

링형 강관 구속 조건에 의한 콘크리트의 수증기압력과 구속응력 평가

Evaluation on Water Vapor Pressure and Restrained Stress of Concrete by Ring-Type Restrained Condition

김도연* 김규용** 이상규*** 손민재*** 백재욱* 남정수****
Kim, Do-Yeon Kim, Gyu-Yong Lee, Sang-Kyu Son, Min-Jae Baek, Jae-Wook Nam, Jeong-Soo

Abstract

In this study, water vapor pressure and restrained stress were evaluated by ring-type restrained condition for compressive strength 60 and 80MPa concrete. Experimental results show that the 80MPa concrete has higher water vapor pressure and restraint stress than the 60MPa concrete, resulting in spalling occurrence. It is because, the higher the compressive strength of the concrete, the more dense the internal structure is formed.

키워드 : 구속 강관 구속 조건, 수증기압력, 구속응력

Keywords : ring-type restrained condition, water vapor pressure, restrained stress

1. 서론

고강도콘크리트는 일반강도콘크리트에 비해 낮은 물-결합재비로 인해 치밀한 내부구조를 이루게 되며 고온 상황에 노출 시 폭렬이 발생할 가능성이 큰 것으로 보고되고 있다. 이러한 폭렬 발생의 주요 원인은 수증기압력, 열응력 등이 작용하는 것으로 기존 연구자들에 의해 밝혀졌다. 한편, 폭렬 발생의 메커니즘을 명확히 규명하기 위해서는 압축 강도가 다른 콘크리트의 수증기압력, 열응력 등 내부적 요인을 복합적으로 평가할 필요성이 있으나 이에 대한 실질적 시험방법은 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 구속 링형 조건을 이용하여 압축강도 60, 80MPa 고강도콘크리트의 수증기압력과 구속응력에 대해 평가하였다.

2. 실험계획 및 콘크리트 배합

표 1에 실험계획 및 콘크리트 배합을 나타내었다. 설계기준강도 60, 80MPa 콘크리트에 대해 재령 28일간 수증 양생 후 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대 습도 $60 \pm 5\%$ 조건에서 재령 150일까지 기건 양생하였으며 이때의 함수율은 모든 시험체가 3.95%로 측정되었다. 수증기 압력, 구속응력에 대해 평가하였으며, 수증기 압력과 구속 응력을 측정을 통해 열응력을 추정하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

f_{ck} (MPa)	W/B (%)	S/a (%)	Air (%)	slump flow (mm)	Unit Weight(kg/m ³)						가열방법	가열시간	평가 항목
					W	C	SF ¹⁾	FA ²⁾	S	G			
60	35.0	40.0	4.0±1	650±100	165	471	-	-	681	1026	ISO -834	25분	<ul style="list-style-type: none"> 수증기압력 구속응력
80	20.0	43.0	2.0±1	750±100	150	525	75	150	642	870			

1) SF : 실리카흄, 2) FA : 플라이애시

* 충남대학교 건축공학과 석사과정

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

*** 충남대학교 건축공학과 박사과정

**** 충남대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 압축강도 60, 80MPa 시험체의 수증기압력을 나타내었다. 60MPa 시험체의 경우 폭렬이 발생하지 않았으며 최대수증기압력은 5mm위치에서 약 3.3MPa로 측정되어 80MPa 시험체에 비해 다소 높은 것으로 나타났다. 이후 가열 깊이가 깊어질수록 수증기 압력이 점차 낮아지는 경향을 나타내었다. 80MPa 시험체의 경우 최대수증기압력은 약 2.0MPa로 측정되었으며 약 8분 30초에 최초 폭렬이 발생하였다. 60MPa에 비해 다소 짧은 시간 내에 수증기압력의 상승 및 감소 현상이 발생하였으며, 가열면 깊이가 깊어짐에 따라 이와 같은 현상이 반복되어 표면에서 폭렬이 지속적으로 발생한 것으로 생각된다. 80MPa 시험체가 60MPa 시험체보다 압축강도가 높음에도 불구하고 수증기압력이 낮게 형성되는 이유는 보다 조밀한 내부조직 형성으로 인해 수분의 이동이 억제되었기 때문으로 판단된다.

그림 2에 압축강도 60, 80MPa 시험체의 수증기압력을 나타내었다. 두 시험

체 모두 압축강도에 관계없이 가열 표면에 가까울수록 높은 구속 응력을 나타내었으며, 전체적으로 유사한 구속응력을 형성하였다. 60MPa 시험체에 비해 80MPa 시험체가 전체 측정위치에서 높은 구속응력을 형성하였으며, 이는 콘크리트의 압축강도가 높을수록 치밀한 내부조직 형성에 의해수분이동이 억제되어 수증기 압력이 더 크게 발생함과 동시에 열응력 또한 복합적으로 작용하기 때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 수증기압력과 열응력에 의한 팽창응력이 구속응력에 영향을 미친 것으로 생각된다.

4. 결 론

링형 강관 구속 조건을 이용하여 압축강도 60, 80MPa 고강도콘크리트의 수증기압력과 구속응력을 평가한 결과, 60MPa 콘크리트는 폭렬이 발생하지 않았으나, 80MPa 콘크리트에서 폭렬이 발생한 것으로 나타났다. 이는 콘크리트의 압축강도가 높을수록 치밀한 내부구조를 갖는 재료적 특성에 기인된 것으로, 80MPa 콘크리트는 60MPa 콘크리트에 비해 수분 이동이 억제되어 응축된 수증기압력의 배출과 함께 폭렬이 발생하였으며, 열응력 또한 크게 작용한 것으로 판단된다. 이에 콘크리트의 폭렬 현상을 명확히 규명하기 위해서는 보다 다양한 압축강도의 콘크리트에 대해 수증기압력과 열응력의 상호작용에 대한 평가가 필요할 것으로 생각된다.

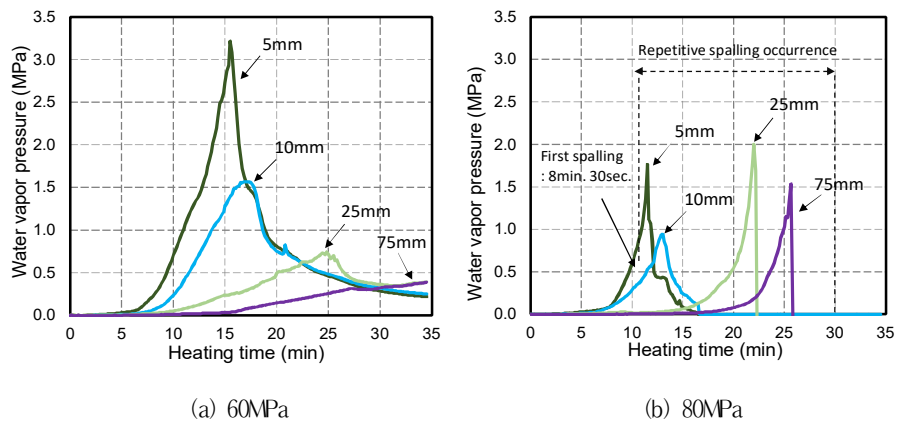


그림 1. 수증기 압력

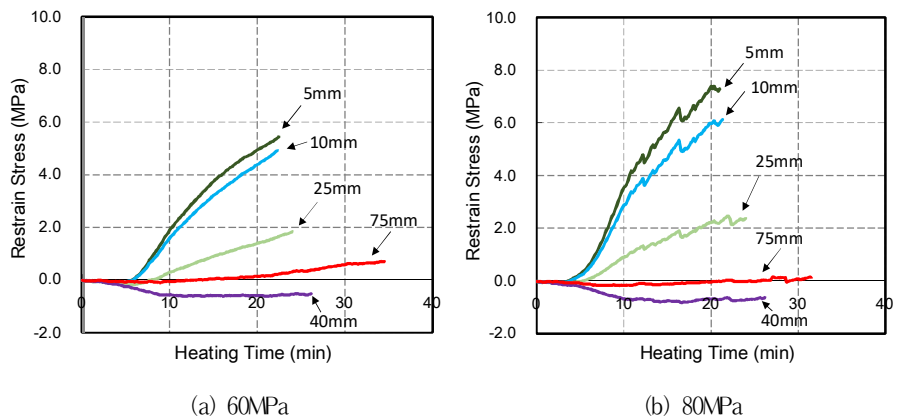


그림 2. 구속 응력

Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1A5A1037548)입니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 최경철, 이태규, 남정수, 박병근, & 김규용. (2012). 가열 속도에 따른 콘크리트의 폭렬 특성 및 내부 수증기압력 평가, 콘크리트학회 논문집, 제24권, 제5호, pp.605~612