

## 한 층의 지오텍스타일로 보강된 모래지반의 지지력 특성에 관한 연구

### A Study on the Characteristic of Bearing Capacity in Sandy Ground Reinforced by a Layer of Geotextile

박용부<sup>†</sup> · 주인곤<sup>\*</sup>

Park, Yongboo<sup>†</sup> · Joo, Ingon<sup>\*</sup>

#### Abstract

Bearing capacity of soil can be improved by several conventional ground improvement techniques like stabilization and compaction. Recently, the necessity on the reseaches for the bearing capacity of footing reinforced by Geotextile is being significantly increased. In this paper, a series of model tests on sandy ground reinforced by a layer of Geotextile were performed under plane strain condition, and the effects of bearing capacity improvement and behaviour of sandy ground were observed through tests for position and horizontal length, material strength of reinforcement.

**Keyword** : Ultimate bearing capacity, Reinforced ground, Reinforcing element, Geotextile

#### 요 지

성토지반의 지지력을 향상시키기 위하여 지반개량이나 다짐과 같은 일반적인 방법들이 많이 이용되고 있다. 하지만, 최근에는 내구성이 크고 강한 합성수지와 같은 재료들이 개발되어 실용화됨으로서, 보강토공법이 널리 적용되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 한층의 지오텍스타일로 보강된 모래지반상의 대상기초에 대한 모형실험을 평면변형을 상태에서 실시하여, 지오텍스타일의 설치위치와 길이, 강도의 변화에 따른 지지력의 증대효과와 지반의 거동을 관찰하였다.

**주요어** : 극한 지지력, 보강지반, 지반반력계수, 지오텍스타일

<sup>†</sup> 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원(parkyb@jugong.co.kr)

<sup>\*</sup> 비회원, 부산정보대학 공간조형학부 부교수

## 1. 서론

지오텍스타일등을 사용한 보강토공법은 기초나 흙막이 구조물의 설계를 위하여 개발된 방법으로 보강토는 강봉, 강선 및 비부식성 섬유 등의 보강재에 의해 강화된 흙으로 구성된 건설재료를 총칭한다. 보강토에 대한 체계적인 해석과 설계에 대한 현재의 개념은 프랑스의 기술자 Vidal에 의해 시작되었다. 보강토에 대한 기본 개념은 전혀 생소한 것이 아니고 그 유래는 성서시대에서부터 찾을 수 있으나 체계적인 해석과 설계에 대한 현재의 개념은 프랑스의 기술자 Vidal에 의해 시작되었다. 근래에 프랑스를 비롯한 유럽 및 미국, 일본등지에서 그 연구가 활발히 진행되고 있으며 최근에는 우리 나라에서도 보강토공법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는 단계이다. 보강토공법 관련 연구중 보강토 옹벽에 대한 해석 및 설계는 어느 정도 확립되어 있는 단계이지만 보강토를 이용한 얇은 기초의 설계 및 이론은 상대적으로 미비한 실정이고 여러 사람들에 의해 연구되고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 지중에 한 층으로 수평포설된 지오텍스타일의 설치위치 및 길이에 따른 지지력의 증대 효과와 지오텍스타일의 강도 변화에 따른 지반 보강효과를 알아보기 위한 것이다. 이를 위하여, 우선 실내모형실험을 통해 무보강지반의 극한 지지력을 평가하였다. 한 층의 지오텍스타일 보강시 최대의 극한 지지력을 발휘하는 지오텍스타일의 깊이를 구하기 위해, 지오텍스타일의 길이를 0.5B(B = 재하판의 폭, 10cm)로 하여 설치 심도를 변화시키면서 실내모형실험을 실시하였다. 또한, 최대 극한 지지력을 발휘하는 지오텍스타일 설치심도에서 지오텍스타일의 길이를 변화시켜면서 모형 토조실험을 실시하여 최대의 극한지지력을 발휘하는 지오텍스타일 길이를 분석하였다. 지오텍스타일의 강도 변화에 따른 지지력의 변화를 관측하였으며 무보강지반의 극한 지지력 측정결과를 참고하여 지오텍스타일의 설치위치 및 길이, 강도의 변화에 따른 극한 지지력과 비교 분석하였다.

## 2. 실내요소시험

### 2.1 구포사의 물성치

모형지반은 낙동강 하구에서 채취한 구포사를 이용하여 제작하였다. 먼저, 세립분을 제거하기 위해 물로 씻고 #200체를 통과시켰으며 최종적으로 #20체를 통과하는 모래를 공기건조상태에서 이용하였다. 표 1은 구포사의 물리적 특성을 나타내고 있다.

본 연구에서는 평면변형률 상태의 모형실험을 실시하였기 때문에 구포사에 대해 동일한 조건인 평면변형률 압축시험을 실시하여 내부마찰각( $\phi_{ps}$ )을 구하였다. 즉, 앞뒤면에서 변형이 일어나지 않도록 구속상태( $\epsilon_3=0$ )로 하고 축압( $\sigma_2$ )을 일정하게 한 후에  $\sigma_1$ 을 증가시키면서 전단시험을 실시한 결과, 내부 마찰각은 54.1°였다(그림 1). 이때, 압밀배수시험(CD)을 실시하였다.

표 1. 구포사의 물리적 특성

Property	Symbol	Value
Max. void ratio	$e_{max}$	1.065
Min. void ratio	$e_{min}$	0.751
Min. dry density	$\gamma_{dmin} (g/cm^3)$	1.293
Max. dry density	$\gamma_{dmax} (g/cm^3)$	1.508
Specific gravity	$G_s$	2.64
Water content	$w$ (%)	0.342
Average particle-size	$D_{50}$ (mm)	0.325
Effective particle-size	$D_{10}$ (mm)	0.185
Uniformity coefficient	$C_u$	1.95
Coefficient of curvature	$C_g$	1.10
Internal friction degree	$\phi_{ps}$	54.1

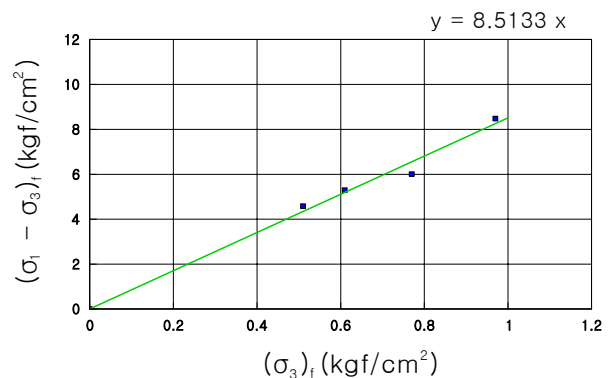


그림 1.  $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$  와  $(\sigma_3)_f$  관계

그림 2는 구포사의 입도분포곡선을 나타내고 있으며, 분포를 보면 입자의 크기가 0.1~0.9mm 사이에 집중된 것을 알 수 있다.

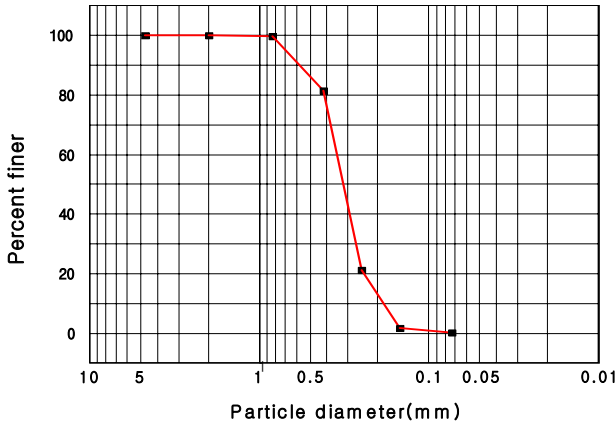


그림 2. 구포사의 입도분포곡선

## 2.2 지오텍스타일의 인장시험

지오텍스타일의 인장강도를 측정하여 서로 비교하기 위하여 광폭 인장시험(ASTM D 4595)을 실시하였다. 이 때, 지오텍스타일의 길이는 10cm이며, 폭은 2cm인 시편을 제작하여 시험하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 지오텍스타일의 특성

Types	Manufacture	Polymer fiber	Tensile strength per width(tf/m)	Tensile strain(%)	Polymer types
Geotextile A	Woven	Monofilament	0.278	26.46	Polyester
Geotextile B	Woven	Slit film	4.640	17.21	Polyester

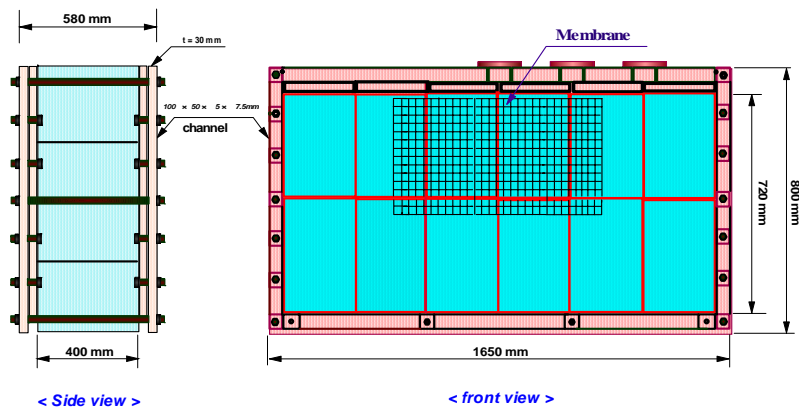


그림 3. 토조 전경

## 3. 실내 모형 실험

### 3.1 실험장치

본 실험에서 사용된 평면 변형률 토조(720(H)×1650(L)×400(W)mm, 그림 3)는 지반의 거동을 관찰할 수 있게 아크릴로 제작되었고, 아크릴면에는 실리콘 그리스를 0.2mm 두께로 바르고 1cm 간격으로 격자를 그은 라텍스 멤브레인을 부착시켜 이 면을 통하여 모래지반의 변형을 사진법(임 등, 1992)으로 측정하였다.

본 실험에서 하중재하를 위해 그림 4와 같은 재하장치를 제작하여 실험을 실시하였다. 하중재하장치는 크게 6개의 부분으로 나눌 수 있으며 각각의 명칭은 다음과 같다. 동력의 발생시키는 서브모터, 서브모터의 회전속도를 줄여주는 감속기, 동력을 전달하는 볼스크루, 회전운동을 직선운동으로 바꾸어주는 엘엠 가이드, 지반에 하중을 가하고 로드셀이 부착되어 있어 하중을 측정할 수 있게 제작된 재하판, 재하판을 고정하는 프레임 그리고, 하중을 제어하는 컨트롤 패널로 구성된다. 이 실험장치는 응력제어와 변위제어를 할 수 있으며 최대출력은 4.4 kW, 제어속도는 0.1mm/min이다.

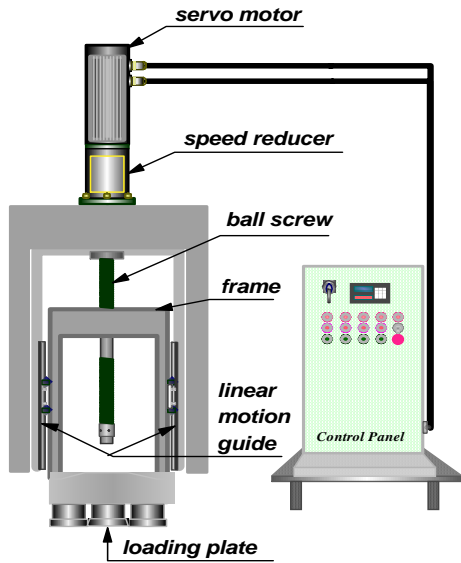


그림 4. 하중재하 장치

### 3.2 모형지반 조성

토조를 이용한 실험에서 모래지반을 조성할 때 가장 중요한 요소중에 하나가 지반을 균일하게 하는 것이다. 이를 위하여, 본 실험에서는 슬롯형 모래 뿌리기를 이용하여 지반을 제작하였다. 모형지반 조성 순서는 다음과 같다.

- ① 멤브레인을 설치하기전에 알콜로 아크릴 벽면을 깨끗이 닦고 0.2mm두께로 실리콘을 바르고 라텍스 멤브레인을 부착한다.
- ② 간이 크레인에 수평으로 부착된 슬롯형 모래 뿌리기를 낙하고가 120cm가 되도록 조정한다.
- ③ 슬롯형 모래뿌리기에 모래를 담아 낙하시키면서 지반을 제작한다. 그리고, 지반을 상중하로 나누어 밀도를 측정하기 위해 15cm, 30cm, 50cm에 밀도 측정용 캔을 설치한다. 이때, 모래를 뿌리는 평균속도는  $115\text{cm}^3/\text{cm}/\text{min}$  이다.
- ④ 보강재를 설치할 위치에 도달하면 지표면을 고르고 보강재를 설치하고 다시 모래를 뿌린다. 이런 방법

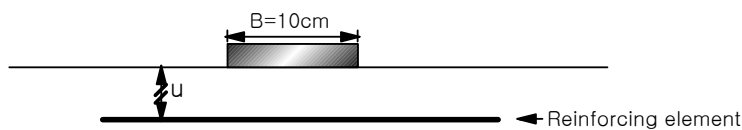


그림 6. 보강심도 상세

으로 최종높이까지 지반을 제작한다.

### 3.3 실내모형실험의 종류

본 연구에서 한 층의 지오텍스타일 설치위치 및 길이에 따른 지지력의 변화를 관측하고, 지오텍스타일의 강도 변화에 따른 보강효과를 알아보기 위하여, 다음과 같이 평면변형률상태의 모형실험을 실시하였다.

#### 3.3.1 실험명

각종 실험결과에 효율적인 정리를 위해 실험명을 그림 5와 같이 정의하였다.

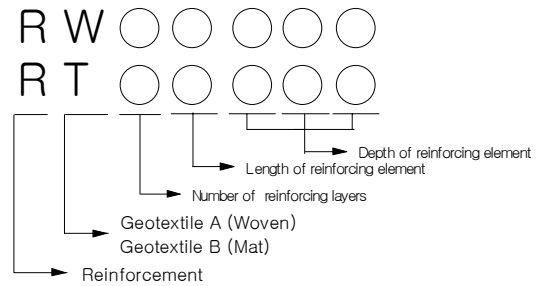


그림 5. 시험종류 및 표기법

#### 3.3.2 실험의 종류

본 연구에서는 그림 6과 같이 1층의 지오텍스타일을 설치했을 경우, 지오텍스타일의 설치위치 및 길이, 강성의 변화에 따른 모래지반의 거동을 관찰하기 위하여 3가지의 경우로 나누어 모형실험을 실시하였다.

표 3은 실험의 종류를 나타낸 것이다. 여기서, Case 1은 저장도 지오텍스타일의 설치 심도에 따른 지지력의 변화를 관찰하였으며, Case 2는 지오텍스타일의 길이에 따른 지지력의 변화, Case 3은 고강도 지오텍스타일의 설치위치에 따른 지지력의 변화를 관찰하여 Case 1의 결과와 비교하였다.

### 3.3.3 모형지반의 밀도측정

모형지반의 균일성을 확인하기 위하여 캔을 지반내에 3층으로 나누어 각 층당 4개씩 설치하였다. 그 결과 모형 지반내의 건조밀도의 범위는  $1.523\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.542\text{g}/\text{cm}^3$ 이며, 평균은  $1.538\text{g}/\text{cm}^3$ 이었다.

표 3. 시험종류(지오텍스타일 길이, 보강심도, 지오텍스타일 강도)

Group	Types of tests	Length of reinforcing element	Depth of reinforcing element	Types of reinforcing element
Case 1	U			Nonreinforced
	RW1525	5B	0.25B	Geotextile A
	RW1550		0.50B	
	RW1575		0.75B	
	RW15100		1.0B	
	RW15150		1.5B	
Case 2	RW1150		1B	
	RW1250	2B		
	RW1350	3B		
	RW1450	4B		
	RW1550	5B		
	RW1750	7B		
Case 3	RT1525	5B	0.25B	Geotextile B
	RT1550		0.50B	
	RT1575		0.75B	
	RT15100		1.0B	

## 4. 실험결과

### 4.1 극한 지지력

#### 4.1.1 지오텍스타일의 설치위치에 따른 극한 지지력의 변화(Case 1의 경우)

한 층의 지오텍스타일(지오텍스타일 A)로 지반을 보강할 때, 지오텍스타일 설치위치의 변화에 대한 실험결과는 표 4와 같고, 하중-침하량 관계는 그림 7과 같다(주인곤 등, 1996).

지오텍스타일 길이가 5B(50cm)일 때, 지오텍스타일의 설치위치는 0.5B에서 최대의 극한 지지력이 발휘되므로, 가장 효과적인 지오텍스타일의 설치위치는 0.5B라는 것을 알 수 있다.

보강효과는 극한 지지력비(UBCR : Ultimate Bearing Capacity Ratio)를 이용해서 판단할 수 있다.

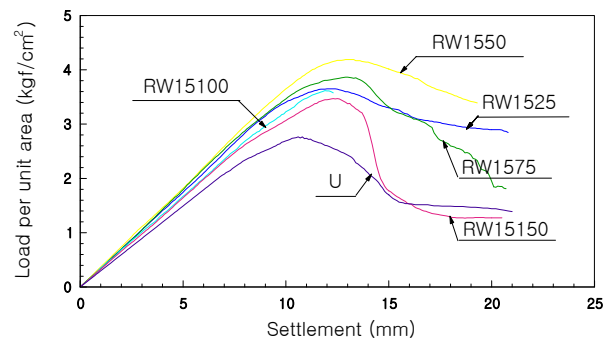


그림 7. 보강심도별 단위 면적당 하중과 침하량 관계

표 4. 보강심도별 극한 지지력

Types of tests	Length of reinforcing element	Depth of reinforcing element	Settlement at peak (mm)	Ultimate bearing capacity ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	Ultimate Bearing Capacity Ratio
U	Nonreinforced		10.6	2.765	-
RW1525	5B	0.25B	12.1	3.651	1.32
RW1550		0.5B	12.9	4.188	1.51
RW1575		0.75B	12.9	3.866	1.40
RW15100		1.0B	11.9	3.617	1.31
RW15150		1.5B	12.3	3.470	1.25

$$UBCR = \frac{q_{ur}}{q_{u0}} \quad (1)$$

여기서,  $q_{u0}$ 는 무보강 지반의 극한 지지력이며,  $q_{ur}$ 은 보강지반의 극한 지지력이다.

그림 8은 심도계수( $u/B$  : 지오텍스타일 설치위치( $u$ )/재하판의 폭( $B$ ))와 극한 지지력비의 관계를 보인다. 이 그래프에서 지오텍스타일의 설치위치가  $0.5B$ 일 때, 극한 지지력비가 가장 크다는 것을 알 수 있고, 무보강 지반에 비해 약 1.5배의 지지력 증대효과가 발휘됨을 알 수 있다.

한편, Andrawes 등(1988)은 폴리에틸렌과 폴리프로필렌을 혼합한 지오텍스타일의 지오텍스타일이  $0.25B$  위치에 있을 때 최대의 극한지지력 증대효과가 발생한다고 하였다(이, 1998). Al-Mosawe 등(1992)은 폴리머 메시와 폴리머그리드의 지오텍스타일을 사용시, 지오텍스타일의 설치심도가  $B/3$ 인 경우가 가장 효과적이라고 하였다.

이 결과는 본 연구 결과의 최적 설치심도인  $0.5B$ 와 차이를 나타내고 있으며, 이것은 지오텍스타일의 강도와 모래와의 표면 마찰계수, 특히, 모래의 내부마찰각 등의 차이 때문으로 생각되며 모래의 내부마찰각과 연관지어 종래의 연구와 연관지어 생각을 해보면 다음과 같다. Andrawes 등(1988)의 연구에서 사용된 모래의 내부마찰각은  $42.7^\circ$ 이며, 무보강 지반에서 발생하는 파괴형상(썩기형상, 그림 8)의 심도( $D_w$ )는 약  $1.14B$ 이다. 이때, 효과적인 지오텍스타일의 설치위치는  $0.25B$ 이며, 이것을 썩기형상의 깊이에 대한 비로서 나타내면  $0.22$

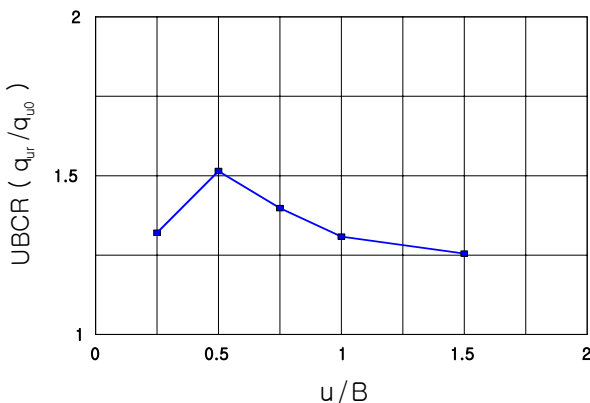
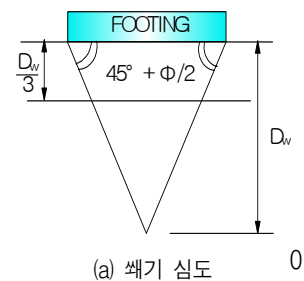


그림 8.  $u/B$ 에 따른 UBCR 변화

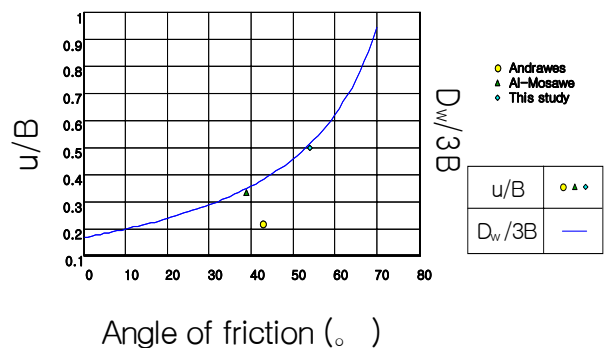
가 된다. Al-Mosawe 등(1992)의 연구에서는 모래의 내부 마찰각은  $39^\circ$ 이며,  $D_w$ 는 약  $1.04B$ 이므로, 효과적인 지오텍스타일 설치위치에 대한 썩기형상의 깊이 비는  $0.32$ 가 된다. 또한, 본 연구결과에서는 효과적인 지오텍스타일의 설치위치가  $0.5B$ 이므로, 썩기형상의 깊이에 대한 비로서 나타내면  $0.32$ 이다. 이상의 결과로부터, 지오텍스타일의 최적설치심도는 모래의 내부마찰각과 연관이 있는 썩기형상의 깊이에 대하여  $0.22 \sim 0.32$ 의 범위에 있다는 것을 알 수 있다. 이것을 모래의 내부마찰각에 따른 무보강지반에서 발생하는 파괴형상(썩기형상)의 심도( $D_w$  : 그림 9(a) 참조)의  $1/3$ 과 관련시켜 나타내면, 그림 9(b)와 같다. 그러므로, 한 층의 지오텍스타일로 보강할 때 효과적인 설치심도가 약  $D_w/3$  부근이라는 것을 알 수 있다.

#### 4.1.2 지오텍스타일의 길이에 따른 극한 지지력의 변화(Case 2의 경우)

지오텍스타일 A의 길이변화에 따른 실험 결과는 표 5와 같고 하중-침하량 관계는 그림 10과 같다.



(a) 썩기 심도



(b) 실험 결과

그림 9.  $D_w/3B$ 와 유효  $u/B$ 의 상관관계

표 5. 보강 길이에 따른 극한 지지력

Types of tests	Length of reinforcing element	Depth of reinforcing element	Settlement at peak (mm)	Ultimate bearing capacity( $kgf/cm^2$ )	Ultimate Bearing Capacity Ratio
U	Nonreinforced		10.6	2.765	-
RW1150	1B	0.5B	12.8	3.627	1.31
RW1250	2B		12.6	3.826	1.38
RW1350	3B		13.8	3.812	1.38
RW1450	4B		11.4	3.906	1.41
RW1550	5B		12.9	4.188	1.51
RW1750	7B		12.5	4.134	1.49

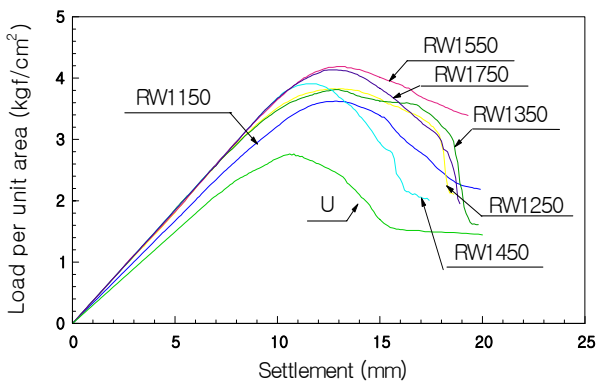


그림 10. 지오텍스타일 길이에 따른 단위 면적당 하중과 침하량 관계

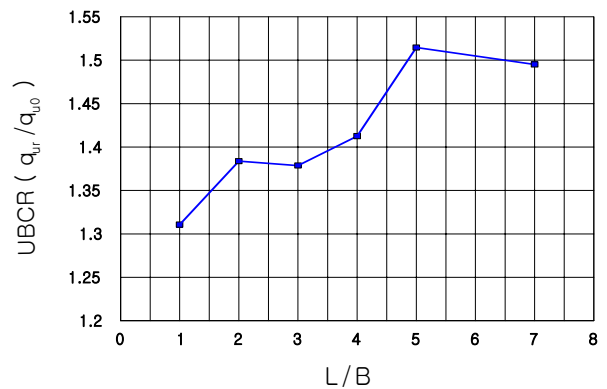


그림 11. L/B와 UBCR 관계

그림 11은 지오텍스타일의 심도계수( $u/B$ )가 0.5일 때, 길이계수( $L/B$  : 지오텍스타일 길이( $L$ )/재하판의 폭( $B$ ))와 극한 지지력비의 관계를 나타낸 것이다. 지오텍스타일 길이가 5B(50cm)가 될 때까지는 극한 지지력비가 증가하는 경향을 나타내다가, 지오텍스타일의 길이가 5B 이상될 때는 극한 지지력비의 증대효과는 거의 발생하지 않는다. 이 결과로부터 가장 효과적인 지오텍스타일의 수평길이가 5B라는 것을 알 수 있으며, 무보강 지반에 비해 약 1.5배의 지지력 증대효과를 발휘함을 알 수 있다.

한편, Fragaszy 등(1984)은 정방형 재하판에 의한 모형실험에서 효과적인 지오텍스타일의 길이를 6B~7B 사이로 추천하였으며, Guido(1985) 등은 지오텍스타일의 길이를 3B라고 발표하였다. 또한, Huang과 Tatsuoka(1990)는 지오텍스타일의 길이가 6B 이상이 되어도 지지력은 증가하는 경향을 보인다고 하였다. 이러한 결과

들은 본 연구와 약간의 차이는 있으나, Manjunath의 연구 결과는 지오텍스타일의 길이를 5B로 규정하고 있어서 본 실험의 결과와 일치하는 경향을 나타내고 있다.

#### 4.1.3 지오텍스타일의 강도에 따른 극한 지지력의 변화(Case 3의 경우)

지오텍스타일의 강도에 따른 지오텍스타일의 최적 설치위치를 알아보기 위하여, 고강도의 지오텍스타일인 지오텍스타일 B(지오텍스타일 길이는 5B)의 설치위치를 변화시켜 극한 지지력의 변화를 관측하였으며 그 결과는 표 6과 그림 12와 같다.

그림 13에서와 같이, 지오텍스타일 강도별 각 매설위치에서의 극한지지력비(UBCR)를 비교해 보면, 지오텍스타일의 위치가 0.5B에서 저강도의 지오텍스타일 A(RW) 및 고강도의 지오텍스타일 B(RT)로 보강된 지반의 극한 지지력은 무보강에 비하여, 각각 약 1.5배, 2

표 6. 지오텍스타일 B를 사용한 경우의 실험결과 요약

Types of tests	Length of reinforcing element	Depth of reinforcing element	Settlement at peak (mm)	Ultimate bearing capacity ( $kgf/cm^2$ )	Ultimate Bearing Capacity Ratio
U	Nonreinforced		10.6	2.765	-
RT1525	5B	0.25B	11.8	3.839	1.39
RT1550		0.5B	15.9	5.289	1.91
RT1575		0.75B	17.5	5.215	1.89
RT15100		1.0B	16.7	4.745	1.72

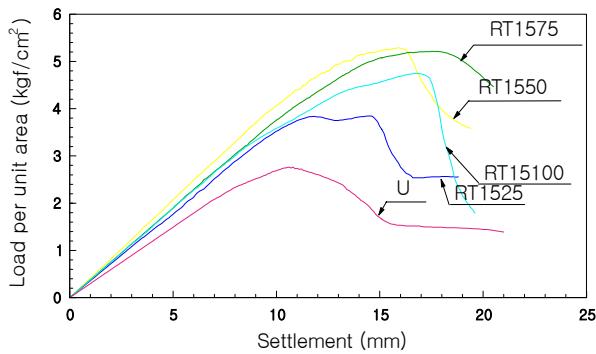


그림 12 지오텍스타일 B에서 단위 면적당 침하 관계

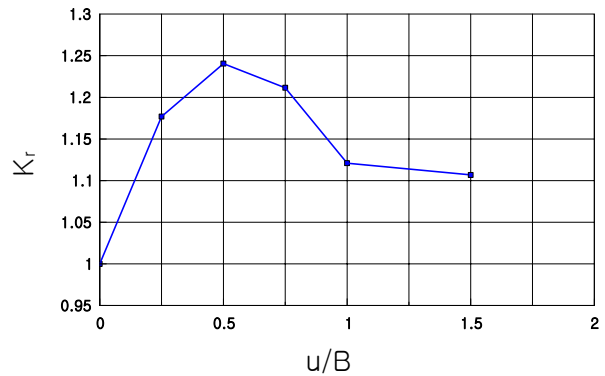


그림 14. 지오텍스타일 A에서 u/B와  $K_r$  관계(Case 1)

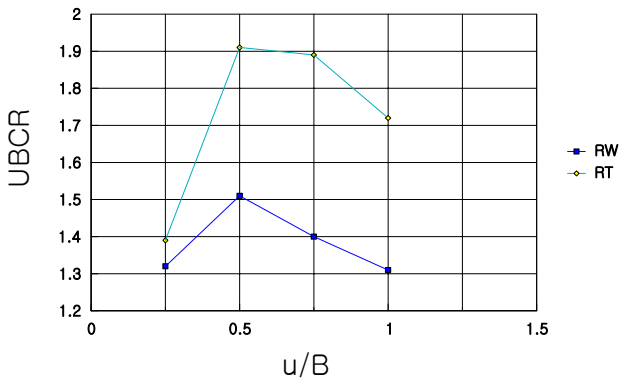


그림 13. 지오텍스타일(RW, RT)에서 u/B와 UBCR 변화

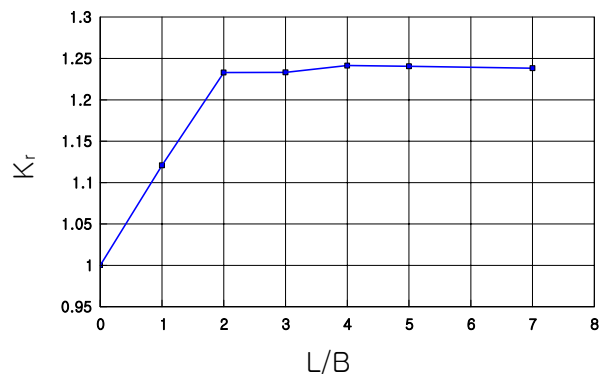


그림 15. 지오텍스타일 B에서 u/B와  $K_r$  관계(Case 2)

배이고, 이 때의 강도변화에 따른 상대증가율은 약 120%로서 지오텍스타일의 강도증가에 따라 극한 지지력이 증가함을 알 수 있다. 또한, 지오텍스타일의 강도 별 최대 극한 지지력비의 위치는 모두 0.5B이었다.

## 4.2 지반반력계수

지반반력계수비( $K_r$ )는 식 2와 같다.

$$K_r = \frac{K_{rw}}{K_u} \quad (2)$$

여기서,  $K_{rw}$ 는 보강지반의 지반반력계수,  $K_u$ 는 무보강 지반의 지반반력계수이다.

지오텍스타일의 설치위치 및 길이, 강도의 변화(Case 1, 2, 3)에 따른 지반반력계수의 변화는 그림 14~16과 같으며, 무보강 지반에 비하여 보강지반이 지반반력계수가 크므로 기초 하부의 침하 억제 효과가 높다는 것을 알 수 있다.

그림 14을 보면, 지반반력계수비가 최대인 위치는 0.5B라는 것을 알 수 있다. 이것은 극한 지지력비가 최대인 위치와 동일하므로, 한 층의 지오텍스타일로 보강시 최적



의 설치위치는 0.5B이다. 지오텍스타일의 길이에 따른 지반반력계수비의 변화는 그림 15와 같다. 이 그래프를 보면, 지오텍스타일의 길이가 증가함에 따라 지반반력계수비는 증가하며 지오텍스타일 길이 2B부터 거의 일정한 지반반력계수비가 나타남을 알 수 있으며 고강도의 지오텍스타일의 설치위치는 0.5B일 때이며, 저강도 지오텍스타일과 비교하여 지반반력계수비가 증가하였음을 알 수 있다. 이상의 결과로부터 보강된 지반은, 무보강 지반에 비하여 지반반력계수가 크게 나타나므로 침하 억제효과가 높으며, 지오텍스타일의 길이와 강도가 증가함에 따라 그 효과는 커짐을 알 수 있다.

### 4.3 지반의 변형

재하하중의 증가로 인해 침하가 발생하면 지반의 변형이 발생되고, 과도한 지반의 변형으로 일정한 면을 따라 파괴면이 형성되어, 이 면을 따라 파괴가 진행된다. 본 실험에서는 지지력이 피크를 지난 이후까지 재하판의 침하량을 증가시키면서, 지반의 변형상태를 사진법(임종철, 1992)으로 측정하였다. 무보강 지반과 보강 지반의 무신축 방향, 전단 변형률 등고선 분포를 분석한 결과는 다음과 같다.

#### 4.3.1 지반의 무신축 방향

무신축 방향은 연직변형률이 0인 방향인데 한 요소에서 두 개의 방향이 정의된다. 이 방향은 지반에서 파

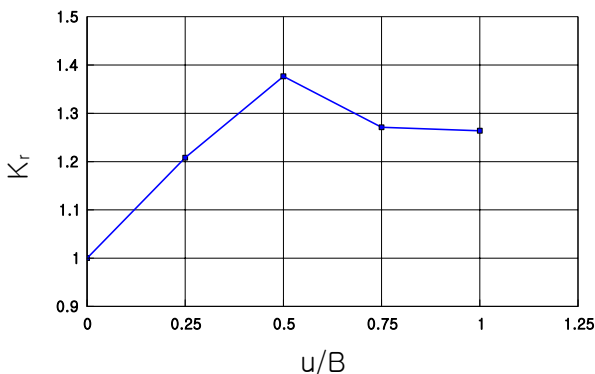


그림 16. 지오텍스타일 B에서 u/B와 K<sub>s</sub> 관계(Case 3)

괴면의 방향과 거의 일치하는 경우가 많고, 직접전단시험이나 단순전단시험에서의 전단방향과도 일치해서 전단면의 위치를 찾는 데 대단히 중요한 의미를 갖는다. 그래서, 지반내에 발생하는 파괴면의 방향을 추정하기 위하여 무신축 방향의 전단변형률을 나타내었다. 무보강 지반의 최종 파괴시의 무신축 방향은 그림 17에 나타내었다. 이것으로부터 무신축 방향이 일치하는 면을 이으면 재하판 아래에서 썩기 모양의 파괴면이 발달하고 있다는 것을 알 수 있다. 지오텍스타일 B가 지표면으로부터 0.5B에 있을 때 보강 지반에 대한 최종 파괴시의 무신축 방향은 그림 18에 나타내었다.

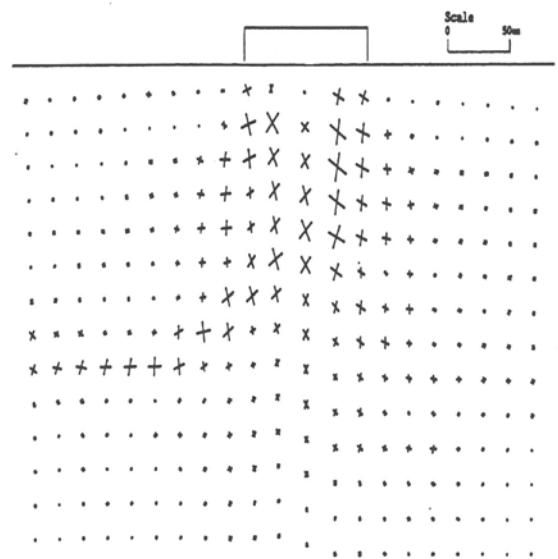


그림 17. 지반의 무신축 방향(U test)

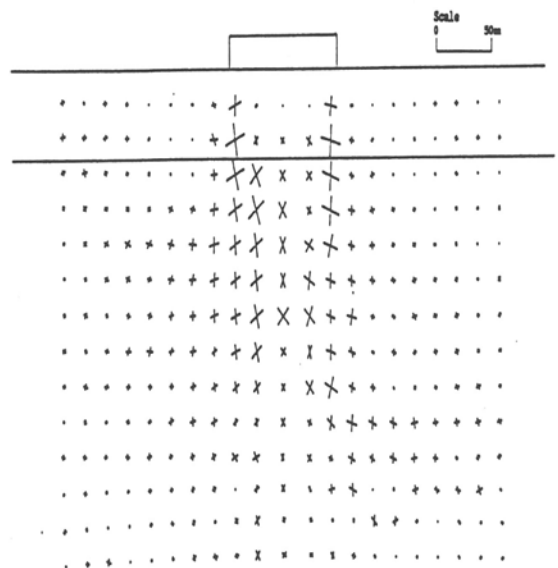


그림 18. Zero-extension direction of ground (RT1550 test)

### 4.3.2 지반의 최대전단변형률 등고선

일반적으로 최대 전단변형률 등고선을 이용하여 그 집중면을 연결하면, 비교적 쉽게 파괴면을 찾을 수 있다. 그래서, 본 실험의 지반 변형을 사진법을 이용하여 측정하고, 그 결과를 최대 전단변형률 등고선 분포로 나타내었다. 무보강 지반의 최종 파괴시 최대전단변형률 등고선 분포는 그림 19와 같다. 그리고, 지오텍스타일 B가 지표면으로부터 0.5B에 있을 때의 보강 지반에 대한 최종 파괴시의 최대 전단변형률 등고선 분포는 그림 20에 나타내었다.

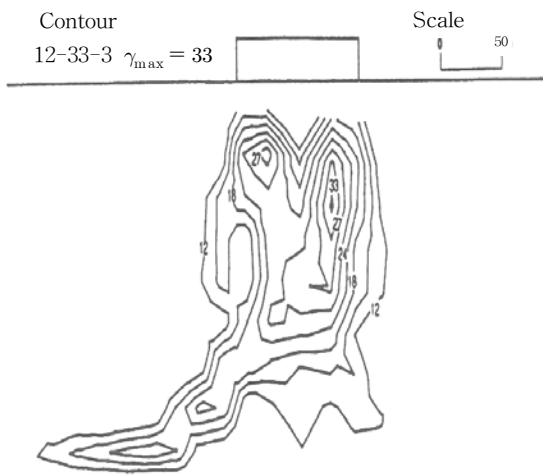


그림 19. Maximum shear strain( $\gamma_{max} = \epsilon_1 - \epsilon_3$ ) of ground (U test)

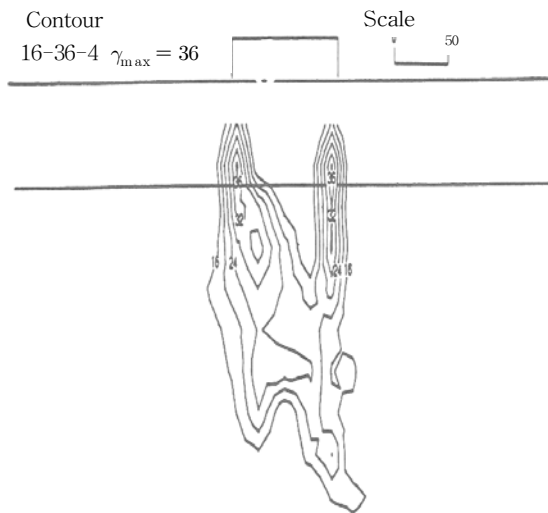


그림 20. Maximum shear strain( $\gamma_{max} = \epsilon_1 - \epsilon_3$ ) of ground (RT1550 test)

지오텍스타일의 폭이 5B이며 설치위치가 0.5B인, 각각 다른 종류의 지오텍스타일을 한 층 설치한 경우에 대한 피크시 무신축 방향과 최대전단변형률 등고선을 나타낸 것을 보면, 재하판의 모서리로부터 하부에 있는 지오텍스타일의 설치위치까지는 거의 수직에 가까운 파괴면을 나타내며 그 내부는 변형이 거의 없는 상태의 강체로서의 거동을 하고 있음을 알 수 있다. 그리고, 지오텍스타일의 설치위치 이하부터는 썩기형의 파괴면을 나타내고 있다. 종래의 연구를 살펴보면, Binquet과 Lee(1975)는 깊이가 깊어질수록 최대전단응력이 재하판 밖으로 멀어진다고 가정하였으며, Huang과 Tatsuoka(1990)는 파괴형태를 지오텍스타일의 간격에 따라 2가지로 나누어서 가정하였는데 본 연구의 결과는 Huang과 Tatsuoka의 결과와 비슷함을 알 수 있다. 그러므로, 이러한 파괴형상으로부터 재하판 저면에서 지오텍스타일의 설치위치까지의 영역에 대한 효과로 인하여 지지력이 증가함을 알 수 있다.

## 5. 결론

한 층의 지오텍스타일로 보강할 때 지오텍스타일의 설치위치 및 길이, 강도변화에 따른 모래지반의 극한 지지력 변화를 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보강재의 설치위치에 따른 극한 지지력의 변화를 보면, 보강재 강도의 변화와 관계없이 보강재의 설치심도가 0.5B일 때 가장 보강효과가 크다는 것을 알 수 있다.
2. 모래의 내부마찰각이 변화함에 따라 무보강 지반에서 발생하는 파괴형상(썩기형상)의 심도( $D_w$ )는 달라진다. 따라서, 최적의 보강재 설치심도에 따른 종래 연구결과와 비교 분석하면, 그림 9(b)에서 보는 바와 같이 한 층의 보강재로 보강할 때 효과적인 설치심도가 약  $D_w/3$  부근이라는 것을 알 수 있다.
3. 한 층의 보강재를 사용해 지지력의 증대효과를 얻을 수 있는 보강재 최적의 길이는 5B로 나타났으며 보강재의 길이가 5B 이상이면 극한지지력비의 증대효

과는 거의 발생하지 않았으며 무보강 지반에 비해 약 1.5배의 지지력 증대효과를 발휘하였다.

상대증가율은 약 120%로 보강재의 강도증가에 따라 극한 지지력이 증가함을 알 수 있다.

4. 보강재 강도별 각 매설위치에서의 극한지지력비(UBCR)를 비교해 보면, 보강재의 위치가 0.5B에서 저강도의 지오텍스타일 A(RW) 및 고강도의 지오텍스타일 B(RT)로 보강된 지반의 극한 지지력은 무보강에 비해 각각 약 1.5배, 2배이고, 이 때의 강도변화에 따른

5. 보강된 지반은, 무보강 지반에 비하여 지반반력계수가 크게 나타나므로 침하 억제효과가 높으며, 지오텍스타일의 길이와 강도가 증가함에 따라 그 효과는 커짐을 알 수 있다.

(접수일 : 2006. 7. 14 심사일 : 2006. 8. 14 심사완료일 : 2006. 9. 15)

## 참 고 문 헌

1. 이민희, 임종철, 주인곤, 장지건(1997), 지반의 지지력 증가를 위한 보강토공법의 적용에 관한 실험적 연구, 대한 토목학회 학술발표회 논문집, pp. 509~512.
2. 이민희(1998), 모래지반의 지지력 증가를 위한 보강토공법의 적용에 관한 실험적 연구, 석사학위논문, 부산대학교, pp. 3~7
3. 임종철, 박성재, 주인곤, 박용부, 김영인(1992), 平面變形率 狀態에 있는 模型地盤의 變形解析法, 대한지반공학회 논문집, 제8권, 제1호, pp. 29~39.
4. 주인곤, 임종철, 박성재, 이민희(1996), 한 층의 매트르 보강된 모래 지반상의 대상 기초에 있어서 지오텍스타일의 위치에 따른 거동에 관한 연구, 대한 토목학회 학술발표회 논문집, pp. 305~308.
5. Al-Mosawe, M.J. and Al-Dobaissi, H.H.(1992), Reinforced earth response to impact loading, *Proceedings of the International Symposium on Earth Reinforcement Practice*, Vol. 1, ed. Ochiai et al., Balkema, Rotterdam, pp. 653~658.
6. Andrawes, K.Z.. and McGown, R.F.(1988), *The Behaviour of Geotextile Reinforced Sand Loaded by a Strip Footing*, pp. 329~334.
7. Binquet, J. and Lee, K.L.(1975), Bearing Capacity Analysis of Reinforced Earth Slabs, *Journal of the Geotechnical Engineering Div.*, ASCE, Vol. 101, No. GT12, pp. 1257~1276.
8. Fragaszy, R.J. and Lawton, E.(1984), Bearing Capacity of Reinforced Sand Subgrades, *Journal of the Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 110, No. 10, pp. 1500~1507.
9. Guido, V.A. and Sullivan, M.J.,(1985), Bearing Capacity of Geotextile Reinforced Sand Foundation, *Proceeding, XI International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 3, pp. 1777~1780.
10. Huang, C.C. and Tastuoka, F.(1990), Bearing Capacity of Reinforced Horizontal Sandy Ground, *Journal of Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 9, pp. 51~82.