

하중재하조건을 고려한 초고강도 콘크리트의 열변형거동특성 평가

Evaluation on Thermal Strain Behavior Properties of Ultra High Strength Concrete considering Load

이영욱*
Lee, Young-Wook

김규용**
Kim, Gyu-Yong

최경철***
Choe, Gyeong-Cheol

김홍섭***
Kim, Hong-Seop

이보경***
Lee, Bo-Kyeong

윤민호***
Yoon, Min-Ho

Abstract

Thermal deformation behavior of high-strength concrete (HSC) exposed to fire is different from that of normal strength concrete (NSC). In case of ultra-high-strength concrete (UHSC), it is well known that thermal deformation behavior is greater than HSC. With increasing research of UHSC in buildings, it is necessary to understand the performance of UHSC at elevated temperatures considering loading condition. Therefore, evaluation on properties of thermal strain behavior properties of ultra high strength concrete by loading and high temperature was conducted.

키워드 : 초고강도 콘크리트, 전체변형, 고온크리프

Keywords : Ultra High Strength Concrete, Total Strain, High Temperature Creep

1. 서론

건축구조물의 고층화 및 장대화에 대한 수요가 증가함에 따라 압축강도 40MPa를 초과하는 고강도(high strength concrete) 콘크리트가 사용되고 있으며, 최근 상온 양생으로 현장타설이 가능한 압축강도 100MPa를 초과하는 초고강도 콘크리트(ultra high-strength concrete)가 개발되고 이의 실용화에 관한 연구가 진행되고 있다. 이러한 초고강도 콘크리트는 기존 연구에서 보고된 바와 같이 낮은 물시멘트비에 의해 내부가 치밀해져 보통 강도 콘크리트에 비해 고온에서 역학적 성능의 저하가 더욱 크게 일어난다.

특히, 고온에서 하중을 받는 콘크리트에 대하여 열변형이 진행될 경우 건축물의 부등변위가 발생할 가능성이 있어 초고층 건축물에 사용되는 초고강도 콘크리트에 대해 고온과 하중에 따른 열변형에 대한 평가가 필요하다. 따라서 본 연구는 80, 130MPa의 초고강도 콘크리트를 상온에서 700℃까지 가열하여 가열온도와 하중재하에 따른 열변형거동을 평가하였다.

2. 실험 계획 및 방법

본 연구의 실험 계획을 표 1에 콘크리트 배합을 표 2에 나타냈다. 초고강도 콘크리트의 W/B는 20.0 및 14.5의 두 수준으로 설정했고, 100, 200, 300, 500 및 700℃의 목표온도까지 가열하여 비재하·가열 상태에서의 열팽창 변형과 재하·가열 상태에서의 응력-변형, 전체변형, 고온크리프에 대하여 평가했다.

가열에 사용한 장치를 그림 1에 나타냈다. 2000kN급UTM에 전기가열로를 설치하여 재하와 가열이 동시에 이루어 지도록 했다. 가열중 콘크리트의 열변형량은 가열로 상부에 설치된 변위계와 가열로 하부에 설치된 변위계를 사용하여 시험체의 팽창변형을 동시에 측정하도록 설정했다.

표 1. 실험 계획 및 콘크리트 배합

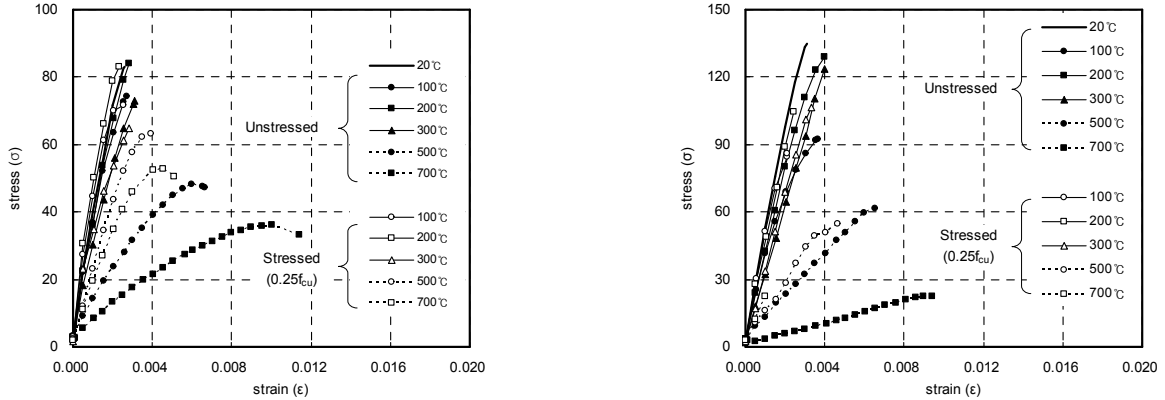
| f _{ck} (MPa) | W/B(%) | Slump flow(mm) | Air(%) | S/a(%) | 재하하중(× f _w) | 목표온도(°C) | 가열방법 ¹⁾ | 단위중량 (kg/m ³) | | | | | 평가항목 |
|-----------------------|--------|----------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|
| | | | | | | | | W | C | SF | S | G | |
| 80 | 20.0 | 750±100 | 2±1 | 43.0 | 0.25 | 100, 200, 300, 500, 700 | 1°C/min | 150 | 525 | 75 | 644 | 870 | · 응력변형 · 열팽창변형 · 고온크리프변형 |
| 130 | 14.5 | | | 35.0 | | | | | 652 | 207 | 448 | 848 | |

1) 고온 크리프는 목표온도에서 5시간 유지

* 충남대학교 건축공학과 석사과정

** 충남대학교 건축공학과 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 건축공학과 박사과정



(a) 80MPa (b) 130MPa
 그림 2. 재하와 고온가열에 따른 초고강도 콘크리트의 응력-변형 곡선

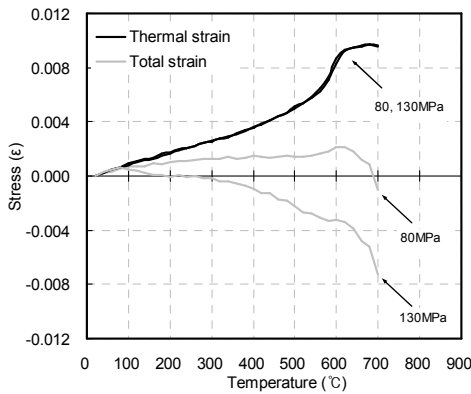


그림 3. 재하와 가열에 따른 열팽창 및 전체변형

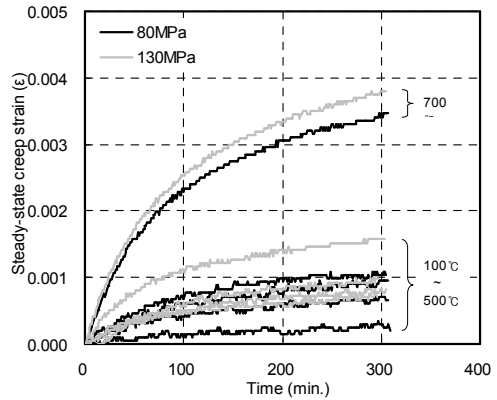


그림 4. 초고강도 콘크리트의 고온 크리프

3. 실험결과 및 고찰

재하와 가열을 받는 초고강도 콘크리트의 응력-변형을 그림 2에 나타냈다. 비재하상태의 경우, 압축강도와 관계없이 가열온도 300°C까지는 직선과 같은 형태로 파괴시 변형은 작았으나, 500°C이후로 그 기울기가 낮아져 700°C에서의 파괴변형률이 0.01로 파괴시 변형이 크게 나타났다. 하중재하상태에서는 500°C 이상의 고온을 받을 경우에 목표온도에서 파괴시 변형이 작게 나타났다.

재하와 가열에 따른 초고강도 콘크리트의 열팽창 변형 및 전체변형을 그림 3에 나타냈다. 열팽창 변형의 경우, 시험체의 강도별로 특별한 차이없이 유사하게 변화하는 것으로 나타났다. 재하와 가열을 동시에 받는 전체변형의 경우, 비재하 상태에서 발생하는 열팽창변형이 재하에 의한 하중에 의해 억제되고 수축이 발생하였다. 특히, 130MPa 시험체는 80MPa 시험체보다 더 큰 수축변형을 보였다.

그림 4는 초고강도 콘크리트의 고온크리프를 나타낸 것이다. 고온 크리프는 강도에 관계없이 온도가 높아짐에 따라 증가하였고 특히 500°C 이상의 온도에서 급격한 크리프가 발생하였다. 또한 강도가 높을수록 크리프량이 증가하였으며, 두 시험체 모두 초기 100분에 급격한 크리프변형을 보였다.

4. 결론

초고강도 콘크리트의 열팽창 변형은 압축강도에 관계없이 유사한 값이 나타났지만 하중을 재하한 경우에는 압축강도가 커질수록 큰 수축 변형이 나타났고 내력저하가 커졌다. 고온크리프변형은 압축강도가 크고 가열온도가 높아질수록 커지는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술연구사업 방호방폭 연구단 (과제번호 : 13건설연구S02)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kodur, V. K. R., & Sultan, M. A. (2003). Effect of temperature on thermal properties of high-strength concrete. Journal of materials in civil engineering, Vol.15, No.2, pp.101~107