

현무암 기반 유·무기 하이브리드형 평판 구조물의 역학적 특성 Mechanical Property of the Organic/Inorganic Hybrid Plane Structure Based on the Basalt

*양희원¹, 백영남², #허유²

*H. W. Yang¹, Y. N. Paik², #Y. Huh(huhyou@khu.ac.kr)²

¹ 경희대학교 대학원 기계공학과, ² 경희대학교 기계·산업시스템공학부

Key words : basalt fiber, basalt fabric, organic/inorganic hybrid, plane structure, weft density, resin impregnation, mechanical property

1. 서론

복합재료 중 섬유강화 복합재료는 최근 부품소재 산업 분야에서 각광 받고 있으며 보강섬유(reinforcing fiber)와 이들을 접착시키고 형태를 갖추게 하기 위한 기지재료(matrix)로 이루어진다.[1] 현재 산업 분야에서는 보강섬유로 탄소섬유와 유리섬유가 각각의 용도를 달리하며 널리 사용되어 지고 있다. 탄소섬유는 우수한 강도와 낮은 밀도 등의 장점이 있으나, 고가이고, 반면에 유리섬유는 가격이 저렴하지만 인장강도가 탄소섬유에 비해 낮고, 친환경적이지 못한 결점을 보유하고 있다. 이러한 점에서 탄소 섬유와 유리섬유의 장점을 활용하며, 단점을 보완할 수 있는 고성능 섬유소재로의 대체가 필요한 실정이다. 최근에 새로운 무기섬유로서 현무암 섬유(basalt fiber)는 천연 현무암을 원료로 사용하며, 제조공정이 간단하고, 친환경적이며, 물성과 비강도는 탄소섬유에 비하여 낮으나 유리섬유에 비하여 우수한 것으로 알려져, 고성능 산업용 섬유로서 관심이 증가하고 있다. 하지만 현무암 섬유를 이용한 복합소재의 기계적 특성에 대한 연구는 현재 구조물 콘크리트 강화에 국한되어 있으며, 수지강화 복합소재의 경우 미비한 실정이다.[2-3]

따라서 본 연구에서는 현무암 섬유를 이용하여 구조물을 형성하고, 수지에 함침하여 하이브리드 판형 구조물(hybrid planer structure)을 생산하여, 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 판형 구조물의 역학적 특성을 비교 확인하고자 한다.

2. 실험

2.1 재료

본 연구에서는 현무암 섬유를 이용하여 섬유 구조물(fabric)을 제작하였다. 또한, 열가소성 수지인 우레탄(urethane)을 사용하여 현무암 섬유 기반 유·무기 하이브리드 판형 구조물을 제작하였다. Table 1은 본 연구에 사용된 재료의 사양을 나타낸다.

Table 1 Material used for experiment

Basalt fiber	thickness(Tex)	50
	filaments	200
Urethane resin	appearance	colorless, translucency
	PH(10%)	6±1
	ion	nonion

2.2 시료준비 장치

현무암 섬유를 이용한 하이브리드 구조물용 현무암 섬유 구조물을 생산하기 위하여 본 연구에서는 세폭의 직물형 판형 구조물을 생산하였으며, 구조물의 경사는 크릴(creele)을 이용하여 공급하였다. 또한 생산된 현무암 섬유 구조물을 수지함침 후, 일정한 온도에서 수지를 경화시켜 하이브리드 판형 구조물을 생산하기 위하여 핫프레스(hot press) 시스템을 사용하였다. Fig.1 은 시료준비에 사용된 세폭직기와 핫프레스 시스템을 보여준다.

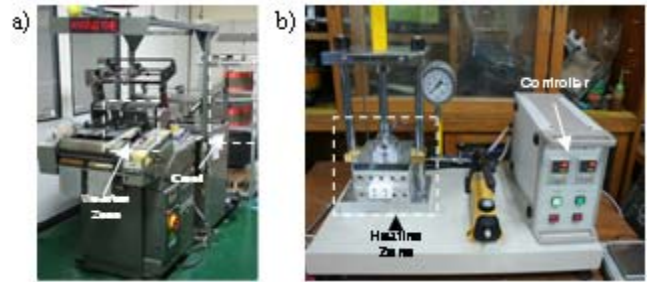


Fig.1 Photograph of specimen preparation equipment a) weaving system b) hot press system

2.3 시료준비

현무암 섬유 구조물의 위사 밀도에 따른 역학적 성질을 확인하고자 경사 밀도를 일정하게 하고, 위사 밀도에 변화를 주어 시료를 준비하였다.

현무암 섬유 기반 하이브리드 판형 구조물은 현무암 섬유 구조물을 우레탄 수지에 일정한 중량비로 수지함침을 하여 우레탄 수지에 있는 불순물 및 수분을 제거할 수 있는 온도인 120℃에서 3분간의 예비건조와 우레탄을 경화 시킬 수 있는 170℃에서 1분 30초의 큐링(curing) 과정을 통하여 하이브리드 판형 구조물을 제작하였다. Fig. 2는 위사 밀도에 따른 a) 현무암 섬유 구조물과 b) 하이브리드 판형 구조물을 나타내며, Table 2 는 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 판형 구조물의 생산 조건을 나타낸다.

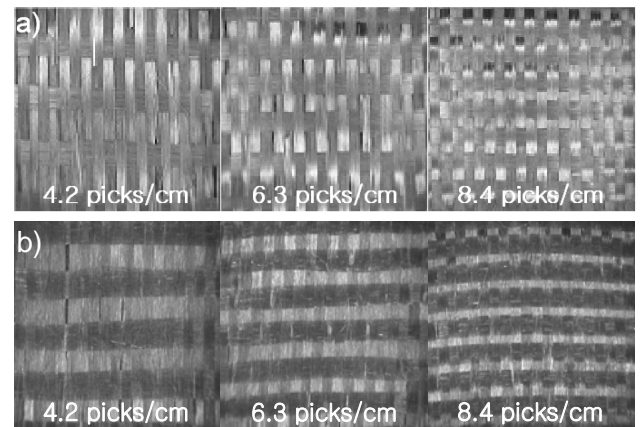


Fig.2 Photograph of structure according to various weft density. a) basalt fiber fabric and b) hybrid plane structure.

Table 2 Manufacturing conditions of basalt fiber fabric and hybrid plane structure

warp density (endk/cm)	weft density (picks/cm)		weight ratio (fabric : resin)
16.5	4.2	6.3 8.4	4:1

2.4 측정 방법

현무암 섬유 구조물과 하이브리드 판형 구조물의 역학적 특성을 확인하기 위하여 본 연구에서는 인장 강신도, 파열강도, 인열강도를 측정, 확인하였다. 측정에 사용된 ASTM 규격은 Table 3 과 같으며 사용된 시편과 크기는 Fig.3과 같다.

Table 3 Test methods for mechanical properties

Tensile properties (tensile strength, elongation)	ASTM D-638M
Tearing strength	ASTM D5733
Bursting strength	ASTM D751

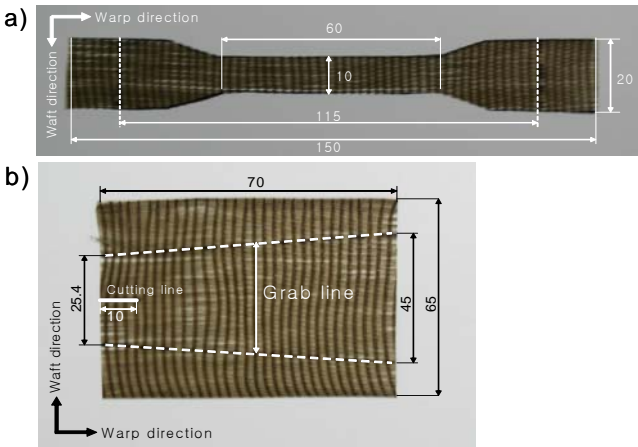


Fig.3 Photograph of specimen for a) tensile properties b) tearing strength.

3. 결과 및 고찰

Fig. 4는 시험을 통하여 얻어진 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 판형 구조물의 역학적 성질을 나타낸다.

결과에 따르면 인장강도의 경우 현무암 섬유 구조물에 비하여 하이브리드 판형 구조물의 인장강도가 200% 이상 크게 증대되었으며(Fig.4a), 이는 우레탄 수지에 의하여 경사의 결속력이 증가한 것으로 해석된다. 또, 위사 밀도가 증가함에 따라 현무암 섬유 구조물의 강도가 증가하며, 하이브리드 구조물의 강도 증가는 현무암 섬유 구조물에 비하여 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

또한, 신도의 경우 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 구조물 모두 2~4%의 신도를 가지며(Fig.4b), 위사 밀도가 증가함에 따라 신도가 증가함을 확인하였다. 이는 신도의 경우 위사밀도에 의한 영향이 크게 작용하며, 위사밀도가 증가할수록 경사의 굴절(waviness)에 의해 신도가 증가하는 것으로 해석된다.

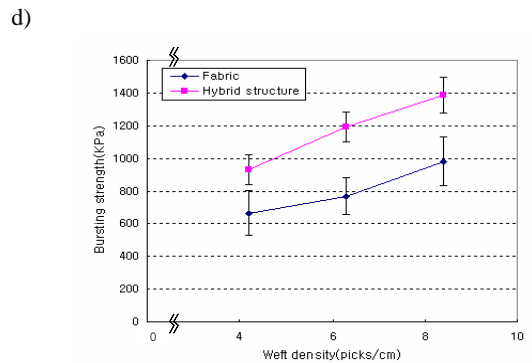
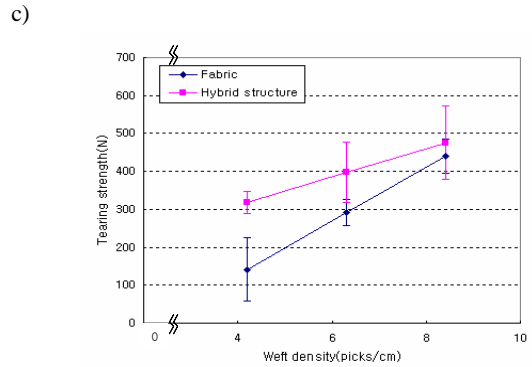
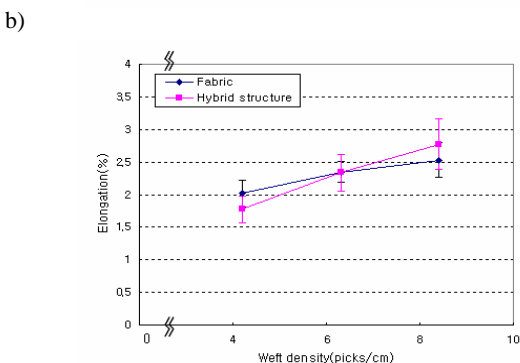
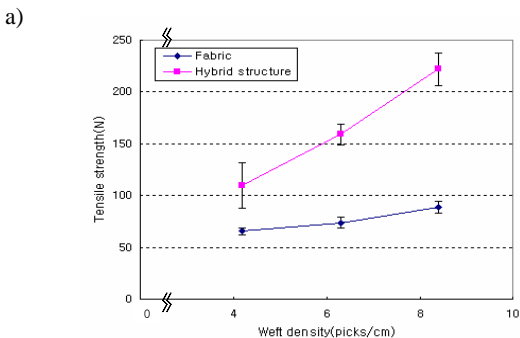


Fig 4. Mechanical properties according to various weft density a) tensile strength b) elongation c) tearing strength d) bursting strength

인열강도의 경우, 위사밀도가 증가함에 따라 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 구조물의 인열강도가 증가하는데(Fig.4c), 하이브리드 구조물의 강도 증가가 현무암 섬유 구조물에 비해 작게 나타남을 알 수 있다. 이는 위사밀도의 증가가 하이브리드 구조물의 인열강도 증가에는 크게 기여하지 못한다는 것을 의미한다. 파열강도의 경우 위사밀도가 증가함에 따라 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 구조물 모두 비슷하게 강도가 증가하는데(Fig.4d), 이는 수지강화가 하이브리드 구조물의 강도에 기여하는 것으로 해석할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 현무암 섬유를 이용하여 위사 밀도에 따라 현무암 구조물을 생산하고, 우레탄 수지를 이용하여 현무암 기반 하이브리드 판형 구조물을 생산하고, 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 판형 구조물의 역학적 특성에 대하여 살펴보았다.

그 결과 현무암 섬유 구조물과 하이브리드 판형 구조물은 일정한 경사밀도에서 위사 밀도가 증가함에 따라 인장 강도, 파열강도, 인열강도가 모두 증가하였으며, 하이브리드 구조물이 현무암 섬유 구조물보다 인장강도, 파열강도, 인열강도가 더욱더 크게 나타남을 확인하였다. 특히, 하이브리드 구조물의 인장강도는 현무암 섬유 구조물에 비해 200% 이상 증가하였다.

참고문헌

1. 이우일, "Fiber Reinforced Composites and Their Application to Automotive Industry", 한국자동차공학회지, Vol.9, No.6, 8-13, 1987.
2. Dylmar Penteado Dias, Clelio Thaumaturgo, "Fracture Toughness of Geopolymeric Concretes Reinforced with Basalt Fibers", *Cement & Concrete Composites*, 27, 49-54, 2005.
3. Jongsung Sim, Cheolwoo Park, Do Young Moon, "Characteristics of Basalt Fiber As a Strengthening Material for Concrete Structures", *Composites; Part B*, 36, 504-512, 2005.