

짧은 보강재가 부착된 가비온 옹벽의 모형실험

Experimental Study on a Gabion Wall Reinforced by a Relatively Short Reinforcement

김 준 석^{1*} Kim, Joon-Seok

ABSTRACT

The Gabion wall have been developed on the basis of experimental works and the method is actively used in the actual site. In this study, a relatively small-scale experiment was carried out to figure out the failure behavior of a Gabion wall reinforced by a relatively short wire net to enlarge the axial tensile resistance which is important factor in the stability. The horizontal and vertical displacement of Gabion wall have been acquired and analyzed. Furthermore the results are compared with the test results for a non-reinforced Gabion wall that is performed at the same condition.

요 지

가비온 옹벽은 경험적인 작업을 기초로 발전되어 왔으며, 현장적용이 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에서는 안정성에 중요한 요소인 인발저항력을 높이기 위하여 비교적 짧은 철망보강재로 보강된 가비온 옹벽 토체의 파괴거동을 이해하기 위하여 비교적 작은 규모의 실험을 실시하였다. 토체의 수평변위에 관한 자료를 얻었으며 이러한 자료들을 분석하였다. 또한 같은 조건에서 보강되지 않은 가비온 옹벽의 실험결과와 비교분석을 실시하였다.

Keywords : Gabion wall, Reinforced earth, Earth wall, Retaining wall, Small-scale test

1. 서 론

가비온 옹벽은 특수 아연 도금 철선을 이용하여 육각 형태로 철선과 철선을 꼬아서 상자형태를 만든 후에 내부에 돌을 채워넣어 돌망태 형태의 옹벽을 만드는 공법으로서 토사 유출을 막아주고 유입수를 빠른 시간 내에 배출하기 때문에 안정성을 잘 유지한다. 이러한 안정성 때문에 산사태나 도로의 유실을 막기 위하여 옹벽으로 널리 적용되고 있다. 특히, 시공이 간편하고 공사기간을 단축시킬 수 있으며 환경 친화적인 특징 때문에 사용과 관심이 증가하고 있다. 그러나 가비온 옹벽은 자체 하중만으로 배면토압에 저항하는 중력식저항 구조물로서 수평 토압에 대한 저항력이 부족하여 전면변형이 자주 발생하고 있으며, 장기적으로 앞쪽으로 큰 변형이 발생하여 배면 상부에 중방

향 균열파괴가 발생하게 된다. 이와 같은 구조적인 문제점은 인명의 안전과 직결되는 것이므로, 구조적으로 안정성을 확보하여야 한다(Jones, Colin JFP., 1985).

가비온 벽체의 배면에 보강재를 부착하여 옹벽의 수평 저항력을 향상시키고자 하는 노력은 있었으나 실제 상황은 보강재를 부착할 만한 여유 공간 확보가 어렵다는 것이다.

따라서 본 논문에서는 현장상황에 맞게 짧은 보강재를 부착 했을 때 옹벽의 안정성에 미치는 영향을 비교적 작은 규모의 실험을 통하여 분석하였다.

본 논문에서는 현장에서 비교적 제작이 용이한 철망을 보강재로 사용하여 실험용 가비온 벽체를 제작한 후 상재 하중을 가하여 파괴시키면서 토체의 수평 및 수직변위를 측정하여 철망 보강재로 보강된 가비온 벽체의 파괴 거동을 분석하였다.

^{1*} 정회원, 청운대학교 철도행정토목학과 부교수 (Member, Associate Professor, Dept. of Civil & Environmental Eng., ChungWoon Univ., E-mail: jskim@chungwoon.ac.kr)

2. 실험장치 및 방법

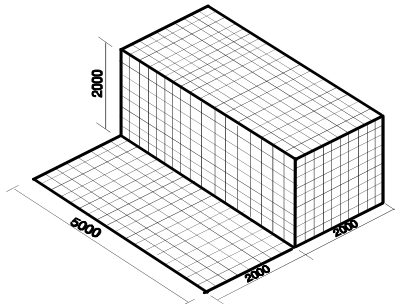
2.1 실험방법

본 논문에서는 철망보강재를 사용한 가비온옹벽의 성능을 비교실험하기 위하여 토조를 이용하여 파괴실험을 실시하였다. 파괴실험에서는 보강재가 부착되지 않은 가비온 옹벽 벽체 모델과 철망이 뒤쪽에 부착된 가비온 옹벽 모델을 제작하였다(그림 1). 실험용 토체가 완성된 후 피라미드 형태의 재하장치(그림 3)를 이용하여 토체가 파괴될 때 까지 상재하중을 가하면서 토체의 거동을 계측하였다. 상부에 하중을 가할 때 발생하는 토체의 수평변위와 수직변위를 계측하여 토체의 거동을 분석하였다.

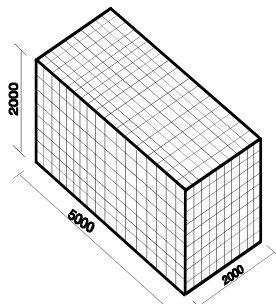
2.2 실험장치

2.2.1 토조

지반공학에서 모형실험에 사용되는 토조에는 일반적으로 원심모형기(centrifuge), 가압토조(calibration chamber), 소형토조, 대형토조등이 있으며, 이 밖에 크기와 형상, 기능에 따라 더욱 세분화 될 수 있다(Michell, 1992). 각각의 토조는 나름대로의 특징을 갖고 있기 때문에 실험 목적에 따라 선택된다. 본 연구에서는 정사각형토조(높이 1m×폭 1m×길이 1m)를 2등분하여 높이 1m, 폭 0.5m, 길이 1m의



(a) 철망보강 가비온



(b) 일반 가비온

그림 1. 실험용 가비온

토조로 개조하여 이용하였다. 실험에 사용된 토조는 철판으로 제작되었으며 20ton까지 재하할 수 있는 반력장치가 설치되어 있다.

2.2.2 토조의 경계조건

토조를 이용한 모형실험에서 모형지반과 현장지반의 가장 큰 차이인 경계효과(boundary effect)를 최소화 해야 한다. 경계효과는 실험대상에 따라 고려하는 방법이 달라 지게 된다. 일반적으로 토조실험에서는 수평, 수직 응력과 변형률에 따라 4가지의 서로다른 경계조건을 설정할 수 있으며 경계조건에 따라 실험결과가 크게 달라지게 된다 (Parkin, A. K., Lunne, T., 1982).

본 실험에서는 토조의 양측면 벽체에 물로 적당히 반죽된 벤토나이트를 0.5cm 두께로 입히고 비닐로 덮어서 토체가 앞으로 미끄러질때 측면 마찰력의 영향이 최소화 되도록 했으며, 측면방향의 수평변위는 완전히 억제되도록 하였다(그림 2).

2.2.3 하중 재하장치

실험토체가 완성된 후에 토체의 상부에 균등한 상재하중을 가하기 위하여 그림 3과 같은 구조의 피라미드 형태

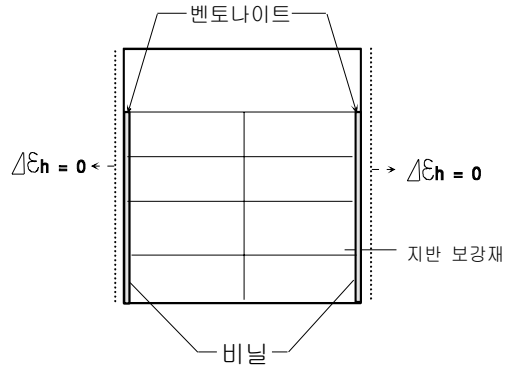


그림 2. 토조의 경계조건

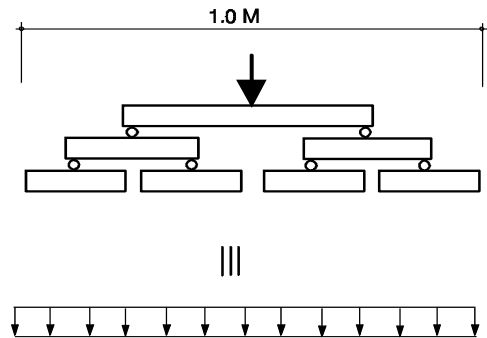


그림 3. 하중 재하장치 개념도

의 재하장치를 설치하였다. 재하장치의 최하단은 하중의 균등한 분포를 위하여 상대적으로 연성인 침목을 이용하였고 나머지 부분은 강재를 이용하였다. 재하장치의 최상단에 오일잭(40ton급 사용)을 설치하여 하중을 가하면, 하중은 하단으로 전달되면서 등분되어 최하단에 균등하게 전달된다.

2.2.4 계측장치

보강토체의 거동을 계측하기 위하여 다이얼게이지를 설치하였다. 보강토체 외부의 변위를 계측하기 위하여 변위 측정계를 가비온 벽체 각층 중심(아래에서 부터 0.1m, 0.3m, 0.5m, 0.7m)에 각각 1개씩 4개와 상부면의 앞에서 부터 0.15m, 0.45m, 0.75m에 각각 1개씩 3개를 설치하였다.

2.3 실험재료

실험용 토체를 조성하기 위한 재료로서 모래를 사용하였다. 토체의 제작 방법은 낙하망을 이용하여 낙하하는 방법으로 20cm를 쌓아 올린 후에 갈퀴로 교란시켜 낙하에너지의 영향을 소멸시킨 후에 진동다짐기로 5회씩 다짐하였다.

모래시료의 강도정수는 실험토체의 평균건조 단위중량인 $\gamma_d=1.53\text{g/cm}^3$ 를 기준으로 직접전단 시험을 실시한 결과 최대강도 기준으로 $\psi_p=38.1^\circ$, 잔류강도 기준으로 $\psi_r=33.2^\circ$,

점착력 $C=0$ 를 얻었다. 모래 시료의 입도분포는 그림 7과 같으며, 함수비는 시험 전 3.5%, 시험 후 3.1% 이었다.

3. 계측 결과 및 분석

피라미드 형태의 재하장치 상부에 유압잭을 이용하여 집중하중을 1ton씩 증가시키면서 가해진 집중하중은 재하장치에 의하여 분산되어 보강토체의 상부면에 1.25t/m^2 의 상재하중으로 균등하게 분포된다. 집중하중을 1ton씩 증가시키면서 토체전면의 수평변위, 토체상부면의 수직변위를 측정하여 토체의 거동을 분석하였다.

3.1 보강토체의 전면변형

상재하중의 증가에 따르는 보강토체 전면의 수평변위량을 그림 8, 그림 9에 표시하였다. 그림 8에서 비보강 가비온 옹벽모델의 경우 하중이 6ton에서 7ton으로 증가할 때 변위가 크게 증가하면서 파괴상태가 되는 것으로 분석되었다. 그림 9에서 보강된 가비온 옹벽모델의 경우 8ton에서 9ton으로 증가할 때 변위가 크게 증가하면서 파괴상태에 이르는 것으로 분석되었다. 따라서, 수평변위 거동으로 판단할 때 비교적 짧은 보강재로 보강된 가비온 옹벽모델이 동일한 조건에서 비보강 가비온 옹벽모델 상재하중에 대한 저항력이 증가하는 것으로 판단된다.



그림 4. 실험토체(측면도)



그림 6. 실험토체(평면도)



그림 5. 실험토체(정면도)

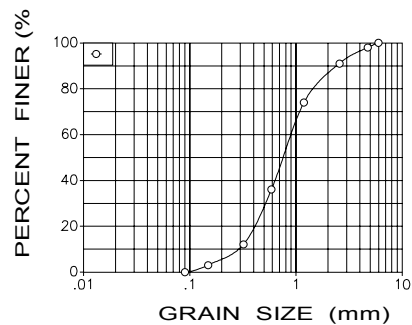


그림 7. 실험에 사용된 사질토의 입도분포

3.2 보강토체의 상부면 변형

상재하중의 증가에 따르는 보강토체 상부면의 연직변위량을 그림 10, 그림 11에 표시하였다. 그림 10에서 비보강 가비온 옹벽모델의 경우 하중이 7ton으로 증가할 때 토체의 상부면 변위가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 수평변위(그림 8)의 거동과 같은 파괴거동을 보이는 것으로 판단된다. 그림 11에서 보강된 가비온 옹벽모델의 경우

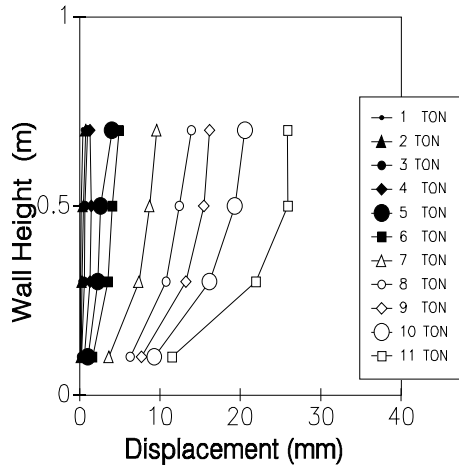


그림 8. 비보강 가비온 옹벽모델의 전면변형

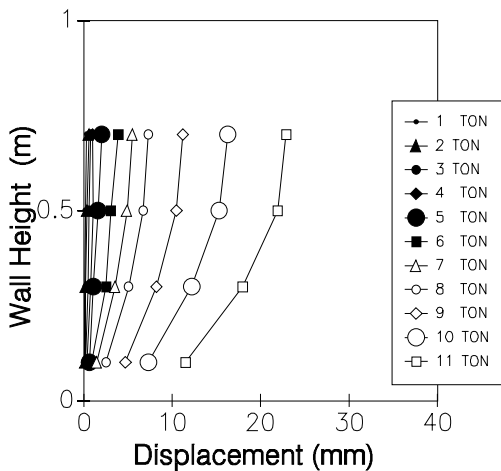


그림 9. 보강 가비온 옹벽모델의 전면변형

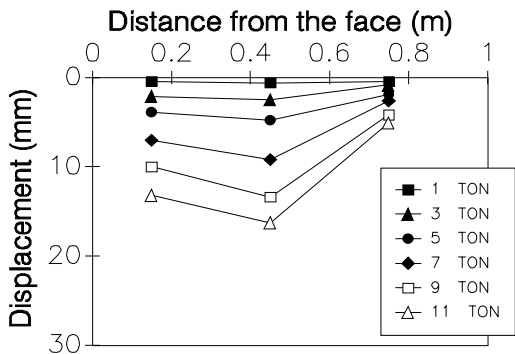


그림 10. 비보강 가비온 옹벽모델의 상부면변형

9ton으로 증가할 때 변위가 크게 증가하는 것을 알 수 있으며 이것은 수평변위(그림 9)의 거동과도 일치된다. 그림 10, 11에서 하중 재하시 상부면의 변위 양상이 상당히 차이가 있는 것을 알 수 있다. 즉, 비보강된 가비온 옹벽은 파괴시에 주동파괴선 부근에서 주변보다 큰 변위를 일으켰으나, 보강된 가비온 옹벽은 침하 양상이 전반적으로 균질하게 발생되었다. 특히 보강된 가비온 옹벽은 상대적으로 멀리까지 변위가 발생하는 것을 알 수 있다. 이것은 두 모델의 파괴거동이 상이하어 발생된 것으로 판단된다. 즉, 비보강된 가비온 옹벽은 일반적인 벽체의 주동파괴와 같은 거동을 보이며 파괴시점에서 벽체가 급격히 무너지는 거동을 보이는 것을 알 수 있다. 보강된 가비온 옹벽은 보강재에 의하여 옹벽의 영역이 확장되어 확대된 중력식 옹벽과 같은 거동을 하여 상부면의 변위가 균등하고 넓게 발생하는 것으로 판단된다. 변위의 크기에 있어서도 보강된 가비온 옹벽모델이 상대적으로 작게 발생하였다.

3.3 상재하중에 증가에 따른 변위 분석

상재하중의 증가에 따르는 보강토체의 변위를 그림 12, 그림 13에 표시하였다. 그림 12에서 비보강 가비온 옹벽

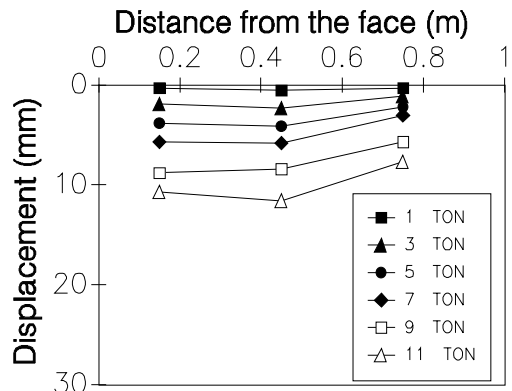


그림 11. 보강 가비온 옹벽모델의 상부면변형

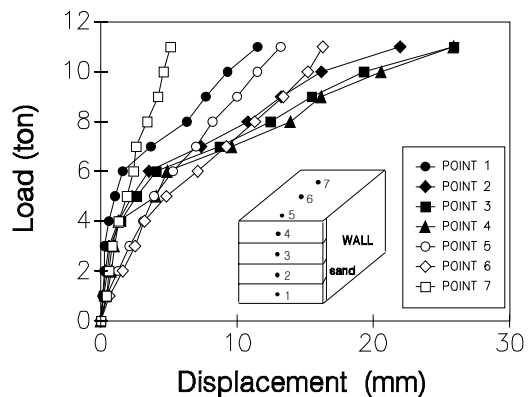


그림 12. 비보강 가비온 옹벽모델의 상재하중-변형

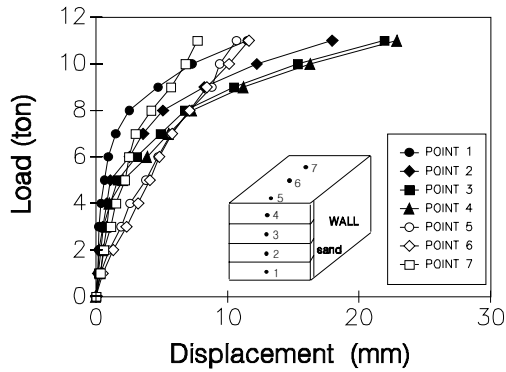


그림 13. 보강 가비온 옹벽모델의 상재하중-변형

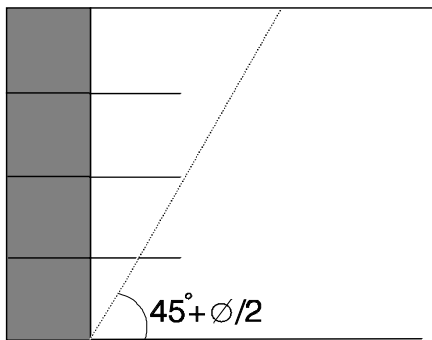


그림 14. 보강 가비온 옹벽모델의 단면 개념도

모델의 경우 하중이 7ton으로 증가할 때 변위가 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 13에서 보강 가비온 옹벽모델의 경우 하중이 9ton으로 증가할 때 변위가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서, 동일한 조건에서 비교적 짧은 보강재로 보강된 가비온 옹벽 모델 벽체가 상재하중 증가에 의하여 파괴상태에 도달되는데 비보강된 모델에 비해 약 30%의 저항력 증대효과가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 보강재의 조건에 따라 달라지겠지만 주동파괴 영역 경계선 부근에 설치되는 비교적 짧은 보강재의 부착에 대하여도 저항력 증대 효과를 기대할 수 있는 것으로 판단된다(그림 14).

4. 결론

본 논문에서는 일반 가비온 옹벽에 비교적 짧은 보강재를 부착하였을 때 상재하중에 대하여 저항능력에 영향을 미치는지에 대한 실험연구를 수행하였다.

본 논문에서는 일반적으로 구하기 쉬운 철망을 보강재로 사용하였으며 현장에서 부득이 보강재를 길게 할 수 없는 경우를 가정하였다.

보강재를 부착한 경우와 부착하지 않은 경우에 대하여 동일한 조건에서 모형실험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 상재하중 증가에 의한 전면부와 상부면의 변형에서 비보강된 가비온 옹벽모델이 보강된 가비온 옹벽모델에 비하여 상대적으로 작은 상재하중에서 큰 변형이 발생되었다. 특히, 상부면의 변형에 있어서 보강된 가비온 옹벽모델은 주동파괴위치에서 상대적으로 작은 침하가 발생되었다. 보강재가 대부분 주동파괴선 부근에 짧게 설치된 가비온 옹벽의 경우 보강재에 의한 저항효과가 있는 것으로 판단되며 특히 상부면의 침하변형도 경감시키는 것으로 판단된다.
- (2) 상재하중 증가에 따른 전면부와 상부면 변형 계측 및 분석을 통하여 동일한 조건에서 비교적 짧은 보강재로 보강된 가비온 옹벽 모델 벽체가 상재하중 증가에 의하여 파괴상태에 도달되는데 비보강된 가비온 옹벽 모델에 비해 저항력 증대효과가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 보강재의 조건에 따라 크기는 달라지겠지만 가비온 옹벽의 주동파괴 영역 부근에 설치되는 비교적 짧은 보강재도 옹벽의 안정성 증대에 효과가 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2006년 청운대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Jones, Colin JFP. (1985), *Earth Reinforcement and Soil Structures*, Butterworths, London England.
2. Michell, J. K. (1992), *Reinforcement of earth slopes and embankments*, NCHRP-290, Transportation Research Board
3. Parkin, A. K., Lunne, T. (1982), "Boundary effect in the laboratory calibration of a Penetrometer for sand", *Proc. of the 2nd European Symposium on Penetration Testing*, Amsterdam, pp.761-768.

(논문접수일 2008. 2. 4, 심사완료일 2008. 2. 29)