PVDF 필름을 이용한 연약점토지반의 배수능력의 향상

박지호*, 이성진*, 전영우*, 김영욱*
*명지대학교 토목환경공학과
e-mail : yukim@mju.ac.kr

Enhanced Capability of Drain in Soft Clays from PVDF Film

Ji-Ho Park*, Sung-Jin Lee*, Young-Woo Jun*, Young-Uk Kim*
*Dept. of Civil & Environmental Eng., Myongji University

요 약

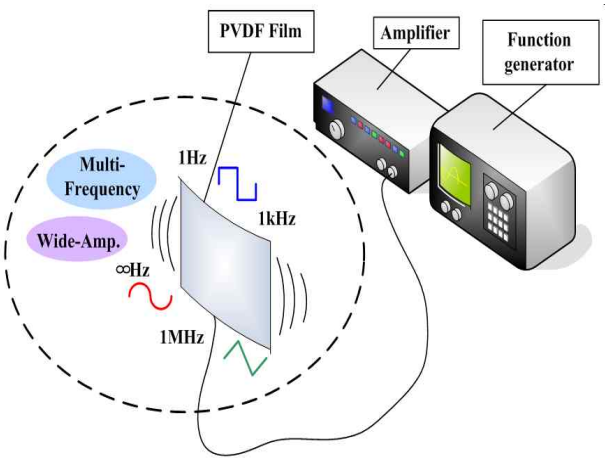
PVDF(polyvinylidene fluoride) 필름은 압전특성을 가지며 음파에너지를 발생시키는 유연성 고분자필름이다. 이 연구에서는 기존 원통형 연직 배수재에 PVDF 필름의 음파에너지를 적용하여 점토의 미세입자가 배수재의 성능을 저하시키는 막힘현상(clogging)을 방지함으로써 배수재의 성능을 향상시키고, 압밀을 촉진시키고자 하였다.

1. 서론

국내에서 연약지반개량공법으로 가장 많이 사용되고 있는 연직배수공법(vertical drain method)은 연약지반에 연직 배수재를 설치하여 연약지반으로부터 간극수를 배출하고 압밀을 촉진하는 공법이다. 그러나 연직배수공법은 점토의 세립분에 의한 배수재의 막힘현상(clogging)이나 배수재 설치로 인한 수평방향 침투성이 낮아지는 교란영역(smear zone)이 발생하여 압밀에 큰 영향을 미치며 이로 인해 압밀소요시간이 늘어나는 결과가 발생한다.

이 연구에서는 압전특성과 음파에너지를 발생시키는 PVDF(polyvinylidene fluoride) 필름과 구성장비(그림 1)를 이용하여 원통형 연직 배수재에 점토의 세립분으로 인한 막힘현상을 방지하여 압밀을 촉진시키고자 하였다.

PVDF 필름은 28kHz로 고정된 다른 초음파 발생장비들과는 달리 1Hz ~ 100MHz까지의 넓은 주파수 대역과 전압을 변화시킬 수 있는 장점을 지니고 있다.

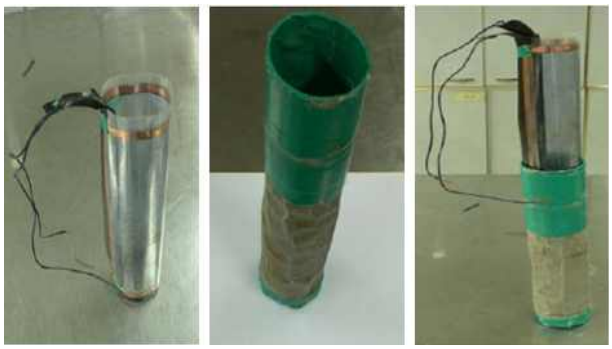


[그림 1] PVDF system

2. 실내실험

2.1 실험장비

이 연구에 사용된 실험장비는 PVDF 필름, 신호발생기(function generator), 증폭기(amplifier), 모형 원통 연직 배수재(d=64mm), 진공펌프(최대 30psi), 점토지반모형용기(20ℓ)로 구성된다. PVDF 필름을 적용한 연직 배수재는 PVDF 필름을 그림 2와 같이 연직 배수재 내부에 삽입하여 부착하고 간극수를 원활하게 배출하기 위하여 다공 필름으로 제작하였다.



[그림 2] PVDF 필름을 적용한 연직 배수재

2.2 실험방법

실험은 주파수(0, 0.1, 4, 7, 20kHz)와 점토의 함수비(125, 170, 200, 210%)를 달리한 조건으로 실험하였으며, 표 1에 나타내었다. 실험 방법은 주어진 조건에 따라 점토시료(20ℓ)를 용기에 조성하고 조성된 점토시료에 연직 배수재를 설치하여 일정한 압력(30psi)으로 배출되는 간극수의 양을 측정하였다. 이때 연직 배수재는 PVDF 필름을 적용한 배수재로 조건에 따라 음파에너지를 조절하거나 음파에너지를 적용하지 않는 조건으로 실험하였다. 또한 실험은 30시간까지 측정하였다.

[표 1] 실험조건

	함수비(%)	주파수(kHz)	전압(volt)
Case 1	125	0, 0.1, 4, 7, 20	15
Case 2	170		
Case 3	200		
Case 4	210		

(a) 점토지반모형용기 (b) 점토조성

(c) 연직배수재 설치 (d) 간극수 배출량 측정

[그림 3] 실험방법

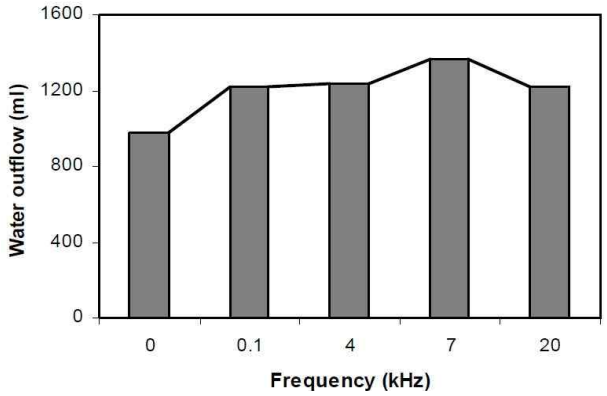
3. 연구결과

이 연구에서는 PVDF(polyvinylidene fluoride) 필름의 음파에너지를 이용하여 연직 배수재의 막힘현상을 방지하고 압밀을 촉진시키고자 점토의 함수비와 주파수를 달리하여 배출되는 간극수 양을 측정하고 비교·분석하였다.

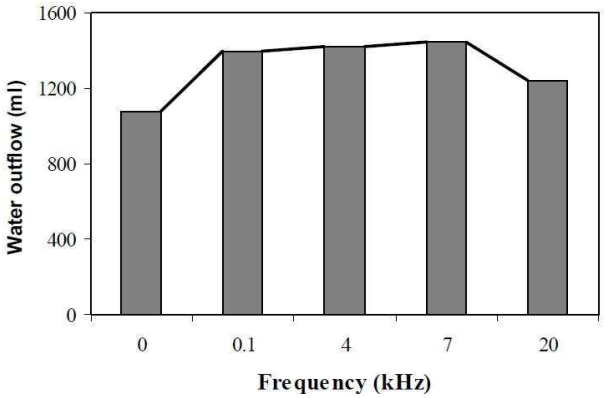
실험결과로 PVDF 필름을 적용한 연직 배수재에서 배출된 간극수의 양이 PVDF 필름을 적용하지 않은 경우보다 약 27~47% 증가되었으며, 주어진 함수비 조건에서 주파수를 달리하여 측정된 배출량을 분석한 결과로 모든 경우에서 주파수가 7kHz일 때에 가장 많은 간극수가 배출되었다. 또한 실험 종료 후에 점토의 함수비를 측정한 결과로 PVDF 필름을 적용한 경우에 PVDF 필름을 적용하지 않은 배수재보다 약 1.3~15.6% 감소하였으며, 침하량 측정결과에서도 PVDF 필름을 적용한 점토지반의 침하량이 PVDF 필름을 적용하지 않은 점토지반보다 약 9.8~33.3% 크게 나타났다. 이를 표 2와 그림 4에 정리하였다.

[표 1] 최종함수비 및 최종변위

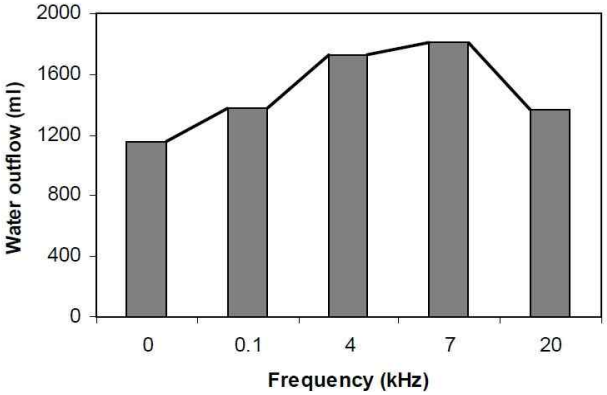
구분	초기함수비 (%)	주파수 (kHz)	최종함수비 (%)	최종변위 (mm)
Case 1	125	0	96.34	23
		0.1	79.17	28
		4	78.23	28.5
		7	76.82	29
		20	79.11	27
Case 2	170	0	144.8	24
		0.1	142.6	29
		4	141.2	30
		7	141.15	31
		20	143.52	25
Case 3	200	0	172.1	27
		0.1	170.14	30
		4	168.02	35
		7	167.18	36
		20	170.64	30
Case 4	210	0	178.8	5.1
		0.1	177.42	5.2
		4	174.6	5.8
		7	176.2	5.6
		20	177.12	5.3



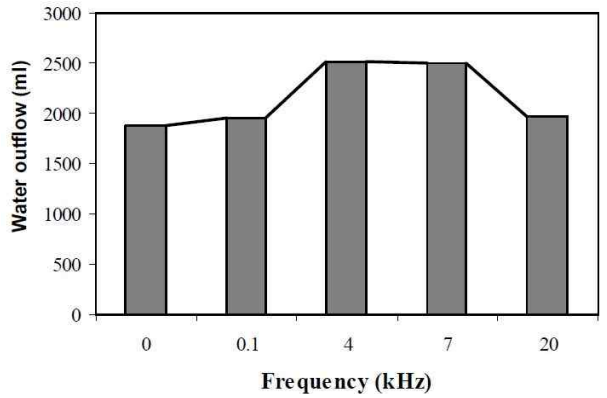
(a) 함수비 125%일 경우에 간극수 배출량



(b) 함수비 170%일 경우에 간극수 배출량



(c) 함수비 200%일 경우에 간극수 배출량



(d) 함수비 210%일 경우에 간극수 배출량

[그림 4] 주파수 변화에 따른 간극수 배출량

4. 결론

이 연구에서는 기존 원통형 연직 배수재에 PVDF 필름의 음파에너지를 적용하여 점토의 미세입자가 배수재의 성능을 저하시키는 막힘현상을 방지함으로써 배수재의 성능을 향상시키고, 압밀을 촉진시키고자 하였다.

이 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 모든 경우에서 PVDF 필름을 적용한 연직 배수재에서 배출된 간극수의 양이 PVDF 필름을 적용하지 않은 경우보다 증가되었다.
2. 실험 종료 후에 점토의 함수비를 측정한 결과로 PVDF 필름을 적용한 경우에서 PVDF 필름을 적용하지 않은 경우보다 약 1.3~15.6% 감소하였다.
3. 점토의 침하량을 측정한 결과로 PVDF 필름을 적용한 경우에 PVDF 필름을 적용하지 않은 경우보다 약 9.8~33.3% 크게 나타났다.
4. 실험결과 동일한 실험 조건하에서 최적주파수는 4kHz~7kHz인 것으로 나타났다.
5. 실험 결과로 연직 배수재에 PVDF 필름을 적용할 경우에 연약지반의 배수능력향상 및 압밀촉진에 큰 효과가 있다고 판단된다.

참고문헌

[1] Young-Uk Kim, Byoung Il Kim, "Effect of Ultrasound on Dewaterability of Sewage Sludge", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.42, pp.5898-5899, 2003

[2] Young-Uk Kim, Jun-Soo Ha, Heon-Ha Kim, Seung-Min Na, "Ultrasonic Enhancement of Drainage Material Filterability", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 45, No.1A, pp311-313, 2006

[3] Ji-Ho Park, Young-Uk Kim, Jong-Sub Lee, Mian Chen Wang, "Ultrasonically Induced Enhancement in Treatment of Livestock Waste Sludge", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48, 2009