

보강재 연결 유·무에 따른 보강토옹벽의 보강효과

Improved Effects of Reinforced Wall with Types of Connection Methods

신 은 철*¹

Shin, Eun - Chul

최 찬 용*²

Choi, Chan - Yong

Abstract

The commonly used method to secure the stability of reinforced retaining structure is the reinforcement of backfill with connection attached or unattached to the geogrid type wall. Laboratory model tests for both cases were conducted to investigate the effectiveness of geogrid-reinforcement, length of reinforcement inclusion, failure envelop, and the relationships between the face wall displacement and vertical settlement. The bearing capacity of each case was also determined. According to the model test results, geogrid-reinforced rigid wall is very effective for increasing the bearing capacity and reducing the displacement of retaining wall. The observed sliding line of model test is similar to the theoretical one.

요 지

본 연구에서는 보강토 구조물에 이용되는 지오그리드와 국내에 많이 분포하고 있는 화강풍화토를 대상으로 하여, 보강재의 포설깊이가 동일한 상태에서 보강재의 길이를 벽체높이의 0.465배, 0.685배, 0.9배로 설치하여 보강재가 전면벽체에 정착된 경우와 비정착된 경우에 대하여 모형실험을 실시하였다. 모형실험결과, 정착된 경우에는 보강재의 길이가 증가함에 따라 지지력은 무보강인 경우 보다 약 1.725~2.1배 증가함을 알 수 있었으며, 침하량도 약 20%이상의 감소율을 보였다. 전면벽체의 최대 수평변위량은 무보강에 비해 약 80%이상의 감소율을 보였다. 비정착된 경우에도 무보강인 경우보다 지지력이 약 1.7배이상 증가하였으며, 전면벽체의 최대 수평변위는 약 50%이상 감소하였다. 모형실험을 통해 고찰한 파괴면은 Schlosser 등(1979)의 연구결과와 유사하게 나타났다.

Keywords : Geogrid-reinforced wall, Bearing capacity, Displacement, Sliding line

*1 정희원, 시립인천대학교 공과대학 토목공학과 조교수

*2 한국철도기술연구원 시설연구부, 연구원

1. 서 론

보강토공법은 보강재를 토체내에 포설하여 흙과 보강재간의 마찰력에 의하여 저항지반에 전달함으로써 흙의 역학적 강도를 증대시키는 공법이다. 본 공법은 일반옹벽에 비해 경제적 장점과 전면벽체의 수려한 외관 및 시공의 간편성으로 인하여 전세계적으로 보강토 구조물의 건설이 날로 증가하고 있는 실정이다. 지오텍스타일, 지오그리드, 띠형 도금 철판 등이 사용되고 있는데, 최근에는 지오그리드가 가장 많이 사용되고 있다. 지오그리드의 기능은 분리기능, 상호결속기능, 보강기능이 있으며, 최근에는 사면안정이나 도로의 보강용등 여러 시공현장에서 널리 이용되고 있다.

그러나, 국내에서는 이러한 보강토공법이 우수함에도 불구하고 선진외국에 비해 연구가 매우 부진한 실정이다. 기존에 시공되어져 오고 있는 보강토옹벽은 보강재가 벽체에 연결되어 시공하고 있는 것이며, 보강재를 벽체와 분리하여 시공한 경우나 그것에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 보강재를 전면판에 연결한 경우에는 벽체에 연결부분의 시공이 기술적으로 어려울 뿐만 아니라 보강토옹벽의 뒷채움흙을 다짐을 할 때 손상될 우려가 있다.

그러므로 뒷채움흙을 다질 때는 매우 숙련된 기술과 상당한 주의를 기울여야 한다. 그러나 보강재가 연결되지 않는 경우에는 이러한 시공상의 문제점을 어려움 없이 해결할 수 있다. 이러한 비정착식 보강토옹벽에 관한 연구는 Hausmann & Lee(1978), Talwar(1981)에 의하여 비정착된 보강재의 효과를 모형실험을 통해 관찰하였으며, 이후 1992년 Saran, Grag & Bhandayi의 비정착된 스트립이나 매트형식의 보강재가 있는 강성옹벽에 관한 이론적해석을 극한평형법으로 접근 해석하였다.

국내에서는 한경제 등(1996)이 모형실험을

통해 무보강된 경우보다 전도모멘트가 감소하는 것을 관찰하였다. 따라서 본 연구에서는 1차적으로 보강재의 길이를 다르게 하여 보강재의 길이를 Schlosser 등(1978)이 제안한 변형영역과 인장영역까지 보강재의 길이를 벽체높이의 0.465배, 0.685배, 0.9배로 설치하여 보강효과를 규명하여 보았다. 최적의 보강재 길이를 검토하여 전면벽체에 정착과 비정착의 보강효과를 실내모형시험을 통하여 이론적인 파괴면과 실제 실내모형실험을 한 파괴면을 관찰하여 이론치와 실험치를 비교하였다. 보강토옹벽에서 가장 많이 사용되고 있는 지오그리드와 국내에 널리 분포되고 있는 화강풍화토를 대상으로 실내모형실험을 수행하였다.

2. 실내모형실험

2.1 모형지반의 기본물성

실내모형 보강토옹벽 및 뒷채움재료는 현재 국내현장에서 많이 사용하고 있는 세립분이 함유한 화강풍화토를 사용하였다. 화강풍화토의 기본 물성치는 표 2.1과 같이 유효입경이 0.13mm, 균등계수 13.05, 곡률계수 1.607, 200번체 통과량이 29.1%로 통일분류법에 의거하면 SC-SM로 분류된다. 그림 2.1과 그림 2.2는 화강풍화토의 입도분포곡선과 다짐곡선을 나타내었다.

표 2.1 화강풍화토의 공학적 특성

유효입경(mm)	0.13
균등계수(C_u)	13.05
곡률계수(C_c)	1.607
200번체 통과량(%)	29.1
최대전조단위중량(γ_{dmax} , g/cm ³)	1.881
최적 함수비(w_{opt} , %)	12.47
흙의 분류(통일분류법)	SC-SM

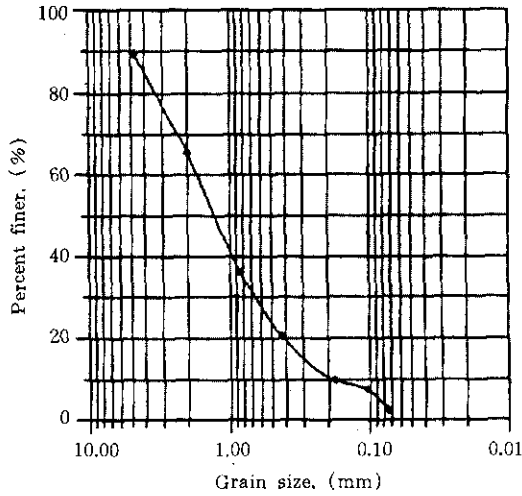


그림 2.1 화강풍화토의 입도분포곡선

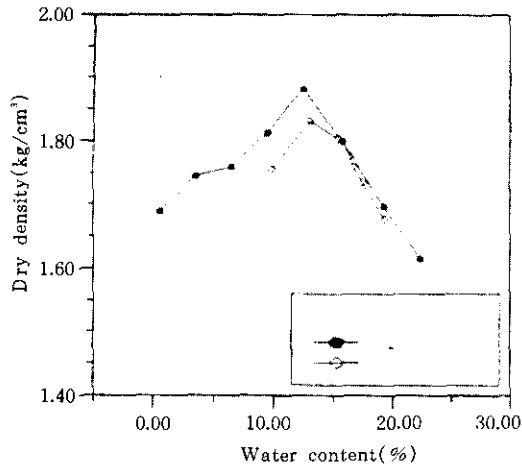


그림 2.2 화강풍화토의 다짐곡선

2.2 실내모형실험

모형실험에서 사용된 토조의 크기는 높이 70cm, 폭 70cm, 길이 90cm이고, 전면벽체는 13mm합판을 2장 겹쳐서 강성벽체가 되도록 제작하였다. 토조의 4면을 강재앵글로 3단 보강하여 휨 변형을 억제하도록 하였다. 전면부는 두께 2cm의 plexiglass를 사용하여 내부관측이 용이하도록 하였으며, 하중재하는 50ton

까지 재하할 수 있는 평판재하시험기를 사용하여 하중을 재하하였다. 보강재는 고밀도 폴리에틸렌을 일방향으로 열연신하여 제조한 Geogrid제품(Tensar Geogrid SR55)으로 그 형상은 그림 2.3에 보인 바와 같고 그리드의 물리적 특성은 표 2.2에 요약하였다.

표 2.2 보강재의 물리적 특성

재질	고밀도 폴리에틸렌
단위중량	0.5kg/m ²
Q.C 강도	5.61t/m
특성강도(설계수명)	2.09t/m

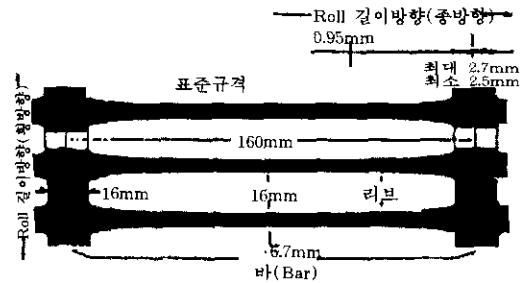


그림 2.3 보강재의 형상

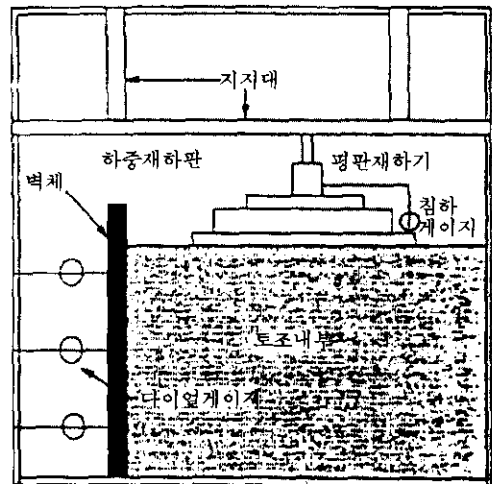


그림 2.4 실험장비 모식도

2.3 실내모형실험 방법

연결재를 전면벽체에 정착시켰을 경우와 비정착하였을 경우에 대하여 보강재 길이변화에 따른 보강효과를 파악하기 위하여 여러 가지 실내모형실험을 실시하였다. 균일한 지반을 조성하기 위하여 예비실험에서 구한 다짐실험 결과로 최대건조단위중량의 90% 이상으로 맞추어 지반을 조성하였다. 보강재는 벽체 상단부로부터 25cm, 50cm 위치에 각각 포설하였다. 지반조성은 직경 30cm인 진동다짐기에 의하여 다졌으며, 화강풍화토 색사를 설치함으로써 파괴시 토조의 전면에 설치된 아크릴을 통해 파괴면을 관찰할 수 있었다. 한편 전면벽체의 변위를 관찰하기 위하여 그림 2.4와 같이 상·중·하 세부분에 다이얼 게이지를 설치하여 전면벽체의 수평변위를 측정하였다. 본 연구에 수행된 보강토옹벽의 실험을 요약하면 표 2.3과 같다.

표 2.3 보강토옹벽의 실내모형실험요약

실험방법	보강재의 길이	보강재수	실험명칭
비정착	0.465H	2개	Case 1
	0.685H	2개	Case 2
	0.900H	2개	Case 3
정착	0.465H	2개	Case 4
	0.685H	2개	Case 5
	0.900H	2개	Case 6

3. 실험결과 및 분석

3.1 하중별 전면벽체의 수평변위

하중단계별 전면벽체의 수평변위는 그림 3.1과 그림 3.2에 나타내었다. 비정착된 경우에는 보강재의 길이에 상관없이 상단부에서 수평변위가 가장 크게 발생하였으며, Case 1과 Case 2의 경우에는 무보강인 경우와 비슷한 하중단계 0.98kg/cm²에서 변위량이 급격하게 증가하였다.

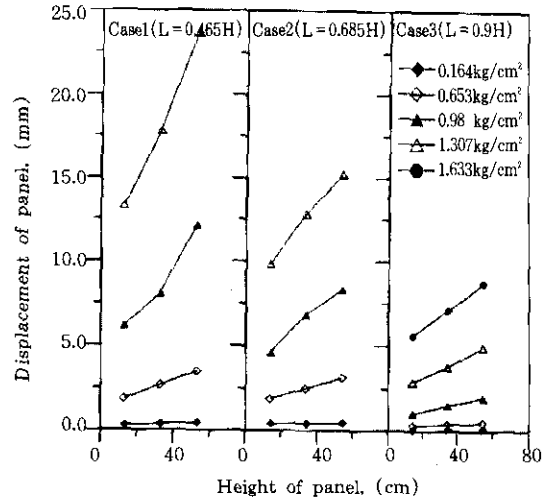


그림 3.1 비정착된 경우 하중단계별 전면판의 변위

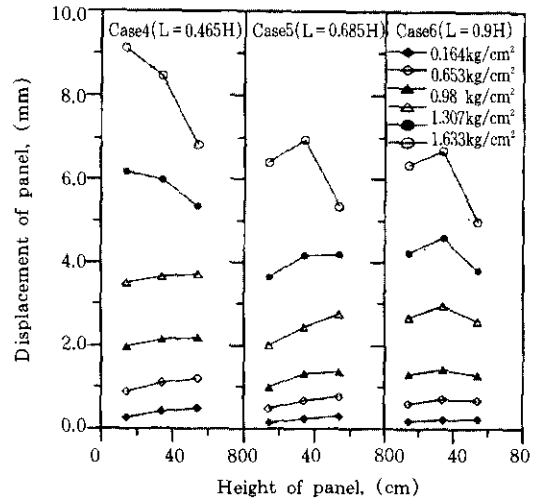


그림 3.2 정착된 경우 하중단계별 전면판의 변위

Case 3의 경우는 하중단계 1.307kg/cm²부터 전면벽체의 수평변위가 차츰차츰 증가하여 최종하중단계인 1.633kg/cm² 하중단계에서 파괴점을 관찰할 수 있었다. 연결재를 전면벽체와 연결한 경우 하중단계별 전면벽체의 변위는 전반적으로 하중단계가 증가함에 따라 전면벽체의 변위가 중앙부분에서 가장 큰 변

위를 발생시키는 것을 관찰하였다. 정착된 경우 하중단계가 $1.98\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 비정착된 경우보다 4단계나 많은 하중단계에서 파괴면이 형성되었다. Case 4의 경우 하중이 $1.307\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지는 상단부의 변위가 가장 크게 관측되었으나, 이후 하중단계에서는 상단변위의 감소를 보이며, 하단과 중앙부분의 변위가 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있었다. Case 5의 경우에는 하중단계가 $1.633\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서부터 전면벽체의 변위가 중앙부분에서 가장 크게 발생하는 것을 볼 수 있었다. 이는 연결재에 의하여 상단부의 연결재가 고정 역할을 하여 변위를 감소시키고, 중앙부분의 토압이 증가함에 따라 전면벽체의 변위가 중앙부분에서 크게 발생된 것으로 판단된다. 전면벽체의 최대 수평변위량은 Case 4가 가장 많은 변위를 나타내었고 Case 5와 Case 6은 거의 유사한 변위량을 보였다. 이는 보강재의 길이가 $0.6H$ 이상이 되었을 경우 전면벽체의 변위가 감소하는 것을 알 수 있었다.

3.2 전면벽체 상단의 수평변위와 침하량

그림 3.3에서와 같이 무보강인 경우와 연결재를 전면벽체에 연결하지 않고 보강재의 길이를 변화시켜 벽체상단의 수평변위와 침하량 관계를 나타내었다. 초기에는 침하에 비해 전면판의 변위가 적게 발생하였으나, 5mm 정도의 침하이후에는 전면벽체의 변위가 갑자기 많이 증가하는 것을 볼 수 있다. 보강재의 길이가 증가함에 따라 전면벽체의 변위가 적게 발생하였으나 보강재의 길이가 $0.465H$ 인 경우에는 거의 무보강인 경우와 비슷한 곡선의 모양을 하고 있다. 그림 3.3으로부터 침하가 7.5mm 발생하였을 때 전면벽체의 변위 감소량은 무보강에 비해 각각 5.55% , 33.3% , 66.7% 로 보강재의 길이가 증가함에 따라 전면판의 변위가 감소하는 것을 볼 수 있다. 그림 3.4에서와 같이 연결재를 연결하여 보강재의 길이변화별 침하와 상단변위관계곡선을

나타내었다. 하중단계는 $0.164\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 하중을 재하하였다. 침하가 증가함에 따라 전면판의 변위는 이에 비례하여 증가함을 알 수 있다. 즉 작은 하중단계에서는 상단부의 변위가 보강재의 길이에 관계없이 거의 유사하게 나타나지만 하중단계가 증가함에 따라 보강재의 길이가 증가함에 따라 상단부의 변위가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 하중단계가 클수록 침하의 변화정도가 완만하게 변화하는 것을 볼 수 있다. 그림 3.4로부터, 정착시 침하가 10mm 발생하였을 때 무보강인 경우보다 전면판의 변위의 감소량은 각각 58.1% , 63.3% , 69.8% 로 보강재의 길이가 증가함에 따라 전면판의 변위가 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

비정착인 경우 전면벽체의 변위감소량은 그림 3.5에서 나타내었다. 보강재의 길이가 증가함에 따라 전면벽체의 변위감소량은 크게 나타났다. Case 1과 Case 2에서는 초기하중단계에서 $10\sim 40\%$ 정도의 변위감소량을 보이다가, 하중이 증가함에 따라 변위감소량이 무보강과 비슷한 변위를 발생시켰다. 보강재의 길이가 $0.9H$ 인 Case 3의 경우 무보강인 경우와 비교하여 초기에 약 $57\sim 85\%$ 정도의 변위감소량을 보이는 것을 관찰할 수 있었으며, 하중단계가 증가하여도 전면벽체의 변위감소량은 80% 정도의 감소량이 일정한 값을 나타내었다. 하중단계 $1.143\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 Case 1과 비교하여 보면 전면벽체의 감소량이 80% 정도로 나타내었다. 그림 3.6에서는 정착식 모형실험의 경우 전면벽체의 변위감소량을 나타내었다. Case 4와 Case 5인 경우에는 초기하중단계시 상단, 중앙, 하단의 변위감소량은 $20\sim 60\%$ 의 감소량이 있었으나, 하중단계가 증가함에 따라 무보강에 비해 약 $70\sim 80\%$ 의 변위감소량을 보이고 있다. 보강재의 길이가 $0.9H$ 인 Case 6인 경우 초기하중단계에서는 Case 5와 비슷한 감소량을 보였지만 하중이 증가함에 따라 무보강인 경우보다 최대 88% 까지 전면벽체의 변위가 감소하는 것을 볼 수 있

다. 하중단계 1.143kg/cm² 이후 하중단계부터 Case 4와 비교해 볼 때 18~45% 정도의 변위 감소량을 나타내었다. 보강재의 길이가 0.465H보다 클 경우 전면벽체의 변위를 약 80% 정도 감소시킬 수 있었다.

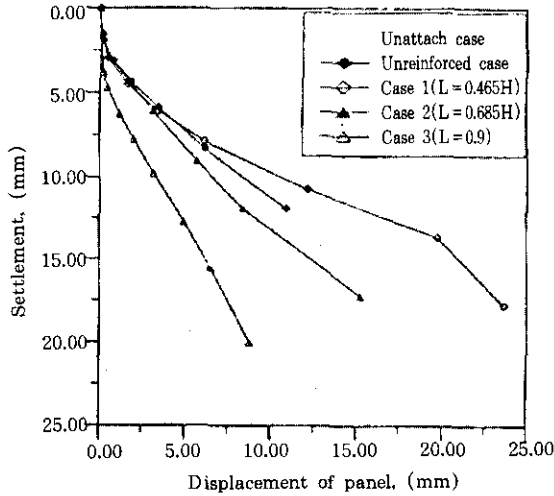


그림 3.3 비정착시 상단의 수평변위와 침하량

3.3 하중-침하에 대한 거동분석

하중-침하의 관계곡선으로부터 지반의 극한 지지력과 지반반력계수를 구하였다. 표 3.1은 실험종류별 극한지지력값을 나타내었다.

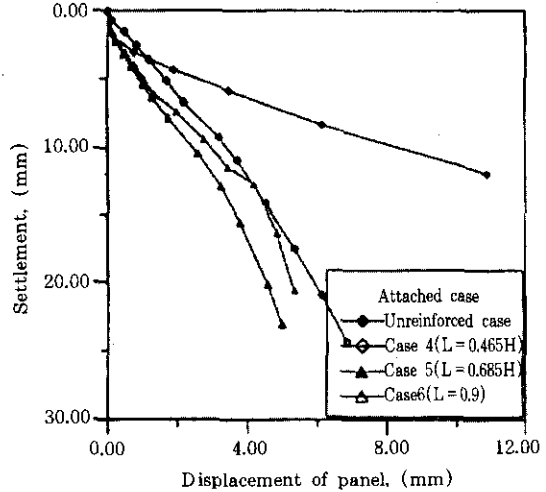


그림 3.4 정착시 상단의 수평변위와 침하량

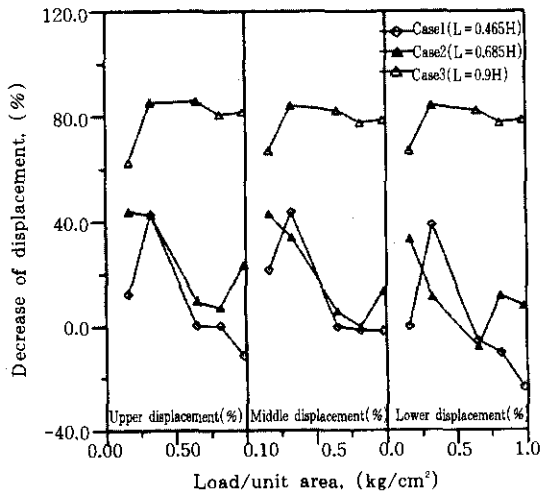


그림 3.5 비정착시 벽체의 수평변위 감소량

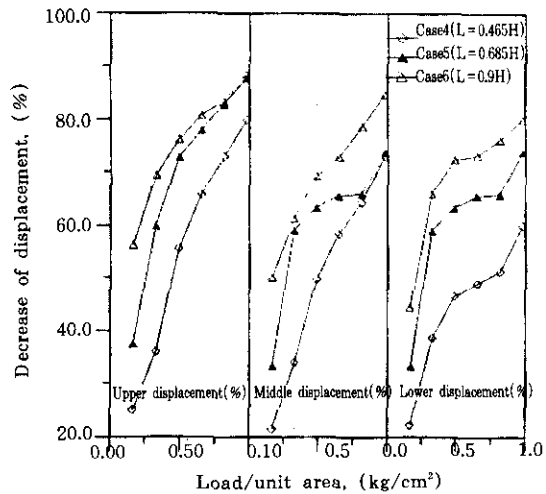


그림 3.6 정착시 벽체의 수평변위 감소량

표 3.1에서와 같이 보강재의 길이가 증가함에 따라 무보강인 경우에 비하여 약 1.737배의 극한지지력의 증가를 보였으며, 정착된 경우에도 보강재의 길이가 증가함에 따라 각각 BCR_u 값이 1.725, 1.931, 2.181로 증가하는 것을 볼 수 있다. 실험종류별 BCR_u 값의 증가정도를 그림 3.7에 나타내었다. BCR_u 는 아래의 식 3.1과 같다.

$$BCR_u = \frac{BCR_{Reinforced}}{BCR_{Unreinforced}} \quad (1)$$

표 3.1 실험종류별 극한지지력과 지반반력계수

실험종류	극한하중 (kg)	침하량 (cm)	극한지지력 (kg/cm ²)	K_{con}	K_{mp}	BCR_u	0.33kg/cm ²		비고
							침하량(cm)	S_m/S_o	
무보강	2,850	0.50	0.950	0.960	1.080	1.000	0.310	1.000	비정착
Case 1	3,450	0.65	1.150	0.016	1.060	1.211	0.295	0.951	0.464H
Case 2	3,750	0.69	1.250	1.296	1.156	1.316	0.274	0.884	0.685H
Case 3	4,950	0.69	1.650	1.280	1.320	1.737	0.247	0.797	0.900H
Case 4	4,918	0.68	1.639	1.280	1.480	1.725	0.261	0.842	0.464H
Case 5	5,500	0.58	1.834	1.320	1.560	1.931	0.236	0.761	0.685H
Case 6	6,215	0.87	2.072	1.120	1.360	2.181	0.221	0.713	0.900H

* 일반적으로 도로에 적용할 때 콘크리트 포장인 경우(k_{con}) 침하량 $s=0.125cm$ 일때, 아스팔트포장 (k_{mp})인 경우 침하량 $s=0.25cm$ 일 때 적용함.

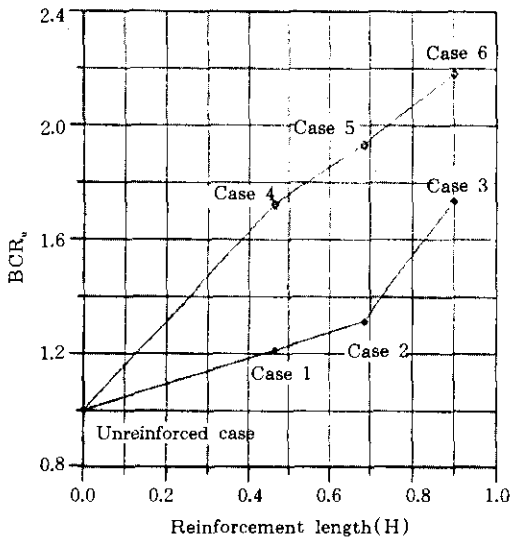


그림 3.7 실험종류별 극한지지력

또한 하중과 침하곡선에서 탄성한계값인 $0.33kg/cm^2$ 일 때 침하량을 계산해 본 결과 무보강인 경우를 S_o 라 하고, 보강재에 보강되었을 경우를 S_m 으로 계산하여 침하량비(S_m/S_o)를 구하였다.

그림 3.8에서 나타난 것과 같이 비정착인 경우 무보강인 경우에 비해 보강재의 길이가 증가함에 따라 침하량비가 감소하였고, 보강재의 길이가 $0.6H$ 이상일 때 침하량의 변화가 매우 급격하게 변화하는 것을 볼 수 있다. 이

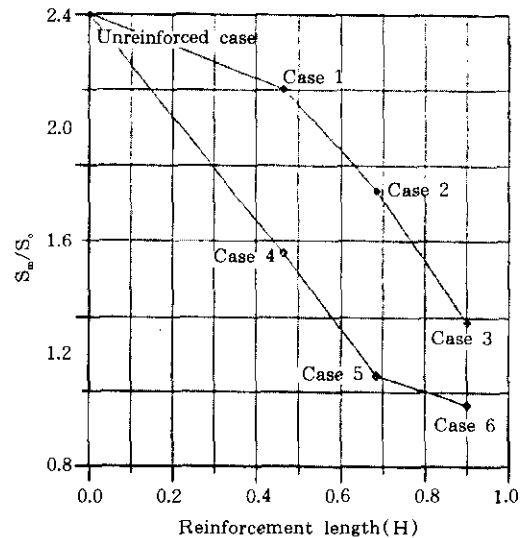


그림 3.8 침하량의 변화곡선

결과로 보강재의 길이가 0.6H 보다 큰 경우 보강효과가 있는 것으로 판단된다. Case 별 침하량의 감소율은 약 4.87%, 11.61%, 20.32%로 보강재의 길이가 증가함에 따라 감소량은 약 10~20%의 침하량 감소량이 미소하지만 어느정도 보강재의 길이에 따라 침하량이 변화하는 것을 관찰 할 수 있었다. 정착된 실험에서 침하감소량은 보강재의 길이가 0.6H 이상일 때 침하량의 변화가 매우 급격하게 변화하는 것을 볼 수 있으며, Case 5와 Case 6은 미세한 변화를 볼 수 있다. Case별 침하량의 감소율은 약 15.8%, 23.9%, 28.71%로 보강재의 길이가 증가함에 따라 감소량은 약 24~29%의 침하량의 감소가 있음을 실험을 통해 관찰할 수 있었다.

3.4 파괴형상

비정착과 정착된 경우 모두 전반적인 파괴형상은 그림 3.9, 그림 3.10에서와 같이 보강재의 길이가 증가함에 따라 상단부의 파괴점의 위치는 벽체 가까이 형성되는 것을 관찰 할 수 있으며, 파괴형상은 하단부에서는 보강재의 길이변화에 따라 파괴점의 위치가 불규칙으로 형성되면서, 옹벽의 하단부로부터 높이 약 0.6H지점에서 옹벽상부까지 파괴면은 역직선 형태로 나타났다.

이 결과는 Schlosser 등(1979)이 제시한 벽체높이 0.5H보다 다소 윗쪽에서 형성되었지만 어느정도 이론과 유사하게 파괴면이 형성되었다. 표 3.2은 보강재의 길이별 하단부 흩지부분에 직선으로 가상선을 연결하였을 경

표 3.1 실험종류별 극한지지력과 지반반력계수

벽체높이 실험종류	10cm	13cm	23cm	33cm	43cm	53cm	63cm	70cm	상단부 파괴지점
무보강	17.74°	21.04°	27.55°	25.87°	29.17°	26.57°	23.58°	21.80°	0.400H
Case 1	-	21.04°	29.48°	28.61°	26.03°	21.61°	18.84°	17.45°	0.314H
Case 2	26.57°	26.57°	19.18°	23.72°	22.71°	19.72°	15.95°	15.19°	0.271H
Case 3	5.71°	8.75°	7.92°	10.30°	12.46°	11.41°	10.78°	8.13°	0.42H
Case 4	17.22°	21.04°	25.54°	19.98°	19.23°	18.76°	16.78°	15.34°	0.274H
Case 5	11.31°	17.10°	14.62°	13.63°	14.35°	13.78°	12.53°	11.31°	0.200H
Case 6	10.20°	7.88°	7.43°	7.77°	8.34°	10.48°	9.90°	8.53°	0.150H

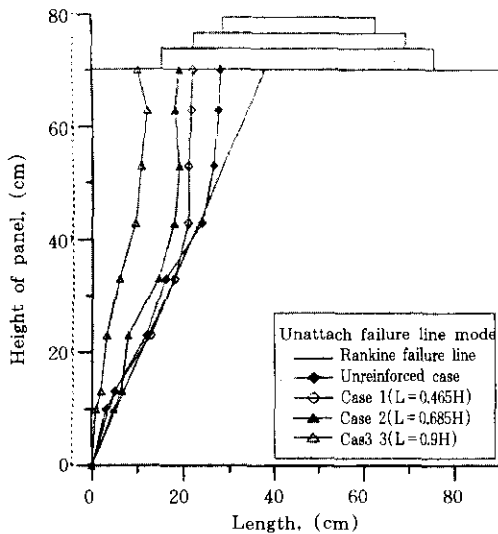


그림 3.9 비정착시의 파괴형상

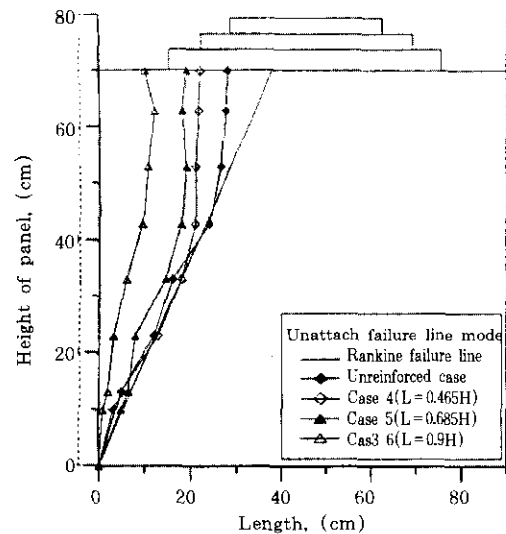


그림 3.10 정착시의 파괴형상

우 각 지점간 파괴각을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 연결재를 보강토 전면판에 연결시킨 경우와 연결하지 않은 경우에 대하여 보강효과를 알기 위하여 보강재의 길이를 변화시켜가며 다양한 조건하에 모형실험을 실시하였으며, 그 결과를 Schlosser 등(1979)의 연구결과와 비교하였다. 본 연구를 통하여 제시된 주요 결론은 다음과 같다.

1. 보강재가 비정착인 보강토옹벽 뒷채움의 극한지지력은 비보강옹벽에 비하여 보강재길이에 따라 1.20~1.74배로 증가되었으며, 이에 상응하는 침하량의 감소정도는 약 10~20%인 것으로 나타났다.
2. 정착된 보강토옹벽의 경우 무보강인 옹벽에 비해 약 1.4배의 배면 상재하중을 더 가하였을 경우 파괴가 일어났으며, 지지력의 증가는 1.73~2.18배로 무보강인 경우보다 약 2배에 가까운 지지력의 증가를 나타내었다.
3. 정착된 보강토옹벽의 경우 보강재의 길이가 증가함에 따라 침하량의 감소율은 24~29%정도 감소하였으며, 전면판의 최대 수평변위는 무보강인 경우에 비해 약 80%이상 감소하였고, 비정착된 경우보다는 50%이상 감소하였다. 따라서 정착된 보강토옹벽은 비정착된 경우보다 보강효과가 우수함을 알 수 있다.
4. 비정착과 정착된 보강토옹벽의 보강재의 길이는 최소 0.6H 이상으로 하였을 경우 보강효과가 무보강인 경우보다 크게 나타남을 관찰 할 수 있다.
5. 비정착된 경우와 정착된 경우 모두 보강재의 길이가 증가함에 따라 파괴면이 벽체 가까이 형성되며, 상단부 파괴지점은 높이에 0.4H이내에 형성되었다.
6. 비정착된 경우 전면판의 수평변위는 하

중이 증가함에 따라 상단부의 변위가 가장 크게 발생하였고, 하단부가 가장 적게 변위가 발생하였다. 반면 정착된 경우 전면판의 변위는 중앙부에서 가장 큰 변위가 발생하였다.

7. 비정착된 경우 침하가 7.5mm발생하였을 때 무보강인 경우보다 전면판의 변위의 감소량은 각각 5.55%, 33.3%, 66.7%로 보강재의 길이가 증가함에 따라 전면판의 변위가 감소하였다.
8. 정착된 경우 침하가 10mm발생하였을 경우 무보강인 경우보다 전면판의 변위의 감소량은 각각 58.1%, 63.3%, 69.8%로 보강재의 길이가 증가함에 따라 전면판의 변위가 감소하였다.

참 고 문 헌

1. 건설부 국립건설연구소(1981), "81 보강토 공법연구", 건설연구소 자료, pp. 73~121.
2. 김상규, 이은수(1996), "보강토 구조물 뒷채움 재료로서 화강풍화토의 적용성", 한국지반공학회지, Vol. 12, No. 1, pp. 60~68.
3. 신광식, 도덕현, 강창구(1980), "보강토 공법연구", 국립건설연구소 연구자료, No. 402, pp. 123~169.
4. 이은수(1985), "보강토 공법의 경제성 연구", 동국대 석사학위 논문, pp. 14~42.
5. 한국건설기술연구원(1995), "Geotextile 및 보강토 공법에 관한 연구", 한국건설기술연구원 연구 보고서.
6. 한국도로공사(1989), "보강토 공법", 한국도로공사 기술교재
7. 한경제, 최진오, 김운영, 김명모(1996), "벽체와 분리된 떠보강재를 사용한 역 T형 옹벽의 모형실험", 한국지반공학회 봄 학술발표회 논문집, 한국지반공학회, pp. 47~64.
8. Broms, B.B(1978), Design of Fabric Reinforced Retaining Structures, Proc. Sympo. on Earth Reinforcement, ASCE, pp. 282~303.
9. Hausmann, M.R. and Lee, K.L.(1978), Rigid Model Wall with soil Reinforcement, Proc

- Sympo. on Earth Reinforcement, ASCE*, pp. 400~427.
10. Ingold, T.S.(1982), *Reinforced Earth*, Thomas Telford Ltd., London.
 11. Jones, C.J.F.P.(1985), *Earth Reinforcement and Soil Structures*, Butterworths Co.
 12. Saran, S., Grag, K.G. and Bhandary, R.K.(1992), "Retaining Wall with Reinforced Cohesionless Backfill", *Journal of Geotechnical Engineering ASCE*, Vol. 118, No. 12, pp. 1869~1888.
 13. Schlosser, F. and Elias, V.(1978), "Friction in Reinforced Earth", *Proc. ASCE Symp. Earth Reinforcement*, Pittsburgh, pp. 735~762.
 14. Talwar, D.V.(1981), "Behavior of Reinforced Earth in Retaining Structures and Shallow Foundations", Ph.D Thesis the University of Roorkee, India.
 15. Vidal, H.(1966), *La Terre Armee*, Annales de L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, pp. 888~938.

(접수일자 1998. 4. 21)