

다열기둥의 배치간격이 조도에 미치는 영향

Effect of Spacing of Multi-Piers on Roughness

윤성범*·이상목**·김선형***·임채호****

Sung Bum Yoon·Sang Mok Lee·Sun Hyung Kim·Chae Ho Lim

요 지

수많은 교각들이 규칙적으로 배치되어 있는 복개하천이나 하천종단교량 등의 경우 개별적인 교각의 후면부에서 발생하는 와류로 인한 에너지 손실이 누적되어 흐름에 큰 저항요인으로 작용한다. 격자기둥의 형상과 종방향 및 횡방향 배치간격이 배수시스템의 통수능에 미치는 영향을 파악하기 위해 본 연구에서는 사각형 및 둥근장방형 격자기둥에 대한 기초적인 수리실험을 실시하고 그 결과를 분석하였다.

핵심용어 : 다열격자기둥, 터널배수시스템, 통수능, 배치간격, 와류

1. 서 론

복개하천이나 하천종단교량 등은 수많은 교각들이 규칙적으로 배치되어 있어 개별적인 교각의 후면부에서 발생하는 와류로 인한 에너지 손실이 누적되어 흐름에 큰 저항요인으로 작용한다. 그러나 공사의 신속성과 공사비 절감을 위해 이러한 다열격자기둥을 이용한 신개념의 터널배수방식이 개발되고 있는 바, 격자기둥의 형상과 종방향 및 횡방향 배치간격이 배수시스템의 통수능에 미치는 영향을 규명하고, 이를 반영한 설계기법을 정립할 필요성이 있다. 본 연구에서는 사각형 및 둥근장방형 격자기둥의 종방향 배치간격이 흐름저항에 미치는 영향을 규명하기 위한 기초적인 수리실험을 실시하고 그 결과를 분석한다.

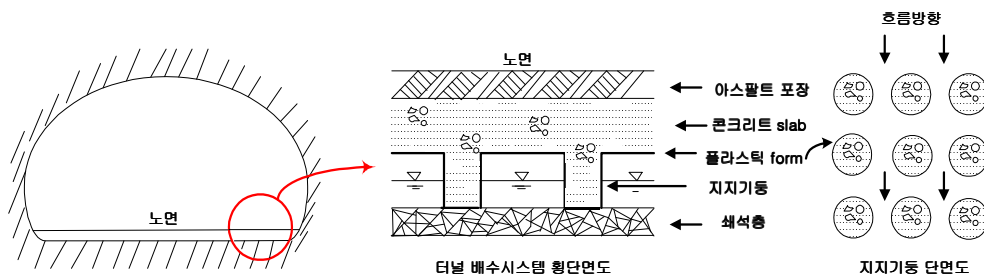


그림 1. 터널 배수시스템 개념도

* 정회원·한양대학교 토목환경공학과 교수·E-mail: sbyoon@hanyang.ac.kr
 ** 정회원·한양대학교 토목공학과석사과정·E-mail: estaba@hanyang.ac.kr
 *** 정회원·한양대학교 토목공학과석사과정·E-mail: karisma061@hanyang.ac.kr
 **** 정회원·한양대학교 토목공학과박사과정·E-mail: limch@hanyang.ac.kr

2. 수리실험

수리실험은 길이 12m, 폭 40cm, 깊이 40cm의 개수로에서 수행되었으며, 두께 1mm의 철판으로 제작된 정사각형 및 둥근장방형의 2가지 모형기둥의 내부에 모르타르를 채워 사용하였다. 그림 2와 3에 보인 바와 같이 사각형기둥은 기둥폭이 114mm인 정사각형이고, 둥근장방형기둥은 기둥폭이 114mm, 장축은 500mm이며, 수로를 따라 2열을 배치하였다. 기둥사이의 횡방향 이격거리는 모두 86mm로 배치하였다. 종방향으로는 사각형기둥의 경우 36, 61, 74, 86, 99, 111, 및 124mm의 7가지 간격에 대해, 둥근장방형 기둥의 경우 0, 36, 61 및 86mm의 4가지 간격에 대해 실험을 실시하였다. 이 모형기둥은 실제와 동일한 규격으로 제작되어 축소모형으로 인한 Froude 상사법칙의 제약을 받지 않도록 하였다. 또한, 수로 경사도 실제와 비슷한 0.25%로 고정하였으며, 단위폭당 유량(q)은 $0.0103 \text{ m}^2/\text{s}$ 에 대해 실험을 수행하였다.

준비된 실험체를 개수로 상단으로부터 1m ~ 11m의 수로 구간에 거치시킨다음, 개수로 상단에 설치된 직사각형 위어를 통해 일정한 유량을 공급하고, 개수로 하류단의 수심을 정사각형기둥의 경우 36mm로, 장방형기둥의 경우 60mm로 고정하였다. 어느정도 시간이 경과하여 흐름이 안정되고 정상류에 도달하면 수로 중심선을 따라 1m마다 point gage로 수위와 바닥고를 측정하여 수심을 구하였다.

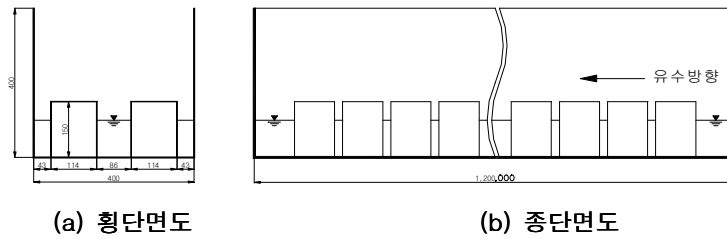


그림 2. 수리실험 계획 횡단면도 및 종단면도 (단위: mm)

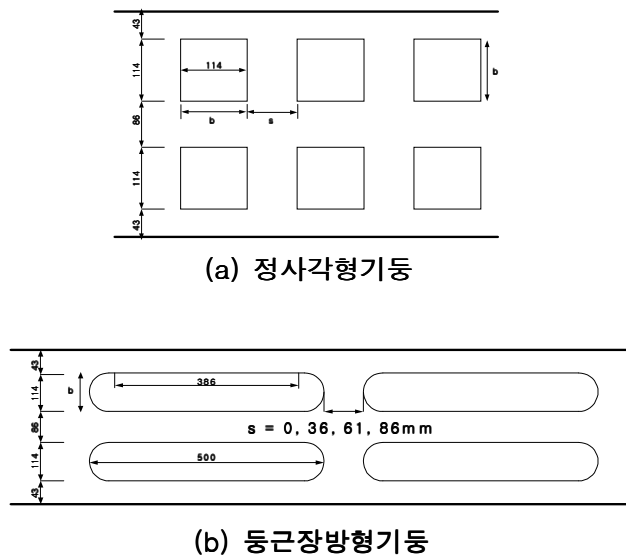


그림 3. 지지기둥 배치도 (a) 정사각형기둥, (b) 둥근장방형기둥 (단위: mm)

3. 실험 결과 및 분석

그림 4는 정사각형기둥의 경우에 대해 개수로 상류단(1m)으로부터 하류단(11m)까지의 측정 수심을 도시한 것으로, 상류부 수위가 증가하는 수위저하곡선을 보여준다. 또한 기둥의 종방향 설치 간격에 따라 수위상승량이 크게 차이를 보여주고 있다. 그림 5는 상류단 1m 지점에서의 사각형기둥의 무차원설치간격(설치간격/기둥의 폭)에 따른 최종적인 수위상승량을 보여주는 바, 종방향 설치간격이 증가함에 따라 수위상승량이 급격히 증가하여 무차원간격이 0.75에 이르면 수위가 최대로 상승하였다. 설치간격이 더욱 증가하면 상승량은 다시 서서히 감소하는 경향이 나타났다. 이같은 현상을 유체역학적으로 분석해보면 다음과 같다. 사각형기둥 배후에는 유선분리에 의한 와류가 발생하는데, 기둥 사이의 간격이 크면 기둥의 배후공간이 넓어 와류가 완전하게 발달하므로 에너지 손실에 의한 수위상승이 크고, 설치간격이 작아지면 공간이 협소하여 와류의 발생이 억제되므로 수위상승이 미약해지는 것으로 해석된다. 그림 5로부터 사각형기둥 배후의 와류가 충분히 발달하기 위해서는 사각형기둥 폭의 0.75배 이상의 공간이 필요함을 알 수 있으며, 간격이 좁아질수록 와류가 미약해진다. 무차원설치간격이 0.75보다 증가하면 다시 수위상승이 감소하는데 이는 와류의 강도가 약해짐에 의한 것이 아니고 설치구간 내의 기둥갯수 즉 와류의 수가 감소하여 에너지 손실이 줄어든 결과이다. 그림 6은 상류단에서의 수위상승량을 설치된 기둥의 갯수로 나누어 기둥 1개당 수위상승량을 도시한 것으로 전술한 바와 같이 무차원설치간격이 0.75까지는 수위상승이 지수함수적으로 증가하나, 그 이상에서는 일정해지는 것을 잘 보여주고 있다. 이번 실험에서는 한가지 접근유속만을 대상으로 하였으므로 아직 정량적인 결론을 내릴 수 없으나 다른 접근유속에 대해서도 경향은 같을 것으로 판단된다.

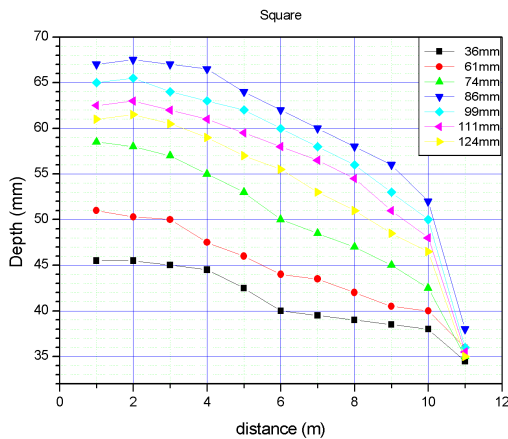


그림 4. 사각형격자기둥

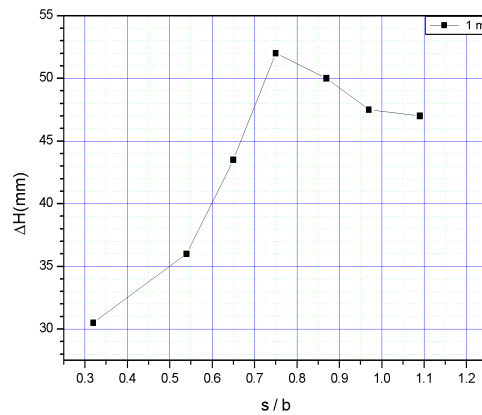


그림 5. 설치간격에 따른 전체 수위차

그림 7은 둥근장방형 기둥의 종방향 이격거리를 0mm로부터 36mm, 61mm, 86mm의 3단계에 걸쳐 늘려가며 수심을 측정하여 도시한 것으로, 종방향 설치간격이 좁은 0mm와 36mm의 경우에는 배수곡선이 발생한 반면, 설치간격이 넓은 61mm와 86mm의 경우에는 반대로 저하곡선이 발생하였다. 사각형기둥의 경우와 마찬가지로 설치간격이 커지면 상류에서의 수위상승이 증가하는 바, 간격이 36mm에서 61mm로 증가할 때 급격한 수위상승이 발생하였다. 설치간격이 61mm보다 더 큰 경우에는 수위상승량에 큰 변화가 발생하지 않았다.

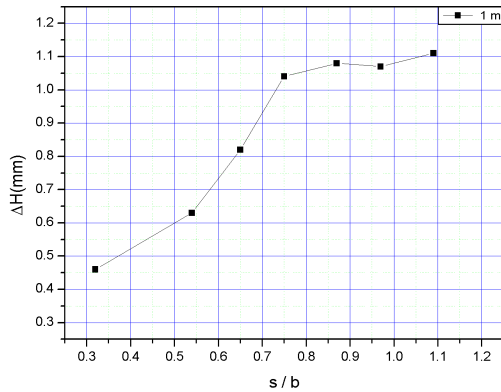


그림 6. 격자기둥 1개당 수위상승량

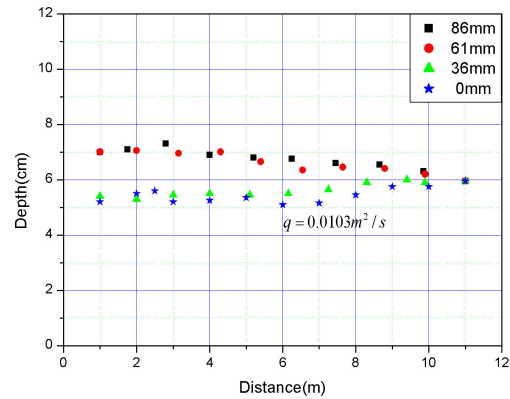


그림 7. 둥근장방형기둥 설치간격 변화에 따른 수면형상변화 ($q = 0.0103m^2/s$)

4. 결론

수리실험을 통하여 격자기둥의 배후에 발생하는 와류로 인한 에너지 손실 즉 수위상승을 측정하였다. 정사각형 기둥의 경우 기둥사이의 간격이 기둥폭의 0.75배 이상이면 기둥배후의 공간이 넓어 와류가 완전하게 발생하므로 기둥 1개에 의한 에너지 손실은 일정해지며, 설치간격이 이보다 작아지면 와류발생이 억제되어 에너지 손실은 급격히 줄어든다. 둥근장방형 기둥의 경우에도 기둥 설치간격이 기둥폭의 0.5배 정도에서 더 좁아질때 갑자기 에너지 손실이 줄어드는 현상이 발생하였다. 향후 다양한 유량조건에 대해 좀 더 광범위한 실험을 실시하여 터널배수를 위한 적절한 기둥 설치간격을 찾아낼 예정이다.

감사의 글

본 연구는 건설핵심기술연구개발사업의 해저시설물차폐기술개발을 위한 한국건설기술연구소의 위탁과제중 일부로서 연구비 지원에 감사를 표합니다.

참고문헌

Crowe, C.T., Elger, D.F. and Roberson, J.A. (2001) *Engineering Fluid Mechanics*, pp. 531-538.