

# 가열속도에 따른 콘크리트 내부의 수분이동이 폭발발생에 미치는 영향

## Effect of Moisture Migration in Concrete with Heating Rate on Concrete Spalling

최 경 철\*      김 규 용\*\*      남 정 수\*\*\*      김 흥 섭\*      윤 민 호\*\*\*\*      황 의 철\*\*\*\*

Choe, Gyeong-Cheol    Kim, Gyu-Yong    Nam, Jeong-Soo    Kim, Hong-Seop    Yoon, Min-Ho    Hwang, Ui-Chul

### Abstract

In this study, it reviewed the effect of moisture migration in concrete with heating rate on concrete spalling. Concrete specimens with compressive strength 30MPa and 110MPa are used and its size is  $100 \times 100 \times h200$ mm. And, two kinds of heating rate are set such as ISO 834 and 1°C/min. As a result, in the concrete specimen exposed to ISO 834 standard heating condition, moisture could migrate through pore network and surface concrete pieces fall out by generating moisture clog near the surface in 110MPa concrete specimen. Meanwhile, In the case of concrete specimens exposed to 1°C/min, heating condition, it is appeared that moisture could not migrate because temperature is distributed uniformly. Therefore, surface spalling is not occurred with low heating rate. However, in the case of 110MPa concrete specimen is exploded even though it heated by low heating rate.

키 워 드 : 가열속도, 콘크리트 폭발, 수분이동, 고강도콘크리트

Keywords : heating rate, concrete spalling, moisture migration, high strength concrete.

## 1. 서 론

화재 등의 고온에 노출된 콘크리트는 표면부의 콘크리트가 바리 및 비산하는 폭발현상이 발생할 위험이 있으며, 이와 같은 현상은 물과 결합재의 비율이 낮아 치밀한 공극구조를 갖는 고강도콘크리트에서 발생할 가능성이 높고 이러한 콘크리트폭발은 수증기압력과 열응력이 콘크리트의 강도를 초과할 경우 발생하는 것으로 알려져 있다. 한편, Ichikawa<sup>1)</sup>는 콘크리트 폭발현상에 관해서 가열환경에 따라 온도의 불균등 분포에 의해 콘크리트의 수분이 이동되고, 특정위치에서 응집됨으로써 수증기압력을 발생시킨다고 보고하였다.

콘크리트의 폭발에 관한 연구에서는 주로 화재와 같이 급격한 승온조건에서 진행된 연구가 대부분이지만, 일부의 연구<sup>2)</sup>에서는 콘크리트 시험체의 온도분포가 비교적 균등한 가열조건에도 폭발이 발생한다는 보고가 있다. 따라서 본 논문에서는 일반강도콘크리트와 초고강도콘크리트를 대상으로 ISO-834표준가열조건과 1°C/min.의 가열조건을 설정하여, 내부의 수증기압력과 수분이동 및 폭발성상을 평가하고 가열속도 및 콘크리트 압축강도에 따른 수증기압력의 형성과 수분이동 특성이 콘크리트 폭발에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

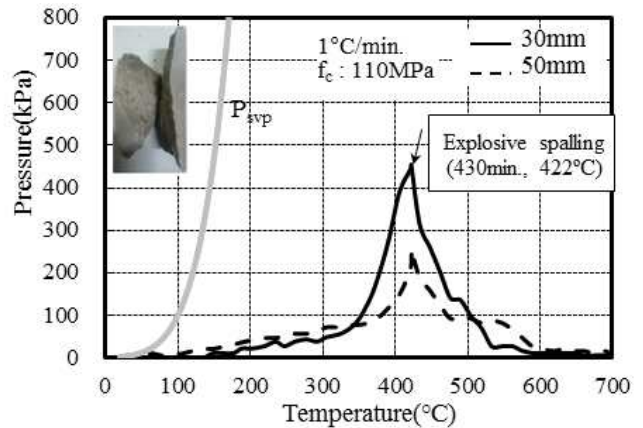
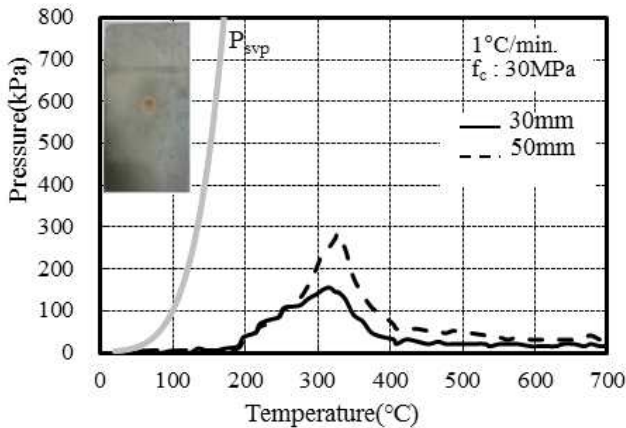
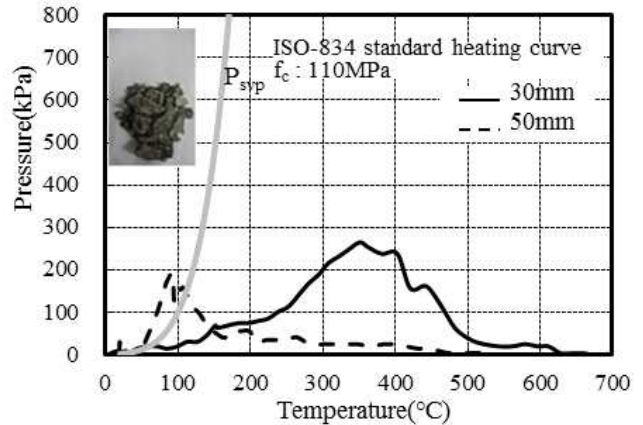
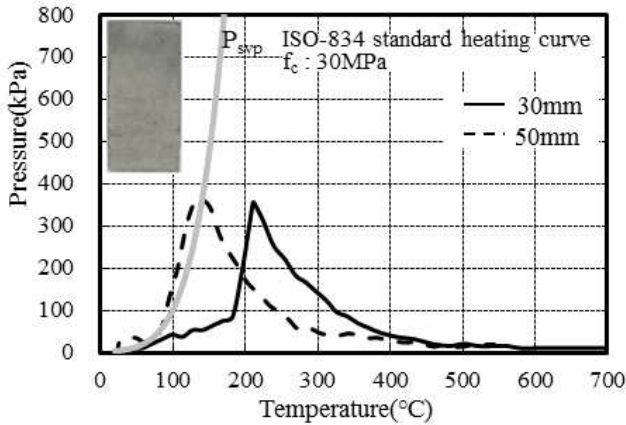
| W/B (%) | fcu (MPa) | 가열방법                   | 수증기압력 측정위치 | 시험체 크기                          | Slump-flow (mm) | Air (%) | S/a (%) | 단위질량 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |     | 평가항목              |
|---------|-----------|------------------------|------------|---------------------------------|-----------------|---------|---------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
|         |           |                        |            |                                 |                 |         |         | W                         | C   | BFS | SF  | S   | G   |                   |
| 55.0    | 30        | · ISO 834<br>· 1°C/min | 30mm       | $100 \times 100 \times h200$ mm | 180±20          | 4±2     | 45      | 185                       | 336 | -   | -   | 797 | 956 | · 폭발성상<br>· 수증기압력 |
| 18.0    | 130       |                        | 50mm       |                                 | 650±50          | 2±1     |         | 160                       | 596 | 133 | 133 | 617 | 740 |                   |

\* 충남대학교 건축공학과 BK21플러스 박사후 연구원, 공학박사

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

\*\*\* 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 박사과정



### 3. 실험결과 및 결론

ISO 834 표준가열 조건에서는 콘크리트 시험체 표면과 중심사이의 온도차이가 발생하여 온도분포의 불균형이 발생하고 이에 따라 수분이 시험체 깊이방향으로 이동되는 것을 확인하였다. 특히, 압축강도 30MPa의 일반강도 콘크리트에서는 상대적으로 공극의 양이 많기 때문에 수분이동이 원활이 발생하지만, 110MPa 콘크리트에서는 수분이 이동이 제한되어 표면에 수증기가 응집하며 여기서 발생한 수증기 압력에 의해 표면콘크리트가 박리되는 폭발이 발생하는 것으로 나타났다. 1°C/min.로 가열된 콘크리트 시험체는 급속한 가열조건과 달리 온도가 비교적 균등하게 분포되고 내부의 수분이 이동되지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 시험체 표면에서 콘크리트 파편이 박리되는 폭발은 발생하지 않았지만, 110MPa 콘크리트에서는 표면이 아닌 시험체 중심부에서 폭발하는 폭발이 발생했다.

일반강도 콘크리트범위에서는 승온속도를 낮추어 수분의 응집층이 생기지 않게 함으로써 폭발을 방지할 수 있으나 100MPa 이상의 콘크리트에서는 가열속도가 낮은 경우에도 폭발적으로 파괴되는 폭발이 발생할 수 있으므로 이에 대한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. NRF-2015R1A2A2A01007705)임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

1. Ichikawa, Y., & England, G. L. Prediction of moisture migration and pore pressure build-up in concrete at high temperatures, Nuclear Engineering and design, Vol.228, No.1, pp.245~259, 2004
2. Kalifa, Pierre, Francois-Dominique Menneteau, and Daniel Quenard, "Spalling and pore pressure in HPC at high temperatures," Cement and concrete research 30.12 pp.1915~1927, 2000