

다공성 지오셀을 이용한 지반 보강효과에 관한 연구

Study of Ground Reinforced Effect using the Porous Geocell

신 은 철^{1*} Shin, Eun-Chul
김 성 환² Kim, Sung-Hwan
김 영 진³ Kim, Young-Jin

ABSTRACT

The laboratory tests and field plate load test were carried out to evaluate the reinforcement effect of geocell for road construction. The geocell-reinforced subgrade shows the increment of cohesion and friction angle with comparison of non-reinforced subgrade. In addition, the field plate load test was performed on the geocell-reinforced subgrade to estimate the bearing capacity of soil. The direct shear test was conducted with utilizing a large-scale shear box to evaluate the internal soil friction angle with geocell reinforcement. The number of cells in the geocell system is varied to investigate the effect of soil reinforcement. The theoretical bearing capacity of subgrade soil with and without geocell reinforcement was estimated by using the soil internal friction angle. The field plate load tests were also conducted to estimate the bearing capacity with geocell reinforcement. It is found out that the bearing capacity of geocell-reinforced subgrade gives 2 times higher value than that of unreinforced subgrade soil. The settlement and the distribution of deformation were also estimated by using the finite element method. The magnitude of settlements on the geocell-reinforced subgrade and unreinforced subgrade are 6.8cm and 1.2cm, respectively.

요 지

본 논문에서는 도로를 보강하는 토목섬유 중 지오셀을 이용하였을 때의 보강효과를 알아보기 위해서 실내시험과 현장시험을 실시하였다. 실내 시험은 실험대형 직접전단시험기와 모형토조 직접전단시험기를 이용하여 수직응력에 따른 전단응력 곡선을 산정하고 이를 통해 지오셀이 점착력과 내부마찰각을 증가하는 효과를 볼 수 있었다. 실내시험의 결과값을 Terzaghi 공식과 Meyerhof의 공식을 이용하여 극한지지력값을 계산하고 현장시험에서 확인한 극한 지지력값과 비교하여 지오셀의 보강효과를 확인하였다. 분석결과, 직접전단시험을 통해 지오셀의 보강효과가 내부마찰각의 증가에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한 셀의 개수가 커질수록 내부마찰각이 커짐을 확인하여 보강면적이 넓을수록 보강효과가 증가하는 것으로 나타났다. 지지력에 미치는 영향요소중 내부마찰각을 증가시키는 지오셀을 도로저부에 시공할 경우 내부마찰각의 증가로 지지력 또한 증가하는 것을 확인하였으며, 평판재하시험의 결과값을 통해 지오셀보강이 극한지지력값의 증가효과에 2배정도의 보강효과를 확인하였다. 수치해석을 통해 변형의 분포와 침하량을 확인한 결과, 침하량은 지오셀에 의해 줄어드는 결과를 보여 침하에 대한 보강효과를 확인하였다.

Keywords : Geocells, Reinforced effect, Bearing capacity, Field plate load

1. 서 론

국가가 발전함과 동시에 시대에 흐름에 따라 건설되는

구조물의 높이와 면적은 날로 증가하고 있는 추세이다. 이에 따른 용지의 부족으로 곳곳에서 매립과 확장으로 대지의 면적을 늘리고 그곳에도 사회재화를 건설함으로써 연

1* 정회원, 인천대학교 토목환경공학과, 교수 (Member, Professor, Dept. of Civil & Environmental Eng., University of Incheon, ecshin@incheon.ac.kr)
2 정회원, 인천대학교 토목환경공학과, 박사과정 (Member, Ph.D Student, Dept. of Civil & Environmental Eng., University of Incheon)
3 학생회원, 인천대학교 토목환경공학과, 석사과정 (Student Member, Master Course Student, Dept. of Civil & Environmental Eng., University of Incheon)

약지반에도 많은 구조물이 건설되고 있다. 그에 따른 교통편의 확충을 위하여 도로 또한 지지력이 확보되지 않는 지역까지 확장하여 설치되고 있는 것이 현실이다. 도로는 전국토를 하나로 잇는 연결고리로서, 연약지반에 설치된 도로는 시간이 지남에 따라 균열과 침하로 인하여 교통사고를 유발하고 계속되는 유지보수를 위한 국가의 예산이 계속하여 투자되어 사회문제로 야기될 수 있다. 이런 가운데 도로기층의 보강을 통하여 연약지반에서도 도로의 지지력을 확보할 수 있는 공법의 개발은 여러 연구기관 및 산업체에서 활발히 이루어지고 있다.

반면 경제와 환경에 대한 국민의 의식이 점차 집중되면서 보다 경제적이면서 자연친화적인 공법이 사용이 절실히 요구되고 있다. 현재 도로의 보강을 위해 쓰이는 기술로는 지오그리드를 포설하는 방법, 와이어매쉬와 콘크리트 슬라브층을 활용하여 기층을 보강하는 방법 등이 개발되어 사용되고 있는데 단일면의 토목섬유를 이용한 보강으로 지지력 보강효과가 떨어지거나, 콘크리트의 사용으로 포설과 양생의 시간적인 제약이나 콘크리트를 통한 용출의 문제점들이 나타나고 있다. 이러한 공법들이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 공법이 지오셀을 이용하여 보강하는 공법이다. 기존 연약지반위에 축조되는 도로에서 지지구조에 문제점이 노출되어 이에 효율적인 보수보강의 조치가 필요하다는 것은 최근 연구되어 수행되고 있는 분야 중 하나이다. 기존의 도로를 지오셀을 이용하여 보다 견고하게 하고, 이러한 적용사례를 통해 지오셀의 도로보강 기법으로 매우 효율적이라고 판단된다.

따라서, 본 논문에서는 도로가 가지는 특성을 연속된 하중을 받는 띠기초로 보고 보강되지 않은 단면과 지오셀로 보강된 단면의 채움재에 따른 지지력을 비교함으로써 보강효과를 확인하였다. 또한, 현장시공장소의 침하량과 변형분포를 Geoslope사의 Sigma/w 프로그램을 통한 유한요소해석을 통해 분석하였다.

2. 지지력이론

2.1 Terzaghi의 지지력

지지력 공식의 지지력계수 N_c 와 N_q 를 Prandtl(1920)가 도입하였으며, Terzaghi(1943)에 의해 고전적인 지지력 공식이 정리되었다. 얇은 기초의 극한 지지력 평가를 위한 포괄적인 이론을 처음으로 제안한 Terzaghi는 연속기초 또는 띠기초가 극한하중을 받을 때 지반내의 파괴면은 그림 1에 나타난 것과 유사하다.

그림 1의 파괴형태에서 제 I영역은 Rankine의 주동영역, 제 II영역은 원형 Prandtl 영역으로 대수 나선 원호를 이루고 있는 방사형 전단영역, 제 III영역은 Rankine의 수동영역으로 나타난다. ADEC선상의 AC와 DE선은 직선으로서 수평면과 $45^\circ + \phi/2$, $45^\circ - \phi/2$ 로 경사졌으며, DE는 대수나선형이다. 여기서 DAB와 BAD의 각은 흙의 내부마찰각 ϕ 와 같다고 가정한다. 또한 기초바닥면 이상의 흙은 등가상재하중 q 로 대체된다. Terzaghi가 평형해석원리를 이용하여 극한지지력을 계산한 식은 식 (1)과 같다.

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_r \quad (1)$$

여기서, c 는 흙의 점착력, γ 는 흙의 단위중량, q 는 γD_f 로 나타낼 수 있으며 D_f 는 기초의 근입심도를 나타낸다. N_c , N_q , N_r 은 무차원의 지지력 계수로서 흙의 내부마찰각 ϕ 의 함수이며 정의하면 식 (2)~(4)와 같다.

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \quad (2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (3)$$

$$N_r = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad (4)$$

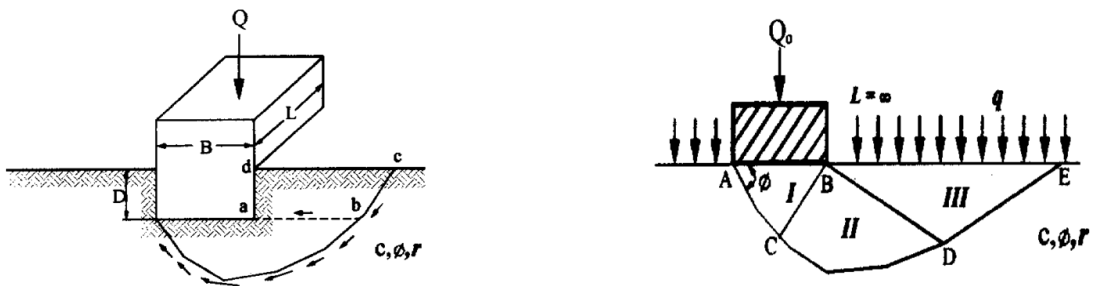


그림 1. Terzaghi가 제시한 기초의 파괴형태

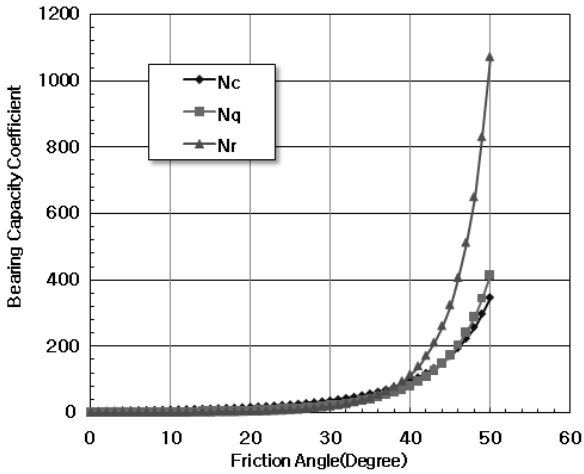


그림 2. Terzaghi의 지지력 계수

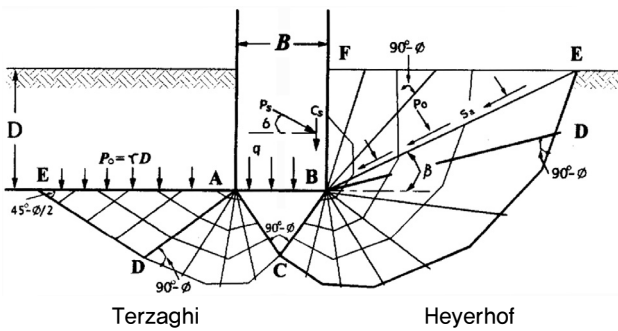


그림 3. Meyerhof가 제시한 기초의 파괴면

한편, 식 (2)~(4)의 내부마찰각에 따른 지지력 계수는 그림 2와 같다.

2.2 Meyerhof의 지지력

또한, 식 (5)와 같은 일반적인 지지력 방정식을 제안하였다.

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_r F_{rs} F_{rd} F_{ri} \quad (5)$$

여기서 N_c , N_q , N_r 의 지지력 계수는 다음과 같이 정의된다.

$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) e^{\pi \tan \phi} \quad (6)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (7)$$

$$N_r = (N_q - 1) \tan 1.4 \phi' \quad (8)$$

한편, F_{cs} , F_{qs} , F_{rs} 는 형상계수이고, F_{cd} , F_{qd} , F_{rd} 는 근입

심도계수이다. 또한 F_{ci} , F_{qi} , F_{ri} 는 경사하중계수로 정의된다. 극한지지력에 대한 원래 방정식은 평면 변위 조건인 연속기초에 대하여 유도되었다. 형상계수, 근입심도계수, 경사하중계수는 시험결과에 근거한 경험적 계수들이다. 각 계산식을 비교해보면 각 계수의 값이 다소 다를 수 있다. 흙의 내부마찰각 ϕ 에 따른 N_r 의 관계식이 아직 정확한 값을 정의할 수 없기 때문이다. Terzaghi의 지지력공식은 과다설계의 경우가 있으며 Meyerhof공식도 평면변형조건을 고려하지 않은 사질토에서 약간의 과다설계가 되지만 대부분 실제와 잘 맞는다.

2.3 도로기층 지지력에 영향을 미치는 요소

2.3.1 지지력 공식의 영향

지지력 문제에는 지하수의 위치, 흡입자의 배열구조, 과거이력과 같이 복잡한요인이 모두 고려되지 않는 상태에서 도로와 같은 구조물이 설계·시공되어 안전하게 기능을 발휘하고 있다. 이러한 지지력이론의 타당성을 검증하기 위해서 지지력 시험을 시행하고 있고 재하시험을 실물 크기로 실시하는 것에 따른 과도한 비용지출을 막기 위해 Terzaghi공식의 계수가 무차원 계수임을 이용하여 모형에 의해 지지력 시험이 실행되고 있다. 이러한 이론과 실제의 불일치는 지반강도가 구속압에 의존하고 있으며 진형성과 파괴가 된다는 점이라고 사료된다. 지지력공식에 사용되는 강도정수인 내부마찰각과 점착력의 평가는 지지력에 미치는 영향이 매우 크다. 특히 내부마찰각은 지지력 계수를 결정하는 중요한 요소이므로 충분한 검토가 필요하다. 한편, 보링공을 이용한 표준관입시험의 N치에 의해서 일반적인 지반의 강도정수를 구할 수 있다. 특히 사질토의 경우, 토질시험에 사용하는 시료를 흐트러지지 않게 채취하여 시험하기가 쉽지 않으므로 현장에서 구할 수 있는 N치를 이용하여 내부마찰각을 구하고 있다. 지지력 계수 N_c , N_q 는 지반의 지중을 무시하여 구한 값으로, 이것에 지중의 영향을 고려한 N_r 을 추가한 것이다. 따라서 N_c , N_q 의 최소치를 갖는 활동면과 N_r 과는 일치하지 않는다. 또한, 실제로 Prandtl(1920), Terzaghi(1943), Meyerhof(1951) 등이 서로 상이한 값을 제시하였으나, 이 차이는 계산방식이나 주동영역의 각도 차이에 기인하며 본질적으로 변한 것은 아니다. 한편, 지지력공식은 전면전단파괴를 대상으로 구한 것으로 국부전단파괴를 일으키는 내부마찰각이 작은 느슨한 지반에서는 하중-침하곡선에서도 완만한 곡선을

나타내고 있어 명확한 파괴점은 확인이 불가능하다. 도로나 철도에 적용하는 지지력계수의 경우 N_c , N_q 는 Prandtl(1920)의 값을, N_r 은 Sokolovski(1960)의 해석치를 적용하여 내부마찰각의 문제를 해결할 수 있다.

2.3.2 계수의 영향

지지력 계수 N_c , N_q 는 지반의 자중을 무시하여 구한 값으로, 이것에 자중의 영향을 고려한 N_r 을 추가한 것이다. 따라서 N_c , N_q 의 최소치를 갖는 활동면과 N_r 과는 일치하지 않는다. 또한, 실제로 Prandtl(1920), Terzaghi(1943), Meyerhof(1951) 등이 서로 상이한 값을 제시하였으나, 이 차이는 계산방식이나 주동영역의 각도 차이에 기인하며 본질적으로 변한 것은 아니다. 한편, 지지력공식은 전면전단파괴를 대상으로 구한 것으로 극부전단파괴를 일으키는 내부마찰각이 작은 느슨한 지반에서는 하중-침하곡선에서도 완만한 곡선을 나타내고 있어 명확한 파괴점은 확인이 불가능하다. 도로나 철도에 적용하는 지지력계수의 경우 N_c , N_q 는 Prandtl(1920)의 값을, N_r 은 Sokolovski(1960)의 해석

치를 적용하여 내부마찰각의 문제를 해결할 수 있다. 지지력공식은 연속기초를 대상으로 한 것으로 실제로 존재하는 정방형, 장방형, 원형등의 형상을 가지고 있는 기초에 적용에 문제점이 있다.

2.4 지오셀의 하중분산 효과

2.4.1 상재하중의 구속

상재하중을 받는 지반에 지오셀을 이용하여 보강하게 되면 그림 4와 같은 전단파괴의 움직임을 보인다. 지오셀은 채움재가 가지지 못하는 인장력을 셀의 구속력으로 인하여 보강효과를 가지게 되며 하중자체는 분산되고 사방으로 퍼진 하중은 연직셀의 벽에 의하여 보완되고 파괴되는 것을 방지한다. 이에 따라 극한 파괴면은 지오셀 하부에서 나타나므로 집중하중에 의한 지표면 근처에서 이루어지는 전단파괴영역의 확대를 막게되고 그에 따른 하중분산 효과로 구조물은 더 큰 하중을 지지할 수 있다. Koerner(1990)는 지오셀에 의한 표면구속효과는 셀구조와 속채움 흙 사이에 하중재배치의 복잡한 3차원 상호작용이 나타난다고 논문을 통해 발표하였다. 그가 시험한 대형 삼축압축시험은 그림 4와 그림 5에서와 같이 겹보기 접촉력이 나타나는데, 이 값이 전단강도 증가와 같다고 볼 수 있다. 또한, 속채움 흙에 연직하중을 가하면 셀 주변의 수평 주동압은 증가하게 되는데 이러한 복합효과로 지오셀은 높은 휨강성과 하중지지능력, 전단강도 증대효과를 갖는다.

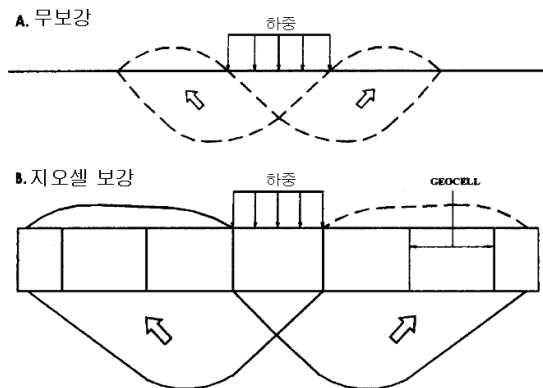
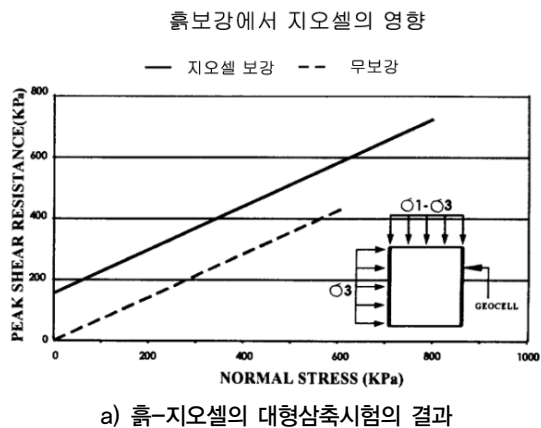


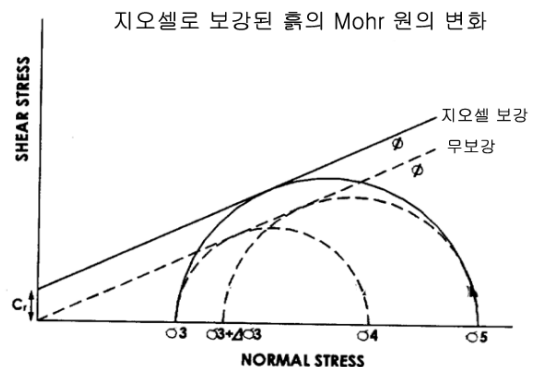
그림 4. 무보강과 지오셀 보강시 파괴 형상

2.4.2 연약지반에서 지오셀의 보강효과

연약지반의 개량공법에 사용되는 토목섬유는 그 종류와 공법에 따라 매우 많은 종류가 있다. 대부분의 토목섬유를 이용한 개량공법은 연직배수재 및 연직변위, 수직변



a) 흙-지오셀의 대형삼축시험의 결과



b) 흙-지오셀 Mohr 원

그림 5. 흙-지오셀의 전단강도 증가 효과

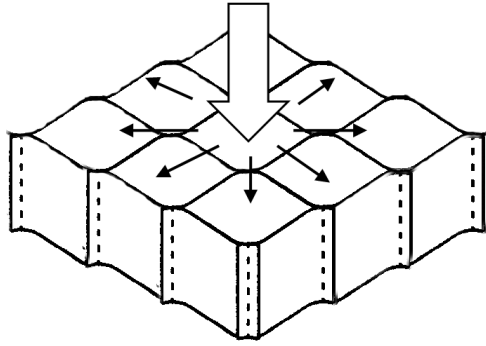


그림 6. 지오셀의 하중분산 효과

위를 억제하는 효과를 주는 평면적인 보강의 의미를 가지고 있다. 토목섬유를 이용한 연약지반에 대한 하중-시험으로 3차원 시스템은 효과적인 보강효과를 나타냈다. 골재로 채워진 지오셀에서 인장보강 토목섬유인 지오텍스타일이나 지오그리드와 비교하여 연직변위를 억제하는 효과가 탁월하다. 대부분의 복합 보강재료는 변형이 적고 인장력에 저항하도록 개발되었다. 한편, 지오셀을 이용한 보강에서 내부 수평압력에 대해 변형이 작으며 또한 강성은 커져서 그림 6과 같이 하중을 넓게 펼친다. 이와 같은 작용은 연약지반의 도로에 보강재로 쓰이는 지오셀은 강성과 상부하중에 대한 저항이 단면의 넓이에 따라 증가한다.

3. 실대형 전단 실험방법

보강단면과 비보강단면의 비교외에 지오셀이 차지하는 범위에 따른 지반정수의 변화를 확인하기 위하여 모형토조의 전단시험기를 이용하여 시험을 실시하였다. 모형토조 전단시험기의 전단상자의 크기는 상하부 각각 가로 120cm, 세로 80cm, 높이 80cm,의 정방형으로 상부상자를 수평이동하여 전단파괴가 되도록 설계되었으며, 하중재하

는 공기압을 이용하여 재하하였다. 전단속도는 1mm/min로 일정하게 유지시켜 수평변위 0.5mm 간격으로 전단응력을 읽는 변형을 제어방식으로 진행하였다. 실대형 상자의 시료성형은 하부상자에 풍화토를 다짐도에 맞게 포설하여 다진 후에 접착형 지오셀을 이용하여 상부상자와 하부상자의 접촉면에 설치한다. 이 때 접착형 지오셀의 공칭 크기가 다 발휘할 수 있도록 최대한 넓게 펼쳐서 설치한다. 그 후에 풍화토의 무게와 상부상자의 부피를 이용하여 접착형 지오셀의 내부를 채우고 다짐도를 맞추기 위해 다짐을 실시한다. 시험기내에 전단시험에 쓰인 셀의 개수는 8개의 셀을 구성하고 있다. 이 때 흙의 다짐도는 90%를 유지하여 시험하였다. 그림 7과 같은 모형토조 전단시험기를 이용하여 시험을 실시하였다.

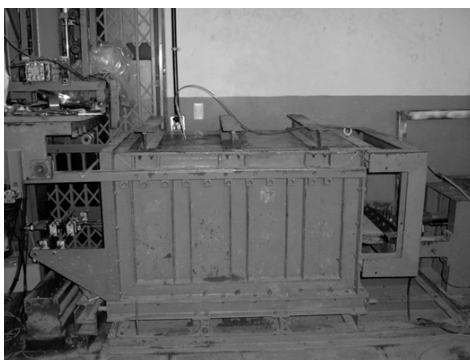
4. 시험결과

4.1 실대형 전단시험 결과

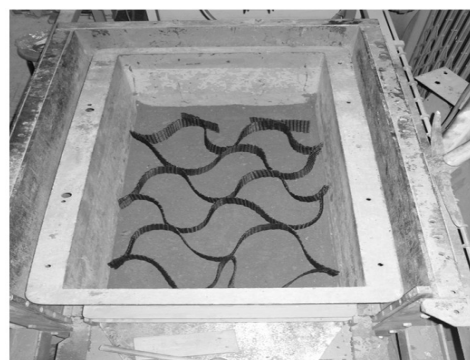
실대형 전단시험결과 채움재를 화강풍화토로 보강한 지오셀 단면은 대형직접전단시험의 결과값보다 점착력은 0.15kgf/cm², 내부마찰각은 0.21°의 증가하는 경향을 확인하였고, 채움재가 쇄석인 경우에는 점착력이 0.05kgf/cm², 내부마찰각은 약 1°의 증가하는 영향을 확인하였다. 이는 지오셀이 차지하는 면적이 보강에 효과를 주었다고 판단된다. 표 1은 시험 결과를 통해 확인할 수 있는 화강풍화토로 보강된 단면과 쇄석으로 보강된 단면의 점착력과 내부마찰각을 나타내는 것이다.

4.2 현장 평판재하시험 결과

본 논문에서는 현장시험으로 실시한 평판재하 시험은



(a) 모형토조 전단시험기



(b) 모형토조 지오셀 보강단면

그림 7. 모형토조 전단시험기와 지오셀 보강단면

표 1. 실대형 직접전단시험의 단면에 따른 점착력과 내부마찰각 비교

종 류	점착력(c)	내부마찰각(φ)
화강풍화토와 지오셀로 보강된 단면	0.35kgf/cm ²	32.46°
쇄석과 지오셀로 보강된 단면	0.05kgf/cm ²	35.04°

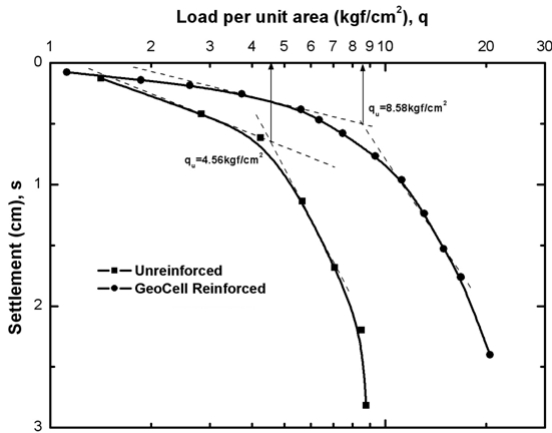


그림 8. 시험시공현장에서 무보강과 지오셀보강 기층의 평판재하시험 결과

KS F 2310에 준하여 노상 주차장 구간의 보조기층 및 모래층 포설면에 대해서 실시하였다. 원지반의 조건을 보강시의 조건과 맞추기 위하여 1톤 롤러를 이용하여 다짐을 실시후에 시험을 실시하였다. 원지반의 특성을 확인하기 위하여 흙의 일부분을 이용하여 실내시험을 실시한 결과, 단위중량 1.9tf/m³, 점착력 0kgf/cm², 내부마찰각은 30°의 특성을 가지는 화강풍화토임을 확인할 수 있었다. 평판재하시험을 위한 반력은 15톤 덤프를 이용하였고 골재를 상차하여 시험에 알맞은 무게를 사용하였다. 지오셀을 이용하여 보강한 시공 완료된 단면에는 표면의 규사블록을 제거하고 모래층이 보이는 상태에서 평판재하시험을 실시하였다. 보강 유무에 따른 평판재하시험 결과는 그림 8과 같으며 무보강 보조기층의 경우, 극한지지력이 4.56kgf/cm²,

표 2. 실내 및 현장 시험의 결과값을 이용한 지지력의 비교

	종 류	점착력 (kgf/cm ²)	내부 마찰각(°)	극한지지력(kgf/cm ²)	
				Terzaghi	Meyerhof
대형직접전단시험	무보강/화강풍화토	0.18	30.42	5.5	5.37
	보강(풍화토)/화강풍화토	0.2	32.25	7.3	7.18
	보강(쇄석)/화강풍화토	0	34.11	8.24	8.42
모형토조 전단시험	보강(풍화토)/화강풍화토	0.35	32.46	8.22	8.10
	보강(쇄석)/화강풍화토	0.05	35.04	10.02	10.23
평판 재하시험	무보강/화강풍화토	0	30	4.38	3.19
	무보강/실측자료	-	-	4.56	
	보강/실측자료	-	-	8.58	

지오셀 보강 보조기층의 경우, 극한 지지력이 8.58kgf/cm²으로 나타났다.

4.3 지오셀 보강지반의 지지력 분석

실내시험인 직접전단 시험과 현장의 평판재하시험의 자료를 통해 지오셀로 보강된 지반의 지지력 증대 효과를 확인할 수 있다. Terzaghi, Meyerhof의 지지력공식을 통해 보강과 무보강, 셀 내 채움재에 따른 결과는 표 2와 같이 나타난다. 각각의 지지력을 공식을 통해 확인해본 결과 Meyerhof 공식이 지지력을 낮게 산정하는 경향을 확인하였으며, 이는 띠기초가 가지는 특성상 기초의 길이에 영향을 받는 계수들의 값을 산정할 수 없기 때문에 나타난 결과라고 판단된다.

4.4 유한요소해석 결과 및 분석

유한요소해석방법은 2차원 응력변형 해석을 실시하였으며, 해석에 사용한 프로그램은 Geo-slope Office 5.0, Sigma/W (Geo-Slope Inc)이다. Sigma/W는 지반에 작용하는 응력에 따른 변형을 유한요소해석을 통하여 산출하는 프로그램으로 단순 선형 탄성 변형을 분석하거나 고도로 정교한 비선형 탄소성에 따른 응력분석을 할 수 있다.

본 프로그램을 통한 해석방법은 2차원 응력변형해석을 통하여 탄소성모델과 전응력해석법으로 원지반의 모델을 적용하여 해석하였다. 포장층과 하부지반을 Sigma/w를 이용하여 매쉬를 형성하고 유한요소해석을 실시하였다. 그림 9는 포장층의 최대침하량을 분석한 것으로 상재하중에 따른 포장층의 침하량은 지오셀을 보강하지 않은 단면에서 약 6.8cm가 발생되었다. 하중이 지반에 직접 작용하여 집중되고 이에 따른 침하가 일어났을 것이라고 판단된

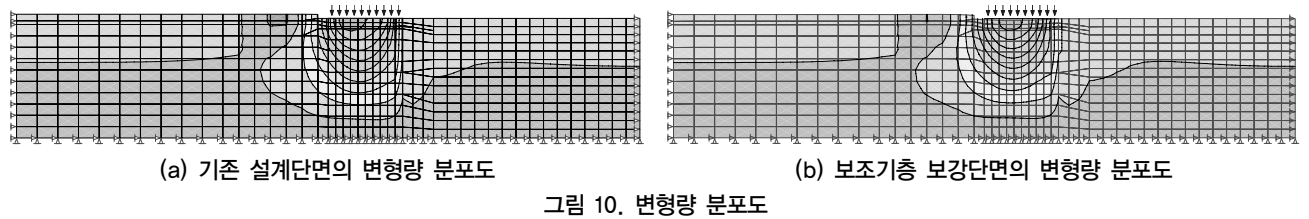
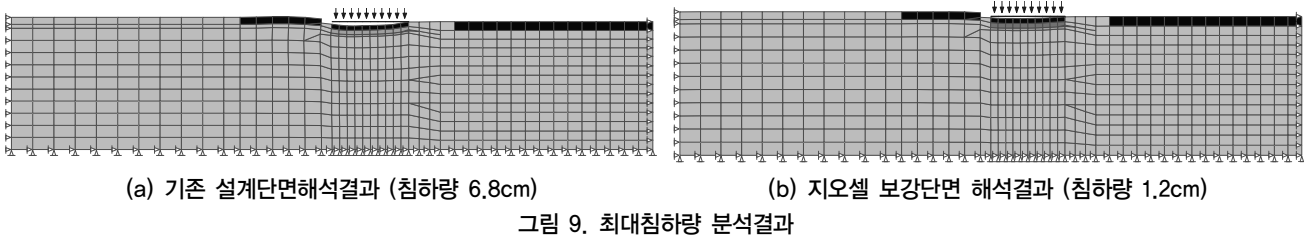


표 3. 유한요소 해석 결과

	침하량(cm)	변형량 분포
무보강 지반	6.8	응력이 집중되어 침하가 발생
지오셀 보강지반	1.2	응력의 분산으로 침하 억제

다. 반면, 지오셀로 보강한 포장층의 단면의 경우에 대해서는 최대침하량이 1.2cm가 발생되어 침하량이 약 82% 감소하는 것을 확인하였고, 지오셀이 하중을 지지하고 분산효과를 통해 하부지반에 집중되는 것을 방지한 효과라고 판단된다. 본 논문에서 실행한 수치해석결과는 지반물성의 불확실성으로 정량적으로 정확한 변형량이나 침하량의 평가가 신뢰성에 있어 문제가 있으나 그림 10에서 보이는 변형량의 분포도를 통하여 하중의 분산효과를 확인였다. 그 결과, 무보강에 대한 보강지반의 상대적인 보강효과는 유한요소 해석을 통하여 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 도로기층을 보강하는 토목섬유 중에 지오셀을 이용하였을 때의 보강효과를 알아보기 위하여 실내시험을 실시하였고 현장시험시공을 통하여 보강시와 무보강대비 지지력 값으로 확인하였다. 또한 수치해석을 통하여 앞으로의 침하특성과 변형량의 분포를 확인하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 지지력에 영향을 미치는 요소 중 지지력계수의 영향을 가장 많이 받는 것은 내부마찰각으로, 지오셀의 보강효과가 위와 같이 나타나 지지력보강에 효과적이라고 판단되며, 내부에 쇄석을 채움재로 보강하는 지오

셀의 지지력보강효과가 더 탁월하였다.

- (2) 평판재하시험으로 도출한 극한지지력과 실내시험 결과값인 내부마찰각을 이용하여 지지력공식을 통해 산정한 극한지지력의 비교를 통하여 보강시 지지력의 증가를 확인하였고, 공식적용에 있어 큰 차이를 보이지 않기 때문에 띠기초에서는 효율적으로 계산이 가능한 Terzaghi의 공식을 이용하는 것이 나올 것이라고 판단된다.
- (3) 수치해석의 결과값으로 변형분포와 침하량의 확인을 통해 보강효과를 확인하였으나, 보강효과가 지오셀을 통한 하중의 분산효과인지 지오셀 자체의 강성 때문인지 확인하기 위한 정확한 인자를 파악하는 연구가 향후에 계속 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 인천지역환경기술개발센터의 2008년도 연구개발사업비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구개발비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Koerner, R.M(1990), *Designing with Geosynthetics*, PRENTICE HALL.
2. Meyerhof, G. G(1951), "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations", *Geotechnique*, Vol.2, pp.301.
3. Prandtl, L(1920), *Über die Harte Plastischer Koper nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften*, Berichte, S. 74.

4. Sokolovski(1960), *Statics of granular media*, Butterworths, London.

5. Terzaghi. K(1943), *Theoretical Soil mechanics*, John Wiley & Sons.

(논문접수일 2009. 3. 5, 심사완료일 2009. 3. 15)