

# 일반 모르타르를 이용한 분절 복합체의 정하중 및 충격하중 실험

## Behavior of Segmented Composites Using General Mortar under Static and Impact Loading

김 율 희\*  
Kim, Youl Hee

민 경 환\*\*  
Min, Kyung Hwan

이 재 성\*  
Lee, Jae Seong

윤 영 수\*\*\*  
Yoon, Young Soo

---

### ABSTRACT

It is generally known that a shell in the form of layered structures stacked up thin elements by organic adhesives has high resistance capacity against static and impact loading. The complex materials such as these diversified layered structures are more reliable and efficient to the impact loading than the single material.

In this study, the segmented composites in the shape of a beam were made, using mortar and concrete block and tested under static and impact loading in order to develop the complex materials in the form of layered structures as the segmented composites to resist impact loading. And it compared to the normal concrete beams having the same compressive strength to evaluate the differences in their performance and failure modes.

### 요 약

조개껍질과 같이 얇은 요소들이 생체적인 접착제에 의해서 겹겹이 쌓여 층 구조를 이루는 패각은 정하중 및 충격하중에 대하여 뛰어난 저항 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 이러한 다양한 층 구조의 복합재료는 두 개의 서로 다른 매질이 적층되면서 단일 재료의 경우보다 충격, 완화 효율이 극대화될 것이라 판단된다.

본 연구에서는 충격을 견디고 최소화시키기 위한 분절 복합체(Segmented Composites)로써 층 구조의 형태를 가지는 복합 재료를 개발하기 위해 일반 모르타르와 일반 콘크리트 블록을 이용한 보 형태의 분절 복합체 부재를 제작하여 정하중 및 충격하중 실험을 실시하였다. 그리고 분절 복합체의 성능 및 파괴형태를 콘크리트 블록과 같은 강도로 제작된 콘크리트 보 부재와 비교하였다.

---

\* 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과 석사과정

\*\* 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학과 교수

## 1. 서론

그림 1과 같이 얇은 요소들이 생체적인 접착제에 의해서 겹겹이 쌓여 층 구조를 이루는 패각은 정하중 및 충격하중에 대하여 뛰어난 저항 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 이러한 다양한 층 구조의 복합재료는 두 개의 서로 다른 매질이 적층되면서 단일 재질인 경우보다 충격, 완화 효율이 극대화될 것이라 판단된다. 이에 본 연구에서는 충격을 견디고 최소화시키기 위한 분절 복합체(Segmented Composites)로써 층 구조(Layered Structure)의 형태를 가지는 복합 재료를 개발하기 위해 일반 모르타르와 일반 콘크리트 블록을 이용한 보 형태의 분절 복합체 부재를 제작하여 정하중 및 충격하중 실험을 실시하였다. 또한, 콘크리트 블록과 같은 강도로 콘크리트 보 부재를 제작하여 분절 복합체의 성능과 비교하였다.

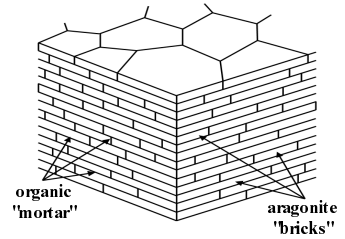


그림 1. 패각 미세 구조

## 2. 실험 계획 및 방법

본 연구에서는 4개의 분절 복합체 부재와 2개의 일반 콘크리트 보 부재를 제작하여 실험하였다. 표 1에 나타난 바와 같이 총 6개의 시험체는 정하중과 충격하중의 하중모드에 따라 SL Series와 IL Series로 나누고, 종방향으로만 분절된 1방향 분절 복합체와 종방향 및 횡방향으로 분절된 2방향 분절 복합체로 나누어 진다 (그림 2, 3). 부재 전체의 크기는 모두 1,230×260×290mm로 하였고, 분절 복합체의 경우, 콘크리트 블록을 각 층 콘크리트 블록의 이음새가 엇갈리게 배열하여 5층으로 쌓았고, 블록 사이의 접착제로는 일반 모르타르를 사용하였다. 콘크리트 블록의 크기는 300×160×50mm를 기본 크기로 하였고, 콘크리트 블록 이음새의 엇갈린 배열을 고려하여 양쪽 끝부분 블록은 그 크기를 다르게 하여 제작하였다. 분절 복합체의 콘크리트 블록 및 일반 콘크리트 부재의 28일 재령 평균 압축강도는 34.1MPa이었고, 분절 복합체의 접착제로 사용된 모르타르의 압축강도는 21.9MPa이었다.

정하중 실험은 2,700kN 용량의 액추에이터로 1점 가력하여 3점 재하로 실험하였고 (지간 1,030mm), 충격하중 실험은 자유낙하로 0.6~303J의 최대 에너지와 0.61~3.66m/sec의 충격 속도가 측정 가능한 Drop weight 방식의 충격 시험기로 3점 재하 실험하였고, 30kg의 텡(Tup)을 0.7m 높이에서 낙하하여 충격하중을 재하하였다. 그리고 정·충격하중에 대한 하중-변위 거동, 균열 양상, 파괴 양상, 충격하중의 충격에너지 등을 평가하였다.

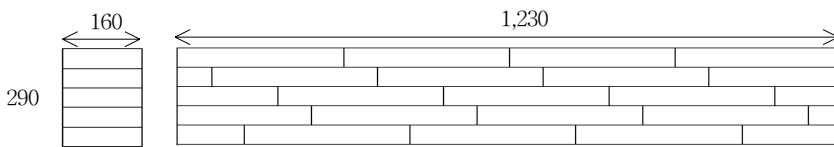


그림 2. 분절 복합체 단면도 (mm)

표 1. 실험 변수 및 부재 상세

Specimen	하중모드	Segment 여부	배열
SL-NC	정하중	일반 콘크리트	-
SL-1SC	정하중	분절 복합체	1 방향
SL-2SC	정하중	분절 복합체	2 방향
IL-NC	충격하중	일반 콘크리트	-
IL-1SC	충격하중	분절 복합체	1 방향
IL-2SC	충격하중	분절 복합체	2 방향

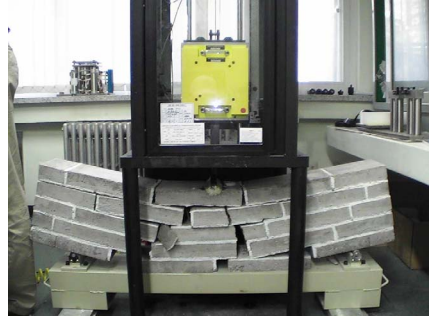


(a) 1방향 분절 복합체 (b) 2방향 분절 복합체

그림 3. 분절 복합체 형상



(a) SL-2SC 시험체



(b) IL-1SC 시험체

그림 4. 분절 복합체 파괴 양상

표 2. 정하중, 충격하중 실험 결과

	Specimen	Max. load (kN)	Deflection at max. load (mm)	Energy to max. load (J)	Total energy (J)
SL series	SL-NC	37.0	1.63	22.36	22.73
	SL-1SC	15.4	0.99	5.97	17.51
	SL-2SC	10.9	0.86	4.80	20.17
IL series	IL-NC	73.5	1.70	90.04	179.35
	IL-1SC	73.6	1.85	92.17	186.61
	IL-2SC	73.6	1.20	50.20	176.14

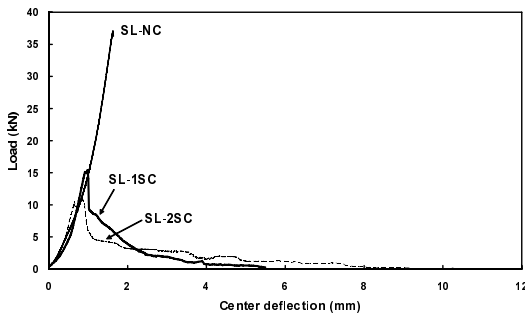


그림 5. 정하중 실험 하중-변위 곡선

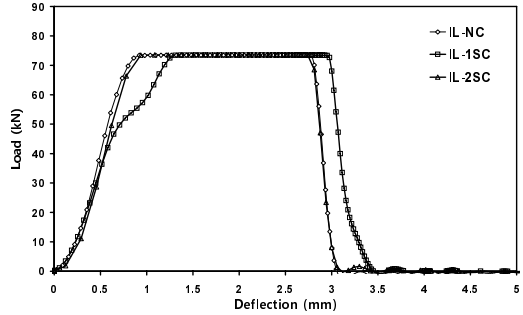


그림 6. 충격하중 실험 하중-변위 곡선

### 3. 실험 결과

#### 3.1 정하중 실험

일반 콘크리트 보 부재인 SL-NC 부재는 부재 중앙부의 휨균열이 발생 즉시 압축부까지 진전되어 종국 파괴되었고, 분절 복합체인 SL-1SC 부재와 SL-2SC 부재는 그림 4(a)와 같이 모르타르가 위치한 부분에서 세 종류의 휨균열이 발생되었고, 모르타르 위치를 따라서 각각 서서히 진행하다가 그 균열이 압축부에 이르러서 종국 파괴되었다. 정하중 실험 결과 및 하중-변위 곡선을 나타내고 있는 표 2, 그림 5와 같이 정하중 하에서는 분절 복합체 부재가 일반 콘크리트 보 부재 보다 낮은 극한하중과 에너지 흡수력을 가지는 것으로 나타났다. 이는 분절 복합체의 접착제로 사용된 일반 모르타르의 강도

가 콘크리트 블록 강도보다 작고, 모르타르와 콘크리트 사이의 부착력이 작기 때문이다. 그러나, 분절 복합체 부재는 극한 하중 이후에 휨 균열이 모르타르를 따라서 진행하면서 종국 파괴시까지 많은 에너지를 흡수하는 것으로 나타났다. 극한 하중까지의 에너지는 SL-1SC 부재가 SL-2SC 부재보다 더 크게 나타났고, 총 에너지는 SL-2SC 부재가 SL-1SC 부재보다 더 큰 것으로 나타났다.

### 3.2 충격하중 실험

충격하중 실험 결과 및 하중-변위 곡선은 표 2, 그림 6과 같다. 정하중 실험 결과와 달리 충격하중 실험에서는 분절 복합체 부재가 일반 콘크리트 보 부재와 비슷한 에너지 흡수력을 가지는 것으로 나타났다. 특히, IL-1SC 부재는 극한 하중까지의 에너지와 총 에너지가 모두 IL-NC 부재보다 다소 크게 나타났다. 이는 분절 복합체 부재가 충격하중 하에서 에너지 흡수 능력이 뛰어나다는 것을 의미하며, 일반 모르타르 보다 압축강도가 높고, 콘크리트와의 부착강도가 높은 접착제를 개발하여 사용하면 일반 콘크리트 부재보다 정하중 및 충격하중에 저항하는 성능이 뛰어날 것으로 판단된다. 그러나 2방향 분절 복합체 부재인 IL-2SC 부재는 정하중 실험 결과와 유사한 양상을 보였고, 이는 2방향의 효과를 나타낼 수 있는 최소 크기가 만족되지 않아 1방향 분절 복합체 부재와 일반 콘크리트 보 부재보다 더 많은 충격에너지를 흡수하지 못한 것으로 판단된다. 충격하중 실험 후 분절 복합체의 파괴 양상은 그림 4(b)와 같다.

## 4. 결론

충격 저항성능이 뛰어난 분절 복합체를 개발하기 위해 총 6개의 부재를 제작하고 실험하여 분절 복합체 부재와 일반 콘크리트 보 부재의 성능 비교, Segment 블록의 배열 방법 차이에 따른 성능 비교, 하중 모드 차이에 따른 성능 비교를 하였다. 실험 결과, 정하중 실험에서는 접착제로 사용된 일반 모르타르의 작은 압축강도 및 부착강도 때문에 분절 복합체의 장점이 부각되지 않았으나 충격하중 실험에서는 분절 복합체 부재가 일반 콘크리트 보 부재보다 유사하거나 다소 큰 충격에너지 흡수력을 보여주었다. 내폭 성능이 향상된 분절 복합체 개발을 위해 라텍스 폴리머, 아크릴 폴리머, 에폭시 폴리머 등을 활용한 높은 부착력과 충격저항성을 가진 고성능 모르타르의 개발이 필요하다고 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업으로 수행된 연구임(No. R0A-2007-000-20031-0).

### 참고문헌

1. Bindiganavile, V., Banthia, N., and Aarup, B., "Impact Response of Ultra-high-strength Fiber-reinforced Cement Composite," *ACI Materials Journal*, Vol.99, No.6, 2002, pp.543-548.
2. Tinazzi, D., C. Modena, and A. Nanni, "Strengthening of Masonry Assemblages with FRP Rods and Laminates," *International Meeting on composite Materials, PLAST 2000*, Advancing with Composites 2000, Ed.1, May 9-11, 2000, pp.411-418.
3. Menig, R., Meyers, M. H., Meyers, M. A., and Vecchio, K. S., "Quasi-static and Dynamic Mechanical Response of *Haliotis Rufescens* (Abalone) Shells," *Acta Materialia*, Vol.48, No.9, 2000, pp.2383-2398.
4. Khalaf, F. M., Glanville, J. I., and Shahawi, M. E., "Study of Flexure in Reinforced Masonry Beams," *Concrete International*, Vol.5, No.6, 1983, pp.46-53.