

# 띠철근 간격에 따른 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능

## Fire Resistance of High Strength Concrete Columns with Tie Spacing

박 찬 규\*      이 승 훈\*  
Park, Chan Kyu    Lee, Seung Hoon

---

### ABSTRACT

This paper presents the experimental results on the fire performance of high strength concrete(HSC) column made with different tie spacing. Three HSC columns measuring 305×305mm in cross section were prepared to evaluate the effect of tie spacing with 150, 210, 300mm, respectively. Compressive strength was 69MPa at test. As a result, the fire performance of HSC columns was greatly influenced by tie spacing. The fire resistance increases with decreasing the tie spacing.

### 요 약

본 논문에서는 띠철근 간격에 따른 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능에 대한 실험결과를 제시하고 있다. 단면 크기 305×305mm이 고강도 콘크리트 기둥을 3개 제작하였으며, 띠철근 간격은 150, 210, 300mm 이었다. 시험시의 압축강도는 69MPa이었다. 시험 결과로서, 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능은 띠철근 간격에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 띠철근 간격이 줄어들수록 내화 성능이 증가하는 것으로 나타났다.

---

\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 수석연구원

## 1. 서론

내화성능은 화재에 견디는 빌딩 부재의 성능을 나타내는 척도이다. 콘크리트 기둥에 있어서, 내화 성능은 강도, 밀도, 콘크리트 내의 수분량, 불의 강도, 기둥 크기 및 형상, 철근의 세부 상세, 하중 상태, 골재 종류 등 많은 요인에 영향을 받는다. 그런데 고강도 콘크리트는 보통강도 콘크리트 보다 폭렬이 쉽게 발생하는 것으로 알려져 있으며, 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능은 폭렬에 큰 영향을 받는다. 비록 폭렬이 고강도 콘크리트의 특성일지라도, 이러한 폭렬은 여러 변수에 대하여 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능을 파악하고자 할 때 부정확한 평가를 내리게 한다. 따라서 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능을 보다 정확하게 이해하기 위해서는 이러한 폭렬이 거의 제거된 상태에서 실험이 진행되어야 한다. 최근에 고강도 콘크리트의 폭렬 저감을 위한 방안들이 연구들<sup>1), 2)</sup>이 진행되어 왔다.

본 연구의 목적은 띠철근 간격에 따른 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능을 실험적으로 규명하는 것이다. 이를 위하여 3개의 시험체를 제작하였고 내화 시험을 실시하였다. 또한 고강도 콘크리트의 폭렬 저감을 위하여 폴리프로필렌 유기 섬유를 혼입하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시험체 제작

고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능을 평가하기 위하여, 그림 1에 나타낸 바와 같은 사각형 단면을 가지는 기둥에 대하여 내화 시험을 실시하였다. 실험 변수는 표 1에 나타낸 바와 같다. 표 1에 나타낸 바와 같이 콘크리트 설계 압축강도는 50MPa, 축방향 철근비는 약 2.5%, 그리고 기둥의 길이는 3,410mm이었다. 실험 변수는 띠철근 간격으로서 150, 210, 300mm이다.

콘크리트 기둥 내의 온도 변화를 파악하기 위하여 K-type 열전대를 설치하였으며, 자세한 열전대 위치는 그림 1에 나타낸 바와 같다. 철근의 온도를 측정하기 위하여 철근에 작은 구멍을 뚫어 열전대를 내부에 삽입하였다. 열전대 설치 위치는 기둥 높이의 중간 부분에 설치를 하였다.

설계강도 50MPa에 해당하는 콘크리트를 제조하기 위하여 W/B 30%를 사용하였고, 결합제는 플라이애쉬와 제 1종 시멘트를 사용하였다. 그리고 폭렬 방지를 위하여 폴리프로필렌 섬유를 소량 혼입하였으며, 유동성을 확보하기 위하여 카르본산계 고성능 감수제를 사용하였다.

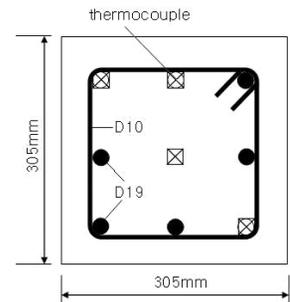


그림 1 단면상세

표 1 실험 변수

구분	설계압축강도 (MPa)	단면크기 (mm)	주철근비 (%)	띠철근간격 (mm)	하중 N(kN)	$N / \phi P_{n,max}$ (%)
50-305-a	50	305×305	2.5	300	1,393	52.3
50-305-b	50	305×305	2.5	210	1,393	52.3
50-305-c	50	305×305	2.5	150	1,393	52.3

### 2.2 시험 조건 및 과정

콘크리트의 압축강도는 기둥의 내화 시험 직전에 측정하였으며, 압축강도는 69MPa이었다. 또한 철근의 항복강도는 D10인 경우 427MPa, D19인 경우 527MPa이었다. 내화 시험은 2,500kN의 하중

용량을 가진 가열로 장비에서 실시되었으며, 기둥의 양단부는 힌지 상태였다. 가열 직전에 ACI 318-05<sup>3)</sup>에 따른 최대축하중강도의 52.3%에 해당하는 하중을 기둥에 가하였다. 그리고 이 하중은 내화 시험 도중에 일정하게 유지되었다. 내화 시험 도중에 가열로의 온도는 ISO 834의 표준화재곡선에 맞게 조절되었다. 기둥 내 각 부위의 온도와 가열로 내의 온도 및 기둥의 축방향 변위가 30초 간격으로 측정되었다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 콘크리트 폭렬

모든 시험체에서 시험을 시작하지 최초 30분 내에서 폭렬이 발생하지는 않았다. 그러나 그림 1에 나타낸 바와 같이 모서리에서 약 100mm 떨어진 곳에서 큰 폭의 종방향 균열이 발생하여 약 3시간이 경과하면서 모서리 부분이 크게 떨어져 나가는 현상이 관측되었다. 그림 1은 50-305-c 시험체의 시험 후 모습을 나타낸 것이다. 이러한 균열은 시험 시작 40분 후에 관측되었는데, 그 이후에 균열의 폭이 점점 커지는 것이 관측되었다. 그 결과 이러한 형태의 폭렬은 높은 공극압에 기인하여 발생하는 초기의 폭렬과는 매우 다른 형태에 속한다. 50-305-a와 50-305-b는 압축 파괴형태를 나타내었고, 50-305-c는 3시간까지 파괴되지 않았고 시험은 종료되었다.



그림 1 50-305-c 시험체 시험 후 모습

#### 3.2 축방향 변위와 내화 성능

그림 2는 기둥의 축방향 이력 곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 시험 시작 후 약 2시간이 경과하면서 4.3~4.7mm까지 길이가 늘어났으며, 그 이후에는 파괴나 시험 종료 시까지 수축하는 것으로 나타났다. 띠철근의 간격에 관계없이 전체적으로 축방향 이력 곡선은 비슷한 것으로 나타났다. 시험 결과, 띠철근 간격이 300mm인 경우에는 146분, 210mm인 경우에는 180분, 150mm인 경우에는 3시간 이상으로 내화 성능이 나타났다. 그 결과 띠철근의 간격이 적을수록 내화 성능이 증가하는 것으로 나타났다.

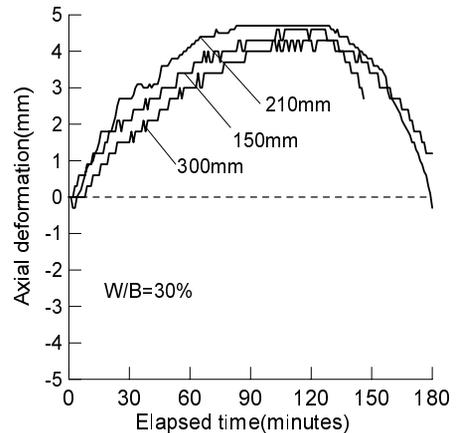


그림 2 기둥의 축방향 이력 곡선

#### 3.3 단면 내의 온도 분포

그림 3은 기둥의 모서리 철근에 대한 온도 이력을 띠철근 간격별로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 120분까지는 띠철근의 간격에 관계없이 온도 이력이 매우 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 띠철근 간격이 300mm인 경우 132분, 210mm인 경우 157분이 경과하면서 급작스럽게 온도가 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 띠철근 간격이 150mm의 경우에는 이러한 현상이 나타나지 않았다. 위에서도 언급한 그림 1의 모서리 주위에 발생한 균열이 그림 4에 나타낸 바와 같이 시간이 경과하면서 확대가 되고, 이를 통하여 가열로 내의 높은 온도의 열기가 내부로 침입하여

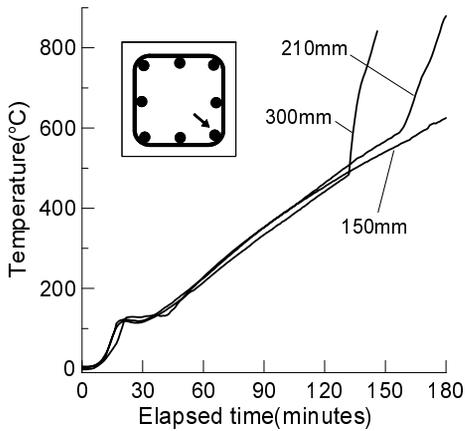


그림 3 모서리 철근의 온도 이력

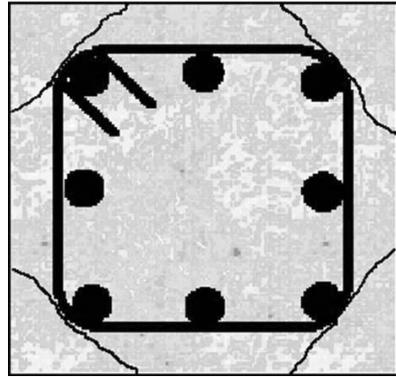


그림 4 전형적인 균열 형상

모서리 철근의 온도를 높은 것으로 판단된다. 이러한 결과에 기초한다면, 띠철근 간격이 줄어들면서 횡보강 효과에 의한 균열 폭이 감소를 하고 더불어 내화 성능이 향상된다고 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서 띠철근 간격이 고강도 콘크리트 기둥의 내화 성능에 미치는 영향을 실험적으로 규명한 결과, 띠철근 간격이 적을수록 코어 부분의 횡보강 효과에 기인하여 내화 성능이 증가하는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. Kalifa P., Chene, G., Galle, C., "High-Temperature Behaviour of HPC with Polypropylene Fibres from Spalling to Microstructure," Cement and Concrete Research 31, 2001, pp. 1487-1499.
2. Cheon-Goo Han et al., "Performance of Spalling Resistance of High Performance Concrete with Polypropylene Fiber Contents and Lateral Confinement," Cement and Concrete Research 35, 2005, pp. 1747-1753.
3. ACI committee 318. (2005) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05). American Concrete Institute, Detroit, 430 pages.