

건식화 POSCO E&C Fire Board (PFB)공법 개발에 관한 연구

A Study on the Development of a Dry PFB Method with High Fire Resistance

김 우 재*

Kim, Woo Jae

ABSTRACT

The present study was to develop a dry PFB method similar to the existing gypsum board construction method in order to apply the existing wet PFB method that uses fire resistant adhesive. It was found that the existing wet method can produce concrete compressive strength of 80MPa and fire resistance of 3 hours with 30mm PF boards. The goal of development in this study was fire resistance of 3 hours through dry construction of 15mm fire resistant boards. According to the results of fire resistance test, when the dry PF method was applied, the temperature of the main reinforcing bar was 116°C in 15mm, 103.8°C in 20mm, and 94°C in 25mm, and these results satisfied the current standards for fire resistance control presented by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. When a 3 hour fire resistance test was performed and the external properties of the specimen were examined, the outermost gypsum board hardly remained and internal PF board maintained its form without thermal strain.

국내 초고층 프로젝트의 증가에 따라 필연적으로 고강도 콘크리트의 사용이 증가되고 있다. 콘크리트의 강도가 증가됨에 따라 화재시 단면결손을 유발하는 폭발의 경향성이 커지고, 콘크리트부재 내부의 온도를 현저하게 증가시키며 심각한 구조적 손상을 유발할 수 있다는 문제점이 대두되었고, 정부에서도 2008년 7월부터 고강도 콘크리트의 내화성능 관리기준을 시행하고 있다. 이에 국내 각 건설사들은 50MPa 이상의 고강도 콘크리트에 대하여 폭발방지 대책을 수립 중에 있다. 본 연구소에서는 신축공사 및 리모델링공사에도 적용이 가능한 고강도 콘크리트 폭발방지 공법인 PFB (Posco E&C Fire Board) 공법을 개발하여 지속적인 공법 개선에 노력하고 있다. 본 연구는 고강도 콘크리트 폭발방지 대책으로 개발한 PFB 공법 개발에 대한 일반사항, 현재 건식화 공법 개발 및 당사 PJT 적용 현황에 대한 내용을 기술하고자 한다.

* 정회원, 포스코건설 R&D CENTER 기술연구소, 공학박사

1. 서 론

국내 건설사 및 학계에서는 현재 사회적 문제로 대두되고 있는 화재시 고강도 콘크리트의 안전성 확보를 위한 연구를 진행 중에 있으며, 본 연구소에서도 폭발 방지 공법인 PFB 공법을 개발하였다. PFB 공법은 POSCO E&C Fire Board 공법으로 무기질계 내화 보드를 접착제로 현장에 시공하는 공법으로 기존 연구에서 3시간 내 화시험을 실시한 결과 주근 온도가 200도 이하로 유지되었으며, 콘크리트 및 내화보드에 폭발 및 기타 손상이 발생되지 않았다. 이에 본 논문에서는 PFB 공법의 개발 현황 및 당사 PJT 적용 현황에 대하여 기술하고자 한다.

2. PF 보드 성능시험

초기의 PF보드는 알루미늄 실리케이트계 무기물과 알칼리 실리케이트 경화제를 이용하여 Al-Si 무기 폴리머 구조를 형성하는 결합체에 단열 골재, 내화 골재 및 기능성첨가제를 첨가하여 구성되는 내화보드로 일면 가열 내화시험을 실시한 결과 그림1과 같이 25mm 두께의 경우 주근의 온도가 200도 이하로 조사되었다. 현재 개발 완료 된 개선 PF보드의 경우 간이내화 시험 (1,000℃ 3시간)을 실시한 결과 열차단 성능이 15% 이상 향상되는 것으로 조사되었다. 이것은 무기섬유가 열적 변형을 감소시키는 것으로 사료되며, Al:Si mol ratio 조정에 따른 PF보드의 내부 조성의 변화, 고온 성형 및 건조 양생에 따라 차열 성능이 향상 된 것으로 판단된다.

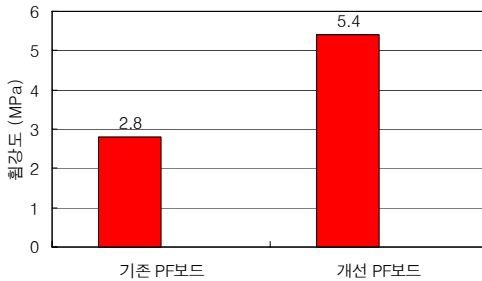


그림 2. 휨강도 시험 결과

기본 PF보드와 개선 PF보드의 물리적 성능 중 휨강도는 2.8 MPa에서 4MPa로 휨 강도의 성능이 향상되는 것으로 조사되었다. 이것은 개선 PF 보드의 경우 섬유 및 골재의 입도를 3mm 이하로 제조하여 조직의 치밀성 및 휨 성능을 향상 시킨 것으로 판단된다. (그림2 참고) 현장 시공 후 중량물 설치치 하자발생을 사전에 방지하기 위한 방안으로 나사못 유지력 시험을 실시 한 결과 기본 PF보드는 187N 개선 PF보드는 198N으로 조사되어 나사못 지지력 성능도 향상되는 것으로 조사되었다.(그림3 참고) 부피비중은 기본 PF보드와 개선 PF보드가 차이가 없는 것으로 조사되었다. 차열 성능의 주요한 평가 항목인 열전도율 시험을 실시한 결과 기본 PF보드의 경우 0.285w/mk로 조사되었으며, 개선 PF보드의 경우 0.148 w/mk로 조사되어 50% 이상의 차열성능이 가능 한 것으로 사료된다.(그림4 참고)

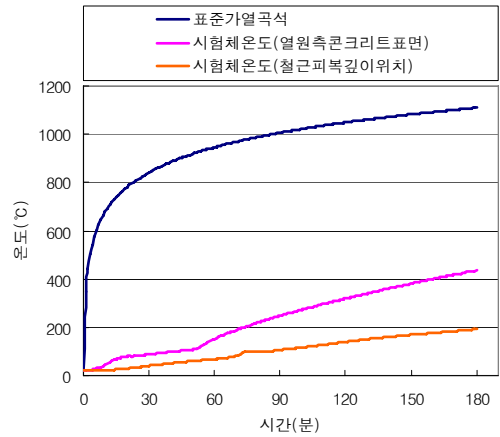


그림 1. PF보드의 차열시험 결과(25mm)

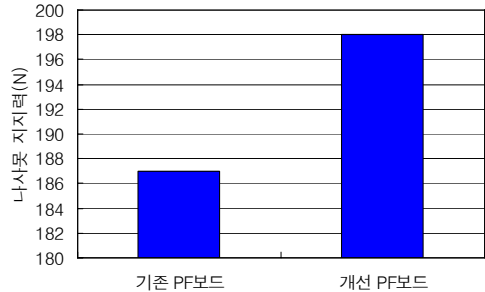


그림 3. 나사못 지지력 시험 결과

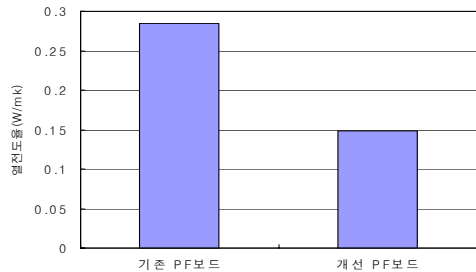
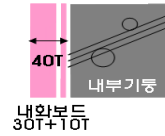



그림 4. 열전도율 시험 결과

2. PFB 공법 개발

기존 PF보드공법의 경우 내화 접착제를 사용하여 구조체 콘크리트에 부착하는 방식으로 개발하였으나 경제성 및 시공성을 확보하기 위한 방안으로 현재 건식화 공법을 개발 하였다. 건식화 공법은 기존의 석고보드 시공과 동일한 방법으로 시공이 가능하여 기존 인테리어 공사와 병행하여 시공이 가능하다. 표1 과 같이 기존의 경량 벽체에 석고보드 2장이 시공되는 경우 내부 석고보드 대신 PF보드를 내부에 시공하면 3시간 내화 성능이 확보되는 것으로 조사되었다.

표 1. PFB 공법 비교

구분	습식공법	건식공법
보드두께	30mm 이상	15mm 이상
접착방법	내화접착제	나사 못
공법 개념도		

3. 실부재 내화성능 평가

내화시험은 KS F 2257-1(건축부재의 내화시험방법-일반요구사항)의 표준시간-가열온도곡선을 이용하여 3시간 내화성능 시험을 실시하였다. PFB 공법개발을 위한 실부재 내화시험을 실시한 결과 습식공법의 경우 60MPa의 고강도 콘크리트 시험체의 시험체는 주근온도 278℃, 콘크리트 중심부온도 85.2℃로 조사되었고, 80MPa의 고강도 콘크리트 시험체의 경우 주근온도 262℃, 콘크리트 표면온도 87.3℃로 조사되었다. (그림5 참고)건식화 PFB 공법은 보드두께가 15mm의 경우 주근 온도가 116℃ 로 조사되었고, 20mm의 경우 103.8℃ 25 mm의 경우 94℃로 조사되어 현재 국토해양부에서 실시한 내화관리 기준을 만족하는 것으로 조사되었다.(그림 6 참고) 3시간 내화시험 후 시험체 외부 성상을 조사한 결과 최종마감인 석고보드는 거의 남아 있지 않고 내부 PF 보드의 경우는 열변형 없이 형태를 유지 하였다. 내화시험 후의 잔존 압축강도를 조사하기 위해 3시간 내화 시험을 시행한 시험체의 외부 PF보드를 제거가열 후 시험체의 코어 시험체를 제작하여 압축강도를 조사한 결과 가열 전 후의 강도 저하는 미미 한 것으로 조사되었다. 강도 저하는 내화시험에 의한 강도 저하보다는 코어 공시체 제작시 발생하는 충격에 의한 강도 저하로 사료된다.

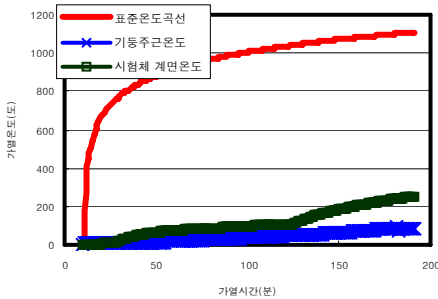


그림 5 습식 PFB 공법 실물내화시험결과

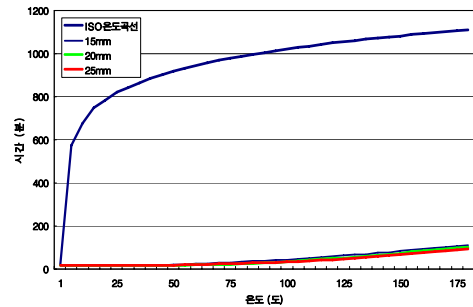


그림 6 건식 PFB 공법 실물내화시험결과

4. 현장 적용성 검토

4.1 Mock-Up 시험

현장 시공 전 그림 7과 같은 무량판 구조를 가진 2층 규모의 시험체에서 Mock-Up 시험을 실시하였다. 실물 크기의 기둥 4곳에서 실시하였으며, PF보드의 두께, 부착방법 등을 달리하여 현장 조건과 유사한 시공 조건으로 시험을 실시하였다. 시험결과 현장 가공성 및 시공성이 우수한 것으로 조사되었으며, 부착강도, 표면흡수량 및 나사못 지지력 시험결과 일반 석고보드보다 우수한 성능을 확보한 것으로 조사되었다.

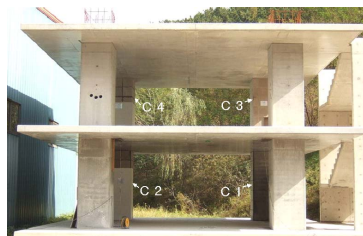


그림 7 Mock-Up 시공 현황

4.2 현장적용

당사의 고강도콘크리트 폭발방지 PFB 공법은 습식화 PFB 공법으로 인천 송도 P현장에 적용되었다. 적용 위치는 80MPa의 고강도 콘크리트가 적용된 아웃리거 층에 적용되었고, 총 물량은 900m²(그림 8 참고) 이다. 현재 개량된 건식화 PF 공법을 부산의 P현장에 설계 반영되었다. 적용 위치는 내부 기둥으로 콘크리트 강도는 50MPa 이다. 적용 층수는 지하 5층에서 지상 30층 까지 5개동에 설계 반영하였다. PFB 공법은 현재 당사 초고층 주상복합 건축물에 설계 반영 중에 있다.



그림8 습식 PFB 공법 시공 현황

4.3 상세설계

육실 마감에 있어서는 기존의 습식공법의 경우 콘크리트 바탕면에 내화접착제(10mm)+ PF보드(30mm) 시공 후, 스티드 시공(50mm)+합판 시공(9mm,1판)+ CRC 보드 시공(6mm)+ 타일 시(지정 마감) 시공한다. 건식공법의 경우 스티드(50mm)+ PF보드(15mm)+ 합판(9mm)+CRC 보드 시공(6mm)+ 타일 시공(지정 마감)의 순서로 현장 시공이 가능 하다.(그림8 참고) 따라서 현장에서 고강도 콘크리트 폭발방지 공법 시공시 일반 석고보드 공사와 동시에 시공이 가능하며, 현장 품질관리가 용이한 장점이 있다.

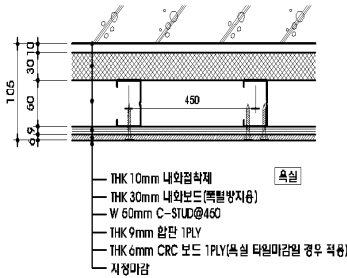


그림 9 습식 PFB 공법 상세설계도

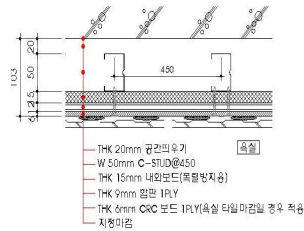


그림 10 건식 PFB 공법 상세설계도

5. 결론

고강도 콘크리트 폭발방지 대책으로 개발한 PFB 공법에 대한 성능검토 및 현장 적용성을 검토 한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. PF보드의 경우 차열성능이 우수한 재료로 조사되었으며, 일부재 내화시험을 실시한 결과 건식 및 습식 공법 모두 폭발현상이 발생하지 않았다. 이것은 PF보드가 외부열을 막아 내부 콘크리트에 열 전달을 억제시키는 성능이 우수한 것으로 사료된다.
2. PFB 공법 실용화를 위한 시공성 검토를 한 결과 PFB 공법은 현장 가공성 및 시공성이 우수한 것으로 조사되었으며, 부착강도, 표면흡수량 및 나사못 지지력 시험결과 일반 석고보드보다 우수한 성능을 확보한 것으로 조사되었다.
3. 습식 PFB 법을 건식화 PFB공법으로 설계변경 하면 현장시공성이 용이하고 경제성이 우수한 것으로 조사되었다.

참고문헌

1. 김우재 외, PF보드 마감에 의한 고강도 콘크리트의 폭발방지 대책에 관한 연구, 콘크리트학회 학술 발표대회논문. 2007.5
2. 竹内博幸, 森達哉, 河野政典, 起橋孝徳, 被覆材料による高強度コンクリートの爆裂防止対策の研究, コンクリート工學年次論文集, Vol.28 , No.1, 2006
3. 김우재 외, 고강도 콘크리트 내화피복 특성연구, 가을 콘크리트학회 발표대회지 제84권 2호, 2006.