

# 고장력 철근이 배근된 RC보의 휨성능에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Flexural Capacity of RC Beams with High-Strength Reinforcement

홍 건 호\*      탁 소 영\*\*      조 재 열\*\*\*      이 재 훈\*\*\*\*  
Hong, Geon Ho    Tak, So Young    Jo, Jae Yeol    Lee, Jae Hun

### ABSTRACT

This paper studied experimentally on the structural performance and serviceability of RC beams with high-strength reinforcing bars. Following to the previous research, high-strength reinforcing bars have a negative effect on the deflection and crack depth. But, there are advantages about reducing amount of reinforcement than normal-strength reinforcing bars.

So, the purpose of this paper is to analyze the effect of flexural performance on the beams with high-strength reinforcing bars. Three specimens were tested, and the main variable was the yield strength of the reinforcements; SD400, SD600 and SD700.

Experimental results shows that the stiffness of members reduced when apply to high-strength reinforcement and equal reinforcement ratio. But the flexural strength of members increased to proportion to the strength and amount of reinforcement. Also, when high-strength reinforcement used, serviceability aspect do not appear to be affected because there is no change for crack number and maximum crack width.

### 요 약

본 논문에서는 고장력 철근이 적용된 휨부재의 구조성능과 사용성능에 대하여 실험적으로 연구하였다. 고장력 철근에 관련된 기존 연구결과에 따르면, RC보의 인장철근을 고장력 철근으로 사용할 경우, SD400에 비해 철근의 물량을 경감시킬 수 있는 장점이 있으나, 균열 폭과 처짐이 증가되는 등 부정적인 영향이 있다고 알려졌다. 따라서 본 논문에서는 고장력 철근을 사용함으로써 휨부재의 성능에 미치는 영향을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 이에 철근강도를 변수로 SD400, SD600, SD700의 3개 시험체를 제작하여 실험을 수행하였다.

본 연구의 실험 결과, 동일 철근비 사용 시 고장력 철근의 부재 강성이 감소되는 현상을 나타내었으나, 부재의 전체적인 휨내력은 배근된 철근의 강도 및 철근량에 비례하여 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 고장력 철근 사용시 균열갯수 및 최대 균열폭에 큰 변화가 없으므로 사용성 면에서 큰 문제는 없는 것으로 분석되었다.

\* 정회원, 호서 대학교, 건축공학과, 교수

\*\* 정회원, 호서 대학교, 건축학과 구조대학원, 석사과정

\*\*\* 정회원, 서울 대학교, 건설환경공학부, 교수

\*\*\*\* 정회원, 영남 대학교, 건설환경공학부, 교수

# 1. 서 론

최근 건축물의 구조재료가 고강도화 되어 가면서 SD600, SD700급의 고장력 철근이 개발되고 있다. 그러나 콘크리트구조설계기준의 철근 항복강도 제한 규정에 따라, 개발된 고장력 철근이 설계에 반영되기에는 여러 가지 제한사항이 존재하게 된다. 이는 항복강도가 높은 철근을 사용할 경우, 구조물에 과도한 균열이나 처짐이 발생될 수 있으며, 구조성능에 대한 체계적인 검증이 요구되기 때문이다.

이에 따라 본 연구에서는 고장력 철근이 배근된 구조물의 휨 성능을 규명하기 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 철근의 강도(SD400, SD600, SD700)변화에 따른 휨부재의 구조성능과 사용성능을 분석하도록 하였다.

# 2. 실험 계획 및 방법

## 2.1 실험체 계획

본 연구는 휨부재의 철근강도 변화에 따른 휨 성능을 분석하기 위하여 SD400, SD600, SD700의 철근강도를 변수로 하여 동일한 콘크리트 설계기준강도와 동일한 철근비로 3개의 시험체에 대해 휨 실험을 계획하였다. 시험체의 크기는 250mm(b)×350mm(h)×3400mm(l)인 직사각형 단순보 형태이며, 시험체의 상세는 표 1과 같다.

표 1 시험체 개요

구분	시험체	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>vy</sub> (MPa)	주철근비		피복두께 (mm)	인장철근 Actual	전단철근	압축철근
					Designed	Actual				
1	F400-M40	30	400	400	0.35ρ <sub>b</sub>	0.43ρ <sub>b</sub>	40	2-D29 (1,285 mm <sup>2</sup> )	D10@100	2-D13 (253 mm <sup>2</sup> )
2	F600-M40	30	600	400	0.35ρ <sub>b</sub>	0.39ρ <sub>b</sub>	40	2-D22 (774 mm <sup>2</sup> )	D10@100	2-D13 (253 mm <sup>2</sup> )
3	F700-M40	30	700	400	0.35ρ <sub>b</sub>	0.33ρ <sub>b</sub>	40	3-D16 (596 mm <sup>2</sup> )	D10@100	2-D13 (253 mm <sup>2</sup> )

\* Designed - 설계 시 적용된 값, Actual - 실제 배근된 값

## 2.2 실험 방법

실험은 그림 1과 같이 순수 휨 구간의 균열양상과 파괴형태를 확인하기 위해 100kN 용량의 유압식 오일잭을 사용하여 2점 재하 하였으며, 지지점은 단순지지점으로 하여 실시하였다. 하중에 따른 변위를 측정하기 위해 실험체의 중앙부, 지지점과 중앙부 길이의 1/3, 2/3 지점에 LVDT를 설치하여 수직 처짐을 측정하였으며, 철근의 응력 및 변형률을 측정하기 위해 LVDT와 동일한 위치의 인장철근과 전단철근, 보 중앙부의 압축철근에 철근 게이지를 부착하여 계측하였다.

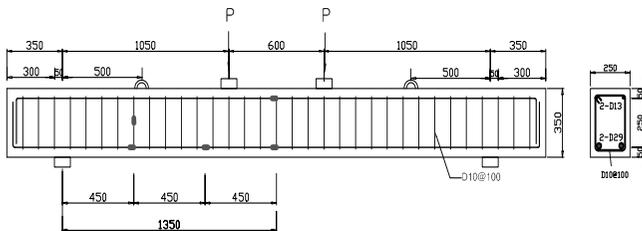


그림 1 실험체 형상 및 철근 게이지 위치



그림 2 실험전경 및 LVDT설치 위치

### 3. 실험 결과 및 분석

본 연구에서 휨 부재 실험 전에 실시한 콘크리트와 철근의 재료실험 결과에 따르면 콘크리트의 압축강도는 27.8MPa이며, 철근의 항복강도는 SD400, SD600, SD700에 따라 각각 468MPa, 674MPa, 708MPa로 나타났다.

#### 3.1 하중-처짐 관계

각 시험체에 대한 실험결과는 표 2에 나타내었으며, 하중-처짐 곡선은 그림 3과 같다. 철근의 항복시점은 인장철근에 부착한 스트레인게이지의 변형을 분석결과를 이용하였다.

시험체 별 휨강도는 F400-M40은 154kN·m, F600-M40, F700-M40은 각각 120kN·m, 114kN·m으로 철근강도 SD400로 배근된 시험체가 가장 크게 나타났다. 이는 철근의 항복강도가 설계강도 보다 크기 때문이며, 이에 따라 철근의 항복이후 연성도가 떨어진 것으로 판단된다.

시험체의 휨거동은 F400-M40 시험체의 경우, 하중재하 시 부터 초기 균열발생 시점까지 비교적 높은 강성으로 변위가 진전되다가 균열 발생 이후 인장철근의 항복시점까지 균열단면에 대한 강성의 기울기로 하중과 변위가 지속적으로 증가하였다.

F600-M40, F700-M40 시험체의 경우는 인장철근이 항복 할 때 까지 탄성적 거동을 나타냈으며, 인장철근의 항복 이후 파괴시점까지 하중의 큰 증가 없이 처짐이 크게 증가하였다. 그림 3과 같이 고장력 철근의 강성은 SD400보다 떨어지는 것으로 나타났으며, 부재의 휨 내력은 배근된 철근의 강도 및 철근량에 비례하여 나타나는 것으로 분석되었다.

표 2 주요 실험결과

Specimen	$f_{ck}$ [MPa]		$f_y$ [MPa]		$E_s$ [MPa]	Reinforcement ratio		Flexural strength [kN·m]		Maximum Load [kN]		Failure mode
	Spec.	Meas.	Spec.	Meas.		Meas.	Designed	Actual	Designed	Meas.	Designed	
F400-M40	30	27.8	400	468	118,000	0.01237	0.01713	135	154	257	294	Tens. failure
F600-M40	30	27.8	600	674	226,000	0.00740	0.01032	123	120	234	229	Tens. failure
F700-M40	30	27.8	700	708	182,000	0.00610	0.00795	112	114	213	217	Tens. failure

\* Spec.: Specified (규격강도), Meas.: Measured (실험값), Actual: 실제 배근된 값, Designed: 설계에 의한 값

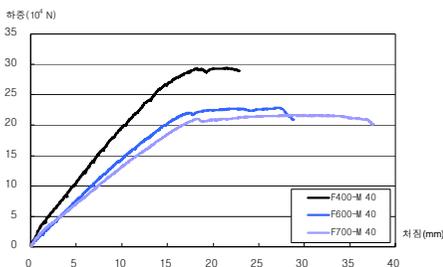


그림 3 시험체 별 하중-처짐 곡선

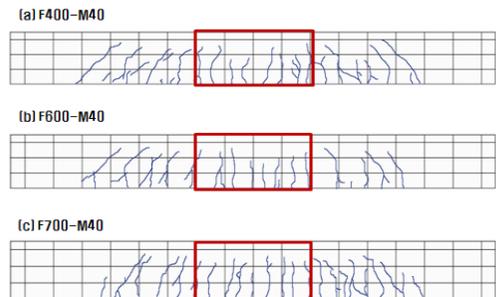


그림 4 시험체 별 균열 및 파괴양상

표 3 각 시험체 별 균열

Specimen	초기 균열 발생 하중		철근 항복 시 보 중앙부 최대 균열폭 (mm)	철근 항복 시 보 중앙부 균열갯수 (EA)
	Spec.(kN)	Meas.(kN)		
F400-M40	22.0	39.6	0.8	8
F600-M40	21.6	20.0	0.9	9
F700-M40	21.0	20.0	0.7	9

### 3.2 균열 및 파괴양상

본 연구에서 실험한 시험체의 균열양상을 분석한 결과는 표 3과 같으며, 순수 휨구간 내에서 발생하는 균열개수 및 균열폭, 균열하중에 대해 분석하였다.

모든 시험체에 발생한 균열형태는 그림 4와 같이 휨모멘트구간 내에 전형적인 수직방향 휨균열로 발생하였고, 파괴양상은 전형적인 휨파괴로 나타났다. 초기균열은 고장력 철근 사용시 SD400보다 적은 하중에서 발생되나, 철근이 항복할 때의 균열갯수 및 최대 균열폭은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이에 사용성 상 고장력 철근의 사용에 따른 큰 문제점은 없는 것으로 판단된다.

### 4. 결론

SD600과 700급의 고장력 철근이 배근된 단순보의 휨부재 구조성능평가 실험결과 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 부재의 휨내력은 배근된 철근의 강도에 비례하는 것으로 분석되었다. 다만, SD400의 경우에는 철근의 항복강도가 예상보다 높아 동일철근비에서 가장 큰 내력을 나타낸 반면, 철근의 항복이후 변형율의 급격한 증가에 따른 연성도 감소현상을 나타내었다.
- 2) 동일 철근비의 사용 시, 고장력 철근의 단면적이 감소됨에 따라 부재의 강성이 감소되는 현상을 나타내었다.
- 3) 고장력철근을 사용하더라도 철근 항복시의 균열갯수 및 최대 균열폭에서 유의할만한 변화는 없는 것으로 분석되었다.

### 감사의 글

이 논문은 지식경제부 중기거점개발사업(초고장력 H형강 및 철근 기술개발 과제: 10016537)의 지원을 받아 수행된 연구임.

### 참고문헌

1. 강석화, “고강도철근이 배근된 고강도콘크리트부재의 휨거동에 관한 실험적 연구”, 대한토목학회논문집, 제 15권 1호, 1995.
2. 김종수, 김대영, 은성운, 김용남, “고강도철근(SD500)의 실용화에 대한 연구”, 콘크리트학회지, 제 15권 2호, 2003.
3. 콘크리트구조설계기준 (2007), 한국콘크리트학회.