

급냉 제강 슬래그를 이용한 에폭시 수지 모르타르 현장 적용에 관한 기초적 연구

The Basic Study on the Site Application of the Underwater-Hardening Epoxy Mortar Using RCSS

곽 은 구^{*} 강 기 웅^{**} 이 대 경^{***} 배 기 선^{****} 장 원 석^{*****} 김 진 만^{*****}
Kawg, Eun-Gu Kang, Gee-woong Lee, Dae-Kyung Bae, Kee-Sun Chang, Won-Seok Kim, Jin-Man

ABSTRACT

The repair and reinforcement materials of the concrete structure in underwater is use to epoxy mortar for underwater-hardening. Because it ensures the separation of material and a fluidity in construction, it is important to epoxy mortar

This study dealt with the influence of the using of rapidly-chilled steel slag on flow, nozzle passing time, viscosity, and strength of mortar by experimental design.

As results of study, this paper proved that the more the using rate of rapidly chilled steel slag increased, the more this affected the enhancement of flow, the decrease of O-lot, and the development of compressive strength, flexural strength. Also, considering the fluidity, nozzle passing time and strength of mortar, it is desirable to use RCSS300 of rapidly chilled slag.

1. 서론

국내의 수중 콘크리트 구조물은 사용 환경 및 사용재료에 따라 내구성능에 차이가 있지만, 대부분 장기적인 보수 및 보강이 요구되어지고 있다. 보수 및 보강 재료로 사용되는 것이 수중 불분리 콘크리트이다. 그러나 강도 발현 시간이 길고, 시공성과 시공 부위와의 높이 제한으로 국소부위 타설이 어렵고 타설 시 재료 분리가 발생할 우려가 있다. 또한, 강도 발현이 늦고 양생기간이 길며 양생 기간 중 충격 시 미세 균열이 발생할 우려가 매우 높다.

이런 보수 재료의 단점을 해결하기 위하여 사용되어지고 있는 것이 수중경화형 에폭시 모르타르로 수중에서 분리가 없으며, 초기 강도 발현이 매우 높은 잠점을 가지고 있다. 수중경화형 에폭시 모르타르의 재료는 에폭시와 충전재로 충전재에는 시멘트와 규사 1호사로 나누어져 있다.

본 연구에서 사용된 급냉 제강 슬래그는 기존의 서냉 슬래그와 다르게 고속의 공기로 급냉시켜 Free-CaO 화합물이 급속하게 경화되어 유리되지 않기 때문에 팽창에 대한 안정성을 가지고 있고 등근 입형 특성과 비중이 다른 골재에 비해 높기 때문에 타설 시간이 다른 재료에 비해 짧아 시공성에 유리할 것으로 기대할 수 있다. 이에 본 연구는 급냉 제강 슬래그의 대체율에 따른 수중경화형 에폭시 수지 모르타르의 골재로 대체하여 현장 적용 가능성에 대하여 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

* 정회원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터, 연구원
** 정회원, 공주대학교 건축공학과 대학원 석사과정
*** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 선임연구원
**** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 연구소장·공학 박사
***** 정회원, (주)에코마이스터 기술연구소 연구소장·공학 박사
***** 정회원, 공주대학교 건축공학과 부교수·공학 박사

본 실험은 Table 1과 같이 실시하였다. 실험 인자는 급냉 제강 슬래그(이하 RCSS로 표기함)를 대체율과 성형 조건으로 하였으며, 대체율에 따라 수중 경화형 에폭시 모르타르의 재료 시멘트 함유량을 조정하였다. 측정항목으로는 굳지 않은 성상에서 유동성과 O-Lot 시험을 실시하였고, 경화성상에서는 재령별 압축강도와 휨강도를 측정하였다. 또한 현장 적용성을 검토하기 위하여 깊은 세굴 부위와 10mm 치핑 부위에 대해서 실시하였다.

Table 1 Experiment plan

Experiment item		Unit weight(%/wt)					Test items	
Casting	The replacement ratio of RCSS (%/wt)	A	B	C	D	RCSS	In air	In water
In water In air	C100-SII00(a)	2	1	6	3	0	Flow σ_c σ_b	Flow O-Lot σ_c σ_b
	C50-RCSS200(b)			3	0	6		
	C50-RCSS266(c)			3	0	8		
	C50-RCSS333(d)			3	0	10		
	C50-RCSS400(e)			3	0	12		
	C67-RCSS250(f)			4	0	7		
	C67-RCSS300(g)			4	0	9		
	C67-RCSS333(h)			4	0	11		

* A: Resin B:Hardening, C: Pow, D: Aggregate, σ_c : Compressive Strength, σ_b : Flexure Strength

2.2 사용재료

Table 2는 사용재료에 대한 물리적 성능을 나타낸 것으로 에폭시는 국내 L사에서 생산되어지는 제품이다. 또한 Table 3과 4는 골재와 급냉 제강 슬래그에 대한 물리적·화학적 성질에 대한 것이다.

Table 2 The physical properties of Epoxy

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

Table 3 The chemical properties of RCSS

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	F-CaO
12.96	9.58	30.16	39.83	8.00	0.08	0.03	0.15

Table 4 The physical properties of silica

Type	Max size (mm)	Specific gravity		Water absorption (%)	Fineness modulus	Unit weight (kg/m ³)	Solid volume (%)
		Oven dry	Surface dry				
Aggregate	5	2.65	2.67	0.25	4.97	1,422	55
RCSS*	5	3.56	3.57	0.42	3.10	2,263	63.75

* RCSS : Rapid -Chilled Steel Slag

2.3 시험방법

재료의 비빔은 Fig. 1와 같이 에폭시 주제와 경화제를 2분 동안 혼합하였고, 그 후에 골재와 시멘트를 투입하여 2분에 걸쳐 혼합하였다. 시험체 제작 시간은 에폭시의 경화시간 때문에 한 배치 당 20분을 초과하지 않는 것으로 하였다. 시험체 양생조건은 온도 20±2℃, 습도 60±20%로 하였다.

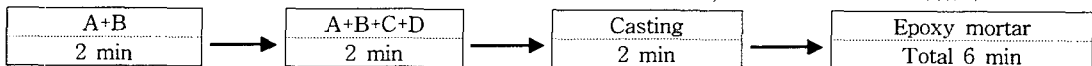


Fig. 1 The method of experiment

2.4 측정항목

유동성 시험은 KS F 2474 「폴리머 시멘트 모르타르의 슬럼프 시험 방법」, O-Lot 시험은 KS F 2402 「콘크리트의 슬럼프 시험 방법」에 준하였으며, 이는 에폭시 모르타르를 타설 속도를 비교하기 위한 것이다. 압축강도와 휨강도로 KS F 4043 「콘크리트 구조물 보수용 에폭시 모르타르」에 준하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 성상

Fig. 2는 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 유동성과 O-Lot 시험 결과이다. Fig. 2-(1)는 성형 조건별 유동성 시험의 결과로 기본 배합(a)은 유동성이 20cm의 범위로 나타났고, 급냉 제강 슬래그 대체율 100%(b)로 유동성이 기본 배합보다 2cm정도 증가하는 것으로 보였다. 대체로 급냉 제강 슬래그의 양이 증가하여도 일정한 유동성이 나타났으며 성형 조건별로 보면 수중에서의 유동성이 기중에 비해 떨어지는 것으로 보였다. 이는 수중에서 유동성이 부력에 의해 에폭시 모르타르의 중력을 감소시키는 것과 유체 저항성에 기인하여 나타난 것으로 사료된다. Fig. 2-(2)는 O-lot 시험 결과 기본 배합(a)은 75초이고 대체율100%(b)은 32초로 두 배 정도 차이가 나타났다. 또한 분 체계를 중량비 3%로 고정 한 후 대체율을 증가시킨 결과 유하 시간도 증가하였고 중량비 4%로 고정 한 후 대체율을 증가시킨 결과 10초 정도 감소하였다.

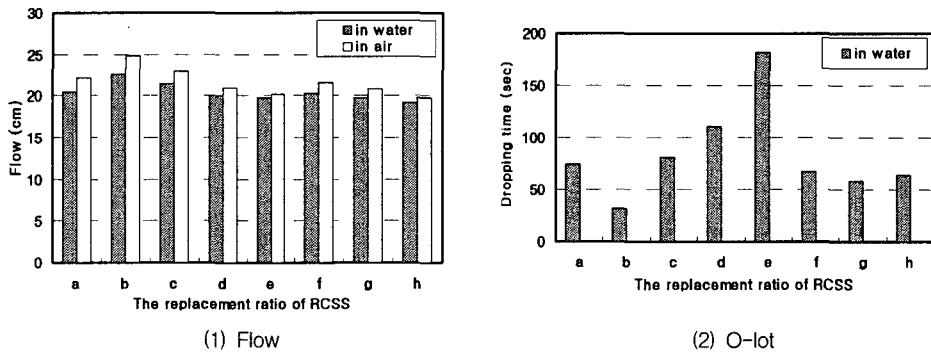
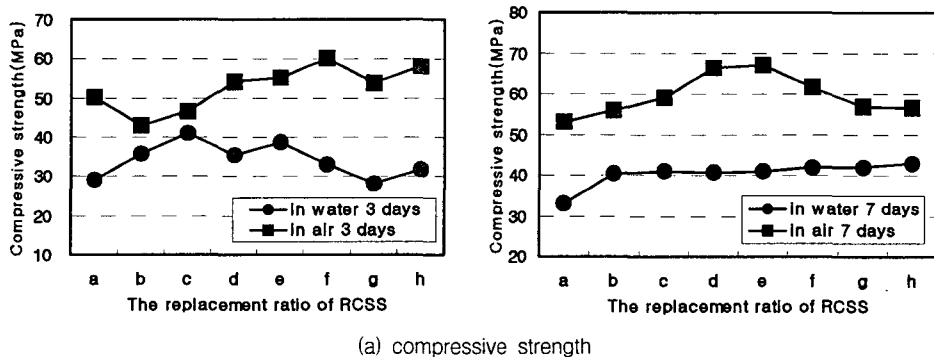
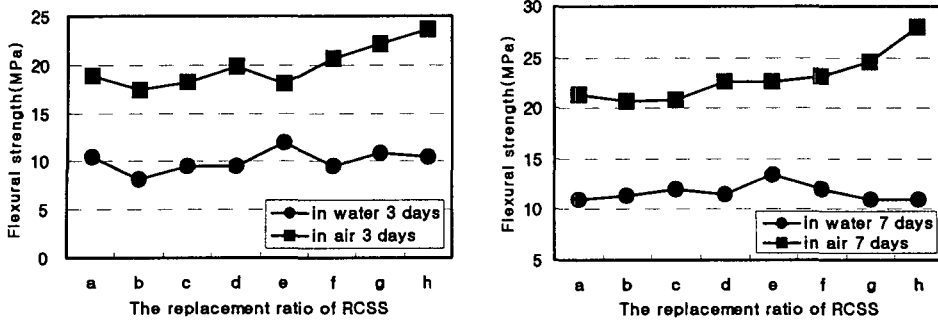


Fig. 2 The test of fresh concrete

3.2 경화 성상

Fig. 3은 경화 성상으로 성형 조건별 압축강도와 휨강도를 측정 한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 3-(a)는 재령별 압축강도로 수중 성형된 시험체를 보면 재령 7일에는 0%일 때 34 MPa를 100%에서는 42MPa를 보였으며, 대체로 대체율이 증가함에 따라 재령별 압축강도도 증가하는 것으로 나타났다. 성형 조건을 비교해보면 수중에서 보다 기중이 강도 증진이 잘 되는 것으로 보였으며, 그 이유는 기중과 수중의 온도 차이로 인하여 에폭시 모르타르의 경화에 영향을 준 것으로 나타났다. Fig. 3-(b)는 재령별 휨강도로 수중 성형된 시험체를 보면 재령 7일에 대해서는 0%일 때 11MPa를 100%에서는 13MPa를 보였으며, 대체율이 증가함에 따라 휨강도도 증가하는 것으로 나타났다.





(b) Flexural strength

Fig. 3 The test of hardened concrete

3.2 Mock-up test

위 실험 결과를 토대로 분 체계 67%와 급냉 제강 슬래그 대체율 300%에 대해서 현장 적용실험을 실시하였다. 현장 조건과 유사하게 트레미 관 옆면을 10mm 치핑 부위에 타설하는 것으로 거푸집과 손상 부위의 두께는 200mm로 하였다. 실험 항목으로는 충전성과 타설 시간을 비교하였는데 실험 결과 대체율 0%일 때에는 타설 시간이 68초였으나, 300%에서는 67초로 나타났다. 충전성을 보면 일반 골재에 비해 급냉 제강 슬래그가 구형이기 때문에 균일하게 충전되는 것으로 나타났다.



Fig.4 Mock-up test

4 결론

급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 에폭시 모르타르의 현장 적용 가능성 검토에 대한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 실험 범위에서는 중량 대체로 급냉 제강 슬래그 대체율이 증가함에 따라 유동성이 증진되고 O-lot 실험 시간도 줄어드는 것으로 나타났다. 경화 성상에서는 대체율 증가에 따라 압축강도 및 휨강도도 증가하는 것으로 나타났다.
- 2) 본 실험 범위 내에서는 기존 배합을 사용하는 것보다 분체계 67%, 급냉 제강 슬래그 대체율 300% 일 경우가 가장 적절한 배합 조건으로 나타났다.

(감사의 글) 본 연구는 2004년도 차세대환경기술개발로 (주)리폼연구소와 공주대학교 자원재활용 신소재 연구센터 (RRC/NMR)가 공동으로 수행한 연구의 일부로 관계 기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. 정지용 외 5인, 급냉 제강 슬래그를 사용한 고강도 콘크리트의 공학적 특성, 대한건축학회 논문집, 2004년 추계학술발표대회 제 24권제 2호
2. 조성현 외 3인, 급냉 제강 슬래그 잔골재 대체율에 따른 모르타르의 유동성 및 압축강도 특성, 한국 콘크리트학회 저널, Vol.17, Np.1, pp 77~84, February 2005
3. 콘크리트표준시방서, 한국콘크리트학회, 1999