

교각형태에 따른 교각주변의 국소세굴 형상에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Local Scour According to the shapes of Piers

최홍윤*, 노경범**, 진영훈***, 박성천****

Hong-Yun Choi, Kyong-Bum Roh, Young-Hoon Jin, Sung-Chun Park

요 지

본 연구는 교각주위에 발생하는 국소 세굴의 특성을 파악하기 위해 세굴공의 형태, 범위, 최대세굴심의 특성을 분석하였으며, 이를 위한 교각 형태의 변화에 따른 교각주위의 국소 세굴 변화 양상에 관한 실험을 수행 하였다.

정적세굴조건을 유지하면서 평형상태에 도달한 후 전형적인 세굴공의 형태는 교각전면부에서 반원이고, 교각후면부에서는 반타원의 형태를 나타내었으며, 교각형상으로 인한 상대 세굴심은 마름모일 때 가장 크게 나타났다. 최대 세굴심은 흐름이 교각과 부딪쳐서 하강류가 발생하는 지점인 교각전면부에 발생되었다. 이는 하강류가 교각 전면부에 세굴공으로부터 하상물질을 세굴공 외부로 이송시키는 역할을 하기 때문으로 판단된다. 마지막으로 본 실험을 통해 교각 후면부의 하류구간에서 교각에 의해 교란된 물의 흐름의 영향으로 인한 세굴공의 형상을 분석하여 보면 세굴공의 경사가 후면부에서는 완만하게 형성되어 있었고, 하류구간에는 세굴공에서 침식, 이동된 토사가 퇴적되어 하상이 원 하상고보다 높게 형성된 것을 관찰할 수 있었다.

핵심용어 : 국소세굴, 교각형상, 최대세굴심

1. 서 론

자연상태의 하천에서 하상의 변동은 수리학적 인자들의 변화를 수반하여 하천의 재해를 유발 시킬 수 있고, 특히 교각 주위에서의 세굴은 교량의 안정성 문제와 직접적으로 관련을 갖는다는 것은 잘 알려진 사실이어서 교각의 세굴에 관련된 폭 넓은 연구가 이루어져 왔으며, 자연상태의 하천은 장기적으로는 토사의 유·출입량이 거의 같기 때문에 평형상태를 유지하고 있다. 하천에서 하상의 변화는 토사 이동량의 변화로 인하여 일어나며, 이것은 하천의 흐름장의 변화에 의해 일어난다. 하상의 변화는 구체적으로 세굴(scour)과 퇴적으로 나눌 수 있다.

교각 주변의 세굴 발생은 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 교각전면의 하강류와 교각으로

* 동신대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : 82-79@hanmail.net

** 정회원-전남대학교 건설지구환경공학부 토목공학전공 조교 · E-mail : kb-yj@hanmail.net

*** 정회원-동신대학교 토목공학과 연구원 · E-mail : yhj@dsu.ac.kr

**** 정회원-동신대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr

인해 발생한 와류(Vortex)의 작용에 의해서 일어난다. 교각에서 국소세굴을 일으키는 근본적인 원인은 하상에서 와류의 형성이다. 이 와류현상은 유체 자체의 특성, 하천에서의 흐름의 변화, 하상재료의 성질 및 교각의 크기와 형상 등 많은 인자들에 의해 영향을 받는다.

교각의 세굴에 관한 국내의 연구로는 이원환 등이 세굴심을 교각 레이놀즈수와 난류강도로 나타낸 식을 제안했으며, 김진홍과 김희중 등은 다변량상관식을 유도하였고, 정신택은 세굴심에 대한 Laursen의 식에 대하여 검토하였으며, 안상진 등은 기존의 세굴 공식들을 한국의 특정하천에 적용성을 검토한바 있다.

본 연구는 교각 형태의 변화에 따른 교각주위의 국소세굴 양상의 실험적 연구로서, 국소세굴에 관한 실험을 수행하여 교각주위에서 발생하는 국소세굴 및 유속의 값을 측정하여 교각주위에 발생하는 세굴공의 형태, 범위, 최대세굴심의 특성을 분석하려고 한다.

2. 세굴 실험

2.1 실험장치

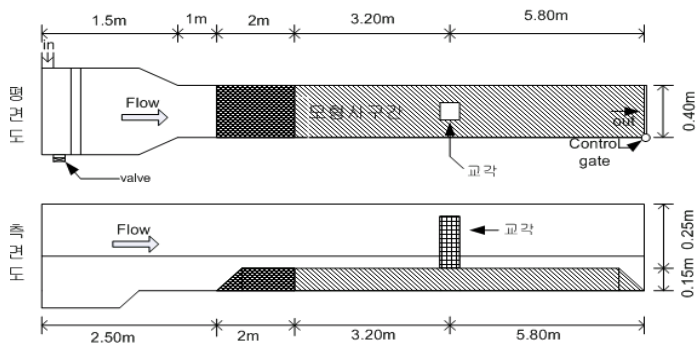


그림-1 실험 수로 제원

실험의 초기 조건으로는 상류단의 유량을 $0.0027\text{m}^3/\text{sec}$, 하류단 수심을 3cm, 수로의 경사를 1/800로 설정하였고, 실험수로 제원은 길이 12m, 폭 0.42m, 높이 0.40m이며, 구배조절과 유량조절이 가능하다.

2.2 실험방법

실험 수로 내에 균일한 모래를 15cm 두께로 검토 대상 구간(10m)에 포설하고, 교각은 하류단으로부터 5.8m지점에 흐름방향과 평행하도록 설치하여 상류단에서 공급된 유량에 의해 개수로가 가득찬 상태에서 하류단 수문을 등류 수심 상태가 될 때까지 서서히 열어 실험 수로내의 급속한 변동이 발생하지 않도록 유의하여 실험을 진행하였다. 즉 정상상태를 유지하면서 일정 시간동안에 유량을 흘려 보낸 후 하상이 평행 상태를 유지하면 실험을 정지하고

개수로에 있는 물을 천천히 배수 시켰다. 상·하류의 하상고는 포인트게이지로 측정을 하였다.

실험에 사용된 교각의 재료는 시멘트 모르타르이며, 교각의 표면은 매끄럽게 가공하였고, 표-1에 나타난 것과 같이 교각의 종류는 원형, 정사각형, 직사각형, 마

표 - 1 실험 Case별 교각의 형상 및 형상인자

실험Case	교각모양	교각폭	L/D
Case1(원형)		8cm	1
Case2(정사각형)		8cm	1
Case3(직사각형)		8cm	2
Case4(마름모)		10cm	1
Case5(육각형)		8cm	2

름모, 육각형의 5가지 형상에 대해 교각 주위에서 세굴공의 변화 양상을 측정하였다. 또한 상류단에서는 하상의 평형상태 유지를 위해 일정량의 모래를 지속적으로 공급하였으며, 하상이 평형상태에 도달 할 때까지 장시간 실험을 진행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 밝히고자 하는 것은 교각의 형상에 따른 교각 주위의 세굴공 형상 및 최심 하상고의 변화를 정성적으로 검토하고자 하는데 목적이 있다. 아래 그림은 각 Case별 실험 결과 및 이에 대한 검토를 도식적으로 나타낸 것이다.

그림-2는 각각의 Case에 대한 등고선도와 최심 하상고의 변화를 나타내고 있다. 최대 세굴심을 크기 순으로 Case3(-8.22cm)>Case4(-8.09cm)>Case2(-8.03cm)>Case5(-6.81cm)>Case1(-6.33cm)으로 나타났다. 이는 교각 형상에 따라 흐름의 집중 정도 차이에 의해 발생하는 와류의 크기가 다르기 때문에 발생하는 영향으로 판단된다. 또한, 교각 후면에서의 최심 하상고의 변화를 보면 교각의 형상에 따라 각기 다른 형상을 나타내고 있다. 이 또한 흐름의 집중과 후류의 영향 범위에 따라 세굴의 특성이 달라짐을 보여주는 예라고 할 수 있다. 이후 연구 과제로는 이러한 후류의 영향 범위와 세굴공의 관계를 밝혀 교각 형상에 의해 발생하는 교각 주변의 국소 세굴심을 최소화하는 형상 인자를 밝혀 형상에 따른 정량적인 분석을 하고자 한다.

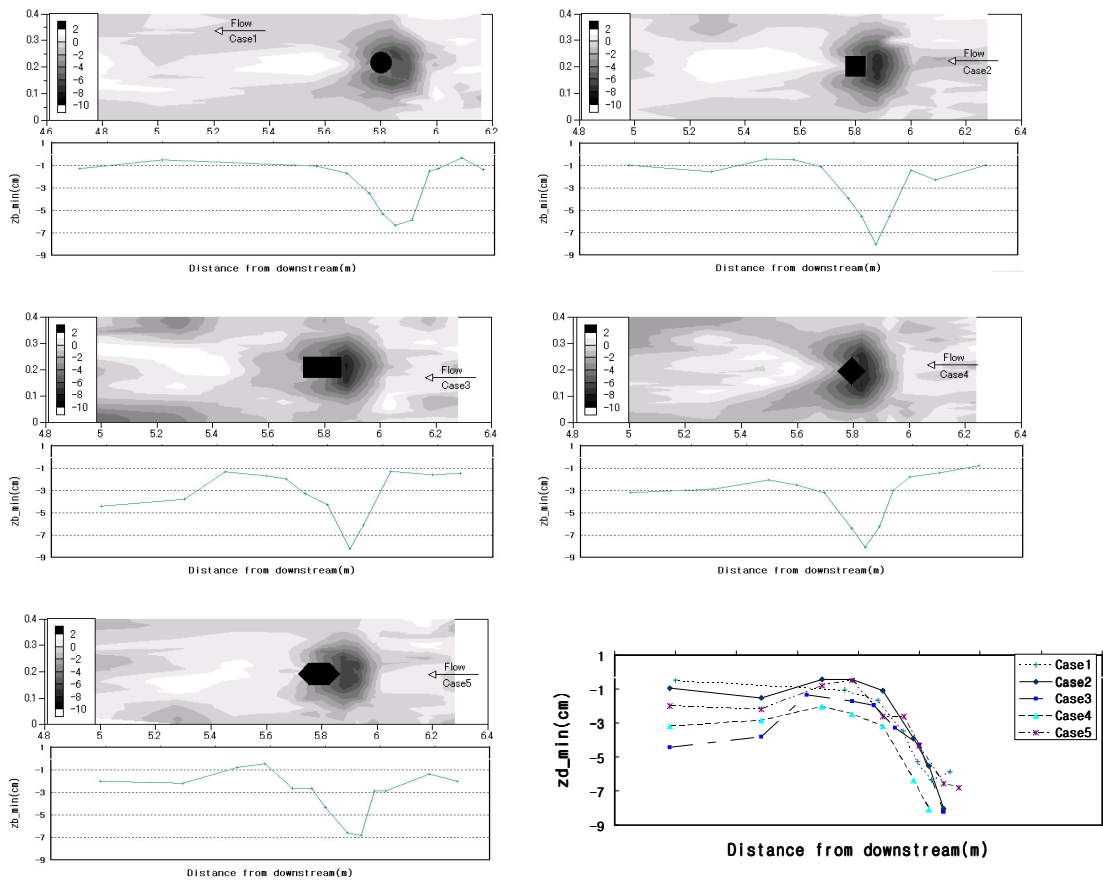


그림 2 각 Case별 등고선도 및 최심 하상고 변동고

위의 그림에 나타낸 것처럼 교각의 형상에 따른 형상 저항의 차이에 의해 교각 전면부에서 발생하는 세굴심의 크기 및 세굴공의 변화가 이와 같은 형상으로 나타나고 있다. 이를 명확히 정량적으로 판단하기 위해 형상에 따른 흐름의 변화 및 유속 분포의 측정이 필요할 것으로 보인다.

4. 결론

교각 형상에 따른 교각 주변의 세굴공의 형상 및 최심 하상고의 변화 메커니즘을 정성적으로 검토하기 위해 각기 다른 case 대해 실험을 실시하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

정지상 세굴 실험을 한 결과 세굴공의 형태는 교각전면부에서는 반원이고, 후면부에서는 반타원의 형태를 보이고 있다. 교각의 세굴을 일으키는 주원인의 하나인 말발굽형 와류로서 교각주위의 흐름 지배하는 주된 요소로 판단된다. 실험 결과 교각 형상의 영향에 의해 각기 다른 형태의 하강류가 발생하였으며, 이러한 하강류의 크기와 흐름의 방향에 의해 교각 주변의 세굴공의 형상은 각기 다른 결과를 보여주고 있다. 최대 세굴심은 흐름이 교각과 부딪쳐서 하강류가 발생하는 지점인 교각전면부에 발생되었다. 이는 하강류가 교각 전면부에 세굴공으로부터 하상물질을 세굴공 외부로 이송시키는 역할을 하기 때문으로 판단된다. 마지막으로 본 실험을 통해 교각 후면부의 하류구간에서 교각에 의해 교란된 흐름의 영향으로 인한 세굴공의 형상을 분석하여 보면 세굴공의 경사가 후면부에서는 완만하게 형성되어 있었고, 하류구간에는 세굴공에서 침식, 이동된 토사가 퇴적되어 하상이 원하상고보다 높게 형성된 것을 관찰할 수 있었다. 교각형상으로 인한 상대 세굴심이 큰 세굴심은 Case4, Case3, Case2이었으며, Case5와 Case1의 순으로 작게 나왔다.

이후의 과제로는 이러한 교각 주변의 국소세굴에 영향을 미치는 흐름에 대한 정성적인 해석을 위해 실험결과와 수치 해석을 통해 정량적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 이광물(2002). 橋脚形狀이 河床洗掘에 미치는 影響 관한 水理實驗的 研究, 석사학위논문, 관동대학교.
2. 서일원, 김영도(2000) 원형교각 주위의 국부세굴과 난류구조에 관한 실험적연구, 대한토목학회논문집, 제20권 제3-B호 pp.343~350
3. 신현석 전성우, 김재형, “교량 세굴심 산정 및 방지기법 적용에 따른 불확실성 분석
4. 이정규, 정동원, 이창해, 육운수(1994) 교각에 의한 하상세굴에 관한 실험적 연구, 대한토목학회논문집, 제14권 제6호, pp.1349~1356.
5. 이철웅(2000), 교각주위의 국부 세굴에 대한 신뢰성 해석, 대한토목학회논문집, 제20권 제4-B호, pp.491~501.
6. 최환규, 백경원, 구본수, 최용목(2001), 교각의 형상과 배열에 따른 하상세굴 특성에 관한 실험적 연구, 대한토목학회논문집, 제21권 제4-B호, pp.409~415.
7. 심우배, 송재우(2002), 교각 주위에서 하상재료의 입도분포에 따라 변화되는 세굴심 예측, 대한토목학회논문집, 제22권 제4-B호, pp.459~468.