

## 조립식 격자 옹벽의 변형거동에 관한 모형실험 연구

배우석<sup>1)</sup>, 권영철<sup>2)</sup>, 김종우<sup>1)\*</sup>

### A Study on the Deformation Behavior of the Segmental Grid Retaining Wall Using Scaled Model Tests

Woo-Seok Bae, Young-cheul Kwon and Jong-Woo Kim

**Abstract** Most large cut slopes of open pit mines, roadways, and railways are steeply inclined and composed with rocks that do not contain soils. However, these rock slopes suffer both weathering and fragmentation. In the case of steep slopes, falling rock and collapse of a slope may often occur due to surface erosion. Cast-in place concrete and rubble work are the most widely used earth structure-based pressure supports that act as restraints against the collapse of the rock slope. In order to overcome the shortcomings of conventional retaining walls, a segmental grid retaining wall is being used with connects precasted segments to construct the wall. In this study, laboratory model test was conducted to estimate deformation behavior of segmental grid retaining wall with configuration of rear stretcher, height and inclination of the wall. In order to examine the behavior characteristics of a segmental grid retaining wall, this research analyzes the aspects of spacial displacement through relative displacement according to change in the inclination of the wall. Also, the walls behavior according to the formation and status of the rear stretcher which serves the role of transferring the load from the header and the stretcher which make up the wall, the displacement of backfill materials in the wall, and the location of the maximum load were surveyed and the characteristics of displacement in the segmental grid retaining wall were observed. The test results of the segmental grid retaining wall showed that there was a sudden increase in failure load according to the decrease in the wall's height and the size of the strain was greatly decreased. Furthermore, it revealed that with identical inclination and height, the structure of the rear stretcher did not greatly affect the starting point or size of maximum horizontal displacement, but rather had a stronger effect on the inclination of the wall.

**Key words** Segmental grid retaining wall, Rear stretcher, Wall inclination, Maximum horizontal strain

**초 록** 노천광산이나 도로·철도의 대절토사면 등은 급경사지를 형성하며 대부분이 토양층을 포함하지 않는 암반층으로 구성되어 있다. 그러나 암반 비탈면은 풍화와 파쇄가 발달해 있으며 경사가 심하여 표면침식에 의한 탈락과 붕괴가 빈번히 발생되고 있다. 이러한 암반 비탈면의 붕괴억제 등 토압의 지지를 위해 가장 널리 쓰이는 토류 구조물로는 현장 타설식 콘크리트 옹벽이나 석축 등이 있으며, 기존의 옹벽이 가지고 있는 문제점을 극복하기 위해 개발되고 있는 구조물로 기성 부재를 결합하여 시공하는 조립식 격자옹벽이 사용되고 있다. 본 연구에서는 조립식격자옹벽의 변형거동을 평가하기 위해 배면 stretcher의 형상과 벽체의 높이와 경사에 따른 실내모형 실험을 수행하였다. 모형실험을 통해 옹벽경사의 변화에 따른 상대적인 변위를 측정하고 위치별 변위 특성을 분석하였다. 또한 옹벽을 구성하는 header와 stretcher 중 상부하중 전달의 역할을 수행하는 rear stretcher의 유·무와 rear stretcher의 형태에 따른 옹벽의 거동특성, 옹벽 배면채움재의 변위 특성 및 작용점의 위치를 측정하고 조립식 격자 옹벽의 하중변위 특성을 관찰하였다. 실험결과 조립식 격자 옹벽의 파괴는 옹벽의 높이가 감소함에 따라 파괴하중이 급격히 증가하고 최대변형률의 크기가 크게 감소하였다. 또한 동일한 경사와 높이에서 rear stretcher의 형태는 최대수평변위 발생위치와 변형의 크기에 크게 영향을 주지 않으며 벽체의 경사에 더 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

**핵심어** 조립식격자옹벽, 배면 스트레처, 벽체경사, 최대수평변형률

## 1. 서 론

노천광산이나 도로·철도의 대절토사면 등은 사업의 특성상 광범위한 급경사지를 형성하며 대부분이 토양

<sup>1)</sup> 청주대학교 토목환경공학과

<sup>2)</sup> 충주대학교 토목공학부

\* 교신저자 : jwkim@cju.ac.krr

접수일 : 2007년 8월 2일

심사 완료일 : 2007년 9월 13일

층을 포함하지 않는 암반층으로 구성되어 있다. 비탈면의 보호와 복원은 자연생태계의 조기 회복과 절개면의 침식 등에 의한 2차적인 생활환경의 변화를 방지하고 심미적인 경관과의 조화와 같은 중요한 목적을 가지고 있다. 그러나 암반 비탈면은 풍화와 파쇄가 발달해 있으며 경사가 심하여 표면침식에 의한 탈락과 붕괴가 빈번히 발생되고 있는 현실이다. 암반 비탈면의 붕괴억제 등 토압의 지지를 위해 가장 널리 쓰이는 토류 구조물로는 현장 타설식 콘크리트 옹벽이나 석축 등이 있다. 그러나 기존의 현장타설 콘크리트 옹벽은 공학적인 안정성은 확보되고 있으나 배면 배수, 온도차에 의한 신축균열 등과 자연 환경에 친화적이지 못하다는 문제점을 나타내고 있다.

최근 이러한 문제점들을 극복하기 위해 개발되고 있는 구조물로는 보강토 옹벽이나 앵커지지 패널 옹벽, 조립식 옹벽 등이 있다. 기성 부재를 격자 형태로 결합하여 속채움 공간을 조성하는 조립식 격자옹벽(segmental retaining wall)은 시공성이 우수하며, 부등침하나 지진에 대한 유연성이 높고 비교적 높은 옹벽의 축조가 가능하며 배수 효과가 뛰어나고 식생이 가능하여 친환경적인 구조물을 시공할 수 있다는 장점을 갖고 있다(Bullen et al., 1992).

그러나 조립식 격자 옹벽은 서로 연결된 부재가 3차원 격자를 형성하게 되며 격자 내부는 채움재로 구성되어 엄밀한 의미로 일체식 구조물로는 가정할 수 없다. 이러한 옹벽은 중력식 옹벽과 같은 방법으로 배면토의 토압에 저항하게 되지만 옹벽이 부재(segment)로 구성되고 유연한 성질을 갖고 있기 때문에 부재들 간의 상대적인 변위를 허용한다.

유연한 3차원 격자망은 외부하중이 가해지거나 뒷채움에 의한 토압이 발생할 경우 응력의 재분배를 유발하게 되며, 유연성과 힘의 재분배로 인해 조립식 격자 옹벽의 파괴는 전도나 활동에 의한 파괴양상만을 갖지는 않으며, 이러한 이유로 옹벽의 국부적인 변형이나 부재간의 파괴로 인한 옹벽의 파괴가능성이 연구되어 오고 있다.

Bullen et al.(1996)은  $\delta = 2/3\phi$ 로 설계한 경우와  $\delta = \phi$ 로 설계한 경우의 옹벽 설계 높이의 변화에 대해 연구하였으며, 그 결과  $\delta = \phi$ 를 사용하였을 경우 옹벽의 높이가 15% 증가하는 사실을 알아냈으며, Tohda et al.(1998)는 옹벽의 구조 및 배면 지반의 형식, 채움재에 따른 옹벽의 거동을 관찰하여 Crib wall에 발생하는 변위양상이 흙과 옹벽 사이의 상호작용으로 인하여 기존의 일체식 옹벽과 상당히 다르다는 것을 증명하였다. 또한 국내에서는 김두준 등(2002)이 Brandl(1982)의 시험결과를 토대로 Crib wall 부재와 내부 채움재의 수치해석적 모델을

제시하였으며, 오세욱 등(2006)이 Crib wall에 대한 모형실험을 통하여 rear stretcher의 유·무에 따른 토압 특성을 측정하여 벽체와 배면 채움재간의 하중·토압 특성을 규명하였다.

그러나 현재 국내에서는 Crib wall에 대한 거동이나 파괴특성에 관한 연구가 미진한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 조립식 격자 옹벽의 거동특성을 규명하기 위하여 모형실험을 통해 옹벽경사의 변화에 따른 상대적인 변위를 측정하고 위치별 변위 특성을 분석하였다. 또한 옹벽을 구성하는 header와 stretcher 중 상부하중 전달의 역할을 수행하는 rear stretcher의 유·무와 rear stretcher의 형태에 따른 옹벽의 거동특성, 옹벽 배면 채움재의 변위 특성 및 작용점의 위치를 측정하고 조립식 격자 옹벽의 하중 변위 특성을 규명하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

조립식 격자 옹벽은 Fig. 1에서 보는 것처럼 마찰이외의 다른 구속없이 header와 stretcher로 불리는 각각의 독립된 부재들로 축조되어진다. 여기서 header는 옹벽의 전면에서 후면으로 놓여 부재를 연결하며, stretcher는 header와 직각으로 놓이고 토압의 작용이 고려되는 격자망의 전면과 후면에 위치하게 된다. 이와 같이 옹벽은 두 개별적인 부재로 이루어진 격자가 조립질 재료로 채워진 옹벽으로 두 부재와 격자망을 채우는 채움재, 배면에 채워지는 뒤채움재로 이루어진다.

본 연구에서 모형실험은 축척모형으로서 실험크기의 1/5에 해당하며 조립식 격자 옹벽은 25 mm × 25 mm의 각관을 이용하여 축조하였고 stretcher는 400 mm, 250 mm, 30 mm, header는 150 mm의 길이로 분할하여 사용하였다.

본 연구에 사용된 실험장치는 Fig. 2와 같이 모형토조, 조립식 격자 옹벽, 하중 재하장치와 변위 및 하중을 측정할 수 있는 계측장치로 구성되어 있다. 모형토조는 1200 mm × 1200 mm × 900 mm의 강재로 제작하였

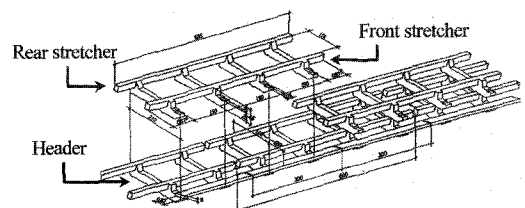


Fig. 1. Schematic diagram of segmental grid retaining wall

으며, 전면은 옹벽축조를 위하여 개방형으로 제작되었고 토조의 기저부에는 옹벽의 경사를 모사하기 위하여 경사별로 기초를 제작하여 설치하였다. 재하판은 뒷채움 지반에 하중을 균등하게 분포시킬 수 있도록 800 mm × 500 mm × 20 mm의 강재판을 사용하였으며 강제의 휨을 방지하고 하중을 분산시킬 수 있도록 두층으로 겹쳐 사용하였다. 하중의 재하는 토조 상단의 H-beam을 이용하여 뒷채움지반에 설치된 재하판에 반력이 가해지도록 고안되었으며, 최대한 등분포하중이 작용할 수 있도록 재하장치의 용량과 재하판의 제원을 결정하였다.

하중재하장치의 최대 하중 용량은 50 tf으로 재하판에 하중이 균등하게 가해질 수 있도록 하였으며, 변위량 측정에 사용된 LVDT(potentiometer)는 Fig. 2와 같이 하중작용 중심부의 상부로부터 Strecher에 수직으로 No.1~No.10까지 10개소 설치하여 하중 재하에 따른 옹벽의 변위량을 측정하였다.

2.2 실험방법

본 실험에 사용된 뒷채움재는 통일분류법(USCS)에 의한 분류결과, SP에 해당하는 모래이며, 격자 사이의 채움재는 입경 19 mm이하의 마찰각이 큰 쇄석골재를 사용하였다. 뒷채움 지반조성은 일정한 밀도를 유지하기 위해 모형토조 옆면에 5 cm 간격으로 표시를 하여 다짐도 85%가 되도록 일정한 에너지로 다층다짐을 실시하여 조성하였다. 또한, 동일한 밀도에 따른 시료의 내부마찰각을 직접전단시험으로 구한 결과 35°인 것으로 나타났다. Table 1은 실험에 사용한 뒷채움재에 대한 기본적인 특성을 나타내고 있다.

조립식 격자 옹벽의 옹벽체는 일반적으로 입자가 큰 조립식 재료로 채워진 개방 셀(cell)의 시스템으로 구성

된다. 즉, 축조시 header와 stretcher 사이에 공간이 형성되며 이 공간에 채움재로 채워진다. 채움재로는 옹벽의 개방면으로의 자체적인 배수효과를 크게 하고 배면토압에 저항하기 위해 자중이 고려되는 조립질의 재료를 사용한다. 또한 격자사이의 채움재로는 지름 19 mm이하의 쇄석을 사용하였다. 사용된 쇄석의 내부마찰각은 44°로 나타났으며, 단위중량은 1.73 tf/m<sup>3</sup>의 값을 보이고 있다.

옹벽은 격자옹벽을 구성하는 stretcher와 header를 한 층 쌓고 채움과 뒷채움을 동시에 실시하는 방법으로 축조하였다. 모형실험은 경사를 76°(1:4), 45°(1:2)와 90°(수직)으로 하였으며 배면 stretcher가 있는 경우와 없는 경우에 대해 변위를 측정하고 배면 stretcher의 형태에 따라 하중재하에 따른 변위와 거동특성을 관찰하였다. 벽체의 높이는 50 cm를 기준으로 수행되었으며 높이에 따른 변화를 평가하기 위하여 30, 40cm에 대해 추가적인 실험이 수행되었다.

본 연구에서는 Table 2와 같이 11가지 경우에 대해 모형실험을 수행하였다. Fig. 4는 rear stretcher의 설치형태를 보여주고 있으며, front stretcher의 형태는 고정하고 rear stretcher 형태를 변경시키며 실험을 실시하였다.

Table 1. Physical properties of backfill material

Physical Properties	Quantity
Specific gravity	2.67
Coefficient of uniformity	3.65
Coefficient of curvature	1.64
Maximum dry unit weight (tf/m <sup>3</sup> )	1.70
Minimum dry unit weight (tf/m <sup>3</sup> )	1.35

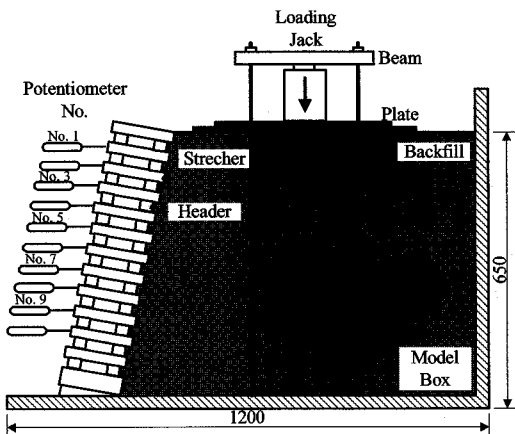


Fig. 2. A schematic diagram of testing apparatus

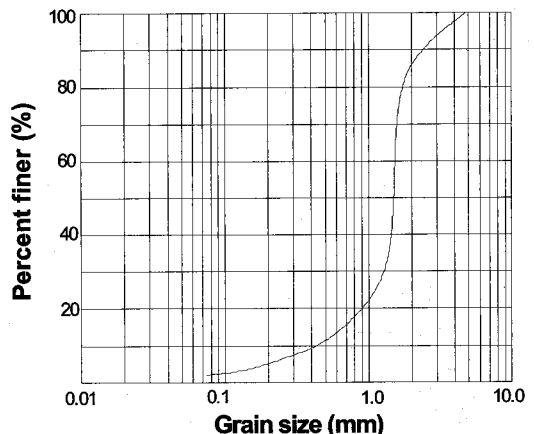


Fig. 3. Grain size distribution of backfill soil

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 하중-수평변위 특성

본 연구에서는 조립식 격자 옹벽의 거동특성을 규명하기 위하여 경사(45°, 76°, 90°)와 rear stretcher의 유무 및 설치형태에 따른 모형실험을 실시하였다. 조립식 격자옹벽은 각 부분의 부재가 개별적으로 파괴가 발생되므로 개별부재인 stretcher와 header가 순간적으로 이동한 후 재배치된 부재가 다시 파괴될 때까지 변위가 다시 증가하게 되는 수회의 재배열과 slip 파괴가 반복되며 붕괴에 이르게 되므로 명확한 변곡점이 발생하지 않을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일정한 하중크기가 유지되는 동안 1차적인 slip에 의한 파괴가 발생하는 상태의 하중을 파괴하중으로 결정하였다. 하중과 변위의 관계를 보여주는 Fig. 5 ~ Fig. 15의 곡선 상부의 숫자는 Fig. 2의 LVDT(potentiometer)의 위치를 나타내는 것으로 옹벽 벽체의 위치에 따른 변화를 보여주고 있으며, 가로축의 변위량은 일정하중 단계에서의 재하로 인한 최

대 변위를 나타내고 있다.

#### 가. 경사가 1:4(76°)인 경우의 거동

실험 결과 파괴에 도달한 후 재하에 따라 slip이 발생하며 지속적인 변위의 증가를 보이고 있다. Fig. 5~6에

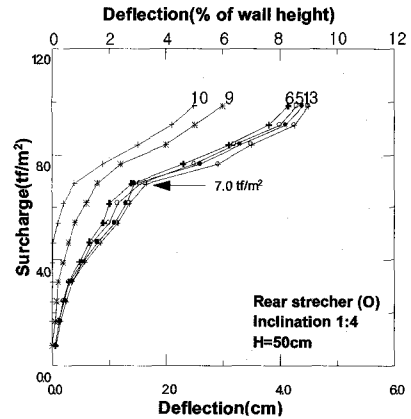


Fig. 5. Surcharge-deflection curve of Case 'A'

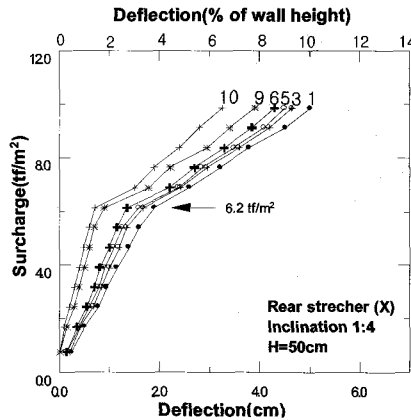


Fig. 6. Surcharge-deflection curve of Case 'C'

Table 2. Details for model tests

Test case	Inclination	Rear stretcher	Height (cm)	Rear stretcher arrange type
A	1:4	○	50	-
B	수직	○	50	-
C	1:4	X	50	-
D	수직	X	50	-
E	1:4	○	50	한열씩 빈 경우
F	수직	○	50	한열씩 빈 경우
G	1:4	○	50	엇갈려 쌓인 경우
H	수직	○	50	엇갈려 쌓인 경우
I	1:4	○	40	-
J	1:4	○	30	-
K	1:2	○	50	-

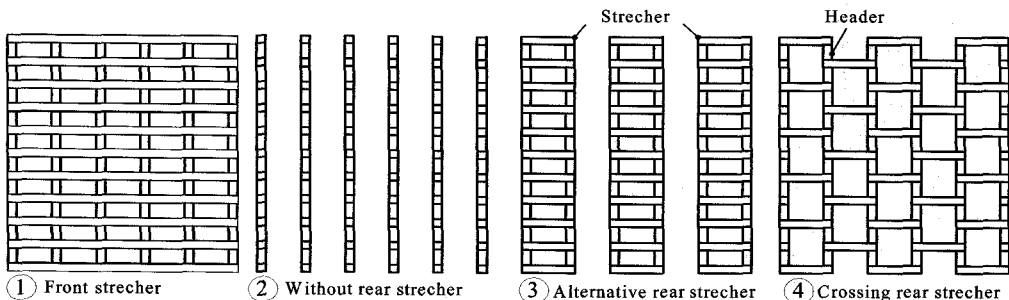


Fig. 4. Shape of the rear stretcher

서와 같이 파괴하중은 rear strecher가 있는 경우는  $7 \text{ tf/m}^2$  이고, rear strecher가 없는 경우에는  $6.2 \text{ tf/m}^2$ 로 strecher의 제거에 따라 약 12% 정도의 감소를 나타내고 있다.

Fig. 7~8은 rear strecher의 설치형태에 따른 하중 변위관계로 rear strecher가 한열씩 빈 경우 부재의 slip 파괴 경향이 두드러지며 파괴하중은  $5.4 \text{ tf/m}^2$ 를 나타내었고, rear strecher를 엇갈려서 쌓은 경우는  $5.0 \text{ tf/m}^2$ 을 보이고 있다. 따라서 rear strecher가 설치된 경우에 비하여 각각 약 23%와 29%의 감소를 나타내어 rear strecher의 설치여부와 설치형태가 옹벽의 파괴하중에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 9~10은  $76^\circ$ 의 경사로 rear strecher가 설치되어 있는 옹벽의 높이에 따른 파괴하중을 측정한 것으로 40 cm와 30 cm에 대하여 각각  $13.8 \text{ tf/m}^2$ 과  $17.5 \text{ tf/m}^2$ 을

보이고 있어 50 cm의 옹벽에 비해 각각 1.97배와 2.5배의 파괴하중 상승을 나타내고 있다.

나. 경사가 수직( $90^\circ$ )인 경우의 거동

Fig. 11~12와 같이 경사가 수직이며 rear strecher가 설치된 경우 파괴하중은  $3.9 \text{ tf/m}^2$ , rear strecher가 없는 경우  $3.2 \text{ tf/m}^2$ 로 strecher의 제거에 따라 약 18% 정도의 감소를 나타내어  $76^\circ$  경사진 옹벽에 비해 strecher의 영향이 더욱 심화되고 있음을 알 수 있다. 또한 벽체가 경사진 경우에 비해 더 낮은 하중단계에서 파괴에 도달하고 있으며 붕괴에 이르기까지 변형량이 증가하는 경향을 보이고 있다.

Fig. 13~14는 rear strecher의 형태에 따른 하중 변위 관계로 rear strecher가 한열씩 빈 경우에는  $3.5 \text{ tf/m}^2$ , rear

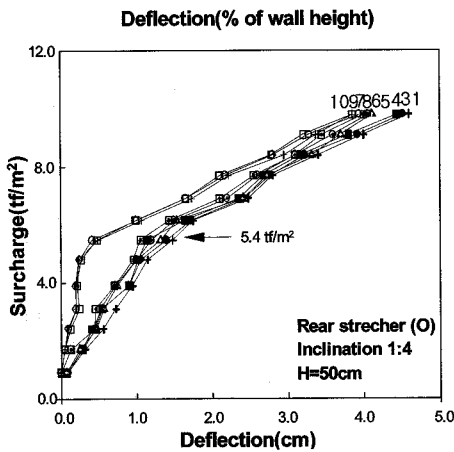


Fig. 7. Surcharge-deflection curve of Case 'E'

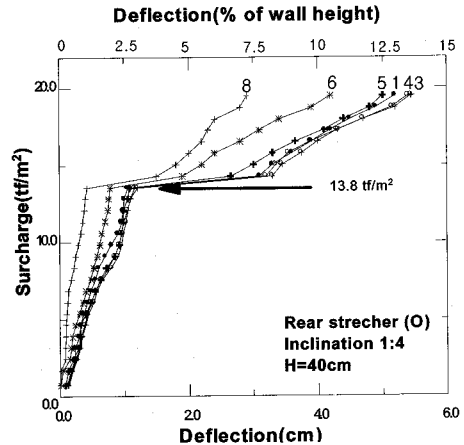


Fig. 9. Surcharge-deflection curve of Case 'I'

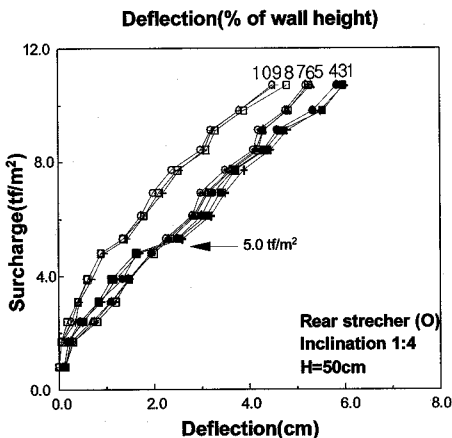


Fig. 8. Surcharge-deflection curve of Case 'G'

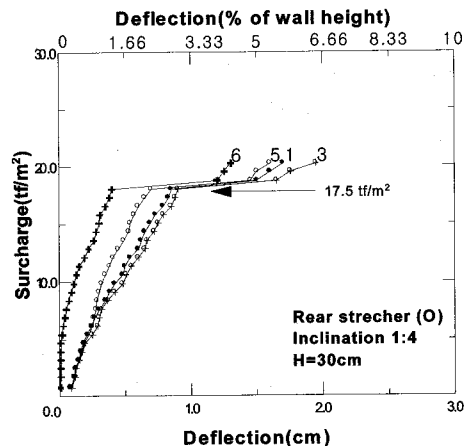


Fig. 10. Surcharge-deflection curve of Case 'J'

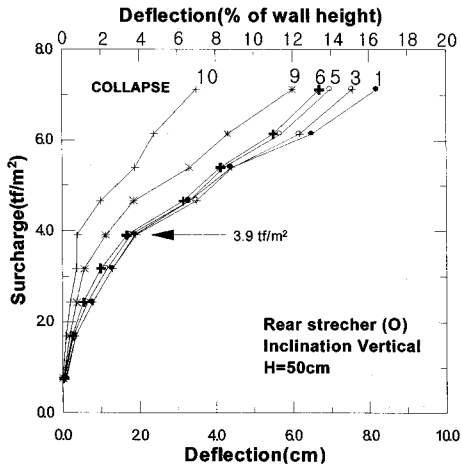


Fig. 11. Surcharge-deflection curve of Case 'B'

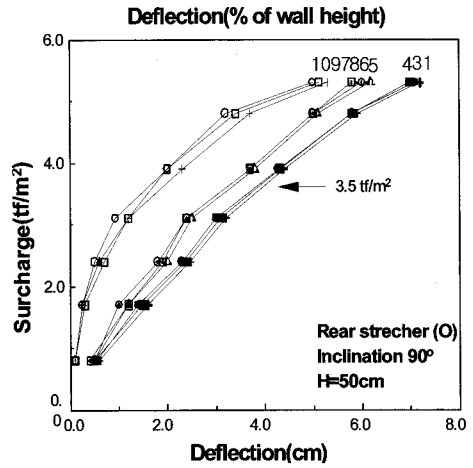


Fig. 13. Surcharge-deflection curve of Case 'F'

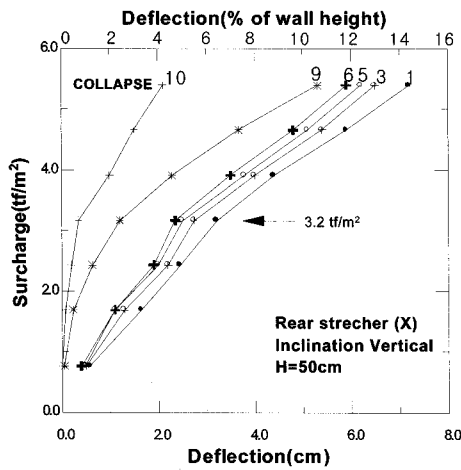


Fig. 12. Surcharge-deflection curve of Case 'D'

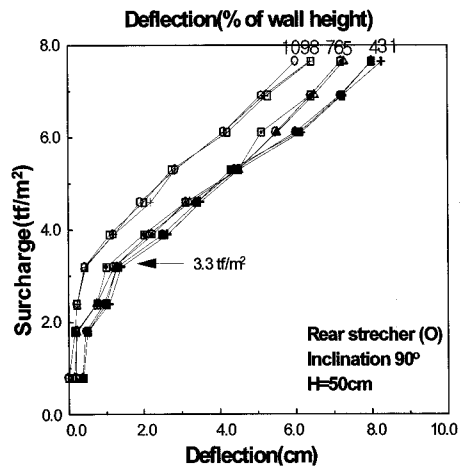


Fig. 14. Surcharge-deflection curve of Case 'H'

strecher가 엇갈려서 쌓인 경우 3.3 tf/m<sup>2</sup>인 것으로 나타났으며, rear strecher가 설치된 경우에 비하여 각각 약 10%와 15%의 감소를 나타내어 rear strecher의 설치여부와 설치형태가 옹벽의 파괴하중에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

다. 경사가 1:2(45°)인 경우의 거동

Fig. 15는 rear strecher가 설치되어 있는 경사 45° 옹벽에 대한 실험결과로 11.5tf/m<sup>2</sup>의 파괴하중을 보이고 있어 76°와 수직옹벽에 대해 각각 1.6배와 3.9배의 파괴하중 증가 경향을 나타내고 있다.

3.2 벽체의 변위 거동

가. 옹벽의 경사변화에 따른 변위 특성

Fig. 16은 rear strecher가 설치되어 있을 때 경사변화에 따른 위치별-수평변위 관계로 옹벽의 기울기가 감소할수록 최대 수평변위는 각각 옹벽높이의 3.9%, 3.2%, 2.6%로 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 파괴 시 최대수평변위의 발생위치도 각각 0.72 H, 0.68 H, 0.58 H로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 여기서, h/H는 최대 변형 위치를 옹벽의 높이로 정규화한 값을 나타낸다.

나. 옹벽의 높이에 따른 변위 특성

Fig. 17은 벽체의 높이변화에 따른 위치별-수평변위 관계로 파괴하중 시 최대수평변위의 위치는 옹벽의 높

이가 각각 50 cm, 40 cm, 30 cm일 경우, 0.68 H, 0.62 H, 0.60 H로 감소함을 알 수 있다. 또한, 옹벽높이가 각각 50 cm, 40 cm, 30 cm일 경우, 최대 수평변위는 옹벽높이의 3.2%, 3.0%, 2.8% 변위로 감소하여 옹벽의 높이도 옹벽의 경사보다는 미소하지만, 파괴하중 시 최대수평변위량과 위치에 영향을 주고 있다.

**다. 배면 strecher의 형상에 따른 변위 거동**

Fig. 18~19는 파괴시의 벽체의 변위 양상을 나타내는 것으로 경사가 76°인 경우 벽체 상부에서 1.7~3.2 cm, 하부에서 0.3~1.5 cm의 변위를 나타내고 있으며, rear strecher가 없는 경우 벽체 상부에서 3.2 cm로 최대변위

를 나타냈다. 옹벽의 경사가 수직인 경우에는 상부지점에서 1.5~3 cm, 하부에서는 0.5~1.2 cm의 변위를 보여 옹벽 상부지점이 가장 큰 변위를 보이고 하부로 갈수록 작아지는 경향을 보이고 있으며, rear strecher가 한 열 빈 경우가 상부에서 3 cm로 가장 큰 변위를 나타냈다. 이와같이 옹벽체의 변위차를 상·하부로 비교해본 결과 경사 76°의 조건에서 상·하부의 변위차는 33.3~51.6%, 수직인 조건에서 46.7~67.0%로 경사가 수직인 조건에서 높이에 따른 상·하부 변위차가 큰 것을 알 수 있다.

따라서 조립식 격자 옹벽의 파괴는 강성 벽체와는 달리 옹벽의 상부나 하부가 회전하는 단일체의 거동을 보이지 않으며, Fig. 18~19에 나타난바와 같이 0.58~0.75 H의 위치에서 최대 수평변위를 나타내는 팽창파괴 유형의 변위거동을 나타내고 있다. 또한 이러한 경향은 strecher의 형태에 관계없이 유사한 변위 형태를 보이고 있음을 확인 할 수 있다.

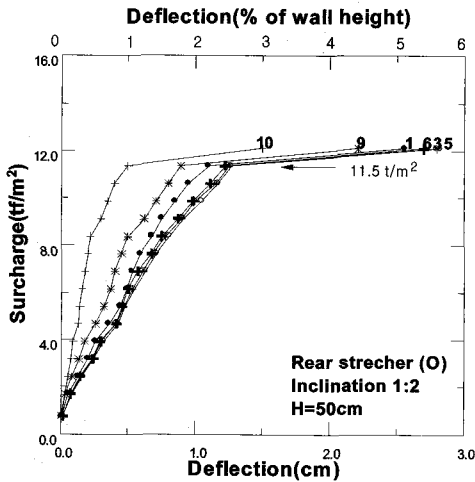


Fig. 15. Surcharge-deflection curve of Case 'K'

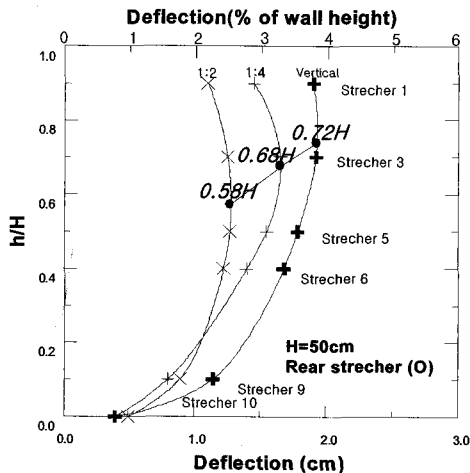


Fig. 16. Normalized height with inclination

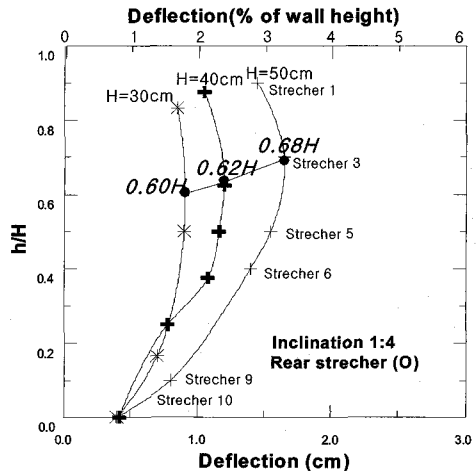


Fig. 17. Normalized height with height

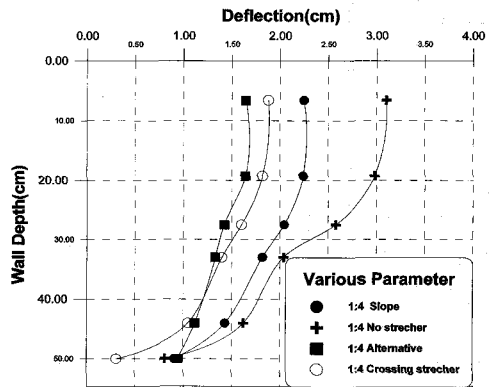


Fig. 18. Deflection with the wall height (76°)

3.3 실험 조건에 따른 실험인자 비교

실험 조건에 따라 파괴하중을 비교해본 결과 Table 3 과 Fig. 20에서 보이는 바와 같이 벽체경사가 76°이고 rear strecher가 있는 경우에서 파괴하중이 7 tf/m<sup>2</sup>로 가장 크게 나타났으며, 경사가 수직이고 rear strecher가 없는 경우는 3.2 tf/m<sup>2</sup>로 파괴하중은 옹벽체 경사가 76°인 경우가 수직인 경우에 비해 약 34~44%, rear strecher가 있는 경우가 rear strecher가 없는 경우 보다 18~33% 크게 나타남을 알 수 있고, rear strecher의 형태에 따라서는 파괴하중의 차이가 6~7%로 미약한 것으로 나타났다.

또한 최대수평변형률의 경우에도 Table. 3과 Fig. 21에 보이는 바와 같이 경사가 수직인 경우 3.9~6.4%를 보이고 있으며, 옹벽이 경사진 경우에는 2.6~3.9%를 보이는 것으로 나타났고 rear strecher의 형태에 따른 변형은 크게 차이가 없으나 경사에 따라 영향을 받고 있

음을 알 수 있다.

따라서 조립식 격자 옹벽의 파괴는 옹벽의 높이가 감소함에 따라 파괴하중이 급격히 증가하고 최대변형률의 크기가 크게 감소하게 된다. 또한 동일한 경사와 높이

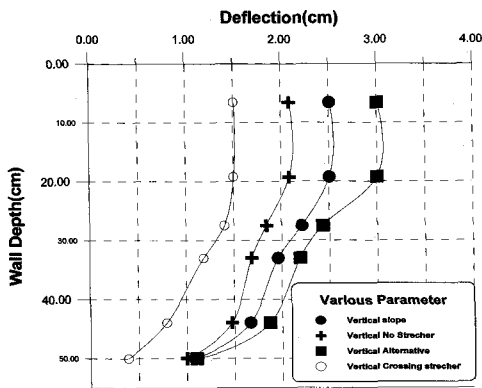


Fig. 19. Deflection with the wall height (90°)

Table 3. Results of the model tests

Test series	Failure load	Max. deflection position	Max. horizontal strain (%)
A	7	0.68 H	3.2
B	3.9	0.72 H	3.9
C	6.2	H	3.9
D	3.2	H	6.4
E	5.4	0.66 H	3.5
F	3.5	0.75 H	5.1
G	5.0	0.65 H	3.6
H	3.3	0.73 H	4.8
I	13.8	0.62 H	3.0
J	17.5	0.60 H	2.8
K	11.5	0.58 H	2.6

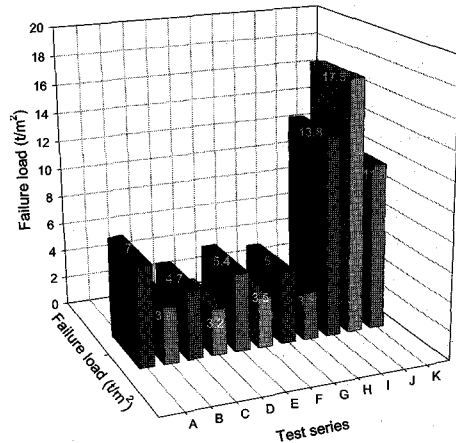
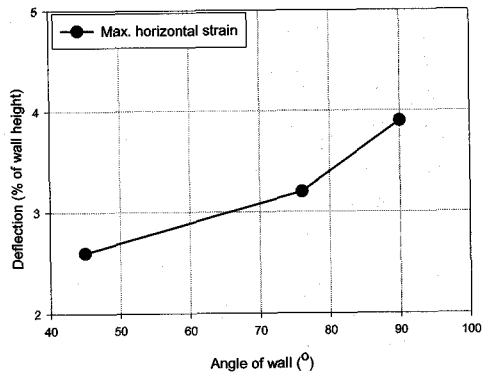
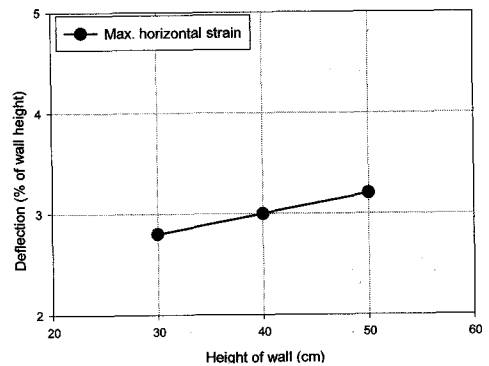


Fig. 20. Variation of failure load with test series



(a) Angle of wall



(b) Height of wall

Fig. 21. Maximum horizontal strain with test conditions



에서 rear strecher의 형태는 최대수평변위 발생위치와 변형의 크기에 크게 영향을 주지 않으며 벽체의 경사에 더 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 조립식 격자 옹벽의 거동 특성을 규명하기 위해 모형실험을 실시하였으며, 옹벽의 높이와 경사 및 rear strecher의 형태와 같은 다양한 조건에 대한 변위특성을 관찰한 결과는 다음과 같다.

- 1) 재하실험 결과 조립식 격자옹벽의 파괴하중은 rear strecher의 제거에 따라 약 12%의 감소를 보이고 rear strecher가 한열씩 빈 경우 부재의 slip파괴 경향이 두드러지며 엇갈려서 쌓은 경우에 각각 약 23%와 29%의 감소를 나타내어 rear strecher가 옹벽의 파괴하중에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 파괴에 도달한 후 slip이 발생하며 붕괴에 도달할 때까지 급격하게 변위가 증가하는 양상을 보였다.
- 2) 경사가 수직인 경우 벽체 변위는 경사진 경우와 유사한 거동을 보이나 하중의 증가에 따른 뚜렷한 벽체의 붕괴 양상을 나타내며, rear strecher의 설치여부와 설치형태가 옹벽의 파괴하중에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.
- 3) rear strecher가 설치된 경우 옹벽의 기울기가 감소할수록 최대 수평변위는 각각 옹벽높이의 3.9%, 3.2%, 2.6%로 감소하고 있으며, 파괴 시 최대 수평변위의 발생위치도 각각 0.72 H, 0.68 H, 0.58 H로 감소하고 있어 벽체의 기울기가 팽창파괴의 최대변위량과 최대수평변위 발생위치에 영향을 주고 있음을 알 수 있었다.
- 4) 실험 조건에 따라 파괴하중을 비교해본 결과 옹벽체 경사가 76°인 경우가 수직인 경우에 비해 약 34~44%, rear strecher가 있는 경우가 rear strecher

가 없는 경우 보다 18~33% 크게 나타남을 알 수 있고, rear strecher의 형태에 따라서는 파괴하중의 차이가 6~7%로 미약한 것으로 나타났다.

- 5) 조립식 격자 옹벽의 파괴는 옹벽의 높이가 감소함에 따라 파괴하중이 급격히 증가하고 최대변형률의 크기가 크게 감소하게 된다. 또한 동일한 경사와 높이에서 rear strecher의 형태는 최대수평변위 발생위치와 변형의 크기에 크게 영향을 주지 않으며 벽체의 경사에 더 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 암반으로 구성된 절토사면에 적용되고 있는 다양한 옹벽공법의 대안으로 친환경적인 장점이 부각되는 조립식 격자옹벽에 대한 공학적인 거동특성을 확인하였으며, 향후 뒤채움재의 적용에 따른 지지특성 등에 관한 연구를 통하여 노출 암반층의 토압지지 공법으로써의 활용성을 검증한다면 더욱 유용한 구조물로 활용이 가능할 것이다.

#### 참고문헌

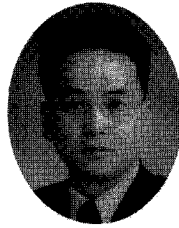
1. Brandl, H., 1982, Raumgitter-Stützmauern, Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung Heft 208.
2. Bullen, F., Boyce, B., and Fidler, C., 1992, The Design and Performance of Segmental Concrete Crib Retaining Walls, Queensland University of Technology, Physical Infrastructure Centre, Research Report 92-9.
3. Bullen, F., and Boyce, B., 1996, Design Aspect of Segmental Crib Retaining Walls, The Institution of Engineers, Australia, Vol. CE38 No. 1.
4. Tohda, J., Mitsutake, Y., Nara, T., and Ito, S., 1998, Mechanical Behavior of Crib Retaining Wall, Centrifuge 98, Balkema, Rotterdam, 679~684.
5. 김두준, 이송, 2002, Crib Wall System 변위해석에 관한 연구, 구조물진단학회논문집, Vol. 6, No. 3, 201~209.
6. 오세욱, 권영철, 배우석, 2006, Crib Wall의 토압분포, 한국지반환경공학회논문집, Vol. 7, No. 5, 41~48.

**배우석**



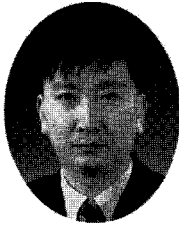
1995년 충북대학교 공과대학 토목공학과  
공학사  
1997년 충북대학교 공과대학 토목공학과  
공학석사  
2001년 충북대학교 공과대학 토목공학과  
공학박사  
Tel: 기재요망  
E-mail: wsbae@cju.ac.kr  
현재 청주대학교 토목환경공학과 전임  
강사

**권영철**



1997년 충북대학교 공과대학 토목공학  
과 공학사  
1999년 충북대학교 공과대학 토목공학  
과 공학석사  
2005년 일본 도호쿠대학 공학연구과 토  
목공학전공 공학박사  
Tel: 기재요망  
E-mail: bent0417@hanmail.net  
현재 충주대학교 건설기술연구소 연구  
교수

**김종우**



1986년 서울대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1988년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
1993년 서울대학교 대학원 자원공학과  
공학박사  
Tel: 043-229-8471  
E-mail: jwkim@cju.ac.kr  
현재 청주대학교 토목환경공학과 교수