

지오셀 보강 층수에 따른 얇은 기초의 지지력에 관한 연구

A Study on the Bearing Capacity of Shallow Foundation according to the Reinforcement Geocell Layer

이경천* · 백영식** · 박영훈*** · 김낙영****

Lee, Kyong-Cheon · Baek, Young-Sik · Park, Young-Hun · Kim, Nag-Young

Abstract

The Geocell system is the advanced system of Geo-grids, and is one of geosynthetics used for earth reinforcement of weak soil. It is the way to increase earth strength and bearing capacity by using three dimension type of geo-composite.

This paper analyzed the bearing capacity mechanism of Geocell system for earth reinforcement. Plate loading tests under the model laboratory condition were performed, and the increase of bearing capacity and the decrease of settlement with shallow foundation were evaluated.

Keywords : Geocell system, Earth reinforcement, Model test

요 지

연약지반 상부에 건설되는 구조물의 연약지반 보강에 사용되는 토목섬유의 하나인 지오셀은 평면형태의 지오그리드 보강재와는 다르게 3차원 형태로 제작된 토목섬유 단위 셀(Cell)안에 조립토를 채워 보강하는 시스템으로 종래의 지반보강을 위해 사용되는 지오그리드에서 한 단계 더 진전된 것으로서 삼차원 형태로 제작된 복합재를 이용하여 지반의 강도 및 지지력을 증가시키는 방법이다.

본 논문에서는 지반의 지지력을 증가시킬 수 있는 지오셀 시스템에 대한 지지력 메카니즘을 분석하기 위하여 모형토조를 이용한 평판재하시험을 실시하였고 본 실험을 통하여 지오셀 보강 유·무, 층수와 지오셀 형상에 따라 얇은 기초의 지지력과 연직변위에 미치는 영향을 분석하였다.

주요어 : 지오셀 시스템, 지반보강, 모형시험

* 정회원 · 부천대학 토목공학과 교수

** 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수

*** 비회원 · 부천대학 토목공학과 교수

**** 정회원 · 한국도로공사 책임연구원

1. 서론

최근에는 토목섬유를 이용하여 하부지반의 지지력을 증대시키고 침하를 방지하여 장기적인 안정성을 확보하는 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다.

연약지반 위에 건설되는 구조물의 지반보강에 사용되는 지오셀은 종래의 지반보강을 위해 사용하던 지오그리드를 한 단계 더 발전시킨 것으로서 삼차원 형태로 제작된 복합재를 이용하여 지반의 강도 및 지지력을 증가시키는 방법이다.

본 연구는 지반 보강용 토목섬유인 지오셀 시스템 자체에 대하여 압축시험을 실시하여 지지력 메카니즘을 분석하고, 모형토조를 이용하여 다양한 실내 재하시험을 실시하였으며, 지오셀의 보강층수 및 보강면적 그리고 하중이 적용된 위치의 지오셀 형태에 따른 지지력 변화 양상을 정리하였다.

2. 지오셀 시스템

2.1 지오셀의 공학적 특성

지반개량을 위하여 섬유질 또는 그물망 등을 이용한 마찰, 아치(arch) 모양과 엉킴현상에 의해 물리적으로 흙을 구속하는 것이 토목섬유(Geosynthetics)의 원리이다. 지오셀은 평면형태의 지오그리드 보강재와 달리 3차원 형태로 제작된 토목섬유 단위 셀(cell)안에 조립도를 채워서 압축특성 및 지지력을 증가시키는 방법이다. 지오셀 시스템은 외력에 대해 흙과 지오셀의 마찰저항, 이웃한 셀의 수동저항, 셀의 원형응력 등에 의해서 지반보강 효과를 나타낸다. 그러므로 지반보강 효과는 셀의 재질, 형태 및 크기, 속채움재의 종류 및 다짐도, 재하하중 등의 인자에 의해 영향을 받는다.

본 연구에 사용된 지오셀은 20cm 높이의 제품으로써 일반적인 사양은 표 1과 같다.

표 1. 지오셀의 공학적 특징

제품종류 항 목		표준형 지오셀			대형 지오셀			
규격	폭	244			244			
	길이	610			1,218			
	높이	7, 6, 10, 15, 20			7, 6, 10, 15, 20			
	판두께	1.25 ± 0.64			1.25 ± 0.64			
	펼친규격	244 × 609 × (7, 6, 10, 15, 20)			244 × 1,218 × (7, 6, 10, 15, 20)			
소재	고밀도 폴리에틸렌(HDPE)							
물성	1. 단위중량 : 0.941 - 0.965 gf/cm ² (ASTM METHOD D792) 2. 카본블랙(CARBON BLACK) 함유량 : 1.5 - 2% 3. 환경응력 균열저항 : 최소 1,000시간 (ASTM D1693)							
제조	* 표준형 지오셀 폭 20cm, 길이 335cm, 대형 지오셀 폭 10cm, 길이 335cm (HDPE 60매를 사용하여 조립) * 모든 접합은 초음파로 용접 * 용접 겹이음 2.54cm							
종류	지오셀 규격	높이 (cm)	용접강도 (kgf)	1매당 무게 (kgf)	지오셀 규격	높이 (cm)	용접강도 (kgf)	1매당 무게 (kgf)
	GW 8298	20	204	52	LC 8404	20	204	52
	GW 8206	15	145	39	LC 8406	15	145	39
	GW 8204	10	102	26	LC 8404	10	102	26
	GW 8203	7.6	86	19	LC 8403	7.6	86	19

2.2 지오셀의 하중지지 메카니즘

상재하중을 받는 지표면 부근을 지오셀 시스템을 이용하여 구속한 지지력 파괴 메카니즘은 그림 1과 같이 연직셀 벽에 의해 가로 막힌다. 이에 따라 극한 파괴면은 지오셀 하부에서 나타나고 지표면 근처의 전단 파괴영역의 확대를 막게 되므로 결과적으로 구조물은 더 큰 하중을 지지할 수 있다. 이와 관련하여 Korner(1990)는 지오셀에 의한 표면 구속효과는 유익하며 300mm 깊이, 300mm 폭의 지오셀에 모래를 채우면 143KPa을 지지하고 비구속 모래는 80KPa을 지지할 수 있다고 제시한바 있다.

구속면에서 일어나는 하중 재배치는 셀 구조와 속채움 흙 사이에서 3차원 상호작용을 일으킨다. 이에 따라 셀 벽면의 저항에 의해 전단강도가 증가하게 된다. 대형 삼축압축시험은 그림 2에서와 같이 '겉보기 점착력'이 나타나는 데 이 값이 전단강도의 증가와 같다고 볼 수 있다.

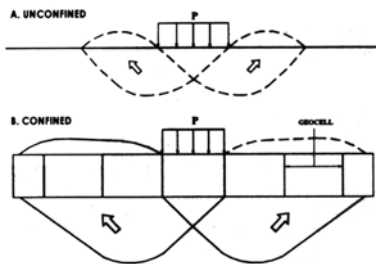


그림 1. 지오셀 지지력 메카니즘

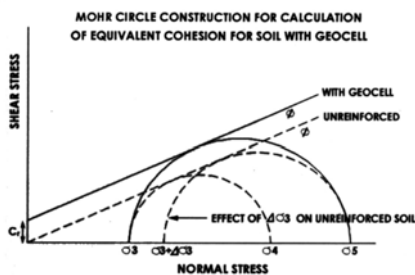


그림 2. 무보강-지오셀 보강지반의 Mohr원

보강띠 또는 토목섬유를 얇은기초 바닥에 평행하게 배치하여 실험한 여러 결과에서 모래지반의 지지력이 효과적으로 증가되며, Binquet와 Lee(1975), Fragaszy와 Lawton,

Guido(1984)등에 의해서 설계방법이 적립되어, 파괴 메카니즘은 그림 3과 같이 가정되었으며, 보강재에 의해 보강지반의 지지력이 증가되는 것으로 가정하고 있다. 이러한 메카니즘은 실험에 의해 증명되었다.

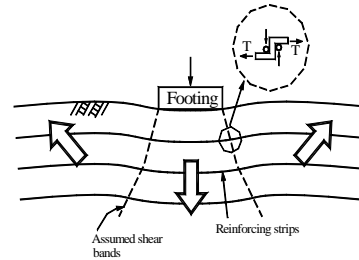


그림 3. Binquet 와 Lee(1975)에 의한 보강지반에 대한 파괴 메카니즘

Bathurst, Harret (1988)은 연약지반에 대한 하중-변위실험을 통하여 골재층에 인장보강 토목섬유인 지오텍스타일이나 지오그리드로 보강했을 경우와 비교하여 3차원 지오셀 시스템의 효과를 입증한 바 있다.

미육군공병단(1981)에서는 여러 가지 구속 시스템에 대한 연속기초의 지지력에서 상재하중/높은 밀도상태인 지반에 대한 지지력 공식은 다음과 같이 제안하였다.

$$q_u(\text{보강}) = 2\tau + c N_c S_c + \frac{1}{2} \gamma B N_r S_r d_r i_r + q N_q S_q \quad (1)$$

여기서, q_u = 점착력(모래일 경우에는 $c=0$)

τ = 전단강도(= $\sigma_h \cdot \tan \delta$)

c = 점착력(모래일 경우에는 $c=0$)

σ_h = 지오셀 내부의 평균수평력(= $P \cdot K_a$)

P = 연직압력,

K_a = 주동토압계수

δ = 흙과 지오셀의 전단저항각

(약 18°: 모래와 HDPE,

약 35°: 모래와 부직포)

q = 상재하중(= $r_q \cdot d_q$)

r_b = 지오셀 내부 흙의 단위중량

d_q = 지오셀의 깊이

γ = 파괴면 흙의 단위중량

B = 지오셀의 폭
 N_c, N_r, N_q = 지지력 계수
 S_c, S_r, S_q = 형상계수

3. 실험방법

3.1 개요

지오셀 시스템의 지반 보강효과를 분석하기 위하여 지오셀 시스템의 유·무 및 보강 층수, 보강 면적을 실험 변수로 하여 적용 하중의 크기와 연직변위, 토압, 지오셀의 연직 및 수평변형을 변화 양상을 측정하였다.

3.2 지오셀 일축압축시험

지오셀의 하중 전달 메카니즘과 지오셀 시스템 자체의 내구력을 분석하기 위하여 모래 시료로 채워진 1셀 및 5셀 지오셀에 있어 그림 4와 같이 하중 재하판을 이용한 일축 압축 시험을 실시하였다.



(a) 1셀 지오셀

(b) 5셀 지오셀

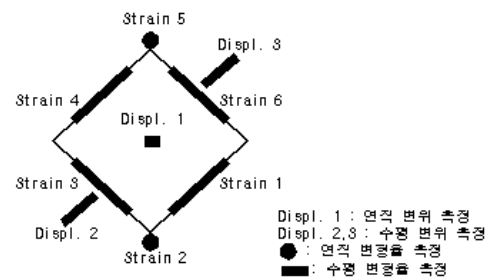
그림 4. 지오셀 일축 압축 강도 시험 개략도

한편, 일축압축강도 시험에 있어서 하중 변화에 따른 지오셀의 거동을 측정하기 위하여 처짐기와 변형을 게이지를 설치 및 부착하여 실험을 실시하였다.

그림 5와 그림 6은 1셀 및 5셀 지오셀 일축압축강도 시험의 개략도 및 계측기 부착 위치도를 나타낸 것이다.

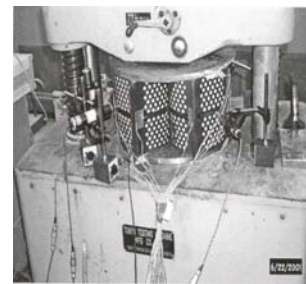


(a) 1셀 지오셀 일축압축시험 사진

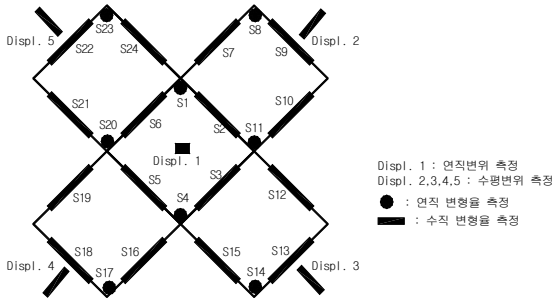


(b) 1셀 지오셀 계측기 부착위치도

그림 5. 1셀 지오셀 일축압축강도 시험 및 계측기 설치 위치



(a) 5셀 지오셀 일축압축시험 사진



(b) 5셀 지오셀 계측기 부착위치도
 그림 6. 5셀 지오셀 일축압축강도 시험 및 계측기 설치 위치

3.3 모형 토조 실험

지오셀 보강 효과와 지반내에서의 지오셀 시스템의 거동 특성을 분석하기 위하여 그림 7과 같이 모형토조에 정적 재하시험을 실시하였다. 실험에 사용된 모형토조의 크기는 200×200×200cm 이고, 모형토조의 규격 결정은 유한요소해석법에 의한 구조해석에 의해 재하판의 영향을 최소화 하는 크기로 제작하였다. 실험에 사용된 로드셀은 30ton 용량을 사용하였으며, 깊이에 따른 연직토압을 측정하기 위하여 토압계를 설치하였다.



그림 7. 모형 토조 전경

지오셀 보강 층수에 따른 지반보강 효과를 분석하기 위하여 일층 및 이층 지오셀 보강 지지력시험을 수행하였으며, 보강면적에 대한 지오셀의 지반보강 효과를 분석하기 위하여 하중 재하판(30cm×30cm)에 대하여 지오셀 포설 면적을 90cm×90cm, 130cm×130cm, 200cm×200cm 로 바꾸어 실험을 실시하였다. 그림 8은 일층 및 이층 지오셀 보강시험의 개요도이다.

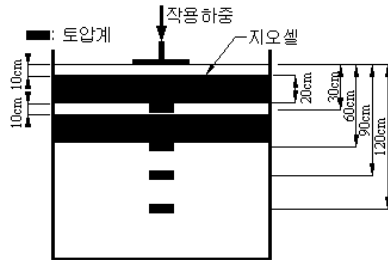
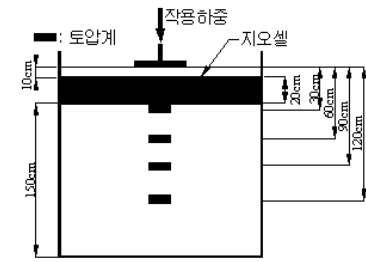


그림 8. 일층 및 이층 지오셀 보강 모형 토조 지지력시험 개요도

지지력시험에 사용된 시료는 주문진 향오리 규사로서 공학적 특성을 분석하기 위하여 기본 물성시험을 실시하였다. 시료의 공학적 특성치는 표 2와 같다.

표 2. 시료의 공학적 특성

물 성 치	시험 결과
입자의 평균크기, D_{50}	0.45mm
60%의 입경, D_{60}	0.52mm
10%의 입경, D_{10}	0.30mm
균등계수, C_u	1.73
최대건조 밀도, $\gamma_d \cdot \max$	1.60 g/cm ³
최소건조 밀도, $\gamma_d \cdot \min$	1.43 g/cm ³
비 중 G_s	2.63

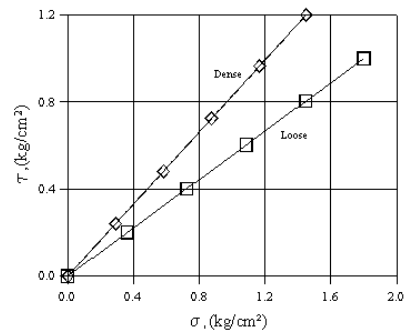


그림 9. 직접전단시험의 결과

또한, 일반적으로 많이 사용하는 전동식 하부 가동형의 직접전단시험기를 사용하여 시료의 건조단위중량을 $1.46 \text{ g/cm}^3 (D_r=19.3\%)$ 와 $1.59 \text{ g/cm}^3 (D_r=94.7\%)$ 으로 나누어 0.8 mm/min 의 수평변위속도로 직접전단시험을 실시하였으며 시험 결과는 그림 9와 같다.

4. 실험 결과 및 분석

4.1 지오셀 일축압축 시험 결과

4.1.1 1셀 지오셀 일축압축시험

1셀 지오셀에 대하여 상부하중 증가에 따른 연직변위 변화와 지오셀의 연직변형률과 수평변형률의 관계분석을 위한 계측 결과는 각각 그림 10과 11에 나타내었다.

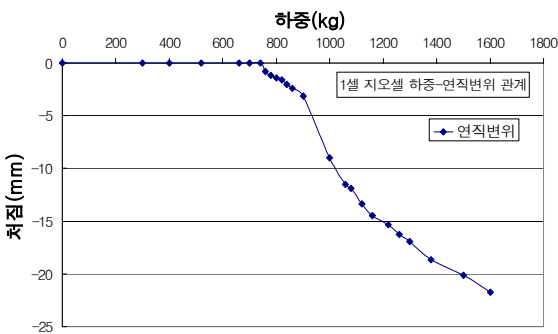


그림 10. 1셀 지오셀 하중-연직 변위 관계

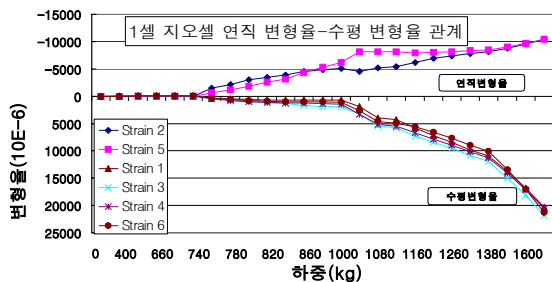


그림 11. 하중 증가에 따른 변형률 관계(1셀)

그림 10에 나타나듯이 일정하중에서는 연직변위의 변화가 미미하다가 그 이상의 하중에서 연직변위가 갑작스럽게 증가하였으며 이러한 거동은 그림 11의 변형률 관계곡선에서도 비슷한 양상을 보였다.

1셀 지오셀 일축압축시험 결과, 단일 지오셀에 하중이 작용 할 경우 어느 정도의 하중까지는 채움재인 모래가 적은 연직변위로 작용하중을 지탱하다가 일정 수준 이상의 하중에서 높은 연직변위가 발생하게 되며, 그에 따라 발생하는 채움재의 팽창에 의하여 지오셀과 채움재의 마찰이 증가하게 되어 지오셀이 지반보강에 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

4.1.2 5셀 지오셀 일축압축시험

5개의 지오셀 중 하중증가에 따른 중앙 지오셀의 연직변위 변화와 수평·연직 변형률 분석을 위한 계측 결과는 그림 12와 그림 13과 같다.

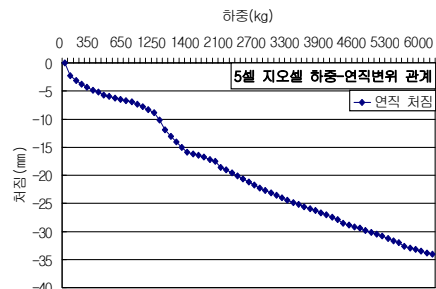


그림 12. 5셀 지오셀 하중-연직 변위 관계

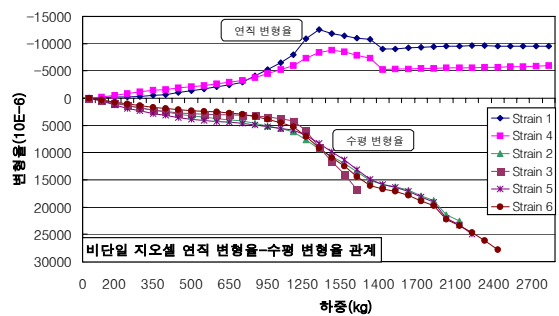


그림 13. 하중증가에 따른 변형률 관계 (5셀)

5셀 지오셀의 일축압축 시험결과는 1셀 지오셀의 결과와 마찬가지로 일정 하중이상에서 연직변위의 증가폭이 크게 증가하고 있으며, 또한 지오셀의 수평변형률의 기울기도 크게 증가하고 있다. 이와 같은 연직변위 및 수평변형률의 증가와 기울기 크기의 증·감이 이루어지는 원인은 5셀 지오셀의 중앙 지오셀과 측면 지오셀과의 하중 분배 거동에 의한 것으로 분석된다.

다음 그림 14~16은 1셀과 5셀의 지오셀의 일축압축시

험의 결과를 나타낸 것이다.

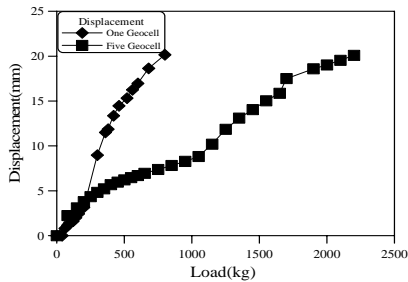


그림 14. 하중-연직변위 변화

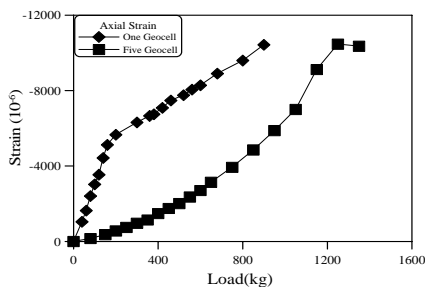


그림 15. 연직방향 변형률 변화

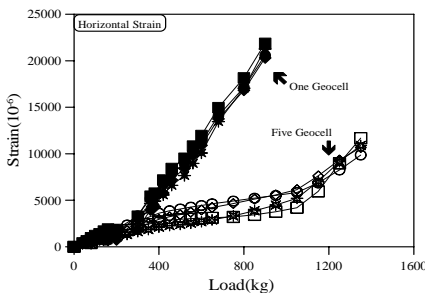


그림 16. 수평방향 변형률 변화

실험 결과 연직변위 15mm 발생시 5셀 지오셀이 1셀 지오셀보다 약 3배 정도 높은 지지력을 보이고 있으며, 연직변위 20mm에서도 약 2.75배 정도 큰 지지력 값을 나타냈다.

4.2 모형 토조 실험

4.2.1 보강 층수에 따른 지지력 실험

(1) 무보강

상대밀도 변화에 따른 순수 모래지반의 거동(무보강 지반)을 분석 하고자 모래지반 내에 토압계를 설치하여 하중

변화에 따른 토압변화 양상과 연직변위를 측정하였다.

실험결과 동일 하중에서 상대밀도 증가에 따라 상대적으로 연직토압은 크게 나타났으며, 연직변위는 작게 나타났다. 상대밀도 37.9%에서 83.9%의 증가로 인하여 연직변위 10mm 발생시 약 2.9배, 연직변위 20mm에서는 3.8배, 연직변위 40mm에서는 2.3배정도 지지력 개선효과를 나타내었다(그림 17-19 참조).

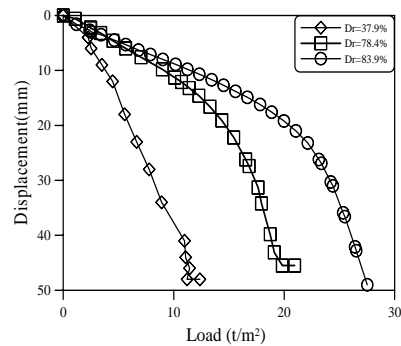


그림 17. 하중-연직변위 변화

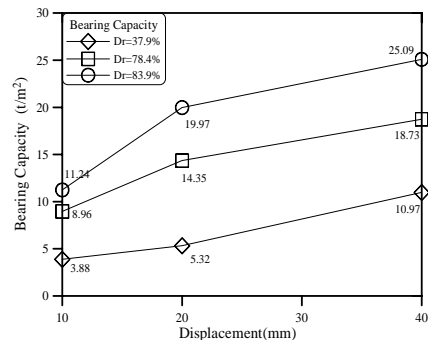


그림 18. 상대밀도에 따른 지지력 변화

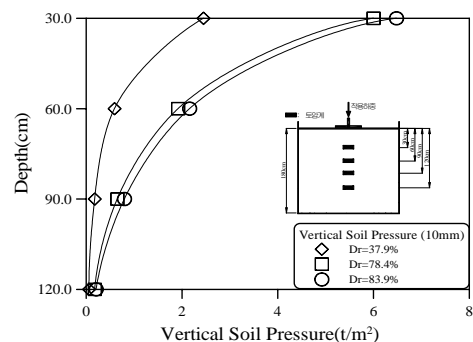


그림 19. 깊이에 따른 토압-10mm침하시

(2) 일층보강 지오셀 지지력 실험

일층보강 지오셀 지지력시험 결과 상대밀도가 18%에서

61.5%로 증가함에 따라 연직변위 10mm 발생시 약 3.18 배, 20mm에서는 2.88배, 40mm에서는 2.54배 정도 지지력이 증가하였으며, 토압의 변화양상도 무보강과 비슷한 경향을 나타내었다(그림 20~22 참조).

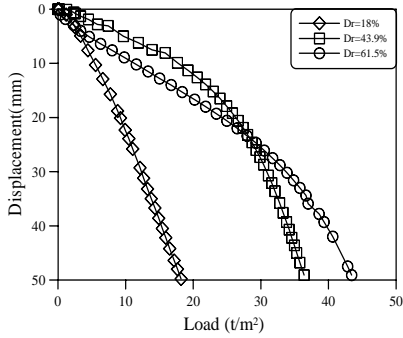


그림 20. 하중-연직변위 변화

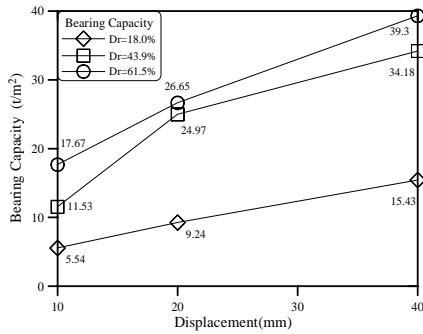


그림 21. 상대밀도에 따른 지지력 변화

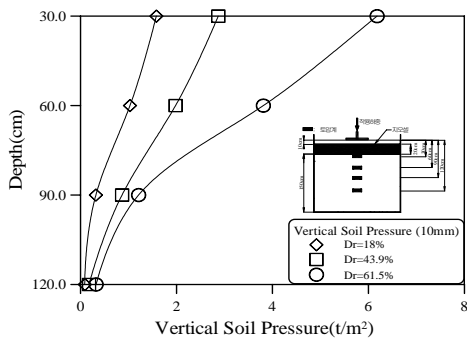


그림 22. 깊이에 따른 토압-10mm침하시

(3) 이층 보강 지오셀 지지력 실험

이층보강 지오셀 지지력시험에서도 상대밀도가 25.6%에서 72.9%로 증가함에 따라 연직변위 10mm 발생시 약 4.73배, 20mm 발생시는 4.9배, 40mm 발생시는 3.49 배 정도 지지력이 증가하는 것으로 분석되었다(그림 23~25 참조).

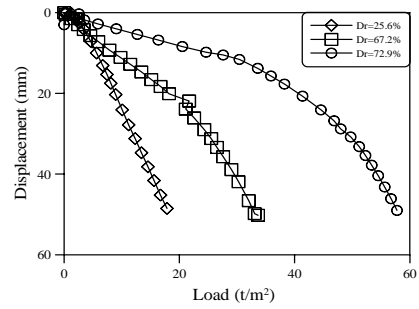


그림 23. 하중-연직변위 변화

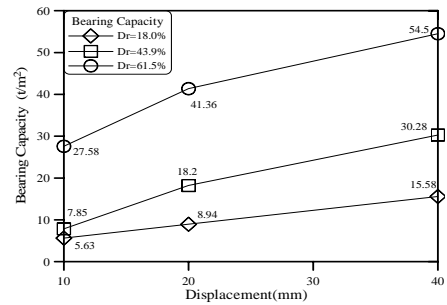


그림 24. 상대밀도에 따른 지지력 변화

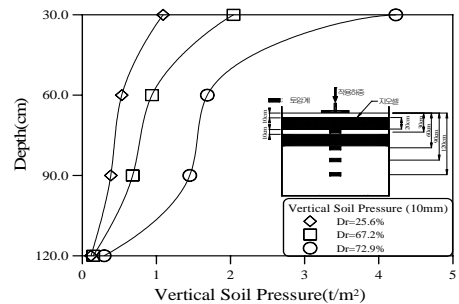


그림 25. 깊이에 따른 토압-10mm침하시

(4) 보강 층수에 따른 지오셀 시스템의 보강 효과

Terzaghi 지지력 공식을 수정하여 지오셀 일층 보강에 따른 지지력을 나타내면, 사용 흡시료가 사질토임을 고려하여, 흙의 점착력(c)을 고려한 항을 무시하고, 기초 바닥 위쪽의 흙의 영향(q)을 배제한 식 (2)으로 나타낼 수 있다.

$$Q_{ult} = 0.8 \gamma' B N_r \quad (2)$$

이 경우 미육국공병단이 제안한 지지력 공식의 결과와 거의 비슷하나, 내부 마찰각 $\phi=39^\circ$ 에서는 본 연구에서 제안한 지지력 공식이 미육국공병단의 지지력 공식의 적용 결과 보다 약 35% 높은 지지력을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 본 연구에서 제안한 식 (2)의 장기 허용지지력이 기초의 단면적과 밀도에 비례해서 선형적으로 증가하나, 미육

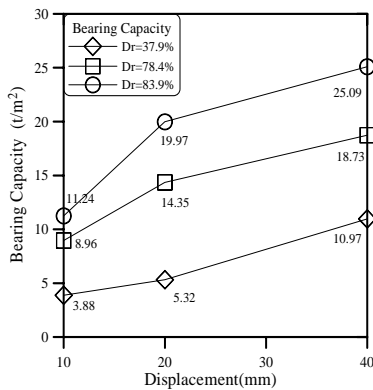
국공병단의 지지력 공식은 증가의 정도가 낮기 때문에 분석된다.

또한, 10mm 침하시의 지오셀 보강측정 연직토압을 Boussinesq 이론에 의한 해석 연직토압과 비교해 볼 경우, 작용하중의 형태가 강성하중(rigid load)임에도 불구하고

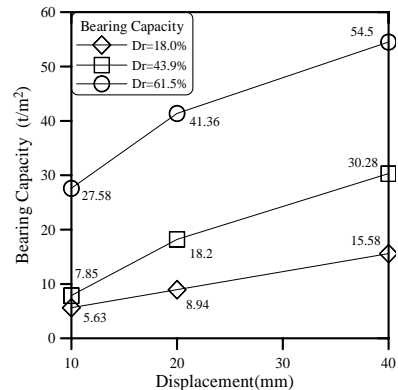
연성하중(flexible load)을 고려한 Boussinesq 이론에 의한 해석 연직토압과 유사한 결과를 나타내고 있다. 이와 같은 현상은 지오셀의 효율적인 하중분배 메커니즘을 보여주는 것으로서 지오셀 시스템이 무보강의 경우 보다 넓은 면적으로 작용하중을 분포시키는 것을 나타내고 있다.

표 3. 측정 연직 토압과 Boussinesq 이론에 의한 해석 연직 토압 비교-10mm 침하시

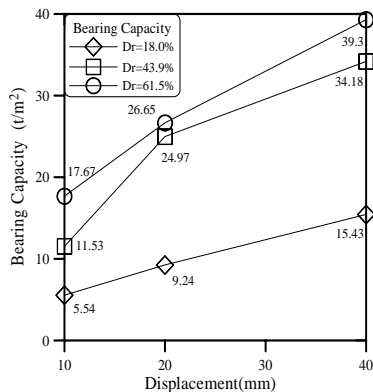
변위량 (mm)	구분		Boussinesq (1)	무보강 (2)	(2)/(1)	일층보강 (3)	(3)/(1)	이층보강 (4)	(4)/(1)
	상대밀도 (%)	토압계 위치							
10	25.6	B	0.4	0.63	1.575	0.285	0.712	0.194	0.485
		2B	0.11	0.15	1.36	0.185	1.681	0.09	0.818
		3B	0.056	0.045	0.80	0.057	1.01	0.07	1.25
		4B	0.03	0.015	0.5	0.016	0.533	0.02	0.667
	67.2	B	0.4	0.67	1.675	0.31	0.775	0.23	0.575
		2B	0.11	0.214	1.94	0.21	1.90	0.10	0.909
		3B	0.056	0.07	1.25	0.09	1.6	0.076	1.357
		4B	0.03	0.02	0.67	0.02	0.67	0.016	0.533
	72.9	B	0.4	0.57	1.425	0.4	1.0	0.271	0.678
		2B	0.11	0.19	1.73	0.247	2.24	0.108	0.982
		3B	0.056	0.07	1.25	0.078	1.39	0.09	1.607
		4B	0.03	0.018	0.6	0.02	0.67	0.018	0.6



(a) 무보강



(c) 이층 지오셀 보강



(b) 일층 지오셀 보강

그림 26. 무보강 및 일층, 이층 지오셀 보강시의 지지력 비교

무보강지반에 대하여 지오셀 보강지반의 지지력을 분석한 결과 그림 26에 나타나듯이 상대밀도에 따라 약간의 차이는 있으나 지지력이 크게 상승하는 것으로 나타났다. 그러나 지오셀 일층 보강지반과 이층 보강지반의 지지력차는 무보강지반에 비하여 뚜렷한 지지력 개선효과를 나타내진 않았다.

4.2.2 보강면적에 따른 지오셀 보강 효과

(1) 지오셀 90cm×90cm 보강

하중재하판 면적 900cm²(30cm×30cm)의 9배의 면적인 8,100cm²(90cm×90cm)으로 일층 보강하였을 경우 상대밀도에 따른 하중-연직변위와 지지력의 관계는 그림 27, 그림 28과 같다.

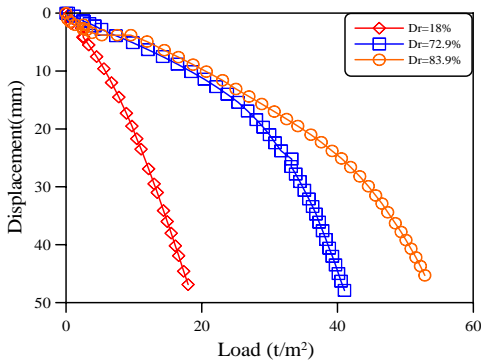


그림 27. 하중-연직변위 변화

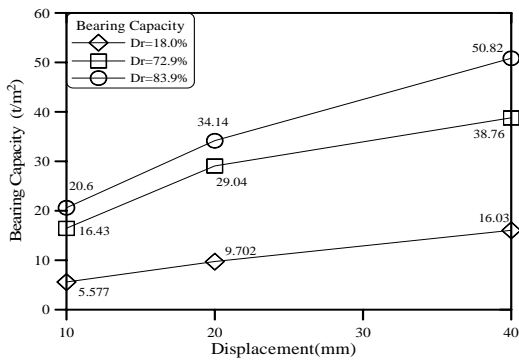


그림 28. 상대밀도에 따른 지지력 변화

그림 28에서 나타나듯이 연직변위 10mm 발생시 상대 밀도 증가에 따라 지지력이 약 3.7배 정도, 20mm 발생시 는 3.51배, 40mm 발생시 3.17배 정도 지지력이 상승 하는 것으로 나타났다.

(2) 지오셀 130cm×130cm 보강

그림 29와 그림 30는 지오셀 보강면적을 하중재하판 면 적의 약 19배인 130cm×130cm로 일층 보강하였을 경우 의 상대밀도에 따른 하중-연직변위와 지지력의 관계를 나 타낸 것이다.

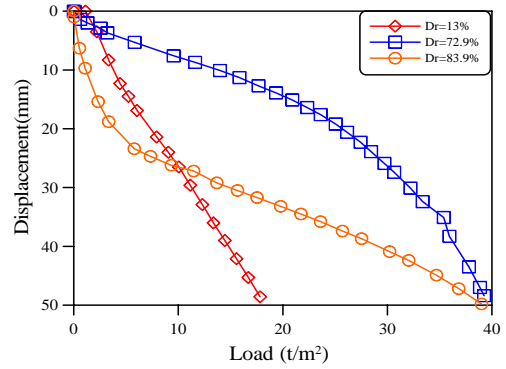


그림 29. 하중-연직변위 변화

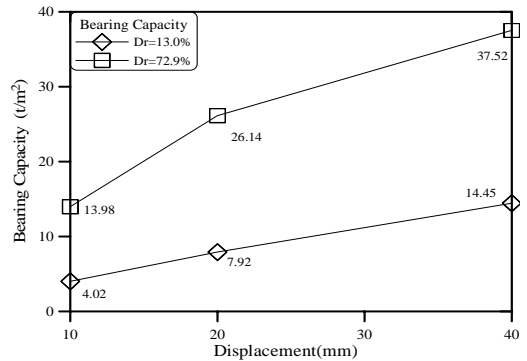


그림 30. 상대밀도에 따른 지지력 변화

그림 30에서 나타나듯이 상대밀도가 5.61배 증가함에 따라 연직변위 10mm 발생시에는 3.47배, 20mm 발생시 에는 3.3배, 40mm 발생시에는 2.59배의 지지력 증가 효 과를 나타냈다.

(3) 지오셀 200cm×200cm 보강

지오셀 보강면적을 하중재하판 면적의 약 45배인 200cm×200cm로 일층 보강하였을 경우는 4.2.1 보강 층 수에 따른 지지력 시험의 (2) 일층보강 지오셀 지지력 실험의 결과를 활용하였다.

(4) 지오셀 보강면적에 대한 지지력 개선효과 분석

지오셀 보강면적에 따른 지반의 거동을 비교 분석하기 위하여 10mm 침하시 상대밀도에 따른 지지력 변화와 깊 이에 따른 토압변화를 그림 31, 그림 32에 나타내었다.

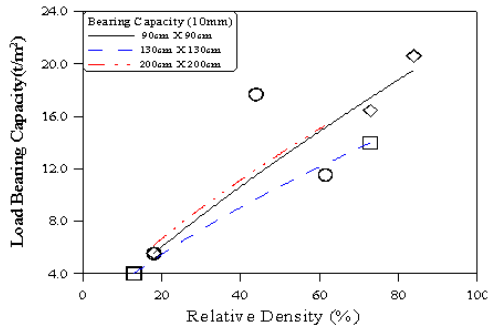


그림 31. 지오셀 보강면적에 따른 지지력변화

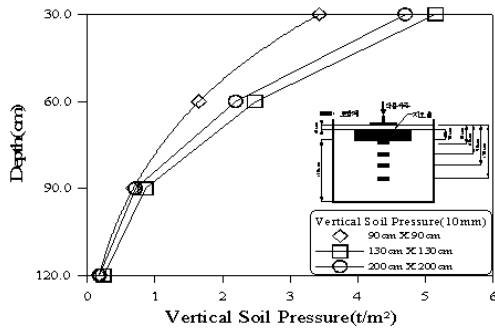


그림 32. 지오셀 보강면적에 따른 연직토압변화

그림 31에 나타나듯이 지지력은 지오셀 보강면적에 관계없이 유사한 값을 보여주고 있다. 단, 실험시 재하판의 크기와 실제 기초면의 크기가 다르므로 발생하는 scale effect는 고려하지 않았다. 지오셀 보강면적에 대한 실험 결과 연직토압은 지오셀 보강면적에 대하여 특정한 경향성을 보여주지 않고 있으며, 거의 동일한 크기의 연직토압을 나타내는 것으로 분석된다.

5. 결론

본 연구에서는 지오셀 시스템 적용에 따른 얇은 기초의 지지력 분석을 위하여 모래시료의 공학적 특성을 판별하고, 지오셀 시스템 압축시험을 실시하여, 셀 수 변화에 따른 지오셀 자체의 하중전달 메카니즘을 분석하였다. 또한, 모형토조시험을 실시하여 지오셀 보강층수와 보강 면적에 따른 지지력 및 토압의 변화 양상과 매립된 지오셀의 거동등을 실험적으로 분석하였으며, 유한요소 해석에 의하여 토조의 영향과 지반의 거동을 해석적으로 연구하였다. 본

연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 1셀 지오셀 압축시험 결과, 하중이 일정 수준이상 증가하면 채움재의 팽창에 의하여 지오셀이 지반을 보강하는 것으로 분석되었다. 5셀 지오셀 일축압축시험 결과, 하중전달 메카니즘에 의해 각 셀 간의 효율적인 하중분배가 이루어져 5셀 지오셀이 1셀 지오셀에 비하여 약 2.7배 높은 지지력을 나타내었다.

2. 지오셀의 보강층수에 대한 토조시험 결과, 지오셀 1층 보강에 의해 상대밀도에 따라 무보강에 비하여 최소 약 2배 정도의 지지력 상승효과가 분석되었으나, 지오셀 보강층수 증가에 의해서는 지지력 증가의 큰 변화가 없는 것으로 분석되었다.

3. 지오셀의 보강면적에 대한 토조시험 결과, 지오셀 포설면적에 따른 지반보강 효과는 하중재하판의 폭 만큼만 더 보강하는 경우가 가장 경제적인 것으로 분석되었다. 그러나 scale effect가 고려되지 않았으므로 하중지지 면적이 커지는 경우에는 모서리에서 30~45cm 정도 넓게 지오셀을 포설하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

4. 본 연구 결과 Terzaghi 공식을 기본으로 하여 모래지반의 지표면재하인 경우의 정방형 기초에 대하여 $q_u = 0.8\gamma' N_\gamma$ 로 나타낼 수 있다. 한편, 미육군공병단의 지지력 공식은 기초의 면적과 밀도의 변화에 따른 지지력 상승효과를 충분히 반영하지 못하여 본 공식에 비하여 과대설계를 유도하는 경향이 있는 것으로 분석되었다.

(접수일자 : 2003년 10월 27일)

참 고 문 헌

1. 한국지반공학회(1997), 구조물 기초 설계기준.
2. 김진만, 정문경, 윤수호(1998), Geocell System을 이용한 연약지반상 고속철도 노반강화기법(I), 한국건설기술연구원, pp. 98-054.
3. 김진만, 정문경, 윤수호(1999), Geocell System을 이용한 연약지반상 고속철도 노반강화기법(II), 한국건설기술연구원, pp. 99-049.
4. Army Res. Der(1981), WES Developing Sand-Grid Confinement System.
5. Bathurst, R.J and Harret, P. M(1988), Large-Scale Model Tests of Geocomposite Mattresses over Peat Subgrades, Transportation Research Record, pp. 28-36.
6. Komer, R. M(1990), Designing with Geosynthetics, PRENTICE HALL.
7. Terzaghi, K(1956), Theoretical Soil Mechanics, John Wiley & Sons, INC.