

## 다중교각의 세굴특성 및 방지대책

홍승익\*, 김규한\*\*, 윤병만\*\*\*, 여운광\*\*\*\*

### 1. 서론

하천 및 해상에서의 구조물 건설시 세굴에 대한 영향으로 부터의 구조물 안정성 확보는 구조물의 설계 및 시공상 중요한 검토 항목 중 하나이다. 따라서, 과거부터 이와 같은 구조물 주변의 세굴문제를 해명하고자 하는 연구가 계속 되어져 왔다. 특히 교각 주변의 국소세굴에 대한 현상의 해명 및 방지대책의 개발은 더욱더 중요한 과제 중의 하나로서 인식되어지고 있다.

국소세굴현상은 구조물을 설치함에 따라 발생된 말굽형 소용돌이, Karman Vortex의 발생, 흐름의 축류현상 등에 의해 발생된다. 그러나, 이러한 메카니즘은 해석하기 매우 복잡하기 때문에 주로 실험적 연구가 수행되어져 특히, 교각주변의 국부세굴은 1873년 Durand-Clayed가 교각주위의 세굴에 관한 연구결과를 발표한 이후, 최대세굴심을 산정하기 위한 다수의 실험공식이 수리모형실험을 통해 제안되어져 왔다. 그러나 해상에서 발생하는 구조물 주변의 세굴은 유속, 유황이 시간과 함께 변화하는 조류, 파랑 등에 기인한 것으로 그 현상을 정량적으로 파악하는데는 어려움이 따라 그에 대한 연구가 부족한 실정이다. 아울러, 최근에는 교각의 건설에 있어서 단일교각이 아닌 군파일을 사용하는 경우도 있으나, 인근 구조물의 추후 건설로 인해 설계시의 흐름이 갑자기 변화하는 등 국소세굴에 미치는 영향 요소 자체가 보다 복잡해지는 경향이 있다. 따라서, 본 연구에서는 수리모형실험을 이용하여 단일교각은 물론 다중교각의 해상세굴 특성을 살펴봄과 동시에 세굴방지대책을 수립하여 그 효용성을 검증함으로써, 앞으로의 해상교량 건설시 및 기존 교량세굴 방지대책 수립시에 필요한 기초설계자료를 제공하는데 있다.

### 2. 실험장치

수리모형실험은 그림 1에 나타난 입면도, 평면도와 같이 길이 20m × 폭 0.7m × 높이 1m의 조파수로에서 실시하였으며 수로의 양측 벽은 관측이 용이하게 유리로 되어있다.

수로내 중심부에는 직경 0.012cm, 비중 2.66의 표준사를 길이 6m, 깊이 20cm로 포설하여 물다짐하고, 그 중심부에는 왕복류에 대하여 이방성(異方性)을 무시할 수 있도록 원주(圓柱)형상의 교각을 설치하였다. 교각모형은 염화비닐제품을 사용하고, 안정성을 확보하기 위하여 사석채움을 하였다. 원주의 직경은 3.5cm와 6cm의 두 종류를 실험하였다.

흐름은 수로 양측에 설치된 유량공급장치를 이용하여 공급하고 배수장치를 제어함에 따라 일방향류 또는 왕복류가 발생하게 하였다. 또한 안정된 흐름을 유도하기 위하여 정류판을 설치하여 흐름이 정류판을 통하여 수로내로 유입되게 하였으며 수로 위에는 이동식으로 사면계와 유속계를 설치하여 자유로이 실험구간내를 측정할 수 있게 하였다.

\* 관동대학교 건설환경시스템공학부 석사과정

\*\* 관동대학교 건설환경시스템공학부 부교수

\*\*\* 명지대학교 토목환경공학과 부교수

\*\*\*\* 명지대학교 토목환경공학과 교수

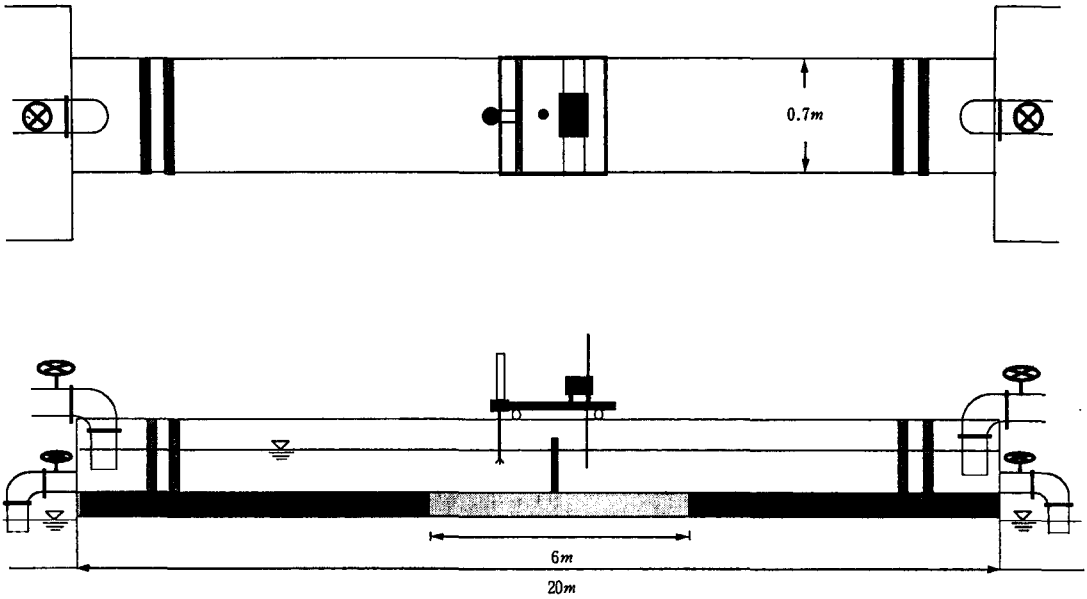


그림 1 모형실험설비의 입면도와 평면도

세굴보호공실험에서 사용된 보호공 재료는 사석과 Geotile(Nylon mesh mat)을 사용하였다.

유속의 측정은 전자유속계 및 x, y, z방향 각각의 연속관측이 가능한 3차원 초음파식 유속계를 사용하였으며 흐름이 작용하는 사이에는 항상 유속을 monitor 하였다. 사면계는 Servo식으로 MASATOYO사의 MT-EPE4를 사용하였으며 얻어진 Data는 전산처리하여 3차원 입체도, Contour도 및 단면도로서 정리하였다. 또한, VTR을 사용하여 저질의 이동상황을 관찰했다.

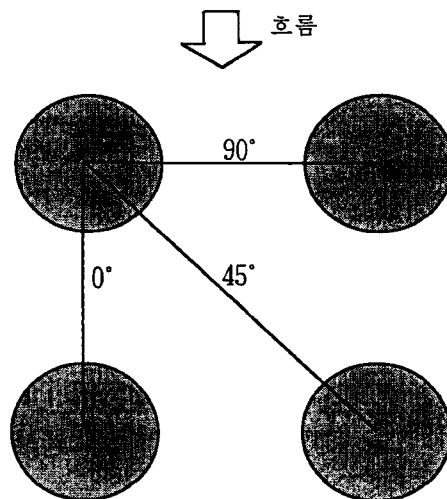


그림 2 흐름방향에 대한 교각 설치각

### 3. 실험방법 및 조건

모형실험에서는 각 case별로 모형교각을 설치한 후 물다짐 시키고 조건에 맞게 유량공급장치와 배수장치를 제어하여 흐름을 조절하고 전자유속계를 이용해 계속하여 유속을 확인하며 교각주위에 진행되는 세굴현상을 관측하였다. 기초실험을 통하여 얻어진 기본적 실험정보를 이용하여 간헐적으로 최대세굴심을 시간별로 관측하였다. 그후 더이상의 세굴이 발생하지 않는다고 판단 하였을 때 유량공급을 중단하고 사면계로 세굴심을 계측하였다. 또한 세굴방지공들의 실효성을 종합 검토하여 그중 실효성이 우수하다고 판단되는 사석과 Geotile(Nylon mesh mat)을 사용하여 두 공법의 효용성을 검증하였다. 실험에 있어서 사용된 교각의 평면구성은 그림 2와 같으며, 흐름에 대해 이루는 두교각의 연결선 각도를 다르게 하여, 90°의 상태와 45°의 상태 및 0°의 상태를 중심으로 실험을 실시하였다. 또한, 흐름에 대한 유속조건을 약 20cm/s 및 13cm/s의 두 종류로 택하여 외력조건으로 채용하였으며, 교각의 직경은 6cm와 3.5cm를 사용하였다. 한편, 수위는 17cm로 일정하게 유지시켰다.

### 4. 설치각도에 따른 세굴특성

앞서 그림 2에서 살펴본 바와 같은 평면 구성안에 따라, 두 교각의 설치각도를 각각 달리했을 경우, 단일교각과의 세굴특성을 알아보기 위해 단일교각에 대한 세굴실험도 동시에 수행하였다. 단일교각에 대한 실험결과와 일례를 나타내면 그림 3과 같다.

우선, 90°로 설치된 두교각의 세굴실험결과, 단일교각에 비하여 최대세굴심은 증가하는 현상이 나타났다. 그러나 45°와 0°의 경우에는 단일교각보다 최대 세굴심이 오히려 감소하는 경향이 초래되었다. 특히, 0°의 경우에는 두교각 사이에 일정시간 동안 퇴적현상이 발달하기도 하였다.

최대세굴심이 발생하는 위치는 초기상태에서는 흐름의 입사방향에 대해 80° ~ 90°의 위치이나 시간의 경과에 따라 약 60°의 지점으로 이동함을 알 수 있었다. 또한, 유속증가에 따라 이 각도는 더욱 감소되는 경향을 보여주었다.

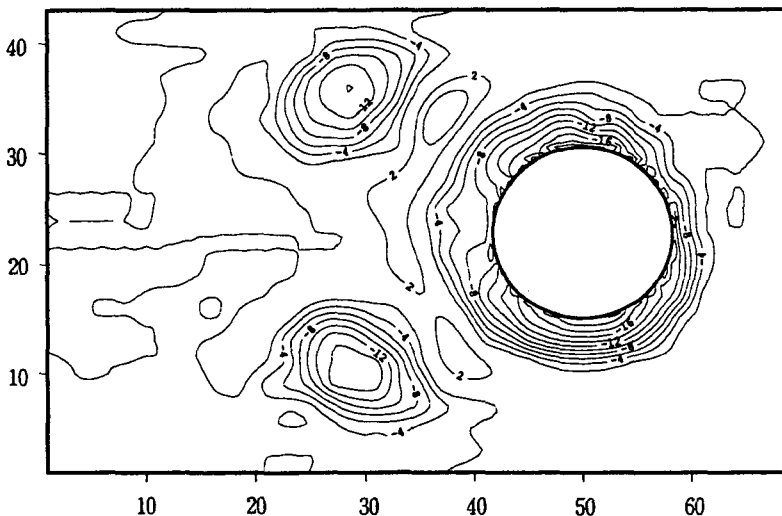


그림 3 단일교각에 의한 세굴 등고선도

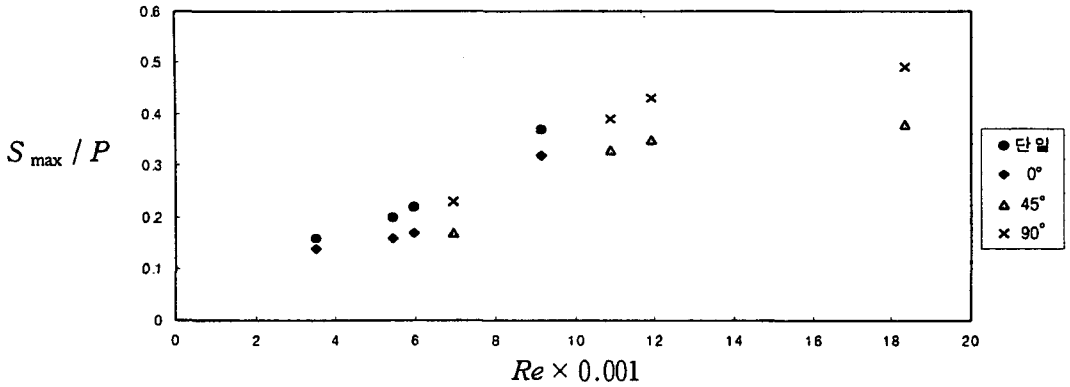


그림 4 투영단면에 대한 최대세굴심과 Reynolds 수와의 관계

그림 4는 설치각도에 따른 세굴실험결과를 이용하여 최대세굴심  $S_{max}$ 의 변화를 무차원으로 표시해 본 것이다. 여기서  $P$ 는 투영폭을 의미한다. 최대세굴심에 있어서  $90^\circ$ 의 경우가  $0^\circ$ 의 경우보다 매우 크며,  $45^\circ$ 에 비해서도 비교적 큰 값을 나타냄을 알 수 있다.

### 5. 세굴방지공 실험

세굴방지공 선정에 있어서는 경제성, 시공성, 유지관리성, 방지공효과 등을 종합적으로 비교·분석하여 선정하여야 한다. 일반적으로 세굴방지공에는 아스팔트매트, 합성수지매트 및 사석 등을 사용하고 있다.

이상과 같은 여러 종류의 세굴방지공을 검토하고, 본 모형실험에서 사석방지공과 Geotile(Nylon mesh mat)방지공을 사용하여 교각주위의 세굴방지공의 효율성을 검증하였다. 실험은 먼저 단일교각에서 실시하고 다중교각에서는 세굴의 영향이 비교적 크게 나타난 경우(설치각도  $90^\circ$ )에 대해 검토하였다. 이때 사용한 흐름의 유속은 20cm/sec이다.

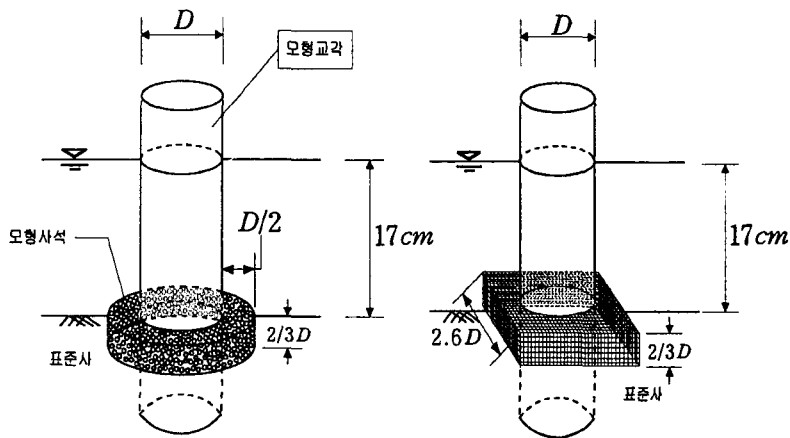


그림 5 사석방지공과 Geotile(Nylon mesh mat)방지공

사석방지공은 모형교각의 주변에 0.5D의 거리까지 설치하여 세굴 형태를 관측하였고 Geotile(Nylon mesh mat)방지공은 교각주변에 그림 5와 같이 설치하였다.

## 6. 결론

다중교각의 세굴특성을 분석한 결과 흐름의 주방향이 탁월한 해상지역에서는 가능한 한 흐름방향과 일치하도록 교각을 배열하는 것이 세굴피해를 최소화 할 수 있으며 그때의 세굴정도는 단일교각보다도 양호한 것으로 확인되었다. 또한, 세굴방지공의 실험결과, 사석방지공과 Geotile(Nylon mesh mat)방지공 모두 양호한 세굴방지공의 역할을 나타내 주었다. 그러나, 사석방지공의 경우에는 흐름방향으로 보호공 끝쪽 사석이 교란되고 그 주변에 다량의 세굴현상이 다시 발생되었다. 이와 같은 현상은 Geotile의 경우에는 발견되지 않았는데, 그 이유로는 Geotile의 그물격자가 Vortex의 억제 및 저면전단력을 감소시키는 역할을 하기 때문인 것으로 판단되었다. 따라서, Geotile(Nylon mesh mat)방지공은 시공성 및 경제성, 방지공효과 측면에서 우수하다고 사료된다.

## 참고문헌

- Herbich, J. B., 1984, Seafloor Scour Design Guidelines for Ocean-founded Structures, Texas A & M University, College Station, Texas.
- Rance, P. J., 1980, The potential for scour around large objects, One-day seminar of scour prevention techniques around offshore structures, Society for Underwater Technology, London.
- K. R. Dyer, 1986, Coastal and estuarine sediment dynamics, John Wiley & Sons
- Raudkivi, A, and R. Ettem, 1983, Clear-water scour around at circular piers, Proc. ASCE, Vol. 109, HY3, pp.338~350, 1983
- Maidl, B. and W. Schiller, 1979, Testing and experiences of different scour protection technologies in the North Sea, OTC3470, pp. 981~987
- Angus, M. and R. L. Moor, 1982, Scour repair methods in the southern North Sea, OTC4410, pp. 385~399