

# 고온가열 및 하중재하에 따른 초고강도 콘크리트의 역학적 특성 평가

## Evaluation on Mechanical Properties of Ultra High Strength Concrete with Heating and Loading

김민정\*      최경철\*\*      윤민호\*      함은영\*      미야우치 히로유키\*\*\*      김규용\*\*\*\*  
Kim, Min-Jung    Choe, Gyeong-Cheol    Yoon, Min-Ho    Ham, Eun-Young    Miyauchi Hiroyuki    Kim, Gyu-Yong

### Abstract

In this study, the ultra high strength concrete which have 80, 130, 180MPa took the heat from 20°C to 700°C and the 0, 20% stress in normal condition's to evaluate stress-strain, residual compressive strength and thermal expansion deformation were evaluated. The heating speed of specimen was 0.77°C/min 20~50°C, 50°C before the target temperature, and the other interval's heating speed was 1°C/min. As a result, the stress-strain curve of non-load specimen showed the liner behavior at high temperature when the specimen's strength increased more. If ultra high strength concrete got loads, its compressive strength tended to decrease different from the normal strength concrete. The thermal expansion deformation was expanded from a vitrification of quartz over 500°C. however, over the 600°C, it was shrinked because of the dehydration of the combined water.

키 워 드 : 초고강도 콘크리트, 폭렬, 열팽창변형, 사전재하  
Keywords : Ultra High Strength Concrete, Spalling, Thermal Expansion, Pre-loading

### 1. 서 론

콘크리트는 화재시에 폭렬현상이 발생할 수 있고, 폭렬이 방지되더라도 고온에 의해 성능이 저하된다. 이러한 문제점은 최근 구조물의 고층화·대형화 추세에 따라 사용량이 증가하고 있는 고강도 콘크리트에서 밀실한 내부구조로 인해 더욱 커지게 된다. 따라서 고온에 노출된 고강도 콘크리트의 역학적 특성에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

하지만 80MPa급 이상의 초고강도 콘크리트를 사용한 연구는 많이 이루어지고 있지 않으며 기존의 연구들에서는 하중조건을 고려하고 있지 않아 본 연구에서는 하중조건을 고려하여 고온에서 초고강도 콘크리트의 역학적 특성을 평가하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

실험에 사용된 재료와 콘크리트 배합은 표 1에 나타낸 것과 같으며, 본 연구에서는 W/B 20, 14.5, 12.5%의 초고강도 콘크리트를 대상으로 비재하 및 압축강도의 25%를 재하하였다.

또한 시험체 내·외부의 온도를 동일하게 상승시키기 위하여 1°C/min의 속도로 100, 200, 300 500, 700°C까지 가열을 실시하여 잔존압축강도, 잔존탄성계수, 열팽창변형을 평가하였다.

표 1. 실험계획 및 초고강도 콘크리트 배합

| fcu (MPa) | W/B (%) | Slump Flow (mm) | S/a (%) | Air (%) | 재하 조건 (×fcu) | 목표온도 (°C)                       | Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |    |     |     | 평가항목  |
|-----------|---------|-----------------|---------|---------|--------------|---------------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|---|
|           |         |                 |         |         |              |                                 | W                                | C   | BFS | SF  | FA  | Gy | S   | G   |   |
| 80        | 20.0    | 750             | 43      | 2±1     | 0.0<br>0.25  | 20, 100<br>200, 300<br>500, 700 | 150                              | 525 | 0   | 75  | 150 | 0  | 644 | 870 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 잔존압축강도</li> <li>• 잔존탄성계수</li> <li>• 열팽창변형</li> </ul> |
| 130       | 14.5    | ±               | 35      |         |              |                                 |                                  | 652 | 207 | 124 | 0   | 52 | 448 | 848 |   |
| 180       | 12.5    | 100             | 35      |         |              |                                 |                                  | 660 | 240 | 240 | 0   | 60 | 389 | 736 |   |

\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 석사과정  
\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 박사과정  
\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 부교수, 공학박사  
\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자 (gyuyongkim@cnu.ac.kr)

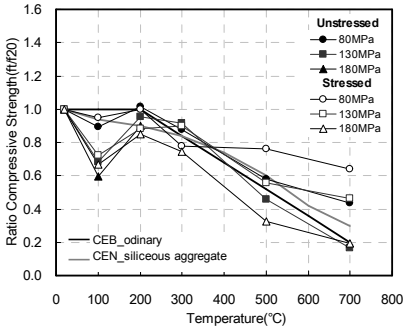


그림 1. 초고강도 콘크리트의 잔존압축강도비

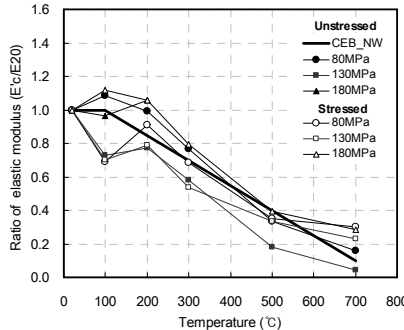


그림 2. 초고강도 콘크리트의 잔존탄성계수비

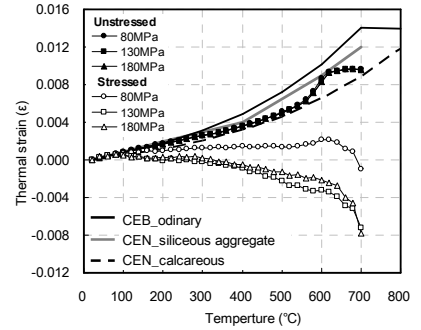


그림 3. 초고강도 콘크리트의 열팽창변형

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 잔존압축강도 및 탄성계수

그림 1과 2에 상온에 대한 고온에서의 잔존압축강도비와 잔존탄성계수비를 나타냈다. 시험체의 종류에 관계없이 100℃에서 약 60~90%의 범위로 압축강도가 낮아지는 경향을 보였다. 200℃에서는 180MPa 시험체는 약 90%, 130MPa 시험체는 95%, 80MPa 시험체는 102%의 압축강도비를 나타내 설계압축강도가 낮을수록 강도의 상승률이 증가하였다. 300℃ 이하의 온도에서는 재하에 의한 영향이 크지 않으나 이상의 온도에서는 압축강도의 잔존률이 높아지는 경향을 보였다.

고온탄성계수의 경우 온도가 증가할수록 저하하는 경향을 보였으며 재하에 의한 영향은 고온압축강도와 유사한 경향으로 300℃이상의 온도에서 고온탄성계수잔존률이 높아지는 것을 확인하였다.

#### 3.2 열팽창변형

그림 3에 재하 및 가열에 따른 열팽창변형을 나타냈다. 비재하상태에서는 온도증가에 따라 열팽창변형이 증가하는 경향이며 설계압축강도에 의한 차이가 크지 않았으나 180MPa 시험체의 경우 300℃에서 파괴되어 이상의 온도에서는 측정이 불가하였다. 또한 500~600℃에서 석영의 상변이에 의한 팽창에 의해 열팽창변형이 급격하게 증가하였으며 600℃ 이상의 온도에서는 결합수의 탈수로 인한 수축현상에 의해 열팽창량의 변화가 거의 발생하지 않았다. 하중을 재하한 경우에는 재하에 의한 수축변형에 의해 열팽창변형이 상쇄되어 변형이 크게 저감되는 것으로 나타났다.

### 4. 결론

고온가열 및 재하에 의한 초고강도 콘크리트의 역학적 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 설계기준강도가 높을수록 고온에 따른 콘크리트의 압축강도가 저하되는 폭이 크게 나타났으며 하중재하에 의한 영향으로 고온에서 압축강도 및 탄성계수의 잔존률이 높게 나타났다.
- 2) 비재하상태에서 가열에 의한 초고강도 콘크리트의 열팽창변형은 압축강도에 관계없이 유사한 경향을 나타내고, 하중재하에 의한 수축변형이 고온에 의한 열팽창변형을 상쇄시키는 것으로 나타났다.
- 3) 하중재하에 의해 콘크리트의 열팽창이 억제되어 잔존압축강도 및 잔존탄성계수가 높게 나타났으며, 이러한 현상은 300℃ 이상의 온도에서 설계기준강도가 높을수록 명확하게 나타났다.

### Acknowledgement

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업(2012H1B8A2025606)으로 수행된 연구결과임. 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. Schneider U, Behaviour of concrete at high temperatures, Deutscher Ausschus fur Stahlbeton, Heft 337, 1982