

토목섬유를 사용한 무처리 연약지반과 성토사이의 수평배수층

Geotextiles Horizontal Drain between Earth Fills and Natural Soft Ground

김현태* · 이형규** · 공길용***

Kim, Hyun Tae · Lee, Hyoung Kyu · Kong, Kil Yong

Abstract

This paper presents a study on the discharge capacity of geotextiles as a horizontal drain layer placed between the layers of earth fill and natural soft ground. Required discharge capacity of geotextiles as drain layers estimated by consolidation analysis is proportional to the consolidation coefficient of the ground soils and the width of the earth fills.

The field discharge capacity of the geotextiles are measured by the hydraulic transmissivity test. And the results show wide variation according to the material characteristics of geotextiles, water content of the soils, vertical pressure, and etc. For the short horizontal drain length, geotextile filter mat can be used for the horizontal drain layer. And for the long drain(25 ~ 55m), it is used for the drain together with Bord Drain.

Keywords : Horizontal drain, Discharge capacity, Geotextiles, Filter mate.

I. 서 론

연약지반 위에 성토시 지반으로부터 압밀배수되는 물을 원활히 배제하기 위하여 수평배수층으로 모래를 사용하고 있다. 건설용 모래가 점점 고갈되

어 가는 현실에서 이 배수층을 모래 대신 토목섬유와 같은 배수재료로 대체 사용할 수 있다면 경제성은 물론 효율적인 공사가 이루어질 수 있다.

수평배수층으로 필터용 토목섬유의 사용가능성은 토목섬유가 지반의 압밀을 저연시키지 않을 만큼 충분히 큰 통수능을 갖는 것이 필요하다. 이를 확인하기 위하여 우선 압밀을 저연시키지 않는 소요통수능을 정확히 평가하고, 필터용 토목섬유가 충분한 통수능을 갖는지를 확인하는 시험이 필요하다.

Giroud(1981), 김(2001)은 무처리 연약지반 위에 성토에서 수평배수층의 소요통수능 값을 계산식

* 농업기반공사 농어촌연구원 수석연구원

** 서일대 교수

***농업기반공사, 농어촌연구원 주임연구원

* Corresponding author. Tel.: +82-31-400-1717

fax: +82-31-409-6055

E-mail address: htkim@karico.co.kr

으로 제안하였다. 또한 KHC(1998) "도로설계실무 편람"에 수평배수층용 모래층의 소요두께를 결정하는 기준이 제시되어 있다. 이들 제안에서 Giroud(1981)는 수평배수층내 발생되는 최대손실 수두가 지반 내 최대파ing간극수두의 1/8 이하이면 압밀지연이 없는 가정을 하였으며, 김(2001)은 수평배수층의 통수능을 고려한 압밀해석을 통하여 전 압밀기간으로 볼 때 압밀지연이 5% 이내에 있는 통수능 값을 결정하였으며, KHC(1998) 기준은 수평배수층 내 압력수두가 발생되지 않는 즉 수평배수층 내 자유수면을 갖는 조건의 통수능을 기준으로 하고 있다.

본 연구에서는 이들 제안방법으로 연약지반 무처리 선행압밀공법 조건의 소요통수능을 비교분석하여 타당성있는 값을 결정하고, 현장에서 사용되고 있는 필터용 토목섬유에 대하여 ASTM D 4716-95 규정의 시험방법으로 통수능시험을 하여 수평배수층으로 토목섬유의 대체사용 가능성을 평가하였다.

또한 국내에서 많이 생산되고 있는 Plastic Board Drain(PBD)에 대하여 동일한 시험방법으로 통수능시험을 하여 토목섬유만으로 부족한 경우 보강재료로 PBD의 사용가능성을 확인하였다.

II. 수평배수층의 소요통수능

1. 소요통수능에 관한 문현고찰

가. Giroud 제안식

Fig. 1과 같이 연약지반 위에 필터용 토목섬유 또는 모래층을 포설하고 그 위에 성토를 하면 성토 하중에 의하여 기초지반으로부터 압밀배수되는 물이 이 배수층을 통하여 측방향으로 배제된다. 이 때 배수층의 통수능이 부족하면 배수층내 손실수두가 크게 발생하여 지반의 압밀이 저연된다.

Giroud(1981)는 수평배수층의 소요통수능에 대하여 배수층내 최대손실수두가 성토하중에 의하여 발생되는 최대파ing간극수두의 1/8 이하이면 압밀지연

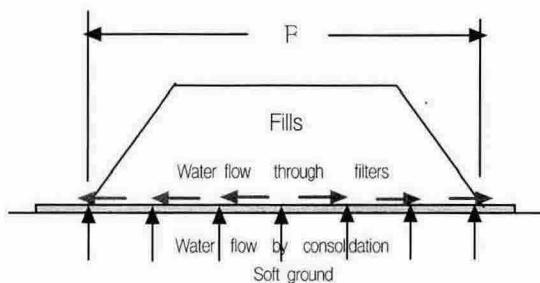
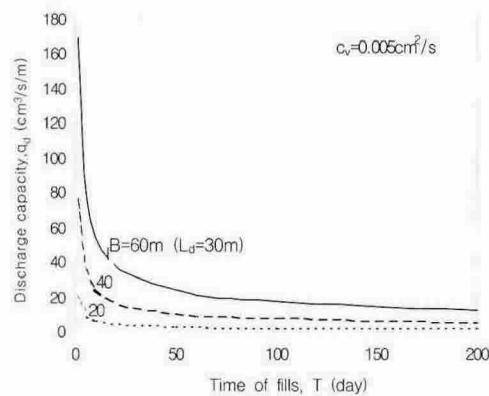
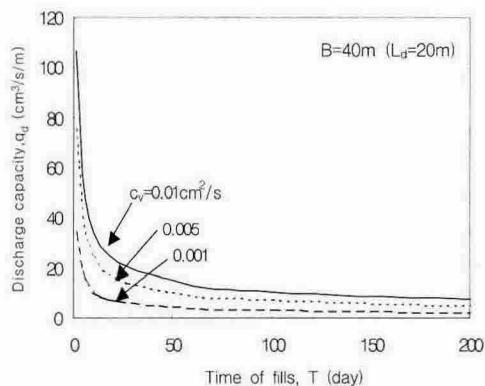


Fig. 1 Schematic diagram of horizontal drain



a) Effect of horizontal drain length (L_d)



b) Effect of coefficient of consolidation (c_v)

Fig. 2 Required discharge capacity (after Giroud, 1981)

이 허용범위 내에 있는 것으로 보고 식(1)과 같은 경험적인 기준을 제안하였다.

$$q_{ma} = \frac{B^2 k_s}{(c_v T)^{1/2}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기서 q_{ma} : 소요통수능(동수경사가 1일 때)

$$(m^3/min/m)$$

c_v : 흙의 압밀계수 (m^2/min)

B : 필터매트의 폭 (m),

(필터매트 최대배수거리의 2배)

k_s : 흙의 투수계수 (m/min)

T : 성토공사기간 (min)이다.

소요통수능은 배수거리의 제곱, 흙의 투수계수의 제곱근에 비례하고, 성토기간의 제곱근에 반비례하는 관계로서 Fig. 2와 같이 성토공사기간이 50일 까지는 성토공사기간에 매우 크게 영향을 받는다.

나. 한국도로공사(KHC) 설계기준

KHC(1998)의 수평배수층(Sand mat)에 대한 소요통수능 기준을 보면 성토공사기간동안의 평균 동수구배가 수평배수층내 자유수면을 갖는 조건, 즉 위치수두만 존재하고 압력수두가 발생되지 않는 조건으로 식(2)와 같다.

$$\Delta H_m = \frac{L^2 \cdot S}{2 \cdot K \cdot H} \quad \dots \dots \dots (2)$$

여기서, K : 모래의 투수계수 (cm/day)

S : 성토재하시의 평균침하속도
(cm/day)

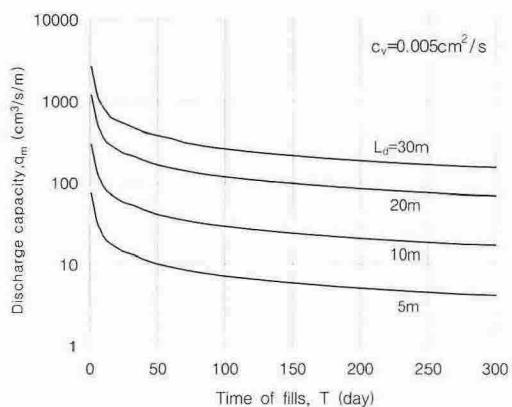
L : 수평배수층의 배수거리 (m)

H : Sand mat의 두께 (cm)

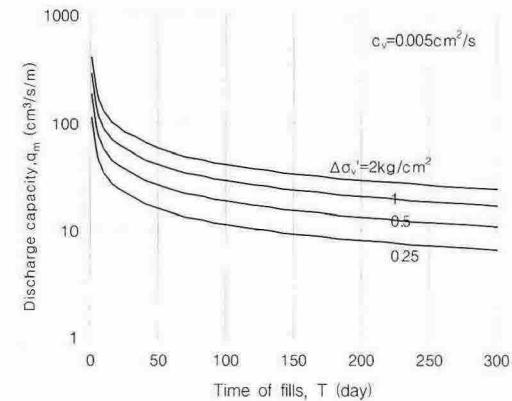
ΔH_m : Sand mat내의 압력수두로,
 $\Delta H_m \leq H$ 인 H 를 결정하면 된다.

여기서 수평배수층내에 성토기간동안의 평균압력수두(ΔH_w)가 수평배수층의 두께(H)보다 적으면 압밀지연이 없다는 가정조건이지만, $\Delta H_w \geq H$ 인 조건에서 어느정도의 압밀지연이 발생되는지 확인이 필요하며, 전 압밀시간으로 볼 때 허용범위에 있는 수평배수층의 두께를 결정하는 것이 필요하다.

또한 배수층의 통수능은 동수경사가 $\frac{\Delta H_w}{L} = 1$ 일 때의 통수가능량으로 식(2)에서 $\Delta H_w \leq H$ 인 조건이므로 소요통수량은 식(3)과 같다.



a) Effect of horizontal drain length (L_d)



b) Effect of overburden pressure ($\Delta \sigma'_v$)

Fig. 3 Required discharge capacity (after KHC, 1998)

$$\begin{aligned} q_m &= K \cdot H = \frac{L^2 \cdot S}{2 \cdot \Delta H_w} \geq \frac{L^2 \cdot S}{2 \cdot H} \\ &= \frac{L^2 \cdot \frac{S_{fill}}{T_{fill}}}{2 \cdot H} \quad \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

즉 소요통수능은 수평배수거리의 제곱에 비례하고 성토기간에 반비례하는 관계를 보이고 있다. 실례로서 $c_v = 0.005 \text{ cm}^2/\text{s}$, $e_o = 1.2$, $C_c = 0.5$, $H_s = 10 \text{ m}$, $H = 0.5 \text{ m}$ 인 조건에 대한 소요통수능을 구한 결과 Fig. 3과 같이 성토공사기간 100일까지는 성토 속도에 크게 영향을 받는다. 여기서 성토기간 동안의 침하량 S_{fill} 은 Terzaghi(1943)가 제안한 점증하중시의 침하량 계산방법에 의해 즉시성토 후 $T_{fill}/2$ 시간 동안의 침하량을 적용하였다.

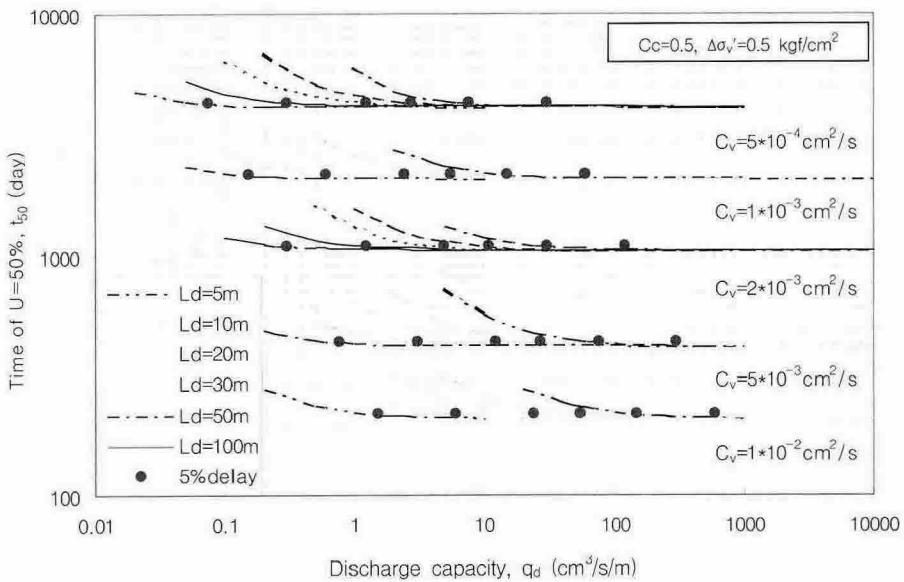


Fig. 4 Effect of discharge capacity to consolidation time (after Kim, 2001)

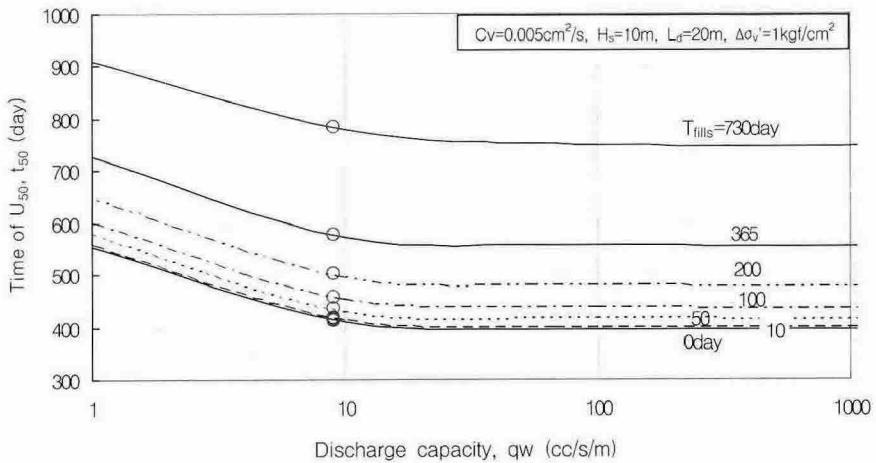


Fig. 5 Effect of the fill's velocity to required discharge capacity (after Kim, 2001)

다. 김(2001)의 제안

무처리 연약지반위에 수평배수총의 통수능을 고려할 수 있는 압밀해석방법을 개발하고 이 해석을 통하여 수평배수총의 통수능이 압밀지연에 미치는 영향을 분석한 결과 Fig. 4와 같이 어느 통수능 값 이하에서는 압밀지연이 크게 발생하지만 이 값 이

상에서는 압밀지연이 거의 없으므로 이 값 이상의 통수능을 갖는 수평배수총을 사용하는 것이 필요하다는 결과를 제시하였다.

Fig. 4에서 압밀지연이 5% 범위내인 소요통수능 값을 Fig. 4에 점으로 나타내었으며, 압밀지연을 발생시키지 않는 소요통수능은 수평배수거리의 제

곱과 암밀계수에 비례하는 관계를 보이고 있다.

또한 성토속도별 수평배수층의 통수능별 50% 압밀도에 도달하는 시간을 보면 Fig. 5와 같이 성토속도는 소요통수능에 영향이 없다고 하였으며, 성토 후 시간이 경과하면서 수평배수층의 통수능 감소특성은 그 감소비가 1/100로 감소할 지라도 압밀지연은 2% 이내로 이 감소비가 1/100 이내라면 통수능 감소의 영향은 실용적인 면에서 무시할 수 있다고 제시하였다.

이 해석으로부터 무처리 연약지반위에 성토시 수평배수증의 소요통수능은 지반토의 압밀계수(c_v , cm^2/s), 압축지수(C_c)와 수평배수증의 배수거리(L_d , m)의 제곱에 비례하며, 압밀지연 5% 이내인 소요통수능은 안전율 1.5을 고려하여 다음과 같은 상관식을 제시하였다.

$$q_{ma} = 18 \times [c_v \times (L_d)^2 \times C_c] \dots \dots \dots (12)$$

여기서 q_{ma} : 배수재의 소요통수능 ($\text{cm}^3/\text{s}/\text{m}$)

C_c : 흙의 압축지수

c_n : 흙의 압밀계수 (cm^2/s)

L_d : 수평배수층의 배수거리 (m) 이다.

2. 기존 제안 식들의 비교

Giroud(1981)의 소요통수능값은 Fig. 2와 같이 성토기간(T)에 너무 크게 영향을 받는다. 이 그림에서 $B=40\text{ m}$, $c_v=0.01\text{ cm}^2/\text{s}$ 조건에서 $T=100\text{ 일}$ 일 때 $17\text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 이지만, 10 일 일 때 53.5 , 1 일 일 때 170 으로 그 차이가 너무 크다. 그러나 $T=50\sim 100\text{ 일}$ 이상에서는 소요통수능의 값이 거의 수렴하는 값을 보이고 있다.

이 제안식에서 배수층 내 발생되는 최대손실수 두가 성토하중에 의한 최대과잉간극수두의 1/8 이 하이면 압밀지연이 없는 것으로 보고 유도하였는데 이 수두비는 성토공사기간이 짧으면 짧을수록 크기 때문에 소유통수능은 성토속도에 크게 영향을 받는

것으로 된다.

그러나 김(2001)은 성토속도가 빠른 만큼 수평 배수재내 발생되는 손실수두가 크지만, 지반에 발생되는 과잉간극수압도 그만큼 크기 때문에 수두비가 같아 성토속도는 소요통수능 값에 영향이 매우 적다고 분석하였다.

또한 KHC(1998)의 설계기준 값은 그림3과 같이 성토속도와 성토 하중에 따라 소요통수능 값을 매우 큰 차이를 보이고 있다. 이 기준은 배수체 내 압력수두가 발생되지 않는 조건의 통수능으로 성토 속도 뿐만 아니라 성토하중의 크기에 영향을 크게 받는 것으로 되어있다.

그러나 성토하중이 크면 클수록 지반으로부터 압밀배수되는 단위시간당 수량이 커서 수평배수재 내에 발생되는 손실수두가 크지만, 지반에 발생되는 과잉간극수압도 성토하중에 비례하여 크기 때문에 수두비가 같아 압밀지연의 영향은 없게 된다.

위의 3가지 제안 값을 함께 비교하기 위하여 KHC(1998) 기준과 Giroud(1981)의 제안식은 성토공사기간(T_{bul})을 100일로 보고 김(2001)의 제안 값을 함께 나타내면 Fig. 6과 같다. 이 그림에서 김(2001)과 Giroud(1981)의 제안값은 유사한 값을 보이지만, KHC 기준은 다른 제안 값보다 10배 이상 큰 값을 보이고 있다.

이는 KHC 기준이 수평배수재 내에 압력수두가 전혀 발생되지 않는 통수능을 기준으로 한 것임으로 너무나 보수적인 값이라 판단된다.

지반에서 암밀배수되는 물의 량은 성토직후에 가장 크고 시간이 경과하면서 급격히 감소한다. 수평 배수층의 통수능이 어느 정도 부족하여 초기에 암밀지연이 발생될지라도 시간이 조금만 경과하여도 암밀지연의 영향은 해소된다.

그러므로 수평배수층 내에 발생되는 압력수두나, 최대수두비로 소요통수능을 결정하는 것보다는 전 압밀기간으로 볼 때 압밀지연이 허용 범위 내에 있는 배수층의 한계통수능을 소요통수능으로 결정하는 것이 타당한 방법이다.

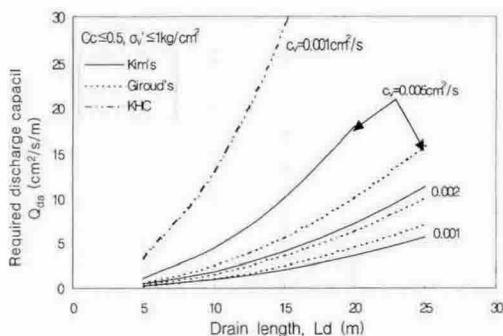


Fig. 6 Required discharge capacity of horizontal drain

Giroud(1981)와 김(2001)의 제안 값으로부터 수평배수층의 소요통수능을 보면, 압밀계수 $c_v = 0.001 \sim 0.005 \text{ cm}^2/\text{s}$ 인 지반에서 배수거리 $L_d = 10 \text{ m}$ (성토저폭 20 m)일 때 통수능이 $q_d = 2.5 \sim 4.5 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ 이상, $L_d = 20 \text{ m}$ (성토저폭 40 m)일 때 $q_d = 10.1 \sim 18 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ 이상이면 토목섬유를 수평 배수층으로 사용할 수 있는 것으로 평가되었다.

III. 필터매트의 통수능시험

1. 시험방법 및 시료

연약지반토위에 성토시 지반위에 수평배수층으로 사용되는 모래 대신 토목섬유를 사용하기 위하여는 토목섬유가 압밀지연을 일으키지 않을 만큼 충분히 큰 통수능을 갖고 있어야 한다. 이를 확인하기 위한 시험방법으로 필터매트용 토목섬유의 수평방향 통수능시험은 ASTM D 4716-95에 규정되어 있다. 이 규격에서 제시하고 있는 시험기기를 Fig. 7과 같이 제작하여 현장에서 발생될 수 있는 구속하중조건으로 통수능시험을 실시하였다.

필터매트를 구속하기 위한 흙시료는 흙분류 CL, 현장함수비 30~50%인 해성점토를 사용하였으며, 지반토는 시공 중에 완전히 교란되는 것으로 보고 교란조건으로 사용하였다. 필터매트는 국내에서 생산되어 현장에서 사용되고 있는 토목섬유를 사용하였다.

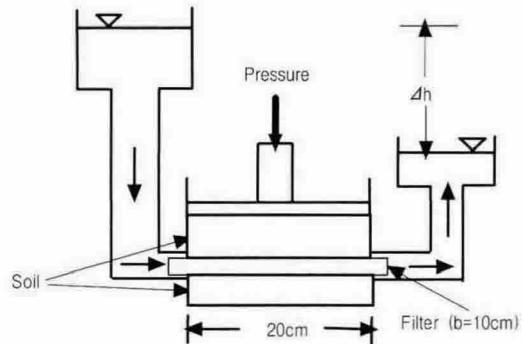


Fig. 7 Schematic diagram of horizontal discharge tester

상재구속압력은 수직암밀압력 0.5, 1, 1.5, 2.0 kgt/cm^2 으로 단계적으로 가하면서 각 하중단계의 압밀완료시점에서 동수경사 $i = 0.5 \sim 2$ 조건으로 물을 통수시켜 단위시간당 통수량을 측정하는 통수능시험을 실시하였다.

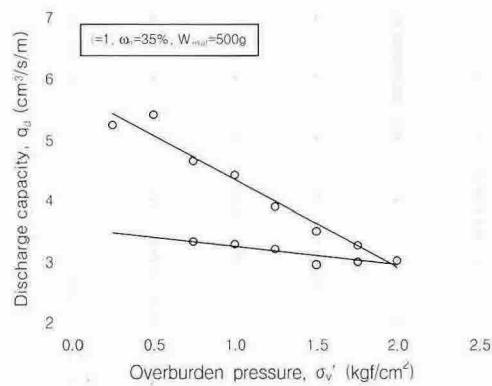
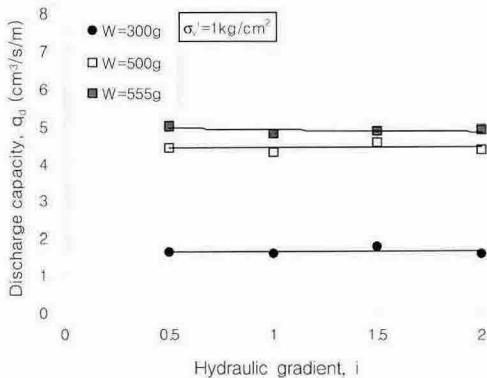
2. 통수능시험결과

필터용 토목섬유에 대한 통수능 시험결과 Fig. 8.a)와 같이 통수능은 상재하중이 클수록 감소하는 경향을 보이고 있다. 필터매트의 종류별 통수능의 차이는 Fig. 8.b)와 같이 큰 차이를 보이고 있다.

같은 구속하중조건(σ_v)에서 동수경사를 변화시켜가면서 통수능시험을 실시한 결과 Fig. 8.b)와 같이 통수량이 동수경사에 비례하는 경향을 보이므로 통수능을 고려한 압밀해석에서 실용적으로 Darcy 법칙의 적용이 가능하다는 결과를 얻었다.

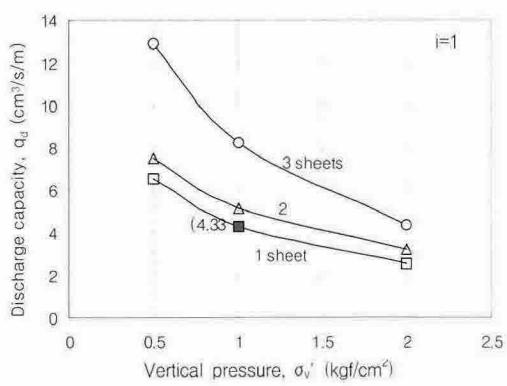
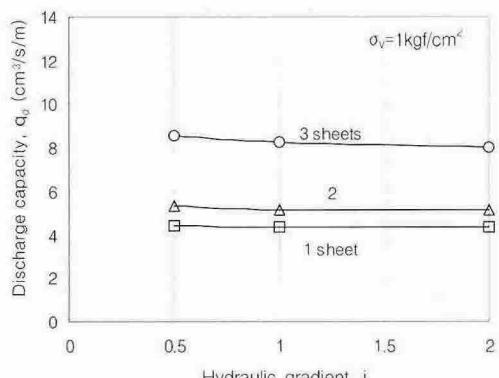
토목섬유 1장에 대한 시험결과 Fig. 8.b)와 같이 통수능은 $q_d = 1.5 \sim 5 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ (in $i = 1$) 정도의 값을 갖는 것으로 측정되었다.

또한 $W = 500\text{g}$ 의 필터매트를 여러 겹으로 사용하는 조건에 대한 시험결과 그림 9.a)와 같이 구속압이 클수록 적어지는 경향을 보이며 구속압 1 kgt/cm^2 조건에서 1장은 4.33, 2장은 5.2, 3장일 때 $8.22 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ 의 값을 갖는 것으로 측정되었다. 그러나 통수능은 장수가 많을수록 증가하지만 직선적으로 비례하지 않는 것으로 측정되었다.

a) Effect of overburden pressure ($\Delta\sigma_v'$)

b) Effect of hydraulic gradient (i)

Fig. 8 Test results of discharge capacity of a sheet of filter mat

a) Effect of overburden pressure ($\Delta\sigma_v'$)

b) Effect of hydraulic gradient (i)

Fig. 8 Test results of discharge capacity of several sheet of filter mat ($W=500g/m^2$)

$c_v = 0.001 \text{ cm}^2/\text{s}$, $Cc = 0.5$ 인 지반에 계획성토고 $H_{\text{fill}} = 2 \text{ m}$ 경우 잔유침하량 10 cm 이내로 포장이 가능한 시기는 Fig. 11과 같이 5년이 필요하다. 여기서 선행압밀공법을 적용하여 1 m 의 여성토(총성토고 3 m)를 더하여 2.7 m 간 방치 후에, 2 m 여성토는 2년, 4 m 여성토는 1.3년 후면 포장이 가능하다. 이때의 압밀도는 각각 65, 56, 46%에 도달한 시점이다.

압밀도 56%에 도달하는 시간(t_{56})을 압밀계수(c_v)와 연약심도(H_s)별로 구하여 보면 Fig. 12와 같이 허용방치기간을 2년으로 볼 때 압밀배수거리가 5 m 이내이고 압밀계수 $c_v = 0.001 \text{ cm}^2/\text{s}$ 이상인 지반에서, 10 m 일 때는 $c_v = 0.004 \text{ cm}^2/\text{s}$ 이상인 지

IV. 필터매트용 토목섬유의 사용가능성 평가

1. 선행압밀(프리로딩)공법의 적용성

연약지반 위에 성토시 공사기간에 여유가 있어 프리로딩 만을 적용할 경우 연약지반 위에 수평배수층을 포설하고 그 위에 계획성토고에 여성토를 더한 높이로 성토하여 놓고 소요압밀도에 도달한 후에 여성토를 제거하고 도로포장공 등을 실시한다.

이러한 프리로딩공법 만의 적용은 압밀계수(c_v)가 다소 크고, 연약심도(H_s)가 적고, 성토고(H_{fill})가 적은 경우에 적용할 수 있다. 예로서 $H_s = 5 \text{ m}$,

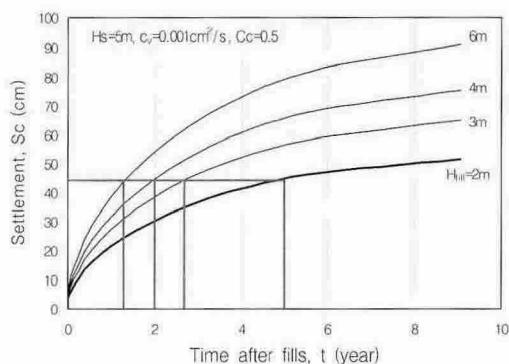


Fig. 11 A case of analysis of preloading method

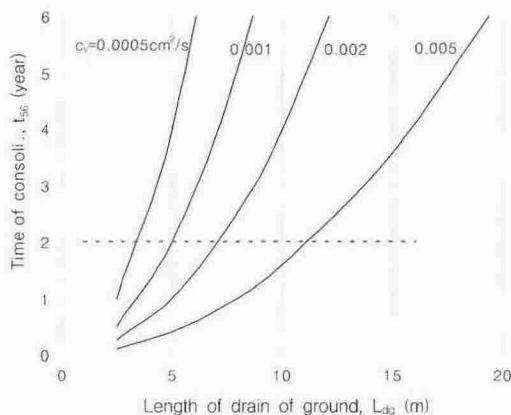
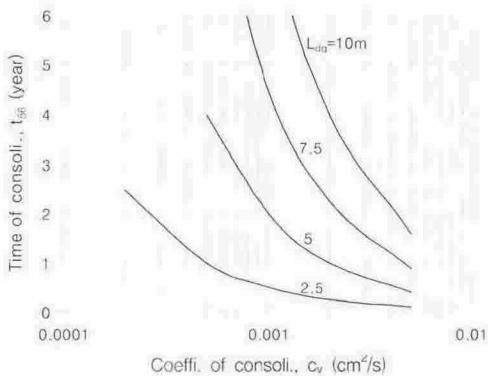
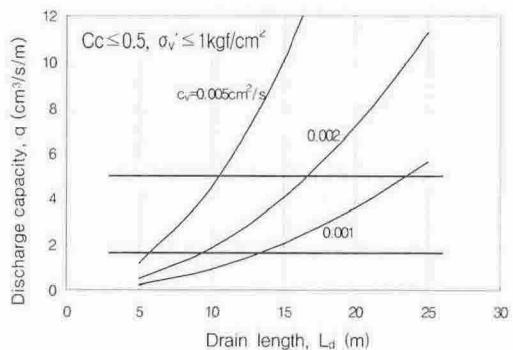
a) Effect of consolidation drain length (L_{dg})b) Effect of coefficient of consolidation (c_v)

Fig. 12 The time of 56% consolidation

반에서 프리로딩공법의 적용이 가능한 것으로 분석되었다. 즉 압밀계수 $c_v=0.001 \text{ cm}^2/\text{s}$ 이하이거나,

Fig. 13 The critical drain length with 1sheet of filter mat ($W=500\text{g}/\text{m}^2$)

압밀배수거리가 10 m 이상인 지반에서는 프리로딩 공법 만의 적용은 사실상 어려운 것으로 판단된다.

2. 필터매트용 토목섬유의 사용한계

프리로딩공법의 적용이 가능한 압밀계수 $c_v=0.001 \sim 0.004 \text{ cm}^2/\text{s}$ 이상인 지반에서 수평배수층의 소요통수능을 김(2001)이 제안한 식으로 구하면 Fig. 13과 같다. 또한 현장에서 사용되고 있는 토목섬유의 수평방향 통수능은 Fig. 8.b)에서 보면 $q_d=1.6 \sim 5 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ 로 Fig. 13에서 굵은 선으로 나타낸 범위 내로 배수거리가 짧은 경우 ($L_d=5 \sim 10 \text{ m}$)는 토목섬유를 수평배수층으로 대체 사용할 수 있다.

또한 성토폭이 커서 배수거리가 길은 경우는 배수거리를 짧게되도록 유공관과 같은 배수시설을 보완하거나 플라스틱 보드드레인 등을 함께 사용하여 전체 통수능을 증가시키는 보강공이 필요하다.

3. 플라스틱 보드드레인 수평배수층으로 혼합 사용성

배수거리를 임의로 조절할 수 없는 경우 플라스틱 보드드레인을 토목섬유와 같이 사용할 수 있다. 이를 확인하기 위한 보드드레인에 대한 통수능시험을 토목섬유와 동일한 조건으로 실시하였다. 시험

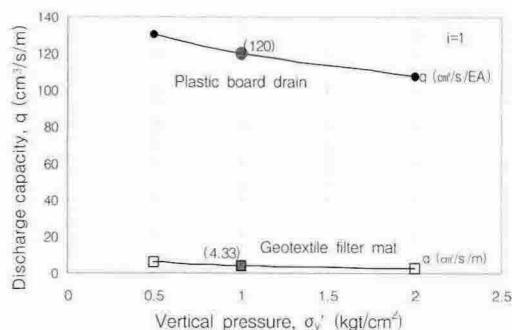


Fig. 14 Test results of discharge capacity of plastic board drain

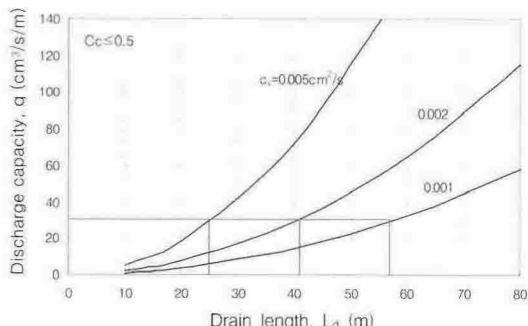


Fig. 15 The critical drain length with plastic board drain (2m apart)

결과는 Fig. 14과 같이 상재구속압(σ_v')에 따라 감소하는 특성을 보이며, $\sigma_v'=1 \text{ kgf/cm}^2$ 일 때 보드드레인의 통수능은 $q_d=120 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{EA}$ 이다. 여기서 배수재 내 공기유입 등의 통수능 감소요인을 고려하여 $q_{da}=60 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{EA}$ 로 보고 보드드레인을 2 m 간격으로 설치하면 Fig. 15와 같이 배수거리 25~55 m까지도 충분히 그 기능을 할 수 있는 것으로 평가되었다.

이러한 결과는 수평배수거리가 길은 경우도 플라스틱 보드드레인을 병용하면 토목섬유를 수평배수층으로 모래대신 충분히 사용할 수 있다는 결과이다.

V. 결 론

연약지반위에 성토 시 지반위에 수평배수층으로 모래대신 토목섬유의 사용가능성을 분석하기 위하

여, 수평배수층의 소요통수능에 대한 참고문헌의 비교검토를 통하여 소요통수능을 결정하고, 토목현장에서 사용되고 있는 필터용 토목섬유와 플라스틱 보드드레인에 대한 통수능시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) KHC(1998) 기준은 다른 제안 값보다 10배 이상으로 너무나 보수적인 값이라 판단되며, Giroud(1981)의 성토기간 $T=100$ 일인 조건과 김(2001)의 값은 거의 유사한 값을 보이며, 김(2001)은 전 압밀기간에 압밀지연이 허용 범위 내(5%)에 있는 한계통수능을 기준으로 한 것으로 이를 제안식을 사용하는 것이 타당하다는 결론을 얻었다.

2) Giroud(1981)와 김(2001)의 제안으로부터 압밀계수 $c_v=0.001 \sim 0.005 \text{ cm}^2/\text{s}$ 인 지반에서 토목섬유를 수평배수층으로 사용하기 위하여 배수거리 $L_d=10 \text{ m}$ (성토저폭 20 m)일 때 통수능이 $q_d=2.5 \sim 4.5 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ 이상, $L_d=20 \text{ m}$ (성토저폭 40 m)일 때 $q_d=10.1 \sim 18 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ 이상이 필요한 결과를 얻었다.

3) 필터매트의 종류별 통수능은 큰 차이가 있으며, 상재구속하중이 클수록 감소하지만, 통수경사에 관계없이 거의 일정한 값을 가지므로 통수능을 고려한 압밀해석에서 실용적으로 Darcy 법칙의 적용이 가능하다는 결과를 얻었다. 또한 토목섬유의 통수능은 $q_d=1.5 \sim 5 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$ (in $i=1$) 정도로 배수거리 $L_d=10 \text{ m}$ (성토폭 20 m) 이하인 경우 수평배수층으로 대체 사용할 수 있다는 결과를 얻었다.

4) 플라스틱 보드드레인의 통수능은 $q_d=120 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{EA}$ 정도로 측정되었으며, 토목섬유와 함께 보드드레인을 2 m 간격으로 설치하면 배수거리 25~55 m까지도 수평배수층으로 토목섬유를 모래대신 사용할 수 있다는 결론을 얻었다.

이 연구는 서일대학 학술연구비지원으로 수행된 연구로 연구비지원에 감사드립니다.

References

1. Kim, S. K., Kim, H. T., Hong, B. M.. 2000. Consolidation analysis of vertical drain considering the variation of permeability in the smear zone. *Journal of the Korean Geotechnical Society*, Vol. 16, No. 2, 31~40. (in Korean)
2. Kim, H. T., Kim, S. K., Kong, K. Y.. 2001. Required discharge capacity of horizontal drains for fills on the soft ground. *Journal of the Korean Geotechnical Society*, Vol. 17, No. 5, 83~96. (in Korean)
3. K.H.C. 1998. *A practical manual of road design*. 586. (in Korean)
4. Ali, F. H. 1991. The flow behaviour of deformed prefabricated vertical drain. *Geotextiles and Geomembranes* 10. 235~248.
5. ASTM. 1987. Standard test method for constant head hydraulic transmissivity (In-Plane Flow) of geotextiles and geotextile related products. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08., Designation:D4716-87
6. Broms, B. B., Chu, J., and Choa, V. 1994. Measuring the discharge capacity of band drains by a new drain tester. *Fifth international conference on Geotextiles, Geomembranes and related products Singapore*, 5~9 September, 803~806.
7. Davis E. H. 1969. Rate of settlement. Lectures on the analysis of the Settlement of foundations, Sydeney University.
8. Giroud, J. P. 1981. Designing with geotextiles. *Materiaux et Constructions*, Vol. 14, No. 82, 257~277
9. Holtz, R. D., Lancellotta, R., Jamiolkowsky, M., and Pedroni S. 1991. Laboratory testing of prefabricated wick drains. *Geo-Coast'91*, 3~6, Sept. Yokohama 3/6. 311~316.
10. Renato Lancellotta. 1995. *Geotechnical Engineering*. A.A.Balkema. 123~124.