

## 철도노반의 BTB옹벽 하중지지 매커니즘

### Load Carrying Mechanism of Back-to-Back Reinforced Earth to Adapt in Roadbeds

공민석<sup>†</sup>, 박용걸<sup>\*</sup>, 사공명<sup>\*\*</sup>

Min-Seok Gong<sup>†</sup>, Yong-Geol Park<sup>\*</sup>, Gong-Myung Sa<sup>\*\*</sup>

**Abstract** The purpose of this study is that reinforced retaining wall of the BTB railway roadbed in the application form to ensure structural stability for the more specific construction conditions.

Therefore the study analyses a failure mechanism and load carry characteristics by theoretical understanding and performing of FEM

In the results it determines that construction conditions following width of BTB wall and reinforcements length is crucial parameters in failure mechanism and load carry characteristics

**Keywords** : Finite element analysis method, Geosynthetic reinforced wall, Back-to-Back railbed

**초 록** 본 연구의 목적은 철도노반의 BTB형식의 보강토 옹벽 적용에 있어서 구조적 안정 확보를 위한 보다 명확한 보강재 포설조건을 파악하는 데 있다. 이를 위해 본 연구에서는 기존의 연구 사례 및 이론을 파악 분석 하였으며 추가적으로 옹벽의 폭과 이에 따른 보강재 포설길이를 매개변수로 하여 유한요소해석을 수행하였으며, 매개변수에 따른 보강재의 하중지지 특성 및 옹벽 배면의 파괴 경향을 분석 하였다. 그 결과 옹벽의 폭에 따라 보강재 포설길이에 따른 하중지지 특성에 차이가 발생 하였으며 및 하중지지 특성에 따라 배면의 파괴 경향 역시 상이한 것으로 나타났다.

**주요어** : 유한요소해석, 보강토옹벽, Back-to-Back 옹벽, 노반, 지오그리드

## 1. 서 론

보강토 옹벽이 기존 콘크리트 옹벽 구조물을 대체해가고 있는 가운데, 옹벽이 좌우에 양립하는 옹벽의 형태의 Back-to-Back(이하 BTB 옹벽이라고 칭함)형식은 옹벽은 최근 도로 혹은 철도 노반 지지용 옹벽으로서 많이 적용되고 있다.

BTB 형식을 가지는 옹벽의 설계는 FHWA 설계기준(FHWA, 1997)에 근거하여 수행되나 그 기준 자체가 일반 적인 블록 형태의 보강토 옹벽을 대상으로 한 시공 경험에 근거하는 보수적인 내용을 담고 있다. 특히, 옹벽의 안정성을 좌우하는 중요한 설계 인자인 보강재의 포설길이에 대한 기준이 명확하지 않아 설계에 있어 난해한 점이 있다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학 석사과정  
(ms.kong@samsung.com)

\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원 교수, 공학박사

\*\* 철도도로기술연구원 책임연구원, 공학박사

## 2. 본 론

### 2.1 유한요소해석

#### 2.1.1 모델링 개요

Fig.1은 유한요소 해석모델의 구성을 나타내는 것으로 전면 블록과 뒤채움은 8절점 적분평면 요소를 적용하였으며, 보강재는 인장력 만이 작용하는 케이블요소를 적용모델링을 수행하였다.

구성요소의 거동특성을 좌우하는 파괴 기준(failure criteria)의 경우 뒤채움 흙은 Mohr-Coulomb 항복기준과 비관련 흐름법칙(non-associated flow rule)을 따르는 탄소성 재료 모델링 하였으며 해석과정에서 블록과 뒤채움 흙과의 물성의 이질성으로 인한 오류를 줄이기 위해 인터페이스 요소를 사용하여 모델링 하였다.(Desai 등, 1984)

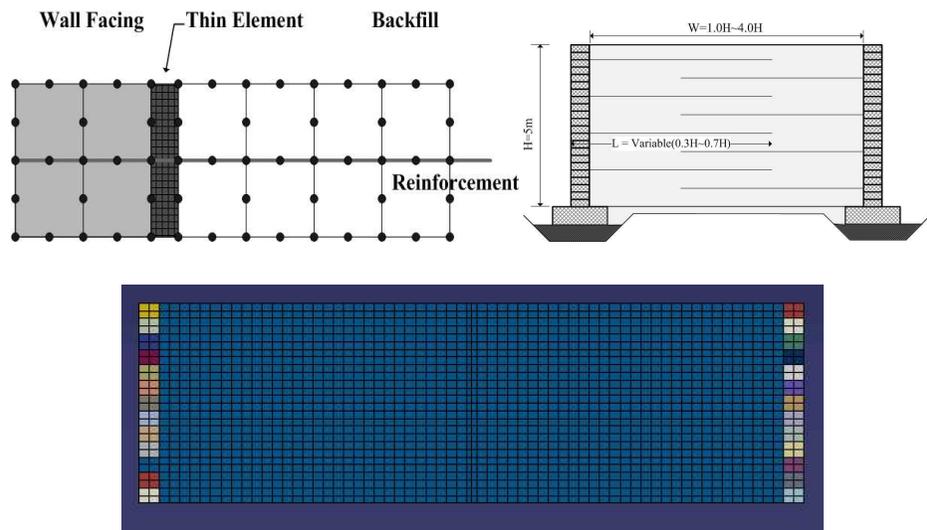


Fig. 1 Modeling of Retaining wall

#### 2.2 적용 옹벽 제원 및 매개변수

본 연구에서는 Fig. 1에서와 같이 옹벽 구조물의 높이는 5m이며 적용되는 보강재의 종류는 지오그리드(Geogrid)로 가정하였으며 전면 벽체는 블록으로 시공되는 조건을 대상으로 하였다. 한편, 뒤채움 재료는 내부 마찰각이 최소 25이상이며 소성지수(Plastic index)는 6이하 No.40체 통과율 60%이하인 조건으로 가정, 물성치를 적용하였다[1]. 한편, 옹벽 상부에는 교통하중 및 기타 하중을 고려하여 30kPa의 균일 등분포하중이 작용하는 것으로 가정하였다.

Table 1 Material Properties using in Analysis

적용된 재료	C(kPa)	$\phi$ (deg)	$\psi$ (deg)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	E(kPa)	J(kN/m)
뒤채움흙	3	30	10	19	$2 \times 10^4$	-
블록	-	-	-	20	$2 \times 10^6$	-

Table 2 Analysis Conditions Obeying Parameters

옹벽 폭	보강재 길이
1.0H	0.3H
	0.5H
	0.7H
1.7H	0.3H
	0.5H
	0.7H
2.5H	0.3H
	0.5H
	0.7H

### 3. 결과 분석 및 고찰

#### 3.1 옹벽 폭(W)에 따른 거동 특성

옹벽 폭(W) 변화에 따른 옹벽의 거동 특성을 분석 하기 위하여 보강재의 길이(L)을  $L=0.7H$  로 고정하고 옹벽의 폭을  $W=1.0H, 1.7H, 2.5H, 4.0H$ 로 변화시킨 조건에 대해 벽체변위와 침하, 내부변위, 유발인장력, 내·외부 수평토압을 산정하여 비교하였다

##### 3.1.1 변위 거동 특성

Fig. 2는 옹벽의 폭  $W=1.0H \sim 2.5H$ 에 대해 변위 양상을 나타내고 있다. 이 그림에서 보이는 바와 같이  $W=1.0H$  에서 8mm,  $W=1.7H$  에서 12.2mm,  $W=2.5H$  에서 13.5mm의 벽체변위가 발생하였으며 증가 폭이 옹벽 폭이 증가함에 따라 벽체변위는 증가하나 증가 폭은 감소하여  $W=2.5H$  이후에는 변위가 수렴하는 양상을 보이는 것으로 관찰되었다. 한편 옹벽의 폭이 증가함에 따라 벽체의 변위가 증가하는 경향을 보여주고 있다. 또한  $W=1.7 \sim 2.5H$  의 범위에서 옹벽의 폭이 다소 작은  $W=1.7H$  및  $2.5H$  의 경우 좌우옹벽의 상호작용에 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

##### 3.1.2 토압 변화 특성

옹벽 폭 변화에 따른 토압의 변화 추이는 다음과 같다. (Fig. 2) 토압 분포는  $1.0H$  에서 전반적으로 작은 값을 보이고 있으나  $W=1.7H$  이상에서는 거의 동일한 것으로 나타났다.

따라서, BTB 옹벽이 개별옹벽으로서 거동하는 임계폭은 수평토압이 일정 값에 수렴하는  $2.5H$ 로 판단할 수 있다. 이러한 경향은 3.1.1절 및 Fig. 3의 벽체변위와 배면침하의 결과에서도 위와 같은 경향을 관찰할 수 있다.

한편, 현재 FHWA 설계기준에 의하면 BTB 옹벽 설계에 있어서 옹벽 폭과 무관하게 일률적으로 주동토압을 적용하도록 되어 있는 반면 위에서 기술한 바와 같이 옹벽의 변위 및 토압 특성은 옹벽 폭에 따라 변화는 경향을 띄며 따라서 현 설계 기준인 일률적인 주동토압을 적용

하는 것은 다소 무리가 있는 것으로 나타났다.

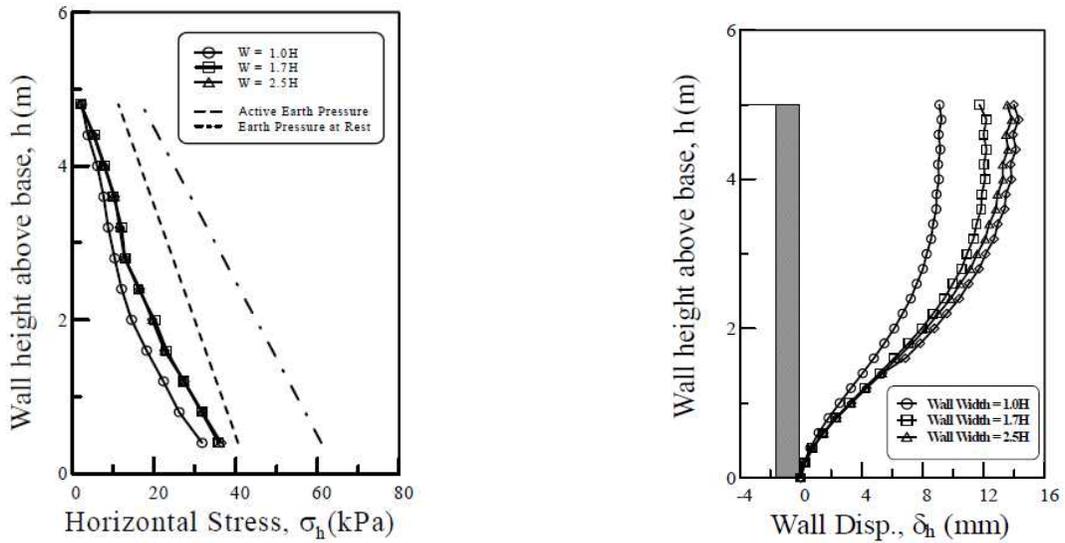
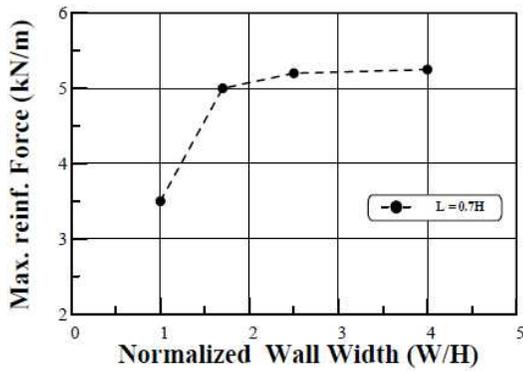
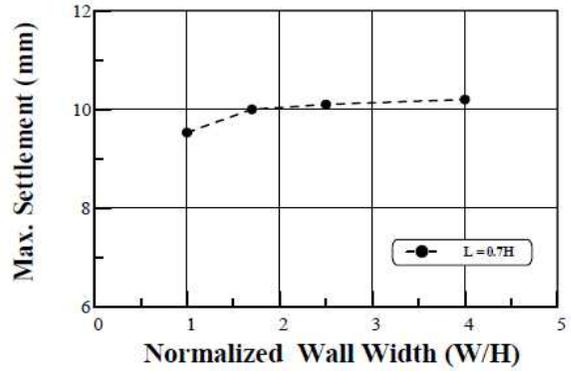


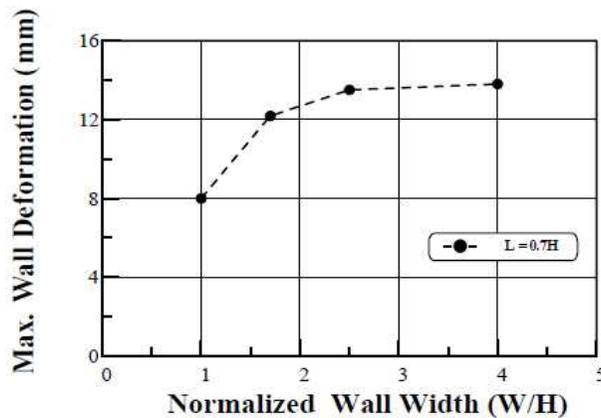
Fig. 2 Behaviour trend of the wall according to width(W)-1



(a) Tension acting on reinforcements



(b) Settlements of back of the wall



(c) Transverse deformation at the wall

Fig. 3 Behaviour trend of the wall according to width(W)-2

### 3.2 보강재 포설길이(L)에 따른 거동 특성

본 절에서는 보강재 포설길이(L)가 옹벽의 거동에 미치는 영향을 고찰하기 위해 보강재 길이를  $L=0.3H, 0.5H, 0.7H$  로 변화시켜 얻어진 해석 결과를 검토하였다.

먼저 보강재 길이에 대한 BTB 옹벽의 벽체 변위 그래프가 Fig. 4에 제시되어있다. 보이는 바와 같이  $W=2.5H$  및  $1.7H$  의 경우 보강재 길이에 따라 벽체 변위가 감소하는 경향을 보이나  $W=1.0H$  의 경우 보강재 길이에 따른 변화를 보이지 않고 있어 보강재의 길이 변화에 따른 옹벽의 변위거동이 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이는 옹벽의 폭이 작을 경우 짧은 보강재가 포설된 경우에도 좌·우 옹벽의 상호작용으로 인해 주동상태에 도달하지 않기 때문으로 사료되며 이러한 경향은 Fig. 5에 서도 잘 관찰할 수 있다.

따라서 BTB 형태의 보강토 옹벽의 벽체 변위 및 토압 등은 옹벽의 폭  $W$ 에 크게 영향을 받으며 옹벽의 폭에 관계없이 일률적으로 주동토압을 토대로 보강재 포설조건을 설정하도록 되어 있는 현 설계기준은 옹벽의 폭이  $W=2.5H$  이하인 경우 과도한 설계가 될 수 있는 것으로 검토 되었다.

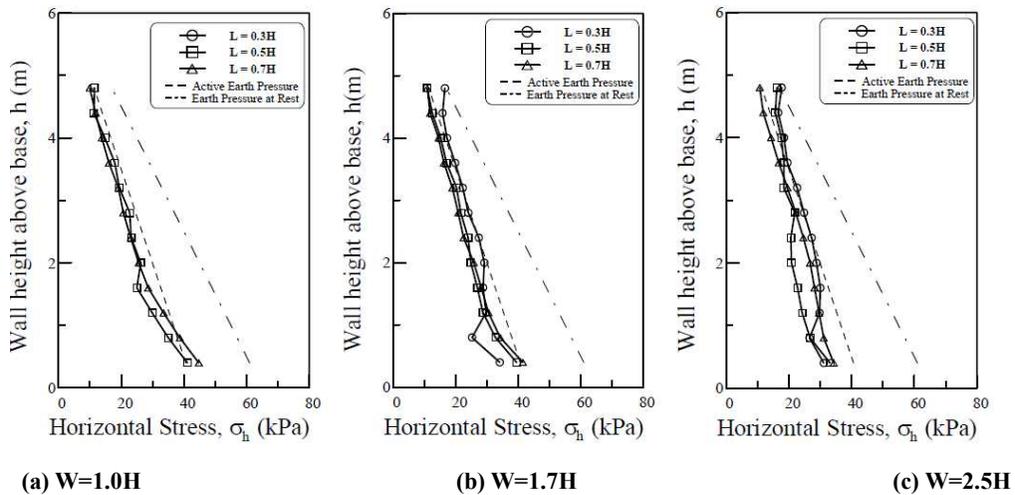


Fig. 4 Earth pressure at the wall according to reinforcements length(L)-1

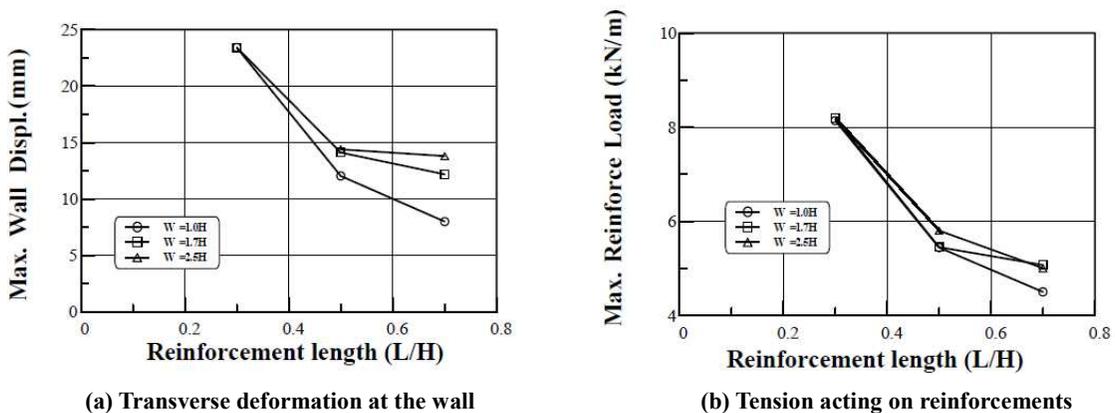


Fig. 3 Behaviour trend of the wall according to reinforcements length(L)

## 4. 결 론

본 연구에서는 단일옹벽과는 거동 특성이 다소 다른 BTB 옹벽을 대상으로 이에 대한 검토를 통해 다양한 기하조건 및 보강재 길이로 보강된 BTB 옹벽의 거동 특성을 분석하고 그 결과를 토대로 현 설계안의 한계점 제시 및 개선안을 검토하였다.

그 결과 BTB 보강토 옹벽의 경우 B/H가 2.5이하의 경우에는 좌우 옹벽의 상호작용 발생하여 벽체 변위 및 토압분포가 개별옹벽과 대비하여 차이가 나타나는 것으로 분석되었고 옹벽 폭이  $W=1.0H \sim 2.5H$  범위의 BTB 옹벽의 경우 설계기준에서 제시하는 개별옹벽의 보강재 길이  $L=0.7H$  보다 다소 짧은  $L=0.5H$  정도를 적용하여도 벽체 변위를 제어 하는데 큰 문제가 없는 것으로 검토되었다.

## 참고문헌

- [1] 한국지반공학회 (2009) 구조물기초설계기준 해설 구미서관 pp. 500-515
- [2]. Adams, M.T., Nicks, J.E., Stabile, T., Wu, J.T.H., Schlatter, W., and Hartmann, J. (2010). Geosynthetic Reinforced Soil Integrated Bridge System—Synthesis Report, Report No. FHWA-HRT-11-027, Federal Highway Administration, McLean, VA.
- [3]. Geo-Institute, Committee on Shallow Foundations. (1999). Shallow Foundations on Reinforced Soil, American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- [4]. Desai, C.S., Zaman, M.M, Lightner, J.g., and Siriwardane, H.J.(1984), “Thin-Layer Elements Interfaces and Joints”, Int. J. for Num. Anal. Mech. in Geomech., Vol.8, pp.19-43.
- [5]. Elias, V. and Christopher, B.R. (1997), Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes, design and construction guidelines, FHWA Demonstration Project 82, FHWA, Washington,DC, FHWA-SA-96-071
- [6]. Berg, R., Christopher, B., and Samtani, N. (2009). Design of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes—Volume 1, Report No. FHWA-NHI-10-024, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, VA.
- [7]. Wu, J.T.H., Pham, T.Q., and Adams, M.T. (2011). Composite Behavior of Geosynthetic-Reinforced Soil (GRS) Mass, Draft, Federal Highway Administration, McLean, VA.
- [8]. Robert D. Hotlz, Barry R. Christopher, and Ryan R. Berg (1998) Geosynthetic design and construction guidelines FHWA HI-95-038, , National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, VA.