

PVA 및 나일론 섬유 혼입률에 따른 PC 패널용 모르타르의 기초 물성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study for Basic Properties of Mortar Applied PC Panels by PVA and Nylon Fiber Ratio

이 재 현* **송 영 찬*** **김 용 로**** **김 옥 중***** **이 도 범******
 Lee, Jae-Hyun Song, Young-Chan Kim, Yong-Ro Kim, Ook-Jong Lee, Do-Bum

Abstract

Nowadays, the high performance composite materials are famous for the new construction materials as the construction buildings are bigger and higher. Out of them of all, the fiber reinforced concrete and mortar have been studied to develop and strengthen the performances of concrete, such as tensile strength, durability and the resistibility of crack. Also, it is considered that precast concrete is important alternatives of dry process for saving time, upgrading the material's quality and the productivity. Thus, PC panel is being produced for the use of dry wall as well as exterior finishing materials and it requires lots of tests and studies to be conducted to meet the various functional conditions. According to this study, it is considered that PVA fiber might be more effective than nylon fiber for developing the exterior PC panels.

키 워 드 : 섬유보강모르타르, 폴리비닐알코올(PVA)섬유, 나일론(NY)섬유
 Keywords : Fiber Reinforced Mortar, Polyvinyl Alcohol Fiber, Nylon Fiber

1. 서 론

내·외장용 PC패널(Precast Concrete Panel)은 유럽에서 1910년대부터 사무용 및 주거용으로 개발되어 널리 사용되어 왔으며, 국내로 1956년에 도입된 이후 1964년부터 실용화가 되면서 사무용빌딩을 중심으로 사용되고 있다.

이러한 PC패널을 사용함으로써 공기단축, 재료의 품질 및 균열에 대한 저항성 향상 등을 꾀할 수 있어 건식 외단열 패널에 관심이 많아지고 있으며, 최근 건축물이 대형화, 초고층화 되면서 건설재료에 요구되는 성질도 복잡하고 다양하게 발전하여 콘크리트 또는 모르타르의 역학적 성질을 개선/보강하기 위한 고성능복합재료 개발에 관심이 많아지고 있다. 그 중에서도 콘크리트 또는 모르타르에 그 효용성에 따라 장·단섬유를 혼입한 섬유보강 콘크리트 및 모르타르가 개발되어 연구되고 있다.

본 연구는 섬유보강재 중 PVA 및 나일론 섬유의 혼입률에 따른 모르타르의 기초 물성을 검토함으로써 향후 외벽 부차용 PC패널을 개발하기 위한 기초자료의 확보를 목적으로 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 실험에서는 PVA 및 나일론 섬유 혼입률에 따른 모르타르의 기초 물성을 검토하기 위해 실험계획을 표 1과 같이 설정하였다.

표 1. 실험계획

구 분	수 준	
	PVA 섬유	나일론 섬유
시험 요인	섬유혼입률(%)	0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0
	W/B(%)	30, 35, 40, 45, 50 30, 40
	섬유종류	섬유(A, B, C) -
	섬유길이(mm)	8, 12 6, 12
시험 항목	C : S	1:1.0, 1:1.3, 1:1.6, 1:2.0, 1:2.3 1:1.0, 1:1.3
	플로우(mm), 압축강도(MPa), 휨강도(MPa)	

2.2 사용재료 및 모르타르의 배합

본 연구에서 사용된 사용재료 및 섬유의 물리적 성질은 각각 표 2, 표 3에 나타내었으며, 섬유의 형상 및 모르타르의 배합은 각각 사진 1, 표 4, 표 5와 같다.

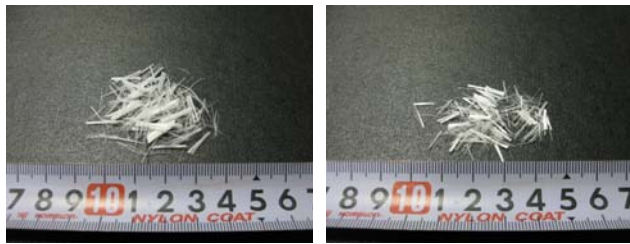
* 대림산업(주) 기술연구소 연구원, 공학석사
 ** 대림산업(주) 기술연구소 선임연구원, 공학박사
 *** 대림산업(주) 기술연구소 책임연구원, 공학박사
 **** 대림산업(주) 기술연구소 팀장, 공학박사

표 2. 사용재료

시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 밀도: 3.15g/cm ³ , 분말도: 3,412cm ² /g
플라이애시	밀도: 2.15g/cm ³ , 분말도: 4,550cm ² /g
모래	부순모래, 밀도: 2,59g/cm ³ , 조립률: 2,56
혼화제	플리카본산계, 밀도: 1,05g/cm ³

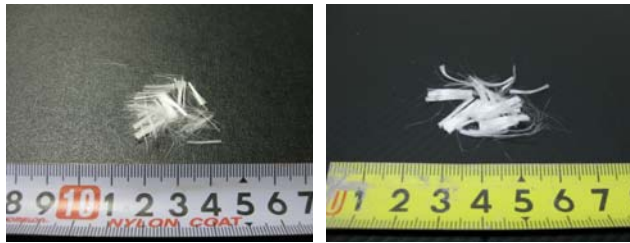
표 3. PVA 및 나일론 섬유의 물리적 성질

섬유종류		섬유 직경 (μm)	섬유 길이 (mm)	탄성 계수 (Gpa)	인장 강도 (Mpa)	밀도 (g/cm ³)
PVA 섬유	A	100	12	25	1100	1.3
	B	40	8	37	1300	1.3
	C	40	12	40	1600	1.3
고성능 Nylon 섬유		23	6 / 12	4.5	896	1.14



(a) PVA 섬유(A)

(b) PVA 섬유(B)



(c) PVA 섬유(C)

(d) 나일론 섬유

사진 1. 섬유형상

2.3 실험방법

모르타르의 혼합은 KS L 5109에 의한 방법에 의거하여 실시하였으며, 굳지 않은 모르타르의 유동특성을 평가하기 위한 플로우 시험은 KS L 5111의 규정에 따라 시멘트 시험용 플로 테이블을 이용하여 실시하였다.

모르타르의 경화성상을 평가하기 위한 휨강도는 휨강도 몰드(40×40×160mm)를, 압축강도는 정사각형 몰드(50×50×50mm)를 제작하여 측정하였다. 시험체는 각각 3개씩 제작하여 60℃ 증기양생 후 7일 강도를 측정하였다.

표 4. PVA 섬유를 혼입한 모르타르의 배합

No	W/B (%)	단위재료량(kg/m ³)					섬유 혼입률 (vol%)	AD* (%)
		C:S	W	C	F/A	S		
1	40	1:1.6	278	626	70	1146	0.0	0.90
2							0.2	
3							0.4	
4							0.6	
5							0.8	
6							1.0	
7	50	1:2.3	278	500	56	1267	0.5 (섬유A)	0.95
8	45	1:2.0		556	62	1214	0.5 (섬유A)	0.90
9	40	1:1.6		626	70	1146		
10	35	1:1.3		715	79	1062		
11	30	1:1.0		834	93	947		
12	40	1:1.6	278	626	70	1146		
13							0.5 (섬유C)	

* AD: 고성능감수제의 첨가율(B×%)

표 5. 나일론 섬유를 혼입한 모르타르의 배합

No	W/B (%)	길이 (mm)	단위재료량(kg/m ³)					섬유 혼입률 (vol%)	AD* (%)
			C:S	W	C	F/A	S		
1	40	12.0	1:1.3	309	695	77	1002	0.0	0.6
2								0.2	
3								0.4	
4								0.6	
5								0.8	
6								1.0	
7								0.6	
8								1.0	
9	40	12.0	1:1.0	341	767	85	850	0.6	0.75
10		6.0						0.6	
11	30	6.0	1:1.0	281	843	94	933	0.6	1.1
12		12.0						0.6	
13		12.0						0.4	
14		6.0						0.4	

* AD: 고성능감수제의 첨가율(B×%)

3. 실험결과 검토 및 분석

3.1 모르타르 플로우

3.1.1 섬유 혼입률

그림 1에서 볼 수 있듯이 PVA 및 나일론 섬유 모두 섬유 혼입률이 증가함에 따라 플로우는 감소하는 경향을 나타냈으며 PVA 섬유의 플로우에 비해 나일론 섬유의 플로우가 전체적으로 낮게 측정되었다. 이는 PVA 섬유의 직경이 나일론 섬유의 직경보다 크기 때문에 단위질량에 따른 섬유의 개수가 감소하여 작업성이 더 양호하게 나온 것으로 판단된다.

표 6. PVA 및 나일론 섬유의 시험 결과

PVA 섬유							나일론 섬유										
No	W/B (%)	C:S	섬유 혼입률 (vol%)	플로우 (mm)	휨강도 (MPa)	압축강도 (MPa)	No	W/B (%)	길이 (mm)	C:S	섬유 혼입률 (vol%)	플로우 (mm)	휨강도 (MPa)	압축강도 (MPa)			
1	40	1:1,6	0,0	215	9,4	65,6	1	40	12,0	1:1,3	0,0	211	8,9	47,4			
2			0,2	205	10,0	64,6	2				0,2	165	7,0	49,8			
3			0,4	161	9,9	65,7	3				0,4	146	6,7	43,6			
4			0,6	147	10,9	66,7	4				0,6	121	7,5	50,0			
5			0,8	127	10,5	64,3	5				0,8	113	7,6	50,8			
6			1,0	108	10,7	68,4	6				1,0	110	7,3	41,5			
7	50	1:2,3	0,5 (섬유A)	200	9,8	63,3	7	40	6,0	1:1,3	0,6	126	7,3	48,9			
8	45	1:2,0		136	8,9	59,5	8				1,0	116	7,4	47,5			
9	40	1:1,6		160	9,9	67,5	9				40	12,0	1:1,0	0,6	189	9,1	59,8
10	35	1:1,3		170	9,9	72,9	10							6,0	0,6	137	10,6
11	30	1:1,0		145	9,7	79,5	11				30	6,0	1:1,0	0,6	159	10,4	64,6
12	40	1:1,6		0,5 (섬유B)	104	8,6	51,9							12	12,0	0,6	185
			13		12,0	0,4	164	7,2	50,6								
13			0,5 (섬유C)	106	9,4	51,2	14	6,0	0,4	186				5,8	51,6		

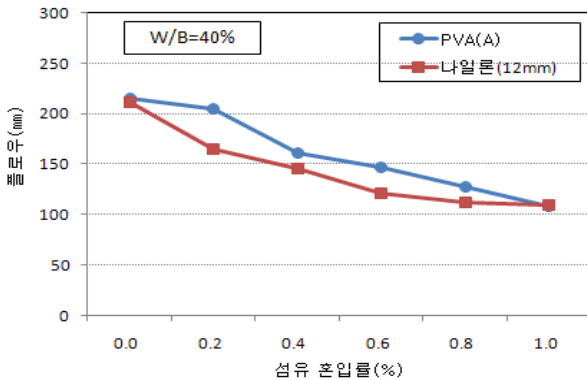


그림 1. PVA 및 나일론 섬유의 혼입률에 따른 플로우 변화

3.1.2 물-결합제 비

W/B에 따른 플로우의 변화를 표 6에 나타내었듯이 PVA 섬유의 경우 W/B가 50%에서 35% 구간에서는 플로우는 증가하는 경향을 나타내었으나 35%에서 30% 구간에서는 플로우는 오히려 저하하는 경향을 나타내었다. 이는 W/B와 C:S가 줄면서 단위 시멘트 페이스트량이 늘어나 일정량까지는 플로우가 증가하다가 그 이후로는 오히려 유동성이 줄어들면서 플로우가 감소한 것으로 판단된다.

한편, 나일론 섬유의 경우 길이가 12mm인 경우에는 W/B가 감소함에 따라 플로우의 변화가 거의 없었던 반면 길이가 6mm인 경우에는 W/B가 감소하면서 플로우가 다소 증가하였다.

3.1.3 섬유의 종류 및 길이

PVA 섬유의 종류에 따른 플로우의 변화는 섬유A의 플로우가 가장 컸으며 섬유B와 섬유C의 플로우는 유사한 값으로 나타났다.

한편, 나일론 섬유의 경우 W/B와 관계없이 12mm 섬유가 6mm 섬유보다 작업성이 좋은 것으로 나타났는데 이는 12mm 섬유

가 6mm 섬유보다 단위부피에 따른 섬유의 개수가 감소하여 작업성이 더 우수한 것으로 판단된다.

3.1.4 시멘트-잔골재 비

C:S에 따른 나일론 섬유의 플로우 변화는 표 6에서 볼 수 있듯이 6mm 나일론 섬유의 경우 C:S가 증가함에 따라 플로우가 다소 증가한 반면 12mm 나일론 섬유의 플로우는 급격하게 감소하는 경향이 나타났다.

3.2 모르타르의 휨강도 및 압축강도

3.2.1 섬유 혼입률

그림 2와 3에서 볼 수 있듯이 PVA 섬유의 경우 섬유 혼입률이 0%에서 0.6%구간에서는 휨강도가 증가하다가 0.6% 이후로는 유사한 값을 나타내었으며, 압축강도의 경우 섬유 혼입률과 관계없이 유사한 결과 값을 나타내었다.

또한 나일론 섬유의 경우 섬유 혼입률이 0%에서 0.4%구간에서는 휨강도가 감소하였고 0.6%까지 다시 증가하다가 그 이후로는 유사한 값을 나타내었으며, 압축강도의 경우 실험 오차에 의한 측정 값 이외에는 대체로 유사한 결과 값을 나타내었다.

3.2.2 물-결합제 비

W/B에 따른 휨강도 및 압축강도의 변화를 표 6에 나타내었듯이 PVA 섬유의 경우 휨강도는 W/B에 따라 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나 압축강도는 W/B가 작아질수록 다소 증가하는 것으로 나타났다.

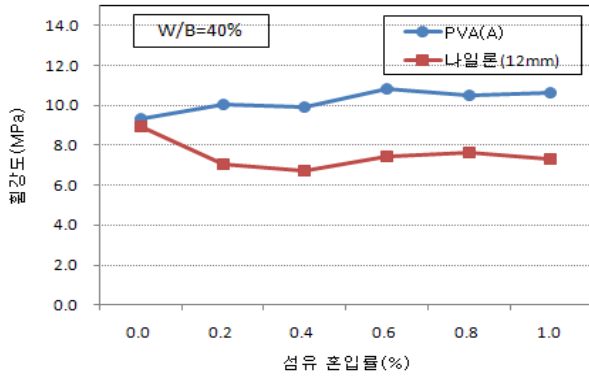


그림 2. PVA 및 나일론 섬유 혼입률에 따른 휨강도 변화

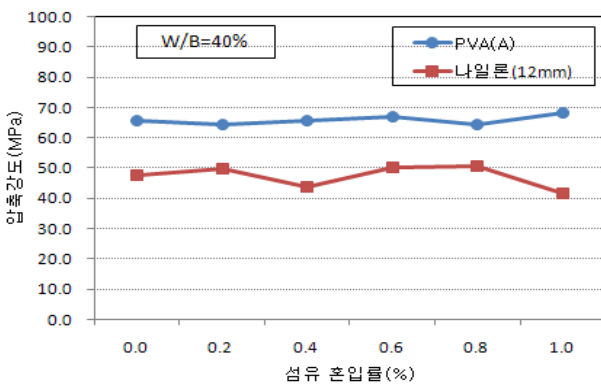


그림 3. PVA 및 나일론 섬유 혼입률에 따른 압축강도 변화

한편, 나일론 섬유의 경우 W/B가 40%에서 30%로 감소하면서 6mm 섬유의 휨강도 및 압축강도는 유사한 값을 나타냈으나 12mm 섬유의 경우에는 W/B가 감소함에 따라 휨강도 및 압축강도가 증가하는 것으로 나타났다.

3.2.3 섬유의 종류 및 길이

PVA 섬유의 종류에 따른 휨강도는 섬유A) 섬유C) 섬유B)의 순으로 높게 나타났으며 압축강도는 플로우의 경향과 유사하게 섬유A)의 압축강도가 가장 높았고 섬유B 및 섬유C의 결과 값은 유사하게 나타났다.

또한, 섬유 종류별로는 섬유 혼입률에 관계없이 PVA 섬유의 휨강도 및 압축강도가 나일론 섬유보다 큰 경향을 나타내었는데 이는 PVA 섬유의 인장강도가 나일론 섬유보다 크기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 나일론 섬유의 경우 W/B와 관계없이 12mm의 나일론 섬유가 6mm 섬유보다 작업성이 좋은 것으로 나타났는데 이는 12mm 섬유가 6mm 섬유보다 단위부피에 따른 섬유의 개수가 감소하여 작업성이 더 우수하게 나타낸 것으로 판단된다.

3.2.4 시멘트-잔골재 비

C:S에 따른 나일론 섬유의 휨강도 및 압축강도는 플로우의 경

향과 유사하게 C:S가 증가함에 따라 6mm 섬유의 휨강도 및 압축강도는 다소 증가한 반면 12mm 섬유는 급격히 감소한 것으로 나타났다.

4. 결 론

PVA 및 나일론 섬유의 혼입률에 따른 모르타르의 기초 물성에 관한 검토 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) PVA 및 나일론 섬유 모두 섬유 혼입률이 증가할수록 플로우 값은 감소하는 경향이 나타났다.
- 2) 섬유 혼입률과 관계없이 PVA 섬유의 플로우 값이 나일론 섬유보다 대체적으로 높아 PVA 섬유의 작업성이 나일론 섬유보다 유리할 것으로 판단된다.
- 3) 섬유 혼입률에 따른 휨강도는 PVA 섬유의 경우 0.6% 수준까지 다소 증가하다가 그 이후로는 일정한 값으로 수렴하였으며, 나일론 섬유의 경우 0.6% 수준까지 급격히 감소하다가 그 이후로는 값의 변동이 크지 않았다. 한편, 압축강도의 경우 PVA 및 나일론 섬유 모두 섬유 혼입률과 관계없이 유사한 값으로 나타났다.
- 4) PVA 섬유의 휨강도 및 압축강도가 나일론 섬유보다 높으므로 나타나 외벽 PC패널 제조를 위한 섬유로서 PVA 섬유의 적용이 효과적일 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김광련 외, 나일론 섬유보강 콘크리트의 물리적 특성 및 모르타르 조성 수축균열 제어성능 평가, 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, 제17권 제2호, pp.575~578, 2005
2. 김민영, PVA와 탄소섬유를 이용한 섬유강화시멘트에 관한 연구, 석사학위논문, 영남대학교대학원 직물공학과 직물생산공정전공, 2003
3. 최용규 외, 무기충전제 함량에 따른 PVA 섬유강화 시멘트복합체의 계면결착특성 및 물성고찰, 대한건축학회논문집(구조계), 제19권 제8호, pp.111~120, 2003
4. 한천구 외, 나일론 및 셀룰로스 섬유 혼입률 변화가 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향, 한국건축시공학회논문집, 제7권 제3호, pp.83~90, 2007
5. 한천구 외, 나일론 섬유보강 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집(구조계), 제23권 제4호, pp.95~102