

하상보호공의 안정성

Stability of River Bed Protection Works

조재웅* / 박상덕** / 신승숙*** / 홍종선****

Cho, Jae Woong / Park, Sang Duck / Shin, Seung Suk / Hing, Jong Sun

요 지

하천의 보와 같은 횡방향 구조물은 홍수시 구조물에 의한 세굴이 발생하고, 그로인해 구조물의 불안정을 초래한다. 본 연구에서는 apron 하류에 하상보호공을 설치하였을 때 하상보호공의 안정성과 하류의 세굴양상에 대해 연구하였다. Apron 상류로부터 유사의 유입이 없도록 apron 하류에 체결된 블록을 설치한 개수로에서 블록의 설치길이와 채움재를 변화시켜 수리모형 실험을 실시하여 블록의 설치길이와 채움재에 따른 안정성과 하류세굴양상을 평가하였다.

Apron하류의 블록 내부에서 세굴 깊이는 블록의 설치길이, 채움재의 직경, 유량, Reynolds 수, Froude 수 등에 따라 달라진다. 세굴에 대한 블록의 안정성은 블록의 설치길이와 채움재의 직경에 가장 큰 영향을 받는다. 블록의 설치 길이와 채움재의 직경을 증가시킴으로써 블록의 안정성을 확보할 수 있다. 실험결과 블록의 설치길이가 13.35m이상일 때 블록의 안정성이 확보될 수 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 세굴, 안정성, 하상보호공, 블록설치길이, 채움재직경

1. 서 론

하천에는 보와 교량 같은 횡방향 구조물들이 설치되어 있다. 이러한 구조물들은 하천의 흐름을 방해하여 흐름특성을 바꾸고, 더 나아가 구조물 주변의 국부적인 세굴을 발달시키는 원인으로 작용한다. 따라서 보와 교량 같은 인공적인 횡방향구조물이 설치될 때 구조물에 의한 세굴안정성에 주의를 기울여야 한다.

국내 하천의 경우 강우량의 대부분이 여름철에 집중되어 있고, 짧은 시간에 많은 비를 동반한 태풍으로 대규모 피해가 발생한다. 이렇게 홍수량이 시간적으로 급변하는 우리나라의 기상특성과 더불어, 급경사의 지리적인 특성으로 인하여 우리나라는 보 하류 세굴에 상대적으로 더 노출되어 있는 상태이다.

횡방향 구조물중 교각에 의한 하상세굴에 대한 연구나 세굴을 방지하기 위한 공법이 국내외적으로 많이 연구 되고 있으나 보의 apron하류 세굴에 대한 연구는 국외적으로 많이 연구되었으

* 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 공학석사 · E-mail : kani1005@nate.com

** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@kangnung.ac.kr

*** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : sewsook@hanmail.net

**** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : hjsuny@naver.com

나, 국내에서는 세굴안전에 대한 평가나 향후 세굴진행 상태 등을 평가할 만한 연구가 많이 되고 있지 않다. 특히, 블록 등과 같은 하상보호공에 대한 많은 연구가 진행되고 있으나 그에 따른 세굴 안정성에 대한 연구는 비미한 실정이다.

2. 수리실험

2.1 실험방법

apron 하류에 블록을 설치한 하상보호공에 대한 수리모형 실험을 위한 개수로 실험장치는 경사조절이 가능한 물 순환식 개수로이다. 실험유량은 상류부 고수조에 설치된 삼각형 웨어에서 수위계측을 통해 측정한다. 실험장치의 개수로의 폭은 0.6m이며, 흙의 포설은 상류 1.8m에 길이 4m, 높이 0.2m로 포설하였고, apron은 포설된 흙의 상류단에서 0.6m길이를 설치하였고, 그 하류로 블록을 설치하였다. 측정은 포설된 흙의 하류쪽 오차를 고려하여, apron하류 2m까지 측정하였다.

이번 연구에서 사용한 하상보호공은 다용도 활용 목적을 가지고 있는 식생 콘크리트 호안 블록이며, 모양과 블록의 조립 형상은 그림 3.2와 같고 제원은 표 3.1과 같다.

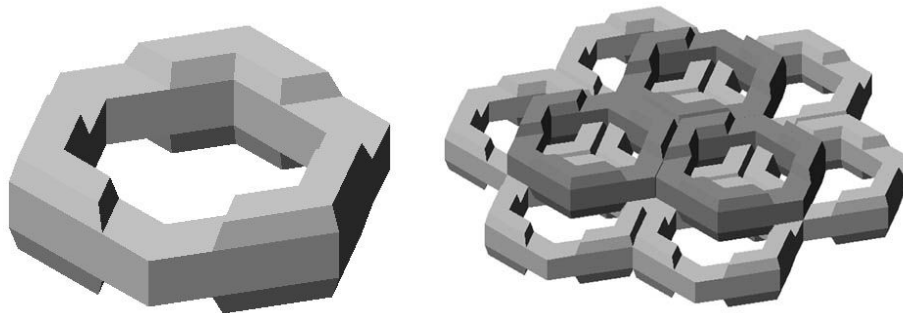


그림 1 블록 및 조립형상

표 1 블록 제원

| 목적 | 무게(ton) | 체적(m ³) | 강도(kg/cm ³) | 재질 |
|-----------------|------------|---------------------|-------------------------|------|
| 하상의 세굴방지 및 호안보호 | 2.0 3.0 | 0.7 0.1 | 300 | 콘크리트 |

수리모형 실험을 위해 본 연구에서 사용된 식생 콘크리트 호안블록 모형은 실제 블록의 돌기와 형상을 고려하여 수평축적 $X_r = 1/15$, 연직축적 $Y_r = 1/15$ 의 동일 축적으로 제작하였다. 또한 개수로 모형의 상사를 적용하기 위하여 Froude상사법칙에 의한 수리량의 원형과 모형의 비는 표 3.2와 같다.

강성 플라스틱 재질로 제작된 모형 중공블록의 설치는 그림 3.3과 같다. 폭 0.6m, 길이 0.24m, 0.4m, 0.67m, 0.89m로 설치하였다. 블록간의 체결은 철사로 묶어 체결하였다.

표 2 Froude 상사법칙에 따른 원형과 모형의 수리량비

| 구분 | 상사율 | 수리량비 |
|------------------------|--|---------|
| 유속비, V_r | $X_r^{1/2}$ | 0.25820 |
| 유량비, Q_r | $X_r^{5/2}$ | 0.00115 |
| 에너지 경사비, I_r | $Y_r X_r^{-1}$ | 1.00000 |
| Manning's 조도계수비, n_r | $h_r^{1/6} \left(\frac{Y_r}{X_r} \right)^{1/2} = \frac{Y_r^{2/3}}{X_r^{1/2}}$ | 0.63677 |

2.1 실험결과

세굴심은 point gage로 apron하류 2m구간을 5 ~ 20mm간격으로 0.1mm단위로 측정하였으며, 무차원 특성값은 측정한 유량, 수위, 수면경사, 채움재직경 등으로부터 차원해석을 통하여 무차원 유량, 입경 Froude수, Froude수, Reynolds수 등을 구하였다.

그림 2는 블록이 설치되지 않은 경우 apron하류 세굴형상을 나타낸 것이고, 그림 3은 블록설치시 블록의 설치길이와 최대세굴심의 관계를 나타낸 것이다.

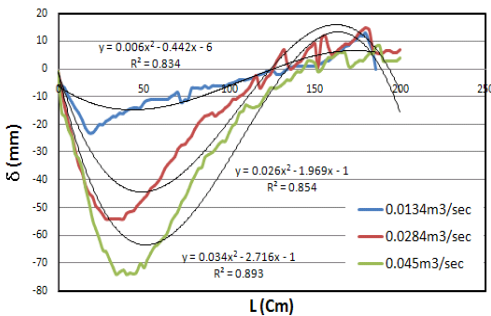


그림 2 apron 하류 세굴종단

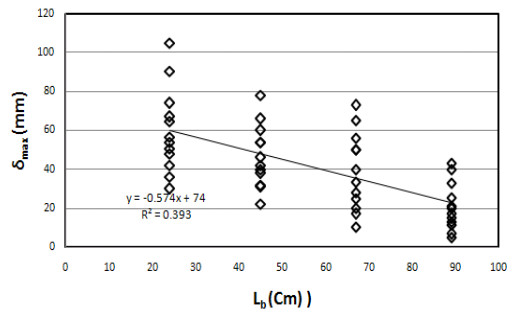


그림 3 블록의 설치길이와 최대세굴심

3. 분 석

블록설치시 블록의 설치길이(L_b)와 최대세굴심(δ_{max})의 관계는 그림3으로부터 다음과 같이 설치 길이가 길어짐에 따라 최대세굴심이 감소하는 관계가 있었다.

$$\delta_{max} = -0.574L_b + 74 \quad (1)$$

블록의 파괴조건은 최대세굴심이 블록의 설치 깊이보다 크고, 그 세굴로 인해 블록이 주저앉을 때를 기준으로 하였으며, 최대세굴심이 블록의 설치 깊이보다 크다 하더라도 체결로 인해 블록이 무너지지 않았을 때는 파괴로 보지 않았다.

실험결과 블록의 설치길이가 89cm이상일 때 파괴가 전혀 일어나지 않았고, 89cm이하인 67cm에서 채움재 직경이 22mm이상일 때에는 블록의 체결로 인하여 파괴가 일어나지 않았다. 이것을

Froude상사율을 적용하여 실제 길이 및 크기로 환산하면, 블록의 설치길이 13.35m이상일 때 파괴가 전혀 일어나지 않고, 10.05m에서 채움재 직경이 0.33m이상일 때에는 블록의 체결로 인하여 파괴가 일어나지 않는다.

4. 결 론

본 연구는 apron하류에 하상보호공으로 설치한 중공블록의 안정성을 수리모형 실험에 의해 분석하기 위한 것으로서, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 블록의 세굴은 설치길이, 채움재의 직경이 증가할수록 감소하고 유량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다.
2. 세굴심 δ 와 무차원특성값인 Q^* , Fr_s , Fr , Re 과의 관계에서 무차원 특성값이 증가함에 따라 세굴심이 증가하는 것으로 나타났다.
3. 보의 세굴에 대한 안정성 확보를 위해서는 블록의 최대세굴심이 블록의 높이를 초과하지 않아야 한다. 그러므로 측정값에 Froude상사율을 적용하면 블록의 설치길이가 13.35m이상이어야 하고, 블록의 최소설치는 길이 10.05m이상, 채움재 직경 0.33m이상이어야 하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 백중철, 최성욱, 조원철, (1999). “균일한 조도높이를 갖는 하상보호용 콘크리트 블록의 수리학적 특성”, 대한토목학회 논문집, 제 19권 제II-6호, pp. 677~686
- 임동원, (2007). “유사 유입이 없는 중공블록 내부하상의 국부세굴”, 강릉대학교 석사학위논문
- 채국석, (2007). “중공블록 하상의 수리학적 특성”, 강릉대학교 석사학위논문
- 홍중선, 박상덕, 조재웅, 신승숙, (2007). “중공블록의 세굴안정성 평가”, 대한토목학회 07 학술발표회 논문집
- Balachandar, R., and Kells, J. A. (1997). “Local channel scour in uniformly graded sediments: The time-scale problem.” *Can. J. Civ. Eng.*, 245, pp. 799~807.
- Balachandar, R., and Kells, J. A. (1998). “Instantaneous water surface and bed scour profiles using video image analysis.” *Can. J. Civ. Eng.*, 254, pp. 662~667.
- Balachandar, R., Kells, J. A., and Thiessen, R. J. (2000). “The effect of tailwater depth on the dynamics of local scour.” *Can. J. Civ. Eng.*, 271, pp. 138~150.
- Breusers, H. N. C. (1965). “Conformity and time scale in twodimensional local scour.” *Publication 40*, Delft Hydraulics Laboratory, Delft, The Netherlands.
- Chatterjee, S. S., and Ghosh, S. N. (1980). “Submerged horizontal jet over erodible bed.” *J. Hydraul. Div., Am. Soc. Civ. Eng.*, 10611, pp. 1765~1782.
- Chatterjee, S. S., Ghosh, S. N., and Chatterjee, M. (1994). “Local scour due to submerged horizontal jet.” *J. Hydraul. Eng.*, 1208, pp. 973~992.
- Dey, S., and Westrich, B. (2003). “Hydraulics of submerged jet subject to change in cohesive bed geometry.” *J. Hydraul. Eng.*, 1291, pp. 44~53.
- Dey Subhasish and Arindam Sarkar (2006). “Scour Downstream of an Apron Due to Submerged Horizontal Jets”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 132, No. 3, pp. 246~257
- Farhoudi, J., and Smith, K. V. H. (1982). “Time scale for scour downstream of hydraulic jump.” *J. Hydraul. Div., Am. Soc. Civ. Eng.*, 10810, pp. 1147~1162.

- Farhoudi, J., and Smith, K. V. H. (1985). "Local scour profiles downstream of hydraulic jump." *J. Hydraul. Res.*, 234, pp. 342~358.
- Hassan, N. M. K. N., and Narayanan, R. (1985). "Local scour downstream of an apron." *J. Hydraul. Eng.*, 11111, pp. 1371~1385.
- Sarkar, A., and Dey, S. (2004). "Review on local scour due to jets." *Int. J. Sediment Res.*, 193, pp. 210~238.
- Sarkar, A., and Dey, S. (2005). "Scour hole downstream of aprons caused by sluices." *Proc., Inst. Civ. Eng., Water Management J.*, London, 158June, pp. 55~64.
- Kells, J. A., Balachandar, R., and Hagel, K. P. (2001). "Effect of grain size on local hannel scour below a sluice gate." *Can. J. Civ. Eng.*, 283, pp. 440~451.