

터널내 다열기둥의 배치간격에 따른 Manning계수의 변화

Variation of Manning's Coefficient due to Interval of Multi-Piers in Tunnel

윤성범^{*}, 권갑근^{**}, 이상민^{***}, 김형석^{****}
Sung Bum Yoon, Kab Keun Kwon, Sang Min Lee, Hyung Seok Kim

요 지

터널의 노면 양쪽에 관로를 설치하여 유입된 지하수를 배출시키는 방법은 일반적인 터널 배수 공법이지만 배수관로의 설치를 위한 추가적인 굴착은 공사기간과 공사비의 상승으로 이어지는 실정이다. 이에 터널 내에 별도의 배수관로 굴착 없이 노면 하부에 다열기둥을 일정 간격으로 매설하여 지하수의 흐름방향을 노면 하부로 유도시키는 경제적인 배수시스템이 현재 연구 중이다. 이 터널배수시스템은 추가적 굴착이 없어 기존의 배수시스템보다 경제적이지만 다열기둥의 연속적인 배치를 필요로 하므로 기존의 관로배수방식보다 더 많은 유체의 흐름저항을 받게 된다. 따라서 유체의 흐름에 효율적인 다열기둥 간의 배치간격에 대한 연구가 필요하다. 그래서 본 연구에서는 노면 하부에 다열기둥이 매설된 터널 내로 유입하는 지하수 배출을 목적으로 다열기둥 간의 배치간격에 따른 Manning계수의 변화를 수리실험을 통해 측정·분석하였다. 특히 Manning계수는 개수로에서 유체흐름 저항의 정도를 파악하는 데 이용되는 인자로 이를 활용하여 지하수 배수에 적절한 다열기둥 배치간격을 산정하였다.

본 연구를 통해 얻어진 수리실험 자료는 노면하부에 다열기둥을 매설하는 터널공사의 실제 설계를 위한 기초적인 참고자료로 사용될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 터널배수, 다열기둥, 배치간격, 수리실험, Manning 계수

1. 서 론

현재 널리 사용되는 터널 내 지하수 배출공법은 배수를 위한 추가적인 굴착으로 공사기간과 공사비의 단축이 어려웠다. 본 논문에서 연구되는 터널배수시스템은 노면 양옆에 배수관로의 설치 대신 노면하부에 다열기둥을 매설하고 지하수 흐름을 노면하부로 유도시키는 방식이다. 이러한 공법은 터널굴착 후의 추가굴착이 없어 그에 따른 공사비와 공사기간을 절약할 수 있는 경제적인 공법이다. 노면 밑을 흐르는 유체가 다열기둥을 통과할 때 단면 급확대로 인해 다열기둥 배후에 와류가 발생하여 에너지 손실이 생긴다. 이런 에너지 손실이 중첩되어 유체의 원활한 흐름이 방해 받게 되므로 다열기둥을 통과하는 유체의 흐름특성에 대한 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 수리모형실험을 통하여 다열기둥의 배치간격에 따른 와류의 발생이 유체의 흐름에 미치는 영향을 분석하였다.

* 정회원·한양대학교 토목환경공학과 교수 E-mail : sbyoon@hanyang.ac.kr
** 정회원·한양대학교 토목공학과 석사과정 E-mail : kkkwon@hanyang.ac.kr
*** 정회원·한양대학교 토목공학과 석사과정 E-mail : miz1801@freechal.com
**** 정회원·한양대학교 토목공학과 석사과정 E-mail : xeans9097@naver.com

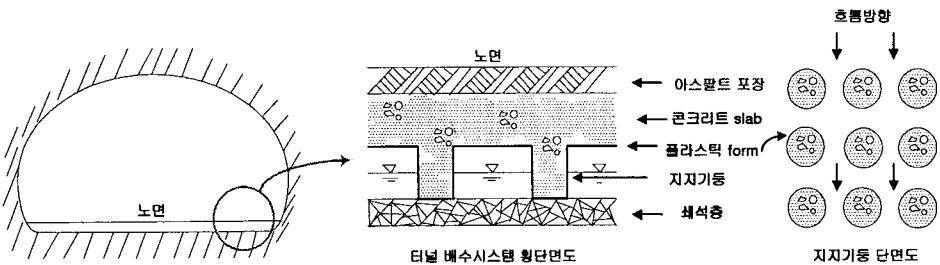


그림 1 연구중인 터널배수시스템 개념도

2. 수리실험 방법 및 절차

수리실험에 쓰인 개수로는 폭 40cm, 높이 40cm이며 총 길이는 12m이다. 사용된 다열기둥은 두께 1mm의 철판으로 안에는 모르타르와 자갈을 채워 유수 시 흐름방향의 수압에 의한 부양현상을 방지하였다. 다열기둥의 형상은 정방형으로 각 변의 길이는 114mm이며 개수로에 2열로 배치하였다.

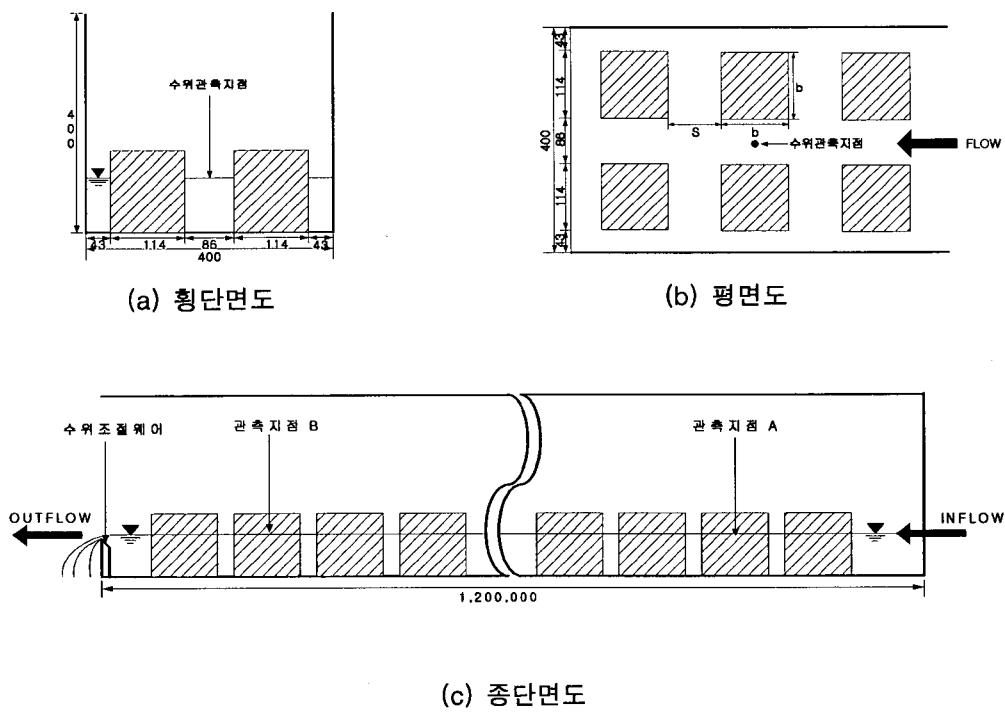


그림 2 정방형 다열기둥 배치도(단위 mm)

실험에 사용된 사각 기둥의 배치간격은 종방향으로 0, 3.6, 6, 7.4, 8.6, 9.9, 11, 12.4, 16.3, 18.9, 24.8, 40.0, 50.0, 70.0 및 111.0cm의 15가지 이격거리에 대해 실험을 하였고 횡방향으로는 모두 86mm의 이격거리로 사각기둥을 배치하였다. 수로의 경사는 0.06% ~ 1.5%까지 8 ~ 9가지의 일정 경사에 대해 실험을 하였고 사용된 유량(Q)은 모두 3가지로 각각 $0.002138\text{m}^3/\text{s}$, $0.002930\text{m}^3/\text{s}$, $0.003825\text{m}^3/\text{s}$ 이다. 실험방법은 유량(Q)을 일정하게 유지시키고 수로 경사를 조절하여 등류상태

를 만들어 수심을 측정하였다. 수심의 측정지점은 개수로의 상류부, 하류부 두 지점으로 유체가 다열기동 사이를 통과하는 부분의 수심을 측정하였고 얻어진 두 지점의 수심을 산술평균하여 일정유량과 일정경사 상에서의 평균등류수심을 계산하였다. 수리실험에서 측정된 평균등류수심을 Manning의 평균유량공식에 대입시켜 Manning의 조도계수(Manning's coefficient of roughness) n 을 산정하였다. 이때 수로단면적과 동수반경은 실제 통수량 계산공식에 적용할 목적으로 사각기 등을 무시한 전체 단면적과 동수반경을 사용하였다.

3. 실험 결과 및 분석

그림 3과 그림 4는 정방형 다열기동의 종방향 이격거리(s)가 각각 6cm, 11cm에서 수심에 따른 n 값의 변화를 유량에 따라 도시한 것이다. 보통 Manning계수는 구조물이 없는 하상의 상대바닥거칠기 k_s/h 의 함수이므로 수심에 대한 영향을 거의 받지 않게 된다.

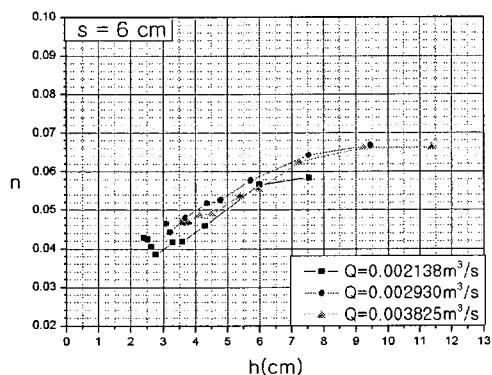


그림 3 수심에 따른 n 값 변화 ($s=6\text{cm}$)

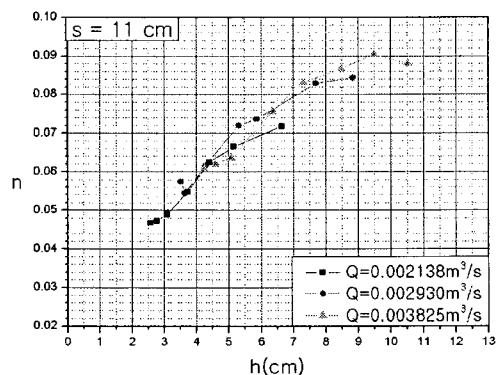


그림 4 수심에 따른 n 값 변화 ($s=11\text{cm}$)

그러나 전 수심에 걸쳐있는 구조물이 있는 경우 Manning계수는 수심의 영향을 받게 되는데 수심에 증가하면 구조물 배후에 생성된 와류의 연직길이도 같이 증가하게 되므로 수심이 깊을수록 Manning계수도 증가하게 됨을 알 수 있다.

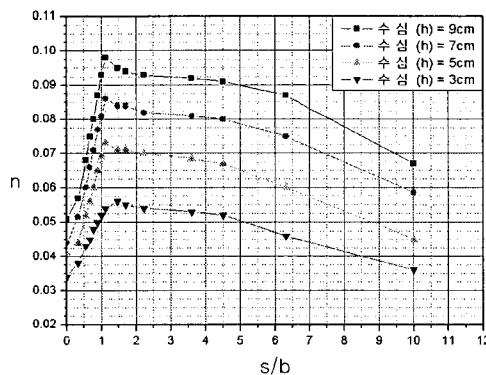


그림 5 이격거리에 따른 n 값 변화

그림 5는 일정수심 9cm, 7cm, 5cm, 및 3cm에서의 종방향 이격거리 s 의 변화에 따른 Manning계수 변화를 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 Manning계수 n 은 이격거리 s 가 증가함에 따라 급격히 증가하다가 완만히 감소하는 형태를 가지게 된다. 이격거리가 기동폭의 약 1.1배 정도일 때 Manning계수 값은 최대가 되고 그 이후의 이격거리에 대해서는 점차 감소한다. 이격거리가 짧으면 단면 급획대에 의해 생성된 와류가 충분히 발달 할 배후공간이 없으므로 와류는 미약하게 생성되고 유체의 흐름은 에너지 소모가 거의 없어 Manning계수는 작아진다. 그러나 이격거리가 증가하면 와류가 완전히 생성될 수 있는 충분한 배후공간이 생성되므로 유체 흐름은 발달된 와류로 인한 에너지 손실이 크게 발생하여 Manning계수는 점차 증가하게 된다. 이격거리가 기동폭의 1.1배를 넘어가게 되면 개별적인 와류는 충분히 발달하나 와류의 숫자가 감소함에 따라 에너지 소모도 그만큼 감소하게 되어 Manning계수도 감소하게 된다.

4. 결 론

수심과 다열기동의 종방향 이격거리 대한 Manning계수의 변화를 수리모형실험을 통해 측정하였다. 실험결과 Manning계수는 구조물이 존재할 경우 수심의 영향을 받는 것으로 나타났고 정방형 사각기동의 종방향 이격거리가 기동폭의 약 1.1배 Manning계수가 최대값을 나타냈다. 이번 연구의 결과로부터 전 수심에 걸쳐 있는 다열기동의 경우 Manning계수가 수심과 기동설치 간격에 따라 변한다는 중요한 사실을 발견할 수 있었으며, 향후 다열기동 수로의 통수능 산정식 개발에 이용될 것으로 기대된다.

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

1. 윤성범, 이상목, 김선형, 임채호 (2006). 다열기동의 배치간격이 조도계수에 미치는 영향, 2006년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 515-518.
2. Crowe, C.T., Elger, D.F. and Roberson, J.A. (2001). Engineering Fluid Mechanics, pp. 531-538.