

## 토목섬유매트를 활용한 호안축조공사 사례 연구

### Case History of Sea Dyke Construction Using Geotextile Mat

박 정 준<sup>1</sup> Park, Jeong-Jun  
김 성 환<sup>2</sup> Kim, Sung-Hwan  
신 은 철<sup>3\*</sup> Shin, Eun-Chul

#### ABSTRACT

Geosynthetic damage has attracted a major attention since the introduction of geotextiles for civil construction applications. Geotextile is one of the most useful and effective polymer material in civil construction works and the main function of geotextile is separation, reinforcement, filtering and drainage. Recently, because of the shortage of natural rock, traditional forms of river and coastal structures have become very expensive to build and maintain. This study tries to suggest the method of estimating valid stitching rate and the methodology of sea dyke construction over soft soils for more reasonable application of geotextile mat by studying tensile strength, bursting strength, punching strength, tear strength that are considered when analyzing and designing geotextile mat of a field.

#### 요 지

토목공사를 수행함에 있어 토목섬유가 적용된 이후 토목섬유의 손상에 대하여 많은 관심이 되어왔다. 토목용 섬유제품인 지오텍스타일은 주변 환경조건에 노출되는 고분자 재료로서 분리, 보강, 여과, 배수 등의 기능을 가지며 현재 제방공사, 해안하천의 호안공사, 간척공사 또는 도로, 철도 노상 안정 등의 분야에 광범위하게 이용되고 있다. 본 연구는 토목섬유매트의 현장 적용시 설계방법을 분석하였고, 설계시 고려되는 인장, 파열, 꿰뚫림, 인열강도의 관계와 더불어 인장강도와 봉합강도의 상관성에 대하여 평가하였다. 또한, 토목섬유매트 적용시 유효봉합율과 시험방법의 적정성, 경제성 등이 고려된 시공방법론 등을 제시하였다.

**Keywords** : Geotextile mat, Seam efficiency, Tensile strength, Sea dyke, Soft soils

#### 1. 서 론

흙은 토목공사를 수행함에 있어서 꼭 고려해야 하는 중요한 재료이며, 어디서나 쉽게 구할 수 있는 풍부한 재료이다. 그러나 시간과 환경조건에 따라 역학적 특성의 변화와 더불어 결속력이 강하지 않기 때문에 콘크리트나 강재에 비해 쉽게 변형을 일으켜 흙 자체만의 힘으로는 소정의 인장 강도를 나타내는데 한계가 있다. 이러한 흙의 강도를 개선하기 위한 하나의 방법으로 사용하는 것이 바로 토목

섬유의 활용이다(신은철 등, 2007).

용지 수요가 절대적으로 부족한 우리나라는 국토의 활용을 위해 준설, 매립 등의 대단위 토목공사가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 준설 매립지역에서의 호안 축조 공사는 가장 필수적인 사항이다. 즉, 호안 축조 공사가 안전한 형태의 용지로 활용할 수 있도록 지반보강이 필요한데 연약 지반의 시공여건을 개선할 수 있는 보강공법 중 토목 섬유를 활용하는 방법으로 지반 내에 섬유, 띠, 지오텍스타일과 같이 인장력을 지닌 보강재를 폭넓게 활용하고 있다.

1 정회원, 인천대학교 토목환경시스템공학과 연구교수 (Member, Research Professor, Civil & Environmental System Eng., University of Incheon)  
2 정회원, 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사과정 (Member, Ph.D Student, Civil & Environmental System Eng., University of Incheon)  
3\* 정회원, 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 (Member, Professor, Civil & Environmental System Eng., University of Incheon, E-mail: ecshin@incheon.ac.kr)

이 중 토목섬유 매트는 보강재로서의 성능이 우수하며, 토목섬유 자체의 공학적 특성으로 인한 수밀성 증대, 침투수의 차단기능 등의 여러 가지 장점을 가지고 있어 많은 분야에서 그 적용이 활발히 이루어지고 있는 상황이다. 특히, 현재 사용중인 토목섬유 매트의 소재는 폴리에스터, 폴리프로필렌 등이 사용되고 있으며, 연약 지반상 도로 및 단지 철도, 항만 등 다양한 분야에서 사용되고 있다(오영인 등, 2007). 이러한 토목섬유 매트의 사용이 증가함에 있어 토목섬유가 적용된 구조물이 내구년도 동안 제 기능을 발휘하기 위해서는 토목섬유의 적용환경에 따른 강도 감소량을 정량화함이 필요하다. 보강재로서의 공학적 특성 여부와 시공 후 강도의 저하에 대한 정성적 평가 후 구조물 설계에 반영함으로써 토목섬유 구조물의 사용의 효율을 극대화하고 시공에 있어서 안정성을 확보할 수 있다. 본 연구는 6개 지역 현장에 적용한 토목섬유매트의 설계 방법을 평가하고 설계시 고려되는 인자들에 대한 분석을 통하여 토목섬유매트 적용시 시험방법의 적정성, 경제성 등이 고려된 품질관리 방안을 제시하였다.

## 2. 토목섬유매트의 설계시 고려사항

토목섬유매트는 필터사석 및 모래 상부에 설치되어 배면토사의 유출을 방지하는 필터 기능 뿐만아니라 저면용매트는 제체사석 하부에 설치되어 연약지반상 호안의 지지력 보강과 불균등 침하, 원지반의 세굴방지 등의 목적으로 사용되고 있다(이만수 등, 2006).

토목섬유매트는 설계시 인장강도, 파열강도, 꿰뚫림강도, 인열강도, 유효구멍크기 등을 고려하여야 한다. 또한 내산성, 내알카리성이고, 특히 해수에 의한 저항성, 각종

외력 조건에 대하여 충분히 안정하여야 한다. 다음 표 1은 인천 ○○현장에서 사용된 토목섬유 매트의 시방기준을 나타낸 것이다.

### 2.1 인장강도

분리기능으로 사용된 저면용 토목섬유매트는 시공시 조립재료 사이에서 클램프 되어 인장력을 받으므로 이에 저항할 수 있는 인장강도를 다음 식 (1)과 같이 나타내었다.

$$R_g = FS \times \alpha \times b = FS \times P \times b^2 \times f(\epsilon) \quad (1)$$

여기서,  $R_g$ 는 지오텍스타일의 소요 그래브 인장강도( $kN$ ),  $FS$ 는 설계안전율,  $\alpha$ 는 지오텍스타일에 작용되는 단위폭당 인장력( $kN/m$ ),  $P$ 는 지오텍스타일에 가해지는 유효연직응력( $kPa$ ),  $b$ 는 인근 사석간의 평균거리,  $f(\epsilon)$ 는 신도함수,  $\epsilon$ 는 인장신도이다.

### 2.2 파열강도

그림 1은 토목섬유의 파열 및 꿰뚫림 현상을 나타낸 것으로서 조립재료와 세립토 사이에 위치한 토목섬유매트는 토압으로 인해 조립재료 사이의 간극에 놓여지는 부분이 파열될 우려가 있으므로 이에 저항할 수 있는 파열강도를 다음 식 (2)와 같이 나타내었다(Raumann, 1979).

$$R_b = FS \times P \times \frac{b}{b_0} \quad (2)$$

여기서,  $R_b$ 는 토목섬유매트의 소요파열강도( $kPa$ ),  $P$ 는 토목섬유매트에 가해지는 유효연직응력( $kPa$ ),  $FS$ 는 설계안

표 1. 토목섬유매트의 시방기준(인천경제자유구역청, 2006)

항 목	단 위	저면매트	필터매트	시험방법
재 질	-	POLYESTER(P,E)	POLYESTER(P,E)	FTIR법
인장강도	t/m	10 이상	10 이상	KS K ISO 10319
봉합강도	t/m	인장강도 이상을 원칙으로 함	인장강도 이상을 원칙으로 함	KS K ISO 10321
인장신도	%	10~30% 이상	50% 이상	KS K ISO 10319
투수계수	cm/sec	$\alpha \times 10^{-2} \sim \alpha \times 10^{-4}$ ( $\alpha=1\sim9$ )	$\alpha \times 10^{-1}$ 이상 ( $\alpha=1\sim9$ )	
중 량	g/m <sup>2</sup>	700 이상 (직포300 이상, 부직포400 이상)	900 이상	KS K ISO 9864
두께	mm	-	5 이상	
형상	-	복합포(직포+부직포)	부직포	육안감별

전을,  $b$ 는 인근 사석간의 평균거리,  $b_b$ 는 원형구멍의 직경 (=  $30.5mm$ )이다.

### 2.3 꿰뚫림 강도

분리기능으로 사용된 토목섬유매트는 조립재료의 날카로운 모서리에 의한 꿰뚫림에 저항할 수 있는 충분한 강도를 가져야 한다. 꿰뚫림 강도는 매트와 돌출된 조립재료 사이의 접촉력에 의해 결정된다. 크기가  $100mm$ 보다 작은 자갈의 경우에는 단지 한 개의 접촉점을 가지므로 꿰뚫림 강도  $R_p$ 는 다음 식 (3)으로 구할 수 있다.

$$R_p = FS \times P \times d^2 \quad (3)$$

여기서,  $P$ 는 지오텍스타일에 가해지는 유효연직응력( $kPa$ ),  $d$ 는 조립재의 평균직경( $m$ ),  $FS$ 는 설계안전율이다.

### 2.4 인열강도

그림 2는 트레피조이드법에 의한 토목섬유의 인열상태를 나타낸 것으로서 토목섬유매트를 포설하는 중에 매트가 약간 찢어졌다면, 구조물이 완성된 후에 이 찢어진 곳은 작용된 인장력으로 인해 더욱 크게 찢어져 구조물의 파괴를 야기시킬 수 있다. 따라서, 토목섬유매트의 인열강도( $R_t$ )는 그레브 인장강도( $R_g$ )와 동일한 값을 사용한다.

### 2.5 유효구멍크기

토목섬유매트를 통한 흙입자의 유실방지는 물론 세립토의 소성흐름을 방지하기 위해 유효 구멍크기는 충분히 작아야 한다. 저면용 토목섬유매트의 설계시에는 필터용에서와 같은 방법으로 다음 표 2와 같은 설계 기준을 사용하여 소요유효구멍크기를 결정한다.

## 3. 토목섬유매트의 현장사례 분석

### 3.1 현장사례

본 연구에서는 토목섬유매트가 적용된 호안축조공사 현장 6개 지점에 대하여 기술적 평가를 수행하였다. 현장 적용시 설계조건에 대한 사항은 표 3에 나타난 바와 같다. 설계 검토 결과, 토목섬유매트에 대한 설계는 해석상 많은

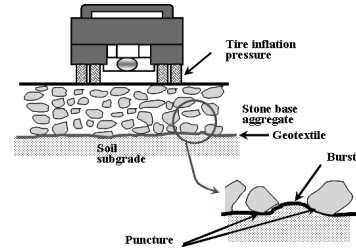


그림 1. 토목섬유의 파열 및 꿰뚫림 현상

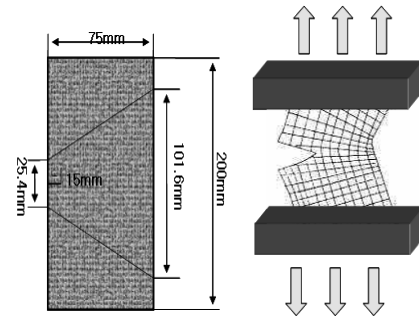


그림 2. 토목섬유의 인열상태

표 2. 일방향 흐름에 대한 토목섬유매트의 역학적 설계 기준

흙의 구성	토목섬유매트의 형태	설계기준
$C_u > 4$ 인 세립토	직포, 부직포	$O_{95} < d_{85}, O_{95} \geq 0.05mm$
$C_u < 4$ 인 세립토		$O_{95} < 0.8d_{50}, O_{95} \geq 0.05mm$

$O_{95}$  : 토목섬유매트의 95% 통과 백분율에 해당하는 구멍 크기  
 $d_{85}$  : 흙의 85% 통과 백분율에 해당하는 입경  
 $d_{50}$  : 흙의 50% 통과 백분율에 해당하는 입경  
 $C_u$  : 균등계수

표 3. 현장적용 사례 및 설계검토내용

현장사례 검토내용		인천항 제 3 준설토 투기장	인천 북항 다목적 부두	평택 아산항 외곽호안 2공구	군장지구	군장 신항만 남측 안벽 3공구	송도 6.8 공구 공유수면매립
설계 조건	유효구멍크기	$C_u = 4.5$ $d_{85} = 0.07mm$	-	-	-	-	-
	꿰뚫림강도	0,28tonf	0,57tonf	5,49tonf	0,418tonf	0,41tonf	0,14tonf
	파열강도	36,59tf/m <sup>2</sup>	75,26tf/m <sup>2</sup>	240tf/m <sup>2</sup>	136,92tf/m <sup>2</sup>	134,69tf/m <sup>2</sup>	33,44tf/m <sup>2</sup>
	인장강도	0,15tonf	0,316tonf	3,18tonf	0,209tonf	0,22tonf	0,44tonf
	인열강도	0,15tonf	0,316tonf	-	0,418tonf	-	0,14tonf
재료선정		5tf/m	5tf/m	10tf/m	10tf/m	10tf/m	10tf/m

가정과 불합리한 점이 내포되어 있으므로 계산결과와 현장적용에는 차이가 있을 수 있어 현장여건 및 시공경험 등을 충분히 고려하여 적정 규격이 선정되었다. 또한, 해석의 불확실성 및 현장 여건 등을 감안하여 계산치 보다 다소 강도가 큰 값을 산정한 것으로 나타났다.

호안축조시 제방 하부에 설치하는 저면매트의 분리 및 보강기능과 제방 사면의 사석 상부에 설치되어 배면토사의 유출을 방지하는 필터 기능을 수행하는 토목섬유매트의 품질관리 확보를 위한 것으로서, 설계과정을 거쳐 구조 및 수리계산서에 제시된 저면매트와 필터매트에 대한 설계를 분석한 결과, 설계과정 중 제시된 소요인장강도, 파열강도, 꿰뚫림강도, 인열강도, 인장신도 등을 고려한 것은 적절하다고 판단된다. 그러나, 최종 강도결정을 통한 토목섬유매트의 규격 결정시 다소 과다설계가 예측되어 좀 더 구체적이고 합리적인 기술 평가 및 이에 대한 방안이 수립되어야 할 것으로 나타났다.

### 3.2 토목섬유매트의 성능평가

토목섬유매트의 현장 적용 사례를 통하여 보다 공학적인 기술 평가 방법을 제안하고자 3.1절에서 언급된 설계조건에 대하여 분석을 수행하였다. 다음 표 4는 현재 인장강도 시험에 일반적으로 사용되고 있는 그레브법과 광폭스트립법에 대한 규격별 시험 조건을 나타낸 것이다. 토목섬유매트에 적용되는 시험방법 중 광폭스트립법은 기존의 그레브법을 통한 인장강도의 시험방법보다 안정관리 기준치를 강화한 것으로서 호안축조시 조립재료 사이에서 클램프 되어 인장력을 받기 때문에 이에 대하여 저항할 수 있도록 인장강도를 가져야 한다.

즉, 토목섬유매트와 현장에 적용된 흙의 마찰작용에 기인하여 인장력이 발생 한다. 따라서, 이들의 인장력 발생에 대한 손상을 방지하기 위하여 토목섬유가 보강된 호안축조 공사시 토목섬유매트의 파단붕괴 예측에 따른 매트

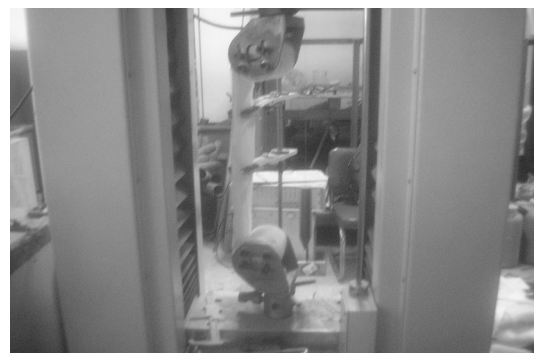
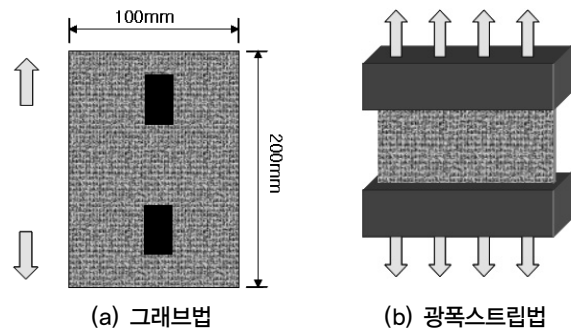
표 4. 토목섬유의 인장강도 시험규격별 시험조건 비교

시험방법	시험편 크기 (mm)		시험속도	파지거리
	폭	길이		
KS K 0743, ASTM D 4632	101.6	203.2	300mm/min	75 ± 1mm
KS K ISO 10319, ISO 10319, BS EN ISO 10319	200	100	20% strain rate/min	60 or 100mm
ASTM D 4595	200	200	10% strain rate/min	100mm

의 소요 인장강도를 검토하였다. 또한, 최근 국내외의 경우 토목섬유의 성능평가와 관련된 사항으로는 현존하는 KS 시험방법들은 점차 국제규격 부합화에 의해 토목섬유의 인장강도와 봉합강도 시험시 광폭스트립법으로 권장하는 점을 고려하여, 현장 시공조건(필터, 저면매트)에 따라 시험법을 달리하여 적용해야 할 것으로 판단된다.

#### 3.2.1 인장강도 및 봉합강도 시험방법

토목섬유의 역학적 특성중에서 인장강도는 가장 중요하고 기본적인 성능으로 분류된다. 인장강도 시험방법은 그레브법과 광폭스트립법으로 크게 구분할 수 있으며, 그림 3에 시험방법별 시험편 파지모양과 수행된 시험장치를 각각 나타내었다. 토목섬유는 일정한 폭을 가진 형태의 제품으로 생산되어진다. 이 때문에 현장에서 포설을 할 때 토목섬유의 가장자리를 연결하여 사용하는데, 이 때 연결하는 방법으로 봉합을 하게 된다. 토목섬유의 원단부분이 보유하고 있는 인장강도가 시방기준과 일치한다고 해도 연결 또는 봉합된 부위의 인장강도가 기준에 부적합하다면 본래의 사용목적에 달성할 수 없을 것이다. 따라서 시공조건에 맞는 봉합강도 시험을 수행하여 긴장상태 혹은 강도저하 등의 문제점이 있는지를 확인하여야 한다. 토목섬유의 봉합강도를 측정하기 위한 방법 또한 일정한 폭을



(c) 시험 전경

그림 3. 토목섬유 인장강도 시험편 파지형태 및 시험전경

가진 시험편을 인장강도 시험방법을 적용하여 시험한다. 그림 4는 봉합선이 시험편의 중앙부분에 오게 샘플링을 하여 클램프와 평행하게 구속시키고, 규정된 인장속도로 시험을 실시하였다. 시험 진행중 봉합부위에서의 긴장상태를 관찰하여 토목섬유의 파단 상태를 확인하였다.

### 3.2.2 인장강도 및 봉합강도 시험결과

현장에 적용된 저면매트에 대하여 인장강도와 봉합강도를 광폭스트립법으로 수행하였다. 그림 5는 사용된 토목섬유매트의 시험결과를 나타낸 것으로서 인장강도 시험시 50mm/min의 속도로 인장변형과 인장력을 측정하였다. 각각 3회의 시험을 통한 평균 인장강도 시험 결과는 109.4kN/m로 도출되었다. 봉합강도 시험의 기본적인 시험편은 폭 200mm의 시험편을 사용하였고, 봉합 부위의 안정성을 위해 양쪽 가장자리에서 25mm를 확장하여 시험을 수행하였다. 인장강도 시험과정과 마찬가지로 각각 3회를 실시하여 나타난 봉합강도는 83.1kN/m로 도출되었다.

상기 결과를 바탕으로 토목섬유매트의 유효봉합율 평가

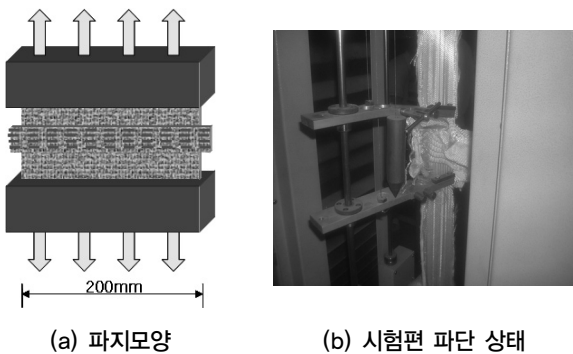


그림 4. 봉합강도 시험

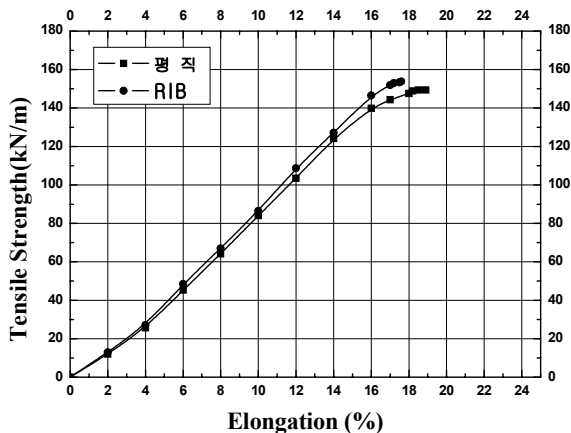


그림 5. 토목섬유 매트의 인장강도 시험결과

가와 호안축조시 토목섬유매트의 파단붕괴 예측에 따른 소요 인장강도를 도출하여 현장에서 토목섬유매트의 적절한 품질기준을 확보하기 위한 방법을 제시하였다.

## 4. 토목섬유매트의 품질관리 및 제안

### 4.1 봉합강도의 유효봉합율 평가

Wayne, et al.(1990), Koerner(2005)는 다음 방정식에 나타낸 바와 같이 대략 20kN/m의 인장강도를 나타내는 매우 봉합이 양호한 토목섬유를 광폭시험법에 의한 평가 시험결과, 유효봉합율은 85% 정도 도출됨을 나타내었다.

$$E(\%) = \frac{T_{seam}}{T_{geotextile}} \times 100 \quad (4)$$

여기서, E는 유효 봉합율(%),  $T_{seam}$ 는 광폭 봉합 강도,  $T_{geotextile}$ 는 미봉합시 광폭 토목섬유 강도이다.

그림 6에 나타낸 바와 같이 토목섬유강도가 강해짐에 따라 봉합강도의 효율은 점점 감소하는 것을 보이고 있다. 인장강도가 50kN/m 이상일 경우, 대부분의 유효봉합율은 75% 이하로 감소하였고, 200~250kN/m 이상일 경우에는 최대 50%의 유효봉합율을 나타내었다.

따라서, 본 연구에서는 현장의 시방기준에 나타낸 바와 같이 인장강도가 100kN/m이면 유효봉합율은 60~70%로 예측할 수 있으며, 시방기준에 적합한 인장강도를 만족하기 위해서 사용된 토목섬유를 접합하게 되면, 부적절한 봉합으로 인하여 섬유간 인장응력의 손실로 봉합강도에 직접적인 영향을 미치게 된다. 따라서 현장에 토목섬유매트를 적용하기 위해서 유효봉합율을 고려하여 적용하는 것이 품질관리상 만족된 결과를 도출할 것으로 판단된다.

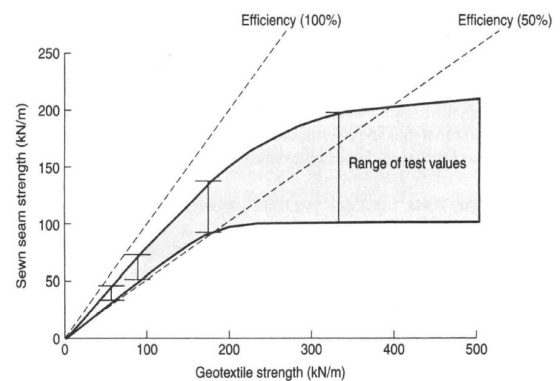


그림 6. 토목섬유 인장강도에 따른 봉합강도의 유효율 거동

## 4.2 토목섬유 매트 of 인장강도 평가

그림 7에 나타난 바와 같이 토목섬유가 기초지반 위에 서 활동파괴에 저항하기 위한 충분한 마찰력을 가정할 경우, 토목섬유의 인장강도는 보강재를 통하여 파괴에 저항할 수 있다(한국지반공학회, 1998).

따라서, 인장강도 부족으로 인한 파단붕괴의 안전율은 다음 식 (5)에 나타난 바와 같이 토목섬유 보강재의 소요 인장강도 및 점착력과 주동토압비로 나타낼 수 있다. 여기서, 파단붕괴에 대한 안전율은 1.5이다.

$$F.S = \frac{2(b c_a + T_r)}{K_a \gamma_1 H^2} \quad (5)$$

여기서,  $c_a$ 은 직접전단시험으로부터 결정된 점착력,  $T_r$ 은 소요인장강도,  $\gamma_1$ 은 성토제방 흙의 단위중량이다.

토목섬유 매트의 소요인장강도를 결정하기 위하여 그림 8에서와 같이 현장의 대표단면을 정하여 토목섬유와 흙사이에서 발생하는 점착력을 산정하였다. 전단강도는 ① 수집된 설계도서 결과, ② 현장에서의 콘관입시험과 베인전단시험을 통하여 획득한 시험 결과, ③ 대형직접전단 시험장치를 이용하여 토목섬유매트와 점토의 점착력을 각각 평가하여 산정하였다(신은철, 2007).

즉, 수집된 설계도서를 통한 점착력은 Terzaghi가 제안한 기초의 국부전단파괴시 점착력,  $c' = \frac{2}{3} c$ 을 고려하여 점착력은  $16.7kPa$ 로 결정하였다. 또한, 현장시험을 통한 콘관입시

험과 베인전단시험 결과, 산정된 점착력은  $10 \sim 13kPa$ 로 나타났다.

한편, 대형직접전단시험(ASTM D 5321)을 이용하여 상부 전단박스에는 점토를 하부에는 Dummy Block에 토목섬유매트를 고정시켜 전단강도 결과를 산정하였으며, 시험 결과 토목섬유매트와 점토의 점착력은  $10.5kPa$ 으로 나타났다.

즉, 산정된 점착력을 식 (5)에 적용하여 호안축조시 소요인장강도를 산정한 결과,  $53.6kN/m$ 이 도출되었다.

따라서, 이러한 시험결과로 볼 때, 토목섬유매트 인장강도의  $100kN/m$  기준치는 인장강도의 안정관리 기준치를 강화한 것으로 판단되며, 토목섬유 매트 품질이 저하된 경우 혹은 시공성과 경제성을 고려하지 못한 과다 설계 등을 우려해 볼 수 있다.

## 4.3 복합포의 원재료 혼합 제조공정에 따른 품질관리 방안

현재 시방기준에 제시된 저면매트와 필터매트의 부직포는 원료가 폴리에스터로 구성되어 있다. 그러나 시방기준의 인장강도와 봉합강도 기준을 만족시키기 위하여 매트의 원료인 폴리에스터와 폴리프로필렌을 혼합 제조공정을 통한 강도 증진 효과를 살펴보았다.

실제 섬유고분자 재료들은 각각의 고유 특성을 가지고 있으며 토목섬유의 다양한 기능에 적합한 특성을 갖기 위해 여러 가지 첨가제를 혼합하고 제조공정도 제품마다 다르다. 즉, 부직포의 경우 니들펀칭의 제조 공정으로 제품을 생산하게 되는데, 단섬유 원료가 폴리에스터인 경우는 단섬유를 랜덤하게 배열하여 결합시킨 형태로 섬유와 섬유사이가 조밀하게 엉켜지는 결속력이 약하여 상대적으로 강도가 떨어진다. 그러나 단섬유 원료가 폴리프로필렌인 경우에는 폴리에스터 보다 단섬유간 구성섬유들이 무질서하게 엉켜있는 결속력이 2배 이상으로 보고되고 있어 역학적 특성인 강도 측면에서는 유리한 것으로 판단된다. 따라서 단섬유 원료인 폴리프로필렌과 폴리에스터를 혼합제조하면 강도 증진 효과를 예측할 수 있다.

또한, 지오텍스타일 제품의 제조에 사용되는 고분자 재료들은 대량으로 생산되는 경우가 많기 때문에 우선 경제적인 측면에서 가격이 비쌀 경우 경쟁력이 없어지므로 성능이 비슷한 경우에는 제조단가가 저렴해야 할 것이다. 이러한 점을 감안하여 부직포 토목섬유매트의 경우에는 이미 재생 폴리에스터 원료를 사용한 제품이 제조, 판매되

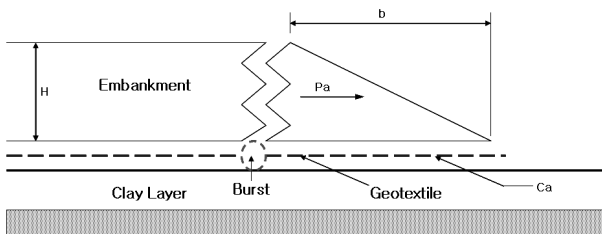


그림 7. 호안 축조시 요구되는 소요인장강도

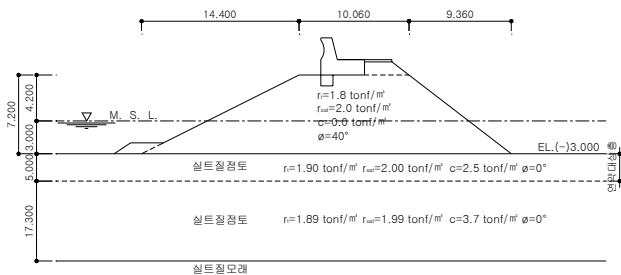


그림 8. 호안 축조 대표 단면

고 있다.

환경친화적인 측면에서 고분자 재료에 대한 특수기능의 첨가제와 원료수지 및 제조공정 등이 개선되었으며, 그 적합성에 대한 해결이 빠르게 진행되고 있는바 향후 폴리프로필렌과 폴리에스터를 혼합 제조하여 적용함은 타당성이 있다고 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 호안축조시 제방 하부에 설치하는 저면매트의 분리 및 보강기능과 제방 사면의 사석 상부에 설치되어 배면토사의 유출을 방지하는 필터 기능을 하는 토목섬유매트의 품질관리 확보를 위한 것으로서, 설계과정을 거쳐 구조 및 수리계산서에 제시된 저면매트와 필터매트에 대한 설계 사례를 분석한 결과, 설계에서는 적절하게 결과를 유도하였으나, 최종 강도결정을 통한 토목섬유매트의 규격 결정시 다소 과다설계가 예측되어 좀 더 합리적인 기술 접근 및 방안을 제시하였다.

1. 현장에 적용된 토목섬유매트의 설계자료를 분석하였고, 인장강도와 봉합강도 시험결과와 타당성을 확인하기 위하여 광폭스트립법으로 시험을 수행한 결과, 평균 인장강도는  $109.4kN/m$ , 봉합강도는  $83.1kN/m$ 로 도출되었다. 따라서, 유효봉합을 평가와 토목섬유매트의 판단봉과 예측에 따른 매트의 소요 인장강도를 제시하였다. 시방기준에 제시된 바와 같이 인장강도가  $100kN/m$ 일 때, 토목섬유 인장강도에 따른 봉합강도의 유효율 거동에 나타난 바와 같이 유효봉합율은 60~70%로 예측할 수 있고, 광폭스트립 방법으로 나타난 봉합강도시험결과는  $79.8kN/m$ 으로서 유효봉합율 60% 이상을 만족하고 있어 봉합강도는 품질관리상 만족된 결과인 것으로 판단된다.
2. 토목섬유 보강재의 소요인장강도를 결정하기 위하여 전단시험으로 도출된 점착력  $10.5kPa$ 을 적용하여 호안축조시 소요인장강도는  $53.6kN/m$ 로 도출되었다. 따라서, 현장에서 제시된 토목섬유매트 인장강도의  $100kN/m$  기준치는 안정관리 기준치를 강화한 것으로 판단되며, 토목섬유 매트 품질이 저하된 경우 혹은 시공

성과 경제성을 고려하지 못한 과다 설계일 것으로 예측할 수 있다.

3. 필터매트와 저면매트의 부직포의 강도를 고려할 때, 단섬유 원료가 폴리프로필렌의 경우, 폴리에스터 보다 단섬유간 구성섬유들이 무질서하게 엉켜있는 결속력이 2배 이상으로 강도 측면에서는 유리한 것으로 나타난바, 폴리프로필렌과 폴리에스터를 혼합제조하면 강도 증진 효과를 예측할 수 있다. 또한, 시방기준에 적합한 인장강도를 만족하기 위해서 토목섬유를 접합하게 되면, 부적절한 봉합으로 인하여 섬유간 인장응력의 손실로 유효봉합률은 더욱 감소하여 봉합강도에 직접적인 영향을 미칠 것으로 판단되므로 혼합제조와 동시에 상기 기술된 유효봉합율과 항만 및 어항공사 전문시방서(해양수산부, 2005)을 감안하여 부직포의 인장강도에 대한 시방기준을 결정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 참고문헌

1. 신은철 (2007), 호안축조공사 관련 토목섬유매트의 품질 관리 검토서, 인천대학교.
2. 신은철, 김수완, 박정준 (2007), “토목섬유 매트 형태에 따른 인장강도 특성 분석”, 한국토목섬유학회 가을학술발표회, pp. 161-168.
3. 오영인, 유전용, 김현태 (2007), “튜브형 매트리스를 활용한 방조제 필터공 축조사례 연구”, 한국토목섬유학회 논문집, 제6권, 1호, pp. 9-16.
4. 이만수, 지성현, 양태선 (2006), “연약한 준설점토상 매립시 포설된 PET 매트와 지반거동에 관한 연구”, 한국지반공학회 논문집, 제22권, 3호, pp. 13-21.
5. 인천광역시 경제자유구역청 (2006), 송도 국제도시 6, 8 공구 공유수면매립공사 공사시방서.
6. 한국지반공학회 (1998), 토목섬유 설계 및 시공요령.
7. 해양수산부 (2005), 항만 및 어항공사 전문시방서.
8. Koerner, R.M. (2005), *Designing with Geosynthetics*, 5th Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, p.119.
9. Raumann, G. (1979), “A Hydraulic Tensile Test with Zero Transverse Strain for Geotechnical Fabrics”, *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, pp.69-76.
10. Wayne, M.H., Carey, J.E., and Koerner, R.M. (1990), “Epoxy Bonding of Geotextiles”, *Journal of Geotextiles and Geomembranes*, Vol.9, No.4-6, pp.559-564.

(논문접수일 2008. 5. 2, 심사완료일 2008. 5. 30)