

# 잔골재 종류에 따른 내화피복용 모르타르의 고온 성상에 관한 연구

## Study on the High Temperature Properties of Fireproof Mortar Using Various Types of Fine Aggregate

임서형<sup>1\*</sup>Seo-Hyung Lim<sup>1\*</sup>

(Received April 6, 2014 / Revised May 22, 2014 / Accepted May 30, 2014)

High strength concrete has a structural advantage as well as superior usability and durability, so that its application in building is being steadily augmented. However, in the high temperature like in a fire, the high strength concrete has extreme danger named explosive spalling. It is known that the major cause of explosive spalling is water vapour pressure inside concrete. General solution for preventing concrete from spalling include applying fire protection coats to concrete in order to control the rising temperature of members in case of fire. The purpose of this study is to investigate the high temperature properties of fireproof mortar using organic fiber and various types of fine aggregate for fire protection covering material. The results showed that addition of perlite and polypropylene fiber to mortar modifies its pore structure and reduces its density. This causes the internal temperature to rise. As a results, it is found that a new fireproof mortar can be used in the fire protection covering material in high strength concrete.

**키워드 :** 잔골재, 내화피복, 고강도콘크리트, 폭발, 모르타르

**Keywords :** Fine Aggregate, Fire Resistance Covering, High Strength Concrete, Explosive Spalling, Mortar

### 1. 서론

콘크리트는 풍부한 구성 재료로 제조되기 때문에 경제성은 물론 성능이 우수하여 강재와 더불어 현대의 각종 구조물의 구조재료로 사용되고 있다. 또한 콘크리트는 목재나 강재보다 내화성이 우수한 재료이지만, 고온의 화재에서 장시간 화열을 받게 되면 성능저하가 크게 발생한다.

즉, 콘크리트는 105℃ 전후하여 모세관공극에 있는 자유수가 소실되며, 250~350℃에서 결합수의 약 20%가 탈수되며, 500~580℃에서 수산화칼슘 그리고 750~825℃에서 탄산칼슘이 각각 분해된다. 이에 따라 콘크리트 구조물은 약 500℃에서 탄산화 시작되며, 정탄성계수가 감소되면서 바닥슬래브, 보의 처짐이 커지기 시작하며 탈수나 열응력으로 균열, 들뜸이 발생한다. 이와 같은 성능저하는 급격히 가열될수록, 부재단면이 얇거나 콘크리트의 함수율이 높을수록 쉽게 발생된다. 특히 40MPa 이상의

고강도 콘크리트 또는 그 이상의 초고강도 콘크리트에서는 상기한 성능저하 이외에 폭음과 함께 콘크리트가 박리 또는 탈락하는 폭발이 발생되어 구조물의 안전성이 저하되는 현상이 일어난다.

지금까지 제시된 폭발발생 메커니즘은 수증기압에 의한 폭발, 열응력에 의한 폭발, 수증기압과 열응력의 복합에 의한 폭발로 크게 분류할 수 있다. 일반적으로 고강도콘크리트의 폭발을 저감 또는 억제하는 메커니즘 및 대책은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 부재에 내화도료를 도포하거나 내화보드 또는 내화 모르타르를 피복하여 표층부의 최고온도 및 온도상승을 낮추는 방안(Jeong et al., 2010, Kang et al., 2012) 둘째, 수증기압의 저감과 내부 수분이동을 원활하게 하는 방안으로 콘크리트에 유기섬유를 혼입하여 열응력을 완화시키거나 온도상승 시 섬유용융으로 생긴 내부공극을 수분이동의 통로로써 활용하는 방안(Choe et al., 2012, Han et al., 2009) 셋째, 폭발에 의한 콘크리트의 비산을 방지할 목적으로 외부에 강판을 부착하거나 표층부에 메탈라스를 배

\* Corresponding author E-mail: [shlim@gntech.ac.kr](mailto:shlim@gntech.ac.kr)

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 건축공학과 (Department of Architectural Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Gyeongnam, 660-758, Korea)

치하는 방안(Hwang et al., 2002, Kim et al., 2012, Yang et al., 2011) 넷째, 부재의 코어부분은 기존의 고강도 콘크리트를 사용하고 피복부분만 폭발이 발생하지 않는 재료로 치환함으로써 콘크리트의 폭발을 방지하는 방안(Shin et al., 2008)이다.

그러나 이와 같은 폭발저감 방안은 주로 신축 시 고강도 콘크리트 부재에 적용되는 것으로 기존의 고강도 콘크리트 부재에 대한 폭발 대책은 일부분에 지나지 않는다. 이미 축조된 기존 고강도 콘크리트 부재의 폭발을 저감시키는 방법으로는 상기한 내화보드 또는 내화 모르타르를 피복하는 방안이 있다. 이러한 대책 중의 하나인 내화보드를 설치하는 공법은 폭발을 저감시키고 수열온도를 제어할 수 있는 장점이 있으나, 앵커 및 접착제의 내화성능 부족과 줄눈부위의 처리가 어렵다는 심각한 단점도 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 페라이트 뿐만 아니라 강모래 와 알루미늄 나 골재 그리고 골재 혼합비에 따른 각종 모르타르를 제조하여 역학적 성상은 물론 고온 가열 후 폭발 유무, 온도상승 기울기와 같은 고온 성상을 파악하여 내화피복재로 활용할 수 있는 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 개요

이미 축조된 고강도 콘크리트의 폭발을 억제하는 공법의 하나로서 내화 피복용 모르타르를 부재에 피복하는 방안이 있다. 이러한 연구의 일환으로 Lim et al.(2011)은 폴리프로필렌 섬유(이하, PPF)와 페라이트를 사용한 모르타르를 제조하여 역학적 성상을 파악하였으며 또한 Yoo et al.(2011)는 이를 고강도 콘크리트 기동에 적용하여 폭발을 저감할 수 있는 가능성을 확인하였다.

본 실험에서는 유기섬유와 각종 골재를 사용한 내화피복용 모르타르를 제조하고 그 물리적 성질은 물론 고온 성상을 파악하고자 한다. 실험에 사용된 경량골재인 페라이트는 공극율 90% 정도로서 열적성능이 매우 우수하다. 또한 중량골재인 알루미늄은 소

성알루미나를 용융로에서 2,100℃로 용융하여 재결정된 것으로 높은 강도와 내열성을 지니고 있어 세라믹 절연재료로 사용되고 있다. 모르타르에 사용된 유기섬유는 일정 온도에서 용융 및 기화되므로 상기한 골재와 함께 모르타르의 새로운 공극구조를 형성하여 화재 시 모르타르의 열적성능을 대폭 향상시킬 것으로 기대된다. 이와 같은 점에 착안하여 계획한 주요 실험인자 및 수준은 Table 1과 같다.

### 2.2 사용 재료 및 배합

실험에 사용한 각 재료의 물성은 Table 2와 같다. 보통골재는 비중 2.6, 흡수율 1.25%인 강모래를 사용하였다. 중량골재로 사용한 알루미늄 잔골재는 비중 3.97, 흡수율 0.4%, 최대크기 3mm로서 강도와 내열성이 매우 높다. 또한, 경량골재로 사용한 페라이트 잔골재는 비중 0.18, 흡수율 20%인 다공성 골재이며, 최대크기 2mm의 것을 사용하였다. 즉, 비중에 따라 페라이트 잔골재(이하, PS)는 경량골재, 강모래(이하, RS)는 보통골재, 알루미늄 잔골재(이하, AS)는 중량골재로 분류한다.

유기섬유로는 PPF를 사용하였으며 직경 0.04mm, 길이 3mm로서 용융점은 160℃, 기화점은 340℃이다. 고강도 콘크리트의 폭발 방지를 위해 사용되는 유기섬유는 일반적으로 길이 19mm의 것을 사용하지만 모르타르의 경우 비빔의 어려움과 시공 시 마감성에 문제가 발생할 수 있고, 또한 길이가 짧을수록 용융되면서 더 많은 미세공극이 만들어지기 때문에 최대길이를 3mm로 하였다. 모르타르 비빔 시 유기섬유를 첨가하면 표면수로 인하여 모르타르의 플로우가 감소되기 때문에 반죽질기를 맞추기 위하여 폴리카본산계 표준형 고성능 감수제(이하, SP제)를 사용하였다.

Table 1과 같은 모르타르 배합 시 특히 PS는 비중이 매우 작고,

Table 1. Experimental factor and level

Factor		Level		
W/C		0.38	0.45	0.52
C : S	Perlite sand	1 : 0.15	1 : 0.19	1 : 0.24
	River sand	1 : 3.2		
	Alumina sand	1 : 4.8		
PS <sup>(1)</sup> : AS <sup>(2)</sup>		1 : 1	1 : 2	1 : 3

<sup>(1)</sup>PS : Perlite sand, <sup>(2)</sup>AS : Alumina sand

Table 2. Physical properties of used material

Material	Physical properties
Cement	density 3.15g/cm <sup>3</sup> , specific surface area 3,302cm <sup>2</sup> /g
Fine aggregate	- River sand : density 2.6, absorption 1.2% - Perlite sand : density 0.18, absorption 20%, size 2mm, thermal conductivity 0.03~0.06W/m-k - Alumina sand, density 3.95, absorption 0.4%, size 3mm
Organic Fiber	Polypropylene Fiber, diameter 0.04mm, length 3mm, density 0.91g/cm <sup>3</sup> , melting point 160℃, vapor point 340℃,
Super plasticizer	Polycarboxylic-based superplasticizer

AS는 비중이 매우 크기 때문에 사전에 예비시험 통하여 물시멘트 비(이하, w/c)와 시멘트 모래비를 각각 정하였다. 또한 PS 사용 시 48시간 이상 습윤시킨 다음 건조시켜 표건상태로 사용하였다. PPF는 모르타르 체적의 0.3%, 0.6%, 0.9%가 되도록 첨가하였다. 콘크리트의 폭발방지를 위한 PPF의 일반적 사용량은 0.2%정도이나, 본 실험에서는 다공질 모르타르를 제조하기 위해 다량으로 사용하였다. RS와 AS를 혼합하여 모르타르를 제조할 경우에는 시멘트 모래비를 1:0.24로 하고, 유기섬유를 0.6% 첨가하였다. 시공성을 위한 모르타르의 반죽질기는 흐름시험의 플로우 값이 110 mm 정도가 되도록 설정하였다.

### 2.3 실험 방법

KS L 5105 『시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법』에 따라 모르타르 시험체 제작 및 플로우 시험을 하였으며, 압축강도는 재령 3, 7, 28일에 각각 측정하였다. 제작된 모르타르의 고온성상을 파악하기 위한 시험은 전기로에서 1,000℃로 1시간 동안 가열한 후 폭발 현황과 균열발생 여부를 각각 관찰하였다. 또한 가열 전후의 중량과 압축강도로 중량감소율과 잔존압축강도율을 각각 측정하였다. PS와 PPF를 사용한 모르타르의 수열온도 성상을 파악하기 위해 Ø100×200mm의 시험체에 K형 열전대를 설치하고 가열시간별 수열온도를 각각 측정하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 각종 골재 및 PPF를 사용한 모르타르의 단위용적중량과 압축강도와의 관계로서 단위용적중량이 커질수록 압축강도 또한 직선적으로 증가됨을 알 수 있으며, 그 상관성은 0.91로 나타났다. Jeon et al.(2003)이 경량콘크리트의 단위용적중량으로 압축강도를 예측할 수 있는 기법을 제시한 것처럼 일반적으로 경량콘크리트의 압축강도가 단위용적중량과 큰 상관성이 있다는 것을 알 수 있다. PS를 사용한 모르타르의 단위용적중량은 1.1g/cm<sup>3</sup>~1.4g/cm<sup>3</sup>으로서, 보통골재를 사용한 모르타르의 2.2g/cm<sup>3</sup>보다 매우 가벼운 것을 알 수 있다. AS를 사용한 모르타르의 단위용적중량은 2.7g/cm<sup>3</sup>로서 보통골재보다 23%무겁다.

Fig. 2는 PS를 사용한 w/c가 0.45인 모르타르의 시멘트 모래비에 따른 압축강도의 관계를 나타낸 것으로 시멘트 모래비가 작을수록 압축강도는 높은 경향을 보이고 있다. 즉, 재령 28일의 경우 시멘트 모래비가 1:0.24에서 1:0.19, 1:0.15로 낮아짐에 따라 압축강도는 63%, 48%씩 각각 증가하였다. 경량골재를 사용한 콘

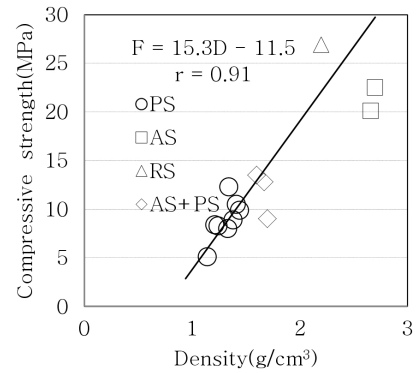


Fig. 1. Relation between compressive strength and density

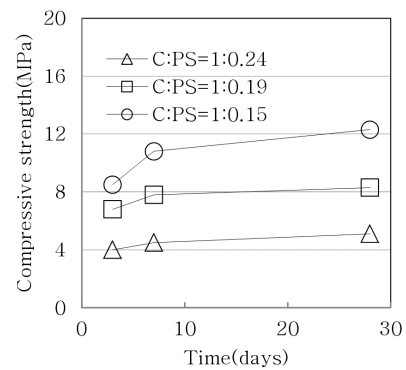


Fig. 2. Relation between compressive strength and cement/aggregate ratio(PS, w/c=0.45)

크리트 또는 모르타르의 압축강도는 w/c의 영향도 크지만 골재 자체의 공극율 및 이에 따른 시멘트 모래비의 영향도 많이 받는다 고 판단된다.

Fig. 3은 시멘트 모래비 1:0.24인 모르타르의 w/c에 따른 압축강도를 나타낸 것으로 w/c가 작아질수록 압축강도는 커진다. 즉, w/c가 0.52에서 0.38로 됨에 따라 압축강도는 25%증가되었다. 단, w/c 0.45의 경우 실험 오차로 인하여 압축강도가 명확히 나타나지 않았다. 이는 경량골재인 PS의 표면수 관리가 매우 중요하다는 점을 시사하고 있다.

Fig. 4는 PS와 PPF를 사용한 모르타르의 28일 강도와 3, 7일 강도와의 관계로서 3일 강도는 28일 강도의 54~78%의 범위에 있으며, 평균 67%를 나타내고 있다. 또한 7일 강도는 28일 강도의 70~94%로서 평균 82%를 보이고 있으며, 7일 강도로 28일 강도를 추정하는 회귀식은 Fig. 4에 나타낸바와 같으며 상관계수는 0.92로서 매우 높은 상관성을 지니고 있다.

Fig. 5는 PS를 사용한 w/c 0.38, 시멘트 모래비 1:0.24인 모르타르의 PPF 첨가율과 압축강도의 관계를 나타낸 것으로 PPF가

0.3~0.9% 첨가됨에 따라 압축강도는 PPF를 첨가하지 않은 것에 비해 6%~23% 낮게 나타났다. PPF의 경우 모르타르의 강도 증진에는 기여하지 않는 첨가물이며, 오히려 PPF가 첨가됨으로서 모르타르 내부의 공극이 증가되는 역할을 한 것으로 보인다. 그러나 PPF를 첨가한 모르타르의 경우 PPF 첨가율이 커질수록 압축강도

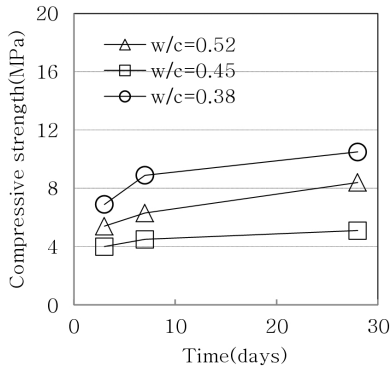


Fig. 3. Relation between compressive strength and water/cement ratio(C : PS = 1 : 0.24)

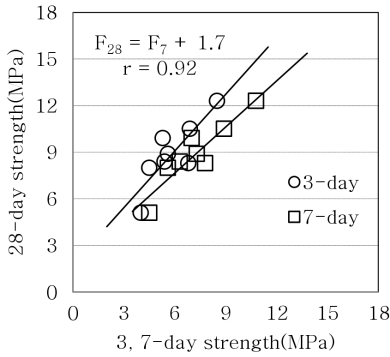


Fig. 4. Relation between 28-day compressive strength and 3, 7-day compressive strength used PS.

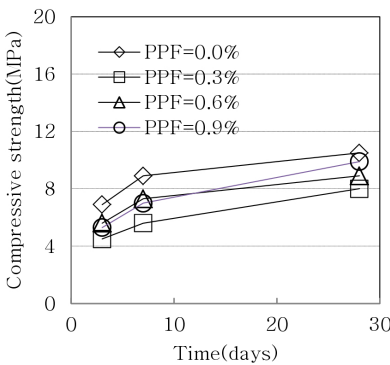


Fig. 5. Compressive strength with PPF contents(PS, w/c=0.38)

가 증가되는 경향을 보이고 있으며, 이는 PPF의 영향이라기보다는 다량의 PPF가 표면수와 접촉한 결과 모르타르의 w/c가 낮아져 강도가 커진 것으로 판단된다.

Fig. 6, 7은 RS와 AS를 사용한 모르타르의 PPF 첨가유무에 따른 압축강도를 각각 나타낸 것으로 PPF가 첨가됨에 PS와 같이 압축강도는 낮게 나타나고 있다. 특히 AS를 사용한 모르타르의 압축강도는 PPF의 첨가유무에 따라 큰 차이가 없으나 RS를 사용한 경우 비교적 낮게 나타났다.

Fig. 8은 PS와 AS의 혼합비에 따른 압축강도를 나타낸 것으로 혼합비 1 : 1, 1 : 2의 경우 압축강도가 비슷하지만 혼합비 1 : 3의 경우 낮게 나타나고 있다. 이는 Fig. 8, 9를 비교한 결과에서도 AS를 사용한 모르타르의 압축강도가 낮은 것과 일치한다. AS 자체는 내열성이 우수하고 강도가 높지만 본 실험에서는 모르타르의 압축강도에 기여하지 않음을 알 수 있다. PS와 AS의 비중차이가 크기 때문에 배합상의 원인일 수 있으며, 또는 단일 입도의 AS를 사용한 결과인지 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

Fig. 9는 PS, RS 및 AS를 사용한 모르타르를 1,000℃로 1시간

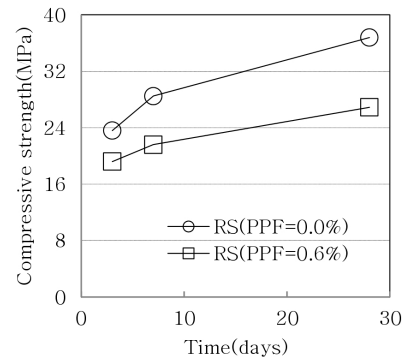


Fig. 6. Compressive strength with PPF contents(RS, w/c=0.38)

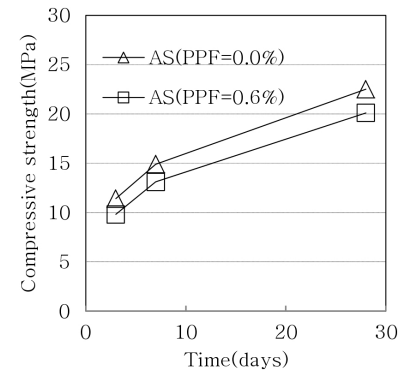


Fig. 7. Compressive strength with PPF contents(AS, w/c=0.38)

가열 후의 중량감소율을 PPF 첨가 유무에 따라 나타낸 것이다. PPF를 첨가하지 않은 모르타르의 중량감소율은 PS를 사용한 경우 30.6%, RS와 AS를 사용한 경우 각각 10.1%, 6.7%이며, 골재의 비중에 따라 중량감소율도 명확한 차이를 보이고 있다. 특히 PS를 사용한 모르타르의 중량감소율이 큰 것은 PS가 다공성으로서 흡

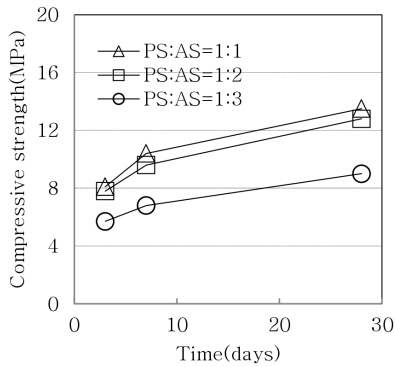


Fig. 8. Relation between compressive strength and cement/aggregate ratio(w/c=0.38, PPF=0.6%)

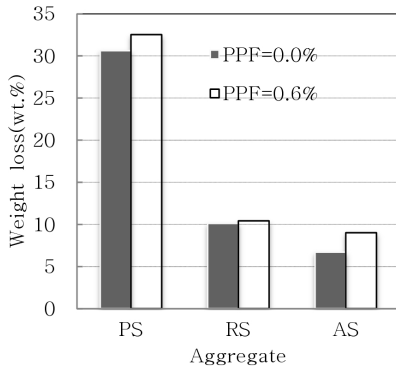


Fig. 9. Relation between weight loss and used aggregate

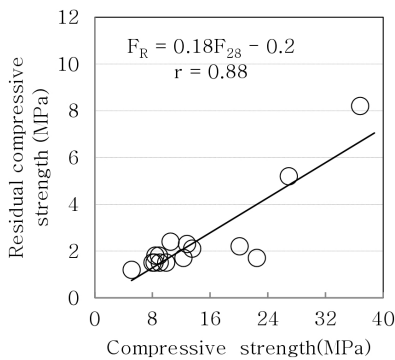


Fig. 10. Relation between residual compressive strength and compressive strength

수율이 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 PPF를 0.6% 첨가한 모르타르의 중량감소율도 골재 종류에 관계없이 미소하게 증가되는 경향을 보이고 있다.

Fig. 10은 PPF 첨가율과 1,000℃로 가열 전후의 압축강도와 잔존압축강도와의 관계를 나타낸 것이다. PS를 사용하고 PPF가 첨가되지 않은 모르타르의 잔존압축강도는 평균 20% 정도이지만 PPF가 첨가된 모르타르의 경우 평균 18%로서 PPF가 첨가될수록 잔존압축강도는 미소하지만 낮게 나왔다.

RS와 AS를 사용한 모르타르의 경우 잔존압축강도는 평균 21%, 9%로 나타났으며, AS를 사용한 모르타르의 경우 화재시 매우 취약할 것으로 판단된다.

또한, Fig. 11에서와 같이 AS와 RS를 사용한 시험체는 PPF의 첨가에 관계없이 일부 폭렬이 발생하였지만, PS와 PPF를 사용한 모르타르는 폭렬이 발생하지 않았으나 일부 시험체의 경우 균열이 관찰되었다. 이와 같이 폭렬이 예상보다 적게 발생한 이유는 피복 목적으로 제조하였기 때문에 압축강도가 작았다는 점과 시험체가 50mm 입방체로 크기가 작아 내부 수증기압이 크게 증가하지 않았기 때문이다. 따라서 내화시험 후 각종 물성을 평가하면 RS와 AS를 사용한 모르타르는 내화피복재로서 부적합하고, PS와 PPF를 사용한 모르타르가 적합하다고 판단된다. 또한, PS를 사용한 모르타르의 PPF의 첨가유무에 따른 수열온도의 측정 결과는 Fig. 12와



Fig. 11. Specimens after fire-resistance test

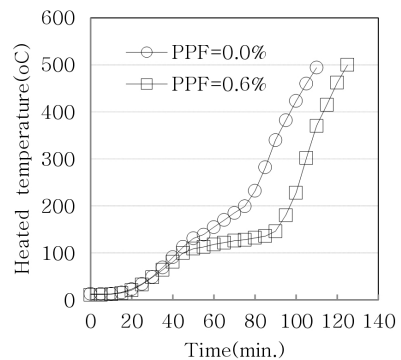


Fig. 12. Heated temperature with time(PS, w/c=0.38)

같다(Lim et al., 2011).

PPF의 사용여부에 관계없이 약 45분까지는 거의 같은 비율로 온도상승이 이루어지지만 그 후부터는 명확한 차이를 보이고 있다. 즉, PPF를 사용한 모르타르의 수열온도는 90분까지 매우 완만히 상승하다가 그 이후부터 일정한 구배로 상승하고 있다. PPF를 사용하지 않은 경우 온도상승이 지연되지 않고 75분까지 상승되다가 그 이후 급격히 상승되고 있다. 따라서 PPF를 사용함으로써 PPF의 용융, 기화로 인한 상변화 및 이로 인한 모르타르 내부에 미세공극이 형성되어 45분 정도 온도상승이 지연된 것으로 판단된다. 즉 온도상승이 지연된 시험체의 수열온도는 100℃~150℃ 범위에 있다. Kim et al.(2012)은 유기섬유의 용융 및 기화에 따른 고강도 콘크리트의 폭발 특성을 연구한 결과에서 내부 온도분포에 따른 섬유 기화량을 파악하였으며, 일정 시간 이후 전체 섬유량의 60% 이상이 기화되어 일정 수증기압을 유지할 수 있는 충분한 공극이 형성된다고 보고하고 있다. 또한, Won et al.(2008)은 PPF 혼입율에 따른 고강도 콘크리트의 내부온도 분포특성을 연구한 결과에서 PPF의 혼입량이 증가할수록 부재의 평균 내부온도가 저하된다고 보고를 하고 있다. 단, 고강도 콘크리트의 경우 급속가열을 받을 경우 가열 초기에 표면의 수증기압이 증가되어 폭발이 발생할 가능성도 있으므로 주의할 필요가 있다.

이상의 결과에서 PS와 PPF를 사용한 모르타르가 내화피복재로서 유효할 것으로 기대되며, 실제 Han et al.(2009)은 내화 모르타르를 적용한 기존 연구에서 폭발을 방지할 수 있다고 보고하고 있다. 그러나 향후 구조부재에 대한 실험으로 검증할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다고 보고하고 있다. 즉, 기존 고강도 콘크리트 부재의 폭발방지를 위해 내화 모르타르를 피복할 경우 모르타르 자체의 내화성능도 중요하지만 모체와의 접착력을 유지할 수 있는 공법 개발도 매우 중요하며 향후 이에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 또한, 제조된 모르타르와 유리섬유 종이를 합성하여 단열 및 내화성능 그리고 형상 유지력을 향상시킬 수 있는 연구도 기대된다(Youm et al., 2010).

#### 4. 결론

유기섬유인 PPF와 잔골재로서 RS, AS 특히 경량골재인 PS로 제조한 모르타르를 기존 고강도 콘크리트 부재의 내화 피복재로 활용하기 위한 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. PS와 PPF를 사용한 모르타르의 단위용적중량은 평균 1.25g/cm<sup>3</sup>으로서, RS 및 AS를 사용한 모르타르의 단위용적중량 2.2g/cm<sup>3</sup>,

2.7g/cm<sup>3</sup>보다 작기 때문에 열적성능이 매우 우수하다고 판단할 수 있다.

2. PS와 PPF를 사용한 모르타르의 압축강도는 w/c 뿐만 아니라 시멘트 모래비의 영향을 많이 받으며, 단위용적중량과 압축강도와의 사이에는 유효한 상관성이 있다.
3. AS 또는 AS와 PS를 혼합하여 사용한 모르타르의 가열 후의 압축강도는 PS, RS를 사용한 모르타르보다 낮게 나타났으며 균열 및 폭발이 발생하였다.
4. 내화시험 후의 중량감소율은 PS를 사용한 모르타르가 RS, AS를 사용한 것보다 크며 잔존압축강도는 낮다. 또한, PPF의 첨가량이 많을수록 잔존압축강도도 낮다.
5. 내화시험 후의 중량감소율, 잔존압축강도, 균열 및 폭발을 종합적으로 판단할 때 RS, AS를 사용한 모르타르보다는 PS와 PPF를 사용한 모르타르가 내화 피복재로서 유효할 것으로 판단된다.
6. PS와 PPF를 사용한 모르타르는 PS의 공극구조 및 PPF의 용융 및 기화의 상변화 효과로 인하여 100℃~150℃ 범위에서 수열 온도 상승을 45분 지연시켜 열적성능이 우수하다.

#### 감사의 글

본 논문은 2012년도 경남과학기술대학교 연구년 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### References

Choe, G.C., Kim, G.Y., Lee, J.H., Lee, S.H., Lee, T.G. (2012). Evaluation on spalling properties of ultra high strength concrete with melting and vaporization of fiber, Journal of the Korea Concrete Institute, **24(2)**, 173-183.

Choe, G.C., Kim, G.Y., Lee, T.G., Nam, J.S., Park, B.K. (2012). Evaluation of spalling property and water vapor pressure of concrete with heating rate, Journal of the Korea Concrete Institute, **24(5)**, 605-612.

Han, C.G., Han, M.C., Kim, W.K., Lee, J.S. (2009). Effect of admixture types and PP fiber on the development of spalling resistance of high strength concrete, Journal of the Architectural Institute of Korea, **25(11)**, 105-112.

Han, C.G., Hwang, Y.S., Lee, B.Y., Li, B.S., Yang, S.H. (2002). An experimental study on the spalling resistance of high performance concrete with PP fiber contents and lateral

- confinement by metal-lath, Proceeding of Conference in Korea Concrete Institute, 557-562.
- Han, C.G., Lee, C.Y., Lee, J.S., Pei, C.C. (2009). Fire resistant properties of the RC columns applying various spalling prevention methods, Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection, Korea Institute for Structural Maintenance Inspection, **13(3)**, 119-126.
- Hong, S.J., Kang, S.P., Lee, J. (2012). Fire resistance performance of high strength concrete columns with fireproof mortars using cement and gypsum, Journal of the Architectural Institute of Korea, **28(1)**, 93-100.
- Jang, C.I., Kim, H.Y., Kim, W.Y., Won, J.P. (2008). Spalling and internal temperature distribution of high strength column member with polypropylene fiber volume fractions, Journal of the Korea Concrete Institute, **20(6)**, 821-826.
- Jeon, H.K., Kim, D.H., Seo, C.H. (2003). An experimental study on the property of concrete with expanded perlite, Journal of the Architectural Institute of Korea, **19(5)**, 71-78.
- Jeon, H.G., Youm, K.S. (2010). Fire resistance performance of high strength concrete columns with fireproof gypsum board, Journal of the Korea Concrete Institute, **22(2)**, 229-235.
- Jeong, E.D., Kang, H.J., Kang, S.M., Song, M.S. (2010). A study on the effects of fire-resistant coating materials for prevention of concrete spalling, Journal of the Korean Society Hazard Mitigation, **10(5)**, 9-15.
- Kim, S.K., Kim, S.Y., Lee, H.S. (2012). The experimental study on the evaluation of fire-proof performance and bond characteristics for development of 3 hours fire-proof paint, Proceeding of Conference in Korea Concrete Institute, **12(2)**, 63-64.
- Lim, S.H., Moon, J.W., Yoo, S.H. (2011). Study on the mechanical properties of lightweight mortar for fire protection covering material in high strength concrete, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, **25(3)**, 8-13.
- Lim, S.H., Yoo, S.H. (2011). Spalling reduction method of high-strength reinforced concrete columns using insulation mortar, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, **25(6)**, 8-13.
- Shin, S.W. (2008). Fire safety design guidelines of high strength concrete structures, Architectural Institute of Korea.
- Yang, S.H. (2011). Combined effect of fiber addition and fireproofing protection board on residual strength and fire resistance of high strength concrete, Journal of the Architectural Institute of Korea, **27(12)**, 155-162.

**잔골재 종류에 따른 내화피복용 모르타르의 고온 성상에 관한 연구**

고강도 콘크리트는 구조적으로 우수하며 사용성 및 내구성이 뛰어나 건축물에서 그 활용성이 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 화재처럼 고온에서 고강도 콘크리트는 폭발이 발생될 가능성이 있으며, 폭발 원인은 콘크리트 내부의 수증기압이 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 콘크리트의 폭발을 제어할 수 있는 일반적인 방법은 콘크리트 표면에 내화피복을 사용하여 화재 시 부재의 온도상승을 억제하는 방법이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 각종 골재와 유기섬유를 사용하여 콘크리트 내화피복용 모르타르를 제조하고 그 고온 성상을 파악하고자 한다. 실험결과 퍼라이트와 폴리프로필렌 섬유를 사용한 모르타르는 내부공극과 밀도를 변화시켜 내부온도 상승을 지연시킨다. 그 결과 고강도 콘크리트의 폭발을 방지할 수 있는 내화 피복재로 활용 가능하다.