



경화제를 첨가하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 내후성

조영국^{1)*}

¹⁾청운대학교 건축공학과

Weatherability of Epoxy Cement Mortars without Hardener

Young-Kug Jo^{1)*}

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Chungwoon University, Hongsung 350-750, Korea

ABSTRACT Epoxy resin has widely been used as adhesives and corrosion-resistant paints in the construction industry for many years, since it has desirable properties such as high adhesion and chemical resistance. Until now, in the production of conventional epoxy cement mortars, the use of any hardener has been considered indispensable for the hardening of the epoxy resin. However we have noticed the fact that even without any hardener, the hardening process of the epoxy resin can proceed by the action of hydroxides in cement mortars. As a result the disadvantages of the two-component mixing of the epoxy resin and hardener have been overcome. The purpose of this study is to evaluate the mechanical properties and durability of epoxy cement mortar without a hardener exposed at indoor and outdoor for one year. The epoxy cement mortars without and with a hardener were prepared with various polymer-cement ratios, and tested for weight change, flexural and compressive strengths, water absorption, carbonation depth and pore size distribution. Especially, the basic properties of the epoxy cement mortars without hardener are discussed in comparison with ones with the hardener. From the test results, it is concluded that the epoxy cement mortars without a hardener exposed at indoor and outdoor for one year have higher strength and better durability than ones with the hardener within the polymer-cement ratios of 10 to 20%.

Keywords epoxy cement mortar, hardener, polymer-cement ratio, flexural and compressive strengths, water absorption

1. 서 론

철근콘크리트 구조물은 기상조건과 자외선 흡수에 의한 표면의 노후화, 염화물이온의 침입에 의한 철근의 부식, 중성화에 의한 내구성 저하 등의 원인에 의해 수명이 단축된다. 특히, 그 중에서 기상조건에 의한 콘크리트의 노후화에 대한 내후성은 재료를 빛, 바람 등의 옥외조건에 노출한 경우의 내구성을 의미한다. 이 내후성은 기온이 높고 상대습도가 낮으며 1일의 기온변화가 크고 더욱이 풍속이 큰 정도에 따라 영향은 현저하게 커진다. 일반적으로 플라스틱을 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 내후성은 상술한 요인도 영향을 미치나 가장 큰 영향을 미치는 요인은 자외선이다¹⁾. 따라서 시멘트 콘크리트의 내후성은 내구성을 평가하는 중요한 인자 중 하나이다. 한편, 폴리머 시멘트 모르타르는 철근콘크리트 구조물의 마감 및 보수재료로서 광범위하게 사용되고 있어 콘크리트 내구성 증진을 위한 역할은 날로 그 중요성이 더해가고 있다. 지금까지의 연구에서 폴리머 시멘트 모르타르의 내후성은 보통 시멘트 모르타르 보다 훨씬

우수하다는 결과를 얻었다²⁾.

한편, 에폭시 수지는 다른 폴리머와 비교하여 접착성, 내약품성, 전기적 성질, 내열성 및 역학적 성질 등이 우수하기 때문에 건축·토목분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 에폭시 수지는 주제와 경화제의 두성분을 혼합하는 복잡성, 우수한 성능을 발휘하기 위한 50% 이상의 높은 폴리머 시멘트비, 이로 인한 고가의 재료비가 사용성을 제약하기도 한다. 이러한 단점을 극복하기 위해 경화제를 첨가하지 않고 에폭시 수지만 시멘트 모르타르에 혼합하여도 에폭시 수지가 경화될 수 있다는 사실을 연구를 통하여 알아냈다³⁻⁸⁾. 비스페놀 A형의 에폭시 수지는 에폭시 수지 중에서 가장 대표적으로 사용되지만, 내후성의 결점을 가지고 있다. 그러나 경화제의 선택에 의해서 우수한 내후성을 가진 폴리머 시멘트 모르타르를 제작할 수 있다. 또한 에폭시 수지가 경화제를 사용하지 않아도 시멘트 모르타르 중의 알카리의 존재하에서 경화할 수 있다는 가능성이 제시되었다⁸⁾. 이렇게 경화된 에폭시 수지 혼합 폴리머 시멘트 모르타르는 기존의 경화제 혼합 에폭시 시멘트 모르타르와 전혀 다른 조직과 성질을 나타낸다³⁻⁹⁾.

본 연구에서는 기존의 연구 결과를 기초로 하여 경화제를 혼합하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 내후성을

*Corresponding author E-mail : ykjo@chungwoon.ac.kr

Received July 28, 2006, Accepted September 28, 2006

©2006 by Korea Concrete Institute

평가하기 위한 연구로서 경화제를 혼입한 경우와 비교하여 각종 물리적 특성들을 평가하였다.

2. 연구 계획 및 방법

본 연구는 경화제 혼입 유무, 폴리머 시멘트비(P/C)에 따른 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 내후성을 평가한 것이다. Table 1은 본 연구의 실험인자 및 수준을 나타내고 있다.

2.1 실험 계획

2.1.1 시멘트 및 잔골재

본 실험에 사용된 시멘트는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 주문진산 표준사를 사용하였다..

2.1.2 시멘트 혼화용 에폭시 수지

시멘트 혼화용 에폭시는 비스페놀 A형 에폭시 수지를, 경화제로서는 변성지방족 아민을 사용하였다. 에폭시 수지의 특성은 Table 2와 같다.

2.2 실험 방법

2.2.1 에폭시 시멘트 모르타르 제작 및 양생

에폭시 시멘트 모르타르는 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 따라 Table 3과 같은 배합으로

Table 1 Test variables in properties of epoxy cement mortars

Factor	Hardener content	P/C	Curing age	Exposure condition	Test item
Level	2	6	4	2	6

Table 2 Properties of epoxy resin

Epoxide equivalent	Molecular weight	Hue (Gardner)	Density (20°C, g/cm ³)	Viscosity (20°C, mPas)
185	392	0.2-0.4	1.20	12,800

Table 3 Mix proportions of epoxy cement mortars

Cement: sand (by weight)	Polymer cement ratio(%)	Hardener content (wt%)	Water-cement ratio(%)	Air content (%)	Flow (mm)
1 : 3	0	0	75.5	4.7	170
			75.5	3.8	171
			75.5	3.8	172
			75.5	2.9	171
			75.5	2.6	172
	65	75.5	2.6	173	
		68.0	141	169	
		70.0	12.4	166	
		80.5	6.6	170	
		80.5	5.4	170	

에폭시 시멘트 모르타르의 플로값이 170±5가 되도록 물 시멘트비를 조정하여 제작하였다. 치수 40×40×160 mm의 몰드에 성형하고, 2일 습윤양생(20°C, 80%R.H.), 5일 수중양생 (20°C) 및 21일 건조양생(20°C, 50%R.H.)을 실시하였다. 또한 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트비는 에폭시 수지 및 경화제의 전체 중량에 대한 시멘트 중량의 백분율로 하였다.

2.2.2 노출기간 및 장소

노출장소는 건물의 옥상 및 항온실(20°C, 50%R.H.)의 두 군데로 하였다. 또한, 노출기간은 0, 1개월, 6개월 및 1년으로 하였으며, 노출 장소에 대한 기상 데이터는 Table 4와 같다.

2.2.3 중량변화를 측정

각 공시체의 노출 전후의 중량을 측정하여 그 중량변화율을 구하였다. 단, 실외노출 후의 공시체에 대해서는 노출한 후, 기중(20°C, 50% R.H.)에서 7일간 상태를 조정 한 후, 중량을 측정하였다.

2.2.4 휨강도 및 압축강도 시험

소정의 양생을 실시한 후, KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험 방법)에 준하여 휨강도 및 압축강도 시험을 실시하였다.

2.2.5 흡수율 시험

소정의 양생을 실시한 후 KS F 4916(시멘트 혼화용 폴리머)에 준하여 흡수율 시험을 실시하였다.

2.2.6 중성화 시험

소정의 기간 동안 노출 시험을 마친 후, 공시체의 단면을 절단하여 페놀프탈레인 1% 알코올 용액을 분무하였다. 그 후, 중앙부의 적색으로 변색된 미중성화 부분의 면적을 구하여 식 (1)에 의해 평균 중성화 깊이를 산출하였다.

$$\text{평균 중성화 깊이 (mm)} = (\sqrt{A} - \sqrt{a}) / 2 \quad (1)$$

Table 4 Monthly weather observation data at outdoor exposure site

Observation item	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Ann.
	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	
Mean air temperature(°C)	19.4	20.1	22.3	19.8	13.8	10.1	12.0
Mean relative humidity(%)	3.8	1.1	1.7	3.5	12.3	16.5	75
	79	84	81	81	77	77	
Precipitation total(mm)	179.5	155.0	151.1	132.5	93.5	92.5	1,072.6
Mean wind velocity(m/s)	25.0	18.5	43.0	63.5	22.5	96.0	3.4
	3.3	2.4	2.7	2.6	3.1	2.9	
Sunshine duration(h)	3.7	3.3	5.5	3.9	4.1	3.5	2,139.1
	177.5	131.7	162.6	136.0	179.0	139.6	
	133.0	165.5	179.5	233.5	276.0	225.2	2,139.1

A : 공시체의 단면적(mm²)

a : 적색으로 변한 부분의 면적(mm²)

2.2.7 세공용적 측정

시멘트 모르타르 및 콘크리트의 조직구조 중에서 세공조직은 역학적 성질 및 내구성을 평가하는데 주요한 자료이다. 이 세공조직을 통하여 염화물이온 및 이산화탄소가 침투하기 때문이다. 본 연구에서는 1년간 옥내 및 옥외에 노출시킨 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르 내부에서 입경 약 3 mm로 분쇄한 시료를 에탄올을 사용하여 잘 세정한 후, D-드라이(D-dry) 방법으로 건조시켰다. 그 후, 수은압입식 포로시메타(C사 제품, 220형)를 이용하여 세공반경 3.75~7500 nm 범위에서 세공경분포를 측정하고 전 세공용적을 구하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 중량 변화율

Figs. 1과 2는 실외에 노출한 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중량 변화율과 노출기간과의 관계를 나타내고 있다. 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중량 변화율은 노출기간의 증가에 따라 약간 증가하였으나, 폴리머 시멘트비 40% 및 80%에서는 모르타르 표면의 미경화 에폭시 수지의 열화로 표면의 색이 변함과 동시에 중량이 감소하였다. 경화제 무첨가의

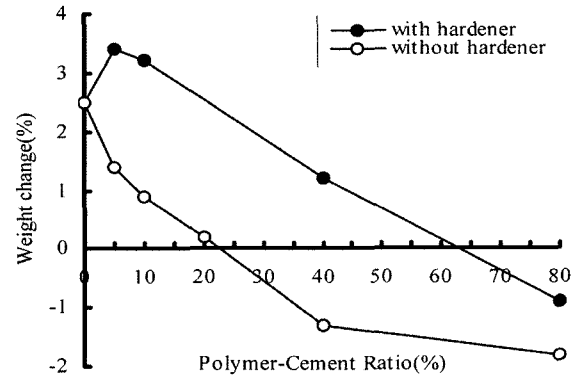


Fig. 2 Weight change and polymer-cement ratio of epoxy cement mortars exposed to outdoor for one year

경우 폴리머 시멘트비 20% 이하에 있어서는 장기간에 걸쳐 수화가 계속적으로 진행하여 수화생성물이 증가하였으나 폴리머 시멘트비 40% 이상에서는 과도한 에폭시 수지로 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 방수성을 향상시켜⁸⁾ 수화의 진행을 어렵게 만들었기 때문이다. 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중량변화는 폴리머 시멘트비 80%를 제외하면, 노출기간의 증가에 따라 증가하였으며 1년간 노출 후의 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중량 변화율은 폴리머 시멘트비 10% 이하에 있어서는 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르보다 작게 나타났다. 이것은 모르타르의 흡수율과 관계가 있으며 방수성의 차이로 볼 수 있다. 이러한 중량 변화는 최대 3% 범위 이내로 에폭시 시멘트 모르타르의 흡수율 범위 안에서의 미세한 변화라고 할 수 있다.

Fig. 3에는 실내에서 노출한 에폭시 시멘트 모르타르

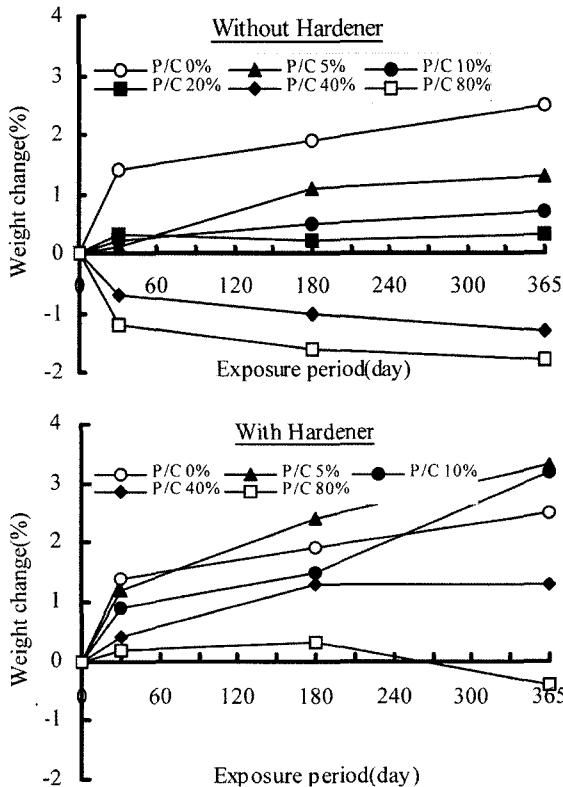


Fig. 1 Weight change and exposure period of epoxy cement mortars exposed to outdoor

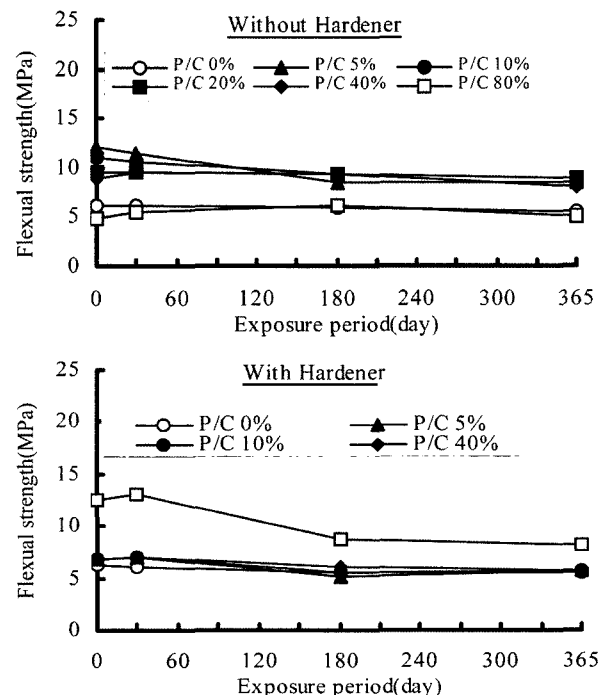


Fig. 3 Flexural strength of epoxy cement mortars exposed at indoor

의 휨강도를 나타낸 것이며, Fig. 4는 실외에서 노출한 에폭시 시멘트 모르타르의 양생기간에 따른 휨강도를 나타내고 있다. 또한 Fig. 5는 기간 1년에 있어서의 실내의 노출 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도를 나타내고 있다. Fig. 6은 노출 전에 대한 노출 1년 후의 휨강도비를 상대 휨강도비로 나타내고 있다. 실내에 노출한 모르타르의 휨강도는 노출기간 30일에 있어 대부분 높은 강도를 나타내고 그 이후에는 약간 감소의 경향을 보인 반면, 실외에 노출시킨 경우에는 노출기간 30일에서 약간 감소한 후 다시 증가하는 경향을 보였다. 실내에 노출한 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도는 노출기간의 증가에 따라 약간 작게 나타났으나, 그 정도는 아주 적었다. 실외에 노출한 경우도 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도는 노출 전과 비교하여 약간 감소의 경향을 보였다. 1년간 실내외에 노출시킨 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도는 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 증가하였으며, 폴리머 시멘트비 10%에서 최대치를 나타냈다. 또한 실내외의 노출 장소에 상관없이 폴리머 시멘트비 40% 이하에 있어서는 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도는 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르와 비교하여 높은 강도를 나타냈다. 이는 경화제를 첨가하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르 내부에 존재하는 에폭시 수지가 경화하여 강도를 발현하였다고 추정할 수 있다. 한편 폴리머 시멘트비 80%를 제외하면 1년간 실내외에 노출시킨 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도는 노출 전에 비해 약 15~32%의 강도저하를 보였다. 폴리머 시멘트비 20% 이하에 있어서 실외에 노출시킨 모르타르의 휨강도는 실내에 노출시킨 것에 비해 휨강도저하의 정도가 크게 나타났다. 폴리머 시멘트비 40% 이하의 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도는 실내에 노출한 경우에 비해 실외에 노출한 경우 약간 강도의 저하를 초래하였으나, 폴리머 시멘트비 80%에서의 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 경우에는 오히려 실외에서 노출한 경우가 높은 휨강도를 나타냈다. 여기에서도 알 수 있는 바와 같이 기존의 에폭시 시멘트 모르타르의 높은 성능을 확보하기 위해서는 높은 폴리머 시멘트비가 요구되어 실제 현장에 있어서의 성능과 경제성의 균형 문제가 지적되어 왔다.

Fig. 7에는 기준이 되는 실내에서 노출한 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도를 나타낸 것이며, Fig. 8은 실외에서 노출한 에폭시 시멘트 모르타르의 양생기간에 따른 압축강도를 나타내고 있다. 또한 Fig. 9는 기간 1년에 있어서의 실내외 노출 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도를 나타내고 있다. Fig. 10은 노출 전에 대한 노출 1년 후의 압축강도비를 상대 압축강도비로 나타내고 있다.

경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도는 노출 기간 6개월까지는 약간 증가하는 경향이 있으나, 노출기간 1년에 있어서의 압축강도는 노출전의 압축강도와 거의 비슷하였다. 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르

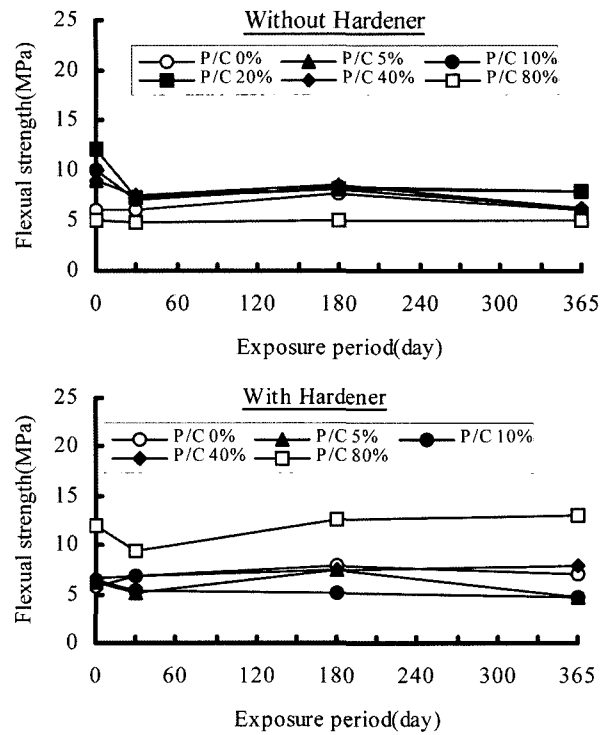


Fig. 4 Flexural strength of epoxy cement mortars exposed to outdoor

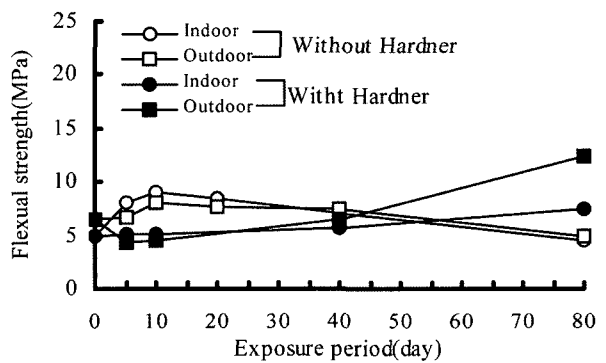


Fig. 5 Flexural strength of epoxy cement mortars exposed for one year

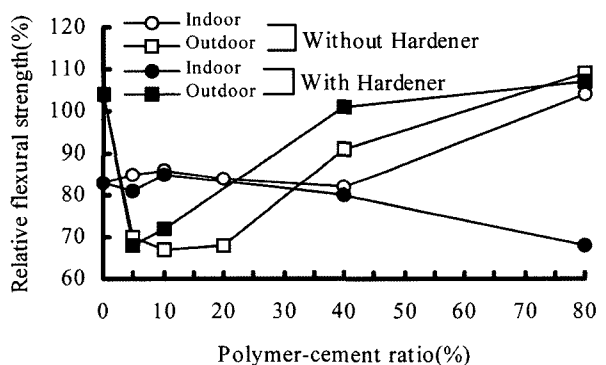


Fig. 6 Relative flexural strength of epoxy cement mortars exposed for one year

타르의 실내에 노출한 경우 압축강도의 변화가 거의 없으나 실외에 노출한 것의 압축강도는 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르와 같이 6개월까지는 증가하였다.

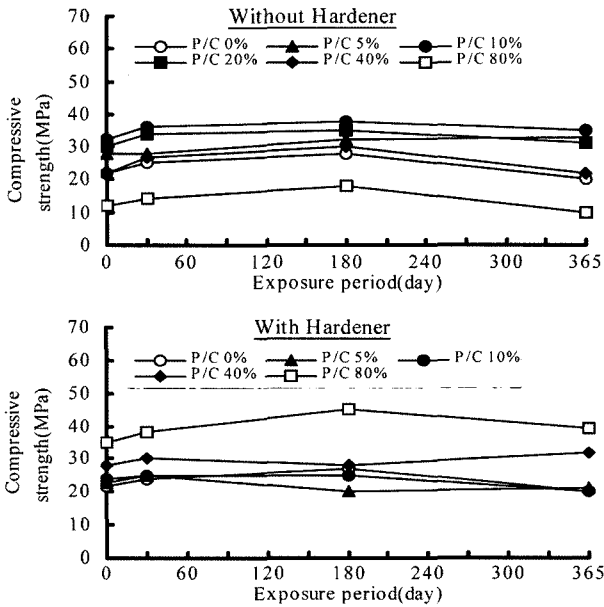


Fig. 7 Compressive strength of epoxy cement mortars exposed to indoor

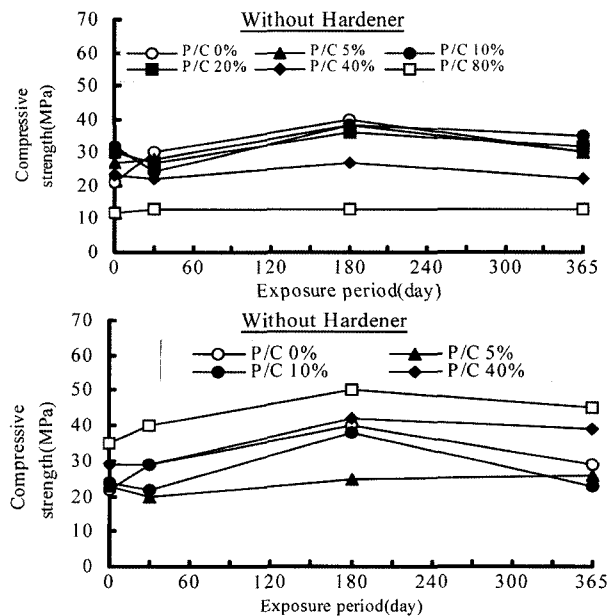


Fig. 8 Compressive strength of epoxy cement mortars exposed to outdoor

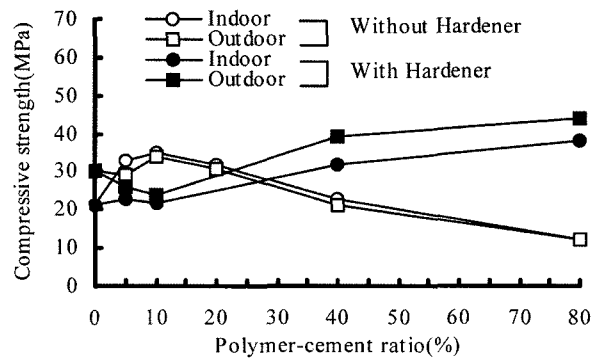


Fig. 9 Compressive strength of epoxy cement mortars exposed for one year

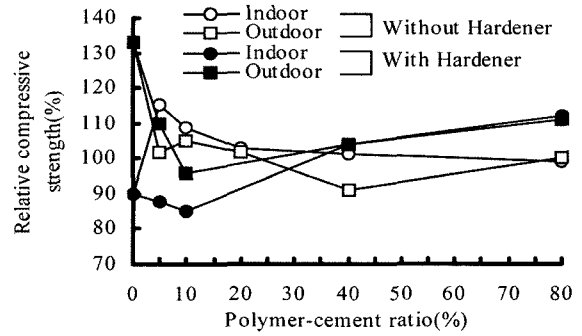


Fig. 10 Relative compressive strength of epoxy cement mortars exposed for one year

또한 1년간 실내외에 노출한 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르에 있어서는 폴리머 시멘트비 10%에서 최대치를 보였으며, 폴리머 시멘트비 20%이하에서 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르 보다 높은 압축강도를 보였으며, 실내외 노출에 의한 압축강도 차이는 거의 없었다. 1년간 노출한 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도는 실내에서 노출한 경화제 첨가 에폭시 시멘트 모르타르를 제외하고 노출전의 압축강도와 비교하면, 같거나 약간 큰 강도를 나타냈다. 특히 실외에 노출한 보통 시멘트 모르타르의 압축강도는 약 38%까지 증가하였다. 여기에서 알 수 있는 바와 같이 경화제를 첨가하지 않아도 에폭시 시멘트 모르타르의 강도가 발현된 것은 에폭시 수지가 모르타르 내부에서 충분히 경화되어 매트릭스의 결합재로서 충분한 역할을 담당하였다고 볼 수 있다.

Figs. 11, 12 및 13에는 에폭시 시멘트 모르타르의 실내외 노출에 따른 흡수율을, Fig. 14에는 노출기간 1년에

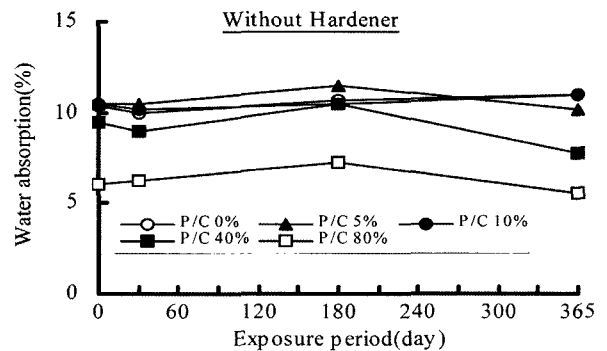
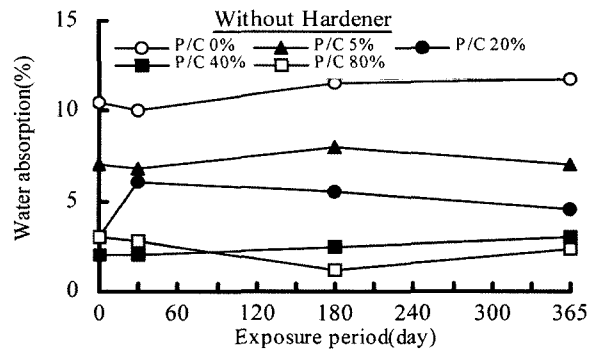


Fig. 11 Water absorption of epoxy cement mortars exposed to indoor

있어 노출전의 흡수율에 대한 노출후의 흡수율을 상대흡수율로 나타냈다. 실내에서 노출한 경화제 무첨가 에폭

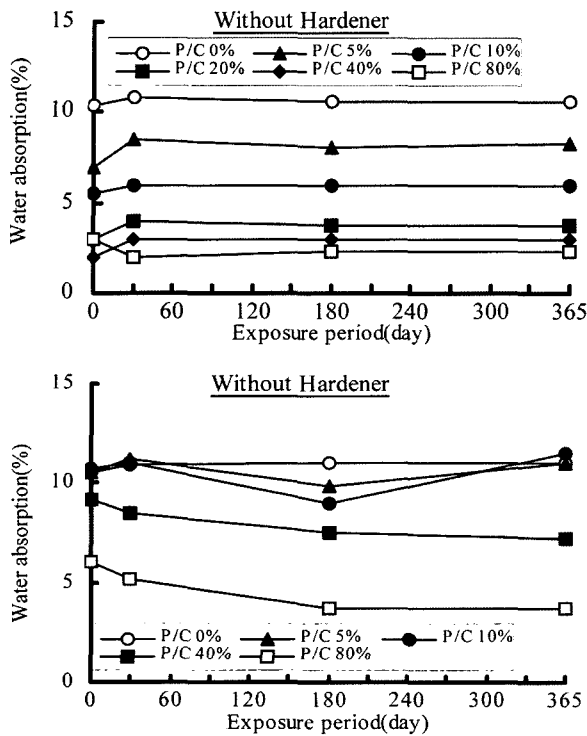


Fig. 12 Water absorption of epoxy cement mortars exposed to outdoor

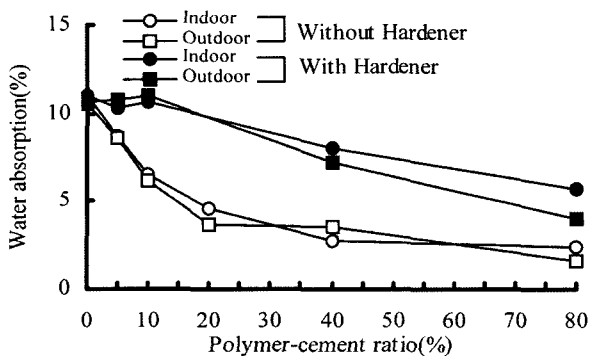


Fig. 13 Water absorption of epoxy cement mortars exposed for one year

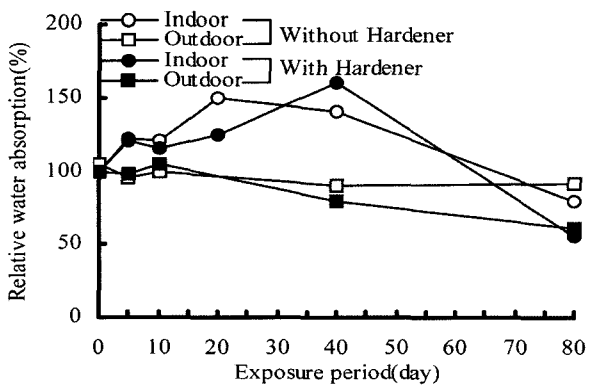


Fig. 14 Relative water absorption of epoxy cement mortars exposed for one year

시 시멘트 모르타르의 흡수율은 기간에 따라 뚜렷한 경향은 보이지 않았으나, 보통 시멘트 모르타르의 높은 흡수율에 비해 훨씬 작게 나타났다. 그러나 경화제 첨가에폭시 시멘트 모르타르의 경우에는 폴리머 시멘트비 10%까지는 보통 시멘트 모르타르와 비슷한 8~11%의 높은 흡수율을 보였다. 실외에 노출한 에폭시 시멘트 모르타르의 흡수율도 실내에서 노출한 경우와 비슷한 경향을 보였다. 또한 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 흡수율은 실내의 노출 장소에 상관없이 경화제 첨가한 것에 비해 훨씬 작게 나타나, 시멘트 모르타르 조직 구조에 에폭시 수지가 폴리머 필름을 형성하여 방수성능을 향상시킨 결과라 볼 수 있다⁸⁾. 이러한 경향은 전술한 중량변화율의 시험 결과를 설명해 준다. 또한 실내에서 1년간 노출한 에폭시 시멘트 모르타르의 경화제 첨가 유무에 상관없이 폴리머 시멘트비 40% 이하에서는 노출 전에 비해 흡수율이 높게 나타났으나, 실외에 노출한 경우에는 노출 전에 비해 동등이하의 수준을 보였다. 이는 실내에서는 에폭시 시멘트 모르타르가 건조에 의한 내부 수분의 이탈로 공극이 많이 발생되었으며, 수화에 의한 수화물의 증가가 실외에 비해 작았다는 결론을 얻을 수 있다.

Figs. 15, 16은 실외에서 노출한 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중성화 깊이를 나타내고 있다. 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화 저항성은 보통 시멘트 모르타르에 시멘트 혼화용 폴리머 디스퍼션을 혼합하여 얻을 수 있는 대표적인 내구성 지표이다²⁾. 이산화탄소 및 염화물과 같은 미세한 입자의 내구성 저해 요인들에 대한 많은 제어 대책들이 강구되고 있지만 폴리

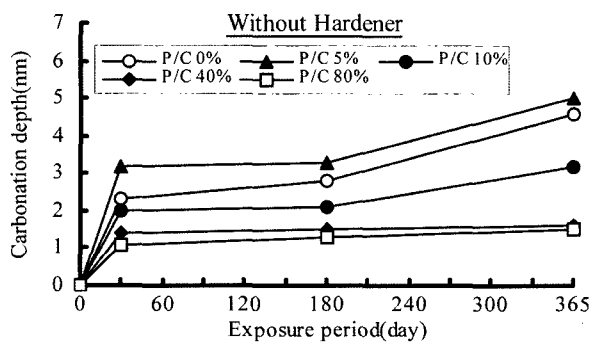
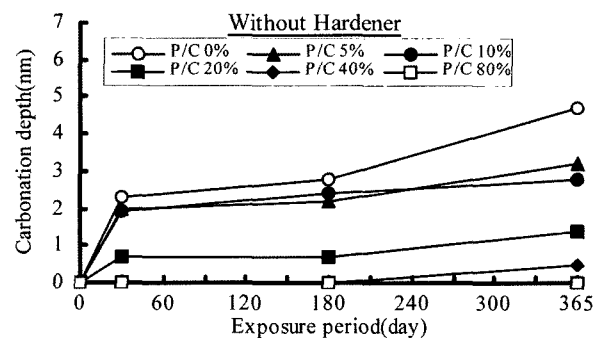


Fig. 15 Carbonation depth of epoxy cement mortars exposed to outdoor

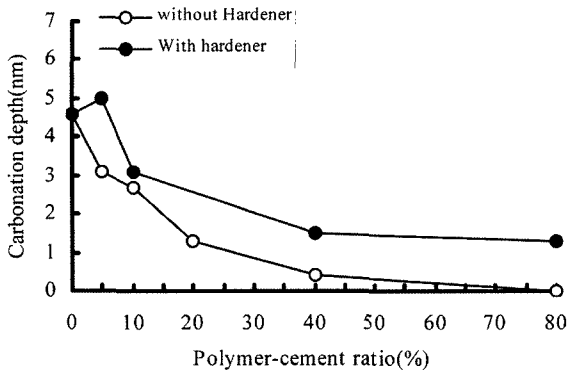


Fig. 16 Carbonation depth of epoxy cement mortars exposed for one year

며 디스퍼션 만큼의 효과를 얻을 수 있는 방법이 없다. 이러한 관점에서의 에폭시 에멀전이 아닌 에폭시 수지의 경우에는 그 효과가 다소 떨어지는 경향을 보인다. 즉 시멘트 모르타르 매트릭스 안에서 얇고 균일한 필름이 전체적으로 얼마나 형성되는가 하는 문제이기 때문이다.

1년간 실외에 노출한 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중성화 깊이는 보통 시멘트 모르타르에 비해 훨씬 작았으며, 그 정도는 노출기간이 증가할수록 크게 나타났다. 또한 폴리머 시멘트비 40% 이상에서는 중량 감소 및 흡수율의 결과에서 언급한 바와 같이 다량의 미경화 에폭시 수지가 시멘트 모르타르 안에 존재하여 중성화가 전혀 일어나지 않았다. 또한 경화제 첨가의 경우에는 오히려 폴리머 시멘트비 5% 경우가 보통 시멘트

모르타르에 비해 중성화 정도가 크게 나타났다. 또한 1년간 실외에 노출한 후의 중성화 깊이는 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 감소하였으며, 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중성화 깊이는 경화제 첨가 모르타르에 비해 현저하게 작았다. 이의 경향은 실내에서 28일간 양생한 모르타르와 그 경향이 비슷하였다⁸⁾. Y. Ohama²⁾는 10년간 실내외에 노출한 보통 시멘트 모르타르와 SBR 시멘트 모르타르의 중성화를 평가하였는데, 오히려 실내에서 노출한 경우의 중성화 깊이가 실외에서 노출한 것에 비해 크게 나타났다.

Figs. 17, 18 및 19는 1년간 실내외에 노출한 보통 시멘트 모르타르와 에폭시 시멘트 모르타르의 세공입경 분

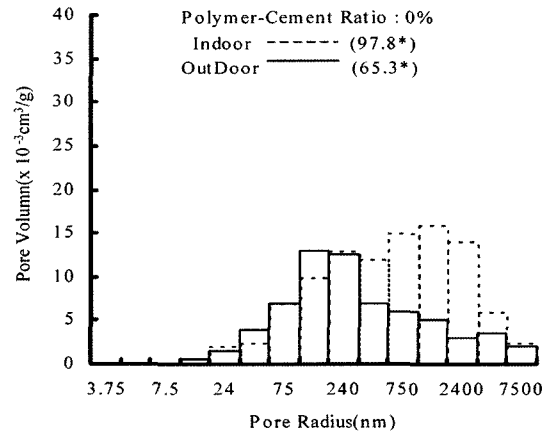


Fig. 17 Pore size distribution of plain cement mortar exposed for one year

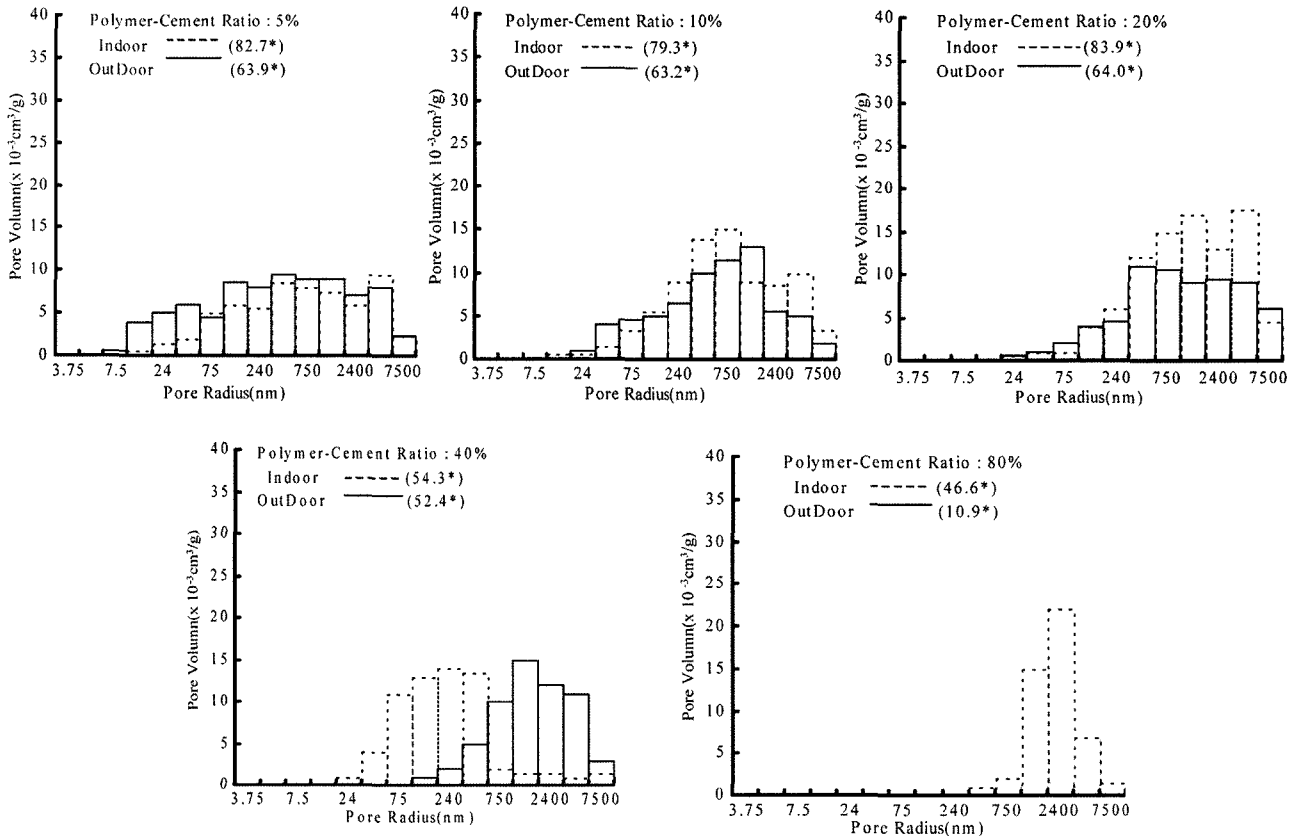


Fig. 18 Pore size distribution of epoxy cement mortar without hardener exposed for one year

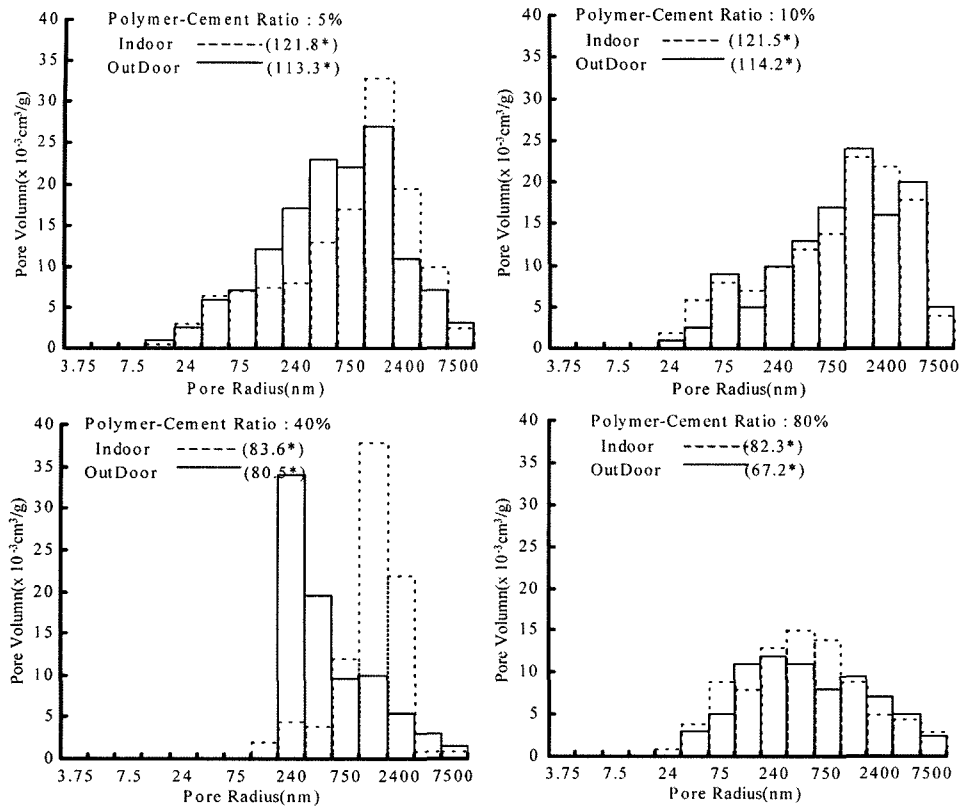


Fig. 19 Pore size distribution of epoxy cement mortar with hardener exposed for one year

포를 나타내고 있다. 일반적으로 폴리머 시멘트 모르타르의 경우에는 시멘트 모르타르 매트릭스안에 존재하는 폴리머가 경화되면서 많은 공극을 폴리머 필름으로 채워 방수성능을 향상시키는 것이 기본적인 원리이기도 하다. 에폭시 시멘트 모르타르의 세공용적은 경화제 첨가 유무에 관계없이 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트비 80%에서는 $10.9(\times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{g})$ 를 나타내 보통 시멘트 모르타르의 약 1/11을 나타냈다. 또한 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 세공의 입경 분포도 75 nm 이상의 입경이 증가하는 경향을 보였다. 경화제 무첨가

의 경우가 첨가한 에폭시 시멘트 모르타르에 비해 전 세공용적이 훨씬 작게 나타났다. 이는 전술한 방수성 및 중성화 저항성이 경화제 무첨가의 경우가 첨가의 경우에 비해 우수하게 나타난 결과와 같은 경향을 보였다.

Fig. 20은 1년간 실외에 노출시킨 경화제 무첨가 및 첨가 에폭시 시멘트 모르타르를 주사형 전자현미경을 통하여 내부 조직을 관찰한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 경우, 조직 내부에 에폭시 수지가 필름으로 균일하게 분포되어 있음을 알 수 있었으며, 이 필름에 의한 보수성과 방수성이 증가되었다⁸⁾. 경화제를 첨가한 경우의 에폭시 수지는 필름을 형성하기 보다는 구상의 경화체로 시멘트 조직에 분포되어 있어 폴리머 시멘트비가 작은 경우에는 역학적 성질 및 내구성의 향상을 기대하기 어려운 원인이 되기도 한다. 그러나 주사형 전자 현미경에 의한 에폭시 수지의 필름 형성은 노출 전후⁷⁾의 차이는 발견할 수 없었다.

4. 결 론

본 연구 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 1) 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 휨강도 및 압축강도는 각각 폴리머 시멘트비 40%와 20% 이하에서 경화제를 첨가한 경우에 비해 최대 1.5~2.0 배의 높은 강도를 나타냈다.
- 2) 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 중량변화

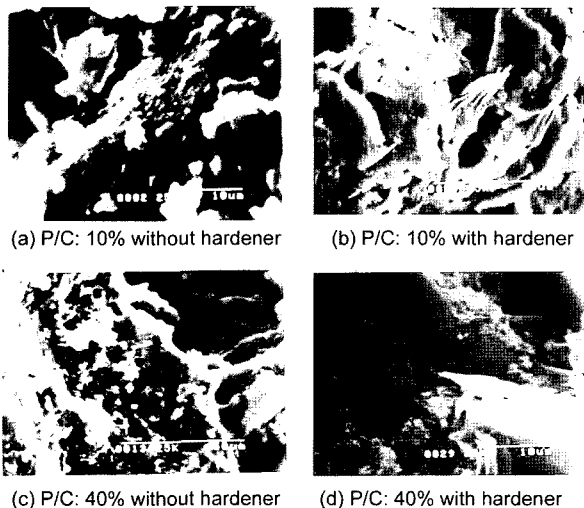


Fig. 20 Microstructures of epoxy cement mortars

을, 흡수율 및 중성화 깊이는 폴리머 시멘트비에 상관없이 경화제를 첨가한 경우에 비해 훨씬 작게 나타났다.

- 3) 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 전 세공 용적은 보통 시멘트 모르타르와 경화제 첨가한 경우에 비해 훨씬 적게 나타났다.
- 4) 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 내후성은 기존의 경화제를 첨가한 경우에 비해 역학적 성질 및 내구성 면에서 동등 이상으로 우수하였으며, 이 상적인 폴리머 시멘트비는 10% 또는 20%을 제안 할 수 있다.

참고문헌

1. 岡田 清, 콘크리트의耐久性, 朝倉書店, 1986, pp.43~46.
2. Ohama, Y., Moriwaki, T., and Shiroishida, K., "Weatherability of Polymer-Modified Mortars through Ten-Year Outdoor Exposure", *Proceedings of the International Congress on Polymers in Concrete*, Darmat, 1984, pp.67~71.
3. Jo, Y. K., Ohama, Y., and K. Demura, "Properties of Polymer-Modified Mortars with Polymer Dispersion and Epoxy Resin", *Transactions of the Japan Concrete Institute*, Vol.15, 1993, pp.85~92.
4. Ohama, Y., Demura, K., and Endo, T. *Polymer-Modified Mortars using Epoxy Resin without Hardener*, Polymer-Modified Hydraulic-Cement Mixture, STP 1176, ASTM, Philadelphia, 1993, pp.90~103.
5. 趙榮國, 大濱嘉彦, 出村克宣, "硬化劑を含まないエポキシ樹脂混入ポリマセメントコンクリートの性質", *コンクリート工學論文報告集*, Vol.16, No.1, 1994, pp.371~376.
6. 趙榮國, 大濱嘉彦, 出村克宣, "硬化劑無添加エポキシ樹脂混入ポリマセメントモルタルの力學的性質", *日本建築學會構造系論文集*, 1994, pp.29~34.
7. 조영국, 소양섭, "경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타 및 콘크리트의 내구성 연구" 대한건축학회논문집, 12권 6호, 1996, pp.221~29.
8. 趙榮國, "硬化劑無添加エポキシ樹脂混入ポリマセメントモルタル及びコンクリートの開發", *日本大學博士學位論文*, 1995, 197pp.
9. Ohama, Y., Kumagai, S., and Miyamoto, Y., "High-Strength Development through Accelerated Curings of Epoxy-Modified Mortars without Hardener", *Proceedings of the 11th International Congress on Polymers in Concrete*, BAM, Berlin, Germany, 2004, pp.30~37.

요 약 기존의 에폭시 수지는 많은 우수한 성질을 갖고 있음에도 불구하고, 주제와 경화제의 2성분 혼합의 복잡성, 높은 폴리머 시멘트비에 따른 경제성 등이 사용성을 제약하고 있다. 여기에서 저자들은 에폭시 수지가 경화제를 첨가하지 않아도 시멘트 모르타르의 수화에 의해 생성되는 알칼리 성분으로 인해 경화할 수 있다는 것을 알아냈다. 본 연구는 기존의 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 연구 결과를 기초로 하여 1년간 실내외에 노출하여 내후성을 평가하였다. 다양한 폴리머 시멘트비로 만든 에폭시 시멘트 모르타르를 제작하여, 노출기간 28일, 6개월, 1년에 대한 중량변화율, 휨강도 및 압축강도, 흡수율, 중성화 깊이를 측정하였으며, 세공입경 분포와 내부 미세조직 구조 등을 관찰하였다. 시험 결과, 경화제를 첨가하지 않아도 에폭시 시멘트 모르타르의 내후성은 기존의 경화제를 첨가한 경우에 비해 역학적 성질 및 내구성 면에서 동등 이상으로 우수하였으며, 이상적인 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트비는 10% 또는 20%로 제안할 수 있었다.

핵심용어 : 에폭시 시멘트 모르타르, 경화제, 폴리머 시멘트비, 휨 및 압축강도, 흡수율