

## **댐, 제방 배수기능 개선을 위한 일방향 배수필터 One-way Drainage Filter for Drain ability Improvement of Dam and Embankment**

김홍택<sup>1)</sup>, Hong-Taek Kim, 유찬호<sup>2)</sup>, Chan-Ho Yoo, 김현태<sup>3)</sup>, Hyun-Tae Kim

<sup>1)</sup> 홍익대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Hongik University

<sup>2)</sup> (주) KER 대표이사, President, K.E.R. Co., Ltd.

<sup>3)</sup> 한국농촌공사 농어촌연구원 생산자원연구소 팀장, Chief Researcher, Rural Research Institute, K.R.C.

**SYNOPSIS** : 본 연구에서는 기존의 배수필터를 개선함으로써 댐, 제방의 외부 유입 침투수를 차단할 수 있는 일방향 배수필터의 가능성을 확인하였다. 일방향 배수필터는 댐, 제방 내부의 침투수는 외부로 배출시키면서 외부의 유입 침투수는 차단하도록 여러 겹의 시트를 겹치도록 고안한 것으로, 본 연구에서는 일방향 배수필터의 가능성을 확인하고자 실내모형실험을 수행하였다. 실내모형실험을 진행하는 동안 계측되는 간극수압계를 이용하여 모형 댐, 제방의 거동을 확인하여 일방향 배수필터의 적용 가능여부를 확인하였다.

**Key words** : one-way drainage filter, pore-water pressure cell, model test, seepage water

### **1. 서 론**

우리나라는 많은 수의 댐, 제방이 분포하고 있으며, 필 댐은 이러한 제방 댐을 축조하는 방법으로 많은 댐, 제방에 적용되어 왔다. 필 댐을 축조하는 과정에서 일부의 경우 필터재를 사용하나 이는 대부분이 양방향으로 물의 흐름이 가능한 조건이다. 이러한 경우 집중호우에 의한 홍수시 외부의 수위가 상승하면서 외부로부터 댐, 제방내로 물이 자연스레 유입되어 흠이 포화되었다가 외부수위가 내려가면 제방에서 물이 빠져나가는 현상이 반복되면서 사면의 활동 파괴와 파이핑 현상 일어나게 되어 토목 구조물에 대한 안정성 문제가 노출되어져 있는 실정이다. 특히 새만금과 같이 대규모의 간척사업으로 인해 제방 축조사업이 활발하게 진행되고 있으나, 전술한 문제점은 아직까지 내포하고 있는 실정이다. 즉, 배수필터 시공시 외부로부터 유입되는 침투수를 차단하고 흠 속의 물을 원활히 배수될 수 있는 방향으로서 구조적 개선이 필요하다 할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 배수필터를 개선함으로써 댐, 제방의 외부 유입 침투수를 차단할 수 있는 일방향 배수필터의 가능성을 확인하였다. 일방향 배수필터는 댐, 제방 내부의 침투수는 외부로 차단하면서 외부의 유입 침투수는 차단하도록 여러 겹의 시트를 겹치도록 고안하였다. 본 연구에서는 일방향 배수필터의 가능성을 확인하고자 실내모형실험을 수행하였으며, 실내모형실험을 진행하는 동안 계측되는 간극수압계를 이용하여 축소모형 댐, 제방의 거동을 확인하여 일방향 배수필터의 적용 가능여부를 확인하였다.

### **2. 일방향 배수필터**

일방향 배수필터는 댐, 제방의 내외측 수위변화시 외부의 침투수를 차단하기 위해 고안한 배수필터로

본 연구에서는 고안된 일방향 배수필터의 적용가능여부를 확인하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 실내 축소모형실험을 통하여 적용 가능 여부를 확인하였다. 일방향 배수필터는 기존 양방향 배수필터의 적용분야 와 동일하게 적용할 수 있으며, 일방향 배수필터는 방수제, 해안 침식방지공, 옹벽, 흙댐, 하천 제방과 같이 토목 구조물의 내부 잉여수는 신속히 배수되고, 외부로부터 토목구조체로 유입되는 물은 효과적으로 차단할 수 있는 특징을 가지고 있다. 본 연구에 적용된 일방향 단면도는 그림 1과 같으며, 적용 분야는 다음 그림 2, 그림 3(“가” 부분 일방향 배수필터)과 같다.

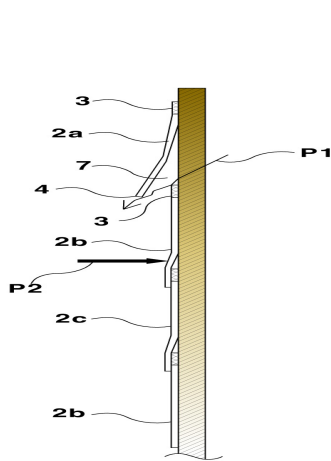


그림 1. 일방향 배수필터 단면도



그림 2. 방수제에서의 일방향 배수필터

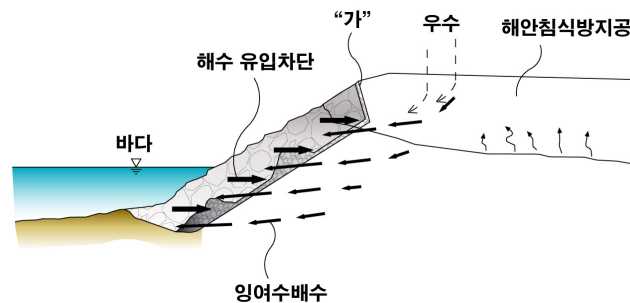


그림 3. 해안 침식방지공에서의 일방향 배수필터

### 3. 실내모형실험

#### 3.1 모형실험

##### 3.1.1 개요

본 연구에서는 방수제에 시공되는 호안에 일방향 배수필터를 설치하여 일방향 배수필터 기능에 대한 거동을 살펴보기 위하여 모형실험을 수행하였다. 모형실험은 일반적으로 사용되고 있는 방수제의 대표 단면을 선정하여 이에 대한 일방향 필터 유·무에 따른 간극수압 분포 살펴보는 방법으로 진행되었다. 모형실험은 쇄석재료를 사용하는 경우로 수행하였으며, 실제 크기의 1/50에 해당하는 크기로 모형을 제작하여 실험을 수행하였다. 아울러 모형실험을 수행하는 동안에는 간극수압계(6개 지점)와 유량계 등을 설치하여 제체의 수위조건이 변화하는 동안의 침투거동을 분석하였다.

##### 3.1.2 모형실험 조건

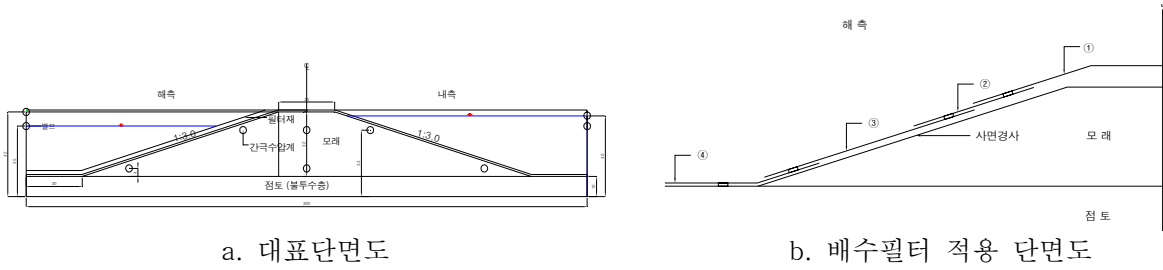
본 연구에서는 방수제 단면을 축소하여 제작한 수리모형시험기에 사용된 원지반 시험시료는 불투수층을 모사하기 위하여 점토를 사용하였고 실험단면은 일반모래를 사용하였다. 조성된 단면의 사면경사(1:3.0)에는 필터재(PET 5T)를 설치하여 부풀어 오르는 것을 방지하기 위하여 사석재를 포설하였다. 해측 사면경사부만 일방향 배수필터를 설치하였으며, 또한, 축소 모형실험은 정류(Steady state) 흐름 조건에 대하여 수행하였으며, 가상의 조위를 적용하여 조위조건에 대한 침투거동을 살펴보았다. 모형실험

은 김 등(2008)이 수행한 모형실험 단면과 동일하게 조성하였으며, 간극수압 측정위치 역시 동일한 위치에서 측정하여 일방향 배수필터의 설치 여부에 빠른 효과를 간접적으로 확인하고자 하였다.

모형실험 대표단면 및 배수재 적용 단면도는 그림 4와 같으며, 다음 표 1 및 그림 5는 모형실험 조건을 나타내었다.

표 1. 모형실험 적용 조건

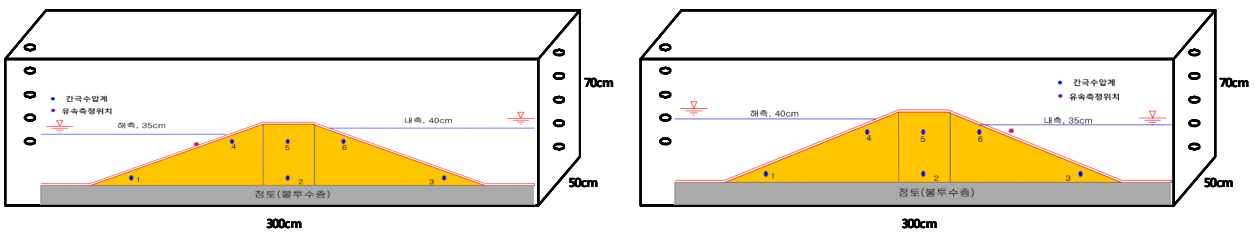
구분	해측 수위(m)	내측 수위(m)	수위유지시간(h)	비고
내측 만수위시	0.35	0.4	2.5	
해측 만수위시	0.4	0.35	2.5	



a. 대표단면도

b. 배수필터 적용 단면도

그림 4. 모형실험 단면도



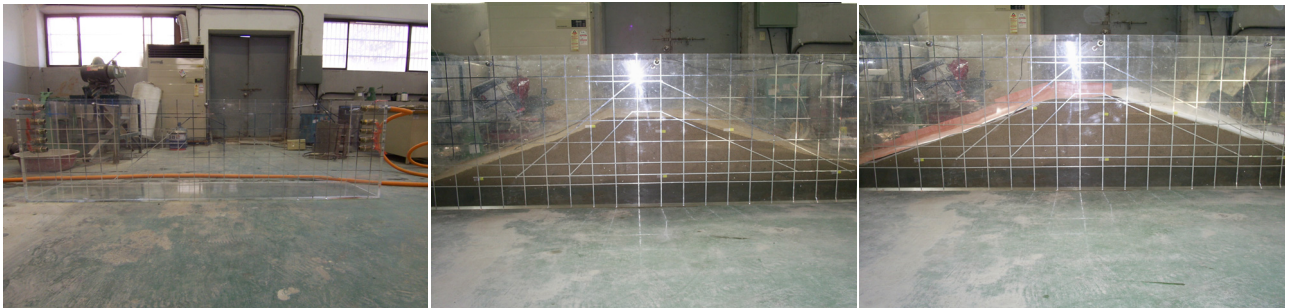
a. 내측 만수위시 및 간극수압계 위치도

b. 해측 만수위시 및 간극수압계 위치도

그림 5. 모형실험 조건

### 3.1.3 모형실험 방법

본 연구에서 수위조건이 2가지 경우의 모형실험 조건인 내·해측 만수위시의 경우로 수행하였다. 모형실험 단면의 수위차는 해측 만수위시 - 내측 관리수위의 경우와 내측 만수위시 - 해측관리수위의 2가지 경우로 5cm로 적용하였으며, 모형실험 단면의 바닥의 길이는 240cm(동수경사 0.021)로 조성하였으며, 수압으로 인한 배수필터의 혼입을 방지하기 위하여 필터재를 설치하여 그 위에 일방향 배수필터를 설치하였으며, 사면 경사부에 사석재로 단면을 조성하였다. 본 연구에서 수행된 모형실험 과정은 그림 6에 나타내었다.



모형실험기

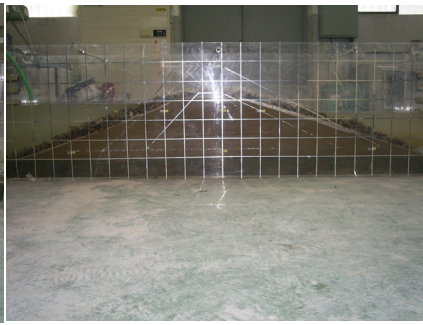
간극수압계 매설 및 지반조성

배수필터 및 필터재 설치

그림 6. 모형실험 전경 (계속)



단면조성 완료



모형실험 전경



내측 유출량 측정

그림 6. 모형실험 전경 (계속)

## 4. 실내모형실험 결과분석

### 4.1.1 간극수압 측정결과

모형실험 중 단면 내에서 발생하는 간극수압을 측정하기 위하여 전기저항식 간극수압계를 5개소에 매설하였으며, 시험이 진행되는 동안 간극수압을 측정하였다. 그림 3에는 간극수압의 측정위치를 나타내었으며, 시험동안 측정된 간극수압 결과는 그림 4에 나타내었다.

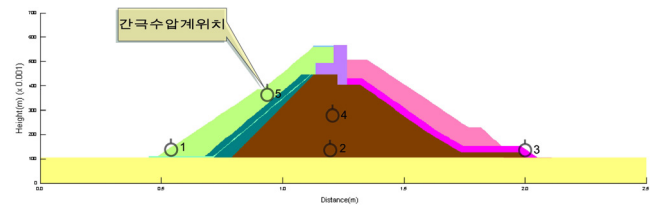
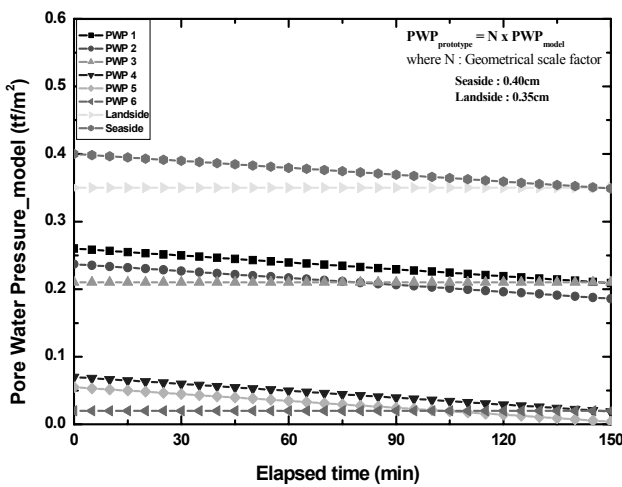
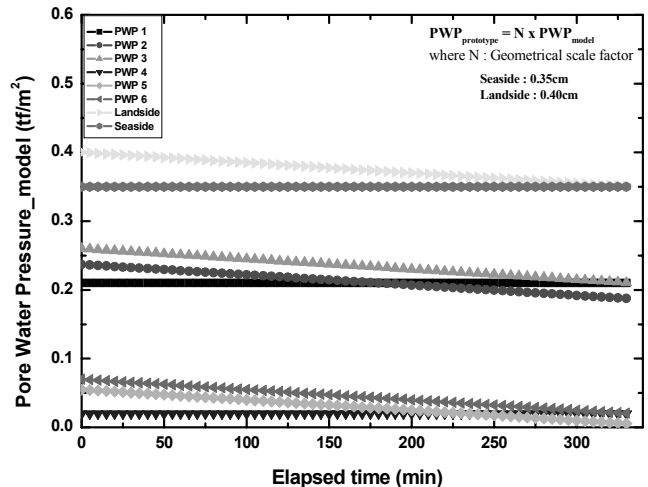


그림 3. 간극수압 매설 위치



(a) 해측 만수위시 간극수압(정류)



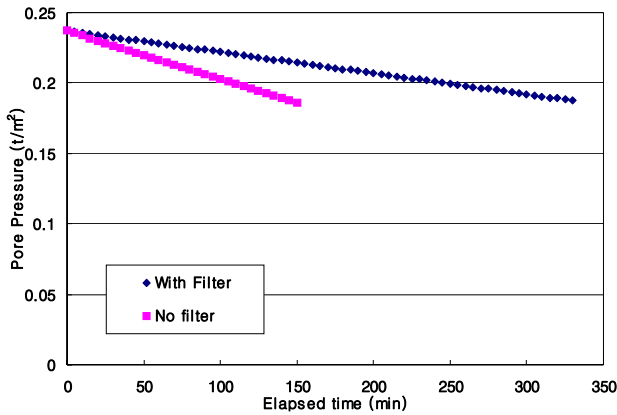
(b) 내측 만수위시 간극수압(정류)

그림 4. 시간에 따른 간극수압 측정결과

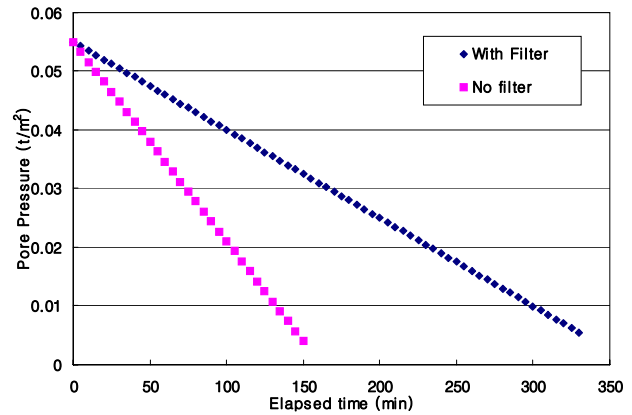
그림 4의 내용을 살펴보면, 해측 만수위시와 내측의 관리수위 유지시에는 내측에 위치한 3번, 6번 간극수압계가 각각  $0.21\text{t/m}^2$ ,  $0.02\text{t/m}^2$ 으로 일정한 간극수압을 나타내는 것으로 평가되었으며, 해측에 위치한 간극수압은 점차 감소되는 것으로 분석되었다. 반면에 내측의 수위를 홍수위로 하고 해측을 평수위로 하는 경우에는 내측에 위치한 간극수압은 점차 감소하고, 해측에 위치한 간극수압계에서는 간극수압의 변화가 거의 없는 것으로 평가되었다. 그러나 동일한 조건으로 배수필터의 유무에 따라 간극수압이 감소되는 시간은 배수필터가 없는 조건이 150분 정도로 분석되었으며, 일방향 배수필터가 있는 조건이 330분이 소요되는 것으로 보아, 일방향 배수필터가 외부의 유입수를 어느 정도 효과적으로 억제하는 것을

확인하였다.

배수필터의 설치 여부에 따라 간극수압의 거동차이를 분석하기 위하여 동일한 계측위치로 간극수압의 변화양상을 분석하였으며, 그 결과는 그림 5에 나타내었다.



(a) No. 2 계측위치 비교분석결과



(a) No. 5 계측위치 비교분석결과

그림 5. 시간에 따른 간극수압 측정결과

그림 5에 나타낸바와 같이 해측에 필터재를 설치하는 경우와 설치하지 않는 경우의 시간에 따른 간극수압 변화를 살펴본 결과, 배수필터가 없는 경우에는 양방향으로의 물의 흐름이 가능하여 빠른 시간에 간극수압이 평형 상태를 이루게 되나 일방향 배수필터가 설치되어 있는 경우에는 외부의 유입수를 효과적으로 억제하여 제체 내부의 간극수압이 서서히 감소하게 되는 것을 확인하였다. 이로 미루어 보아 일방향 배수필터는 외부의 유입수를 효과적으로 억제하는 것을 확인하였다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구에서는 기존의 배수필터를 개선함으로써 댐, 제방의 외부 유입 침투수를 차단할 수 있는 일방향 배수필터의 가능성을 실내모형실험을 통해 확인하였으며, 실내모형실험을 진행하는 동안 계측되는 간극수압계를 이용하여 일방향 배수필터의 적용여부에 따른 간극수압의 변화를 확인하였다.

본 연구를 통해 얻어진 내용을 요약, 정리하면 다음과 같다.

- (1) 실내 모형시험결과 해측 만수위시와 내측의 관리수위 유지시에는 내측에 위치한 3번, 6번 간극수압계가 각각  $0.21\text{t/m}^2$ ,  $0.02\text{t/m}^2$ 으로 일정한 간극수압을 나타내는 것으로 평가되었으며, 해측에 위치한 간극수압은 점차 감소되는 것으로 분석되었다.
- (2) 내측의 수위를 홍수위로 하고 해측을 평수위로 하는 경우에는 내측에 위치한 간극수압은 점차 감소하고, 해측에 위치한 간극수압계에서는 간극수압의 변화가 거의 없는 것으로 평가되었다.
- (3) 동일한 조건으로 배수필터의 유무에 따라 간극수압이 감소되는 시간은 배수필터가 없는 조건이 150분 정도로 분석되었으며, 일방향 배수필터가 있는 조건이 330분이 소요되는 것으로 보아, 일방향 배수필터가 외부의 유입수를 어느 정도 효과적으로 억제하는 것을 확인하였다.
- (4) 배수필터가 없는 경우에는 양방향으로의 물의 흐름이 가능하여 빠른 시간에 간극수압이 평형 상태를 이루게 되나 일방향 배수필터가 설치되어 있는 경우에는 외부의 유입수를 효과적으로 억제하여 제체 내부의 간극수압이 서서히 감소하게 되는 것을 확인하였으며, 이로 미루어 보아 일방향 배수

필터는 외부의 유입수를 효과적으로 억제하는 것을 확인하였다.

- (5) 그러나 일방향 배수필터의 적용성 평가는 실내모형실험 만으로 확인하였고, 축소모형실험이다 보니 간극수압의 억제 효과역시 크지 않아 실제 적용성을 평가하기 위해서는 실규모 또는 이에 따른 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. 김홍택, 한연진, 김종석, 김태형 (2008), 농림수산부(1991), **준설토지반 가호안의 파이핑 안정성 평가를 위한 모형실험**, 한국지반공학회 2008 봄 학술발표회
2. 농림수산부(1991), **농지개량사업설계기준 해면간척편**
3. 농림부(2002), **농업 생산기반 정비사업계획 설계기준 필댐편**
4. 농림부(2004), **다기능 방수제 단면축조 및 이용에 관한 연구**
5. Casagrande, A.(1976), "Seepage through Dams", *New England Water Works Association*, Vol. 1, No. 2.
6. Hu, Q. and Li, B.(1988), "Studies on the simulation of overtopped rockfill dams", *Internal Report*, Nanjing Hydraulic Research Institute.
7. SEEP/W (1997), "User's Manual", Geoslope, Canada.
8. Terzaghi, K. and Peck, R.B.(1948), "**Soil Mechanics in Engineering Practice**", John Wiley and Sons, Inc.
9. Van, Z.D. and Harr, M.E.(1981), "**Seepage Analysis of Structure**", *Proc. 10th ICSMFE*, Vol. 1.