

버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재의 인발거동특성에 관한 실험적 고찰

An Experimental Study on Pullout Behavior Characteristics of the Steel Strip Reinforcement Bolted with Braced Angles

김홍택* · 방윤경** · 박시삼*** · 김현조****

Kim, Hong-Taek · Bang, Yoon-Kyung · Park, Si-Sam · Kim, Hyun-Jo

Abstract

In this study, the steel strip reinforcement bolted with braced angles expected to mobilize skin friction resistance as well as bearing resistance is proposed. Laboratory pullout tests are conducted to investigate the characteristics of pullout behavior. From the test results, friction effects between soil and reinforcement are evaluated with the width of reinforcement, magnitude of surcharge, and existence of bearing resistance member. Further to analyze interference effects for bearing resistance member, pullout tests are also carried by varying the number, the location, and the spacing of braced angles. Based on the test results, pullout resistance factor is evaluated under the consideration of location of braced angles and the degree of interference for spacing ratio.

Keywords : Steel strip reinforcement, Braced angles, Laboratory pullout test, Pullout resistance factor

요 지

본 연구에서는, 기존 강재스트립 보강재의 표면마찰저항력 이외에도 지지저항력의 발휘가 동시에 예상되는 새로운 형태의 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재가 제시되었으며, 이에 대한 인발거동특성을 파악하기 위해 실내인발시험을 통하여 보강재의 폭, 상재하중의 크기 및 지지저항부재 유무 등이 흙과 보강재 사이의 마찰특성에 미치는 영향을 평가하였다. 또한 수동저항부재간의 상호간섭효과 등을 분석하기 위해, 지지저항부재의 설치개수와 위치 및 간격 등을 달리한 여러 조건 하에서 시험을 실시하였고, 이와 같은 시험결과를 바탕으로 하여 버팀재의 위치와 간격비에 따른 상호간섭의 영향 등이 고려된 인발저항계수 산정식을 제시하였다.

주요어 : 강재스트립 보강재, 버팀재, 실내인발시험, 인발저항계수

* 정회원 · 홍익대학교 토목공학과 교수

** 정회원 · 대원과학대학 토목과 부교수

*** 정회원 · 홍익대학교 토목공학과 박사과정

**** 정회원 · 홍익대학교 토목공학과 석사과정

1. 서론

일반적으로 보강토 옹벽의 경우, 뒤채움 흙과 보강재를 하나의 보강토체로 형성하기 위하여 강재 및 토목섬유 등이 보강재로 사용되고 있다.

도로 또는 고속철도 등이 고성토 상부에 설치되는 경우 큰 상재하중이 작용하게 되며, 이를 지지하기 위해 토목섬유를 이용한 보강토 공법을 적용할 경우, 보강토 옹벽 축조 과정에서 유발되는 수평력이 매우 크기 때문에 보강재와 흙 사이에서 유발되는 인발변위 및 보강재 자체의 인장변위 등에 의한 수평변위의 대부분이 시공도중에 발생하고, 성토가 진행될수록 수평변위는 누적된다. 이러한 변형특성은 장기적인 크리프특성 및 온도에 따른 신율의 차이 등에 기인하여 옹벽의 최종변위량이 비교적 크게 나타나는 특징을 가진다(김홍택 등, 2002).

큰 상재하중에 대한 안정성 문제를 해결하기 위해 강재 스트립 보강재를 적용할 경우, 보강재 자체의 인장변형률 및 인장강도가 토목섬유에 비해 우수하기 때문에, 보강재와 흙 사이에서 유발되는 인발변위에 의해 벽체변위의 대부분이 발생하게 된다. 이러한 이유 때문에, 지지저항을 유발하기 위한 원형관을 강재보강재에 결속하는 방법이나, 혹은 보강재 자체를 돌기형으로 제작하여 보강재의 인발저항력을 증가시키는 방법 등, 보강토 벽체의 발생변위량 감소를 위한 다양한 시도가 이루어져 왔다.

본 연구에서 제시된 버팀재가 접합형 강재스트립 보강재의 경우, 인발력에 의한 버팀재의 지지저항력이 작용하여 보강효과를 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 이는 보강토 옹벽 설계시 전면블록이나 전면판의 효과를 거의 무시하고 있는 현재의 설계방법으로 볼 때, 보강토 옹벽 안정성에 미치는 효과가 매우 크다 할 수 있으며, 이로 인해 보강토 옹벽 시공시에 경제적인 효과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다. 이에 본 연구에서는 여러 경우의 시험결과를 바탕으로 하여 버팀재의 위치와 간격비에 따른 상호간섭의 영향 등이 고려된 인발저항계수 산정식을 제시하고자 한다.

2. 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재의 기본 원리

버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재는, 스트립형 보

강재에 L자 형상의 버팀재를 볼트로 연결하여 수동지지저항이 유발되도록 고안한 새로운 형태의 보강재로서, 그 형태는 그림 1에 나타내었다. 본 보강재는, 기존의 스트립형 강재보강재에 비하여 단면의 폭을 줄이는 대신 버팀재를 설치하므로써, 보강재의 양이 줄어드는 동시에 보강재의 인발저항력은 극대화하도록 고안되었다.

일반적으로 강재스트립 보강재의 인발저항력은 보강재의 표면과 흙 사이에서 발휘되는 표면 마찰저항과 버팀재에 의한 흙의 수동저항에 의해서 유발된다. 이에 대한 이론적 해석연구는 Jewell et al.(1984, 1990)이 그리드형 보강재의 인발저항에 대해 체계적으로 수행한 바 있으며, 본 연구에서는 Jewell 등의 연구결과를 토대로 강재스트립 보강재에 대한 표면 마찰저항 및 버팀재 등의 인발저항 해석방법을 제안하였다.

2.1 강재스트립 보강재의 인발저항력

강재스트립 보강재의 인발저항력(P_p)은 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$P_p = 2L_s W_s \sigma_v f_b \tan \phi \quad (1)$$

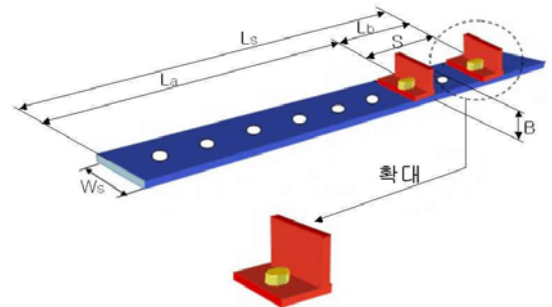


그림 1. 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재 단면

여기서, f_b : 인발저항 계수,

ϕ : 흙의 내부마찰각,

L_s, W_s : 보강재의 길이와 폭,

σ_v : 보강재 표면에 작용하는 연직응력

식(1)을 보강재의 인발저항력(P_p)을 표면마찰(skin

friction)저항($(P_P)_{sf}$)과 버팀재에 의한 지지응력 (bearing stress) ($(P_P)_{bs}$)으로 나누어 표현하면, 각각에 관한 식은 다음과 같다.

$$(P_P)_{sf} = 2 \alpha_s L_s W_s \sigma_v \tan \delta \quad (2)$$

$$(P_P)_{bs} = n \alpha_b B W_s \sigma_b \quad (3)$$

여기서, S : 버팀재의 설치간격,

δ : 흙과 강재스트립 보강재 사이의 마찰각,

n : 버팀재의 개수,

σ_b : 버팀재에 작용하는 저항응력,

α_s : $A_s (= L_s W_s)$ 에 대한 보강재 표면적만의 비율,

α_b : 가상 저항면적($B W_s$)중 실제 수동 저항이 유발되는 면적의 비율

따라서, 식(1), 식(2) 및 식(3) 등으로부터 인발저항계수(f_b)를 구하면 다음 식(4)와 같고, $L_b/S = n$ 으로 치환하면 식(5)와 같이 나타낼 수 있다. 버팀재가 1개일 경우는 식(5)에 $n = 1$ 을 대입하여 구하고, 버팀재가 2개 이상일 경우 간격에 의한 버팀재 사이의 상호간섭이 발생하므로, 상호간섭효과를 고려하여 구해야 한다.

$$f_b = \alpha_s \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi} \right) + \left(\frac{L_b}{L_s} \right) \left(\frac{\alpha_b B}{S} \right) \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_v} \right) \frac{1}{2 \tan \phi} \quad (4)$$

$$f_b = \alpha_s \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi} \right) + \left(\frac{n \alpha_b B}{L_s} \right) \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_v} \right) \frac{1}{2 \tan \phi} \quad (5)$$

δ 는 흙과 강재스트립 보강재 사이의 마찰각을 나타내는데, 흙과 보강재 표면 사이의 인발마찰강도는 식(6)으로 표현된다.

$$\tau_{p, \max} = \frac{F_{p, \max}}{2 W_s L_s} \quad (6)$$

여기서, $\tau_{p, \max}$: 인발마찰강도(t/m^2),

$F_{p, \max}$: 최대인발저항력(t)

따라서, 식(6)과 수직하중-인발마찰강도 관계로부터, 흙과 강재스트립 보강재 사이의 마찰각(δ)은 다음의 관계로부터 구할 수 있다.

$$\tau_{p, \max} = C_p + \sigma_v \cdot \tan \delta \quad (7)$$

여기서, C_p : 흙과 보강재 사이의 부착력(t/m^2)

2.2 버팀재의 지지저항력

횡방향 보강재의 지지저항에 관한 기존의 평가방법으로서 Prandtl 이론이 대표적이며, 지지저항 부재의 파괴 메카니즘은 크게 전반전단파괴(general shear failure; Peterson & Anderson(1980)) 및 편칭전단파괴(punching shear failure; Jewell et al.(1984, 1990))로 분류된다. Terzaghi-Buisman의 대상기초 지지력이론을 적용하여 버팀재에 작용하는 저항응력을 나타내면 식(8)과 같다.

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n W_s B} = C \cdot N_c + \sigma_v \cdot N_q \quad (8)$$

여기서, σ_b : 버팀재에 작용하는 저항응력,

F_b : 보강재의 인발력,

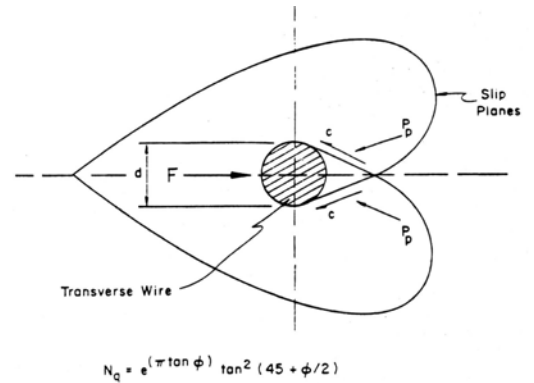
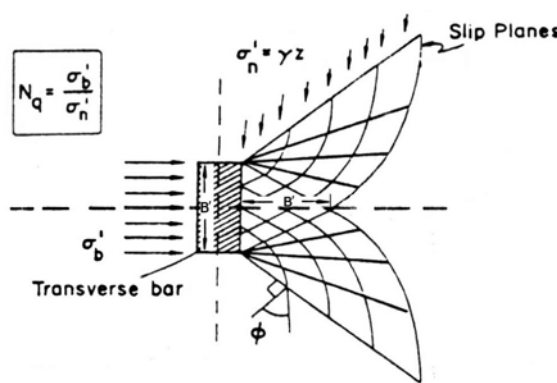
N_q, N_c : 지지력 계수,

n : 버팀재의 개수

2.3 버팀재의 상호간섭효과를 고려한 인발저항력

강재스트립에 접합되는 버팀재의 상호간섭효과는 동일한 흙시료를 대상으로 수동저항부재의 간격 및 개수 등을 변화시켜 가며 실내인발시험을 수행함으로써 평가될 수 있다. 이와 같은 상호간섭 정도의 정량적인 평가에 대하여 Palmeira & Milligan(1989)에 의해 제시된 상호간섭계수(DI)를 사용하였다. 수동저항 부재들의 상호간섭계수(DI)를 고려하여 보강재가 오직 수동저항 응력만으로 작용될 때 인발저항계수(f_b) 산정식은 다음과 같다.

표 1. 저항부재의 파괴거동에 따른 지지력 계수

전반전단파괴(Peterson & Anderson (1980))	편칭전단파괴(Jewell et al.(1984, 1990))
$N_q = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) e^{\pi \tan \phi}$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) e^{\left(\frac{\pi}{2} + \phi\right) \tan \phi}$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$
	

$$f_b = (1 - DD) \left(\frac{n^{\alpha_b} B}{L_s} \right) \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_v} \right) \frac{1}{2 \tan \phi} \quad (9)$$

따라서, 버팀재가 2개 이상일 경우 강제 스트립 보강재의 표면마찰(skin friction)저항과 버팀재에 의한 지지응력(bearing stress) 및 상호간섭계수(DI)를 고려한, 인발저항계수(f_b) 산정식을 제안하면 식(10)과 같다.

$$f_b = \alpha_s \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi} \right) + (1 - DD) \left(\frac{n^{\alpha_b} B}{L_s} \right) \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_v} \right) \frac{1}{2 \tan \phi} \quad (10)$$

3. 실내인발시험장치 및 방법

본 연구에 사용된 인발시험장치는 그림 2에서 도시한 바와 같이 흙과 보강재가 포설되는 인발상자 및 보강재와 인발장치를 연결하는 클램프, 인발장치, 자료수집기 등으로 구성된다.

인발시험 상자의 내부크기는 길이 130cm×폭 60cm×높이 60cm 이며, 한쪽 측면에는 외부로부터 인발상자 내부의 흙 입자의 거동과 다짐상태를 관찰할 수 있도록 아크릴 판으로 제작되어있다. 인발상자 내부의 흙은 일정한 두께로 층다짐을 실시하며 다짐도 90%를 기준으로 하여 각 층

에 필요한 중량만큼의 일정 함수비의 시료를 단위중량에 맞도록 할당하는 중량-체적할당법(Alfaro 등, 1995)을 이용하여 각 층의 높이가 채워질 때까지 하였고, 완성된 다짐상태는 강제스트립 부근 상부와 하부 2개 지점에서 확인하였다. 전면부에는 하중계(Load cell), 변위계(LVDT)를 설치하고, 인발에 따라 유발되는 변위, 인발력 등은 Data Logger와 측정장비를 사용하여 매 5초 간격으로 자료를 수집하였다. 흙/보강재 사이의 인발시험에서 표면마찰저항과 수동저항이 모두 적절히 발휘될 수 있도록 하기 위해, 인발 속도는 1.0mm/min로 유지하였다. 시험에 사용된 강제 스트립 시료의 폭은 5cm와 7cm 두 가지를 사용하였고, 길이는 클램프 체결부를 포함하여 110cm로 일정하게 하였다.

본 시험에서는 인발상자의 상부에 고무로 된 공기주머니를 설치하여 공기압을 이용, 균등한 연직응력을 재하할 수 있도록 하였다.

흙시료에 작용하는 연직응력은 1.0kg/cm², 1.5kg/cm² 및 2.0kg/cm² 세가지로 하였으며, 인발상자 내부 흙시료에 가해지는 압력의 균등한 분배를 위해 하중을 재하한 상태에서 일정시간동안 방치한 후 인발시험을 수행하였다. 본 연구에서 사용한 흙시료는 주문진 표준사와 화강풍화토를 1:1.5의 비율로 혼합하여 사용하였고, 본 시험전 기본 물성시험을 수행한 결과와 실내인발시험에서 사용된 실내인발시험 조건은 표 2와 같다.

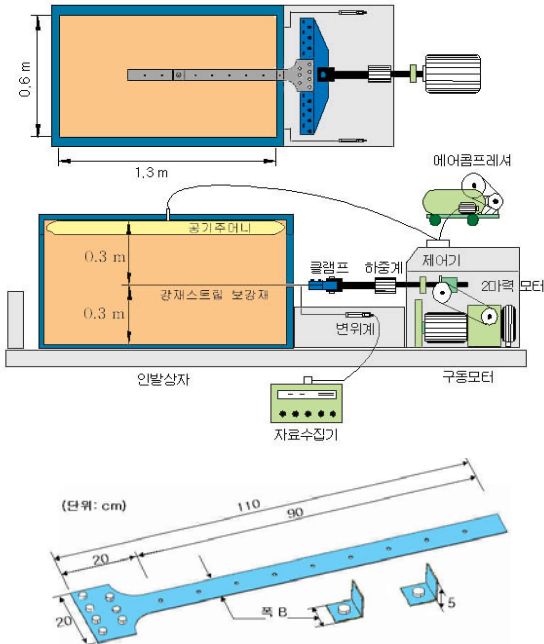


그림 2. 실내인발시험 장치 및 제원

표 2. 실내인발시험 조건

구분	시료종류		구분	시료종류	
	화강풍화토 (SP)	화강풍화토 (SP)		건조밀도 (g/cm ³)	화강풍화토 (SP)
강도정수	c (kg/cm ²)	0.46	다짐특성 (AC다짐)	건조밀도 (g/cm ³)	1.71
	ϕ (°)	42.2		최대건조밀도 (g/cm ³)	1.92
인	관통계수, C_k	3.61	인발시험시 다짐상태	최적함수비 (%)	13.3
	곡률계수, C_c	1.81		비중	2.66
				다짐도 (%)	90
				함수비 (%)	9.38

구분	No.	상재하중	버팀재 설치 위치	간격
CASE A (폭=5cm)	1	상재하중 고정 (1.0 kg/cm ²)		-
	2			-
	3			10 cm
	4			20 cm
	5			30 cm
	6			20 cm
CASE B (폭=7cm)	1	상재하중 고정 (1.0 kg/cm ²)		-
	2			-
	3			10 cm
	4			20 cm
	5			30 cm
	6			20 cm
	7			10 cm
	8			10 cm
	9			-
	10			-
	11			-
	12			-
CASE B (폭=7cm)	13	1.0 kg/cm ²		-
		1.5 kg/cm ²		-
		2.0 kg/cm ²		-

4. 분석 및 고찰

4.1 인발력-변위관계의 비교

그림 3은 본 연구의 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재와 토목섬유의 인발력-변위관계(김홍택 등, 1999)를 비교하기 위하여 나타낸 그림으로, 보강재의 인발력-변위 관계는 그림 3과 같이 지오그리드, 지오텍스타일 및 합성토목섬유에 비해 초기 변형률 단계에서 우수하게 평가됨을 알 수 있었다.

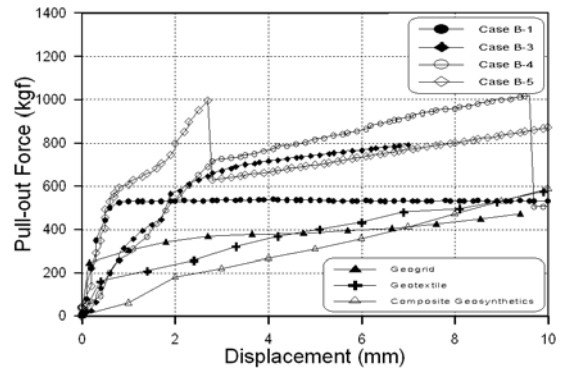


그림 3. 인발력-변위관계의 비교

4.2 강재스트립 보강재의 인발마찰특성

도로 또는 고속철도 등이 보강토 옹벽 고성토 상부에 설치되는 경우 큰 상재하중이 작용하게 되며, 이 경우 강재스트립 보강재는 지반강성을 상당히 향상시킬 수 있는 보강재로 적용 가능하다. 따라서, 강재스트립 보강재의 적용에 있어서 합리적인 인발마찰계수 산정을 위하여 실내인발시험시 상대적으로 큰 상재하중을 1.0kg/cm², 1.5kg/cm² 및 2.0kg/cm²로 다르게 하여 총 3회의 인발시험을 수행하였으며, 상재하중변화에 따른 실내인발시험 결과는 그림 4와 같다. 그림 4를 살펴보면 상재하중이 1.0kg/cm²에서 1.5kg/cm²로 증가할 경우 최대인발력이 39%, 상재하중이 1.5kg/cm²에서 2.0kg/cm²로 증가할 경우 최대인발력이 31% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 수직하중-인발 마찰강도 관계로부터, 흙과 강재스트립 보강재 사이의 마찰각 (δ)을 식(7)에 의해 산정한 결과, 강재스트립의 폭이 7cm인 경우 강도정수는 $C_p = 0.073\text{kg/cm}^2$ 및 $\delta = 19.5^\circ$ 로 평가되었다.

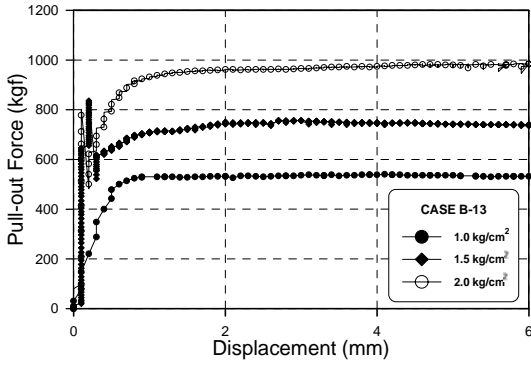


그림 4. 상재 하중의 영향

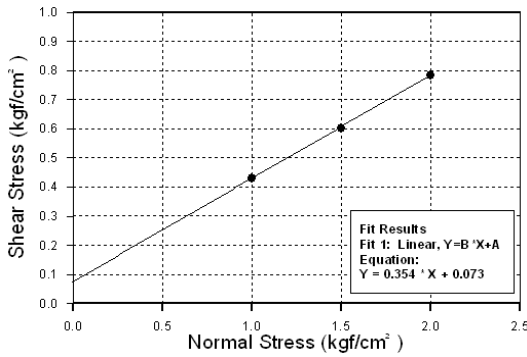
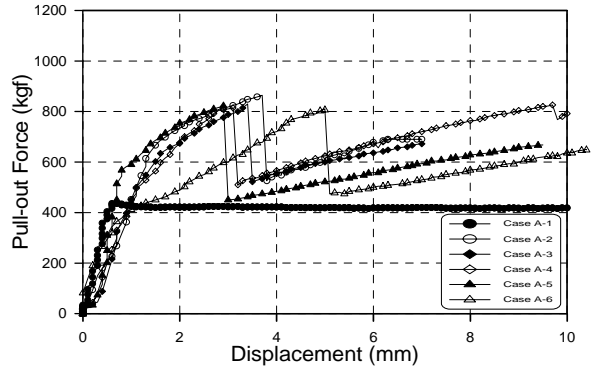
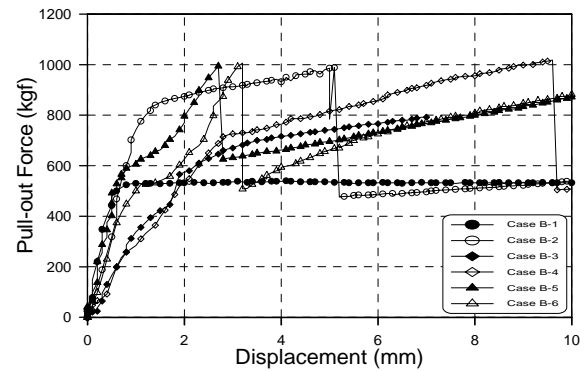


그림 5. 수직하중-인발마찰강도 관계



(a) Case A (폭 5cm)



(b) Case B (폭 7cm)

그림 6. Case 별 최대인발력 비교

4.3 강재스트립 보강재의 폭 및 버팀재의 영향

표 2의 Case A 및 Case B에 대한 실내인발시험 결과는 그림 6에 나타내었다.

그림 5를 살펴보면, 강재스트립의 폭이 5cm에서 7cm로 증가할 경우, 최대인발력의 증가율은 대략 21~25% 정도로 나타났으며, 강재스트립에 버팀재 부착시 최대 인발력은 버팀재가 설치되지 않은 경우와 비교하여 약 2배정도 큰 인발력이 발휘되었다.

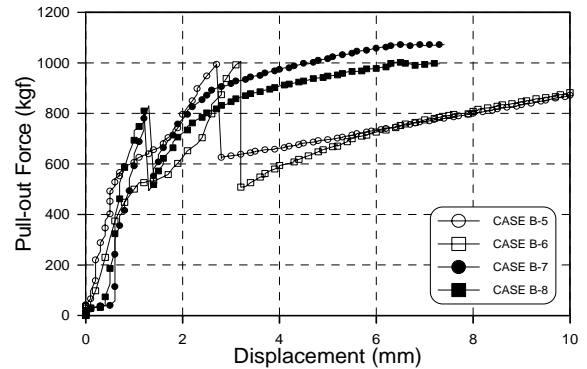
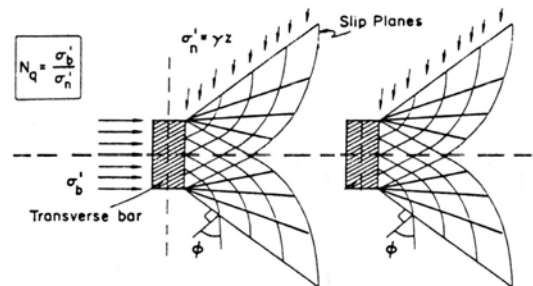


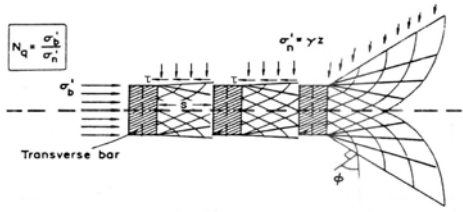
그림 7. 간격비(S/B)에 따른 영향

4.4 간격비(S/B)에 따른 상호간섭효과

버팀재간의 상호간섭효과를 규명하기위해 수행된 실내 인발시험결과를 살펴보면(그림 7), 간격비(S/B)가 2이하 인 경우(Case B-7 및 B-8) 비교적 작은 변위에서 인발 파괴 형상을 나타내었다. 또한, 인발력의 감소폭도 Case B-5 및 Case B-6의 경우와 비교해볼 때 비교적 작은 경향을 나타냄을 알 수 있었다.



(a) 지지저항형태(Case B-4)



(b) 마찰저항형태(Case B-7)

그림 8. 버팀재의 간격비(S/B)에 따른 파괴형태

이는 시료가 조밀한 상태이고 낮은 변형단계에서의 버팀재에 의한 파괴형태를 편칭전단파괴로 가정할 때(Jewell et al.(1984, 1990)), 간격비(S/B)가 2이하일 경우 중첩효과 등에 의해 버팀재와 버팀재 사이에서의 저항력이 지지저항형태(그림 8(a))가 아닌 마찰저항형태(그림 8(b))로 발휘되는 영향에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 버팀재가 2개 이상 설치된 강재스트립 보강재의 인발저항력을 평가하고자할 때에는, 버팀재 위치 및 간격비(S/B)에 따른 상호간섭의 효과를 고려해주어야 할 것으로 판단된다.

4.5 강재스트립 보강재의 인발저항력 평가

버팀재의 파괴형태를 편칭전단파괴로 가정하여(Jewell et al.(1984, 1990)), 버팀재에 작용하는 저항응력(σ_b)(식(8) 참조) 및 인발저항계수(f_b)(식(10) 참조)를 구한 결과는 표 3과 같다. 참고적으로, 표 3에서는 버팀재의 영향 분석을 위하여 보강재 폭이 7cm인 경우를 중심으로 분석하였다. 표 3에서, 강재스트립에 버팀재가 설치되지 않은 경우(Case A-1 및 B-1), 식(2)에 의해 표면마찰저항만을 평가

하였으며, 그 결과 이론식에 의한 최대인발력 예측결과가 실내인발시험 결과에 비해 14~24% 정도 작게 평가되었다. 이의 주원인은 버팀재를 설치하고자 천공한 버팀재 설치구멍에 흙입자가 채워짐으로서 유발되는 지지저항력 등이 이론식에서는 고려되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

그림 9를 살펴보면, 버팀재가 있는 경우중 Case B-5, Case B-6 및 Case B-8의 경우, 이론식에 의한 최대인발력 예측결과에 비해 실내인발시험결과가 14~23% 정도 작게 평가되었다.

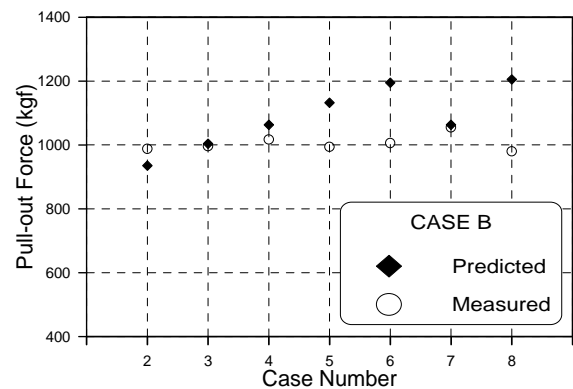


그림 9. 최대인발력 비교

이러한 원인은 세가지 경우 모두 버팀재가 시험토조의 전면벽으로부터 비교적 가까이 위치하여, 일부 버팀재의 위치가 Rankine 파괴면과 안정지역(self-stable zone) 사이에 위치하게 되어 충분한 저항력이 발생하지 않아 인발력이 작게 측정된 것으로 사료된다.

표 3. 최대인발력 평가

구 분	조 건	상호간섭계수(DI)	이론식에 의한 예측결과		실내인발시험 결과
			인발저항계수(f_b)	최대인발력	최대인발력
	Case A-1	.		330 kgf	410 kgf
	Case B-1	.		463 kgf	530 kgf
	Case B-2	.	0.789	935 kgf	988 kgf
	Case B-3	0.43	0.847	1004 kgf	996 kgf
	Case B-4	0.37	0.897	1063 kgf	1017 kgf
	Case B-5	0.30	0.955	1132 kgf	994 kgf
	Case B-6	0.49	1.008	1195 kgf	1006 kgf
	Case B-7	0.58	0.897	1063 kgf	1055 kgf
	Case B-8	0.69	1.017	1205 kgf	980 kgf

4.6 강재스트립 보강재의 인발저항력 비교

버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재의 인발력-변위관계는 그림 10과 같이 지오그리드, 지오텍스타일 및 합성토목섬유에 비해 초기 변형을 단계에서 우수하게 평가되었다. 그림 10을 살펴보면, 합성토목섬유 보강재의 경우 인발하중이 증가함에 따라 변위가 점증적으로 증가하는 취성 거동을 보이거나(김홍택 등, 1999), 본 연구에서 개발된 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재의 경우 최대인발하중에서의 변위가 10mm 이내로 나타난 점등을 살펴볼 때 강성거동을 하는 것으로 평가되었다. 따라서, 보강토 옹벽 등의 토목구조물에 본 연구에서 개발된 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재를 사용할 경우, 합성토목섬유 보강재에 비해 시공시 유발되는 변위를 상당부분 억제할 수 있을 것으로 판단된다.

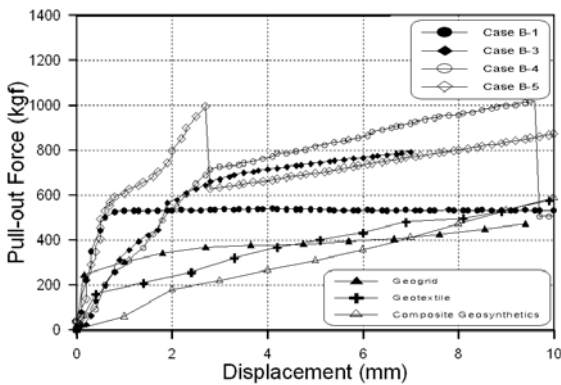


그림 10. 인발력-변위관계

5. 결론

본 연구에서는 버팀재 볼트형 강재스트립 보강재 인발저항력 산정시, 수동저항력을 유발하는 버팀재의 위치와 간격비에 따른 상호간섭의 영향이 고려된 인발저항계수 산정식을 제시하였으며, 실내인발시험을 수행하여 강재스트립의 폭, 상재하중의 크기 및 수동저항부재 유·무 등이 흙과 보강재 사이의 마찰특성에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구를 통해 얻어진 주요 결론은 다음과 같다.

1. 실내인발시험 결과, 강재스트립의 폭이 5cm에서 7cm로 증가할 경우 최대 인발력의 증가율은 대략 21~25% 정도로 나타났고, 강재스트립에 버팀재를 부착한 경우에는 버팀재가 설치되지 않은 경우와 비교하여 최

대인발력이 약 2배 증가하였으며, 버팀재의 개수가 2개인 경우와 3개인 경우의 최대인발력 차이는 미비하게 나타났다.

2. 버팀재가 2개 이상 설치된 강재스트립 보강재의 인발저항력을 평가하고자할 때 버팀재에 의한 파괴형태를 편칭전단파괴로 가정하고 버팀재의 위치와 간격비(S/B)에 따른 상호간섭의 영향을 고려하여 평가한 결과, 일부 버팀재가 토조의 전면벽과 비교적 가까운 위치에 있는 경우를 제외하고 제시한 산정식과 실내인발시험에 의한 최대인발력은 대체적으로 5%미만의 차이를 나타내었다.
3. 강재스트립의 버팀재가 실내인발시험용 토조의 전면벽과 비교적 가까운 위치에 있는 경우(Case B-5, Case B-6 및 Case B-8), 본 연구에서 제시된 산정식에 의한 최대인발력값에 비해 실내인발시험결과 14~23% 정도 작게 평가되었으며, 이러한 감소원인은 버팀재가 시험토조의 전면벽으로부터 가까이 설치될 때, 일부 버팀재의 위치가 Rankine 파괴면과 안정지역 사이에 위치하게 되어 충분한 저항력이 발생하지 않아 인발력이 작게 측정된 것으로 판단된다.
4. 실내인발시험 결과, 본 연구의 버팀재가 부착된 강재스트립이 기존의 토목섬유보강재에 비하여 특히 초기변형을 단계에서 우수한 인발마찰력을 발휘하는 것으로 나타났다. 따라서, 보강토 옹벽 등의 토목구조물에 본 연구에서 개발된 버팀재 볼트 접합형 강재스트립 보강재를 사용할 경우, 합성토목섬유 보강재에 비해 시공시 유발되는 변위를 최소한으로 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2002년도 홍익대학교 학술연구 조성비에 의한 연구성과임을 밝히며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김홍택, 방윤경, 조용권 (2002), 토목섬유의 온도 및 구속효과를 고려한 보강토옹벽의 변위해석, 2002 한국지반환경공학회 학술발표회 논문집, pp. 199~205.
2. 김홍택, 김승욱, 전한용, 이인모 (1999), 화강풍화토 뒤채움흙 내부 토목섬유 복합보강재의 거동특성에 관한 기초연구, 한국지반공학회 논문집, 제15권 제5호, pp. 171~191.
3. Alfaro, M.C., Miura, N. and Bergado, D.T. (1995), Soil-Geogrids Reinforcement Interaction by Pullout and Direct Shear Test, Geotechnical Testing Journal, Vol.18, No.2, pp. 157~167.
4. Jewell. R.A., Milligan, G. W. E., Sarsby, R. W. and Dubois, D., (1984), Interaction between Soil and Geogrids. Proceedings of the Symposium on Polymer Grid Reinforcement in Civil Engineering, Thomas Telford Ltd., London, pp. 19~29.
5. Jewell, R.A. (1990), Reinforcement Bond Capacity, Geotechnique 40, No. 3, pp. 513~518.
6. Palmeira, E.M., and Milligan, G.W.E. (1989), Scale and other Factors Affecting the Results of Pull-Out Tests of Grids Buried in Sand, Geotechnique 39, No. 3, pp. 511~524.
7. Peterson, L. M. and Anderson, L. R., (1980), Pullout Resistance of Welded Wire Mesh Embedded in Soil, Utah State University, Logan, Utah Repoodtto the Hilfilker Cympany.