

배면토체에 단섬유 보강매트릭스를 적용한 보강토 옹벽의 성능평가

Evaluation of Reinforced Retaining Wall with Backfill applied by Short-fiber Soil Matrix

박 영 곤* · 박 성 현 · 이 성 혁(한국철도기술연구원)

Park, Young-Kon* · Park, Sung-Hyun · Lee, Seong-Hyeok

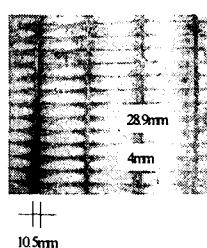
1. 서론

본 연구는 배면토체에 단섬유 보강매트릭스를 적용한 보강토 옹벽을 일반 사면 또는 노반 성토체에 적용하기 위해 실내토조에 실대형 옹벽구조물을 축조하고, 여기에 열차모의 하중을 재하함으로써 그 성능을 평가하고자 하였다. 그동안 보강토 옹벽을 포함한 옹벽구조물은 진동에 약한 것으로 인식되어 실제 도로 및 철도의 영구구조물로 적용하는데에 한계가 있었지만 배면토체에 단섬유 보강매트릭스를 적용한 새로운 옹벽구조물의 실대형시험을 통해 이러한 우려를 불식시키고, 새로운 토구조물 형식 중의 하나로서 그 이용 가능성을 제시하고자 한다.

2. 실대형 시험을 위한 구성품 및 시험방법

2.1 구성품

시험에 사용된 구성품은 보강재인 단섬유와 지오그리드 그리고 흙시료이다. 단섬유는 폴리프로필렌 재질의 길이가 60mm인 망사 그리고 지오그리드는 고강도섬유인 폴리에스테르 재질의 보강재를 사용하였다(<그림 1> 참조). 또한, 단섬유 보강토 조성에 사용된 흙시료와 일반 흙시료의 물리적인 특성은 <표 1>과 같다.



<그림 1> 지오그리드의 크기 및 특성

<표 1> 단섬유 보강토 시료 및 일반 흙시료 기본 물성

Type	Specific gravity	LL (%)	PL (%)	USCS	OMC (%)	γ_d^{\max} (t/m^3)	Water content (%)
Soil for mixing with fiber	2.75	N.P	N.P	SM	23.0	1.61	25.7
Soil	2.70	23.9	22.4	SM	11.2	1.98	11.3

2.2 실대형시험

실대형시험은 토목구조물의 실제 거동을 가장 유사하게 재현할 수 있는 방법 중의 하나이다. 따라서 본 연구에서는 단섬유 보강토와 지오그리드를 복합적으로 사용하여 옹 뒷채움토가 벽체에 미치는 영향(토압, 변위)를 최소화할 수 있도록 실물크기의 복합보강토 옹벽을 축조하고, 축조된 구조물에 열차 운행을 고려한 열차모의 하중을 재하하여 전면벽체 부분의 흙의 변형특성, 토압분포 및 진동영향을 평가하였으며, 보강토체 내부의 토압 특성을 고찰하였다. 실대형시험 단면 조성시 노반을 소정의 다짐도로 관리하기 위해 들밀도 시험을 수행하였는데, 실내 표준다짐시험으로 평가된 건조단위중량을 기준으로 하여

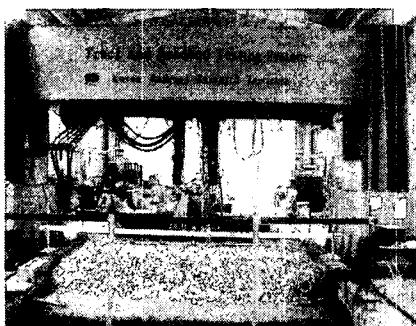
모래치환법에 의한 들밀도 시험을 통해 다짐도를 측정하였다. 노반단면 조성 중에 실시한 시험에서 단섬유 보강토 구간은 로울러로 왕복 6회(무진동) 다짐시 다짐도가 90%의 값을 나타내었고 일반토 구간은 마찬가지 조건에서 다짐도가 95%이상의 값을 나타내었다.

2.2.1 하중조건

시험하중은 설계속도 200km/h를 기준으로 LS22하중이 적용되었으며 직선부 장대레일을 기준으로 산정하였다.

2.2.2 하중재하장치 및 모형토조

실대형시험은 종합 궤도노반시험장비(<그림 2> 참조)를 이용하여 수행하였고 실대형시험에 사용된 토조의 크기는 길이 22m, 폭 5m, 깊이 3m이다.



<그림 2> 종합 궤도노반시험장비

2.2.3 계측시스템

반복하중 재하에 따른 전면벽체와 배면토체내에서의 수평·수직토압을 측정하기 위하여 용량이 2kgf/cm²인 토압계를 사용하였고, 벽체의 수평변위를 측정하기 위해 일본의 Tokyo Sokki사 제품인 스트레인게이지 타입의 최대 50mm센서를 사용하였다. 노반부에서의 탄·소성침하량을 측정하기 위해 침하판을 설치하였는데, 침하판은 직경 30cm로 제작하였으며 침하판에 강봉을 설치하고 강봉 주위는 PVC관을 설치하여 도상자갈과의 직접적인 마찰이 발생하지 않도록 하였고, 탄·소성 변위는 강봉 위에 설치된 상부 캡에서 변위계에 의해 측정하였다. 토압계의 경우 옹벽 배면토체 내의 레일직하부의 위치에 노반 상부와 토조 바닥에 연직토압계를 각각 1개씩 설치하고 그로부터 60cm깊이마다 2개소를 설치하여 총 4개소의 연직토압을 측정하였다. 또한 수평토압을 측정하기 위하여 단섬유보강토층(1.5m) 전면과 후면에 토압계를 부착하여 깊이별로 2개씩 4개층에 총 8개의 토압계를 설치하였다. 변위계는 단섬유 보강토체의 수평변위 측정을 위하여 5개, 레일의 수직변위를 측정하기 위해 레일상단에 2개, 그리고 노반의 침하를 측정하기 위해 2개소의 노반 상부에 침하판을 설치하고 침하봉 상단에 변위계를 설치하였다.

시험은 단섬유보강토체(1.5m)만 있는 경우와 단섬유보강토체(1.5m)에 지오그리드를 매설한 경우 두가지 경우에 대해 이루어졌다. 지오그리드는 각 60cm마다 매설하였는데 임시구조물로 설치된 블록에 거치하거나 연결하지 않고 상부 1층 높이만큼 지오그리드를 감아올린 후 단섬유보강토체 길이만큼 충분히 포설하여 다졌다.

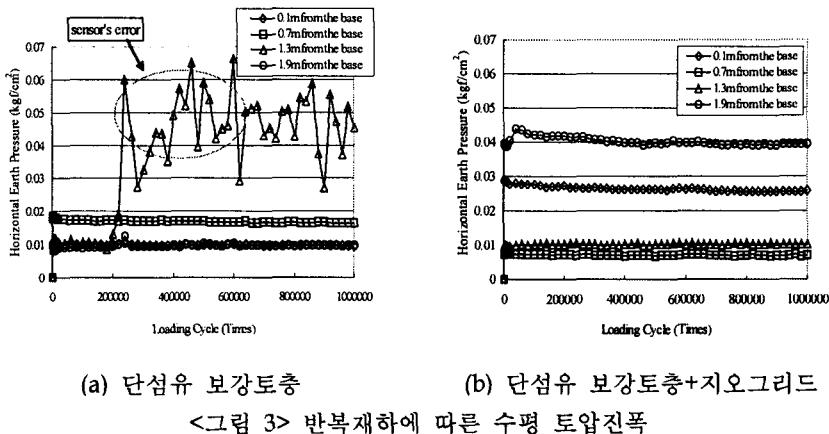
시험노반에 열차모의하중 재하시험을 수행하기 전·후 단계에 정재하시험을 수행하였으며, 정하중은 설계윤중 14.3tonf까지 단계마다 3tonf씩 증가시키며 재하하였고, 정재하시험이 종료된 후 열차모의하중 시험을 수행하였다. 이때 열차모의하중 시험은 설계윤중 14.3tonf, 그리고 현재 경부선의 통과トン수를 고려한 가진주파수 5Hz, 재하횟수 100만회(약 1년 6개월 상당)를 하중조건으로 초기 재하횟수 10,000회까지는 데이터취득 간격을 500회, 재하횟수 20,000회부터는 20,000회로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 열차모의하중 재하단계

3.1.1 수평 탄성토압진폭

열차모의하중 재하횟수에 따라 단섬유 복합보강토 옹벽에 작용한 수평 토압진폭을 도시하면 <그림 3>과 같다.

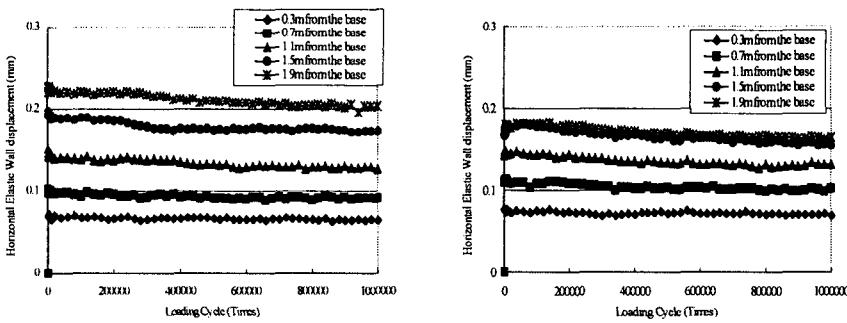


(a) 단섬유 보강토층

(b) 단섬유 보강토층+지오그리드

<그림 3> 반복재하에 따른 수평 토압진폭

3.1.2 수평 탄성변위진폭



(a) 단섬유 보강토층

(b) 단섬유 보강토층+지오그리드

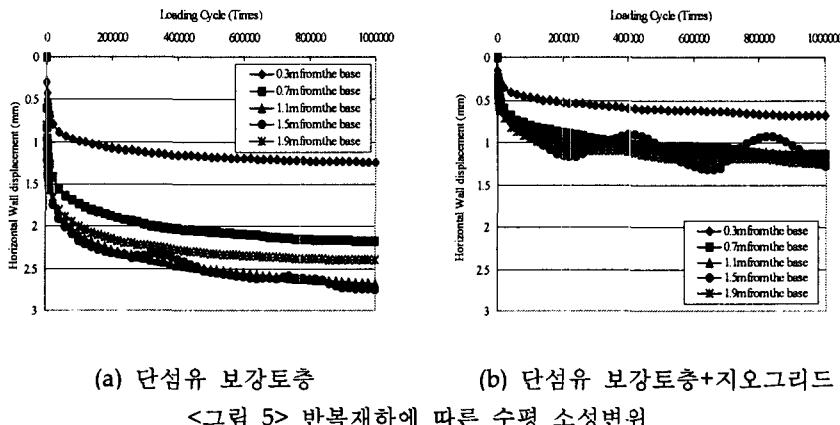
<그림 4> 반복재하에 따른 수평 변위진폭

3.1.3 수평 소성(누적)변위

열차모의하중 재하에 따라 옹벽에 발생한 수평 소성변위는 <그림 5>와 같다. 그림에서 반복하중 재하 초기의 수평변위는 단섬유 보강토층의 경우 지오그리드를 적용한 경우에 비해 상대적으로 크게 발생하여 재하횟수가 증가함에 따라 전체적으로 수평변위가 수렴하지 않고 계속 증가하는 경향을 보였다. 그러나 지오그리드를 적용한 경우에는 그 값이 상대적으로 적게 증가하고 있는 바 이는 지오그리드에 의한 수평변위 구속효과의 영향 때문인 것으로 판단된다.

1,000,000회 재하 후 최상단의 수평 소성변위값은 단섬유 보강토층의 경우 2.4mm 그리고 지오그리드를 적용한 경우 1.26mm로 나타나 옹벽 상부에서 지오그리드의 구속효과에

의한 변위억제효과를 확인할 수 있었으며, 단섬유 보강토층의 경우에 있어서는 재하초기 즉 100,000회 이전에 이미 최종재하(1,000,000회)시의 소성변위의 50% 이상이 발생하고 있는 것을 알 수 있다.



(a) 단섬유 보강토층

(b) 단섬유 보강토층+지오그리드

<그림 5> 반복재하에 따른 수평 소성변위

4. 요약 및 결론

본 연구는 단섬유 매트릭스를 배면토체에 적용한 보강토 옹벽의 성능을 평가하기 위한 것으로, 열차하중을 고려한 동적하중 재하시 단섬유 보강토층만으로 구축된 경우와 지오그리드를 적용하여 구축된 경우 양자를 비교분석하였다. 이를 위해 설계운증과 현재 경부선 국철의 약 1년 6개월간의 통과톤수를 고려한 재하주파수, 재하횟수에 해당하는 열차모의하중을 재하하고 그에 따른 옹벽 배면토체의 토압 및 변위 특성 등을 종합적으로 분석하였다. 단섬유 보강토층 배면의 토압, 단섬유 보강토층 전면의 수평변위 그리고 노반면에서의 변위분포에 대한 실대형 시험결과, 전반적으로 단섬유 보강토층을 적용할 경우 그리고 지오그리드를 적용할 경우 모두 노반에 작용하는 열차모의하중에 대해 우수한 성능을 보임을 직·간접적으로 확인할 수 있었다. 특히, 지오그리드를 적용한 경우에는 지오그리드와 벽체의 자중에 의한 토체 구속에 의한 변위 억제효과 등으로 단섬유 보강토층만의 경우보다 더 우수한 성능을 보여 향후 철도 토구조물로서 충분히 현장 적용도 가능하리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산학연 공동연구개발사업의 일환으로 건교부의 연구지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 건교부(2003), 배면토체에 단섬유 보강 매트릭스를 적용한 철도 보강옹벽 공법 개발, 2001년 산학연 공동연구개발사업 최종보고서.
2. Chang, P.W., K.S. Cha, T.S. Park and Y.K. Park (2003), Shear strength characteristics of composite reinforced soils, Proceedings of the 12th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (12ARC).