

# 콘크리트의 이방향 휨인장강도 시험법

## A New Test Method for Biaxial Flexure Tensile Strength of Concretes

지 광 습\*      오 홍 섭\*\*  
Zi, Goangseup      Oh, Hong Seub

### ABSTRACT

A novel test method is developed. This method is to measure the biaxial tensile strength of concrete which is generally very hard to obtain experimentally. In this method, only one actuator is used to obtain the biaxial tensile strength, which is a great simplification compared to the traditional biaxial tensile test in which usually four actuators should be used. An example of the experimental result is given in this paper.

#### 1. 서론

직접 인장시험의 안정성 문제 때문에 실무에서 직접 인장시험을 이용해서 인장강도를 얻는 경우는 거의 없으며, 휨인장시험이나 할렬시험을 통해 인장강도를 얻고 있다. 앞서 언급한 인장강도 시험을 통해 일축 재하상태의 인장강도를 얻는다. 이 일축 인장강도를 이용해서 균열발생 위험도를 계산하고 있다. 하지만 슬래브, 벽체, 도로 등에 발생하는 균열이나 건조수축 균열의 경우에는 명백한 이방향 인장응력 상태에 구조체의 균열이 발생한다.

기존의 연구를 통해 보통 콘크리트의 이방향 인장강도는 일축 인장강도와 거의 같은 것으로 알려져 있어서, 일축 인장강도를 이용해서 이방향 균열을 평가하고 있다. 이방향 인장강도를 사용하는 또 다른 이유는 이방향 인장시험을 수행하기 위해서는 일반적으로 네 개의 가력장치가 사용되는 점이다. 이 때문에 대형 실험장비가 필요하게 되고, 각 가력장치의 동시적인 정교한 제어가 동시에 수행되어야 한다. 만약 간편한 이축 인장시험법이 개발되면, 이축 인장상태에 대한 균열발생 위험도를 평가하기 위해 이축 인장시험을 수행하지 않을 이유를 찾아보기는 힘들다.

이축 인장시험법 개발의 타당성으로는 다음과 같은 두 가지 점을 들 수 있다.

- 최근 보통 콘크리트와는 구별되는 수많은 종류의 신종 콘크리트의 다축 강도특성을 규명할 필요가 있다.
- 평균치적인 관점에서 이방향 인장강도와 일방향 인장강도가 비슷한 값을 가지는 것이며, 균열발생확률을 계산하기 위한 통계적인 분포에 대한 논의는 이루어지지 않았다.

\* 정희원, 고려대학교 건축사회환경공학과 조교수

\*\* 정희원, 국립진주산업대학교 토목공학과 조교수

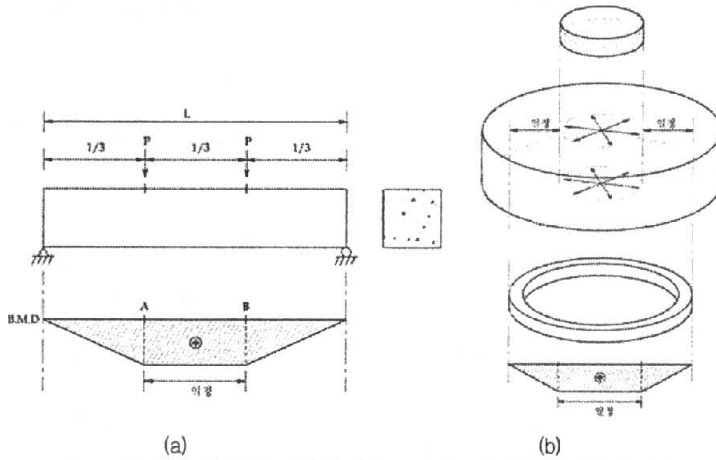


그림 1: (a) 일축 휨인장 시험체와 (b) 이축 휨인장 시험체의 비교

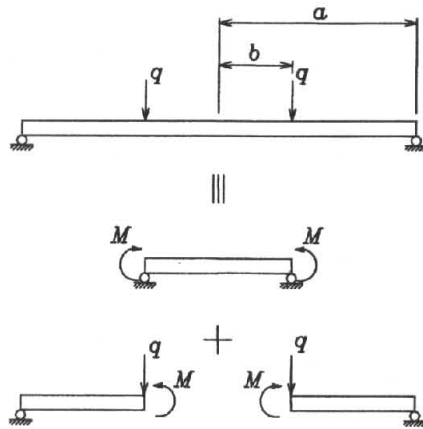


그림 2: 중첩의 원리를 이용한 원형 판의 분할

## 2. 이방향 휨인장 시험체

이방향 휨인장 시험체는 일방향 휨인장 시험체를 삼차원으로 일반화한 것이다. 그림 1a는 일방향 휨인장 시험체이다. 4점 휨인장시험이며, 동일한 하중이 재하되는 재하부 사이에서는 모멘트가 일정하다. 이 시험체를 삼차원으로 일반화하면 그림 2b와 같은 시험체를 얻게 된다. 본 논문에서 제시하고 있는 휨인장 시험체는 두 개의 지그와 원판형 시험체를 구성된다. 지점부와 재하부를 형성하는 지그는 고리형으로 제작되었다(그림 1b). 재하부 고리는 지점부 고리와 동일한 거리를 두고 중심이 같도록 배치된다. 재하부 고리 내부에서는 면내의 모든 방향에 대해 동일한 모멘트가 형성된다. 이 구성에 대한 자세한 내용은 최근에 투고된 두 편의 논문을 참조하기 바란다(지광섭 등 2007; 오홍섭 등 2007).

가해진 하중  $P$ 와 최대 응력 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

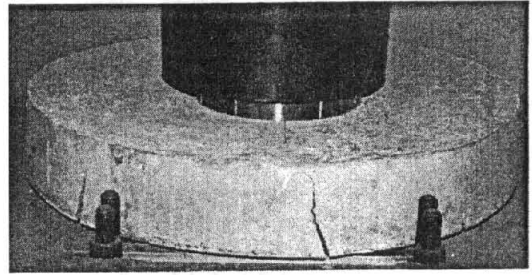
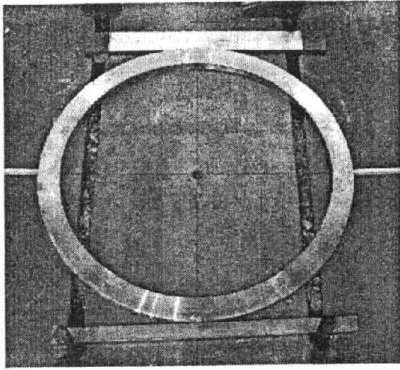


그림 3: 지점 및 시험체 형상

표 1: 콘크리트 배합표

W/C (%)	S/a (%)	단위량 (kg)			
		W	C	S	G
35	39.45	193.9	553.9	642.4	1036.3

$$\sigma = \frac{3}{4\pi h^2} \{ (1-\nu)[1-(b/a)^2] - 2(1+\nu)\ln(b/a) \} P \quad (1)$$

여기서 시험체 지점 간의 간격은  $2b$ 이고, 하중 재하점간의 간격은  $2a$ 이다.  $h$ 는 시험체의 두께이다. 위 식 (1)을 얻기 위해 원판을 원판의 가장자리에 등분포 모멘트  $M$ 이 재하된 경우와, 중앙에 구멍이 뚫리고 동일한 모멘트와 등분포 하중  $q = P/2\pi b$ 가 재하된 경우로 구분한다(그림 2). 중첩의 원리와 두 원판 경계의 적합조건을 이용하면 두 원판의 해석적인 해로부터 식 (1)의 관계가 얻어진다. 자세한 내용은 지광습 등(2007)을 참조하기 바란다.

### 3. 이방향 침인장 실험

본 시험법을 실제로 적용하기 위해 제작한 지점부와 시험체가 그림 3에 도시되었다. 최대 치수 20mm인 쇠석 굵은 골재를 사용하였으며, 자세한 배합비는 표 1에 제시되었다. 유동화제나 AE제는 사용되지 않았다. 단위중량은  $3.14t/m^3$ 이었으며, KS L 5108 기준에 준한 배합 후 응결시간은 3시간 25분이고, KS F 2405에 의한 실제 28일 강도는 31.8MPa으로 측정되었다. 하중재하는 일축휨강도 측정에 관한 KS F 2408 규정을 준용하여 하중가력속도는 800kN/min으로 고정하여 파괴시까지 하중을 선형 증가시켜 측정하였으며, 초기 휨균열발생시의 하중과 변위를 육안으로 관찰하여 기록하였다.

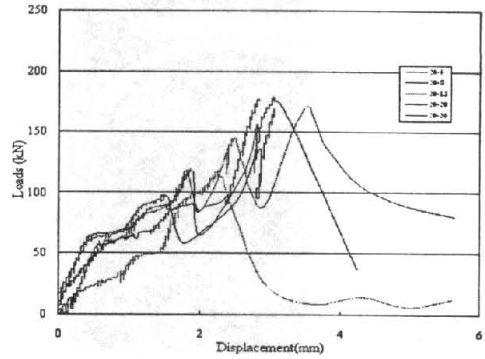
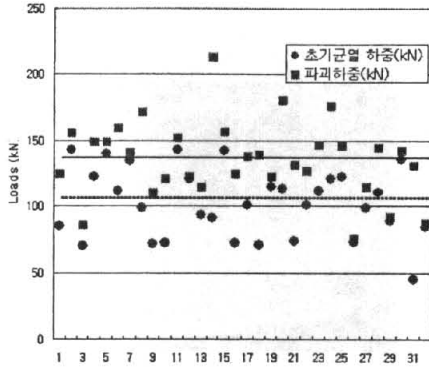


그림 4: 초기 및 균열하중 분포 및 하중-변위선도

### 3. 실험결과

본 시험법에 따라 실험을 수행한 결과 그림 4와 같은 초기 균열하중과 파괴하중이 일어났다. 이방향 인장강도를 계산하기 위해 균열하중을 사용했는데, 균열이 일단 형성되면 탄성론으로부터 얻어진 식 (1)의 적용이 불가능하다. 육안으로 관찰된 측면의 초기 균열하중은 최소 45kN부터 최대 142.9kN 까지 큰 분산도로 분포하였다. 식 (1)를 이축 휨인장강도를 계산하면, 약 3.5MPa로서 일축 휨인장강도와 할렬 인장강도의 중간에 위치하는 값을 얻었다. 하지만 분산이 일축 휨인장강도와는 크게 차이가 있어서 균열 발생확률을 계산하는 경우에는 더 큰 차이가 발생할 것으로 판단된다.

### 4. 결론

이방향 인장강도를 측정할 수 있는 이방향 휨인장시험법을 개발하였다. 이 시험법에 따르면, 이방향 인장강도를 단 하나의 가력기 만을 가지고 측정할 수 있다. 본 시험법에 따라 인장강도를 측정한 결과 일축 휨인장강도와 할렬 인장강도 시험법을 통해서 얻을 수 있는 강도의 중간에 위치한 값을 얻을 수 있었다. 본 시험법은 기타 모든 반취성 재료에 동일하게 적용될 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기반구축사업 05 기반구축 D04-01과 건설핵심기술사업 05 첨단융합 B01의 지원으로 이루어졌습니다.

#### 참고문헌

1. 지광습, 오홍섭 (2007) 콘크리트의 순수 등방성 휨인장강도 시험법: 이론, 대한토목학회논문집, -투고
2. 오홍섭, 박준혁, 지광습 (2007) 콘크리트의 순수 등방성 휨인장강도 시험법: 실험, 대한토목학회논문집, -투고