

섬유보강 시멘트 복합재료용 충격 시험장치

Innovative impact apparatus for fiber reinforced cement composites

김 동 주*

Kim, Dong Joo

ABSTRACT

This paper introduces new impact apparatus using elastic strain energy for Fiber Reinforced Cementitious Composites [HPFRCC] which requires larger size of specimen and higher impact load and energy to fail the specimens. New impact apparatus utilize elastic strain energy to generate high rate impact stress wave and it is much smaller, cheaper and safer than current other impact devices.

요 약

본 논문에서는 큰 시험체 크기와 많은 충격에너지를 필요로 하는 섬유보강 시멘트 복합재료의 충격 실험을 수행하기 위한 새로운 종류의 충격시험 장비를 제안하였다. 제안한 충격시험장치는 위치에너지나 운동에너지를 사용하는 기존 충격시험과 달리 선형변형에너지를 사용하고, 기존의 다른 충격시험 장비와 비교하여 크기가 훨씬 작고 경제적이며 안전하다.

1. 서 론

최근 고인성 섬유보강 시멘트 복합재료 (High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites, HPFRCC)에 대한 많은 관심과 연구가 진행되고 있다. HPFRCC의 가장 큰 장점 중의 하나는 일반 콘크리트나 섬유보강 콘크리트와 비교하여 인장에 대해 매우 높은 에너지 흡수 능력을 보여준다는 것이다. 이런 높은 에너지 흡수 능력으로부터 HPFRCC의 충격저항능력이 매우 높을 것으로 예상되지만, 아직까지 실제로 HPFRCC에 대한 인장 충격시험이 이루어 지지 않고 있다. 그 이유는 충격시험 장비가 매우 크고 고가이어서, 세계적으로도 매우 소수의 연구실에서만 충격시험장비를 구비하고 있다. 또한 아직 HPFRCC에 대한 표준 충격인장 시험이 없는 실정이다. 이에 본 논문에서는 FRC 또는 HPFRCC에 사용하기 위해 작고 경제적이며, 안전한 변형에너지 충격 장치를 소개하였다.

2. 변형에너지 충격시험장치 (Strain Energy Impact Test System)

그림 1은 변형에너지 충격시험장치가 어떠한 원리로 충격에너지를 생성하는지를 보여주고 있다. 우선 변형에너지 충격시험장치는 네가지 주요 부재로 이루어지는데, 당김봉(Pull bar), 에너지봉(Energy bar), 충격망치(Impact hammer) 그리고 연결장치(Coupler)이다. 그림 1a는 초기의 상태를 보이고, 서서히 당김봉(Pull bar)에 인장변위를 가하여 그림 1b에 보이듯이 전체 시스템에 인장 변형에너지를 저장하게 된다. 인장변형에너지 에너지 봉(Energy bar)에 저장되고 연결장치(Coupler)의 최대인장저항치에 달하게 되면 연결장치가 취성적으로 파단됨과 (그림 1c) 동시에 빠른 속도의 충격응력파가 에너지 봉에 발생되어 시험체를 가격하게 된다. (그림 1d) (Kim [2009]) 변형에너지를 이용한 시험장치의 충격속도를 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$V = C \times \epsilon = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \times \frac{\sigma}{A} \quad [1]$$

* 정회원, 세종대학교, 토목환경공학과, 전임강사

여기서, C 는 응력파의 속도, E 는 에너지봉의 탄성계수, ρ 는 에너지봉의 밀도, σ 는 연결장치의 파단시 에너지봉의 응력, 그리고 A 는 에너지 봉의 단면적이다.

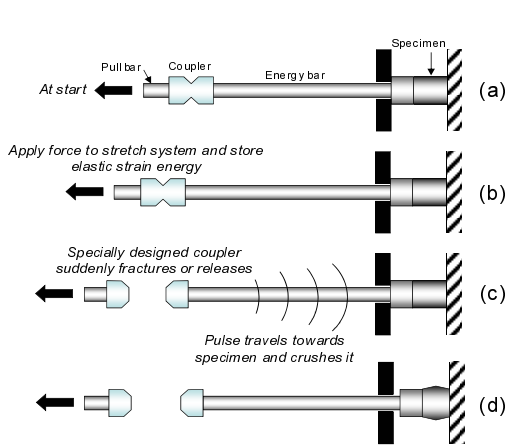


그림 1. 변형에너지를 이용한 충격파 발생원리

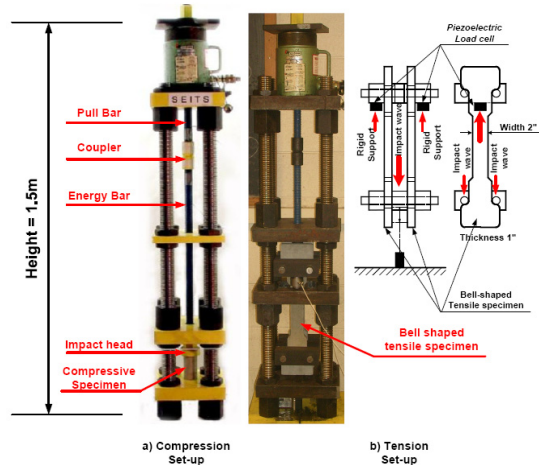


그림 2. 변형에너지 충격시험장치 원형

3. 변형에너지 충격시험장치 원형제작 (Prototype of Strain Energy Impact Test System)

제한된 변형에너지를 이용한 충격시험장치의 실제 성능을 검증하기 위하여 그림 2와 같이 변형에너지 충격시험장치가 제작되었고, 50MPa 정도의 압축강도를 가지는 몰탈에 대한 압축파괴 성능 시험과 8MPa의 인장강도와 0.5% 이상의 변형능력을 가지는 HPRC에 대한 인장시험을 수행하여 변형에너지 충격시험장치의 충격파괴능력을 검증하였다. (그림 3과 그림 4 참조)

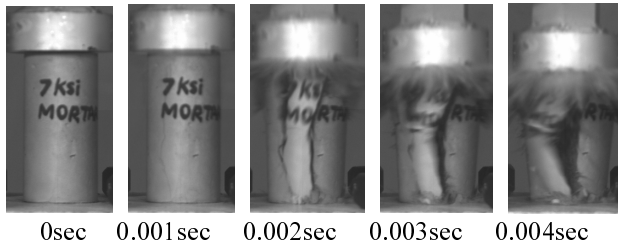


그림 3. 충격시 압축파괴 양상

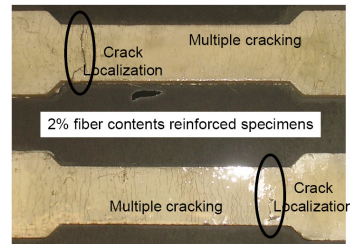


그림 4. 충격시 HPRC의 인장파괴 양상

4. 결론

본 논문에서 보고된 변형에너지를 이용한 충격시험장치를 그 크기가 1.5m로 매우 작으며, 매우 빠른 속도로 충격응력파를 생성하여 에너지흡수 능력이 뛰어난 HPRC를 충격인장 파괴할 수 있는 충분한 충격에너지 생성능력을 보여주었다. 따라서 변형에너지를 사용한 충격시험장치를 기존의 충격하중 발생 방법보다 매우 작고, 경제적이며, 우수한 성능을 가지고 있다.

참고문헌

- Kim, D. J., "Strain rate effect on High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites using slip hardening high strength deformed steel fibers," Ph.D. Thesis, 2009, University of Michigan, Ann Arbor.
- Naaman, A. E., El-Tawil, S., and Kim, D. J., "Strain Energy Impact Test System [SEITS] for Characterizing Material Response under High Strain Rate," Provisional US Patent application. (Filed March 20, 2008).
- Kim, D. J., El-Tawil, S., and Naaman, A.E., "탄성변형에너지를 이용한 충격파 발생 장치 및 방법," 대한민국특허, (10-2009-0015379, 2009년 2월 24일 출원).