

화재 피해를 입은 고 강도 철근콘크리트 휨 부재의 비파괴 검사

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

신 미 경* 신 영 수** 이 차 돈*** 홍 성 곁**** 김 회 선*****
Mi-kyung shin Yeong-Soo Shin Cha-Don Lee Sung-Gul Hong Hee-Sun Kim

ABSTRACT

Non-destructive testing is essential in the inspection of alteration, repair and new construction in construction industry. This paper is to evaluate the strength variation of fire damaged concrete by non-destructive testing. Furthermore, It is to infer the recovery degree of residual strength of fire-damaged concrete. For this purpose, researchers are exploring the performance of non-destructive testing method using ultrasonic testing and Schmidt hammer in concrete specimens. Testing is performed four-times: before fire test, directly after fire test, after 20 days and after 60 days.

1. 서론

철근콘크리트 구조물은 내화성이 우수하여 화재에 의한 피해가 다른 구조물에 비하여 적은 편이지만 화재의 정도에 따라 대규모의 보수·보강을 실시해야 하는 경우부터, 국부적이거나 소규모의 보수 정도에 그치는 경우도 있다. 피해 후의 재사용 여부 및 보수·보강을 검토하는데 있어 각 부재의 피해 정도를 정확히 진단하는 일이 매우 중요하다. 피해 정도를 측정하기 위해서는 화해를 입을 당시 콘크리트 내부의 콘크리트와 철근의 수열온도를 측정하는 것이 정확하나, 실제 구조물에 화재가 발생한 후 정확한 수열온도를 파악하기는 매우 어려우므로 화재 후 비파괴 검사를 통하여 피해 정도를 판단하는 것이 최선의 방법이라 할 수 있다.

화해를 입은 구조물은 일반적으로 표면 노후화, 재하시험, 표면 반발 경도법, 초음파법, Core Sampling에 의한 강도 시험, 중성화 등의 진단을 통해서 성능저하를 판단할 수 있다.

본 연구에서는 초음파법과 표면 반발 경도법인 슈미트 해머 테스트를 사용하여 화해를 입은 철근 콘크리트 부재의 강도 변화를 측정하고자 한다. 화재 후 시간 경과에 따른 콘크리트 강도 회복을 파악하기 위해 검사는 화재 실험 전후, 화재 실험 후 20일 후, 화재 실험 후 60일 후 총 4회에 걸쳐 실시했다. 이 실험을 통하여 화재를 입은 콘크리트 강도 평가와 시간경과에 따른 부재 강도 회복의 경향성을 파악하고자 하였다.

*정회원, 이화여자대학교 건축학과 석사과정

**정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수

***정회원, 중앙대학교 건축학과 교수

****정회원, 서울대학교 건축학과 교수

*****정회원, 이화여자대학교 건축학과 석사과정

2. 실험내용 및 방법

2.1 가열 실험

화재실험을 위한 실험체는 수평 가열로에 단순지지 상태에서 순지간거리 4.75m로 설치하고, 일반 사무실의 활화중으로 가정하여 $D+0.25L$ 로 계산한 하중 9.82tf를 유지한 상태에서 국제 표준인 ISO 834 기준을 따라 각 실험체 별로 60분, 90분 가열하였다.

표 1 실험체 개요

실험체명	가열시간	지속하중	피복두께	실험체명	가열시간	지속하중	피복두께
HB4-T	-	-	4cm	HB5-T	-	-	5cm
HB4-1	60분	9.82tonf		HB5-1	60분	9.82tonf	
HB4-2	90분	9.82tonf		HB5-2	90분	9.82tonf	

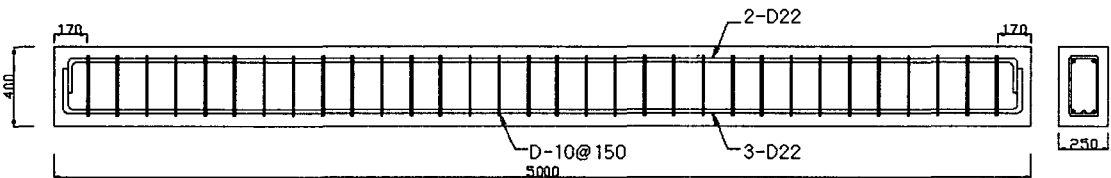


그림 4 실험체 형상

2.2 초음파 실험

초음파법은 경화된 콘크리트를 전파하는 초음파의 전파속도로서 콘크리트의 내구성, 균질성, 탄성계수 및 강도 등의 추정에 이용된다. 평활한 면이 아닌 경우 그 부분에서의 음의 감쇄가 현저하여 측정이 곤란하다. 가열 실험 후 실험체가 폭발현상으로 인해 보 옆면 아랫부분을 제외하고 콘크리트가 떨어져 나가 보 표면이 매우 고르지 못하게 되었다. 따라서 초음파 검사는 그림 4처럼 폭발 현상이 비교적 적게 일어난 보 옆면 밑 부분 즉 보 밑면에서 주 간격 40cm, 보조 간격 10cm 간격으로, 2cm 올라간 지점에서 측정되었다.

2.3 슈미트 해머 테스트

타격에 의한 콘크리트 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법이다. 이 방법은 콘크리트 측정면의 상태와 건조, 장기재령, 온도의 영향을 받아 콘크리트 구조체의 강도를 정확히 측정하기는 곤란하나, 시험방법이 간편하고 국제적으로 표준화되어 있어 널리 사용된다. 측정 위치는 그림 4와 같다.

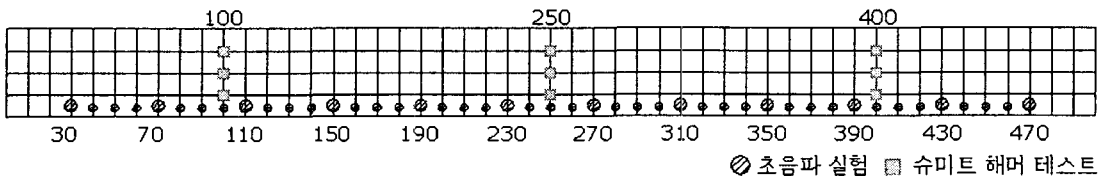


그림 5 초음파 실험과 슈미트 해머 테스트 측정 위치

3. 실험결과 및 분석

3.1 초음파 실험 결과

일반적으로 초음파 측정치로 강도 추정을 하나, 그것은 여러 가지 상황에 따라 추정식 자체가 틀려지므로 본 연구에서는 강도를 산출하기 보다는 일반적으로 강도 추정식에서 초음파 전파속도와 추정 강도가 상호 정비례관계인 점을 미루어 화해에 노출된 시간에 따른 강도 저하의 경향성을 보이고자 한다. 아래 그림들에서 y축 값은 초음파 측정치를 나타내고 있다. 이 측정치는 통과 시간으로서 속도와 강도 추정값이 정비례관계에 있다면 이 값은 강도와 반비례관계에 있으므로 측정치가 작을수록 강도는 커진다. 그림 3, 4는 60분 가열한 실험체의 초음파 측정치의 변화를 보여주고 있다. 가열 실험 전 측정값이 58~60이었던 것이 가열 후에는 약 500~1200사이로 강도 저하가 심해진 것을 볼 수 있다. 그러나 가열 직후, 20일 후 그리고 60일 후의 초음파 측정값이 일관성 있게 감소되지 않는다. 이것은 초음파 측정을 실험 상황 상 상대적으로 화해를 많이 입은 보 하부에서 수행하였기 때문에 강도 회복의 추세가 잘 보이지 않는 것이다. 그림 5, 6은 90분 가열한 실험체의 초음파 측정치의 변화이다. 가열 실험 후 60일 후에 측정값이 약간 감소 추이에 있으나, 이 실험체들 역시 60분 가열한 것과 마찬가지로 일관성 있는 강도 회복 추세는 잘 보여주지 않는다. 60분 가열 실험체와 90분 가열 실험체의 측정치를 비교해보면 전자의 경우 측정치가 대략 500~1200사이이고, 후자는 800~1800사이로 90분 가열한 실험체의 강도 저하가 큰 것을 알 수 있다.

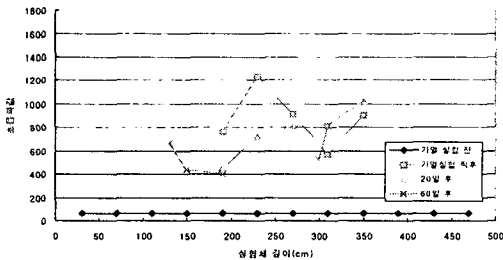


그림 6 HB4-1 초음파 측정치

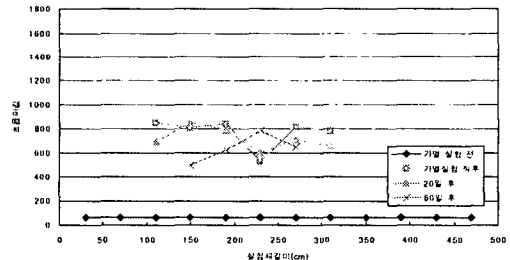


그림 7 HB5-1 초음파 측정치

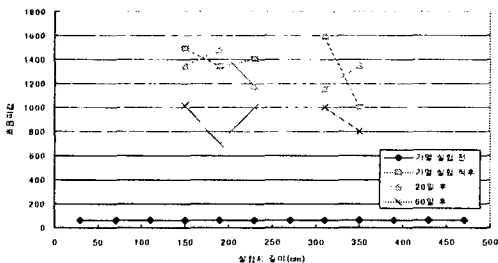


그림 8 HB4-2 초음파 측정치

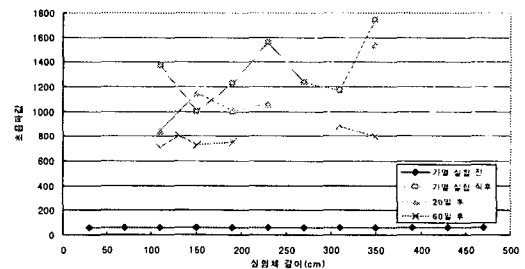


그림 9 HB5-2 초음파 측정치

3.2 슈미트 해머 테스트 결과

슈미트 해머 테스트 결과 역시 강도 추정식에 따라 강도를 추정하기 보다는 가열 전과 가열 후 시간이 흐르면서 측정값이 어떻게 변하고 있는지 알아보았다. 일반적인 슈미트 해머에 의한 강도 추정식에

서 강도는 측정된 반발 경도 값과 비례한다. 그림 7, 8은 60분 가열한 실험체의 측정값의 변화이다. 슈미트 해머 테스트의 경우 비교적 보 상부에서 측정하여서 강도 회복의 추세를 일관성있게 잘 보여주고 있다. 가열 전 측정에서 50~54이었던 값이 가열 후에는 약 30근처로 떨어진 것을 볼 수 있다. 이후 20, 60일 사이에 강도를 조금씩 회복하여 60일 경과 후에는 측정값이 약 30대 후반이 된 것을 볼 수 있다. 그림 9, 10은 90분 가열한 실험체의 측정값의 변화이다. 이 실험체의 경우 가열 후 측정값이 30대를 약간 못 미치고 있다가, 60일 경과 후에는 측정값이 30대 중반정도로 커진 것으로 보아 가열 후 어느 정도 시간이 지나면 강도가 회복되는 것을 알 수 있다.

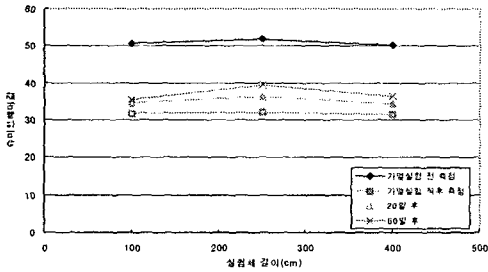


그림 10 HB4-1 슈미트 해머 측정치

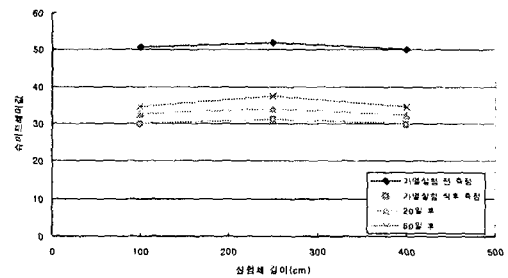


그림 11 HB5-1 슈미트 해머 측정치

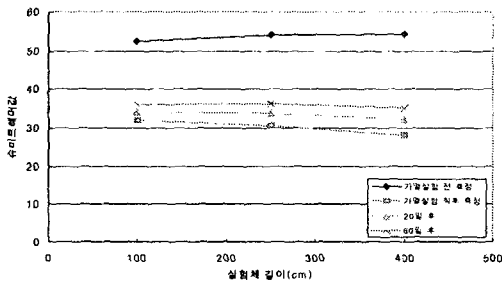


그림 12 HB4-2 슈미트 해머 측정치

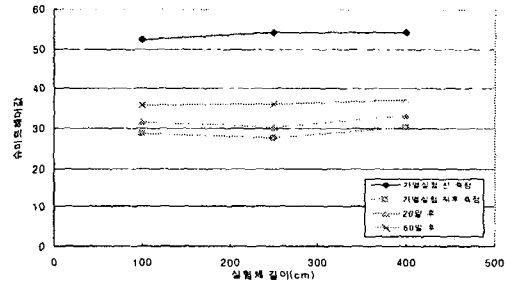


그림 13 HB5-2 슈미트 해머 측정치

4. 결론

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

- (1) 콘크리트 보가 화해를 입으면 강도가 저하되며, 60분 가열 실험체와 90분 가열 실험체의 측정값의 차이를 볼 때 화재에 노출된 시간에 따라 그 저하 정도가 커지는 것을 알 수 있다.
- (2) 가열 실험 직후 측정 결과와 20일, 60일 지난 후 측정 결과를 비교해 보면, 화해를 입은 후 보의 강도가 계속 저하된 상태로 있는 것이 아니라 시간이 지나면서 어느 정도 강도가 회복되는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 지원 하에 이루어진 연구로, 실험에 도움을 주신 대림건설, 방재시험연구원, (주)콘크리닉에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. M.M.El-Hawary, Effect of Fire on Flexural Behaviour of RC Beams, Construction and Building Material, Vol.10, No.2, 1996.
2. 안주희 "화재 피해를 입은 일반강도 콘크리트 보의 보수성능에 관한 연구", 이화여자대학교 석사학위 논문, 2003.