

경화제를 사용하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도
특성에 관한 연구
Strength Characteristics of Epoxy Cement Mortar without
Hardening Agent

박영식*
Young-Shik Park*

<Abstract>

The durable lifetime of RC structures is shortened by various reasons, which are the generation of cracks in construction and service term, the exterior deterioration according to climatic condition, the surface damage due to chloride attack and the corrosion of reinforced bars. The durability of concrete structures is nevertheless able to be increased by the method and the material of reinforcement and repair. The epoxy resin is widely used for reinforcement and repair of concrete because of the superiority in mechanical property, adhesive property, abrasion resistance, impact resistance and chemical resistance. The epoxy cement mortar with hardening agent has a lot of disadvantages that are troublesome mixing work, weakened weatherability and high cost for hardening agent. In this study, the mix proportion of mortar is presented just only with epoxy resin and some admixtures, and the test result of mortar without hardening agent shows the higher strength than the mortar with hardening agent. In the mix proportion, the weight of epoxy resin must be less than 15% of the unit weight of cement, and 10% of unit weight of cement is adequate for the weight of admixtures.

Keywords : epoxy cement mortar, compressive strength, durability, hardening agent, reinforced concrete

1. 서 론

이상적인 콘크리트는 시간의 경과에 따라 강도

및 내구성이 점점 증가하지만 철근 콘크리트 구조물의 경우 기상 및 기후조건에 의한 표면의 침식, 염화물 및 각종 유해가스에 의한 콘크

* 교신저자, 정회원, 건동대학교 건설공학부 토목공학과 교수, 工博 * Corresponding Author, Prof., Dept.of Civil. Eng. Kundong University
E-mail: yspark@kundong.ac.kr

리트의 중성화, 철근의 부식 등의 원인에 의해 강도 및 내구성의 저하로 시간 경과에 따라 그 수명이 단축된다.

기존의 플라스틱을 이용한 폴리머 시멘트 모르타르는 특히 자외선, 온도 등의 영향을 크게 받아 내구성 저하가 나타나는 단점이 있으나 철근 콘크리트 구조물의 보수재료로 광범위하게 사용되고 있어서 콘크리트의 내구성 증가를 위한 중요한 재료로 부각되고 있다.

본 연구에서 사용하는 에폭시 수지는 기존의 폴리머와 비교하여 역학적 성질이나 강도측면에서 우수하기 때문에 건설 분야뿐만 아니라 조선, 해양 분야 등에서 광범위하게 사용되고 있다. 하지만 대부분 시판되고 있는 에폭시 수지의 구조는 주제와 경화제 소정의 비율로 혼합하여야만 경화가 가능하다. 따라서 부착, 건조, 경화, 강도발현을 위해서 경화제의 사용이 불가피하므로 이로 인한 고가의 재료비와 공정의 복잡성을 피할 수 없다. 그러나 에폭시 수지의 경우 시멘트와 혼합하였을 때 시멘트의 수화 반응에 의해서도 에폭시 수지가 경화될 수 있다는 연구 결과¹⁻⁷⁾가 있으며, 이렇게 경화된 에폭시 수지 혼입 시멘트 모르타르는 기존의 경화제를 사용한 에폭시 시멘트 모르타르와는 전혀 상이한 조직과 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구 결과를 바탕으로 경화제를 사용하지 않은 시멘트 모르타르의 압축강도 특성에 대한 연구를 위하여 시판되고 있는 에폭시 수지의 종류별 주제의 혼입량, 혼화제 사용여부 등의 변화에 따른 에폭시 시멘트 모르타르의 강도특성을 평가하였다.

2. 실험개요

본 연구에서는 다음과 같은 실험을 통하여 경화제의 사용유무, 에폭시 주제의 혼입량, 혼화제 사용여부에 따른 시멘트 모르타르의 압축강도를 평가하였다.

2.1 에폭시 수지

비스페놀 A형 에폭시 수지(Bakelite사의 비스페놀 A 수지, clay valley사의 크레이 발락과 황산바륨, 이산화티타늄, 변성석유수지)를 사용

하였으며, 경화제로는 수용성 폴리 아미드(이소포론디아민, 노르보넨디아민, 벤질알콜, 비스페놀 A 에폭시 수지)를 주제와 1:1의 비율로 혼합하여 사용하였으며 그 특성은 다음과 같다.

Table 1. Properties of Epoxy Resin

Epoxy equivalent	Molecular weight	Hue (gardner)	Density (25℃, g/cm ³)	Viscosity (25℃, MPa·s)
190	410	0.1~0.3	1.10	13,000

Table 2. Performance of Epoxy Resin

Test Items	Results	Test Method
Flow(mm)	210	KS F 2476
Setting hours(hrs)	1.5/13	KS F 2560
Flexural Strength(N/mm ²)	11	KS F 2477
Compressive strength(N/mm ²)	95	KS F 2477
Impact resistance	No crack or spall	KS F 4041
Length change(%)	±0.05	KS F 4916
Abrasion resistance(mg/mm ²)	0.13	ASTM D 4060-01
Adhesive strength(N/mm ²)	2.5	ASTM D 4541
Alkali-proof	ok	KS M 5307
Salt water resistance	ok	KS M 5307
QUV Test	ok	KS B 5549

2.2 혼화제

노르웨이 엘켄사(Elkem Co.)에서 생산되는 분말 실리카-흙을 에폭시 시멘트 모르타르 시편제작에 사용하였고, 그 성분은 다음 Table 3과 같다.

2.3 시멘트 및 잔골재

본 연구에 사용된 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트이며, 잔골재는 주문진사를 사용하였다.

2.4 에폭시 시멘트 모르타르의 제작 및 양생

에폭시 시멘트 모르타르는 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 따라 다음 Table 3과 같은 배합으로 치수 50mm×50mm×50mm의 큐빅 몰드에 성형한 후 1일 습윤양생 28일 수중양생을 실시하였다.

Table 3. Component Analysis of Silica-fume

Chemical components		Physical properties	
SiO ₂	86-96	Particle density(Kg/m ³)	2,200
Al ₂ O ₃	0.4-1.0		
Fe ₂ O ₃	0.1-1.5		
CaO	0.1-0.5	Specific surface(m ² /g)	18-28
MgO	0.3-2.0		
Na ₂ O	0.4-0.5	Coarse Particle > 44µm	< 1%
K ₂ O	0.3-3.0		

2.5 압축강도 시험

소정의 양생 후 KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도시험 방법)에 준하여 압축강도 시험을 실시하였다.

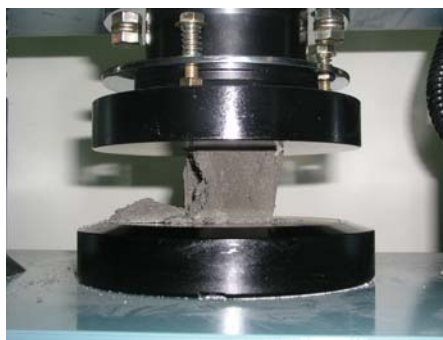
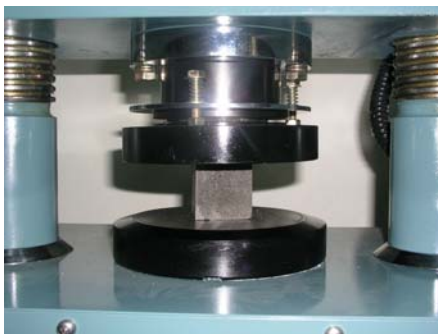


Fig. 1. Compressive strength test.



Fig. 2 Result of compressive strength test.

3. 실험결과 및 분석

3.1 압축강도 특성

Fig.3은 경화제를 사용하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 실리카-흙 혼입량에 따른 강도 변화를 나타내고 있다. 경화제를 첨가하지 않은 에폭시 모르타르의 강도 변화는 실리카-흙이 혼입되지 않는 경우에는 에폭시/시멘트 비 10~20% 사이에서 강도가 증가하는 경향을 보이다가 30% 이상 사용하면 오히려 강도가 급격히 저하되었다. 실리카-흙의 혼입량에 따른 에폭시 시멘트 모르타르의 강도 변화는 실리카-흙의 혼입량이 증가할수록 꾸준한 증가 현상을 나타내었지만 에폭시/시멘트 비가 20%를 초과하면 강도가 감소하였다. 에폭시 시멘트 모르타르에 실리카-흙을 사용하면 전반적으로 압축강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 에폭시/시멘트 비 20% 이하에서 강도증진의 효과가 가장 크며, 실리카-흙 사용량은 시멘트 사용량의 10%가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

Fig.4는 경화제를 사용한 에폭시 시멘트 모르타르의 실리카-흙 혼입량에 따른 강도 변화를 나타낸 것으로 실리카-흙을 사용하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도는 에폭시/시멘트 비의 양이 증가할수록 강도가 증가하는 경향을 나타냈으며, 실리카-흙의 혼입량이 증가할수록 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도도 증가하였으나, 에폭시/시멘트 비가 30% 이상인 경우 실리카-흙에 의한 강도증가 현상은 둔화되어 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도 증가에 실리카-흙이 미치는 영향은 작은 것으로 나타났다.

경화제를 사용한 에폭시 시멘트 모르타르의 경우, 실리카-흙 혼입에 따른 압축강도 변화에 있어서 에폭시/시멘트 비가 10%일 때 압축강도 증진의 효과가 최대인 것으로 나타났다.

Fig.5은 경화제를 사용한 에폭시 시멘트 모르타르에 대한 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도 비를 상대 압축강도 비로 나타낸 것이다. 경화제 사용 여부에 따른 압축강도 비의 변화에서 에폭시/시멘트 비 10~20% 사이에서 가장 작은 강도 변화를 보였으며, 에폭시/시멘트 비 30% 이상에서 실리카-흙의 혼입량은 압축강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 경화제를 사용하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르에서 실리카-흙/시멘트 비

10%를 사용한 경우 경화제를 사용한 경우에 비하여 에폭시/시멘트 비 20% 이하에서는 오히려 더 높은 강도를 나타내었다.

Table 4. Mix Proportions of Epoxy Cement Mortars

Epoxy resin-cement ratio(%)	Specimens	Silica-fume/cement(%)	Flow (cm)	Water/cement ratio(%)	Cement : sand (weight)	Epoxy resin : hardener (weight)
0	E/c-0	5	140	70	1 : 3	1 : 0
		10	140			
		15	139			
5	E/c-5	5	143			
		10	144			
		15	141			
10	E/c-10	5	144			
		10	142			
		15	142			
20	E/c-15	5	145			
		10	144			
		15	143			
30	E/c-20	5	145			
		10	144			
		15	144			
5	E/c-5-H	5	151	70	1 : 3	1 : 1
		10	149			
		15	148			
10	E/c-10-H	5	153			
		10	152			
		15	151			
20	E/c-10-H	5	153			
		10	154			
		15	152			
30	E/c-10-H	5	156			
		10	154			
		15	155			

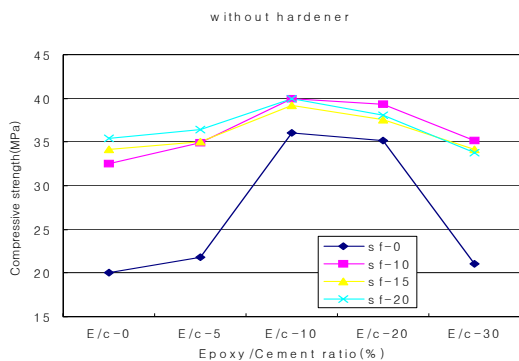


Fig. 3. Strength Changes of Epoxy Cement Mortar without Hardening Agent according to Silica-fume.

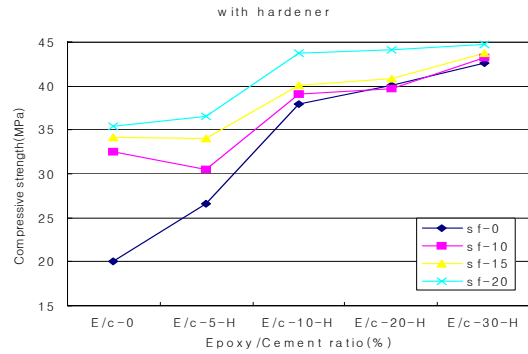


Fig. 4. Strength Changes of Epoxy Cement Mortar with Hardening Agent according to Silica-fume.

Fig.6~9은 경화제 사용 유무와, 에폭시/시멘트 비의 변화, 실리카-흙의 혼입량 변화에 대한 강도 특성을 각각 나타낸 것으로, 경화제를 사용하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도는 에폭시/시멘트 비 5~10%와 실리카-흙/시멘트 비 10%를 사용한 경우에는 경화제를 사용한 경우에 비해 높은 강도를 나타내었으며, 실리카-흙/시멘트 비 20% 이상을 혼입한 경우에는 에폭시/시멘트 비의 혼입량 증가와 관계없이 경화제를 사용한 에폭시 시멘트 모르타르의 강도가 크게 나타났다.

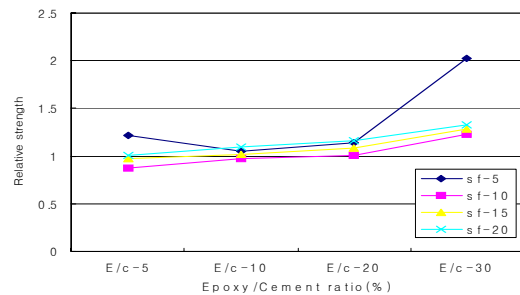


Fig.5. Strength Ratios of Epoxy Cement Mortars with and without Hardening Agent.

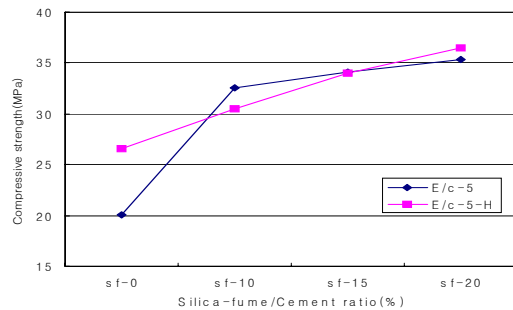


Fig.6. Strength Changes of Epoxy Cement Mortar according to Silica-fume(Epoxy 5%).

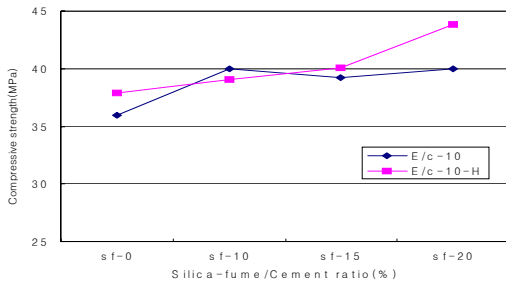


Fig.7. Strength Changes of Epoxy Cement Mortar according to Silica-fume(Epoxy 10%).

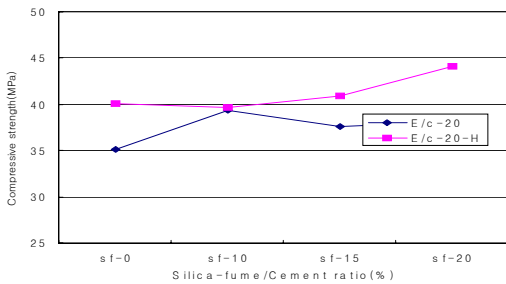


Fig.8. Strength Changes of Epoxy Cement Mortar according to Silica-fume(Epoxy 20%).

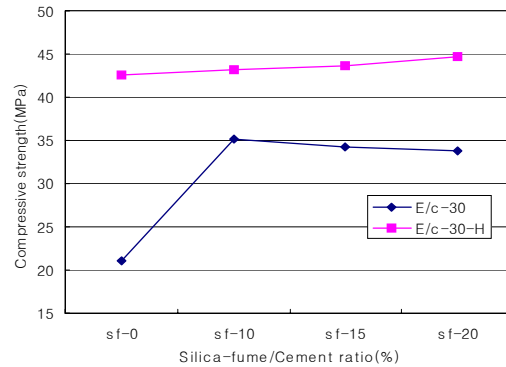


Fig.9. Strength Changes of Epoxy Cement Mortar according to Silica-fume(Epoxy 30%).

4. 결론

본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 경화제를 사용하지 않은 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도는 에폭시 혼입률 10~20%, 실리카 혼입률 10%에서 가장 높은 강도를 나타내었으며, 에폭시 혼입률이 20%를 넘는 경우에는 강도저하 현상이 현저하게 나타났다.
- (2) 경화제를 사용한 에폭시 시멘트 모르타르의 압축강도는 에폭시 혼입률이 증가할수록 압축강도도 비례하여 증가하였으며, 실리카-흡

의 혼입률 10%에서 최대의 강도 증진효과를 나타내었다. 그러나 에폭시 혼입률 30% 이상의 경우에는 실리카-흡이 강도 증진에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

- (3) 에폭시 시멘트 모르타르의 강도 증진에 효과적인 실리카-흡의 혼입량은 경화제의 사용 여부에 관계없이 사용 시멘트 양의 15%가 가장 효과적인 것으로 나타났다.
- (4) 실리카-흡 사용에 따른 압축강도 증진의 효과는 에폭시 시멘트 모르타르의 경우 일반적인 시멘트 모르타르에 비해 강도 증진의 효과가 크지 않다.

참고문헌

- 1) Ohama, Y., Kumagai, S., and Miyamoto, Y.: High-Strength Development through Accelerated Curing of Epoxy-Modified Mortar without Hardener. *Proceeding of the 11th International Congress on Polymers in Concrete, BAM, Berlin, Germany*, pp.30-37, (2004)
- 2) Ohama, Y., Demura, K., and Endo, T.: Polymer Modified Mortars using Epoxy Resin without Hardener, Polymer-Modified Hydraulic-Cement Mixture. STP 1176, ASTM, Philadelphia, pp.90-103, (1993)
- 3) Chen, Z. and Tan, M. : Progress of Polymer Concrete Composite. *Proceedings of the First East Asia Symposium Polymers in Concrete, Korea*, pp.25-40, (1994)
- 4) Ohama, Y. : Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortar, Properties and Process Technology. Noyes Publications, New Jersey, pp.1-7, (1995)
- 5) 조영국, 소양섭 : 경화제 무첨가 에폭시 시멘트 모르타 및 콘크리트의 내구성 연구, 대한건축학회논문집, Vol.12, No.6, pp.221-29, (1996)
- 6) 소형석, 소승영, 박홍신, 유명선, 소양섭 : 합성아크릴계 폴리머 시멘트 모르타르 혼화 적합성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, Vol.10, No.2, pp.183-190, (1994)
- 7) 한국콘크리트학회 : 콘크리트 혼화재료. 기문당, p.256, (1997)

(2007년 6월 22일 접수, 2007년 11월 23일 채택)