

# 보강토 옹벽의 철도구조물 적용에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on the application of reinforced retaining walls to the railroad

김 용준\*                      김 준영\*\*                      김 경택\*\*\*                      염 형진\*\*\*\*  
Kim, Yong-Jun      Kim, Jun-Young      Kim, Kyung-Taek      Yeom, Hyeong-Jin

---

### ABSTRACT

This research reviews the characteristics of earth pressure incurred by GRS-RW mainly used in the railroad design in order to resist large lateral load caused by train and additional load induced by facilities such as noise barrier fences, electric poles, etc. The results of test shows the existence of arching effect that horizontal earth pressure increases in the backfill while earth pressure applying to the wall reduced under GRS-RW system.

In both cases, unreinforced wall and GRS-RW system, the coefficient of earth pressure (K) is about 0.4 at the rest. However, after lateral displacement occurs, the earth pressure nearly reduce down to zero under GRS-RW system while the earth pressure decreases up to 0.12 in case of unreinforced retaining wall.

### 1. 서 론

철도분야에서 보강토 공법의 적용은 해외에서는 많으나, 국내에서는 주로 정거장이나 지축선 정도에 적용되었으며 운행선 노반 구조물로서 적용된 사례는 거의 전무한 실정이다. 철도에서 보강토 옹벽은 도로에서 사용되는 것과 크게 다르지 않으나 열차 진동영향, 탈선 가능성과 같은 철도 고유의 문제 이외에도 특별히 고려되어야 할 사항으로는 사용기간 동안 내구성(durability)을 확보하는 것이다. 그리고 철도 구조물로서 보강토 옹벽의 내구년수는 100년으로 도로 구조물의 70년에 비해 크며, 이는 사업비가 많이 투자된 구조물의 경우 매우 타당한 적용이라고 볼 수 있다.

기존에 사용되는 보강토 옹벽은 전면판에 국부적인 변형이 발생할 경우 유지·보수가 어려울 뿐만 아니라, 철도와 같이 전철주, 방음벽과 같은 부대시설물의 설치가 어렵다. 최근들어 보강토 옹벽의 전면을 두께 약 30cm의 현장 타설 콘크리트로 처리한 GRS-RW 공법(Geosynthetic Reinforced Soil Retaining Wall System)이 개발되어 철도구조물에 적용되는 사례가 늘고 있다. 본 공법은 비교적 짧은 길이의 지오그리드와 같은 토목섬유 보강재를 이용하고 전면부 벽체를 약

---

\* 대림산업(주) 기술연구소 토목설계지원팀 과장, 공학박사, 정회원  
\*\* 안동과학대학 토목과 교수, 공학박사, 정회원  
\*\*\* 대림산업(주) 기술연구소 토목설계지원팀 과장, 기술사, 정회원  
\*\*\*\* 대림산업(주) 토목사업본부, 상무, 기술사, 정회원

30cm 폭의 강성이 큰 일체식 철근콘크리트로 타설하여 형성하는 공법으로서, 기존의 보강토 옹벽과 달리 뒷채움에서 유발되는 토압의 일부를 전면부 벽체가 분담하도록 하는 새로운 개념의 공법으로 평가되고 있다.

본 연구에서는 큰 횡하중을 유발하며, 전철주와 같이 부대시설 설치에 의해 추가로 발생하는 하중을 지지하기 위하여 철도에서 주로 사용되고 있는 GRS-RW에서 전면 벽체와 주변 토체에서 작용하는 수직, 수평토압의 크기를 측정하고 그 특성을 고찰하였다.

## 2. GRS-RW의 특징

보강토 옹벽 시공시 주로 발생하는 문제점은 토사유출, 전면판의 배부름 현상, 전면판의 탈락 등이 있으며, 철도 구조물에 적용할 경우는 횡하중을 받는 전철주, 방음벽, 난간 등과 같은 부대공 설치시 어려움이 있다.

표 1. 보강토 옹벽의 문제점

현상	토사유출	배부름 현상
전경		
원인 및 문제점	판넬 설치부 배면에서 약 10cm 구간은 장비와 판넬의 접촉우려에 따라 상대적으로 다짐도가 낮게 되며, 이에 따라 지표수와 토사가 유출됨으로써 성토체 균열이 발생됨.	옹벽의 배부름 현상발생은 복합적인 요인에 의해 발생하며, 보강재의 배치 간격, 뒷채움 재료의 적합성, 보강토 옹벽 축조시 다짐의 적합성 등이 있음.
현상	전면판 탈락	부대 시설물 시공의 어려움
전경		
원인 및 문제점	지반의 동결작용으로 인하여, 보강재와 전면판의 연결부에 인장력 발생으로 인하여 보강재가 과단되고 전면판이 탈락되어 보강토옹벽의 붕괴를 초래함.	철도와 같이 전철주를 설치하기 위해서는 별도의 시설이 필요하다. 그리고 도심지의 경우 방음벽, 등의 시설물 설치가 곤란함.

최근에 많은 연구가 되고 있는 GRS-RW공법은 도심지 도로 및 철도노선의 신설이나 확장시

매우 효과적인 공법으로 평가되고 있다(Horri 등, 1994). GRS-RW System의 주요 특징은 아래와 같다.

- 1) 보강재의 길이가 크게 감소하여 절취량 및 뒷채움에 소요되는 토공량 감소
- 2) 전면부의 국부적인 변형 발생 등에 따른 유지보수의 어려움을 해소
- 3) 방음벽, 난간, 전철주 등 벽체 상부에 부대시설의 설치가 용이

또한 일반적인 보강토 벽체에서 보강재의 설계길이는 대략 벽체 높이의 70%정도인데 반하여, GRS-RW보강토 벽체의 경우는 전면벽체의 안정성 확보를 위한 보강재의 소요길이는 벽체 높이의 30 ~40% 정도의 수준으로 알려져 있다.

### 3. 시험장비 및 시험방법

본 연구에서 사용된 시험 장비의 주요 특징으로는 일반 옹벽구조물과 같이 일체식 전면판을 가지고 있을 뿐만 아니라, 실제 보강토 옹벽과 같이 전면 벽체를 5단으로 분리하고 뒷채움재에 의한 토압에 의해 각 분리벽이 개별적으로 변위가 발생할 수 있도록 제작하였다. 토조는 두께 13mm의 강판을 사용하였으며, 내면 치수는 길이 80cm, 폭 30cm, 높이 75cm이다. 그리고 토조의 전면은 뒷채움 흙의 파괴양상을 관측하기 위하여 두께 12mm의 강화 유리판을 설치하였다.

옹벽에 작용하는 토압특성을 살펴보기 위하여 벽체에 수평으로 토압계를 부착하였으며, 토체 내에도 토압계를 수직과 수평방향으로 설치하였다. 토압계 설치 위치는 <그림 1>과 같다. 토조에 모래를 뒷채움할 때 비보강 옹벽의 경우는 일정한 무게의 표준사를 측정된 후 깔때기 형상의 모래뿌림 포대를 이용하여 50cm높이에서 자유낙하(raining method) 시키고 5kg의 하중으로 5cm 높이에서 균등 다짐을 하여 일정한 간극비를 유지하도록 하였다. 토압과 변위의 측정은 정지토압 상태에서 토조의 좌측에 설치된 변위 조절용 고정대를 1mm/min 속도로 이동하여 벽체의 변위를 허용하였으며, 토압계와 변위계에 측정된 값을 자료 수집기(data logger)를 이용하여 측정하였다.

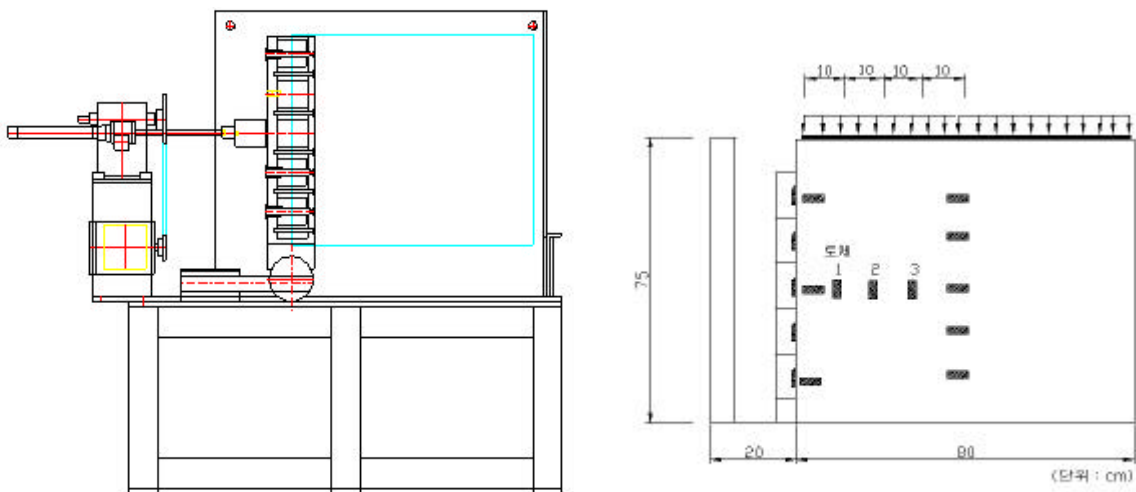


그림 1. 시험장비 및 토압계 설치위치

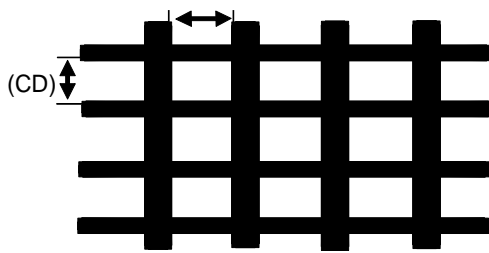
시험에 사용한 뒷채움재는 국내에서 생산되는 주문진 표준사를 사용하였으며, 뒷채움재의 물리·역학적 특성을 <표 2>에 나타내었다. 그리고 보강재는 고강도 폴리에스테르를 제직(woven)하여 격자모양의 원단으로 만든 후 PVC로 코팅(제직/코팅 연속공정)하여 제조한 결합형

geogrid(WR4T, 삼양사)를 사용하였다. 지오그리드의 형상과 외관 규격을 <표 3>에 나타내었다.

표 2. 뒷채움재의 물리·역학적 특성

(G <sub>s</sub> )	(e)	(%)	(t/m <sup>3</sup> )	(U.S.C.S)	(c, kg/cm <sup>2</sup> )	(∅, °)
2.63	0.87	3.5	1.58	SP	0	35.2

표 3. 지오그리드 형상 및 외관규격

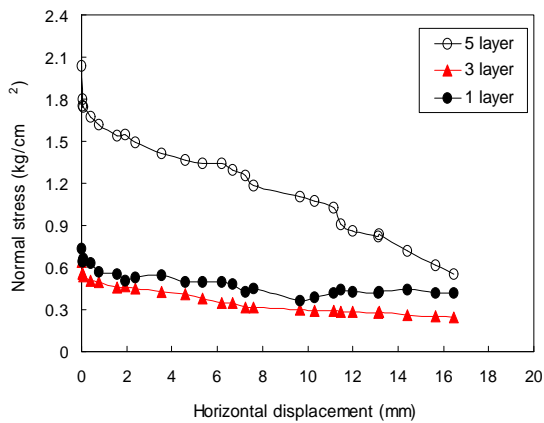


	(mm)	(mm)	(mm)
(MD)	17.2	6.8	0.8
(CD)	20.2	4.4	1.9
	1.2mm		

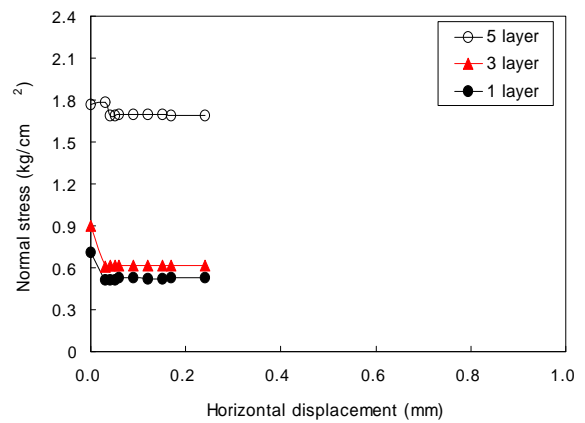
#### 4. 시험결과 및 고찰

##### 4.1 수직토압 특성

토조 상부에 1kg/cm<sup>2</sup>의 등분포하중을 재하한 후 전면벽에 설치된 변위 억제용 고정대를 일정한 속도로 이동하면서 벽체의 변위와 토압특성을 살펴보았다. 비보강 옹벽의 경우는 파괴면 이내에 위치한 벽체쪽에서는 수직응력이 크게 감소하였지만 파괴면 바깥에 위치한 중앙부에서는 수직토압의 변화가 없었다. GRS-RW는 벽체부에서는 수직응력이 다소 감소하였지만 중앙부에서는 아칭 효과에 의해 수직응력이 다소 증가한 것으로 나타났다.

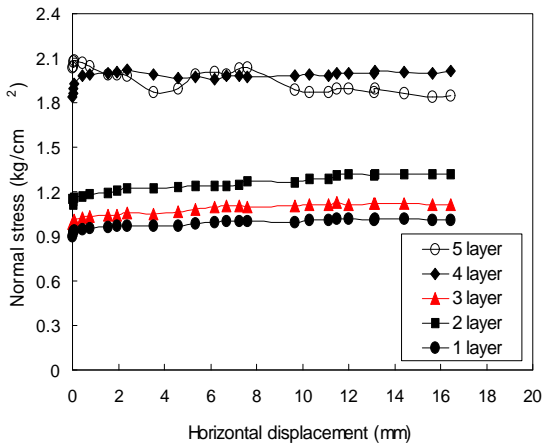


(a) 비보강 옹벽

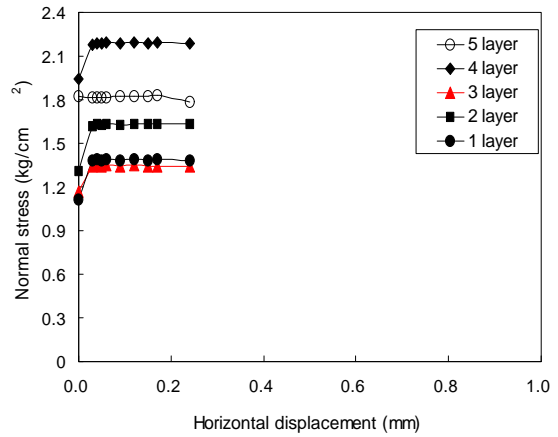


(b) GRS-RW(geogrid, L=60cm)

그림 2. 벽체부 수직응력의 변화



(a) 비보강 옹벽



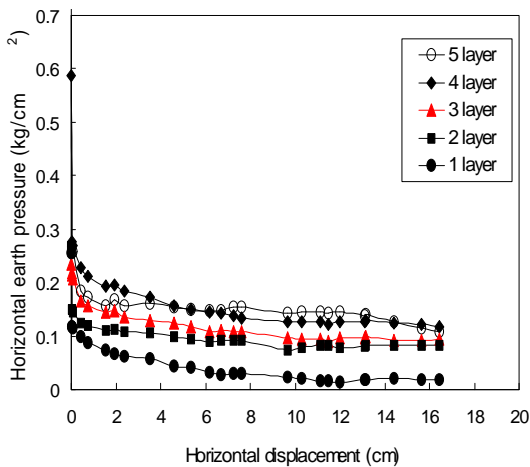
(b) GRS-RW(geogrid, L=60cm)

그림 3. 중앙부 수직응력의 변화

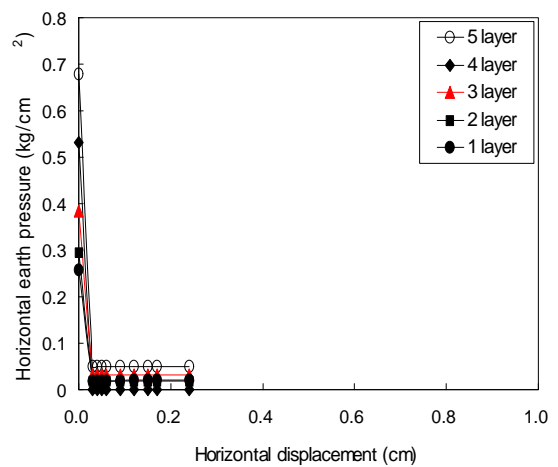
#### 4.2 수평토압 특성

비보강 상태에서는 벽체의 변위가 발생함에 따라 벽체나 토체에 작용하는 수평토압이 모두 감소하는 것으로 나타났으나, GRS-RW의 경우는 벽체의 변위가 발생함에 따라 벽체 쪽에서는 수평토압이 감소하고 토체에서는 수평토압이 증가하였다.

그리고 비보강 옹벽에서는 벽체의 변위에 따라 수평토압이 감소하여 변위가 상당히 진행된 이후에는 일정한 값을 나타내으며, 벽체에 작용하는 토압이 잔류하였다. 그러나 GRS-RW의 경우는 변위가 증가함에 따라 벽체에 작용하는 토압은 급격히 감소하였으며, 벽체에 작용하는 토압은 거의 없는 것으로 나타났다. 이때 토압계수(K)의 변화를 살펴본 결과에 의하면 변위가 발생하지 않았을 경우는 보강이나 비보강의 경우 토압계수가 약 0.4정도였으나 변위가 발생함에 따라 비보강 옹벽의 경우는 토압계수가 약 0.12 정도로 감소하였지만 GRS-RW의 경우는 토압계수가 거의 0에 가까워 졌다. 그리고 실험결과 GRS-RW에서 강도증가는 보강재에서 발생한 수평력이 흙을 구속하는 효과에 의한 것으로 생각되며, 이는 Swiger(1979)의 “구속응력 증가 이론”과 유사한 것으로 판단된다.

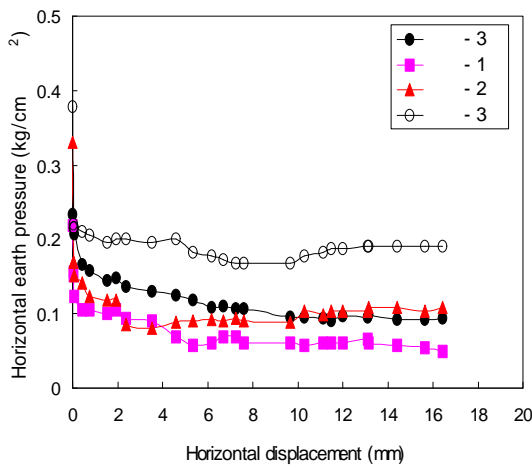


(a) 비보강 옹벽

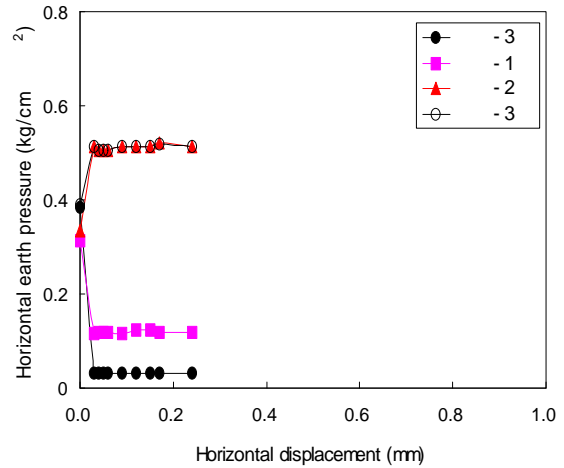


(b) GRS-RW(Geogrid, L=60cm)

그림 4. 벽체부 수평응력의 변화



(a) 비보강 옹벽



(b) GRS-RW(Geogrid, L=60cm)

그림 5. 토체부 수평응력의 변화

## 5. 결론

철도에서 주로 사용되고 있는 GRS-RW에서 전면 벽체와 뒷채움재인 토체에서 발생하는 수직, 수평토압 특성을 고찰하고 아래와 같은 결론을 내렸다.

1. 수직응력 분포 특성을 살펴본 바에 의하면, 비보강 옹벽의 경우는 파괴면 이내에 위치한 벽체쪽에서는 수직응력이 크게 감소하였지만 파괴면 바깥에 위치한 중앙부에서는 수직토압의 변화가 없었다. GRS-RW는 벽체부에서는 수직응력이 다소 감소하였지만 중앙부에서는 아칭효과에 의해 수직응력이 다소 증가한 것으로 나타났다.
2. 비보강 옹벽에서는 벽체의 변위에 따라 수평토압이 감소하여 변위가 상당히 진행된 이후에는 일정한 값을 나타내으며, 벽체에 작용하는 토압이 잔류하였다. 그러나 GRS-RW의 경우는 변위가 증가함에 따라 벽체에 작용하는 토압은 급격히 감소하였으며, 벽체에 작용하는 토압은 거의 없는 것으로 나타났으나 토체에서는 수평토압이 초기보다 증가하였다.
3. 변위가 발생하지 않았을 경우 토압계수(K)는 비보강 옹벽이나 GRS-RW의 경우 모두 약 0.4정도였으나, 변위가 발생함에 따라 비보강 옹벽의 경우는  $K \approx 0.12$  정도로 감소하고 GRS-RW는 거의  $K \approx 0$ 의 값을 나타내었다.

## 참고문헌

1. 방 윤경(1999), “상재하중 이격거리를 고려한 GRS-RW 공법의 토압해석 및 설계”, 한국지반공학회지, 15권 1호, pp. 15~29.
2. Horii, K. et al.(1994), “Computerized Design Method for Geosynthetic Reinforced Soil Retaining Walls for Railway Embankment”, Recent Case Histories of Permanent Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Walls, Balkema, pp. 205~218.
3. Swiger, W. F.(1978), “Symposium on Earth Reinforcement”, Proc. ASCE Symp. on Earth Reinforcement, Pittsburgh, pp.880~885.