

토목 건설용 섬유복합재료

전 한 용

1. 서 언

토목 건설용 섬유복합재료(지오컴포지트라고도 함)의 제조에는 지오텍스타일(geotextiles), 지오그리드(geogrids), 지오네트(geonets), 지오멤브레인(geomembranes) 등이 적용되고 주로 천연 섬유보다는 합성 섬유재료가 사용되며 가끔 자갈, 모래, 침적토, 점토 등이 중간재로 이용되기도 한다. 또한 토목 건설용 섬유복합재료의 제조목적은 두가지 혹은 그 이상의 재료 특성을 혼합하여 다음의 기본 기능을 강화한 특수한 기능을 얻는데 있다.

- 분리기능(separation)
- 보강기능(reinforcement)
- 여과기능(filtration)
- 배수기능(drainage)
- 액체/기체 차단기능(liquid/vapor barrier)

한편, 특수한 기능의 토목건설용 복합재료를 제조할 경우 원자재값이 비싸고 생산과정에 소요되는 경비부담도 크며 설치 비용도 대체로 다른 형태의 토목용 섬유재료보다 비싸다. 그러나 토목 건설용 섬유복합재료의 성장률은 다른 분야보다 훨씬 빠르며 토목 건설용 섬유복합재료가 최근에 소개되었지만 몇몇 응용 분야에서는 상당한 진척이 이루어졌다. 배수용 섬유복합재료가 그 좋은 예이며 심지형배수(wick drains), 시트배수(sheet drains), 가장자리 배수(edge drains)용으로 사용된다. 이와 반대로 부직포와 부직포사이 수분전달이 잘 안되는 벤토나이트(bentonite)를 접착시킨 차수성을 갖는 토목용 클레이라이너(geosynthetic clay liners; GCL)의 응용 범위도 토목, 환경, 교통분야에 이르기까지

확대되고 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 부직포형 지오텍스타일을 응용한 배수용 복합재인 플라스틱 드레인보드(PDB)가 많이 사용되는 형편이며 지오텍스타일 및 지오멤브레인 관련 복합재료와 콘크리트 강화용 섬유복합재의 생산 및 사용은 외국에 비해 매우 적은 실정이다.

여기서는 앞서 언급한 5가지 기능을 갖는 토목 건설용 섬유복합재료의 종류 및 적용성을 중심으로 관련 내용을 소개하기로 한다.

2. 토목 건설용 섬유복합재료의 종류

2.1. 보강용 지오컴포지트(geocomposites)

지오텍스타일, 지오멤브레인, 흙, 콘크리트 등이 사용되며 건축자재의 보강용이다.

지오텍스타일 보강 복합재료 : 섬유의 굵기(번수)에는 큰 변화가 없으며 주로 중량이 큰(600 g/m²~) 부직포와 split yarn을 이용한 매트형태의 직포가 사용되며 제직된 multifilament 섬유는 최대 3000 lb/in(520 kN/m) 정도의 인장강도를 갖는다. 제조방법은 접착제를 사용하거나 열융착법을 이용하여 부직포/부직포, 부직포/매트, 매트/매트 등의 형태로 생산된다.

지오멤브레인 보강 복합재료 : 계곡사이에 일반 쓰레기 및 산업 폐기물을 매립하는 경우 제기되는 중요한 문제는 급격한 경사 부위에 덮개를 씌우는 것이며 표면 마찰특성이 크고 **후분** 함물과 찢김에 대한 저항성이 우수한 지오멤브레인이 사용되어야만 한다. 일반적으로 클로로설폰테이티드 폴리에틸렌(chlorosulfonated polyethylene; CSPE)을 사용한 지오멤브레인 시트와 CSPE 지오멤브레인의 한면 또는 양면에 지오텍

스타일 부직포를 결합시킨 형태의 복합재료가 많이 사용되고 지오멤브레인/지오네트(geonet)와 지오멤브레인/지오그리드(geogrid) 형태의 복합재료도 사용된다.

2.2. 차수용 토목섬유 클레이라이너(GCL)

GCL은 지오텍스타일 또는 지오멤브레인 사이에 낮은 수분전달성을 지닌 토양성분인 벤토나이트를 채우고 스티치 본딩(stitch bonding), 니들펀칭(needle punching), 또는 접착제로 결합시킨 후 롤의 형태로 생산되며 취급과 수송이 용이하여 설치에 적당한 복합 차수재로 사용된다.

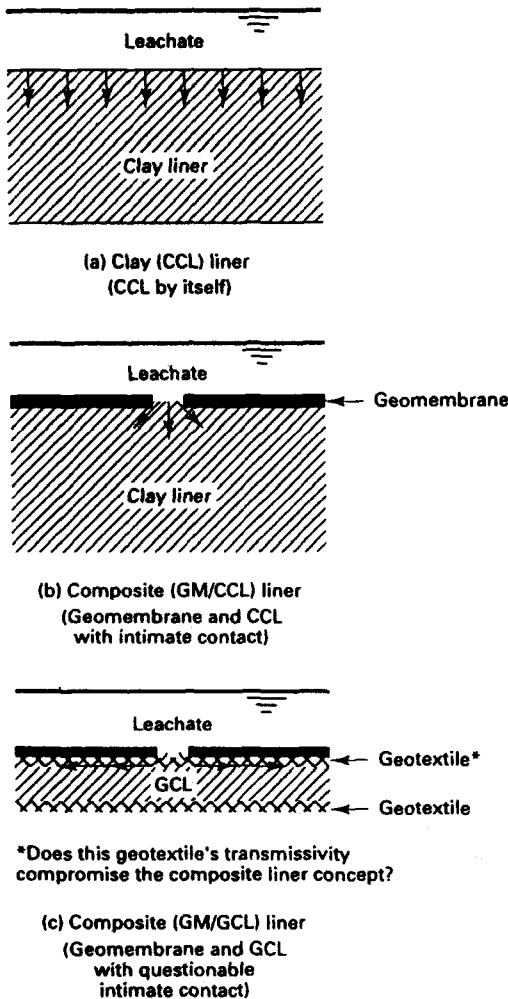


Figure 1. Composite liner concept illustrating the issue of intimate contact.

GCL의 응용은 환경, 교통과 토목 기술 분야로 광범위하고 신속하게 확대되고 있다. 벤토나이트는 천연적으로 얻어지는 최대의 친수성을 지닌 광물질이며 물과 접촉할 경우 void안으로 물분자를 흡수하여 투수계수 감소를 유발한다. 한 예로 주요 지오멤브레인의 매립지의 이중 라이너 시스템에 설치되었을 때 시스템에서의 누출을 현실적으로 제거할 수 있으며 1980년대에 매우 다양하게 응용되어 수로의 라이너, 비행장의 공해방지용 그리고 고속도로 및 다른 건설공사에 차수용 복합재료로 사용되었다. Figure 1에 이와 같은 GCL의 적용개념을 나타내었다.

GCL의 종류 및 제조공정 : 다음에 널리 사용되는 GCL 제품과 제조방법을 간략하게 소개하였으며, Figure 2에 GCL의 단면 및 규격을, Figure 3에 GCL 제조공정을, Figure 4에 GCL 제품을 각각 도시하였다.

- Claymax(CETCO)와 NaBento(Huesker Inc.)-지오텍스타일 사용, 스티치 본딩법으로 제조(Figure 3의 (a))

- GundSeal(GSE Lining Technology Inc.)-지오멤브레인 사용, 열융착법으로 제조(Figure 3의

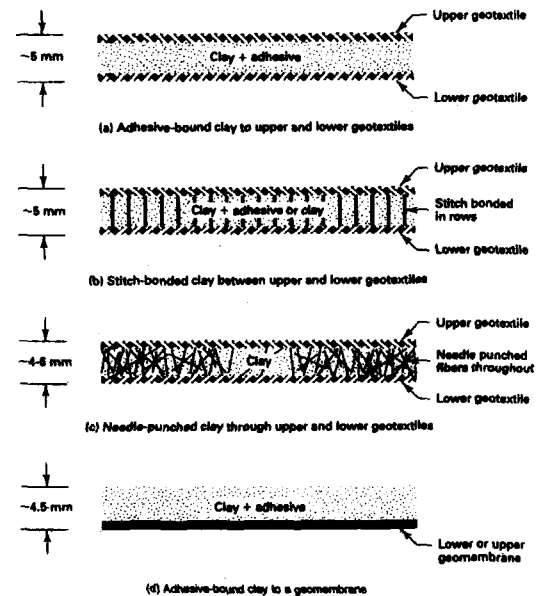


Figure 2. Cross-section sketches of currently available GCL.

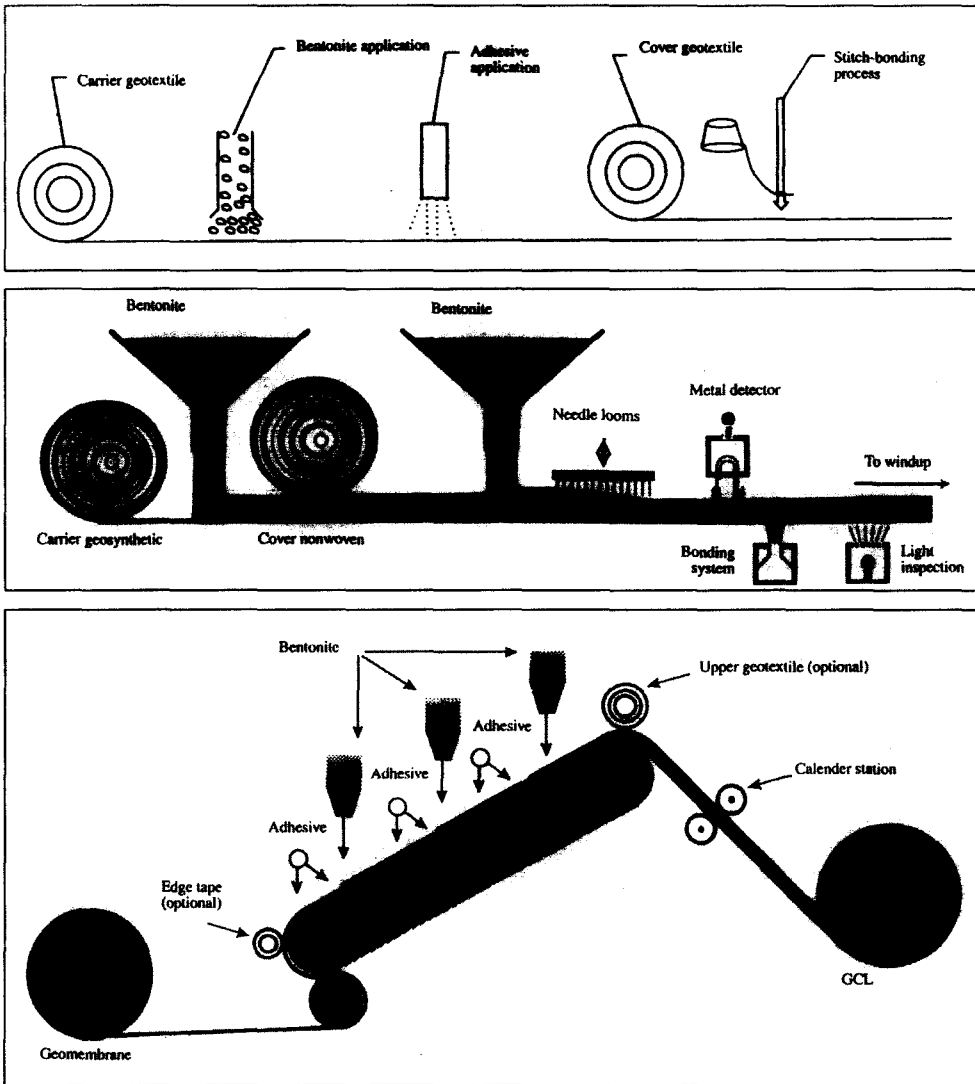


Figure 3. Schematic of GCL production process.

(c)

• Bentofix(National Seal Co.)와 Bentomat-지오텍스타일 사용, 두께 방향으로 니들펀칭하고 보조적으로 열융착이나 접착제를 이용한 화학적 결합으로 제조(Figure 3의 (b))

GCL의 생산품과 시험방법 : 지오텍스타일과 지오멤브레인을 응용하여 벤토나이트를 결합시킨 GCL의 물성을 특성화시키는데 사용되는 일반적 시험방법을 Table 1에 나타내었으며 요구되는 몇 가지 범위를 예를 들면 아래와 같다.

- 봉제 중첩 투수계수
- 상부 지오텍스타일의 수평투수계수
- 수분처리된 상품의 내구성
- 수축과 팽윤거동
- 결빙 해동거동
- 하부 토양지반의 흡수성
- 중첩부위의 전단강도
- 물에 의한 차수능 상실시간
- 용액에 의한 차수능 상실시간
- 화학적 흡착량 등

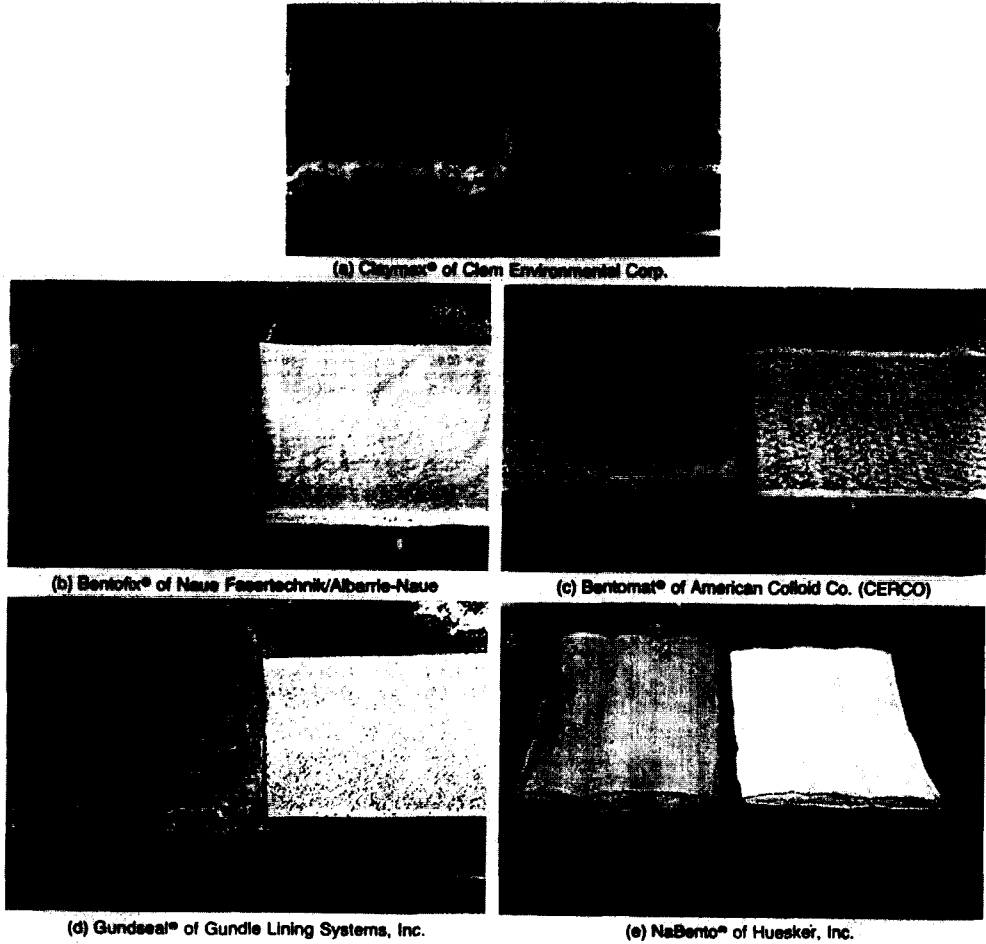


Figure 4. Various types of commercially available GCL.

GCL의 적용 : 환경분야에 사용되는 GCL의 가장 중요한 부분은 고체 쓰레기 매립지이며 primary liner의 밑면과 secondary liner의 밑면에 많이 쓰인다. 또한 액체저장소의 표면 용액의 누출예방에도 응용되며 이런 경우 GCL은 일반적으로 복합라이너의 형태로 사용되는데 GCL 위에 지오멤브레인이 위치하게 된다. GCL의 혁신적인 사용은 결빙방지 화학 약품으로부터 지하수를 보호하기 위해 1990년 독일의 뮌헨공항에 사용된 경우를 들 수 있다. 또한 지하, 암반 및 댐에서의 누출을 제어하여 수압에 의해 생기는 과도한 구멍의 제거와 감소로 안정성의 증가를 가져 올 수 있다. 대부분의 GCL은

모두 라이닝 재료로 쓰이도록 제한되어 있으며 다음의 세가지 수리적 성질을 고려하여 적용해야만 한다.

- 찢김에 대한 취약성
- 수분전달률 증가에 대한 차수능 감소
- 수분흡수의 한계용량과 화학약제에 의한 연화성

그리고 GCL은 최소한 0.15 m 중첩되어 설치하여야 하고 덮는 물질이 0.3 m 이상의 두께이어야 하며 젖은 상태에서 설치해서는 안된다. 만일 적당한 두께로 덮개층이 설치되지 않으면 벤토나이트 층이 압착되어 흠이 생기게 되므로 교통량이 많은 곳의 덮개 두께는 덮개재료나 건축공정에 따라 0.5~1 m에 달한다.

Table 1. Types of test methods of GCL

Test designation	Test method	Testing frequency	Report value
I) Clay¹			
Free swell	D 5890	1 per truck or railcar but a minimum of every 50,000 kg	Minimum average ⁶
Fluid loss	D 5891	1 per truck or railcar but a minimum of every 50,000 kg	Minimum average ⁶
II) Geosynthetic materials			
<i>a) Geotextiles</i>			
Mass per unit area	D 5261	20,000 m ² (200,000 ft ²)	Typical and MARV ⁶
Grab tensile strength (MD and CD)	D 4632	20,000 m ² (200,000 ft ²)	MARV ⁶
<i>b) Geomembrane</i>			
Mass per unit area ⁸	D 5261	20,000 m ² (200,000 ft ²)	Typical and MARV ⁶
Thickness	D 5199	20,000 m ² (200,000 ft ²)	MARV ⁶
Tensile strength at break and yield (MD and CD)	D 638	20,000 m ² (200,000 ft ²)	MARV ⁶
III) Finished GCL²			
Clay mass per unit area (dried) ⁵	In development	4,000 m ² (40,000 ft ²)	MARV
Clay moisture content	D4643	4,000 m ² (40,000 ft ²)	Average value ⁷
Grab tensile strength (MD and CD) ⁴	D4632	20,000 m ² (200,000 ft ²)	MARV
Index flux ⁴	D5887	Once weekly with the last 20 values reported ³	Maximum value

MD = machine direction, CD = cross-machine direction

¹ The tests on the bentonite are to be performed on the as-received material before fabrication into the GCL product

² Components from the finished GCL product should not be separated and tested, because the production process may alter the properties of the components

³ The last 20 values to be reported should end at the production date of the supplied GCL. If the manufacturer has more production facilities and/or production lines, the tests must be performed and reported for each line

⁴ This test may not be applicable for geomembrane-backed GCLs

⁵ Dried bentonite is defined as 0 percent moisture content

⁶ Letter of Certification from component manufacturer and/or QA from GCL manufacturer. Letters of Certification must arrive and be checked before the components are used for the GCL production. A Letter of Certification must contain manufacturer's address, name of product, production date, lot number, roll number, required tests, required report values, signature of authorized company's representative and his or her printed name

⁷ Only for information

⁸ Mass per unit area can be calculated using the density value and the thickness of the geomembrane

2.3. 콘크리트 강화용 섬유복합재료

섬유와 부직포 및 직물을 이용하여 콘크리트의 균열을 방지하고 역학적 특성을 향상시킬 목적으로 섬유복합재료가 사용된다. 강화섬유로는 탄소섬유, 금속섬유, 아라미드섬유, 유리섬유 등이 주로 사용되며 나일론, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리에스테르, 레이온, 스판덱스 등이 이용되기도 한다. 또한 직경 0.8~15 mils, 길이 0.5~2.0 in의 섬유를 이용하고 강화섬유의 첨가로 다음과 같은 개선을 기대할 수 있다.

- 균열에 대한 저항력의 증가
- 균열된 부분의 공유

- 열변화 및 열수축에 대한 저항력의 증가
- 내구성의 향상 등

한편, 콘크리트와 섬유를 혼합할 경우 가장 주의할 점은 섬유의 balling을 방지하는 것이며 가능하다면 섬유는 시멘트 집합체와 함께 혼합하거나 preblending해야 한다. 일반적으로 금속섬유 강화 콘크리트는 파이프, 내화성 콘크리트, 부식 방지용 콘크리트 구조물 등에 사용되며 인장특성, 피로특성, 크리이프 특성, 내알칼리성, 내약품성, 내열성, 콘크리트와의 부착성 등이 신중하게 검토된 후 적용되어야만 한다. Table 2에 보통 콘크리트와 강철섬유강화 콘크리트의 특성을 비

교하여 나타내었다.

2.4. 배수용 지오킴포지트

플라스틱 드레인 보드(PDB)는 토목공사시 배수량이 1 gal/min-ft 보다 큰 경우 배수매체로 사용되고 있다. 주로 투수성이 좋은 부직포와 플라스틱 압출제품을 접착시킨 복합재료로 구성되며 연약지반 개량용 수직배수재로서 이용되고 연약지반내에 수직으로 설치하면 간극수가 여과기능을 가진 부직포 필터를 거쳐 내부 코어인 플라스틱 배수구를 통하여 상부로 쉽게 배출되도록 되어있다. 플라스틱 압출제품인 내부 코어는 배수용량 및 여과면적이 크고, 강력해야 하며 산, 알칼리, 염분 등에 대한 내구성이 커야 되고, 저온 및 고온에서 시공성이 좋아야 하며, 유연성이 좋고 수분에 의한 수축이나 변형이 발생해서는 안된다. 또한 부직포 필터는 인장력이 커야하며, 투수성 및 여과효과가 탁월해야 하고, 막힘현상이 없어야 하며, 산, 알칼리, 염분 등에 대한 내구성이 좋아야만 한다. Figure 5는 국내에서 생산되는 메브라 드레인(Mebradrain)의 배수작용을 도식화한 것이다.

심지형 배수재(wick drains) : 일반적으로 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 폴리에틸렌 등으로 제조되며 물에 대한 저항성이 있다. Wick drain은 보통 세로홈을 가진 플라스틱과 지오텍스타일 필터로 둘러싼 복합재료로 되어있고 상당한

Table 2. Plain concrete vs. steel fiber reinforced concrete

Property or index	Advantages of fibrous concrete over plain concrete (times higher)
First-crack flexural strength	1.5
Ultimate modulus of rupture strength	2.0
Ultimate compressive strength	1.25
Ultimate shear strength	1.75
Flexural fatigue endurance limit	2.25
Impact resistance	3.25
Sand blast abrasion resistance index	2.0
Heat spalling resistance index	3.0
Freeze-thaw durability index	2.0

인장력을 갖는다. 보통 4인치 wick drain은 1,000~3,000 lb의 파단력을 가지며 3~10 ft로 관통된 wick drain은 상당한 보강효과를 나타내고 그 효과가 3차원 분석으로 정량화되진 않았지만 등가평면의 변형력은 큰 것으로 알려져 있다. 중요한 점은 wick drain은 흐름의 전달에 모래를 필요로 하지 않거나 설치에 큰 구조물을 필요로 하지 않는다는 사실이다. Figure 6에 지오킴포지트 wick drain을 나타내었다.

Wick drain의 연구동향을 보면 중요한 내용은 지오텍스타일 필터와 wick drain의 비틀림에 의한 토양오염의 영향이다. 토양오염은 wick drain의 설치 및 회수, wick drain 위에 위치한 토양의 붕괴로 인한 토양의 변형 등이며 비틀림은 압밀가공하는 동안 wick drain의 수축에 기인한다. Wick drain은 일시적으로 편리한 구조이며 화학적, 생물학적 결합포텐셜은 매우 낮은 값을 가지며 크리이프는 토양의 압밀되기 위한 최소한의 깊이로 부터 범선응력이 발생하는 시간에 의존한다.

Sheet Drain : 지오스페이서, 지오매트 등으로 알려진 2차원의 sheet drain이 필요한 분야는 다

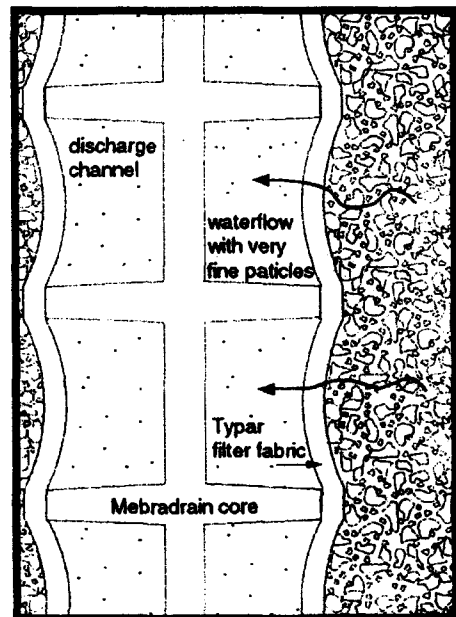


Figure 5. Schematic of drainage of 'Mebradrain'.

음과 같다.

- 내벽의 뒤편
- 경사진 암벽의 파괴면
- 운동장의 아래쪽 배수로
- 매립지용 지오�멤브레인 라이너의 아래
- 석판 바닥 아래
- 수직 및 수평 배수로

토목 건설용 섬유복합재료의 sheet drain에는 높은 흐름비가 요구되며 지오택스타일 필터의 강도가 커야 되며 내부 플라스틱 유동관이 소성 변형을 하거나, 유체를 과도하게 관입시키면 흐름비율은 빠르게 감소하며 파괴되면 완전히 차단될 것이다. 또한 온도가 높을 경우 크리이프 변형을 일으킬 수 있고 이와 반면에 온도가 낮을 경우 icing problem을 야기할 수 있지만 이러한 부분에 활용할 수 있도록 알려진 정보는 없다. 그리고 설치벽 위의 증기 장벽은 bitumen으로부터 만들어지는 것으로 구조물에 접해 있는 한 측면위의 오목한 구멍을 가진 토목 건설용 섬유

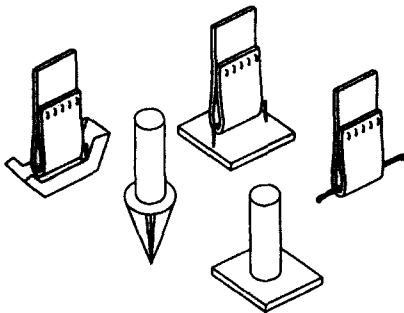


Figure 6. Various commercially available geocomposite wick drains.

복합재료 제품에 구멍이 생기지 않도록 해야한다. Figure 7에 sheet drain의 압력과 흐름비와의 관계를 나타내며, Figure 8에는 sheet drain 제품을 소개하였다.

가장자리 배수재(edge drains) : 고속도로의 성능과 수명은 모두 포장 도로면 밑에 있는 drainage stone의 배수능력에 직접적인 관련이 있다. 특히 고속도로 가장자리 배수의 흐름 메카니즘은 wick drain과 sheet drain과는 매우 다르며 Figure 9로 부터 흐름이 주로 기반암으로 부터 발생되어 지오택스타일 필터를 통과해서 수직으로 배치된 중심의 하부로 떨어짐을 알 수 있다. 일반적으로 기반암 아래의 심토나 shoulder 하부의 토양으로 부터 어떠한 흐름도 일어나지 않거나 거의 발생하지 않는다. 이 순환지대 상부에 가장자리 배수의 나머지부분들이 유입되는 물을 축적하기 위한 부분으로 작용하고 있으며 순환 지역은 고속도로와 평행하게 모인 물을 적절한 배출구로 운반한다. 이때 순환율은 다음에 영향을 받는다.

- 포장 도로면의 유형
- 포장 도로의 상태
- 기반암의 종류 및 두께

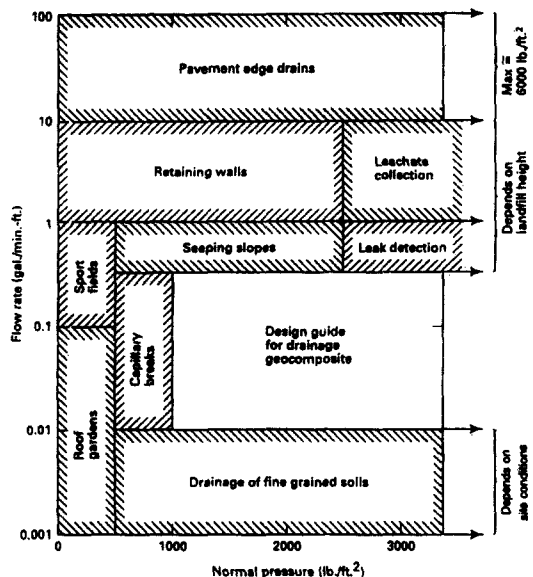


Figure 7. Relations between normal pressure and flow rate of sheet drain.

- 기반암의 오염도
- 가장자리 결합조건
- 강수량과 강설량
- 온도
- Shoulder type
- 시스템의 기울기
- 배출구 유형 및 간격
- 수직 응력
- 반응초기 시간 등

그러나 실제로 설계 방법에서 고려할 사항은 배수구 중심에 작용하는 압축 강도이며 고속도로 가장자리 배수구가 받게 되는 최대 하중은 고속도로의 shoulder에 주차된 트럭의 중량과 동일하다. Figure 10에 edge darin 제품을 나타내었다.

2.5. 액체/기체 차단용 지오킴포지트

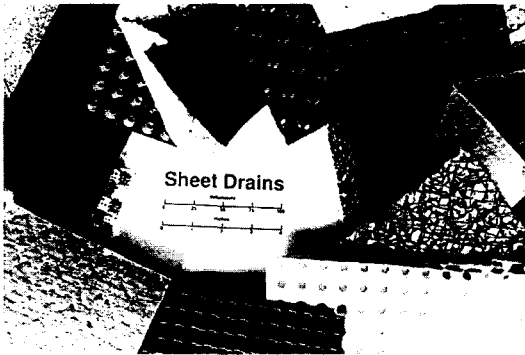


Figure 8. Various commercially available geocomposite sheet drains.

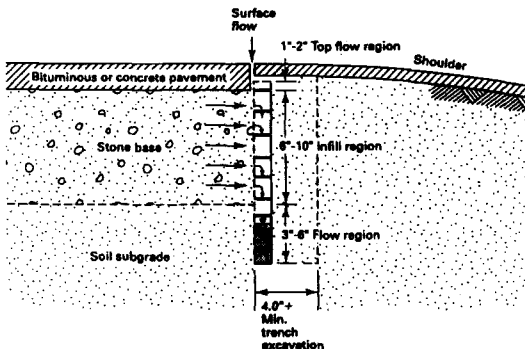


Figure 9. Flow mechanism of prefabricated geocomposite highway edge drains.

지오멤브레인 하부의 지오텍스타일 라이너는 다양한 목적으로 사용되고 지오멤브레인/지오텍스타일 일체형 지오킴포지트 형태가 유용하다. 지하 가솔린 저장 탱크에 사용되는 지오텍스타일/지오멤브레인/지오텍스타일 복합재료는 탱크로부터 누출되는 가스를 차단하는 목적으로 이용된다. 또 다른 지오멤브레인 복합재료는 아직까지 개발중인 상태이며 그러한 상품중 하나는 HDPE/납판/HDPE로 구성된 지오멤브레인 복합재료이다. 납과 지오멤브레인의 결합은 매우 적당하고 층간 접착시험에 의해 그 차단효과가 증명되었다. 또한 지오킴포지트는 차단재료의 형태에서 수분, 열의 이동방지를 위한 재료로 개발될 수 있으며 확장된 폴리스티렌(EPS-expanded polystyrene)을 이용하여 격리, 배수, 지압 조건

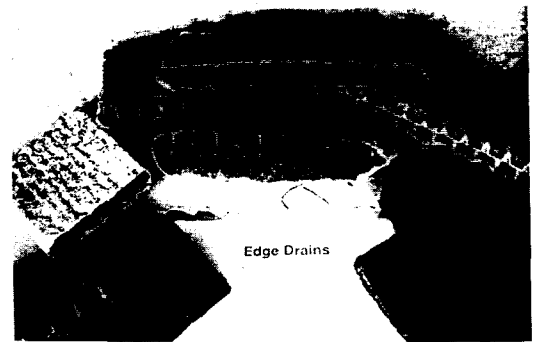


Figure 10. Various commercially available geocomposite for edge drains.

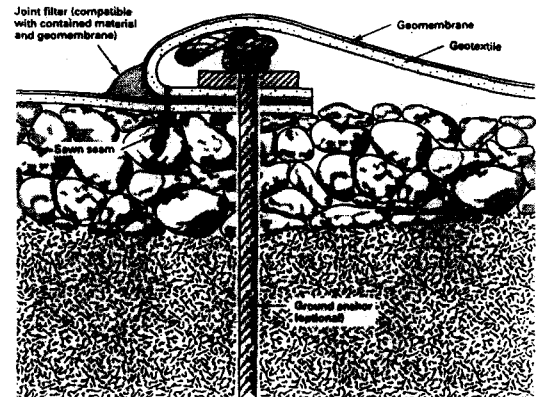


Figure 11. Moisture barrier systems of geotextile/geomembrane.

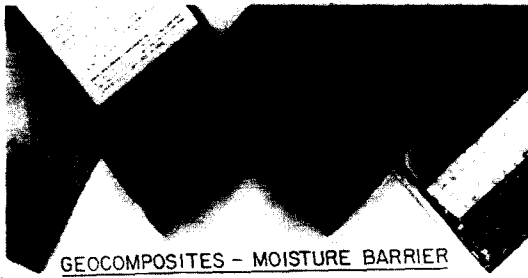


Figure 12. Various commercially available geocomposite for moisture barriers.

의 활성을 위한 옹벽(방호벽)에서 compacted clay liner의 건조까지 그 영역을 확장할 수 있다. Figure 11에 수분차단 시스템을, Figure 12에 수분차단용 제품을 각각 나타내었다.

3. 토목 건설용 섬유복합재료의 침식방지기능

지오텍스타일이 토양속에서 분리재로 사용될 경우 하층이 돌로 되어 있을때 지지토(subgrade soil)를 분리하며 인장 및 인열강도, 탄성계수, 파열강도, 찢김강도 등이 요구되는 경우 지오텍스타일만을 단독으로 사용할 수 없으며 지오펀트형태의 섬유복합재료가 사용된다. 일반적으로 지오펀트의 사용목적은 암반, 계곡, 골짜기 등의 토양을 침식으로부터 영구적으로 또는 지반이 안정화될 때까지 보호하기 위해서이다. Table 3에 침식방지용 지오펀트를 나타내었다.

침식 방지용 섬유복합재료는 주로 수로와 급경사면 토양에 고정시켜 침식 방지, 경사면 보호를 위해 사용되며 물질 내부의 물 흐름은 시스템의 기능 약화와 파괴를 초래하기 때문에 블랭킷(blanket), 매트(mats)와의 경계면은 매우 중요하다. 또한 일시적인 침식방지재료는 순간 침식 방지가 가능하고 일정 시간 이후에는 분해되지 않고 지반을 안정화시키는 기능을 가지고 있다. 단섬유 형태(geofiber)와 마이크로 그리드(microgrids)를 토양과 혼합한 재료들이 사용되며 폴리프로필렌 또는 폴리에틸렌을 2축 방향으로 제조한 메쉬(meshes), 네트(nets), 시트(sheets) 등이 사용되기도 한다. 이와 반대로 영

Table 3. Geosynthetic erosion control materials

(a) Temporary erosion and revegetation materials (TERMs)
Straw, hay, and hydraulic mulches
Tackifiers and soil stabilizers
Hydraulic mulch geofibers
Erosion control meshes and nets (ECMNs)
Erosion control blankets (ECBs)
Fiber roving systems (FRSs)
(b) Permanent erosion and revegetation material (PERMs)-soft armor related
UV-stabilized fiber roving systems (FRSs)
Erosion control revegetation mats (ECRMs)
Turf reinforcement mats (TRMs)
Discrete length geofibers
Vegetated geocellular containment systems (GCSs)
(c) Permanent erosion and revegetation materials (PERMs)-hard armor related
Geocellular containment systems (GCSs)
Fabric-formed revetements (FFRs)
Vegetated concrete block systems
Concrete block systems
Stone rip-rap
Gabions

구적인 침식 방지재료는 침식 방지와 지반안정화를 기하며 바닥층을 보강하고 태양광선으로부터 보호되면 분해되지 않는다. 침식 방지 재생매트와 잔디 보강 네트 등이 이에 속하며 보충토와 함께 지표면 위에 사용되거나 지표면 위에서 복합재료 내부에 흙을 충전시켜 사용되기 때문에 일시적인 침식 방지용 복합재료에 비해 지반안정화 효과가수명이 길다. 섬유장이 긴 geofiber가 운동장, 경사면 등과 같은 급격한 하중이 가해질 때 이를 지탱하기 위한 인장 강도를 부여하기 위하여 단섬유 방적사와 흙을 혼용하여 사용된다. Figure 13에 침식방지용 제품을, Figure 14에 분리용 침식방지 지오펀트의 적용 예를 나타내었다.

4. 토목 건설용 섬유복합재료의 시험방법

일반적으로 지오펀트에 대한 시험방법은 ASTM에는 별도로 명기되지 않았으며 GRI (Geosynthetic Research Institute, Drexel Univ., Philadelphia, PA, USA)의 시험법에는 분류, 소

개되어 있고 Table 4에 나타내었다.

5. 결 언

지금까지 살펴본 바와 같이 토목 건설용 섬유 복합재료는 기존의 토목섬유를 복합화한 형태의

소재가 주로 사용되고 있으며 그 적용분야도 매우 광범위하다. 이와 반면에 지오텍스타일 위주의 복합화에서 크게 벗어나지 못하고 있으며 원

Table 4. Test methods of geocomposites by GRI standard test methods

Geosynthetic Clay Liner(GCL) related	
GCL1	Swell measurement of the clay component of GCL's
GCL2	Permeability of geosynthetic clay liners (GCLs)
Geocomposite (GC) related	
GC1	Soil-filter core combined flow test
GC2	Strip drain flow rate under load
GC3	Strip drain kinking efficiency
GC4	Compression behavior of prefabricated edge drains and sheet drains
GC5	Erosion control systems to protect against soil detachment by rainfall impact and overload flow transport
GC6	Erosion control systems for high velocity flows in channels

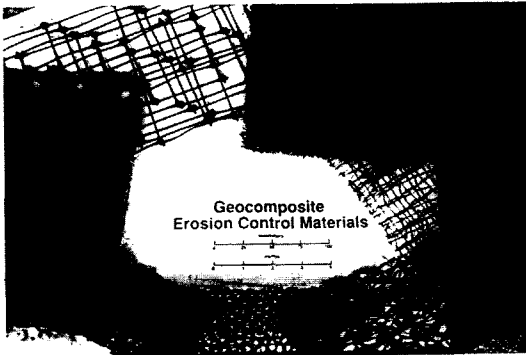


Figure 13. Geocomposites used in erosion control.



(a) Erosion control in water runoff channels (compliments of Mirafi, Inc., Charlotte, NC)



(b) Erosion control of steep side slopes (compliments of Akzo, Inc., Enka, NC)

Figure 14. Usage examples of geocomposite separators in various erosion control applications.

료섬유도 폴리에스테르, 폴리프로필렌 등에 국한되어 있고 소재의 복합화에 따른 표준화된 성능 시험, 평가방법이 보완되어야만 하는 문제점을 내포하고 있기도 하다. 그러나 토목 건설공사에서 고기능, 고성능화된 섬유복합재료들의 사용 요구 및 수요가 급증하는 추세이고 특히, 환경분야에서의 이들 복합재료의 중요성이 크게 부각되고 있는 점을 고려할 때 이에 부응하는 토목 건설용 섬유복합재료의 개발은 지속될 것으로 생각된다. 따라서 배수, 여과, 보강기능 위주의 섬유복합재료의 응용분야를 확대하기 위해서는 두가지(혹은 그 이상) 토목용 재료들 사이에서 발생하는 상승작용을 고려한 소재의 복합화 설계와 이에 부합되는 혁신적인 시공 시스템, 시험 평가방법들이 개발되어야만 할 것이다.

참고문헌

1. A. W. Eith, J. Boschuk, and R. M. Koerner, *J. Geotextiles and Geomembranes*, **10**, 193(1991).
2. G. Heerten, K. von Maubeuge, M. Simpson, and C. Mills, "Proc. the 6th GRI Seminar", MQC/MQA and CQC/CQA of Geosynthetics, pp.86-95, IFAI, St. Paul, MN, 1995.
3. P. J. Leisher, "Hydration and Shear Strength Behavior of Geosynthetic Clay Liners", MSCE Thesis, Drexel University, Philadelphia, 1992.
4. P. Estornell and D. E. Daniel, *J. Geotechnical Engineering, ASCE*, **118**, 1592(1992).
5. C. Scheu, K. Johannssen, and F. Soatloff, "The 4th Intl. Conf. on Geotextiles, Geomembranes and Related Products", pp.467-472, 1990.
6. M. S. Theisen, *Journal of Geotextiles and Geomembranes*, **11**, 214(1992).
7. J. R. Weggel and R. Rustom, *ibid.*, **11**, 215(1992).
8. T. S. Ingold and J. C. Thompson, "Proc. Environmental Geotechnology Conf.", pp.413-424, Enviro Publication, 1986.
9. C. J. Kenter, M. T. DeGroot, and H. J. Dunnewind, "Proc. the 3rd Intl. Conf. on Geotextiles", pp.67-70, Vienna, 1986.
10. F. B. Mercer, K. Z. Andrawes, A. McGown and N. Hytiris, "Polymer Grid Reinforcement", pp.244-249, London, Thomas Telford, 1985.
11. E. Leflaive, "Proc. the 2nd Intl. Conf. on Geotextiles", pp.721-726, IFAI, St. Paul, MN, 1982.
12. R. DeGaridel and G. Morel, "Proc. 3rd Intl. Conf. Geotextiles", pp.153-197, Vienna, 1986.
13. R. M. Koerner, "Consturction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering". New York, Mcgraw-Hill, 1984.
14. G. B. Batson, "Proc. CERL Fibrous Concrete Conf.", pp.1-25, Champaign, IL, 1972.
15. G. C. Hoff, "Research and Development of Fiber Reinforced Concrete in North America", Paper No. C-74-3, U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1974.
16. van Harttress. "Proc. the 2nd Int. Conf. Geotextiles", pp.277-282, Las Vegas, NV, 1982.
17. C. A. Lawrence and R. M. Koerner, "Proc. Sym., Geosynthetics for Soil Improvement", ASCE, Nashville, TN, 1988.
18. G. den Hoedt, "Proc. the 10th ISSMFE", pp. 627-630, Stockholm, 1981.
19. R. Kremer *et al.*, "Proc. the 2nd Int. Conf. Geotextiles", pp.319-324, IFAI, Las Vegas, NV, 1982.
20. J. S. Horvath, *Geotechnical Fabrics Report*, **10**, 7, 18(1992).