

급냉 제강 슬래그의 대체율에 따른 수중 경화형 에폭시 모르타르의 공학적 특성

The Engineering Properties of Underwater-Hardening Epoxy Mortar According to the Replacement Proportion of RCSS

곽 은 구^{*} 조 성 현^{**} 박 상 훈^{***} 배 기 선^{****} 장 원 석^{*****} 김 진 만^{*****}
Kawg, Eun-Gu Cho, Sung-Hyun Park, Sang-Hun Bae, Kee-Sun Chang, Won-Seok 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 performance are considered in structures. Epoxy mortar in the underwater used to the repair and reinforcement for durability. Epoxy mortar in the underwater-hardening maked epoxy and filler. Filler is divided aggregate and powder system. Because aggregate take a matter too seriously to supply that alternation material is used to rapidly chilled steel slag.

As result of study, it is possible that rapidly chilled steel slag can be applied for replacement materials about aggregate in epoxy mortar because the strength is not different.

1. 서론

콘크리트 구조물은 어떤 환경에서도 사용되지만 수중 콘크리트 구조물은 사용 환경에 따라 다른 구조물에 비해 내구 성능 저하로 인한 열화가 발생하여 장기적으로는 보수 및 보강이 필요하게 되었다. 수중 콘크리트 구조물의 열화 특성 중 대표적인 것이 탈락 및 박락으로 철근 부식 및 내구성능 저하를 이끌기 때문에 탈락된 부위에 에폭시 모르타르를 주입하여 보수한다. 에폭시 모르타르는 에폭시와 충전재로 나누어지는데 충전재는 규사 1호사와 시멘트가 사용되고 있다. 규사 1호사는 고품질의 골재이기 때문에 고가이며 수급에 어려움이 발생하고 있어 에폭시 모르타르의 원가 상승을 원인이 된다.

한편, 철강 제조 공정에서 발생되는 부산물인 제강 슬래그는 Free CaO를 0.1%~20% 범위를 함유하고 있고 함유량이 1%이상일 경우 팽창 붕괴하는 위험을 가지고 있다. 이러한 제강 슬래그의 팽창 붕괴성 때문에 건설 재료로 재활용하는데 제약을 받고 있다.

그러나, 본 연구에서 사용된 급냉 제강 슬래그는 기존의 서냉 슬래그와 다르게 고속의 공기로 급냉시켜 CaO가 화합물 상태에서 급속하게 경화시켜 유리되지 않도록 제어되어 팽창에 대한 안정성을 가지므로 에폭시 모르타르의 충전재로 사용 가능 할 것이다. 이에 본 연구는 수중 경화형 에폭시 모르타르의 충전재인 규사 1호사에 대하여 급냉 제강 슬래그로 대체하여 공학적 특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

* 정회원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터, 연구원
** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 선임연구원
*** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 책임연구원
**** 정회원, (주)리폼시스템 기술연구소 연구소장·공학박사
***** 정회원, (주)에코마스터 기술연구소 연구소장·공학박사
***** 정회원, 공주대학교 건축공학과 부교수·공학박사

본 실험 계획은 Table 1과 같다. 실험 인자는 수중 경화형 에폭시 모르타르에 사용되는 골재에 대하여 급냉 제강 슬래그 대체율 0, 25, 50, 75, 100%으로 하였으며, 측정항목으로는 성형 조건 별로 수중과 기중으로 분리하여 측정하였다.

Table 1. Experiment plan

| Experiment item | | Unit weight(%wt) | | | | Test items | |
|--------------------------------------|--------------------|------------------|---|--------|---|---|--|
| The replacement ratio of RCSS (%Vol) | Casting condition | Epoxy | | Filler | | in water | in air |
| | | A | B | C | D | | |
| 0, 25, 50, 75, 100 | in water in air | 2 | 1 | 6 | 3 | Flow O-Lot σ_c σ_b | Flow O-Lot Unit weight σ_c σ_b |

※ A: Resin, B: Hardening, C: Cement, 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 aggregate and RCSS

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

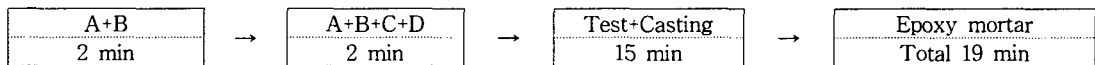


Fig. 1 The method of experiment

2.4 측정항목

유동성 시험은 KS F 2474 「에폭시 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

3.1.1 유동성

Fig. 2는 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 유동성을 나타낸 것이다. 대체율 0%일 때 수중에서는 20cm, 기중에서는 23cm를 보였으며, 대체율 25%, 50%, 75%에서는 0%와 유사하였다. 대체율 100%일 때 수중은 21cm, 기중은 24cm로 보였으며, 대체로 급냉 제강 슬래그 대체율이 증가함에 따라 유동성은 거의 유사한 것으로 나타났다.

3.1.2 O-lot

Fig. 3은 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 O-lot 시험 결과이다. 대체율 0% 일 때 수중은 140초, 기중은 36초로 보였으나, 대체율 100%일 때 수중은 56초, 기중은 20초로 대체율 0%에 비해 두 배 정도 단축되고 대체로 급냉 제강 슬래그 대체율이 증가함에 따라 O-lot 유하 시간은 감소하는 것으로 보였다. 이는 급냉 제강 슬래그의 비중이 3.54로 일반 골재에 비해 높기 때문으로 사료된다.

3.1.3 점도 및 단위용적 중량

Fig. 4는 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 상대 점도와 단위용적중량을 나타낸 것이다. 상대 점도는 대체율 0%일 때에는 32%, 대체율 100%일 때 27%로 나타났다, 대체율이 증가함에 따라 상대점도는 감소하였다. 단위용적중량은 대체율 0%일 때 2.2(g/ml), 대체율 100%에는 2.3(g/ml)으로 나타나 급냉 제강 슬래그 대체율이 증가함에 따라 단위용적도 증가하는 것으로 나타났다.

3.2 경화 성상

Fig. 5는 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 재령별 압축강도를 나타내는 것이다. 대체율 0%일 때 재령 3일에서의 수중은 38MPa, 기중은 43MPa, 재령 7일의 수중은 50MPa, 기중은 62MPa를 보였다. 대체율이 증가함에 따라 압축강도도 증가하는 것으로 나타났으며, 성형 조건별 시험체는 수중보다 기중이 높았다. Fig. 6은 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 재령별 휨강도이다. 대체율 0% 일 때 재령 3일에서는 수중 13MPa, 기중 17MPa 재령 7일에서는 수중은 17MPa, 기중은 18MPa를 보였으며, 대체율 100%일 때 재령 3일은 수중 15MPa, 기중은 21MPa, 재령 7일은 수중 19MPa, 기중은 23MPa이었다.

본 실험 결과 급냉 제강 슬래그 대체율이 증가함에 따라 압축강도와 휨강도 모두 기본 배합보다 증가하였다.

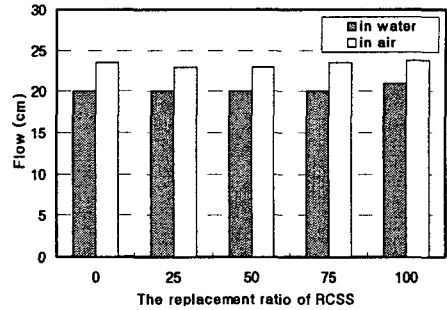


Fig. 2 Flow with the replacement ratio of RCSS

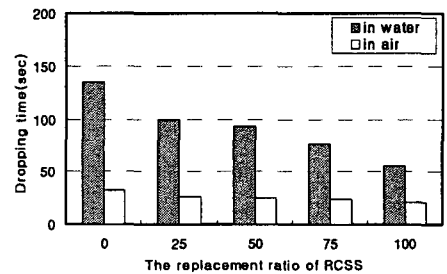


Fig. 3 O-lot with the replacement ratio of RCSS

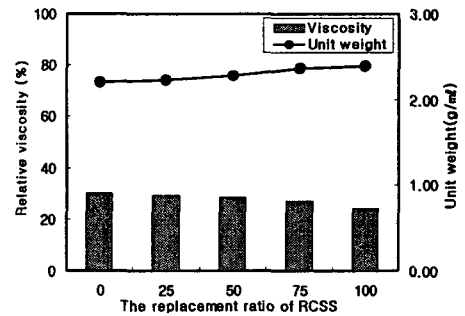
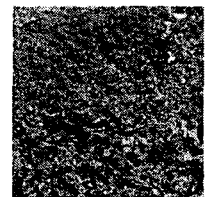
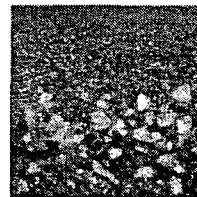


Fig. 4 Viscosity and unit weight with the replacement ratio of RCSS



(a) Rep. ratio 0%

(b) Rep. ratio 100%

Picture 1 Variation specimen section

3.3 표면 손상

Picture 1은 급냉 슬래그 대체율 0%와 100%에 대한 것으로 시험체의 절단 표면을 검토한 결과 모두 재료 분리가 나타났다. 따라서 재료 분리를 방지하기 위해 배합표를 수정이 필요할 것으로 사료되었다.

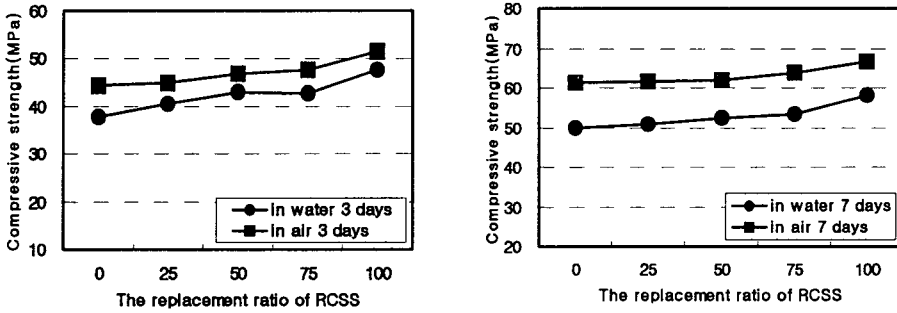


Fig. 5 The variance of compressive strength

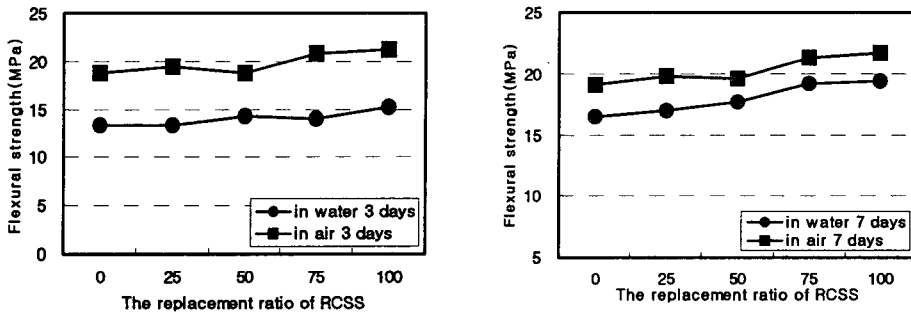


Fig. 6 The variance of flexural strength

4 결론

급냉 제강 슬래그를 사용한 수중 경화형 에폭시 모르타르의 관한 기초적 연구에 대한 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 급냉 제강 슬래그 대체율에 따라 유동성과 점도는 거의 유사한 것으로 보였으며, O-lot 유하 시간은 감소하는 것으로 나타났다. 단위용적중량은 대체율이 증가함에 따라 증가하였다.
- 2) 급냉 제강 슬래그 대체율에 따른 재령별 압축강도와 휨강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 강도적인 측면을 고려하였을 때에는 대체율이 높을수록 강도도 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 재료 분리를 검토한 결과 모든 배합에서 재료 분리가 나타났으며, 추후에는 배합 조건에 대한 검토가 필요할 것이다.

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

참고문헌

1. 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
2. 콘크리트표준시방서, 한국콘크리트학회, 1999