

I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드 보강재의 연결강도 평가

A Study on Connection Strength Evaluation of Wall Facing/Geogrid Using I-type Connection Device

한 중근 ¹	Han, Jung-Geun	홍기권 ²	Hong, Ki-Kwon
조삼덕 ³	Cho, Sam-Deok	이광우 ^{4*}	Lee, Kwang-Wu

ABSTRACT

The use of geogrid-reinforced earth wall technologies has progressed rapidly over the past 10 years in Korea because these technologies have advantages such as economical efficiency, graceful appearance, and easy construction. The geogrid used in the reinforced earth wall with concrete block facing can be subjected to damage among the upper and lower blocks and at the interface between the block and the geogrid. Therefore, when design of the geogrid-reinforced soil walls the required connection strength of the geogrid to the wall facing is an issue. In this study, new connection system between facing block and geogrid is developed to improve the damages of geogrid in the existing connection systems. The new connection devices are made of steel and have I-shape. This paper describes the test method and results of the laboratory testing for determination of connection strength in connection system using the I-type connection device.

요 지

최근 국내에서는 시공성 및 경제성이 우수하고, 수려한 경관을 연출할 수 있는 보강토옹벽의 적용이 급증하고 있는 추세이다. 일반적으로 블록식 보강토옹벽 시공시 전면블록과 보강재 사이의 연결은 블록에 미리 형성시킨 돌기(전단키형 방식) 또는 플라스틱 핀(핀형 방식)을 이용하여 보강재를 블록에 정착시키는 방식으로 이루어지고 있다. 그러나 이와 같은 연결방식은 시공중 보강재에 부분적인 손상의 원인이 되며, 이로 인해 보강토옹벽의 안정성에 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 연결방식의 문제점을 해결하고자, 안정성을 보다 높이고 경제성은 기존 방식과 유사한 I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드 보강재의 연결방법을 개발하였으며, 현장 적용을 위하여 연결강도 특성을 평가하였다.

Keywords : Reinforced earth wall, Geogrid, I-type connection device, Connection strength

1. 서론

보강토옹벽은 뒤채움흙, 보강재 및 벽체가 일체가 되어 외력이나 토압에 저항하는 구조물임에도 불구하고, 국내

에서 주로 사용되고 있는 블록식 보강토옹벽의 설계 및 시공 시에는 벽체를 구성하는 블록과 보강재간의 연결방식에 대한 검토가 충분히 이루어지지 않고 현장에 적용되는 사례가 종종 발생하고 있다. 이와 같은 전면블록/보강재

1 정회원, 중앙대학교 건설환경공학과 부교수 (Member, Associate Professor, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Chung-Ang Univ.)
2 정회원, 중앙대학교 일반대학원 토목공학과 박사과정 (Member, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Chung-Ang Univ.)
3 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구실 책임연구원 (Member, Research Fellow, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Division, Korea Institute of Construction Technology)
4* 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구실 연구원 (Member, Researcher, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Division, Korea Institute of Construction Technology, E-mail: kwangwu@kict.re.kr)

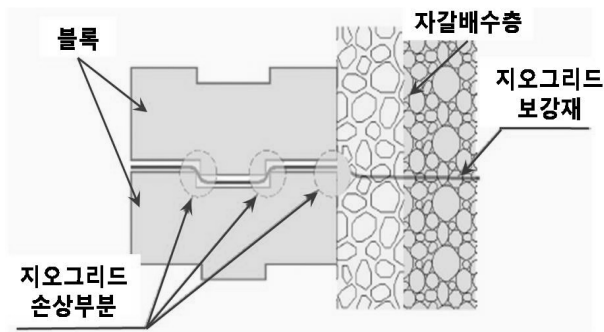


그림 1. 기존 전면블록/보강재 연결방식의 보강재 주요 손상부분

연결부의 시공불량은 보강토옹벽의 국부적 안정에 있어서 전면벽체의 균열 및 과도한 수평변위를 유발시키고, 이로 인한 구조물 붕괴의 원인이 되기도 한다(한중근 등, 2009). 따라서 일련의 실험적 방법을 통하여 전면블록과 보강재 사이의 연결특성 및 안정성 평가가 이루어져야 하며, 이를 위한 연결강도 시험법으로는 주로 NCMA(1997)의 SRWU-1 시험법이 적용되고 있다.

한편, 일반적으로 블록식 보강토옹벽 시공시 전면블록과 보강재 사이의 연결은 블록사이에 보강재를 위치시키고, 블록에 미리 형성시킨 돌기(전단키형 방식) 또는 플라스틱 핀(핀형 방식)을 이용하여 보강재를 블록에 정착시키는 방식으로 이루어지고 있다. 이와 같은 기존의 연결방식은 그림 1에서 보는바와 같이 시공중 보강재에 부분적인 손상의 원인이 되며, 이로 인해 블록과 보강재 간의 일체화가 저해되어 전면블록의 균열 및 돌출이 야기된다. 따라서 보다 안전한 블록식 보강토옹벽의 시공을 위해서는 새로운 형태의 연결방식이 요구되고 있으며, 일부에서는 이와 같은 문제점을 일부 개선한 보강토옹벽들이 개발 적용되고 있다(신은철 등, 2005).

따라서 본 연구에서는 기존 연결방식의 문제점을 해결하고자, 보다 안정성을 높이고 경제성은 기존 방식과 유사한 I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드 보강재의 연결방법을 개발하였으며, 일련의 연결강도시험을 통해 그 특성을 평가하였다.

2. 전면블록/보강재의 연결강도 시험 및 평가방법

블록식 보강토옹벽에 있어서 전면블록과 보강재의 연결부에서는 보강재의 파단이나 인발이 유도되지 않도록 충분한 연결강도가 확보되어야 하며, 이는 보강토체에서 전면블록으로 전달되는 인장력에 저항할 수 있어야 함을

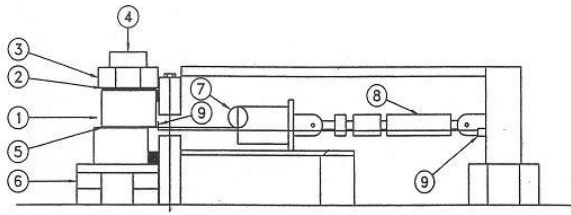
의미한다. 전면벽체와 보강재 사이의 연결부 파괴를 방지하기 위해서는 전면벽체를 형성하는 블록과 보강재를 적절히 결속시켜야 하고, 실험을 통해 연결강도 특성을 명확히 평가하여 이를 설계에 반영해야 한다. 이에 본 절에서는 연결강도 시험법 및 평가방법에 대하여 설명하였다.

2.1 연결강도 시험법

NCMA(1997)에서 제안하고 있는 SRWU-1 시험법은 보강재와 전면블록 사이의 연결강도를 결정하는 방법으로, 기본적인 시험원리는 현장상태와 동일한 조건으로 실물 모형시험을 수행하여 현장에서 발생하는 연결강도 특성과 유사한 결과를 얻는 것이다.

시험 시 사용되는 보강재 폭은 최소 910mm(36inch)로 하고, 전면블록과 보강재의 연결 및 블록의 배열은 현장과 동일한 조건으로 한다. 또한 수직하중 재하는 재하판과 최상단 블록 사이에 매트를 설치하여 하중이 블록 상단으로부터 균등하게 분포되도록 한다. 그림 2는 연결강도 시험장비의 개략도를 보여주며, 시험순서는 다음과 같다.

- (1) 하단블록 설치 후 블록배면에 뒤채움흙을 포설하고, 현장과 같은 밀도로 다짐
- (2) 보강재를 수평하게 하여 블록과 클램프에 연결(블록 배면과 클램프 사이간격은 최소 203mm(8inch))
- (3) 상단블록 설치 후 블록배면에 뒤채움흙을 포설하고, 현장과 같은 밀도로 다짐
- (4) 상단블록 위에 재하 장치를 설치
- (5) 상단블록에 수직하중을 일정하게 재하(재하하중의 범위는 현장에서 야기되는 하중조건을 고려하여 설정)
- (6) 보강재에 예비 인장력을 가하고, 변위를 “0”으로 설정(예비 인장력은 극한 연결강도의 10% 또는 290 N/m 중 작은 값을 초과하지 않도록 적용)
- (7) 인장변위는 분당 10%의 변형이 지속되도록 인장력 적용
- (8) 인장 하중, 변위 및 보강재의 변위를 기록
- (9) 시험은 보강재 파단, 블록과 보강재의 연결부 및 블록의 파괴가 일어날 때까지 지속
- (10) 시험 횟수는 동일한 수직하중에서 최소 3번 이상 반복 수행하며, 시험결과의 차이가 중간 값보다 $\pm 10\%$ 이상이면 재시험 실시



- ① 블록 ② 수직하중 적용 패드 ③ 수직하중 재하판
④ 수직하중 재하장치 ⑤ 보강재 ⑥ 받침대 ⑦ 클램프
⑧ 스크류 캡 ⑨ 변위 측정장치

그림 2. 연결강도 시험장비의 개략도(NCMA, 1997)

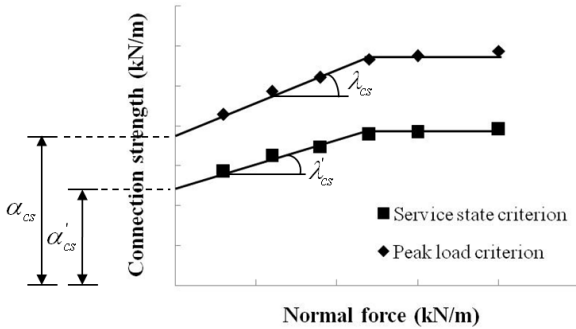


그림 3. 연결강도 시험결과를 활용한 연결강도 평가 곡선

2.2 연결강도 평가방법

연결강도 평가방법은 2.1절에서 언급한 연결강도 시험 결과를 바탕으로 하여 그림 3에서 보는바와 같이 전면벽체와 연결된 보강재 사이의 인장력에 따른 변위 관계에 의해 연결강도와 수직력 관계로 나타난 연결강도 평가곡선을 통하여 연결강도 결정에 필요한 설계정수인 α_{cs} , λ_{cs} 를 산정한다. 이 때 연결강도 평가는 파괴시 극한 강도에 안전율을 고려하는 극한강도 설계법과 설계 내구연수 동안에 특정한 변형이 유발되는 것을 허용하여 연결강도를 평가하는 공용강도 설계법으로 구분된다.

설계시 반영되는 장기 허용연결강도는 극한강도 설계법의 경우, 식 (1)과 같이 극한연결강도에 안전율을 적용해서 평가한다.

$$T_{\max} \leq T_{d(n)} = T_{ultconn(n)} / FS_{cs} \leq T_{a(n)} \quad (1)$$

여기서, $T_{d(n)}$: 장기 설계허용연결강도(kN/m)

$T_{ultconn(n)}$: 극한연결강도(kN/m)

T_{\max} : 보강재의 최대 유발인장력(kN/m)

$T_{a(n)}$: n 번째 토목섬유 보강재의 장기 설계허용인장강도(kN/m)

FS_{cs} : 연결강도 결정에 대한 안전율(보통 1.5)

한편, 설계 내구연수 동안에 허용되는 변형을 고려하여 연결강도를 평가하는 공용강도 설계법에 있어서, 전면블록의 최대 허용변형은 설계 내구연수 동안 전면블록의 공용성을 확보하면서 전면블록의 변형을 최소화하는 경험적 수치인 19mm(3/4inch)를 제안하고 있으며, 식 (2)와 같이 평가된다.

$$T_{cs(n)} = T_{conn@3/4(n)} \leq T_{a(n)} \quad (2)$$

여기서, $T_{cs(n)}$: 공용성에 근거한 장기 설계허용연결강도(kN/m)

$T_{conn@3/4(n)}$: 19mm(3/4inch) 변형에서의 연결강도(kN/m)

$T_{a(n)}$: n 번째 토목섬유 보강재의 장기 설계허용인장강도(kN/m)

전면블록/보강재의 연결강도($T_{ultconn(n)}$ 또는 $T_{conn@3/4(n)}$) 평가를 위한 설계정수는 앞서 언급한 바와 같이 일련의 실험적 방법을 통하여 결정되며, 이는 식 (3) 및 식 (4)에서 나타난 바와 같이 전면블록 높이에 따른 수직하중과 연결강도와의 관계로 표현할 수 있다. 즉, 연결강도는 임의의 접촉면($H - E_{(n)}$)에 작용하는 전면블록 무게($W_{w(n)}$)와 힌지높이(H_h)에 의해 영향을 받게 된다.

$$T_{ultconn(n)} = \alpha_{cs} + W_{w(n)} \tan \lambda_{cs} \quad (3)$$

$$T_{conn@3/4(n)} = \alpha'_{cs} + W_{w(n)} \tan \lambda'_{cs} \quad (4)$$

$$W_{w(n)} = (H - E_{(n)}) (\gamma_u) (W_u) \quad (5)$$

여기서, H : 옹벽 높이(m)

$E_{(n)}$: 각 보강재 층까지의 높이(m)

γ_u : 블록의 단위 중량(kN/m³)

W_u : 블록의 폭(m)

α_{cs} : 연결강도시험에 의한 극한 점착력 (kN/m)

λ_{cs} : 연결강도시험에 의한 극한 마찰각 (°)

α'_{cs} : 연결강도시험에 의한 19mm(3/4inch) 변형에서의 점착력 (kN/m)

λ'_{cs} : 연결강도시험에 의한 19mm(3/4inch) 변형에서의 마찰각 (°)

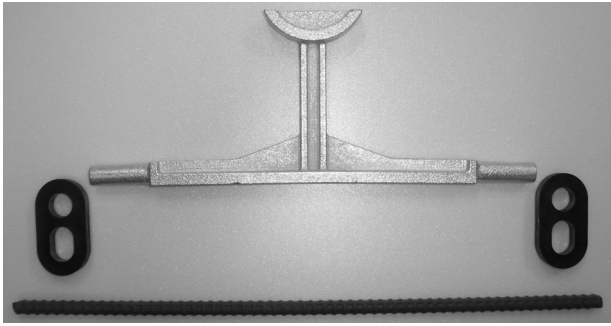


그림 4. 개발된 I형 연결장치

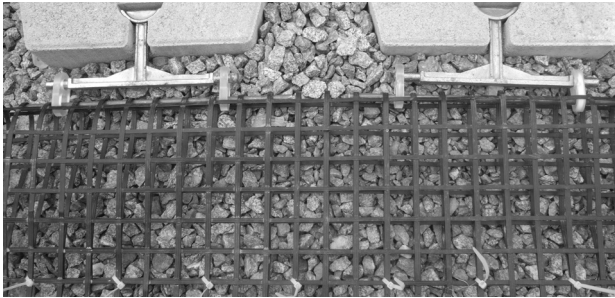


그림 5. I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드 연결

3. I형 연결장치

블록식 보강토옹벽에 있어 전면블록/지오그리드 보강재의 연결방식은 주로 전단키 및 전단핀을 이용하고 있다. 이러한 연결방식은 그림 1에 보인바와 같은 전면블록의 균열 및 돌출 등과 같은 문제를 야기시킬 수 있기 때문에, 본 연구에서는 경제성은 기존 방식과 유사하고 보강토옹벽의 안정성은 보다 높일 수 있는 전면블록/지오그리드 보강재의 연결방식을 개발하였다.

그림 4에서 보는바와 같이, 개발된 I형 연결장치는 강재로 제작된 연결판, 나일론 재질의 재료를 이용하여 사출성형 방식으로 제조한 연결고리 및 이형철근을 이용한 지오그리드 연결 바(Bar)로 구성되어 있다. 또한 그림 5에서 보는 바와 같이 전면블록과 결속되는 부분에 비해 지오그리드를 체결하는 부분의 크기를 크게 제작하여 지오그리드의 연결강도를 향상시킬 수 있도록 하였다.

4. I형 연결장치를 이용한 블록/지오그리드 연결 방식의 연결강도 평가

I형 연결장치의 연결강도를 평가하기 위하여 2.1절에서 설명한 NCMA(1997) 방법을 참조하여 연결강도 시험을 수행하였다.

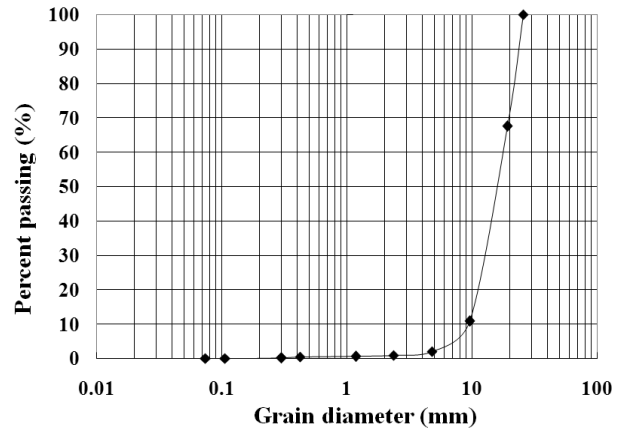


그림 6. 속채움 재료의 입도분포곡선

4.1 실험재료

4.1.1 전면블록 및 속채움 재료

연결강도시험에 사용된 블록은 고강도 콘크리트로 제작되었으며, 흡수율은 8%미만이고 압축강도는 21MPa 이상이다. 또한 블록의 상부에는 일정한 돌기가 형성되어 있고 하부에는 홈이 만들어져 있는데, 이는 블록 적층시 돌기와 홈이 맞물릴 수 있게 하여 일정한 기울기(2%)를 가지는 보강토옹벽의 축조를 용이하게 하기 위한 것이다.

본 실험에서 사용된 속채움 재료는 보강토옹벽의 배수재로 널리 쓰이고 있는 화강암을 파쇄한 쇄석으로, 통일분류법에 의한 흙 분류에 의하면 입경이 균등한 자갈로 판명되었으며, 그림 6은 속채움 재료의 입도분포곡선을 나타내었다.

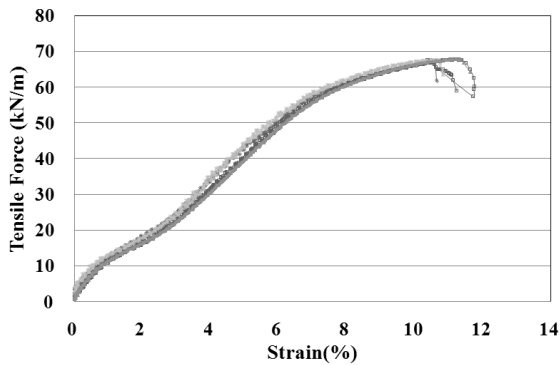
4.1.2 지오그리드 보강재

연결강도시험 시 보강재는 고강도 폴리에스테르 섬유를 폴리프로필렌 수지로 피복하여 띠 형태의 스트립을 제조한 후, 스트립을 격자 형태를 갖도록 경사와 위사 방향으로 입체교차 시키고 교차점을 용착하는 방식으로 제조된 결합형 지오그리드를 사용하였다.

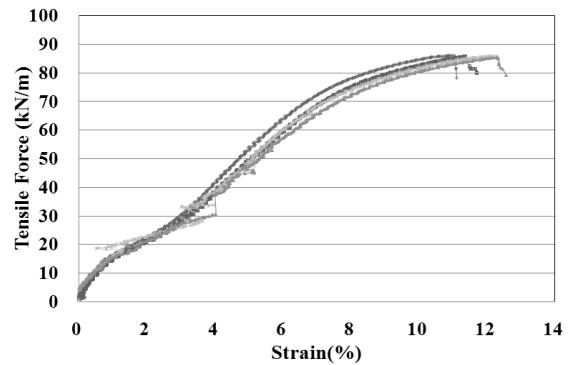
지오그리드 보강재의 장기설계인장강도를 산정하는데 기초가 되는 최대인장강도와 인장변형률을 평가하기 위하여 시험 대상 보강재의 광폭인장강도시험을 실시하였으며, 그 결과는 표 1 및 그림 7에서 보는바와 같다. 표 1에서 보는바와 같이 시험 대상 보강재는 제조사에서 제시한 인장강도보다 6.7%~13% 정도 크게 설계제조되어 있기 때문에 증가된 강도만큼의 추가 안전율이 내포되어 있음을

표 1. 지오그리드 보강재의 광폭인장강도시험 결과(경사방향)

시행 횟수	경사방향			
	60 kN		80 kN	
	광폭인장강도 (kN/m)	인장변형률 (%)	광폭인장강도 (kN/m)	인장변형률 (%)
1	66.85	10.56	86.03	11.06
2	67.75	11.11	85.67	11.38
3	67.51	10.96	86.15	11.44
4	67.57	10.60	85.79	12.30
5	67.82	11.24	85.37	12.31
평균	67.42	10.81	85.91	11.55



(a) 60 kN



(b) 80 kN

그림 7. 시험 대상 지오그리드 보강재의 광폭인장강도-인장변형률 곡선(경사방향)

알 수 있으며, 최대인장강도에서의 인장변형률은 10.6%~12.3% 범위에 있는 인장변형특성을 나타내었다.

4.2 연결강도 시험장비 및 실험방법

연결강도 평가를 위한 시험장비는 실제 현장에서 I형 연결장치가 전면블록 배면의 뒤채움골재에 모두 매입되고, 타 블록에 비하여 크기가 큰 점을 고려하여 토조의 크기를 1.6m(B)×1.0m(L)×1.1m(H)로 제작하였다. 본 시험장비는 블록, 쇠석, 보강재 등이 포설되는 토조, 인발 및 전단장치, 클램프장치 등으로 구성되어 있으며, 연결강도시험시 인발방향의 전면벽에는 간격 2.0cm 정도의 슬리트(slit)가 있어 지오그리드 보강재가 자유롭게 인발될 수 있도록 하였다. 또한 토조의 상부에 설치되어 있는 수직하중재하판은 토조 내에 균등한 수직하중을 가압할 수 있도록 하였다. 이때 인발장치는 지오그리드를 일정한 속도로 인발함과 동시에 인발력을 측정할 수 있도록 제작되었다.

연결강도 시험용 지오그리드 시편을 폭 1m × 길이 1.5m 크기로 재단하여 I형 연결장치에 체결한 후 전면블록에 연결하였다. 시험 시 수직하중은 10, 20, 40, 60 및

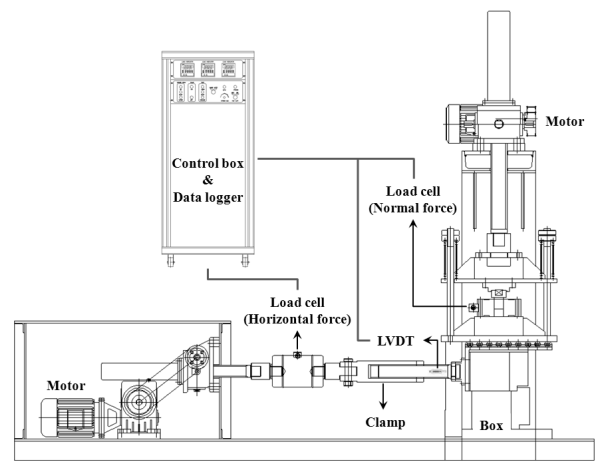


그림 8. 연결강도 시험장비 개략도

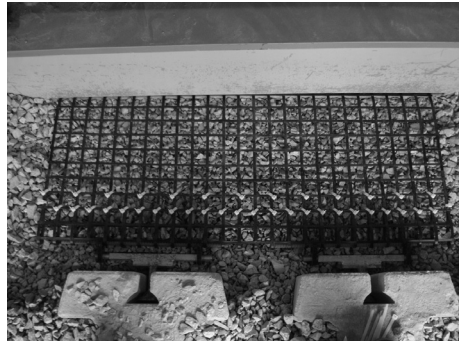
80 kN/m로 변화시키면서 연결강도를 측정하였으며, 그림 9에 연결강도 시험과정을 나타내었다.

4.3 연결강도 시험결과 및 분석

전면블록/지오그리드 보강재 사이의 기존 연결방식인 전단기형 방식이나 핀형 방식은 지오그리드가 블록과 블



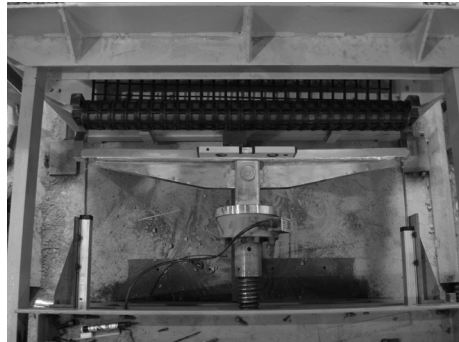
(a) 토조 내 블록거치 및 골재 속채움



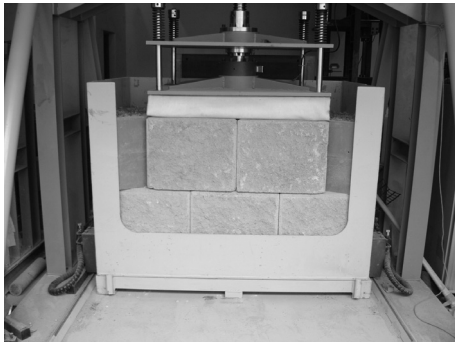
(b) 블록/지오그리드 체결



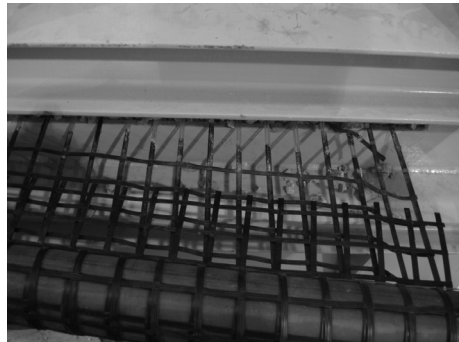
(c) I형 연결장치 상부 골재 속채움



(d) 인발변위 계측장치 설치



(e) 수직하중 재하



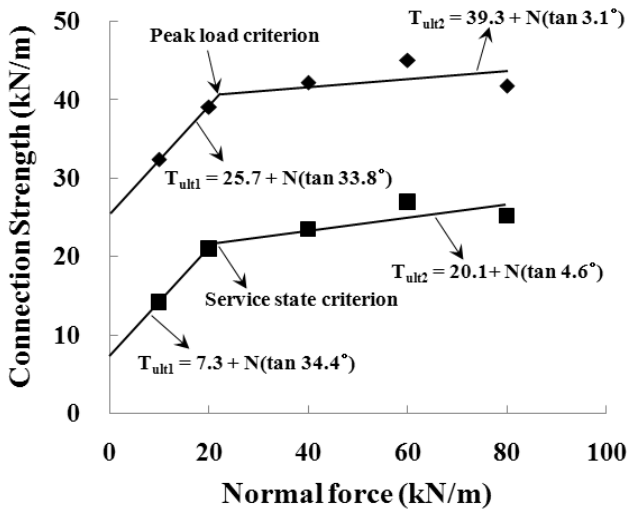
(f) 지오그리드 파단에 의한 실험 종료

그림 9. I형 연결장치를 이용한 골드락블록/지오그리드 연결강도시험 모습

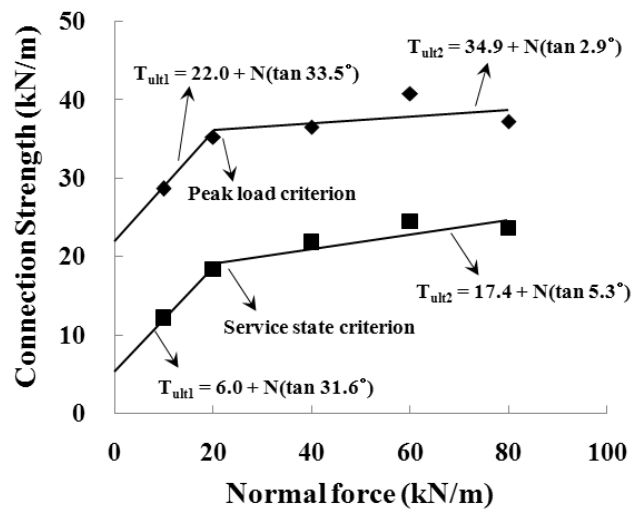
록 사이에 위치하기 때문에 수직하중의 크기가 연결강도에 크게 영향을 미친다. 즉, 그림 3에서 나타난 바와 같이 수직하중이 증가할수록 연결강도가 증가하고, 극한수직하중 이후에는 일정한 연결강도를 보인다. 이와 같은 수직하중에 따른 연결강도 특성은 기존 연결방식이 블록/블록 및 블록/지오그리드의 마찰특성에 크게 의존하기 때문이다. 그러나 본 연구를 위해 개발된 I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드 보강재의 연결방식은 그림 10에서 알 수 있는 바와 같이, 수직하중의 크기에 그다지 영향을 받지 않는 것으로 확인되었다. 즉, 60kN 및 80kN의 강도를 갖는 지오그리드의 연결강도 시험결과에서 10kN/m의 수직하중일 경우의 극한연결강도(각각 28.7kN/m, 32.4 kN/m)를 제외하고는 20, 40, 60 및 80kN/m의 수직하중

일 경우의 극한연결강도는 각각 35.3~40.8kN/m 및 39.1~45.0kN/m의 범위로서 유사한 값을 보이는 것으로 나타났다. 이는 I형 연결장치에 의하여 지오그리드 보강재가 블록과 블록 사이에 직접 위치하지 않기 때문에 블록/블록 및 블록/지오그리드 보강재 사이에 작용하는 마찰력이 연결강도에 큰 영향을 주지 않는 점에 기인하는 것으로 판단된다.

한편, 60kN 및 80kN의 지오그리드 보강재에 대한 연결강도 시험결과, 표 3에서 보는바와 같이 지오그리드 보강재의 파단시 극한연결강도는 각각 37.4kN/m 및 42.1 kN/m인 것으로 나타났으며, 이는 시험 대상 지오그리드 보강재의 최대광폭인장강도 대비 각각 55% 및 49%에 해당한다. 즉, I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드



(a) 60 kN



(b) 80 kN

그림 10. 전면블록/지오그리드 보강재의 연결강도시험 결과

표 2. 연결강도 정수 산정결과

보강재 강도 (kN)	수직하중 조건 (kN/m)	극한연결강도(T_{ult})에 대한 설계정수		공용성을 고려한 연결강도($T_{conn} \frac{3}{4}$)에 대한 설계정수	
		α_{cs} (kN/m)	λ_{cs} (°)	α'_{cs} (kN/m)	λ'_{cs} (°)
60	20 이하	22.0	33.5	6.0	31.6
	20 ~ 80	34.9	2.9	17.4	5.3
80	20 이하	25.7	33.8	7.3	34.4
	20 ~ 80	39.3	3.1	20.1	4.6

표 3. 지오그리드 보강재의 극한연결강도

보강재 강도 (kN)	광폭인장강도 (kN/m)	극한연결강도 (kN/m)	광폭인장강도 대비 극한연결강도 비율 (%)
60	67.5	37.4	55.4
80	85.8	42.1	49.1

보강재의 연결방식은 60kN 및 80kN 강도의 경우, 최대광폭인장강도 대비 약 55%와 49%에 해당하는 극한연결강도를 가지는 것으로 확인되었다.

본 연결강도 시험에서 낮은 수직하중인 경우에는 연결바에 감싸진 형태로 설치된 지오그리드가 인발되면서 실험이 종료되었으나, 80kN/m 수직하중인 경우에는 그림 11에서 보는바와 같이 연결고리의 파단에 의해 실험이 종료되었다. 이는 실험결과에서 80kN/m 수직하중에서의 연결강도가 낮게 산정된 원인으로서, 본 연구에서 개발한 I형 연결장치를 이용한 연결방식은 연결고리의 강성이 연결강도의 크기에 크게 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 보다 강성이 큰 연결고리를 사용하면 연결강도도 보다 크게 평가될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본



그림 11. 수직하중 80kN/m일 경우의 실험 종료 후 전경

실험에서 사용한 지오그리드 보강재의 강도가 80kN의 경우, 기존 연결방식인 원형 방식에 적용한 연결강도 평가결

과가 광폭인장강도 대비 약 50%로 확인(한국건설기술연구원, 2006)된 바 있는 점을 고려하면, 실험에서 적용된 연결고리 및 I형 연결장치를 이용한 연결방식의 현장적용에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 전면블록/지오그리드 연결부의 강도 특성을 개선한 새로운 연결시스템을 개발하였다. 또한 I형 연결장치를 이용한 전면블록/지오그리드 연결시스템의 연결강도 특성을 평가하기 위하여 인장강도가 다른 두 종류의 지오그리드를 대상으로 일련의 연결강도 시험을 수행하였다.

연결강도 시험결과, 본 연구에서 개발한 I형 연결장치는 블록배면에 위치하기 때문에 연결강도 특성이 기존 연결 방식에 비해 수직하중 크기에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 60kN 및 80kN 강도를 가지는 지오그리드를 대상으로 한 실험 결과, 극한연결강도는 각각 37.4 kN/m 및 42.1 kN/m 인 것으로 확인되었다. 이는 I형 연결

장치를 이용한 블록/지오그리드 연결방식이 지오그리드의 최대광폭인장강도 대비 각각 55% 및 49%에 해당하는 극한연결강도를 보이고 있음을 의미한다. 특히, 본 연구에서 개발한 연결시스템의 경우, 극한연결강도의 크기가 연결고리의 강성에 크게 의존하는 것으로 나타나, 연결고리의 강성을 증가시키면 본 실험 결과보다 더 큰 극한연결강도 값을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 신은철, 주진호, 김종인, 권혁기 (2005), “균등침하 유도형 블록식 보강토 옹벽 시스템에 관한 연구”, 2005 대한토목학회 정기학술대회.
2. 한국건설기술연구원 (2006), *지오그리드의 공학적 특성 및 장기설계인장강도 평가 연구*, 건기연 06-002, pp.93-94.
3. 한중근, 홍기권, 신주옥, 조삼덕, 이광우 (2009), “설계사례를 이용한 전면벽체/보강재의 연결강도 평가방법에 관한 비교 연구”, *한국토목섬유학회논문집*, 제8권, 제2호, pp.21-29.
4. NCMA (1997), *Design Manual for Segmental Retaining Walls*.

(논문접수일 2009. 8. 24, 심사완료일 2009. 9. 30)