

# 화재피해를 입은 PP섬유 혼입 고강도 콘크리트부재의 비파괴 검사

## Non destructive test of fire-damaged high strength RC columns with polypropylene fiber

정혜원<sup>\*</sup>    최은규<sup>\*\*</sup>    신영수<sup>\*\*\*</sup>    이차돈<sup>\*\*\*\*</sup>    권영진<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Jung, Hye Won   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 with polypropylene 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 four-times: before fire test, directly after fire test, after 30 days and after 4 months.

### 1. 서론

건축물에 널리 쓰이는 철근 콘크리트는 일반적으로 내화성이 강한 건축 재료로 알려져 있다. 그러나 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. 특히 고온에서의 고강도 콘크리트는 폭발 현상으로 인한 크기의 감소에 의해 구조물의 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있어 이러한 폭발 현상을 저감시키기 위한 연구가 시도되고 있는데, 이에 따른 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. 본 연구에서는 고강도 콘크리트 구조물의 화재 피해 시 폭발을 저감하기 위한 방법으로 폴리프로필렌 섬유를 혼입하여 화재 실험을 실시하였고, 표면 반발 경도법인 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 30일 후, 화재 실험 4개월 후에 걸쳐 총 4회 실시하였다. 이를 통해 화해를 입은 콘크리트 부재의 피해 부위별, 노출 시간별 강도 저하 경향과 화재 후 시간 경과에 따른 강도 회복의 경향성을 파악하고자 하였다.

\* 정회원, 이화여자대학교 건축학과 석사과정

\*\* 정회원, 이화여자대학교 건축학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수

\*\*\*\* 정회원, 중앙대학교 건축공학과 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 배합 설계

실험체는 표1과 같은 고강도 콘크리트의 배합으로 설계 되었고, 폭발 현상의 저감을 위해 지름 4 $\mu$ m, 길이 12mm의 PP섬유를 0.1% 혼입하였다.

설계기준강도 (MPa)	배합강도 (MPa)	W/B	FA대체율 (%)	잔골재율 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )
50	61	30.5	15	43	174

표 1 실험체 배합설계

### 2.2 가열 실험

실험체의 사이즈는 350mm×350mm×1500mm이며, 가력실험을 위해 단부를 보강한 기둥 상하부 250mm씩을 제외한 중앙 1m 구간을 화재 실험을 위해 국제 표준인 ISO 834 기준을 따라 각 실험체별로 30분, 90분 가열하였다.

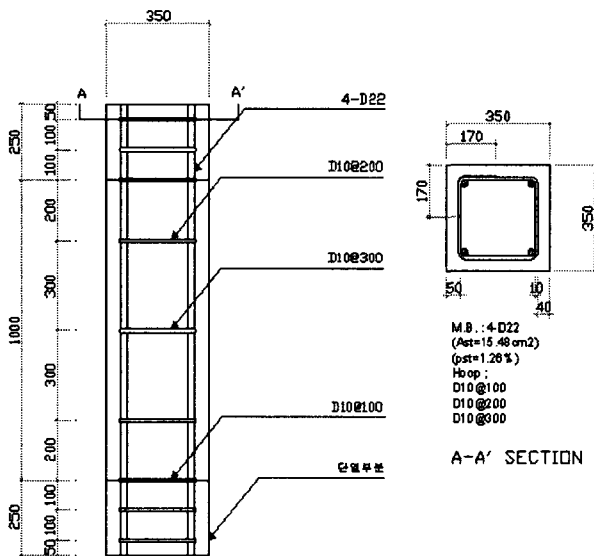


그림 1 실험체 형상

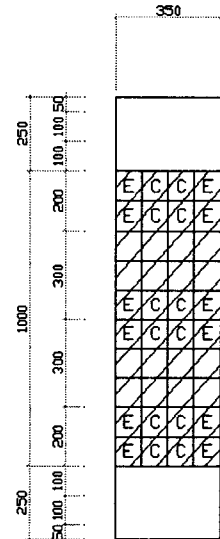


그림 2 슈미트 해머 테스트 측정 위치

### 2.3 슈미트 해머 테스트

타격에 의한 콘크리트 표면 경도를 측정한 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 30일 후, 4개월 후에 값을 재측정 하였다. 일반적으로 슈미트 해머에 의한 강도

추정식에서 강도는 측정된 반발 경도 값과 비례한다. 그림 3, 4는 30분 가열한 실험체의 단부와 중앙부에서 측정한 값의 변화이다. 가열 직전 47에서 50사이였던 값이 30분 가열 후 단부(그림 2의 E)에서는 38에서 44, 중앙부(그림 2의 C)에서는 41에서 45 근처 값으로 떨어진 것을 볼 수 있다. 또한 가열 직후 측정값과 가열 30일 후의 측정값을 비교했을 때, 단부에서는 38에서 44사이였던 값이 40에서 45로, 중앙부에서는 41에서 45이던 값이 45에서 47 사이의 값으로 증가되었고, 가열 4개월 후에는 단부에서는 45에서 48, 중앙부에서는 47에서 50로 증가되어 가열 직전의 측정값과 거의 같아진 것을 볼 수 있다. 그림 5, 6은 90분 가열한 실험체의 측정값의 변화이다. 이 실험체의 경우 가열 전 47에서 50 사이이던 값이 90분 가열 후 단부에서는 26에서 32, 중앙부에서는 33에서 37 사이 값으로 떨어진 것을 볼 수 있다. 또한 가열 직후 측정값과 30일 후 측정값을 비교했을 때, 단부에서는 26에서 32이던 값이 30에서 34로, 중앙부에서는 33에서 37이던 값이 36에서 40 사이의 값으로 증가되었고, 4개월 후에는 단부에서는 40에서 43, 중앙부에서는 30에서 38로 증가되어 가열 후 어느 정도 시간이 지나면 강도가 회복되는 것을 알 수 있다.

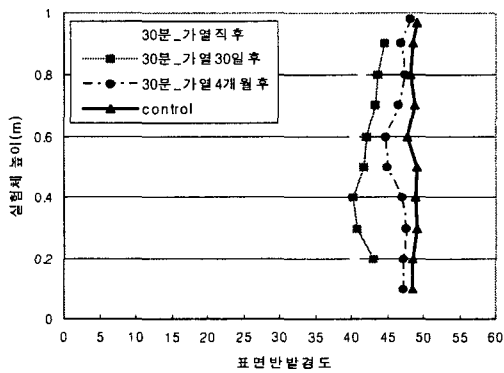


그림 3 30분 가열실험체 단부(E)의 슈미트해머 측정치

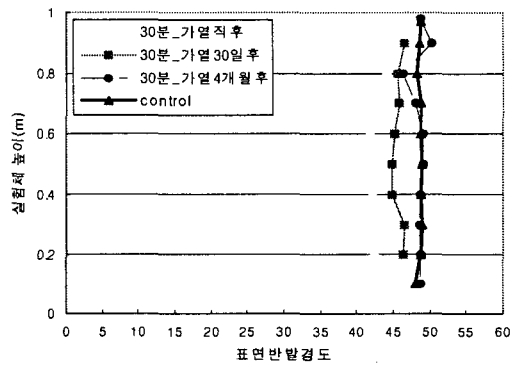


그림 4 30분 가열실험체 중앙부(C)의 슈미트해머 측정치

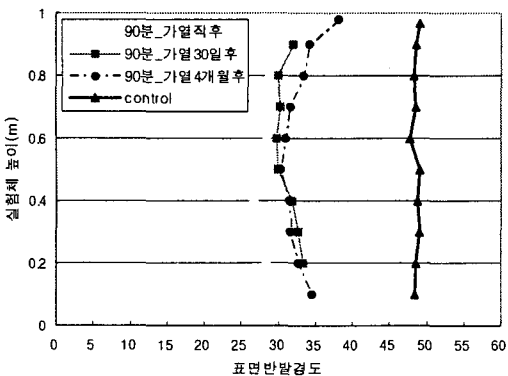


그림 5 90분 가열실험체 단부(E)의 슈미트해머 측정치

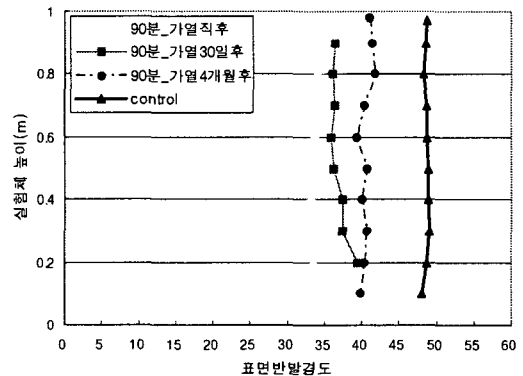


그림 6 90분 가열실험체 중앙부(C)의 슈미트해머 측정치

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

실험체의 압축강도를 추정하기 위해 각 부위에서 측정된 반발 경도값을 비파괴 검사에서 일반적으로 많이 사용되는 추정식에 대입하여 보면 그림 9의 직선 그래프와 같은 결과를 얻을 수 있다.

표 2 RC 기둥 부재의 반발 경도 및 부위별 반발 경도와 Control 반발 경도의 비율(%)

가열 시간	반발 경도 R							
	가열 직전		가열 직후		가열 후 30일		가열 후 4개월	
	단부 (E)	중앙부(C)	단부 (E)	중앙부(C)	단부 (E)	중앙부(C)	단부 (E)	중앙부(C)
0분(Control)	48.18	48.04						
30분			41.00	43.06	42.41	45.68	46.73	48.62
60분			28.51	34.02	31.20	36.91	32.84	40.56
부위별 반발경도와 Control 반발경도 비(%)								
0분(Control)	100	100						
30분			85.11	89.64	88.03	95.09	97.00	101.21
60분			59.18	70.82	64.76	76.83	68.17	84.43

추정식을 통해 구한 압축강도의 값을 각 반발경도 값의 위치에서 가열 직전과 30분, 90분 가열 직후 측정된 공시체 압축강도 실험값과 비교해 보았을 때 화재에 의한 콘크리트의 성질 변화로 인해 화재 피해에 대해 고려하지 않은 기존의 식과 차이가 있음을 알 수 있다. 이에 화재 실험에 근거한 연구를 바탕으로 제안된 식과 비교해 보았고, 이와 유사한 값을 가지는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 화재에 노출되어 피해를 입은 콘크리트에 대한 반발경도에 의한 압축강도 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

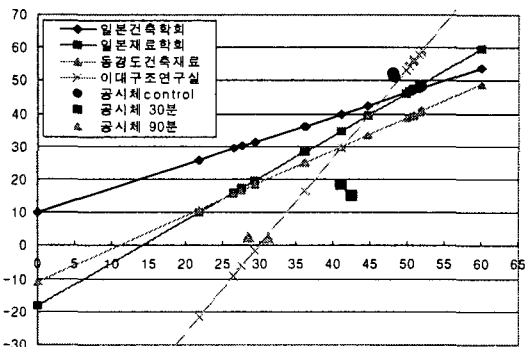


그림 9 슈미트 해머 테스트 강도 추정식

#### 4. 결론

본 연구에서 화재 피해를 입은 고강도 RC 기둥에 관한 실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

- (1) 30분 가열 실험체와 90분 가열 실험체의 측정값을 가열직전 측정값과 비교해 본 결과 30분 가열 실험체는 10-15%, 90분 가열 실험체는 29-41%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 83-95% 정도로 실험체 단부가 중앙부에 비해 강도 저하가 큰 것을 알 수 있다.
- (3) 가열 후 실험체의 반발경도 값은 가열 직후에 비해 30일이 지난 실험체의 가장자리에서 3-10%, 중앙부에서 6-9% 정도 증가, 가열 후 4개월이 지난 실험체에서는 가장자리에서 13-15%, 중앙부에서 12-20% 증가하는 것으로 보아, 화해를 입은 기둥의 강도가 계속 저하된 상태로 있는 것이 아니라 시간이 지나면서 강도가 회복 되는 것을 알 수 있다.

#### 참고문헌

1. 김희선 “비파괴 검사법에 의한 화재 피해를 입은 고강도 철근 콘크리트 보의 압축강도 추정”, 이화여자대학교 석사학위 논문, 2004.
2. 서지민 “화재 피해를 입은 고강도 철근 콘크리트 압축부재의 비파괴 검사”, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집 제 17권 2호(통권 제33집). 2005. 11. 5, pp. 13-16