

## 수동저항체 및 배수성보강재를 이용한 신보강토공법 시공사례 A Case Study on Earth Reinforced Wall using Passive Resistance with Finer Backfills

이상덕<sup>1)</sup>, Sang-Duk Lee, 박영호<sup>2)</sup>, Young-Ho Park, 박영진<sup>3)</sup>, Young-Jin Park, 안영훈<sup>4)</sup>, Young-Hoon An

<sup>1)</sup>아주대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Eng. Ajou Univ.

<sup>2)</sup>아주대학교 공과대학 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Eng. Ajou Univ.

<sup>3)</sup>코오롱건설 기술연구소 책임연구원, Senior Researcher, Institute of Construction Technology, Kolon Eng. & Const. Co., Ltd.

<sup>4)</sup>코오롱건설 기술연구소 전임연구원, Senior Researcher, Institute of Construction Technology, Kolon Eng. & Const. Co., Ltd.

**개요(SYNOPSIS)** : The benefit of reinforced earth wall is well known and the application to field construction spreads widely. In general, the granular soils are used for backfills and the reinforcements in reinforced earth wall systems derive most of their pullout resistance from friction, and the fine graded soils such as decomposited soils are not able to apply. But the decomposited granite soils are abundant and widely distributed throughout th korea peninsular. so it could reduce the construction cost as an economical backfills.

In this paper, field test were performed to study the behavior of soil retaining walls reinforced with passive resistances and backfilled with fine graded soils such as decomposed granite soils.

**주요어(key word)** : reinforced earth wall, passive resistance, backfills, field test

### 1. 서론

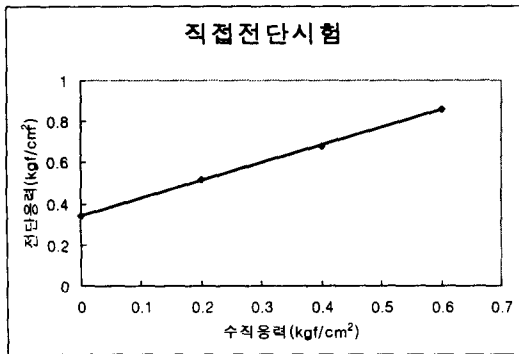
보강토 공법은 지반이 갖고 있는 자체 강성을 최대한으로 활용하며, 보강재라고 하는 인장부재를 이용하여 지반의 인장강도를 보완해주기 때문에, 소량의 보강재를 사용하여 큰 지반 보강 효과를 얻을 수 있는 공법이다. 보강토 공법에서 지반의 보강효과는 보강재와 지반의 마찰저항에 의하여 발휘되기 때문에 마찰 특성이 양호한 사질토를 뒷채움 재료로 사용해야 한다. 그러나 현장 여건상 적절한 뒷채움 재료가 현장부근에 없거나 토취가 곤란할 경우에는 뒷채움재의 확보가 원가상승요인이 되어서 보강토 공법의 장점인 경제성을 살리지 못할 수도 있다. 따라서 현장의 지반을 그대로 뒷채움재로 사용할 수 있는 방안에 대한 요구가 매우 높으며 보강토 공법 분야의 중요한 연구과제로 되어있다. 그러나 현행 지방서는 조립토만을 사용하도록 규정하고 있어 실험적이거나 현장 유용토의 사용을 위한 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 현장 지반이 세립토를 다소 많이 함유하더라도 이를 보강토 옹벽의 뒷채움재로 사용할 수 있는 방안을 강구하기 위하여, 기존의 보강재 대신에 배수성 보강재를 사용하여 뒷채움재내의 배수문제를 해결하고, 수동저항체를 보강재 단부에 장착하여 토공량을 줄이고 안정된 토체를 구축하는 공법을 개발하였다. 또한 수원 ○○동에 위치한 아파트 현장에 본 공법을 시공하고 여러 가지 계측을 수행함으로써 신공법의 안정성과 시공성을 확인하였다.

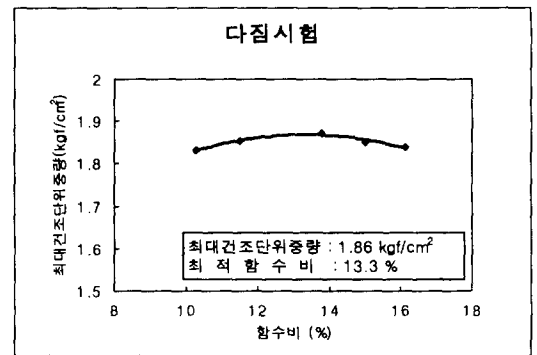
## 2. 현장 시공

### 2.1. 현장 조건

보강토 옹벽의 현장적용연구를 수행하기 위하여 수원 ○○동에 위치한 아파트 현장내 본 구조물 옹벽중의 일부 구간에 대해서 높이 4.0m, 길이 9.0m의 보강토 옹벽을 시공하였다. 지표 및 지중에 토압계, 변위계측기, 스트레인 게이지 등을 포함한 각종 계측장비를 설치하여 현장의 일기변화에 따른 각종 계측값을 측정하여 장기적인 거동 및 안정성을 파악했다. 또한 기초지반 및 성토지반의 기본 물성을 정확히 파악하여 옹벽의 시공에 따른 침하량의 산정 및 지반지지력, 활동, 전도 등 외적안정을 검토하는데 있어 기초자료로 사용하였으며, 실내다짐시험을 수행하여 지반의 최적 함수비 및 최대 건조단위중량을 구하여 성토지반 다짐관리의 기본 자료로 사용하였다. 본 시공에 적용된 흙은 세립분 함유량이 약 22%이고, 기타 주요물성은 아래 그림 1, 그림 2에 나타내었다.



<그림 1.> 현장지반의 직접전단시험결과



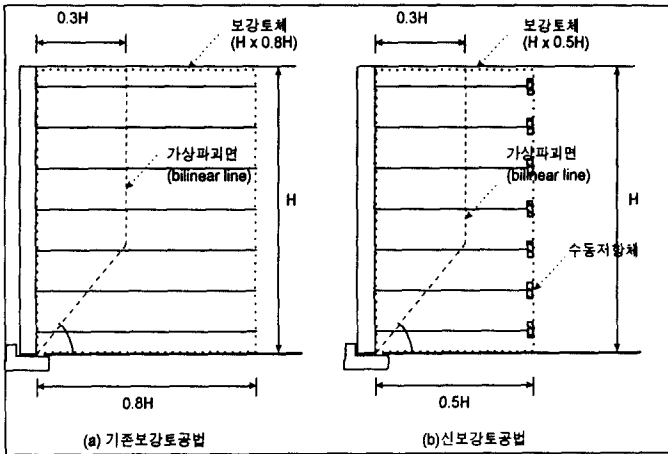
<그림 2.> 현장지반의 다짐시험결과

### 2.2 신보강토공법

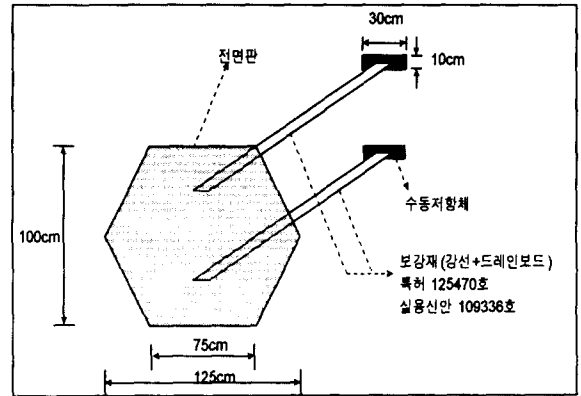
기존의 보강토공법이 가지는 단점들을 보완하기 위하여 개발되어 본 연구에 사용된 신보강토공법의 특징은 크게 수동저항체를 이용한 앵커지지, 보강재의 자체배수기능, 안정성 및 경제성을 들 수 있으며 자세한 사항은 아래 표 1, 그림 3, 그림 4에 나타내었다.

[표 1.] 일반보강토공법과 신보강토공법 비교

구 분	일반보강토공법	신보강토공법
지반보강방법	보강재와 지반간의 마찰저항	수동저항체에 의한 앵커지지
뒷채움재	입도분포가 양호한 사질토 (세립분 함유량 15% 이하)	현장유용토 (세립분 함유량 40% 이하)
배수방식	뒷채움재 자체배수 또는 배수층시공	보강재가 배수기능을 가짐
보강재	-재질: 아연도강판, P.E. strip, geogrid -길이: 0.8 ~ 1.0 H ( H : 옹벽고 )	-재질: 강선(직경 7mm) + 배수재 -길이: 0.5 H ( H : 옹벽고 )
전면판	<십자형패널> 면적 : 2m <sup>2</sup> , 두께 : 20cm, 중량 : 1,000kg	<육각형패널> 면적 : 1m <sup>2</sup> , 두께 : 12cm, 중량 : 300kg



<그림 3.> 보강토공법 단면도



<그림 4.> 신보강토공법 주요자재 간략도

## 2.3 시공, 계측

본 시공은 수원 ○○동 아파트 현장에서 98년 3월 한 달동안 이루어졌으며 계측은 6월까지 진행되었다. 본 공법을 시공하는데 특히 지반의 다짐상태와 함수비를 최적상태로 맞추는데 유의하여 25cm 마다 다짐을 시행하고 보강재는 수직간격 50cm, 수평간격 100cm를 유지하였다. 또한 시공의 편의성을 확보하기 위하여 기존전면판에 비해 약 1/3중량을 갖는 육각전면판을 사용하고, 전면판과 보강재사이의 결합부를 단순화하였으며, 수동저항체사용으로 토공량을 줄여 시공에 걸리는 시간과 비용을 절감하는 방법을 사용하였다.

신보강토공법의 장기적인 안정성을 확인하기 위해 여러부문의 계측을 실시하였다. 실제로 현장에서 발생 가능한 모든 문제점을 확인 할 수 있도록 사전의 예측 가능한 문제발생지점에 적절한 계측기를 설치하여 주기적인 관측을 통하여 옹벽의 안정성을 확인하였다. 본 연구에서는 보강토 옹벽의 장기 거동을 파악하기 위하여 다음의 4가지를 중점적으로 조사하였다.

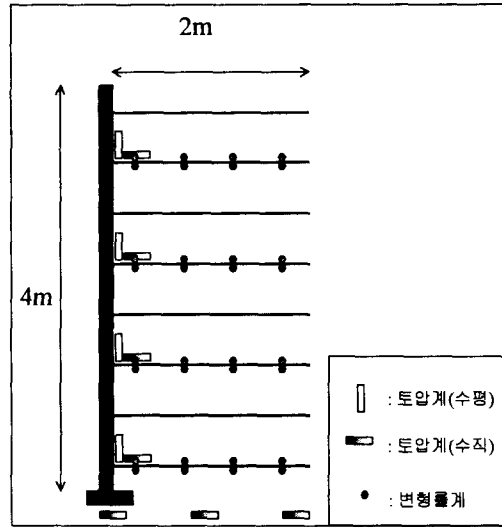
- 1) 전면판변위
- 2) 토압변화
- 3) 보강재 작용 인장력
- 4) 함수비 변화

[표 2.] 사용 계측기의 종류 및 사용목적

사용 계측기	사용목적	설치위치
Strain Gauge	보강재 작용 인장력 및 보강재 내부 변위	보강재 길이 방향으로 설치 (상·하면)
토압계	뒷채움부 저면 및 성토깊이에 따른 토압 분포	저면 : 수직토압계측용 3개 측면 : 전면판작용토압 8개(수평, 수직 각 4개)
광파측정기	벽체의 수직·수평변위측정	전면판 (옹벽중심부)

[표 3.] 보강토시공물성

높이(M)	건조밀도 (t/m <sup>3</sup> )	습윤밀도 (t/m <sup>3</sup> )	상대다짐 도 (%)	함수비 (%)	
				시공시	D+70
0.0	1.670	1.876	91.3	12.3	-
0.25	1.553	1.725	84.9	11.1	-
0.5	1.639	1.860	89.6	13.5	-
1.0	1.689	1.910	92.3	13.1	-
2.0	1.623	1.842	88.7	13.5	14.9
3.0	1.665	1.896	91.0	13.9	13.8
4.0	1.634	1.862	89.3	13.9	13.7



<그림 5.> 계측기 매설위치도

### 3. 계측결과 및 분석

#### 1) 벽체 높이별 벽체의 변위량(그림 10)

완공후 벽체의 변위량은 광파기를 이용하여, 전면판 상부로부터 하부에 이르기까지 1m간격으로 타겟을 설치하여 옹벽시공 완료후 시간경과에 따른 벽체의 움직임을 관찰하였다. 그 결과 2m, 3m 지점에서의 벽체의 변위가 다른쪽보다 크게 나타났으나 큰 변화는 없음을 알수 있다.

#### 2) 토압의 분포(그림 6, 7, 9)

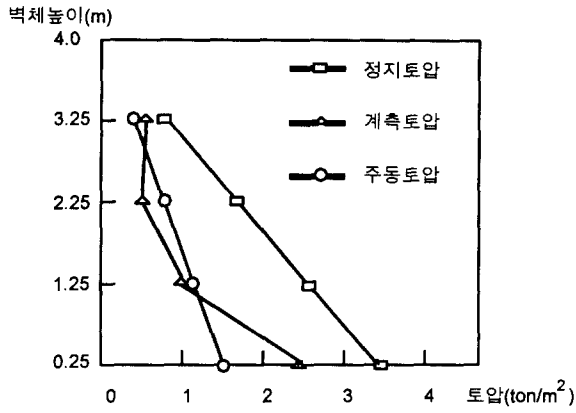
전면판쪽에 설치한 수직토압은 계산된 토압에 비해 다소 작게 측정되었으며, 수평토압 또한 주동토압과 가까운 값을 나타내고 있다. 또한 옹벽 저면의 지지력을 관찰하기 위해서 설치한 3개의 토압계로 토압을 측정된 결과, 기초 아래의 지지력은 전면판쪽에서 멀어질수록 토압이 서서히 감소하는 사다리꼴 분포를 나타낸다.

#### 3) 옹벽높이별 강재에 걸리는 하중의 변화(그림 8)

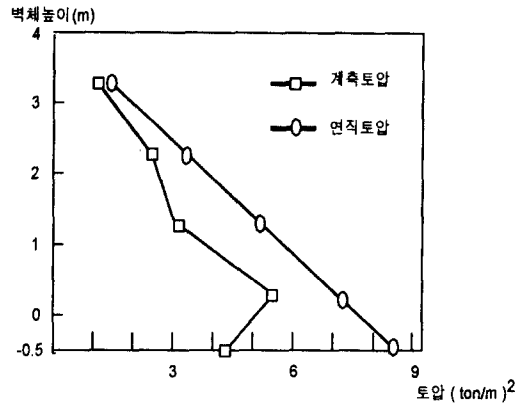
전체적으로 전면판 쪽에서 대부분의 힘을 받는 것을 알 수 있다. 그 중에서도 벽체 중간부분(2m~3m)에서 힘을 많이 받는 것을 알 수 있는데, 이것은 광파기로 측정한 벽체의 변위량과도 유사성을 가진다. 강재에 걸리는 하중의 최대값은 약 1000kg이고 강재의 최대인장강도는 약 5000kg이므로 인장파괴에 대해서 안정성을 가진다. 또한, 시공후 강재에 작용하는 부재력은 거의 변화가 없으므로 본 옹벽의 내적안정은 문제가 없다고 판단된다.

#### 4) 함수비(표 3)

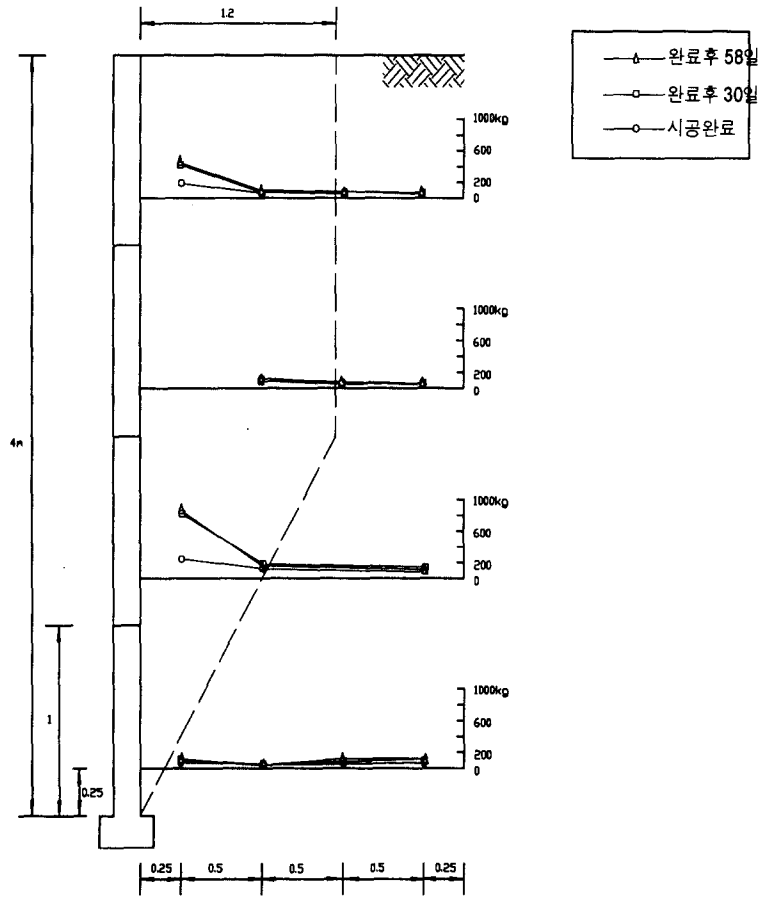
시공시에 측정된 함수비와 일정기간이 지난후의 함수비를 보면, 하부의 함수비가 조금 증가하였다. 이는 시공이후의 잦은 강우로인하여 옹벽기초부에 자연배수토가 생겨 옹벽 밑부분이 포화되었기 때문이라고 생각된다. 그리고 포화된 하단의 영향을 받지 않는 상단부는 함수비의 변화를 거의 보이지 않았는데, 이는 포화된 하단의 영향을 받지않는 상단에서는 침투가 거의 발생하지 않았고, 적은 양이기는 하나 보강재의 배수기능이 발휘된 것으로 판단된다.



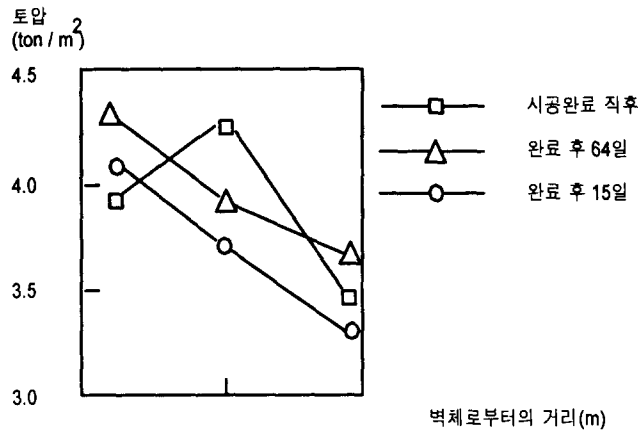
<그림 6.> 벽체 높이에 따른 수평토압



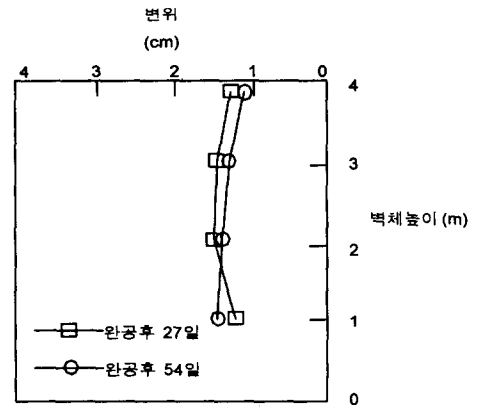
<그림 7.> 벽체 높이에 따른 수직토압



<그림 8.> 시공높이별 보강재에 걸리는 하중의 변화



<그림 9.> 기초아래의 지지력 분포도



<그림 10.> 벽체 높이별 변위량

#### 4. 결론

보강토공법의 적용성확대와 경제성, 안정성을 높이기 위해 수행된 시공사례연구의 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 수동저항체를 채용하면 보강재의 길이를 옹벽고의 1/2 길이로 시공하고, 뒷채움재가 충분한 마찰력을 가지지 않더라도 안전한 보강토구조물을 세울수 있으며, 또한 토공량 감소로 인하여 시공이 빨라지는 장점을 가진다.
- 2) 보강재가 자체적으로 배수기능을 갖게 하면, 보강토체내에 침투한 물로 인한 토체강도 저하를 막을 수 있으므로 배수기능이 떨어지나 자립성이 우수한 세립분을 포함하는 현장토를 뒷채움재로 사용할수 있다.
- 3) 일반옹벽에 비해 여러 가지 장점을 가지는 보강토공법을 발전시키기 위하여 시공성과 안정성을 향상시키는 연구가 계속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

#### 5. 참고문헌

1. 이상덕, "전문가를 위한 기초공학", 엔지니어스, PP. 132~136, 1996
2. 토목섬유 보강토 구조물의 합리적인 해석과 설계, 한국건설기술연구원, 1995
3. Colin J.F.P Jones, "Earth Reinforcement & Soil Structures", Thomas Telford, PP. 48, 73~76, 1996
4. 건설부 국립건설연구소, "81 보강토공법 연구". 건설연구소 자료, No. 421, 1981. 12
5. 배수성 보강재를 이용한 신 보강토공법의 개발에 관한 연구, 아주대학교 토목기술연구센터, 1996
6. Iones, C., "Earth Reinforcement and Soil Structures", Butterworths, London, 1985