

방화석고보드 부착이 섬유혼입 고강도 콘크리트 모의 기둥부재의 내화특성 및 잔존내력에 미치는 영향

Combined Effect of Fireproofing Gypsum Board on Residual Strength and Fire Resistance of Fiber Addition High Strength Concrete-Model Column

양 성 환*

Yang, Seong-Hwan*

School of Architecture & Urban Design, University of Incheon, Yeonsu-Gu, Incheon, 406-772, Korea

Abstract

In this study, fire resistance and residual strength were examined after the addition of PF fiber and bonding fireproofing gypsum board to a high strength concrete-model column of 50 MPa grade. At the beginning of the experiment, all the properties of base concrete appeared to satisfy the target range. In terms of the internal temperature record, a trend of slightly high temperature was shown when the fireproofing gypsum board was not bonding, and when the fireproofing gypsum board was bonding, as PF content increased gradually, the temperature was gradually lowered. In terms of the relationship, as time elapsed a low temperature was shown when fiber was mixed, and when the board was bonding, the trend of lower temperature could be confirmed. Meanwhile, in terms of spalling property, a severe explosive fracture was generated at PF 0%, and falling off was prevented as the fiber content was increased; however, discoloration and a multitude of cracks were discovered, and when the board was bonding, the trend in which the exterior became satisfactory when the content was increased emerged. In terms of the residual compressive strength, measuring of strength could not be performed at PF 0% without bonding of board, and the strength was increased as the fiber content was increased; however, there was a decrease in strength of about 30 ~ 40%, and in the case of PF 0% with the bonding of board, the strength could be measured; however, about an 80% decrease in strength was shown, and only about a 10 ~ 20% decline in strength was displayed, as the range of decrease was reduced as the fiber content was increased. Considering all of these factors, it was determined that a more efficient enhancement of fire resistance was obtained when two methods are applied in combination rather than when the PF fiber content and bonding of fireproofing gypsum board are utilized individually.

Keywords : high strength concrete, spalling, polyon fibers, fireproofing gypsum board, fire resistance, residual strength

1. 서 론

최근 들어 우리나라의 화재 발생건수는 매년 3만 건을 넘는 등 급속하게 증가하는 가운데, 그 중에서도 건축 구조물

의 화재는 항상 80 % 이상을 점유하고 있다[1].

그런데, 건축 구조물 중 RC 구조물에 화재가 발생하게 되면, 화재 시 급격한 고온이 콘크리트 표면에 닿게 되면서 내부 수증기압이 발생하고, 이러한 수증기압이 콘크리트 외부로 배출되지 못하는 경우는 내부 응력이 작용하게 되는데, 이와 같은 내부 응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하게 되면 심한 폭음과 함께 콘크리트 피복이 박리·탈락하는 폭발 현상이 발생하게 된다. 특히, 이와 같은 폭발 현상은 고강도 콘크리트와 같이 낮은 물시멘트비로 내부 조직이 치밀한 구조일 때 용이하게 발생하여 심한 경우에는 건축물의 붕괴에

Received : March 27, 2012

Revision received : May 2, 2012

Accepted : May 21, 2012

* Corresponding author : Yang, Seong-Hwan

[Tel: 82-32-835-8784, E-mail: shyang@incheon.ac.kr]

©2012 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

까지 이를 수 있다[2][3].

이에 기존에 알려진 고강도 콘크리트의 폭발방지 및 내력 향상 방안으로는 콘크리트의 피복재 등을 부착하여 온도상승을 억제하는 방법[4], 섬유 등으로 빠르게 내부 수증기를 외부로 배출시키는 방법, 횡구속 효과에 의해 콘크리트의 비산을 억제하는 방법[5] 등이 있는데, 이 중 가장 저렴하고 효율적인 방법으로는 섬유에 의한 폭발방지 방법으로써, 특히, 폴리프로필렌(PP) 섬유와 나일론(NY) 섬유를 복합한 폴리론 화이버(이하 PF)섬유를 혼입시켜주는 방법이 많이 채택되고 있다[6].

또한, 피복재에 의한 방법으로는 내화페인트 및 내화모르타르, 내화보드로 분류되는데, 내화페인트 및 내화모르타르는 시공요인 및 경제성 저하 등으로 인해 널리 쓰이지 못하고 있는 반면, 내화보드의 일종인 방화석고보드는 1980년대 화재 및 소음저감에 저렴하면서도 효과적인 대안으로 등장한 이후 현재 전세계적으로 널리 사용되고 있다. 국내의 경우도 방화석고보드는 2010년에 1000만 m²를 사용하는 등 사용량이 점차 증가하고 있다[7].

그러므로, 본 연구에서는 고강도 콘크리트 구조체의 효율적인 복합 내화공법 개발을 목적으로 50 MPa급 고강도 콘크리트 모의 기둥부재에 대하여 모체 콘크리트에 PF섬유를 혼입함과 동시에, 방화석고보드를 건식 부착함으로써 콘크리트의 내화특성 및 화재 후 잔존 내력에 대하여 종합적으로 검토하여 보다 효율적인 대책을 제안하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험으로 모의 기둥구조체 콘크리트의 실험계획 및 배합사항은 각각 Table 1 및 2와 같다.

즉, 모의 기둥부재의 크기는 3.0 MN UTM의 허용 하중을 고려하여 Figure 1과 같이 200×200×400 mm의 사각기둥형 시험체를 계획하였으며, 상·하부에는 고열의 영향을 막아주기 위하여 W/C 60 %인 별도의 버림용 콘크리트를 상하 각각 100 mm 두께로 타설하였다.

실험 변수로써, 모의 기둥구조체의 Plain 모체 콘크리트는 W/B 25 %의 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC)에 질량비로 고로슬래그 미분말(이하 BS) 20 %, 플라이애시(이하 FA) 10 %를 치환하여, 목표 슬럼프 플로우 및 공기량에 맞

춰 배합 설계하였다. 모체 콘크리트에 대한 실험 변수로는 PF섬유 혼입율의 경우 0, 0.025, 0.05 %의 3수준으로 하였고, 마감재는 미부착한 경우와 방화석고보드 19 T를 부착한 경우 2수준으로 계획하였다.

Table 1. Plan of experiment

Factors		Levels
Mixture	W/B (%)	· 25
	Base concrete slump flow (mm)	· Target 700±100
	Target air contents (%)	· 3.0±1.0
	Binder composition	· OPC : BS : FA = 7 : 2 : 1
Experiment	PF fiber volume (%)	· 0, 0.025, 0.05
	Finishing materials	· Plain (non-bonding board)
		· Fireproofing gypsum board
Fresh concrete	· Slump flow	
	· Air contents	
Hardened concrete	Before fire resistance test	· Compressive strength (7, 28, 56 days)
		Fire resistance test
	After fire resistance test	· Exterior property · Residual compressive strength

Table 2. Mix proportions

PF fiber (Vol.%)	W/B (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	AE (%)	SP (%)	Unit weight (kg/m ³)				
						C	BS	FA	S	G
0.0										
0.025	25	160	42	0.04	1.20	448	128	64	644	992
0.05										

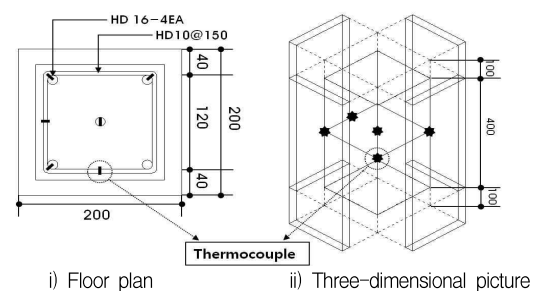


Figure 1. Model structure of floor plan and three-dimensional picture

이때, 모의 구조체의 방화석고보드 부착은 석고 접착제를 이용하여 부착하였으며, 접합부 및 모서리는 내화 실리콘으로 마감하였다.

실험사항으로 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프 플로우 및 공기량, 경화 콘크리트에서는 공시체의 압축강도를 측정하는 것으로 하였다. 내화 시험은 재령 56일에서 진행하였으며, 내화시험 시에는 내부온도이력, 내화시험 후에는 폭렬성상, 공시체 및 모의 기둥부재의 잔존압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내 A사산 OPC를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 3과 같다. 골재로서 잔골재는 국내산의 강모래와 부순모래를 4 : 6으로 혼합하여 KS F 2526의 표준입도 범위를 만족하도록 조정하여 사용하였으며, 굵은 골재는 국내 P사산 부순골재로 최대치수 20 mm를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 4와 같다.

Table 3. Physical properties of cement

Blaine (cm ² /g)	Density (g/cm ³)	Soundness (%)	Setting time(min)		Compressive Strength (MPa)		
			Initial time	Final time	3 days	7 days	28 days
3 144	3.15	0.18	230	375	35.6	42.5	48.6

Table 4. Physical properties of aggregates

Type	Density (g/cm ³)	FM	Water absorption(%)	Unit weight (kg/m ³)	Passing amount of 0.08 mm sieve (%)
Nature fine aggregates	2.50	2.85	0.46	1 518	0.30
Crush fine aggregates	2.63	2.54	0.46	1 684	0.32
Coarse aggregates	2.68	6.55	0.58	1 564	0.40

Table 5. Physical and chemical properties of FA

Blaine (cm ² /g)	Density (g/cm ³)	L.O.I (%)	Moisture content (%)	SiO ₂ (%)	Activity factor (%)	Flow ratio (%)
4 081	2.22	3.4	0.1	54.1	97	101

Table 6. Physical and chemical properties of BS

Blaine (cm ² /g)	Density (g/cm ³)	L.O.I (%)	Moisture content (%)	SO ₃ (%)	Activity factor (%)	Flow ratio (%)
4 218	2.90	0.35	0.0	1.12	111	106

Table 7. Physical properties of chemical admixture

Type	Main property	Shape	Color	Density (g/cm ³)
Superplasticizer	Polycarboxylate	Liquid	Dark brown	1.05
Air-entraining agent	Naphthalene	Liquid	White	1.04

Table 8. Physical properties of fiber

Type	Length (mm)	Diameter (mm)	Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)	Melting point (°C)
NY fiber	12	0.012	1.15	918	220
PP fiber	19	0.040	0.91	560	160

Table 9. Physical properties of Fireproofing gypsum board

Thickness (mm)	Flexural strength (MPa)		Combustion performance	Moisture content (%)	Resistance (m ² · K/W)
	Length	Width			
19	More than 65	More than 22	Uncombustible	Less than 3	More than 0.069

혼화재료로서 FA는 국내 K사산 2종, BS은 국내 A사산 3종을 사용하였으며, 그 물리화학적 성질은 Table 5 및 6과 같다. 화학 혼화제로써 고성능 감수제와 AE제는 국내 E사의 폴리칼본산계 및 음이온계를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 7과 같다. 또한, 폭렬방지용 섬유로서 NY섬유 및 PP섬유는 국내 S사산을 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table 8과 같고, 방화석고보드는 국내 K사에서 제공한 제품을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 9와 같다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험 방법으로써 먼저, 모의기둥부재 및 공시체 제작용 콘크리트의 혼합은 강제식 믹서를 사용하여 혼합하였다.

굳지 않은 콘크리트의 특성 실험으로, 슬럼프 플로우 및 공기량은 각각 KS F 2594 및 KS F 2421에 의거 실시하였다. 경화 콘크리트의 특성 실험으로 압축강도는 KS F 2403 규정에 의거 제작한 후, 계획된 재령이 경과한 다음, KS F 2405에 따라 압축강도 시험을 실시하였다.

모의 기둥부재 제작 및 열전대 설치는 Figure 1과 같이 설치하였으며, 화재를 상정한 내화시험은 시험체 제작완료 후 56일 재령에서 Figure 2와 같이 내화시험장의 보 바닥 가열로 내에 수직으로 배치하고, KS F 2257-1에서 규정한 표준가열곡선에 의거하여 Figure 3과 같이 3시간 가열을 실시하였다. 이때, 내부 온도이력은 시험체에 미리 매설한 열전대를 이용하여 측정하였으며, 내화 시험 후 폭렬유무는 육안으로 관찰하였고, 잔존 압축강도는 3.0 MN UTM 시험기를 이용하여 측정하였는데, 그 모습은 Figure 4와 같다.



i) Model column ii) Fire resistance test
Figure 2. Model structure and fire resistance test

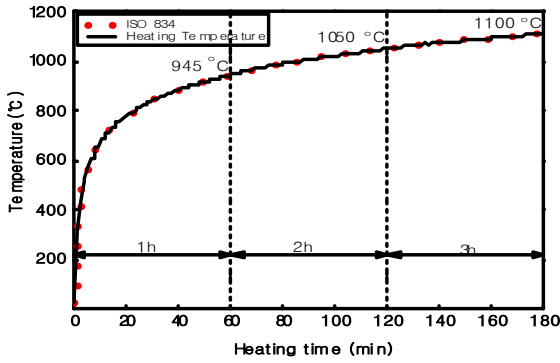


Figure 3. KS F 2257-1 of standard curve of temperature and heating time



Figure 4. Compressive strength test

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성 및 공시체 압축강도

Figure 5는 모체 콘크리트의 PF섬유 혼입을 변화에 따른 슬럼프 플로우 및 공기량을 나타낸 그래프이다.

먼저, 굳지 않은 콘크리트의 경우 전반적으로 슬럼프 플로우 및 공기량은 목표 범위를 만족하였지만, PF섬유 혼입율이 증가할수록 섬유 혼입에 따른 콘크리트 점성의 증대에 기인하여 슬럼프 플로우는 저하하는 경향을 보였으나, 공기량은 반대로 증가하는 경향을 나타내었다.

Figure 6은 공시체의 재령별 PF섬유 혼입을 변화에 따른 압축강도와 내화시험 후 잔존 압축강도를 나타낸 것이다. PF섬유 혼입율이 증가할수록 모든 재령에서 내화시험 전 공

시체의 압축강도는 점차 감소하는 경향을 보였으나, 재령 28일 압축강도는 모든 수준에서 50 MPa 이상을 상회하는 고강도 영역으로 나타났다. 반면, 내화시험 후 잔존 압축강도로써 PF섬유 혼입율 0%의 경우 공시체가 형태를 유지하지 못하는 극심한 파괴폭렬을 일으켜 강도측정이 불가능한 상태로 나타났으나, 공시체 내부 섬유 혼입율이 증가할수록 PF섬유 혼입에 따른 폭렬방지 효과에 기인하여 잔존 압축강도는 15~20 MPa로써 Plain 공시체와 비교하여 약 1/3~1/4 범위인 것으로 확인되었다.

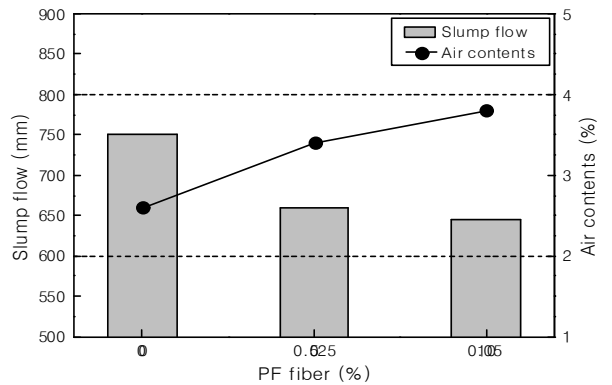


Figure 5. Fresh concrete depending on PF fiber

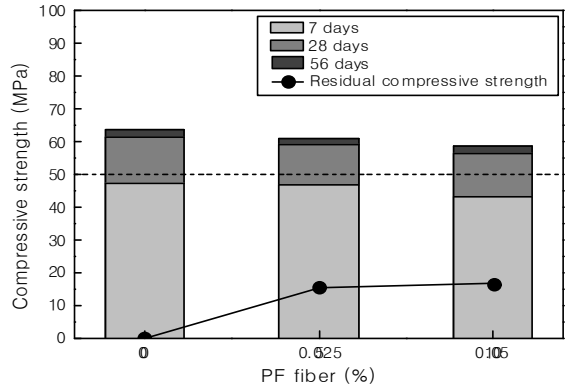


Figure 6. Compressive strength depending on PF fiber with age

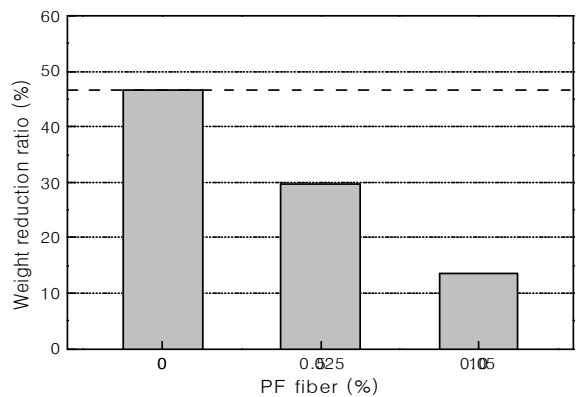


Figure 7. Weight reduction ratio depending on PF fiber

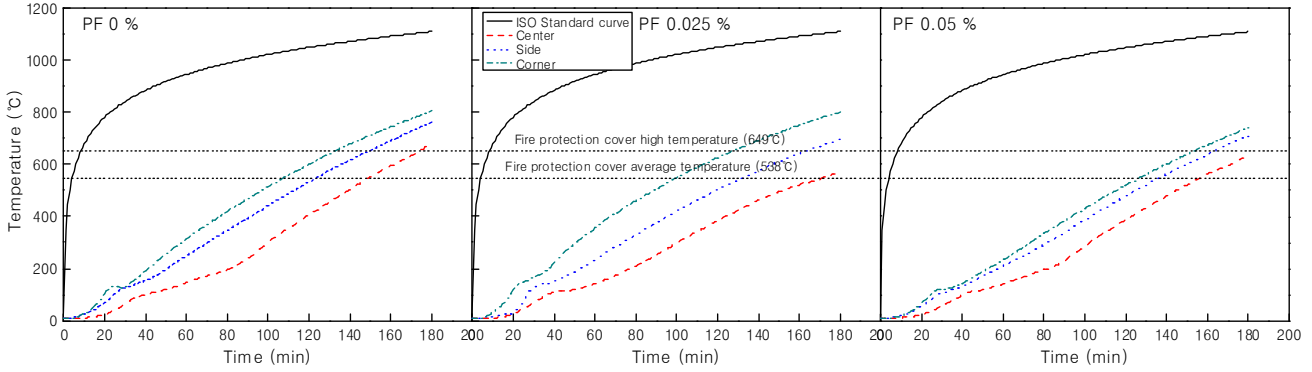


Figure 8. Temperature record of Model structure depending on elapsed time with PF fiber (non-bonding board)

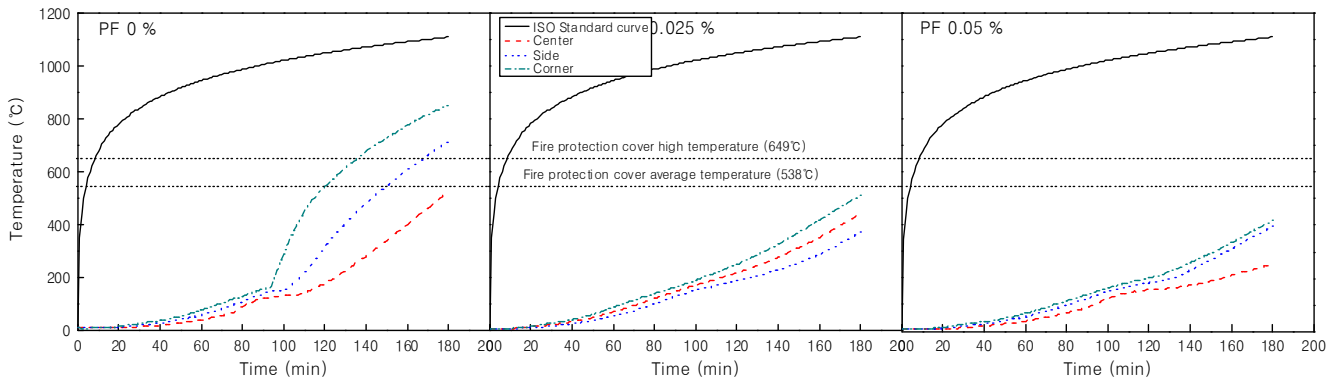


Figure 9. Temperature record of Model structure depending on elapsed time with PF fiber (bonding board)

한편, Figure 7은 내화시험 후 PF섬유 혼입율에 따른 공시체 질량감소율을 나타낸 그래프이다. 전반적으로 PF 0%의 경우 Plain 공시체 대비 질량감소율이 약 45% 정도로 크게 나타났으나, 이후 혼입율이 증가할수록 점차 감소하여 PF 0.05%에서는 약 15%인 양호한 질량감소율을 나타내었다.

3.2 모의 기둥부재의 내화특성

3.2.1 온도이력

Figure 8 및 9는 방화석고보드 부착 유무 및 PF섬유 혼입율별 경과시간에 따른 시험체 내부 온도이력을 나타낸 그래프이다.

전반적으로 시간이 경과할수록 시험체 내부 온도는 점차 상승하는 경향을 보였으며, 방화석고보드가 미부착된 경우 섬유혼입율과 관계없이 단면적이 작으면서 고온에 그대로 노출되므로 인해 내부 온도가 다소 높게 나타나는 경향을 보였으나, 방화석고보드가 부착된 경우는 석고보드 자체의 방화성능에 의한 온도상승 억제 효과에 기인하여 시험체 내

부의 온도가 다소 낮게 분포되는 경향을 보였다.

이는 방화석고보드의 주원료인 이수석고가 고온에 노출됨으로써 이수석고에 포함되어 있는 결정수가 화재 시 흡열반응을 통해 물분자로 치환되는 과정에서 연소가 크게 지연되고, 보드 내부에 불연재료 및 유리섬유가 보강되어 있어 고강도 콘크리트에 우수한 내화성능이 발휘된 것으로 사료된다[8].

또한, 시간이 경과하여 방화석고보드가 분리 혹은 탈락된다 할지라도 콘크리트 자체의 섬유혼입율이 증가할수록 용해된 섬유의 공극이 콘크리트 내부의 수증기압을 외부로 원활히 배출시킴에 따라 온도상승량은 점차 낮아지는 것으로 나타났다[9]. 단, PF 0%의 경우는 약 90분을 기점으로 시간이 경과됨에 따라 온도가 급격히 상승하였는데, 이는 방화석고보드가 지속적인 온도상승에 의해 분리탈락되면서 순간적으로 모체 콘크리트가 급격한 고온에 노출되므로써, 섬유 무혼입인 무방비 상태에서 극심한 파괴폭렬을 일으켜 온도가 급격히 상승한 것으로 사료된다[10].

3.2.2 온도이력 상호비교

Figure 10은 경과시간 및 섬유혼입율별 방화석고보드 부

착 유무에 따른 온도이력 상호비교를 나타낸 그래프이다. 여기서 경과시간은 60, 120, 180분을 기준으로 분석하였다.

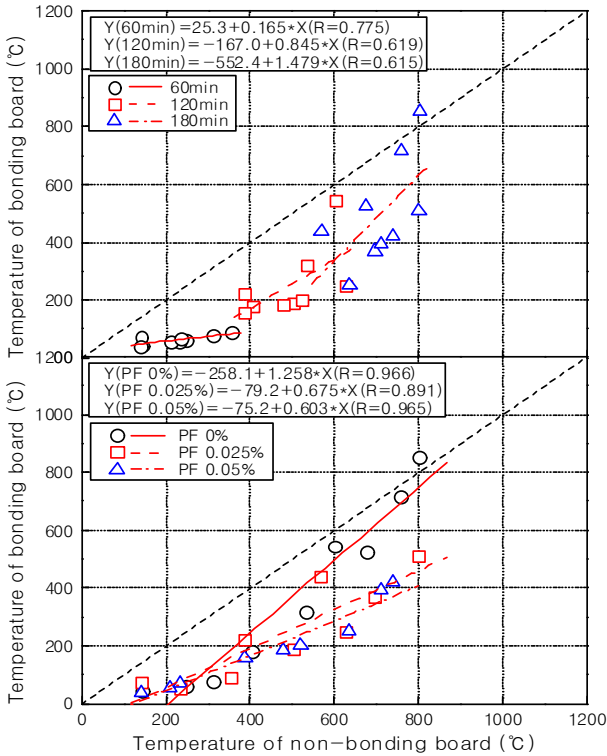


Figure 10. Relationship between temperature on bonding board and non-bonding board with elapsed time and PF fiber

전반적으로 방화석고보드가 부착된 경우에서 온도가 다소 낮게 분포하였으나, 시간이 경과함에 따라 방화석고보드가 자체적인 방화성능을 상실함으로 인해 온도는 상승폭이 점차 증가하는 경향을 보였다. 또한, 섬유혼입율에 따른 온도는 섬유가 혼입된 경우에서 전술한 바와 같이 방화석고보드가 부착되었을 때 다소 낮은 온도를 나타내었으나, PF 0%의 경우는 온도가 800℃까지 높아질수록 방화석고보드가 미부착된 경우와 유사해지는 경향을 나타내었다.

Figure 11은 경과시간 및 방화석고보드 부착 유무별 섬유혼입 유무에 따른 온도이력의 상호비교를 나타낸 그래프이다. 초기 30분에서는 PF혼입 유무에 관계없이 유사한 온도 분포를 보였지만, 이후 시간이 경과함에 따라 PF섬유 혼입에 따른 콘크리트 자체 내화성능 확보에 기인하여 섬유가 혼입된 경우에서 보다 낮은 온도분포를 나타내었다. 한편, 방화석고보드가 부착된 경우에서는 PF섬유가 혼입된 경우에서 낮은 온도 분포를 보였지만, 방화석고보드가 부착되지 않은 경우는 PF섬유 혼입 유무와 관계없이 유사한 온도경향

을 나타내었다.

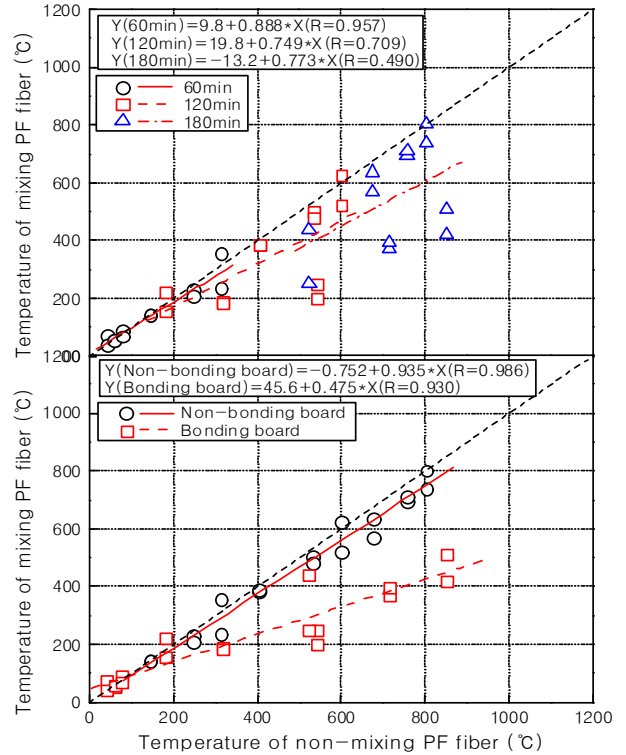


Figure 11. Relationship between temperature on PF fiber mixing and non-mixing with elapsed time and bonding board and non-bonding board

3.2.3 외관성상

Table 10은 내화시험 후의 방화석고보드 부착 유무별 PF 섬유 혼입을 변화에 따른 모의 기둥 시험체의 내화시험 후 마감재를 제거한 모의기둥부재의 4면 외관을 나타낸 것이다.

먼저, 방화석고보드가 미부착되고 PF섬유 혼입율이 0%인 Plain의 경우는 고온으로 인한 모체 콘크리트의 파괴 폭렬로 인하여 콘크리트의 박리, 탈락 현상이 발생하였고, 피복 콘크리트의 탈락으로 인하여 모서리 부분 일부에서는 철근이 노출되어 해당 시험체의 강도 성능을 발휘하기 곤란한 것으로 나타났다. 그러나, PF섬유 혼입율이 증가할수록 섬유에 의한 수증기 배출 효과로 인한 폭렬방지 효과가 나타나 모의 기둥부재의 형상은 어느 정도 유지하였지만, 콘크리트 표면에 발생한 다수의 균열 및 색상은 변화가 관찰되었다.

반면, 방화석고보드가 부착된 경우 PF 0%에서는 보드가 부착되지 않은 PF 0%와 마찬가지로 일정시간 경과 후 방화석고보드가 파괴되면서 모의 기둥구조체가 순간적인 고열의 영향을 받게 되어, 콘크리트가 파괴 폭렬 현상을 일으킬

Table 10. Spalling property of model structure depending on PF fiber with bonding board and non-bonding board

PF fiber (%)	Non-bonding board				Bonding board			
	A face	B face	C face	D face	A face	B face	C face	D face
0								
0.025								
0.05								

과 동시에 시험체의 모서리 및 면 등이 박리·탈락되므로 인해 외관이 상당 부분 손상되었으나, PF섬유 혼입율이 증가할수록 방화석고보드 자체의 내화성 및 모체콘크리트의 섬유 혼입에 의한 수증기 배출효과에 기인하여[11] 모의구조체의 외관은 점차 양호해지는 것으로 나타났다.

3.3 모의 기둥부재의 잔존 압축강도

Figure 12는 내화시험 후 PF섬유 혼입율에 따른 모의 기둥부재의 압축강도를 비교한 것이고, Figure 13은 화석고보드 부착유무 및 PF섬유 혼입율 변화에 따른 모의 기둥부재의 잔존 압축강도율을 나타낸 그래프이다.

먼저, 내화 시험 전 강도측정용 모의 구조체(Plain)의 압축강도는 55 MPa로 나타났으며, 보드가 미부착된 PF섬유 0%의 경우 모의 기둥부재 자체의 극심한 파괴 폭발 현상으로 인하여 강도측정이 불가능한 상태였다. 그러나, 보드가 미부착되었어도 PF섬유가 내부에 혼입된 경우는 모의 구조체가 자체적으로 내화성능을 발휘하면서 상하부 버림 콘크리트를 제외하고 부재의 형태를 일정 부분 유지하여 소정의 강도를 발휘하였지만, 약 30~40%의 강도저하를 나타내었다.

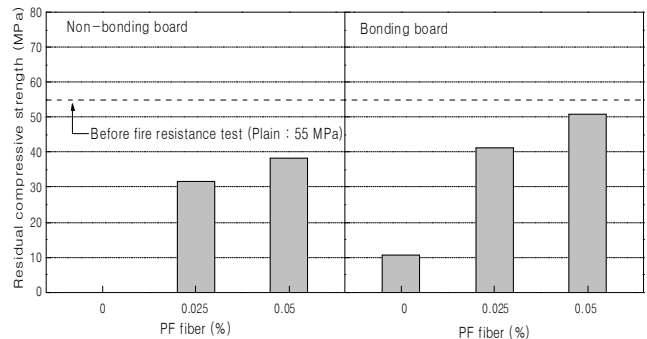


Figure 12. Residual compressive strength of model structure depending on PF fiber with bonding board and non-bonding board

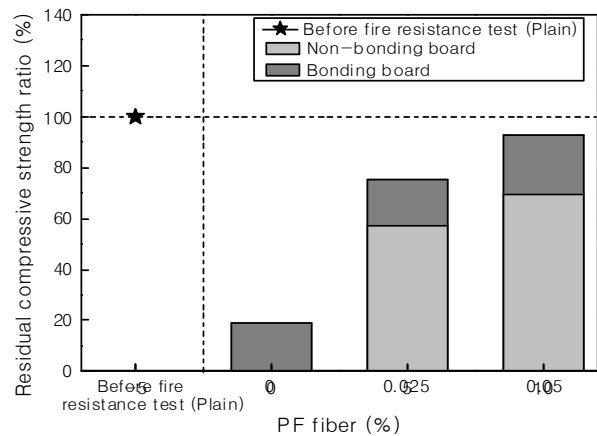


Figure 13. Residual compressive strength ratio of model structure depending on PF fiber with bonding board and non-bonding board

한편, 방화석고보드가 부착된 PF 0 %의 경우는 전체적으로 외관이 상당 부분 손상되었으나 부재의 형태는 어느 정도 유지되어 강도 측정은 가능하였는데, 심각한 내력저하가 발생하여 약 80 %의 강도 저하 현상이 나타났다. 그러나, PF섬유 혼입율이 증가할수록 섬유 혼입에 의한 자체 내화성능 향상에 기인하여 고온에 의한 내력저하 및 폭렬 현상을 상당 부분 방지하므로 인해 약 10~20 %의 강도저하만을 나타내었다.

6. 결 론

본 연구에서는 50 MPa급 고강도 콘크리트 모의 기둥부재를 대상으로 PF섬유 혼입 및 방화석고보드 부착 여부에 내화특성 및 잔존내력에 대하여 분석·검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 실험대상 콘크리트의 기초적 특성으로 슬럼프 플로우는 PF섬유 혼입율이 증가할수록 저하하였고, 공기량은 증가하는 경향을 보였지만, 모두 목표 범위를 만족하는 것으로 나타났다. 압축강도는 PF섬유 혼입율이 증가할수록 점차 저하하는 것으로 나타났으나, 모든 수준에서 재령 28일 압축강도는 50 MPa 이상을 상회하였다.
- 2) 내화시험에서 모의기둥부재 내부 온도이력은 방화석고보드가 미부착된 경우 PF섬유 혼입율과 관계없이 온도가 높게 나타나는 경향을 보였으나, 방화석고보드가 부착된 경우는 온도가 낮게 나타났고, PF섬유 혼입율이 증가할수록 온도는 점차 저하하는 것이 확인되었다.
- 3) 내화시험 시 시간 경과에 따른 온도이력에 따른 상호관계로써 섬유가 혼입된 경우 미혼입보다 낮은 온도분포를 나타내었으며, 보드가 부착되었을 때에는 더욱 낮은 온도 경향을 확인할 수 있었다.
- 4) 내화시험 후 외관성상은 방화석고보드 미부착 PF 0 %에서 심한 파괴 폭렬 현상이 발생하였으며, 섬유혼입율이 증가할수록 탈락 현상은 방지되었으나, 색상 변질 및 다수의 균열이 발견되었다. 한편, 방화석고보드가 부착된 경우는 PF섬유 혼입율이 증가할수록 외관이 양호해지는 경향으로 관측되었다.
- 5) 잔존 압축강도로써 방화석고보드 미부착 PF 0 %에서

는 강도측정이 불가능하였으며, 섬유혼입율이 증가할수록 강도는 증가하였으나, 약 30~40 %의 강도저하 현상을 나타내었다. 방화석고보드 부착 PF 0 %의 경우는 강도측정은 가능하였으나, 약 80 % 가량 강도가 저하하였으며, 섬유혼입율이 증가할수록 저하폭이 감소하여, 약 10~20 %의 강도 저하를 나타내었다.

이상을 종합하면, PF섬유 혼입 및 방화석고보드 부착을 개별적으로 사용하는 것보다는 PF 0.025~0.05 % 혼입하고 19 mm 방화석고보드를 부착하는 두가지 방법을 복합적으로 적용할 때 내화성능 향상에 있어서 보다 효과적인 것으로 분석되었다.

요 약

본 연구는 50 MPa급 고강도 콘크리트 모의 기둥부재를 대상으로 PF섬유 혼입 및 방화석고보드를 부착함으로써, 내화특성 및 잔존내력에 대하여 검토하였다. 먼저, 모체 콘크리트의 기본 물성은 모두 목표 범위를 만족하는 것으로 나타났다. 내부 온도이력은 방화석고보드가 미부착된 경우 온도가 다소 높게 나타나는 경향을 보였고, 방화석고보드가 부착된 경우는 섬유 혼입율이 증가할수록 온도가 점차 낮게 분포되었다. 상호관계로는 시간이 경과할수록 섬유가 혼입된 경우에서 낮은 온도분포를 나타내었으며, 보드가 부착되었을 때 더욱 낮은 온도 경향을 확인할 수 있었다. 한편, 외관성상은 PF 0 %에서 심한 파괴 폭렬 현상이 발생하였으며, 섬유혼입율이 증가할수록 탈락 현상은 방지되었으나, 색상 변질 및 다수의 균열이 발견되었고, 보드가 부착된 경우는 혼입율이 증가할수록 외관이 양호해지는 경향을 나타내었다. 잔존 압축강도로 보드 미부착 PF 0 %에서는 강도 측정이 불가능하였으며, 섬유혼입율이 증가할수록 강도는 증가하였으나, 약 30~40 %의 강도저하 현상을 나타내었고, 보드 부착 PF 0 %의 경우 강도측정은 가능하였으나 약 80 % 가량 강도가 저하하였으며, 섬유혼입율이 증가할수록 저하폭은 감소하여 약 10~20 %의 강도 저하만을 나타내었다. 이상을 종합하면, PF섬유 혼입 및 방화석고보드 부착을 개별적으로 사용하는 것보다는 두 가지 방법을 복합적으로 적용할 때 내화성능 향상에 있어서 보다 효과적일 것으로 분석되었다.

키워드 : 고강도 콘크리트, 폭발, 폴리론화이버, 방화석고
보드, 내화특성, 잔존내력

Acknowledgement

This work was supported by the University of Incheon Research Grant in 2011.

References

1. Fire Investigation Team, Fire Statistics Yearbook 2006, National Emergency Management(KR), 2007 September 327 p.
2. Kang BH, Properties of High-heated Concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, 2002 March;14(2):17-23.
3. Song H, Hyung WK, Do JY, So YS, Explosive Spalling Dependent on Compressive Strength and Moisture Content of High Strength Concrete including Silica Fume, Journal of Architectural Institute of Korea, 2004 September;20(9):111-7.
4. Kang SP, Lee J, Hong SJ, Fire Resistance Performance of High Strength Concrete Columns with Fireproof Mortars Using Cement and Gypsum, Journal of Architectural Institute of Korea, 2012 January ;28(1):93-100.
5. Jung DW, Hwang IS, Han CG, Performance of Spalling Resistance of High Performance Concrete with PP Fiber Contents and Lateral Confinement, Journal of Architectural Institute of Korea, 2003 January;19(1):61-8.
6. Ko JW, Ryu DW, Lee MH, Lee SH, Study on the Behavior of Microstructure and Spalling Mechanism by Heat and Moisture Movement in Concrete under Fire Environment, Journal of Architectural Institute of Korea, 2007 December;23(12):107-16.
7. Youm KS, Jeon HG, Fire Resistance Performance of High Strength Concrete Columns with Fireproof Gypsum Board, Journal of the Korea Concrete Institute, 2010 April;22(2):229-35.
8. Park SH, Physical Properties and Thermal Property of Fireproofing Gypsum Board with High Temperature, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2011 August;11(4):21-5.
9. Han CG, Kim SS, Kim SS, Jang KH, Preventing Spalling of High Performance Concrete Depending on the Length Variation and Contents of NY+PP Fiber, Journal of Architectural Institute of Korea, 2008 September;24(11):69-76.
10. Han CG, Hwang YS, Lee JS, Kim KM, Spalling and Fire Enduring Properties of High Strength RC Column Subjected to Axial Load Depending on Fiber Contents, Journal of the Korea Concrete Institute, 2006 February;18(1):83-90.
11. Yang SH, Combined Effect of Fiber Addition and Fireproofing Protection Board on Residual Strength and Fire Resistance of High Strength Concrete, Journal of Architectural Institute of Korea, 2011 December;27(12):155-62.