

초속경섬유보강모르타르의 역학적 특성

Mechanical Properties of Fiber Reinforced Rapid-Setting Cement Mortars

오 병 환*
Oh, Byung Hwan

장 규 현**
Jang, Kyu Hyoun

신 경 준***
Shin, kyung Joon

ABSTRACT

Recently, the application of Rapid Setting Cement has been gradually increased as an important construction. However, Rapid Setting Cement shows brittle failure. Therefore, in this study, tests are carried out using Rapid Setting Cement containing fiber in order to improve such a poor property. silica-cement ratio are varied. According to experimental results, Fiber reinforced Rapid-Setting Cement showed the high ductility and strain capacity regardless of silica-cement ratio. With 0.5 silica-cement ratio, a bending strength is the highest.

1. 서론

최근 콘크리트 구조물의 노화로 인해 긴급 보수공사를 위한 초속경 시멘트 콘크리트의 수요가 증가하고 있다. 초속경 시멘트 콘크리트는 경화속도가 빠르고, 저온에서도 짧은 시간에 최소의 실용강도를 발휘할 수 있다는 장점이 있으나, 단기간 내에 실용강도를 발휘하기 때문에 취성적이며 초기 발열량이 큰 단점이 있다.

콘크리트의 취성적인 특성을 보완하기 위하여 균열의 국부화 및 성장을 억제할 수 있도록 인장강도가 큰 강섬유나 합성섬유를 혼입하여 성능을 개선한 섬유보강 콘크리트가 사용되고 있다. 또한, 최근 마이크로 섬유를 이용한 고성능 섬유보강 복합체에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체는 적절한 배합과 섬유혼입을 통하여 초기균열 발생이 파괴로 이어지지 않고, 하중이 증가함에 따라 여러개의 균열이 분산 발생하여 매우 큰 인장변형이 발생하더라도 큰 하중을 견디어 낼 수 있다.

본 연구에서는 마이크로 섬유 혼입을 통하여 초속경시멘트의 취성적이며 내구성이 약하다는 특성을 개선한 고성능섬유보강모르타르의 개발을 목표로 하였다. 현재 고성능섬유복합체에 많이 사용되고 있는 PVA 마이크로 섬유를 이용하였고, 모르타르 페이스트의 파괴인성에 주된 영향을 미치는 잔골재의 혼입률에 대한 실험 등을 수행하여 초속경섬유보강모르타르에 대한 역학적 특성을 검토하였다.

*정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

**정회원, 서울대학교 대학원 석사과정

***정회원, 서울대학교 대학원 박사과정

2. 휨인장실험

2.1. 개요

본 연구에서는 초속경 시멘트를 사용한 고성능 섬유보강 모르타르에 대한 적절한 배합의 도출을 위하여 섬유 혼입량을 2%로 고정시키고 모르타르 페이스트의 파괴인성에 주된 영향을 미치는 인자인 잔골재 혼입율을 0.5~2.0까지 변화시켜 배합 실험을 수행하였다.

2.2. 사용재료

본 연구에 사용된 시멘트 국내 S사 제품의 초속경 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 Mesh 번호 80~150의 규사를 사용하였다. 또한 워커빌리티를 확보하기 위하여 폴리카본산계 고성능 감수제를 사용하였다. 섬유는 2종류의 PVA 섬유를 사용하였으며, 각 섬유의 특징 과 형상을 Table 1. 과 Fig1~3에 각각 나타내었다. 섬유에 대한 변수명은 구성재료와 섬유직경을 이용하여 PVA04 (PVA 12/0.04 섬유), PVA10 (PVA 12/0.10 섬유)로 정하였다.

Table 1. Composition and physical properties of polyvinyl alcohol fiber

Label	Fiber type	Diamete (mm)	length (mm)	Tensile Strength (N/mm)
PVA04	PVA 12/0.04	0.04	12	1600 (1.6GPa)
PVA10	PVA 12/0.1	0.10	12	1100 (1.1Gpa)

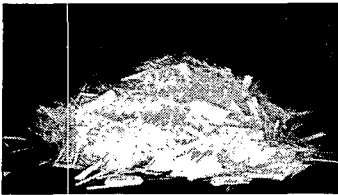


Fig 1. PVA04

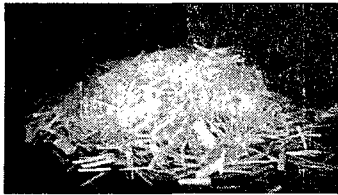


Fig 2. PVA10

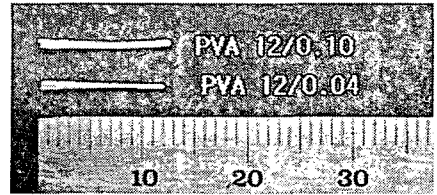


Fig 3. Length of Fiber

2.3. 콘크리트 배합조건 및 실험체 제작

본 실험에서는 섬유의 혼입량을 2%, 물-시멘트비는 0.47로 각각 고정하고 시멘트와 잔골재의 비율을 1:0.5, 1.0:1.0, 1:1.5, 1:2.0으로 변화시켜 배합설계를 수행하였으며, 적절한 유동성을 확보하기 위하여 1~2% 내외의 폴리카본산계 고성능감수제를 사용하였다. 실험체로 가로400mm, 세로 100mm, 높이 30mm의 보를 제작하였으며, 양생비닐을 덮어놓고 공기중에 3일간 양생한 후 실험을 실시하였다. 4점 재하에 의한 휨실험을 실시하였으며, 처짐 측정을 위하여 중앙에 LVDT를 설치하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1. PVA04보강효과

Fig 4.에 PVA04섬유보강 시편에 대한 하중-처짐곡선을 나타내었으며, 재령 6개월의 보통배합의 초속경 모르타르에 대한 곡선을 함께 나타내었다.

그림에서 보듯이 PVA04의 경우 규사의 혼입량에 관계없이 하중-처짐 그래프의 형상은 거의 일치하는 것으로 나타났지만 규사와 시멘트의 비에 따라서 극한 강도가 다르게 나타났다. 규사의 혼입비율에 관계없이 5mm 이상의 큰 변형시에도 파괴가 발생하지 않고 하중을 저항하고 있는 것으로 나타났으며, 처짐값 5mm는 순 지간 350mm의 1.4 %에 해당하는 상당한 큰 값으로 연성이 상당히 큰 것으로 사료된다.

하중-처짐 곡선에 의한 휨실험결과는 비슷한 양상을 보이지만, 균열 발생 양상은 실험변수에 따라 다소 다르게 나타났으며, 섬유에 의한 균열분산 효과를 평가하기 위하여 각 부재별 균열간격과 실험 후 균열폭을 정리하여 Table 2에 나타내었다.

실험결과에 의하면 S/C가 0.5인 경우에 강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 분열균산효과 또한 좋은 것으로 나타났고, 배합시의 섬유분산도 가장 잘 이루어졌다. 그 외의 S/C가 1.0이상인 경우, 휨-처짐 곡선에 의하면 균열발생이후 극한하중 도달 시까지 하중을 저항하는 특성을 보였으나, 균열 발생 개수와 균열폭은 S/C=0.5인 경우에 비해 상대적으로 크게 나타났으며, 편차 또한 크게 나타났다. 이러한 결과는 잔골재 혼입량의 증가에 따른 부재의 파괴 인성(matrix toughness)값의 증가와 더불어 재료 비빔시 섬유의 뭉침 현상, 다짐 불량 등의 시공적인 요인도 있는 것으로 판단된다.

3.2. PVA10보강효과

Fig 5. 는 PVA10의 하중-처짐 곡선을 나타낸 것이다. 규사-시멘트비에 관계없이 하중-처짐 곡선의 형상도 유사하고, 최대하중과 처짐 또한 유사한 것을 볼 수 있다. PVA10의 경우 초기 균열이 생길 후 하중이 증가함에 따라 추가 균열이 발생하지 않고 초기 균열의 크기가 점점 커졌다.

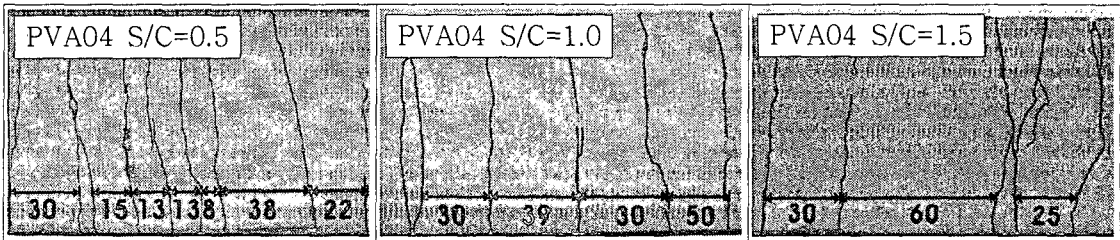


Fig 4. Crack patterns of the fracture specimen after unloading

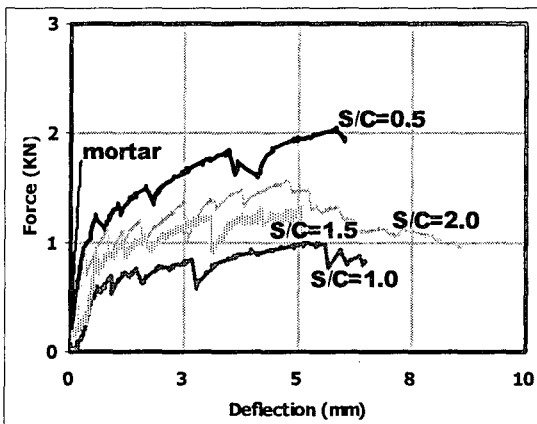


Fig 5. Force-deflection curves of specimen with PVA04

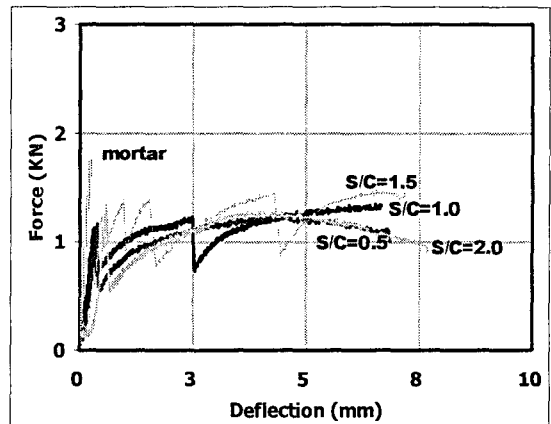


Fig 6. Force-deflection curves of specimen with PVA10

휨인장강도의 경우 섬유를 혼입하지 않은 보통모르타르에 미치지 못하였지만, 처짐은 5mm 이상으로 부재 순지간에 1.4%로 충분한 연성을 확보하는 것으로 나타났다. 앞의 PVA04의 경우와 비교했을 때 PVA10의 경우 같은 다중균열을 유도하지는 못했다.

Table.2 crack spacing with the number of crack

	S/C	휨구간 균열개수			평균균열개수	평균균열간격
		8	10	8		
PVA04	0.5	8	10	8	8.67	1.73
	1	5	6	7	6	2.5
	1.5	6	7	5	6	2.5
	2	3	8	5	5.33	2.8
PVA10	0.5	1	1	1	1	15
	1	2	2	3	2.33	6
	1.5	4	1	2	2.33	6
	2	1	4	1	2	7.5

4. 결론

초속경섬유보강 모르타르의 역학적 특성에 대해 검토한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 초속경모르타르에 섬유를 보강한 결과 취성적인 단점을 충분히 보완할 만큼의 연성을 확보 할 수 있었고, 다중 균열이 유도되어 내투수성 면에서도 우수할 것으로 사료된다.
- (2) PVA04 섬유를 혼입한 경우 일반 배합 설계한 모르타르에 비해서 충분한 연성을 확보 할 수 있었고 5mm의 처짐에도 부재의 강도를 유지하는 것으로 나타났으며, 다중균열이 유도되었다. 규사-시멘트비에 대해서는 0.5인 경우는 충분한 강도와 연성을 확보할 수 있었고 다른 규사-시멘트비 보다 균열 분산 또한 잘 이루어졌다.
- (3) PVA10 섬유를 혼입한 경우 일반 초속경 모르타르에 비해서는 충분한 연성을 확보할 수 있었지만, PVA04에 비해 상대적으로 낮은 인성을 보였으며, PVA04와 같은 다중균열도 유도 되지는 않았다. 그리고 규사-시멘트비에 관계없이 동일한 결과를 나타냈다.

참고문헌

- 1.P. Pierre, R. Pleau, and Pigeon "Mechanical Properties of Steel Microfiber Reinforced Cement Pastes and Mortars" Journal of Materials in Civil Engineering , 1999
2. Victor C. Li. "The Design of Cementitious Composites for Civil Engineering Applications" Japan Structural Mechanics Earthquake Eng. No.471
3. 원치문, "합성섬유보강 초속경 콘크리트의 구속건조수축 특성", 콘크리트학회지 제 14권, 1호, 2002. 2, pp76~82.