

친환경배수재의 통수능 특성 평가

Discharge Capacity of Environmentally Friendly Drains

*1 조삼덕 Cho, Sam-Deok

*2 김주형 Kim, Ju-Hyong

*3 정승용 Jung, Seung-Yong

Abstract

Discharge capacity of the fiber mat and the fiber drain made with natural fibers abstracted from plant source was evaluated by permeability test for fiber mat and Delft type test and composite discharge capacity test using disturbed clayey soils for fiber drain. The permeability test results for environmentally friendly coconut fiber mat prove that fiber mat has outstanding permeability in substituting permeable sand. However, discharge capacity of fiber drain evaluated by conventional Delft type discharge capacity test was relatively lower than that of plastic drain board. Nevertheless, settlement and pore pressure dissipation behaviors of fiber drain and plastic drain board installed clay soil during the composite discharge capacity test were almost similar to that of plastic drain board. It is found that the natural fiber drain satisfies requiring minimum discharge capacity in substituting the conventional plastic drain board.

요 지

식물섬유에서 추출한 천연섬유를 이용하여 제작한 천연섬유배수재의 통수능을 평가하기 위해 수평배수재의 경우에는 투수시험 그리고 연직배수재의 경우에는 Delft 공대에서 개발한 통수능 시험과 교란 점토를 이용한 복합통수능 시험을 각각 수행하였다. 친환경 수평배수재에 대한 투수시험 결과 코코넛 껍질로 구성된 매트 투수성은 모래에 비해 매우 우수한 것으로 나타났다. 또한, Delft 공대에서 개발한 통수능 시험으로 평가한 친환경 연직배수재의 통수능은 국산 플라스틱드레인보드의 통수능에 비해 매우 작은 것으로 나타났으나, 교란점토를 이용하여 실제 현장을 가깝게 모사한 복합통수능시험을 수행한 결과 친환경배수재와 플라스틱드레인보드를 설치한 지반의 침하나 간극수압 소산 양상이 서로 유사하게 나타나 친환경배수재가 배수재에 요구되는 최소통수능을 만족하는 것으로 나타났다.

Keywords : Fiber drains, Plastic drain board, Discharge capacity, Composite discharge capacity

1. 서 론

세계적으로 친환경공법에 대한 관심이 고조되고

있으며, 이에 발맞춰 국내에서도 친환경적인 건설공사에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 특히, 무분별하게 사용하여 고갈되어 가고 있는 모래자원

*1 정희원, 한국건설기술연구원 지반연구부 수석연구원 (Research Fellow, Geotechnical Eng. Research Dept., KICT)

*2 정희원, 한국건설기술연구원 지반연구부 선임연구원 (Senior Researcher, Geotechnical Eng. Research Dept., KICT)

*3 대표이사, 지구환경전문가그룹 (President, Expert Group for Earth and Environment)

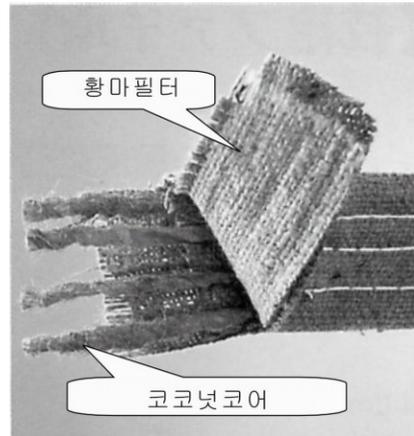
과 모래채취로 인한 자연생태계 파괴문제에 대한 환경시민단체들의 문제제기 등으로 인해 샌드매트나 샌드드레인 등의 연약지반 개량에 사용되어 온 모래의 공급이 어려워지고 있으며, 이로 인한 공사 지연 사례가 늘고 있다. 현재 모래 대체 재료로 사용하는 플라스틱드레인보드(PDB)는 국내 연약지반 개량공사의 70~80% 정도를 차지하고 있는데, 플라스틱 배수재는 반영구적으로 지반 속에 묻혀있게 되어 장기적으로 환경호르몬 발생 등의 환경적인 피해 우려와 함께, 추후 개량지역에 지하공동구나 배수구 등의 지하구조물 건설시 굴착문제 및 배수재의 폐기처리 문제, 특히 소각시에는 다이옥신 등이 발생할 수 있음이 지적되고 있다. 이를 근원적으로 해결하기 위한 방안으로서 일본 등에서는 모래와 플라스틱을 대체할 수 있는 친환경배수재로서 천연섬유나 생분해성 플라스틱 소재의 연직/수평배수재의 개발과 이를 활용한 연약지반개량공법 개발에 심혈을 기울이고 있다. 본 연구에서는 사용재료가 무한정으로 풍부하고 생산단계에서 공해가 전혀 없는 황마 섬유와 코코넛 껍질을 이용하여 제작한 천연섬유배수재를 대상으로 연구를 수행하였다.

2. 배수재 종류

본 연구에서는 모래를 대신할 수 있는 수평 천연섬유배수재와 연직 천연섬유배수재를 대상으로 하였다. 수평 천연섬유배수재는 그림 1에 나타난 것과 같이 폭 35cm, 두께 1cm의 코코넛 껍질 압축 매트 5장을 겹치고 이를 두 겹의 황마필터로 감싼 것으로, 길이를 무한정 제작할 수 있는 것이 특징이다. 그림 2는 연직 천연섬유배수재를 나타낸 것으로 코코넛 껍질을 낀 새끼줄 형태의 코어 4줄을 2겹의 황마필터 속에 균등한 간격으로 배열하고 각 로프사이를 세 방향으로 봉합하였다. 코어는 5mm(±2mm)직경의 로프식으로 꼬아 만든 것을 사용하였으며, 연직천연섬유배수재의 전체 규격은 폭 90mm(±15mm), 두께는 9mm(±1.5mm) 정도이다.



(a) 친환경 수평배수재



(b) 친환경 연직배수재

그림 1. 친환경 배수재 형상

3. 시험방법 및 결과

3.1 수평배수재 투수성 시험

수평배수재의 투수성을 평가하기 위한 시험방법으로는 ASTM D4716 “Test Method for Determining the (In-Plane) Flow Rate per Unit Width and Hydraulic Transmissivity of a Geosynthetic Using Constant Head”을 이용하였다. 이 규격은 수직압축응력하에서 시험편의 길이 방향과 평행하게 흐르도록 유로를 형성하는 토목섬유에 대해 정수위 수평투수계수를 측정하는 방법으로 그림 2와 같은 시험장치를 사

용한다. 이 시험으로 수평투수계수 Θ 는 식 (1)과 같이 산정한다.

$$\theta = (QL)/(WH) \quad (1)$$

여기서, Θ = 수평투수계수 (m^2/sec),

L = 시험편의 길이 (m),

Q = 단위시간당 통과한 평균유량 (m^3/sec),

W = 시험편의 폭 (m),

H = 수위차 (m)

이 시험에서는 폭 9cm, 길이 20cm, 두께 1cm의 수평배수재 매트 1점과 상하에 황마필터를 위치시켜 시험편을 만들었으며, 이 시험편에 대해 구속압을 각각 50kPa, 150kPa, 300kPa로 가하고 각 구속압 재하시 동수경사(i)를 각각 0.1, 0.5, 1.0으로 제어하는 방

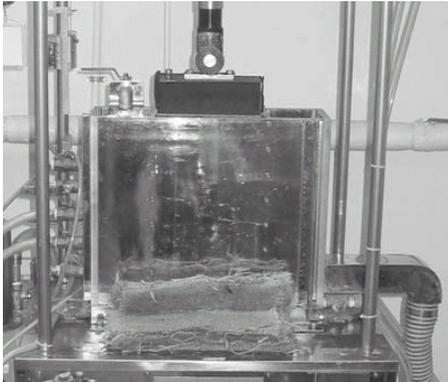


그림 2. 수평 투수능시험

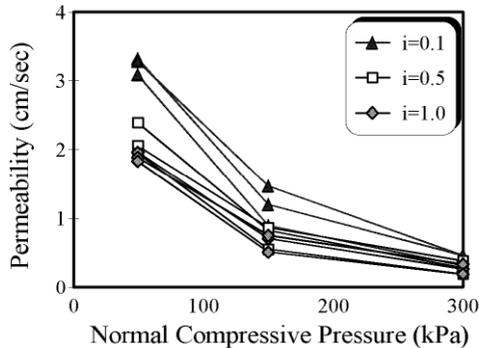


그림 3. 수평 천연섬유배수재의 투수계수 변화

식으로 총 3회 시험을 수행하였다.

그림 3은 동수경사에 대한 단위폭당 유량을 나타낸 것으로 동수경사가 증가할수록 단위폭당 유량이 증가하며, 구속압이 클수록 유량은 감소하는 경향을 나타내고 있다. 수평배수재의 투수계수를 산정한 결과 동수경사가 0.1이고 구속압이 300kPa일 때 최소 0.19cm/sec의 투수계수를 나타내었으며, 동수경사가 1이고 구속압이 50kPa인 경우 최대 3.0cm/sec의 투수계수가 산정되었다. 일반적으로 수평배수재를 목적으로 하는 모래의 최소 투수계수는 $3 \sim 5 \times 10^{-3} cm/sec$ 인 것을 감안하면 수평 천연섬유배수재의 투수계수는 매우 우수한 것으로 판단되었다.

3.2 Delft 공대형 통수능 시험

네덜란드 Delft 공대에서는 삼축압축시험의 원리를 이용하여 그림 4에 나타난 것과 같은 원리의 통수능시험기를 개발하였다. 이 시험기는 국내 배수재 통수능 평가에 가장 널리 사용되고 있는 장치로 배수재를 고무 멤브레인으로 감싼 후 구속압을 가한 상태에서 배수재를 통해 종방향으로 흘러나오는 통수량을 측정하게 되는데, 구속압 증가에 따른 통수능 감소현상을 모사할 수 있다. 또한, 상부와 연결되는 로드(rod)를 조절하여 배수재를 임의로 굴곡시킨 상태에서 통수능을 측정하여 배수재의 굴곡에 따른 통수능 감소효과를 평가할 수 있다.

그림 5는 그림 1에 나타난 연직 천연섬유배수재(FDB)와 삼성중공업 기술연구소(1998)에서 천연섬유배수재를 변형하여 제작한 두 종류(FD3-A, FD3-B)의 판형 배수재에 대한 Delft 통수능 시험 결과를 나타낸 것이다. 삼성중공업 기술연구소에서 제작한 변형 천연섬유배수재 FD3-A의 단면 형상은 80mm×9mm이고 FD3-B는 108mm×7.55mm이다. 각 배수재는 연직 천연섬유배수재(FDB)와 동일하게 두 겹의 황마필터로 구성되어 있다. 본 연구에서는 동수경사(i)를 0.5로 하고 구속압을 50kPa와 250kPa로 가하여 연직 천연섬유배수재(FDB)의 통수능을 평가하였는데, 구속압이 50kPa일 때 통수능(q_w)은 $2.4 \sim 2.7 cm^3$

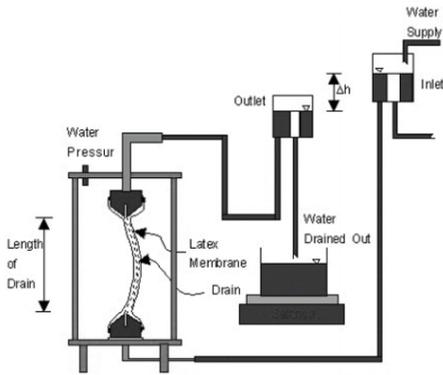


그림 4. Delft 공대 통수능 시험 원리

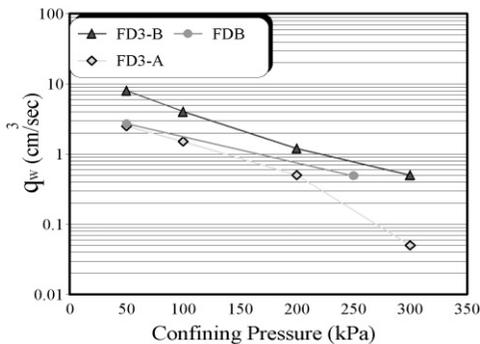


그림 5. Delft 통수능시험 결과

/sec 정도로 평가되었으며, 구속압이 250kPa로 증가된 경우에 통수능은 0.44~0.49cm³/sec로 감소하는 경향을 나타내었다. 그림 5에도 나타나 있듯이 이 결과는 삼성중공업 기술연구소에서 제작한 FD3-A와 FD3-B의 통수능과도 비슷한 것을 알 수 있다. Delft 공대 시험방법을 이용한 천연섬유배수재의 통수능은 기존 플라스틱드레인보드의 통수능에 비하여 작은데, 국산 PDB의 일반적인 통수능은 구속압이 300kPa 일 때 30cm³/sec 이상의 값을 가지는 것으로 알려져 있다.

3.3 복합통수능시험

3.3.1 시험기 구성

실제 현장에 타설된 배수재는 흙과 접촉하고 있기 때문에 내적·외적 막힘현상과 배수재의 크리프에

의해 통수능이 감소하게 된다. 그러나 Delft 식 통수능시험은 배수재를 고무 멤브레인으로 감싸고 구속압을 가하여 통수능 시험을 하기 때문에, 외부 구속압이 멤브레인 자체의 인장력으로 인해 배수재에 직접 전달되지 않아 배수재의 크리프에 의한 영향을 살펴볼 수 없다. 또한, 점토입자가 배수재 외부에 누적되어 발생하는 외적 막힘현상과 필터를 통과하여 배수재 유로 내부로 유입된 점토 미립자에 의한 내적 막힘현상 등 실제 현장에서 발생하는 현상들을 모사할 수 없는 것이 단점이다. 복합통수능 시험기는 이러한 Delft식 통수능시험의 단점을 보완하여 보다 현장조건에 가까운 실내 통수능 측정을 위해 고안된 것이다. 그림 6은 복합통수능 시험장치의 모식도를 나타낸 것으로 직경 50cm, 높이 100cm의 원통형 강재 프레임으로 제작되었으며, 배수재 길이 조절 및 시료타설과 해체의 용이성을 위해 3단으로 분리할 수 있다. 시험기 측면에는 간극수압 측정 포트(Port)를 10cm 간격으로 설치하였으며, 하부 바닥에는 배수재로부터 떨어진 거리별 간극수압을 측정하고자 3개의 포트(Port)를 설치하여 압밀진행에 따른 간극수압을 소산을 측정할 수 있도록 하였다. 측정된 간극수압은 Digital Transducer를 통해 기록된다. 동수경사(i) 조절을 위한 장치로 유출수조와 유입수조가 있으며, 유입수조에서 배수관로를 통해 유입된 물이 시험기 하부를 통해 배수재 내부로 유입되어 상부 배수관로를 통해 유출수조로 나오게 된다. 이때, 물의 흐름은 두 수조의 수두차로 조절된다. 배수재의 양단은 시험기의 상·하부 클램프(Clamp)에 고정시키고 상부에 원형관과 연결하여 시험 중 점토가 배수재 또는 배출구로 유입되지 않도록 되어 있다. 또한, 침하량을 측정하기 위한 장치로 시험기 상부에 다이얼게이지(Dial Gage)를 설치하였다. 복합통수능시험에서는 구속압을 대신하여 상재하중이 작용하게 되며, 이때 갑작스런 하중 재하로 인한 과잉간극수압 발생과 토립자의 이동을 방지하기 위해 하중은 0.5kg/cm²부터 2.5kg/cm²에 이르기까지 0.5kg/cm²씩 총 5회로 증가시킨다.

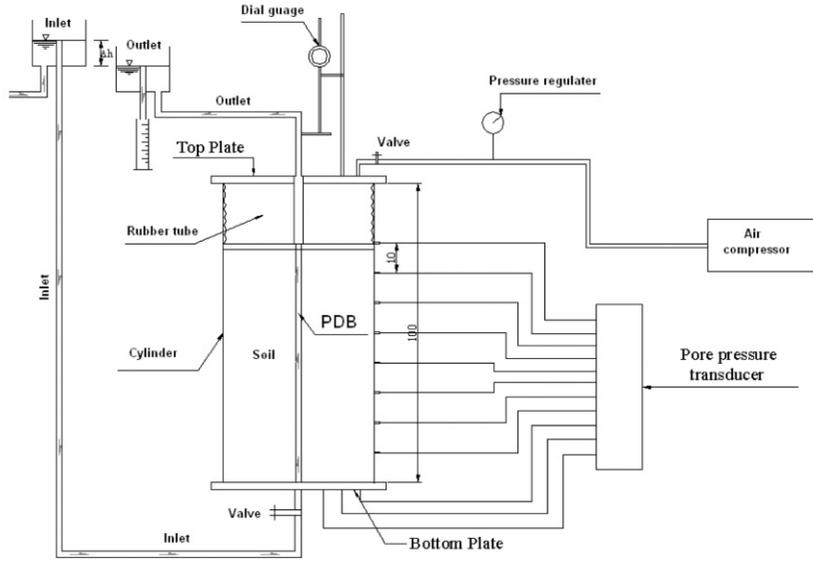


그림 6. 통수능력 시험기 모식도

3.3.2 시험조건 및 방법

복합통수능시험에서 사용한 점토 시료는 남해안 광양지역에서 채취한 해성 점성토로 교란된 상태의 시료를 채취하여 시험실에서 습윤상태의 흙을 No. 10체로 체가름한 것을 사용하였다. 시료의 체가름 과정 중 시험결과에 영향을 미칠 정도의 크기가 큰 흙이나 조개껍데기 등의 불순물을 제거하였으며, 이와

동시에 시료채취지점과 동일한 위치에서 운반되어 온 해수를 첨가하여 입자간의 포화도를 높이면서 액성한계의 2배 정도(92%)의 함수비를 갖는 고탍수비 상태로 시료를 준비하였다. 복합통수능시험에서 사용한 흙의 입도분포는 그림 7과 같으며 기본 특성은 표 1에 제시되어 있는 바와 같다.

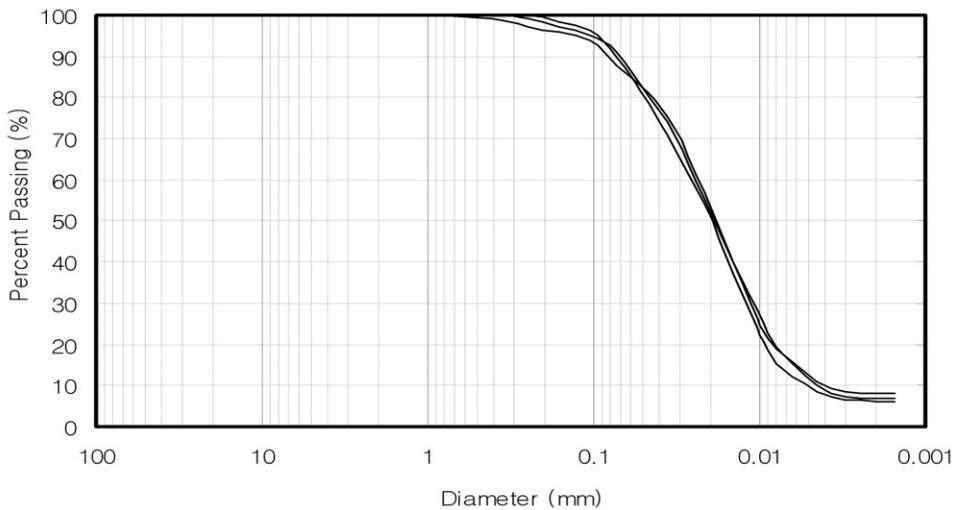


그림 7. 대상시료의 입도분포곡선

표 1. 복합통수능시험에 사용된 시료의 특성

흙분류	CL
#200통과량	98%
비중	2.64
압축지수(Cc)	0.49
액성한계(LL)	47.2%
소성지수(PI)	21.2%
팽창지수	0.09

본 연구에서는 복합통수능시험을 통해 연직 천연섬유배수재(FDB)와 플라스틱드레인보드(PDB)의 통수능에 대한 비교 분석을 수행하고 상부 배수층으로 사용하는 모래의 대체 재료로서 수평 천연섬유배수재의 적용성을 파악하였다. 앞서 언급한 것과 같이 복합통수능시험기의 경우, 지반 침하와 배수재의 변형을 함께 측정할 수 있으므로 침하량과 간극수압 측정을 통해 배수재 타설현장의 압밀침하거동 양상과 통수능의 상관관계를 분석하였다.

표 2에는 본 연구에서 수행한 복합통수능시험 조건들을 나타낸 것이다. 총 4회의 시험에서 모두 재성형한 광양점토를 타설하고 연직 천연섬유배수재(FDB)와 플라스틱드레인보드(PDB)를 설치하여 두 배수재 설치지반의 침하 및 간극수압 변화양상을 분석하였다. 또한, 연직 천연섬유배수재 상부에 5cm 두께의 모래와 수평천연섬유배수재를 각각 포설하여 연직 및 수평배수 병용공법의 침하 및 간극수압 양상을 비교, 분석하였다. 연직 및 수평 천연섬유배수재는 그림 1에서 나타낸 것을 사용하였으며, 플라스틱드레인보드로는 국내에서 많이 사용하고 있는 H형의

표 2. 시험조건

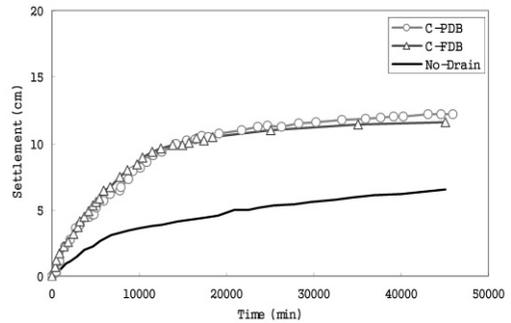
시험 조건	복합통수능시험			
	연직배수재		연직+수평배수재	
초기 시료높이	60cm		55cm	
샌드매트/FDB 두께	-		5cm	
초기 배수재 길이	60cm		55cm	
최종 상재하중	2.5kg/cm ²		2.5kg/cm ²	
동수경사	0.5		0.5	
배수재 종류	PDB	FDB	FDB	FDB
초기 함수비	92 ±5%		92 ±5%	
표기	C-PDB	C-FDB	CDC-SM	CDC-FM

비집착식 배수재를 사용하였다. 또한 샌드매트로 사용한 모래는 주문진 표준사를 사용하였다.

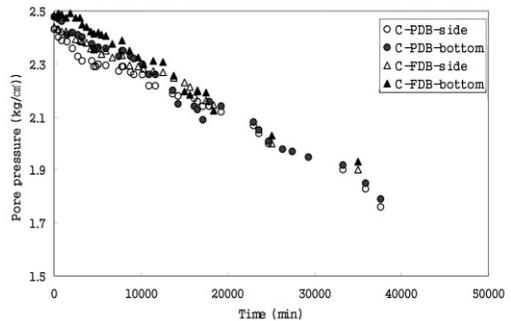
3.3.3 시험결과

가. 침하 및 간극수압

그림 8은 배수재를 타설하지 않은 무처리 조건과 연직배수재 PDB와 FDB를 타설한 조건으로 수행한 복합통수능시험에서 각각 측정된 침하량 및 간극수압 변화를 나타낸 것이다. 예상한 것과 같이 무처리 지반에 비해 배수재를 타설한 경우에 시간 경과에 따른 침하량 발생이 큰 것으로 나타나 두 배수재의 압밀촉진효과를 확인할 수 있었다. 그림 8에서 주목할 점은 PDB와 FDB 타설지반의 침하량 및 간극수압의 변화에는 큰 차이가 없다는 사실이다. Delft 시험 결과에 의하면 두 배수재의 통수능은 상당한 차이가 있기 때문에 통수능의 차이로 인해 PDB의 침하량 발생이 FDB에 비해 빨라야 하지만, 실제 복합통



(a) 침하량 변화



(b) 간극수압 변화

그림 8. 침하량과 간극수압 변화

능시험결과는 PDB와 FDB의 침하량 발생 양상이 유사하게 나타났다.

이를 좀 더 자세히 분석하기 위해 시간 경과에 따른 두 배수재의 통수능 변화를 그림 9에 도시하였다. 압밀도 증가에 따른 PDB의 통수능은 FDB에 비해 완만한 통수능 감소를 보이는 것으로 나타났으며, 상대적으로 FDB의 통수능은 압밀도 40%까지 감소하다가 이 후에는 일정해지는 양상을 나타내고 있다. 압밀도 경과에 따라 두 배수재의 통수능이 서로 상이한 거동을 보임에도 불구하고 두 개량지반의 침하량과 간극수압 변화 양상이 유사하다는 사실은 매우 특이한 사항이다. 또한, 초기 압밀시에는 두 배수재가 큰 통수능의 차이를 나타내고 있으나, 압밀도 70%정도에서 PDB의 통수능은 $6.2\text{cm}^3/\text{sec}$, FDB의 통수능은 $4.6\text{cm}^3/\text{sec}$ 로 두 배수재가 거의 비슷한 통수능을 가지는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과를 바탕으로 판단하면 연직배수공법으로 지반개량 효과를 얻기 위해서는 최소 요구통수능력 이상만을 만족하면 가능할 것이라 추정할 수 있다. 본 실험과 유사한 조건에 대해 Hansbo(1986), Rixner et al.(1986), Holtz et al.(1987), Koda et al.(1989) 등은 대략 $3\sim 4\text{cm}^3/\text{sec}$ 이상의 최소 요구통수능 값을 제시하고 있는데, 비록 제한적인 조건에서 수행한 복합통수능시험 결과이지만 두 배수재는 이들 기준을 모두 만족하고 있어, 연직 천연섬유배수재가 연직배수재로서의 기능을 충분히 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 배수재 변형

그림 10은 복합통수능시험이 종료된 후 점토를 수

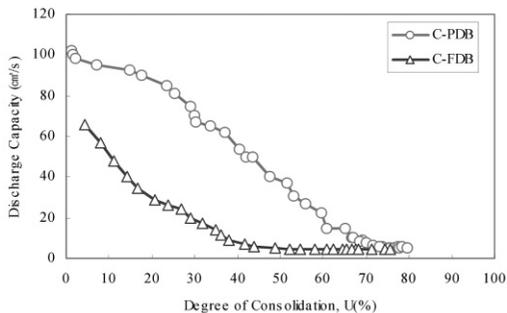


그림 9. 압밀도에 따른 통수능 변화

직으로 이등분하여 PDB와 FDB의 굴곡형상을 관찰한 것이다. PDB의 경우에는 육안으로 보기에 상당한 힘이 발생하였으나 통수능에 영향을 미칠 정도의 심한 접힘은 발생하지 않았다. FDB의 경우는 굽힘 보다는 약간의 뒤틀림 현상을 보였으나 접힘 현상은 나타나지 않은 것을 알 수 있다. 이는 본 시험에 사용한 배수재의 길이가 60cm로 현장조건에 비해 다소 짧았기 때문으로 생각되며, 앞서 제시한 두 시험의 통수능 변화와 함께 살펴볼 때, 배수재의 심각한 접



(a) PDB의 굴곡형상



(b) FDB의 굴곡형상

그림 10. 복합통수능시험의 굴곡 형상 (상부 수평배수층이 없는 경우)

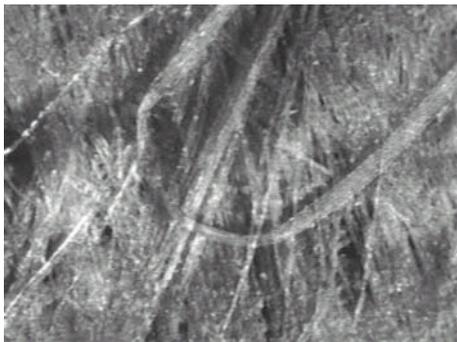
힘이 발생하지 않는 한 휨과 뒤틀림은 통수능에 그다지 큰 영향을 미치지 않았던 것으로 파악된다.

다. 필터의 막힘현상

현장에 타설된 배수재의 경우 필터의 막힘현상(clogging)은 통수능의 감소는 물론 연직배수공법의 효과를 저감시키는 원인으로 작용하게 된다. 본 연구에서는 천연섬유배수재의 필터에 대한 막힘현상을 확인하기 위해 광학현미경으로 시험 전후에 필터 내부 및 외부를 18배 확대 촬영하였다. 그림 11과 그림 12는 PDB와 FDB 필터에 대한 광학현미경 촬영결과를 나타낸 것인데, 두 종류의 배수재 모두 타설 전의 고른 섬유입자 배열에 비해 타설 후 실시한 촬영에서는 섬유입자 사이의 간극에 상당량의 토립자가 결집

되어 있는 것을 살펴볼 수 있다.

한편, 배수재 코어 부분에서 바라본 필터의 내측 촬영결과와 실제 점토가 접하고 있는 외측 촬영결과를 서로 비교하면, 외측 부분에 상당히 많은 양의 점토입자가 응집되어 있는 것과는 달리 내측 부분은 그다지 많은 양의 점토입자가 발견되지 않고 있으며, 이러한 경향은 FDB에 있어서 더욱 뚜렷하게 나타나고 있다. 이와 같은 결과로부터 판단하면 필터 외측에 접한 점토지반의 Filter Cake로 인해 필터 외측의 막힘현상이 발생한 것으로 짐작할 수 있다. 실제 현장에 타설된 배수재의 통수능은 장기간 타설로 인한 배수재의 열화와 필터를 통과하여 배수재 유로로 유입된 미세 토립자의 누적으로 인한 내적막힘, 등이 배수재의 통수능에 영향을 미치게 되므로 시간이 흐



(a) 타설 후(내측 18배)

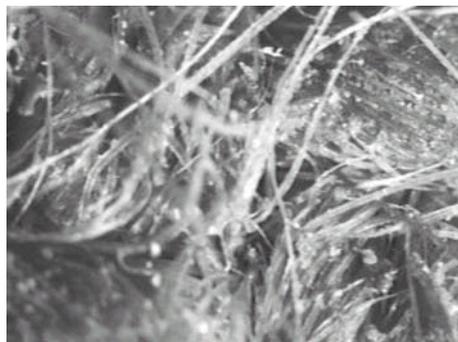


(b) 타설 후(외측 18배)

그림 11. PDB 필터의 막힘현상



(a) 타설 후(내측 18배)



(b) 타설 후(외측 18배)

그림 12. FDB 필터의 막힘현상

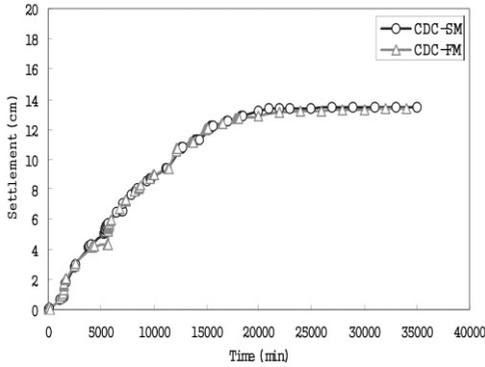


그림 13. 샌드매트와 수평 천연섬유배수재 설치 지반의 침하량 변화

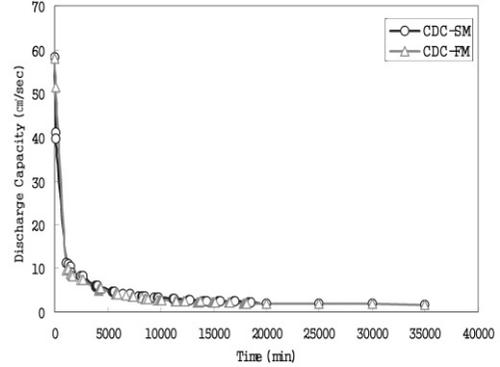
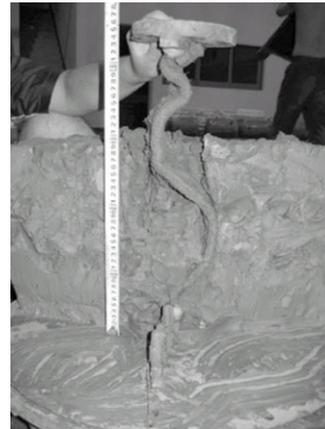


그림 14. 샌드매트와 섬유매트 타설지반에서 FDB의 시간에 따른 통수능 변화



(a) 시험기 해체 전경



(b) 배수재 굴곡형상

그림 15. 복합통수능시험 해체시 배수재의 굴곡형상(FDB와 상부 수평배수층이 있는 경우)

름에 따라 통수능 값보다 더욱 저감될 수 있음을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

라. 수평 천연섬유배수재의 적용성

그림 13은 각각 연직 천연섬유배수재 위에 모래매트를 포설한 복합통수능시험(CDC-SM)과 수평천연섬유배수재를 포설한 복합통수능시험(CDC-FM)에서 측정된 시간에 따른 침하량을 도시한 것으로, 두 시험 결과가 거의 일치하는 경향을 나타내었다. 그림 14는 두 시험의 시간에 따른 통수능 변화와 통수능 감소율을 도시한 것이다. CDC-SM과 CDC-FM의 최종 통수능은 $1.71\text{cm}^3/\text{sec}$ 와 $1.76\text{cm}^3/\text{sec}$ 으로 측정되었으며, 수평배수재를 포설하지 않고 실시한 복합

통수능시험 결과보다는 다소 작은 값을 보였다. 시험 종료시의 최종 침하량은 각각 13.5cm와 13.4cm가 측정되어 상부에 수평배수재를 포설하지 않고 실시한 시험의 침하량 11.6cm에 비해 다소 크게 나타났다.

그림 15는 복합통수능시험기 해체 전경과 배수재의 굴곡 형태를 보여주는 것으로 연직배수재와 함께 수평배수층을 설치한 시험에서 통수능이 수평배수층을 설치하지 않은 경우의 통수능보다 작게 산정된 이유를 간접적으로 제시하고 있다. 앞서 그림 10에서 나타난 복합통수능시험 종료 후의 FDB 형상은 약간의 뒤틀림이 발생하였을 뿐 그다지 큰 굴곡은 보이지 않았던 반면에 수평배수재 및 연직배수재를 병용하여 시험을 수행한 경우 FDB는 뒤틀림과 함께 상당

한 접합현상이 발생한 것을 알 수 있다. 즉, 앞서 수행한 시험과 본 시험 결과가 통수능 차이를 보이는 이유는 본 시험이 수평배수층을 포설하지 않은 시험에 비해 침하량이 크게 발생하였고, 이로 인하여 배수재의 굴곡이 더 크게 진행되어 배수재를 통한 간극수의 흐름을 저하시켰기 때문으로 파악할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 천연섬유배수재의 통수능을 분석하기 위하여 다양한 실내시험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Delft 공대 시험방법을 이용하여 FDB의 통수능을 평가한 결과 구속압이 50kPa일 때 통수능은 $2.4 \sim 2.7 \text{cm}^3/\text{sec}$ 정도이며, 구속압이 250kPa인 경우 통수능은 $0.44 \sim 0.49 \text{cm}^3/\text{sec}$ 로 나타나 PDB보다 훨씬 작은 통수능이 산정되었다. 그러나, 복합통수능시험기를 이용한 FDB와 PDB의 압밀시험 결과 통수능이 상대적으로 큰 PDB와 작은 통수능을 보인 FDB의 침하 발생 양상과 간극수압소산 양상이 거의 유사하게 나타나 한정한 조건에서 수행한 시험결과에서는 FDB가 최소 통수능을 만족하는 것으로 평가되었다.
2. 수평배수재의 투수시험과 복합통수능시험기를 이용한 연직 및 수평배수재 병용 시험을 수행한 결과, 수평 천연섬유배수재는 모래를 대체

할 수 있을만한 충분한 통수능을 가지고 있는 것으로 평가되었다.

3. 본 연구에서 수행한 통수능 시험 결과를 분석한 결과 천연섬유배수재의 현장 적용 가능성을 확인할 수 있었으며, 향후 다양한 형태의 천연재료 및 다양한 단면에 대한 추가시험 등을 통해 최적단면의 천연섬유배수재 개발 및 천연섬유배수재 설계/시공기술 개발이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. ASTM D4716 "Test Method for Determining the (In-Plane) Flow Rate per Unit Width and Hydraulic Transmissivity of a Geosynthetic Using Constant Head".
2. Hansbo, S. (1986), Preconsolidation of soft compressible soils by the use of prefabricated vertical drains, Ann. des Travaux Publ. de Belgique, No. 6, pp. 553 ~ 562.
3. Holtz, R.D., Jamiolkowski, M., Lancellota, R. and Pedroni, S. (1991), Laboratory testing of prefabricated 'wick' drains, ICGECD, GEO-COAST '91, Yokohama, pp. 311 ~ 316
4. Koda, E., Szymanski, A. and Wolski, W. (1984), Laboratory tests on geodrains-durability in organic soils, Seminar on laboratory testing of prefabricated band-shaped drains, Milano, Italy.
5. Rixner, J.J., Kramer, S.R. and Smith, A.D. (1986), Prefabricated vertical drain, FHWA/RD-86/168, Federal Highway Administration, Washington, D.C., Vol. 1.
6. 삼성중공업 기술연구소, 중앙대학교 생산공학연구소 (1998), 수직배수재의 적정단면 산출 및 개발에 관한 연구, 건기연-9803, pp. 5 ~ 8.