

화재 피해를 입은 일반강도 및 고강도 RC 휨 부재의 잔존강도 평가

Evaluation of Residual Strength of Fire-Damaged RC Beams with Normal and High Strength

최 은 규* 강 지 연** 신 미 경*** 신 영 수****
Choi, Eungyu Kang, Ji Yeon Shin, Mi Kyoung Shin, Yeong-Soo

ABSTRACT

Reinforced Concrete structures have been commonly regarded as fire-resisting constructions. In the case of high-strength concrete, however, the behavior of a concrete member under fire and after fire has characteristics in different way with normal strength concrete members because of spalling. The reasonable evaluation about the residual strength and stiffness of members as well as material properties has to be conducted before reusing the fire-damaged structures or retrofitting or strengthening them. Therefore, the guideline is needed for evaluation the residual strength and stiffness. In this study, the fire test is conducted with parameters like concrete strength, fire time and cover thickness, etc. The loads-deflection curves are used for comparison and analysis with the parameters.

1. 서론

최근 들어 구조물의 대형화 고층화로 인하여 고강도 콘크리트의 사용이 점차 증가하고 있다. 지금까지 철근 콘크리트 구조물은 일반적으로 내화구조로 여겨져 왔지만, 고강도 콘크리트의 경우 화재시 폭발로 인해 일반강도 콘크리트 부재와는 다른 거동의 양상을 보인다. 화재로 인해 손상을 입은 후에 구조물을 보수·보강하여 재사용하기 위해서는 정확한 재료적 특성의 변화뿐만 아니라, 화재의 손상으로 인한 부재의 내구력 증감에 관한 평가도 선행되어야 한다. 하지만 화재 후 재료의 특성 및 구조적 거동 평가에 대한 연구는 현재 미흡한 상태이다. 이에 본 연구에서는 구조물에 발생할 수 있는 화재시 조건으로 콘크리트의 강도, 화재시 온도, 노출시간, 피복두께를 설정하여 이에 따른 구조물의 피해 정도를 파악하고자 하였다. 화재실험을 실시한 후에 화해를 입지 않은 실험체와 화해 입은 실험체의 하중-처짐 곡선을 이용하여 부재의 초기 강성, 한계 처짐일 때의 하중 및 최대하중의 변화로 부재의 잔존 강도 및 강성을 평가하였다.

* 정회원, 이화여자대학교 건축학과 박사과정

** 정회원, 이화여자대학교 건축학과 석사과정

*** 정회원, (주)C·S구조엔지니어링

**** 정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수

2. 실험 내용 및 방법

2.1 시험체 상세

일반강도와 고강도 철근 콘크리트보 시험체에 대해, 각각 화재피해를 입은 시간 및 피복두께를 변수로 시험체가 제작되었다(표 1). 보의 크기는 25mm×40mm×5000mm이며, 화재 실험을 위해 6개월간 양생하였다.

표 1 시험체 상세

시험체 명	화재시간 (min)	하중 (tonf)	강도 (MPa)	피복 (mm)	시험체 명	화재시간 (min)	하중 (tonf)	강도 (MPa)	피복 (mm)	
N4-T	-	-	21 (Normal Strength)	40	H4-T	-	-	55 (High Strength)	40	
N4-1	60	8.88			H4-1	60	9.82			
N4-2	120	8.88			H4-2	90	9.82			
N5-T	-	-		50	H5-T	-	-			50
N5-1	60	8.88			H5-1	60	9.82			
N5-2	120	8.88			H5-2	90	9.82			

2.2 가열 실험

화재실험을 위한 실험체는 수평 가열로에 단순지지로 설치하고 4점 재하 방식으로 가력하여 하중을 유지한 상태에서 국제 표준인 ISO 834 기준을 따라 각 실험체 별로 60분, 90분, 120분 동안 가열하였다.

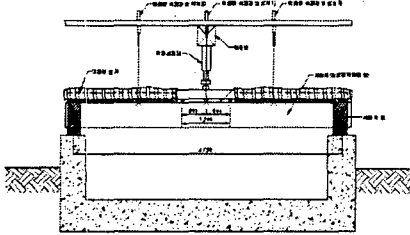


그림 1 화재실험장치 단면

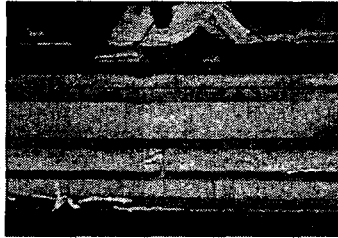
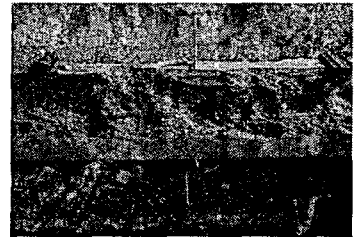


그림 2 (a) 화재 실험 후(일반강도)



(b) 화재 실험 후 (고강도)

2.3 잔존 강도 실험

잔존강도 실험은 화재실험 후 자연대기 상태에서 2개월간 방치 후, 각 변수(콘크리트강도, 피복두께, 화재시간)에 따른 8개의 시험체에 대해 수행하였다. 본 연구에서는 가열실험과 동일하게 단순지지 상태에서 4점 재하 방식으로 실험하였다. 하중 점 하부에 로드셀(Load cell)을 설치하여 재하 하중을 측정하였고 시험체의 중앙 및 1/4 지점에 LVDT를 설치하여 부재의 사용성 및 강성의 변화를 분석하고자 하였다. 또한, 철근과 콘크리트의 변형율을 측정하기 위하여 인장 철근에 철근 게이지를 부착하고, 실험체 윗면에 1개, 실험체 옆면에 3개의 콘크리트 게이지를 부착하였다. 옆면의 콘크리트 게이지는 50mm 간격으로 부착하였다.

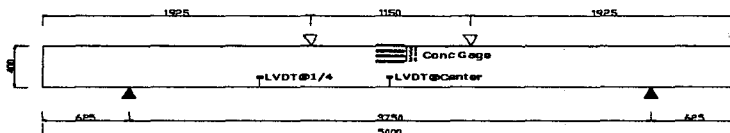


그림 3 가력 실험 시 실험체 설치

3. 실험결과 및 분석

3.1 잔존 강도 실험

일반강도 철근 콘크리트 보에 대한 하중-처짐 그래프는 그림 4와 그림 5에, 고강도는 그림 6과 그림 7에 각각 나타내었다. 일반 강도 콘크리트의 경우 위의 실험체와 각각 같은 조건을 가진 세 개의 실험체 모두 20tonf 정도 나온 결과와 유사하나, 고강도 콘크리트부재는 폭발현상으로 인한 단면손실로 부재의 단면 이차모멘트(I)값이 감소하고 결과적으로 부재 내력이 감소한 결과를 보여준다. 또한 피복이 두꺼우면 폭렬되는 부분이 증가하여 내력의 감소폭이 비교적 크게 나타난다.

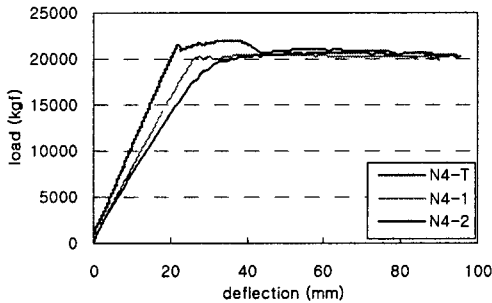


그림 4 하중-처짐 곡선 (일반강도, 40mm)

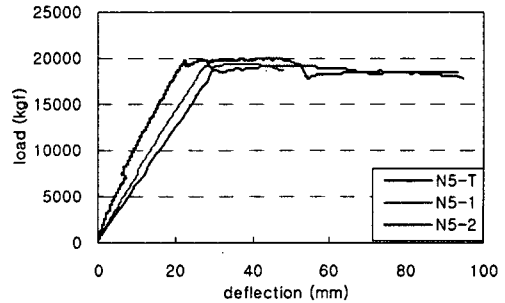


그림 5 하중-처짐 곡선 (일반강도, 50mm)

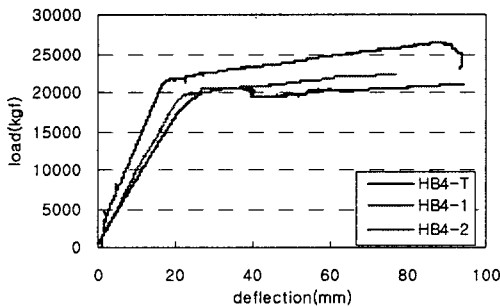


그림 6 하중-처짐 곡선 (고강도, 40mm)

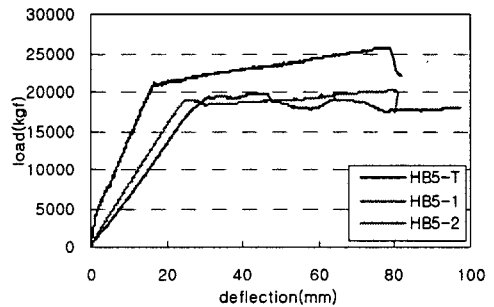


그림 7 하중-처짐 곡선 (고강도 50mm)

각 시험체의 강성 및 내력의 잔존율을 비교하기 위해 하중-처짐 곡선에서 가력 초기 탄성 구간의 기울기의 잔존율을 그림 8에, 최대하중의 잔존율을 그림 9에, 처짐이 $L/240$ 일 때의 하중의 잔존율을 그림 10과 표 2에 나타내었다. 전체적으로 피복 40mm인 부재가 피복 50mm인 부재보다 유효층(d)이 크기 때문에 부재의 초기강성이 더 크게 나타났다. 고강도 콘크리트 부재의 경우 기울기가 일반 강도 콘크리트 부재보다 전반적으로 크게 나타났으며, 잔존율은 고강도의 경우 특히 피복 50mm인 실험체가 피복 40mm인 실험체의 잔존율에 비해 작게 나타났는데, 이는 고강도 콘크리트 가열 실험은 폭발현상이 일어나 일반 강도 콘크리트 실험만큼 화해의 영향에 피복이 작용하지 못했기 때문이다. 즉 고강도 콘크리트 가열 실험에서는 피복의 두께가 더 확보되었다고 해도 화재중 폭발 현상으로 인해 떨어져 나가기 때문에 피복 두께의 의미가 없어진다. 오히려 폭렬되는 부분이 늘어남에 따라 단면의 손실이 증대되고 결과적으로 부재 내구력이 더 감소되는 결과를 초래 할 수 있다. 또한, 한계 처짐에 도달하는 하중값이 가열 실험 전에 비해 가

열 후에 낮아진 것을 알 수 있는데, 이는 화해를 입은 구조체가 사용성에 문제를 갖는다는 것을 보여주고 있으며, 앞의 결과와 마찬가지로 고강도 콘크리트의 실험체가 일반 강도 콘크리트의 하중 감소율보다 전반적으로 크게 나타났으며, 그 중 특히 피복 50mm 실험체의 하중 감소율의 증가가 피복 40mm의 하중 증가율의 증가보다 크게 나타난 것을 볼 수 있다.

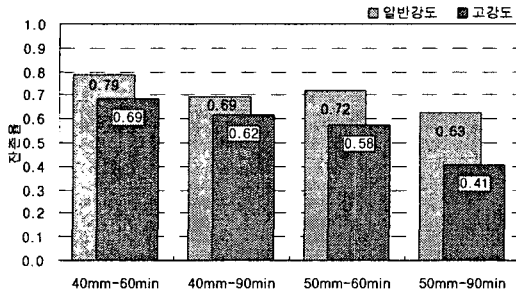


그림 8 하중-처짐 기울기 비교

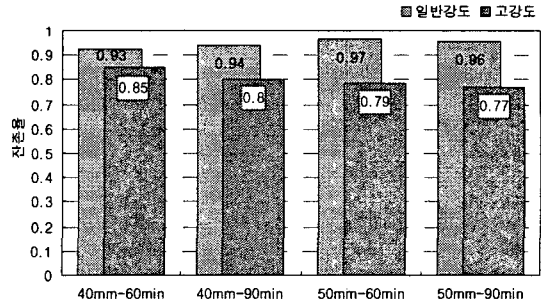


그림 9 최대하중 비교

표 2 처짐이 L/240 일 때의 하중

일반강도 콘크리트			고강도 콘크리트		
실험체명	하중	감소율	실험체명	하중	감소율
N4-T	16.95	-	H4-T	20.15	-
N4-1	13.40	20.94	H4-1	14.76	26.75
N4-2	11.91	29.73	H4-2	13.50	33.00
N5-T	15.65	-	H5-T	19.70	-
N5-1	12.10	22.68	H5-1	12.34	37.36
N5-2	10.45	33.23	H5-2	10.32	47.61

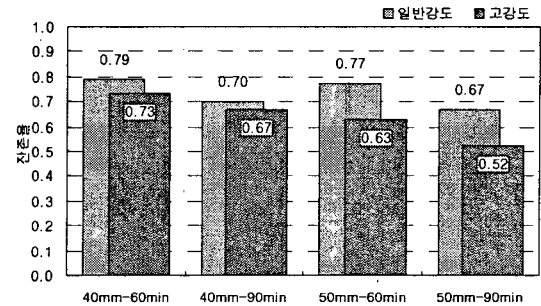


그림 10 처짐이 L/240 일때의 하중비교

4. 결론

본 연구에서는 화해를 입은 일반강도 및 고강도 철근콘크리트 휨 부재의 구조거동에 관하여 실험을 수행하여 부재력의 변화를 비교·분석 하였다. 전반적으로 화해를 입은 후 부재력은 일반강도에 비해 고강도의 경우 감소율이 크게 나타났다. 이는 화해를 입은 경우 콘크리트 탄성계수의 감소뿐만 아니라 고강도 부재에서의 폭발현상으로 인한 단면 손실로 부재의 단면이차모멘트 I값 또한 감소하여 휨 부재의 강성이 일반강도에 비해 더 크게 감소하기 때문이다. 화해 후 전반적으로 부재의 내구력이 저하되는 현상을 볼 수 있었으며, 특히 고강도의 경우 폭발현상에 의한 문제 해결 또한 시급한 상황이다.

참고문헌

1. T.Z. Harmathy, Fire Safety Design & concrete ,Longman Scientific & Technical
2. 신미경 “화해 피해를 입은 고강도 철근콘크리트 휨부재의 구조성능에 관한 연구”, 이화여자대학교 석사학위 논문, 2004
3. 안주희 “화재피해를 입은 일반강도 철근콘크리트보의 보수성능에 관한 연구”, 이화여자대학교 석사논문, 2002