

재생잔골재를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 물성

Physical Properties of Polymer-Modified Mortars Using Waste Concrete Fine Aggregate

황의환* 최재진** 김진만***

Hwang, Eui Hwan Choi, Jae Jin Kim, Jin Man

ABSTRACT

This study was undertaken to examine the feasibility of recycling waste concrete fine aggregate to prepare polymer-modified mortars. The specimens of polymer-modified mortars were prepared by using styrene-butadiene rubber(SBR) latex and polyacrylic ester(PAE) emulsion as a polymer modifier. The formulations for specimens were prepared with various replacing ratios of waste concrete fine aggregates as parts of standard sand and various polymer cement ratios.

For the evaluation of the performance of polymer-modified mortars, various physical properties were investigated. As a results, water cement ratio of polymer-modified fresh mortars increased with an increase of recycled fine aggregate, but decreased with an increase of polymer modifiers. The compressive and flexural strengths of polymer-modified mortars decreased with an increase of recycled fine aggregate, but flexural strengths increased with an increase of polymer modifiers.

1. 서론

국토건설사업의 확대에 따른 골재의 수요량 증가로 공급량이 절대 부족하기 때문에 폐콘크리트를 분쇄하여 얻은 재생골재의 사용이 불가피하게 되었다.¹⁾ 우리나라에서 발생하는 폐콘크리트는 연간 약 2,400만톤 정도로 추산되는데²⁾, 폐콘크리트의 재활용은 골재의 원활한 수급과 환경보호 측면에서 매우 시급한 과제로 대두되고 있다.^{3,4)} 폐콘크리트 재생골재가 재활용되지 못하는 가장 큰 이유는 재생골재의 흡수성이 높고 작업성이 떨어지며, 재생골재를 사용한 콘크리트의 강도를 비롯한 제물성이 크게 감소되기 때문이다.⁵⁾ 이러한 제 물성을 개선하기 위하여 폴리머 혼화제를 첨가하여 만든 폴리머 시멘트 모르타르의 물성시험에 대한 결과를 보고하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험에 사용한 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트(국내 S사 시멘트)를 사용하였으며, 잔골재는 KS L 5100에 규정되어 있는 압축강도 시험용 주문진 표준사를 사용하였다. 재생잔골재는 폐콘크리트를 분쇄하여 얻은 0.1mm-1.2mm 범위의 것을 선정하여 사용하였다. 폴리머 혼화제로는 국산 SBR 라텍스 및 PAE 에멀전을 사용하였다.

*정회원, 공주대학교 화학공학부

**정회원, 공주대학교 건설환경공학부

***정회원, 공주대학교 건축공학부

2.2 실험방법

2.2.1 공시체 제작

공시체는 SBR 라텍스와 PAE 에멀전을 폴리머 혼화제로 사용하여 폴리머 시멘트비 0, 10, 20wt%의 3단계로 변화시키고, 재생잔골재의 치환율은 0, 25, 50, 75, 100wt%의 5단계로 배합하여 제작하였다. 모든 배합의 플로우치(flow value)는 170 ± 5 mm가 되도록 물-시멘트비를 조정하여 KS F 2476(실험실에서 폴리머·시멘트 모르타르를 만드는 방법)에 따라 제작하였으며, 양생조건은 제조된 공시체를 $40 \times 40 \times 160$ mm의 몰드에 성형한 후 항온습장치를 이용하여 2일간 습윤양생(20°C, 80% R.H.), 5일간 수중양생(20°C), 21일간 기중양생(20°C, 50% R.H)하여 공시체로 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 폴리머 시멘트 모르타르의 물성

Fig. 1에서 페콘크리트 잔골재의 치환량이 증가됨에 따라 물시멘트비는 크게 증가되었으나 폴리머 혼화제의 첨가에 의하여 물시멘트비는 크게 감소됨을 볼 수 있다. 물시멘트비의 감소효과는 SBR 라텍스 혼화제에 비하여 PAE 에멀전 혼화제에서 훨씬 크게 나타났으며, 혼화제의 첨가량이 많을수록 크게 나타남을 알 수 있었다.

Fig. 2에서 굳지않은 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 페콘크리트 잔골재의 치환량이 증가됨에 따라 감소되는 것을 알 수 있으며, 폴리머 혼화제의 첨가에 의하여 진행되는 공기량은 크게 증가되는 것으로 나타나고 있다. SBR 라텍스 혼화제의 경우 첨가량 20%에서 보다 10%에서 진행되는 공기량이 많은 것을 볼 수 있으나 공기연행 특성이 강한 PAE 에멀전 혼화제에서는 첨가량 10%에서 보다 20%에서 연행공기량이 많게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 3에서 굳지않은 모르타르의 단위용적중량은 페콘크리트 잔골재의 치환량이 증가될수록 폴리머 혼화제를 첨가하지 않은 굳지않은 모르타르는 조금씩 감소되는데 반하여 폴리머 혼화제를 첨가한 후 래쉬 폴리머 시멘트 모르타르는 조금씩 증가되는 현상을 보여주고 있다. 굳지않은 모르타르의 단위용적중량은 일반적으로 연행 공기량에 반비례하지만 본 실험에서는 페콘크리트 잔골재의 비중이 표준사의 비중보다 낮기 때문에 페콘크리트 잔골재의 치환량에 따른 결과로 생각된다.

3.2 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수성

Fig. 4 흡수시험 결과, 폴리머-시멘트비 10%에서는 흡수율에서 큰 차이가 없었으나 20%에서는 흡수율이 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다. 페콘크리트 잔골재의 치환량이 증가됨에 따라 흡수율은 증가되는데 이것은 흡수성이 큰 시멘트풀이 페콘크리트 잔골재의 표면에 달라붙어 있기 때문에 나타나는 결과로 생각된다.

3.3 폴리머 시멘트 모르타르의 강도특성

Fig. 5에서 폴리머 혼화제를 첨가하지 않은 모르타르의 압축강도가 폴리머 혼화제를 첨가한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도보다 현저하게 높게 나타나고 있으며, 페콘크리트 잔골재의 치환량이 증가될수록 압축강도는 점차 저하되는 것을 볼 수 있다. 폴리머 혼화제를 첨가하면 일반적으로 압축강도가 약간 상승되는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서는 소포제가 첨가되지 않은 폴리머 혼화제를 사용하여 공시체를 제조하였기 때문에 공기량이 과다하게 연행되어 나타나는 결과로 생각된다.

Fig. 6에서 폴리머 혼화제의 첨가에 의하여 휨강도는 큰 폭으로 향상되는 것을 볼 수 있으며, 페콘

크리트 잔골재의 치환량 증가에 따라서는 점차 감소되는 것을 알 수 있다. 폴리머 혼화제의 첨가에 의하여 연행공기량이 대폭 늘어났지만 압축강도에서 나타났던 강도저하 현상은 휨강도에서는 나타나지 않았고 오히려 큰 폭으로 향상되었음을 알 수 있다.

3.4 내열수성시험 후의 강도특성

Fig. 7에서 내열수성시험 후에 측정된 압축강도가 내열수성시험 전에 측정된 압축강도보다 모든 공시체에서 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 내열수성시험에 의하여 압축강도가 향상되는 것은 폴리머 혼화제의 열화현상에 의하여 강도가 감소되는 영향보다는 열수속에서 시멘트 페이스트가 완벽하게 수화반응이 진행됨으로서 강도가 향상되는 영향이 훨씬 크기 때문에 일어나는 현상으로 판단된다.

Fig. 8에서 휨강도는 압축강도에서 나타난 현상과는 상반되는 결과를 보여주고 있다. 내열수성시험에 의하여 휨강도가 시험전에 비하여 감소되는 이유는 열수속에서 시멘트 페이스트가 완벽하게 수화반응이 진행됨으로서 강도가 향상되는 영향보다는 휨강도에 크게 영향을 미치는 폴리머 혼화제가 열수속에서 열화되었기 때문에 나타나는 결과로 생각된다.

3.5 세공량 분포특성

Fig. 9 및 10에 세공량과 밀도를 나타내었다. 전체 세공량은 폐콘크리트 잔골재의 치환량이 증가될수록 점차 증가되는 현상을 보여주고 있다. 폐콘크리트 잔골재의 치환량이 증가될수록 연행되는 공기량이 증가되는 이유는 폐콘크리트 잔골재의 표면에 세공량이 많은 시멘트 페이스트가 달라붙어 있기 때문에 나타나는 현상으로 생각된다. 내열수성시험 후에 측정된 세공량이 시험전에 측정된 세공량에 비하여 약 5% 정도 감소되는 결과를 보여주고 있는데 이러한 현상은 열수속에서 시멘트 페이스트가 완벽하게 수화반응이 진행됨으로서 세공량을 감소시키게 되는데 기인되는 결과로 생각된다.

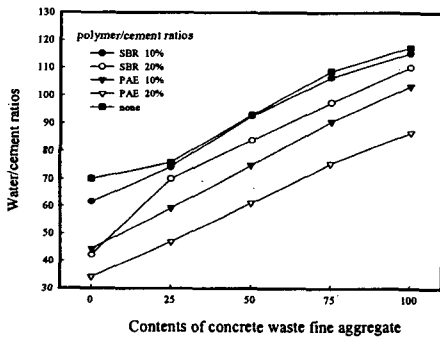


Fig. 1. Variation of water/cement ratios vs. contents of concrete waste fine aggregate.

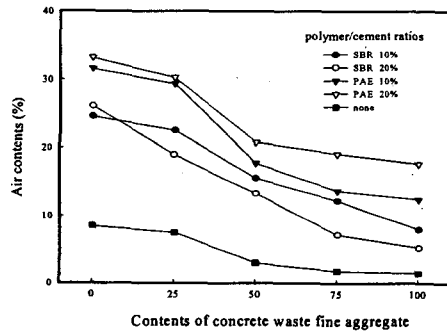


Fig. 2. Variation of air contents vs. contents of concrete waste fine aggregate.

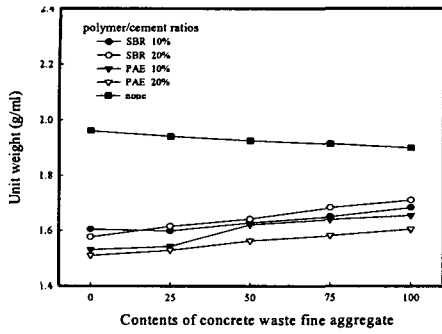


Fig. 3. Variation of unit weight ratios vs. contents of concrete waste fine aggregate.

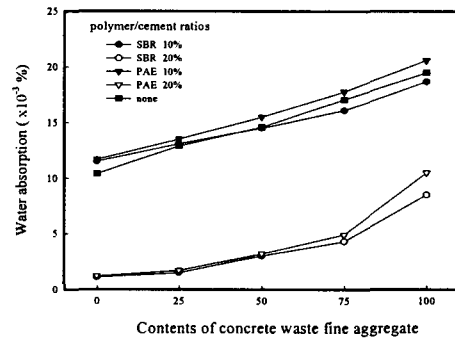


Fig. 4. Variation of water absorption vs. contents of concrete waste fine aggregate.

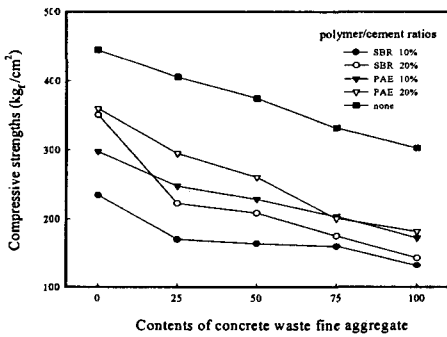


Fig. 5. Compressive strengths of polymer cement mortars vs. contents of concrete waste fine aggregate.

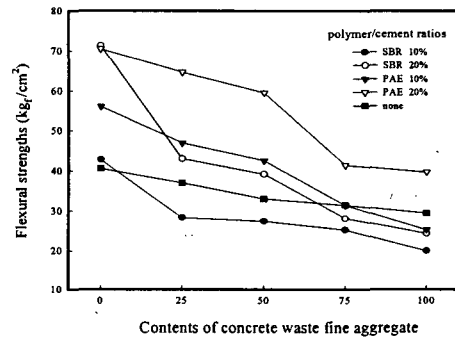


Fig. 6. Flexural strengths of polymer cement mortars vs. contents of concrete waste fine aggregate.

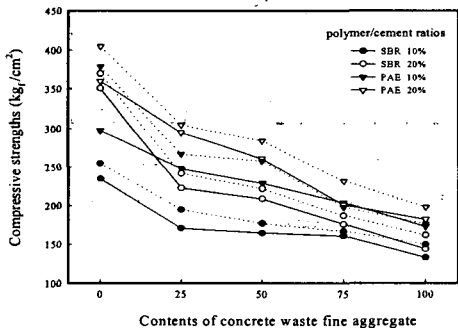


Fig. 7. Compressive strengths of polymer cement mortars vs. contents of concrete waste fine aggregate. (—: before hot water immersion,: after hot water immersion)

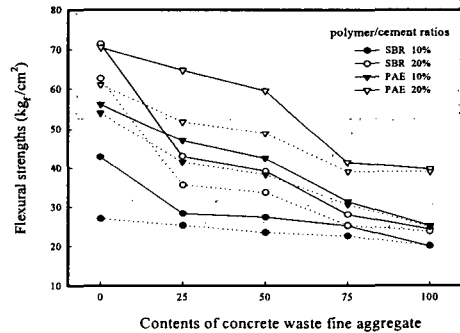


Fig. 8. Flexural strengths of polymer cement mortars vs. contents of concrete waste fine aggregate. (—: before hot water immersion,: after hot water immersion)

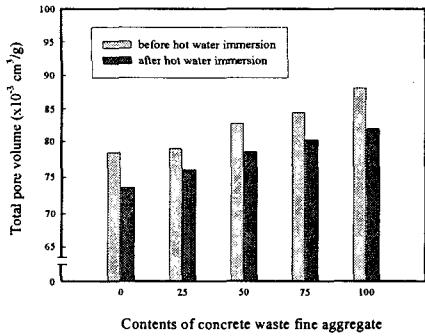


Fig. 9. Comparison of total pore volume vs. contents of concrete waste fine aggregate before/after hot water immersion test. (PAE polymer/cement ratio : 20%)

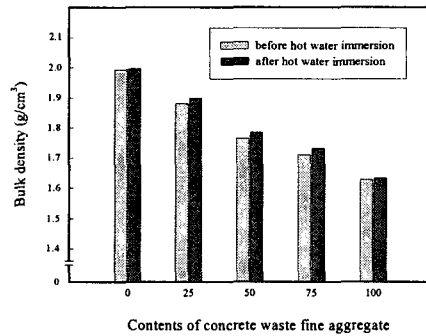


Fig. 10. Comparison of bulk density vs. contents of concrete waste fine aggregate before/after hot water immersion test. (PAE polymer/cement ratio : 20%)

4. 결론

폐콘크리트를 분쇄하여 생산한 재생골재를 폴리머 시멘트 모르타르 복합재료 제조에 재활용하기 위하여 폴리머 혼화제 2종(SBR 라텍스, PAE 에멀전), 폴리머 시멘트비 3종(0, 10, 20wt%), 재생골재 치환율 5단계로(0, 25, 50, 75, 100wt%) 배합하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 일정한 플로우치(170± 5mm)를 유지하는데 후래쉬 폴리머 시멘트 모르타르의 물시멘트비는 재생골재의 치환량 증가에 따라 증가하였으나 폴리머 혼화제의 첨가량 증가에 따라서는 감소되었다.
- 2) 후래쉬 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 재생골재의 치환량 증가에 따라 감소하였으나 폴리머 혼화제의 첨가량 증가에 따라서는 증가되었다.
- 3) 폴리머 시멘트 모르타르의 압축 및 휨강도는 재생골재의 치환량 증가에 따라 감소되었다. 폴리머 혼화제의 첨가로 연행공기량이 증가되어 압축강도는 감소되었으나 휨강도는 향상되었다.
- 4) 내열수성시험 전후의 압축 및 휨강도 측정결과, 압축강도는 증가하였으나 휨강도는 감소하였다.
- 5) 폴리머 시멘트 모르타르의 전체 세공량은 재생골재의 치환량 증가에 따라 증가하였다. 내열수성 시험 후의 세공량은 시험전의 세공량에 비하여 감소하였다.

감사

본 연구는 한국과학재단 지정 공주대학교 자원재활용 신소재연구센터의 지원에 의하여 이루어 졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 송하원, 변근주, 하주형, “폐콘크리트로부터 재생된 골재의 합리적 평가에 관한 연구” 콘크리트학회 논문집, 12권, 5호, 2000, pp.3~12.
- 2) 환경부, “2002년도 전국폐기물발생 및 처리현황”, 환경부, 2004, pp.9~12.
- 3) 김진만, 이세현, 윤현도, “폐콘크리트의 재활용”, 콘크리트학회지, 15권, 2호, 2003, pp.14~20.
- 4) F. Tomosawa and T. Noguchi, “Towards Completely Recyclable Concrete”, Integrated Design and Environmental Issues in Concrete Technology, 1996, pp.263~272.
- 5) 김무한, “건설폐기물 및 재생골재 콘크리트”, 콘크리트학회지, 10권, 6호, 1998, pp.52~60.