



급냉 제강슬래그를 사용한 수중 경화형 에폭시 모르타르의 특성

김진만¹⁾ · 꺾은구^{1)*} · 배기선²⁾

¹⁾공주대학교 건축공학과 ²⁾대한주택공사 주택도시연구원

The Properties of Underwater-Hardening Epoxy Mortar Used the Rapidly Cooled Steel Slag (RCSS)

Jin-Man Kim¹⁾, Eun-Gu Kwak^{1)*}, and Kee-Sun Bae²⁾

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Kongju National University, Gongju 314-802, Korea

²⁾Korea National Housing Corporation Housing and Urban Research Institute, Seongnam 463-704, Korea

ABSTRACT Although blast furnace slag has been widely used in concrete as a cementitious admixture or aggregate for many years, the slowly cooled steel slag is not used in concrete but mainly in road. Its use in concrete operates problem such as the lack of volume stability due to high free CaO content, which can be potentially hazardous in concrete. However, the rapidly cooled steel slag by atomization has a low free CaO content, a high density, and a spherical shape, so it is expected to use in concrete so much. This paper is to understand the probability that the rapid cooled steel slag can replace the silica sand used as aggregate in the epoxy mortar. We did the experimental study on the properties of the epoxy mortar having various replacement proportion of rapidly cooled steel slag. This study shown that increasing content of the rapidly cooled steel slag in epoxy mortar lead to increase largely the passing time of nozzle by O-lot, compressive strength and flexural strength. However except the flow is almost same level. So we understand that the rapidly cooled steel slag has positive effect on increasing of properties in epoxy mortar.

Keywords : rapidly-cooled steel slag, underwater-hardening epoxy mortar, flow, viscosity, O-lot

1. 서 론

철강 공정 부산물인 철강슬래그 (slag)는 고로슬래그와 제강슬래그로 분류되며, 제강슬래그는 전로슬래그와 전기로슬래그로 구분된다. 슬래그는 로에서 무거운 금속과 분리된 실리카, 석회 등을 주성분으로 하는 반응성이 낮은 비금속 부유 물질을 의미하므로 본질적으로 환경에 대한 유해성이 거의 없다. 그러므로 실리카의 함유량이 높은 고로슬래그는 별다른 처리 공정 없이 단지 물리적인 분쇄를 통하여 시멘트의 실리카질 원료 또는 규산질 비료와 같은 고부가가치로의 활용이 가능하지만, 제강슬래그는 실리카의 함유량이 낮고 철산화물과 석회의 비율이 높아 재활용에 어려움을 겪고 있다.

제강슬래그의 활용 용도는 Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 고로슬래그가 꾸준한 연구의 성과로 시멘트의 원료나 실리카질 비료 등으로 활용되어 고부가가치화가 진행되어 있음에 반하여 제강슬래그는 도로 및 지반용 골재로의 활용이 높은 비율을 차지하고 있는 등 부가가치를 거의 창출하지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 현

제까지 제강슬래그의 처리는 재활용 보다는 폐기물 처리라는 개념에 머물러 있는 실정이다.

한편 최근 용융 제강슬래그를 분무하여 급냉하는 방식을 통하여 에이징을 하지 않고도 팽창 붕괴를 제어할 수 있는 새로운 가공 방법이 소개되고 있다. 이 방법에 의한 급냉 제강슬래그 (RCSS, rapid cooled steel slag)는 1% 미만의 free CaO를 함유하고 있고, 잔골재 크기의 입도와 거의 완벽한 구형에 가까운 형상을 가지고 있어 다양한 용도로의 활용이 기대되지만^{1,2)}, 밀도가 3.57 g/cm³로 매우 높아 용도 개발하는데 어려움을 겪고 있다.

최근 수중 콘크리트 구조물의 보수 및 보강에 수중 경화형 에폭시 모르타르의 사용이 일반화 되고 있다. 에폭시 모르타르는 에폭시, 필러, 골재로 구성되며, 일반적으로 에폭시는 수지와 경화제를 혼합하여 사용하고, 필러는 시멘트 크기의 분말을 사용하며, 골재는 규사를 사용한다. 에폭시는 액상으로 경화하기 전에는 전체 슬러리의 유동성을 부여하고 경화하면서 모재와의 부착력과 강도를 부여하는 역할을 하며, 시멘트는 에폭시의 사용량을 경감하고 전체 색상을 모재와 유사하게 하는 역할을 한다. 또한 규사는 최대 크기 2.5 mm의 규사 1호사를 사용하는데, 일정한 단면을 확보하기 위한 에폭시와 시멘트의 사용량을 경감시킬 뿐만 아니라 보수제의 수축에

*Corresponding author E-mail : E-mail : keg7707@kongju.ac.kr

Received October 9, 2006, Accepted June 18, 2007

©2007 by Korea Concrete Institute

Table 1 Applications of slag¹⁾

Classification	BFS		SS	
	Million ton	%	Million ton	%
Raw material for cement	6.07	75.2	0.46	6.8
Aggregate for road	1.29	16.0	2.36	35.0
Aggregate for ground	-	-	2.11	31.3
Siliceous fertilizer	0.64	8.1	0.06	1.0
Reuse in process	-	-	1.52	22.5
Aggregate for brick	-	-	0.13	2.0
Others	0.05	0.7	0.09	1.4
Sum	8,07	100	6,76	100

대한 저항성을 높이는 작용을 하게 된다. 이와 같은 구성 재료 중에서 액상의 에폭시는 가장 고가의 재료이므로 그 사용량을 줄이는 것은 에폭시계 보수 모르타르의 가격 경쟁력을 확보하는데 있어서 매우 중요하다.

수중 경화형 에폭시 모르타르는 기중에서 혼합한 후 수중에서 펌프나 호스를 이용하여 타설하게 된다. 시공 시 중요한 변수는 에폭시의 경화 시간을 고려하여 가능한 짧은 시간 내에 타설을 완료할 수 있는지의 여부인데, 타설 시간에 영향을 주는 주요인은 모르타르의 거푸집 내 충전시간이다. 에폭시 모르타르는 점성이 높기 때문에 타설 직후 곧바로 충전되는 것이 아니라 서서히 유동하면서 충전되므로 충전을 완료하기까지는 꽤 시간이 소요된다. 에폭시 모르타르의 유동성을 높여주면 충전 시간을 줄일 수 있지만, 그럴 경우 골재상 재료의 침하 분리가 발생할 가능성이 크게 높아질 뿐만 아니라 가장 비용 부담이 큰 재료의 사용량을 증가시켜 경제성을 악화하는 등의 문제점이 발생하게 된다. 그러므로 보다 짧은 충전 시간, 보다 우수한 균질성, 보다 경제적인 재료 조합은 에폭시 모르타르의 현장 적용성 향상에 매우 중요한 요인이 된다.

전술한 바와 같이 급냉 제강슬래그는 높은 밀도, 거의 완벽한 구형, 높은 실적률이라는 특징을 가지고 있다. 이와 같은 특징은 수중 경화형 에폭시 모르타르의 충전성, 유동성, 재료 분리, 에폭시 사용량 등의 개선에 유리하게 작용할 것으로 사료된다. 그러므로 본 연구에서는 규사 1호사를 급냉 제강슬래그로 대체함으로써 에폭시 모르타르의 각종 성능의 개선과 제강슬래그의 고부가가치

화를 달성하기 위한 일련의 연구를 수행하였으며, 먼저 급냉 제강슬래그를 규사1호사의 대체 재료로서 사용이 가능함을 검증하고, 그 결과를 바탕으로 급냉 제강슬래그의 최적 배합을 파악하기 위한 실험적 연구를 실험실 조건에서 수행하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 실험은 제강슬래그를 수중 경화형 에폭시 모르타르용 골재의 대체재로 활용이 가능한지를 검토하기 위한 것이다. 적용 배합은 수중 콘크리트 구조물의 보수시에 일반적으로 활용되고 있는 모르타르 배합이며, 급냉 제강슬래그의 사용량을 변화시키면서 기중 및 수중 환경에서 공학적 특성의 변화를 알아보기 위한 실험을 실시하였다. Table 2는 실험 계획을 나타낸 것이다.

2.2 사용 재료

본 실험에 사용된 재료는 에폭시 수지, 분체, 충전제로 나누어지며, 에폭시는 국내 L사에서 생산하고 있는 제품으로 물리적 성질은 Table 3과 같다. 또한, 시멘트는 밀도 3.16 g/cm³의 보통포틀랜드시멘트를 사용하고 골재로서 사용한 규사 1호사와 급냉 제강슬래그의 형상 및 물리화학적 성질은 Fig. 1, Tables 4, 5와 같다. 급냉 제강슬래그의 주성분은 CaO, SiO₂, Fe₂O₃이며, 특히 Fe₂O₃를 약 30% 함유하고 있는 것은 높은 밀도의 원인이 되고 있다 (Table 6). 또한 기존의 연구에 의하면 제강슬래그가 free CaO를 1% 이상 함유할 경우 팽창 붕괴하는 경향이 커지게 되므로 free CaO 함유량이 1% 미만인 것을 사용하도록 권하고 있는데^{3,4)}, 본 연구에서 사용한 급냉

Table 3 The physical properties of epoxy

Type	Component	Specific gravity	Suspend time (min)	Viscosity (CPS)
Resin	Epichlorohydrin etc.	1.16	-	12~14
Hardener	Degeneration poly-amide	0.95	29	9,300

Table 2 Experimental plan

Experiment item		Weight ratio					Test items	
Mix ID	Conditions of application	Epoxy		Filler	Aggregate		In water	In air
		A	B		D	E		
R0	In water In air	2	1	6	3.00	0.00	Flow O-lot σ _c σ _b	Flow O-lot unit weight viscosity σ _c σ _b
R25					2.25	0.75		
R50					1.50	1.50		
R75					0.75	2.25		
R100					0.00	3.00		

A : resin, B : hardener, C : cement, D : silica sand, E : RCSS, σ_c : compressive strength, σ_b : flexural strength

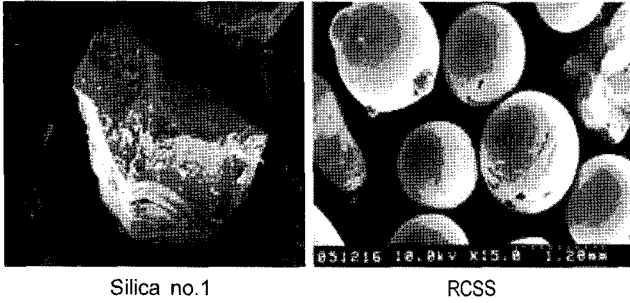


Fig. 1 The shape of silica sand (no. 1) and RCSS

Table 4 Properties of powder materials

Type	Properties
Cement	Ordinary Portland Cement Density : 3.16 g/cm ³ , Average size : 7 μm Blaine : 3,373 cm ³ /g

Table 5 The physical properties of the silica and the RCSS

Type	Density (g/cm ³)	Water absorption (%)	Unit weight (kg/m ³)	Solid volume (%)	Max. size (mm)
Silica sand	2.65	0.25	1,422	55.0	2.5
RCSS*	3.56	0.42	2,263	63.8	2.5

Table 6 The chemical composition of the RCSS

Chemical composition (wt.%)							F-CaO (%)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	
13.0	9.6	30.2	39.9	8.0	0.03	0.1	0.15

제강슬래그의 free CaO 함유량은 0.15%인 것으로 나타났다^{5,6)}.

2.3 시험 방법

에폭시 모르타르의 혼합은 강제식 믹서를 이용하여 실시하였다. 혼합은 주재와 경화제를 투입하여 90초간 선 혼합한 후 다른 용기에서 90초간 미리 혼합한 분체를 서서히 투입하면서 90초간 비빈 직후 충전재를 투입하여 60초간 혼합하는 방법을 사용하였다. 혼합 후 기중에서 유동성, 점도, 단위용적중량 및 O-lot 시험을 행한 후 기

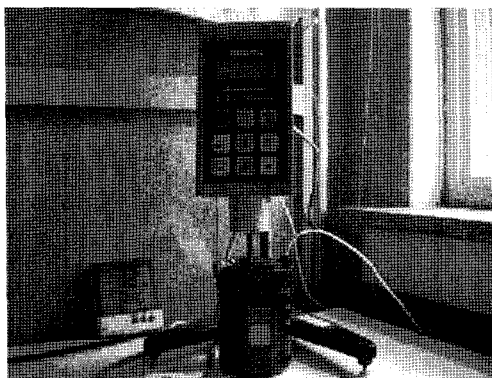


Fig. 2 Brook field viscosity meter (model number : DV-II+)

중에서 강도용 시험체를 제작하였으며, 동시에 수중에서도 유동성 및 O-lot 시험을 실시하고 강도 시험용 시험체를 제작하였다⁷⁾.

2.3.1 플로우 (flow)

유동성 측정을 위한 플로우 시험은 KS F 2474 「폴리머 시멘트 모르타르의 슬럼프 시험 방법」을 응용한 것으로 콘에 재료를 투입한 후 3분 이내에 슬럼프 콘을 들어 올린 후 플로우된 모르타르의 지름을 측정하였다⁷⁾.

2.3.2 O-lot 시험에 의한 노즐 통과 시간 (passing time)

수중 경화형 에폭시 모르타르는 기중에서 혼합한 다음 관으로 수중에 타설하기 때문에 이에 적절한 작업성이 매우 중요하다. 이에 기존 배합과 급냉 제강슬래그를 사용한 배합과의 작업성을 검토하기 위하여 KS F 2402 (콘 크리트의 슬럼프 시험 방법)에서 고유동 콘크리트 O-lot 시험 방법을 응용하여 실험을 실시하였다⁷⁾.

2.3.3 상대 점도 (relative viscosity)

KS M 3822 「에폭시 수지 및 경화제의 점도 시험 방법」에 준하여 brook field 점도계를 이용하여 측정하였다 (Fig. 2).

2.3.4 단위용적중량 (unit weight)

KS F 2475 「굳지 않은 폴리머시멘트 모르타르의 단위용적무게 시험 방법」에 준하여 단위용적중량을 측정하였다.

2.3.5 강도 (strength)

KS F 4043 (콘크리트 구조물 보수용 에폭시 수지 모르타르)에 준하여 공시체를 제작하였으며, 기중과 수중 시험체 모두 20±2°C의 조건에서 양생시킨 후 재령 3, 7, 14일에 압축강도 및 휨강도를 측정하였다⁸⁾.

3. 실험 결과

3.1 굳지 않은 성상

3.1.2 플로우 (flow)

Fig. 3은 급냉 제강슬래그의 대체율이 증가함에 따른 플로우의 변화를 나타낸 것이다. 타설 조건에 따른 플로우의 변화를 알아보기 위하여 동일한 조건으로 제조한 에폭시 모르타르를 대상으로 기중 및 수중에서 플로우를 측정하였다. 기중에서 측정한 플로우는 수중에서 측정한 것에 비하여 약 30 mm 정도 높은 값을 보이고 있는데, 이는 수중에서의 측정시 물의 부력에 의해 에폭시 모르타르의 연직 침하력이 감소하고 또한 물에 의해 에폭시 모르타르의 수평 유동이 저항을 받기 때문에 나타난 현상으로 사료된다.

또한 급냉 제강슬래그의 대체율이 증가하면, 급냉 제강슬래그의 높은 밀도와 구형률에 의한 유동성 개선 효과와 중량 대체한 것에 따른 골재에 대한 에폭시 모르

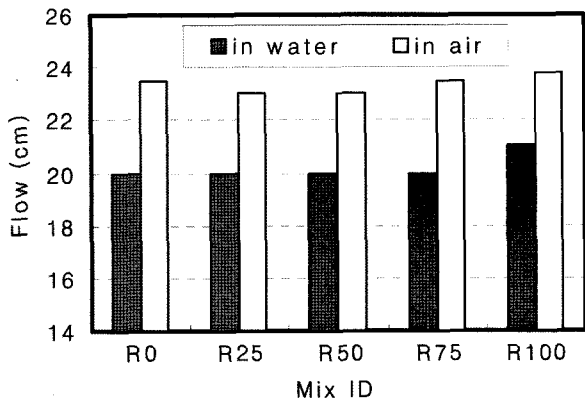


Fig. 3 Variation of flow according to mixtures (the numbers in the right of character R means the replacement ratio of RCSS)

타르의 양의 상대적 증가 효과에 의해 모르타르의 플로 우가 크게 개선될 것으로 기대하였으나, 실제적으로 측정된 플로우치는 매우 미세한 증가에 그치고 있다.

이와 같은 현상을 보이는 것은, 에폭시 모르타르의 배합을 단위용적으로 표현하고 각 재료의 구성 비율을 나타낸 Table 7 및 Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 급냉 제강슬래그의 대체율이 증가하면, 골재량에 대비한 분체를 혼합한 에폭시 슬러리의 양은 증가하지만 (Fig. 4에서 SL/AG), 전체 모르타르의 유동에 기여하는 액상 재료의 고체상 재료에 대비한 비율 (Fig. 4에서 LI/SO)은 증가가 미약하기 때문에 나타난 현상으로 사료된다.

3.1.2 O-lot 시험에 의한 노즐 통과 시간

상대 충전성을 검토하기 위하여 O-lot에 의한 노즐 통과 시험을 실시하였다. 시험 결과를 나타낸 Fig. 5에서 알 수 있는 바와 같이 노즐 통과 시간은 기중에 비하여 수중에서 현저하게 낮고, 기중의 경우 급냉 제강슬래그의 대체율이 증가함에 따라 노즐 통과 시간은 약간만 감소하는 반면에 수중에서는 매우 크게 감소하고 있다.

수중에서 낮은 통과 시간을 보이는 것은 물의 부력에 재료가 침강하려는 힘이 감소하기 때문이며, 급냉 제강슬래그에서 우수한 노즐 통과 시간을 보인 것은 규사에 비하여 급냉 제강슬래그가 밀도가 높아 동일한 질기에서

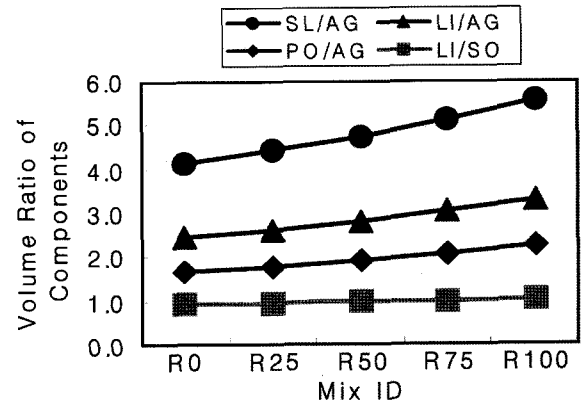


Fig. 4 Variation of volume ratio of components according to mixtures. SL, AG, LI, SO, and PO represent the volume ratio of slurry, aggregate, liquid, solid, and powder respectively in the mixture

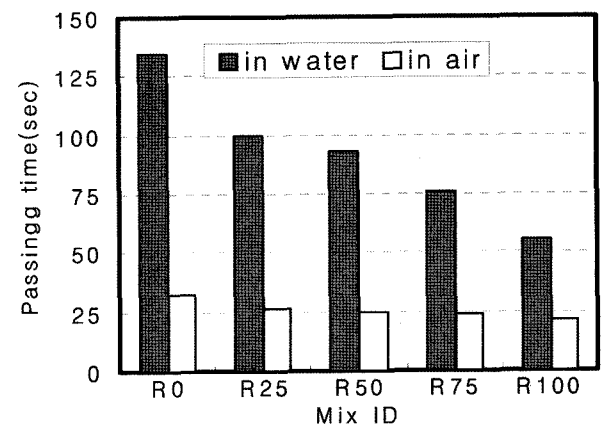


Fig. 5 Passing time by O-lot test according to mix ID

도 보다 큰 침강력을 가지기 때문으로 사료된다. 모르타르의 단위용적중량과 노즐 통과시간은 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 매우 유의한 상관성을 갖고 반비례하고 있어, 에폭시 모르타르의 충전성을 향상하기 위해서는 급냉 제강슬래그와 같이 밀도가 높은 재료의 사용량을 높이는 것이 적합하다는 것을 알 수 있다⁹⁾.

3.1.3 상대점도

Fig. 7은 에폭시 모르타르의 상대점도와 단위용적중량

Table 7 The mix proportions and test results of fresh state

Mix ID	Weight ratio					Unit volume(l/m ³)					Volume ratio				Unit weight (kg/m ³)					Test results					
	Liquid		Powder	Aggregate		Sum	Liquid		Powder	Aggregate		Sum	SL	LI	PO	LI	Liquid		Powder	Aggregate		sum	Passing time(sec.)		Viscosity (cps)
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E		AG	AG	AG	SO	A	B	C	D	E		Water	Air	
R0	2	1	6	3.00	0.00	12	297	181	327	195	0	1,000	4.13	2.45	1.68	0.92	344	172	1,033	517	-	2,066	135	32	29.9
R25	2	1	6	2.25	0.75	12	301	184	330	148	37	1,000	4.41	2.62	1.79	0.94	349	174	1,046	392	131	2,092	100	26	29.1
R50	2	1	6	1.50	1.50	12	304	186	336	100	74	1,000	4.74	2.81	1.92	0.96	353	177	1,060	265	265	2,119	93	25	28.6
R75	2	1	6	0.75	2.25	12	308	188	340	51	113	1,000	5.11	3.03	2.08	0.99	358	179	1,073	134	402	2,146	76	24	27.2
R100	2	1	6	0.00	3.00	12	312	191	344	0	153	1,000	5.55	3.30	2.25	1.01	362	181	1,087	-	544	2,175	55	21	24.0

A, B, C, D, E are the same meaning as those in Table 3. SL is the volume of slurry being composed of A, B, and C. AG is the volume of aggregate such as D and E. LI is the volume of liquid materials such as A and B. PO the volume of powder material such as C. SO is the volume of solid materials such as C, D, and E.

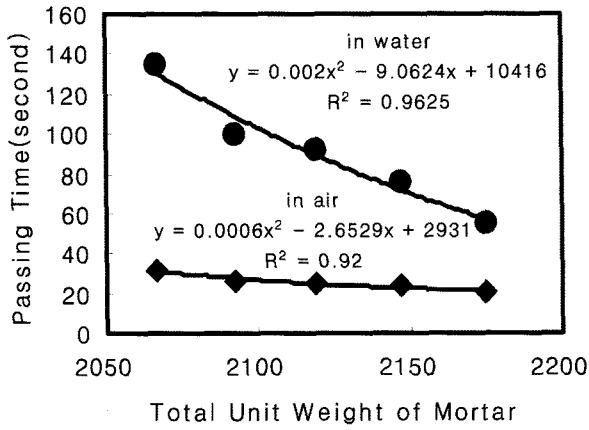


Fig. 6 Relation between total unit weight of mortar and passing time by O-lot test

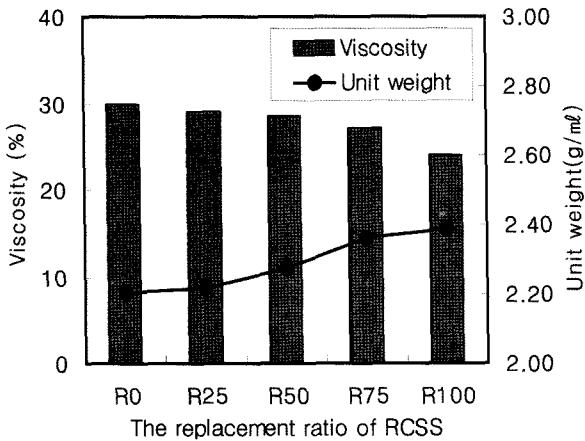


Fig. 7 Relative viscosity and unit weight with the replacement ratio of RCSS

을 나타낸 것이다. 급냉 제강슬래그의 양이 증가할수록 단위용적중량이 증가하고 있는 반면 상대점도는 감소하고 있다. 규사의 중량을 기준으로 제강슬래그로 대체하였기 때문에 단위용적중량의 증가는 밀도가 높은 재료의 양이 많아졌기 때문에 나타난 당연한 결과이지만, 골재의 용적이 감소하는 것은 상대적으로 액상 성분의 용적이 증가하는 것을 의미하므로 상대점도의 감소는 일견 이해하기 어렵다. 그러나 배합을 단위량을 기준으로 나타낸 Table 7에서 알 수 있는 바와 같이 급냉 제강슬래그의 대체율이 증가하게 되면 액상 재료 (에폭시와 경화

제)의 용적이 증가할 뿐만 아니라 분말계 재료인 시멘트 용적도 증가하게 되는데, Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 액상 재료의 증가율보다 분말재료의 증가율이 보다 현저하기 때문에 급냉 제강슬래그의 대체율이 증가함에 따라 슬러리의 상대점도가 감소한 것으로 사료된다.

3.2 경화 성상

3.2.1 압축강도

Fig. 8은 급냉 제강슬래그 대체율에 따른 압축강도의 변화를 시험 재령별로 나타낸 것이다. 급냉 제강슬래그의 대체율의 증가에 따라 거의 모든 조건에서 강도의 증진을 보이고 있다. Fig. 9에 나타난 바와 같이 규사만을 사용한 시험체에서는 규사의 파단 현상이 관찰되었지만, 급냉 제강슬래그만을 사용한 시험체에서는 급냉 제강슬래그의 파단 현상은 관찰되지 않고 있는데, 이는 제강슬래그가 규사에 비하여 견경하기 때문에 나타난 현상으로 사료된다. 이와 같이 급냉 제강슬래그의 사용은 에폭시 모르타르의 강도 증진에 유효함을 알 수 있었다.

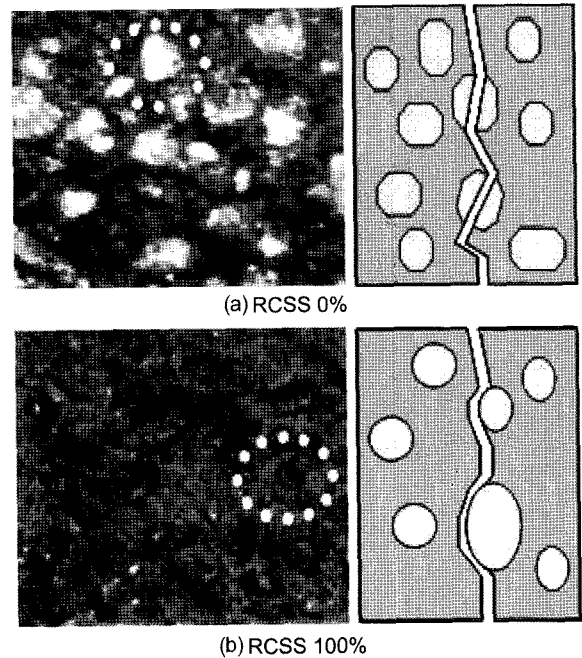


Fig. 9 The failure mode of mortar

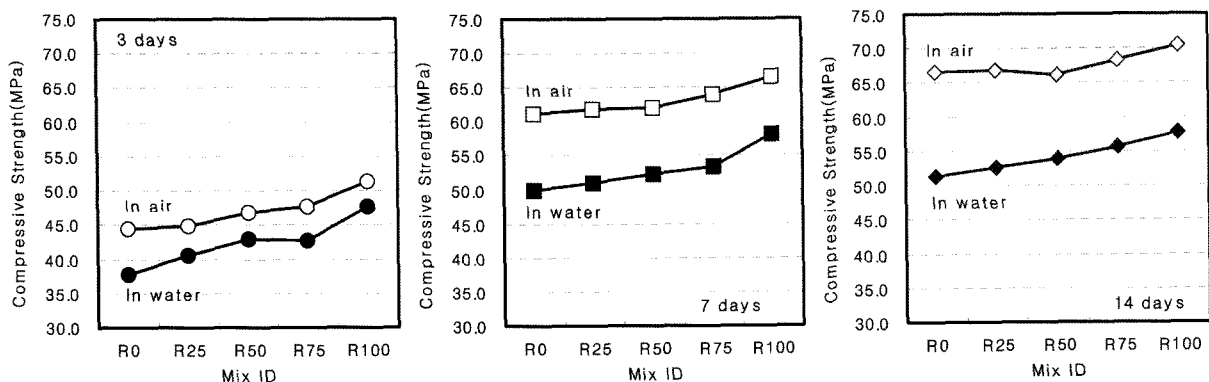


Fig. 8 Compressive strength with the replacement ratio of RCSS

또한 모든 시험체에서 재령의 증가에 따라 강도의 증가는 수중에서 성형한 시험체 (Fig. 8에서 in water)에 비하여 기중에서 성형한 시험체 (Fig. 8에서 in air)에서 보다 현저한 것으로 나타나고 있는데, 이에 따라 Fig. 10에 나타낸 바와 같이 수중 시험체와 기중 시험체의 강도 차이는 재령의 증가에 따라 높아지고 있다. 이러한 현상을 보이는 것은 수중에서 성형할 경우 물의 부력에 의해 에폭시 모르타르의 다짐 정도가 기중에서 성형할 경우보다 상대적으로 낮기 때문에 나타난 현상으로 사료된다.

3.2.2 휨강도

Fig. 11은 급냉 제강슬래그 대체율에 따른 휨강도의 변화를 시험 재령별로 나타낸 것이다. 압축강도와 유사하게 급냉 제강슬래그의 대체율의 증가에 따라 거의 모든 조건에서 휨강도의 증진을 보이고 있다. 파단 현상 또한 압축강도와 동일하게 급냉 제강슬래그를 사용한 시험체에서는 급냉 제강슬래그의 파단 현상이 나타나지 않았다. 이와 같이 급냉 제강슬래그의 사용은 에폭시 모르타르의 휨강도 증진에도 기여함을 알 수 있었다.

압축강도의 경우와는 달리 수중 시험체와 기중 시험체의 강도의 차이는 Fig. 12에 나타낸 바와 같이 재령 3일에서 가장 큰 차이를 보이고 있고 재령 7일 및 14일은 상대적으로 작은 차이를 보이고 있는 등 재령의 증가 또

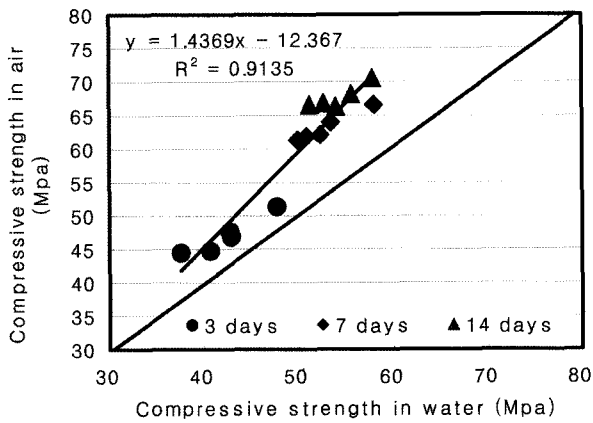


Fig. 10 Relation between compressive strength in water and that in air

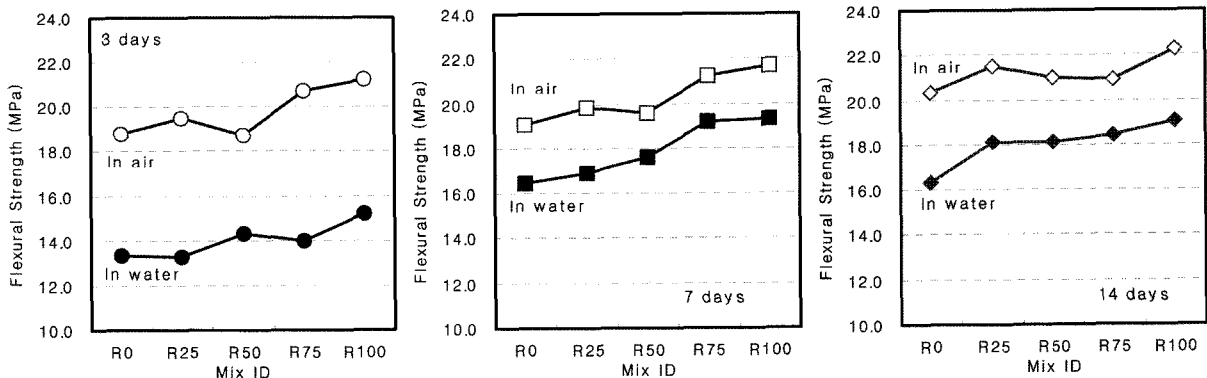


Fig. 11 Flexural strength with the replacement ratio of RCSS

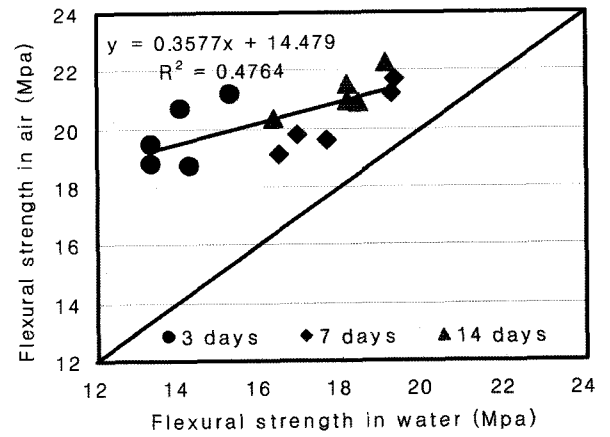


Fig. 12 Relation between flexural strength in water and that in air

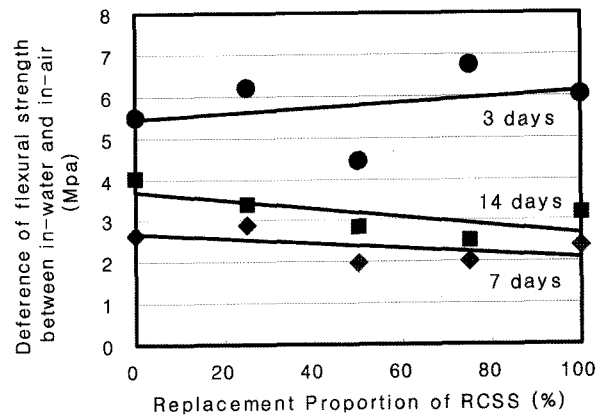


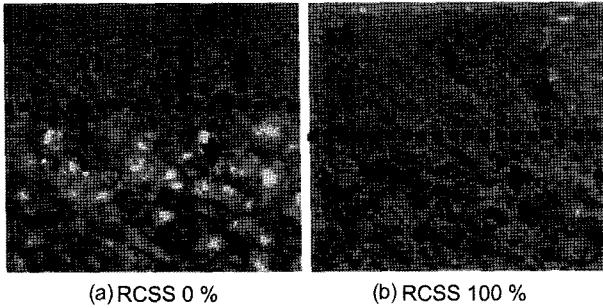
Fig. 13 Difference of flexural strength between in water and in air according to replacement proportion of RCSS

는 강도의 증가에 따라 감소하는 현상을 보이고 있다. 이와 같은 현상을 보이는 것은 재령에 따른 휨강도의 증진율이 압축강도의 증진율보다 낮기 때문에 나타난 현상으로 사료된다.

또한 급냉 제강슬래그의 사용에 의한 휨강도의 저하 효과도 재령 7일 및 14일에서는 나타났지만, 재령 3일에는 나타나지 않고 있다 (Fig. 13).

3.2.3 시험체 단면 분석

일반적으로 사용되고 있는 수중 경화형 에폭시 모르타



감사의 글

본 연구는 공주대학교 자원재활용신소재지역혁신센터 (RIC/NMR)의 연구비 지원에 의해 수행하였으며, 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21』의 지원비를 받은 것으로 관계 기관에 감사드립니다.

참고문헌

Fig. 14 The separation of material

르 배합에 제강슬래그를 대체한 결과, 급냉 제강슬래그 사용 유무에 관계없이 모든 배합에서 Fig. 14에 나타낸 바와 같은 재료 분리 현상이 관찰되었다¹⁰⁾. 그러므로 수중 경화형 에폭시 모르타르의 성능 개선을 위해서는 현재 사용하고 있는 재료 배합의 개선이 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

규사를 골재로 사용하는 수중경화형 에폭시 모르타르에서 규사 대신 급냉 제강슬래그를 사용한 실험적 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 급냉 제강슬래그의 사용량이 증가할수록 플로우치의 증진은 미약하였으나, 수중에서의 O-lot 시험에 의한 노즐 통과 시간은 매우 크게 줄어들고 있어 급냉 제강슬래그가 수중 경화형 에폭시 모르타르의 워커빌리티 개선에 유의한 것으로 나타났다.
- 2) 중량을 기준으로 골재를 대체함으로써 급냉 제강슬래그 대체율이 증가할수록 에폭시 수지가 증가하고 그로 인한 압축강도 및 휨강도가 증가하는 현상을 확인하였다. 그러나 모든 실험 조건에서 재료의 분리가 관찰되어 현재 사용하고 있는 수중 경화형 에폭시 모르타르의 배합을 조정할 필요가 있음을 확인하였다.

요 약 제강슬래그는 제강 공정에서 발생하는 부산물로서, 제강슬래그 내에 포함된 free-CaO와 물과의 반응으로 체적 팽창을 일으킬 위험성이 있어 콘크리트용 골재로 사용되지 못하고 에이징 한 후 도로용 노반재 등으로 주로 사용되고 있다. 한편, 수중 콘크리트 구조물의 보수에는 주로 에폭시 모르타르가 이용되는데, 이때 사용하는 에폭시 모르타르는 에폭시, 분체계 및 충전재로 나누어지고, 충전재는 규사 1호사를 사용하고 있다. 이러한 규사 1호사는 고품질의 천연골재로 고가이며, 수급이 점점 어려워지고 있어 에폭시 모르타르의 원가 상승의 원인이 되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 free-CaO의 함유량이 적은 급냉 제강슬래그를 수중 콘크리트 구조물의 보수용에 이용되는 수중 경화형 에폭시 모르타르에 적용하기 위한 연구를 수행하였다. 급냉 제강슬래그를 기존에 사용되던 규사에 대하여 중량비로 25, 50, 75, 100% 대체한 결과 급냉 제강슬래그를 사용량의 증가에 따라 플로우치의 약간의 증진, O-lot 시험에 의한 노즐 통과 시간의 대폭적인 개선, 상대점도의 증가, 압축강도 및 휨강도의 증진 등의 영향이 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 급냉 제강슬래그, 수중 경화형 에폭시 모르타르, 플로우, 점도, O-lot

1. 한국철강협회 (Korea Iron & Steel Association) 홈페이지, <http://www.kosa.or.kr>, Jul. 2006.
2. 日本コンクリト工學協會九州支部 各種産業廢棄物のコンクリト用材料としての適用性に關する講習會, Nov. 2000, pp.41~71.
3. Montgomery, D. G and Wang, G., "Instant-Chilled Steel Slag Aggregate in Concrete - Strength Related Properties", *Cement and Concrete Research*, Vol.21, 1991, pp.1083~1091.
4. Montgomery, D. G and Wang, G., "Instant-Chilled Steel Slag Aggregate in Concrete-Fracture Related Properties", *Cement and Concrete Research*, Vol.22, 1992, pp.755~760.
5. 森野 奎二ほか 3人, "電氣爐酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの諸性質", *コンクリト工學年次論文報告集*, Vol.16, No.1, pp.319~324.
6. 조성현, 김진만, 한기석, 김무한, "급냉 제강슬래그 잔골재 대체율에 따른 모르타르의 유동성 및 압축강도 특성", *콘크리트학회 논문집*, 17권 1호, 2005, pp.77~84.
7. 한국표준협회, "KS F 2535 도로용 철강 슬래그, KS F 4037 폴리머 콘크리트 보수 재료", *KS 핸드북*, 한국표준협회, 2002.
8. 곽은구, 조성현, 박상훈, 배기선, 장원석, 김진만, "급냉 제강 슬래그의 대체율에 따른 수중 경화형 에폭시 모르타르의 공학적 특성", *한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집*, 17권 1호, 2005, pp.401~404.
9. 곽은구, 조성현, 박상훈, 배기선, 장원석, 김진만, "급냉 제강슬래그의 대체율에 따른 수중 경화형 에폭시 모르타르 현장 적용에 관한 기초적 연구", *한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집*, 17권 1호, 2005, pp.405~408.