

폴리머 시멘트 모르타르의 연소특성 평가

The Combustion Character of Polymer Modified Cement Mortar

박 동 천* 오 광 석** 김 호 열*** 오 상 군**** 강 병 희*****
 Park, Dong-Cheon Oh, Kwang-Suek Kim, Hyo-Youl Oh, Sang-Gyun Kang, Byeung-Hee

Abstract

Not only mechanical properties, bonding properties, electro chemical properties, etc. but also fire safety is required in patch repair materials such as polymer modified cement mortar (PCM) which are used to deteriorated reinforced concrete structure. Unfortunately, it is very difficult to choice the appropriate repair materials because there are not enough information about fire safety properties of PCM. In this study, The combustion characters of PCM were evaluated through the heat release rate test and non-combustibility test. The pyrogenicity test uses the cone calorimeter based on the oxygen consumption method. The non-combustibility test is from the temperature change inside the furnace during the test. The effect of the types of polymer and polymer content were evaluated from the series of test. The results are like followings. 1) The higher the W/C of PCM, the lower the gross calorific value and heat generation rate in the heat release rate test. The amount of heat generation of PCM is like the order of VVA, EVA, and SBR in this study. 2) Some materials such as E45-100, E50-100, E60-100, S50-50, and S50-100 were estimated as not appropriate building materials in the non combustibility test.

키워드 : 연소특성, 발열성 시험, 불연성 시험, 폴리머시멘트 모르타르

Keywords : Combustion character, Heat release rate test, Non combustibility test, Polymer modified cement mortar

1. 서 론

불연재료는 주로 무기계로서 콘크리트, 석재, 벽돌, 기와, 석면판, 철망, 알루미늄, 유리, 모르타르 등이 있으며, 통상 가열에 의해 적열과 약간의 변형은 있어도 연소현상을 일으키지 않으며, 연기가 발생하지 않는 재료를 말하며, 난연재료는 주로 유기계 재료로서 초기화재시에 현저한 연소현상을 일으키지 않으며 피난상 지장이 있는 다량의 연기를 발생하지 않는 재료를 말한다. 또 준불연재료는 불연재료에 준하는 재료로서 통상의 화재 시 화열에 대하여 거의 연소현상을 일으키지 않으며 발열량도 극히 적은 재료로 불연재료와 난연재료의 중간 정도이나 성능이 불연재료에 가까운 재료를 말한다¹⁾.

한편, 건축재료로 가장 사용이 많이 콘크리트는 불연재료로 분류되지만 구조적 내열성이 문제시 되어 과거 수년간, 수열 중 또는 후의 역학적성능, 수열 중의 폭열에 대한 연구가 상당히 진행되어 왔으나²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾, 아직 정량적 성능저하 및 폭열의

예측 모델의 단계까지는 이르지 못하고 있는 실정이며, 실험적 연구에 기초한 데이터 축적과 폭열억제에 관하여 몇몇 아이디어가 적용된 연구⁶⁾⁷⁾⁸⁾가 진행되고 있는 실정이다. 콘크리트와 같은 무기질계의 경우는 불연재료로서 구조적성능만이 문제가 되었지만 열화한 철근콘크리트 구조물의 보수에 사용되는 단면수복재, 폴리머 시멘트 모르타르의 경우에는 무기계의 시멘트재료와 유기계의 수지의 복합재료로서 이상과 같은 구조적인 문제뿐만 아니라 동시에 방화성능에 대해서도 안전성 검증이 요구된다.

이상의 연구배경으로 미루어 본 연구에서는 최근 사용의 편의성에 의해 적용 실적이 증가하고 있는 재유화형 분말수지 혼입 시멘트 모르타르를 대상으로 콘칼로리미터(cone calorimeter)를 사용한 산소소비법에 근거한 발열성시험과 불연성시험을 실시하였으며 그 결과에 근거하여 폴리머 시멘트 모르타르의 연소특성 및 폴리머의 종류 및 혼입율에 관해 고찰하였다.

* 한국해양대학교 해양공간건축학부 전임강사
 ** 한국해양대학교 해양공간건축학부 조교수
 *** 김해대학 건축소방계열 전임강사
 **** 동의대학교 건축공학과 부교수
 ***** 동아대학교 건축공학과 교수

표 1. 폴리머의 물성

재유화형 분말수지	휘발분 (%)	입자경 (%) [*]	산값 (mgKOH/mg)	겉보기 밀도 (g/ml)
EVA(Vinyl acetate/Ethylene)	0.5	2이하	2이하	0.52
VVA(Vinyl acetate/VelVa/Acrylate)	0.9	2이하	2이하	0.39
폴리머 디스퍼션	고형분 (%)	pH	점도 (mPa·s)	밀도 (g/ml)
SBR	44.6	8.0~9.0	500~1500	1.0

* 300 μ m체에 잔분

표 2. 폴리머 시멘트 모르타르의 배합

폴리머 종류	단위폴리머량 (kg/m ³)	모르타르 플로어		
		W/C=45%	W/C=50%	W/C=60%
Non*	0	113	150	195
EVA	10	118	166	215
	20	128	180	213
	30	140	183	225
	40	138	190	215
	50	153	160	193
	100	148	168	198
VVA	10		185	
	20	145	185	213
	30		190	
	40		185	
	100		180	
SBR	10		183	
	20	155	180	228
	30		195	
	40		197	
	100		-	

* 폴리머 무첨가, 공란은 배합수준이 아니며 -은 측정불가

* 예를들어 본문 또는 그림에서 E50-30이라함은 EVA수지 함유에 몰시멘트비 50%, 단위폴리머량 30(kg/m³)의 배합을 뜻한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료 및 배합

시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 강모래(조립율:2.97, 표건비중 : 2.63(g/cm³), 흡수율 : 1.81%)를 사용하였다. 시멘트 혼합용 폴리머는 표 1에 나타난 바와 같은 물성을 가진 EVA, VVA, SBR의 3종류를 사용하였으며, 분말수지의 중량비에 대해 1%의 소포제를 첨가하였다. 표 2

에 폴리머 시멘트 모르타르의 배합을 나타내었다.

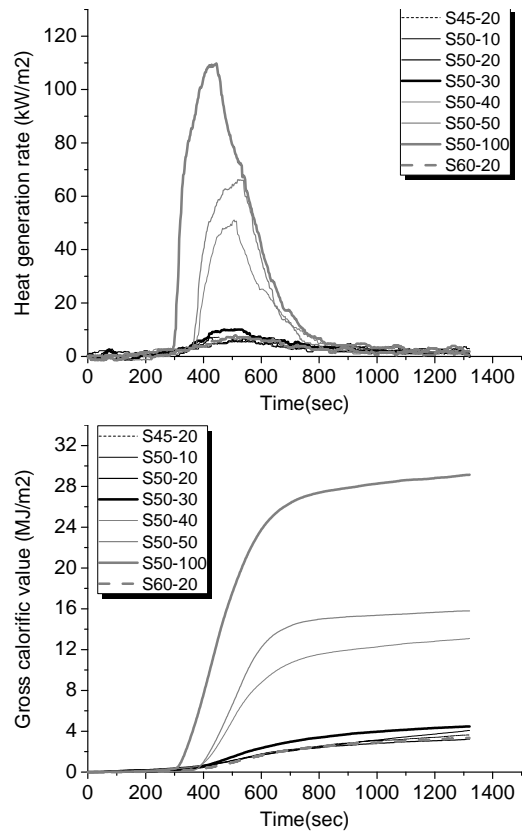


그림 1. 폴리머 종류별 시간경과에 따른 발열속도 및 발열량(SBR수지 함유 폴리머 시멘트 모르타르의 경우)

2.2 시험체 작성

시험체는 타설 24시간에 탈형하여, 28일간 20 $^{\circ}$ C 수중양생을 하였으며, 그 후 20 $^{\circ}$ C, 상대습도 60%의 환경에서 약 60일간 기중양생 하였다. 발열성시험의 경우에는 시험체의 크기는 100*100*10(mm)로 커팅한 시험체를 사용하였고, 시험 직전 양생으로서 60 $^{\circ}$ C의 건조로에서 3일간 건조하고 상온이 되기 까지 데시게이터에서 냉각하였다. 이는 함수율의 영향에 의한 폭열발생을 배제하기 위함으로 몰시멘트비, 폴리머 종류, 폴리머량의 영향을 평가하기 위하여 의도한 전처리과정이다.

2.3 장치개요 및 측정방법

2.3.1 발열성 시험

방화재료의 대표적인 시험방법으로 ISO 5660 - fire test - Reaction to fire/ Part1 : Heat release 에 규정되어 있는 발열성 시험은 콘칼로리메타(cone calorimeter)법을 이용한 시험으로서, 비교적 작은 시험체를 이용하여 재료의 연소에 의한 발열속도를 산소소비법(연소에 의한 발열량은 재료, 구성에 관계없이 연소에 의하여 소비되는 산소량에 거의 비례한다는 원리)을 이용하여 측정하는 것이다.

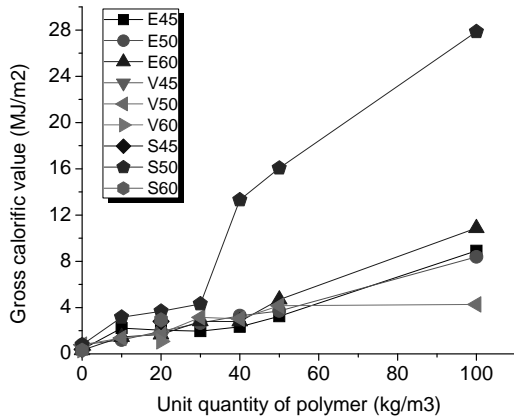
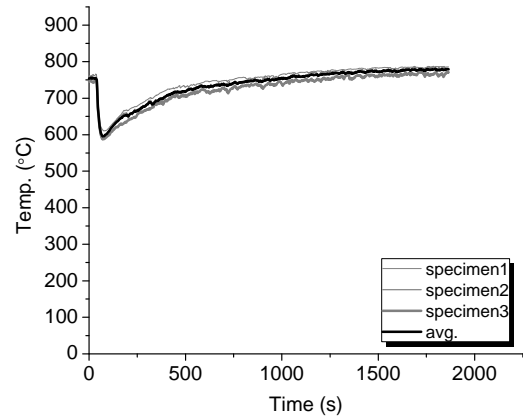


그림 2. 단위폴리머량에 대한 총발열량



E50-30

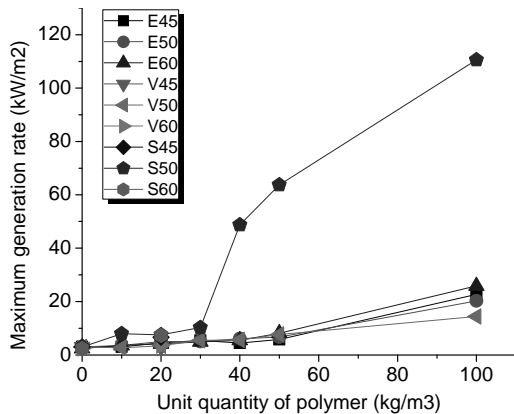
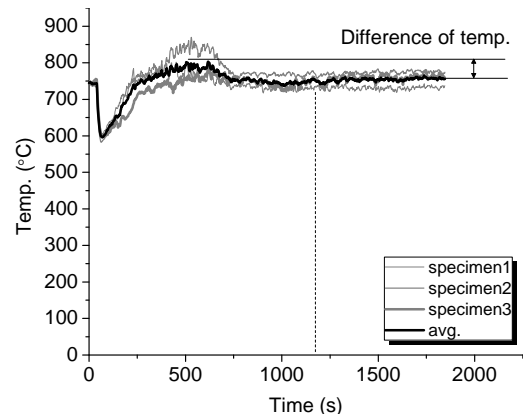


그림 3. 단위폴리머량에 대한 최대발열속도



V50-100

그림 4. 시간경과에 따른 로 내부 온도변화

2.3.2 불연성 시험

불연성 시험은 ISO 1182 불연성 시험에 준한 시험으로서 재료가 화재의 발달에 직접적으로 기여하는가에 대한 판단의 이용하는 시험이다.

3. 실험결과

3.1 발열성 시험

발열성 시험에서 합격하기 위해서는 가열결과 각 시험체가 합격하기 위해서는 1)가열개시 후 20분간의 총발열량이 $8(\text{MJ}/\text{m}^2)$ 이하가 되고, 2)가열개시 후 20분간 방화 상 유해한 관통균열이 또는 구멍이 발생하지 않아야 하며, 3)가열개시 후 20분간 최고발열속도가 10초 이상 연속적으로 $200(\text{kW}/\text{m}^2)$ 를 넘지 않아야 한다. 본 연구에서 측정된 폴리머 종류별 시간경과에 따른 발열속도 및 발열량을 그림 1에 나타내었다. 그림 2에 단위폴리머량에 대한 총발열량의 결과를 그림 3에 단위폴리머량에 대한 최대발열속도를 정리하여 나타내었다.

3.2 불연성 시험

불연성 시험의 합격기준은 1)가열개시 후 20분간, 로 내부의 온도가 최종평형온도에서 20°C 이상 넘지 않아야 하며, 2)가열 종료 후의 시험체의 질량감소율이 30%이하가 되어야 한다. 우선 목시관찰에 의한 결과를 정리하며 표 3과 같다. 폭열은 약 80~180초 사이에서 발생하였으며, 단위폴리머량이 많을수록 빨리 발생하는 경향을 나타내었다. 착화 및 발열이 발생한 시험체는 약 90~320초 사이에 발생하였으며, 폭열과 같이 단위폴리머량이 많을수록 빠르게 발생하는 경향을 나타내었다.

그림 4과 그림 5로부터 폴리머의 종류, 단위폴리머량에 따라 연소개시 시간 및 최고온도 피크가 달라지는 것을 알 수 있었다. 로가 가지는 최종평형온도(대략 750°C)와 측정중의 로의 최고온도의 차(Difference of Temp.)를 정리하여 표현한 것이 그림 6이다. 불연성 시험의 합격선이 최종평형온도와 측정중 최고온도와의 차이가 20°C 미만이어야 하는 점에서 볼 때 E45-100, E50-100, E60-100, S50-50, S50-100의 경우에는 건축재료로서 불연성 시험의 합격기준에 미흡한 것으로 평가되었다.

표 3. 불연성시험에서 목시(目視)관찰 결과 (폭열/연소)

	E45	E50	E60	V45	V50	V60	S45	S50	S60
0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10	0/0	0/0	0/0	-	0/0	-	-	0/1	-
20	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0
30	0/0	0/0	0/0	-	1/0	-	-	0/3	-
40	0/0	0/0	0/2	-	2/0	-	-	0/3	-
50	0/0	1/0	0/2	-	0/3	-	-	1/3	-
100	3/3	3/3	3/3	-	3/3	-	-	3/3	-

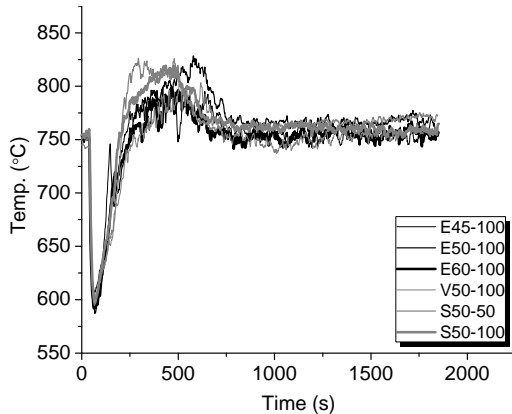


그림 5. 폭열이 발생한 시험체의 경우 시간경과에 따른 내부의 온도변화

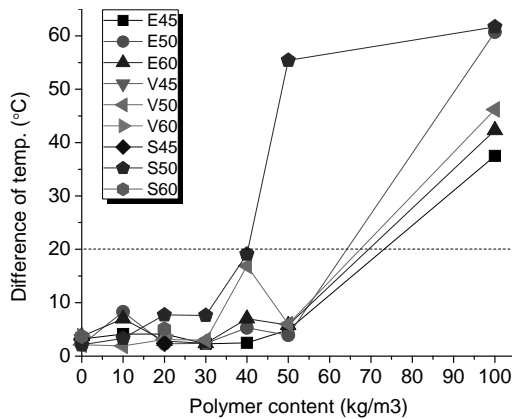


그림 6 단위폴리머량에 따른 측정중 최고온도와 최종평형온도의 차

4. 결 론

1) 발열성 시험에서 폴리머 시멘트 모르타르의 발열량 및 발열속도는 물시멘트비가 증가할수록 약간 감소하는 경향을 나타내었으며 단위폴리머량이 증가할수록 비례적으로 크게 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구의 범위내에서는 VVA, EVA, SBR 순의 발열량을 나타내었으며, EVA수지와 VVA수지의 경우에는 50(kg/m³)의 경우에는, SBR수지를 함유한 경우에는 30(kg/m³)이하의 단

위폴리머량이면 불연재료로 평가될 가능성이 높다고 결론 내려졌다.

2) 불연성 시험에서는 E45-100, E50-100, E60-100, S50-50, S50-100이 배합의 경우 측정 과정 중 최고온도가 내부의 최종평형온도보다 20℃이상인 것으로 나타났으며, 본 연구에서 사용된 배합 중에서는 SBR, VVA, EVA 수지 함유 시멘트 모르타르 순으로 불연성이 높아지는 것으로 평가되어졌다.

참 고 문 헌

1. 서치호, 방화재료의 성능, 대한건축학회지, 36권, 6호, pp.61-67, 1992, 11
2. A. Lau, M. Anson, Effect of high temperatures on high performance steel fiber reinforced concrete, Cement and Concrete Research 36, pp.1698-1707, 2006
3. Gai-Fei Peng, Wen-Wu Yang, Jie Zhao, Ye-Feng Liu, Song-Hua Bian, Li-Hong Zhao, Explosive spalling and residual mechanical properties of fiber-toughened high-performance concrete subjected to high temperature, Cement and Concrete Research 36, pp.723-727, 2006
4. Jae H. Chung, Gary R. Consolazio, Numerical modeling of transport phenomena in reinforced concrete exposed to elevated temperatures, Cement and Concrete Research 35, pp.597-608, 2004
5. Kakuhiro NAGAO, Sunao NAKANE, Experimental on moisture migration and pore pressure formation of concrete members subjected to high temperature, Journal of Struct. Constr. Engng, AIJ, No.452, Oct., pp.1-10, 1993
6. Matthias Zeiml, David Leithner, Roman Lackner, Herbert A. Mang, How do polypropylene fibers improve the spalling behavior of in-situ concrete?, Cement and Concrete Research 36, pp.929-942, 2006
7. Pierre Kalifa, Francois-Dominique Menneteau, Daniel Quenad, Spalling and pore pressure in HPC at high temperatures, Cement and Concrete Research 30, pp.1915-1927, 2000
8. Scott T. Shirley, Ronald G. Burg, Anthony E. Fiorato, Fire endurance of high strength concrete slabs, ACI materials journal, pp.102-108, 1988