

초음파속도법을 이용한 화재피해를 입은 콘크리트의 수열온도 평가에 관한 실험적 연구

장재봉, 나철성, 박종호, 이동혁, 권영진*, 김무한**

충남대학교 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정,

*호서대학교 환경안전 공학부 소방학과 교수·공박,

**충남대학교 건축공학과 교수·공박

An Experimental Study on the Applying Method of Ultrasonic Pulse Velocity for Estimation of Heating Temperature Deteriorated Concrete by Fire

Jea-Bong Jang, Chul-Sung Na, Jong-Ho Park

Dong-Heck Lee, Young-Jim Kwon*, Moo-Han Kim**

Chung Nam National University Master's Course of the Architectural Engineering, *Hoseo University Professor of Department of Fire Protection Engineering, **Chungnam National University Professor of the Architectural Engineering

1. 서론

통계에 의하면 국내 화재 건수 및 피해액은 그림 1에 나타낸바와 같이 최근 그 증가율이 둔화되었으나 여전히 연평균 30,000건의 화재가 발생하고 있으며 피해액은 연간 1,400억에 이르고 있다. 또한 주택 및 아파트, 공장, 음식점, 호텔 등 건축물에서 전체 화재의 50%가 발생하고 있다.¹⁾

이러한 화재발생 이후의 복구비용을 최소한으로 줄이기 위해서는 화재피해를 입은 구조물의 적절한 보수, 보강은 필연적이라 할 수 있으며 이를 위해서는 구조물의 화재에 의한 열화정도를 정확히 진단해내는 것이 무엇보다도 중요하다.

일반적으로 주택 및 아파트, 공장, 음식점, 호텔 등의 건축물은 철근 또는 철골 콘크리트구조를 채용하게 되는데 콘크리트는 화재시의 수열온도에 따라 화재 피해 상황에 의해 잔존 내력이 결정되기 때문에 화재에 의한 콘크리트의 열화정도를 정확히 파악하기 위해서는 수열온도의 추정이 반드시 필요하다.

콘크리트의 수열온도 추정은 콘크리트표면의 변색상황으로부터 개략적으로 추정이 가능한 것으로 알려져 있으며, 중성화 깊이, 탄산가스 재흡수량 등의 측정을 통해 어느정도 추정이 가능하고, X선회절법, 시차가열 천평분석법 (DTA, TGA) 등을 통해서도 이루어지고 있다. 또한 콘크리트의 내부온도 추정은 어려우나 표면 온도 추정에 유용한 방법으로

각종재료의 연화, 용융상태로부터 화재 온도를 추정하는 방법 등이 알려져 있으나 고가의 장비를 필요로 하거나 번거롭고 시간이 오래 걸리는 등의 문제가 있다.

이에 본 연구에서는 콘크리트의 압축 강도를 추정하는 간단한 비파괴시험방인 초음파속도 추정법을 화재 피해를 입은 콘크리트에 적용하여 잔존 압축강도와 초음파속도와의 관계를 통해 수열 온도 추정의 가능성을 알아보고, 화재 피해를 입은 콘크리트의 간단하고 빠른 수열온도 추정에 활용하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

수열온도와 콘크리트의 열화정도의 상관성 검토를 위한 데이터 확보를 목적으로 표 1에 나타낸 바와 같이 설계 기준 강도를 210, 240, 300, 400, 500, 600, 800kgf/cm²의 7수준으로 설정한 후 각각 100, 200, 300, 400, 600, 800℃의 가열온도로 3시간 가열한 다음 잔존압축강도 및 초음파 속도를 측정하였다.

본 연구에 사용된 시험체는 표 1 실험 계획에 따라 ø10 × 20cm의 원주형 시험체를 제작·성형하고 24시간 후 탈형한 다음 20±3℃, RH 60%의 대기중에서 28일간 기건양생하여 제작하고, 바닥용 내화시험 가열로를 사용하여 가열하였다.

압축강도는 KS F 2405 콘크리트의 압축 강도시험 방법에 준하여 측정하였으며 초음파속도는 영국 C.N.S Electronics사의 Pundit를 사용하여 측정하였다.

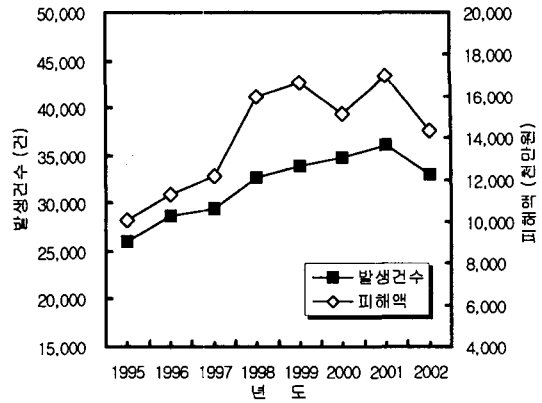


그림 1. 가열된 콘크리트 강도의 자연회복

표 1. 실험 계획

배합명	설계강도 (kgf/cm ²)	잔골재 종류	가열 온도 (°C)	가열 시간 (h.)
	210	SS	100	3
	240			
	300			
	400			
	500			
	600			
	800			

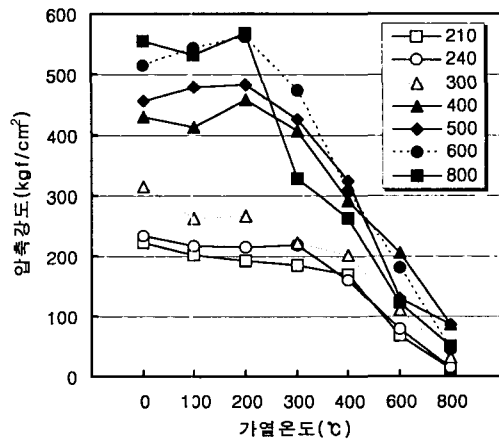


그림 2. 수열온도별 잔존 압축강도와 초음파속도

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 설계기준강도별로 100℃~800℃의 온도에서 3시간 동안 가열한 시험체의 잔존 압축강도를 나타낸 것으로 설계기준강도 300 kgf/cm² 이하의 경우에는 가열온도 400℃ 까지도 강도 저하가 크게 나타나지 않았으나 설계기준 강도400 kgf/cm² 이상에서는 가열온도 300℃ 부터 압축강도의 저하가 나타났으며 가열온도 400℃이상에서는 모든 경우에 있어서 강도저하를 나타내고 있다. 또한 800℃에서 3시간 가열한 경우에는 설계기준강도에 관계없이 잔존 압축강도율이 20% 이하로 나타났으며 압축강도는 13~87kgf/cm²로 나타났다.

그림 3은 잔존 압축강도율과 가열온도와의 관계를 나타낸 것으로 가열온도별 평균 잔존 압축강도율은 96, 98, 83, 65, 33, 11%로 나타나났으며, 결정계수가 0.90으로 나타나 수열온도를 추정함으로써 잔존 압축강도율의 추정이 가능한 것으로 나타났다.

또한 그림 4는 초음파속도와 가열온도와의 관계를 나타낸 것으로서 결정계수가 0.89로 나타나 화재 피해를 입은 콘크리트 구조물의 초음파속도를 측정함으로써 수열온도를 간단히 추정할 수 있는 것으로 나타나 초음파속도법이 수열온도 추정을 위한 기법으로서 유용하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 그림 5 수열온도별 잔존 압축강도와 초음파속도에 나타낸 바와 같이 화재피해를 입은 콘크리트의 잔존 압축강도와 초음파속도의 결정계수는 0.66으로 단순한 초음파 속도의 측정만으로 직접적인 압축강도추정은 정확하다고 할 수 없는 편이다.

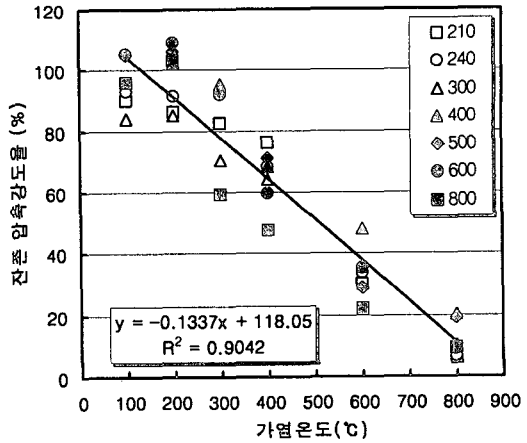


그림 3. 설계기준강도별 가열온도에 따른 잔존압축강도

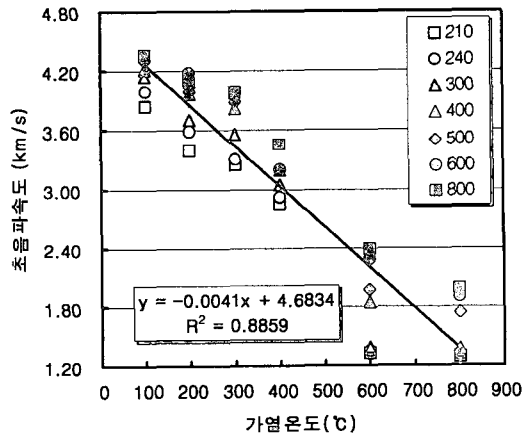


그림 4. 가열온도와 잔존 압축강도율

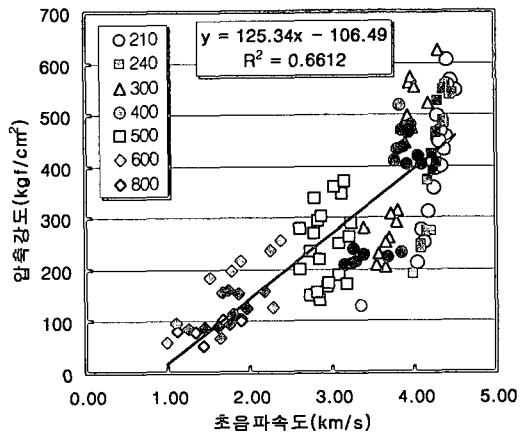


그림 5. 가열온도와 초음파속도

따라서 화재피해를 입은 콘크리트의 잔존 압축강도 추정은 초음파속도로부터 직접적으로 추정하는 것보다 화재피해를 입은 콘크리트의 수열온도를 초음파속도를 측정함으로써 비교적 정밀하게 추정함으로써 잔존 압축강도율을 구하고 화재피해를 입은 구조물의 건전부로부터 압축강도를 측정하여 화재피해를 입은 부분의 압축강도를 간접적으로 추정하는 것이 합리적이라고 할 수 있다.

4. 결론

초음파속도법을 이용한 화재피해를 입은 콘크리트의 수열온도 평가에 관한 실험을 통해 초음파속도와 수열온도의 관계를 알아본 결과 초음파속도법을 적용하여 콘크리트의 수열온도를 비교적 정확하게 추정할 수 있는 것으로 나타나, 초음파속도법을 적용한 수열온도의 추정을 통해 잔존 압축강도율을 추정하고, 건전부의 압축강도를 여러 가지 비파괴 검사를 복합적으로 활용하여 추정한다면 보다 간단하고 정밀하게 화재피해후의 콘크리트 구조물의 잔존 압축강도를 추정할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) 행정자치부, "화재통계연보" (2003)
- 2) 김무한 외, "화재피해를 입은 콘크리트의 물성변화에 관한 실험적연구", 한국화재·소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.10~14 (2002)
- 3) 日本コンクリート工學協會, 콘크리트 診斷技術'01[基礎編] (2001)
- 4) 김무한 외, "화재에 의해 성능저하된 콘크리트 구조물의 진단 및 보수공법에 관한 연구", 한국화재·소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp.230~235 (2002)
- 5) 김무한 외, "고강도 콘크리트의 압축강도 추정을 위한 비파괴시험식에 관한 연구", 한국구조물진단학회 학술발표 논문집, 제6권 1호, pp.67~72 (2002. 5)
- 6) 김무한 외, "잔골재 및 혼화재 종류에 따른 콘크리트의 폭열 성상에 관한 연구", 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제15권 2호, pp.667~670 (2003)
- 7) 김무한 외, "화재로 인해 성능저하된 콘크리트의 물성변화에 관한 실험적 연구" 한국구조물진단학회 학술발표 논문집, 제7권 2호, pp.241~244 (2003. 11)
- 8) 권영진 외, "화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 수열온도 평가에 관한 문헌적 고찰", 한국화재·소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.297~301 (2002)
- 9) 권영진, "화재피해를 입은 철근 콘크리트 구조물의 조사, 평가 및 리헤빌리테이션 방안", 한국화재·소방학회 하계 심포지움, pp.1~24 (2002)
- 10) 권영진 외, "고온을 받은 콘크리트의 공학적 특성", 한국화재·소방학회지, Vol. 18, No 1, pp.1~6 (2004. 3)
- 11) T.D.Lin, R.I.Zwiers, R.G.Burg, T.T.Lie, and R.J.McGrath, "Fire Resistance of Reinforced Concrete Columns", Portland Cement Association, PCA R&D Serial Nos. 1870 and 1871 (1992)