숏크리트 보강섬유의 분산 특성 연구

하태욱 · 양형식[1)]

1. 서 론

숏크리트(shotcret)의 재료 특성은 콘크리트와 동일하나 물-시멘트비가 약간 낮고, 급결제에 의한 빠른 고결에 의해 순간적인 보강을 한다. 현재 숏크리트의 취성 보강을 위해 강섬유(steel fiber)나 폴리프로필렌 섬유(Polypropylene fiber, PP)를 혼입하는 방안이 연구되고 있다. 하지만 강섬유는 생산 단가가 높고, 자체 비중이 높으며, 재질에 의한 장비 및 인적 손상정도의 피해 사례가 발생하여, 강섬유와 비슷한 인장강도를 발현하면서 단가가 저렴하고 화학적 안정성이 뛰어난 폴리프로필렌 사용의 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

보강 섬유가 콘크리트 혼화 재료에 혼입되어 배합시에 각 혼화재료들의 물리적 작용과 물에 의한 화학적 반응에 의해 배합이 된다. 하지만 PP 자체의 비중이 낮고 강한 소수성을 띠고 있는 특성 때문에 혼화 재료 안에서 적절한 배합 분산이 이루어지지 않고 섬유끼리의 뭉침현상(fiber ball)이 이루어져, PP를 이용하여 보강을 하고자 하는 경우에는 특수한 투입 장치를 사용해야 하는 실정이다. 본 연구에서는 PP의 분상성 향상을 위하여 상용화제인 mPP(maleic anhydride grafted PP)를 섬유 표면에 흡착시켜 소수성을 친수성으로 개질하고, 개질된 재료를 이용했을 시 혼화 재료 안에서의 분산정도를 파악하였다.

2. PP 섬유의 표면 처리

본 연구에 사용된 PP 섬유는 현재 보강 숏크리트용으로 생산이 되고 있는 H사의 17mm 메쉬형 PP 섬유를 사용하였다. 표 1은 본 연구에 사용된 PP 섬유의 물성이다. PP의 친수화 개질에 사용된 상용화제는 H석유화학에서 생산되고 있는 제품을 이용하였다.

표 1. PP 섬유의 물성

Material	Absorption	Specific Gravity	Melting Point	Tensile Strength	Youn's Modulus
Homopolymer Polypropylene	0	0.91	162℃ above	2,600kg/㎠ above	35×10^{3}kgf/㎠

본 연구에서는 PP 섬유를 침전시켜 반응하는 mPP의 농도와 PP 섬유의 량, 반응시간을 변수로 설정하여 실험에 임하였다. 먼저 mPP의 농도를 변화시키면서 중탕기를 이용하여 80℃를 유지하며 톨루엔을 용매로 1시간동안 선교반하여 mPP를 완전 용해시켰다. 그 후 섬유의 량을 달리 하며 mPP 용액에 침전, 각각 서로 다른 반응시간동안 침전시켰다. 그 후 70℃에서 24시간동안 톨루엔을 완전 건조 후 증류수로 세척하면서 필터링을 하고, 다시 50℃ 상압에서 24시간동안 수분을 완전 건조시킨 후 질량의 변화에 따른 mPP의 흡착율을 판단하였다. mPP 농도는 6, 8, 10%, 섬유량은 5, 10, 20g, 반응 시간은 30, 60, 90분으로 하여 각각 실험하였다.

주요어: 보강 숏크리트, 폴리프로필렌 보강 섬유, 표면 처리

1) 전남대학교 건설지구환경부(hsyang@chonnam.ac.kr)

기존의 연구 문헌에서는 PP에 mPP를 graft 중합을 시킨 결과, 2.5~2.8wt%에서 기계적 물성 증가와 젖음성이 증가하는 결과를 나타냈다.[1)2)] 따라서 본 연구에서는 기존 연구 결과를 기준으로 흡착율 2.5%를 기준으로 최적의 조건을 찾고자 하였다. 그림 1은 각 반응시간에서의 mPP 농도에 따른 흡착률을, 그림 2는 각 섬유량에서의 mPP 농도에 따른 흡착률을, 그림 3은 각 mPP 농도에서 섬유량에 따른 흡착률을 나타낸 것이다. 실험 결과 흡착률 기준인 2.5%를 만족하면서 가장 경제적인 조건은 mPP 농도 8%에서 PP 10g을 60분간 침전 반응시킨 결과가 가장 적정임이 판명되었다.

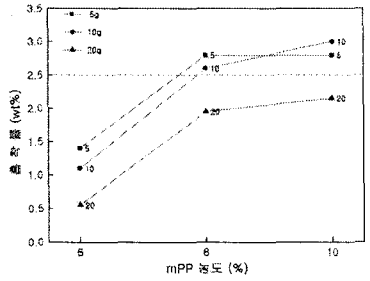

그림 1. 각 시간별 mPP 농도에 따른 흡착률

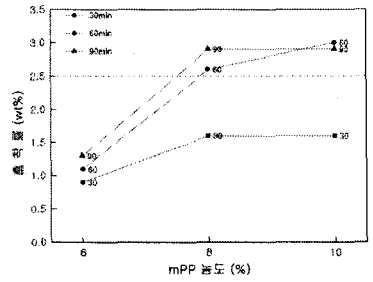

그림 2. 각 섬유량별 mPP 농도에 따른 흡착률

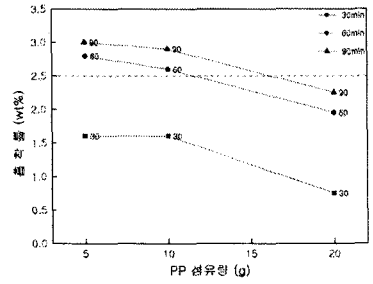

그림 3. 각 mPP 농도별 섬유량에 따른 흡착률

3. 섬유의 분산

표면처리 실험 결과 최적의 조건으로 판명된 조건의 섬유가 숏크리트 혼화재료 안에서 분산성이 얼마나 향상되는지를 파악하기 위하여 콘크리트 배합실험을 실시하였다. 배합실험 조건은 mPP 농도 8%, 섬유량 10g, 반응시간 60분을 기준으로 혼화재료에 혼입될 섬유 재료를 제작하였다. 콘크리트 혼화 재료에 따른 설계강도 210kg/㎠인 배합비의 1/20로 배합하였으며, 섬유량은 0.9kg/㎥을 기준으로 배합하였다.[3)] 표 3은 배합에 사용된 혼화 재료의 양이다.

분산도를 파악하기 위하여 믹서의 rpm을 40으로 고정시키고 혼화재료와 함께 처리된 PP섬유와 일반 섬유를 각각 투입하여 각 10, 20, 30, 60분동안 교반 후, 시료를 무작위추출

표 2. 배합에 사용된 재료 량

단위시멘트량 (kg)	물/시멘트비 (%)	단위수량 (kg)	S/a (%)	단위 세골재량 (kg)	단위 조골재량 (kg)	유동화제 (kg)
450	45	202.5	60	1059.8	706.5	4.5

로 ϕ10×5cm 시편을 3개씩 제작하여 파쇄 단면을 통해 섬유의 분포도를 육안 분석 및 Image Processing을 실시하였다. 그림 4는 30분 교반 후 제작한 시편의 단면도이다.

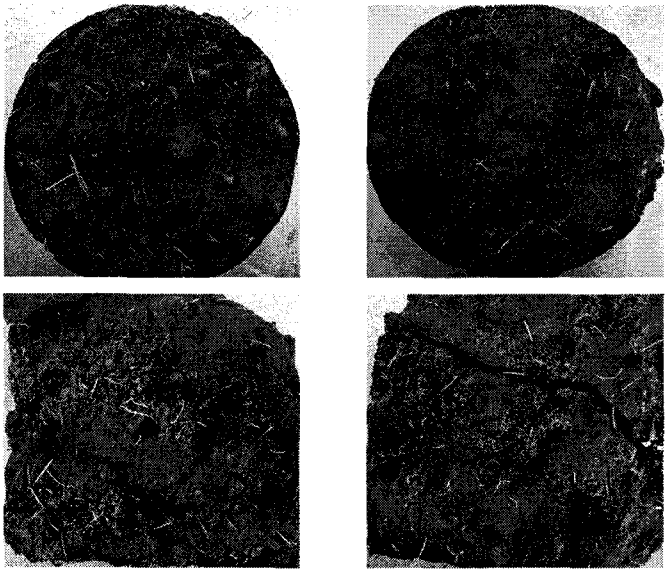

그림 4. 교반 30분 후 시편의 단면

교반시 보여지는 섬유의 분산도는 표면 처리를 하지 않는 섬유의 경우, 30분이 경과하더라도 섬유의 뭉침이 다소 보이는 반면, 표면 처리를 한 경우에는 10분이 지난 후에는 섬유의 고른 분산이 나타났다. 또한 시편의 단면을 이용하여 분산 정도를 파악한 결과 표면에 나타나는 섬유의 경향도 표면 처리한 섬유의 경우가 더 많은 분포를 보이고 있다.

4. 결 론

숏크리트 내에 보강 재료로 혼입되는 PP 섬유의 표면처리를 통한 섬유의 분산도 향상에 관해 연구한 결과, PP 섬유의 표면의 mPP 흡착을 통한 표면 개질은 mPP 농도 8%, 섬유량은 20g/ℓ, 반응시간은 60분정도가 가장 적합한 조건이었다. 또한 표면 개질 처리된 PP 섬유는 처리되지 않는 섬유에 비해 콘크리트 혼화재료 안에서 좀더 빠른 시간에 고른 분산이 이루어졌다. 이상의 결과를 통해 PP 섬유의 배합시 표면의 친수화 처리를 통해 섬유의 뭉침을 방지하고 고른 분산을 이루어지도록 함으로써 별도의 배합 장치가 필요없이 저렴한 가격으로 높은 보강효과를 가져올 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1) 문혁수, 1994, 무수말레인산이 그라프트된 폴리프로필렌이 폴리프로필렌/나이론 블랜드의 미세구조에 미치는 영향, 한국과학기술원 석사학위 논문

2) 이성구, 임진모, 조순채, 최길영, 이종문, 1996, PP/Nylon 6 블랜드에 관한 연구-상용화제의 영향-, 훈국섬유공학회지, Vol.33, No.5, pp.436-443

3) 한국도로공사, 고속도로 터널설계 실무자료집, 1995, 한국도로공사, pp.218-227