

화재 피해를 입은 고강도 철근 콘크리트 압축부재의 비파괴 검사

Non destructive test of Fire-damaged reinforced concrete columns with high strength concrete

서지민* 이수진* 최은규* 신영수** 이차돈*** 권영진****
Seo, Ji Min Lee, Su Jin Choi, Eun Gyu Shin, Yeong Soo Lee, Cha Don Kwon, Young Jin

ABSTRACT

This study is aimed to investigate the strength variation of fire-damaged reinforced concrete column by non-destructive test. It is studied to infer the recovery degree of residual strength of fire-damaged concrete. For measuring the surface hardness of RC columns. Schmidt hammer test is used. Testing is performed three-times: before fire test, directly after fire test and after 20 days.

1. 서론

건축물에 널리 쓰이는 철근 콘크리트는 일반적으로 내화성이 강한 건축 재료로 알려져 있다. 하지만 최근 건물의 대형화로 많이 쓰이기 시작한 압축강도 40MPa 이상의 고강도 콘크리트는 화재 시 구성 재료 요소에 따라 일반 강도 콘크리트의 거동과 많은 차이를 보임에도 불구하고 이에 대한 연구가 아직 미흡한 수준이다. 매년 10% 이상의 화재 건수가 증가하고 있는 상황에서 막대한 인명 손실 및 재산 손실을 줄이기 위해서는 화재 시 부재의 거동을 파악하거나, 화재 피해 후 보수 보강이나 재사용 여부를 결정하기 위해 부재의 피해 정도를 정확히 진단하는 일이 매우 중요하므로 이에 대한 연구가 필수적이라 할 수 있다.

화재 시 구조물은 수열 온도를 측정하여 피해 여부를 확인 할 수 있으나 실제 화재가 발생한 후 정확한 값을 측정하기가 매우 어려우므로 본 연구에서는 표면 반발 정도법인 슈미트 해머 테스트를 사용하여 화재 피해를 입은 철근 콘크리트 압축 부재의 강도 변화를 측정하고자 한다. 화재 후 시간 경과에 따른 콘크리트의 강도 회복을 살펴보기 위해 측정은 화재 실험 전후, 화재 실험 20일 후에 걸쳐 총 3회 실시하였다. 이 실험을 통해 화재 피해를 입은 콘크리트 부재의 피해 부위별, 노출 시간별 강도 저하 경향과 화재 후 시간 경과에 따른 강도 회복의 경향성을 파악하고자 하였다.

*정회원, 이화여자대학교 건축학과 대학원

**정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수

***정회원, 중앙대학교 건축학과 교수

****정회원, 호서대학교 환경안전공학부 교수

이 연구는 2004년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호 : R01-2004-000-10348-0

2. 실험내용 및 방법

2.1 가열 실험

실험체의 사이즈는 350mm×350mm×1500mm이며, 가열실험을 위해 단부를 보강한 기둥 상하부 250mm씩을 제외한 중앙 1m 구간을 화재 실험을 위해 국제 표준인 ISO 834 기준을 따라 각 실험체별로 30분, 60분 가열하였다.

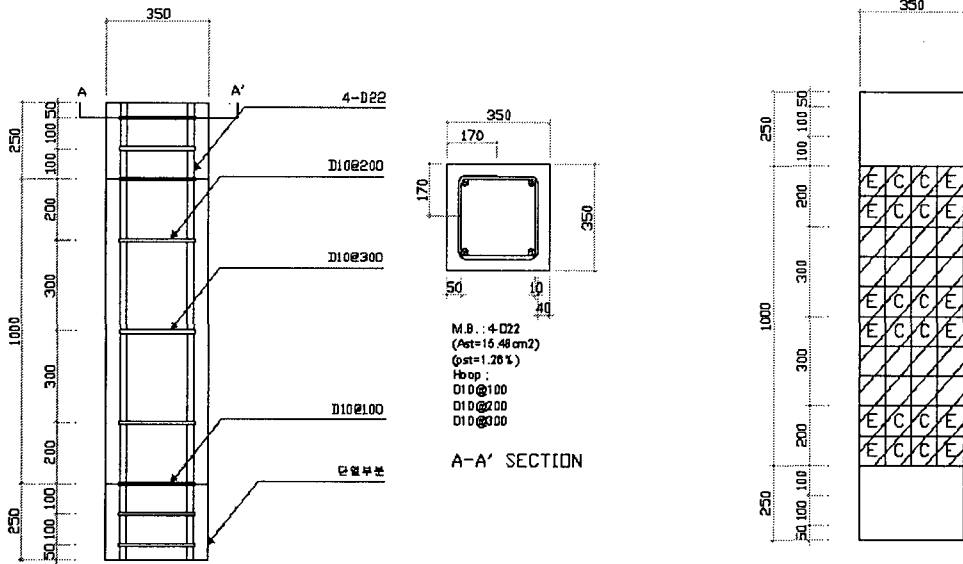


그림 1 실험체 형상

그림 2 슈미트 해머 테스트 측정 위치

2.2 슈미트 해머 테스트

타격에 의한 콘크리트 표면 경도를 측정 후 추정식을 이용하여 콘크리트의 압축 강도를 추정하는 방법이다. 이 방법은 콘크리트 측정면의 상태와 건조, 장기재령, 온도의 영향을 받아 정확한 강도 측정이 곤란하나, 시험방법이 간편하고 국제적으로 표준화되어 있어 널리 사용된다. 슈미트 해머 테스트는 그림 2의 E(단부), C(중앙부)의 지점에서 기둥 3면에 대해 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

슈미트 해머 테스트 값을 측정하고, 가열 전과 가열 후의 시간 경과에 따른 콘크리트의 강도 회복 정도를 알아보기 위해 20일 후 값을 재측정 하였다. 일반적으로 슈미트 해머에 의한 강도 추정식에서 강도는 측정된 반발 경도 값과 비례한다. 그림 3, 4는 30분 가열한 실험체의 단부와 중앙부에서 측정 한 값의 변화이다. 가열 직전 50에서 55사이였던 값이 30분 가열 후 단부(그림 2의 E)에서는 20에서 35, 중앙부(그림 2의 C)에서는 35에서 45 근처 값으로 떨어진 것을 볼 수 있다. 또한 가열 직후 측정 값과 가열 20일 후의 측정값을 비교했을 때, 단부에서는 20에서 30사이였던 값이 35에서 45로, 중앙부에서는 35에서 45이던 값이 42에서 46 사이의 값으로 증가되는 것을 볼 수 있다. 그림 5, 6은 60분 가열한 실험체의 측정값의 변화이다. 이 실험체의 경우 가열 전 50에서 55 사이였던 값이 60분 가열 후 단부에서는 17에서 25, 중앙부에서는 27에서 33 사이 값으로 떨어진 것을 볼 수 있다. 또한 가열 직후 측정값과 20일 후 측정값을 비교했을 때, 단부에서는 17에서 25이던 값이 25에서 30로, 중앙부에서는 27에서 33이던 값이 35에서 40 사이의 값으로 증가된 것으로 보아 가열 후 어느 정도 시간이 지나면

강도가 회복되는 것을 알 수 있다. 그림 3과 5에 측정된 30분 가열 실험체의 경우 가열 직후와 가열 20일 후에 35에서 45이던 값이 17에서 32로, 그림 4와 6에 측정된 60분 가열 실험체의 경우 37에서 47 사이이던 값이 20에서 47로 저감되어 화재에 노출된 시간에 비례하여 강도 저하가 발생하는 것을 알 수 있다. 그림 7, 8은 내화판넬을 붙인 실험체의 슈미트해머 측정치를 나타낸 것이다. 실험체의 단부와 중앙부 모두 가열 직전 측정치와 거의 차이가 없는 것을 볼 수 있다.

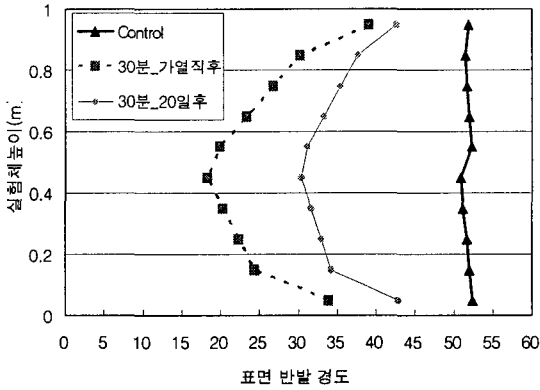


그림 3 30분 가열실험체 단부(E)의 슈미트해머 측정치

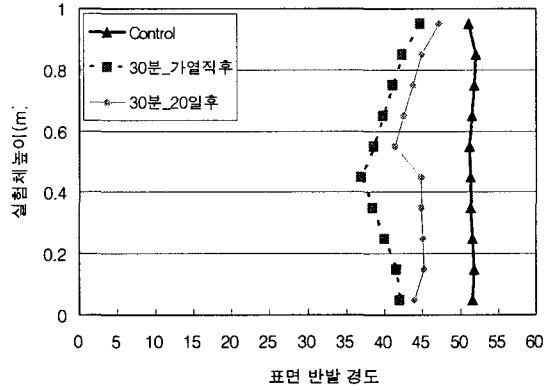


그림 4 30분 가열실험체 중앙부(C)의 슈미트해머 측정치

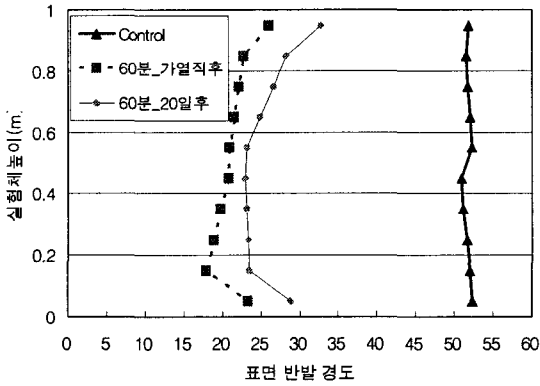


그림 5 60분 가열실험체 단부(E)의 슈미트해머 측정치

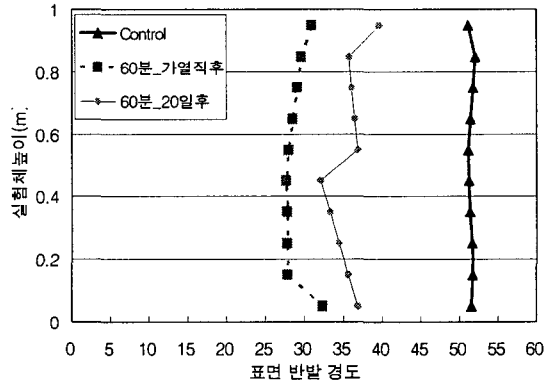


그림 6 60분 가열실험체 중앙부(C)의 슈미트해머 측정치

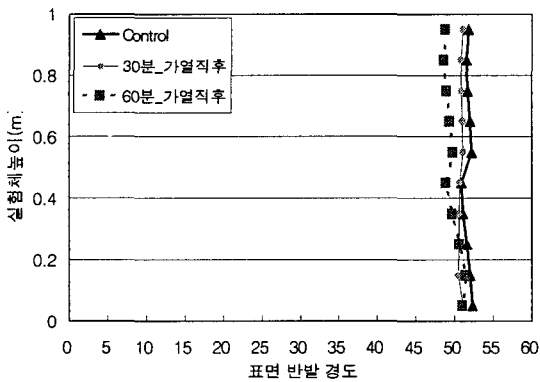


그림 7 방화보드 부착 실험체 단부(E)의 슈미트해머

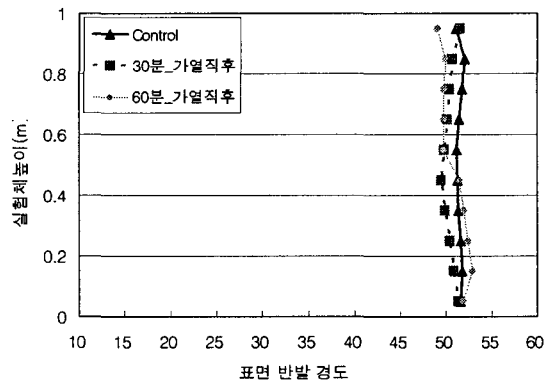


그림 8 방화보드 부착 실험체 중앙부(C)의 슈미트해머

각각의 실험체에서 측정된 가열 시간, 측정 부위, 경과 시간별 반발경도의 평균값과 부재 부위별 반발 경도를 가열 직전 실험체(Control)의 반발경도에 대한 비는 표 1에 나타내었다.

표 1 RC 기둥 부재의 반발 경도 및 부위별 반발 경도와 Control 반발 경도의 비율(%)

가열 시간			반발 경도 R						부위별 반발경도와 Control 반발경도 비(%)					
			가열 직전		가열 직후		가열 후 20일		가열 직전		가열 직후		가열 후 20일	
			단부 (E)	중양부 (C)	단부 (E)	중양부 (C)	단부 (E)	중양부 (C)	단부 (E)	중양부 (C)	단부 (E)	중양부 (C)	단부 (E)	중양부 (C)
0분(Control)			51.80	51.49					100	100				
내화 판넬	무	30분			27.63	40.97	36.00	44.54			53.34	79.09	69.92	86.50
		60분			21.91	29.38	26.55	36.09			42.30	56.72	51.56	70.09
	유	30분			50.89	50.61	52.00	52.00			98.24	97.70	100.99	100.99
		60분			49.71	50.78	50.32	50.10			95.97	98.03	97.73	97.30

실험체의 압축강도를 추정하기 위해 각 부위에서 측정된 반발 경도값을 비파괴 검사에서 일반적으로 많이 사용되는 일본 건축학회, 일본 재료학회, 동경도 재료 검사소에서 제시한 추정식에 대입하여 보면 그림 9의 직선 그래프와 같은 결과를 얻을 수 있다. 추정식을 통해 구한 압축강도의 값을 각 반발경도 값의 위치에서 가열 직전과 30분, 60분 가열 직후 측정된 공시체 압축강도 실험값과 비교해보면 일본재료학회식의 값과 가장 유사한 값을 나타내는 것을 볼 수 있다.

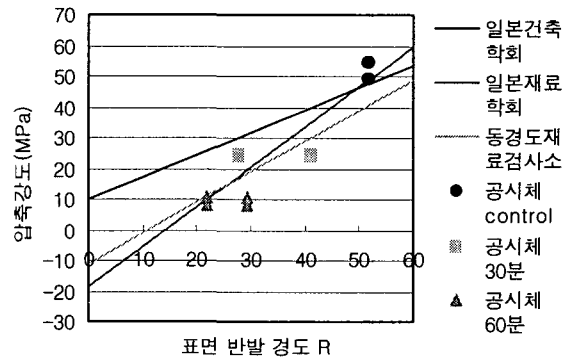


그림 9 슈미트 해머 테스트 강도 추정식

4. 결론

- 본 연구에서 화재 피해를 입은 고강도 RC 기둥에 관한 실험을 수행한 결과는 다음과 같다.
- (1) 30분 가열 실험체와 60분 가열 실험체의 측정값을 가열직전 측정값과 비교해 본 결과 30분 가열 실험체는 20-47%, 60분 가열 실험체는 43-58%만큼 반발경도 값의 저하가 발생되어 콘크리트 기둥은 화재에 노출된 시간에 비례하여 강도 저하의 정도가 커지는 것을 알 수 있다.
 - (2) 기둥 입면의 단부와 중앙부의 측정값을 비교해본 결과 단부의 측정값이 중앙부 측정값의 65-75% 정도로 실험체 단부가 중앙부에 비해 강도 저하가 큰 것을 알 수 있다.
 - (3) 가열 후 20일이 지난 실험체의 반발경도 값이 가열 직후의 값에 비해 가장자리에서 21-30%, 중앙부에서는 9-22% 정도 증가하는 것으로 보아, 화해를 입은 기둥의 강도가 계속 저하된 상태로 있는 것이 아니라 시간이 지나면서 강도가 회복 되는 것을 알 수 있다.
 - (4) 내화판넬을 부착하고 가열한 실험체의 경우 대부분 가열 직전 측정값의 ±2%만큼의 강도 변화만 발생하므로 화해를 거의 입지 않는다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. 김희선 “비파괴 검사법에 의한 화재 피해를 입은 고강도 철근 콘크리트 보의 압축강도 추정”, 이화여자대학교 석사학위 논문, 2004.