

콘크리트 이방향휨강도 시험체의 최적구성

The optimum geometry of biaxial flexure test specimen for concretes

김 지 환*
Kim, Jihwan

지 광 습**
Zi, Goangseup

Abstract

The optimum geometry of the biaxial flexure test specimen are discussed. Using this specimen, the biaxial tensile strength of concrete can be measured economically. Various parameters which may influence the result of the test are discussed. The stress distribution and the effect of eccentricity were performed by ABAQUS/CAE. The effect of the support condition, the geometry and the size were studied experimentally.

1. 서 론

콘크리트 포장의 바닥판이나 플랫 플레이트와 같은 길이나 폭에 비해 단면 두께가 얇은 콘크리트 구조물에 있어서의 균열은 내구성과 사용성에 큰 영향을 주는 요소이다. 이러한 구조물은 보 또는 일방향 슬래브에 발생하는 일방향 휨균열과는 그 특성이 다르며, 균열을 설명함에 있어서 일방향 휨강도 보다는 이방향 휨강도가 더 합당하나 해석과 시험의 용이성 때문에 직인장, 활렬인장, 휨인장 시험을 통해 얻어지는 일방향 인장강도를 적용해오고 있다.

본 논문에서는 이방향 휨인장 강도 평가를 위해 최근에 개발된 이방향 휨인장 시험체(지광습 외 2007)의 영향인자들에 대하여 실험 및 수치해석적 방법을 적용하여 콘크리트 등방휨인장강도 시험체를 최적 구성하고자 하였다.

2. 이방향 휨강도 시험체

Fig. 1은 일방향 휨강도 시험체와 이방향 휨강도 시험체를 비교하였으며, 이방향 휨강도 평가를 위한 시험체의 작용 하중과 시험체의 하면에 발생하는 응력의 이론해는 아래와 같이 전개된다.

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

* 고려대학교 석사과정, 학생회원

** 고려대학교 부교수, 정회원

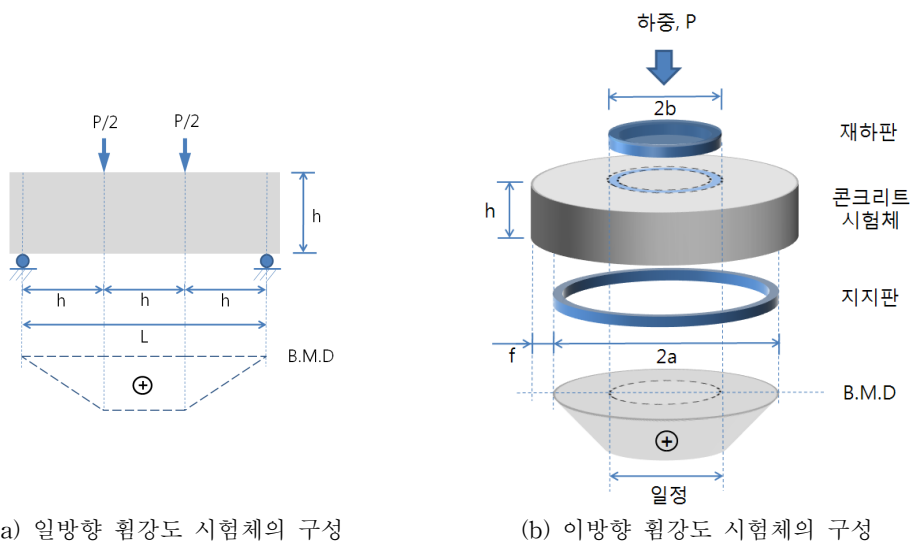


Fig. 1 일방향 및 이방향 휨강도 시험체의 구성

여기서 P 는 작용하중, a, b, R 는 각각 중앙 점부터 지지점 및 가력점까지의 거리, 판의 반지름이다. 판의 반지름과 지지점까지의 거리를 여유길이 $f=R-a$ 로 정의하면, 식 (1)과 같이 여유길이 f 가 작을수록 단부구속에 의한 영향을 최소화할 수 있음을 알 수 있으며, 휨모멘트의 변동은 가력점과 지지점의 거리 비에 직접적인 관련이 있음을 알 수 있다.

3. 실험에 의한 강도특성 평가

콘크리트 판의 휨강도 특성을 평가하기 위하여 일축휨강도 시험의 KS 표준공시체와 유사한 원형판 시험체를 제작하였다. 문헌[1~3] 및 분석결과를[4~6] 기초로 하여 콘크리트 강도, 골재 크기, 시험체의 크기 및 시험체 가력점과 지점간의 비율이 이축 휨인장 강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실험을 실시하였다.

전체적으로 실험체의 균열은 가력점 내의 위치에서 균열이 발생한 후, 3개 이상의 방향으로 균열이 진전되며 파괴되는 양상을 나타내었다. 콘크리트 강도 증가에 따라 이축휨강도도 역시 증가하나 증가 폭은 점차 완만해지고, 대체적으로 보통강도 영역에서의 휨강도는 일축휨강도와 같이 압축강도의 제곱근에 비례하는 것으로 나타났으며, 전체적인 원형판의 두께와 시험체의 크기는 이축 휨 파괴 강도 측정에 적절한 것으로 판단되었다.

4. 이방향휨강도 시험체 (BFT specimen)제원의 최적 구성

사전 실험의 결과를 바탕으로 순수휨응력을 발생시킬 수 있는 가력점간 거리와 지간의 비는 충분히 고려되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 삼차원 탄성 유한요소해석을 통하여 실험체의 두께, 여유길이(f), 지간과 하중재하점간의 상관관계에 대한 분석을 통하여 보다 신뢰성 있는 실험체 제원을 제시하고자 하였다.

등방휨인장강도 시험체의 최적 구성을 도출하기 위해 범용 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS를 사용하여 이방향 시험체와 일방향 시험체의 삼차원 유한요소 해석을 실시하였으며, 식 (1)의 휨강도 예측식의 적합성을 검증하였다.

Table 1 등방휨인장강도 시험체의 최적 구성

Size	h [mm]	$2a$ [mm]	$2b$ [mm]	f [mm]	h/a	f/a	b/a
S	30	250	63	6.5	0.24	0.052	0.252
M	60	500	125	12.5	0.24	0.05	0.25
L	90	750	188	19	0.24	0.051	0.251

Table 2 최적 구성된 이방향 휨강도 시험체의 이론적인 해와 수치해석에 의한 해의 크기 비

		Theoretical solution / numerical solution
Specimen Size	S	1.008
	M	1.003
	L	1.005

해석 결과를 바탕으로 h/a 가 0.24이고 f/a 가 0.05인 등방휨인장강도 시험체의 최적 구성을 Table 1에 도출하였다. Table 2에는 여유길이 f 의 작용을 고려한 식 (1)에 의한 시험체의 이론적인 해와 최적 구성된 시험체의 수치해석적인 해의 크기 비를 나타내었다.

5. 결 론

본 연구에서는 사전 실험 수행 후 그 결과를 바탕으로 이방향휨강도에 영향을 주는 인자들의 영향을 삼차원 유한요소 해석으로 평가하여 최적실험체 형상을 제시하였다. 이로부터 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 유한요소해석을 통하여 휨강도에 영향을 미치는 기하조건 등에 대하여 분석한 결과, h/a , f/a 및 b/a 가 각각 0.24, 0.05와 0.25일 때 이론해와 해석해가 가장 일치하는 것으로 나타났으며, 이 조건에 적합하도록 시험체의 형상을 제안하였다.
2. 이방향 휨강도 시험체를 이용한 콘크리트의 이축휨강도 실험은 시험절차가 상대적으로 복잡하고, 기하조건 및 표면조건 등에 의한 영향을 받을 수 있다. 따라서 규격화된 표준시험법이 제시되기 위해서는 각 인자들에 대한 추가적인 실험이 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0072714)

참고문헌

1. Higgs WAJ, Lucksanasombool P Higgs RJED and Swain MV, "Evaluating acrylic and glass-ionomer cement strength using the biaxial flexure test", *Biomaterials* 2001, Vol. 22, pp.1583-1590

2. Kanchanasavita W, Anstice HM and Pearson GJ, "Long-term flexural strengths of resin-modified glass-ionomer cements", *Biomaterials*, 1998, Vol. 19, pp.1703-1713
3. Morrel R, McCormick NJ Bevan J, Lodeiro M and Margetson, "Biaxial disc flexure-modulus and strength testing", *British Ceramic Transactions*, 1999, Vol. 98, No.5, pp.234-240
4. 오홍섭, 지광습, "일축 및 이축 휨인장강도의 실험적 비교", *콘크리트학회 논문집*, 2008, Vol. 20 No.2, pp.139-146
5. Zi, G., and Oh, H. "A novel indirect tensile test method to measure the biaxial tensile strength of concretes and other quasibrittle materials", *Cement and Concrete Research*, 2007, Vol. 38(6), pp.751-756
6. 지광습, 오홍섭, 최진혁, "콘크리트의 순수 등방성 휨인장강도 시험법", *대한토목학회 논문집*, 2007, Vol. 27(5A), pp.753~758