

# 반복하중하의 탄소섬유시트 보강보의 거동에 관한 연구

## A study on the behavior of beam strengthened with CFS under repeated loading

박정용\* 정진환\*\* 김성도\*\*\* 조백순\*\*\*\*  
Park Jeong Yong Cheung Jin Hwan Kim Seong Do Cho Baik Soon

### Abstract

This paper investigates a study on the bending behavior of beam strengthened with CFS under repeated loading. The test specimen consisted of 20cm in width, 40cm in depth, and 15cm in CFS width. We find the strength decrease under repeated loading test comparing with the monotonic incremental loading test.

#### 1. 서론

철근콘크리트로 시공된 대부분의 교량은 차량의 통행에 따른 반복하중에 의해 균열이 발생하며, 급작스런 파괴를 일으키는 취성파괴의 특성을 띄게 된다. 실제로 보수 및 보강되는 보들은 대부분 공용중에 있으며 지속적인 동적 반복하중을 받고 있다. 이는 정적강도보다 낮은 강도에서 성능저하가 발생할 가능성이 항상 존재함을 의미한다. 기존의 보강보에 대한 대부분의 연구는 정적하중에 대한 것이며, 반복하중에 대한 검토는 미흡한 수준으로서 반복하중하의 휨 거동에 대한 연구가 무엇보다도 중요한 실정이다. 따라서 보수·보강효과의 실제적이며 정확한 판단을 위해서는 반복하중하의 탄소섬유시트 보강보의 휨 거동에 관한 연구가 필요하다.

#### 2. 실험계획 및 시험체 제작

##### 2.1 시험체 제작 및 종류

6개 공시체에 대한 압축시험 결과 압축강도는  $318 \text{ kgf/cm}^2$ , 인장강도  $31.8 \text{ kgf/cm}^2$ , 탄성계수는  $2.57 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$  이며 시험체는 세로 40cm, 가로 20cm, 길이 320cm의 복철근 직사각형보로 제작되었다. 주철근인 인장축 철근은 D22철근을 2본, 압축축 철근은 D13철근을 2본 배근하였으며, 전단파괴를 억제하고 주철근의 위치확보를 위해 D10철근을 단부에서 각각 200mm 간격으로 14본 배근하였다. 총 시험체는 9개로써 단조증가 하중일 경우 3개, 반복하중 재하속도가 2mm/min, 20mm/min일 경우 각각 3개이다. 3개의 시험체는 1겹 무밴드, 1겹 u밴드, 3겹 u밴드시험체로 분류하였다. 여기서, 무밴드라 함은 단부를 보강하지 않은 경우를, u밴드라 함은 단부를 u 형태로 보강한 경우를 의미한다.

- \* 정회원 부산대학교 토목공학과 박사수료
- \*\* 정회원 부산대학교 토목공학과 교수
- \*\*\* 정회원 경성대학교 건설환경공학부 교수
- \*\*\*\* 정회원 인제대학교 토목공학과 조교수

## 2.2. 실험방법

반복하중 재하실험은 단조 증가하중 재하실험에서 얻은 항복하중에 대응하는 항복변위를 기준으로 하여 항복변위의 25%, 50%, 75%, 100%변위와 항복변위 이후 구간은 항복변위를 기준으로 10%씩 증가시켜 단조 섬유시트가 완전히 파단될 수 있는 변위까지 하중을 재하하였다. 또한 하중은 각 단계 별로 10회 반복하중 형태로 재하하였다. 본 실험에서는 반복하중 재하속도를 2mm/min, 20mm/min 두 가지로 하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1. 단조증가하중과 반복하중의 하중-처짐관계

시험체의 단조증가하중과 각 단계별 반복하중횟수 10회중 1회와 10회를 분리하여 각 단계별 하중-처짐 관계를 나타내었다.

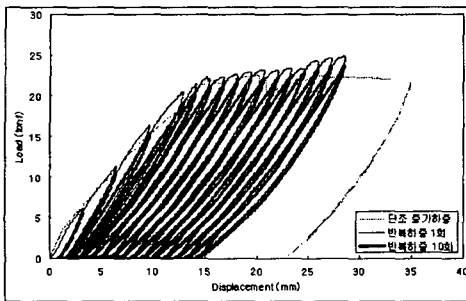


그림3.1 반복하중 재하속도 2mm/min 1겹 무밴드

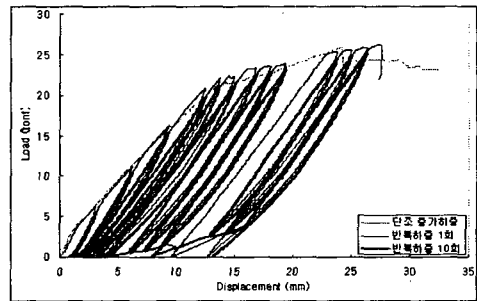


그림3.2 반복하중 재하속도 2mm/min 1겹 u밴드

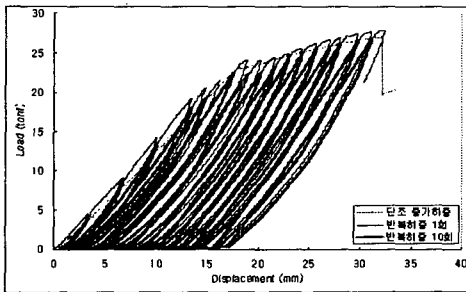


그림3.3 반복하중 재하속도 2mm/min 3겹 u밴드

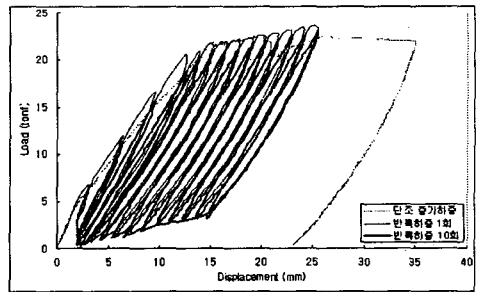


그림3.4 반복하중 재하속도 20mm/min 1겹 무밴드

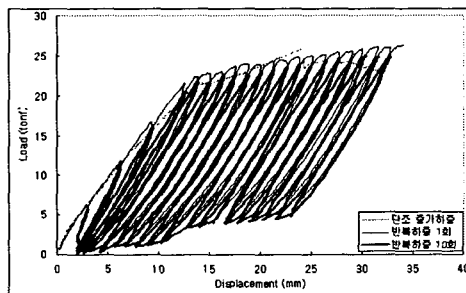


그림3.5 반복하중 재하속도 20mm/min 1겹 u밴드

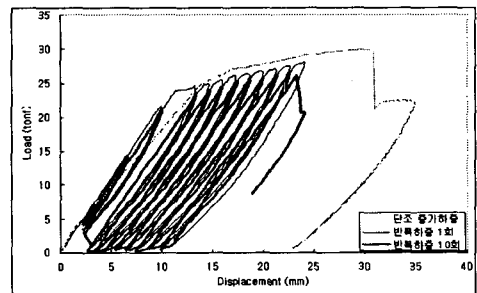


그림3.6 반복하중 재하속도 20mm/min 3겹 u밴드

반복하중 재하속도가 2mm/min, 20mm/min일 경우 1점 무밴드, 1점 u밴드, 3점 u밴드 시험체의 반복하중 1회와 10회를 비교하면 각 반복하중 단계별 강도저하현상이 발생하며, 반복하중 10회와 단조증가하중을 비교하면 하중-처짐관계에서 하중과 처짐의 증감에 따른 포락선은 단조증가하중의 하중-처짐 곡선의 기울기와 유사하게 거동하면서 강도저하현상이 일어난다. 반복하중 재하속도가 2mm/min, 20mm/min일 경우 항복변위 단계에서 강도저하현상이 증가한다. 이 결과는 항복변위 단계에서 균열폭과 균열신장이 증가하기 때문이다.

### 3.2. 각 단계별 반복하중 1회와 10회의 동적 stiffness저하 관계

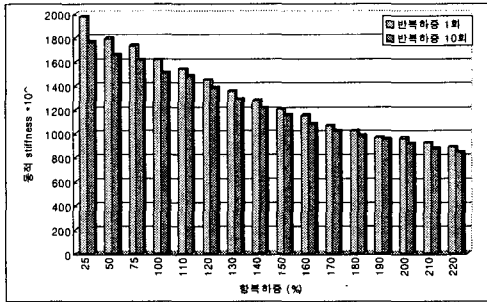


그림3.7 반복하중 재하속도2mm/min 1점 무밴드

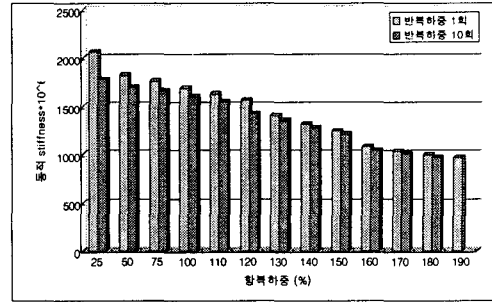


그림3.8 반복하중 재하속도2mm/min 1점 u밴드

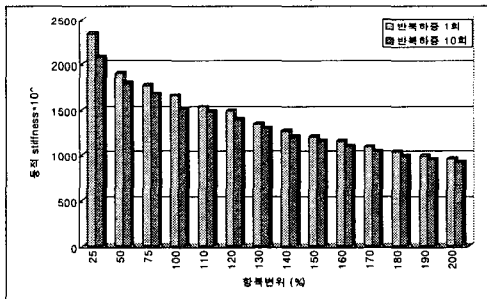


그림3.9 반복하중 재하속도 20mm/min 1점무밴드

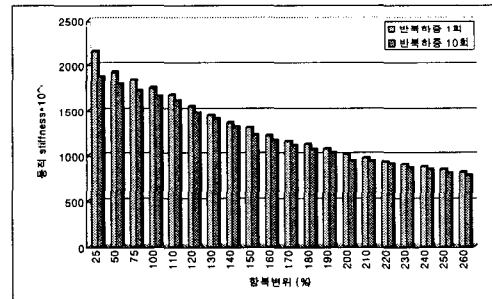


그림3.10 반복하중 재하속도 20mm/min 1점 u밴드

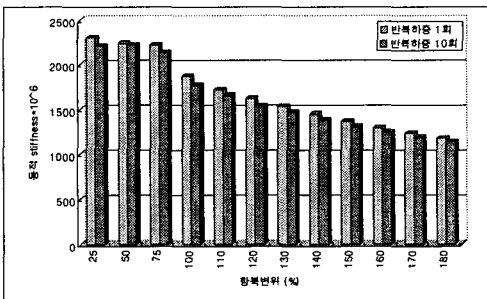


그림3.11 반복하중 재하속도 20mm/min 3점 u밴드

반복하중 재하속도 2mm/min와 20mm/min일 경우 1점 무밴드, 1점 u밴드 시험체에서 초기단계의 동적 stiffness값과 파괴시 최종단계 stiffness값을 비교하면 절반이상의 stiffness값의 감소를 보이나, 3점 u밴드 시험체 경우 초기 단계의 동적 stiffness값과 파괴시 최종단계 stiffness값의 감소량이 1점 시험체보다는 작다. 이는 탄소섬유시트 보강접수가 증가하면 보는 취성거동을 하기 때문인 것으로 판단된다.

### 3.3. 반복하중하의 에너지 소산량 관계

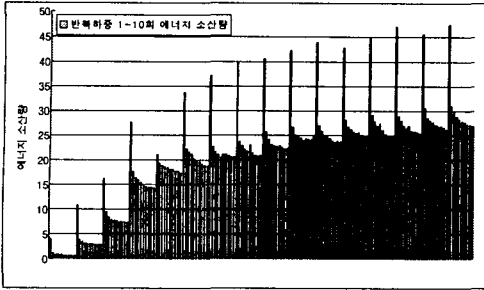


그림3.12 반복하중 재하속도 2mm/min 1겹무밴드

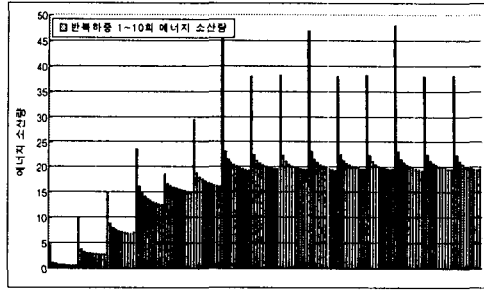


그림3.13 반복하중 재하속도 2mm/min 1겹 u밴드

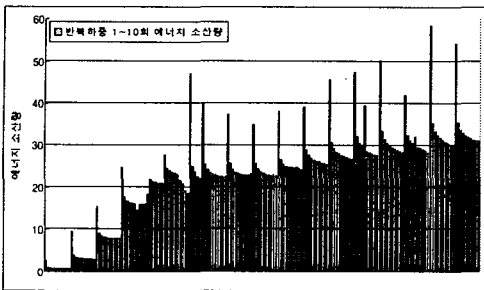


그림3.14 반복하중 재하속도 2mm/min 3겹 u밴드

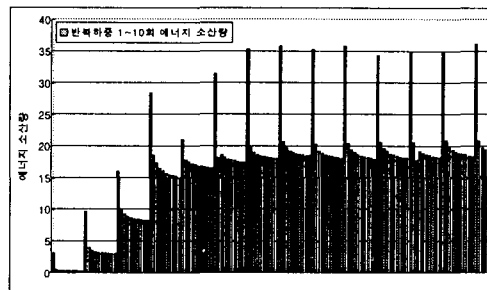


그림3.15 반복하중 재하속도 20mm/min 1겹무밴드

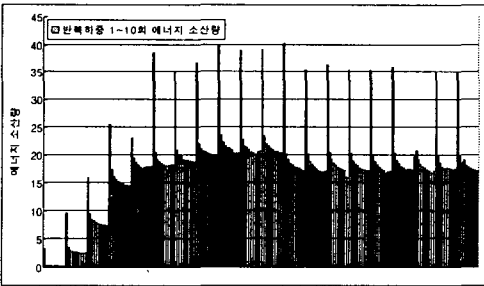


그림3.16 반복하중 재하속도 20mm/min 1겹 u밴드

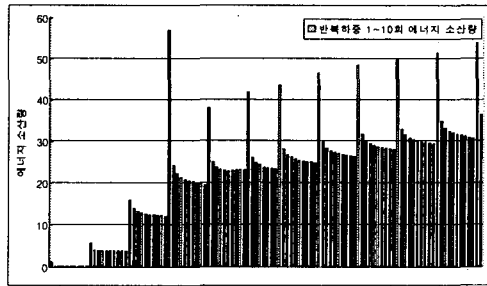


그림3.17 반복하중 재하속도 20mm/min 3겹 u밴드

반복하중하에서의 모든 시험체에서 각 단계별 반복하중 횟수 1회와 2회를 비교할 때, 급격하게 에너지 소산량이 발생하며 이는 시험체의 균열폭과 성장이 집중적으로 증가하기 때문이다. 반복하중 횟수 2~10회까지는 선형적으로 감소하는데 이는 균열폭과 균열성장의 증가가 미소하게 증가하기 때문이다.

#### 4. 결론

탄소섬유시트로 보강된 RC보에 반복하중이 작용하는 경우 하중-처짐 관계에서 하중과 처짐의 증감에 따른 포락선은 단조증가하중의 하중-처짐 곡선의 기울기와 유사한 것으로 나타났다. 반복하중 실험결과와 단조증가하중 재하 실험을 비교하면 반복하중 횟수가 10회일 경우 강도저하현상이 일어났다. 반복하중을 받는 3겹 u밴드 시험체의 경우 단조증가하중 실험 결과와 비교해 보면 항복이후 구간이 짧았으며, 이는 탄소섬유시트의 보강접수를 증가시키면 보강보는 취성과피로의 이행이 촉진되기 때문인 것으로 판단된다.