

토목섬유로 보강된 폐기물 매립지반의 지지력 특성

Bearing Capacity of Waste Landfill Reinforced by Geosynthetics

신 은 철¹ Shin, Eun-Chul
박 정 준^{2*} Park, Jeong-Jun

ABSTRACT

Many industrialized countries of the world have many problems about the reuse of waste landfill area because the increase of terminated waste disposal landfill. Especially, the effective use of the terminated waste disposal landfill nearby the urban area has been demanded, because of the lack of the usable land. However, the reuse of terminated waste disposal landfill site is needed an adequate stabilization of ground for increasing the bearing capacity and reduce the allowable settlement for the given structure. This study is to evaluate the applicability of geosynthetics for the increment of bearing capacity of solid waste landfill ground. The in-situ cyclic plate loading tests were performed to determine the dynamic and static behaviors of reinforced ground with geosynthetics. Four series of test were conducted with variations of geosynthetics, number of geogrid layer. Based on the cyclic plate load test results, the bearing capacity ratio, subgrade modulus of ground, and the elastic rebound ratio were determined.

요 지

세계적으로 폐기물의 발생량이 급증하여 매립지의 숫자가 급증하고 있으나 사용이 완료된 매립지의 처리에 많은 어려움이 있다. 특히, 도시 폐기물 매립지는 인구밀집 지역과의 근접성, 부지개발에 따른 경제적 가치의 급등 등의 이유로 활용 가능한 새로운 건설부지로서 많은 관심이 집중되고 있다. 그러나, 폐기물 매립지반 위에 구조물을 축조할 경우, 특별한 안정처리 및 보강처리를 하지 않은 경우, 지반침하, 구조물에 대한 지지력 확보 등에 문제점이 발생될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 폐기물 매립지반위에 구조물을 축조할 경우, 지오그리드 및 지오셀의 보강 효과를 규명하고자 반복평판재하시험을 수행하여 주요 영향인자인 지지력증가비, 지반계수, 스프링상수, 탄성회복율 등을 평가하였다.

Keywords : Geogrid, Geocell, Waste landfill, Cyclic plate loading test, Geosynthetics

1. 서 론

세계적으로 폐기물의 발생량이 급증하여 매립지의 숫자가 급증하고 있으나 사용이 완료된 매립지의 처리에 많은 어려움이 있다. 특히, 도시 폐기물 매립지는 인구밀집 지역과의 근접성, 부지개발에 따른 경제적 가치의 급등 등의 이유로 활용 가능한 새로운 건설부지로서 많은 관심이 집중되고 있다. 또한, 개발면적이 협소하고, 도시지역에서 개발대상지역의 확보 필요성이 절실한 우리나라의 경우,

도시 인접지역의 폐기물 매립장 재활용은 큰 의미를 갖는다.

폐기물 매립지반 위에 구조물을 축조할 경우, 구조물의 축조 전에 폐기물을 치환한다거나, 완벽하게 안정처리를 하여, 큰 문제가 없는 경우도 있으나, 특별한 안정처리 및 보강처리를 하지 않은 경우, 지반침하, 구조물에 대한 지지력 확보 등에 문제점이 발생될 수 있다. 따라서, 폐기물 매립지반 내에 구조물을 축조할 경우에는 폐기물 매립지반의 특성 파악, 예상침하량 산정, 기초구조물 보강, 지반 안정화 등에 대한 충분한 대책이 수립되어야 한다.

1 정회원, 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 (Member, Professor, Dept. of Civil & Environmental System Engrg., University of Incheon)
2* 정회원, 인천대학교 공학기술연구소 선임연구원 (Member, Senior Researcher, Research Institute for Engineering and Technology, University of Incheon, E-mail: frostjun@incheon.ac.kr)

본 연구에서는 최근 탁월한 보강효과와 시공성, 경제성으로 선진외국에서 광범위하게 사용되고 있는 토목섬유를 활용하여 폐기물 매립지반의 지지력 특성에 대하여 연구를 수행하였다. 일반적으로 부등침하방지와 지지력을 확보하기 위하여 적용하는 보강토목섬유에는 지오그리드와 지오셀, 지오텍스타일 등이 있다. 본 연구에서는 대형직접전단시험을 실시하여 도출된 전단강도정수를 사용하여 이론적 지지력을 산정 하였으며, 도로구간 및 경량구조물 하부기초지반의 보강효과 분석을 위하여 파일럿 규모의 현장시험을 수행하였다. 무보강 지반에 대한 보강재의 조건 및 종류에 따른 지지력 보강효과를 분석하기 위한 현장시험결과를 통하여 각각의 극한 지지력과 허용 지지력을 이용하여 Terzaghi 지지력 이론공식과 비교하였다. 또한 반복평판재하시험을 통해 지반 거동분석의 중요한 인자인 지반계수(C_s)와 스프링상수(k), 탄성회복률 및 지반 반력계수를 분석하여 보강재의 보강효과를 규명하였다

2. 토목섬유를 이용한 지반보강 이론

Binquet과 Lee(1975)는 토목섬유로 보강된 조밀하고 균질한 흙지반 위에 놓인 얇은 연속 기초의 지지력 파괴에 관한 연구를 실시하여 토목섬유 보강지반에서의 세가지 파괴형태를 정의 하였다. 또한, 보강된 지반에서 파괴면 및 이에 따른 최대 전단력 τ_{max} 에 대해 그림 1과 같이 2개의 영역으로 구성된 보강토 지반에서의 파괴면을 제시하였다. 이 때, A_1, A_2, A_3 와 B_1, B_2, B_3 는 영역 I와 영역 II의 경계면을 나타내며, 최대전단응력 τ_{max} 은 xz 평면에서 발생한다. 최대전단응력이 발생하는 지점인 중심선으로부터 $x = x'$ 인 지점은 z/B 의 함수로 나타낼 수 있다.

Binquet과 Lee(1975)는 보강재 보강지반에 하중 작용

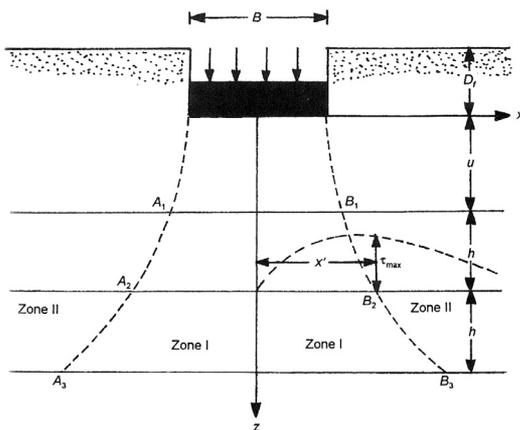


그림 1. 극한하중상태에서의 파괴면

시 보강재는 그림 2와 같이 양쪽에서 마찰이 없는 롤러에 의하여 직각방향으로 방향이 바뀌어진 힘의 작용 형태로 표현 하였으며, N개층의 보강재를 포설한 보강지반에 의하여 지지되는 단위면적당 하중 q_R 과 보강되지 않은 지반에 의하여 지지되는 단위면적당 하중 q_o 의 비율인 지지력 BCR은 침하 S_e 와 관계 없이 일정하다고 가정하였다. 이와 같은 실험결과로부터 식 (1)을 제시하였다.

$$T = \frac{1}{N} \left[q_o \left(\frac{q_R}{q_o} - 1 \right) (\alpha B - \beta h) \right] \quad (1)$$

여기서, T는 z깊이에서 보강재의 단위 길이당 작용하는 힘 (kN/m)이고, N는 보강재 포설층수, q_o 는 무보강 지반에서 침하 $S_o = S'_e$ 시 작용하중(kgf/cm²)이다. 또한, q_R 은 보강지반에서 침하 $S_o = S'_e$ 에 작용하중(kgf/cm²)이고, α, β 는 z/B 에 대한 매개 변수이다.

Mhaiskar와 Mandal(1992)은 지오셀 적용시 지반을 3차원적으로 구속하여, 하중이 재하되면 강력한 횡 방향의 상호구속 강화 효과, Cell 벽간의 Hoop 강도와 인접한 Cell의 수동 반력, 채움재와 Cell 벽간의 전단저항력을 발생시키며, 이러한 제반 거동들은 원지반의 지지력을 최고 약 15배까지 향상된다고 제시하였다.

지오셀에 의해 지지력이 향상된 지반은 지오셀 하부 원지반에 균등한 하중을 분포시켜 편심하중 및 국부하중으로 인한 원지반의 부등침하 및 관입전단파괴를 차단시킬 수 있다. 그림 3은 지오셀에 의한 하중분포 개념도를 나타낸 것이다.

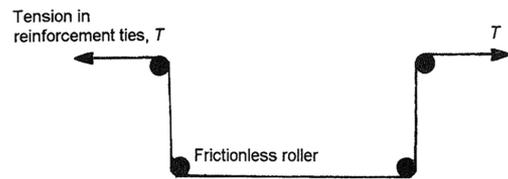


그림 2. 보강재에 작용하는 힘

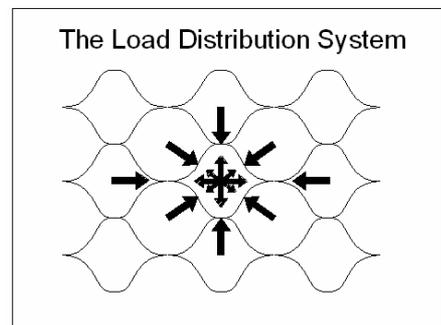


그림 3. 지오셀에 의한 하중분포 개념도

3. 현장시험

본 연구에서는 폐기물 매립지반에서 발생하는 지지력 특성을 나타내기 위하여 우선 실내실험을 통한 흙 시료의 공학적 특성을 도출하였다. 또한 토목섬유 보강재의 보강 효과를 파악하기 위하여 무보강인 경우, 지오그리드 1층 및 2층 보강, 지오셀 보강의 총 4가지 경우로 구분하여 현장 조성후 시험을 수행하였다.

3.1 시료의 공학적 특성

본 연구에 사용된 흙시료는 ○○ 매립지의 지반조성을 위해 성토해둔 시료를 채취하였으며, 공학적 특성을 파악하기 위하여 실내시험을 실시하였다. 표 1에 나타낸 바와 같이 화강풍화토의 자연함수비는 15.34%, 비중은 2.67이고, 사용된 시료의 입도분포 곡선은 그림 4에 나타내었다. 또한, 다짐시험결과, 최적함수비(ω_{opt})가 11.2%, 최대건조단위중량(γ_{dmax})은 1.87tf/m^3 이고, 대형직접전단시험 결과, 점착력(c)은 1.0tf/m^2 , 내부마찰각은 30.8° 를 나타내었다.

표 1. 화강풍화토의 공학적 특성

공학적 특성	시험결과
자연함수비, $\omega_n(\%)$	15.34
비중, G_s	2.67
균등계수, C_u	129
곡률계수, C_g	1.98
액성한계, LL(%)	26.4
소성지수, PI	NP
최대건조단위중량, $\gamma_{dmax}(\text{tf/m}^3)$	1.87
최적함수비, $\omega_{opt}(\%)$	11.2
No. 200체 통과량(%)	38.42
점착력, $c(\text{tf/m}^2)$	1.0
내부마찰각, $\phi(^\circ)$	30.8
통일분류법에 의한 분류 (USCS)	SM

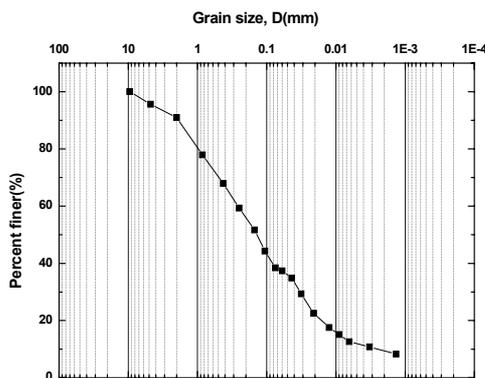


그림 4. 입도분포곡선

3.2 시험방법

본 연구에서는 폐기물 매립지반에 토목섬유를 활용하여 지반보강을 실시하였을 경우, 지지력 보강 효과 등을 분석하기 위하여 파일럿 스케일 현장시험 시공을 수행하였다. 실험 부지는 ○○자원회수시설 예정부지 내 도로계획구간으로 표토층이 약 2.0m, 폐기물 매립층이 약 28.0m 매립된 지반으로 구성되어 있다. 매립지반 보강효과를 분석하기 위한 현장실험의 조건은 표 2에 나타낸 바와 같다.

시험시공 지반조성은 상부 복토층을 약 2.0m를 굴착하고, 쓰레기 매립층을 확인한 후, 쓰레기 매립층에 접촉하여 보강재를 포설하는 형태로 지반조성을 실시하였다. 그림 5는 현장시험 시공 지반조성의 개략도를 나타낸 것이다.

각각의 실험에서 사용한 복토층은 통일분류법으로 입도분포가 양호한 실트질 모래(SM)인 화강풍화토를 사용하였다. 실험 I 은 원지반 조건에 대한 시험으로 폐기물 매립층 상부에 40cm 복토층을 두었으며, 실험 II는 지오그리드 1층을 보강하였을 경우, 실험 III은 지오그리드 2층보강의 경우, 마지막으로 실험 IV는 지오셀로 보강하였을 경우에 대하여 시험을 실시하였다. 상부 복토층의 다짐은 소형 자주식 다짐기를 사용하였으며, 현장 다짐도는 들밀도 시험결과, 평균 1.72tf/m^3 으로 나타났다. 각각의 시험시공 지반에 대하여 동일한 다짐을 실시하여 균질한 지반조성을 실시하였다. 본 시험시공에 사용한 지오그리드는 인장강도 3tf/m 의 양축방향 강성 지오그리드를 사용하였다.

표 2. 현장 시험의 단면 조건

단면번호	성토재료	보강 조건	보강 단면 구성 조건
실험 I	화강풍화토	무보강	복토 40cm
실험 II		지오그리드 1층	지오그리드 상부 복토 20cm
실험 III		지오그리드 2층	지오그리드 상부 복토 20cm
실험 IV		지오셀 1층	지오셀 상부 복토층 20cm

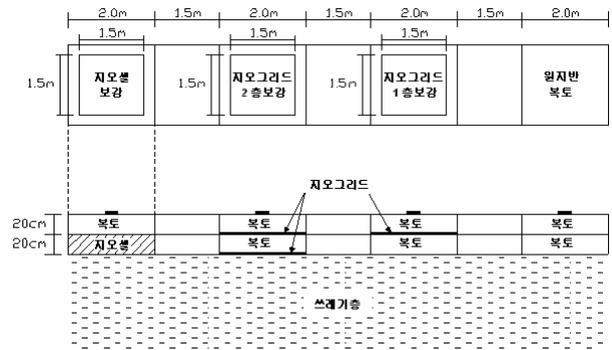


그림 5. 현장시험단면의 개략도

평판재하시험은 일반적으로 현장에 재하판을 설치하여, 연직하중을 단계적으로 가하여 지반의 변형을 측정한다. 시험방법은 건물의 기초용과 도로용으로 규정되어 있으나, 단계별 하중의 크기와 해석법에서만 약간의 차이가 있을 뿐 시험기구와 방법을 거의 동일하다. 본 연구에서는 직경이 30cm인 평판을 사용하여 시험을 실시하였으며, 유압 하중 잭, 레퍼런스 빔, 다이얼게이지 등으로 구성된다. 재하하중 결정은 일차적으로 예비재하를 실시하여 최대하중을 확인한 후, 최대하중을 4~5단계로 나누어 재하하였다. 또한 하중재하 방법은 반복평판재하시험법인 재하-제하(Loading -Unloading)의 방식으로 하중을 가하였으며, 단면 재료와 지오그리드 보강조건에 따른 지지력 및 침하 특성 조사하였으며, 지반거동의 중요 인자인 지반계수 및 스프링상수를 조사하였다.

시험현장은 정원 조성을 위해 성토층이 존재하고 있어 쓰레기 매립층이 나타날 때 까지 굴착하였다. 그림 6은 현장 시험 시공 전경을 나타낸 것으로서, 지반조성을 위한 굴착, 굴착후 보강재인 지오그리드와 지오셀 포설, 보강재 포설후 화강풍화토 다짐, 다짐후 보강재의 보강효과를 분석하기 위하여 평판재하시험을 수행하였다.

4. 시험결과 및 분석

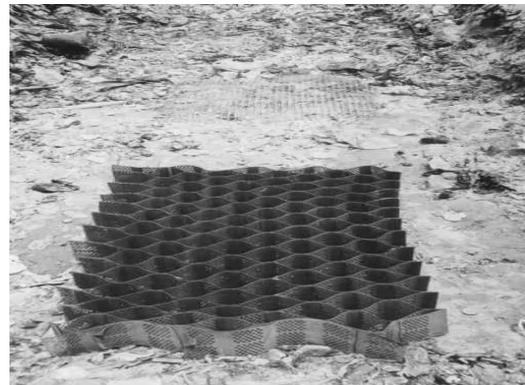
무보강 지반에 대한 보강재의 조건 및 종류에 따른 지지력 보강효과를 분석하기 위한 현장실험결과 각각의 극한 지지력과 허용 지지력 구하여 Terzaghi 지지력 이론공식과 비교·분석하였다. 또한 반복평판재하시험을 통해 지반 거동분석의 중요한 인자인 지반계수(C_2)와 스프링상수(k), 탄성회복률 및 지반 반력계수를 분석하여 보강재의 보강효과를 규명하였다

4.1 단계별 하중 - 침하

보강재의 유무 및 종류와 보강조건에 따른 현장재하시험을 실시한 결과, 그림 4.1과 같은 하중-침하 곡선이 도출되었다(Das and Shin, 1993; Das 등, 1998; Madhav and Pitchumani, 1992; Togol 등, 1973). 그림 7의 하중-침하곡선에 나타낸 바와 같이 무보강지반에 비하여 토목섬유보강재를 포설할 경우, 지지력이 증가하는 것을 알 수 있다. 토목섬유 보강재의 종류에 따른 지지력은 지오그리드의 경우, 2층을 포설한 경우, 지지력보강효과가 더 크게 나타



(a) 지반조성을 위한 지반굴착



(b) 토목섬유 보강재의 포설



(c) 복토후의 다짐



(d) 반복평판재하시험

그림 6. 현장시험 전경

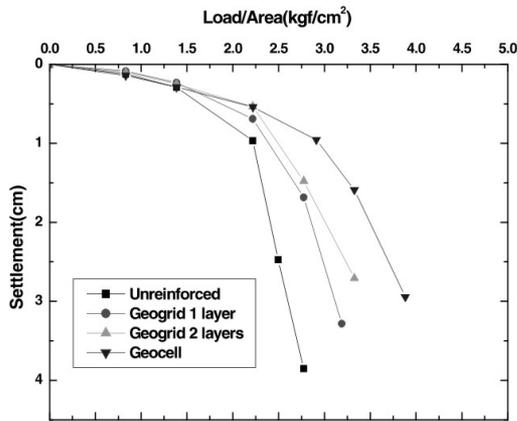


그림 7. 현장재하시험 결과(하중-침하곡선)

났으나, 1층 보강했을 경우보다 뚜렷한 효과는 나타나지 않았으나, 두께가 20cm인 지오셀을 포설하였을 경우, 지지력 증가효과가 크게 발생하였다. 즉, 무보강인 경우는 조밀한 모래나 과입밀점토지반에서 흔히 보이는 명확한 극한점을 보인 후 지지력이 급격히 감소하는 전반전단 파괴양상을 나타내었고, 지오그리드 및 지오셀로 보강한 경우는 하중이 증가하여도 명확한 극한점이 나타나지 않는 느슨한 모래나 정규압밀 점토에 나타나는 국부전단 파괴양상을 보였다.

보강 및 무보강인 경우의 하중-침하곡선에 통하여 항복 하중과 극한지지력 및 허용지지력을 결정하기 위하여 LogP-LogS 곡선으로 나타내어 침하가 급격히 발생하는 점의 하중강도를 항복하중강도로 보고 항복하중강도의 1.5배를 하여 극한지지력과, 허용지지력(항복지지력/2 값과 극한 지지력/3중 작은값)을 산정하였다. 또한 하중강도-침하 곡선의 침하량 1.25mm 및 2.5mm에 대응되는 지지력에 대한 기울기인 지반반력계수를 직경 30cm 재하판을 사용하여 지반반력계수를 구하였다. 각각의 시험결과에 의한 극한지지력 및 허용지지력, 지반반력계수(K_{30})은 표 3에 나타낸 바와 같다.

파일럿 스케일의 현장시험은 무보강 지반에 대한 보강재의 조건 및 종류에 따른 지지력 보강효과를 분석하기 위한 모형시험으로 각각의 극한지지력과 허용지지력 및 지반반력계수의 값들을 실 현장의 도로 및 경량구조물의 설계시의 실측값으로 적용하기에는 모형지반조성 및 시험조건상의 한계점이 있다. 그러나, 무보강의 폐기물 매립지반에 대한 지지력 및 침하현상을 해석하여, 지지력 보강효과와 잔류침하 및 부등침하의 감소효과를 분석할 수 있다.

표 3에 나타낸 바와 같이, 무보강의 폐기물 매립지반에 비하여, 지오그리드, 지오셀 보강재를 포설할 경우, 극한

표 3. 현장재하시험에 의한 지지력 산정

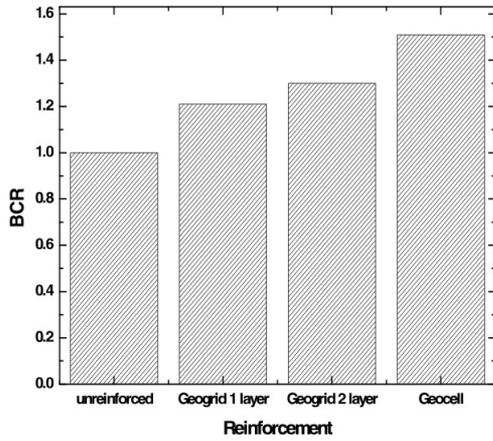
단면 번호	보강 조건	허용지지력 (kgf/cm ²)	극한지지력 (kgf/cm ²)	항복지지력 (kgf/cm ²)	지반반력계수 (kgf/cm ³)
이론 지지력	무보강	0,795	2,39	1,59	-
실험 I	무보강	0,975	2,93	1,95	5,0
실험 II	지오그리드 1층	1,18	3,54	2,36	5,6
실험 III	지오그리드 2층	1,27	3,81	2,54	5,8
실험 IV	지오셀 1층	1,51	4,53	3,02	6,12

지지력 및 허용지지력, 지반반력계수가 증가하는 경향을 볼 수 있다. 지반반력계수의 경우, 일반적인 도로포장 구간의 k_{30} 값에 비하여 상당히 낮은 값을 보이고 있으나, 이는 모형지반의 조성과정에서 상부 복토층의 다짐도 영향으로 탄성침하가 발생하는 0.25cm침하범위에서 상부 복토층의 영향이 보강재의 종류 및 조건에 관계없이 거의 유사하게 적용되어 나타난 결과라고 판단된다.

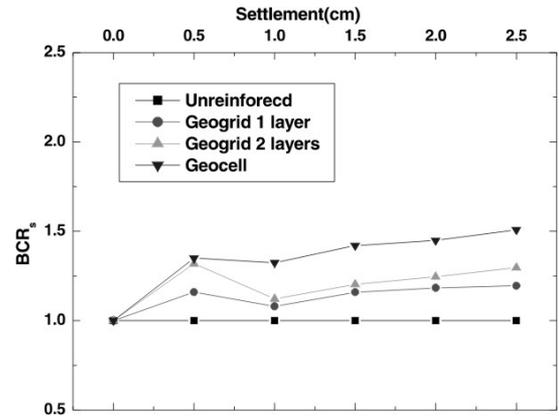
4.2 지지력 증가비

보강재 종류 및 보강조건에 따른 폐기물 매립지반의 지지력 증가 특성을 분석하였다. 보강재 포설에 따른 지지력 증가 효과는 무차원 매개변수인 지지력비(BCR)로 나타낼 수 있다. 지지력비는 임의의 기초 침하시 보강한 경우와 보강하지 않은 단면에 대한 극한하중(q_u)의 비율 또는 허용하중(q_a)의 비율로 나타낼 수 있다. 일반적으로 무보강 및 보강 하중-침하 관계 곡선에서 $BCRu(q_{u(R)}/q_u)$ 와 $BCR_s(q_{(R)}/q)$ 는 각각의 극한하중 및 임의의 침하에 대한 지지력 증가비를 나타낸다(Das, 1999).

그림 8(a)는 보강재의 종류 및 조건에 따른 지지력 증가비(BCR_s)를 나타낸 것으로서, 폐기물 매립지반에 대하여 지오그리드로 보강하였을 경우, 지지력증가비가 1.21~1.30으로 지지력이 약 21~30% 증가하는 것으로 나타났으며, 지오셀로 보강할 경우, 약 55%의 지지력 증가효과를 나타내었다. 지오그리드의 보강 층수에 따른 지지력 증가비는 9%로 지오셀보강에 따른 약 30%의 지지력 증가에 비하여 미소한 것으로 나타났다. 그림 8(b)는 임의의 침하발생시에 지지력 증가비(BCR_s)변화곡선을 나타낸 것으로서, 전반적으로 임의의 침하에서의 BCR_s값의 변화경향은 침하가 진행될수록 증가하는 경향을 보였다. 초기침하 0.5cm의 침하가 발생하는 동안의 지지력(BCR_s) 증가는 상부 복토층의 탄성 재배열에 의한 양상으로 판단되며, 하부지반으로 하중 및 지중응력분포가 확산되는 시점부터는 지지력비(BCR_s)의 변화가 일정한 기울기로 보강효과를 나타내었다.



(a) 지지력 증가비(BCR_s)



(b) 임의의 침하에 따른 BCR_s 변화곡선

그림 8. 보강재 조건에 따른 지지력 증가비

4.3 탄성회복률의 변화

보강재의 종류 및 보강조건에 따른 폐기물 매립지반의 탄성회복율을 분석하기 위하여, 본 연구에서는 반복평판재하시험을 실시하였으며, 각 단계의 하중재하(Load)시의 침하량과 하중제하(Unloading)에 따른 탄성회복량을 측정하였다. 또한 단계별 하중에서의 침하량(S_c)과 지지력(q)을 구하여 지반의 거동 분석의 중요한 인자인 지반계수(C_z)와 스프링 상수(k)를 구하였다. 지반계수와 스프링상수는 재하판의 면적에 비례적인 관계이므로, 스프링상수를 기준으로 살펴보았다. 무보강을 기준으로 했을 때 지오그리드 1층 보강 및 2층 보강의 경우는 각각 1.5배와 1.6배로 증가하는 경향을 보였고, 또한 지오셀의 경우 약 2.3배로 스프링상수가 가장 큰 것으로 나타났다.

표 4는 보강조건에 따른 스프링 상수 및 지반계수를 나타내었으며, 각각의 실험조건 및 반복평판재하시험에 따른 하중-침하량곡선 그림 9에 나타난 바와 같다. 그림 10은 각 하중 단계별 전체 침하량(S_s)과 탄성회복량(R_s)과의 비율을 나타낸 것으로서, 낮은 하중강도에서는 지오그리드의 강성으로 인하여, 지오그리드 보강지반의 탄성회복율이 무보강 지반에 비하여 크게 나타나며, 특별한 경향을 보이지 않았다. 그러나, 하중강도가 증가함에 따라 탄성회복율을 감소하여, 약 18.5% 정도로 수렴하는 경향을 보였다. 반면, 지오셀보강 지반의 경우, 탄성회복량이 20%이하의 값을 유지하면서 하중강도 증가에 따라 수렴하는 경향을 보였다. 보강재를 활용하여 연약지반상에 축조되는 도로 및 철도 등을 보강할 경우, 동적인 하중에 대하여 지반 탄성회복율을 이용하여 탄성거동과 영구침하의 경향을 분석할 수 있다. 일반적으로 지반의 압축성이 클수록 보강

표 4. 스프링상수 및 지반계수의 변화

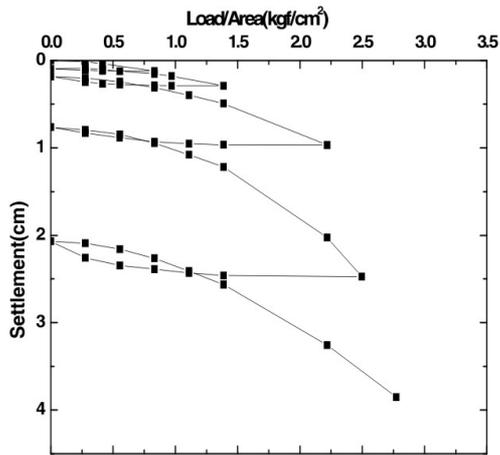
단면 번호	보강 조건	스프링상수, k (kgf/cm)	지반계수, C_z (kgf/cm ³)
실험 I	무보강	5,294	7.49
실험 II	지오그리드 1층	8,136	11.51
실험 III	지오그리드 2층	8,277	11.71
실험 IV	지오셀 1층	12,476	17.65

지반의 탄성회복량이 증가하는 것으로 보고되고 있다. 따라서, 본 연구대상 지역인 폐기물 매립지반과 같이 압축성이 큰 지반에 대하여 보강재를 활용할 경우, 탄성회복율을 증가시켜, 장기적인 영구변형량을 감소시킬 수 있다.

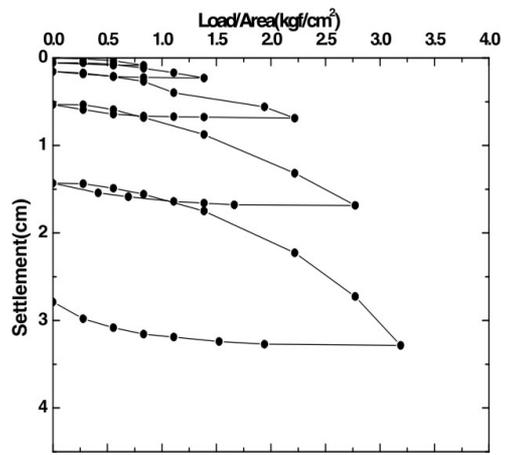
5. 결론

본 연구에서는 폐기물 매립지반, 즉 연약지반위에 구조물을 축조할 경우 지오그리드 및 지오셀의 보강 효과를 규명하고자 파일럿 스케일의 현장실험을 수행하였다. 현장 실험은 지오그리드 층수에 따른 보강과 지오셀 보강 4가지 경우로 실험을 수행하였고, 본 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

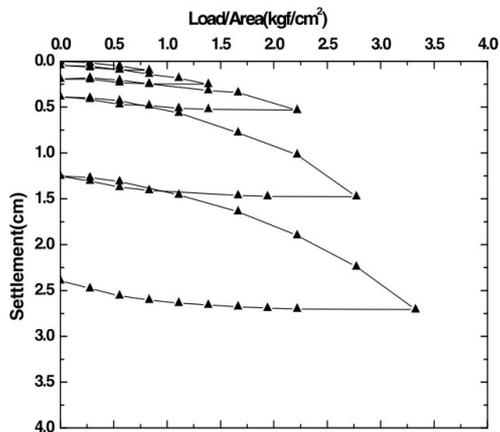
현장 평판재하시험을 통한 지지력(q)과 침하(S)관계에서 지오그리드로 보강하였을 경우, 지지력증가비가 1.2~1.30으로 지지력이 약 21~30% 증가하는 것으로 나타났으며, 지오셀로 보강할 경우, 약 55%의 지지력 증가효과를 나타내었다. 지오그리드의 보강 층수에 따른 지지력 증가비는 9%로 지오셀보강에 따른 약 30%의 지지력 증가에 비하여 미소한 것으로 나타난 이는 지오그리드의 포



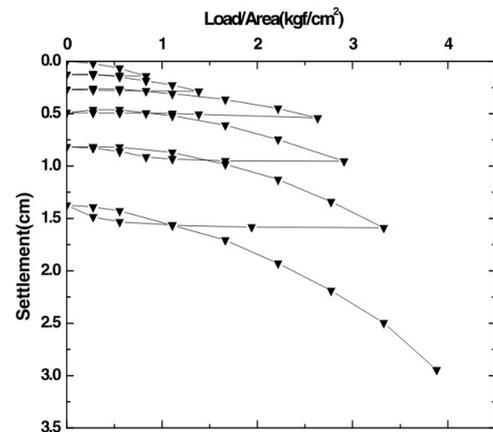
(a) 무보강



(b) 지오그리드 1층 보강



(c) 지오그리드 2층 보강



(d) 지오셀 보강

그림 9. 보강조건에 따른 하중-침하 곡선

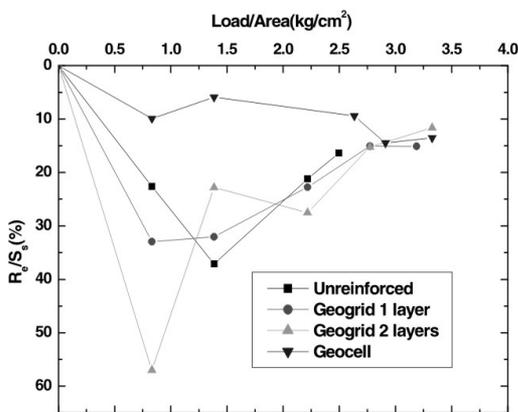


그림 10. 탄성회복율의 변화곡선

설심도와 관계가 있음을 알 수 있다.

또한, 현장 반복평판재하시험을 통한 각 단계별 하중 사이클에서 탄성침하량(S_e)와 지지력(q)의 관계에서 구한 지반계수와 스프링상수는 지오그리드 1층 및 2층 보강의 경우 무보강에 비해 각각 1.5배와 1.6배 증가하는 경향을 보였고, 지오셀 역시 무보강에 비해 2.3배로 가장 크게 증가

하는 것으로 나타났다. 보강재의 탄성회복율 분석 결과, 낮은 하중강도에서는 지오그리드의 강성으로 인하여, 지오그리드 보강지반의 탄성 회복율이 무보강 지반에 비하여 크게 나타났으나, 하중강도가 증가함에 따라 탄성회복율은 감소하여 약 15% 정도로 수렴하는 경향을 보였다.

감사의 글

이 논문은 석탑엔지니어링 강신 과장이 인천대학교 대학원 학위과정중 함께 수행한 내용으로 깊은 감사의 마음을 표합니다.

참고문헌

1. Binquet, J., and Lee, K.L. (1975), "Bearing capacity tests on reinforced earth mass", *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol.101, No.GT12, pp.1257-1276.

2. Das, B.M. (1999), *Principles of foundation engineering*, Fourth Edition, PWS-KENT Publishing Company, pp.268-279, 757-759.
3. Das, B.M., Khang, K.H. and Shin, E.C. (1998), "Stabilization of weak clay with strong sand and geogrid at sand-clay interface", *Transportation Research Record*, No.1611.
4. Das, B.M. and Shin, E.C. (1993), "Strip foundation on geogrid-reinforced clay: behavior under cyclic loading", *Geotextiles and Geomembranes*, Vol.13, No.10, pp.657-661.
5. Madhav, M.R. and Pitchumani, N.K. (1992), "Settlement reduction due to extensible reinforcement strip", *Proceedings of The International Symposium on Earth Reinforcement Practice*, Vol.1, pp.631-636.
6. Mhaiskar, S.Y. and Mandal, J.N. (1992), "Comparison of geocell and horizontal inclusion for paved road structure", *Proceedings of The International Symposium on Earth Reinforcement Practice*, Vol.1, pp.641-646.
7. Togol, E. and Dozent, Dr. Eng. (1973), "Bearing capacity by load tests", *Proceedings of The Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol.2, Part 2, pp.231-236.

(논문접수일 2007. 8. 31, 심사완료일 2007. 9. 7)