

## 보강토의 시공중 거동 평가

### Behavior of a Reinforced Retaining Wall During Construction

노 한성<sup>1)</sup>, Han-Sung Roh, 최 영철<sup>1)</sup>, Young-Chul Choi, 백 종은<sup>2)</sup>, Jong-Eun Baek, 김 영남<sup>3)</sup>, Young-Nam Kim

<sup>1)</sup> 한국도로공사 도로연구소 책임연구원, Chief Researcher, HRC, Korea Highway Corporation.

<sup>2)</sup> 한국도로공사 도로연구소 연구원, Researcher, HRC, Korea Highway Corporation.

<sup>3)</sup> 동아기술공사 전무, Managing Director, Dong-A Engineering Company Ltd.

SYNOPSIS : When compared with conventional retaining wall system, there are many advantages to reinforced soil such as cost effectiveness, flexibility and so on. The use of reinforced soil have been increased in the last 17 years in Korea. In this study, a full-scale reinforced soil with rigid facing were constructed to investigate the behavior of reinforcing system. The results of soil pressure and strain of reinforcement during construction are described. The influence of compaction on soil pressure and strain of reinforcement is addressed. The results show that lateral earth pressures on the wall are active state during backfill. It is obtained that the lateral soil pressure depends on the installation condition of pressure cell and construction condition. It is also observed that maximum tensile strains of reinforcement are located on 50cm to 150cm from the wall. Long-term measurement will be followed to verify the design assumptions with respect to the distribution of lateral stress in the reinforcement

Key words : Reinforced soil, Compaction, Soil pressure, Tensile strain.

## 1. 서론

인장보강재를 사용하여 토괴의 안정성을 증가시키는 보강토 공법은 직접적으로 토질강도정수인 점착력(c)과 내부마찰각( $\phi$ )을 증가시키는 타 지반개량공법과는 달리 보강재의 전단면에 작용하는 연직응력의 증가에 의한 전단강도의 증가와 작용 전단력의 감소에 의한 안전율 증가를 목적으로 한다. 이와 같은 보강토 공법은 제 외국에서의 적용실적을 바탕으로 탁월한 경제성과 토류구조물의 내진성이 우수하여 국내에서도 주요 건설현장을 중심으로 적용실적이 꾸준한 증가 추세에 있다. 특히, 지오그리드를 보강재로 사용하는 보강토 공법에서는 흙의 변형에 따라 보강재와 흙사이에 전단응력이 발생하고 그 결과 보강재에 인장응력이 발생한다. 따라서 보강토의 메카니즘은 보강토 내부의 변형율을 사용하여 접근하고 있으나, 실무에서 안정해석은 변형율을 사용하지 않는 정역학 중심으로 접근하고 있다.

따라서 보강토 공법에 대한 메카니즘의 해명을 위해서는 시공단계별 거동을 관측할 필요가 있으나, 국내에서 보강토 계측에 대한 예는 그다지 많지 않다. 본 연구에서는 고속도로 현장에 적용된 강성벽체를 가지는 보강토 공법의 시공중 거동에 대하여 계측결과를 중심으로 고찰을 실시하였다.

## 2. 시험시공

### 2.1 강성벽체보강토공법 개요

흙의 효율적인 이용을 목표로 여러 가지 보강토 신공법이 개발 적용 중에 있으나, 기존의 약한 강성을 가지는 벽체의 강성을 높인 대표적인 보강토공법에는 GRS-RW (Geosynthetic Reinforced Soil Retaining Wall with Rigid Facing, Tatsuoka et al. 1994)이 있다. 본 공법은 일본 동경대학교와 일본 철도 연구소가 공동으로 개발한 공법으로 벽체와 보강성토층을 일체식으로 하여 강성벽체를 형성하는 공법으로 안정성이 우수해 중요구조물에 대한 활용성이 뛰어난 것으로 평가받고 있다. 즉, 보강토 구간에 강성의 벽체를 형성함으로써 보강성토층의 강도, 변형성, 내진성이 기존의 보강토 공법에 비하여 매우 우수하다. 시공은 흙과 보강재만으로 연직벽면을 가지는 성토를 건설하고 성토완료후의 지지지의 변형과 성토 자중에 의한 변형이 안정된 후에 콘크리트 벽면을 형성하는 공법이다. 따라서 조립식 보강토공법의 공통적인 약점인 시공중의 수평변형에 대한 문제를 해결하였다. 이렇게 함으로서 전면 벽체는 연속적인 다지점 교량과 같은 보강재와의 결속을 가지는 특징이 있다.

한편, 우리나라에서의 시공실적이 없다는 것과 다단계 공법이므로 인력의 소모가 비교적 많이 소요된다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 국산재료인 보강 지오그리드를 사용하며, 강성벽체의 시공성과 효율성을 개선한 가설 벽체를 고안하여 이를 현장에 적용하였다.

본 공법에 대한 설계 수순과 시공방법에 대한 개념을 그림 1 과 그림 2 에 나타내었다.

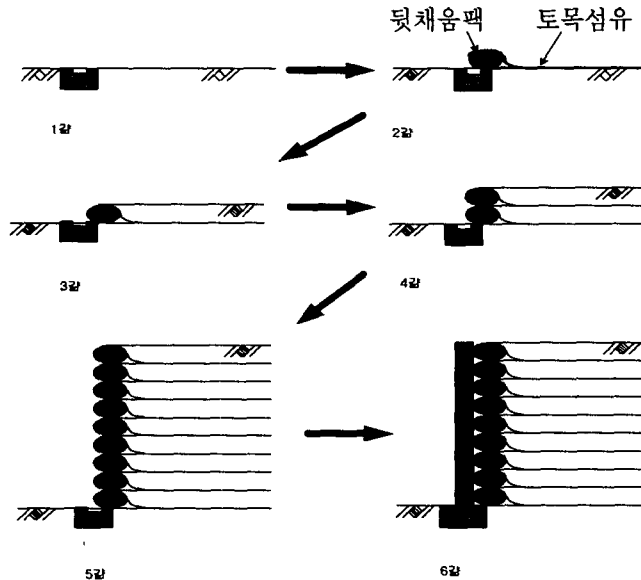


그림 1 강성벽체 보강토 공법의 시공 순서

### 2.2 시험시공 개요

시험시공 구간은 국내 건설 현장의 조건을 반영 할 수 있도록 서해안 고속도로 건설공사구간 중 O교 교대 측면에 계획되어 있는 철근콘크리트 옹벽구간을 선정하였다. 시험시공지에 대한 제원은 표 1 과 같으며, 평면도는 그림 3 과 같다.

표 1 강성벽체 보강토공법 시공지

위 치 명	높이 (m)	연장 (m)
O교 A1 상, 하	상 : 8.5	19.2
	하 : 7.0	21.2

보강토 시험시공에 대한 거동관측을 위하여 설치한 계측기는 수직 토압계, 수평 토압계, 변형 율계 및 변형계이며, 벽체 완료후의 장기적 수평변위를 계측하기 위하여 수직 경사계를 매설하였다. 보강재의 배치와 설치한 계측기의 단면을 그림 4에 나타내었다.

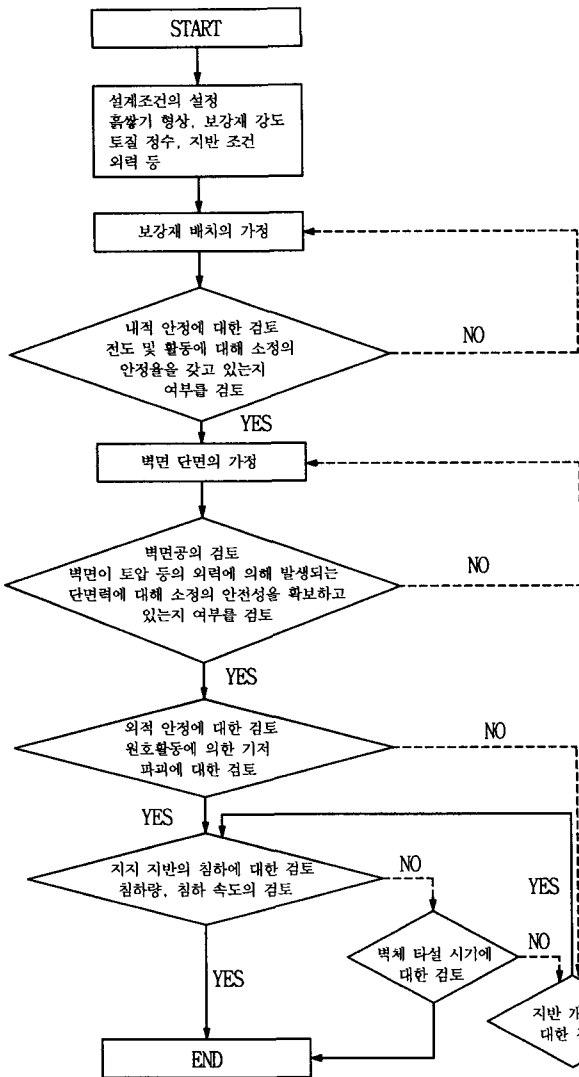


그림 2 강성벽면으로 된 보강토 옹벽 설계흐름도

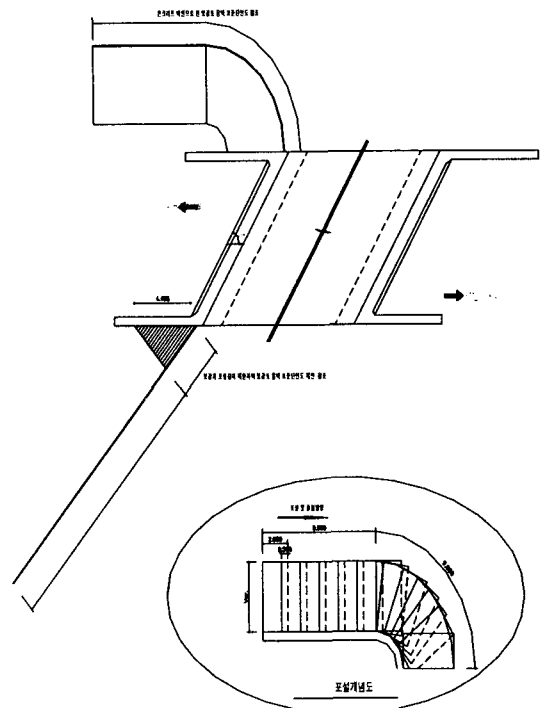


그림 3 시험시공구간 평면도

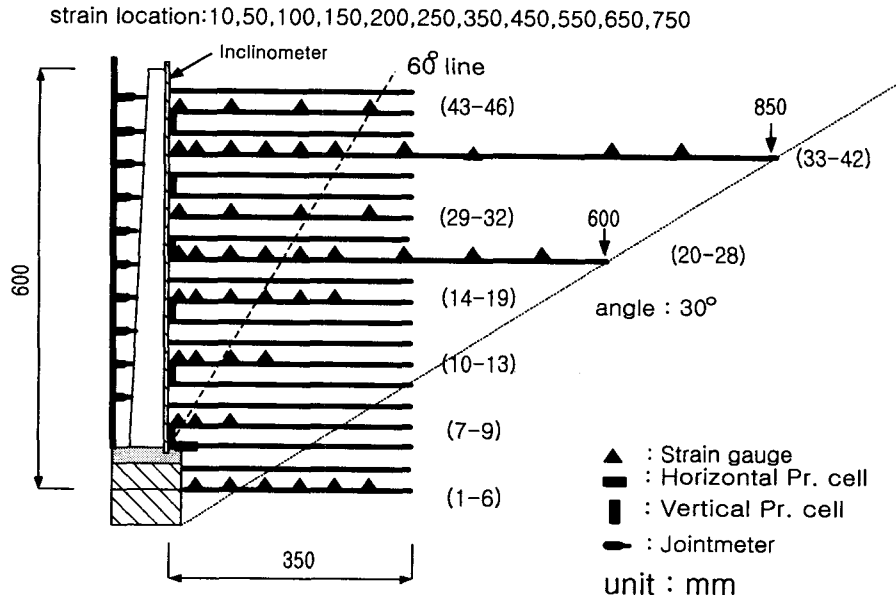


그림 4 계측기기 매설도

### 3. 계측결과

#### 3.1 토압

보강토 구간의 성토 시공중에 전기식 방식으로 측정된 정적토압의 계측 결과를 그림 5 와 그림 6 에 나타내었다. 각 토압은 해당 층의 다짐이 끝난 후 측정하였다. 그림 5 에서는 각 토압계의 측방향 성분에 대한 것으로 2층에 매설한 토압계(V) 및 3층 수평토압계(H1)는 기초 콘크리트의 상부와 배면에 직접 설치하였으며, 타 수평토압계의 경우는 가설벽면 배면의 철망에 직접 설치하였다. 그림 5 에서 수직 토압의 경우 성토와 함께 연직토압의 크기가 선형적으로

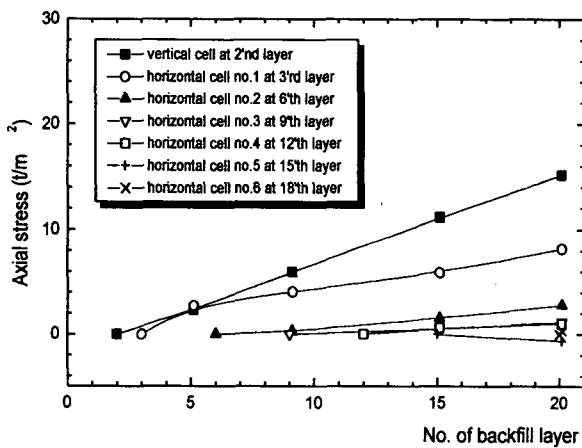


그림 5 성토시 연직 및 수평하중의 변화

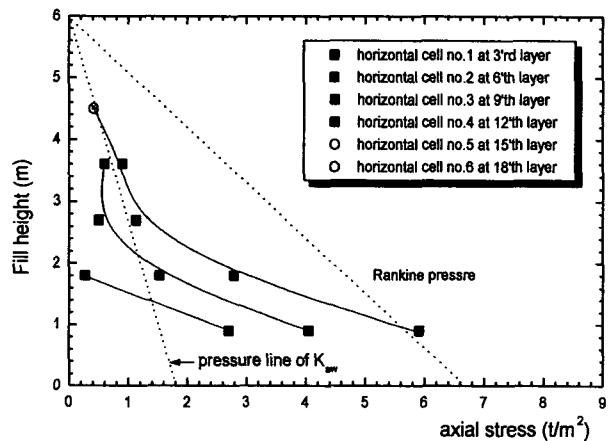


그림 6 벽체 배면 수평하중의 변화

증가함을 알 수 있다. 그림 5 와 그림 6 에서 나타난 배면 수평토압의 경우는 벽체의 상부는 주동상태의 값을 나타내고 있으나, 하부의 수평토압(H2~H6)은 뒷채움이 완료 될 경우에 토압계수는 0.2~0.4의 값을 나타내고 있다. 한편 제일 하부의 수평토압의 경우는  $\sigma_x/\sigma_z=0.5$  인 정지상태의 값에 근접하고 있다. 이것은 맨 하부층 기초콘크리트에 설치한 토압계(H1)의 설치각도가 약 20° 기울어져 있어 수직성분의 함도 포함하고 있는 영향으로 판단된다. 또한 수평토압의 하부의 경우인 H1은 콘크리트 기초의 영향을 받아 배면의 설치 조건의 상이함으로 인하여 수평토압계수가 큰 값을 나타내고 있다.

동적 토압을 전기식 토압계와 EDX-1500A 장비를 사용하여 50Hz의 주기로 뒷채움 시공시에 계측하였다. 뒷채움 다짐은 10톤 중량의 다짐로라를 사용하여 벽체 벽면으로부터 50~100cm의 간격까지 다짐하였다. 그림 7 은 뒷채움 다짐시에 발생하는 토압의 변화량을 나타낸 것이다. 다짐로라의 위치와 진동에 의한 영향이 잘 나타나 있다. 수평토압의 증분은 다른 조건이 같을 경우 뒷채움 다짐시에 로라와 근접한 개소에서 크게 나타나는 것을 알 수 있다(H2A, H3A, H4A). 이것은 뒷채움 다짐시에 수평변위가 크게 발생하는 것을 의미한다. 본 시공구간에 대한 시간에 따른 토압의 변화를 고찰하기 위하여 장기 계측을 실시할 계획에 있다.

### 3.2 변형률

보강재의 변형률을 전기식 방식으로 측정된 결과를 층별로 그림 8 에 나타내었다.

측정 결과로부터 보강재의 최대 인장 변형률은 벽체 근접부에서 발생함을 알 수 있었다. 특히 보강재의 변형률이 (-)값을 가지는 곳이 있는데 이는 보강재의 중간부분에 앵커에 의해서 고정을 한 영향으로 판단된다.

그림 9 에서 다짐에 의한 변형률의 변화로부

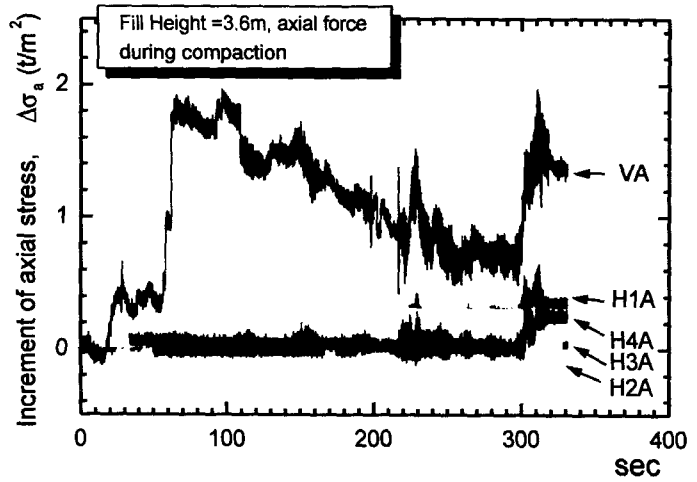


그림 7 다짐시의 토압증분 변화

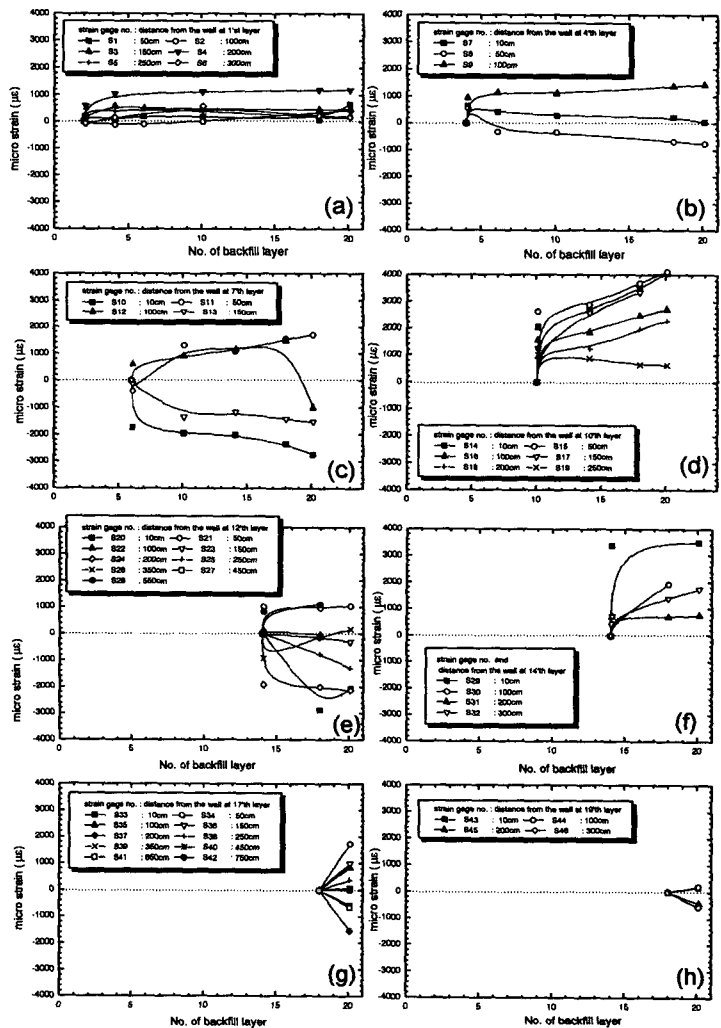


그림 8 보강재 변형률의 변화

터 일정깊이 이상의 경우 다짐으로 인해 보강재에 인장력이 도입되는 경향을 뚜렷하게 확인할 수 있었으나, 표면에 위치한 보강재의 경우(st20~st28)에는 포설 후 초기 다짐에 의한 보강재의 인장력 도입과 함께 보강재의 변형율이 (-)값을 가지는 곳이 나타나고 있었다.

상기의 결과로부터 인장 보강력이 벽체 배면 주위에서 크게 나타나고 있으므로 본 시공 방법에 의한 보강효과를 보다 효율적으로 하기 위해서는 보강재의 배치 길이를 보다 짧게 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

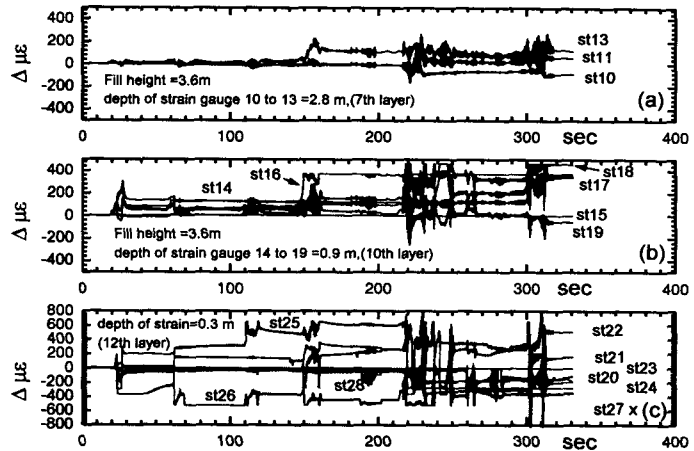


그림 9 다짐시의 보강재 변형율

#### 4. 결론

본 연구에서는 강성벽체를 가지는 보강토공법의 시공사례를 중심으로 현장 시험시공 개요와 함께 시공중 주요 토압 및 변형율 계측 결과를 소개하였다. 현재 본 시공구간은 6개월간의 현장 방치 후 전면 벽체를 타설하여 시공 완료 상태에 있다.

시공중 계측 결과로부터 1) 보강토의 성토시공시에 발생하는 토압은 측정위치와 다짐 작업에 의해 영향을 받는다. 가설벽체에 작용하는 수평토압의 크기는 토압계수  $K_{aw}$ 가 약 0.2~0.4의 범위에 있어 시공중에 안정한 것으로 판단된다. 2) 변형율의 발생 결과로부터 성토부의 보강재의 최대 인장변형율은 벽체의 50~150cm의 범위에 집중하고 있으며 이는 가설 벽체가 시공시의 하중에 대하여 양호한 강성을 가지고 있음을 알 수 있었다. 3) 성토시공중에 보강재의 인장 변형율에 의한 보강작용을 확인하였으며, 보강재의 보다 효과적인 적용을 위하여 시공중의 보강 길이를 감소 할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 보다 합리적인 보강길이의 산정을 고찰하기 위하여 장기 계측을 실시할 계획이다.

#### 참고문헌

- Holtz R.D., Christopher B.R., and Berg R.R.(1995), *Geosynthetic Design & Construction Guidelines Participant Notebook*, National Highway Institute Federal Highway Administration McLean, Virginia, pp. 9~13.
- Lazebnik G.E. and Tsinker G.P.(1998), *Monitoring of soil-Structure Interaction*, Chapman & Hall, pp. 184~202.
- Tatsuoka F. and Leshchinsky, D. (Eds)(1994), *Recent Case History of Permanent Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Walls*, Balkema, Rotterdam, pp. 205~228, 287~294.
- 김진만, 조삼덕, 오세용, 김성철(2000), “지오그리드 보강토옹벽의 시공 및 계측평가”, 삼양그리드의 공학적 특성 및 현장 적용성 기술세미나, 삼양사, pp.119~155.
- 유충식 외(1999), “토목섬유 보강 사면 설계법에 관한 비교 연구”, '99년도 토목섬유 기술세미나, pp. 45-61