

섬유혼입공법을 적용한 고내화 콘크리트의 개발

Development of Fire-resistant Concrete using Fibre Cocktail

염 광 수* 전 현 규** 원 철*** 김 흥 열****
Youm, Kwang-Soo Jeon, Hyun-Kyu Won, Cheol Kim, Heung-Youl

요 약

화재안전 신뢰성이 확보된 고강도 콘크리트 구조물의 시장 공급을 위하여 GS건설에서는 2005년부터 고강도 콘크리트 구조물의 강도 영역별 폭렬 저감 및 거동 안전성 평가와 수치해석 방법을 통한 경제적인 설계방법을 최종 연구목표로 하여 현재까지 콘크리트 재료의 열적 특성 확보와 구조부재 화재 특성 연구를 수행해 왔다. 강도발현, 시공성, 내화성능과 경제성에 대한 분석을 해외연구기관에 의뢰하여 섬유혼입공법을 선정한 후 이에 대한 재료의 물리적 특성과 역학적 특성 실험결과를 바탕으로 고강도 콘크리트 구조부재의 내화성능을 예측·분석할 수 있도록 비열 모델, 열전도율 모델, 압축강도 모델, 탄성계수 모델을 구축하였다. 또한 기동과 보에 대한 내화실험을 실시하여 내화성능을 평가하였으며, 이에 대한 열적 해석을 병행하여 진행하였다.

* 정회원, GS건설 기술연구소, 선임연구원, 공학박사
** 정회원, GS건설 기술연구소, 선임연구원, 공학박사
*** 정회원, GS건설 기술연구소, 책임연구원, 공학박사
**** 정회원, 한국건설기술연구원, 선임연구원, 공학박사

1. 서 론

최근 초고층 건축물의 출현으로 이를 구조적으로 해결하기 위해 압축강도 50MPa이상의 고강도 콘크리트가 보편적으로 사용되고 있어 화재로 인한 구조물의 안전성능 예측·평가할 수 있는 기술 개발이 필요하지만 현재 국내에서는 이를 수용할 수 있는 기술개발이 부족한 실정이다.

화재안전 신뢰성이 확보된 고강도 콘크리트 구조물의 시장 공급을 위하여 GS건설에서는 2005년부터 고강도 콘크리트 구조물의 강도 영역별(50~100 MPa) 폭렬 저감 및 거동 안전성 평가와 수치 해석 방법을 통한 경제적인 설계방법을 최종 연구목표로 하여 현재까지 콘크리트 재료의 열적 특성 확보와 구조 부재 화재 특성 연구를 수행해 왔다.

2. 고내화 콘크리트의 연구현황

고강도 콘크리트의 내화성능을 향상시키기 위하여 해외연구기관의 자문을 통해 강섬유와 폴리프로필렌섬유를 혼입하여 사용하는 섬유혼입공법(Fiber Cocktail)을 선정하였다. 이 방법은 온도의 급격한 상승을 억제하는 강섬유와 초기 폭렬현상을 막아주는 폴리프로필렌섬유를 동시에 사용하여 고강도 콘크리트 자체의 내화성능을 향상시키는 공법이다.

섬유혼입공법을 적용한 고내화 콘크리트를 적용하기 위하여 3단계로 연구를 진행하였다.

1. 고온에서 콘크리트의 열적 특성 평가실험

고온에서 콘크리트의 열적 특성 변화를 평가하기 위한 실험방법은 크게 재료특성 평가 실험과 부재 특성 평가 시험으로 나누어질 수 있으며, 재료특성 평가 실험은 다시 물리적 특성 실험과 역학적 특성 실험으로 분류된다. 물리적 특성 실험은 외부의 하중 재하 없이 콘크리트 매트릭스의 온도에 따른 열적 특성 변화를 평가하기 위하여 콘크리트 내부가 각각의 목표온도(20~1,000℃)에서 균일한 온도분포를 보여 열적 안정상태에 도달되었을 때 이루어지는 정상상태 온도 실험으로 수행하였다.

- 1) 열전도율 실험 (65×114×230mm³)
- 2) 비열 및 현미경 촬영 실험(5×5×50mm³)
- 3) 압축강도 및 탄성계수실험(원형공시체 10×20cm)

2. 구조부재의 구조안전성 평가

섬유혼입공법을 적용한 고강도 콘크리트 구조부재의 화재시의 폭렬 등에 따른 역학적 특성 파악 및 부재의 재하량과 하중조건 등에 따른 내화성능 평가를 위해서 고강도 콘크리트 기둥에 대해 강도설계법에 의한 각 수준별하중을 재하하여 고강도 콘크리트 구조부재의 고온시 폭렬, 피복두께별 온도, 변형량, 변형속도 및 변위 등을 측정하여 합리적인 고강도 콘크리트 구조부재의 내화성능을 파악하였다.

- 1) 재하 및 비재하 가열시험(KS F 2257-1,6)
- 2) 기둥(270×270×3000, 350×350×3000, 400×400×4000mm³) 및 보(260×480×5000mm³)
- 3) 단주(350×350×1500mm³)

3. 수치해석

고내화 콘크리트의 내화실험은 실험장비 재하능력의 한계, 높은 시험 비용 등으로 인한 반복적인 수행의 어려움 때문에 내화실험과 수치해석방법의 병행이 요구되며, 이는 관련 변수의 영향성 및 민감성 분석을 기반으로 한 수치해석이 필요하기 때문에, 기 수행된 고온 영역 재료적 물성과 역학적 특성을 규명한 후 섬유혼입 유무에 따른 고내화 콘크리트에 대한 해석을 수행하였다.

또한, 섬유혼입공법의 최적배합선정을 위해 강도확보 → 시공성확인 → 내화성능검증 → 경제성평가의 단계로 연구를 진행하였다.

내화시험은 한국건설기술연구원과 일본건축종합시험소에서 수행했으며, 현재 내화인증을 받기 위하여 준비중에 있다.



그림1. 60MPa 보 내화시험(일반)

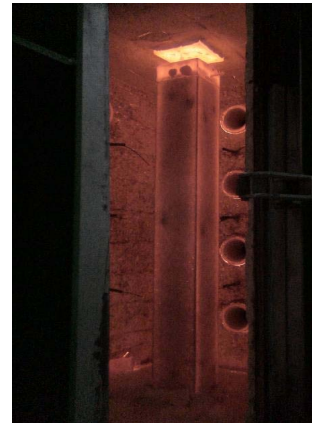


그림2. 80MPa 기둥 내화시험(섬유혼입)



그림3. 고내화 콘크리트의 현장적용

4. 결 론

2005년부터 고내화 콘크리트에 대한 연구를 진행해온 GS건설은 강도발현, 시공성, 내화성능과 경제성에 대한 분석을 해외연구기관에 의뢰하여 섬유혼입공법을 선택한 후 이에 대한 재료의 물리적 특성과 역학적 특성 실험결과를 바탕으로 고강도 콘크리트 구조부재의 내화성능을 예측·분석할 수 있도록 비열 모델, 열전도율 모델, 압축강도 모델, 탄성계수 모델을 구축하였다. 또한 기동과 보에 대한 내화실험을 실시하여 내화성능을 평가하였으며, 이에 대한 열적 해석을 병행하여 진행하였다.