

# 모래지반에서 모형 지오셀에 의한 보강 효과

## Reinforcing Effects Using Model Geocell in Sand

윤여원\* · 김풍식\*\* · 천성한\*\*\*

Yoon, Yeo Won · Kim, Poong Sik · Chun, Sung Han

### Abstract

Loading tests were carried out for model geocell to study the reinforcing effect by variation of tensile strength, cell height, soil density and embedded depth of geocell. From the result, it could be seen that the ultimate bearing capacity of the geocell system was influenced rather by the connection strength than by the tensile strength of geocell material. Bearing capacity increased with the increase of height to width ratio of geocell for the same relative density, strength and embedded depth. And the bearing capacity ratio(BCR) was higher at low relative density of sand than that of high relative density. The increase of bearing capacity was higher at geocell with high tensile strength than that of low tensile strength. And the influence was clear at higher relative density. Also the BCR was higher at shallow embedded depth of geocell. Without consideration of tensile strength of material, the application of bearing capacity formula suggested by Koerner seems not suitable for the special case with low tensile strength of geocell material.

**Keywords** : Geocell, Bearing capacity, Tensile strength, Sands

### 요 지

지오셀 시스템의 사질토 지반에서의 보강효과를 규명하기 위하여 높이 대 폭비(H/W), 상대밀도, 재료의 강도, 복토의 두께를 다르게 하여 모형 재하시험을 수행하였다.

연구 결과 지오셀 시스템은 지오셀의 인장강도보다는 연결부의 강도가 작게 나타나 더 중요한 인자로 판단되었다. 모래의 상대밀도, 재료의 강도와 복토두께가 동일한 경우 모형 지오셀의 극한지지력은 높이 대 폭비(H/W)가 클수록 증가하는 경향을 나타내었으며 복토두께 변화에 따른 지지력비(BCR)는 낮은 상대밀도에서 더 크게 나타났다. 또한 모래의 상대밀도, 높이 대 폭비(H/W)와 복토두께가 동일한 경우 모형 지오셀의 재료의 인장강도가 커짐에 따라 극한지지력은 증가하였으며 인장강도의 영향은 조밀한 모래에서 더 두드러진 것으로 나타났다. 또한 복토층의 두께가 작을수록 지지력비는 큰 값을 나타내었다. 재료의 인장강도가 작은 특별한 경우에 Koerner공식의 적용은 주의가 필요할 것으로 사료된다.

**주요어** : 지오셀, 지지력, 인장강도, 모래

\*정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 토목공학과 부교수

\*\*정회원 · 인하대학교 대학원 석사과정

\*\*\*정회원 · 인하대학교 대학원 박사과정

## 1. 서론

국내의 지오셀 시스템에 대한 연구는 다른 토목섬유에 비해 연구된 바가 대단히 적은 실정이다. 외국의 경우 Rea와 Mitchell(1978), Jamnejad 등(1986), Guido와 Christou(1988), Crowe 등(1989), Mhaiskar와 Mandal(1992), Bathurst와 Crowe(1994), Krishnaswamy 등(2000) 일부 연구자들에 의하여 지속적이고 꾸준한 연구가 있었던 반면 국내에서는 이진웅과 이종덕(1993), 김진만 등(1999), 이상구(1999)에 의한 일부 연구가 있을 뿐이다. 지오셀 시스템은 지반조건 뿐만 아니라 셀의 모양과 재료의 강도 등에 따라 지지력 특성은 달라질 것이다. 점성토 지반에서는 셀의 폭과 높이, 재료의 강도, 채움재의 밀도의 변화가 지지력 효과에 미치는 영향이 크다는 연구(Mhaiskar 와 Mandal, 1992)에 비추어 볼 때 사질토 지반에서도 셀의 폭과 높이, 재료의 강도, 상대밀도에 따라 지지력 특성이 달라질 것으로 예상된다.

본 연구는 셀의 폭과 높이, 셀 재료의 인장강도를 다르게 한 여러 개의 모형 지오셀을 제작하여 원형 토조에 모래의 상대밀도를 변화시켜 가면서 재하시험을 수행하고 그 결과로부터 지오셀의 폭과 높이, 재료의 인장강도, 상대밀도에 따른 지지력 개선효과와 복도층의 두께가 지지력에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

## 2. 지오셀에 의한 지반보강

### 2.1 지반보강효과

지오셀은 단위 셀 안에 토사를 채워 다짐함으로써 공학적 특성을 증대시켜 지반의 지지력 및 전단강도를 극대화시킨 3차원적인 복합 구조체이다(그림 1). 지반에 하중을 가하면 일반적으로 Terzaghi 이론과 유사하게 파괴가 일어나지만 그림 1과 같이 격벽에 의하여 구속되면 마치 격벽이 토체의 주변을 둘러싸고 있는 벽체의 형태로 작용하며 주변 셀에서도 이에 대응하는 수평응력으로 격벽을 밀어내고 있기 때문에 격벽은 중립위치에 있게 되어 자립성을 유지하며 셀에 채워진 흙은 마치 슬래브 형태로 작용하여 하중분산효과를 얻을 수 있으며 수직방향의 변위를 구속하고 일반적인 지반 파괴 개념을 개선하여 지반 지지력을 향상시킬 수 있다.

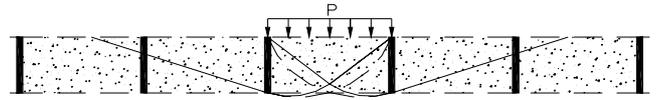


그림 1. 지오셀의 지지 메카니즘

재하시험을 통하여 지반의 보강효과를 판단하는 방법으로는 보강지반의 극한지지력과 무보강지반의 극한지지력의 비,  $BCR$ (Bearing Capacity Ratio)에 의한 방법과 일정한 침하량에 대한 보강지반의 극한지지력과 비보강지반의 극한지지력을 비교하는 방법인  $BCR_s$ (Bearing Capacity Ratio at a Settlement)로 나눌 수 있으며 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$BCR = q_{ur} / q_u \quad (1)$$

여기서,  $q_{ur}$  : 보강지반의 극한지지력

$q_u$  : 무보강지반의 극한지지력

$$BCR_s = q_{sr} / q_s \quad (2)$$

여기서,  $q_{sr}$  : 일정한 침하량에 대한 보강지반의 극한지지력

$q_s$  : 일정한 침하량에 대한 무보강지반의 극한지지력

### 2.2 지오셀 보강지반의 지지력

Koerner(1986)는 Terzaghi의 지지력 공식을 응용하여 지오셀을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 대한 극한지지력 식을 아래의 식 (3)과 (4)로 제안하였다.

- 지오셀 시스템이 없는 경우 :

$$q_{ult} = cN_c\zeta_c + qN_q\zeta_q + 0.5\gamma BN_\gamma\zeta_\gamma \quad (3)$$

- 지오셀 시스템이 있는 경우 :

$$q_{ult} = 2\tau + cN_c\zeta_c + qN_q\zeta_q + 0.5\gamma BN_\gamma\zeta_\gamma \quad (4)$$

여기서,  $c$  : 점착력 (모래의 경우 0)

$q$  : 상재하중 (=  $\gamma_q D_q$ )

$\gamma_q$  : 지오셀 안의 흙의 단위중량

$D_q$  : 지오셀의 깊이

$B$  : 작용된 하중의 폭  
 $\gamma$  : 파괴영역에 있는 흙의 단위 중량  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  : 지지력계수 ( $\phi$ 의 함수)  
 $\zeta_c, \zeta_q, \zeta_\gamma$  : 기초의 모양에 따른 형상계수  
 원형기초의 경우  $\zeta_c = 1 + (N_q/N_c)$   
 $\zeta_q = 1 + \tan \phi$   
 $\zeta_\gamma = 0.6$

$\tau$  : 지오셀 벽과 채움재와의 마찰에 의한 전단저항

사질토의 경우  $\tau = \sigma_h \tan \delta$ .

$\sigma_h$  : 지오셀안의 평균 횡압력

$\delta$  : 셀 벽체 재료와 흙과의 마찰각

### 3. 시험 개요 및 방법

#### 3.1 시험 시료

모형지반 조성을 위하여 사용한 시료는 인천 해안지역에서 채취한 모래로서 자연 건조하여 No.10체를 통과시켜서 사용하였다. 시료의 입도분포는 그림 2와 같으며 시료의 내부마찰각( $\phi$ )과 흙과 고무의 접촉면 마찰각( $\delta$ )은 KS F2343에 따라 직접전단시험을 수행하여 구하였다. 그림 3은 상대밀도 30, 40, 70, 80%의 네 가지 공시체에 대하여 직접전단시험을 실시한 결과이다. 이 그림으로부터 상대밀도의 증가에 따라 모래-고무간의 내부마찰각이 증가함을 알 수 있으며 접촉면 마찰각과 시료마찰각의 비가 0.75를 상회하고 있음을 알 수 있다. 최대건조단위중량은 ASTM D4253에 따라 진동테이블을 사용하여 구하였고 최소건조단위중량은 ASTM D4254에 따라 구하였다. 대표적인 시료의 기본 특성치를 표 1에 나타내었으며, 통일분류법상 SP로 분류되었다.

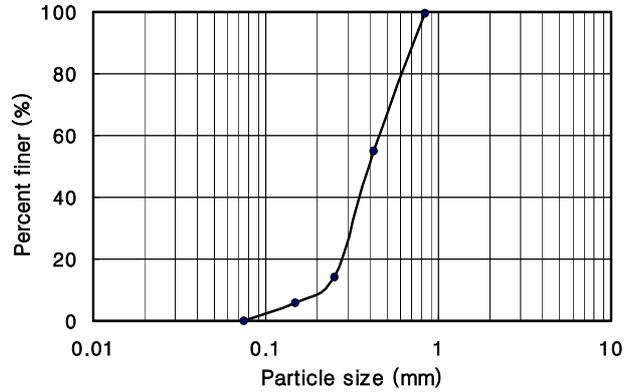


그림 2. 시료의 입도분포 곡선

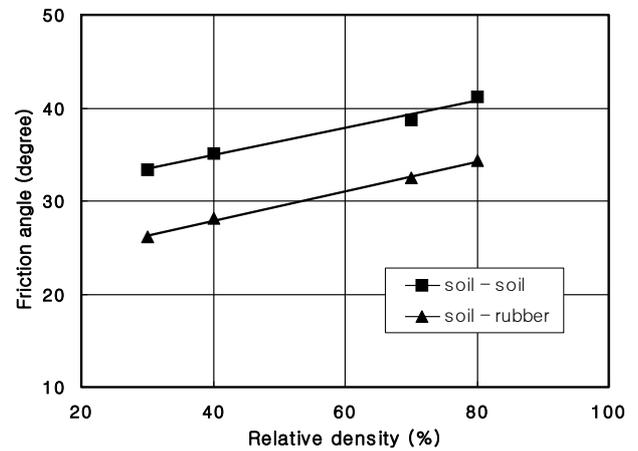


그림 3. 상대밀도에 따른 내부마찰각의 변화

표 1. 모래 시료의 기본 특성

Dr (%)	$\phi$ (deg)	$\delta$ (deg)	$W_n$ (%)	$C_u$	$C_c$	$G_s$	$\gamma_{dmax}$ ( $g/cm^3$ )	$\gamma_{dmin}$ ( $g/cm^3$ )
40	35.1	28.1	≈0	2.1	0.97	2.65	1.62	1.40
70	38.8	32.5						

#### 3.2 시험용 토조

시험용 토조는 높이 120cm, 직경 100cm의 강관으로 된 원통형 토조이다. 하중재하를 위해 용량이 100  $kg/cm^2$ 인 유압기를 토조 상단에 설치된 작동기(actuator)에 연결하여 사용하였으며, 토조의 상단에 유

압기가 달려있는 강철판을 고강도 볼트로 고정시켜 반력장치를 대신할 수 있도록 하였다. 또한, 재하시험시 재하판의 침하량과 하중 재하시 토조 단부에서의 지반의 융기량을 측정하기 위하여 감도 0.01mm의 다이알게이지를 사용하였다. 토조의 모식도는 그림 4와 같다.

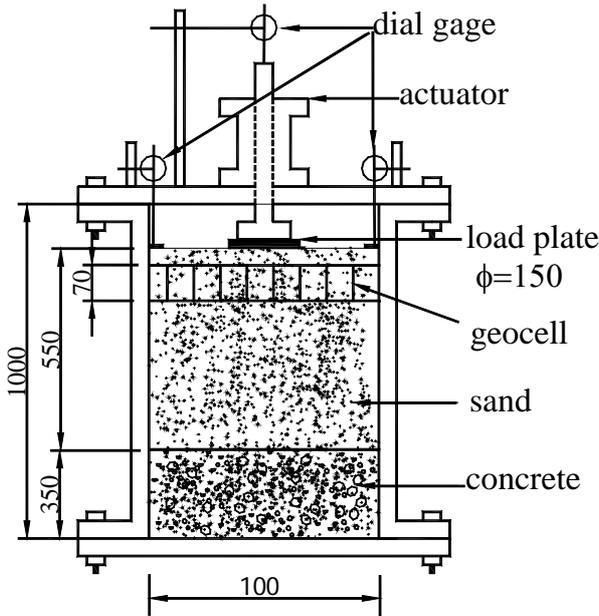


그림 4. 시험용 토조의 모식도

### 3.3 지반의 조성

지반의 상대밀도가 지오셀 시스템의 거동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 모형지반을 토조에 조성하여 재하시험을 실시하였다. 지반조성을 위한 모래의 다짐은 미다짐방법(undercompaction)을 사용하여, 8개의 층으로 나누어서 시행하였다. 여러 층으로 된 흙을 다질 경우 맨 아래층은 윗 층이 다져지는 에너지로 인하여 맨 위의 층보다 더 많이 다져지게 되므로 이를 고려하여 각 층을 정해진 균일한 밀도로 다질 수 있도록 제안된 방법으로 상세한 사항은 문헌(Ladd, 1978)에 기술되어 있어 생략하였다.

전체 모형지반의 높이는 60cm, 직경은 100cm이며, 상대밀도가 40%와 70%인 두 가지 경우의 지반을 조성하였다. 지오셀이 들어감으로써 상대적으로 지오셀이 들어가는 층은 셀의 부피만큼 모래가 들어갈 공간이 줄어들게 되고 그만큼 원래 계획했던 것 보다 상대밀도는 높아지게 된다. 따라서 지오셀이 들어가는 층은 지오셀의 부피에 해당하는

양의 모래를 빼고 다짐을 하였다.

### 3.4 모형 지오셀

점성토 지반에서 지오셀 시스템은 재료의 강도, 셀의 폭과 높이가 지지력 효과에 미치는 영향이 크다는 기존의 연구결과(Mhaiskar와 Mandal, 1992)를 고려하여 재료의 강도에 따른 효과를 보기 위하여 강도는 서로 다르고 재질은 같은 두께 1.6mm와 두께 3.2mm인 두 가지 종류의 포입고무판을 사용하여 모형 지오셀을 제작하였다.

또한 모형 지오셀의 셀 폭과 높이의 변화에 따른 효과를 연구하기 위하여 각 고무별로 셀의 높이(H)를 7cm로 고정시키고 폭(W)과의 비(H/W)를 각각 0.7, 1.0, 1.4가 되도록 총 6개의 모형을 제작하였다. 한편 고무판의 접합은 재료가 고무이고 크기가 실물보다 작은 관계로 채봉이나 본드 접합이 어려워 리벳(rivet)을 이용하여 접합하였다.

표 2는 제작된 모형 지오셀의 종류와 특성이며 그림 5는 모형 지오셀 시스템의 대표적인 형태이다.

표 2. 모형 지오셀의 크기

Thickness of rubber plate (mm)	Diameter of cell (cm)	Section area (cm <sup>2</sup> )	Ratio of height to width (H/W)
1.6	5	19.63	1.4
	7	38.48	1.0
	10	78.54	0.7
3.2	5	19.63	1.4
	7	38.48	1.0
	10	78.54	0.7

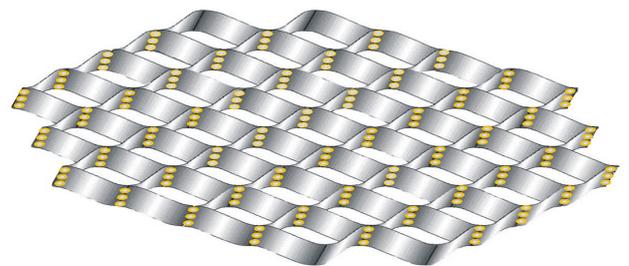


그림 5. 모형 지오셀 시스템

### 3.5 재료의 강도시험

본 실험에 앞서 재료의 강도가 지오셀 시스템의 지지력 효과에 미치는 영향을 연구하기 위하여 선택한 재료인 두 가지 종류의 포입고무판에 대하여 인장강도시험기로 강도시험을 수행하였다. 포입고무판의 강도시험은 인장강도시험과 봉합강도시험으로 나누어 각각 KS F 2124-1988과 KS F 0530-1997 시험 규정에 의거하여 수행하였다.

아래의 표 3과 4는 각각 인장강도시험과 봉합강도시험의 결과이며 표에 나타난 인장강도는 폭 70mm에 대한 것으로 각각 0.43t/m, 4.3t/m에 해당한다. 1.6mm 포입고무판과 3.2mm의 포입고무판의 인장강도의 차이는 예상외로 10배에 가까운 차이가 났으나 연결부의 강도에 있어서는 3배가 안되는 결과가 나왔다. 이와 같이 봉합강도가 인장강도에 비해 매우 작으므로 지오셀이 모형지반 내에서 파괴가 된다면 주로 봉합부가 먼저 파괴가 될 수 있음을 알 수 있다. 따라서 재료의 강도는 포입고무판의 인장강도가 아닌 봉합강도로 채택해야 할 것이다. 그림 6과 7에서 빗금친 영역은 인장강도시험기의 클램프에 물리는 영역이다.

표 3. 인장강도시험 결과

Thickness of rubber plate (mm)	Maximum tensile strength (kg)	Extension length in maximum tensile strength (mm)	Average extension ratio (mm / 10 kg)
1.6	32.17	2.89	0.90
3.2	300.00	3.59	0.12

표 4. Seam breaking 강도시험 결과

Thickness of rubber plate (mm)	Maximum tensile strength (kg)	Extension length in maximum tensile strength (mm)	Average extension ratio (mm / 10 kg)
1.6	12.50	2.04	1.63
3.2	31.43	1.92	0.61

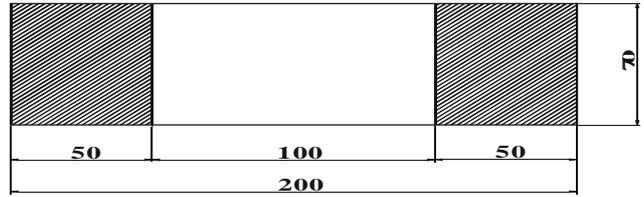


그림 6. 인장강도 시험용 샘플의 크기

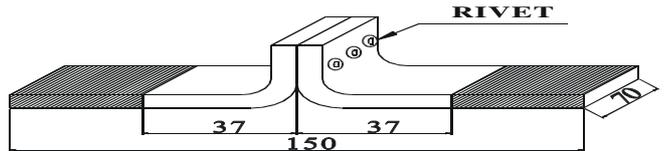


그림 7. Seam breaking strength 시험용 샘플

### 3.6 재하시험 방법

하중은 직경 15cm의 원형의 재하판을 모형 지반 가운데에 놓고 유압기를 사용하여 단조하중(monotonic load)을 재하하는 방법으로서 현장에서의 평판재하시험을 재현하였다. 하중재하는 최초하중 4 kg/cm<sup>2</sup>에서 5분마다 2 kg/cm<sup>2</sup>씩 증가시켰으며 극한하중에 이를 때까지 재하할 경우 모형 지오셀이 파열되기 때문에 재하판의 직경의 15% 내외(약 20~25mm)에 해당하는 침하가 발생하면 재하를 중지하였다. 각 재하 단계에서는 2.5분 간격으로 하중판의 침하량을 측정하였다.

지오셀의 폭과 높이, 재료의 강도, 상대밀도가 지지력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 앞서 언급한 6가지의 모형 지오셀에 대하여 복토층의 두께를 셀의 높이의 0.5배(3.5cm)로 고정하여 상대밀도를 40%와 70%로 맞춘 모형지반에서 각각 실험하였다. 또한 복토층의 두께가 지지력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 1.6mm 포입 고무를 사용한 모형 지오셀 중 H/W가 1.0인 지오셀을 선정하여 복토층의 두께를 셀의 높이에 대하여 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0배가 되도록 하여 역시 상대밀도가 40%와 70%인 지반에서 각각 실험하였다.

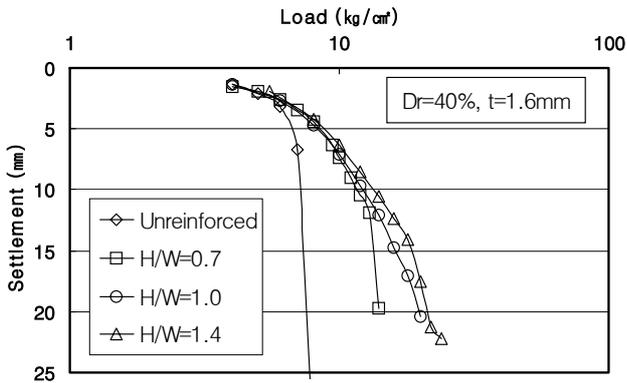


그림 8. 보강 지반의 하중-침하 곡선  
(피복두께  $z/D=0.5$ ,  $Dr=40\%$ ,  $t=1.6\text{mm}$ )

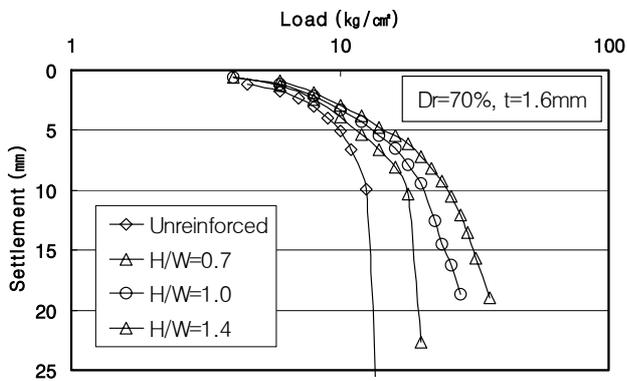


그림 9. 보강 지반의 하중-침하 곡선  
(피복두께  $z/D=0.5$ ,  $Dr=70\%$ ,  $t=1.6\text{mm}$ )

## 4. 시험 결과 및 고찰

### 4.1 재하시험 결과

앞 절에서 언급한 바와 같이 토조내에 지오셀 시스템이 설치된 모형지반을 조성한 상태에서 재하시험을 수행하여 하중 변화에 따른 침하량을 측정하였다. 그림 8과 그림 9는 재하시험에 의한 대표적인 하중-침하곡선이다. 재하시험에 의한 하중-침하곡선으로부터 말뚝의 극한지지력을 판정하는 방법은 여러 가지가 있지만, 본 연구에서는 파괴상태에 가까운 큰 하중을 가했을 경우 지오셀 시스템이 파열되는 상황이 발생하여 반복된 실험에서 쌓은 경험을 토대로 20~25mm의 침하가 발생하면 재하를 중단하였다. 이러한 이유로 재하관 직경의  $0.1D(15\text{mm})$ 만큼의 침하에

해당하는 하중을 극한지지력으로 판정하는 방법을 채택하기로 하였다.

### 4.2 셀의 H/W비와 극한지지력

그림 10과 그림 11은 셀의 높이와 폭의 비(H/W)의 변화에 따른 지오셀 시스템의 보강효과를 알아보기 위하여 최대인장강도(MTS, Maximum Tensile Strength)가 각각 32kg과 300kg인 포입고무판을 사용한 지오셀 시스템의 극한지지력을 나타낸 것이다. 두 그림으로부터 H/W가 증가함에 따라 극한지지력이 증가함을 알 수 있다. 이는 셀의 높이가 증가할수록 셀로 인한 구속이 증가하여 셀내에 갇힌 토사의 횡변형을 억제함으로써 인한 것이다. 그러나 셀의 높이가 0.7에서 1.4로 두 배 증가할 때 극한지지력은 두 배로 증가하지는 않음을 볼 수 있다. 극한지지력은 침하와 관계되어 결정되었으므로 횡방향의 구속력이 침하를 상당 부분 억제하더라도 셀내에 구속된 흙이 수직방향으로 침하하게 되어 지지력을 셀의 높이에 비례하여 선형적으로 증가시키지는 못한다. 그림에서 재료의 강도가 작은 32kg인 경우에는 지지력이 서서히 선형적으로 증가하며, 지지력이 큰 300kg인 경우에는 32kg의 증가율에 비하여 작게 나타났다.

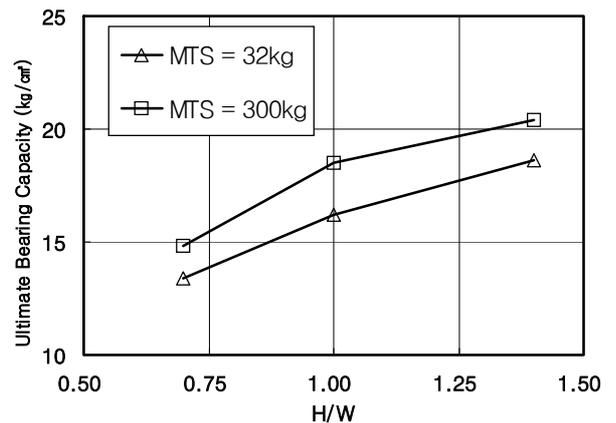


그림 10. H/W에 따른 극한 지지력 변화 ( $Dr=40\%$ )

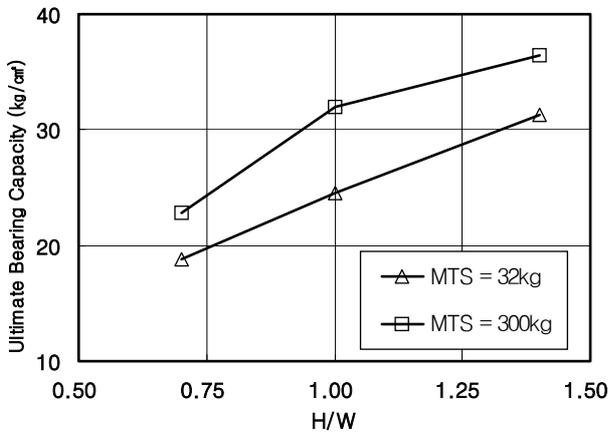


그림 11. H/W에 따른 극한 지지력 변화 (Dr=70%)

### 4.3 지오셀 재료의 강도와 극한지지력

3.2mm 포입고무판의 강도는 최대인장강도를 기준으로 볼 때 1.6mm 포입고무판 강도의 약 10배이며 봉합강도를 기준으로 볼 때 약 3배이다. 그림 12는 지오셀 재료의 강도 증가에 따른 극한지지력의 변화를 알아보기 위하여 최대인장강도가 300kg인 포입고무판을 사용한 지오셀의 극한지지력을 최대인장강도가 32kg인 포입고무판을 사용한 지오셀의 극한지지력에 대한 비로 나타낸 것으로 재료의 봉합강도가 3배 증가할 때 극한지지력은 상대밀도 40%에서 약 1.1배 증가하였고 상대밀도 70%에서 1.2~1.3배 증가하였다. 이로부터 지반의 밀도가 증가할수록 재료의 강도로 인한 지지력 증가효과가 약간 더 크게 나타남을 알 수 있다.

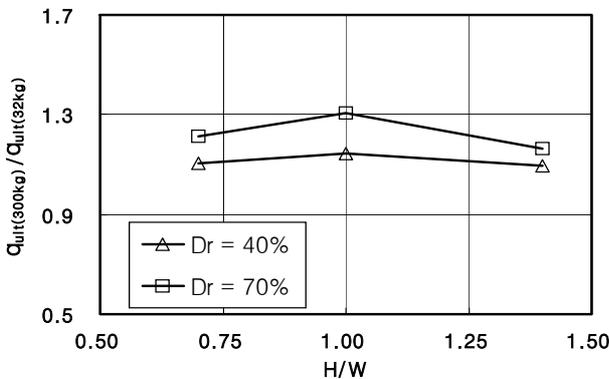


그림 12. 지오셀의 인장강도와 극한지지력 변화

### 4.4 복토층의 두께와 극한지지력

복토층의 두께에 따른 지지력 변화를 알아보기 위하여 모형 지오셀 중 H/W가 1.0이고 최대인장강도가 32kg인 지오셀을 선정하여 복토층의 두께와 재하판의 폭의 비 (z/D)를 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0이 되도록 하여 상대 밀도를 40%와 70%인 지반에서 재하시험을 수행하였다. 그림 13에는 복토두께 변화에 대한 지지력비의 변화를 나타내었다. 그림으로부터 복토두께가 증가할수록 지지력 증가효과는 점차 감소함을 알 수 있으며 복토두께가 재하판의 폭이 거의 같은 상태, 즉 z/D=1이 되면 지지력증가 효과가 거의 없음을 알 수 있다. 탄성이론에 의한 계산에 의하여 반무한지반에 등분포하중이 가해지는 경우 z/D=1인 곳에 전달되는 압력이 30%임을 고려하면 하중이 적게 전달되는 곳에 보강체가 설치될수록 그만큼 보강효과를 볼 수 없음을 쉽게 알 수 있다. 지오셀의 설치 유효 깊이가 이와 같은 경우는 Guido와 Christou(1988)의 시험결과에서도 찾을 수 있다.

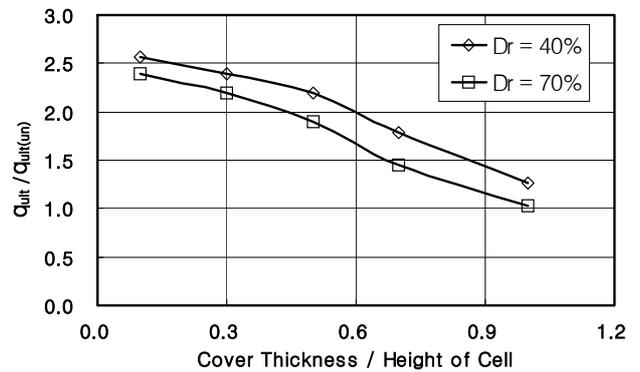


그림 13. 복토두께에 따른 지지력 변화 (MTS=32kg, H/W=1.0)

### 4.5 상대밀도에 따른 극한지지력

앞에서 설명한 셀의 높이와 폭의 비, H/W=1인 경우 복토두께의 변화에 따른 지지력비를 나타낸 그림 13에서 상대밀도 40%인 경우와 70%인 경우를 비교하여 보면 모든 복토 두께의 경우에 더 낮은 상대밀도인 40%인 경우에 지지력비가 더 큼을 의미한다. 이는 상대밀도가 낮은 지반에서 지오셀의 보강에 의한 효과가 더 큼을 알 수 있다. 상대 밀도가 낮은 지반에서 지오셀의 보강에 의한 보강효과가 큰 것은 지오셀의 혼입이 그만큼 지반의 강성을 증가시켜

지지력 증가율이 크기 때문이다. 상대밀도가 클수록 이미 지반자체의 강성이 커서 지지력은 커질 수 있으나 지지력 비로 표시되는 BCR은 밀도가 낮은 지반보다 작은 결과를 가져온다.

#### 4.6 지지력 식과 재하시험 결과의 비교

앞에서 소개한 Koerner의 사질토 지반에서의 지오셀 시스템의 지지력 식 (4)에 모형 지오셀의 특성을 대입하여 재하시험결과와 비교 분석하여 그림 14와 15에 나타내었다. 그림으로부터 셀의 높이와 폭비인 H/W가 증가할수록 지지력 식과 재하시험결과가 점차 접근함을 알 수 있다. 모형시험결과는 실제재하조건에 따른 크기효과를 반영하기는 어려운 점을 수반하게 되나 Koerner의 식 (4)에서는 지오셀 벽과 채움재와의 마찰에 의한 전단저항( $\tau$ )만을 고려하기 때문에 지오셀 재료의 강도에 대한 영향을 고려할 수 없었다. 따라서 상대밀도와 H/W가 동일한 지오셀의 경우 최대인장강도로 인한 지지력 증가효과를 고려할 수 없기 때문에 지오셀의 계산상의 극한지지력은 모두 같게 평가되며 이로 인한 차이가 발생하게 된다. 또한 전단저항( $\tau$ )이 발생할 수 있는 셀벽체의 면적이 H/W에 대한 고려가 없으므로 이로 인한 차이가 발생하게 된다.

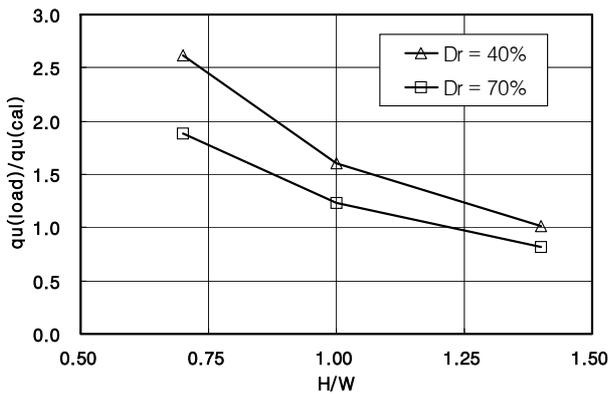


그림 14. 재하시험 결과와 지지력식에 의한 결과 비교(MTS=32kg)

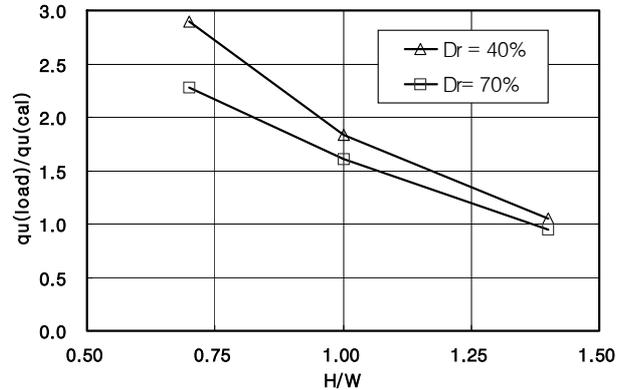


그림 15. 재하시험 결과와 지지력식에 의한 결과 비교(MTS=300kg)

#### 5. 결론

본 연구에서는 토조내에서 지오셀 모형시험을 통하여 밀도 변화와 지오셀의 인장강도 변화, 피복두께 변화에 따른 지오셀의 보강효과를 연구하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 모형지오셀의 시험결과 지오셀의 인장강도보다 연결부의 강도가 지오셀의 파괴를 유발함을 알 수 있었다.
- (2) 지오셀의 연구결과로부터 모래의 상대밀도, 재료의 강도와 복토두께가 동일한 경우 모형 지오셀의 극한지지력은 높이와 폭의 비(H/W)가 클수록 증가하는 경향을 나타내었으며 비보강지반의 약 2~3배의 지지력 증가 효과를 나타내었다.
- (3) 복토두께, 밀도가 동일한 조건에서 지오셀 재료의 강도가 커짐에 따라 극한지지력은 증가하는 것으로 나타났으며 밀도가 큰 경우 강도의 증가로 인한 효과가 크게 나타났다.
- (4) 동일 조건에서 복토층의 두께가 얇을수록 지지력비(BCR)는 크며, 상대밀도가 낮은 지반에서의 지지력비가 상대밀도가 큰 지반에서보다 커지는 것으로 나타났다. 또한 재하판 직경이상의 깊이에서는 지반보강 효과를 볼 수 없었다.
- (5) 지오셀 시스템의 지지력 공식인 Koerner의 식은 지오셀 벽과 채움재와의 마찰에 의한 전단저항만을 고려하기 때문에 지오셀 재료의 강도가 지지력에 영향을 미치는 경우에는 이에 고려가 있어야 할 것으로 생각된다.  
(접수일자 : 2003년 4월 22일)

## 감사의 글

이 논문은 대림산업(주)의 연구비 지원에 의해 이루어졌으며 이제 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 김진만, 조삼덕, 윤수호, 정문경, 김영운(1999), 연약지반상 고속철도 노반 축조시 지오셀 시스템의 효과, 토목섬유 학술발표회 논문집, pp.131~141.
2. 이상구(1999), 연약지반상 철도 노반에 적용한 지오셀 시스템의 보강 효과에 관한 연구, 경희대학교 석사학위 논문, 49p.
3. 이진웅, 이종덕(1993) 지오셀을 이용한 지반 안정, KGS '93 National Conference/ Ground Stabilization and Reinforcement, 1993, pp.33~35.
4. Bathurst, R.J. and Crowe, R.E.(1994), Recent Case Histories of Flexible Geocell Retaining Walls in North America, Proc. Recent Case Histories of Permanent Geosynthetics-Reinforced Retaining Walls, pp.3~19.
5. Crowe, R.E., Bathurst, R.J. and Alston, C.(1989), Design and Construction of a Road Embankment Using Geosynthetics, Proc. 42'nd Canadian Geotechnical Conference, pp.266~271.
6. Guido, V. A. and Christou S. N.(1988), Bearing Capacity and Settlement Characteristics of Geoweb-Reinforced Earth Slabs, Proc. ASCE 1988 Spring Meeting, pp.21~36.
7. Jamnejad, G., Kazerani, B., Harvey, R.C. and Clarke, J.D.(1986), Polymer Grid Cell Reinforcement in Pavement Construction, Proc. The 1986 International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields, pp.537~546.
8. Koerner, R.M.(1994), Designing with Geosynthetics, Third Edition, Prentice Hall, pp.720~726.
9. Krishnaswamy, N.R., Rajagopal, K., and Madhavi Latha, G.(2000), Model Studies on Geocell Supported Embankments Constructed over a Soft Clay Foundation, Proc. The American Society for Testing and Materials, pp.45~54.
10. Mhaiskar S.Y. and Mandal J.N.(1992), Soft Clay Subgrade Stabilisation Using Geocells, Journal of Grouting, Soil Improvement and Geosynthetics, Vol 2, pp.1092~1103.
11. Rea, C. and Mitchell, J.K.(1978), Sand Reinforcement Using Paper Grid Cells, Proc. ASCE Symposium on Earth reinforcement, pp.644~663.