

석분슬러지를 이용한 수중 경화형 에폭시 모르타르의 개발에 관한 기초적 연구

The Basic Study on the Underwater-Hardening Epoxy Mortar Using Stone Powder Sludge

정은혜* 곽은구** 이대경*** 조성현*** 배기선**** 김진만*****
Jung, Eun-Hye Kawg, Eun-Gu Lee, Dae-Kyung Cho, Sung-Hyun Bae, Kee-Sun Kim, Jin-Man

ABSTRACT

Because the underwater structures are subjected to the deterioration according to use environment, it is necessary to repair and reinforce when the durable performances are considered in structures. In generally, epoxy mortar is used to repair materials of underwater concrete. It is divided epoxy and filler which is organized cement and sand. Cement can be replaced by stone powder sludge in waste because the grading of stone powder sludge in drying state has similar to that of cement.

As result of study, it is possible that stone powder sludge can be applied for replacement materials of cement in epoxy mortar, because the strength is not different when filler in epoxy mortar is alternated stone powder sludge.

1. 서 론

콘크리트는 반영구적인 건설재료로 건축·토목분야에서 널리 사용되고 있다. 하지만 설계, 사용재료, 배합조건, 시공성 및 사용 환경에 의해 열화를 받으며 표준 시방에 준하여 시공한 구조물도 시간의 경과에 따라 내구성능이 저하된다. 특히, 수중콘크리트 구조물은 열화 원인인자가 많기 때문에 보다 더 심각하며, 열화의 형태는 구조체 표면의 침식, 철근부식, 수류에 의한 단면손상 등으로 나타난다. 이러한 열화로 인한 수중 콘크리트 구조물의 내구성능 저하를 방지하기 위하여 적절한 보수가 필요하다. 보수재료 중 널리 사용되는 것은 에폭시 모르타르이며, 이것은 에폭시와 충전재로 나누어지고, 충전재는 시멘트와 모래로 이루어져 있다.

한편, 국내 강모래의 고갈로 인한 쇄석 골재 사용량 증가로 인해 발생하는 석분슬러지도 매년 증가하여 폐기물처리 및 환경문제로 대두되고 있다. 많은 연구자들이 석분슬러지의 활용방안을 위해 연구하였지만 석분슬러지는 물을 10~30% 함유하고 있기 때문에 실용화가 어려운 실정이다. 하지만 석분슬러지를 건조시킬 경우 입도가 시멘트와 유사하기 때문에 에폭시 모르타르의 충전재인 시멘트의 대체재로 이용 가능할 것이다.

이에 본 연구에서는 수중 경화형 에폭시 모르타르의 충전재인 시멘트에 대하여 석분슬러지(이후 SPS로 표기함)로 대체하여 실험을 하였다.

* 정회원, 공주대학교 건축공학과 공학 석사
** 정회원, 공주대학교 자원재활용 신소재연구센터 연구원
*** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 선임연구원
**** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 연구소장·공학박사
***** 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수·공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

실험계획은 Table 1과 같고, 실험인자는 에폭시 모르타르의 충전재인 시멘트에 대해 석분슬러지 대체율을 5수준(0, 25, 50, 75, 100%)으로 하였다. 측정항목으로는 성형조건별 유동성과 O-lot 시험, 점도, 단위용적중량, 압축강도 및 휨강도를 측정하였다.

Table 1 Experiment plan

Experiment factors		Unit weight(%/wt)					Test items	
		Epoxy		Filler				
The replacement ratio of SPS (%/wt)	Casting condition	A	B	C	D	E	In water	In air
0	In water	2	1	3	3	3	Flow O-lot σ_c σ_b	Flow O-lot Viscosity Unit weight σ_c σ_b
25								
50	In air							
75								
100								

※ A: Resin, B: Hardening, C: Cement, D: Silica I, E: Silica II, SPS: Stone powder sludge,
 σ_c : Compressive Strength, σ_b : Flexural Strength

2.2 사용재료

Table 2, 3, 4는 사용재료에 대한 물리적 성능을 나타낸 것이다. 에폭시는 국내 L사에서 생산되고 있는 제품이며 에폭시 모르타르의 충전재는 국내 시멘트로 분말도 $3,465\text{cm}^2/\text{g}$, 비중 3.15인 국내 S사의 보통포틀랜드시멘트, 골재는 비중 2.65와 2.64인 규사를 사용하였다.

Table 2 The physical properties of Epoxy

Type	Component	Specific gravity	Suspended time (min)	Viscosity (CPS)
RESIN	Epichlorohydrin etc.	1.16		12~14
Hardening	Degeneration Poly-amide	0.950	29	9,300

Table 3 The physical properties of SPS

Type	Specific gravity	Water content(%)	Passing sieve (%)
			No. 200
Stone powder sludge	2.681	26.3	100

Table 4 The physical properties of silica

Type	Max size (mm)	Specific gravity		Water absorption(%)	Fineness modulus	Unit weight (kg/m^3)	Solid volume by grain shape (%)
		Oven dry	Surface dry				
Silica I	0.6	2.64	2.67	0.24	4.92	1572	57
Silica II	5	2.65	2.67	0.25	4.97	1422	55

2.3 실험 방법

Fig. 1에 나타난 바와 같이 에폭시 A와 B를 2분 동안 혼합하였으며, 그 후 충전재를 투입하여 2분 동안 혼합하였다. 시험체 제작시간은 에폭시의 경화시간을 고려하여 배치 당 20분을 초과하지 않는 것으로 하였고, 시험체는 온도 $20\pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $60\pm 20\%$ 에서 양생하였다.

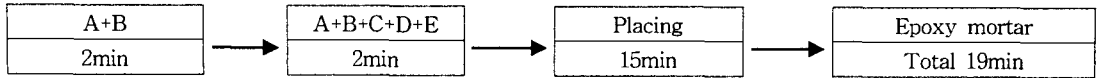


Fig. 1 The method of experiment

2.4 측정항목

굳지 않은 성상에서의 유동성 시험은 KS F 2474 「폴리머 시멘트 모르타르의 슬럼프 시험」, O-lot 시험은 KS 2402 「콘크리트의 슬럼프 시험 방법」, 단위용적중량은 KS F 2475 「굳지 않은 폴리머 시멘트 모르타르의 단위용적 무게 시험 방법」에 준하여 측정하였으며 경화 성상에서의 압축강도와 휨강도는 KS F 4043 「콘크리트 구조물 보수용 에폭시 모르타르」로 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

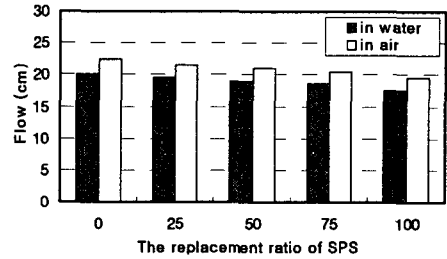
3.1 굳지 않은 성상

Fig. 2는 석분슬러지 대체율에 따른 에폭시 모르타르의 굳지 않은 성상을 나타낸 것이다. Fig. 2-(a)는 유동성에 관한 것으로 석분슬러지 대체율이 증가함에 따라 유동성이 감소하며, 그 차이는 3cm 범위로 나타났다. Fig. 2-(b)는 O-lot 시험에 대한 것으로 석분슬러지 대체율이 증가함에 따라 증가하였으며, 75% 이상일 경우 기본배합에 비해 두 배 이상이었다. 이는 실험배합이 중량 배합으로 석분슬러지와 시멘트 비중 차이 때문이었다. Fig. 2-(c)는 석분슬러지 대체율에 따른 점도 및 단위용적중량에 대한 것으로 대체율이 증가함에 따라 점도가 증가하는 것으로 나타났으며, 단위용적중량은 대체율이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다.

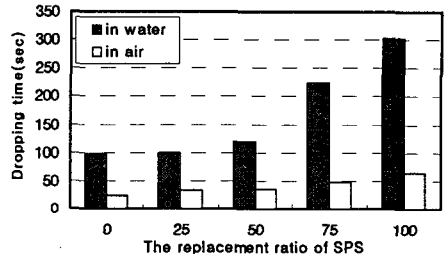
3.2 경화 성상

Fig. 3은 재령별 압축강도 및 휨강도를 측정한 것으로 석분슬러지 대체율이 증가함에 따라 압축강도와 휨강도는 거의 일정한 것으로 나타났다. 성형 조건별로, 수중에서 성형 후 양생한 시험체에 비해 기중에서 성형 한 것이 압축강도 및 휨강도가 높게 나타났다. Fig. 3-(a)는 재령별 압축강도로 재령 3일에서는 석분슬러지 대체율이 증가함에 따라 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 재령 7일에서는 3일과는 다르게 석분슬러지 대체율이 증가하여도 압축강도가 증가하지 않는 것으로 나타났다. 그림 3-(b)는 재령별 휨강도를 나타낸 것으로 재령 3일에서는 석분슬러지 대체율이 증가함에 따라 휨강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 재령 7일에서는 석분슬러지 대체율과는 상관없이 거의 일정하게 나타났다.

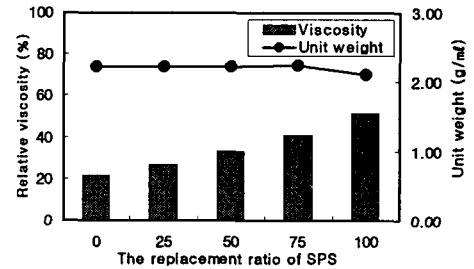
따라서 수중 경화형 에폭시 충전제로 기존의 시멘트 대신에 폐기물인 석분슬러지로 대체하여도 강도적인 측면에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이에 강도적인 측면에서 에폭시 모르타르의 충전재인 시멘트의 석분슬러지로 대체가 가능할 것으로 사료된다.



(a) Flow

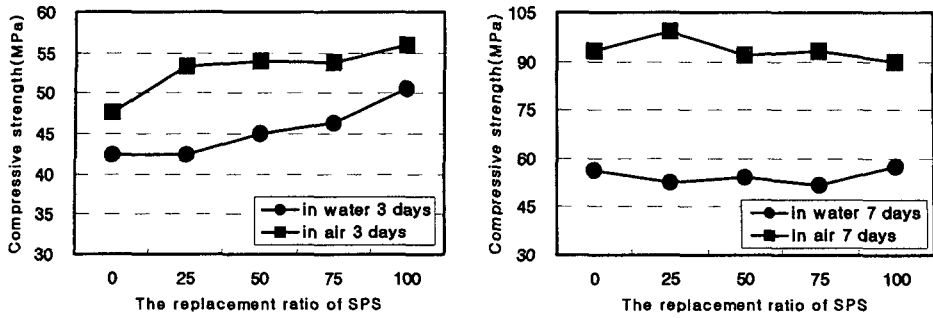


(b) O-lot

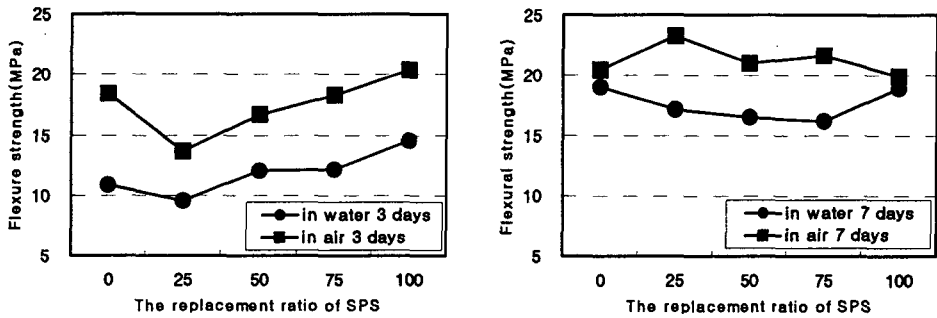


(c) Viscosity and unit weight

Fig. 2 The test of fresh concrete



a. Compressive strength



b. Flexural strength

Fig. 3 The test of harden concrete

4 결 론

제목의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 석분슬러지 대체율이 증가함에 따라 분체 용적증가로 인하여 유동성이 저하되었고, O-lot 시험 및 점도가 증가하지만, 대체율 50%까지는 석분슬러지를 사용하지 않은 것과 동일한 수준의 유동성능을 보이고 있다.
- 2) 석분슬러지의 대체율이 증가함에 따라 수중 경화형 에폭시 모르타르의 강도는 전반적으로 증진하고 있어 석분슬러지를 시멘트 대체제로 사용하는 것이 적절한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 (주)리폼연구소와 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터(RRC/NMR)가 공동으로 수행한 2004 중소기업 기술혁신 전략과제 연구의 일부이며 관계기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. 최신 콘크리트 공학, 한국콘크리트학회, 1999
2. 석분슬러지 활용기술 개발에 관한 연구(최종보고서), 1999
3. 콘크리트Table준시방서, 한국콘크리트학회, 1999
4. P. Kumar Mehta, "CONCRETE- structure, properties, and materials", prentice hall, 1993