

현장 강우재현시험을 통한 방조제 사면필터층의 필터성능분석 Evaluation of Filter Capacity for Sea Dyke Slope Filter Layer by In-situ Rainfall Test

오영인¹⁾, Young In Oh, 김서룡²⁾, Kim Seo-Ryong, 유진용³⁾, Jeon-Yong Yoo, 김현태⁴⁾, Hyun-Tae Kim

- 1) 한국농촌공사 농어촌연구원 농공기술연구실 선임연구원, Senior Researcher, Agricultural Engineering Research Division, Rural Research Institute, KRC (yioh2010@gmail.com)
- 2) 한국농촌공사 농어촌연구원 농공기술연구실 책임연구원, Chief Researcher, Agricultural Engineering Research Division, Rural Research Institute, KRC
- 3) 한국농촌공사 농어촌연구원 농공기술연구실 수석연구원, Research Fellow, Agricultural Engineering Research Division, Rural Research Institute, KRC

SYNOPSIS : Geotextiles consist of three major types of geosynthetic material (woven, non-woven and composite) and the functions of geotextiles are separation, reinforcement, filtration, drainage and as a moisture barrier. Although the many research scholar and engineer developed and established the design criteria and construction methodology, sustainable research still needed for optimum design methodology to the complicate field conditions. In this study, in-situ rainfall test performed to develop suitable filter system for sea dyke upper slope filter layer. In-situ rainfall test conducted for seven different filter system and measured the infiltration flux and pore pressure at various filter layer. Based on the test results, the double layered geotextile filter and sand transition system is most suitable for sea dyke upper filter layer because which system is effective for drainage of infiltration flow and minimize the deformation of sea dyke cover stone.

Key words : Geotextile filter, Filter capacity, Sea dyke slope filter, Transition

1. 서 론

오랜 옛날부터 벼짚, 보리짚, 버들가지, 갈대 등 천연재료를 필터재료로 사용한 기록이 있다. 천연재료는 강도, 내구성, 재료구입 및 품질관리 등 제반 문제점으로 인해 광범위하게 사용되지 못하였다. 그러나 보다 경제적이고 효과적인 재료인 고분자 합성제품인 토목섬유(Geosynthetics)가 개발되어 천연섬유의 미비점을 보완하였다. 시공성, 적용성, 경제성을 갖추어 구조물의 보강, 필터, 배수, 분리, 봉쇄 및 침식방지재 등으로 널리 사용되고 있다. 토목섬유용 고분자 재료의 원료는 PET, PE, PVC, PA 등이 주로 사용되며, 물성개선 및 보완용의 첨가재료로 탄산칼슘, 카본 블랙, 목재분말, 규화광물, 금속화물 등이 이용된다.

방조제의 필터층은 위치에 따라 해측 상부사면 필터와 하부사면 필터로 구분한다. 해측 하부사면 필터는 조위발생에 따른 반복흐름에 대하여 방조제 본체의 성토재료 유실을 방지하며, 동수경사를 저감시켜 방조제의 필터경계부의 변형을 방지한다. 또한, 해측 상부사면 필터는 파랑의 월파에 의한 유입수와 강우발생에 의한 유입수를 원활히 배수시켜 방조제 본체 내에 과잉간극수압의 발생을 방지하여야 한다. 일반적으로 방조제의 해측상부사면 필터층은 피복석/쇄석필터/토목섬유의 층으로 구성되며, 기존의 방조제 시공 시

에 단일 부직포의 토목섬유 필터가 적용되어져 왔다. 본 연구에서는 방조제 해측 상부사면의 필터층의 필터기능을 강화하고 상부 피복석의 변형 등을 방지할 수 있는 필터시스템을 개발하기 위하여 현장시험시공 및 강우재현시험을 수행하였다. 현장시험시공 단면은 이중필터매트와 트랜지션층 종류에 따라 단면을 구성하였으며, 강우재현에 따른 배수기능, 단면 내 간극수압 분포 등을 계측 분석하였다.

2. 필터공의 기능과 설치기준

성토층과 사석층 사이에 설치하는 필터공은 성토층의 미세입자가 빠져나가는 것을 방지하고 내외수위의 변동으로 인하여 성토층에 발생하는 과부하 수압을 조속히 제거하기에 적합한 투수성을 확보하여야 한다. 또한 필터재료는 어떤 입도 분포를 갖게 되는데 그 입도분포가 양호하여야 제 기능을 발휘할 수 있다. 성토층의 세입자가 필터층으로 또는 필터층을 통하여 흡출 유실 되는 것을 방지하기 위해서는 필터층의 작은 입자가 성토층의 굵은 입자를 지탱시킬 수 있을 정도로 충분히 작아야 한다. Talyor는 그림 1 에서와 같이 작은 입자가 큰 입자로 둘러 쌓여 있을 경우 큰 입자의 직경이 작은 입자 직경의 6.5배 이하가 되면 작은 입자는 큰 입자속으로 이동하지 않는 사실을 실험을 통하여 밝혀냈다. 성토층과 필터층의 투수성은 그 층을 구성하는 세립자의 규모에 따라 결정되며 세립자의 대표적인 크기는 D_{15} 값을 이용하고 있다. 필터층의 D_{15} 가 성토층의 D_{15} 의 5배 이상이면 성토층의 물이 자유롭게 필터층으로 배수되어 과잉간극수압을 빠른 시간 내에 소산시키게 된다. 필터공의 필요조건은 가적 통과율로 표시되는 체눈급직경 D_{15} , D_{50} , D_{85} 를 적용하여 다음과 같이 규정하고 있다.

- ① 파이핑에 대한 안전성 : 필터층의 $D_{15} < 5 \times$ 성토층의 D_{85}
- ② 투수에 대한 안전성 : 필터층의 $D_{15} > 5 \times$ 성토층의 D_{15}
- ③ 입도의 균질성 : 필터층의 $D_{50} < 25 \times$ 성토층의 D_{50}

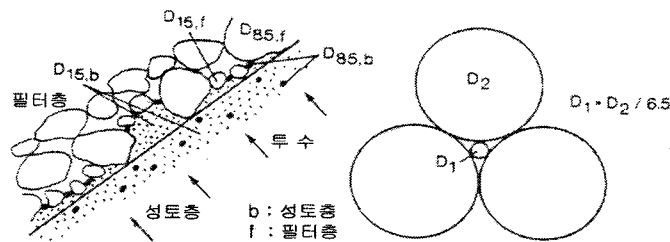


그림 1. 필터공의 원리

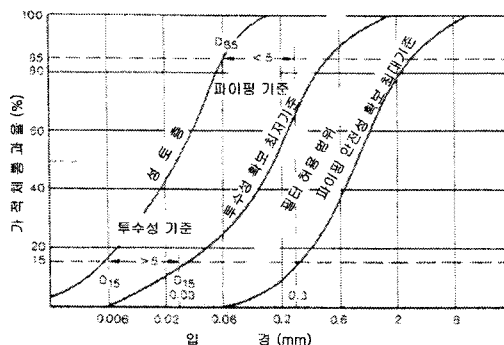


그림 2. 필터공의 설계 방법

3. 현장강우재현시험을 통한 필터거동분석

3.1 자연필터재료 및 토목섬유 필터재료

본 연구의 현장강우재현 시험을 수행한 방조제 해측상부사면 필터층은 자연 필터 재료와 토목섬유 지오택스타일 필터를 복합적으로 사용한 토목섬유 필터층으로 구분된다. 보호되어야 하는 성토재료는 준설

해사 성토 제재이며, 필터재로는 입경 9.5~19.0mm사이의 쇄석, 모래트랜지션, 준설향사/필터쇄석, 피복 쇄석필터/트랜지션 경계면에 설치된 토목섬유 필터로 구성되어 있다. 준설향사 성토재로는 통일분류법으로 실트질 모래(SM)로 구분되며 각각의 준설향사 및 필터쇄석의 토질역학적 물성시험 결과는 표 1에 나타낸 바와 같다. 실내다짐시험에 의한 준설향사의 그림 3에서 보는바와 같이, 최대건조밀도는 15.23kN/m³, 최적함수비는 13.8%로 도출되었으며, 준설향사와 모래트랜지션 재료의 입도분포곡선은 그림 4에 나타낸 바와 같다(농업기반공사, 2003).

표 1. 준설향사와 필터쇄석의 토질역학적 특성

시험재료	물질적 특성		특성값
준설향사	입도분포	모래 (0.075~4.75mm)	80~84%
		실트 (0.005~0.075mm)	4~19%
		점토 (< 0.005mm)	1.0%
	비중 (G_s)		2.66
	통일분류법(U.S.C.S)		SM
필터쇄석	골재입경(mm)		9.5~19.0
	겉보기비중 (G_s)		2.63
	단위중량 (γ_t)		1.643

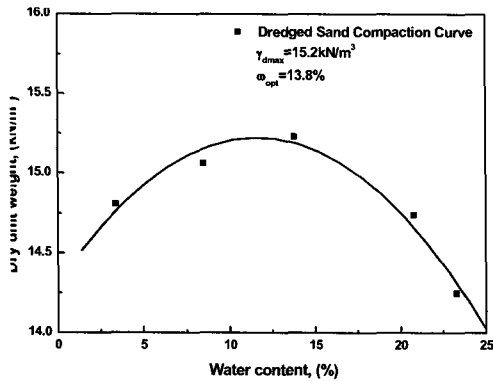


그림 3. 준설향사의 다짐곡선

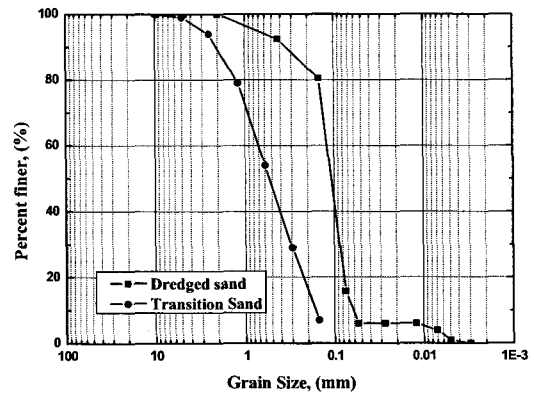


그림 4. 준설향사 및 모래트랜지션의 입도분포곡선

또한, 본 연구에 사용된 지오택스타일 필터는 일반적인 토목용 필터로 사용되는 폴리에스터 (Polyester) 재질의 장섬유 부직포와 매트 및 부직포를 니들펀칭하여 접합한 복합포이다. 또한, 복합포 중 우수 및 월파에 의한 유입수의 침투를 저감시킬 수 있는 저투수성 복합포를 개발하여 적용하였다. 현장적용 필터재료 특성기준은 ASTM D 4632에 명시된 Grab Strength Test법(100mm×150mm)에 의한 인장강도가 약 51kg/inch 이상이며, 신율은 20~40%의 범위이다. 또한, 각각 재료의 유효입경 (AOS)는 ASTM D 4751에 의거하여 측정된 결과, 0.12mm~0.18mm로 도출되었다. 각 토목섬유 시료의 물리적 특성은 표 2에 나타낸 바와 같다.

표 2. 부직포 토목섬유 필터의 물리적 특성

구분	단위	부직포	복합포	저투수성 복합포	시험방법
인장강도	N/inch	509	637	665	ASTM D 4632
인장신도	%	20~40	10~40	10~40	ASTM D 4632
봉합강도	kg	인장강도 이상	인장강도 이상	인장강도 이상	ASTM D 4884
재질	-	PET	PET 매트+ 부직포	PET 매트+ 부직포	-
비중	-	1.2	1.25	1.25	-
유효입경(AOS)	mm	0.18	0.15	0.12	ASTM D 4751
투수계수	cm/sec	$\alpha \times 10^{-2} \sim 10^{-3}$	$\alpha \times 10^{-2} \sim 10^{-3}$	$\alpha \times 10^{-1} \sim 10^{-2}$	ASTM D 4491

3.2 현장강우재현 시험

본 연구에서는 방조제 해측 상부사면의 필터층의 필터기능을 강화하고 상부 피복석의 변형 등을 방지할 수 있는 필터시스템을 개발하기 위하여 단일필터매트단면 분석(편칭 파괴시 문제점 검증), 이중필터매트(복합포/트랜지션/복합포)의 효율성 분석, 저투수성 필터매트의 효과분석, 모래 트랜지션의 두께(20cm, 50cm)에 따른 분석을 위한 현장강우재현시험을 실시하였다.

3.2.1 현장시험 단면

현장 시험시공 단면은 상기 기술한 연구목적에 부합되도록 다음과 같은 7개 단면(그림 5참조)을 결정하여 시험시공을 실시하였다.

- ① 단면 No. 1 : 단일필터매트단면 (피복석필터 35cm/복합포/준설성토)
- ② 단면 No. 2 : 이중매트매트단면 (피복석필터/복합포/모래 트랜지션 20cm/복합포/준설성토)
- ③ 단면 No. 3 : 저투수성 매트 단면 (피복석필터/저투수성필터 복합포/모래 트랜지션 20cm/복합포/준설성토)
- ④ 단면 No. 4 : 단일필터매트단면-L형 편칭 (피복석필터 35cm/복합포-L형 편칭/준설성토)
- ⑤ 단면 No. 5 : 이중매트 단면-L형 편칭 (피복석필터/복합포-L형 편칭/모래트랜지션 20cm/복합포/준설성토)
- ⑥ 단면 No. 6 : 트랜지션 두께 조정단면 (피복석필터/복합포/모래트랜지션 50cm/복합포/준설성토)
- ⑦ 단면 No. 7 : 단일필터매트단면-랜덤 편칭 (피복석필터 35cm/복합포-랜덤편칭/준설성토)

각각의 현장 시험시공 목적에 따라 단일필터매트단면 분석은 단면 No. 1, 4, 7, 이중필터매트의 효율성 분석은 단면 No. 1, 2, 저투수성 필터매트의 효과분석은 단면 No. 1, 2, 3, 모래 트랜지션의 두께에 따른 분석은 단면 No. 2, 6을 비교하여 수행하였다.

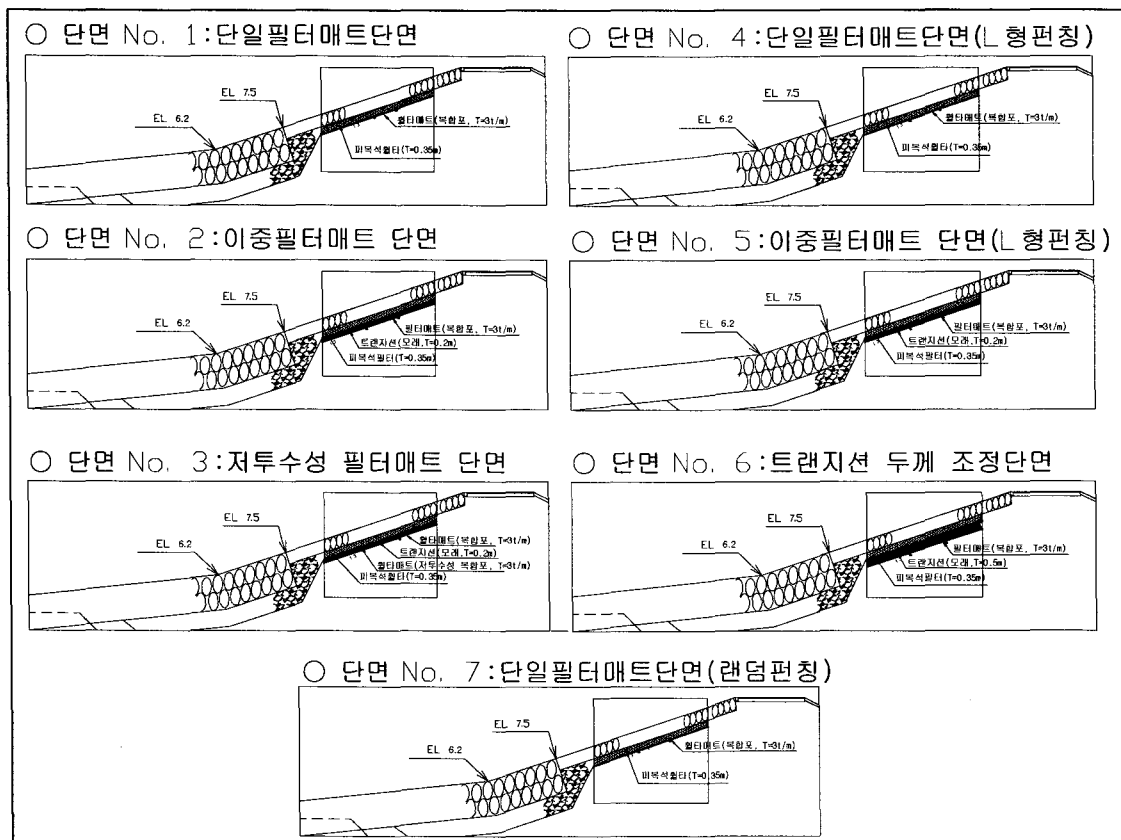


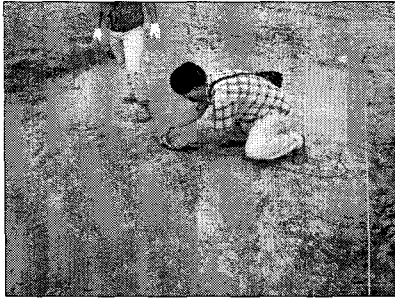
그림 5. 현장강우재현 시험 단면

3.2.2 현장 시험시공 계측사항 및 시험방법

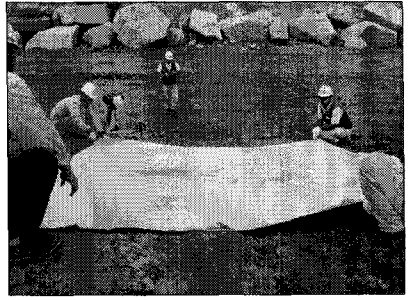
강우재현에 따른 현장시험 시공 계측사항은 준설성토 및 트랜지션 내에 각 2지점씩의 간극수압 측정과 시간경과에 따른 침투량 및 유출량 측정, 강우재현 후 준설성토 표면 침식량 계측하였다. 현장 시험시공의 강우재현은 직경 10cm관을 물탱크에 연결하여 사면 상단에 설치하여 재현하였으며, 약 4000ℓ/hr의 유량을 3개 단면에 분사하였다. 또한, 사면 하단에 유량측정용 우수받이를 경사지게 설치하여 필터매트 경계면에서의 단위시간당 유량을 측정하였으며, 동일한 방법으로 상부 강우재현 파이프에서의 유입유량을 각 단면별로 측정하였다. 현장강우재현시험 과정은 그림 6에 나타낸 바와 같다.



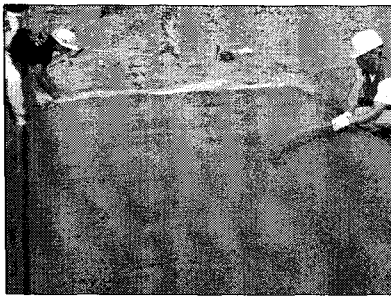
(a) 준설성토 제체 사면정리 (1:3)



(b) 준설성토 내 간극수압계(2조)



(c) 하부 필터매트 포설



(d) 모래 트랜지션 포설



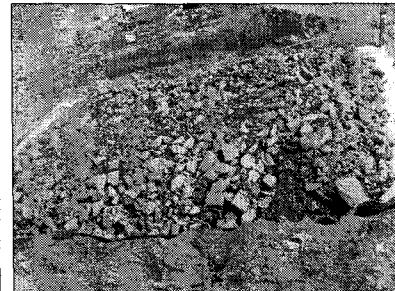
(e) 트랜지션 내 간극수압계 (2조)



(f) 상부 필터매트 포설(저투수성)



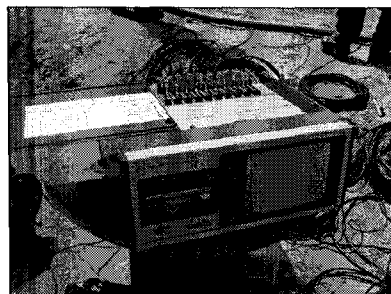
(g) 상부 필터매트 포설(L형 편칭)



(h) 피복석 필터포설



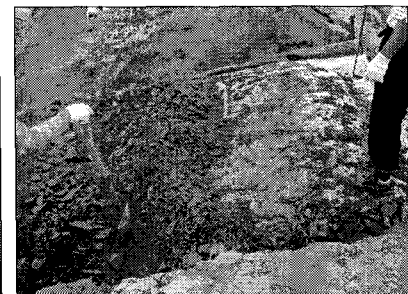
(i) 강우재현



(j) 간극수압계 초기화 및 계측



(k) 시간경과에 따른 유량측정
그림 6. 현장 강우재현시험 과정



(l) 피복석 필터 제거

4. 시험결과 및 분석

각 현장 시험시공 단면에 대한 간극수압 측정결과는 검토항목에 따른 분류에서 도시하여 언급하며, 시간경과에 따른 침투 및 유출율은 표 3에 나타낸 바와 같다. 각 현장 시험시공 단면의 시간경과에 따른 침투, 유출유량 측정 및 분석은 상부 강우재현 파이프로부터 공급되는 유량과 하부 침투유량 측정용 우수받이에 흡수되는 유량을 단위시간당의 침투 및 유출강도로 정량화 하여 분석하였다. 또한, 단면 No. 7의 경우, 현실계 단면에 대하여 랜덤펠칭을 실시한 단면으로 하부 준설토체 내로 대용량의 침투가 발생되어 강우재현 및 침투유량 측정이 미 수행된 단면이다.

표 3. 침투 및 유출유량 측정결과

단면 번호	상부시간 (sec)	강도 (l/sec)	하부시간 (sec)	강도 (l/sec)	침투량 (l/sec)	침투율 (%)	유출율 (%)
1	48	0.375	55	0.327	0.048	12.73	87.27
	45	0.400	50	0.360	0.040	10.00	90.00
	45	0.400	50	0.360	0.040	10.00	90.00
	47	0.383	53	0.340	0.043	11.32	88.68
2	83	0.217	90	0.200	0.017	7.78	92.22
	79	0.228	85	0.212	0.016	7.06	92.94
	78	0.231	85	0.212	0.019	8.24	91.76
	73	0.247	79	0.228	0.019	7.59	92.41
3	59	0.305	62	0.290	0.015	4.84	95.16
	62	0.290	65	0.277	0.013	4.62	95.38
	63	0.286	65	0.277	0.009	3.08	96.92
	64	0.281	67	0.269	0.013	4.48	95.52
4	45	0.400	50	0.360	0.04	10.00	90.00
	46	0.391	52	0.346	0.045	11.54	88.46
5	79	0.227	85	0.212	0.016	7.06	92.94
	81	0.222	87	0.207	0.015	6.90	93.10
6	86	0.209	89	0.202	0.007	3.37	96.63
	88	0.205	91	0.198	0.007	3.30	96.70
7	실제 우수침투와 사면변형으로 측정불능					∞	미소량

4.1 기존설계단면 분석

복합포 단일층으로 구성된 단일필터매트단면의 준설토층 내부로의 침투율 분석결과는 다음 표 4에 나타낸 바와 같다.

표 4. 준설토층 내부로의 침투율 분석결과

단면 No.	편칭여부	유로형성여부	침투율	유출량
1	×	×	약 10%	약 90%
4	○(L형)	×	약 11%	약 89%
7	○(랜덤펠칭)	○	∞	미소량

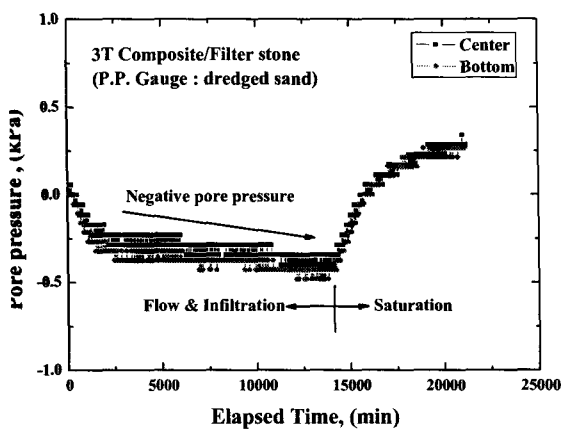
필터매트에 L형 편칭을 실시한 단면 No. 4의 경우, 상부에 피복석 필터를 균질하게 이상적으로 포설되어 준설토층내부로 유로가 형성되지 않고 필터매트 상단으로 유출되는 현상이 나타났다. 반면, 랜덤펠칭을 실시하고, 피복석 필터를 불균질하게 포설하여 유로를 형성한 단면 No. 7의 경우, 강우재현에 따라 준설토체 내부로 대용량의 침투가 발생하였으며, 지속적인 강우침투로 유로형성, 확대가 진행되어 시험시공 사면의 유실현상이 발생되었다.



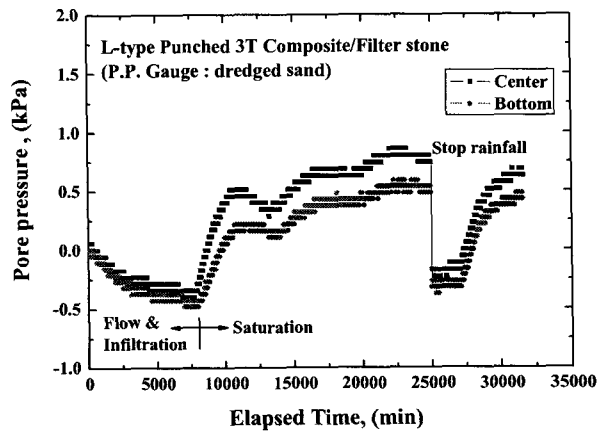
그림 7. L형 펀칭 매트 침투현상 그림 8. 랜덤 펀칭후 사면함몰 그림 9. 랜덤 펀칭 사면 유로형성

강우재현 시간 경과에 따른 단면 No. 1, 4, 7의 준설성토 제체 내의 간극수압 분포는 그림 10에 나타난 바와 같다. 그림에서 보는 바와 같이, 초기 하향침투와 사면을 따른 유출로 인하여 부간극수압이 발생하는 것을 알 수 있으며, 일정지속시간 후 침투량 증가로 인한 간극수압 증가가 발생되었다.

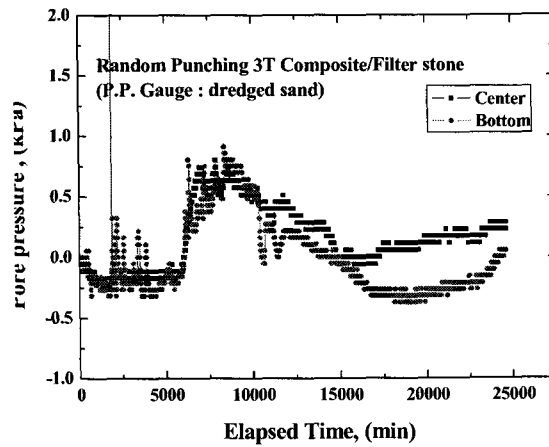
L형 및 랜덤 펀칭을 실시한 단면 No. 4, 7의 경우, 하향침투와 사면유출에 의한 부간극수압 지속시간이 급격히 감소하였으며, 특히 랜덤펀칭을 실시한 단면 No. 7의 경우 강우재현 직후부터 침투와 유로형성이 진행됨을 알 수 있었다.



(a) 단면 No. 1



(b) 단면 No. 4



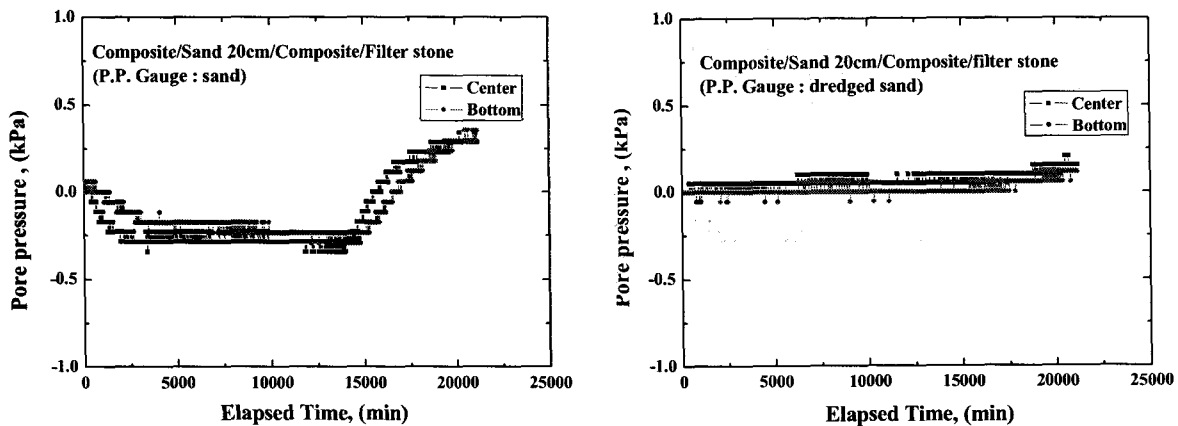
(c) 단면 No. 7

그림 10. 간극수압분포(단면 No. 1, 4, 7)

4.2 이중필터매트 효율성 분석

표 2의 총괄 침투 및 유출량 분석결과에서 나타난 바와 같이, 이중필터매트를 설치한 단면 No. 2의 경우 준설성토체 내로의 침투량이 약 7.5%이며, 트랜지션을 통한 유출량이 약 92.5%로 나타났다. 상부 필터매트를 L형 편칭한 단면 No. 4의 경우도 준설성토체 내부로의 침투량이 약 6.98%, 트랜지션을 통한 유출량은 약 93%로 나타나 하부필터가 파손되지 않을 경우 효과적으로 우수배재기능을 수행할 수 있을 것으로 사료된다. 단일필터매트 단면 No. 1과 비교할 때, 이중필터매트 설치에 따른 침투량 감소효과는 약 3%정도로 미소하나, 랜덤 편칭에 따른 대용량 침투량이 발생된 단면 No. 7의 경우와 비교할 때, 하부필터매트를 보호하는 이중필터매트 단면이 필터 및 우수배재기능을 효과적으로 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

강우제현 시간에 따른 이중필터매트 단면 No. 2의 모래 트랜지션 내 간극수압 변화와 준설성토 제체 내의 간극수압변화는 그림 11에 나타난 바와 같다. 각각의 그림에서 보는 바와 같이, 모래 트랜지션 내 간극수압변화는 단면 No. 1과 유사한 경향을 보이나 부간극수압 발생량이 작으며, 준설성토 제체 내의 간극수압은 강우지속 9시간 까지 침투가 전달되지 않은 것으로 도출되었다. 따라서, 이중필터매트 단면의 경우, 모래 트랜지션을 통한 우수배출이 효과적으로 수행되어 준설성토 제체내부로의 침투지연 및 간극수압 소산효과가 탁월한 것으로 판단된다.



(a) 단면 No. 2 트랜지션 내

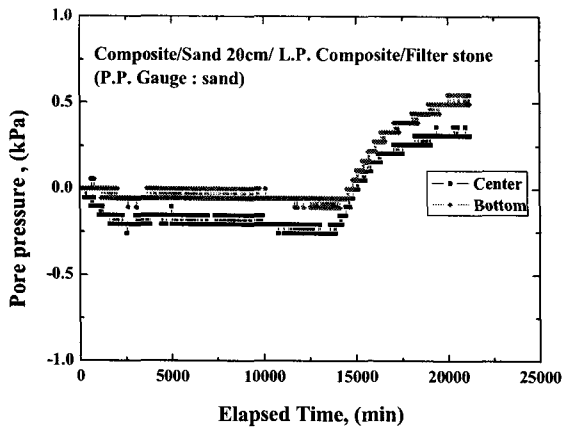
(b) 단면 No. 2 준설성토체 내

그림 11. 간극수압분포(단면 No. 2)

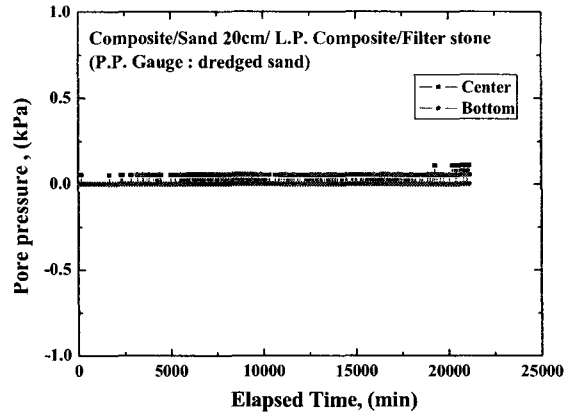
4.3 저투수성 매트 효과 분석

저투수성 필터를 상부필터매트로 포설할 경우, 준설성토 제체내부로의 침투량은 약 4.3%이며, 유출량이 95.7%인 것으로 나타났다. 또한, 저투수성 매트 상단으로의 유출량은 시간경과 및 저투수성 매트의 포화시점 변화에 따라 91%~61%로 변화하며, 모래 트랜지션을 통한 유출량은 약 4.7%~30.4%로 변화하는 것으로 도출되었다. 상부로부터 유입되는 우수침투 방지를 위하여 제안된 저투수성 필터매트는 현장 시험결과, 효과적으로 우수침투 방지기능을 수행하는 것으로 나타났으며, 특히 모래 트랜지션으로 유입되는 유량을 급격히 감소시켜, 트랜지션층의 유실방지 및 안정성 확보에 효과적일 것으로 판단된다.

강우제현 시간에 따른 저투수성 필터매트 단면 No. 3의 모래 트랜지션 내 간극수압 변화와 준설성토 제체 내의 간극수압변화는 그림 12에 나타난 바와 같다. 각 그림에서 보는 바와 같이, 모래 트랜지션 내 간극수압변화는 단면 No. 1과 유사한 경향을 보이나 부간극수압 발생량이 작으며, 준설성토 제체 내의 간극수압은 전체 강우지속 11시간동안 침투가 전달되지 않은 것으로 도출되었다. 따라서, 저투수성 필터매트 단면의 경우, 상부 저투수성 필터매트를 통한 우수배출 효과가 탁월하여 준설성토 제체내부로의 침투지연 및 트랜지션 층의 안정성확보를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 단면 No. 3 트랜지션 내



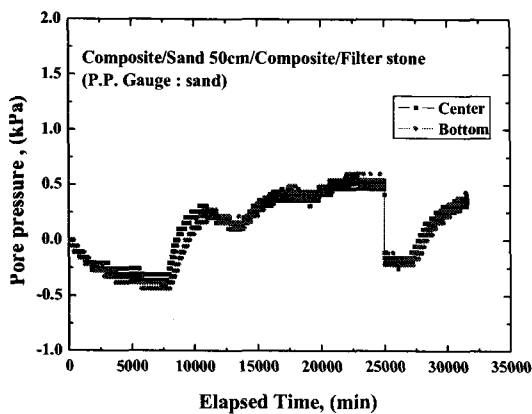
(b) 단면 No. 3 준설성토체

그림 12. 간극수압분포(단면 No. 3)

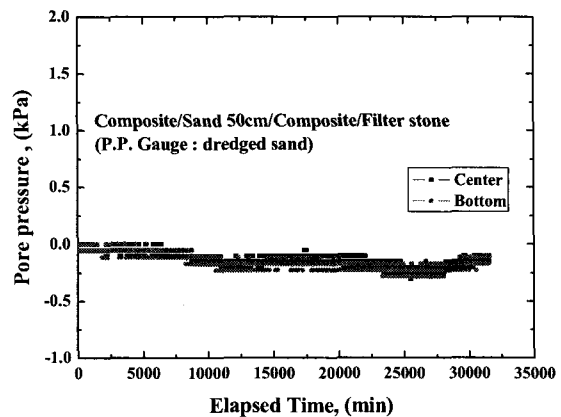
4.4 모래 트랜지션 두께에 따른 분석

모래트랜지션을 50cm로 포설할 경우, 준설성토 체체내부로의 침투량은 약 3.3%이며, 유출량이 96.7%인 것으로 나타났으며, 모래 트랜지션을 20cm 포설한 단면과 비교할 때, 준설성토체 내로의 침투량이 약 4.2%감소하는 것으로 도출되었다. 모래 트랜지션층 두께의 증가에 따라 침투유량의 감소효과는 얻을 수 있을 것으로 판단되나, 트랜지션층 내로 유입된 우수에 의하여 트랜지션층 침식 및 유실이 진행될 경우, 트랜지션 층의 두께가 두꺼울수록 장기 진행성 파손이 발생되며 트랜지션 층 유실에 따른 변형량도 크게 발생될 수 있다. 모래 트랜지션층 두께는 일차적으로 트랜지션층의 설치목적에 부합하도록 하부필터매트를 보호하고 상부필터매트를 통과하여 유입된 우수를 효과적으로 배제하는 기능을 충분히 수행할 수 있어야 하며, 또한 현장 시공성이 고려되어야 할 것으로 판단된다. 따라서, 모래 트랜지션 층의 두께는 트랜지션 재료, 현장시공 및 하중조건, 특히 적용 필터매트의 종류에 따라 다양하게 변화될 수 있으므로 다각적인 검토를 통하여 결정하여야 한다.

모래 트랜지션을 50cm 포설한 단면 No. 6의 트랜지션 내 간극수압 변화와 준설성토 체체 내의 간극수압변화는 그림 13에 나타낸 바와 같다. 각각의 그림에서 보는 바와 같이, 모래 트랜지션 내 간극수압변화는 단면 No. 2와 유사한 경향을 보이며, 준설성토체 내의 간극수압의 경우 하향 침투 및 흐름은 발생되나, 트랜지션 두께가 포화에 의한 간극수압증가가 나타나지 않고 전체 강우재현 시간동안 부간극수압을 나타내었다.



(a) 단면 No. 6 트랜지션 내



(b) 단면 No. 6 준설성토체

그림 13. 간극수압분포(단면 No. 6)

5. 결론

본 연구에서는 방조제 해측 상부사면의 필터층의 필터기능을 강화하고 상부 피복석의 변형 등을 방지할 수 있는 필터시스템을 개발하기 위하여 현장시험시공 및 강우재현시험을 실시하였다. 이중필터매트와 트랜지션층 종류에 따라 단면을 구성하였으며, 강우재현에 따른 배수기능, 단면 내 간극수압 분포 등을 계측 분석하였으며 시험시공 결과에 따른 총괄 결론은 다음과 같다.

1. 단일필터매트 시스템에 대한 현장 시험시공 분석결과, 시공 시 파손 및 편칭 없이 완벽시공이 이루어지거나, 기타요인에 의하여 준설성토체 사면에 유로형성이 없을 경우, 약 90%의 강우배제(침투율 10%) 효과를 얻을 수 있다. 그러나, 시공 시 필터매트에 파손이 발생되고 피복석 및 장비하중 등으로 인하여 준설성토체 사면에 유로가 형성될 경우, 침투집중 지점에 발생되며, 지속적인 침투수 유입으로 유로형성, 확대가 진행되며 최악의 경우 준설성토체 사면의 변형이 발생할 수 있다.
2. 이중필터매트의 효율성 분석결과, 단일필터매트단면에 비하여 침투량 감소효과가 약 3% 정도로 미소하나, 랜덤편칭 및 유로형성 단면과 비교할 때, 궁극적으로 하부필터매트를 보호하는 이중필터매트 단면이 필터기능은 물론 우수배제기능을 효과적으로 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 모래 트랜지션을 통한 우수배출이 효과적으로 수행되어 준설성토체 내부로의 침투지연 및 과잉간극수압 소산효과가 탁월한 것으로 사료된다.
3. 저투수성매트의 효과 분석결과, 저투수성 매트 상단으로의 유출량은 시간경과 및 저투수성 매트의 포화시점 변화에 따라 91%~61%로 변화하며, 모래 트랜지션을 통한 유출량은 약 4.7%~30.4%로 변화하는 것으로 도출되었다. 따라서, 상부로부터 유입되는 우수침투 방지를 위하여 제안된 저투수성 필터매트는 효과적으로 우수침투 방지기능을 수행하는 것으로 나타났으며, 특히 모래 트랜지션으로 유입되는 유량을 급격히 감소시켜, 트랜지션 층의 유실방지 및 안정성 확보에 효과적일 것으로 판단된다.
4. 모래 트랜지션층 두께에 따른 분석 결과, 트랜지션층 두께 증가에 따라 침투유량의 감소효과는 얻을 수 있으나, 트랜지션층 내로 유입된 우수에 의하여 트랜지션층 침식 및 유실이 진행될 경우, 트랜지션 층의 두께가 두꺼울수록 장기 진행성 파손이 발생되며 트랜지션 층 유실에 따른 변형량도 크게 발생될 수 있다. 모래 트랜지션층 두께산정은 일차적으로 트랜지션 층의 설치목적(하부필터매트 보호, 우수배제)에 부합하는 조건에서 최대한 얇게 설치하는 것이 변형량 감소에 위하여 효과적일 것으로 판단되며, 트랜지션 재료, 현장시공 및 하중조건, 특히 적용 필터매트의 종류에 따라 다양하게 변화될 수 있으므로 다각적인 검토를 통하여 결정하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 농업기반공사, (2003), "방조제 해측사면 성토재료 거동분석에 관한 연구", 농림부, pp. 112-117.
2. 오영인, 유전용, 김시운, 2005, 양방향 조위흐름 모형실험에 따른 방조제 토목섬유 필터공의 입자재 배열 및 피로영향 분석, 대한토목학회 논문집, 제24권, 제4-C호, pp. 293-301.
3. Dierickx, W., (1996), "Determination of Water Penetration Resistance of Geotextiles", *Recent Development in Geotextile Filters and Prefabricated Drainage Geocomposites*, ASTM, STP 1281, pp. 65-74.
4. Giroud, J.P., (1985), "Filter Criteria for Geotextile", *Geotextiles and Geomembranes Definitions Properties and Design Industrial Fabrics Ass. International* St. Paul Minn., pp. 103-108.
5. Koerner, R.M., (2005), "*Designing with Geosynthetics*", Fifth Edition, Pearson Prentice Hall, pp. 128-141.
6. Wilson-Fahmy, R.F., Koerner, G.R., Koerner, R.M., (1996), "Geotextile Filter Design Critique", *Recent Development in Geotextile Filters and Prefabricated Drainage Geocomposites*, ASTM, STP 1281, pp. 132-161.