

무석면 시멘트 복합체의 물리·역학적 특성

Mechanical and Physical Properties of Asbestos-Free Cement Composite

원 중 필 (건국대) · 배 동 인* (건국대)

Won, Jong Pil · Bae, Dong In

Abstract

Mechanical and physical properties of wood fiber for the reinforcement of thin-sheet cement products were investigated. The slurry-dewatering method followed by pressing was used to manufacture the products. Mechanical and physical properties of wood fiber reinforced cement composites were assessed with flexural strength, density, and water absorption. The results obtained in this study were analyzed statistically using the analysis of variance in order to derive statistically reliable conclusions.

1. 서론

일반적으로 시멘트를 기본으로 한 복합재료는 인장응력이나 충격하중에 약한 취성적 성질을 가지고 있다. 시멘트 복합체의 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로는 섬유를 보강재로 사용하는 방법이 있으며, 그 중 석면섬유는 우수한 재료적 성능으로 인하여 1900년 남오스트리아의 루드리히 하첵(Ludrich Hatschek)에 의해 초조공법이 발명된 이후 외장용 패널, 칸막이, 천장재, 정원 울타리, 사일로 라이닝, 타일, 파이프, 그리고 바닥재 등 시멘트 복합체의 보강재료로서 1980년대까지 널리 사용되어 왔다. 현재 국내에서도 연간 8~9만 톤의 석면을 수입하여 이 중 80%이상을 건축자재의 원료로 사용되고 있는 실정이다. 그러나, 석면섬유는 폐암 등을 유발하는 인체의 유해성을 내포하고 있어 유럽연합의 거의 모든 국가를 비롯하여 캐나다, 호주, 미국 등 대부분의 선진국에서 그 사용이 전면금지 되거나, 극히 일부 분야에서 사용이 허가되어 있는 실정이다. 따라서, 석면섬유의 규제 및 취급, 관리에 많은 문제점을 내포하고 있는 국내에서는 석면의 인체 유해성을 극복할 새로운 재료의 개발이 요구되고 있다. 그러나, 현재 시멘트 복합체의 보강재료로서 일부 섬유가 석면섬유의 대체 재료로서의 가능성을 타진하고 있지만, 석면섬유에 비교하여 성능 및 경제적인 효과가 부족하거나 제조과정을 대규모로 변경해야 하는 문제점을 안고있다.

이에 본 연구의 목적에서는 실험실 규모로 재구성한 초조공법을 사용하여 목질섬유를 사용한 시멘트 복합체를 제조하여, 복합체의 물리·역학적 성질을 파악는데 그 목적이 있다.

2. 실험개요

2.1 재료특성

2.1.1 시멘트

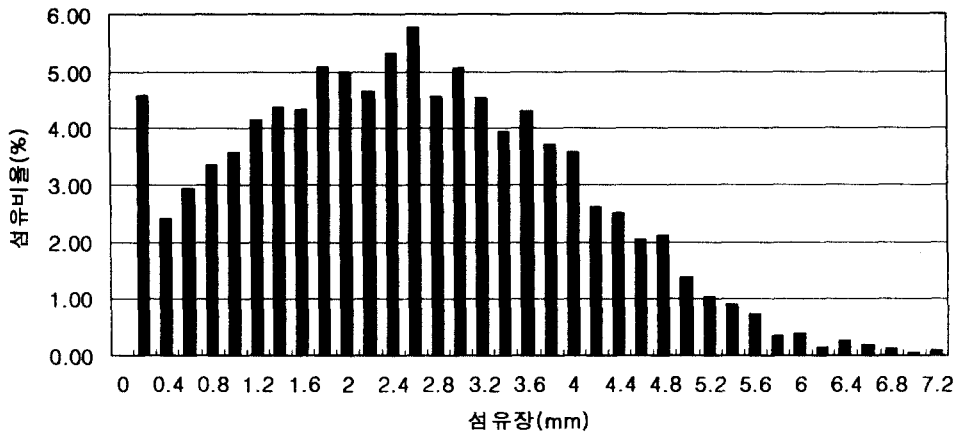
보통 포틀랜드 시멘트(Type I)를 사용하였으며, 사용된 시멘트의 물리·역학적 특성은 [Table 1]과 같다.

[Table 1] Chemical and physical properties of cement

Fineness (cm ² /g)	Specific gravity	Stability (%)	Compressive strength(kgf/cm ²)		
			3 days	7 days	28 days
3,488	3.15	0.08	224	308	404

2.1.2 목질섬유

본 연구에 사용된 목질섬유의 길이분포는 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] Fiber Length Distribution of Wood Fiber

2.1.3 규사 (Silica-sand)

사용된 규사의 물리·화학적 성질은 [Table 2]와 같다.

[Table 2] Physical and chemical properties of silica-sand

Specific gravity		Fineness(cm ² /g)					Moisture content(%)					
2.65		6120					<0.1					
Silica-sand	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	L.O.I	Total
(%)	92.75	3.34	3.34	0.20	0.02	0.04	0.85	0.67	-	0.02	0.69	99.99

2.2 복합체 제조 방법

슬러리-탈수공법을 이용한 목질섬유보강 시멘트 복합체의 제조과정은 다음 순서와 같다.

- 1) 목질섬유를 24시간 동안 물에 담가 놓은 후 5분 동안 높은 속도의 믹서(3000RPM)를 이용하여 해리한다.
- 2) 다른 혼합물(시멘트, 규사 등)을 첨가하고 5분정도 더 혼합한다.

- 3) 슬러리 내에서 시멘트 고체의 응집(슬러리-탈수 동안 여과 스크린을 통해 시멘트 입자 손실의 양을 줄임)을 얻기 위해 1% 묽은 응집제를 미량 첨가한다.
- 4) 속이 빈 주물 박스(400×400×10mm)에 혼합물을 붓고 스크린에 고루 편 후, 5분 동안 진공 압을 적용하여 잉여수를 제거한다.
- 5) 여과 스크린으로부터 떼어낸 후, 가압제품의 경우 시료를 두 개의 강철판 사이에 놓고 30분 동안 모든 잔류수가 제거될 때까지 64kgf/cm²의 일정한 가압을 적용하고, 비가압 제품의 경우 공장제품과 흡사한 조건을 맞추기 위해 2.4kgf/cm²의 약한 압력을 가한다.
- 6) 각 시료를 12시간의 선-양생과 12시간의 고압증기양생을 실시한다.

2.3 실험설계 및 방법

2.3.2 실험설계

무석면 시멘트 복합체의 물리·역학적 특성을 파악하기 위하여 여러 영향인자들을 고려한 실험계획은 [Table 3]과 같다.

[Table 3] Experimental Design

NO.	Compaction Pressure (kgf/cm ²)	Fiber Beating Level (CSF)	Fiber Mass Fraction (%)
1	65 kgf/cm ² (Pressed)	500	8
2			10
3			12
4		350	8
5			10
6			12
7	2.4 kgf/cm ² (Unpressed)	500	8
8			10
9			12
10		350	8
11			10
12			12

2.3.1 실험방법

무석면 시멘트 복합체의 특성 실험은 ASTM C 1185-92 “Standard Test Methods for Sampling and Testing Non-Asbestos Fiber-Cement Flat Sheet, Roofing and Siding Shingles, and Clapboards”에 의하여 실시하였다. 그 중 휨강도 측정은 변위제어형 만능 시험기를 사용하였으며, 10mm/min의 속도로 제하하였다. 휨시험용 샘플은 길이 300±2mm, 폭 150±2mm, 두께 10mm인 것을 사용하였다. 밀도 측정을 위한 실험방법은 2%내의 정확도로 시료의 부피를 결정하고, 2시간이상 질량의 차이가 0.1%이하가 될 때까지 102±2℃에 오븐에 시료를 건조시켜 질량을 결정하였다. 또한, 밀도는 시료의 건조질량을 부피로 나눈 값으로 나타냈다. 물흡수력 측정을 위한 실험방법은 100mm×100mm의 시료를 102±2℃의 오븐에서 건조시킨 후, 데시케이터에서 식힌 후, 시료를 23±4℃에 깨끗한 물에 48±8시간동안 담가놓은 후에 무게를 측정하였다. 물 흡수력은 시료의 포화질량을 건조질량으로 빼고, 이것을 다시 건조질량으로 나눈 값을 백분율로 나타냈다.

3. 실험결과

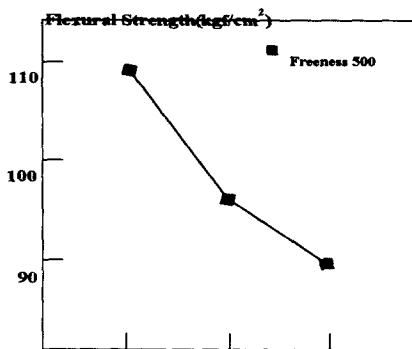
무석면 시멘트 복합체의 실험결과는 [Table 4]와 같다. 실험치는 각 실험마다 2개의 시편을 제작하고 2회 반복 실험을 실시한 평균치로 나타내었다. [Fig. 2]는 통계적인 분석을 위해 요인 배치법을 사용하여 특성치에 영향을 미치는 각 인자들의 유의성을 95% 신뢰수준에서 검증하였으며, 그 경향을 도식적으로 나타낸 것이다.

휨강도는 영향인자인 섬유정제수준이 500인 경우에는 섬유혼입율의 증가에 따라 휨강도가 감소하지만, 정제수준이 350인 경우는 섬유혼입율 8%에서보다 10%에서 더 큰 휨강도를 나타내며, 12%에서는 다시 하락하는 경향을 나타낸다. 그 원인은 섬유정제수준이 높을수록 섬유의 단섬유화와 피브릴화가 증대됨으로써 더욱 높은 섬유혼입율에서 최대 휨강도가 나타난 것으로 사료된다.

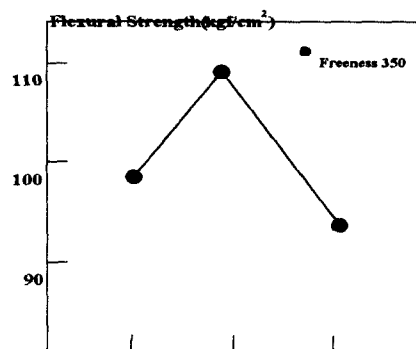
밀도와 물흡수력의 경우, 밀도는 섬유혼입율이 낮을수록, 섬유정제수준이 높을수록, 섬유대체수준이 낮을수록 높게 나타나며, 물흡수력은 이와 반대의 경향을 보인다.

[Table 4] Test results

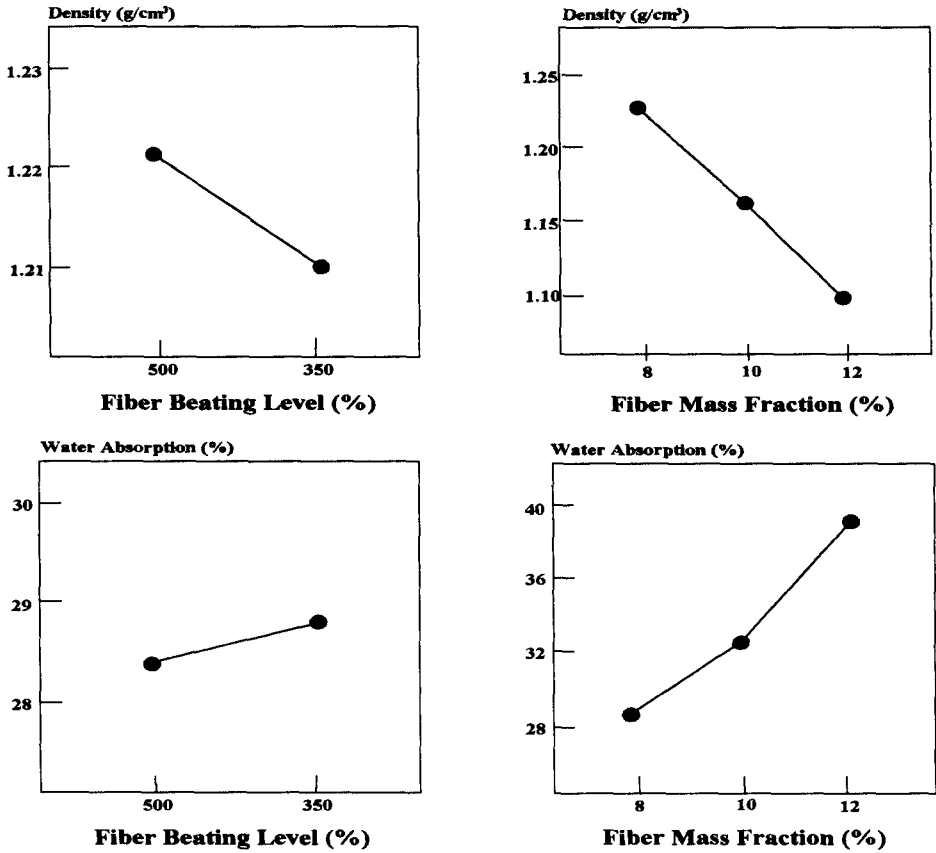
No.	Flexural Strength (kgf/cm ²)		Density (g/cm ³)		Water Absorption (%)	
	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.
1	109.428	6.480	1.223	0.015	28.385	1.394
2	95.897	1.585	1.157	0.015	31.923	0.452
3	90.550	1.900	1.095	0.013	38.360	0.833
4	99.705	1.255	1.258	0.013	26.045	0.789
5	109.970	2.157	1.210	0.016	28.813	1.037
6	94.798	1.233	1.120	0.022	34.085	1.861
7	64.050	1.206	1.123	0.010	32.528	0.922
8	58.190	1.634	1.065	0.019	35.848	1.136
9	51.020	1.211	1.028	0.013	41.418	0.792
10	61.788	2.894	1.143	0.000	31.110	0.541
11	64.263	1.019	1.110	0.014	33.060	0.950
12	55.313	2.629	1.035	0.000	39.360	0.615



Fiber Mass Fraction (%)



Fiber Mass Fraction (%)



[Fig. 2] Trends in Test Result

4. 결론

무석면 시멘트 복합체의 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 휨강도는 여수도 500과 350에 따라 각각 다른 경향을 나타내고 있다. 여수도 500의 경우는 섬유혼입율 8%에서 가장 뛰어난 성능을 발휘하며, 여수도 350은 10%에서 나타난다. 여기서, 섬유정제수준을 낮추기 위해 드는 경비와 섬유혼입율 증대에 따른 비용을 감안할 때, 여수도 500과 섬유혼입율 8%가 더 유리하다고 사료된다.
- (2) 밀도는 섬유혼입율이 낮을수록 높으며, 비슷한 휨강도 수준일 경우 여수도 500에서 350보다 높은 밀도를 나타냈다.
- (3) 물흡수력은 밀도와 반대의 경향을 나타냈다.

5. 참고문헌

1. Soroushian, P. and Marikunte, S. "Reinforcement of Cement-Based Materials with Cellulose Fibers" Thin Section Fiber Reinforced Concrete and Ferrocement. America

Concrete Institute. Publication SP-124 : pp. 99-124

2. Coutts, R. S. P., "Sticks and Stones," Forest Products Newsletter, (CSIRO Divison of Chemical and Wood Technology (Australia), Vol. 2, No. 1, Jan. 1988, pp 1-4
3. Coutts, R. S. P., "Autoclaved Beaten Wood Fiber Reinforced Cement Composites," Composites, Vol. 15, No. 2, Apr. 1984, pp. 139-143
4. Andonian, R., Mai, Y. W. and Cotterell, B., "Strength and Fracture Properties of Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites," The International Journal of Cement Comosites, Vol. 1, No. 4, Dec. 1979, pp. 151-158
5. Morissey, F. E., Coutts, R. S. P. and Grossman, P. U. A., "Bond between Cellulose Fibers and Cement," International Journal of Cement Composites and Light Weight Concrete, Vol. 7, 198, pp. 73-80. Concrete.
6. TAPPI 227, Freeness of Pulp, Tappi Standards, Technical Association of Pulp and Paper Industry, 1958.
7. Vinson, K. D., and Daniel, J. I., "Specialty Cellulose Fibers for Cement Reinforce- ment," Thin-Section Fiber Reinforced Concrete and Ferrocement, SP-124, American Concrete Institute, Detroit, 1990, pp. 1-18