실험수로의 하상재료는 중앙입경(d_{50})은 0.65mm, 기하학적 표준편차(σ_g)는 1.95이며, 비중은 2.58인 모래를 사용하였다. 하상재료는 수로의 바닥에 10cm로 깔고, 길이방향으로 수로의 중간부분에 6.0m를 부설하였다. 하상경사는 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.4%까지 변경시키며 수

행하였다. 세굴방지를 위하여 실험에 사용한 교각은 반원형교각을 사용하였으며, 실험장치의 개략도는 그림 1과 같다.

표 1. 교각주위의 세굴에 영향을 주는 인자

Classification	Factors
Fluid properties	Density of fluid Viscosity of fluid
Flow properties	Depth of flow Velocity of the flow approaching Magnitude of stream discharge Duration of flow
Bed material properties	Grain size distribution Grain diameter Sediment density Cohesive properties Bed roughness
Pier shape characteristics	Pier dimensions Pier shape in plan view Number and spacing of piers Orientation of piers to approach flow direction Opening ratio

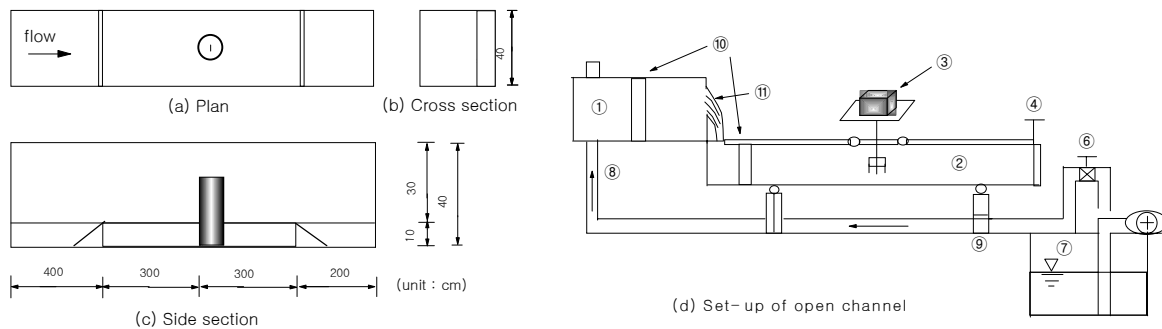


그림 1. 수리모형 실험장치

세굴방지 구조물은 교각 전면에 교각의 폭과 같은 2.5cm를 돌출하도록 제작하였으며, 방지 기둥 끝단 각도는 0°, 30°, 45° 및 60°로 경사지게 제작하여 하강류의 작용을 억제하는 역할에 대한 실험을 할 수 있도록 하였으며 개략도는 그림3과 같다.

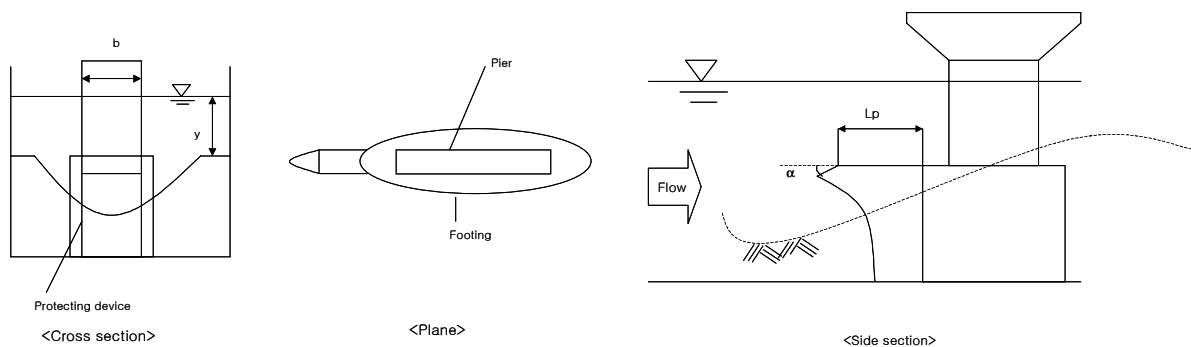


그림 3. 모형교각 및 세굴방지 구조물

4. 실험결과

방지구조물의 돌출길이와 교각폭과의 비가 0.2, 0.5, 0.7, 1.0 및 2.0이 되는 0.5cm, 1.25cm,

1.75cm, 2.5cm 및 5.0cm를 교각 전면에 돌출하도록 제작하여 실험을 실시하였으며, 수심과 수로경사를 변형시키면서 세굴심이 평형을 이룰 때까지 충분한 시간(120~360분)을 주면서 수행하였다.

4.1 수심과 경사의 영향

수로경사 0.03%일 때 수심을 증가시키면서 세굴심의 영향은 끝단 각도가 45°인 세굴방지 구조물을 부착하였을 때, 방지 구조물을 부착하지 않았을 때의 순으로 세굴심의 감소를 보이고 있으며 수심이 증가할수록 감소폭은 커지는 경향을 보였다.

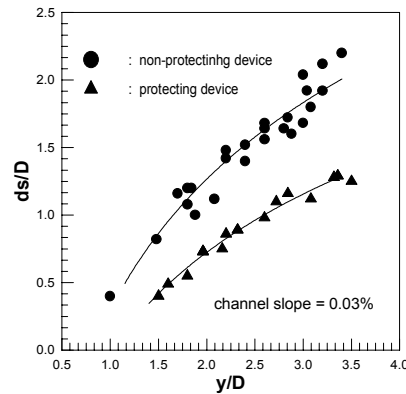


그림 4. 수심 및 경사의 영향

4.2. 방지구조물의 끝단 각도에 의한 영향

세굴방지 구조물의 끝단 각도에 따른 세굴 방지 효과를 알아보기 위하여 수행되어진 실험결과는 도 그림 5에서와 같이 45°, 30°, 60°, 0° 및 방지구조물을 부착하지 않았을 때의 순으로 세굴심이 감소하였다. 또한 수심이 증가할수록 끝단에 의한 세굴심의 증가 폭은 커지는 것을 알 수 있었다.

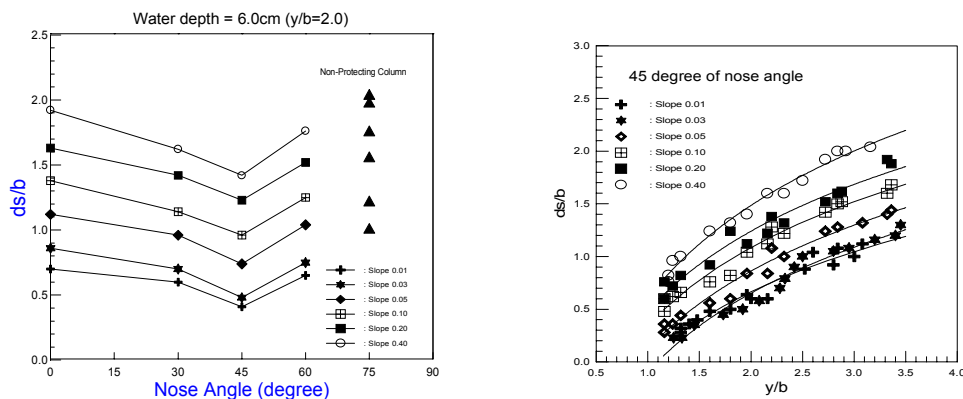


그림 5. 방지구조물의 끝단각도에 의한 세굴심의 영향

4.3. 방지구조물의 길이에 의한 영향

방지구조물의 길이가 기초폭의 0.5배 내지 1배의 범위에서 세굴심에 대한 방지 효율이 높아졌으며 범위는 최대 40%정도가 됨을 알 수 있다(그림 6).

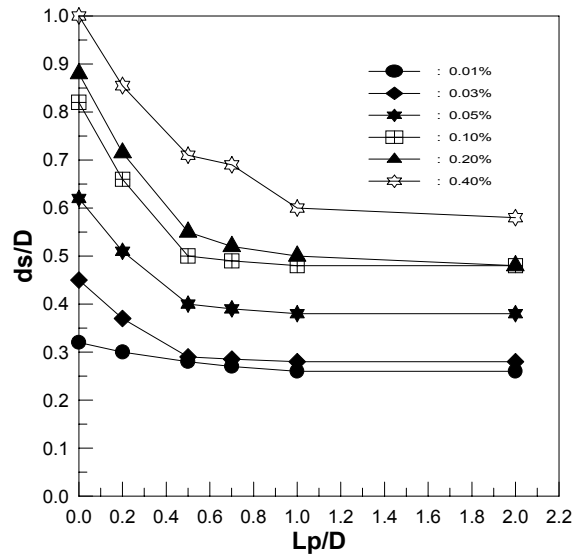


그림 6. 방지구조물의 길이에 의한 세굴심의 영향

5. 결론

교각의 기초부의 전면에 유수방향과 대응되도록 세굴방지구조물을 설치하여 세굴방지구조물의 상부 끝단에 하강류를 방지하기 위하여 차단각을 주고, 세굴방지구조물의 폭은 교각의 폭을 고려하여 설계하였다. 이러한 세굴방지구조물은 기초에 하강류 차단 방지시설을 설치하여 세굴심의 방지효과가 약 20~40%로 나타났으며 기존의 교각기초에 설치하던 매트 및 사석보호공에 비해 경제적 시공이 가능하며, 지속적인 효과를 볼 수 있었으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 교각의 상류단에 세굴방지구조물을 설치하여 교각 전면에서 발생하는 하강류를 차단함으로써 세굴심을 감소시킬 수 있었다.
2. 방지구조물의 차단각과 세굴심과의 영향은 수평방향에 대하여 45°, 30°, 60°, 0° 및 방지구조물 미부착의 순으로 나타났다.
3. 방지구조물의 길이에 따른 세굴심감소의 영향은 최대 40%가 되었다. 그러나 방지구조물의 길이가 교각의 폭보다 크게 되면 세굴감소효율의 증가는 둔화하였다. 따라서 방지구조물의 설치시 교각의 폭 과 차단각을 고려하는 것이 바람직하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Wang, T.W., (1994). "A study of pier scouring and scour reduction," Proc., 9th. Congress, Asia Pacific Div., IAHR, Singapore, pp.18~28.
2. N. E. Yankielum and L. Zabilansky(1999), "Laboratory investigation of time-domain reflectometry system for monitoring bridge scour", J. of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125, No.12.3.
3. 안상진, 김웅용(1997), "교각의 크기와 접근각도에 따른 국부세굴의 실험적 연구", **대한토목학회 논문집**, 제17권, 제II-1호, pp.45~53.