

일반강도 철근콘크리트 기둥의 내화성능에 관한 실험적 연구

조경숙* · 여인환*[†] · 조범연* · 박경훈* · 민병렬*
한국건설기술연구원*

An Experimental Study on Fire Resistance Performance of Normal Strength Reinforce Concrete Column

Cho, Kyungsook · Yeo, Inhwan · Cho, Bumyeon · Park, Kyunghoon · Min, Byungyeol
Korea Institute of Construction Technology

요 약

일반콘크리트 기둥을 대상으로 콘크리트 피복두께와 단면크기를 변수로 하여 내화성능을 평가하였다. 피복두께가 늘어남에 따라 내화성능시간도 다소 늘어 피복두께와 내화성능은 비례적 관계에 있는 것으로 나타났다. 단면크기가 커짐에 따라 실험체의 열용량이 증가하여 내화성능이 좋아질 것으로 예상하였으나 폭렬의 영향으로 인하여 단면크기에 따른 내화성능의 변화는 큰 의미가 없는 것으로 나타났다. 따라서 콘크리트 기둥의 내화성능은 폭렬 여부에 의해 크게 지배되는 것으로 판단된다.

1. 서 론

최근 건축의 초고층화, 대공간화가 진행되면서 콘크리트는 고강도화에 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 여전히 고강도콘크리트에 비해 일반콘크리트의 소비가 더 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 고강도 콘크리트의 내화성능에 대한 연구뿐만 아니라 일반콘크리트의 내화성능에 관한 연구도 필요하다. 일반적으로 콘크리트 구조체는 내화성이 뛰어난 것으로 알려져 있지만 콘크리트를 구성하는 재료와 그 물성, 단면형상, 피복두께 등 내화성능에 영향을 미치는 인자들과 내화성능과의 상관관계에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요하다고 사료된다.

국내 건축법은 내화구조를 크게 2가지 범주로 나누고 있는데, 법령에서 정하는 사양내화구조와 한국건설기술연구원이 인정하는 인정내화구조가 그것이다. 인정내화구조는 또 다시 일반인정과 내화구조 표준인정, 성능설계법에 의한 인정으로 세분된다. 사양내화구조는 기둥, 보, 바닥, 벽 등 구조체의 종류에 따라 모두 25여종이 명시되어 있으나, 구조체의 디테일이 부족하고 내화성능도 구체적으로 언급되어 있지 않아 시공에 있어 다양한 디자인의 선택이나 신기술의 적극적인 활용이 어렵고 무엇보다도 구조체별로 요구되는 정확한 성능을 판단할 수가 없다. 이에 사양적 내화구조의 종류와 세부적인 내용을 구분하여 명시하고 다양화하여 현장에서 선택할 수 있는 대안을 넓힐 필요가 있다. 본 연구에서는 일반강도 콘크리트를 대상으로 구조부재의 내화성능에 영향을 미칠 수 있는 피복두께, 단면

의 크기를 변수로 하여 내화성을 평가함으로써 사양내화구조의 다변화를 위한 기초자료를 확보하는데 그 목적이 있다.

2. 실험체 제작 및 실험방법

실험체는 21MPa, 30MPa, 40MPa을 계획하여 콘크리트 강도변화에 따른 내화성능 평가가 진행중이며, 본 연구에서는 우선 21MPa을 대상으로 시험 및 분석을 수행하였다. 기둥은 1m 높이의 단주로 제작하였으며, 부재내부 온도 변화를 살펴보기 위하여 주철근 3개소와 콘크리트 표면으로부터 20mm간격으로 콘크리트 내부 4개소를 설치하여 총7개소를 측정하였다. 실험체 제작과 열전대 위치는 그림 1 및 그림 2와 같고, 실험체 콘크리트 배합, 공시체 28일 압축강도 및 함수율 시험결과는 표 1과 같다. 실험체 가열은 KS F 2257-1의 표준 가열곡선을 이용하여 180분 동안 가열하면서 내부온도를 측정하였다. 실험변수는 단면크기 3수준과 피복두께 3수준이다.

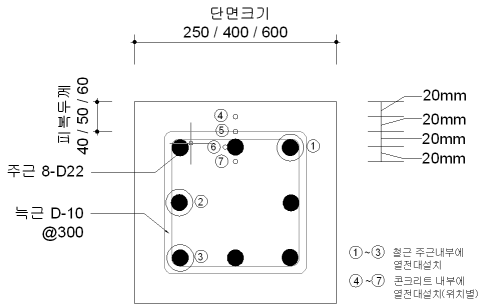


그림 1 실험체 단면 및 열전대 설치 위치도

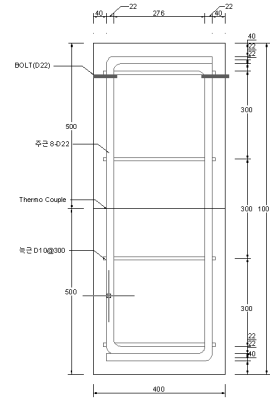


그림 2 실험체
입면도(예)400-40)

표 1. 콘크리트 배합 및 재료 시험 결과

설계강도 (MPa)	w/c	s/a	C1	W	S	G	AD	시험결과		시험변수	
								압축강도 (MPa)	함수율 (%)	단면크기	피복두께
21	56.2	48.8	310	174	866	926	1.55	22	10	250/400/600	40/50/60

3. 실험결과 및 고찰










KS F 2257-1의 표준화재 곡선에 따른 가열실험 결과는 다음 표 2와 같다. 실험결과 9개 실험체중 4개 실험체에서 폭렬이 발생하였는데, 이중 3개가 600mm단면 실험체에서 나타났다. 폭렬이 발생한 실험체는 단면크기와 피복두께에 상관없이 내화성능이 현저히 저

하되었다. 폭렬이 발생하지 않은 400mm 단면 실험체의 내부 철근온도상승은 피복두께 40mm와 50mm에서는 별다른 차이가 없으나 60mm는 허용 평균온도와 최고온도 도달에 17~18분 정도가 지연되어 내화성능이 비교적 양호한 것으로 나타났다.

표 2. 내부 철근온도 측정에 의한 내화성능 시간(분)

시험체명	250-40	250-50	250-60	400-40	400-50	400-60	600-40	600-50	600-60
538℃(평균)	131	137	124	140	138	156	127	119	131
649℃(최고)	139	141	137	146	142	162	133	129	135

표 3. 실험체 가열 후 상태 및 폭렬 유무

시험체명	250-40	250-50	250-60	400-40	400-50
가열후 상태					
폭렬유무	×	×	○	×	×
시험체명	400-60	600-40	600-50	600-60	
가열후 상태					
폭렬유무	×	○	○	○	

3.1 단면크기에 따른 내화성능

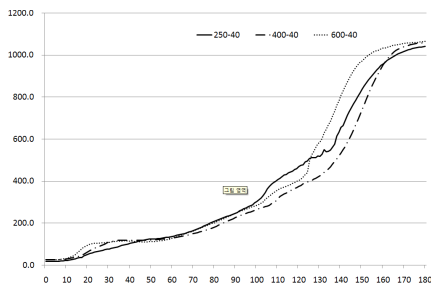


그림 3 단면크기별 내부 철근 온도 비교(피복두께 40mm)

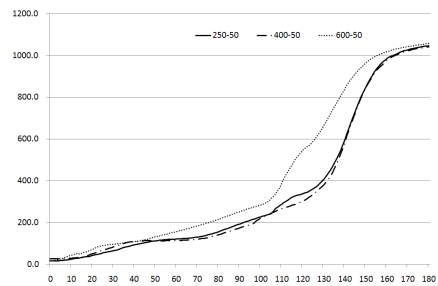


그림 4 단면크기별 내부 철근 온도 비교(피복두께 50mm)

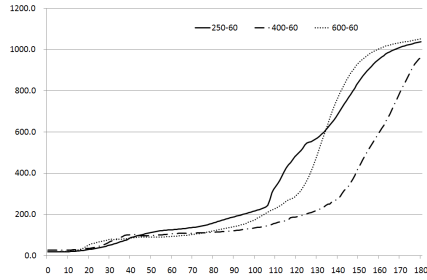


그림 5 단면크기별 내부 철근 온도 비교(피복두께 60mm)

철근콘크리트 기둥 단면의 크기에 따른 내화성능을 살펴본 결과 동일 피복두께의 경우 단면크기 400mm의 내화성능이 우수한 것으로 나타났다. 이는 단면크기가 큰 600mm 시험체는 폭렬로 인해 단면이 감소함으로 철근까지의 피복두께가 상대적으로 줄어들어 균열을 통한 열전달이 빠르고 폭렬과 함께 균열이 발생되어 균열을 통한 열전달 효과가 상승함으로 인한 결과로 판단된다.

3.2 피복두께 따른 내화성능

피복두께에 따른 내화성능을 살펴본 결과 폭렬이 발생하지 않은 단면크기 400mm의 경우 피복두께 60mm의 내화성능 시간이 40mm와 50mm에 비해 우수한 것으로 나타났으나, 250mm 실험체의 경우 폭렬이 발생한 피복두께 60mm 실험체가 온도상승이 빠르게 나타나 표 4에 나타난 폭렬에 의한 중량 감소율과 비교하여 상대적으로 감소율이 큰 60mm의 온도 상승이 빠르게 나타나 콘크리트 내화 성능은 폭렬 여부에 큰 지배를 받는 것으로 판단된다.

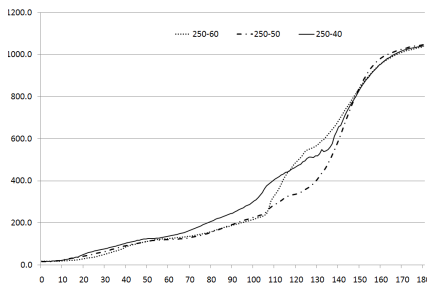


그림 6 피복두께 변화에 따른 내부 철근 온도 비교(단면크기-250mm)

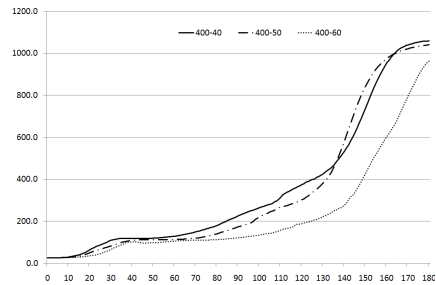


그림 7 피복두께 변화에 따른 내부 철근 온도 비교(단면크기-400mm)

단면크기 600mm의 경우도 상대적으로 폭렬에 의한 중량 감소가 큰 피복두께 50mm가 온도상승이 빠른 것으로 나타났다.

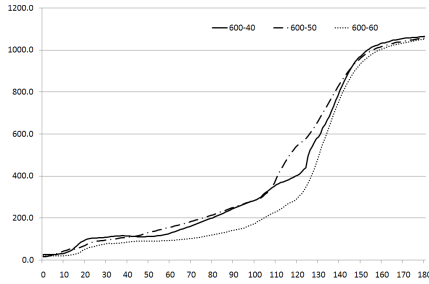


그림 8 피복두께 변화에 따른 내부 철근 온도 비교(단면크기-600mm)

표 4. 폭렬에 의한 중량감소(kg)

시험체명	250-40	250-50	250-60	400-40	400-50	400-60	600-40	600-50	600-60
초기중량(kg)	140	130	150	360	360	360	780	800	800
가열후중량(kg)	130	120	130	330	330	330	730	710	730
감소율(%)	7	7	13	8	8	8	6	11	9
폭렬유무	×	×	○	×	×	×	○	○	○

4. 결론

일반콘크리트 기둥을 대상으로 콘크리트 피복두께와 단면크기를 변수로 하여 내화성능을 평가하였다. 피복두께가 늘어남에 따라 내화성능시간도 다소 늘어 피복두께와 내화성능은 비례적 관계에 있는 것으로 나타났다. 단면크기가 커짐에 따라 실험체의 열용량이 증가하여 내화성능이 좋아질 것으로 예상하였으나 폭렬의 영향으로 인하여 단면크기에 따른 내화성능의 변화는 큰 의미가 없는 것으로 나타났다. 따라서 콘크리트 기둥의 내화성능은 폭렬 여부에 의해 크게 지배되는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년 한국건설기술연구원 기관 주요사업인 “내화구조 표준 보급 및 시험 선진화”와 관련하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김홍열 외 (2005). “고온 영역에서 강도 영역별 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구” 대한건축학회 논문집, v21, n,7, 2005. 07.
2. 김형준 외 (2008). “콘크리트 폭렬발생 메카니즘에 관한 이론적 고찰” 2008년 화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, p422~427