

**B-09**

## 화재피해를 입은 콘크리트의 구조성능에 관한 문헌적 고찰

장재봉, 신영수\*, 권영진\*\*, 김무한\*\*\*

충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정

이화여자대학교 건축학과 교수·공박\*

호서대학교 환경안전 공학부 소방학과 교수·공박\*\*

충남대학교 건축공학과 교수·공박\*\*\*

### Literature Study on the Properties of Deteriorated Concrete by Fire

Jang, Jea Bong, Sin, Young Su\*, Kwon, Young Jin\*\* and Kim, Moo Han\*\*\*

Chung Nam National University Master's Course of the Architectural Engineering,

Ewha Womans University Professor of the Architecture\*,

Hoseo University Professor of Department of Fire Protection Engineering\*\*,

Chung Nam National University Professor of the Architectural Engineering\*\*

#### 1. 서론

콘크리트는 내화구조의 인정 및 관리기준에 관한 법률에 따라 내화 재료로 분류되어 목재 및 강재와 같은 비내화 재료에 비하여 상대적으로 내화특성에 관한 연구가 많이 진행되어지지 않았으나 1940년대 이후 노출온도가 콘크리트에 미치는 영향에 관한 연구를 시작으로<sup>1)</sup> 1970년대 이후 콘크리트의 내화성능에 관한 다각적인 연구가 진행되어<sup>2)</sup> 유럽 CEB 내화설계기준에 기초자료로 활용되기도 하였다.

국내의 경우는 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙이 1999년 제정되었으며 내화구조의 인정 및 관리기준이 2000년 고시되어 법적 효력을 갖게 되었다. 또한 내화 시험 방법의 국제적 상호 인증 및 기술적 물적 교류 추세 국내 내화 관련 산업의 육성 등을 고려하여 ISO 834 를 기초로 KS F 2257 건축구조부재의 내화시험 방법이 1999년 제정되어 내화시험방법의 기술적 근거를 확보하였고, 최근 고강도 콘크리트의 사용이 일반화 되면서 고강도 콘크리트의 내화성능에 관한 연구가 이루어지고 있으며 고강도 콘크리트의 폭열방지에 관한 관심이 높아지고 있다.

고강도 콘크리트의 사용이 일반화된 국내 건설 시장을 고려할 때 일반강도 콘크리트에 비하여 화재시 폭열 위험성이 더 높고<sup>3)</sup> 노출온도에 따른 강도 특성 역시 일반강도 콘크리트와는 다른 양상을 보이고 있는 고강도 콘크리트의 경우 이의 내열특성을 충분히 고

러한 내화 설계 방법 및 내화기준의 정립이 시급하다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 고강도 콘크리트의 내화 특성에 관한 연구 현황 및 각 국의 내화 기준, 내화실험 방법 등을 문헌을 통해 조사하여 고강도 콘크리트를 사용한 구조물의 내화설계기준의 제정을 위한 기본적인 자료로 활용하고자 한다.

## 2. 내화실험 방법

고강도 콘크리트의 내화성능을 알아보기 위한 기존의 연구들을 조사한 결과 내화 실험 방법을 몇 가지로 분류할 수 있었다. 그중 강도 특성에 관한 실험 방법을 분류하면 재하 시험 방법, 비재하 시험 방법, 비재하 잔존 강도 내화 시험 방법으로 분류가능하고, 재하 (Stress) 내화 시험은 가열전에 시험체 압축강도의 20~40%의 하중을 선재하 (Pre-Loding)하고 가열하는 동안에는 하중을 일정하게 유지시키면서 목표온도까지 일정한 속도로 가열하며, 목표온도를 5~10분간 지속한 다음 시험체가 파괴될 때까지 응력 또는 변형을 설정한 속도로 증가시키는 방법으로 기둥 및 보의 압축 콘크리트의 내화성능을 파악하는 방법으로 주로 사용되었다.

비 재하 (Unstress) 내화 실험은 선재하 없이 목표온도까지 일정한 속도로 가열한 후 시험체의 온도가 균일한 상태에 이르면 설정 속도로 하중 또는 변형율을 증가시키는 방법으로 선 재하 하중을 적게 받는 부재 또는 보의 인장축 콘크리트의 내화성능을 평가하는 시험 방법이다.

또한 비 재하 잔여강도 내화실험방법은 선 재하 없이 설정된 속도로 목표온도까지 가열한 후 시험체가 균일한 온도분포상태에 이르면 서서히 냉각시켜 상온에서 시험체에 응력 또는 변형을 증가시키는 방법으로서 화재 이후의 콘크리트 특성을 파악하는 방법이며, 이러한 내화 시험 방법의 차이를 그림 1에 나타내었다.

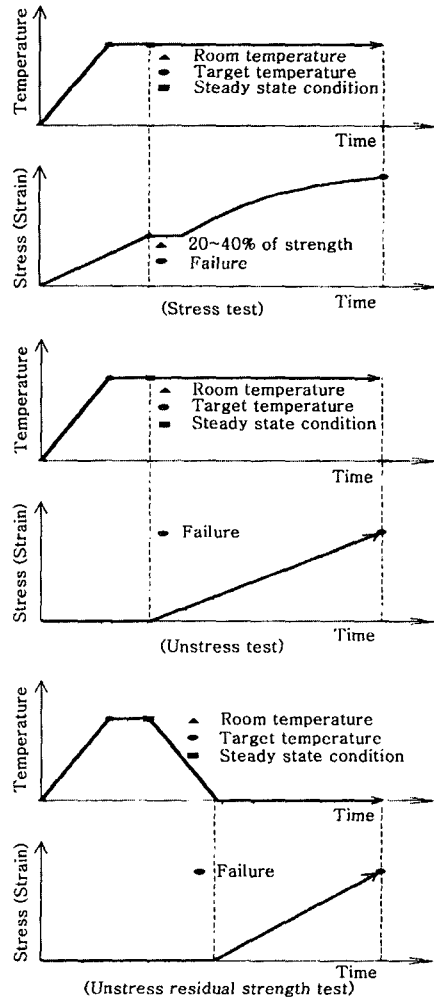


그림 1. 각종 내화실험 방법

화재 이후의 콘크리트 특성을 파악하는 방법이며, 이러한 내화 시험 방법의 차이를 그림 1에 나타내었다.

### 3. 각국의 콘크리트 부재에 관한 내화규준

#### 1. CEN(Comite Europeen de Normalisation)<sup>4)</sup>

CEN에서는 가열온도에 따른 콘크리트의 잔존 압축강도율을 그림 2와 같이 일반 골재와 경량 골재로 나누어 규정하고 있다.

#### 2. CEB(RILEM Committee 44-PHT)

RILEM 위원회 44-PHT는 화재로 인한 열이 콘크리트의 물성에 끼치는 영향을 규명하기 위해 1977년 ISO 기술위원회 92에 의해 구성되었다. 이들에 의해 작성된 RILEM 보고서는 CEB(Comites euro-international du beton)<sup>5)</sup>에 포함되었으며 CEB에서는 노출온도 및 냉각조건에 따른 콘크리트 압축강도 및 잔존 압축강도 등을 그림 3과 같이 규정하고 있으며, 탄성계수는 골재 종류에 따라 그림 4와 같이 일반 골재와 경량골재로 나누어 규정하고 있으며 잔존 인장강도율은 그림 5와 같이 규정하고 있다.

#### 3. CRSI(Concrete Reinforcing Steel Institute)<sup>6)</sup>

CRSI에서는 철근 콘크리트 부재의 내열 특성을 산정하는 합리적인 방법을 위해 철근 콘크리트부재의 내화 특성에 관한 자료를 제시하고 있으며, 1960년대의 연구 결과를 근거로 고온에 노출된 콘크리트의 특성을 규정하고 있다.

#### 4. ACI(American Concrete Institute)

ACI 216R-89<sup>7)</sup>에서는 슬래브, 보, 벽체 및 기둥과 같은 철근 콘크리트 건축물의 내화 성능을 결정하기 위하여 건축재료의 특성에 관한 자료와 구조설계에 이러한 특성을 고려할 수 있도록 하고 있으며 수열온도에 따른 압축강도, 탄성계수 및 전단 탄성 계수 등을 규정하지는 않고, 재하, 비 재하 및 비재하 잔존 압축강도 등의 시험 결과를 소개하는 정도로 하고있으며 콘크리트의 탄성계수 및 전단 탄성계수에 관해서는 Cruz(1966)의 내화실험 결과로부터 고온 환경하에서 콘크리트의 탄성계수는 골재종류 및 콘크리트의 압축강도에 의해 큰영향을 받지 않는다는 결론을 제시하고 있다.

그러나 최근 세계무역센터 붕괴 이후 고강도 콘크리트의 화재 안전성에 관한 관심이 집중되면서 고강도 콘크리트의 내화성능 향상에 관한 규정을 마련할 계획이며 60MPa 이상의 콘크리트에 관하여 섬유보강 등의 조치를 강제조항으로 할 예정이다.

#### 5. 국내의 내화 규준

국내 콘크리트 구조의 내화 규준은 건축법 이하 건설교통부령 등으로 규정하고 있으며 시험 방법은 KS F 2257 건축구조부재의 내화시험 방법으로 정의되어 있다.

고강도 콘크리트의 내화 설계는 일반강도 콘크리트의 내화설계에 준하여 적용되고 있

으며, 콘크리트의 노출온도에 따른 압축강도, 탄성계수 전단 탄성계수 등 고온을 받은 콘크리트의 성능에 관한 규정은 따로 마련하고 있지 않으나 규정된 내화시험 방법에 준하여 유럽이나 미국의 ISO 834 및 ASTM E 119 와 큰 차이가 없는 표준 화재 온도 시간 곡선에 따라 규정시간이상을 견디는 구조로 성능을 규정하고 있다.

#### 4. 결론

화재시 폭열 위험성이 더 높은 고강도 콘크리트의 사용빈도가 전 세계적으로 높아지고 있으며 화재 후 건축물의 복원이 경제적 사회적 필요에 의해 증가하고 있는 상황에서 유럽 및 미국의 화재피해를 입은 콘크리트의 구조 성능에 관한 기준 및 내화 시험 방법을 문헌을 통해 고찰한 결과 고강도 콘크리트에 관한 내화 기준을 마련하기위한 연구가 진행되고 있으며 수열온도에 따른 콘크리트의 성능에 관해 규정하고 있는 추세임을 알 수 있었다.

따라서 국내에서도 국내 건설 시장 변화 및 내화 관련 산업의 육성 등을 고려할 때 콘크리트의 내열특성을 충분히 고려한 경제적이고 합리적인 내화 설계 방법 및 내화기준의 정립을 위해서는 국내 여건을 반영한 콘크리트용 재료를 사용하여 제작된 콘크리트를 다각적인 내화 실험을 통해 잔존압축강도 및 탄성계수 등의 구조적인 데이터를 확보함과 동시에 고강도 콘크리트의 폭열을 저감할 수 있는 방안 에 관한 연구가 선행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- 1) Menzel, C.A., "Tests of the fire resistance and thermal properties of solid concrete slabs and their significance", Proceedings,

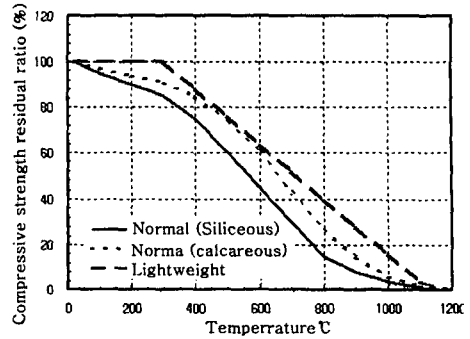


그림 2. CEN의 잔존 압축강도를

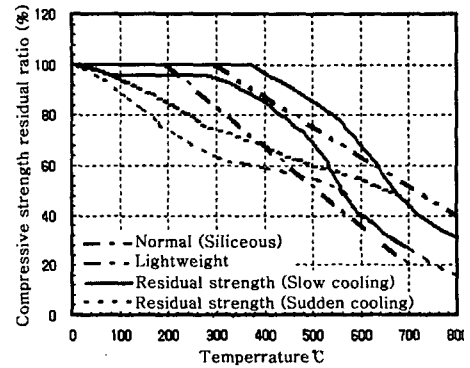


그림 3. CEB의 잔존 압축강도를

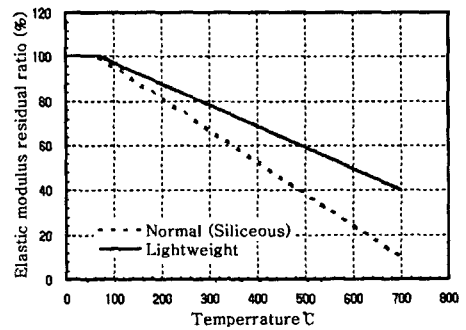


그림 4. CEB의 탄성계수

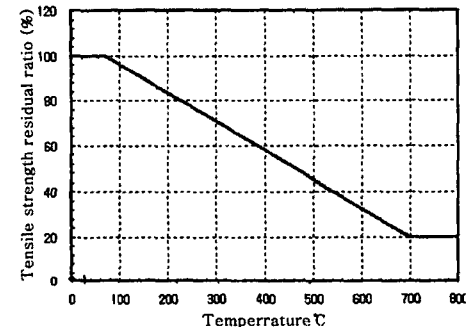


그림 5. CEB의 잔존 인장강도를

ASTM Vol. 43, pp.1099~1153, (1943)

- 2) Y. Andberg, "Spalling phenomena of HPC and OC", Proceeding of International Workshop on Fire Performance of High-Strength Concrete, NIST, pp.69~73 (1997)
- 3) 김무한 외, "잔골재 및 혼화재 종류에 따른 콘크리트의 폭열 성상에 관한 연구", 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제15권 2호, pp.667~670 (2003)
- 4) Comite Europeen de Normalisation, "prENV 1992-1-2 : Eurocode 2 : Design of Concrete Structures. Part 1-2 : Structural Fire Design" CEN/TC 250/SC 2. (1993)
- 5) Comites Euro-International Du Beton, "Fire design of concrete structures in accordance with CEB/FIP Model Code 90 (Final Draft)," CEB Bulletin D'Information, No. 208, July 1991, Lausanne, Switzerland. (1991)
- 6) Concrete Reinforcing Steel Institute, "Reinforcing Concrete Fire Resistance", CRSI (1980)
- 7) Noumowe, A. N., Clastres, P., Debicki, G. and Costaz, J.L., "Thermal Stresses and Water Vapor Pressure of High Performance Concrete at High Temperature," Proceedings, 4th International Symposium on Utilization of High-Strength/High-Performance Concrete, Paris, France. (1996)
- 8) 윤현도 외, "고온을 받은 고강도 콘크리트의 강도 특성", 콘크리트학회 논문집, 제 14권 5호, pp.698~707 (2002)