

철근콘크리트 부재의 유효 휨강성 평가를 위한 실험적 연구

An Experimental Study on the Evaluation of Effective Flexural Rigidity in Reinforced Concrete Members

김 상 식* 이 진 섭** 이 승 배*** 장 수 연***
Kim, Sang Sik Lee, Jin Seop Lee, Seung Bae Jang, Su Youn

ABSTRACT

Until recently tensile stresses in concrete have not been considered, since it does not affect the ultimate strength of reinforced concrete flexural members significantly. However, to verify the load-deflection relationship, the effect of tensile stresses between reinforcing bars and concrete, so-called tension stiffening effect must be taken into account. Main parameters of the tension stiffening behavior are known as concrete strength, and bond between concrete and reinforcing bars. In this study a total of twenty specimen subject to bending was tested with different concrete strength, coverage, and de-bonding length of longitudinal bars. The effects of these parameters on the flexural rigidity, crack initiation and propagation were carefully checked and analyzed.

1. 서론

균열이 발생한 단면에 작용하는 인장력은 모두 철근이 부담하지만, 발생한 균열사이에서의 콘크리트는 부착력에 의해 철근으로부터 전달되는 인장력의 일부를 부담하게 된다. 이렇게 콘크리트가 철근의 인장강성을 증가시켜주는 현상을 인장증강효과라고 하며, 이러한 인장증강효과는 부재의 극한강도에 미치는 영향은 미약하나 사용성의 근간이 되는 하중-변위관계 및 실제 휨강성을 평가하는 경우에는 반드시 고려되어야 한다. 따라서 이 연구에서는 인장증강 효과에 영향을 미치는 것으로 알려진 콘크리트의 압축강도, 피복두께 및 철근의 마디와 리브의 형상 등을 주요 구조 변수로 하여, 균열 특성, 하중-처짐 관계를 규명하고 유효 휨강성 등의 정확한 평가를 위한 기초 자료를 제시하는 것을 그 목적으로 하였다.

2. 시험체 설계 및 실험 방법

2.1 시험체 계획

이 연구에 사용된 시험체는 모두 20 개로서, 주요 변수는 콘크리트의 압축강도, 주인장 철근의 피복두께 및 비부착 길이로 하였다. 콘크리트 강도 변수는 $f_{ck} = 25$ MPa의 일반강도와 $f_{ck} = 50$ MPa의 고강도로 나누었으며, 주인장 철근의 피복두께는 40 mm 및 60 mm로 하였다. 또하나의 실험변수는 철근의 비부착길이로서 부재의 중앙부에서 1600 mm 및 800 mm의 구간에서 부착작용을 제거하였다. 철근의 비부착 방법은

* 정회원, 인하대학교 건축학부 교수

** 정회원, (주)연우건축구조기술사사무소 이사, 공박

*** 정회원, 인하대학교 건축공학과 석사과정

주인장 철근의 리브와 마디를 석고를 사용하여 요철이 없도록 메운 후 그 위에 테이프를 감아 처리하였다. 시험체의 지점간 거리는 4400 mm이고 단면의 크기는 폭 250 mm, 높이 350 mm로 하였으며, 주인장철근으로는 SD40 재질의 3-D19를 압축철근으로는 SD40 재질의 2-D13을 사용하였다. 각 시험체의 제원 및 배근 상세는 표 1 및 그림 1~그림 2에서 보이는 바와 같고, 철근의 비부착화 방법은 그림 3에 나타나있다.

2.2 실험 방법

시험체는 1000 kN 용량의 오일잭 및 가력용 형강을 사용하여 시험체의 상부에 2점 집중하중으로 단조가력하였으며, 가력속도는 분당 5 kN으로 하였다. 시험체의 변위 측정을 위해 지점, 가력점 및 중앙부에 자동변위계를 설치하였으며, 주인장철근의 중앙부 및 가력점에 스트레인게이지를 부착하여 철근

표 1 시험체의 제원

시험체 분류	시험체 표기	시험체 강도(MPa)	철근중심까지의 거리(mm)	비부착 길이(mm)		
G	A0	G-X-A0	27.5	0		
	A1	G-X-A1		주근1개-1600		
	A2	G-X-A2		주근2개-1600		
	A3	G-X-A3		주근3개-1600		
	B1	G-X-B1		주근1개-800		
	B2	G-X-B2		주근2개-800		
	B3	G-X-B3		주근3개-800		
	Y	A0		G-Y-A0	60	0
		A2		G-Y-A2	주근2개-1600	
B2		G-Y-B2	주근2개-800			
H	A0	H-X-A0	44.9	0		
	A1	H-X-A1		주근1개-1600		
	A2	H-X-A2		주근2개-1600		
	A3	H-X-A3		주근3개-1600		
	B1	H-X-B1		주근1개-800		
	B2	H-X-B2		주근2개-800		
	B3	H-X-B3		주근3개-800		
	Y	A0		H-Y-A0	60	0
		A2		H-Y-A2	주근2개-1600	
B2		H-Y-B2	주근2개-800			

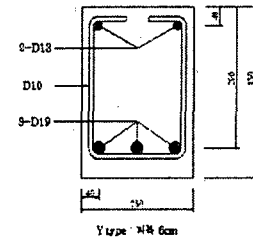
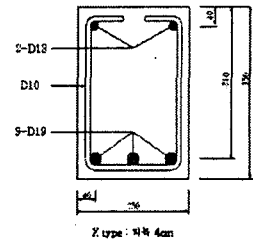


그림 1 시험체의 단면

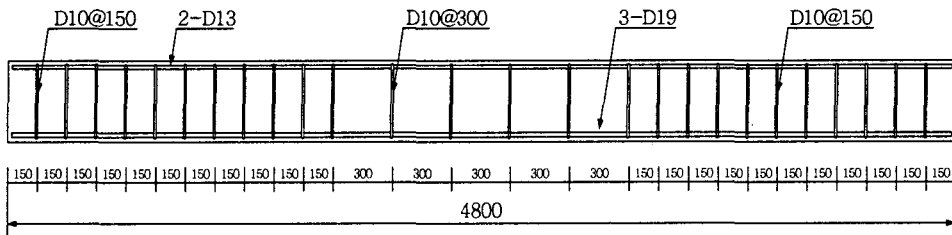


그림 2 시험체의 배근 상세



그림 3 시험체의 비부착 작업

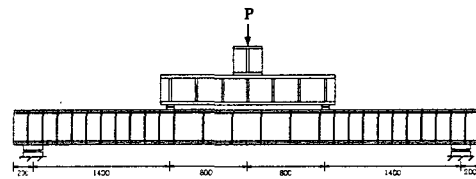


그림 4 가력상황

의 변형률을 측정하였다. 매 초당 하중 및 부재의 변위, 철근의 변형률 등을 데이터로거를 통해 수집 하였으며, 각 하중단계마다 균열의 발생 및 진전상황을 시험체에 직접 표기하였다. 시험체의 가력위치 및 시험상황은 그림 4에서 보이는 바와 같다.

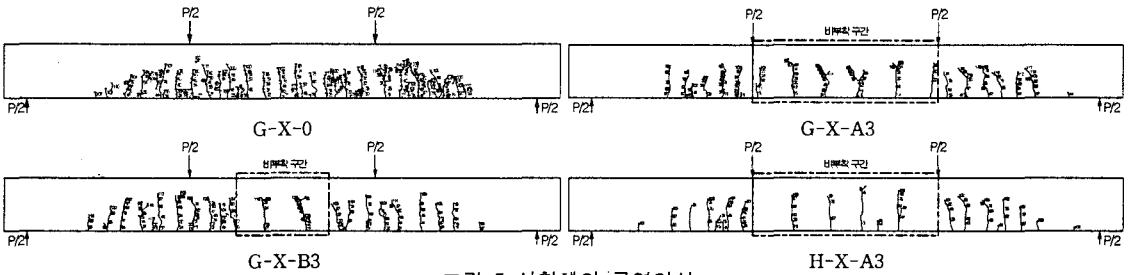


그림 5 시험체의 균열양상

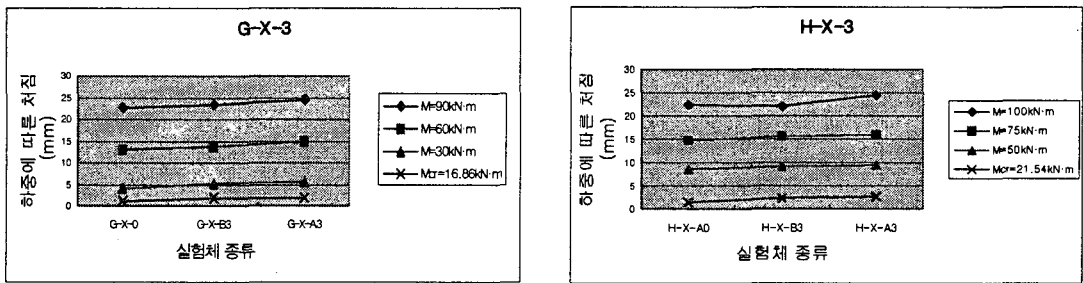


그림 6 비부착 길이에 따른 중앙부 처짐량의 비교

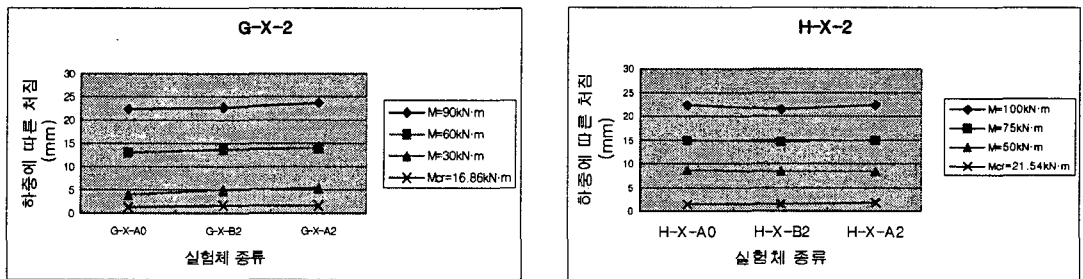


그림 7 순수 휨구간의 처짐량 비교

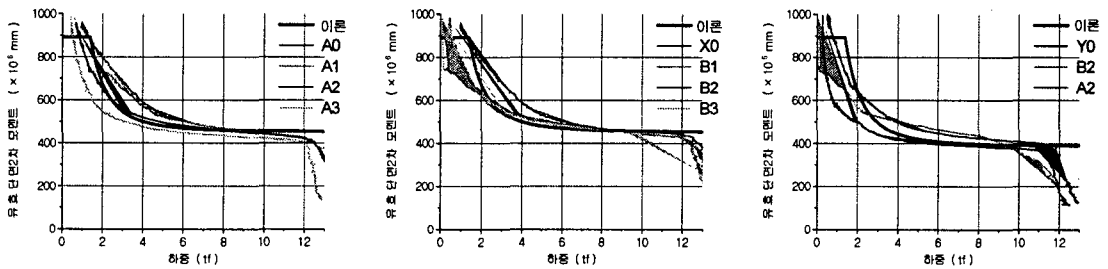


그림 8 유효 단면2차모멘트에 대한 실험값과 이론값의 비교

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험결과 및 균열양상

그림 5에서 보이는 바와 같이 시험체의 초기균열 하중은 구조변수와 무관하게 나타나고 있었으며, 최고하중은 일반강도 시험체에서 131.5~155.5 kN, 고강도 시험체에서는 144.0~170.5 kN의 분포를 보이고 있다. 균열 발생 간격은 비부착 길이 및 비부착 철근의 개수가 증가할수록 넓어지는 경향을 보이고 있으나, 콘크리트의 강도 및 피복두께의 차이에 따른 균열양상의 변화는 발견할 수 없었다.

3.2 실험결과와 분석

그림 6은 비부착 길이의 증가에 따른 처짐량을 비교한 것으로서, 일반강도 시험체의 경우 비부착 길이가 0 mm에서 1600 mm로 증가하면 중앙부 처짐량은 하중구간에 따라 8.5~51.6%까지 증가하며, 고강도 시험체의 경우에는 10.3~70.9% 증가하는 것으로 나타나, 비부착 길이가 증가할수록 처짐이 증가하는 현상을 관찰할 수 있었다. 그림 7에서와 같이 전단력이 0이고 모멘트가 일정한 순수 휨구간에서의 처짐량 비교에서의 이 구간만의 처짐량 역시 전체 처짐량에서와 마찬가지로 비부착 길이가 늘어날수록 2.3~15.7%까지 증가하였으며, 유효 단면2차모멘트값은 그림 8에서 보이는 바와 같이 최고하중의 약 50~60%의 범위내에서 비부착 철근의 영향이 클수록 감소하고 있어, 인장증강효과가 부재의 처짐 및 유효휨강성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

이 연구에서는 철근콘크리트 부재에서 인장증강 효과에 영향을 미치는 콘크리트의 압축강도, 피복두께 및 철근의 비부착 길이 등을 주요 구조 변수로 하여, 균열 특성, 하중-처짐 관계 및 유효 휨강성을 평가하였으며, 연구를 통해 얻어진 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 비부착 길이 및 비부착 철근의 개수가 증가할수록 균열 발생 간격이 넓어지는 경향을 보이나, 콘크리트의 강도 및 피복두께의 차이에 따른 균열양상의 변화는 발견할 수 없었다.
- 2) 일반강도 시험체의 경우 비부착 길이가 1600 mm로 증가하면 중앙부 처짐량은 하중구간에 따라 8.5~51.6%까지 증가하며, 고강도 시험체의 경우에는 10.3~70.9% 증가하는 것으로 나타나, 비부착 길이가 증가할수록 처짐이 증가하는 현상을 관찰할 수 있었다.
- 3) 순수 휨구간만의 처짐량 역시 전체 처짐량에서와 마찬가지로 비부착 길이가 늘어날수록 2.3~15.7%까지 증가하였다.
- 4) 유효 단면2차모멘트값은 최고하중의 약 50~60%의 범위 내에서 비부착 철근의 영향이 클수록 감소하고 있어, 인장증강효과가 부재의 처짐 및 유효휨강성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2004년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 04핵심기술C02-02)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김상식, 철근콘크리트 구조설계(3판), 문운당, 2005.
2. 이기열, “철근콘크리트 휨부재의 성능기반 사용성 모델 개발”, 박사학위논문, 전남대학교, 2005
3. 김우, 이기열, 염환석, “고강도 콘크리트 인장부재의 부착특성과 균열거동에 관한 연구(1)-인장증강 효과를 중심으로”, 대한 토목 학회 논문집 제 21권 제 5-A호, 2001. 9
4. Fields, Kelvin Lindsay, “Tension Stiffening Response of High-Strength Reinforced Concrete Tensile Members”, The University of New Brunswick (CANADA), 1998