

블록 보강 나철골 기둥 내화성능에 관한 시험연구

윤 희 상 / 기술지원부 기획인증팀장
강 은 수 / 건축구조부 선임연구원

1. 머리말

최근의 건축 현황을 보면 경제 발전 및 도심지의 대지 활용 극대화 필요성에 따라 업무용 및 상업용 건물 등이 고층화·거대화되고 있다. 철골구조는 내구성과 내진성이 우수하고 건식공법에 의한 공기 단축 및 공사비 절감의 장점으로 고층건물 등 대형 건축물에 적합한 구조로 평가되고 있다. 그러나 나철골 구조의 경우 철근콘크리트조에 비하여 화재 노출시 고온에 빨리 도달함으로써 강도 저하와 열 응력의 발생을 야기시켜 구조기능을 상실하는 등 결함을 지니고 있으며, 또한 철골 압축강도의 한계성으로 인해 건물 규모 및 층수에 제한이 따르게 되거나 부재의 단면이 증가하게 된다.

일반적으로 나철골 구조에 내화성능 및 구조성능을 강화시켜 사용되는 구조 중 가장 보편적인 구조는 철골철근콘크리트구조(SRC조)이다. SRC조는 강제 주위의 철근콘크리트가 압축강도를 부담하고, 강재의 화재 노출을 막아 강성 및 내화성능이 우수한 구조이다. 그러나 SRC조는 시공시 습식공사(철근콘크리트 공사)로 인하여 공사기간 연장에 따른 공사비 추가 발생으로 철골구조의 최대 장점인 ‘공기단축에 의한 공사비절감’에 역행하는 결과를 초래하게 되어 철골 수요 증대에 한계성을 갖게 한다.

따라서 SRC조 만큼 구조성능 및 내화성능을 보유하고 공기 단축 등을 통한 공사비 절감을 기대할 수 있는 새로운 구조의 개발 필요성이 부각됨에 따라 현재 몇 가지 방법이 제시되고 있으며 그 중 한가지가 나철골에 블록을 보강한 구조이다.

본 연구는 나철골 기둥과 블록보강 나철골기둥 대한 화재실험을 결과를 비교·분석함으로써 블록을 보강한 나철골 구조의 내화성능이 나철골 구조 보다 어느 정도 향상이 가능한 가를 확인하는 한편, 이를 블록을 이용한 합성철골구조의 내화구법 개발에 기초자료로 활용하는데 그 목적을 두었다.

2 성능시험

시험체는 건축물에 일반적으로 많이 사용되는 H 형강을 사용하였으며 시험체 크기 등 세부 사항은 아래 <표 1>과 같다.

[표 1]

구 분	나철골기둥	블록보강 철골기둥
강 재 종 류	SWS 490	
시 험 체 크 기	H-300×300×10×15, 높이 3,500mm	
보 강 블 록	· 속빈 콘크리트 블록 · 크 기: 390×190×150mm · 압축강도 : 1,038N/cm ²	

적용 시험기준은 현재 건축부재의 내화성능시험시 국제적으로 통용되고 있는 ISO 834(Fire Resistance Tests - Elements of Building construction)기준 중 기둥의 재하가열 시험방법을 적용하였다. 시험체에 가하는 하중(재하량)은 시험체의 허용압축강도와 동일한 하중을 재하하였으며, 재하 하중량은 대한건축학회의 강구조계산 기준에 따라 아래와 같이 산출하였다.

- 부재의 세장비 : $\lambda = L/i_y = 46.0$
- 한계 세장비 : $\lambda_p = (\pi^2 E \div 0.6 \div F_y)^{1/2} = 103.1$
- 안전율 : $n = 1.5 + 2/3(\lambda/\lambda_p)^2 = 1.63$
- 허용압축응력도 : $f_c = \{10 - 0.4(\lambda/\lambda_p)^2\} \times F_y \div n = 183.5 \text{ N/mm}^2$
- 재하 하중 : $P = f_c \times A = 183.5 \text{ N/mm}^2 \times 11,450 \text{ mm}^2 = 2,101,075 \text{ N} = 2,101,075 \text{ N} \times 1 \text{ kgf}/9.8 \text{ N} = 214,395 \text{ kgf} \approx 215 \text{ ton}$

여기서

A : 시험체 단면적(11,450mm²)

L : 시험체 길이(3,500mm)

F_y : 항복강도(325N/mm²)

E : 영계수(210,000 N/mm²)

i_y : Radius of gyration for weak axis
= 76.1 mm

시험체를 유효가열 높이가 3,500mm인 기둥 가열로에 수직으로 설치한 후 시험체에 시험하중(215 ton)을 재하하면서 ISO 834의 표준가열온도 곡선에 따라 가열하였으며, ISO 834에서 규정한 허용변형량(시험체 높이의 1/100) 및 허용변형속도(분당 시험체높이의 3/1000)를 초과하는지 여부를 확인하기 위해 시험체 하부의 유압실린더에 부착된 변위계로 수직변형량을 측정하였고, 강제 온도의 상승을 확인하기 위하여 Flange부분 6개소,

Web부분 3개소를 측정하였다. (그림 1 참조)

나철골 기둥과 블록보강 나철골 기둥의 재하가열시험 결과 나철골 기둥은 8분, 블록보강 나철골 기둥은 21분의 내화성능을 나타냄을 알 수 있었다. <표 2> 참조

[표 2] 시험결과 비교표

시험체	최대연신량	허용변형량 초과시간	강재온도(°C)	비고
나철골 기둥	8.4mm (8분 30초)	9분	536°C	허용변형량 : h/100 = 35mm
블록보강 기둥	6.0mm (19분)	22분	Flange : 487°C Web : 82°C	

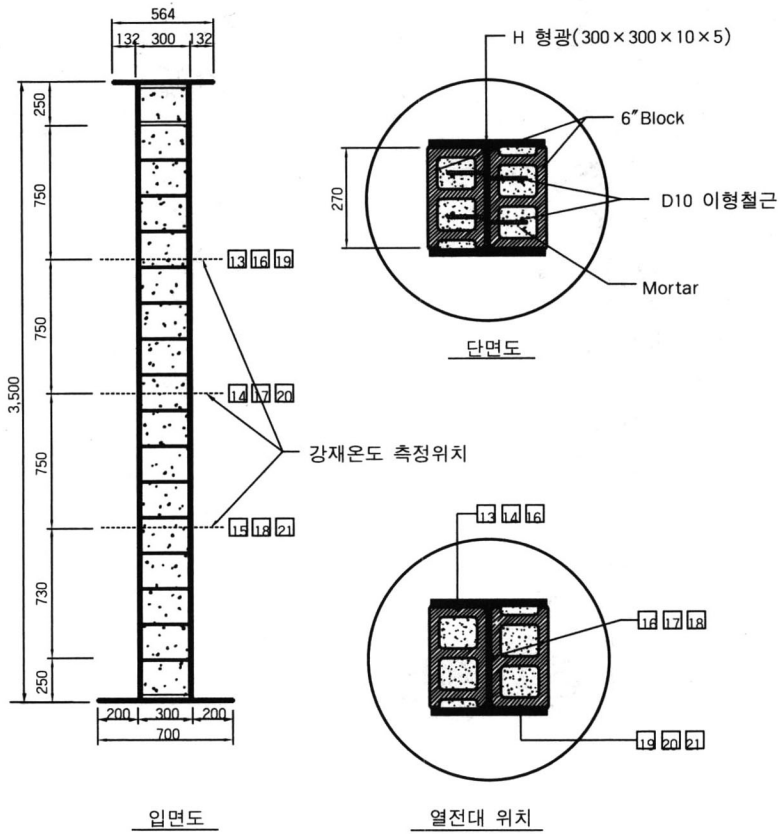
(주) 강재온도는 국부좌굴로 인하여 시험체가 급속히 수축될 때의 온도임.

3. 시험결과 분석

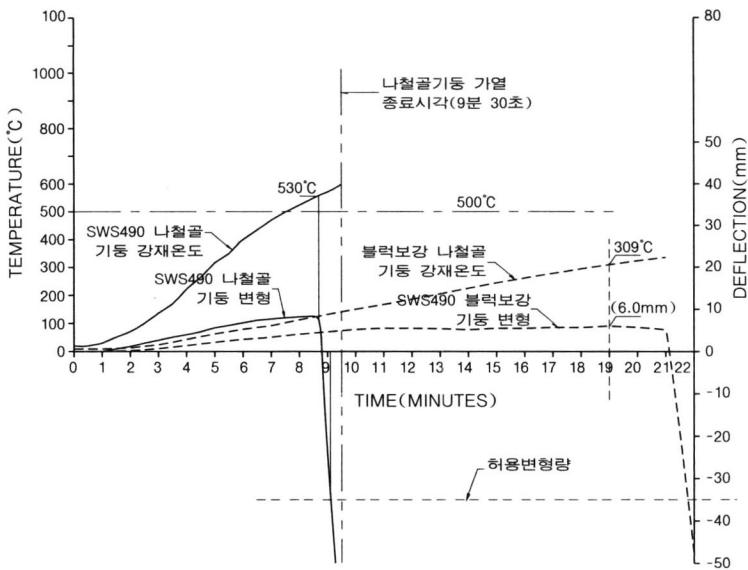
블록 보강 나철골 기둥 시험체의 재하가열시험 결과를 일반 나철골 기둥의 재하가열시험 결과와 비교·분석한 결과 다음과 같은 내용을 도출할 수 있었다.

- 블록보강 철골기둥의 내화성능은 21분으로 일반 나철골 기둥(9분)보다 약 12분 향상된 것으로 나타났다.
- 외국의 경우 블록보강 철골기둥은 약 30분의 내화성능이 있는 것으로 보고된 것과 비교할 때 약 9분 정도 적은 결과를 나타냈으며, 이는 블록을 철골 Web 크기에 맞게 절단하여 설치함에 따라 접촉상태가 완벽하지 못한 것에 기인한 것으로 추정되었다.
- 일반 나철골 기둥보다 화재 노출면적이 적은 블록보강 나철골 기둥의 강제 온도가 더 완만하게 상승하였다.
- 블록보강 나철골 기둥의 시험체는 강재의 허용응력도가 급속히 저하되는 강재의 온도시점(1차 항복) 이후 약 2분 동안 강재의 Web 부위가 버티다가 붕괴(2차 항복)되었는데, 이는 나철골 기둥에 보강된 블록의 압축강도의 추정치가 약 90톤으로서 강재에 가해지고 있

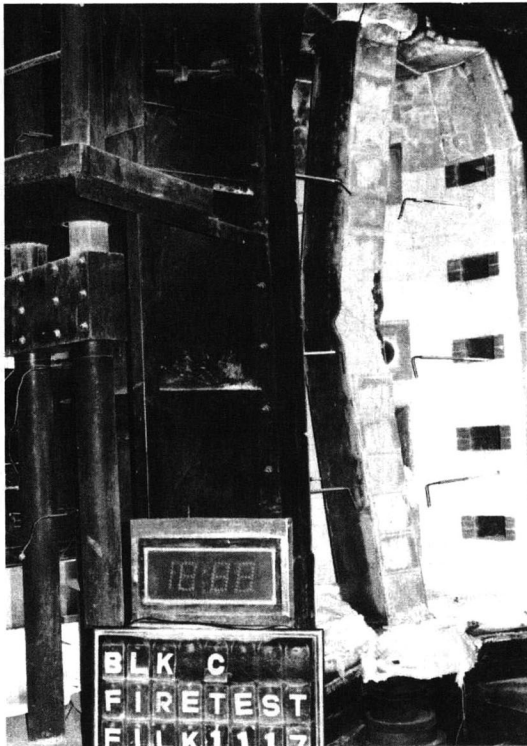
(단위 : mm)



[그림 1] 시험체 구성도



[그림 2] 강재의 온도 및 변형량 비교 그래프



블록보강 철골기둥의 화재시험후 모습



나철골 기둥의 화재시험후 모습

는 재하량 215톤의 약 40%에 해당되어 보강 블록이 단순히 단열의 역할에 그친 것으로 추정되었다. <그림 2참조>

4. 맺음말

공기단축과 공사비 절감이라는 철골구조의 장점을 유지하면서 내화성능도 함께 보유한 구조의 개발은 향후 철골구조 활성화에 큰 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되며, 현재 공장생산이 가능한 구조의 개발 등 경제성 있는 구법이 요구되고 있다. 본 실험 결과 블록보강 철골구조의 내화성능이 30분을 넘지 못하는 것으로 나타났으므로 압축강도 보강방법, Flange부분의 온도 상승을 방지하기 위한 보완 조치 등이 블록 보강 철골구조의 내화성능 향상을 위해 해결되어야 할 과제를 알 수 있었다. (FILK)

알려드립니다

저희 연구소는 2000년 3월 25일부로 종래의 명칭인 방재시험연구소에서 '방재시험연구원'으로 개칭하게 되었습니다.

이를 계기로 저희 연구원은 새로운 결의로써 고객만족 경영을 실현하기 위해 가일층 노력할 것을 여러분께 다짐합니다.

■ 부서별 연락처

• 기술지원부

기획·인증팀 : TEL:(0337)881-6012~3
FAX:(0337)882-3527

총무팀 : TEL:(0337)881-6010~1
FAX:(0337)882-3526

• 방재설비부 : TEL:(0337)883-9861~4
FAX:(0337)884-8101

• 건축구조부 : TEL:(0337)881-6151~4
FAX:(0337)884-8102