보강토의 시공중 토압변화
Earth Pressure of a Reinforced Retaining Wall During Construction

노 한성[1],Han-Sung Roh, 최 영철[2], Young-Chul Choi

[1] 한국도로공사 도로연구소 지반연구실장, Research Director, Geotechnical Eng. Division, HRC, KHC.
[2] 한국도로공사 도로연구소 책임연구원, Chief Researcher, HRC, Korea Highway Corporation.

SYNOPSIS : The use of reinforced soil have been increased due to it's cost effectiveness, flexibility and so on. In this study, a full-scale reinforced soil with rigid facing were constructed to investigate the soil pressure variation of reinforcing system. The results of soil pressure during backfill construction are described. The influence of facing stiffness on soil pressure 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 highly depends on the installation condition of pressure cell and construction condition. Long-term measurement will be followed to verify the design assumptions with respect to the distribution of lateral stress on the facing

Key words : Reinforced soil, Compaction, Soil pressure, Facing.

1. 서론

인장보강재를 사용하는 보강토 공법은 보강재의 전단면에 작용하는 연직응력의 증가에 의한 전단강도의 증가와 작용 전단력의 감소에 의한 지반의 안전율 증가를 목적으로 사용하고 있다. 이들 보강토 공법을 이용한 성토는 보강토를 구성하는 전면벽체, 뒷채움재 및 사용보강재에 따라 각종의 보강토 공법이 개발되었으며, 일반적으로 비교공법에 비하여 탁월한 경제성과 내진성으로 국내에서도 주요 건설현장을 중심으로 적용실적이 꾸준한 증가 추세에 있다. 이중, 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 위해서 실내 삼축 또는 평면변형율 시험에 의한 메카니즘의 해명 노력이 지속적으로 수행되어 왔다. 본 연구에서는 시공단계별로 벽체의 강성이 변화할 경우의 거동을 관측하기 위하여 실시한 고속도로 현장에 적용된 보강토 공법의 시공중 토압에 대하여 계측결과를 중심으로 고찰을 실시하였다.

2. 시험시공

2.1 개요

보강토 공법은 고전적 개념으로는 벽체에 하중이 작용하지 않으므로 약한 강성을 가지는 벽체를 사용하는 것이 대부

분이었다. 그러나, 약한 벽체의 강성은 공용중 장기적인 변형과 벽체 부근에서의 약한 강성으로 인하여 변형이 엄격히 제한되는 중요구조물에의 적용이 제한적인 것으로 받아들여지고 있다. 벽체의 강성을 높인 대표적인 강성벽체 보강토 공법은 벽체와 보강성토층을 일체식으로 하는 공법으로 안정성이 우수해 중요구조물에 대한 활용성이 뛰어난 것으로 평가받고 있다. 본 공법의 시공은 흙과 보강재 만으로 연직벽면을 가지는 성토를 건설하고 성토완료후의 지지지반의 변형과 성토 자중에 의한 변형이 안정된 후에 콘크리트 벽면을 형성하는 공법으로 시공방법에 대한 개념을 그림1에 나타내었다.

한편, 다단계 공법이므로 벽체의 강성이 변화하여 시공중의 거동과 공용중의 거동에 차이를 나타내게 된다. 따라서 본 연구에서는 강성벽체 보강토공법중 가설공에 대한 토압의 발생을 중심으로 고찰하였다.

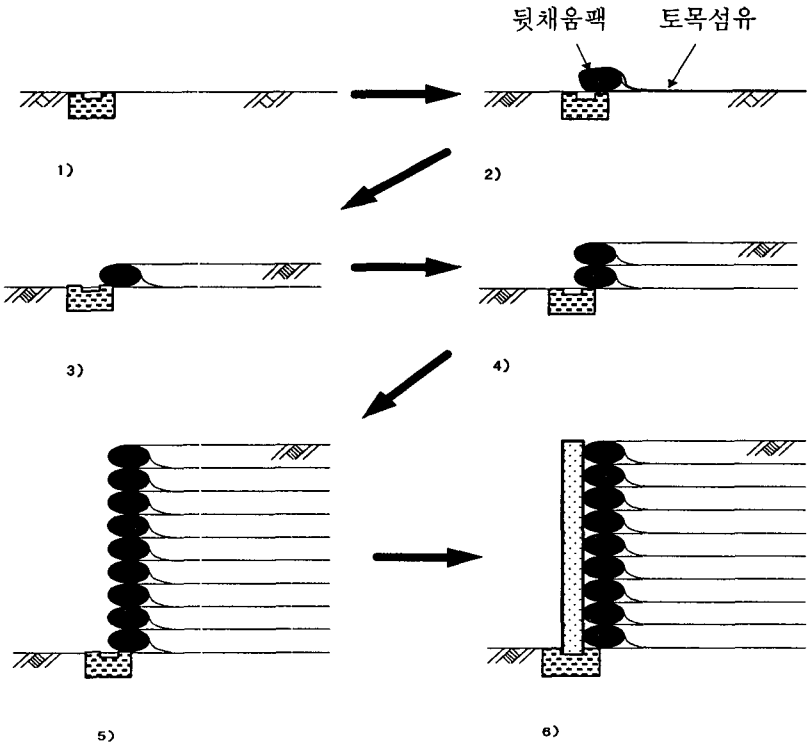

그림 1 강성벽체 보강토 공법의 시공 순서

2.2 시험시공 개요

시험시공 구간은 국내 건설 현장의 조건을 반영 할 수 있도록 2000년 고속도로 건설공사구간 중 O교 교대 측면의 연직벽 구간을 선정하였다. 시험시공지에 대한 제원은 표 1 과 같다.

표 1 강성벽체 보강토공법 시공지

위 치 명	높이 (m)	연장 (m)
O교 A1 상, 하	상 : 3.9 하 : 3.9	16.2 18

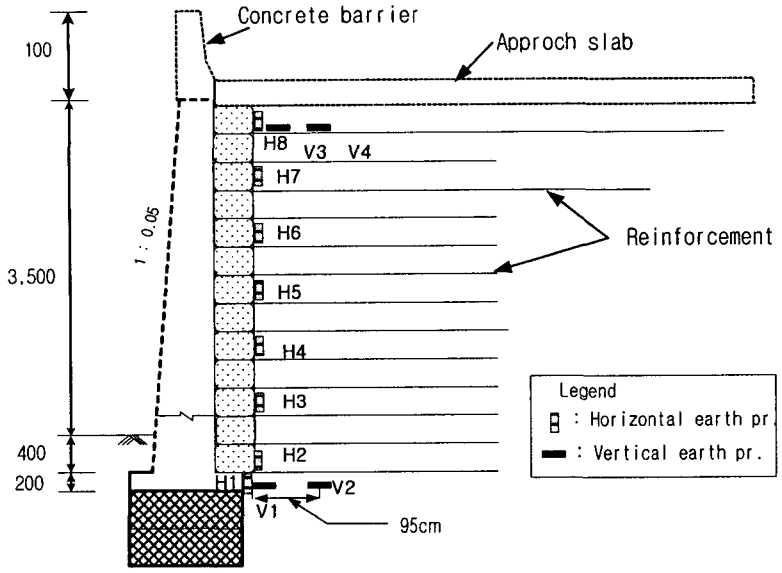

그림 2. 시험시공지 계측기 매설도

본 교량의 지층상태는 전답토층(CL 또는 SM, t=1.0m), 풍화토층(SC, SM 또는 SW, t=2.4m) 및 풍화암(W.R., 7.1m 이상)의 상태로 이루어져 있다. 보강토 시험시공에 대한 거동관측을 위하여 설치한 계측기는 토압계와 변형계를 매설하였다. 보강재의 배치와 설치한 토압계의 단면을 그림 2 에 나타내었다. 그림 2 에서는 각 토압계의 축방향 성분에 대한 것으로 수평토압계(H1)는 기초 콘크리트의 상부와 배면에 직접 설치하였으며, 타 수평토압계의 경우는 가설벽면 배면의 조립철망에 설치하였다. 수직 토압계(V1~V4) 성토면에 설치하였으며, 이중 V1과 V2는 철망의 아래 위치하고 있다.

3. 계측결과

3.1 토압

보강토 구간의 성토 시공중에 전기식 방식으로 측정한 정적토압의 계측 결과를 그림 3 에 나타내었다. 각 토압은 해당 층의 다짐이 끝난 후 측정하였으며, 최종 계측은 뒷채움 다짐이 완료된 후 4개월이 경과 때의 계측결과이다.

그림 3 에서 수직 토압의 경우 성토와 함께 연직토압의 크기가 증가하나 그 크기가 매우 적으며, 경시 후에 증가하는 경향을 나타내고 있는 것이 특징이다. 이는 시공중에 시공중 벽체부근에서의 소형다짐기를 이용한 다짐의 영향과 가설철망이 분담하였던 하중의 재분배로 판단된다. 이 중 V1~V2는 계측시에 노이즈가 많이 포함된 경향을 보여 장기 데이터를 생략하였다.

본 측정 구간의 배면 수평토압의 경우(H2~H8)는 매우 작은 값을 나타내고 있으며, 장기간의 계측시에 0에 근접하는 경향을 나타내고 있다. 이는 벽체의 이동이 비교적 자유롭도록 한 가설철망 사용의 결과로 사료된다. 한편 제일 하부의 수평토압(H1)의 경우는 $\sigma_x/\sigma_z = 0.075$ 로 주동토압계수에 비하여 매우 적은 값을 나타내고 있다. 이는 본 토압계의 경우 가설철망으로 인하여 토압의 전체 부분을 반영하지 않고 있으며, 추후 벽체가 완공된 후에 콘크리트 내부의 응력을 계측하여 분석하고자 한다.

동적 토압을 전기식 토압계와 EDX-1500A 장비를 사용하여 1000Hz의 주기로 뒷채움 시공시에 계측하였다. 뒷채움 다짐은 10톤 중량의 다짐로라를 사용하여 벽체 벽면으로부터 100cm의 간격까지 다짐하였다. 그림4에 성토고 1.5m에서의 10톤 다짐로라에 가벼운 진동 상태에서 벽체에서 1.0m 이격하고 다짐시에 계측된 동적 토압의 증분 계측예이다. 수평토압계의 경우 다짐에 의한 응력 증분을 잘 나타내고 있으나, 그 절대 값은 매우 작은 범위에 존재하고 있다. 그림 5는 10톤 다짐 로라를 강진(2400rpm) 상태로 모사하여 강성벽체인 콘크리

트 암거에 작용하는 수평토압에 대하여 유한요소해석을 실시한 결과이다. 하중 입력조건이 상이하여 직접적인 비교는 다소 곤란하나, 벽체의 구속상태와 다짐하중에 의해 작용하는 수평응력은 크게 상이 할 수 있음을 의미하고 있다. 본 시공구간에 대한 시간에 따른 토압의 변화를 고찰하기 위하여 장기 계측을 실시할 계획에 있다.

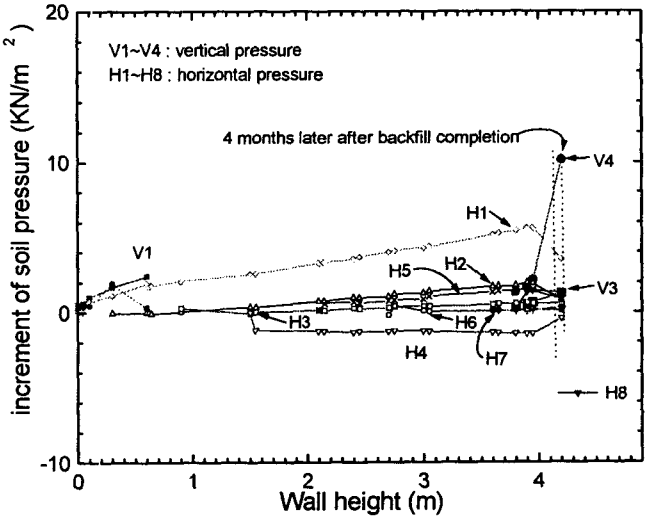

그림 3. 정적 토압의 변화

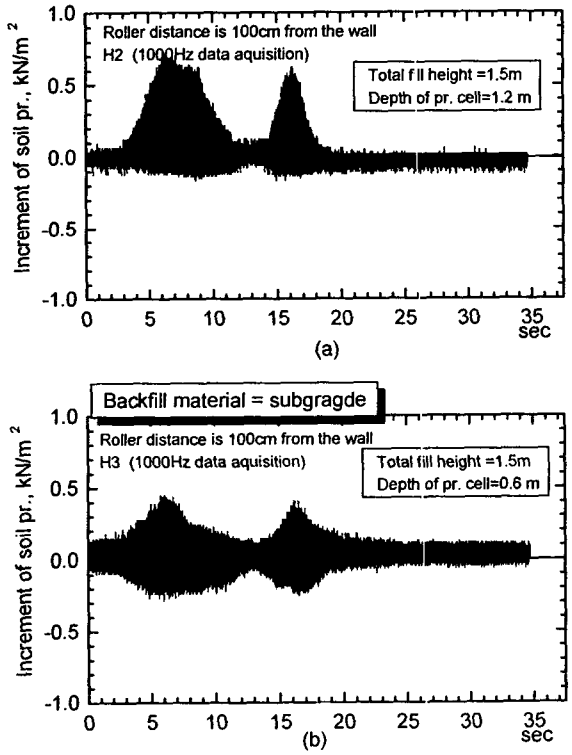

그림 4. 다짐시 동적 수평응력의 증분

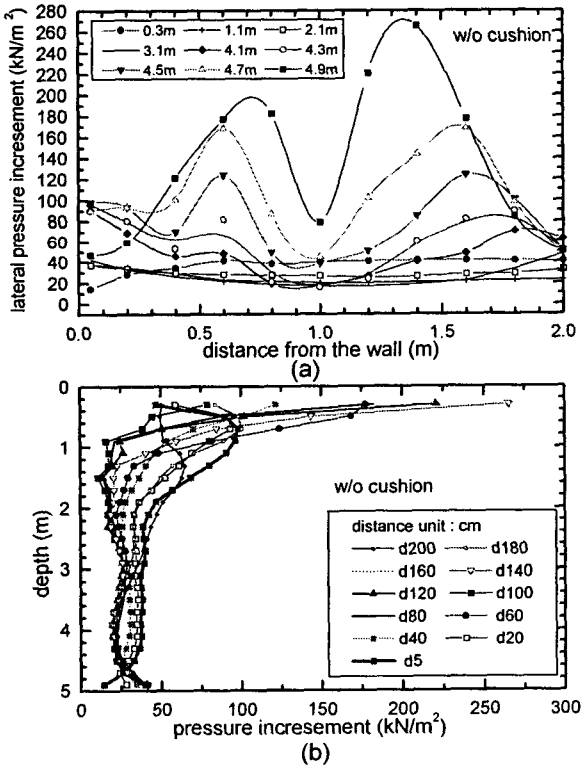

그림 5. 5m 성토시 수평토압(강성벽체의 정지상태)

4. 결론

본 연구에서는 강성벽체를 가지는 보강토공법의 시공사례를 중심으로 시공중 주요 토압계측 결과를 소개하였다. 현재 본 시공구간은 6개월간의 현장 방치 중이며, 전면 벽체를 타설계획에 있다. 강성벽체 시험시공구간에 대한 현단계에서의 측정결과로부터 보강토의 성토시공시에 발생하는 토압은 측정위치, 방법 및 다짐 작업에 의해 영향을 받는다. 가설벽체에 작용하는 수평토압의 크기는 강성벽체와 같은 정지상태에서의 발생 수평토압보다 매우 작은 값을 나타내었다. 이는 벽체의 구속상태에 의해 측정되는 토압의 크기가 크게 상이하며, 장기간의 계측 결과로부터 가설벽체 배면의 토압이 재분배되는 것을 확인 할 수 있었다. 이상과 같이 시공중의 계측을 요약하였으나, 벽체시공 완료후의 계측으로 강성벽체 보강토공법의 거동을 추가적으로 평가하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 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.
2. Lazebnik G.E. and Tsinker G.P.(1998), *Monitoring of soil-Structure Interaction*, Chapman & Hall, pp. 184~202.
3. Tatsuoka F. and Leshchinsky, D. (Eds)(1994), *Recent Case History of Premanent Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Walls*, Balkema, Rotterdam, pp. 205~228, 287~294.
4. 김진만, 조삼덕, 오세용, 김성철(2000), "지오그리드 보강토옹벽의 시공 및 계측평가", 삼양그리드의 공학적 특성 및 현장 적용성 기술세미나, 삼양사, pp.119~155.
5. 노한성 외(2000), "보강재가 고함수비점성토의 다짐작업에 미치는 영향", 토목학회논문집, 대한토목학회, 제20권,제4-C호 pp.333~339.
6. 유충식 외(1999), "토목섬유 보강 사면 설계법에 관한 비교 연구", '99년도 토목섬유 기술세미나, pp. 45-61.