

폐콘크리트 미분말의 재활용에 관한 연구

(A Study on the Recycling of Waste Concrete Powder)

황의환 · 길덕수 · 황택성* · 이범재**

천안공업대학 신소재응용화학과

* 충남대학교 화학공학과

** 한국기계연구원

1. 서론

대단위 건설사업에 의한 골재의 수요량 증가로 골재의 공급량이 절대 부족하기 때문에 수요공급을 맞추기 위해서 폐콘크리트를 분쇄하여 얻은 재생골재의 사용이 불가피하게 되었다.^{1, 2)} 우리나라에서 발생하는 폐콘크리트는 2000년 현재 약 1,500만톤 정도로 추산되는데³⁾, 현재 건설 폐기물의 매립지 용량이 한계에 달하였고, 새로운 매립지의 확보도 어려운 실정이므로 폐콘크리트의 재활용은 골재의 원활한 수급과 환경보호 측면에서 매우 시급한 과제로 대두되고 있다.^{4, 5)} 우리나라에서 폐콘크리트의 재활용률은 해마다 증가하여 2002년에 75%를 목표로 하고 있으나 그 용도로는 도로노반재나 건설공사의 성토용으로 사용될 뿐 콘크리트 골재로는 거의 재활용되지 못하고 있는 실정이다.⁶⁾ 본 연구에서는 폐콘크리트의 분쇄과정에서 발생하는 미분말을³⁾ 충전재로 사용하여 폴리머 모르타르를 제조하고, 흡수성, 압축강도, 내열수성, 세공분포 및 전자현미경 관찰 등을 통하여 재료의 물리적 특성을 구명하고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

1) 수지 및 경화제

불포화폴리에스테르수지는 국내A사 제품을 사용하였고, 경화제는 MEKPO를 사용하였으며, 촉진제로는 옥텐산 코발트를 사용하였다.

2) 충전재 및 잔골재

충전재로는 실리카 미분말(평균입도 30 μ m)과 폐콘크리트 미분말을 사용하였으며, 잔골재는 수분함량이 0.1%이하가 되도록 건조하여 사용하였다.

2.2 공시체 제조

본 실험에 사용할 공시체의 배합은 폴리머 결합재의 첨가율을 9-15wt%범위에서 변화시켰고, 충전재로서 실리카 분말의 첨가량과 폐콘크리트 미분말의 첨가량 합이 20wt%가 되도록 조정하였다. 또한 잔골재의 첨가량은 폴리머 결합재의 첨가량에 따라 0.1~0.3mm 입도와 0.7~1.2mm 입도의 잔골재 총량이 65~71wt%가 되도록 변화시켜 총 20종의 공시체(40×40×160mm)를 제작하였다.

3. 연구결과 및 검토

3.1 폴리머 모르타르의 강도특성

폐콘크리트 미분말의 첨가율 증가에 따른 폴리머 모르타르의 압축강도 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 폐콘크리트 미분말의 치환율이 증가됨에 따라 압축강도는 현저히 감소되었고, 폴리머 결합재의 첨가율 증가에 따라 현저하게 향상되는 결과를 보

여주고 있다. 그림에서 폴리머 결합재의 첨가율이 감소될수록 페콘크리트 미분말의 치환율 증가에 따라 강도감소 현상은 더욱 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 페콘크리트 미분말을 첨가하지 않은 공시체의 압축강도를 기준으로 90% 이상을 유지하는 배합에 대하여 관찰하여 보면 폴리머 결합재 10wt%와 15wt%에서, 페콘크리트 미분말 5wt% 첨가한 공시체와 폴리머 결합재 20wt%에서, 페콘크리트 미분말 5, 10, 15wt% 첨가한 공시체는 강도 감소율이 비교적 적은 양호한 배합으로 페콘크리트 미분말을 탄산칼슘 충전재 대용으로 일정량 치환·사용할 수 있는 배합으로 생각된다. 결국 페콘크리트 미분말의 치환율이 증가될수록 충전재, 페콘크리트 미분말 및 잔골재 사이의 공극을 충분히 결합시키기 위하여 폴리머 결합재의 첨가율을 증가시키지 않으면 안되는 것으로 판단된다.

3.2 내열수성 시험후의 강도특성 변화

내열수성 시험을 행한후 폴리머 모르타르의 압축강도 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 폴리머 모르타르 공시체는 열수속에서 장시간 방치하게 됨으로서 폴리머 결합재가 분해되어 강도가 감소되는 것을 볼 수 있다. 폴리머 모르타르의 압축강도는 약 45% 감소되었다. 강도의 감소는 폴리머 결합재의 첨가율이 감소될수록, 또 페콘크리트 미분말의 치환율이 증가될수록 현저하게 나타나는데 이러한 현상은 폴리머 결합재의 첨가율이 감소될수록 공시체의 수밀성이 저하되어 열수가 공시체 내부까지 쉽게 침투하게 됨으로써 폴리머 결합재의 분해가 촉진되기 때문에 나타나는 현상으로 생각된다. 또한 페콘크리트 미분말의 치환율이 증가되면 동일한 폴리머 결합재 첨가율에서 유동성이 떨어지게 되어 치밀한 공시체가 만들어지지 못하게 됨으로서 수밀성이 저하되어 수지분해가 촉진되기 때문에 강도가 감소되는 것으로 판단된다.

3.3 폴리머 모르타르의 흡수율

페콘크리트 미분말의 치환율에 따라 제작된 폴리머 모르타르 공시체의 흡수율을 Fig. 3에 나타내었다. 그림 3에서 보는바와 같이 공시체의 흡수율은 페콘크리트 미분말의 치환율이 증가할수록 증가되었고, 폴리머 결합재의 첨가율이 증가할수록 현저하게 감소되었다. 특히, 페콘크리트 미분말의 치환율 10wt% 이상과 폴리머 결합재 9wt%에서 흡수율은 급격히 증가되는 현상을 보여주고 있음을 관찰할 수 있다. 이러한 현상은 페콘크리트 미분말의 치환율이 증가할수록 모르타르의 유동성이 급격히 저하되어 치밀한 조직의 모르타르를 제작할 수 없게 되는데 원인이 있고 또한 폴리머 결합재의 첨가율 9wt%는 충전재, 페콘크리트 미분말 및 잔골재 사이의 공극을 충분히 결합시키는데 수지량이 현저히 부족하게 되어 나타나는 현상으로 생각된다. 폴리머 결합재 첨가량 9wt% 및 11wt%에서 페콘크리트 미분말 20wt%를 첨가한 공시체는 유동성이 지나치게 떨어져 공시체를 제작할 수 없었다. 폴리머 결합재 11wt%, 13wt%에서, 페콘크리트 미분말 10wt% 까지 첨가할 수 있고, 폴리머 결합재 15wt%에서는 페콘크리트 미분말 15wt%까지 첨가가 가능한 것으로 판단된다.

3.4 세공분포 특성

Fig. 4에 내열수성 시험진과 후의 세공량을 각각 나타내었다. 그림 4에서 내열수성시험 전에 측정된 세공량은 폴리머 결합재의 첨가율이 증가됨에 따라 감소되었다가 폴리머 결합재 첨가율 15wt%에서 다시 증가되는 경향을 나타내고 있다. 이러한 경향성은 내열수성 시험 후에 측정된 세공량 측정결과에서도 비슷하게 나타나고 있다. 이러한 결과는 폴리머 결합재의 첨가율이 점차 증가될수록 모르타르의 유동성이 증가되어 치밀한 공시체를 만들 수 있어

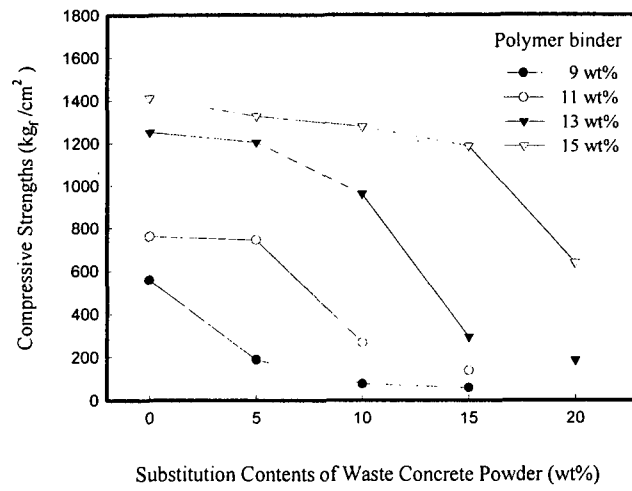


Fig. 1. Compressive strengths of polymer mortar vs. substitution contents of waste concrete powder.

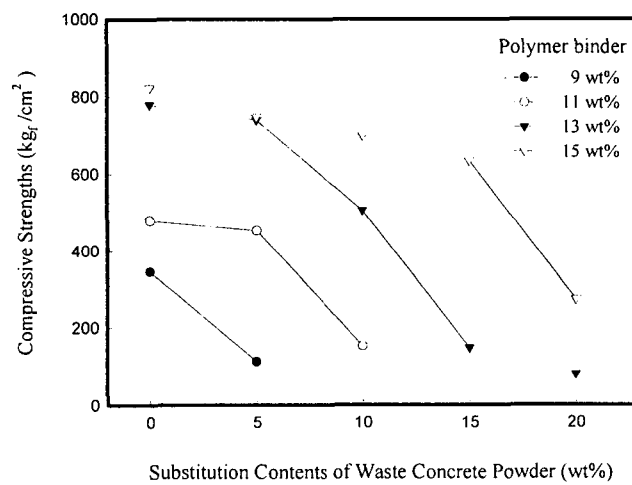


Fig. 2. Compressive strengths of polymer mortar after hot water immersion test vs. substitution contents of waste concrete powder.

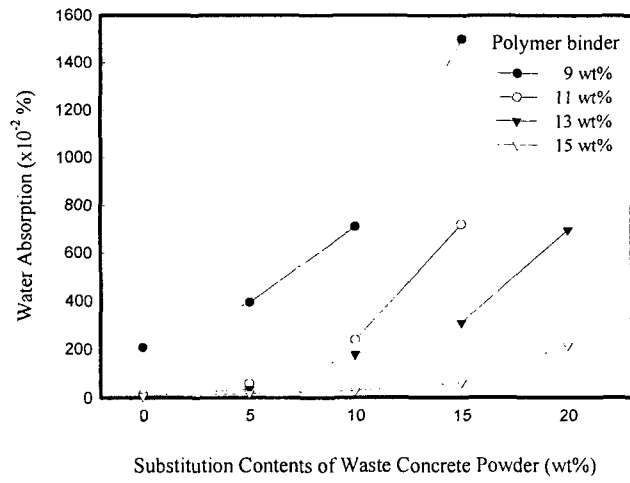


Fig. 3. Water absorption of polymer mortar vs. substitution contents of waste concrete powder.

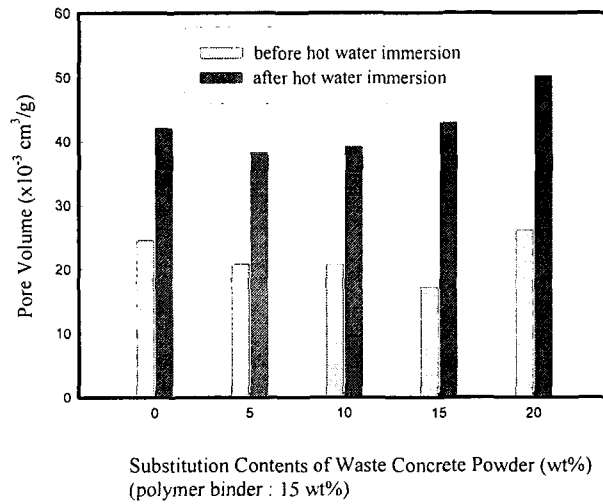


Fig. 4. Comparison of pore volume of polymer mortars before/after hot water immersion test.

나타나는 것으로 생각되며 폴리머 결합재 첨가율 20wt%에서 다시 증가되는 이유는 폴리머 결합재의 공기연행 특성에 기인되어 나타나는 현상으로 판단된다. 내열수성 시험 전에 측정 한 세공량에 비하여 시험 후에 측정 한 세공량은 폴리머 결합재의 첨가율이 증가될수록 증가 되고 있다. 폴리머 결합재 첨가율 9wt%에서 세공량의 증가율은 40%정도가 되고 폴리머 결합재의 첨가율 증가에 따라 점차 증가되어 폴리머 결합재 첨가율 15wt%에서는 71%까지 증가 되고 있다. 이렇게 폴리머 결합재 첨가율 증가에 따라 내열수성 시험 후에 세공량이 증가하는 이유는 내열성이 약한 폴리머 결합재가 열수속에서 분해되어 버리기 때문에 나타 나는 결과로 생각된다.

3.5 SEM에 의한 미세조직관찰

폴리머 모르타르의 SEM 미세조직을 관찰하였다. 내열수성 시험전의 사진에서는 골재와 충전재간의 계면에 폴리머 결합재가 연속적으로 용착되어 co-matrix상을 형성하고 있는 것 을 관찰할 수 있었으나 내열수성 시험후의 사진에서는 폴리머 결합재가 분해되어 수지를 찾 아 볼 수 없게 되었음을 알 수 있었다.

4. 결론

불포화폴리에스테르수지를 폴리머 결합재로 사용하고, 실리카 미분말 충전재의 일정량을 폐콘크리트 미분말로 치환·첨가하여 제조한 폴리머 모르타르의 특성에 대하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 폴리머 모르타르의 압축강도는 폐콘크리트 미분말의 치환율 증가에 따라 현저히 감소되 었고, 폴리머 결합재의 첨가율 증가에 따라 현저하게 향상되었다.
- 2) 내열수성 시험 후 측정 한 폴리머 모르타르의 압축강도는 약 45% 감소되었다.
- 3) 폐콘크리트 미분말의 첨가량 증가에 따라 흡수율은 현저하게 증가되었다.
- 4) 내열수성 시험 후 측정 한 폴리머 모르타르의 세공량은 폴리머 결합재의 첨가율 증가에 따라 증가되었다.

감 사

본 연구는 한국과학재단 지정 공주대학교 자원재활용 신소재 연구센터의 지원에 의하여 이 루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 송하원, 변근주, 하주형, “폐콘크리트로부터 재생된 골재의 합리적 평가에 관한 연구”, 콘 크리트학회지, 제12권 5호 pp. 3-12 (2000)
2. 류연갑, “골재산업의 현황과 전망”, 콘크리트학회지, 제9권 6호 pp. 4-10 (1997)
3. 김무한, 강석표, “폐콘크리트의 재활용을 위한 기술”, 콘크리트학회지, 제15권 2호 pp. 21-29 (2003)
4. F. Tomosawa and T. Noguchi, “Towards Completely Recyclable Concrete”, Integrated Design and Environmental Issues in Concrete Technology, PP 263-272 (1996)
5. 友澤 史紀, 野口 貴文, “完全リサイクルコンクリート”, 콘크리트工學, Vol. 35, NO. 7, pp.57-60 (1997)
6. 김규용, “폐콘크리트를 이용한 신재료 및 신공법”, 제15권 2호 pp. 36-45 (2003)