

경량 폴리머 모르타르의 발열온도특성과 가사시간의 관계

Relationships between Exotherm Temperature and Working Life of Lightweight Polyester Mortars

최동순^{*} 이윤수^{**} 出村克宣^{***} 연규석^{****}
Choi, Dong Soon Lee, Youn Su Katsunori Demura Yeon, Kyu Seok

ABSTRACT

This paper deals with the relationships between the exotherm temperature and working life of lightweight polyester mortar. Polyester mortars using three types of lightweight aggregate compositions are prepared, and tested for exotherm temperature during hardening and working life.

It is concluded from the test results that the behavior of exotherm temperature of lightweight polyester mortars is considerably affected by the lightweight aggregate composition. The lightweight polyester mortars using a lightweight aggregate compositeion ES gradually develop an exotherm temperature from 20°C, and give a working life. Then the exotherm temperature rises sharply up to a maximum exotherm temperature. The working life of the lightweight polyester mortars shortens with increasing catalyst and accelerator contents. The maximum exotherm temperature of the lightweight polyester mortars rises with increasing catalyst and accelerator contents.

1. 서론

일반적으로 폴리머 모르타르의 결합재로 사용되는 불포화 폴리에스터 수지는 불포화 폴리에스테르(불포화 알키드)중의 2중결합을 갖는 부분과 스티렌이 공중합하면서 중합반응이 진행되고 이러한 반응에 의해 생기는 발열은 폴리머 모르타르의 가사시간, 경화수축 및 초기강도에 큰 영향을 미친다. 그러나 경량골재를 사용하는 경량 폴리머 모르타르에의 경우는 사용되는 경량골재의 종류에 따라 발열온도에 의해 미치는 영향이 크게 차이가 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 폴리머 모르타르의 발열온도에 영향을 미치는 촉매 및 촉진제 첨가량을 변화시키고, 제조조건과 형상이 다른 경량골재를 사용하여 경량 폴리머 모르타르를 제조하였다. 그리고 제조된 경량 폴리머 모르타르의 경화과정에 있어서 보통 폴리머 모르타르와 비교하여 발열온도를 측정하고, 발열온도가 가사시간에 미치는 영향에 대해서 실험적으로 구명한 것이다.

* 성회원, 강원대학교 농업공학부 대학원

** 정회원, 석재복합신소재제품연구소 전임연구원

*** 일본, 일본대학 공학부 건축학과 조교수

**** 정회원, 강원대학교 농업공학부 교수

2 사용재료

2.1 결합재

결합재로서는 액상 불포화 폴리에스터 수지(UP)를 사용하였으며, 촉진제로 옥탄산 코발트 8% mineral turpentine 용액(CoOc), 촉매제로서 methyl ethyl ketone peroxide (MEKPO)를 사용하였으며, 사용된 액상수지의 성질은 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of unsaturated polyester resin

Specific gravity (20°C)	Viscosity (20°C, mPa·s)	Styrene content (%)	Acid value
1.13	325	38.0	16.9

2.2 충전재 및 경량골재

충진재로서는 중질탄산칼슘(CaCO₃)을 사용하였으며, 골재는 KS F 2534(구조용 경량콘크리트 골재)의 품질규격에 맞는 인공경량골재로 Expanded shale(ES), Foamed glass(FG), Hollow fused alumina (HFA), Hollow mullite(HM)를 사용하였다. 충전재 및 경량골재의 함수율은 0.1% 이하로 하였으며, 그 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Properties of filler and lightweight aggregate

Type of filler and aggregate		Size (mm)	Specific gravity (20°C)	Water content (%)	Organic impurities	
Filler	Heavy calcium carbonate (CaCO ₃)	<2.5×10 ⁻³	2.70	<0.1	Nil	
Fine aggregate	Expanded shale (ES)	ES-1	2.5-5.0	1.35	<0.1	Nil
		ES-2	<2.5	1.62	<0.1	Nil
	Foamed glass (FG)	FG-1	2.5-5.0	0.36	<0.1	Nil
		FG-2	1.2-1.5	0.42	<0.1	Nil
		FG-3	0.3-1.2	0.45	<0.1	Nil
	Hollow fused alumina(HFA)		0.1-5.0	0.70	<0.1	Nil
Hollow mullite (HM)		150-300×10 ⁻³	0.40	<0.1	Nil	

3. 시험방법

3.1 모르타르의 제조

모르타르를 배합하기 전에 결합재의 양을 가능한 적게하기 위하여 경량골재 종류별(ES, FG, HFA)로 JIS A 1104(골재의 단위용적중량 및 실적용 시험방법)에 따라

가장 작은 공극율을 갖는 비율을 찾아내었으며, 그 조성비를 용적비로 표시하면 다음과 같다.

- (1) ES-1 : ES-2 = 1 : 2 (ES)
- (2) FG-1 : FG-2 : FG-3 = 2 : 1 : 1 : 1 (FG)
- (3) HFA : HM = 4 : 1 (HFA)

위에서 제시한 3종류의 경량골재 조성비로 KS F 2419(폴리에스터 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체의 제작방법)에 준하여 20°C의 온도에서 Table3의 결합재 배합과 Table4의 모르타르 배합비로 모르타르를 배합했다.

Table 3 Formulation of binder.

Formulations by mass (phr)			
UP	St	CoOc	MEKPO
100	12	0.50	0.25
			0.50
			0.75

Table 4 Mix proportions of lightweight polymer mortars

Type of fine aggregate	Mix proportions by volume			Filler-binder ratio, Vf/Vb* (by volume)	Apparent specific gravity
	Binder (Vb)	Filler (Vf)	Fine aggregate		
ES	25.2	15.6	59.2	0.62	1.73
FG					0.98
HFA					1.26

Note, * : Filler-binder ratio calculated by volume.

3.2 발열온도의 측정

20°C의 시험온도에서 구로멜-알멜 열전대를 모르타르 내부에 설치한 Ø75×150mm의 몰드에 제조한 공시모르타르를 타설하여 다점온도계를 사용하여 경화시의 발열온도를 타설후 360분까지 5분간격으로 측정하였다. 한편, 결합재에 촉매를 첨가하여서부터 5분후에 경량폴리에스터 모르타르의 발열온도측정을 시작하였다.

3.3 가사시간의 측정

20℃의 온도하에서 JIS A 1186 (폴리에스터 레진콘크리트의 가사시간 측정방법)의 측정법에 준하여 공시모르타르의 가사시간을 측정하였다.

4. 시험결과 및 고찰

Fig.1에서 Fig.3 에는 3종류의 경량골재조성을 사용하여 경량폴리에스터 모르타르의 발열온도 곡선을 측매 첨가율별로 표시한 것이다. 측매 첨가율 0.25phr를 제외하면 경량골재 조성 ES를 사용한 경량폴리에스터 모르타르의 발열온도는 20℃에서 서서히 상승하여 가사시간 후에 급격히 상승하여 최고발열온도를 나타내었다. 또한 경량골재 조성 FG 및 HFA를 사용한 경량폴리에스터 모르타르의 발열온도 측정개시시의 온도는 20℃이상으로 나타났는데, 이것은 결합재에 측매를 첨가하고 경량폴리에스터 모르타르를 믹싱하여 몰드에 타설 할 때까지의 5분내에 온도가 상승함을 나타내는 결과이다. 또 발열온도 측정 시작 후에는 모든 경량폴리에스터 모르타르는 발열온도가 저하된 후 다시 상승하는 경향이 있었다. 이것은 경량골재 조성 FG 및 HFA는 중공의 골재로서 경량골재 조성 ES에 비해 단열성이 우수하고 열전도를 낮 열 확산율이 작기 때문이라고 판단된다. 또 골재의 열팽창계수 및 열전도율은 SiO₂의 함유량이 많을수록 크다고 이론에 비추어 볼 때 각 골재의 SiO₂함유량을 비교하면 경량골재 조성 ES>FG>HFA의 순으로 경량폴리에스터 모르타르의 믹싱중에 발생한 결합재의 반응열이 경량골재 조성 FG 및 HFA의 단열효과에 의해 축적되어 온도측정 개시 후에 20℃이상을 나타내는 것이라고 판단된다.

Fig. 4.에는 3종류의 경량골재조성을 사용한 경량폴리에스터 모르타르의 가사시간과 측매첨가율의 관계를 나타낸다. 모든 경량폴리에스터 모르타르의 가사시간은 측매 및 촉진제 첨가율의 증가에 따라 짧아지는 경향이 있다. 또 촉진제 첨가율에 비해 측매첨가율이 가사시간에 미치는 영향이 더욱 크게 나타났다.

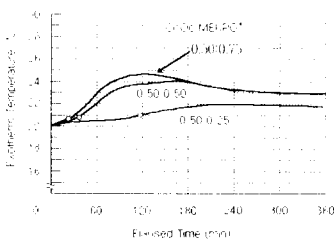


Fig. 1 Exotherm curve for lightweight polyester mortars using aggregate composition ES with CoOc content of 0.50 phr.

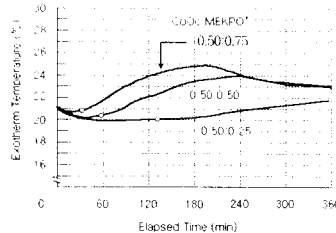


Fig. 2 Exotherm curve for lightweight polyester mortars using aggregate composition FG with CoOc content of 0.50 phr.

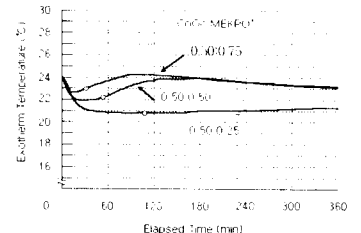


Fig. 3 Exotherm curve for lightweight polyester mortars using aggregate composition HFA with CoOc content of 0.50 phr

Fig. 5에는 3종류의 경량골재조성을 사용한 경량 폴리에스터 모르타르의 최고발열온도와 측매첨가율의 관계를 나타내었다. 경량폴리에스터 모르타르의 발열은 결합재의 중합반응에 기인하는 것으로 경량폴리에스터 모르타르의 최고발열온도는 측매 첨가율의 증가에 따라 상승하는 경향이 있었는데 경량골재 조성 ES를 사용한 경량폴리에스터 모르타르의 최고발열온도는 24.9℃로 나타났다. 또한 경량골재 조성 FG 사용한 경량폴리에스터 모르타르의 발열온도측정을 시작할 때 21.0~21.5℃, 경량골재 조성 HFA는 22.0~24.0℃로 발열온도가 측정되어 경량골재 조성 ES를 사용한 것에 비해 초기에 발열온도의 상승이 보였지만 타설 후, 골재의 흡열에 의해 최고 발열온도는 경량골재 조성 ES에 비해 낮아지게 된

다. 한편 본 연구에서 얻어진 경량 폴리에스터 모르타르와 보통 골재를 사용한 폴리에스터 모르타르의 발열온도 곡선을 비교하면 Fig. 6과 같다.

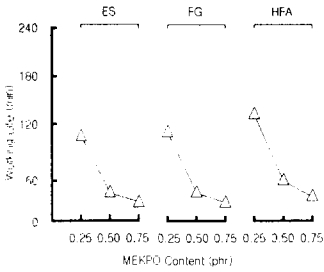


Fig. 4 MEKPO content vs. working life of lightweight polyester mortars at 20°C

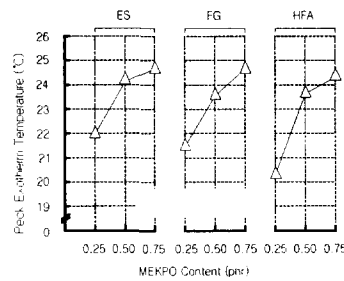


Fig. 5 MEKPO content vs. peak exotherm temperature of lightweight polyester mortars using different fine aggregate at various accelerator contents.

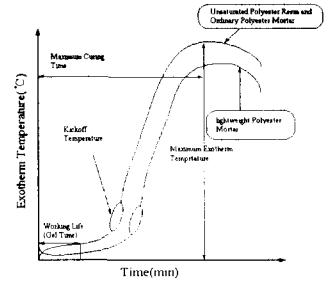


Fig. 6 Exotherm curves for ordinary polyester mortar and lightweight polyester mortar

5. 결론

이상의 실험결과를 종합하면 다음과 같다.

- 1) 경량폴리에스터 모르타르의 발열온도곡선을 살펴보면 발열온도는 20°C에서 서서히 상승하여 가사시간 후에는 급격히 상승하는 경향을 보이며 최고발열 온도에 달한다. 그러나 경량골재조성 FG 및 HFA를 사용한 경우에는 처음의 측정온도가 20°C이상이므로 이것은 결합재에 촉매를 첨가하고 경량폴리에스터 모르타르를 믹싱하여 몰드에 타설 하는 사이에 온도가 상승한 것으로 판단되며, 최고 발열온도는 사용하는 골재의 유형 및 화학적 조성에도 깊은 관계가 있는 것으로 나타났다.
- 2) 경량폴리에스터 모르타르의 가사시간은 촉매 및 촉진제 첨가율의 증가에 따라 짧아지는 경향이 있다. 또 촉진제 첨가율에 비해 촉매첨가율이 가사시간에 미치는 영향이 더욱 크게 나타났다.
- 3) 경량 폴리에스터 모르타르의 발열은 결합재의 중합반응에 기인하는 것으로 경량폴리에스터 모르타르의 최고발열온도는 촉매 첨가율의 증가에 따라 상승하는 경향이 있었는데, 경량골재조성을 비교할 때 골재의 흡열작용에 의해 최고 발열온도가 변화하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1) 滝山榮一郎, “ポリエステル樹脂ハンドブック”, 日刊工業新聞社, 東京, pp.103-112, June 1988.
- 2) 滝山榮一郎, “ポリエステル樹脂ハンドブック”, 日刊工業新聞社, 東京, pp.17-18, June 1988.
- 3) 山田順治, 有泉 昌, わかりやすいセメントコン크ートの知識, 麗島出版會, pp.166-170, 1976.
- 4) 狩野春一, 向井 毅, 樹脂關研究(第1報) 日本建築學會關東地部第35回學術研究發表會梗概會(第2部), pp.73-76. 1964