

생분해성 플라스틱 연직배수재의 특성

Characteristics of Biodegradable Plastic Drain Board

김 주 형^{1*} Kim, Ju-Hyong 조 삼 덕² Cho, Sam-Deok
채 종 길³ Chai, Jong-Gil 佐藤秀幸⁴ Sato Hideyuki

ABSTRACT

The tensile strength, permeability and discharge capacity of biodegradable plastic drain boards made with poly lactic acid (PLA) have been tested and verified prior to their usage at field. Based on test results, the tensile strength of biodegradable plastic drain board made with PLA has relatively lower tensile strain and tensile strength than those of plastic drain board. Performance of PLA filter having good permeability and low opening size is proper for the filter of vertical drain board. In case of improving stiffness of PLA filter, biodegradable plastic drain board also satisfies required discharge capacity as use of vertical drain board too.

요 지

본 연구에서는 생분해성 수지를 이용한 연직배수재에 대해 다양한 성능 평가방법을 적용하여 생분해성 플라스틱배수재의 공학적 특성을 분석하였다. 생분해성 플라스틱으로 제작한 연직배수재는 기존 합성수지 연직배수재에 비해 낮은 인장변형률을 가지며 상대적으로 낮은 인장강도를 갖지만, 연직배수재로서 가져야 할 최소한의 인장강도는 발휘하는 것으로 나타났다. 생분해성 플라스틱으로 제작한 필터는 투수성이 좋고 유효구멍크기가 작아 필터의 성능으로 매우 적합한 것으로 나타났다. 또한 생분해성플라스틱 배수재의 통수능은 필터의 강성을 개선하는 경우 국내 시방기준에도 만족할 수 있는 성능을 갖는 것으로 나타났다.

Keywords : Biodegradable plastic drain board, Discharge capacity, Tensile strength

1. 서 론

연약지반 개량공법에 많이 사용하고 있는 플라스틱보드드레인공법은 경제적이고 배수능력이 좋은 것으로 알려져 있으나, 재질이 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리에스테르(PET) 등의 석유화학 제품으로 만들어져 자연 속에서 분해되는 데 짧게는 수 백년 이상 걸려, 반영구적으로 지반 속에 묻혀있게 되어 장기적으로 환경적인 피해

의 우려가 있다. 또한 추후 개량지역에 지하공동구나 배수구 등의 지하구조물 건설시 배수재의 절단곤란에 따른 굴착시공의 어려움 및 배수재의 폐기처리문제 등이 발생할 수 있다. 석유화학 소재의 썩지 않는 문제점에 대한 많은 논란에도 불구하고 기존 플라스틱 재료를 대체할 수 있는 마땅한 재료가 없어서 국내에서는 오히려 기존 플라스틱 배수재 사용이 확대되고 있는 실정이다.

최근 일본에서는 일회용품이나 포장용품 등에 사용되

1* 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구실 수석연구원 (Member, Senior Researcher, Dept. of Geotechnical Engineering, Korea Institute of Construction Technology, E-mail: haitink@kict.re.kr)
2 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구실 선임연구위원 (Member, Senior Research Fellow, Dept. of Geotechnical Engineering, Korea Institute of Construction Technology)
3 비회원, 한국건설기술연구원 지반연구실 Post Doc. (Non-member, Post Doc. Dept. of Geotechnical Engineering, Korea Institute of Construction Technology)
4 비회원, AOMI 建設株式會社, 기술관리부장 (Non-member, Manager, Soil Improvement Division, AOMI Construction)

는 생분해성 플라스틱 재료를 이용하여 기존의 썩지 않는 플라스틱배수재를 대체할 수 있는 생분해성 플라스틱 배수재 제품을 개발, 제작하고 있다. 일본에서 개발된 생분해성 플라스틱 배수재의 특성은 인장강도와 투수계수 위주로 되어 있어, 연직배수재에 대한 다양한 공학적 특성 분석을 요구하는 국내시방기준 항목에 대해서는 충분한 연구자료들이 제시되지 못하고 있는 상태이다. 본 논문에서는 생분해성 플라스틱배수재(Biodegradable Drain Board, BDDB)의 최근 개발 현황을 소개하고 생분해성 플라스틱 배수재 필터에 대한 투수성 및 인장강도 등의 공학적 특성 시험을 수행하여 그 결과를 분석하고자 한다.

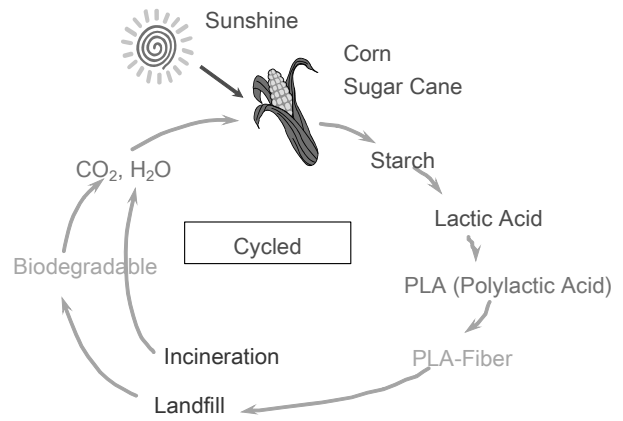


그림 1. PLA 섬유의 생성과 분해과정(濱山泰行, 2006)

2. 생분해성 플라스틱 배수재의 제조 및 생분해 특성

2.1 재료 특성

생분해성 플라스틱은 사용하는 원료에 따라 천연계 고분자, 화학 합성 고분자, 미생물 생산 고분자 그리고 천연계 고분자와 화학 합성 고분자의 혼용 등 크게 4가지 형태가 있다. 이 중 화학 합성 고분자와 미생물 생산 고분자의 형태를 ‘지방족 폴리에스테르’라 부르며, 보통 옥수수나 감자에서 추출한 전분을 이용하여 만든다. ‘지방족 폴리에스테르’는 생분해성이 없어 주로 의류에 사용하는 ‘방향족 폴리에스테르’의 분자구조 중 벤젠고리 부분을 탄화수소로 대체, 자연환경에서 완전 생분해가 가능하도록 만들고 있다. 실제로, 전분을 이용한 제품은 가격이 저렴하고 분해성은 뛰어나지만 강도가 약한 단점이 있고, 지방족 폴리에스테르는 가격이 상대적으로 고가이지만, 강도가 높고 가공성이 뛰어나 최근 각광을 받고 있다. 최근에는 바이오 산업이 급격하게 성장하면서 지방족 폴리에스테르의 가격도 점차 낮아지고 있는 상태이다.

최근 일본에서 개발된 생분해성 플라스틱 배수재는 폴리유산(Polylactic acid), 즉 PLA라고 불리는 화학 합성 고분자 형태의 재료를 사용하였다. PLA는 락타이드(lactide)의 축합중합(condensation polymerization)에 의해 합성되는 폴리에스테르로서, 중합원료인 락타이드(lactide)는 주로 감자와 옥수수로부터 얻어진다. PLA 섬유는 그림 1에서 나타난 것과 같이 옥수수의 전분을 발효시켜, 글루코스를 거쳐 젖산(lactic acid)를 만들고, 이것을 축합반응 시키면 PLA를 생산할 수 있다. 이렇게 생성된 PLA를 나일론

표 1. Cone fiber와 폴리에스테르의 일반적인 특성(정지운, 2003)

	Corn Fiber		Polyester fiber
	Multifilament	Monofilament	
강력(cN/dtex)	4.0-4.8	4.0-4.4	4.0-4.8
인장변형률(%)	30-40	25-35	30-40
Modulus (kg/mm ²)	400-600	400-600	1100-1300
결정화도(%)	70이상	70이상	50-60
녹는점(°C)	175	175	265

이나 폴리에스테르와 같이 용융방사, 용융성형 등의 방법으로 원하는 PLA 섬유를 만들 수 있다. 이렇게 만들어진 PLA 섬유는 폐기시 물과 이산화탄소로 완전히 분해되어 자연 순환고리를 이루게 되어 진정한 친환경 재료라고 할 수 있다. 일반적으로 옥수수로부터 얻어지는 PLA 섬유의 특징은 비석유계 합성섬유로 오염물을 배출하지 않고 천연적으로 재활용이 가능할 뿐만 아니라, 기존 합성섬유와 유사한 물리적 성질과 가공성을 가지는 것이 특징이다. 석유계 합성섬유인 폴리에스테르와 PLA의 일반적인 특징을 비교하면 표 1과 같다.

2.2 생분해성 플라스틱 연직배수재 제작 방법

본 연구에서 시험한 생분해성 플라스틱 연직배수재는 그림 2와 같이 기존 플라스틱 연직배수재와 동일하게 필터와 코어로 구성되어 있다. 생분해성 플라스틱 연직배수재의 폭은 약 95mm이며 두께는 약 3mm정도로 기존 플라스틱배수재와 모양과 형상이 거의 동일한 제품이다. 생분해성 플라스틱 연직배수재를 구성하고 있는 코어는 플라스틱 일반적인 가공 방법 중 하나인 압출성형법을 이용해 제작한다. 압출성형법은 파우더 또는 펠렛상의 수지를 압

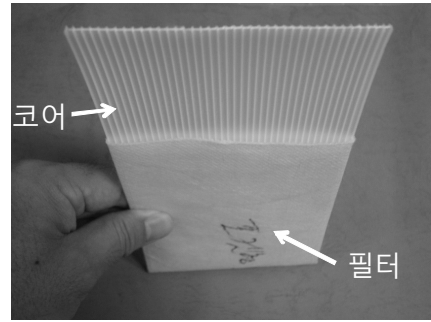
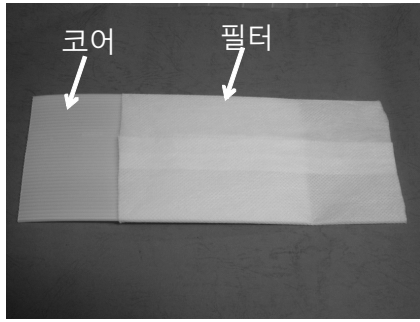


그림 2. 생분해성 플라스틱 연직배수재(BDDB)구성

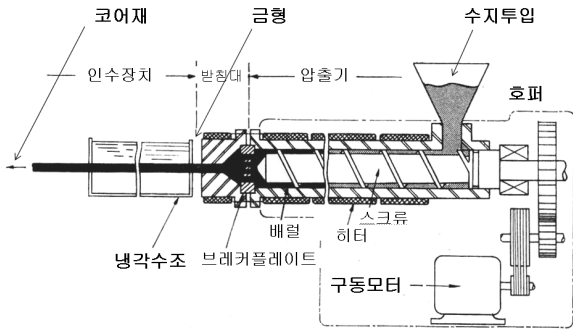


그림 3. 압출성형장치

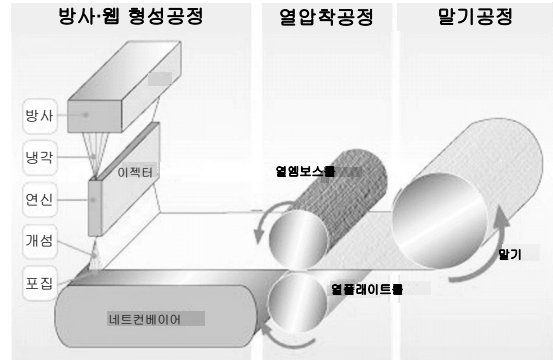


그림 4. 스펠본드법을 이용한 부직포 제작 방법

력하에서 열과 전단력에 의해 용융시키고 일정형태를 갖는 다이(die)를 통해 밀어내어 필요한 제품을 성형하는 방법이다. 이러한 압출공정은 기존 플라스틱 연직배수재의 코어를 제작하는 데에도 동일하게 사용된다. 그림 3은 연직배수재의 코어를 생산하는 압출성형장치의 단면도를 나타낸 것이다.

생분해성 플라스틱 연직배수재를 구성하는 필터는 스펠본드(spun bond)법을 사용하여 부직포 형태로 제작하고 있다. 스펠본드법을 이용한 부직포 제조법은 미국의 듀폰과 독일의 프루텐베르그사에 의해 개발되었으며, 합성섬유 또는 천연섬유 장섬유를 일정하게 배열시켜 웹(web)을 제조한 다음 결합공정을 거쳐 부직포를 제조하는 2단계 공정으로 구성되어 있다. 스펠본드법으로 제조한 부직포는 종래의 단섬유 부직포와는 달리 필라멘트 섬유로 구성되어 강도가 동일중량의 단섬유보다 높은 장점이 있어 종래에 적용되지 못했던 공업용, 건설용도와 같은 새로운 내구성 응용분야 시장의 창출을 가져왔으며 대량생산의 장점이 있다. 그림 4는 스펠본드법을 이용한 부직포 제작방법을 나타낸 것이다.

2.3 재료의 생분해성 평가

일본 생분해성 플라스틱 협회(Japan BioPlastic Association)(2001)에서는 생분해성 플라스틱의 생분해도를 측정하는 시험 방법으로 OECD 301C(1992), ISO 14851(1999),

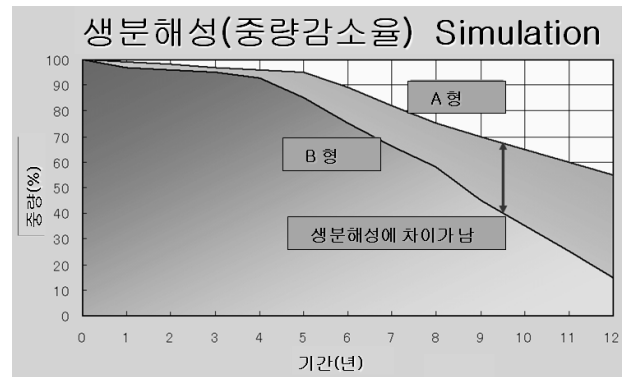


그림 5. 시간 경과에 따른 생분해도 변화(梅木康之 등, 2005)

ISO 14852(1999), ISO 14855-1(2005), ISO 17556(2003), 그리고 ISO 14855-2(2007) 등의 5가지 방법을 이용하도록 규정하고 있다. 또한 일본 생분해성 플라스틱 협회(Japan BioPlastic Association)(2000)에서는 상기한 5가지의 시험 방법을 이용하여 생분해도가 60% 이상이 되어야 하며, 제품이 식품첨가물로서 인정되는 등의 독성, 환경 안전성이 확인된 것, 협회가 제시한 PL(Positive List)상의 바이오매스 플라스틱을 사용한 것, 그리고 협회가 지정한 금지 물질을 사용하지 않은 것 등, 생분해성플라스틱 재료에 대한 다양한 조건을 만족하도록 하고 있다.

그림 5와 그림 6은 ISO 14855-1(2005)방법을 이용하여

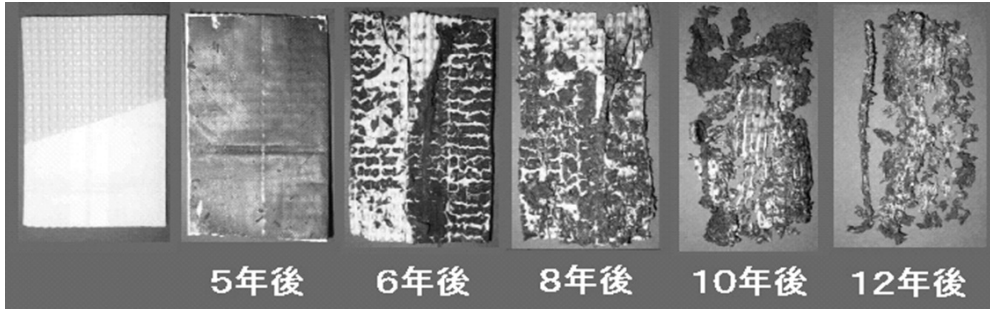
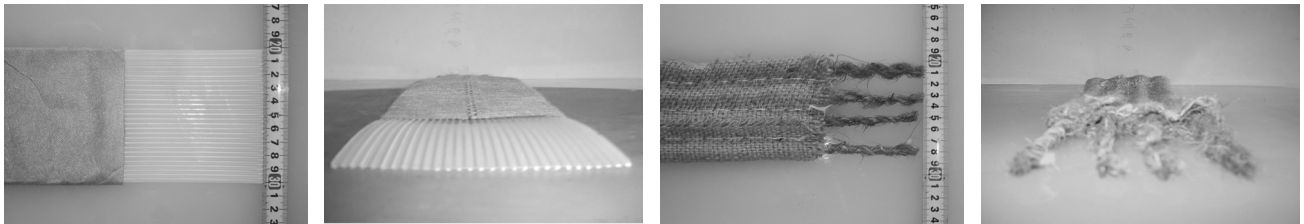


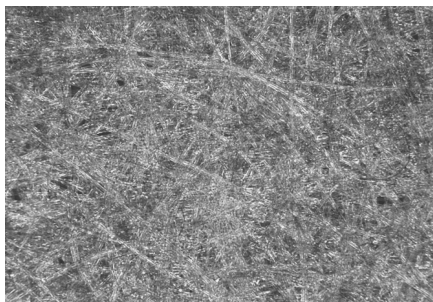
그림 6. 생분해성플라스틱 연직배수재의 시간별 생분해 상태(梅木康之 등, 2005)



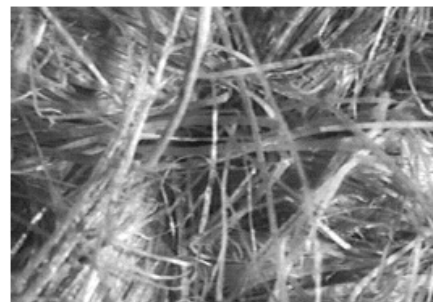
(a) 플라스틱 연직배수재(PDB)

(b) 연직 천연섬유배수재(FDB)

그림 7. 비교 대상 연직배수재



(a) Typar[®] 확대 사진(37.5배)



(b) 황마필터 확대사진(18배)

그림 8. 비교대상 필터의 확대 사진

시간에 따른 생분해성 플라스틱의 생분해도를 나타낸 것이다. 두 가지 형태의 생분해성 플라스틱은 초기 4~5년 동안은 낮은 중량감소율을 보이지만, 이 후에는 급격한 중량 감소율을 보이는 것으로 관찰되었다. 특히, 생분해성 수지 사용량이 A형보다 상대적으로 높은 B형의 경우에는 약 9년 후에 60%정도의 중량 감소가 발생해 일본 생분해성 플라스틱 협회가 제안하고 있는 생분해성 플라스틱의 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

3. 공학적 특성 분석

생분해성 플라스틱 연직배수재의 공학적 특성을 비교 분석하기 위해 국내에서 가장 많이 사용하고 있는 폴리프로필렌(Polypropylene, P.P.) 재질로 제작한 플라스틱 연직배수재(PDB)와 코코넛 껍질과 황마 필터 등의 천연소재를 이용

하여 제작한 연직 천연섬유배수재 (FDB)에 대한 시험을 함께 수행해 그 결과를 비교 분석하였다. 그림 7(a)에 나타난 플라스틱 연직배수재(PDB)의 코어 부분은 폴리프로필렌을 이용하여 그림 3에 나타난 것과 같은 압출성형방법으로 제작하였고, 필터는 듀폰(Dupont)사에서 제작 판매하는 토목 섬유 Typar[®]로 코어를 감싼 형태의 제품이다. Typar[®]는 열접합된 폴리프로필렌 장섬유로서 독특한 섬유배열에 의한 대각선 방향의 높은 인장강도와 우수한 여과성질을 갖고 있으며, 내부식성과 습기 및 화학물질에 저항력을 갖춘 제품으로 토목 분야에 사용되고 있는 섬유이다. 그림 7(b)에 나타난 것은 황마필터와 코코넛 껍질(coir) 코어로 구성된 연직천연섬유배수재이다. 필터는 황마에서 추출한 실을 이용하여 직조기에서 제작한 직포이며, 코코넛 껍질을 이용한 코어는 새끼를 꼬아 단단한 줄 형태로 구성되어 있다.

그림 8은 그림 7에 나타난 플라스틱 필터(Typar[®])와 황

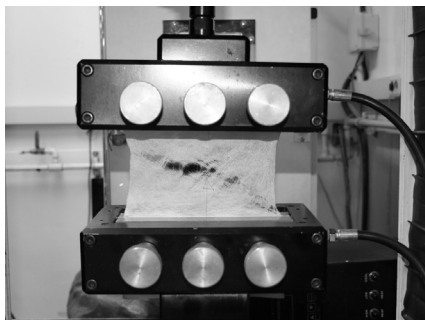
마필터를 18배 확대하여 나타낸 것으로 플라스틱 필터는 일정한 굵기의 장섬유가 불규칙하게 얽혀 있는 모습을 확인할 수 있으며, 황마필터는 플라스틱 필터에 사용한 장섬유보다 굵고 불규칙한 굵기의 천연섬유로 구성되어 있음을 확인할 수 있다.

3.1 인장강도

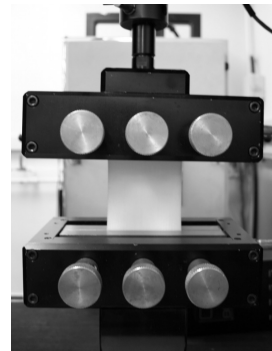
국내의 대표적인 토목공사 기준인 항만어항공사 전문시방서(2007)와 고속도로공사 전문시방서(2005)에서는 연직배수재 필터와 연직배수재 전체의 인장강도를 KS K ISO 10319(2007) “지오텍스타일의 인장강도시험방법”을 이용하여 평가하도록 하고 있다. 이 시험방법은 직포, 부직포, 지오폴리머, 편물 및 펠트 등 대부분의 지오텍스타일에 적용할 수 있으며, 건조/습윤상태의 시험편 모두에 적용할 수 있다. 필터 시험편으로는 그림 9(a)에 나타낸 것과 같이 폭 200mm, 길이 100mm를 기본으로 하여 시험을 수행하였으나, 연직 배수재의 경우에는 폭이 200mm가 되지 않

아 그림 9(b)에 나타낸 것과 같이 실제 배수재 폭으로 시험을 수행하였다. 모든 시험의 인장속도는 분당 $20 \pm 5\%$ 로 제어하여 시험하였다.

그림 10은 그림 7(a)에 나타낸 플라스틱 연직배수재(PDB), 그림 7(b)에 나타낸 연직 천연섬유배수재(FDB) 그리고 그림 2에 나타낸 생분해성 플라스틱 연직배수재(BDDB)에 대한 인장강도 시험 결과를 나타낸 것이다. 그림 10(a)는 각 연직배수재에 사용하는 필터의 인장강도 시험을 수행한 것으로, 플라스틱 연직배수재(PDB)의 필터는 최대 인장강도까지 도달시의 인장변형률이 40~50% 이상인 반면에, 생분해성 플라스틱 연직배수재를 구성하는 필터와 황마로 제작된 천연섬유배수재용 필터는 최대 인장강도 발현시 인장변형율이 3~5% 정도로 나타났다. 필터의 최대 인장강도는 연직 천연섬유배수재에 사용하는 황마필터가 가장 큰 것으로 나타났으며, 생분해성 플라스틱 필터의 인장강도는 황마필터의 약 50%정도이고, 플라스틱 연직배수재용 필터의 인장강도는 황마필터 인장강도의 2/3 정도의 수준으로 나타났다. 그러나, 플라스틱 연직배수재

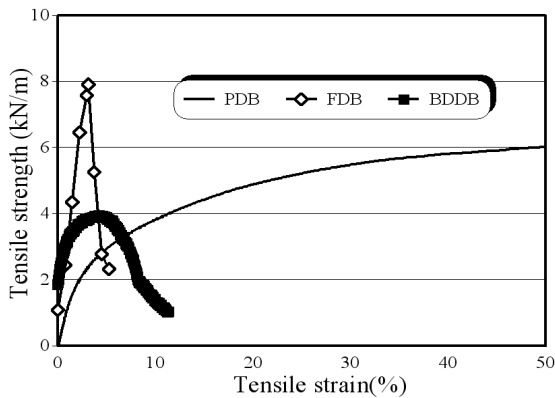


(a) 필터

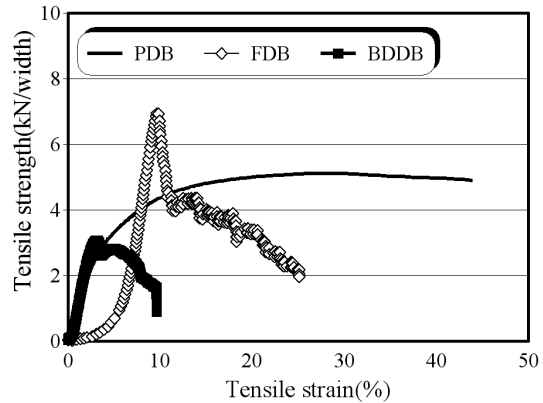


(b) 연직배수재

그림 9. 인장강도시험 모습



(a) 필터



(b) 연직배수재

그림 10. 배수재용 필터와 연직배수재의 인장강도 시험 결과

용 필터와 황마필터 그리고 생분해성 플라스틱 필터 모두 고속도로공사 전문시방서(2005)에서 제시하고 있는 연직 배수재용 필터 최소 인장강도 기준인 2,000N/m를 만족하는 것으로 나타났다.

그림 10(b)는 필터와 동일한 방법으로 시험한 연직배수재 전체 인장강도시험 결과를 나타낸 것이다. 플라스틱 연직배수재(PDB)의 인장변형율은 매우 큰 반면에, 생분해성 플라스틱 연직배수재(BDDB)는 최대 인장강도 발현시 인장변형률이 약 3% 정도인 것으로 나타나 필터의 인장강도 시험과 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 생분해성 플라스틱 연직배수재의 인장변형률은 천연섬유배수재의 인장변형률 보다도 작은 값을 나타내고 있다. 인장강도가 가장 낮은 것으로 나타난 생분해성 플라스틱 연직배수재(BDDB)도 고속도로공사 전문시방서(2005)에서 제시하고 있는 연직배수재의 최소 인장강도 기준인 2,000N/width는 충분히 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 필터의 투수계수

필터의 수직투수시험은 KS K ISO 11058(2007) “지오텍스타일 및 관련제품 수직투수시험방법”을 이용하였다. 이 시험법에서는 토목섬유의 투수성을 투수계수(K) 대신에 유속지수($V_{I_{H50}}$, cm/s)로 나타내고 있는데, 이는 일반적인 토목섬유의 두께가 매우 얇기 때문에 재료의 투수계수 산정식을 그대로 사용하기에는 다소 문제점이 있기 때문이다(김주형 등, 2007). 따라서, KS K ISO 11058(2007)에서는 토목섬유 두께를 고려하지 않고 통과 유량(V)을 물의 통과면적(A)과 시간(t)의 곱의 비를 나타내는 유속지수($V_{I_{H50}} = V/At$)를 사용하고 있다.

그림 11는 플라스틱 연직배수재용 필터와 황마필터 그리고 생분해성 플라스틱 필터의 유속지수를 나타낸 것이다. 그림 11에서 보면 황마필터의 시험오차가 매우 큰데, 이는 투수시험에 필요한 시편 제작시 필터를 구성하는 실의 일부가 풀려 느슨해지는 현상이 발생해 시험오차가 발생한 것으로 판단된다. 비록, 황마필터 시편 제작에 따른 시험 오차가 있긴 하지만 부직포 형태의 플라스틱 배수재 필터보다는 투수성능이 더 큰 것으로 나타났으며, 부직포 형태의 생분해성 플라스틱 필터는 직포형태의 황마필터와 비슷하거나 작은 투수성능을 나타내고 있다. 생분해성 플라스틱 필터의 투수성은 플라스틱 배수재 필터보다 4배 이상 큰 것으로 나타나 매우 투수성능이 좋은 것으로 나타났다.

3.3 필터의 유효구멍크기

필터의 유효구멍크기시험은 KS K ISO 12956(2007) “지오텍스타일 및 관련제품- 유효구멍측정방법 (습식법)”을 사용하였다. KS K ISO 12956(2007)의 습식 유효구멍크기시험방법은 서로 응집되지 않고 $3 \leq C_u \leq 20$ 의 분포를 갖는 과립형시험재료를 시험편 위에 포설한 후 10분 동안 물살포와 동시에 진동을 주어 시료를 통과한 과립형 재료의 입도분포결과를 이용하여 시험편의 유효구멍크기를 결정하는 방법이다. 시편을 통과한 시료의 누적통과백분율이 90%에 해당하는 값을 O_{90} 이라 하고 이를 유효구멍크기라고 정의하고 있다.

그림 12는 플라스틱 배수재 필터와 1겹의 황마필터, 2겹의 황마필터 그리고 생분해성 플라스틱 필터에 대한 유효구멍크기 시험 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 생분해성 플라스틱 필터에서 사용한 과립형 재료의 누적 통과백분율 곡선이 가장 왼쪽으로 치우쳐져 있어 플라스틱 배수재 필터와 황마필터에 비해 가장 작은 유효구멍크기를 갖는 것으로 나타났다. 플라스틱 배수재 필터의 O_{90} 은 70~80 μ m 이고 황마필터의 O_{90} 은 200~400 μ m 정도이지만, 생분해성 플라스틱 필터의 O_{90} 은 45~60 μ m으로 플라스틱 배수재 필터보다도 작은 유효구멍을 가지고 있다. 한국도로공사의 고속도로공사 전문시방서는 연직배수재 필터의 유효구멍크기를 90 μ m 이하로 규정하고 있어 생분해성 플라스틱 필터의 유효구멍크기는 국내 시방기준을 만족하는 것으로 나타났다.

그림 12에서 나타난 유효구멍크기시험 결과와 그림 11에 나타난 필터의 투수성능 시험 결과를 고려하여 판단하면 생분해성 플라스틱 필터는 물을 통과하는 투수성능이

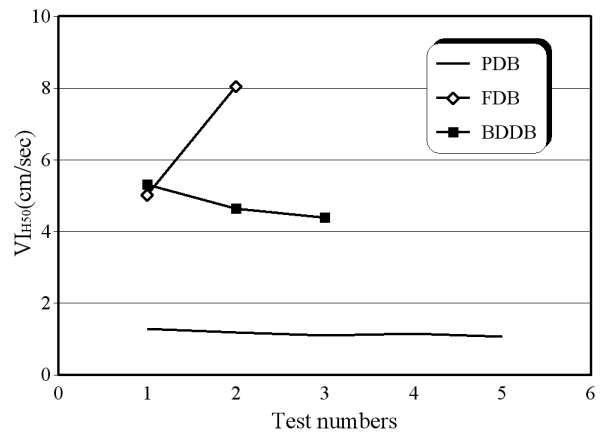


그림 11. 필터의 투수성능 시험

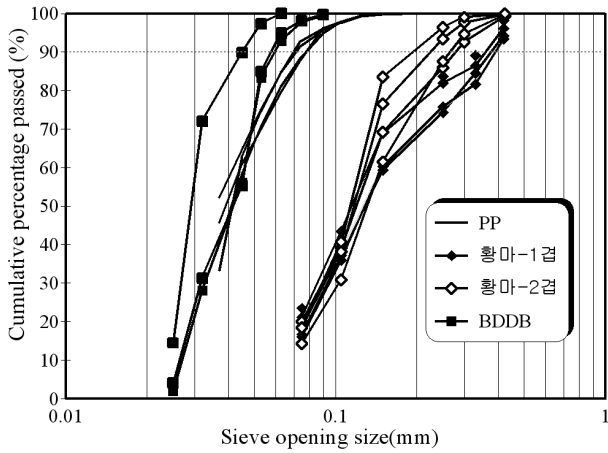


그림 12. 유효구멍크기 시험 결과

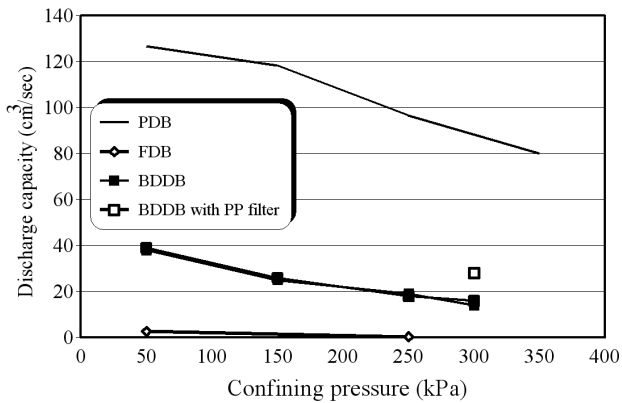


그림 13. 연직배수재의 통수능 시험 결과

우수할 뿐만 아니라 미세한 과립형 흡입자를 걸러낼 수 있는 능력이 시험 대상 필터 중 가장 좋은 것으로 나타나 필터재료로서의 성능이 매우 우수한 것으로 나타났다.

3.4 연직배수재의 통수능

국내에서 연직배수재의 통수능을 평가하는 시험방법으로 Delft 시험법이라고 불리는 통수능 시험방법을 사용하고 있다. Delft 시험법은 그 동안 시험기 규격과 동수경사, 가압크기, 가압기간 등의 시험방법에 대한 표준시험법이 없이 발주처 또는 시험관계자가 임의로 결정하여 사용하였으나, 산업자재에 대한 시험평가가 기관인 FITI 시험연구원에서 2006년도에 자체적인 FITI 단체표준(SPS-FITI TM 0004-1709, 2006)을 개발하였으며, 이 표준이 2008년 5월 국가 표준인 KS K 0940 (2008) “플라스틱 연직배수재의 배수성능 시험방법”, FITI으로 채택되어 국내의 표준 시험방법으로 사용되고 있다.

그림 13은 여러종류의 연직배수재에 대한 통수능 시험 결과를 나타낸 것으로 50kPa~350kPa 범위의 구속압과

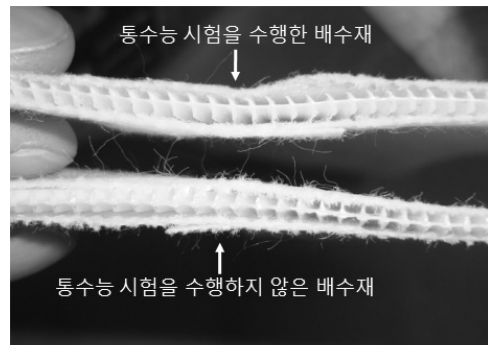
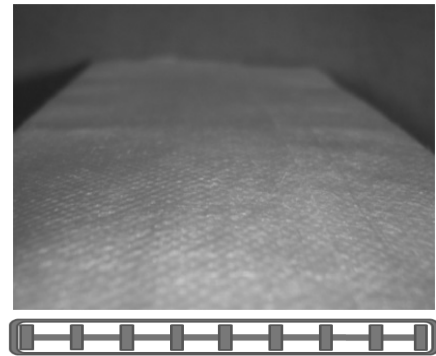
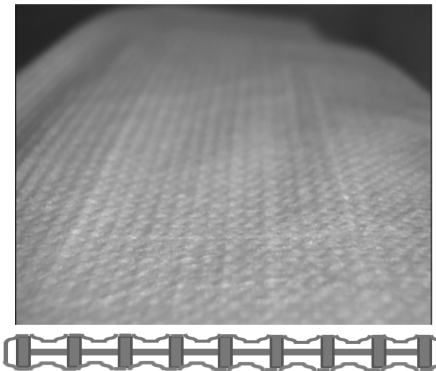


그림 14. 통수능 시험 후 생분해성 플라스틱 연직배수재의 단면



(a) 통수능 시험 전



(b) 통수능 시험 후

그림 15. 통수능 시험 후 생분해성 플라스틱 필터의 형상

동수경사 $i=0.5$ 를 사용하여 통수능 시험을 수행하였다. 그림에서 보면 모든 연직배수재가 구속압이 증가할수록 통수능이 감소하는 양상을 나타내고 있으며, 플라스틱 연직배수재의 통수능이 가장 큰 것으로 나타났다. 생분해성 플라스틱 연직배수재의 통수능은 천연섬유배수재보다는 크지만 플라스틱 연직배수재 보다는 작은 값을 나타내고 있다. 생분해성 플라스틱 연직배수재와 플라스틱 연직배수재는 코어와 필터를 구성하는 재료만 다를 뿐 모양과 형상이 거의 유사하기 때문에 모양과 형상에 따른 통수능의 차이는 없을 것으로 판단되어 통수능 시험전과 시험 후의 배수재의 단면과 필터의 형상을 그림 14와 그림 15에 나타

내어 통수능 차이의 원인을 분석하였다.

KS K 0940(2008)으로 수행하는 통수능 시험에서 시험 결과의 차이는 배수재 필터의 유로막힘 현상과 유로의 붕괴 등이 가장 큰 영향을 미친다. 그림 14는 생분해성 플라스틱 연직배수재의 통수능 시험 전후의 단면을 나타낸 것으로 300kPa의 구속압이 가해진 후에도 코어의 단면은 무너지지 않고 원래의 형상을 그대로 유지하고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나, 생분해성 플라스틱 필터는 그림 15(b)에 나타낸 것과 같이 높은 구속압이 가해지는 경우 유로를 따라 필터가 코어 내부로 밀려 들어가 유로를 차단한 흔적을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상을 확인하기 위해 생분해성 플라스틱 필터보다 강성이 큰 플라스틱 배수재용 필터를 생분해성 플라스틱배수재의 코어와 결합시켜 KS K 0940(2008) 방법으로 300kPa 구속압 상태에서 연직배수재의 통수능 시험을 수행하여 그림 13에 함께 나타내었다. 여기에서 보면 생분해성 플라스틱 필터를 사용하는 경우보다 플라스틱 재질의 필터를 사용하는 경우, 통수능이 60% 이상 증가하는 것으로 나타났다. 따라서, 생분해성 플라스틱 필터가 기존 플라스틱 필터에 비해 구속압에 의한 유로차단 영향이 더 심하게 나타나며, 이로 인해 상당한 통수능의 감소가 발생한 것으로 판단되었다. 그러나, 플라스틱 연직배수재(PDB)의 통수능과는 상당한 차이를 나타내고 있어 추후 좀 더 많은 시험결과를 축적하여 두 배수재 간의 시험 결과 차이의 원인을 분석할 필요성이 있을 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구에서는 최근 친환경 토목재료로 관심을 끌고 있는 폴리유산(PLA)을 이용한 생분해성 플라스틱 연직배수재에 공학적 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 생분해성 플라스틱 연직배수재와 생분해성 플라스틱 필터의 인장변형률은 3~5%정도로, 기존 폴리프로필렌 재질의 연직배수재와 필터의 인장변형률 40~50%에 비해 매우 작지만, 인장강도면에서는 연직배수재는 2,000N/폭 그리고 필터는 2,000N/width 이상의 값을 가지는 것으로 나타나 국내 시방기준을 만족하는 것으로 나타났다.
- (2) 생분해성 플라스틱 연직배수재에 사용하는 필터의 투수성능은 유속지수(VI_{H50})를 이용하여 평가하였

는데, 기존 폴리프로필렌 재질의 필터보다 더 높은 유속지수를 나타내었다. 생분해성 플라스틱으로 제작한 필터의 유효구멍크기 시험 결과에서도 폴리프로필렌 재질로 만든 필터의 유효구멍크기 보다 작은 것으로 나타나 물을 통과하는 투수성능이 우수할 뿐만 아니라 미세한 과립형 흙입자를 걸러낼 수 있는 필터재료로서의 성능이 매우 우수한 것으로 나타났다.

- (3) 생분해성 플라스틱 연직배수재에 사용하는 코어와 강성이 큰 폴리프로필렌으로 제작한 필터를 함께 결합하여 통수능 시험을 수행한 결과, 300kPa 구속압 상태에서 생분해성 플라스틱 필터를 결합하여 사용하는 경우에 비해 최소 60% 이상 통수능이 증가하는 양상을 나타내고 있어, 생분해성 플라스틱 필터의 강성도를 증가시킨다면 매우 깊은 심도의 연약지반 개량에도 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 신뢰성 기반기술확산사업의 일부 지원을 받은 연구결과이며, 아울러 일본의 AOMI 建設株式會社와 新江州株式會社 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 김주형, 조삼덕, 池上成洋, 함태규 (2007), “생분해성플라스틱배수재의 개발현황과 공학적 특성”, *대한토목학회 정기학술대회 논문집*, pp.2119-2122.
2. 정지운, (2003), *생분해성 섬유 의 특허 동향*, 한국특허정보원, pp.1-7.
3. 한국도로공사 (2005), *고속도로공사 전문시방서*.
4. 한국어항만공사 (2007), *어항항만공사전문시방서*.
5. 梅木康之, 須山泰行, 八木正 (2005), “生分解性 Plastic drain board 「LACT-BOARD」의開發と適用”, *土木建設技術 Symposium 2005 論文集*, 土木學會 建設技術研究委員會, pp. 29-34.
6. 須山泰行 (2006), *LACT-BOARD トレインの開發と適用*, 日本 (株)蝶理, 한국건설기술연구원.
7. KS K 0940 (2008) : 2008, *플라스틱 연직배수재의 배수능 시험*, 한국표준협회.
8. KS K ISO 10319 (2007), *지오텍스타일의 인장강도시험 방법*.
9. KS K ISO 11058 (2007), *지오텍스타일 및 관련제품 -수직 투수성 시험방법*.

10. KS K ISO 12956 (2007), 지오텍스타일 및 관련제품 - 유효 구멍 측정방법(습식법).
11. ISO 14851 (1999), *Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium.*
12. ISO 14852 (1999), *Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in aqueous medium.*
13. ISO 14855-1 (2005), *Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions-Method by analysis of evolved carbon dioxide-Part 1 : General method.*
14. ISO 14855-2 (2007), *Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions.*
15. ISO 17556 (2003), *Plastics-Determination of the ultimate aerobic biodegradability in soils by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved.*
16. Japan BioPlastic Association (2000), *GreenPla List (PL) Formulation Standards*, revised in 2007.
17. Japan BioPlastic Association (2001), *Concerning Testing Methods Required for Listing on the PL*, revised in 2008.
18. OECD 301C (1992), *Chemical substances: Aerobic biodegradability testing method using activated sludge.*
19. SPS-FITI TM 0004-1709 (2006), *플라스틱 연직배수재의 배수성능 측정방법, FITI.*

(논문접수일 2010. 9. 8, 심사완료일 2010. 9. 24)