

## 순수형 보강토교대의 교대 형상에 따른 인발 안정성 검토

신근식<sup>1</sup>, 한희수<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국도로공사 남북도로협력처, <sup>2</sup>금오공과대학교 토목공학과

### A Study on Pullout Stability according to Abutment Shape of True Mechanically Stabilized Earth Wall Abutment

Keun-Sik Shin<sup>1</sup>, Heui-Soo Han<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Inter-Korean Highway Cooperation Agency, Korea Expressway Corporation

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Kumoh Institute of Technology

**요약** 순수형 보강토교대는 상부구조의 하중을 보강토체 상단에 직접기초 형식으로 지지하는 교대이다. 교대 자체의 변형을 최소화하기 위해 비신장성 보강재인 메탈스트립을 사용하여야 한다. 순수형 보강토교대의 적용조건 도출을 위한 매개변수해석은 Zevogolis(2007)에 의해 수행되었다. 그 결과, 최상단 보강재의 인발 안전율이 가장 작게 산정되는 것으로 나타났다. 따라서 최상단 보강재의 인발 안전율이 가장 중요한 설계인자로 판단된다. 본 연구에서는 교대의 형상에 따른 최상단 보강재의 인발 안전율 변화를 검토하였다. 교대 길이와 교대 뒷굽 길이, 교대 높이를 변수로 하여 매개변수해석을 수행하였다. 매개변수해석 결과, 교대 길이와 교대 뒷굽 길이가 증가함에 따라 인발 안전율이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 교대 길이가 증가함에 따라 교대의 접지면적이 증가하게 되었으며, 그로 인해 상부구조의 하중이 분산되었기 때문이다. 교대 길이 1.2m에서와 교대 뒷굽 길이 0.9m 지점에서 인발 안전율이 수렴하는 것으로 나타났다. 이는 접지면적 증가에 따라 보강재의 유효길이가 감소하였기 때문이다. 그러나, 교대 길이와 교대 뒷굽 길이가 과도하게 증가될 경우 상부구조의 연장이 증가하게 된다. 그리고 교대 높이가 과도하게 증가할 경우 교대 뒤채움부 토공량이 증가하게 된다. 이는 보강토옹벽에 상부하중으로 작용하게 된다. 따라서 이에 대한 면밀한 검토가 필요하다고 판단된다.

**Abstract** A true MSEW abutment is an abutment type that directly supports the load of a superstructure. Metal strips, which are in-extensile reinforcements, should be used to minimize abutment deformation. A study to derive the application conditions of a True MSEW abutment was carried out by Zevogolis(2007). As a result, the pullout factor of safety of the uppermost reinforcement was estimated to be the smallest. Therefore, the pullout factor of safety of the uppermost reinforcement is the most important design factor. Parameter analysis was conducted with the abutment length, abutment heel, and abutment height as variables. The pullout factor of safety increased with increasing abutment length and abutment heel length. This is because the contact area increases and the superstructure is dispersed as the abutment length and abutment heel length increase. The pullout factor of safety converges at an abutment length of 1.2m and an abutment heel length of 0.9m. This is because the effective length of the reinforcement is reduced due to the increase in contact area. On the other hand, the extension of the superstructure will increase if the abutment length and abutment heel length are increased excessively. In addition, earth-volume is increased if the abutment height increases excessively. This acts as an upper load on the MSE wall. Therefore, it needs to be examined carefully.

**Keywords** : Mechanically Stabilized Earth Wall, True Mechanically Stabilized Earth Wall Abutment, Pullout Stability, Ribbed Steel Strip, Abutment Shape

본 연구는 한국도로공사의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Heui-Soo Han(Kumoh Institute of Technology)

Tel: +82-54-478-7618 email: hanhs@kumoh.ac.kr

Received January 31, 2019

Revised February 27, 2019

Accepted March 8, 2019

Published March 31, 2019

## 1. 서론

Department of Transportation에 따르면 미국의 약 150,000개의 교량 중 25% 이상이 접속슬래브의 보수가 필요한 것으로 파악되었으며 그 비용은 약 100 million 달러로 추정되었다. 또한 대부분의 주(states)에서 교대와 토공부 간의 부등침하가 문제가 되었다고 보고되었다 [1]. 또한 Briaud et al(1997)[2]은 교대 부분에서 발생하는 대표적인 문제로 접속슬래브 아래 토공부의 다짐불량과 기초지반 혹은 노반의 침하 등을 제시하였다. 국내의 경우 고속도로 교량 접속부 중 승차감 불량구간이 약 14,000 개소 중 40%로 조사되었으며, 교량 접속부 보수 비용은 약 60억원으로 추정되었다[3]. 이와 같이 접속슬래브의 손상과 승차감 불량의 원인은 교대와 토공부 간의 강성 차이로 인한 부등 침하이다. 국내 대부분의 교대는 선단지지말뚝기초로 지지되는 철근콘크리트 역T형 교대이다. 역T형 교대는 선단지지말뚝기초로 지지되어 교대 자체의 변위는 거의 발생되지 않으나, 뒤채움과 토공부는 지속적으로 침하가 발생하여 교대부와 접속부 간의 부등침하가 야기되고, 주행 중 덜컹거림(Bump)이 발생하여 접속부의 손상과 주행성의 저하 등의 문제점이 발생하게 된다[3].

이러한 차량 주행성 문제를 개선하고자 1970년대부터 미국에서는 보강토옹벽(Mechanically Stabilized Earth Wall, MSEW)을 교대로 사용하는 보강토교대(MSEW abutment)를 개발하여 적용 중이다. 보강토교대는 연성구조물로서 교대와 토공부 간 균등 침하가 발생하고, 따라서 차량 주행성이 개선되고, 기존 교대에 비해 시공성과 경제성이 우수한 것으로 보고되었다[4]. 보강토교대는 교대 자체의 변위가 발생하므로 적용조건에 대한 연구가 매우 중요하다. FHWA(2001)[5]에서는 전면벽체와 교대와의 이격거리 0.5m 이상, 전면벽체와 교량받침의 중심의 이격거리를 1.0m 이상, 교대에서부터 보강토옹벽 상단에 작용하는 접지압(Contact pressure)을 200 kPa 이하로 제한하고 있다. 또한, 보강토교대의 적용조건에 대한 연구는 활발히 진행 중이다. Park (2018)[6]은 비신장성 보강재와 패널식 전면판을 사용한 보강토옹벽의 높이에 따른 안전율과 경제성을 검토하였다. 또한 Park (2018)[7]은 순수형 보강토교대 상부구조로써 슬래브교에 대한 적용성을 검토하였다. Zevogolis et al(2007)[8]은 상부구조의 하중과 보강토옹벽의 높이,

보강재 간격 등을 변수로 하여 매개변수해석을 수행하여 순수형 보강토교대의 안전율을 검토하였다. Kim et al(2018)[9]은 비신장성 금속 보강재를 사용한 보강토교대의 인발 거동에 대해 상세 분석을 수행하였다. 선행 연구 결과, 순수형 보강토교대는 상부구조의 하중을 직접 기초 형식으로 지지하므로, 보강토옹벽 최상단부 보강재의 인발과 과단 안전율이 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 최상단 보강재의 인발안전율이 가장 중요한 설계 인자로 판단되었다[9], 선행 연구 결과, 순수형 보강토교대는 교대의 변위를 최소화하기 위해 비신장성 보강재(메탈스트립)를 사용하도록 제시하고 있다.

그러나 순수형 보강토교대는 보강토옹벽 상단에 직접 기초로 교대가 위치하게 되며 보강토옹벽에 자중이 작용하게 된다. 따라서 교대의 형상에 따라 자중이 달라지므로 이에 대한 분석이 필요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 교대 형상에 따른 보강토교대의 최상단 보강재의 인발 안전율을 분석하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 보강토교대의 개념

보강토교대는 Fig. 1과 같이 순수형(True type)과 복합형(Mixed type)으로 분류할 수 있다. 순수형 보강토교대는 교대가 보강토체 상단에 직접 위치하는 형식이며, 복합형 보강토교대는 말뚝으로 상부하중으로 지지하며, 수평하중으로 인해 발생하는 말뚝의 횡방향 변위를 보강토옹벽에 전달하는 형식이다[10].

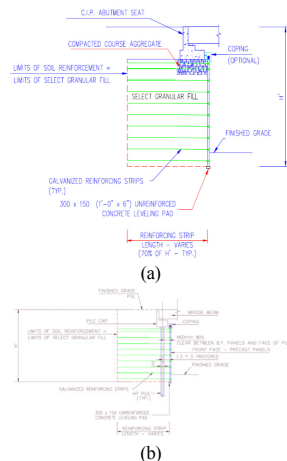


Fig. 1. Type of MSEW abutment [10]  
(a) True type, (b) Mixed type

### 2.2 보강토교대의 설계법

순수형 보강토교대에 작용하는 상부구조의 수직하중에 대한 응력분포는 Boussinesq 2V : 1H 간편법을 적용하며, Boussinesq 2V : 1H 간편법은 응력이 보수적으로 산정되며, 안전측으로 설계가 가능하다(Fig. 2 (a) 참조). Boussinesq 2V : 1H 간편법을 통한 수직하중에 대한 응력은 식 (1)을 통해 산정한다.

$$\Delta\sigma_v = \frac{P_v}{D}, D = \begin{cases} B' + Z \\ \frac{B' + Z}{2} + d \end{cases} \begin{cases} f \text{ or } Z \leq FZ_0 \\ f \text{ or } Z \geq Z_0 \end{cases} \quad (1)$$

수평하중의 응력분포는 Rankine Plane을 적용하여 설계하며, Rankine Plane을 통한 수평하중에 대한 응력은 식 (2)를 통해 산정한다(Fig. 2 (b) 참조).

$$\Delta\sigma_{h,max} = \frac{2F}{I} \quad (2)$$

Where,  $F$  sum of horizontal loads caused by superstructure,  $I = (c + B') \tan(45^\circ + \phi/2)$ ,  $\Delta\sigma_{h,max}$  maximum value of horizontal load,  $P_h$  horizontal concentration load per linear length of continuous footing,  $F_1$  horizontal force caused by earth pressure,  $F_2$  horizontal force cause by excess vehicle load,  $c$  distance between the pannel and the foundation front heel,  $I$  depth at which the horizontal load is completely extinguished,  $\phi$  friction angle of reinforced soil

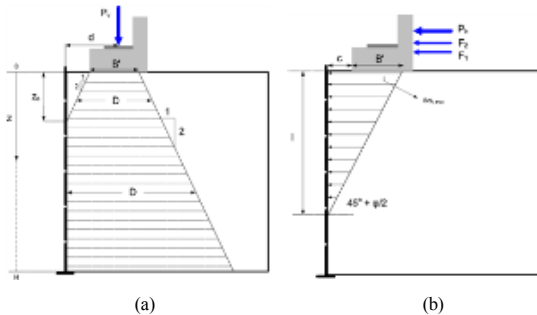


Fig. 2. Stress distribution of reinforced soil caused by load of super-structure [10]  
 (a) Vertical earth pressure  
 (b) Horizontal earth pressure

순수형 보강토교대는 교대의 변형을 최소화하기 위해 비신장성 보강재인 메탈 스트립을 적용한다. FHWA(2001)[5]에서는 비신장성 보강제는 복합중력식 설계법을 통해 보강토옹벽의 내적 안정성을 검토하도록 제시하였다. 복합중력식 설계법은 보강제의 강성에 따라 전면벽체에 작용되는 토압 분포와 파괴면이 다르게 작용되는 설계법이다. 신장성 보강제의 파괴면은 Coulomb 파괴면이며, 비신장성 보강제의 파괴면은 Bilinear 파괴면을 가지며, 교대 형상에 따라 파괴면의 위치가 결정된다고 가정한다. Fig. 3은 교대 위치에 따른 최대 인장력 발생 위치를 나타낸 것이다. 복합중력식 설계법에서는 최대 인장력 발생 위치는 보강제의 파괴면과 동시에 발생한다고 가정한다[10].

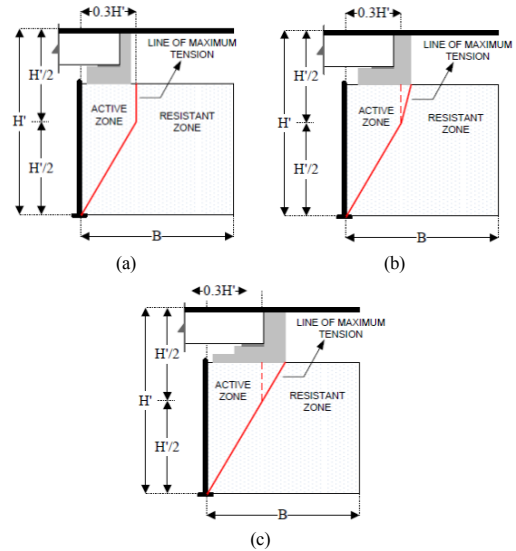


Fig. 3. Location of line of maximum tension on a MSEW abutment depending on seat geometry [10]  
 (a) Case 1, (b) Case 2, (c) Case 3

Fig. 4는 FHWA[2001][5]에서 제시한 복합중력식 설계법에서 보강제 종류에 따른 수평방향 토압계수를 나타낸 것이다. 보강제 종류에 따라 수평토압계수를 다르게 적용하며, 본 연구에서 적용한 메탈 스트립은 하부 6.0m 까지 주동토압계수( $K_a$ )보다 수평방향 토압계수( $K_r$ )을 크게 적용하여야 한다.

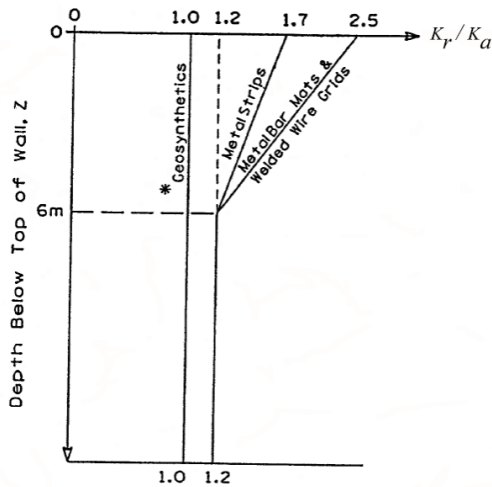
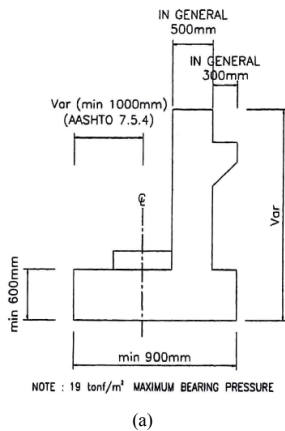


Fig. 4. Active Earth Pressure coefficient according to type of reinforcement [5]

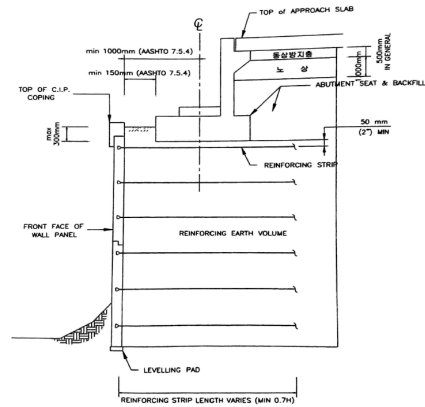
### 3. 매개변수해석 조건

#### 3.1 해석개요

Fig. 5는 FHWA(2001)[5]에서 제시한 순수형 보강토 교대의 일반도이다. 교대 형상에 대해 교대 하부 길이 0.9m 이상, 하부 높이 0.6m 이상, 교량받침과 교대 하부 이격거리 1.0m 이상으로 제시하였다. 그러나 순수형 보강토교대는 보강토옹벽 상단에 직접기초 형식으로 상부 하중을 지지하고, 교대의 형상은 보강토옹벽에 자중으로 작용하게 되므로 교대 형상에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

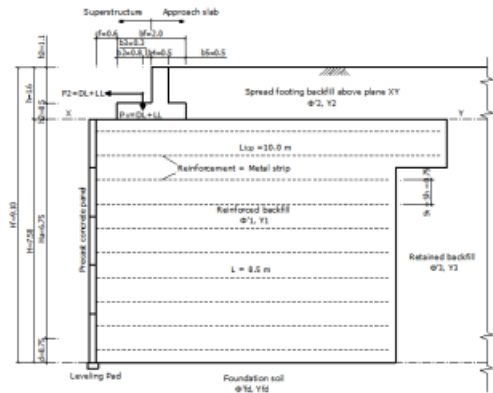


(a)

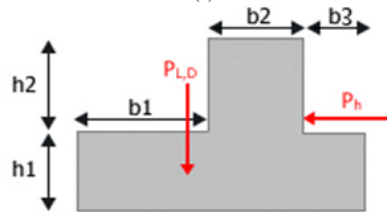


(b)

Fig. 5. General map of Ture MSEW abutment [5]  
(a) Section of abutment  
(b) Section of Ture MSEW abutment



(a)



(b)

Fig. 6. Interpretation cross-section  
(a) Cross Section of True MSEW abutment[9]  
(b) Abutment Shape

본 연구에서는 Kim et al(2018)[9]의 연구에서 제시되어 있는 보강토 교대 단면(Fig. 6 (a) 참조)을 기준으로 교대 형상(Fig. 6 (b) 참조)을 변수로 하여 매개변수해석을 수행하였다.

매개변수는 Table 1과 같이 교대 길이( $b_1$ ), 교대 뒷굽 길이( $b_3$ ), 교대의 높이( $h_2$ )로 적용하였다(Fig. 6 (b) 참

조). 1개의 변수에 따라 매개해석을 수행하였고, 변수에 따른 상수조건 Fig. 6 (a) 순수형 보강토교대 단면조건에 따라 Default 값으로 명시하였다(Table 1 참조).

Table 1. Parameter

Division	Variable	Default
Abutment seat, $b_1$ (m)	0.5 ~ 1.5	1.0
Abutment heel, $b_3$ (m)	0.0 ~ 1.0	0.5
Abutment height, $h_2$ (m)	0.5 ~ 2.5	1.1

### 3.2 해석조건

매개변수해석은 MIDAS 사의 Soilworsk REWall Module을 사용하여 수행하였으며, 설계 방법은 FHWA(2001)[5]와 구조물기초설계기준(2015)[11]에 따라 수행하였다. 매개변수해석에 적용지반정수는 Table 2와 같고, 일반적인 사질토의 균등계수( $c_u$ ) 4를 적용하였다. 하중조건은 Park(2018)[7]의 연구결과를 이용하여 순수형 보강토교대의 적용조건인 접지압  $200kPa$  이하를 적용하였다(Table 3 참조).

Table 2. Soil properties

Classification	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	$\phi$ ( $^\circ$ )	$c$ ( $kPa$ )
Foundation	19.0	30.0	0.0
Reinforced	19.0	30.0	0.0
Backfill	19.0	30.0	0.0

Table 3. Load properties [7]

Load Case	Load Type	Load (kN)	Contact pressue ( $kPa$ )
Horizontal Load	DL + LL	806	192.77
Vertical Load	DL	3,500	
	LL	1,300	

순수형 보강토교대에 적용한 보강재는 비신장성 보강재로써 돌기형 메탈 스트립이다. 메탈 스트립의 장기허용인장력은 식 (3)과 같이 산정한다.

$$T_d = \frac{FS \times F_y \times A_c \times R_c}{b} \quad (3)$$

Where,  $FS$  strength reduction factor,  $F_y$  yield strength of reinforcement,  $A_c$  effective area of reinforcement,  $R_c = b/S_h$ ,  $b$  width of ribbed strip,  $S_h$  horizontal spacing of reinforcement

식 (3)을 이용하여 보강재의 장기 허용인장력을 산정하면 Table 4와 같다. 공용연한은 100년으로 적용하고, 보강재의 수평간격( $S_h$ )는 0.5m로 패널식 전면벽체에 보강재가 4개가 배치되도록 하였다.

Table 4. Allowable tensile strength for long loading

$F_y$ (MPa)	$FS$	$A_c$ ( $mm^2$ )	$b$ (mm)	$R_c$	$T_d$ ( $kN/m$ )
450	0.55	398.4	0.10	0.13	131.5

도로설계편람(2008)[12]에서 제시한 보강토옹벽의 내/외적 최소 안전율은 Table 5와 같다. 본 연구에서 중정으로 다루는 인발 안전율( $FS_{po}$ )의 최소 안전율은 상시 1.5, 지진시 1.1이다.

Table 5. Minimum factor of safety on MSEW

Division		Static	Seismic
External stability	Sliding ( $FS_{sl}$ )	1.5	1.1
	Overturning ( $FS_{ot}$ )	1.5	1.1
	Eccentricity ( $e/L$ )	0.167	0.250
	Bearing capacity ( $FS_{bc}$ )	2.5	2.5
Internal stability	Pullout ( $FS_{po}$ )	1.5	1.1
	Overall ( $FS_{overall}$ )	1.0	1.0

## 4. 매개변수해석 결과

매개변수에 따라 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발거동을 분석하였다. 그 이유는 Park(2018)[7]과 Zevogolis et al(2007)[8], Kim et al(2018)[9]에 따르면 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발 안전율이 가장 작게 산정되기 때문이다.

### 4.1 교대 길이( $b_1$ )에 따른 인발 거동 분석

Fig. 7은 교대 길이에 따른 최상단 보강재(1st)와 상단 보강재(2nd)의 인발 안전율을 나타낸 것이다. 모든 검토 길이에서 최소 기준 안전율을 만족하는 것으로 나타났으며, 교대 길이가 증가함에 따라 안전율은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 교대 길이가 증가함에 따라 교대의 접지면적이 증가하고, 그로 인해 상부구조의 수직/수평 하중이 분산되었기 때문이다. 교대 길이 1.2m에서 안전율이 수렴되는 것으로 나타났으며, 교대 길이 1.2m에서 요구되는 보강재의 유효길이( $L_e$ )가 감소하였기 때문이다.

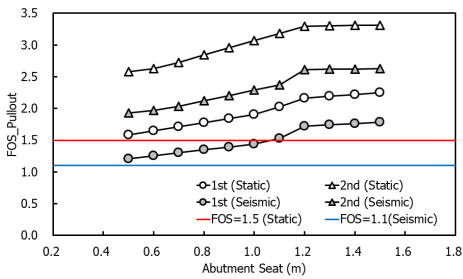


Fig. 7. Pullout safety by abutment seat length

### 4.2 교대 뒷굽 길이( $b_3$ )에 따른 인발 거동 분석

Fig. 8은 교대 뒷굽 길이에 따른 최상단 보강재(1st)와 상단 보강재(2nd)의 인발 안전율을 나타낸 것이다. 모든 검토 길이에서 최소 기준 안전율을 만족하는 것으로 나타났으며, 교대 뒷굽 길이가 증가함에 따라 안전율은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 교대 길이( $b_1$ )와 같이 교대 접지면적 증가로 인한 수직/수평 하중 분산되었기 때문이다. 교대 뒷굽 길이 0.9m에서 안전율이 수렴되는 것으로 나타났으며, 이 또한 보강재의 유효길이 감소로 인한 것이다.

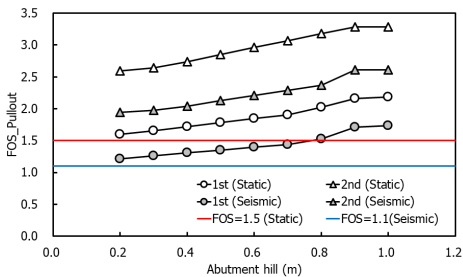


Fig. 8. Pullout safety by abutment hill length

### 4.3 교대 높이( $h_1$ )에 따른 인발 거동 분석

Fig. 9는 교대 높이에 따른 최상단 보강재(1st)와 상단 보강재(2nd)의 인발 안전율을 나타낸 것이다. 교대의 높이가 1.0m 이하에서 최소 기준 안전율을 만족하지 못하였다. 교대의 높이가 증가함에 따라 인발 안전율은 증가하는 것으로 나타났으며, 최상단 보강재가 상단 보강재에 비해 상대적으로 안전율 증가폭이 큰 것으로 나타났다. 이는 교대 높이가 증가함에 따라 교대의 뒤채움부 토체 자중이 증가하게 되고 이로 인해 인발저항력(Pullout Capacity)이 증가하기 때문이다.

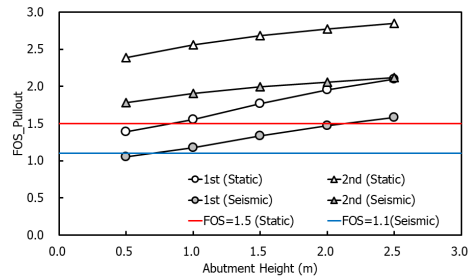


Fig. 9. Pullout safety by abutment Height length

## 5. 결론

본 연구에서는 교대 길이와 교대 뒷굽 길이 그리고 교대의 높이를 변수로 하여 순수형 보강토교대 보강재의 인발 안전율을 분석하였다. 본 연구에서 도출된 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 순수형 보강토교대는 직접기초 형식으로 상부구조의 하중을 지지하므로 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발안전율이 가장 작게 산정되었다. 그 이유는 상부구조의 수직하중을 직접 지지하기 때문이며, 또한 복합중력식 설계법에 따라 가장 큰 횡방향 토압계수가 작용하기 때문이다.
- 2) 교대 길이( $b_1$ )와 교대 뒷굽 길이( $b_3$ )에 따라 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발 안전율을 검토한 결과, 길이가 증가함에 따라 인발 안전율이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 접지면적이 증가되어 상부구조의 수직/수평하중이 분산되었기 때문이다.

- 3) 교대 길이( $b_1$ ) 1.2m지점과, 교대 뒷굽 길이( $b_3$ ) 0.9m 지점에서 인발 안전율이 수렴하는 것으로 나타났다. 이는 교대 접지면적이 증가하여, 보강재가 상부하중을 지지하는 보강재의 유효길이가 감소되었기 때문이다.
- 4) 교대 높이( $h_2$ )에 따라 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발 안전율을 검토한 결과, 교대 높이가 증가함에 따라 인발 안전율은 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 교대 높이가 증가함에 따라 교대 뒤채움부 토체가 증가하게 되고 이로 인해 인발저항력이 증가하기 때문이다.
- 5) 교대 형상이 증가함에 따라 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발 안전율은 증가하는 것으로 나타났다. 하지만, 교대 길이( $b_1$ )과 교대 뒷굽 길이( $b_3$ )가 과도하게 증가하게 될 경우 상부구조의 연장이 증가되므로 이에 대한 검토가 필요하다.
- 6) 교대 높이가 증가함에 따라 최상단 전면벽체에 부착되는 보강재의 인발 안전율은 증가하는 것으로 나타났다. 하지만, 교대 높이가 증가함에 따라 교대 뒤채움부 토공량이 증가하게 되며, 이는 사하중(DL, Dead Load)으로 작용하여 보강토교대의 상부하중으로 작용하게 되므로 이에 대한 검토가 필요하다고 판단된다.

## References

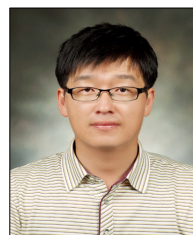
- [1] A. J. Puppala, S. Saride, E. Archeewa, L. R. Hoyos, S. Mazarian, "Recommendation for Design Construction, and Maintenance of Bridge Approach Slabs : Synthesis Report", The University of Texas at Arlington, Texas, 2009.
- [2] L. J. Briaud, R. W. James, S. B. Hoffman, "NCHRP Synthesis 234: Settlement of Bridge Approaches (the Bump at the End of the Bridge)", Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, pp.75, 1997.
- [3] Expressway & Transportation Research Institute, "Evaluation and Improvement of Ride Discomfort at Bridge Approaches in Service", Korea Expressway Corporation, 2012.
- [4] Expressway & Transportation Research Institute, "Development of A New Concept Abutment",

EXTRI-2016-47-534.9607, Korea Expressway Corporation, 2016.

- [5] FHWA, "Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes, Design and Construction Guidelines", FHWA-NHI-00-043, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC, 2001.
- [6] M. C. Park, "A Study on Stability and Economic feasibility according to Height on the MSE Wall with Pacing Panel", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 5, pp. 54-63, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.5.54>
- [7] M. C. Park, "A Study on Applicability and External / Internal Stability of true MSEW abutment with slab", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 5, pp. 263-274, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.5.54>
- [8] I. Zevogolis, P. Bourdeau, "Mechanically stabilized earth wall abutments for bridge support", Joint Transportation Research Program, Indiana, Indiana Department of Transportation and Purdue University, pp. 1-146, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5703/1288284313451>
- [9] T. S. Kim, S. Y. Lee, M. S. Nam, H. S. Han, "Pullout Behavior of Mechanically Stabilized Earth Wall Abutment by Steel Reinforcement and Backfill Properties", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 11, pp. 750-757, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.11.750>
- [10] K. Brabant, "Mechanically Stabilized Earth walls for support of highway bridges", Advanced Foundation Engineering UMASS Lowell-Course(14.533), 2001.
- [11] Korean Geotechnical Society, Structure foundation design standards specification, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2015.
- [12] MLTMA, "Road design manual", Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008.

신 근 식(Keun-Sik Shin)

[정회원]



- 1996년 8월 ~ 현재 : 한국도로공사 근무
- 2012년 8월 : 경북대학교 일반대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 일반대학원 토목공학과 박사과정

<관심분야>

토질및기초, 보강토옹벽, 토류구조물

한 희 수(Heui-Soo Han)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한국과학기술원 토목공학과 (공학석사)
- 1999년 12월 : South Dakota School of Mines Technology (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

토질 및 기초, 사면안정, 보강토옹벽