

에어로젤 복합 무기질 블랭킷 및 석고보드 피복 고강도콘크리트 기둥의 내화성능

The Fire Resistant Performance of the High-Strength Concrete Column Covered with Aerogel Compound Inorganic Blanket and Gypsum board

여 인 환* 안 재 홍**

Yeo, In-Hwan An, Jae-Hong

Abstract

The purpose of this study was to develop and evaluate of fire resistive cladding systems for HSC(high-strength concrete) column, which was mainly constructed with aerogel blanket insulation material. The aerogel blanket-fire protective gypsum board cladding system showed that it clearly secure the fire resistance performance of HSC column when the reinforcing measures had achieved for four cross-sectional edge sides of structure and the system is well continued during the test period with no significant deformation or separation etc. It was checked out the 20mm thickness cladding system consist with AG(5mm)+FGB(15mm) can secure 3hour-fire resistance performance adequately

키워드 : 에어로젤 블랭킷, 고강도콘크리트, 내화성능, 피복시스템

Keywords : aerogel balnket, high strength concrete, fire resistance performance, cladding system

1. 서 론

고강도 콘크리트의 화재안전성 확보를 위한 기술은 크게 폴리프로필렌섬유 또는 강섬유 등의 무기질 섬유를 이용하여 화재 시 고온에 노출된 섬유가 용해되면서 증기의 이동 통로를 확보하여 내부 압력을 줄임으로써 폭발을 방지하는 방법과, 무기질계 내화보드를 사용하여 콘크리트 구조체의 표면을 피복 보강함으로써 열 유입을 차단하는 공법으로 나눌 수 있다.

건축물 시공시 고강도콘크리트의 화재안전 대책으로 콘크리트 배합 단계에서 고려되어야 하는 섬유혼입공법에 비하여 보드피복 공법은 신축하는 건축물 뿐만 아니라 사용중인 건축물에도 적용 가능하며, 사용중 유지관리도 용이한 장점이 있다. 한편 구조체의 직접적인 화염 노출을 차단할 수 있고 화재 노출 후 구조물의 재사용 및 보수가 용이하며, 다양한 공법의 개발을 통해 건설현장의 요구를 비교적 손쉽게 수용할 수 있는 장점이 있다.

본 연구는 방화석고보드 및 에어로젤 복합 무기질 블랭킷(Aerogel Compound Inorganic blanket)을 활용한 고강도콘크리트 피복시스템의 화재안전성능을 평가하고 성능확보를 위한 요인분석 및 최적의 내화성능확보방안을 도출하는데 그 목적이 있다.

2. 에어로젤의 특성¹⁾

에어로젤은 솔-겔 반응에 의하여 제조된 습윤젤을 기-액 계면이 존재하지 않는 초임계 조건에서 수축 없이 건조하여 젤의 기공 구조를 그대로 유지할 수 있도록 함으로써 높은 표면적과 기공도, 낮은 밀도를 가지는 물질이다.

표 1. 에어로젤 블랭킷의 물성

항 목	단 위	측정치
블랭킷 밀도	kg/m ³	150~170
기공도	%	90이상
흡수성	g/100cm ²	0.1이하
에어로젤 블랭킷 열전도도	mW/mk	20~25
단열복합체 선수축율	%	0.06
단열복합체 인장강도	kPa	73
단열복합체 휨강도	MPa	2.42

에어로젤은 SiO₂에 의해 망상 구조로 되어있으며, Siloxane chain은 유기 고분자의 C-C 결합보다 매우 큰 결합력을 형성하고 있으며, 350℃이상에서도 열적으로 안전한 특성을 보이는 무

* 한국건설기술연구원 수석연구원

** 한국건설기술연구원 수석연구원

1) 배국진의, 초다공성 에어로젤의 제조 및 응용, 한국과학기술정보연구원, pp.5, 2005

기재료이다. 따라서 에어로젤과 무기질 지지체를 일체화 하여 판상 또는 블랭킷 형태로 제조할 경우 불연성이 있는 자재로서 사용이 가능하게 된다. 표 1은 본 실험에서 사용한 에어로젤 블랭킷의 물성이다. 이와 같이 내화능성이 우수한 에어로젤에 형상유지를 위하여 미네랄울(Mineral wool), 글라스울(Glass wool) 등의 내화성이 우수한 무기질 재료들의 지지체를 이용 에어로젤 블랭킷을 제작할 수 있다.

3. 내화성능 실험 및 평가

3.1 고강도 콘크리트 기둥 제작

내화피복시스템 성능실험을 위해 고강도콘크리트 기둥을 총 4개 제작하였으며, 고강도 콘크리트 기둥의 제원 및 제작조건은 표 2과 같다. 온도측정 위치는 대향하는 모서리 부분 2곳과 서로 접하는 2면의 중간부 각각 1곳에 온도측정 열전대를 설치하여 모두 4곳의 주철근 온도를 측정하게 된다.

표 2. 고강도 콘크리트 기둥의 제원

기둥크기	600mm(W) × 600mm(D) × 1,500mm(H)
콘크리트 설계강도	60 MPa
철근 배근	·주근 : HD 32 - 16개 ·늑근 : D13 @300
콘크리트 피복두께	40mm

3.2 실험체 구성

실험체는 에어로젤 블랭킷 두께를 5mm로 하고 'AG+FGB', 'GB+AG+FGB' 로 구성하여 모서리 부분에는 L형 보강철물을 설치하였다. 에어로젤 블랭킷의 단열효과를 직접 비교하기 위해 3-4실험체에서는 에어로젤 블랭킷을 제외하였다.

표 3. 내화실험 실험체 구성

No	실험체구성(두께mm)	총두께(mm)
3-1	AG(5)+모서리스터드+FGB(15)+ L형강	20
3-2	AG(5)+모서리스터드+FGB(19)+ L형강	24
3-3	G2본드+GB(9.5)+AG(5)+ L형강+FGB(12.5)+ L형강	27
3-4	모서리스터드+FGB(25)+ L형강	25

G2본드 : 고온용 석고보드 전용 접착제, AG : 에어로젤 블랭킷
FGB : 방화석고보드, GB : 일반석고보드

3.3 내화성능실험 결과 고찰

내화성능시험은 한국산업규격 KS F 2257-1(건축부재의 내화시험방법-일반요구사항) 및 KS F 2257-1의 표준시간-가열온도 곡선(Standard time-temperature curve)을 적용하였다.

3-1, 3-2, 3-3실험체에서는 폭발이 발생하지 않았으며, 최고 온도와 평균온도 모두 기준치(평균온도 538°C이하, 최고온도 64

9°C이하)를 만족하였다. 특히 3-1실험체는 총두께 20mm의 피복에도 불구하고 3시간 내화성능을 확보한 것으로 나타났다. 'GB+AG+FGB' 구성에서 바깥쪽의 방화석고보드와 중간 에어로젤 블랭킷이 잘 유지되는 경우 안쪽의 방화석고보드는 일반석고보드로도 충분한 내화성능 확보가 가능할 것으로 판단된다. 3-4 실험체는 실험체 모서리부분을 위주로 폭발현상이 발생하였으며, 실험 종료 10분여를 남기고 온도가 급상승해 최고온도를 초과하였다. 따라서 마감캡이 있는 경우라도 에어로젤 블랭킷이 없는 상태에서는 내화성능 확보에 실패한 것으로 나타났다.

표 4. 내화성능 실험 결과

번호	실험체구성(mm)	실험결과(°C)	
		최고	평균
3-1	AG(5)+모서리스터드+FGB(15)+ L형강	198.1	147.7
3-2	AG(5)+모서리스터드+FGB(19)+ L형강	195.7	153.5
3-3	G2본드+GB(9.5)+AG(5)+ L형강+FGB(12.5)+ L형강	176.5	136.1
3-4	모서리스터드+FGB(25)+ L형강	706.9	279.2

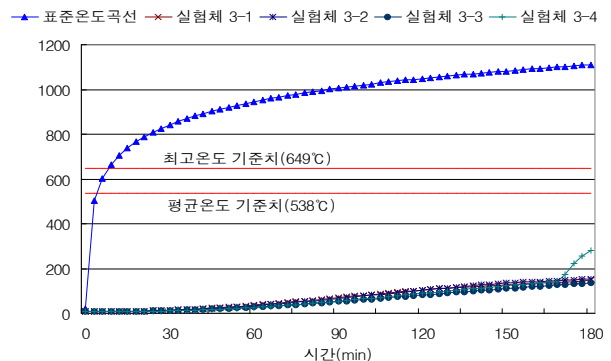


그림 1. 실험 결과 온도 그래프

4. 결 론

- 1) 'AG(5mm)+FGB(15mm)' 구성의 총두께 20mm 피복에서는 최고온도 198.1°C, 평균온도 147.7°C로 3시간 내화성능을 확보할 수 있는 것으로 나타났으며, 'GB(9.5mm)+AG(5mm)+FGB(12.5mm)' 구성의 총두께 27mm의 피복에서는 최고온도 176.5°C, 평균온도 136.1°C로 나타나 보다 안정적인 3시간 내화성능을 확보하는 것으로 나타났다.
- 2) 고강도콘크리트 기둥의 내화성능 확보를 위해서는 가장 취약부분인 모서리 부분의 보강이 필수적이며, 단열재의 탈락을 방지하는 대책이 중요하다. 5mm에어로젤 블랭킷과 15mm 방화석고보드를 사용한 20mm의 피복으로도 3시간 내화성능 확보가 가능한 것으로 나타났다. 보다 안정적인 시스템으로 방화석고보드 사이에 에어로젤을 삽입하는 경우 마감 방화

석고보드의 열화 이후에도 시스템의 변화 없이 잘 유지되는 경우 내화성능을 확보할 수 있으며, 안쪽에는 방화석고보드 대신 9.5mm의 일반석고보드로 대체하여도 내화성능 확보가 가능한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부고시 제2008-334호 : 고강도콘크리트 기둥보의 내화성능 관리기준, 국토해양부, 2008
2. 대한건축학회, 고강도 콘크리트구조 내화설계, pp.40~65, 2008
3. Eurocode 2 : Design of concrete structures-Part 1-2, 2004
4. KS F 2257-1 : 건축부재의 내화시험방법 - 일반사항, 기술표준원, 2005
5. Schneider, U., Behavior of concrete at high temperatures, 1982