

시멘트 복합체 내에서 UV처리에 따른 PVA 및 PET섬유의 계면 및 매입인발특성

Interfacial and Pull-out Properties of PVA and PET Fiber with UV Irradiation in Cementitious Composites

전에스더* 이상수** 윤현도***
Jeon, Esther Lee, Sang-Soo Yun, Hyun-Do

ABSTRACT

Much of requirements to the civil and building structures have been changed in accordance with the social and economic progress. Ductility of high performance fiber reinforced cementitious composites(HPFRCCs), which exhibit strain hardening and multiple crackling characteristics under the uniaxial tensile stress is drastically improved. In HPFRCC application, PVA fiber has been dominantly used as a reinforcement because of its excellent alkali resistant nature as well as high strength. But the inherent strong hydrophilicity of PVA fiber promotes the moisture absorption in cement matrix and thus it may cause the corrosion of steel structure. Therefore, it is necessary to control the interfacial adhesion of cement composites. In present study, to control the interfacial adhesion of the cementitious composites reinforced by PVA fiber, UV irradiation of the PVA fiber were performed and their effects on the adhesion property and general characteristics were investigated extensively.

1. 서론

고성능 건축재료에 대한 관심이 고조됨에 따라 고인성 시멘트 복합체(High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites, 이하 HPFRCCs)에 대한 연구 및 제조기술 개발이 날로 증가하고 있다. 현재 실용화 연구개발대상인 보강섬유로는 아라미드(Aramid), PVA(Polyvinylalcohol), PP(Polypropylene) 및 PET(Polyethylene)섬유 등이 있으며, 그 중에서도 알칼리성의 시멘트계 재료에 높은 내성이 있을 뿐만 아니라 시멘트와의 강한 결합력을 갖는 PVA섬유에 대한 연구가 가장 활발하게 진행 중에 있다. 그러나 시멘트 보강용으로 사용되는 대부분의 합성 유기섬유 보강재는 표면이 비활성이면서 낮은 표면에너지를 가지고 있기 때문에 시멘트 매트릭스와 적절한 부착력을 가지기 위한 표면개질이 필요하다. 이러한 이유로 현재 보강용 섬유의 표면개질에 대한 물리·화학적 여러 가지 방법들이 개발되고 있으며 그 중 UV처리(Ultraviolet treatment)방법은 플라즈마처리(Plasma treatment)보다는 그 효과가 약한 것이 단점이지만 최근에는 이를 보완하기 위하여 오존과 같은 활성 가스 하에서 처리하는 방법이 연구되고 있다. 특히, UV처리는 전체적인 물성을 거의 손상시키지 않는 범위에서의 경제적이면서 대량처리가 가능하고 효과가 우수한 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 PVA섬유와 우수한 생산력과 경제성에도 불구하고 낮은 친수성을 갖는 PET섬유를

* 정희원, 충남대 건축공학과 박사과정

** 정희원, 한밭대 건축공학과 교수, 공학박사

*** 정희원, 충남대 건축공학과 교수, 공학박사

대상으로 UV처리를 하여 처리조건에 따른 표면특성 및 매입인발특성을 평가하고자 하였다.

2. 실험

2.1 섬유 특성

본 연구에서는 (주)효성에서 생산되고 있는 직경 39 μ m, 길이 12mm의 PVA섬유와 직경 26 μ m의 고강도 PET섬유를 사용하였으며 각 섬유의 물성은 표 1에 나타난 바와 같다.

2.2 UV에 의한 섬유의 표면처리기법 도입

본 연구에서는 PVA 및 PET섬유와 시멘트 복합체 사이의 계면 접촉력을 최적화하기 위하여 주 파장이 253nm인 UV-C계 램프(Lamp)를 이용하여 표 2에 나타난 바와 같이 처리전력과 시간을 변화시켜 UV처리를 하였다. PVA섬유의 경우, 단파장의 자외선처리를 함으로써 표면 -OH기의 절단 및 표면을 경화시켜 시멘트와의 계면 접촉력을 낮추었고, PET의 경우 낮은 친수성을 갖기 때문에 단순 -H기를 제거하고 대기 중의 -OH등의 작용기 도입을 통한 계면접착력 증가와 표면 에칭을 유발하여 비표면적 증대를 목적으로 하였다.

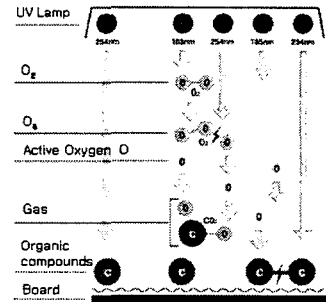


그림 1 UV처리 메카니즘

2.3 PVA 및 PET섬유의 매입인발실험

UV 전력 및 처리시간에 따른 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면접착력을 평가하기 위하여 PVA 및 PET섬유의 매입인발실험을 계획하였다. 매입인발시험체는 그림 2에 나타난 바와 같이 제작하였으며, 사용된 시멘트 매트릭스의 배합조건은 표 3과 같다.

표 1 섬유의 물성

종류	직경 (μ m)	길이 (mm)	인장강도 (N/mm^2)	연신율 (%)	탄성계수 (kN/mm^2)	표면성질
PVA	39	12	1,323.89	7.0	25.41	친수성
고강도 PET	26	연속섬유	1,196.41	12.0	14.44	소수성

표 2 PVA 및 PET섬유가 받은 UV에너지(단위 : J/cm^2)

섬유 종류	무처리	UV 처리조건					
		전력	처리시간				
			60min	90min	120min	180min	240min
PVA	untreat	200W	-	-	4,585.99	-	-
		300W	-	-	6,878.98	-	-
		500W	5,732.48	-	11,464.97	17,197.45	22,929.94
PET		40W	458.60	687.90	917.20	1,375.80	1,834.40

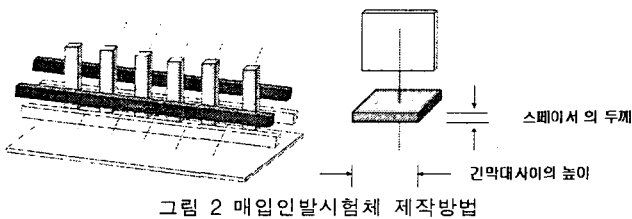


그림 2 매입인발시험체 제작방법

표 3 시멘트 매트릭스의 배합

W/B (wt.)	S/M (vol.)	FA/B (wt.)	Unit weight(kg/m^3)			
			Bin.	C	FA	S
0.40	0.25	0.20	953	762	191	627

3. 실험결과

3.1 UV 처리에 의한 표면 변화

그림 3에 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰된 UV처리 전후의 PVA와 PET섬유의 표면미세구조를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 UV처리에 의한 표면미세구조는 크게 달라지지는 않았으나 PVA섬유의 경우, 처리 후 표면이 상대적으로 약간 소수화되므로 매끄러운 형상을 보였고, PET의 경우 상대적으로 처리 후 친수화에 의해 다소 거친 형상을 나타내었다. 이러한 현상은 물리적인 표면의 손상에 의한 변화이기보다는 화학적인 변화에 의한 것이 더 큰 것으로 사료된다.

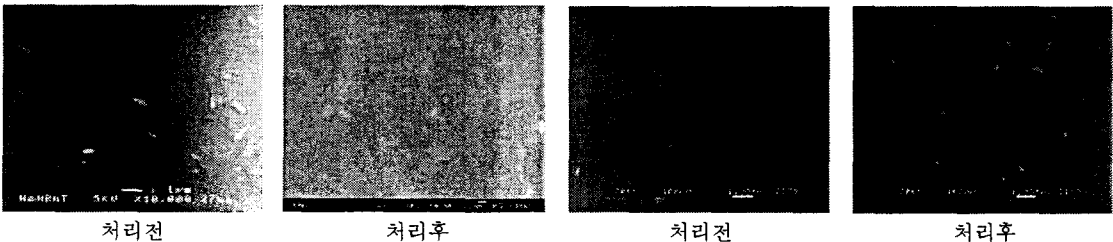
3.2 수분 함유율의 변화

UV처리된 섬유의 수분을 변화를 알아보기 위하여 100℃에서 4시간 정도 건조 후 온도 20℃, 습도 65% 조건에 24시간 방치하여 수분의 함량을 측정하여 수분율로 계산하였다. 그림 4의 시간경과에 따른 수분함유율의 변화에서 미처리(Untreat) PVA섬유의 경우 48시간 후에 약 0.07%의 함유율을 보인 반면, UV처리한 섬유에서는 0.05% 전후의 수분 함유율을 보였다.

위의 결과를 통해 UV처리는 PVA섬유의 표면의 하이드록실기의 반응성을 저하시켜 물과의 결합을 낮추고 결과적으로는 높은 계면접착력을 조절할 수 있는 것으로 나타났다.

3.3 UV처리된 섬유의 계면부착성능

그림 5는 UV처리에 따른 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면접착력을 평가하기 위하여 매입인발실험 후 파단면을 관찰한 것으로, 변형 및 잔여 물질의 정착여부를 통해 두 섬유의 계면접착력을 판단할 수 있었다. PVA섬유의 경우 높은 접착력으로 인하여 표면이 벗겨지고 많은 시멘트 매트릭스 물질이 덮여 있었으나, PET섬유는 낮은 계면 접착력으로 파단면이 매끈하고 부착물이 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 그림 6에 나타난 바와 같이 UV처리에 따른 계면접착력의 변화는 크지는 않으나 PVA섬유에서는 상대적으로 약간 낮아지고, PET섬유에서는 약간 높아지는 경향을 보였다. 이러한 계면접착



(a) PVA섬유 (b) PET섬유
그림 3 UV처리된 PVA 및 PET섬유의 표면 SEM사진

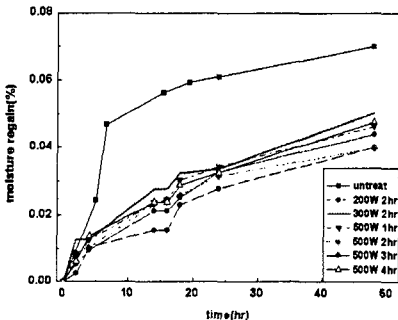
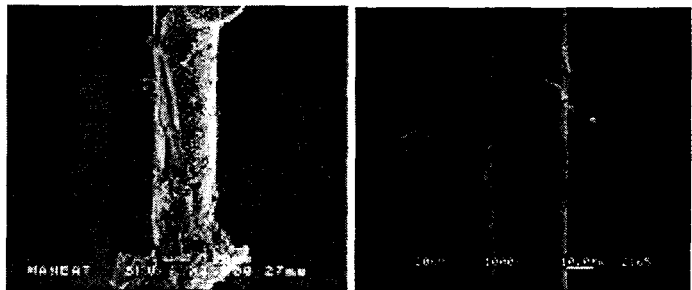
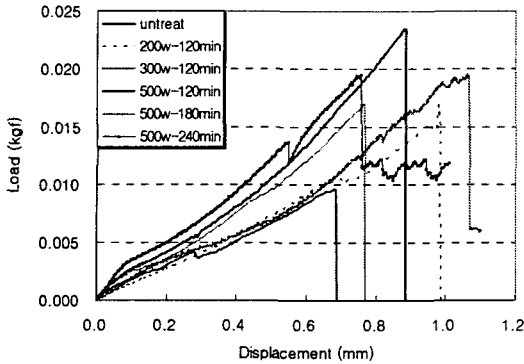


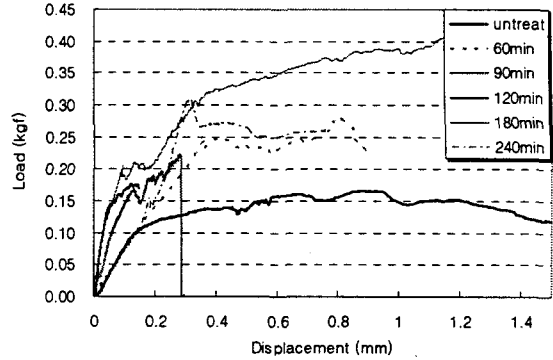
그림 4 PVA섬유의 수분함유율



(a) PVA섬유 (b) PET섬유
그림 5 UV처리된 섬유의 매입인발실험 후 파단면 SEM 사진



(a) PVA섬유



(b) PET섬유

그림 6 섬유의 인발특성

력 변화가 작게 나타난 것으로부터 UV조사의 에너지를 더 크게 할 필요가 있음을 알 수 있고, 향후 연구에서는 UV 조사처리 시에 오존과 같은 활성 기체를 사용하면 더 큰 효과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

UV처리조건에 따른 PVA 및 PET섬유의 표면 및 매입인발특성을 평가하기 위한 실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 본 실험의 범위 내에서 친수성인 PVA섬유는 UV 조사강도를 500W로 120분 처리하였을 경우, 계면부착력을 가장 효과적으로 저하시킬 수 있었으며, 소수성인 PET섬유는 UV강도를 40W로 180분 처리하였을 경우, 가장 우수한 계면 부착력을 발휘하는 것으로 나타났다.

(2) 섬유함유율 및 매입인발실험결과를 평가한 결과, PVA 및 PET섬유에 대한 UV처리는 조건에 따라 차이는 있지만 섬유의 계면부착력을 조절할 수 있는 가능성을 확인하였으며, 이러한 기초적인 연구를 통한 새로운 섬유 표면처리방법을 적용하여 최적의 계면접착과 내구성을 고려한 설계를 할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 향후 압축, 휨, 직접인장과 같은 역학적 특성에 관한 실험을 통해 UV처리에 의한 섬유의 표면 개질이 고인성 시멘트 복합체에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 R01-2005-000-10546-0)의 연구비 지원으로 수행된 연구의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Victor C. Li, Cynthia Wu, Shuxin Wang, Atsuhisa Ogawa, and Tadashi Saito, Interface Tailoring Strain-Hardening Polyvinyl Alcohol-Engineered Cementitious Composite(PVA-ECC).
- 2) Renee M. Bagwell, Robert C. Wetherhold, Fiber pullout behavior and impact toughness of short shaped copper fibers in thermoset matrices.