

# 2000년 토목섬유의 활용기술

신은철\*1, 심재범\*2, 전한용\*3, 김영운\*4, 조관영\*5

## 1. 서언

오늘날의 토목섬유는 오랜 옛날부터 보강재로 사용되어 오던 천연섬유재료의 강도, 내구성 등의 문제점을 개선하기 위하여, 토목기술자 및 섬유기술자들의 광범위한 연구결과, 1960년대에 최초로 고분자합성섬유 제품인 토목섬유(Geosynthetics)가 개발되어 사용되었다. 토목섬유는 시공성 및 적용성의 우수성과 그리고 경제성이 있어 최근 각종 토목구조물에 보강, 필터, 배수, 분리, 침식방지 등으로 폭넓게 사용되고 있다.

초창기의 토목섬유는 일반 의류재질의 섬유(직포, 부직포)를 활용한 지오텍스타일(geotextile)이 주를 이루었으며, 사용량의 증가와 활용 용도의 확대를 통하여 1980년도와 1985년도 사이에 지오네트(geonet), 지오그리드(geogrid), 지오멤브레인(geomembrane)등이 등장하였다. 이어 여러 종류의 지오컴포지트(geocomposite)가 소개 되었다. 토목섬유 점토차수재(Geosynthetic Clay Liners)는 1985년도와 1990년도 사이에 나타나 번창하게 되었다. 1990년도 이후 기타 토목관련제품, 예를 들면 침식방지 토목섬유(geo-erosion control materials), 지오폴(geoform), 그리고 지오파이프(geopipe) 등이 등장하여 토목섬유 관련 시장과 현장에 적용되었다.

토목섬유의 개발초기에는 직포와 부직포의 의미를 포괄한 용어가 사용되었으나, 최근 다양한 제품의 개발과 적용으로 보다 광범위한 섬유재료를 대

변할 수 있는 토목섬유라는 용어를 사용하고 있다. 이 토목섬유는 지오메카닉(Geomechanics)과 신세틱(Synthetics)이 합쳐져서 만들어진 용어로 1986년 국제통용어로 제안되어 사용되어 지고 있다.

따라서, 국내의 토목섬유 기술의 발전을 도모하기 위하여 그와 관련된 과거기록을 정리하여 어떠한 모습으로 발전하였는지를 알 수 있도록 그 변천사에 대하여 반추하여 보았다. 또한, 현재 진행되고 있는 기술의 현황과 문제점을 고찰함으로써 현행 관련기술의 문제점에 관하여 재인식을 하고 향후 어떠한 방향으로 토목섬유 기술발전을 도모하여야 할 것인가에 대한 전망을 하여 보았다.

## 2. 기술 변천사

### 2.1 제조분야

1920년대 미국에서 최초 사용하기 시작한 토목섬유는 국내에서 1970년초 아산만 방조제 공사에 사용한 이래로 도로, 항만, 공항, 환경, 수자원 등의 분야에서 괄목할 만한 성장을 이룩하였다. 사용 초기 극히 제한된 공사에 적용했던 토목섬유는 1980년초 한강종합개발사업, 낙동강유역 종합개발, 시화지구개발사업, 중부고속도로 등 대형공사에 사용이 증가하였고, 1990년도 들어 그 사용량은 기하급수적으로 증가하였다. 더불어 새로운 소재의 신제품 개발이 다양하게 출시되고 있으며, 현재 국내에서 사용하고 있는 토목섬유의 종류만도 약 30여종이 넘고있는 실정이다

향후 다양한 산업발달과 함께 더욱 복합적인 기능을 요구하는 제품들이 개발되어 사용될 것으로

\*1 정회원, 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수

\*2 정회원, 한국철도대학 토목공학과 교수

\*3 정회원, 전남대학교 섬유공학과 교수

\*4 정회원, 보강기술(주) 기술연구소장

\*5 정회원, 대한산자공업 주식회사 상무이사

보이며, 지금까지 양적 생산 위주에서 고품질, 고부가가치 제품으로의 전환이 이루어 질 것으로 보인다. 이러한 시점에서 제조업의 현황과 미래의 건설적인 업체의 역할 및 방향에 대하여 고찰하여 보는 것은 매우 큰 의미를 지닐 것으로 생각한다.

**(1) 제조형태 및 특징**

▶ 1기(1970~1980)

- 영세소기업 형태의 극소수업체 PP Woven매트 제조
- 접착식 페이퍼드레인보드(Paper Drain Board) 생산
- 극히 제한적 공사에 적용 : 아산만 방조제 공사, 창원적현단지 등

▶ 2기(1980~1989)

- 대기업 출현, 중소기업형 업체
- Non-Woven매트(단섬유부직포, 장섬유부직포), PET Woven매트, 지오멤브레인, 컴포지트형 제품생산(복합포 매트, 차수매트)
- 수요는 확대되었으나 Woven과 Non-Woven이 주류를 이룸
- 한강종합개발, 낙동강유역종합개발, 시화지구 개발사업, 중부고속도로 등

▶ 3기(1990~1995)

- 과다 경쟁시작, 업체의 난립으로 도산업체 축소
- 포켓식 Plastic Board drain생산
- 수요는 급속히 증가, 하천정비 및 매립장 건설로 부직포 및 지오멤브레인 사용으로 급속히 증가
- 토목섬유의 이론적 메카니즘 규명을 위한 연구시작, 전문시험기관의 태동

▶ 4기(1995~1999)

- 신제품 개발 확산, 일부업체 해외 수출활발, 도산업체 증가
- 토목섬유 점토 차수재, 지오그리드, 지오네트, 지오투브 등

- 용도확장으로 다양한 토목공사에 적용, 대규모 항만개발 및 서해안 고속도로, 매립장, 인천 신공항 공사 등에서 대량사용
- 전문성을 갖춘 업체들 출현, 중소기업들의 연구투자 참여활발, 학계연구활발, 일부 대기업 퇴보현상

**(2) 토목섬유 제조 및 시공공정관리**

토목용 섬유제품의 제조 및 시공 시 발생하는 모든 문제들은 전반적으로 제품의 내구성과 용도결정에 중요한 영향을 미친다. 특히, 시공 후 토목용 섬유제품의 불합특성, 찢김 저항성, 마찰특성, 내구성 등은 적합한 재료를 어떻게 선택, 사용하느냐에 따라 달라지며 이를 해결하기 위한 방법으로 지시된 시험법에 의거, 관련 물성들을 측정후 이를 MQC(Manufacturing Quality Control)/MQA(Manufacturing Quality Assurance), CQC(Construction Quality Control)/CQA(Construction Quality Assurance) 평가에 사용된다.

**A. 제조 품질관리(MQC)와 제조품질인증(MQA)에 의한 토목섬유재료의 발전**

1982년도에 미국환경청에서 폐기물 매립장에 지오멤브레인을 사용하도록 규정화 하였다. 약 20여 개 지오멤브레인이 생산되었다가 다음과 같은 품질관리시험에 의하여 5개의 폴리머 지오멤브레인만 남게 되었다.

- 시간경과에 따른 지오멤브레인의 접합부분 강도시험 실시
- EPA 9090 침수에 의한 화학적 안정성 검토
- 레신 제조업체들에 의한 법적문제
- 새로운 열 융합에 의한 접합기술

이 다섯종류의 지오멤브레인은 PVC, CSPE, EIA, VLDPE(저밀도 폴리에틸렌), HDPE이다. HDPE에 대한 용력균열에 대한 시험을 1992년 이후 5개 종류의 지오멤브레인이 PP(연성 폴리에틸

레인), LLDPE(선형 저밀도 폴리에틸레인), 그리고 여러종류의 융출된 지오멤브레인이 생산되었다. 또한, 옅은색의 표면처리와 거친 표면의 지오멤브레인이 생산되어 설계자와 발주자가 사용 용도에 따라 적절하게 선택할 수 있게 되었다.

제조과정에서의 제조품질관리(MQC)와 제조품질인증(MQA)에 대한 언급을 하면, 현재 토목섬유를 생산해내는 제조시설은 품질관리면에서 최고의 수준을 유지하고 있다. 모든 공정이 인력의 사용을 최소화 할 수 있도록 컴퓨터 통제하에서 이루어지도록 하였다. 한 근무시간에 4명의 인력이 연속적으로 작동되는 토목섬유 제조시설을 작동할 수 있게 되어있다. 더욱이 많은 생산체계가 전 품질관리에 있어서 ISO 9002 인증을 획득하기 위하여 노력하고 있다. 미국환경청이 1994년도에 필수적인 시험방법들을 기술지도사항으로 규정화하여 제시하였다. 따라서, 질량, 용융지수, 기본함량 및 분포, 산화속도, 분자중량 등의 물성시험이 제조품질인증(MQA)기술자들에 의하여 흔히 실시되고 있는 실정이다.

## B. 현장 시공 품질관리(CQC) 및 시공품질인증(CQA)

현장시공품질관리와 시공품질인증과 관련된 사항은 제조품질관리에서 기술한 것과 유사하게 장족의 발전을 가져왔다. 1980년도에 처음에는 압출평면 용착방법만 시공품질관리에 적용하였으나, 그 이후 단순 열용착방식, 이중 열용착방식, 그리고 지금은 용착 계측을 할 수 있는 용접기가 개발되었다. 이 기술은 전류와 용접온도, 슈트 온도, 용접속도 및 압력 등을 연속적으로 계측할 수 있는 수준까지 발전하였다. 가까운 장래에 컴퓨터로 제어할 수 있는 시스템이 개발되어 주변환경을 자동적으로 조절 가능한 열용접기구가 개발 될 것이다. 실제로 접합부의 열용착부분에 로버트를 사용하는 시대가 도래할 것이다(미국 환경부, 1993).

여러 종류의 특수한 시공장비가 산업의 발달과

함께 개발되어 토목섬유의 시공성을 한층 증진시켰다. 명확히 시공장비와 토목섬유자재를 다루는 회사들은 가능한 한 제조공장에서 만들어진 상태에 근접하게 현장에 포설될 수 있도록 하는 것을 목표로 삼고 있다.

과거 20년 동안 미국에서는 토목섬유의 제조와 시공과정에 필요한 품질관리와 품질관리인증에 관한 기준과 법규들이 체계화되었다. 이러한 규정은 미국의 연방도로협회, 환경부, 건설교통부 등과 같은 정부기관의 노력으로 이루어져 왔다.

## 2.2 보강토 옹벽 공법의 국내도입과 역사

토공구조물에 토목섬유를 이용한 보강기법의 시작은 1960년 대 초반이며, Agerschou(1961)는 최초로 토목섬유의 적용에 관한 연구결과를, Vidal(1963)은 철제 띠형으로 보강한 토류벽을 발표하였다. 이 분야의 본격적인 연구는 1970년대에 들어 시작되었으며, 1980년대부터는 토목섬유의 이용이 급격히 늘어가는 추세이다. 1979년 정인준 등에 의하여 최초로 보강토 공법이 소개되었다. 1980년 국내 최초의 보강토 공법에 의한 토류벽이 경기도 용인군 외서면 3번 국도에 200 m<sup>2</sup>의 규모로 시험시공 되었고, 그 후 1981년 250 m<sup>2</sup>, 1982년 350 m<sup>2</sup> 규모로 시험시공 되었다.

### (1) 고대의 보강토 공법

보강토(earth reinforcing) 기술로 축조된 구조물로서 현재까지 남아있는 세계적인 구조물로는 옛 도시 Dur-Kurigatzu의 Agar-Quf신전(Bagir, 1944)이 있으며, 바벨탑이라고 불리는 바빌론의 Marduk 성전(Copplestone, 1963)과 중국의 감숙성(甘肅省, Gansu)의 Silk Road로 알려진 고비(Gobi)사막 지역의 만리장성도 원시적인 보강토 공법을 적용한 사례이다.

국내에 보강토 공법을 이용한 기록은 확실하지 않다. 다만 과거의 토성을 축성함에 있어 중국의 경우와 유사한 판축법(版築法)을 이용한 것으로 추정

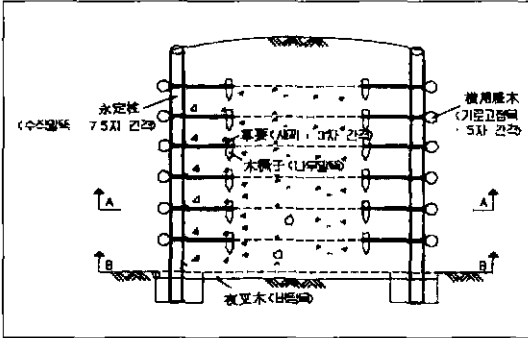


그림1 한국 토성의 추정 단면도

되는데, 이러한 방법은 원시적인 보강토 공법이라 하겠다. 판축법(版築法)에서 말하는 판(版)은 흙을 양면에 끼워서 흙의 이완을 방지하는 나무판자(板)이며, 축(築)은 흙을 다지는 방망이(杵)를 말한다. 판축법에 대한 기록에 따라 개략적인 토성의 구조를 추정하면 그림 1과 같은 비교적 근대적 형태의 보강토 성벽(城壁)임을 쉽게 추정할 수 있다.

이러한 판축법(版築法)은 흙을 단순히 쌓아 올리는 것이 아니라 일정한 두께로 사질토와 점성토를 교대로 다진 다음 반복해서 쌓는 방법으로, 수직에 가까운 성벽을 축조(築造)할 수 있는 장점이 있어 봉토(封土)조성이나 사찰(寺刹) 등 건물의 기단(基壇) 조성에도 사용되었다. 또한, 수직에 가까운 벽체를 조성하기 위하여 수직말뚝 배면에 판자를 고정시켜 토사의 유실을 방지했던 흔적이 발견되고 있다.

우리 나라 판축(版築)의 초기형태는 3세기경 축조(築造)된 것으로 보이는 서울 동촌(夢村)토성에서 발견되며, 전형적인 판축(版築)은 5세기경 축조된 풍납리(風納里) 토성의 남명(이원근, 1980)과 삼국시대에 건설된 왕궁리(王宮里) 토성, 목천(木川) 토성, 오금(五金) 산성, 사(蛇) 산성, 견학리(見鶴里) 토성, 울주 화산리 성지(華山里城址), 동평현(東平縣) 성지, 나주 신흥리 회진(會津) 토성 등 여러 곳에서 발견되므로, 판축법(版築法)은 3세기경 시작되어 5세기경 일반화된 것으로 판단된다. 따라서, 우리 나라에서도 보강토 공법은 매우 오랜

역사를 가진 공법으로 보강토 이론을 응용한 흔적은 토성에서뿐만 아니라 일반적인 토목공사에서도 찾아볼 수 있다. 성토사면의 일반적인 표면보호공으로서 줄떼를 이용하는 것도 같은 이치로서 폭 10cm 정도의 떼를 수평으로 붙이고 흙을 얇게 덮은 후 다시 20~30cm 마다 다져 올라가며, 이 때에 정착용 말뚝으로 대, 나뭇가지 등을 박아 고정한다.

## (2) 국내에서의 보강토옹벽

1963년 H. Vidal에 의하여 철제 띠형으로 보강한 토류벽의 현대적 이론이 제안된 후, 우리나라에서는 1979년 정인준 등에 의하여 최초로 보강토 공법이 소개되었으며, 1980년 국내 최초의 보강토 공법에 의한 토류벽이 경기도 용인군 외서면 3번 국도에 200 m<sup>2</sup>의 규모로 시험 시공되었고, 그 후 1981년에 250 m<sup>2</sup>, 1982년에 350 m<sup>2</sup> 규모로 시험 시공되었다.

1985년 도로공사에서 정읍의 과도교 양측에 2700 m<sup>2</sup>의 본격적인 보강토 옹벽의 시공을 기점으로 1986년 보강기술(주)가 설립되어 영국의 SSI사와 기술제휴, Websol System(점유보강재와 콘크리트 전면판을 사용한 보강토 조립식 옹벽 공법)을 보급하기 시작하였다.

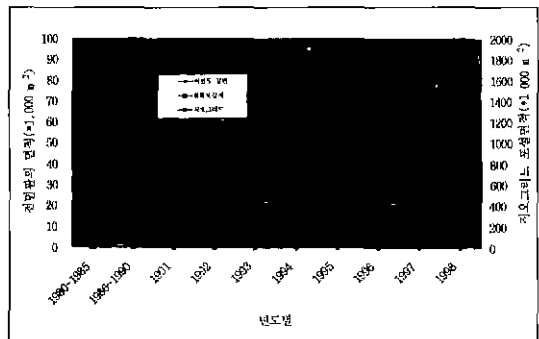


그림2. 연도별 보강토 옹벽 시공실적

국내 보강토옹벽 도입 초기에는 보강토 옹벽 공법에 대한 인식부족으로 인하여 경제적인 공법으로 자리잡지 못하고, 재래식 옹벽의 설치가 불가능한

지역이나 공사기간이 촉박한 현장에서 주로 사용되었으며, 그 후 점차 보강토옹벽에 대한 구조적 안정성, 경제성, 시공성, 미관 등의 장점을 인정받아, 재래식 옹벽의 대체 공법으로 적용되기에 이르렀다. 1994년에는 철재보강재와 콘크리트 전면판을 사용한 C-S 보강토옹벽 공법이 건설교통부로부터 비보호 신기술로 지정 받았으며, 1990년대 후반부터 지오그리드와 전면블록을 사용한 블록식 보강토옹벽 공법이 보급되기 시작하였다. 1999년에는 그 동안의 시공경험을 바탕으로 기존 보강토옹벽 공법의 일체식 단계축조공법에 의하여 축조시 유발되는 과도한 수평변위를 합리적으로 수용하기 위한 분리형 보강토옹벽 공법이 건설교통부로부터 신기술 지정(등록 제187호)을 받았다.

### (3) 국내 사용중인 보강토 옹벽 공법의 종류

현재 국내에 사용되고 있는 보강토 옹벽의 종류는 다음과 같다.

#### 1) 보강토 조립식 옹벽

1986년 보강기술(주)가 영국 SSI사와의 기술 제휴에 의하여 섬유보강재와 T자형 콘크리트 전면판을 사용한 보강토 조립식 옹벽 공법이 보급되기 시작하였으며, 원활한 전면판의 조립과 미관을 위하여 T자형 전면판으로 교체하여 현재 보급되고 있

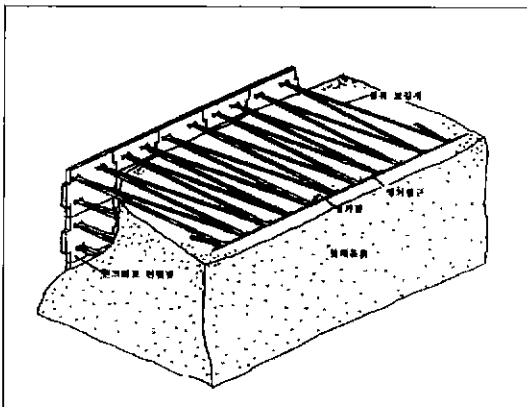


그림3. 보강토 조립식 옹벽

다. 섬유보강재는 폴리에스터 섬유를 폴리에틸렌이 감싸고 있는 형태이며, 보강재의 인장강도는 내부의 폴리에스터 섬유에 의존하며, 외부의 폴리에틸렌 피복은 보강재의 형상 유지와 내부의 섬유를 보호하는 역할을 한다. 또한 폴리에틸렌 피복에는 돌기를 두어 흙/보강재의 결속력을 증대시키도록 하고 있다.

#### 2) C-S 보강토 옹벽

1994년 (주)대우 기술연구소에 의하여 철재 평철판을 사용한 C-S 보강토옹벽의 국내 적용성이 평가된 후 비보호 신기술로 지정받은 공법이며, 본 공법은 프랑스의 H. Vidal이 개발한 보강토옹벽

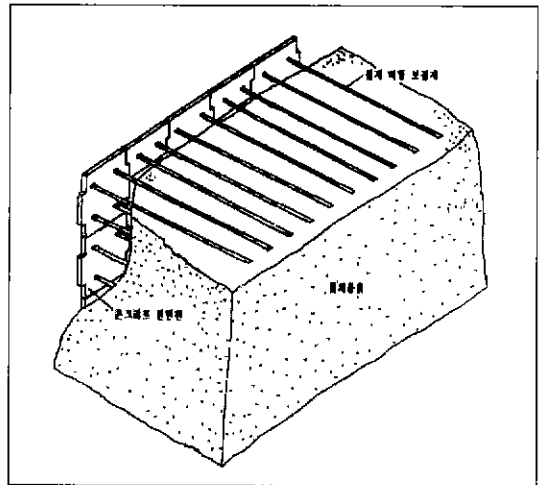


그림4. C-S 보강토 공법

공법의 최초 형태와 유사하며, 보강재의 부식에 대한 내구성을 증진시키기 위하여 아연도금 처리하여 사용한다. 그러나 평철판을 보강재로 사용하므로 흙/보강재의 결속력 부족이 예상되며 이를 보완하기 위하여 철판의 폭을 넓게하여 사용하고 있다.

#### 3) 블록식 보강토 옹벽

1990년대 후반부터 그리드형 보강재와 몰탈 블록을 사용한 블록식 보강토 옹벽이 보급되기 시작하였으며, 초기에는 외국의 제품을 수입하여 사용

하였으며, 사용 보강재와 전면블록의 종류에 따라서 그 종류도 다양하다. 최근에는 국내에서도 여러 가지 그리드형 보강재가 개발 생산되고 있으며, 국내 기술에 의한 독자적인 모델들로 개발, 보급되고 있다.

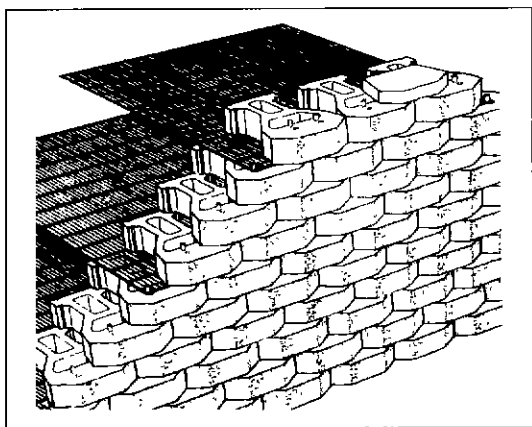


그림5. 블록식 보강토 공법

#### 4) 분리형 보강토 옹벽

기존의 보강토 옹벽 공법은 전면판 또는 전면블록과 보강재가 뒷채움과 병행하여 시공되는 일체식 단계 축조법을 적용하여 시공되므로 뒷채움 토사의 다짐에 의한 다짐유발 응력에 의하여 전면판에 과

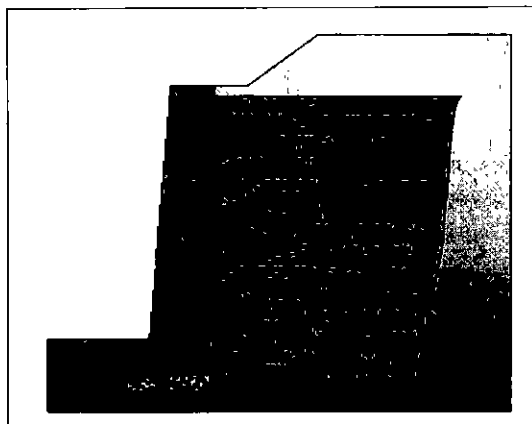


그림6. 분리형 보강토 옹벽 공법  
(KOESWall System)

다한 수평변위가 발생할 수 있으며, 이러한 변위는 재시공에 의하지 않고는 수정방법이 없다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 개발된 것이 분리형 보강토 옹벽 공법이며, 본 공법에서는 그리드형 보강재만을 사용하여 보강토체를 형성한 후 전면블록을 설치함으로써 시공중의 유발 수평변위를 합리적으로 수용할 수 있다.

### 2.3 토목섬유 차수분야

토목섬유를 이용한 차수공법이 사용되는 분야는 폐기물 매립지, 댐, 터널, 굴착공사, 환경오염방지 시설 등 토목공사 전반에 걸쳐서 사용되어 지고 있으며, 특히 최근에는 공비절감 및 간편한 시공성 등으로 환경오염방지 및 확산방지를 위한 토목섬유 차수재의 개발이 활성화되어 차수공법이 필요한 전 분야로 확산되었다. 토목분야에서 차수재로 사용되는 토목섬유는 대표적으로 지오멤브레인과 토목섬유점토차수재가 있다.

#### (1) 지오멤브레인

지오멤브레인은 합성섬유의 성분에 따라서 열가소성(thermoplastic), 열경화성(thermosetting) 및 혼합성 지오멤브레인 등 크게 3가지의 형태로 분류된다. 지오멤브레인은 사용재료와 제조공정에 따라서 다양한 제품이 생산되기 때문에 설계 적용시 적용대상 구조물의 용도와 현장 특성 등에 적합한 지오멤브레인을 선정하여 사용하여야 한다. 특히, 최근 국내에서는 차수시설의 활동과피를 방지하기 위하여 지오멤브레인 표면에 요철(texture)을 주어 접촉마찰을 증가시킨 제품이 개발되어, 우기나 침출수 누수로 인한 사면안정성의 저하를 방지할 수 있게 되었다. 여러 종류와 재질의 지오멤브레인 중 열가소성의 HDPE가 가장 광범위하게 많이 사용되고 있다.

#### (2) 토목섬유점토차수재(GCL)

토목섬유점토차수재(GCL)는 토목섬유 사이에

넣거나 또는 지오멤브레인 표면에 벤토나이트를 부착시킴으로서 공장에서 제조된 롤로 이루어진다. 벤토나이트는 자연 흙 성분으로 투수계수를 유지하며, 토목섬유는 받치고 보강하는 재료이다. 벤토나이트를 복합차수 재료로 취급, 운반 및 포설이 용이하도록 하나의 제품으로 만들기 위하여 벤토나이트를 토목섬유에 접합하도록 바늘로 꿰매거나, 봉합 또는 접착재로 붙인다. 또한, 토목섬유는 사면과 여러 다른 형태의 지형에 사용될 때 설치된 제품의 내부구조물 내에 전단강도를 제공해주는 역학적 기능을 수행한다. 생산과정에서 벤토나이트의 팽창성질을 최대한으로 유지하기 위하여 현장 함수비를 제거하여 생산한다. 토목섬유 점토차수재의 국내 활용 초창기에는 전량을 해외에서 수입하여 사용하였으나, 최근 국내에서도 니들펀칭 토목섬유점토차수재를 생산하여 국산화에 성공하였다.

#### 2.4 철도분야

철도분야에서의 토목섬유 이용은 1976년 Martinek, Rabb에 의해 새로운 건설재료로서의 토목섬유 필터가 처음으로 소개되었으며, 그 다음 해인 1977년 파리에서 개최된 제 1회 국제토목섬유학회에서 독일뮌헨공대의 Eisenmam교수가 철도상부구조에서의 부직포 필터의 사용에 관한 연구 결과를 발표하였다.

또한, 1970년대 중반 오스트리아 아를베르크(Arlberg) 도로터널에서는 토목섬유를 사용한 2층 방수시스템이 처음으로 시공되었다.

그 이후 이 분야에 관한 활발한 연구결과에 힘입어 1980년대 중반에는 토목섬유가 필터, 분리 및 배수, 보호기능 등으로 사용되는 것으로 알려지고 필터 기준까지 제안되었다. 그러나, 이와 같은 연구 결과는 경험을 축적하는 단계에 불과하여 토목섬유가 필터 및 보호재로서 완전히 정착되는 실용단계에까지는 이르지 못하였다.

1990년대에 들어와서 토목섬유는 우수한 시공성, 경제성 및 환경친화성과 점점 고갈되어 가는 자

연건설재료의 절약적인 면에서 점점 각광을 받게 되었다. 또한, 그간의 활발한 연구결과를 토대로 토목섬유는 철도의 건설 및 기존 시설의 유지보수시 철도노반 및 철도 터널에 필터, 분리, 배수, 보호, 차수, 침식방지 및 보강기능 등으로 폭넓게 사용되고 있다. 일부 선진외국에서는 자국에 적합한 지침서와 설계 및 시방기준을 마련하여 사용하고 있다.

그러나, 우리나라에서는 아직까지 토목섬유 전반에 대한 연구가 매우 미흡하고, 철도분야에서는 "고속철도 흙 구조물 설계표준 시방서 해설(안)", "고속철도 터널 설계 표준 시방서 해설(안)" 및 "고속철도 방토구조물 설계 표준시방서 해설(안)" 등에서 토목섬유를 필터, 분리, 배수, 보호, 차수 및 보강기능 등으로 사용하는 것을 명시하고 있으나, 이 분야에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.

### 3. 토목섬유의 특성 평가기술

토목섬유는 i) 분리기능, ii) 보강/보호기능, iii) 여과기능, iv) 배수기능, v) 액체/기체 차단기능 등을 이용하여 지반적용성능을 강화하는 용도로 주로 사용되고 있다. 국내의 경우 1990년도 이후, 토목용 섬유제품의 수요 및 용도는 매년 증가하는 추세에 있으며, 최근 10년에 걸쳐 괄목할 만한 성장을 보이고 있다. 예를 들면, 폐기물 매립지의 경우 1980년대에 주로 부직포 지오텍스타일과 지오멤브레인이 주로 사용되었지만 근래에 와서 이들 토목용 섬유제품 외에도 지오그리드, 토목섬유 점토 차수재, 지오네트, 지오컴포지트 등이 다양하게 적용되고 있다. 또한 수문접촉 시 벤토나이트의 팽윤에 의한 차수성을 이용한 토목섬유 점토 차수재(GCL)의 응용 범위도 토목, 환경, 교통분야 등에 이르기까지 확대되고 있다. 이외에도 연약지반 개량용으로 사용되는 배수제인 플라스틱 드레인 보드 필터재의 경우 단섬유 강화 부직포 및 천연섬유재료를 이용한 제품들의 사용이 증가하는 경향을 보이고 있다. 원료수지인 고분자의 경우도 폴리에테

핀, 폴리에스테르 외에도 유리, 탄소, 우레탄계 등으로 다변화되고 있으며 제품의 형상 및 기능도 점차 복합화, 특수화되는 경향을 보이고 있다. 그리고, 이와 같은 제품개발동향과 더불어 특성평가 방법도 기존의 시험법을 수정, 보완하거나 신제품의 특성평가방법이 개발되고 있다.

### 3.1 토목섬유재료

#### (1) 천연 섬유재료

토목용 섬유제품에 사용되는 천연 섬유재료는 매우 한정적이지만 최초로 사용된 토목용 섬유제품이며 주로 fiber, yarn, fabric과 knit 등의 형태로 초기에 적용되었으며, 부직포 및 매트 형태의 제품이 개발되면서 그 수요가 증가하였다. 천연 섬유제품은 환경친화형 재료라는 장점을 가지고 있기 때문에 근래에 이르러 토목용 제품으로서의 효용성이 다시 부각되기 시작하였으며, 제품의 원료도 면, 쥬트, 울, 마, 짚을 비롯한 폐기물 합성수지 등에 이르기까지 매우 다양하다. 그러나, 사용량이 많지 않고 합성재료에 비해 대량생산이 불가능하기 때문에 수요창출에 어려운 문제를 내포하고 있으며, 일부에서는 토목용 천연 섬유제품을 사면안정화, 침식방지, 배수용 또는 녹지조성용 매트로 이용하고 있다.

#### (2) 합성 섬유고분자재료

지금까지 널리 사용되고 있는 합성 섬유고분자재료로는 polyolefin계, polyester계 등이 대부분이며, 이와 같은 원료들은 토목용 섬유제품의 경제적인 이점인 비교적 저렴한 제조단가를 가지고 있기 때문에 향후 그 수요 및 사용량은 더 커질 전망이다. 한 예로 1998년도 북미대륙의 에틸렌계 고분자의 소비량을 살펴보면, HDPE(28%), LDPE(15%), LLDPE(17%), EDC/VCM(PVC) 9%, Ethylene Glycol 15%, EB/Styrene(PS) 7%, 기타 9%로 폴리에틸렌 계가 전체의 60%를 차지하고 있으며, 향후 2020년까지의 HDPE의 세

계적인 수요량은 증가추세에 있다. 한편, 폴리에틸렌의 제조공정도 지금까지 사용되어왔던 i) High pressure(LDPE), ii) Dow - solution, iii) Phillips - loop slurry 시스템에서 향후 i) High pressure(LDPE), ii) Dow - solution, iii) Phillips loop - slurry, iv) Gas phase - Exxon 시스템으로의 변화가 예측된다. 그리고 촉매도 Single site 촉매들인 i) Ziegler-Natta, ii) Chromium에서 'Multi-single site 촉매' 들을 사용하여 폴리에틸렌의 분자량 변수, comonomer의 분포 등을 정밀하게 조절할 수 있는 'Tailored Resin'의 수준으로 upgrade될 것으로 전망된다. 그리고 특수한 용도와 기능을 부여하기 위하여 polyurethane계, glass계, carbon계 고분자들이 매우 제한된 분야에 적용되기도 한다. 따라서 합성 섬유고분자재료를 이용한 토목용 섬유제품의 수요 창출이 증가함을 짐작할 수 있으며, 각종 첨가제의 개발과 병행하여 새로운 기능성 제품이 개발될 것으로 기대된다.

#### (3) 재활용 섬유고분자 재료

토목용 섬유제품의 제조에 사용되는 섬유고분자재료들은 대량으로 사용되는 경우가 많기 때문에 우선 경제적인 측면에서 가격이 비쌀 경우 경쟁력이 없어지므로 성능이 비슷할 경우에는 제조단가가 저렴해야만 한다. 이러한 점을 감안하여 부직포 지 오텍스타일의 경우에는 이미 재생 폴리에스테르 원료를 사용한 제품이 제조, 판매되고 있으며, 환경친화적인 측면에서 재활용 섬유고분자재료 즉, Eco-environmental geosynthetics 제조에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 재활용 섬유고분자재료를 사용하여 제조된 토목용 섬유제품의 경우 물성 저하가 발생하므로 향후 이를 보완하거나 개선해야만 하는 문제점을 안고 있다. 이를 위하여 특수기능의 첨가제와 원료수지 및 제조 공정 및 장치들이 개선되어야 하며, 특별히 환경친화의 초점을 분해성과 적합성 중 어느 분야로 맞추



어야 할 것인가가 우선적으로 해결되어야 하지만 이 분야에 대한 진보는 매우 빠르게 진행될 것으로 보인다.

**(4) 기능성 섬유고분자 재료**

특수한 기능을 가진 섬유 고분자 재료인 hybrid polymer를 이용하여 smart geosynthetics를 제조하는 기술의 개발이 향후 절실히 필요할 것으로 예측되며, geosynthetics 제품들이 당면하고 있는 mechanical, chemical, durable resistance 등을 고려한다면 적용환경에 부합되는 smart geosynthetics의 요구는 매우 당연하다고 생각된다. 이러한 기능성 섬유고분자 재료들은 고흡수성, 생분해성, high tenacity, high modulus, high performance 등의 용도로 사용 가능한 geosynthetics 제품의 제조에 이용된다. 그러나 기능성 섬유고분자 재료들은 제조단가가 아직은 너무 고가이고 사용조건에 제약이 수반되는 단점을 내포하고 있기 때문에 급진적인 용도확장은 당분간 어려울 것으로 기대된다.

**3.2 토목섬유 제품**

**(1) 지오텍스타일**

일반적으로 단섬유 및 장섬유 부직포 지오텍스타일의 장단점은 사용되는 고분자 수지에 의해 좌우된다. 특히 시공기간과 야외노출시간이 길어질수록 자외선 등에 의한 인장특성 저하를 방지할 수 있는 제품개발과 침출수 등에 의한 화학적 안정성을 향상시킬 수 있는 제품 개발 등에 대한 진보적인 연구가 진행 중에 있다.

**(2) 지오멤브레인**

지오멤브레인은 압출방식의 차이에 의해 서로 다른 형태학적 구조를 나타낸다. Flat die를 사용할 경우에는 로울러 연신에 의해 die 전반부의 폭과 두께가 die 후반부에 비해 커지며, circular die를 사용할 경우에는 이와 반대의 현상이 나타난다. 이

러한 형태학적 차이는 지오멤브레인 접합 시 불량 시공을 야기시키며 지오멤브레인의 전반적인 물성에도 중요한 영향을 미치게되므로 권취 및 연신공정을 적절하게 제어하여야만 한다. 특히, polyolefin 계 고분자 재료는 일광 및 자외선에 의해 분해되어 장기간 노출 시 현저한 물성 저하를 나타내며, 이를 방지하기 위해 적절한 산화방지제를 첨가한다. 일반적으로 Smooth type의 지오멤브레인을 폐기물 매립지의 사면차수용으로 사용할 경우 인접한 재료와의 마찰특성이 중요하며, 급격한 사면 경사각을 갖는 분야에 유용하게 사용하기 위하여 표면처리한 제품(Textured type)이 적용된다.

**(3) 지오그리드**

지오그리드는 강도가 요구되는 경사방향인 리브에 높은 인장강도를 지님으로써 도로의 기초 지반과 포장층의 보강, 제방과 사면의 보강 및 보강토 옹벽공사 등에 시공되고 있다. 또한, 지오그리드는 직포 지오텍스타일에 비해 상대적으로 높은 인장강도를 가지고 있어 기존의 직포 지오텍스타일이 적용되었던 보강분야의 대체재로서 그 용도가 확장되고 있으며, 새로운 토목건설공법의 개발과 더불어 다양한 종류의 지오그리드 제품이 세계적으로 개발되어 있다. 지오그리드가 사용기간동안 초기 물성을 유지하는 것이 매우 중요하다는 점을 감안하여 지오그리드에 부가되는 하중의 크기에 상관없이 경, 위사 방향으로 신도가 낮고, 보강제로서 기능이 우수한 복합형 지오그리드를 제조하는 방법도 알려져 있다. 즉, 강성 지오그리드를 제조하는 압출공정과 연성 지오그리드를 제조하는 직조공정을 복합하여 강성 지오그리드 및 연성 지오그리드의 장점을 모두 가지며, 고강도, 저신도 및 내후성이 향상된 지오그리드를 제조하는걸 의미한다.

**(4) 지오컴포지트 - 배수용**

① 아스팔트 포장도로의 서리방지 시스템에 사용되는 토목용 섬유제품

- ② 아스팔트 포장도로의 배수시스템에 사용되는 토목용 섬유제품
- ③ 배수용 지오킴포지트(geocomposite)와 합성된 제품
- ④ 배수용 지오킴포지트 제품
- ⑤ 터널 배수용 지오킴포지트 제품의 적용 예
- ⑥ 흙담에 적용되는 배수용 지오킴포지트 제품

### (5) 토목섬유 차수재(GCL)

토목섬유차수재는 토목섬유 사이에 넣거나 또는 지오펜브레인 표면에 벤토나이트를 부착시킴으로써 공장에서 제조된 롤로 이루어진다. 벤토나이트는 자연 흙성분으로 투수계수를 유지하며, 토목섬유는 받치고 보강하는 재료이다. 벤토나이트를 복합차수 재료로 취급, 운반 및 포설이 용이하도록 하나의 제품으로 만들기 위하여 벤토나이트를 토목섬유에 집합하도록 바늘로 꿰매거나, 봉합 또는 접착재로 붙인다. 또한 토목섬유는 사면과 여러 다른 형태의 지형에 사용될 때 설치된 제품의 내부 구조물 내에 전단강도를 제공해주는 역학적 기능을 수행한다.

### 3.3 토목섬유 결합방법

제조업체로부터 생산, 공급되는 다양한 종류의 토목건설용 고분자 재료들은 일정한 폭과 길이를 가지고 있기 때문에 실제로 토목건설현장에서 시공할 경우 시공 전 면적에 걸쳐 접합, 사용되고 있다. 토목건설용 고분자 재료접합에 적용되는 방법들은 각각의 제품특성을 고려하여 선택되어지고 있으며 주로 재봉기, 용융압출접착기, 열접착기, 용제접착기, 초음파접착기 등이 사용되고 있다.

### 3.4 토목섬유 특성평가

토목용 섬유제품의 시험방법은 섬유제품별로 분류되며 제품자체의 내구성이 토목용 섬유제품의 수명을 결정하므로 이에 영향을 미치는 인자들을 중요한 시험방법으로 채택하고 있다. 또한 토목용 섬유

제품은 광범위한 면적에 사용되므로 제품상호간의 접착부분의 물성이 중요한 시험인자로 간주된다. 한편, 토목용 섬유제품은 그 시험방법도 다양하고 복잡하지만 주로 ASTM D의 방법에 의거, 실행되며 ASTM D의 방법을 보완한 GRI 표준시험법, ISO의 시험법이 병행 사용되고 있다. 다음에 현재 사용되고 있는 중요한 토목용 섬유제품의 시험방법들을 소개하였다.

#### (1) ASTM

- ① ASTM D-35 표준시험법(40종류)
  - 역학적 물성 시험(9종류)
  - 내구성 시험(12종류)
  - 투수 및 여과 시험(8종류)
  - 지오펜브레인에 관한 시험(10종류)
  - 용어 관련 시험(1종류)
- ② 기타 토목섬유 관련 ASTM 시험법(29종류)

#### (2) GRI 시험법

- 토목섬유에 관련시험(11종류)
- 지오그리드 관련 시험(8종류)
- 지오네트 관련 시험(1종류)
- 지오펜브레인 관련 시험(16종류)
- 토목섬유 점토 차수재 관련 시험(2종류)
- 지오킴포지트 관련 시험(7종류)
- 토목섬유 관련 복합 시험(9종류)

#### (3) ISO 표준시험법 - 15개의 시험방법

#### (4) DIN 표준시험법 - 32개의 시험방법

#### (5) EN 표준시험법 - 유럽 표준시험법 : 7개의 시험방법

#### (6) 캐나다 표준시험법과 SAGEOS 시험법

- 지오펜브레인 : 물리적 물성시험(4종류)
- 역학적 물성시험(3종류)

- 화학적 특성시험(1종류)
- 토목섬유 : 물리적 물성시험(6종류)
- 역학적 물성시험(6종류)
- 투수성 관련시험(6종류)
- 화학적 특성시험(1종류)
- 지오그리드 관련 시험(1종류)
- 지오네트 관련 시험(1종류)
- 지오컴포지트 점토 차수재 관련 시험(3종류)

(7) 오스트리아 표준시험법 - 11개의 시험방법

한편, 시험방법의 적용에 대한 객관성과 효율성을 향상시키기 위하여 전세계적으로 IGS(International Geosynthetic Society)와 ASTM 주관 하에 ISO 시험방법의 표준화와 규격화에 의한 확장사업이 진행되고 있다.

## 4. 현황 및 문제점

### 4.1 제조분야

#### (1) 현황

국내 토목섬유 산업은 계속 성장하고 있다. 작년의 시장규모는 약 1,000억원이 넘는 것으로 평가되며, 관련업체의 수만도 70여 업체, 제품의 종류는 30여종, 연간 사용수량은 1,500~2,000만<sup>2</sup>m에 이른다. 천연재료의 고갈 및 천연재료가 갖고 있는 단점 때문에 향후 합성섬유를 이용한 공사 역시 꾸준히 성장할 것이며, 현재보다 한층 더 대규모 공사 및 전문기술성을 요하는 수많은 공사에 다양하게 적용될 것이다.

이러한 바탕 위에서 국내 토목섬유에 대한 관심이 높아져 1992년 「한국지반공학회」 산하에 산·학·연 이 주체가 되어 토목섬유기술 위원회가 발족되고, 1993년에는 국제토목섬유학회(International Geosynthetic Society, IGS) 한국지부를 창설하여 세미나 개최, 학술발표회, 공동연구개발등을 통하여, 세계화 시대에서 국가 경쟁력

을 갖춘 중추적 역할을 하고자 많은 노력을 경주하고 있고, 토목구조물의 역학적 해석이 가능해지면서 설계 및 시공방법, 시험방법 등에서는 실질적인 많은 성장을 하였다.

이와 같이 토목섬유 관련 많은 분야는 발전하며 성장했으나, 몇 개의 업체를 제외한 현업에 종사하는 대부분의 제조업체들은 어려움을 겪고, 도산의 위험에 처해 있는 것이 현실이다.

제조업의 문제는 다음과 같은 많은 내적, 외적요인이 있을 수 있다.

- ◇ 중복투자 → 과당경쟁 → 덩핑수주 → 제품의 질 저하 → 신뢰상실 → 경쟁력상실
- ◇ 기업주의 전문성 부족, 토목섬유제품에 대한 인식부족으로 인한 투자기피.
- ◇ 조정기능을 할 수 있는 협회 및 단체의 부재.
- ◇ 사용기술자의 전문성 부족 및 저가정책 유도로 인한 품질저하.

### 4.2 철도분야

#### (1) 현황과 문제점

계획된 철도망의 건설에는 항상 경제적인 건설재료의 사용을 요구하게 되고, 이러한 요구는 곧바로 토목섬유와 같은 새로운 건설재료 및 공법개발을 유발하게 된다. 철도건설시 철도하부구조에서 직포, 부직포, 복합포, 지오그리드와 지오멤브레인 등과 같은 토목섬유가 분리, 필터, 배수, 침식방지, 보강 및 차수기능으로 폭넓게 사용되고 있다.

철도건설시 사용되는 토목섬유의 적용분야와 주요기능은 다음과 같다.

- ① 깊은 배수시설에서의 필터기능
- ② 노반아래에서의 분리 및 필터기능
- ③ 지지력이 부족하거나 또는 지지력의 변화가 심한 지반에서의 보강기능
- ④ 지지력이 부족한 지반위의 흙구조물(제방)의 기초에 대한 분리, 필터 및 보강기능
- ⑤ 흙구조물(제방)의 보강기능
- ⑥ 비탈면의 침식방지기능

- ⑦ 지반 및 흙구조물 기초의 차수기능
- ⑧ 철도터널의 2층 방수시스템에서 보호 및 차수기능
- ⑨ 철도터널의 측구에서의 배수 및 보호기능

위에서 언급한 바와 같이 외국에서는 철도건설시 토목섬유가 여러 분야에서 다양한 기능으로 폭넓게 이용되고 있으며, 일부 선진국에서는 자국에 적합한 지침서와 설계 및 시방기준을 마련하여 사용하고 있다.

그러나, 우리나라에서는 최근 일부 전문가들에 의해 토목섬유를 활용한 철도노반의 보강기법에 대한 연구가 이루어진 것을 제외하고는 이 분야에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다.

## (2) 향후 전망

국가기간교통망계획에 따라 1997년 현재 3,118km인 철도영업거리가 2019년에는 1,790km가 더 늘어난 4,908km에 달할 것으로 예상되고, 1997년 28.9%였던 복선화율도 2019년에는 80%에 이를 전망이다. 또한, 기존의 주요 간선철도는 기본적으로 고속철도 신선과 연결하여 고속철도 차량을 직접 운행할 수 있도록 선로개량 및 전철화(시속 180km수준대의 고속전철화) 공사가 지속적으로 이루어질 전망이다.

이에 따라 앞으로 건설될 신선 선로의 상당구간이 우리나라의 지형여건상 연약지반상 및 철도터널을 통과하게 될 것으로 예상되고 있어, 연약지반상에 구축된 철도 하부구조의 지지력 강화 및 터널방수를 위해서는 더 많은 토목섬유가 사용될 것으로 예측된다. 또한 연약지반상에 구축된 기존선로의 보수·보상 및 확장에서도 토목섬유가 분리, 필터 및 보강기능으로 활용될 것으로 전망되고 있다.

## 4.3 기타 현황

### (1) 설계분야

과거 20년동안 토목섬유강도설계법은 교육자들

의 추측에 의한 설계방법에서 자유도와 한계 평형법, 유한 요소법, 탄소성법으로 변환되었다.

토목섬유 침윤 설계에서는 교육자의 추측설계에서 Darcy의 법칙을 사용하고, 유선망을 작도하고, HELP모델(Schroeder, 1994)과 같은 액체균형모델이 등장하여 다른 부분과 마찬가지로 발전하게 되었다. 추가적으로 설계에서 위험평가개념(risk assessment concept)이 강도설계와 침윤설계와 함께 동시에 발전되어 왔다. 토목섬유와 지오그리드를 사용한 급경사 제방보강사면 설계도 일차 보강 방법에서 사면 끝부분을 더욱 균질하게 다질 수 있는 일차 및 이차 보강방법이 도입되었으며, 완전하고 영구적인 체계를 유지할 수 있는 일차, 이차 및 침식방지 토목섬유설계법이 개발되었다.

### (2) 시험법의 발전

토목섬유의 지수시험(Index Test)이 토목섬유 초창기부터 도입되었다. 최근에 적용성시험(Performance Test)이 갑작스럽게 발전하게 되어 미국과 캐나다에서는 ASTM과 CGSB가 이런 경우의 중심이 되었다. ASTM D35 위원회에서는 36개의 표준시험방법과 기준이 여러 개발 단계에서 수행되는 60개의 시험방법과 함께 제안되었다.

이러한 노력은 유럽에서 CEN, 독일에서 DIN 표준과 같이 제안되었다. 이러한 매우 고무적인 상호교류와 심지어 경쟁은 국제토목섬유학회(IGS)에 의하여 조정되고 있으며, 미래에 이러한 시험방법의 통일과, 기준 그리고 시방서까지 통일될 수 있을 것으로 예측된다.

실제로 토목섬유에 대한 적용성 시험을 실시하고 있는 상업적 그리고 제조업체의 시험실에 신뢰성을 줄 수 있는 실험실 인증 프로그램이 1994년도에 선언되었다. 이 프로그램은 ISO 9003과 ISO Guide25의 일반적인 지침을 따라 제안된 프로그램이다.

### (3) 시공성의 발전

토목섬유의 실제 시공성은 현장에 실제 시공한 토목섬유구조물의 거동을 평가해 봄으로서 얻는 것이 가장 좋은 방법이다. 제조업체와 설계자들은 많은 시공사례를 문헌에 공개해오고 있다.

장기간 동안 토목섬유시설물의 거동과 수행능력을 평가한 사례들의 예를 다음과 같이 나타낸다.

- 5년 간 미국연방도로국(FHWA)이 거동 분석한 토목섬유보강토옹벽(1989)
- 3년 간 고속도로에 적용한 토목섬유의 배수기능평가(AASHTO) (1994)
- 1990년 Browning Ferris 회사에 의한 토목섬유침식방지재료의 성능연구
- 1991년 Waste Management 회사에 의한 추운 지방에서의 GCL의 거동 연구
- 미국연방도로국에 의하여 연구한 토목섬유와 지오그리드 보강재의 적용성 평가(1992)
- 캐나다 온타리오 교통부에서 수행한 고속도로 배수재의 성능평가(1993)
- 미국 개척국(US BR)에서 연구한 20개의 운하 치수재의 성능평가(1994)
- 미국 환경청에서 실시한 폐기물 매립장 최초 복토 사면하부에 설치된 GCL의 성능평가

국내에서는 한국지반공학회 토목섬유운영위원회를 중심으로 "토목섬유 시공 지침서"가 1998에 출판되어 실무에 적용되고 있고, 또한, 토목섬유 관련 지반보강분야, 치수 및 배수 분야 등에 대한 연구는 한국건설기술연구원을 비롯한 국·공립 연구소, 기업체 연구소, 대학 연구소 등지에서 수행되고 있다.

## 5. 결론

지금까지 사용되는 토목용 섬유제품은 주로 지오텍스타일 제품이 압도적으로 우세하지만 지오멤브레인과 지오그리드의 사용량도 급증하고 있으며 토목건설공사의 특성상 지오킴포지트를 사용하는 경우도 꾸준히 증가하고 있다. 따라서 이들 제품의 용

도확장과 기존제품의 물성 개선에 연구개발의 관심이 집중되고 있으며 많은 관련기업들이 컨소시엄을 형성하여 토목용 섬유제품의 연구개발에 참여하고 있다. 미국, 네덜란드, 영국, 독일, 프랑스등 선진 외국에서는 각 나라에 속해 있는 관련 업체들이 활발한 연구활동을 하고 있으며 일본도 신소재 개발과 더불어 용도확장에 큰 관심과 연구를 집중하고 있다.

미래의 토목섬유는 쾌적한 인류문명과 자연환경을 위하여, 환경친화적인 제품이 개발과 함께 새로운 소재 개발이 급속히 이루어질 전망이다. 또한 세계화시대, 인터넷시대가 본격화되면서 수많은 정보들을 쉽게 공유함으로써, 새로운 독창성과 전문성을 갖춘 기업들이 탄생할 것이며, 국내시장은 건설시장의 개방과 함께 무한경쟁의 시장이 형성될 것이다. 끝으로, 지금까지 살펴본 바와 같이 토목용 섬유산업은 비교적 일부 국한된 섬유고분자재료들이 사용되고 있지만 개질에 의한 소재 아이템 개발과 용도확장에 대한 잠재력이 무한한 분야이며, 향후 섬유고분자분야와 토목, 건설, 운송, 해양, 환경 분야 등을 망라하여 커다란 연결망을 구축할 수 있는 중요한 위치에 있다고 기대된다.

### 지반공학회 Home Page

우리 학회 홈페이지 운영위원회에서는 새로 단장된 홈페이지 운영·관리를 위하여 노력하고 있습니다. 홈페이지는 생명체와도 같아서 지속적인 유지·관리를 하여야 발전할 수 있습니다. 회원 여러분의 야심없는 관심과 격려를 부탁드립니다. 내용 수정·보완에 대한 의견은 홈페이지 관리자에게 e-mail을 보내 주시고 많은 방문과 활용 바랍니다.

Domain Name : <http://www.kgshome.or.kr>

E-mail Address : [webmaster@kgshome.org](mailto:webmaster@kgshome.org)