

고성능 RC 기둥의 마감재 변화에 따른 폭열 및 내화특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Fire Endurance and Spalling of High Performance RC Column with the Finishing and Covering Material

한 천 구* 황 인 성** 지 석 원*** 김 경 민****
Han, Cheon-Goo Hwang, Yin-Seong Jee, Suk-Won Kim, Kyoung-Min

Abstract

High performance concrete(HPC) has been widely used in high-rise building. The HPC has several benefits including high strength, high fluidity and high durability. However, spalling is susceptible to occur in HPC and HPC also tends to be deteriorated in the side of fire resistance performance at fire. This paper investigated the spalling prevention of high performance RC column. Control concrete showed severe failure and a case of concrete with fire enduring spraying material exhibited more severe spalling failure than even control concrete. In addition, concrete with fire enduring paint reported the most favorable spalling resistance effect for preventing spall, compared with other concrete covered with finishing materials, such as fire enduring spraying material, gypsum board, marble board and fire enduring PC board. Meanwhile, concrete adding 0.1% of PP fiber demonstrated spalling resistance performance after 3hours load bearing test.

요 지

건축물의 초고층화에 따라 최근 고성능 콘크리트의 사용이 증가하고 있다. 이러한 고성능 콘크리트는 고강도, 고유동, 고내구성 등 다양한 성능을 발휘하지만, 화재시 폭열에는 약한 것으로 알려져 있다. 본 연구는 PP섬유 혼입 및 마감재 변화에 따른 고성능 RC 기둥의 폭열방지 성능을 검토한 것이다. 실험결과 내화시험 후 폭열특성으로, 먼저 플레인의 경우 심한 파괴 폭열과 함께 철근이 노출됐고 내화뿔칠로 마감한 고성능 콘크리트는 내부 수분의 영향으로 플레인보다 더욱 심한 폭열을 나타냈다. 또한, 마감재 변화에 따른 시험체의 폭열특성으로는 내화도료로 마감한 경우가 가장 우수한 폭열방지 효과를 나타냈으며 폴리프로필렌 섬유를 0.1%혼입한 콘크리트는 3시간 가력 내화시험 후 가장 안전한 폭열방지 성능을 입증하였다.

Keywords : High Performance Concrete, Spalling Resistance, Performance of Fire Endurance, Covering Material

핵심 용어 : 고성능 콘크리트, 폭열방지, 내화성능, 마감재

* 정희원, 청주대 건축공학부 교수

** 정희원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 주임연구원

*** 정희원, 두산산업개발(주) 기술연구소 팀장

**** 정희원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 전임연구원

E-mail : km-kim@doosan.com 02-597-4012

• 본 논문에 대한 토의를 2006년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 2006년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서론

최근, 건축물은 초고층화와 함께 구조재료로서 고성능 콘크리트의 사용이 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 고성능 콘크리트는 고유동성으로 시공이 양호하고, 강도가 커서 역학능력이 우수하며, 내구성이 양호한 장점이 있는 반면 화재시에는 역으로 조적이 치밀하여 폭열에 취약하고, 내화성이 저하한다는 문제점이 제기되고 있어 내화구조상 해결해야할 새로운 연구과제로 대두되고 있다.

폭열이란 화재시 콘크리트가 갑작스런 고열을 받게 되면 부재표면이 심한 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 현상⁽¹⁾⁻⁽³⁾으로, 구조부재의 피복두께 결손과 함께 노출된 철근이 고온으로 상승되어 철근콘크리트(이하 RC라 함) 구조체의 내력저하를 초래하게 된다.

일반적으로 폭열에 영향을 미치는 요인으로는 Fig. 1과 같이 낮은 물시멘트비 및 높은 함수율과 함께 급격한 고온이 작용하는 경우로서, 고성능 콘크리트인 경우는 화재시 피할 수 없는 조건이 된다.

따라서, 이와 같은 고성능 콘크리트의 폭열을 방지하기 위하여 알려지고 있는 방법으로는 마감처리 등으로 급격한 고온을 차단하는 방법과 내열성이 작은 유기섬유 등을 혼입하여 함수율에 의한 내부 수증기압을 빠르게 유출시키는 방법,⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾ 강제 등으로 황구속하여 폭열을 억제하는 방법 등이 있다.

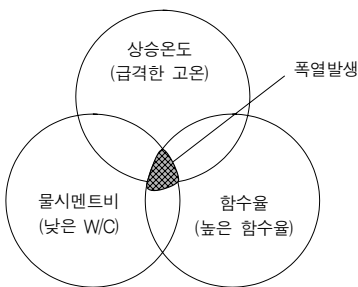


Fig. 1 화재시 폭열을 일으키는 요인

그러므로, 본 연구에서는 고성능 콘크리트로 제조된 RC 기둥부재, 내화피복, 석재불입 등 마감재 변수 및 RC기둥 내부에 폴리프로필렌 섬유(이하 PP섬유)를 혼입한 부재에 대한 내화실험을 실시하여 폭열성상 및 잔존 압축강도 등 내화특성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다.

Table 1 실험계획

요인		수준	
배합	W/B (%)	1	34
	목표 슬럼프플로우 (mm)	1	600±100
	목표 공기량 (%)	1	4.5±1.5
요인	혼화재	1	플라이애쉬 15% 치환
마감재 변화 (RC기둥 300×300×600mm)		7	· 제치장 마감 ¹⁾ (플레인) · PP섬유 0.1% ¹⁾ · 내화도료 · 내화뽀칠 · 석고보드 · 대리석 · 내화 PC판 ¹⁾
	굳지않은 콘크리트	4	· 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적중량
실험사항	경화 콘크리트	7	· 압축강도 (3, 7, 28일) · 내화시험(3시간) · 내부 온도이력 ²⁾ · 중량감소율 · 폭열깊이 · 폭열발생 면적율 · 중성화깊이 · 잔존 압축강도

1)은 300×300×3,000mm의 실기둥에 대한 재하가열시험도 실시

2)는 플레인 및 PP섬유 0.1%를 혼입한 재하가열시험 기둥부재에 대하여만 실시.

Table 2 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	단위 수량 (kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	AE제 (%)	절대용적배합 (ℓ/m ³)				질량배합 (kg/m ³)			
					C	FA	S	G	C	FA	S	G
34	168	46	1.0	0.014	157	34	274	322	420	74	708	840

즉, 실험요인으로 W/B는 호칭강도 40MPa의 실무 시공조건을 고려하여 플라이애쉬를 15% 치환한 34%의 1수준에 대하여 RC 기둥부재로 상정한 300×300×600mm의 부재를 제작한 후 마감을 하지 않은 플레인과 기존연구에서 효율성이 입증된 PP섬유를 0.1% 혼입한 경우 및 마감재 변화로 내화도료, 내화뿔칠, 석고보드, 대리석 및 내화 PC판의 7수준을 제작하였다. 이 때, 플레인, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우, 내화 PC판에 대하여는 300×300×3,000mm의 실기둥 부재를 제작하여 재하가열시험을 병행하였다.

이때, 플레인은 목표 슬럼프플로우를 고유동 콘크리트의 범위인 600±100mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 하였고, PP섬유 혼입에 따라서도 동일하게 적용하였다. 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 Table 1과 같고, 콘크리트의 배합사항은 Table 2와 같다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 골재로서 잔골재는 경남 창녕군 현창산 강모래, 굵은골재는 경남 진해시 용원산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였다. 혼화재료로 고성능 감수제는 국내산 B사의 폴리칼본산계, 플라이애쉬는 보령 화력산을 사용하였는데, 각 재료의 물리적 성질은 Table 3~6과 같다. 또한, PP섬유를 혼입한 기둥

Table 3 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ³ /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,203	0.08	215	310	21.9	30.0	38.5

Table 4 골재의 물리적 성질

구 분	밀도 (g/cm ³)	조립률	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m ³)	0.08mm체 통과량 (%)
잔골재	2.58	2.81	0.43	1,517	0.32
굵은골재	2.61	6.56	0.59	1,528	0.44

Table 5 혼화제의 물리적 성질

구 분	주성분	형태	색상	밀도 (g/cm ³)
고성능감수제	폴리칼본산계	액상	연황색	1.14

Table 6 플라이애쉬의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ³ /g)	강열감량 (%)	압축 강도비 (%)	SiO ₂	습분 (%)
2.22	3,850	4.2	92	67.5	0.2

Table 7 PP섬유의 물리적 성질

재 질	밀도 (g/cm ³)	길이 (mm)	직경 (mm)	용해점 (°C)	인장강도 (MPa)
호모폴리머 폴리프로필렌	0.9	19	0.07	162°C	560

의 경우 PP섬유의 물리적 성질은 Table 7과 같고, 마감재로 내화도료(두께 1mm, 밀도 1.26g/cm³, 흰색, 고형분 70%), 내화뿔칠(두께 20mm, 밀도 0.35, 부차 강도 67 MPa)은 건설기술 연구원에서 내화구조 인정서를 획득한 제품을 사용하였다. 석고보드(두께 9.5mm, 함수율0.5%, 열저항 0.072 m²·k/w, 난연 2급) 및 대리석(아프리카 레드)은 국내에서 시판되는 일반적인 것을 사용하였으며, 내화 PC판(두께 30mm)은 PP섬유를 혼입한 모르타르 배합 1:2에 유리섬유망을 보강하여 제작한 것을 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였으며, 공기량 및 단위용적질량은 KS F 2421 및 2409의 규정에 따라 실시하였다.

RC 기둥부재는 Fig. 2와 같이 철근조립 후 거푸집을 제작한 다음 콘크리트를 부어넣고 양생을 실시한 후 실험계획 된 마감재 종류별에 따라 Photo 1과 같이 제조하였다.



플레인 PP섬유 0.1% 내화도료 내화뿔질 석고보드 대리석 내화 PC판

Photo 1 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재

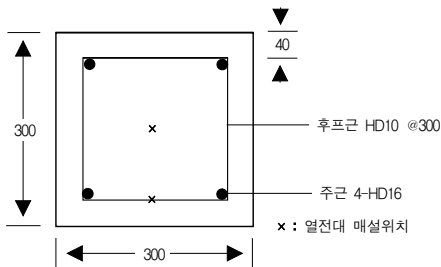


Fig. 2 RC 기둥부재의 배근도

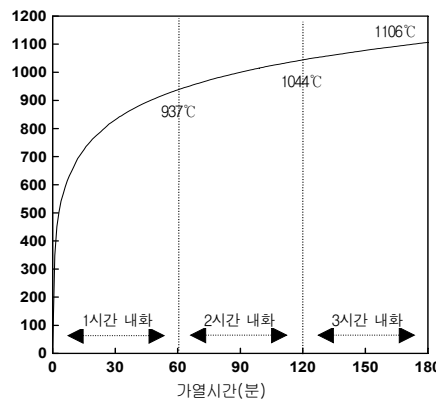


Fig. 3 표준가열곡선



Photo 2. 바닥가열로 내 RC 기둥부재 배치

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405에 의거 실시하였고, 내화시험은 20±3°C에서 14일 살수양생한 후 기중 건조한 다음 마감재 종류에 따라 실무환경으로 시공한 RC 기둥부재(300×300×600)를 Photo 2와 같이 한국건설기술연구원의 바닥용 가열로 내에 수직으로 배치하였고, 재하가열시험을 위한 기둥부재(300×300×3,000)는 Photo 3과 같이 기둥 가열로 내에 수직으로 배치한 후 최대설계 축하중의 50%(952.8 kN)를 재하한 후 Fig. 3과 같이 KS F

2257-1에서 규정한 표준가열곡선으로 3시간 가열을 실시하는 것으로 하였다. 이때, 플레인 및 PP섬유를 0.1% 혼입한 재하가열 기둥부재는 중심과 단부에 K 타입 열전대를 매설하여 데이터로거로 온도이력을 측정하였다. 내화시험 후 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 폭열여부는 육안으로 관찰하여 조사하였고, 잔존 압축강도는 RC 기둥부재를 코어채취하여 24시간이 지난 후 KS F 2405에 의거 측정하였으며, 중량감소율은 내화시험 전후 각 시험체의 중량을 측정하여 백분율로 구하였다.

또한, 폭열깊이는 RC 기둥부재의 4면 및 모서리에 대한 최대 폭열깊이의 평균치로 구하였고, 폭열발생 면적율은 폭열면적을 RC 기둥부재의 전체면적으로 나눈 백분율로 구하였으며, 중성화 깊이는 1% 페놀프탈레인 알콜용액을 시험체 절단면에 분무하여 무색부분을 중성화로 간주하여 평균적인 중성화 깊이를 구하였다.



플레인



PP섬유 0.1%



내화 PC판

Photo 3 기동 가열로내 재하가열시험용 RC 기둥부재 배치

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

Table 8은 플레인 및 PP섬유를 0.1% 혼입하여 고성능 RC 기둥부재를 제작한 굳지않은 콘크리트의 실험결과로 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다.

먼저, 플레인 및 PP섬유를 혼입한 콘크리트는 목표 슬럼프플로우 600±100mm 및 목표 공기량 4.5±1.5%의 범위를 만족하였고, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우는 섬유가 영킴현상으로 유동성이 다소 저하하였지만, 공기량 및 단위용적질량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 8 굳지않은 콘크리트의 실험결과

구 분	슬럼프 (mm)	슬럼프 플로우 (mm)	공기량 (%)	단위용적 질량 (kg/m ³)
플레인(마감제)	270	670	4.5	2,353
PP섬유 0.1%	250	538	4.5	2,369

3.2 경화콘크리트의 특성

Fig. 4는 플레인 콘크리트 및 PP섬유를 0.1% 혼입한 표준양생공시체 콘크리트의 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

플레인 콘크리트의 압축강도는 재령 28일에서 53.0 MPa로 나타났고, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우는 다

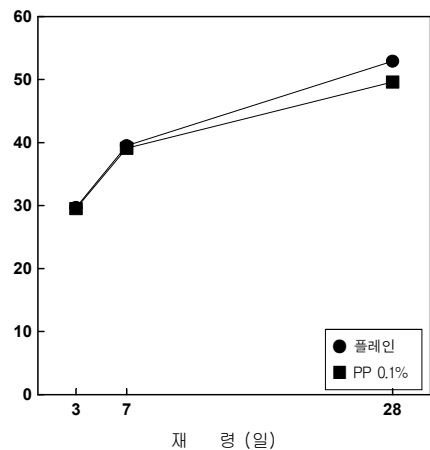


Fig. 4 플레인 및 PP섬유를 혼입한 콘크리트의 재령 경과에 따른 압축강도

소 저하하였으나, 49.6 MPa의 고강도로 큰 차이는 아닌 것으로 사료된다.

3.3 폭열 및 내화특성

Photo 4는 플레인, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우 및 마감재 종류 변화에 따른 RC 기둥부재에 대하여 3시간 내화시험을 실시하고 난 후의 폭열모습을 나타낸 것이다.

고성능 RC 기둥부재의 폭열 특성으로, 먼저 마감이 없는 플레인은 급격한 고온에 따른 내부 수증기압의 영향으로 심한 파괴폭열과 함께 철근이 노출되었다. 마감재 변화에 따른 폭열특성으로 먼저, 내화도료 마감은 모서리를 중심으로 파괴폭열이 발생하였으나, 화재시 내화도료의 발포작용으로 고온을 차단하여 일부 전전한 면도 존재하는 것으로 나타나, 기타 마감재보다 폭열방지 효과가 양호함을 알 수 있었다. 내화뿔칠 마감은 철근이 노출되는 심한 파괴폭열로 큰 효과가 없었는데, 특히, 습식공법인 뿔칠재에 포함되어 있는 수분이 RC 기둥부재의 내부 수증기압을 증가시키는 요인으로 작용하여 플레인보다 더욱 심한 파괴폭열이 발생한 것으로 분석된다. 또한, 석고보드, 대리석 및 내화 PC판으로 마감한 경우는 마감재 시공시 사용한 접착분드 및 철재 결합재(Fastener)가 고온에 의해 기능이 상실 되므로써, 마감재가 탈락하여 콘크리트 표면이 고온에 노출되어 폭열방지에 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

한편, PP섬유를 0.1% 혼입하여 제작한 고성능 RC 기둥은 내열성이 작은 PP섬유가 고온에 녹아 내부 수

증기압을 효과적으로 배출할 수 있는 통로를 형성하여 폭열이 발생하지 않고 기둥부재의 형상을 그대로 유지하였다.

Photo 5는 마감이 없는 플레인과 PP섬유를 0.1% 혼입한 실기둥부재 및 내화 PC판으로 마감한 실제 기둥부재를 대상으로 재하가열시험을 실시한 후의 폭열 모습을 나타낸 것이다.

먼저, 플레인은 심한 파괴폭열로 철근이 노출되었고, 이후 철근이 고온을 받으므로써 구조내력이 저하하여 재하가열시험 2시간만에 Photo 6과 같이 주근이 좌굴되어 붕괴되었으며, 내화 PC판은 플레인과 유사한 경향으로 파괴폭열이 발생하였으나, 재하가열시험 1시간 40분으로 플레인보다 오히려 빠른 시간에 붕괴되었다. 이는 내화 PC판이 재하가열시험 초기 내화 PC판에 의해 고온이 차단되었으나, 지속적인 고온에 의해 고정철물이 기능을 상실하여 내화 PC판이 탈락하므로써 갑작스런 고온이 콘크리트 표면에 접하면서 더욱 심한 파괴폭열과 함께 철근이 노출되어 플레인보다 다소 빠른시간에 붕괴된 것으로 사료된다. 한편, PP섬유를 0.1% 혼입한 RC기둥은 효과적으로 폭열이 방지되어 기둥부재의 형상을 그대로 유지하고, 하중지지력이 축방향 수축한계를 초과하지 않으면서 3시간 내화시험을 만족하는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 플레인과 PP섬유를 0.1% 혼입한 재하가열 기둥부재에 대한 내부온도이력을 나타낸 것이다.

먼저, 기둥 가열로 내부온도는 표준가열곡선을 만족하는 온도이력으로 나타났고, 마감이 없는 플레인 기둥의 온도이력은 피복두께 40mm의 띠철근 위치에 매설한 단부의 경우 가열시간 30분 이후, 중앙부분은



플레인 PP섬유 0.1% 내화도료 내화뿔칠 석고보드 대리석 내화 PC판
Photo 4 마감재 변화 및 PP섬유 혼입 고성능 RC 기둥의 내화시험 후 폭열 모습



플레인



PP섬유 0.1% 혼입



내화 PC판

Photo 5 재하가열시험 후 RC 기둥부재의 폭열 모습



Photo 6 내화시험 후 기둥주근의 좌굴 모습

90분 이후부터 온도가 급격히 상승하였는데, 이는 폭열에 의해 피복 콘크리트가 탈락한 것에 기인하여 단부 및 중앙부의 온도가 급격히 상승한 것으로 판단된다. 또한, 플레인은 지속적인 폭열발생으로 Photo 5와 같이 철근이 노출되어 가열시간 60분 이후부터 강재의 허용온도인 500℃를 초과하였고, 이후 지속적인 온도상승으로 구조내력이 상실되어 120분만에 플레인 기둥부재가 붕괴되었다.

한편, PP섬유를 0.1% 혼입한 RC 기둥은 PP섬유에 의한 폭열방지 효과로 단부 및 중앙부 모두 가열로

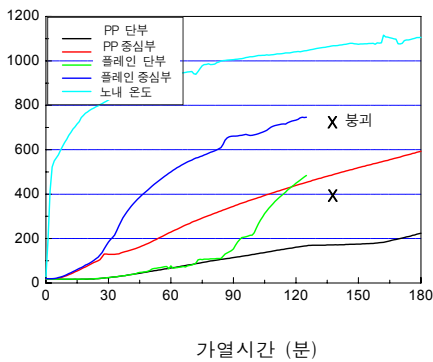


Fig. 5 플레인 및 PP섬유를 0.1% 혼입한 재하가열 기둥부재의 온도

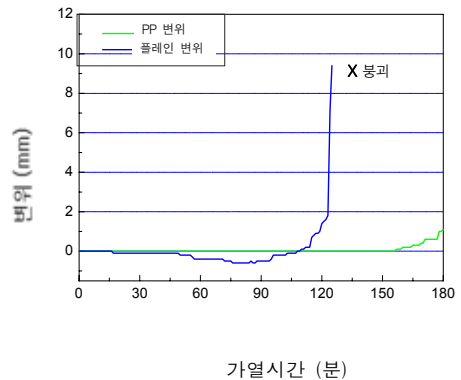


Fig. 6 플레인 및 PP섬유를 0.1% 혼입한 재하가열 기둥부재의 변위

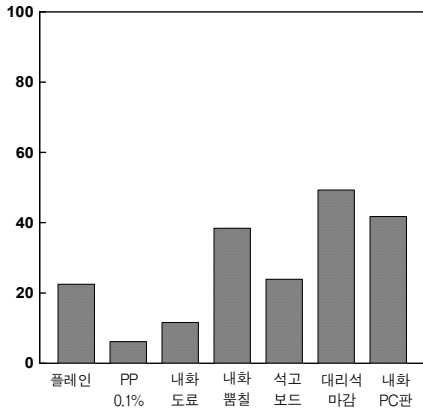


Fig. 7 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 내화시험 후 중량감소율

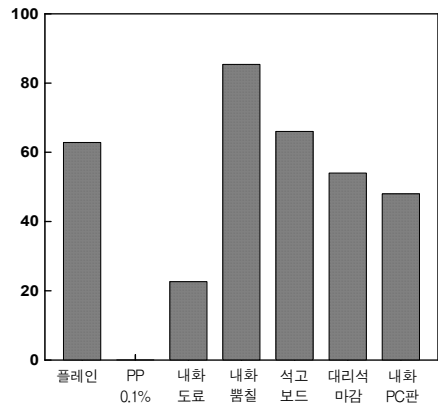


Fig. 9 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 폭열발생 면적율

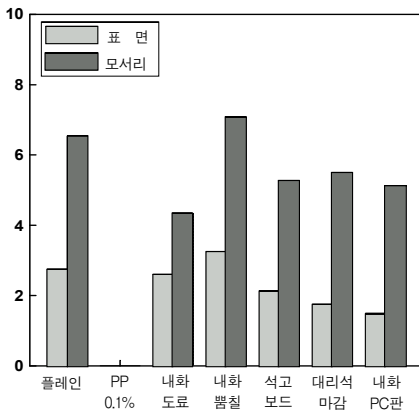


Fig. 8 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 평균 폭열깊이

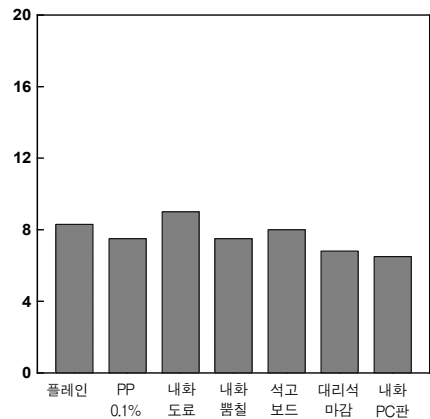


Fig. 10 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 증성화 깊이

내 온도상승에 따라 비례적으로 증가하였고, 단부의 경우 가열시간 150분부터 강재의 허용온도를 초과하였으나, 3시간 내화는 만족하였다. 이때, 3시간 내화 시험 후의 단부 최고온도는 590℃, 중앙부 최고온도는 220℃로 나타났다.

또한, Fig. 6은 변위측정 결과로써 PP섬유를 혼입한 경우는 180분까지 1.1mm의 변위를 나타내었고, 플레인의 경우는 120분에 9.4mm를 나타내며 붕괴되었다.

Fig. 7은 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 내화 시험 후 중량감소율을 나타낸 것이다.

RC 기둥부재의 중량감소율은 마감재 변화에 따른 폭열과 관련하여 내화도료가 가장 작게 나타났고, 다

음으로 플레인, 석고보드, 내화뽀칠, 내화 PC판, 대리석 마감 순이었다. 단, 내화 PC판 및 대리석 마감은 내화뽀칠보다 폭열발생이 적었으나, 마감재의 탈락에 의해 상대적으로 중량감소율이 크게 발생한 것으로 분석된다. 반면, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우는 폭열이 발생하지 않았으므로, 가열건조만의 영향으로 7% 전후의 중량감소율을 나타내었다.

Fig. 8은 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 표면 및 모서리에 대한 폭열깊이를 나타낸 것이고, Fig. 9는 전표면적에 대한 폭열면적으로 폭열발생 면적율을 나타낸 것이다.

먼저, RC 기둥부재의 폭열깊이는 전반적으로 표면보다 모서리에서 깊게 발생하는 것으로 나타났는데,

이는 모서리인 경우 2면 가열에 의한 급격한 온도상승 및 내부 수증기압의 영향으로 폭열이 더 심하게 발생한 것으로 사료된다. 또한, 폭열발생 면적율은 내화도료가 전체 가열면의 20% 정도로 가장 적게 발생하였고, 내화뿔칠은 85% 정도로 가장 심하게 발생하였다. 기타 마감재는 50~60% 정도였다. 한편, PP섬유를 0.1% 혼입한 RC 기둥은 폭열이 방지되어 폭열깊이 및 폭열발생 면적율은 나타나지 않았다.

Fig. 10은 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 중성화 깊이를 측정하여 나타낸 것이다.

중성화 깊이는 마감재 변화 및 PP섬유 혼입에 관계없이 6~8mm 정도로 나타났는데, 이는 RC 기둥부재의 경우 마감재가 고온을 차단하지 못하므로써, 모든 부재에서 유사한 조건의 화열을 받으므로 비슷한 중성화 깊이를 나타낸 것으로 판단된다.

3.4 잔존 압축강도

Fig. 11은 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 내화시험 후 코어압축강도 및 잔존압축강도율을 나타낸 것이다.

RC 기둥부재의 내화시험 후 코어압축강도는 폭열과 고온에 의한 팽창압 및 내부 균열로 크게 저하하였는데, 이때, 내화뿔칠은 특히 내부균열이 심하게 발생하여 코어채취가 불가능하였다. 이때, 잔존 압축강도율은 플레인과 대리석 마감의 경우 22%, 석고보드는

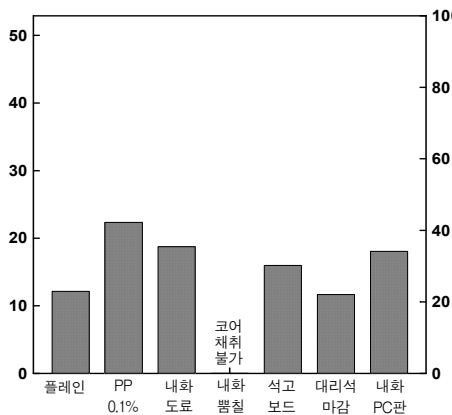


Fig. 11 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 내화시험 후 코어압축강도 및 잔존 압축강도율

30%, 내화도료 및 내화 PC판은 35% 전후로 나타났으며, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우는 42%로 가장 양호하였다.

따라서, 본 실험조건과 같은 기존 건축물의 마감재 변화는 고성능 RC 기둥부재의 화재시 폭열방지에 큰 효과가 없으며, 내화성능도 잔존 압축강도율이 35% 이하로 크지 않아, 별도의 폭열방지 및 내화성능을 향상시킬 수 있는 방안이 요구되었다.

4. 결 론

본 연구는 고성능 콘크리트로 시공된 건축물의 플레인, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우 및 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재에 대하여 내화시험을 실시한 후 폭열 및 내화특성과 잔존 압축강도 등을 분석한 것으로, 그 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고성능 RC 기둥부재의 폭열 특성으로, 마감재 없는 플레인은 심한 파괴폭열과 함께 철근이 노출되었고, PP섬유를 0.1% 콘크리트에 혼입한 경우는 양호한 폭열방지성능을 발휘하였다. 또한, 마감재 변화에 따라서는 내화도료 마감에 기타 마감재료보다 폭열방지에 효과적이었고, 습식공법인 내화뿔칠은 플레인보다 심한 파괴폭열이 발생하였으며, 석고보드, 대리석 및 내화 PC판은 마감재 시공시 사용한 접착본드 및 고정철물이 고온에 의해 기능이 상실되므로써, 마감재가 탈락하여 폭열방지에 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.
- 2) 실기둥부재를 대상으로 재하가열시험을 실시한 플레인 및 내화 PC판은 심한 파괴폭열로 철근이 노출되어 고온을 받으므로써 구조내력이 저하하여 2시간 및 1시간 40분만에 주근이 좌굴되어 붕괴되었으나, PP섬유를 0.1% 혼입한 RC기둥은 효과적인 폭열 방지로 붕괴되지 않고 하중지지력이 수방향 수축한계를 초과하지 않으면서 3시간 내화시험을 만족하였다.
- 3) 마감재 변화에 따른 내화시험 후 중량감소율은 폭열과 관련하여 내화도료가 가장 작게 나타났고, 다음으로 플레인, 석고보드, 내화뿔칠, 내화 PC판,

대리석 마감 순이었으며, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우는 가열건조의 영향으로 7% 전후로 나타났다. 또한, 폭열깊이는 전반적으로 표면보다 모서리에서 깊게 나타났고, 폭열발생면적율은 내화뿔칠이 전체 가열면의 85% 정도, 내화도료가 20% 정도, 기타 마감재는 50~60% 정도였으며, 중성화 깊이는 마감재 변화 및 PP섬유 혼입에 관계없이 6~8mm 정도로 유사한 경향이었다.

- 4) 마감재 변화에 따른 RC 기둥부재의 잔존 압축강도는 폭열 및 팽창압에 의한 내부 균열로 크게 저하하였는데, 이때, 잔존 압축강도율은 플레인과 대리석 마감의 경우 22%, 석고보드는 30%, 내화도료 및 내화 PC판은 35% 전후로 나타났으며, PP섬유를 0.1% 혼입한 경우는 42%로 가장 양호하였다.

이상을 종합하면, 고성능 콘크리트를 사용한 RC 기둥은 화재시 심한 파괴폭열이 발생하였으나, PP섬유를 혼입한 경우는 폭열방지 뿐만 아니라 3시간 재하가열시험도 만족하였고, 마감재 변화에 따른 기존 건축물의 고성능 RC 기둥은 화재시 폭열방지 및 내화성능에 큰 효과가 없는 것으로 밝혀져, 별도의 폭열방지 및 내화성능을 향상시킬 수 있는 방안이 요구되었다.

참고문헌

1. 소양섭 ; 고성능 콘크리트의 내화성능(고강도 및 섬유보강 콘크리트), 콘크리트학회지 제14권 2호, 2002. 3.
2. 한천구, 양성환, 이병열, 황인성 ; 골재종류 및 폴리프로필렌 섬유 혼입률 변화에 따른 고성능 콘크리트의 폭열 특성에 관한 연구, 콘크리트학회논문집, 통권 53호 제11권 5호, pp 69~78, 1999. 10.
3. 高 治遠, 本間 札人 ; 高强度コンクリートの爆熱性状に關する研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 139 3~1394, 1992. 8.
4. 西田 朗, 山崎 唐行, 井上秀之 ; 爆熱防止用ポリプロピレン短纖維を混入した高强度コンクリート性状に關する研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 331~338, 1994. 9.
5. 藤中 英生, 吉平 章夫, 米澤 敏男, 三井 健郎; ポリプロピレン纖維を混入した高强度コンクリートRC柱の耐火性能, 日本建築學會學術講演梗概集, pp. 35~36, 1998. 9.
6. 吉田 正友 ; コンクリートの爆熱に及ぼすコンクリート内部の空隙および含水量の影響に關する研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 33~34, 1998. 9.

급행 (접수일자 : 2005년 10월 14일)