

화재피해를 입은 고강도 콘크리트 구조부재의 성능평가

Performance Assessment of High Strength Concrete Members subjected to Fire

최 은 규*

Choi, Eun Gyu

ABSTRACT

This is the experimental and analysis study on the thermal distribution, structural behavior and residual strength of high strength concrete members subjected to fire. The parameters are strength of concrete, cover thickness, loading state and exposure time to fire. The ISO 834 standard fire curve is used to test. The material and structural property of concrete at high temperature are proposed, also.

요 약

본 연구에서는 화재시 콘크리트 강도, 피복두께, 하중상태 및 화재시간이 부재 내부의 열적 분포 및 구조적 거동에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 일반강도 및 고강도 콘크리트 보 및 기둥 시험체를 제작하여 각 변수에 따라 ISO 834 표준가열곡선으로 가열실험 및 가력실험을 실시하였으며, 고온에서 콘크리트의 재료 및 구조모형을 제안하고 이를 이용하여 해석을 실시하였다.

1. 본 문

콘크리트는 오랜 기간 동안 구조물에 폭넓게 사용되어 왔으며, 일반적으로 내화성능이 좋은 재료로 여겨져 왔다. 화재가 발생하였을 경우 콘크리트는 고온에 의하여 재료 물성 및 역학적인 손상을 입게 되며, 이는 결국 구조물의 구조적 성능을 저하시키고 변형을 증가시키는 결과를 초래한다. 지금까지의 연구결과에 의하면 고강도 콘크리트는 일반강도보다 화재에 취약한 경향을 보인다. 이는 고온에서 고강도 콘크리트의 폭렬현상에서 기인한 것으로 실제 화재시 고강도 콘크리트 구조물의 성능을 파악하기 위해서는 이러한 현상을 고려한 일반강도 콘크리트와 다른 평가방법이 필요하다.

본 연구에서는 화재시 콘크리트 강도, 피복두께, 하중상태 및 화재시간이 부재 내부의 열적 분포 및 구조적 거동에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 일반강도 및 고강도 콘크리트 보 및 기둥 시험체를 제작하여 각 변수에 따라 ISO 834 표준가열곡선으로 가열실험 및 가력실험을 실시하였으며, 고온에서 콘크리트의 재료 및 구조모형을 제안하고 이를 이용하여 해석을 실시하였다.

* 정회원, (주)다우와키움건설, 기술연구소

일반강도 콘크리트 보의 피복두께는 보 내부의 온도분포 및 구조적 거동에 영향을 미쳤으나, 고강도 콘크리트의 경우에는 영향을 미치지 못하였으며, 오히려 피복 두께가 두꺼운 경우 더 깊은 폭렬이 발생하여 구조적 손상이 심하였다. 따라서 고강도 콘크리트 보의 피복두께에 대한 재검토가 필요하다고 판단된다. 또한 모든 폭렬로 인하여 고강도 콘크리트의 온도분포가 일반강도에 비하여 높게 나타났다. 화재피해를 입은 보의 잔존내력에 있어서, 일반강도의 경우 10% 이하의 감소율을 보이는 반면 고강도 콘크리트의 경우 더욱 큰 감소율을 보였다. 이 또한 폭렬에 의한 단면이차 모멘트의 감소 및 열에 의한 재료적 손상도가 높아 발생한 결과이므로, 고강도 콘크리트 보의 폭렬에 대한 저감 방안이 필요하다.

고온하에서 고강도 콘크리트 기둥은 하중을 받지 않는 경우보다 하중을 받고 있을 경우 폭렬이 더욱 심하게 발생 하였으며, 특히 편심을 받을 경우 압축력이 크게 발생하는 부위의 폭렬이 가장 심하게 나타났다. 폴리프로필렌 섬유를 혼입한 경우 중심축하중 및 편심하중을 가한 경우 모두 폭렬이 발생하지 않았다. 폭렬이 발생하지 않은 경우 하중 재하의 유무는 부재 내부의 온도분포에 영향을 미치지 않았으나, 폭렬이 발생하는 경우는 하중 재하 상태에 따라 폭렬 정도가 달라 내부 온도 분포에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 폭렬이 발생한 경우 화재후 기둥의 내력은 화해를 입지 않은 기둥 내력의 30% 정도 밖에 나타내지 못하였으며, 폭렬이 발생하지 않은 경우는 50%의 내력 저하를 보였다. 이러한 결과를 바탕으로 각 경우에 대한 잔존강도를 평가하는 식을 제안하였으며, 화해 입은 기둥의 P-M상관도를 제시하여 화재시 기둥의 성능 평가를 할 수 있는 자료를 제시하였다.

또한, 실험결과를 바탕으로 고온에서 콘크리트의 재료 및 구조 모델을 제시하고 이를 이용한 해석 결과와 실험 결과를 비교 분석 하였다. 콘크리트의 재료모델은 강도에 상관없이 적용이 가능하며, 고강도 콘크리트 보의 경우 폭렬의 발생 부위를 감안하여 단면 모델을 형상화 하였다. 그러나 고강도 콘크리트 기둥의 경우 폭렬 발생의 위치가 불규칙하여 형상화하기가 불가능 하므로, 본 해석에서는 제외하였다. 제안한 재료 및 구조 모델에 의한 해석 결과는 실험 결과와 6% 이내의 오차를 보여 잘 일치하였으므로, 본 모델을 이용하여 향후 화재시 보 및 기둥의 내화 성능을 평가하는데 적합할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. American Concrete Institute, Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements, ACI 216R-89.
2. ASCE Manuals and Report on Engineering Practice No.78, Structural Fire Protection, American Society of Civil Engineering.
3. Eurocode 2, Design of concrete structures, Part 1-2: General rules - Structural fire design. BS EN 1992-1-2: 2004.
4. ISO 834-1, Fire resistance tests-elements of building constructions-Part 1: General requirements, 1999.