

지오텍스타일 재질에 따른 필터성능 및 튜브구조물 적용성 분석

Feasibility and Filtering Efficiency of Geotextile Tube Structure with Polymer Material

*1 오영인 Oh, Young-In

*2 신은철 Shin, Eun-Chul

*3 김성윤 Kim, Sung-Yoon

Abstract

In recent years, the geotextile tubes filled with dredged material have been used in dike and breakwater construction for a number of projects around the world, and their use in this field is growing very fast. One of the most attractive advantages of geotextile tube technology is can be use the in-situ filling materials by hydraulic pumping, it can be also established lower costs and fast construction than other technology. Geotextiles form one of the two largest groups of geosynthetics and it is commonly made by two major types of polymer material(Polypropylene, Polyester). The objective of this paper is to examine several issues associated with drainage function and feasibility of geotextile tube structure such as filtering efficiency, dewatering efficiency, and filling process with polymer materials. Based on the laboratory filtering test and in-situ tests, polypropylene geotextile is more effective for drainage function of geotextile tube technology.

요 지

토목섬유 자체의 투수성을 이용한 토목섬유 필터는 자연골재의 부족과 탁월한 시공성 때문에 토목섬유의 주된 적용분야로 자리 잡고 있으며, 주요적용 토목섬유는 지오텍스타일과 다양한 형태의 복합포가 있다. 지오텍스타일의 필터 및 배수기능을 이용한 최신의 적용공법 중 지오텍스타일 튜브공법이 있다. 지오텍스타일 튜브공법은 기존의 자연암석재료와 콘크리트 구조물로 제작되어지던 하천 및 해안구조물을 경제적이고 효율적으로 대체할 수 있는 공법으로 그 적용범위가 광범위하게 증가되고 있는 추세이다. 지오텍스타일 튜브공법에 사용되는 지오텍스타일은 폴리머 재질에 따라 크게 폴리프로필렌과 폴리에스터 재질의 지오텍스타일로 구분할 수 있으며, 직조방법에 따라 필터 및 배수특성과 강도특성 등 다양한 차이를 보인다. 본 연구에서는 유사한 인장강도와 유효입경(AOS)의 직포형 지오텍스타일에 대하여 재질에 따른 장기적 필터성능 및 튜브공법 적용성 분석을 실시하였다. 연구실험은 가압셀 장치를 이용한 실내 장기필터성능시험과 실대형 현장시험을 수행하였다. 각각의 실험결과에 따르면 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일이 장기 필터 및 배수기능이 우수하며, 튜브공법의 적용성이 더 효과적인 것으로 나타났다.

Keywords : Geotextile tube, Polymer material, Filtering efficiency, Dewatering efficiency, Feasibility

*1 정희원, 농업기반공사 농어촌연구원 농공기술연구실 위촉선임연구원 (Member, Senior Researcher, Agricultural Engineering Division, Rural Research Institute, KARICO)

*2 정희원, 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 (Member, Prof, Dept. of Civil & Environmental System Engineering, University of Incheon)

*3 비회원, 만영엔지니어링 지반공학부 사원 (Nonmember, Engineer, Geotechnical Engineering Division, Man Young Engineering)

1. 서론

토목섬유 자체의 투수성을 이용한 토목섬유 필터는 자연골재의 부족과 탁월한 시공성 때문에 토목섬유의 주된 적용분야로 자리 잡고 있으며, 주요 적용 토목섬유는 지오텍스타일과 다양한 형태의 복합포가 있다. 지오텍스타일의 필터 및 배수기능을 이용한 지오텍스타일 튜브공법은 기존의 자연암석재료와 콘크리트 구조물로 제작되어지던 하천 및 해안구조물을 경제적이고 효율적으로 대체할 수 있는 공법으로 그 적용범위가 광범위하게 증가되고 있는 추세이다. 지오텍스타일 튜브공법은 지오텍스타일을 자루형태로 봉합하여 준설토 및 현장 가용토사를 채움재로 사용하여 구조물을 형성시키는 공법으로 채움토사는 현장가용토사가 사용되고 특수한 목적으로 오염토사 등이 사용될 수 있다. 지오텍스타일 튜브공법은 1970년대 네덜란드의 Delft 연구소에서 최초 연구가 시작되어 1980년대 브라질에서 최초의 현장적용이 실시되었다(Bogossian, 1982). 현재 선진 외국에서는 공법의 경제성과 시공성을 인정받아 다양한 분야에서 널리 사용되고, 많은 연구가 진행되고 있으나 국내에서는 활용용도가 다양함에도 불구하고 2001년 동해안 영진해수욕장의 침식방지용 이안제 구조물로 국내 최초로 적용되었으며, 2003년 한강의 가양대교 가도제방으로 시공된 사례만 있을 뿐 아직까지 현장 적용이 미미한 실정이다.

지오텍스타일 튜브공법을 위한 지오텍스타일의 특성에 관한 연구는 Koerner and Welsh(1980)가 지오텍스타일을 포대재료로 활용할 경우의 다양한 고분자 재질에 따른 투수성과 필터기준에 의한 적용성에 대한 연구를 실시했던 것을 시작으로, Gadd(1988)는 폴리에스터, 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일의 경제성과 안정성, 강도가 우수함을 입증하였고, John(1987)은 자외선 및 부식에 의한 지오텍스타일의 강도저하 현상을 연구하였으며, 자외선 및 부식에 의한 영향을 감소시키기 위해서는 아크릴 또는 폴리비닐 클로라이드(Polyvinyl chloride)로 코팅하는 것이 효과적이라고 보고하였다. Koerner and Koerner(1996)

는 봉합강도가 원단강도보다 작으므로 지오텍스타일 튜브의 설계시 봉합강도를 기준으로 설계하여야 하며, 최소한 원단강도의 90% 이상이 확보되어야 한다고 하였다. 국내의 연구동향을 보면, 조삼덕(1998)에 의하여 “새로운 토목섬유 적용기술”이라는 제목으로 처음 소개되었으며, 신은철과 오영인(1998, 2000)은 지오텍스타일 튜브공법을 활용한 준설매립 공법에 대한 소개와 기초적 연구를 수행하였으며, 환경 및 수질오염 방지를 위한 적용성에 대한 연구를 통하여, 환경적 분야의 효율적 적용이 가능하고 넓은 범위에 사용할 수 있다고 보고하였다. 이희재(2001)는 국산 지오텍스타일을 활용한 지오텍스타일 튜브공법의 적용성에 대하여 다양한 실내실험과 환경실험을 수행하여, 국내생산 폴리에스터 지오텍스타일에 대한 재질기준, 유실율, 접촉마찰특성, 환경적 영향 등에 대하여 보고하였다. 또한, 신은철과 오영인(2002)은 실내실험과 현장시험을 통하여 매립토사에 따른 지오텍스타일 튜브의 현장 적용성을 검토하였다.

지오텍스타일 튜브공법에 사용되는 지오텍스타일은 폴리머 재질에 따라 크게 폴리프로필렌과 폴리에스터 재질의 지오텍스타일로 구분할 수 있으며, 직조 방법에 따라 필터 및 배수특성과 강도특성 등 다양한 차이를 보인다. 그러나, 폴리프로필렌 재질의 튜브공법용 대형 원단생산인 불가능한 국내현실을 고려할 때, 전량을 고가의 수입에 의존해야하는 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일 튜브와 국내생산이 가능한 폴리에스터 재질의 지오텍스타일 튜브의 비교검토가 요구된다. 본 연구에서는 유사한 인장강도와 유효입경(AOS)의 직포형 지오텍스타일에 대하여 재질(폴리프로필렌, 폴리에스터)에 따른 장기적 필터성능 및 튜브공법 적용성 분석을 실시하였다. 연구실험은 가압셀 장치를 이용한 실내 장기필터성능시험과 실험대형 현장시험을 수행하였다.

2. 토목섬유의 필터기능

토목섬유 필터 기능은 일차적으로 보호되어야할 토사재료의 유실을 방지하며 동시에 유체의 흐름을

최대한 자유롭게 허용하여야 한다. 상기의 상반되는 두 기능을 만족하기 위하여 토목섬유 필터층은 보유성 기준(retention criteria), 투수성 기준(permeability criteria), 간극기준(porosity criteria)을 만족하여야 한다. 보유성 기준은 토목섬유 필터의 유효입경(apparent opening size)이 토사입자가 유실되지 않도록 충분히 작아야 함을 의미하며, 투수성 기준은 토목섬유 필터의 입경이 유체의 흐름에 저항이 되지 않도록 충분히 커야함을 의미한다. 또한, 간극기준은 장기적 성능에 대한 기준으로 토목섬유 필터의 입경사이로 장기적으로 유체 및 토사입자가 이동할 때 구멍막힘 현상이 발생되지 않도록 하는 기준이다.

Giroud(2000)는 보호되어야 하는 토사재료의 선형화된 입도분포곡선(그림 1)과 균등계수에 따른 토

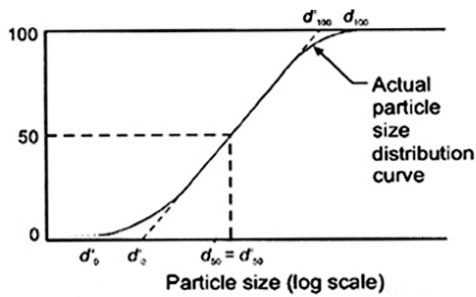


그림 1. 선형화된 입도분포곡선 (Giroud, 2000)

표 1. 보유성 기준($C'_u = 3$, d'_{85} 적용시)

토사재료 밀도	상대밀도, D_r	상대다짐도, R_c	선형화된 균등계수 (C'_u)	
			$1 \leq C'_u \leq 3$	$C'_u \geq 3$
느슨한 상태	$D_r \leq 35\%$	$R_c \leq 86\%$	$O_F \leq (C'_u)^{0.3} d'_{85}$	$O_F \leq (9/C'_u)^{1.7} d'_{85}$
중간밀도 상태	$35\% \leq D_r \leq 65\%$	$86\% \leq R_c \leq 92\%$	$O_F \leq 1.5(C'_u)^{0.3} d'_{85}$	$O_F \leq (13.5/C'_u)^{1.7} d'_{85}$
단단한 상태	$D_r \geq 65\%$	$R_c \geq 92\%$	$O_F \leq 2(C'_u)^{0.3} d'_{85}$	$O_F \leq (18/C'_u)^{1.7} d'_{85}$

표 2. 보유성 기준($C'_u = 3$, d'_{50} 적용시)

토사재료 밀도	상대밀도, D_r	상대다짐도, R_c	선형화된 균등계수 (C'_u)	
			$1 \leq C'_u \leq 3$	$C'_u \geq 3$
느슨한 상태	$D_r \leq 35\%$	$R_c \leq 86\%$	$O_F \leq (C'_u) d'_{50}$	$O_F \leq (9/C'_u) d'_{50}$
중간밀도 상태	$35\% \leq D_r \leq 65\%$	$86\% \leq R_c \leq 92\%$	$O_F \leq 1.5(C'_u) d'_{50}$	$O_F \leq (13.5/C'_u) d'_{50}$
단단한 상태	$D_r \geq 65\%$	$R_c \geq 92\%$	$O_F \leq 2(C'_u) d'_{50}$	$O_F \leq (18/C'_u) d'_{50}$

목섬유 필터의 보유성 기준을 표 1~표 2와 같이 제시하였다.

토목섬유 필터의 투수성 기준은 필터가 설치되는 구조물의 종류와 일반적인 동수경사(hydraulic gradient)에 따라 다음 식 (1)~(2)와 같이 제시하였다.

$$k_f \geq k_s I_s \text{ (과잉간극수압 발생 시)} \quad (1)$$

$$k_f \geq k_s \text{ (유량의 감소 시)} \quad (2)$$

여기서, k_f 는 토목섬유 필터의 투수계수, k_s 는 보호되어야 하는 토사재료의 투수계수, I_s 는 구조물 종류에 따른 동수경사 정수이다. 또한, 구멍막힘 현상에 대한 장기적 성능기준은 다음 식 (3)에 나타낸 바와 같다.

$$N_{GTX} > 0.3 \quad (3)$$

여기서, N_{GTX} 는 토목섬유 필터의 간극(porosity)이며, 일반적인 지오택스타일의 간극은 비압축조건에서 0.7~0.9이며, 압축 시 0.5 정도의 값을 갖는다.

지오택스타일 튜브를 이용한 배수 시에 흙 입자의 보유량, 투수성과 클로킹 현상에 대한 고려가 필수적으로 필요하다. 흙입자를 보유하여 구조물을 형성하기 위한 튜브와 배수를 위한 튜브는 그 목적에서 중

요한 차이점이 있다. 투수성은 수리학적 채움 시 튜브 내에 슬러리의 침강이 국부적으로만 이루어지는 것을 방지하기 위하여 매우 중요한 요소이며 최대의 토사의 보유율은 토체의 안정성이 확보되는 것을 전제로 한다(Horace, 2002). 지오텍스타일 튜브의 효율성을 결정하는 투수특성은 채움토사를 효과적으로 보유하기 위한 필터효율(filtering efficiency)과 물을 신속히 배수하는 배수효율(dewatering efficiency)의 두 가지 특성이 상호 복합적으로 나타나기 때문에 필터효율과 배수효율의 계수를 도출해서 상호 비교 분석한다. 필터효율과 배수효율은 다음 식 (4)~(5)를 통하여 도출할 수 있으며, 유출구로 배출되는 누적 유량을 일정한 시간간격으로 측정해서 각 시험의 흐름률(flow rate)을 도출한다.

$$FE = \frac{TS_{initial} - TSS_{final}}{TS_{initial}} \times 100(\%) \quad (4)$$

여기서, $TS_{initial}$ 은 초기의 단위부피 l 당 토사의 무게(mg)이며, TSS_{final} 은 시험 후 투수물드를 통과한 슬러지의 단위부피 l 당 토사의 무게(mg)이다.

$$DE = \frac{FR_{test}}{FR_{raw}} \times 100(\%) \quad (5)$$

여기서, FR_{test} 는 시험결과 도출된 흐름율이며, FR_{raw} 는 물만 통과시킬 때의 흐름율을 의미한다.

3. 실내 장기필터성능 시험 및 실대형 현장시험

본 장에서는 지오텍스타일 재질에 따른 지오텍스타일 튜브의 필터특성 및 현장적용성 검토를 위해

수행한 실내 장기필터성능시험 및 실대형 현장시험의 내용과 방법에 대하여 설명한다. 실내 장기필터성능 시험은 폴리에스터와 폴리프로필렌의 두 가지 재료로 직조된 지오텍스타일과 송도 신도시 공유수면 매립현장에서 채취한 세가지 시료(사질토, 실트질 토사, 점토질 토사)와의 복합적 필터특성을 파악하기 위하여 실시하였다. 주입 슬러리의 함수비 상태, 펌핑압에 대한 투수특성의 영향을 파악하기 위해 함수비와 공기압 변화조건에서 시험을 실시하여 총 54회의 시험을 수행 및 분석하였다. 실대형 현장시험은 송도 신도시 공유수면 매립공사현장에서 실시하였으며 폴리에스터와 폴리프로필렌의 두 가지 지오텍스타일로 재봉하여 제작한 지오텍스타일 튜브를 사용하였다. 실대형 현장시험은 튜브공법의 현장 적용성을 파악하기 위하여 슬러리 폰드와 준설펌프를 이용한 수리학적 펌핑방법으로 수행하였다.

3.1 채움토사 및 지오텍스타일

장기 필터성능시험에 사용된 토사는 인천광역시 송도 신도시 공유수면 매립공사 현장에서 채취한 세 종류의 토사(사질토, 실트질 토사, 점토질 토사)를 사용하였으며 각 시료의 공학적 특성은 표 3에 나타난 바와 같다. 시험에 사용된 사질토는 실트와 자갈이 섞인 입도분포가 좋은 모래(SW-SM)으로 분류되었고, 실트질 토사는 모래섞인 자갈질 실트 점토(ML)로 분류되었으며, 점토질 토사는 모래가 섞인 얇은 점토(CL)로 분류되었다(신은철, 1999). 그림 2는 각각의 시료의 입도분포곡선을 나타낸 것이다.

지오텍스타일은 크게 직포, 부직포, 복합포로 구

표 3. 시험에 사용된 사질토의 공학적 특성

항목	결과		
	모래	실트	점토
유효입경, D_{10} (mm)	0.1068	0.03496	0.002497
비중, G_s	2.664	2.699	2.577
균등계수, C_u	5.6011	2.97	36.5639
곡률계수, C_c	1.2687	1.4549	6.7507
최대건조단위중량, $\gamma_{(dmax)}$ (t/m^3)	1.63	1.55	1.474
통일분류법	SW-SM	ML	CL

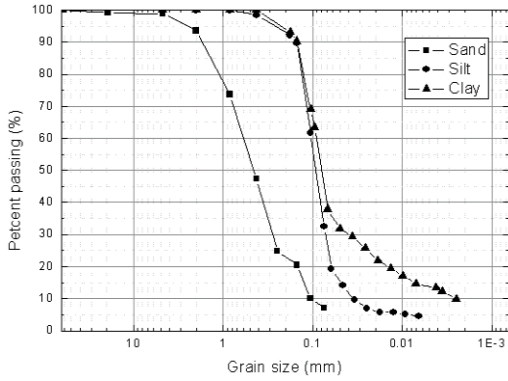


그림 2. 채움토사의 입도분포곡선

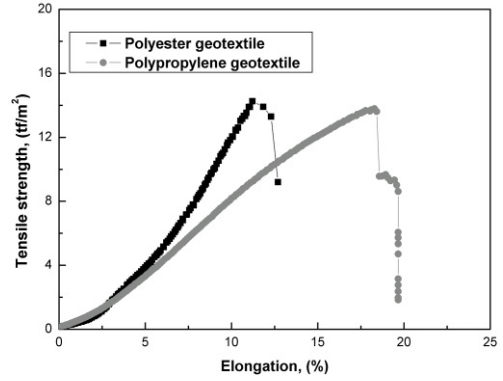
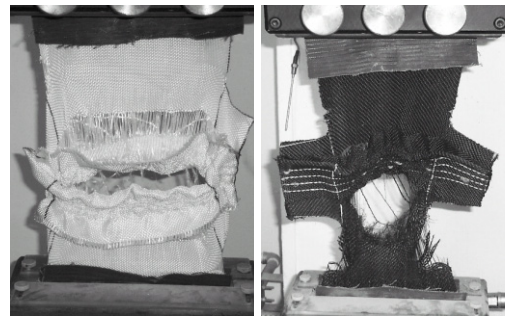


그림 3. 지오택스타일 인장강도시험 결과

분할 수 있으며, 재질 특성에 따라 폴리에스터 재질과 폴리프로필렌 재질로 구분된다. 최근 지오택스타일 튜브공법에 많이 적용되는 직조형태는 직포와 복합포가 있으며 해안 및 호안구조물, 항만 구조물 등에는 직포 단일로 많이 사용되며, 환경적인 적용분야에서는 외측에 강도를 위한 직포와 내측에 오염물질의 필터기능을 수행하기 위한 부직포를 복합적으로 적용한 복합포가 적용된다. 본 연구에서는 폴리프로필렌과 폴리에스터의 두 가지 재질의 직포형 지오택스타일을 사용하였으며 유사한 인장강도와 유효입경(AOS)을 갖는 제품을 선정하였다. 표 4는 시험에 사용된 지오택스타일의 물리적 특성을 나타낸 것이며, 그림 3은 ASTM D 4595에 명시된 광폭인장강도시험에 의한 강도곡선을 나타낸 것이다. 또한, 그림 4와 5는 각 시료의 봉합강도시험 장면과 시험결과를 나타낸 것이다.



(a) 폴리에스터 재질 (b) 폴리프로필렌 재질

그림 4. 봉합강도시험

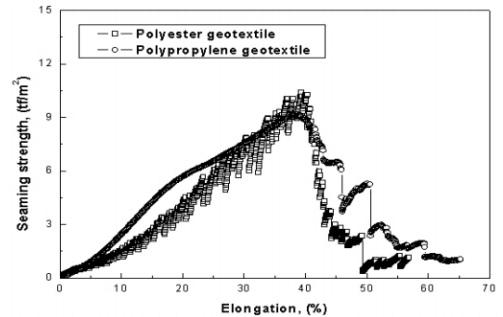


그림 5. 봉합강도시험 결과

3.2 장기필터성능 시험

실내 장기 필터성능시험은 튜브 내 슬러리의 상태

표 4. 부직포 토목섬유 필터의 물리적 특성

구분	단위	폴리에스터 재질	폴리프로필렌 재질	시험방법
인장강도 ¹⁾	tf/m ²	14.26	13.78	ASTM D 4595
인장신도	%	11	18	ASTM D 4595
봉합강도	kg	인장강도 이상	인장강도 이상	ASTM D 4884
비중	-	1.2	1.2	-
유효입경(AOS)	mm	0.15	0.16	ASTM D 4751

에 따른 지오텍스타일과 채움토사 간의 복합적 투수 특성을 규명하기 위해, 세 종류의 시료를 각각 함수비 200%, 300%, 400%의 초기 함수비와 펌핑압을 재현하기 위해 투수 몰드 내에 0.1kg/cm², 0.2kg/cm², 0.4kg/cm²의 세 가지 압력을 가하여 필터특성을 비교하여 총 54회의 시험을 실시하였다. 바다면에는 두 종류의 지오텍스타일(폴리에스터와 폴리프로필렌)을 깔고 슬러리를 주입한 상태에서 몰드내로 압력을 가하여 투수되는 슬러리의 누적되는 양을 시간별로 측정하여 토사 종류에 따른 지오텍스타일과의 복합적인 투수특성을 비교하였다. 그림 6은 시험에 사용한 필터성능 시험 장치의 모식도를 나타낸 것이다.

3.3 실대형 현장시험

실대형 현장시험은 인천광역시 송도신도시 공유수면 매립공사 현장에서 실시하였으며, 지오텍스타일은 폴리에스터 재질과 폴리프로필렌 재질을 사용하여 재봉된 제품을 제작하여 시험에 적용하였다. 사용된 채움토사는 남항 준설공사 현장에서 7km의 파이프라인으로 본 현장시험 지역에 매립공사 중인 모래질 토사를 사용하였다. 튜브내로의 채움작업은 준설펌프를 사용하였으며 슬러지 폰드를 축조하여 양수펌프를 이용하여 물을 압송하면 파이프 내에 진공압이 발생하고 이때의 흡입력에 의해 슬러지 상태의

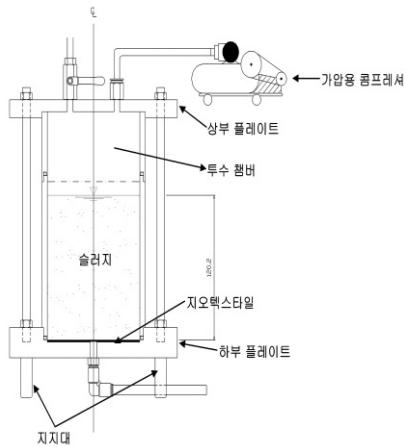


그림 6. 필터성능시험 개요도

토사를 준설하여 채움작업을 실시하였다. 실대형 현장시험은 총 4단계로 시공되며, 세부적 단계는 1단계 지반의 평탄작업, 2단계 수직응력계 매설, 3단계 튜브보호용 매트 포설, 4단계 단계적 튜브 채움 및 배수 단계로 실시하였다. 튜브는 총길이 25m, 주입구와 유출구의 간격 19m이며 주입구와 유출구에 수직응력계를 설치하여 주입시와 배수시의 하부 지반에 미치는 수직응력을 계측하였다. 그림 7은 실대형 현장시험장면을 나타낸 것이다.

4. 시험결과 및 분석

4.1 장기필터성능 시험결과

그림 8과 9는 모래와 점토토사에 대한 장기 필터성능 시험결과를 나타낸 것이다. 시험결과에 따른 필터효율 분석결과, 폴리프로필렌은 90.45~99.64%, 폴리에스터는 97.33~100%의 값을 나타내어 두 재질 모두 90% 이상의 필터효율을 보였으나 폴리에스

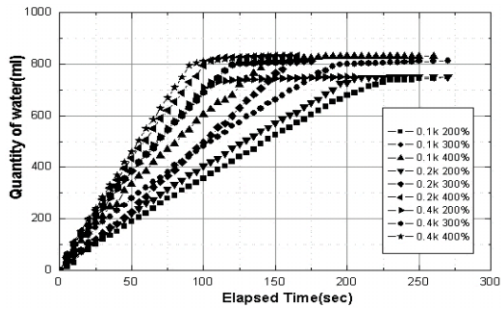


(a) 주입구에 배수관 연결

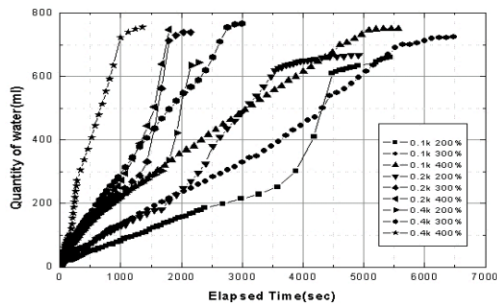


(b) 튜브 채움과정

그림 7. 실대형 현장시험 장면

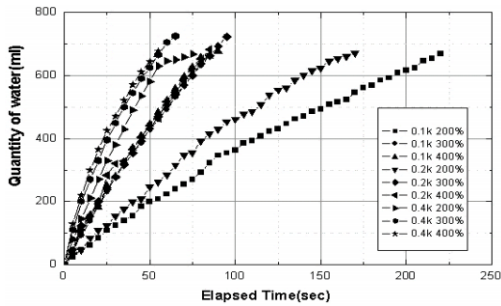


(a) 모래시험결과

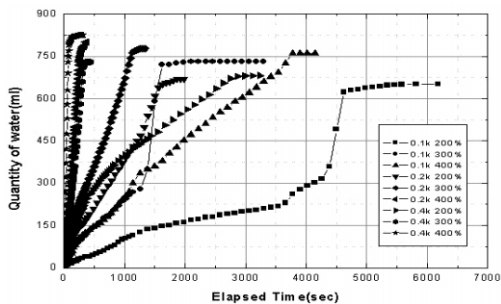


(b) 점토 시험결과

그림 8. 폴리에스터 재질의 지오텍스타일



(a) 모래시험결과



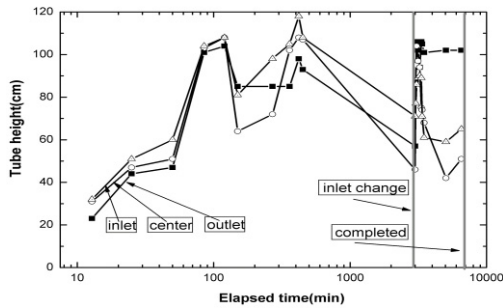
(b) 점토 시험결과

그림 9. 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일

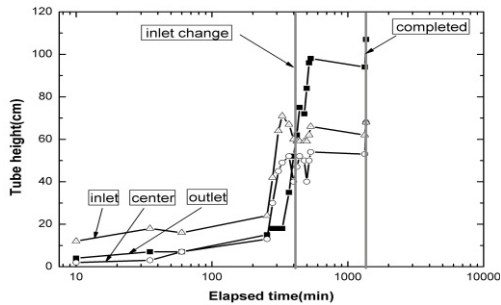
터 재질이 약간 높은 것을 도출되었다. 따라서 필터 효율에 따른 토사 보유력은 폴리에스터가 폴리프로필렌에 비해서 우수함을 알 수 있다. 반면, 배수효율 측정결과에 따르면 폴리프로필렌 사용 시는 2~31.15%, 폴리에스터는 0.31~17.34%로 폴리프로필렌이 최대 5배까지의 높은 효율특성을 갖고 있는 것으로 도출되었다. 따라서, 재질에 따른 지오텍스타일 튜브의 선정시 필터효율에 큰 차이가 없으며, 배수효율이 우수한 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일이 보다 효과적일 것으로 사료된다. 또한, 지오텍스타일 타일 튜브공법의 시공 시 필터효율과 배수효율은 수리학적 주입 압력보다는 슬러리의 초기함수비가 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

4.2 현장시험 결과

지오텍스타일 재질에 따른 튜브공법 적용성 분석은 튜브 주입단계마다 일정한 시간간격으로 높이와 폭, 바닥면 상부의 둘레 등 주입과정에서의 형태변화와 육안관찰을 통하여 분석하였다. 그림 10은 폴리에스터 튜브와 폴리프로필렌 튜브의 주입과정 시 높이 변화를 나타낸 것이다. 폴리에스터 재질의 지오텍스타일 튜브는 주입 시 배수가 원활하지 못하여, 내부에 수압이 작용하면서 채움작업의 장애요소로서 작용을 하였다. 토사가 멀리 이동되지 못하여 주입하는 위치에서만 가라앉는 경향을 보였으며, 소요 높이가 되면 주입을 정지하고 일정 시간동안 배수를 유도하였으나 주입구 주변에만 토사가 침전되는 현상을 보였다. 실제 현장 적용 시 배수지면에 따른 시공기간이 길어져서 적용성이 불량할 것으로 판단되었다. 또한, 최종단계에서 봉합사의 강도가 둘레방향의 인장력을 견디지 못하여 튜브의 봉합부위가 분리되는 결과를 나타내었다. 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일로 제작된 튜브는 폴리에스터 재질의 지오텍스타일 튜브의 채움과정과 달리 토사가 주입되면서 물은 바로 배수가 되는 경향을 나타내었다. 주입시 물이 빠르게 배출되면서 토사도 동시에 이동하여 전체적으로 토사가 채워지는 경향을 나타내었다. 채움과 동시에 내부에는 토사만이 남아 구조체를 형



(a) 폴리에스터 지오텍스타일 튜브



(b) 폴리프로필렌 지오텍스타일 튜브

그림 10. 실대형 현장시험 계속결과

성하여, 배수기간이 필요하지 않았다.

5. 결론

본 연구에서는 지오텍스타일 재질에 따른 필터 성능 및 튜브공법 적용성 거동분석을 위하여 실내 장기 필터성능 시험과 실대형 현장시험을 실시하였으며, 각 실험적 연구를 통한 결론은 다음과 같다.

1. 지오텍스타일과 슬러리의 특성에 따른 실내 장기 필터성능시험 결과, 주입시 발생하는 펌핑압력 보다는 슬러리의 초기 함수비가 투수특성에 주요한 영향요소로 작용되었다. 재질에 따른 토사의 보유율은 두 종류의 지오텍스타일 모두 90% 이상을 나타내어 현장 적용 시 문제가 없는 것으로 판단되나, 장기적인 투수효율은 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일이 약 5배 이상 우수한 것으로 도출되었다.
2. 현장 적용성 분석을 위한 실대형 현장시험 결과,

폴리에스터 재질의 튜브는 주입시 배수가 원활하지 못하여, 토사가 멀리 이동되지 못하고 주입하는 위치에서만 가라앉는 경향을 보였다. 또한 일정 높이의 주입후 배수를 유도하였으나 주입구 주변에만 토사가 침전되는 현상을 보였다. 실제 현장 적용 시 배수지면에 따른 시공기간이 길어져서 적용성이 불량할 것으로 판단되었다. 또한, 최종단계에서 봉합사의 강도가 둘레방향의 인장력을 견디지 못하여 튜브의 봉합부위가 분리되는 결과를 나타내었다.

3. 폴리프로필렌 재질의 지오텍스타일로 제작된 튜브는 폴리에스터 재질의 지오텍스타일 튜브의 채움 과정과 달리 토사가 주입되면서 물은 바로 배수가 되는 경향을 나타내었다. 주입시 물이 빠르게 배출되면서 토사도 동시에 이동하여 전체적으로 토사가 채워지는 경향을 나타내었다. 채움과 동시에 내부에는 토사만이 남아 구조체를 형성하여, 배수기간이 필요하지 않았다.

참고 문헌

1. 신은철, 오영인(1998), “지오텍스타일을 활용한 환경준설 매립”, 한국지반공학회 가을학술발표회 논문집 II, pp. 132~135.
2. 신은철, 오영인(2002), “영진만 지오텍스타일 튜브의 현장 시공계측 및 수리모형시험을 통한 안정성분석”, 한국지반공학회 봄학술발표회 논문집, pp. 549~556.
3. 이희재(2001), 국산지오텍스타일을 활용한 환경지오투브의 적용성 평가에 관한 연구, 인천대학교 대학원, 석사학위 논문.
4. 조삼덕(1998), “새로운 토목섬유의 적용기술”, '98년도 토목섬유(Geosynthetics) 기술세미나 논문집, pp. 269~295.
5. Bogossian, F., Smith, R. T., Vertematti, J. C., and Yazbek, O. (1982), “Continuous Retaining Dikes by Means of Geotextiles”, Proceedings, 2nd International Conference on Geotextiles, Vol. I, Las Vegas, pp. 211~216.
6. Gadd, P. E. (1988), “Sand bag slope protection: design, construction and performance”, Arctic Coastal Processes and Slope Protection Design, A. T. Chen and C. B. Leidersdorf, eds., ASCE, New York, pp. 145~165.
7. Giroud, J.P., (2000), “Filter Criteria” in Jubilee Volume 75th Anniversary of Karl Terzaghi's Erdbaumechanik, Technical University, Vienna, Austria.
8. Horace, K., Douglas, A., Xinghua, M. (2002), “Testing procedures to assess the viability of dewatering with

- geotextile tubes”, Geotestiles and Geomembranes, SPECIAL ISSUE ON GEOSYNTHETIC CONTAINERS, pp. 289~303.
27. Imai, G. (1980), “Settling Behavior of Clay Suspension”, Soils and Foundation, JSSMFE, Vol. 20, No. 2, pp. 61~77.
9. John, N. W. M. (1987), Geotextiles, Blackie & Son, Glasgow.
10. Koerner, R. M., and Koerner, G. R. (1996), “Geotextiles used as flexible forms”, Geotextiles and Geomembranes, 14(6), pp. 301~311.
11. Koerner, R. M., and Welsh, J. P. (1980), “Fabric forms conform to any shape”, Concrete Construction, 11(12), pp. 58~67.