

III. 필터, 배수, 침식방지

1. 토목섬유 필터 및 배수공

1.1. 개요

토목섬유(geosynthetics)의 여러 가지 기능 중에서 토목섬유 자체의 투수성을 주로 이용하여 필터 및 배수기능을 수행하는 토목섬유 필터 및 배수공은 이용가능한 천연골재의 부족과 탁월한 시공성 때문에 토목섬유의 주된 적용분야로 자리잡고 있다. 이에 따라 적지 않은 학자와 기술전문가들에 의하여 토목섬유 필터 및 배수공에 대한 설계기준과 효율적인 시공 방법들이 연구되어 왔으나 복잡한 현장여건을 충족시킬 수 있는 최적의 설계방법의 정립을 위하여서는 지속적인 연구가 요망된다. 본 장에서는 지금까지의 연구결과를 토대로 하여 토목섬유 배수공 및 필터의 설계를 위한 기초이론을 고찰하고 설계방법을 제시하였으며 시공에 필요한 사항들을 수록하였다.

1.2. 이론적 배경

토목섬유 필터(geosynthetic filters)에서는 투수성기준과 관련되는 토목섬유의 연직투수성(normal permeability)과 보유성기준과 관련되는 구멍크기(opening size)가 주된 설계인자가 되며 토목섬유 배수공(geosynthetic drains)에서는 배수능력을

나타내는 평면투수성(in-plane permeability)이 주된 설계인자가 된다. 대부분의 경우에서 토목섬유 필터는 배수시스템과 함께 시공되어 보호토(protected soil)를 보유하면서 보호토 내부로 침투되는 물을 제거하여 배수시스템을 통하여 배제시키는 역할을 하고, 토목섬유 배수공은 물을 배수시키는 통로로서의 기능을 수행하는 것이 주된 역할이지만 토목섬유 단독의 배수시스템일 경우에는 흙 내부에서 필터의 역할도 담당하게 된다. 그러나 토목섬유 필터와 배수공의 뚜렷한 차이점은 그 투수특성에 있다. 필터의 경우에는 수류의 통수단면이 토목섬유 평면이 되어 침투수는 토목섬유 평면에 수직으로 흐르게 되는 반면에 배수공의 경우에는 그 통수단면이 토목섬유의 단면이 되어 물은 토목섬유의 평면을 따라 흐르게 된다. 한편 토목섬유 필터재나 배수재의 주종을 이루는 지오텍스타일(geotextiles) 내부에서의 흐름은 일반적으로 1방향 층류상태의 흐름으로 가정하여 Darcy 공식이 이상적으로 적용되거나 보다 많은 유량을 배수시켜야 할 경우에 적용되는 지오네트 배수시스템(geonet drainage system)이나 지오컴포지트 배수시스템(geocomposite drainage system)에서는 일반적으로 다방향 난류상태의 흐름이기 때문에 Darcy 공식은 극히 한정적으로 적용된다.

1.2.1. 지오텍스타일의 수리학적 특성

1) 구멍면적 백분율

*1 정희원, 경북대학교 농업토목공학과 부교수

*2 정희원, 부산정보대학 건설계열 조교수

구멍면적 백분율(POA: Percent Open Area)은 특별히 직포 지오텍스타일(woven geotextiles)에 대한 것으로 시료의 총 면적에 대한 공간의 면적백분율로 정의된다. 공간의 면적은 광선에 의하여 지오텍스타일을 투영시킨 화면을 통하여 측정된다. 일반적인 모노필라멘트 직포(monofilament wovens)의 퍼센트 구멍면적의 값은 6~12% 정도로 알려지고 있다.

2) 겉보기 구멍크기(등가구멍크기)

겉보기 구멍크기(AOS: Apparent Opening Size) 혹은 등가구멍크기(EOS: Equivalent Opening Size)는 당초에 직포 지오텍스타일에 대하여 미국 공병단(US Army Corps Engineers)에 의하여 개발된 방법으로 현재로서는 부직포에 대하여도 적용되고 있다. 이 시험방법은 기지구경의 유리 구슬을 사용하여 체분석하는 방법으로 체분석 결과로부터 작성된 구멍크기 분포곡선(opening size distribution curve)으로부터 구한 O₉₅의 체번호가 겉보기 구멍크기가 된다. 겉보기 구멍크기, 등가구멍크기 및 O₉₅는 본질적으로 동일한 구멍크기를 나타내지만 AOS와 EOS는 O₉₅의 체번호로 표시하고 O₉₅는 체번호의 체눈의 크기를 mm로 표시한다.

3) 통수성

지오텍스타일 필터의 경우에는 물이 지오텍스타일의 평면에 직각방향으로 흐르고 수류의 통수단면적은 지오텍스타일의 평면이 되는 수직투수성(normal permeability)을 고려하게 된다. 이러한 지오텍스타일 필터는 흙 내부에서 상재하중과 토압에 의하여 압축응력을 받으면 두께가 감소하게 되며 그 감소율은 특히 니들펀칭 부직포 지오텍스타일(needlepunched nonwoven geotextiles)인 경우에는 현저하게 나타나게 된다. 이와 같이 압축응력으로 인한 두께의 변화를 고려하여 지오텍스타일 필터의 통수능력을 통수성(permeability)으로 정의하고 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$\psi = \frac{k_n}{t} \tag{1-1}$$

여기서, ψ : 통수성 (sec⁻¹)
 k_n : 수직투수계수 (m/sec)
 t : 지오텍스타일의 두께 (m)

상기식은 Darcy 공식에 의하여 다음과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} q &= k_n i A \\ &= k_n \frac{\Delta h}{t} A \\ \psi &= \frac{k_n}{t} = \frac{q}{(\Delta h)(A)} \end{aligned} \tag{1-2}$$

여기서, q : 유량 (m³/sec)
 i : 동수경사
 Δh : 수두 (m)
 A : 지오텍스타일 평면적 (m²)

지오텍스타일의 통수성과 수직투수계수의 범위는 대략 다음과 같다.

통수성 ψ : 0.02~2.2 sec⁻¹
 투수계수 k_n : 0.0008~0.23 cm/sec

4) 전수성

지오텍스타일이 배수공에 적용될 경우에는 물이 지오텍스타일의 평면에 직각방향으로 흐르는 지오텍스타일 필터와는 달리 물은 지오텍스타일의 평면을 따라 흐르고 수류의 통수단면이 지오텍스타일의 단면이 되는 평면투수성이 고려된다. 이러한 평면투수성은 지오텍스타일의 평면투수계수에 두께를 곱하여 구한 전수성(transmissivity)으로 표시하고 이 전수성이 지오텍스타일 배수공의 배수능력이 된다. 이러한 지오텍스타일의 전수성은 Darcy 공식을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q = k_p i A$$

$$= k_p \frac{\Delta h}{L} (W) (t) \quad (1-3)$$

$$k_{pt} = \theta = \frac{(q)(W)}{(\Delta h)(W)} = \frac{q}{iW} \quad (1-4)$$

- 여기서, θ : 지오텍스타일의 전수성 (m²/sec)
 k_p : 지오텍스타일의 평면투수계수 (m/sec)
 t : 지오텍스타일의 두께 (m)
 i : 동수경사
 q : 유량 (m³/sec)
 L : 지오텍스타일의 길이 (m)
 Δh : 수두 (m)
 W : 지오텍스타일의 폭 (m)

상기 식에서와 같이 지오텍스타일 배수공은 전수성이 높아야 하기 때문에 두께가 두껍고 평면투수계수가 높은 부직포가 이용되고 있지만 부직포는 압축성 재료이기 때문에 흙 내부에서 하중을 받으면 두께가 감소하여 그림 1-1과 같이 지오텍스타일이 받는 응력이 증가함에 따라 전수성은 지수함수적으로 감소

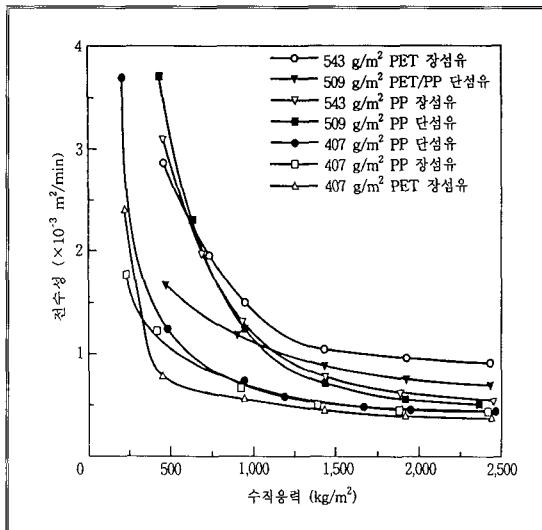


그림 1-1 니들펀칭 부직포의 압축응력에 대한 전수성 (Koerner et al., 1984).

소하게 된다. 그러나 다행히도 그 전수성은 대부분의 부직포에서 2,500 kg/m² 이하에서 안정되는 것으로 나타나고 있다.

5) 구멍막힘, 블라킹, 블라인딩

토목섬유 필터의 개구(pore openings)가 적당하게 작으면 초기의 세립토 유실이 적어서 인접한 흙 내부에 효율적인 입도조정필터(graded filter)가 조속하게 형성된다. 그러나 토목섬유 필터의 개구가 지나치게 작으면 장기적으로 블라인딩(blinding), 심한 블라킹(blocking) 혹은 구멍막힘(clogging)이 발전되어 필터의 기능을 상실하게 될 것이다. 여기서 블라킹이란 그림 1-2와 같이 흙 입자들이 필터 표면에 정지하고 있어 필터의 개구를 전체적으로 혹은 부분적으로 막고 있는 상태이다. 약간의 블라킹 현상은 대부분의 토목섬유 필터에서 필연적인 현상이지만 그 정도가 흙 내부의 바람직한 입도조정이 불가능한 상태까지 되면 토목섬유 필터는 더이상 효과적인 투수성을 발휘할 수가 없게된다. 블라인딩은 심한 블라킹 현상의 특별한 형태로서 비교적 큰 입경의 세립토가 지오텍스타일의 개구를 통과하지 못하고 지오텍스타일면을 뒤덮고 있는 상태이다(그림 1-3 참조). 이는 비교적 저투수성의 얇은 세립층을 지오텍스타일 상면에 형성하면서 개구를 막게 된다. 구멍막힘은 대부분의 토립자 입경이 지오텍스타일 개구의 크기와 매우 비슷할 때 이 토립자가 개구를 통과하다가 개구 내부에 정지하여 개구통로를 막는 현상이다(그림 1-3 참조). 특별히 복잡한 내부구조를 갖는 두꺼운 부직포에서 심각한 구멍막힘이 일어나기 쉽다. 약간의 구멍막힘은 허용될 수 있기 때문에 지오텍스타일의 투수성을 변화시키지 않을 정도이면 심각하지는 않다. 입도분포가 불량한 세립모래나 실트질 흙에 지오텍스타일 필터를 적용할 경우에 동수경사가 크면 상당한 주의를 요한다. 이러한 흙 내부의 지오텍스타일은 특별히 블라인딩과 구멍막힘을 받기 쉽고 이들 현상은 대부분의 현장에서 세립토의 유실보다 더 치명적인 결과를 초래한다.

강좌

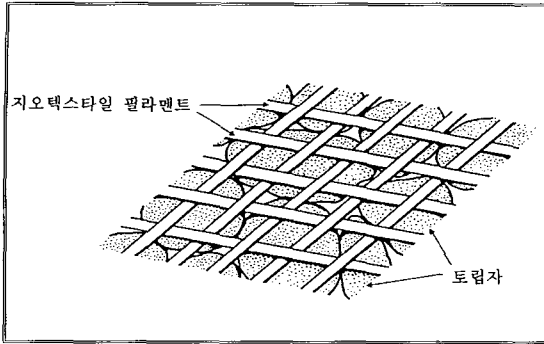


그림 1-2 지오텍스타일 공극의 블리킹

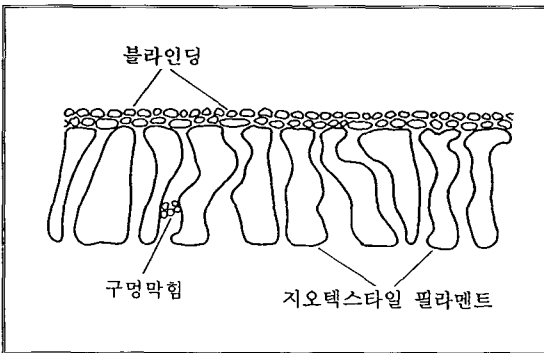


그림 1-3 지오텍스타일 개구의 블라인딩과 구멍막힘.

6) 구멍막힘의 평가

지오텍스타일 필터의 구멍막힘을 평가하기 위한 시험방법은 장기적 흐름시험(LTF test: Long-Term Flow test)과 동수경사비시험(GR Test: Gradient Ratio test)이 이용된다.

장기적 흐름시험은 현장에서 채취한 흙시료를 실린더 내부의 지오텍스타일 상면에 설치하고 일정수두에서 장기적으로 지오텍스타일을 통과하는 물의 흐름을 평가하는 것이다. 유량은 세립토에 의한 구멍막힘에 의하여 감소하다가 일정시간이 지나면 안정된다. 유량이 안정되는 시점은 일반적으로 조립토에 대해서는 10시간, 세립토에 대해서는 200시간으로 알려지고 있다. 이 실험은 일반적으로 1,000시간(40일) 정도 지속되기 때문에 시간이 많이 걸린다는 결점이 있다.

동수경사비시험은 흙-지오텍스타일 시스템의 수리학적 부합성(compatibility)을 평가하기 위하여 미국 공병단에서 개발한 시험방법으로 장기적 흐름시험에 비하여 상당히 짧은 시간에 수행될 수 있는 방법이다. 실험장치의 원리는 상기의 장기적 흐름시험과 흡사하지만 흙-지오텍스타일 시스템으로 구성되는 시료기둥(column) 내부의 여러 점에서 수두를 측정하고 그 수두의 차로써 동수경사비를 산정하여 다음 식으로 동수경사비를 구한다.

$$\text{동수경사비} = \frac{\Delta h_{f+1S} / S_{f+1.0}}{(\Delta h_{2S}) (S_{2.0})} \quad (1-5)$$

여기서,

Δh_{f+1S} : 지오텍스타일 하면과 지오텍스타일 상면으로부터 25mm 지점의 수두의 (mm)

$S_{f+1.0}$: 지오텍스타일의 두께 + 25mm(mm)

Δh_{2S} : 지오텍스타일 상면으로부터 25mm와 75mm 지점의 수두의 차(mm)

$S_{2.0}$: 50 mm

미국 공병단에 의하면 동수경사비가 '3'이상이면 해당시료에 대한 지오텍스타일 필터는 불합격으로 판정된다.

1.2.2. 지오네트의 수리학적 특성

지오네트에 대한 평면적 흐름 즉 전수성은 수류가 지오네트 평면을 따라 평면적으로 흐를 수 있게 고안한 평면전수성 시험장치(planar transmissivity device)에 의하여 구할 수 있다.

그림 1-4는 양면을 지오멤브레인으로 보호한 6.3 mm 두께의 지오네트에 대한 실험결과를 나타내고 있다. 분명히 동수경사가 클수록 유량은 증가하고 있다. 지오네트시스템이 항상 포화되어 있다고 가정한다면 실험의 결과치로부터 쉽게 전수성을 산출할 수 있을 것이다. 그러나 지오네트 내부에서의 유량은 흙 내부에서보다 훨씬 커서 난류상태가 되기 때문에 전

수성의 적용에 신중을 기해야 할 것이다.

지오네트의 단위폭당 유량은 Darcy 공식을 사용하여 전수성으로 변환될 수 있다. 그러나 Darcy 공식은 재료가 포화되어 있고 층류상태의 흐름으로 가정될 때 성립된다. 일반적인 지오네트 내부에서의 흐름은 이 2가지 조건 중 어느 것도 만족하고 있지 못하다. 그러나 현재로서 EPA 누수검출 규정 (Environmental Protection Agency - Leak Detection regulations)의 지오네트에 대한 전수성 기준은 다음과 같다.

- 매립장과 폐기물 적재장 : $\theta \geq 3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec}$
- 집수장 : $\theta \geq 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$

단위폭당 유량을 전수성으로 환산하면,

$$q = kiA \quad (1-6)$$

$$q = kiA (t \times W)$$

$$q/W = i(k \times t)$$

$$q/W = i\theta \quad (1-7)$$

한편 배수시스템에 사용되는 지오네트의 상하면은 흙의 침투를 방지하기 위하여 지오멤브레인, 지오택

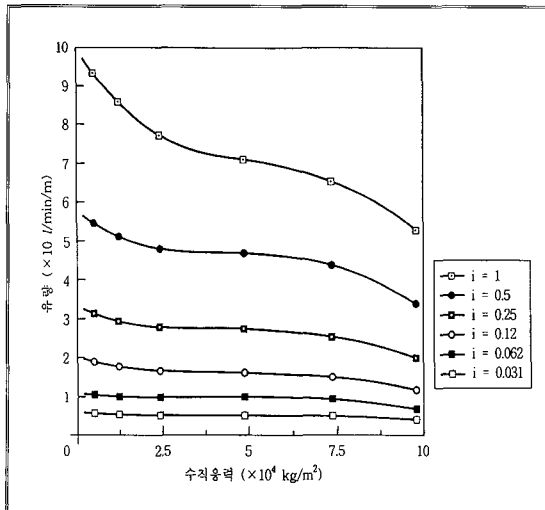


그림 1-4 1.5 mm HDPE 지오멤브레인 사이의 6.3 mm 지오네트 시스템에 대한 수직응력 대 유량 (Koerner, 1994).

스타일 혹은 벽면으로 보호된다. 특히 연성의 지오네트 상하면 보호재가 수직응력으로 인하여 지오네트 코아 내부로 침입(intrusion)하게 되면 코아의 공극을 일부 점유하게 되어 장기적으로는 다소 유량이 감소된다. 또한 지오네트가 점토질 흙에 접하여 배치되면 세립토가 지오택스타일 보호재로부터 빠져나와 지오네트 내부로 들어가게 되어(extrusion of clay) 지오네트의 배수능력을 저하시키기도 한다.

1.3. 설계

1.3.1. 설계방법

토목섬유에 대한 가장 간단한 방법으로서 이용가능한 공사비를 가지고 단위가격의 제한범위 내에서 가장 우수한 특성을 갖는 지오택스타일을 선택하는 공사비에 위한 설계방법, 이용가능한 토목섬유의 특성에 대한 최대 및 최소치를 명시한 시방기준에 의한 설계방법, 현장에서 비교하여 적부를 판단하는 기능에 의한 설계방법 등이 있으나 공사비에 의한 설계방법은 너무나 부정확하고 시방기준은 통일성이 결여되어 있으므로 일반적으로 기능에 의한 설계방법이 통용되고 있으며 가장 이상적인 설계방법으로 판단된다.

기능에 의한 설계방법에서는 현장에서 토목섬유에 요구되는 주된 기능을 평가하여 요구되는 토목섬유의 특성치를 이론적으로 계산하고 후보 토목섬유의 허용특성치(allowable property value)로 나누어 안전율을 구하는 방법이다.

$$FS = \frac{\text{허용(실험)특성치}}{\text{요구(설계)특성치}} \quad (1-8)$$

허용특성치 : 현장상태를 모형화한 실내실험 결과치
 요구특성치 : 현장상태를 모델링한 설계로부터 얻은 이론치

FS : 불확실성에 대한 총 안전율(global factor of safety)

안전율이 '1'보다 크다면 후보 토목섬유는 승인될

표 1-1 지오텍스타일 필터 및 배수공의 개별안전율 참고표 (Koerner, 1994)

적용대상		구멍막힘과 블라인딩	장기적 공극감소	인접재료의 침입	화학적 구멍막힘	생물학적 구멍막힘
필터	옹벽	2.0 ~ 4.0	1.5 ~ 2.0	1.0 ~ 1.2	1.0 ~ 1.2	1.0 ~ 1.3
	지하배수공	5.0 ~ 10	1.0 ~ 1.5	1.0 ~ 1.2	1.2 ~ 1.5	2.0 ~ 4.0
	침식방지공	2.0 ~ 10	1.0 ~ 1.5	1.0 ~ 1.2	1.0 ~ 1.2	2.0 ~ 4.0
	매립지	5.0 ~ 10	1.5 ~ 2.0	1.0 ~ 1.2	1.2 ~ 1.5	2.0 ~ ?
배수공	중력배수공	2.0 ~ 4.0	2.0 ~ 3.0	1.0 ~ 1.2	1.2 ~ 1.5	1.2 ~ 1.5
	압력배수공	2.0 ~ 3.0	2.0 ~ 3.0	1.0 ~ 1.2	1.1 ~ 1.3	1.1 ~ 1.3

수 있다. 수종의 토목섬유에 대하여서도 안전율을 검토하고 승인된 토목섬유 중에서 공사비와 이용가능성을 고려하여 최적의 토목섬유가 선택이 된다. 식 (1-8)으로부터 다음과 같이 요구특성치를 산출할 수도 있다.

$$\text{요구특성치} = \frac{\text{허용특성치}}{FS} \quad (1-9)$$

실내실험을 통하여 구한 토목섬유의 특성치는 이상적인 조건하에서의 극한특성치(ultimate property value)로서 현장조건과 기능에 부합되는 개별안전율(partial factor of safety)을 사용하여 극한특성치로부터 허용특성치를 산정하게 된다. 지오텍스타일 필터 및 배수공의 설계에서 사용되는 유량의 허용특성치는 표 1-1의 개별안전율을 참고하여 다음과 같이 구한다.

$$q_a = q_u \left(\frac{1}{F_{SSCB} \times F_{SCR} \times F_{SIN} \times F_{SCC} \times F_{SBC}} \right) \quad (1-10)$$

여기서,

- q_a : 허용유량 (m³/min)
- q_u : 극한유량 (m³/min)
- F_{SSCB} : 흙의 구멍막힘과 블라인딩에 대한 안전율
- F_{SCR} : 지오텍스타일 공극의 장기적 감소에 대한 안전율

F_{SIN} : 인접재료의 침입으로 인한 지오텍스타일 공극의 변형에 대한 안전율

F_{SCC} : 화학적 구멍막힘에 대한 안전율

F_{SBC} : 생물학적 구멍막힘에 대한 안전율

지오투트 배수공의 설계에서는 표 1-2의 개별안전율을 고려하여 다음과 같이 유량에 대한 허용특성치를 결정한다.

$$q_a = q_u \left(\frac{1}{F_{SIN} \times F_{SCR} \times F_{SCC} \times F_{SBC}} \right) \quad (1-11)$$

여기서,

- q_a : 설계를 위한 허용유량 (m³/min)
- q_u : 상하재하판을 사용한 단기적 실내실험으로부터 구한 유량 (m³/min)
- F_{SIN} : 인접한 토목섬유의 지오투트코아 내부로의 탄성변형과 침입에 대한 안전율
- F_{SCR} : 지오투트의 크리이프 변형이나 인접한 토목섬유의 지오투트코아 내부로의 변형에 대한 안전율
- F_{SCC} : 화학적 클로킹이나 지오투트코아 내부에서의 화학물질의 침적에 대한 안전율
- F_{SBC} : 지오투트코아 내부의 생물학적 구멍막힘

표 1-2 지오텍트 배수공의 개별안전율 참고표 (Koerner, 1994)

적용대상	개별안전율			
	FS _N	FS _{CR} *	FS _{CC}	FS _{BC}
운동경기장	1.0 ~ 1.2	1.0 ~ 1.5	1.0 ~ 1.2	1.1 ~ 1.3
모관수차단	1.1 ~ 1.3	1.0 ~ 1.2	1.1 ~ 1.5	1.1 ~ 1.3
지붕, 플라자데크	1.2 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	1.0 ~ 1.2	1.1 ~ 1.3
옹벽, 흙사면	1.3 ~ 1.5	1.2 ~ 1.4	1.1 ~ 1.5	1.0 ~ 1.5
배수용 블랭킷	1.3 ~ 1.5	1.2 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	1.0 ~ 1.2
표면배수(매립장 덮개)	1.3 ~ 1.5	1.2 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	1.2 ~ 1.5
2차 침출수 집수(매립장)	1.5 ~ 2.0	1.4 ~ 2.0	1.5 ~ 2.0	1.5 ~ 2.0
초기 침출수 집수(매립장)	1.5 ~ 2.0	1.4 ~ 2.0	1.5 ~ 2.0	1.5 ~ 2.0

* q_u값이 현장에서 예상되는 최대치의 1.5~2배의 수직응력하에서 실측된 경우의 안전율이며 1.5배 이하인 경우는 상기값을 증가시켜야 함.

1.3.2. 지오텍스타일 필터의 설계

지오텍스타일 필터(geotextile filters)의 역할은 천연필터의 경우와 마찬가지로 지오텍스타일의 한 면으로부터 다른 면으로 자유수의 흐름을 허용하고 인접한 흙 내부의 세립자의 이동을 장기적으로 방지하는 것이다. 그러므로 필터로 사용되는 토목섬유가 보호토(protected soil)의 장기적인 보유기능을 수행하기 위해서 지오텍스타일의 구멍크기는 (opening size) 작을수록 효과적인 반면에 보호토 내의 물을 제거하기 위한 흐름을 보장하기 위하여 지오텍스타일 필터의 구멍크기는 충분히 커야하는 상반된 조건을 충족시켜야 한다.

1) 투수성 검토

지오텍스타일의 투수성은 1.2.1 3)에서 언급한 통수성으로 평가되고 현장에서 지오텍스타일이 받는 압축응력을 수직제한 하중으로 사용한 수직투수성 시험을 통하여 구한 수직투수계수로부터 식 1-1에 의하여 극한통수성을 결정하고 표 1.1.의 안전율을 고려하여 허용통수성을 산정한다. 현장의 요구통수성에 대한 허용통수성의 비가 후보지오텍스타일의 통수성에 대한 안전율이 된다.

2) 흙의 보유성 검토

지오텍스타일 공극은 상류측 보호토를 보유하기에 충분히 작아야 한다. 조립토는 초기에 보유되기 쉽기 때문에 궁극적으로 필터브리지(filter bridge)를 형성하여 세립토의 이동을 막아주므로써 보호토를 안정시킨다. 그러므로 필터브리지를 형성할 수 있는 보다 조립질인 토립자의 입경을 설계에 고려하게 된다. 따라서 보유성 기준을 수립하기 위한 가장 합리적인 접근방법은 토립자의 입경과 지오텍스타일의 95% 구멍크기를 비교하는 것이다. Task Force #25 에서 추천하는 보유성 기준은 다음과 같다.

- (1) #200체 통과백분율 50% 이하의 경우
O₉₅ < 0.59 mm (AOS ≥ #30체)
- (2) #200체 통과백분율이 50% 이상인 경우
O₉₅ < 0.30mm (AOS ≥ #50체)

1972년부터 지오텍스타일의 구멍크기 (O₉₅, O₅₀, O₁₅ 등)와 보호토의 입경(d₉₀, d₈₅, d₅₀, d₁₅ 등)을 직접 비교한 설계기준들이 지오텍스타일의 종류, 흙의 종류, 수류의 상태에 따라 표 1-3과 같이 지속적으로 제시되어 왔으나 일부는 완전히 정착되지는 못한 기준들이다. 일반적인 현장조건을 고려하면 가장 실용성있는 기준은 상기의 Task Force #25 기준과 표 1-3의 Carroll(1983)의 기준으로 판단된다.

표 1-3 제시된 지오텍스타일 필터의 보유성 기준 (Christopher 와 Fischer, 1992)

발표자(연도)	보유성 기준	비 고
Task Force #25 (1986)	$50\% \leq 0.074\text{mm}$, $O_{95} < 0.59\text{mm}$ $50\% \leq 0.074\text{mm}$, $O_{95} < 0.30\text{mm}$	· 지오텍스타일과 흙의 종류에 대한 제한이 없음
Calhoun (1972)	$O_{95}/d_{85} \leq 1$ $O_{95} \leq 0.2\text{mm}$	· 직포, #200체 통과백분율 $\leq 50\%$ · 직포, 점착성 흙
Zitscher (1975)	$O_{50}/d_{50} \leq 1.7 \sim 2.7$ $O_{50}/d_{50} \leq 2.5 \sim 3.7$	· 직포, $C_u \leq 2$, $d_{50} = 0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ · 부직포, 점착성 흙
Ogink (1975)	$O_{90}/d_{90} \leq 1$ $O_{90}/d_{90} \leq 1.8$	· 직포 · 부직포
Sweetland (1977)	$O_{15}/d_{85} \leq 1$ $O_{15}/d_{15} \leq 1$	· 부직포, $C_u = 1.5$ · 부직포, $C_u = 4.0$
Rankilor (1981)	$O_{50}/d_{85} \leq 1$ $O_{15}/d_{15} \leq 1$	· 부직포, $0.2 \leq d_{85} \leq 0.25 \text{ mm}$ · 부직포, $d_{85} > 0.25 \text{ mm}$
Schober & Teindl (1979)	$O_{90}/d_{50} \leq 2.5 \sim 4.5$ $O_{90}/d_{50} \leq 4.5 \sim 7.5$	· 직포와 얇은 부직포, C_u 에 따라 변화 · 두꺼운 부직포, C_u 에 따라 변화, 실트와 모래질 흙
Giroud (1982)	$O_{95}/d_{50} \leq (9 \sim 18)/C_u$	· C_u 와 흙의 밀도에 따라 변화 · C_u 가 크고 세립토의 이동이 예상될 경우
Carroll (1983)	$O_{95}/d_{85} \leq 2 \sim 3$	· 직포와 부직포
Christopher and Holtz(1985)	$O_{95}/d_{85} \leq 1 \sim 2$ $O_{95}/d_{15} \leq 1$ 또는 $O_{50}/d_{85} \leq 0.5$	· 흙의 종류와 C_u 에 따라 변화 · 지오텍스타일 하면에서 토립자의 이동이 야기되는 동적인 파동 및 교번흐름인 경우
French Committee on Geotextiles and Geomembranes (1986)	$O_f/d_{85} \leq 0.38 \sim 1.25$	· 흙의 종류, 다짐, 수리적 조건 및 적용분야에 따라 변화
Fischer et al. (1990)	$O_{50}/d_{85} \leq 0.8$ $O_{50}/d_{15} \leq 1.8 \sim 7.0$ $O_{50}/d_{50} \leq 0.8 \sim 2.0$	· 지오텍스타일의 구멍크기 분포와 흙의 C_u 에 따라 변화

O_x : 겉보기 구멍크기시험(AOS Test)에서 유리구슬의 입경 x 에 해당하는 지오텍스타일의 구멍크기

O_f : 동적 습식 구멍크기시험(FOS Test)에서 FOS값

d_y : 통과백분율 y 에 해당하는 토립자의 입경

C_u : 균등계수 = d_{60}/d_{10}

3) 장기적 성능 검토

지오텍스타일의 수리학적 적용분야에서 가장 문제가 되는 것은 구멍막힘 현상이다. 토립자의 일부는 예외 없이 지오텍스타일의 내부에 지체될 것이지만 필터기능을 수행하기에 불충분할 정도의 과도한 구

멍막힘이 일어날 것인지가 중요한 문제이다.

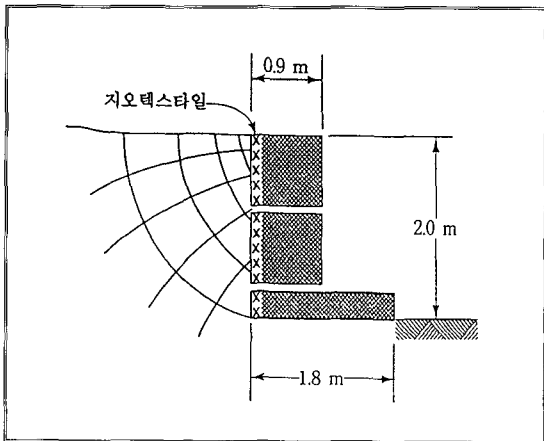
장기적 성능 검토는 이미 언급한 바와 같이 후보 지오텍스타일에 대한 동수경사비시험을 수행하여 동수경사비가 '3.0'이하가 되는지를 검토하거나 현장 조건을 모형화한 장기적 흐름시험을 통하여 시간대

유량곡선이 시간의 경과에 따라 안정되고 있는지를 평가함으로써 수행될 수 있으나 실험에 의한 방법은 장시간이 요구되기 때문에 실용적인 측면에서 효과적이지 못한 것으로 판단된다. 일반적인 경우 실용적으로 사용될 수 있는 구멍막힘에 대한 설계기준은 다음과 같다.

- $O_{95} \geq 3D_{15}$ (지오텍스타일의 구멍크기 최소치)
- $POA \geq 4\%$ (직포인 경우)
- 공극률 $\geq 50\%$ (부직포인 경우, 현장의 수직응력에 따라 변화)

◆ 설계 예

그림과 같이 $0.9 \times 0.9 \times 3.5$ m 돌망태 2개로 구성되는 옹벽이 $1.8 \times 0.3 \times 3.5$ m 매트리스 위에 시공된다. 뒤채움 흙은 중밀도의 실트질 모래로서 $d_{10} = 0.03$ mm, $C_u = 2.5$, $k = 1.0$ cm/sec 이고 상대밀도 $D_r = 70\%$ 이다. 3종의 후보 지오텍스타일의 종류와 실험에 의한 수직 투수계수 k_n , 두께 t 는 풀이에서와 같다. 식 (1-10)에서 개별안전율의 총화를 '10'으로 보고 실내실험에서 얻은 극한통수성으로부터 허용통수성을 구한다.



[풀이]

설계는 옹벽의 단위 길이당으로 계산하고 두 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계로서 설계통수성과 후보

지오텍스타일의 허용통수성으로부터 안전율을 구하는 것이다.

- (1) 그림에서의 유선망으로부터 실제 유량(q)을 계산한다.

$$q = kh \left(\frac{N_f}{N_d} \right) = (1.0 \times 10^{-2})(2) \left(\frac{4}{5} \right) = 0.016 \text{ m}^3 / \text{sec} / \text{m}$$

여기서, N_d : 등수두선으로 나눈 간격수
 N_f : 유선으로 이루어진 간격수

- (2) 설계 통수성(ψ_r)을 계산한다.

$$\psi = \frac{k_n}{t} = \frac{q}{(\Delta h)(A)}$$

$$\psi_r = \frac{0.016}{(2)(2 \times 1)} = 0.40 \times 10^{-2} \text{ sec}^{-1}$$

- (3) 설계 통수성(ψ_r)에 대하여 이용가능한 지오텍스타일의 극한통수성(ψ_u)으로부터 허용통수성(ψ_a)을 검토한다.

- No. 1 지오텍스타일 : 니들펀칭 부직포, $k_n = 0.295$ cm/sec, $t = 0.152$ cm

$$\psi_u = \frac{k_n}{t} = \frac{0.295}{0.152} = 1.9 \text{ sec}^{-1}$$

$$\psi_a = \psi_u \left(\frac{1}{FS_{SCB} \times FS_{IN} \times FS_{SCR} \times FS_{SC} \times FS_{BC}} \right) = \frac{1.9}{10.0} = 0.19 \text{ sec}^{-1}$$

$$FS = \frac{\psi_a}{\psi_r} = \frac{0.19}{0.0040} = 48, \text{ 합격}$$

- No. 2 지오텍스타일

강좌

: 모노필라멘트 직포, $k_n = 0.036 \text{cm/sec}$,
 $t = 0.076 \text{cm}$

$$\psi_u = \frac{k_n}{t} = \frac{0.036}{0.076} = 0.47 \text{sec}^{-1}$$

$$\psi_a = \frac{\psi_u}{10.0} = \frac{0.47}{10.0} = 0.047 \text{sec}^{-1}$$

$$FS = \frac{\psi_a}{\psi_r} = \frac{0.047}{0.0040} = 12, \text{ 합격}$$

• No. 3 지오텍스타일

: 열융착 부직포, $k_n = 0.020 \text{cm/sec}$,
 $t = 0.038 \text{cm}$

$$\psi_u = \frac{k_n}{t} = \frac{0.020}{0.038} = 0.53 \text{sec}^{-1}$$

$$\psi_a = \frac{\psi_u}{10.0} = \frac{0.053}{10.0} = 0.053 \text{sec}^{-1}$$

$$FS = \frac{\psi_a}{\psi_r} = \frac{0.053}{0.0040} = 13, \text{ 합격}$$

설계의 두 번째 단계는 과잉의 토사유실을 방지하기 위하여 지오텍스타일의 구멍크기를 검토하는 것이다. 3종의 후보 지오텍스타일의 AOS 값은 각각 #100, #70, 및 #140체이다.

(1) 우선 지오텍스타일의 구멍크기에 대한 적당한 설계기준을 선택한다. 현장상태는 위험 조건 (critical condition)이 아닌 것으로 보고 표 1.3.에서 Carroll의 설계기준을 사용하면,

$$O_{95} < 2.5 d_{85}$$

$$d_{10} = 0.03, C_u = 2.5 \text{에서 } d_{85} \text{는 대략 } 0.15 \text{ mm}$$

로 가정하면,

$$O_{95} < 2.5 (0.15) = 0.375 \text{mm}$$

(2) 가장 가까운 체번호는 #40(0.42 mm)이므로 후보 지오텍스타일의 AOS 체번호가 #40 보다 크면 합격이다.

(3) 실제 AOS 체번호에 대하여 검토하면,

No. 1 지오텍스타일 : AOS = #100, 합격

No. 2 지오텍스타일 : AOS = #70, 합격

No. 3 지오텍스타일 : AOS = #140, 합격

또는 AOS의 체번호의 mm 크기로 검토하면,

No. 1 지오텍스타일 :

$$O_{95} = 0.149 \text{mm} < 0.375, \text{ 합격}$$

No. 2 지오텍스타일 :

$$O_{95} = 0.210 \text{mm} < 0.375, \text{ 합격}$$

No. 3 지오텍스타일 :

$$O_{95} = 0.106 \text{mm} < 0.375, \text{ 합격}$$

결론적으로 3종의 후보 지오텍스타일 모두가 물의 흐름과 흙의 보유를 위한 요구조건을 만족한다. 최종적인 선택은 지속적인 공급가능 여부와 가격을 근거로 이루어져야 할 것이다. 풀이에서 보유성에 대한 검토에서도 통수성에 대한 검토에서와 같이 안전율의 개념을 도입하여 고찰해 볼 수 있다. 그러나 이때에는 요구치에 대한 허용치 비율 (허용치/요구치)의 수치적 값의 역수가 안전율이 된다.

1.3.3. 지오텍스타일 배수공의 설계

지오텍스타일 배수공은 세립토, 콘크리트 혹은 지오텍스타일 등과 같은 저투수성 재료에 밀착배치되어 저투수성 재료로부터 침출되는 물을 모아 출구로 배제시키는 기능을 수행하는 것이다. 이러한 지오텍스타일의 배수능력은 1.2.1. 4)에서 언급한 바와 같이 전수성으로 표시되고 지오텍스타일이 보다 큰 전수성을 갖기 위해서는 두께가 두꺼워 평면투수계수가 커야하기 때문에 직포나 열융착 부직포 등은 배수재료로서 바람직하지 못하고 일반적으로 니들펀칭 부직포, 레진접착 부직포(resinbonded nonwoven) 등이 추천된다.

지오텍스타일 배수공의 설계는 충분한 배수능력, 흙의 보유성, 흙에 대한 지오텍스타일 배수공의 장기적 성능, 세 가지 측면이 설계에 반영되어야 한다. 흙의 보유성과 장기적 성능에 대한 것은 1.3.2. 2)와 3)을 참고하기 바란다. 지오텍스타일 배수공의 배수

능력을 나타내는 전수성은 지오텍스타일에 대한 평면투수성 시험을 통하여 구한 평면투수계수로부터 식 (1-4)에 의하여 산정되며 실험시에는 반드시 현장에서 지오텍스타일이 받는 응력을 수직제한 하중으로 재하하여야 한다. 실험에서 구한 극한전수성으로부터 표 1.1의 안전율을 고려하여 허용전수성을 결정하고 현장의 요구전수성으로부터 후보 지오텍스타일의 전수성에 대한 안전율을 구한다.

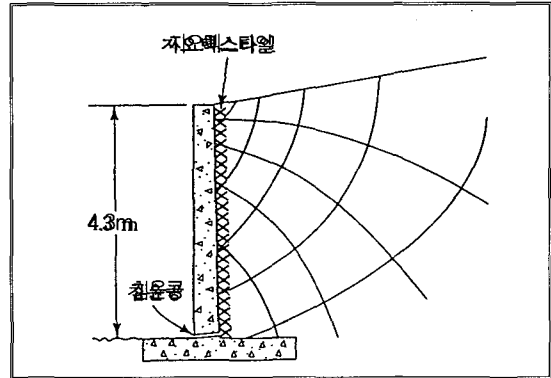
지오텍스타일 내의 배수형태는 흐름의 에너지가 주로 중력에 의한 배수형태로서 물이 위치수두에 의하여 하향으로 배제되는 배수형태인 중력배수와 흐름의 에너지가 주로 수압차에 의한 배수형태로서 물이 압력수두에 의하여 지오텍스타일 내의 큰 공극수압점에서 작은 공극수압점으로 배제되는 배수형태인 압력배수로 구분된다.

1) 중력배수공

중력배수공의 경우에서 지오텍스타일 내의 동수경사는 시공경사로 주어지며 배수재 내의 수압은 출구의 수압과 같이 '0'으로 가정하며 허용전수성은 지오텍스타일이 받는 수직응력의 영향을 고려하여야 한다. 지오텍스타일이 수평으로 포설될 경우 수직응력은 지오텍스타일 상면 흙의 유효응력이 되지만 수직으로 포설될 경우에는 흙의 수직응력에 적당한 토압계수(K)를 곱하여 구한다. 일반적으로 K는 $1 - \sin \phi$ 를 사용하며, 흙의 내부마찰각(ϕ)을 알지 못할 때는 $K=0.5$ 를 사용한다.

◆ 설계 예

다음 설계 예는 한 겹의 지오텍스타일이 배제할 수 있는 물의 양이 특수한 상황으로 제한된 경우이다. 그림과 같은 콘크리트 캔틸레버 옹벽 배면에서 배제될 유량에 요구되는 지오텍스타일의 겹 수를 결정하라. 한 겹의 지오텍스타일의 허용전수성은 $1.02 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{min}$, 뒤채움 흙의 종류는 실트질 모래(ML-SW)이며 그 투수계수는 $4.98 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{sec}$ 이다.



[풀이]

- (1) 유선망으로부터 지오텍스타일로 유입되는 최대유량을 계산한다.

$$q = kh \frac{Nf}{Nd}$$

$$= (4.98 \times 10^{-3} \times 10^2 \times 60)(4.3) \left(\frac{5}{5} \right)$$

$$= 0.0129 \text{ m}^3 / \text{min} / \text{m}$$

- (2) 지오텍스타일 내의 동수경사를 계산한다.

$$i = \sin 90^\circ$$

$$= 1.0$$

- (3) 설계전수성을 구한다.

$$\theta = k_{pt} = \frac{q}{i \times w}$$

$$\theta_r = \frac{0.0129}{1.0 \times 1.00}$$

$$= 0.0129 \text{ m}^2 / \text{min}$$

- (4) 지오텍스타일의 허용전수성과 비교하여 안전율을 구한다.

$$FS = \frac{\theta_a}{\theta_r}$$

$$= \frac{1.02 \times 10^{-3}}{0.0129}$$

$$= 0.079, \text{ 불합격}$$

- (5) 안전율이 '1'이 되는 설계전수성 $\theta_r = 0.0129$

강좌

m²/min에 요구되는 지오텍스타일의 최소 겹 수를 계산해 본다.

$$\text{겹수} = \frac{0.0129}{1.02 \times 10^{-3}} = 13.$$

겹수가 너무 많음.

따라서 이 경우에는 지오텍스타일 배수재는 부적합하고 이러한 상황에서는 보다 큰 평면투수성을 갖는 지오네트나 지오컴포지트 배수시스템이 활용될 수 있다.

2) 압력배수공

압력배수의 경우에는 지오텍스타일 내의 수압이 중력배수의 경우와 같이 일정하지 않고 최대공극수압(maximum pore pressure)을 나타내는 흐름의 근원점으로부터 최소공극수압을 나타내는 출구로 가면서 감소하게 된다. 지오텍스타일 내에서 흐름이 유지되기 위하여서는 지오텍스타일 내의 공극수압차가 충분히 커서 소정의 동수경사가 유지되어야 한다. 그러나 흙으로부터 지오텍스타일 내로 물이 유입되기 위하여서는 지오텍스타일 내의 공극수압이 흙 내부의 공극 수압보다 낮아서 흙 내부에서 충분한 동수경사를 가질 수 있어야 한다.

예로서 포화된 세립토로 이루어진 압축성 연약지반 위의 성토를 고려해 보기로 한다. 성토하중에 의하여 지반내부의 물이 성토부 하면에 수평으로 포설한 지오텍스타일 배수공을 통하여 측방향으로 배제되면 지반은 침하하면서 초기압밀이 촉진된다. 이러한 경우의 전수성은 Giroud에 의하여 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\theta = k_{pt} = \frac{B^2 k_s}{(C_v T)^{1/2}} \quad (1-12)$$

여기서,

θ_r : 지오텍스타일의 설계전수성 (m²/min)

k_{pt} : 지오텍스타일의 평면투수계수 (m/min)

B: 상재성토부의 폭 (m)

t : 지오텍스타일의 두께 (m)

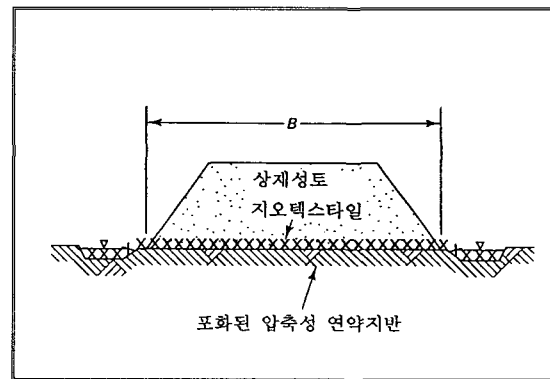
k_s : 기초지반의 수직방향 투수계수 (m/min)

C_v : 기초지반의 수직압밀계수 (m²/min)

T: 상재성토에 걸리는 시간 (min)

◆ 설계 예

투수계수가 6.10×10^{-8} m/min 이고 수직압밀계수가 1.39×10^{-6} m²/min 인 연약한 기초지반상에 그림과 같이 B폭으로 10일 (14,400 min) 동안 상재성토가 이루어진다. 요구되는 지오텍스타일의 전수성을 성토부의 폭 B의 함수로 표시하고 그 결과를 그래프로 도시하라.

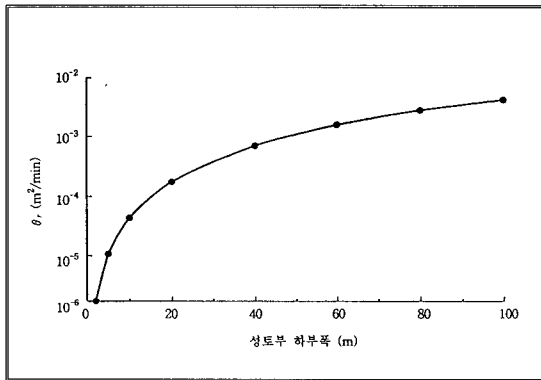


[풀이]

$$\begin{aligned} \theta_r &= \frac{B^2 k_s}{(C_v T)^{1/2}} \\ &= \frac{(6.10 \times 10^{-8} B^2)}{[(1.39 \times 10^{-6})(14,400)]^{1/2}} \\ &= 4.13 \times 10^{-7} B^2 \text{ m}^2/\text{min} \end{aligned}$$

그림 1-1에 의하면 대표적인 543g/m²의 니들펀칭 부직포의 전수성 안정치는 $3.7 \times 10^{-4} \sim 9.3 \times 10^{-4}$ m²/min으로 상기의 그래프를 참고하면 최대전수성의 부직포를 수평 배수재로 이용한다고 해도 50m이상의 성토 폭을 갖는 경우에는 한 겹으로 부족하기 때문에 두

값 이상으로 겹수를 증가시켜야 할 것이다. 그러나 상기의 분석은 안전율이 $FS=1.0$ 일 때이고, 현장의 조건이 위험조건이 아닐지라도 적어도 총 안전율은 허용치에 대해서 $FS=2.0$ 이 되어야 한다. 임의상수 B에 대한 전수성을 도시하면 그림과 같다.



1.3.4. 지오네트 배수공의 설계

지오네트 배수공의 설계에서도 지오텍스타일 배수공의 설계에서와 같이 배수능력에 대한 충분한 총 안전율을 확보하는 것이다. 지오네트 시스템에서는 일반적으로 유량이 주된 설계인자가 되므로 총 안전율은 다음과 같다.

$$FS = \frac{q_a}{q_r} \quad (1-13)$$

여기서, FS : 미지의 재하조건과 설계방법의 불확실성 등에 대한 총 안전율

q_a : 실내실험을 통한 지오네트의 허용유량 (m³/min)

q_r : 실제 배수시스템의 설계로부터 구한 설계유량 (m³/min)

또한 지오네트 내부에서의 흐름을 층류로 가정한다면 전수성의 개념을 도입하여 다음과 같이 안전율이 산출될 수 있다.

$$FS = \frac{\theta_a}{\theta_r} \quad (1-14)$$

그러나 일반적으로 지오네트 내부에서의 흐름은

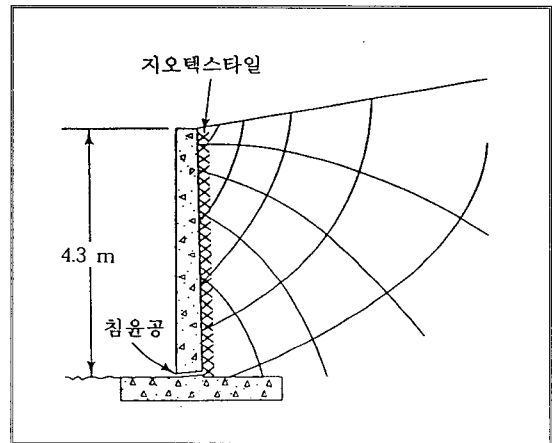
난류상태로 가정될 수 있기 때문에 Darcy 공식에 근거한 전수성보다는 유량으로 설계하는 것이 바람직하다.

실내실험에서 얻은 유량은 극한치로서 설계에서는 현장의 여건에 따라 다음과 같이 감소되어야 한다.

$$q_a < q_u$$

◆ 설계 예

그림 1.4.의 지오네트를 다음 그림과 같은 캔틸레버옹벽에 적용하였을 때의 안전율을 구하라. 뒤채움재는 실트질 모래(ML-SW)로서 $k=2.99 \times 10^{-3}$ m/min 이다. 본 예제는 1.3.3. 1)의 설계 예와 동일한 문제이다. 후보 지오텍스타일의 안전율이 '0.079'로서 지오텍스타일에 의한 배수공으로는 부적합한 것으로 판단되어 본 설계 예에서는 지오네트 배수공으로 설계하고자 한다.



[풀이]

(1) 지오네트로 유입되는 최대유량을 유선망으로부터 구한다.

$$q = kh = \left(\frac{Nt}{Na} \right)$$

$$= (4.98 \times 10^{-3} \times 10^2 \times 60)(4.3) \left(\frac{5}{5} \right)$$

$$= 0.0129 \text{ m}^3/\text{min} / \text{m}$$

(2) 지오네트 내의 동수경사를 결정한다.

$$i = \sin 90^\circ = 1.0$$

- (3) 설계전수성을 구한다. 본 설계 예에서는 1.3.3. 1)의 설계 예와 비교하기 위하여 전수성으로 설계한다.

$$\theta_r = \frac{qt}{i \times W} = \frac{0.0129}{1.0 \times 1.00}$$

$$= 0.0129 \text{ m}^2/\text{min}$$

- (4) 그림 1-4의 실험결과치로부터 극한유량을 구하여 전수성으로 환산하고 그로부터 지오네트의 허용전수성을 구한다. 주동토압계수를 '0.5'로, 뒷채움 흙의 단위중량을 1.91 t/m³로 보면 지오네트에 작용하는 수직응력 σ_n 은

$$\theta_n = 0.5(4.3)(1.91) = 4.11 \text{ t/m}^2$$

그림 1-4으로부터 상기 조건에서의 유량을 찾으면,

$$q = 9.3 \text{ l/min/m} = 0.093 \text{ m}^3/\text{min/m}$$

그러므로,

$$\theta_u = \frac{0.093}{1.0 \times 1.00} \text{ m}^2/\text{min}$$

표 1-2의 개별안전율을 참고하여 허용전수성을 구하면,

$$\theta_a = 0.093 \left(\frac{1}{1.4 \times 1.3 \times 1.3 \times 1.25} \right)$$

$$= 0.093 \left(\frac{1}{2.96} \right) = 0.0314 \text{ m}^2/\text{min}$$

- (5) 전수성의 설계요구치와 허용치가 기지이므로 총 안전율은 다음 식으로 계산된다.

$$FS = \frac{\theta_a}{\theta_r} = \frac{0.0314}{0.0129} = 2.4, \text{ 합격}$$

1.4. 시공

1.4.1. 지오텍스타일 필터 및 배수공의 시공

1) 일반사항

지오텍스타일 필터 및 배수공은 구멍막힘 없이 상부의 토사를 보유시키면서 물을 통과시킬 수 있도록 설계되어야 한다. 설계도면상의 지오텍스타일의 물량은 시공공정과 시공 중에 야기되는 실제적인 현장 조건을 토대로 감독의 지시에 따라 증가되거나 감소될 수 있다. 이러한 물량의 변화는 시공관련 세부사항이나 공사의 특성에 영향을 끼쳐서는 안된다.

2) 재료

(1) 지오텍스타일의 제조에 사용되는 섬유(fibers)와 이음에 사용되는 실은 적어도 중량으로 85%이상의 폴리올레핀(polyolefins), 폴리에스터(polyesters), 혹은 폴리아미드(polyamides)로 구성된 장쇄형 합성폴리머(long chain synthetic polymers)로 제조되어야 한다. 이러한 지오텍스타일은 일정한 치수를 유지할 수 있도록 조성되어야 하며, 흙의 보유성, 투수성, 구멍막힘 저항, 물리적 특성, 시공성, 취급 및 설치에 대한 보존성(survivability) 및 내구성에 대한 요구조건에 부합되어야 한다.

(2) 지오텍스타일 롤(roll)은 습기와 설치전의 자외선에 대한 노출로부터 보호하기 위하여 적절하게 포장되어 공급되어야 한다. 각각의 롤은 제품의 목록과 품질관리를 위하여 상세한 인식표가 수록된 라벨이나 꼬리표가 부착되어야 한다. 롤은 유해한 환경조건으로부터 보호될 수 있도록 저장되어야 한다. 실외에 저장할 경우에는 높은 곳에 저장되어야 하고 방수막으로 덮어야 한다.

3) 시공시의 요구조건

(1) 설치시의 노출

포설과 뒷채움사이의 공기동안 추후의 손상 가능성을 최소화하기 위하여 기상조건에 노출되는 기간은 최대 14일이여야 한다.

(2) 지오텍스타일 설치

맹암거(trench)에서는 골재필터의 뒷채움 후에 지오텍스타일을 골재필터 정부에서 겹쳐 접어야 하며 겹치는 폭은 30cm이상으로 하고 30cm미만의 폭을 가지는 암거에 대해서는 암거의 폭만큼 겹쳐 접어야 한다. 겹친 지오텍스타일 상부는 피복토로 채워져야 한다. 맹암거의 길이방향으로 연결되는 지오텍스타일 슈트는 수류의 방향으로 최소 30cm로 겹쳐야 한다.

(3) 이음부

암거의 길이방향으로 이음이 필요한 경우에는 실로 꿰매거나 겹쳐서 연결되어야 하고 모든 이음부는 감독의 승인을 받아야 한다. 겹이음부는 최소한 암거의 폭으로 한다.

(4) 수선

손상된 부위는 지오텍스타일 조각을 덧대어야 하며 그것은 찢어지거나 손상된 부위 주변에서 90 cm 이상 연장되어야 한다.

1.4.2. 지오네트 배수공의 시공

지오네트 배수시스템의 시공에 고려되어야 할 사항들은 다음과 같다.

- 1) 지오텍스타일과 같이 지오네트도 재료의 손상을 피하기 위하여 저장하고 설치하는 동안 주의를 요한다. 지오네트는 보다 두꺼운 리브(rib)로 형성되었기 때문에 자외선과 열에 대한 피해는 지오텍스타일에서만만큼 심각하지는 않지만 우연의 손상이나 오손(fouling)에 대비하여 보관하는 것이 좋을 것이다. 재료의 오손은 흙, 잡물질의 침전, 현장의 쓰레기 혹은 수초의 뿌리 등에 의해 일어날 수 있다.
- 2) 지오네트 롤은 일반적으로 사면을 따라 제조방향으로 설치되어야 한다. 그것은 제조방향이 강도가 강하고 수류방향으로 이음이 필요없기 때문이다.
- 3) 지오네트의 이음은 난이하다. 재료가 받는 응력

이 한 롤에서 다른 롤로 전해질 필요가 없는 경우에는 호그링(hog rings), 스테이플(staples) 혹은 철선 등으로 이을 수 있다. 지오멤브레인과 함께 구성된 지오네트시스템에서는 금속제 호그링을 이음에 사용할 수 없다.

- 4) 지오네트시스템 바로 상면의 뒷채움은 특별히 주의를 요한다. 시스템 바로 상면의 흙을 다지는 것은 피해야 한다. 그렇지 않으면 뒷채움 작업 동안 다짐하중으로 인하여 지오네트를 찌그러뜨려 공극을 감소시킨다. 깨끗한 조립질 채움재는 다짐에너지를 감소시킬 수 있을 것이다.

2. 토목섬유 침식방지공

2.1. 개요

우수, 지하수, 하천수, 해수 등의 침투수로 인한 흙의 유실로 인하여 침식이 발생한다. 또한, 침투수는 암석과 토질을 화학적, 기계적으로 침식하며, 침투수 압에 의한 하류측 지반이 상승하여 파괴되는 것과 지중의 연약한 부분을 따라 지하수가 집중적으로 흘러 세굴작용을 일으키기도 한다.

이러한 지하침식이나 절성토의 사면침식, 토석류에 의한 침식, gully침식, 계속내의 침식, 해안파도에 의한 침식, rill침식, 층상침식 등 다양하게 침식이 발생하고 있다. 그러나, 고분자를 소재로한 토목섬유를 이용한 외국 선진국에서는 침식방지용으로 많은 사례에 대한 시험 및 실시공을 하였으며 이에 대한 분석결과 사석관을 사용한 경우에 비해 효과가 우수할 뿐만 아니라, 시공성에 유리하다고 한다. 따라서 침식방지시스템은 지오텍스타일을 이용한 적용분야,

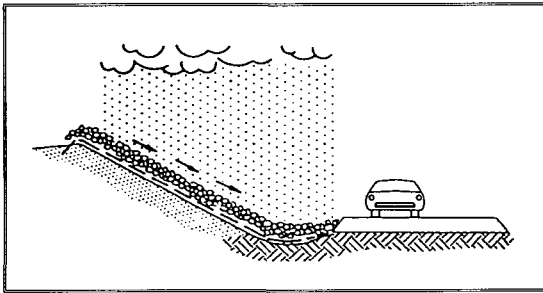
- (1) 하천제방의 보호
- (2) 절성토 비탈면 보호
- (3) 배수구 보호
- (4) 둑길이나 해안도로에서 물이나 파도로부터 제방보호

(5) 교각이나 고대에 대한 세굴작용으로부터 보호에 대한 설계개념과 시공에 대한 이해를 돕고자 본 내용을 서술하였다.

2.2. 적용범위

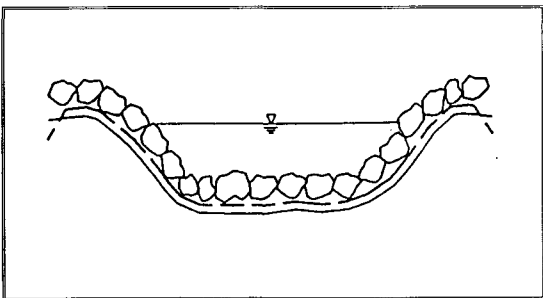
1) 지오텍스타일은 아래와 같은 요소에 의해 발생하는 비탈면의 침식을 방지하거나 감소시키는 효과를 발휘한다.

- (1) 경사면에서 우수 또는 하천의 물이 흐르는 경우
- (2) 지중의 침투수 흐름과 이로 인해 발생할 수 있는 파이핑 현상

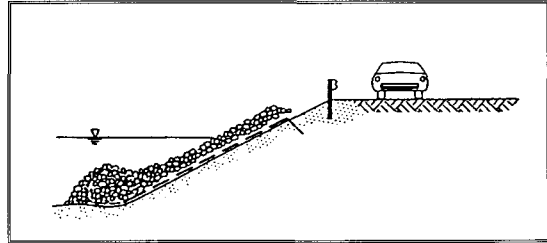


2) 아래 그림의 사석/지오텍스타일 시스템은 다음과 같은 효과를 발휘한다.

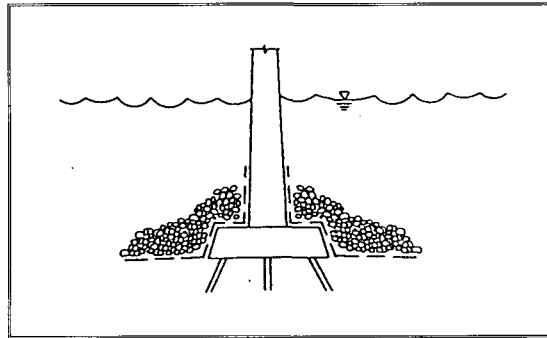
- (1) 강우에 의한 물의 흐름에 의한 침식작용으로부터 보호
- (2) 하천이 갈라지는 곳에서 발생하는 침식작용으로부터 보호



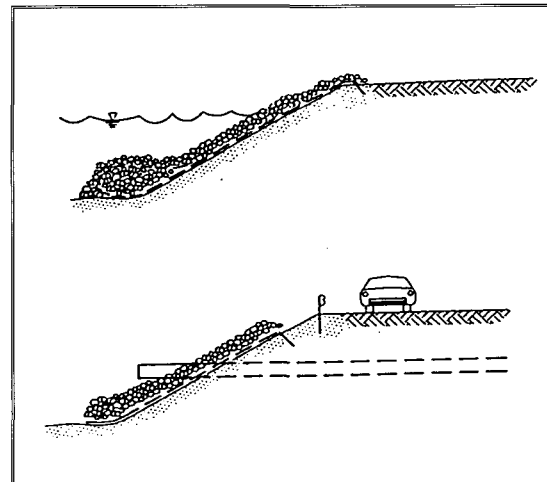
3) 하천을 따라 도로가 있는 경우 하천 흐름에 의한 침식은 도로나 도로 시설물에 손상을 끼칠 수 있다. 아래 그림과 같이 설치된 지오텍스타일은 이러한 피해를 예방할 수 있다.



4) 아래 그림과 같이 지오텍스타일을 이용하여 구조물 보호시설을 할 경우 세굴에 의한 피해 예방할 수 있다.



5) 호수나 바다의 경우 파랑이나 간만은 비탈면의 침식을 유발할 수 있다. 이러한 경우에 적용한 사석/지오텍스타일 공법은 침식 감수에 효과를 발휘한다.



6) 아래 그림과 같이 도로 아래에 설치된 수리구조

물로부터 배출되는 물에 의해 침식이 발생할 수 있으며 특히 비탈면에 식생이 되어 있지 않거나 지반이 침식성이 높은 흙으로 되어 있을 경우 침식이 가속화될 수 있다. 이러한 경우에 그림과 같이 지오텍스타일을 시공할 경우 침식 예방 효과를 얻을 수 있다.

2.3. 패브릭폼의 설계

섬유대(Fabric form) 호안공의 설계시에는 제방 자체는 안정계산 결과에 따라 안전하다는 전제하에 사면형상을 결정한 사면에 패브릭폼 구조상의 활동에 대한 검토를 한다.

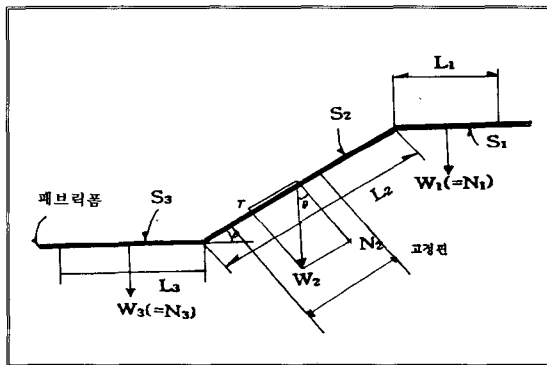


그림 2-1 패브릭의 활동에 대한 검토

2.3.1. 활동에 대한 저항력(Sn)

활동에 대한 저항력(Sn)은 사면부분의 마찰력 및 사면 끝 앞부분에 대한 마찰력을 고려하고 정상부분의 마찰력은 무시한다.

$$\begin{aligned}
 S_n &= S_3 + S_2 = W_3 \cdot \mu + N_2 \\
 &= W_3 \cdot \mu_2 + W_2 \cos \theta \cdot \mu_2 \\
 &= \omega \cdot L_3 \cdot \mu_3 + \omega \cdot L_2 \cos \theta \\
 &= \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \omega \cdot \mu}{\mu_2 = \mu_3 = \mu \text{ 일 경우}} \quad (2-1)
 \end{aligned}$$

이 때 재래형은 접지면적률 28%, 지그재그개량형은 접지면적률 72%를 적용

2.3.2. 활동력(Tn)

활동력은 사면부분의 패브릭폼 매트중량의 사면 방향성분으로 한다.

$$T_n = W_2 \sin \theta = W \cdot L_2 \cdot \sin \theta \quad (2-2)$$

2.3.3. 패브릭폼의 안전율(Fn)

평시의 활동에 대한 안전율은

$$\begin{aligned}
 F_n &= \frac{S_n}{T_n} = \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \omega \cdot \mu}{\omega \cdot L_2 \sin \theta} \\
 &= \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \mu}{L_2 \sin \theta} \quad (2-3)
 \end{aligned}$$

으로 되며 보통안전율은 연약지반은 '1.5', 보통 토사지반은 '1.3'이상으로 한다.

여기서,

ω : 섬유대의 단위길이당 평균중량 (t/m) (수중일 때는 수중단위 중량으로 한다.)

L_1 : 정면부 패브릭의 길이 (m)

L_2 : 사면부 섬유대 길이 (m)

L_3 : 사면끝부분 패브릭폼의 길이 (m)

θ : 사면의 경사각 ($^\circ$)

T_n : 활동력 (t)

S_n : 활동에 대한 저항력 (t)

μ : 패브릭폼과 흙사이의 마찰계수

2.3.4. 하천 및 수로 등의 수리계산

하천 및 수로계산에 있어서의 패브릭폼의 계산이 용식은 다음과 같다.

$$1) \text{ 유속 : } V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$2) \text{ 유량 : } Q = A \cdot V = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

여기서, n : 조도계수

I : 수로구배

R : 경심 ($R = \frac{a}{b} + 2H \times I + \cot 2\theta$)

A : 단면적 ($A = \frac{H}{2} (B + b)$)

2.4. 시공

2.4.1. 침식방지 시공

시공은 자격이 있는 기술자에 의해 지정된 장소 특히 편평하고 부드러운 부분에 설치되어야 한다. 압력에 의해 찢겨거나 마모되지 않을 정도의 압력이 가해져야 한다. 앵커는 배수 수문에 애프론을 이용해 경사면의 꼭대기와 바닥 부분에 고정시켜야 한다(주의 약 46cm 길이의 고정핀을 이용).

2.4.2. 경사면 보호시공

연속적인 여러 장의 패브릭폼 시공 시에는 다음과 같은 방법으로 오버랩이 되어야 한다. 수면 아래에서 위로 시트가 설치되어야 하며, 수면아래 시공일 경우 패브릭폼과 적당한 두께의 성토를 같은 날 행해야 한다. 그리고 성토 시공시 밑에서부터 높은 곳으로 경사면을 따라 시공해야 한다.

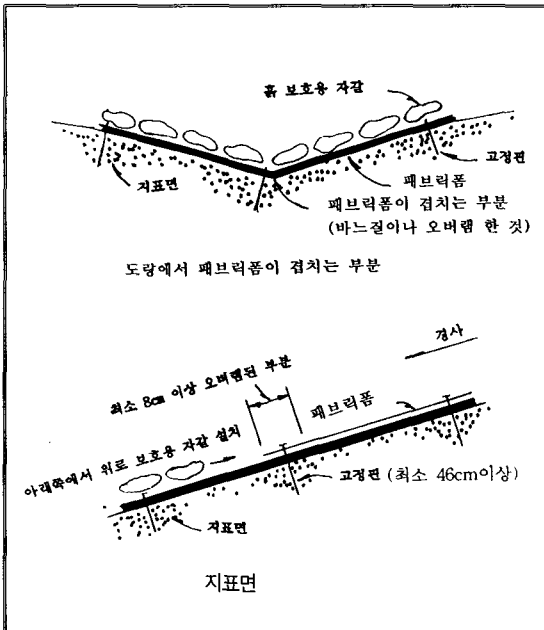


그림 2-2 침식방지를 위한 경사면 보호 예

자갈이나 잡석을 채울 때 작업 시 지오텍스타일 손상을 방지하기 위해 30cm 이상의 높이에서 떨어져서는 안된다. 패브릭폼 시공시 손상이 있을 경우 시공자의 부담으로 기술자의 지시에 따라 전면 교체되

어야 한다(그림 2-2 참조).

2.4.3. 봉합

패브릭폼은 바느질이나 겹치기에 의해 연결되는데 이때 사용하는 모든 봉합은 기술자에 의해 승인된 것 이라야 하며 최소 오버랩은 30cm라야 한다(그림 2.3. 참조). 단, 수면아래 시공시에는 최소한의 봉합 길이는 91cm 이상이어야 한다.

2.4.4. 보수

지오텍스타일이 찢겨지거나 구멍뚫림에 대한 손실로 수선이 시행될 때에는 그 주변의 91cm 부분부터 수선이 되어야 한다.

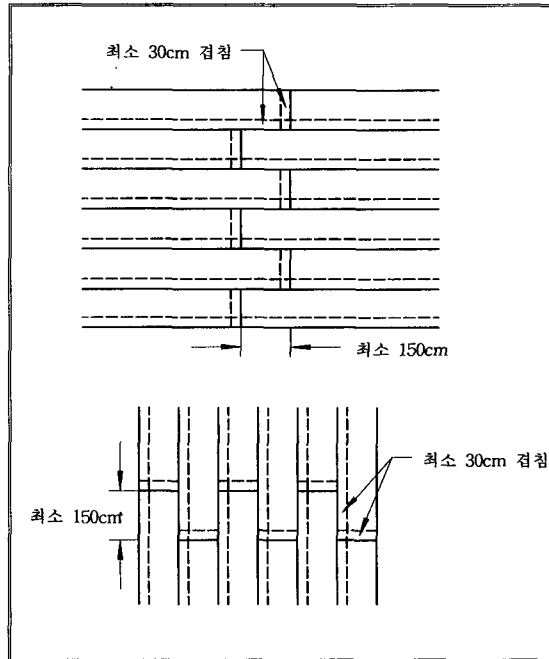


그림 2-3 침식방지를 위한 패브릭폼 설치 예

참고문헌

- 이상호 (1992), "배수용 Geotextile의 평면투수 성능 분석", 한국지반공학회지, 8권, 3호, pp. 61-73.
- 이상호, 권무남 (1996), "모형실험에 의한 지오

- 텍스타일의 압력배수 특성 연구”, 한국지반공학
회지, 12권, 5호, pp. 89-101.
3. Fefield J. S., Malnor L. K. & Dezman L. E. (1989), "Effectiveness of Erosion Control Products on Steep Slopes to Control Sediment and to Establish Dryland Grasses", Proceedings of the 20th International Erosion Control Association Conference, Vancouver, pp. 44-55.
 4. Fifeild J. S. & Malnor K. M. (1990), "Erosion Control Materials versus a Semiarid Environment", Proceedings of the 21th International Erosion Control Association Conference, Washington D.C., pp. 223-248.
 5. Giroud, J. P. (1981), "Designing with Geotextiles", *Materiaux et Constructions*, Vol. 14, No. 82, pp. 257-272.
 6. Haliburton, T. A. & Wood, P. D. (1982), "Evaluation of the U. S. Army Corps of Engineer Gradient Ratio Test for Geotextile Performance", Proceedings of 2nd International Conference on Geotextiles, Vol. 1, pp. 97-101.
 8. Ingold T. S. & Thomson J. C. (1990), "A Design Approach for Preformed Erosion Control Systems", Proceedings of the 4th International Conference on Geotextiles, Geomembranes & related products, Vol 1 pp. 375-380.
 9. Kay B L, (1978), "Mulches for Erosion Control and Plant Establishment on Distressed Sites". Agromony Progress Report No. 87, University of California at Davis.
 10. Holtz, R. D., Christopher, B. R. & Berg, R. R. (1995), *Geosynthetic Design & Construction Guidelines*, National Highway Institute of Federal Highway Administration, U. S., pp. 27-66.
 11. U.S. Army Corps of Engineers (1978), "Engineering and Design: Design and Construction of Levees". Engineer Manual 1110-2-1913.
 12. Koerner, R. M. (1994), *Designing with Geosynthetics*, 3rd Ed., Prentice-Hall, U. S., pp. 68-94, 99-104, 128-148, 157-160, 243-273, 301-305, 402-411, 415-423.

회비 납부 안내

학회 사무국에서는 연중 수시로 학회비를 수납하고 있어오니 회원여러분의 적극적인 협조를 부탁드립니다. 문의사항이 있으면 사무국으로 연락하여 주시기 바랍니다.

① 은행 무통장(타행) 입금

한국주택은행

계좌번호: 534637-95-100979

예금주: 한국지반공학회

② 우체국 무통장 입금(우편대체)

전국 각 우체국

계좌번호: 013755-31-2645950

예금주: 한국지반공학회

※ 입금시 보내시는 분의 성명, 회원번호, 송금명세를 기입해서 납부하시기 바랍니다.