

하이브리드 삼차원 브레이딩 복합재료의 기하학적 모델링

한문희* · 강태진* · 윤재륜*

Geometrical Modeling for Hybrid 3-D Braided Composites

Moon Heui Hahn, Tae Jin Kang, J.R. Youn

Key Words : Geometrical Modeling, Hybrid, Braided Composites

ABSTRACT

To develop an effective geometric modeling is essential in order that precise mechanical properties and the geometrical properties of the 3-D braided composites can be estimated. RVE(representative volume element) was adopted for geometrical modeling. RVE consisted of IC(inner unit cell) , ISUC(interior surface unit cell) and ESUC(exterior surface unit cell). The whole geometrical model for hybrid 3-D braided composites was developed.

1. 서론

다축섬유복합재료는 우수한 내피로성, 내충격성, 고압압축강성, 경량성 등의 특성을 가지는 재료로서 특히 직물의 두께방향에서 섬유 보강으로 인한 고전단강성을 가지는 특성이 있다. 다축섬유직물을 제조하는 방법들 중 브레이딩은 그 방법면에서 쉽고 편리한 장점이 있으며, 또한 다양한 모양으로 만들 수 있는 장점이 있다. 복합재료의 물리적인 특성은 복합재료를 구성하는 물질의 특성과 구성물질의 기하학적 구조에 의해 결정되어지기 때문에 복합재료의 구성물이 정해져 있는 경우 기하학적 구조는 직접적으로 복합재료의 물리적인 특성과 관련이 있다. 이런 이유로 복합재료의 기하학적 구조의 정확한 설계는 복합재료의 물리적 특성 연구에 필수적이다. 사각 단면형 브레이드 구조에 대해서는 Li[1] 와 Ko[2] 이후 많은 연구자들에 의해 이루어졌으나, 삼차원 원형 브레이드

구조의 경우 그 구조적 연구가 상대적으로 부진한 편이다. 김성준[1]은 RVE(Representative Volume Element)의 개념을 도입하여 삼차원 원형 브레이드 복합재료의 전체 구조를 표현하고자 하였으며, 이 과정에서 각 실들은 삼차원 스플라인으로 가정하였다.

본 연구에서는 RVE의 개념을 도입하여 2종의 실을 사용하였을 때 삼차원 원형 브레이딩 복합재료의 기하학적 모형이 어떻게 나타나는지에 대해 고찰하였다.

2. 내부구조 모델링

시편의 물성과 같은 물성을 가지는 가장 작은 부피요소는 RVE로, RVE 안의 가장 작은 반복단위는 Unit Cell(이하 UC)로 정의하였다.

UC는 세부적으로 내부단위구조(Inner Unit Cell, 이하 IUC)와 시편의 표면에 노출되어 있는 외부 표면단위구조(Exterior Surface Unit Cell, 이후 ESUC), 맨드렐에 접하고 있는 내부표면단위구조(Interior

* 서울대학교 재료공학부

Surface Unit Cell, 이후 ISUC)로 나뉜다.

각각의 UC 들은 내부를 경유하는 실의 종류에 따라 다시 세부적으로 구분된다.

2.1 가정

- 1) 시편은 특별한 기준에 따라 부피요소로 나눌 수 있으며 이 부피요소를 전 영역으로 확장하면 전체 시편과 같은 구조를 가진다.
- 2) UC 의 종류가 같을 경우, 실 경로의 형태는 모두 같다.
- 3) Pitch Length 는 직물의 길이 방향으로 모든 UC 간에 동일하다.
- 4) 실들의 단면은 타원형태이며, 모든 영역에서 타원의 단축은 변하지 않고, 타원의 장축은 치기운동에 의해 변할 수 있으며, 부피 요소 안에서 실들은 서로 간에 단축방향으로 접하고 있다.

2.2 각 단위구조의 모델링

캐리어의 주기적인 동작 중 가장 작은 동작 단위를 결정하여 한 사이클 동안의 캐리어의 동작을 통해 실의 입체적인 경로를 설계할 수 있다. X-Y 평면에서, 각 실의 경로는 캐리어의 동작을 통해 구한 3 개의 실경로 데이터 및 단위구조 간의 실의 연속성을 고려하여 3 차원 함수로서 표현하였다.

또한 같은 단위구조일지라도 하이브리드 비율에 따라서, 또는 같은 하이브리드 비율에서도 RVE 안의 위치에 따라서 단위구조 안에 나타나는 각 실의 출현 비율이 다양할 수 있는데 이를 각기 고려하였다.

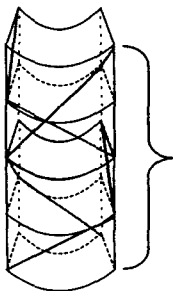


그림 1. IUC modeling

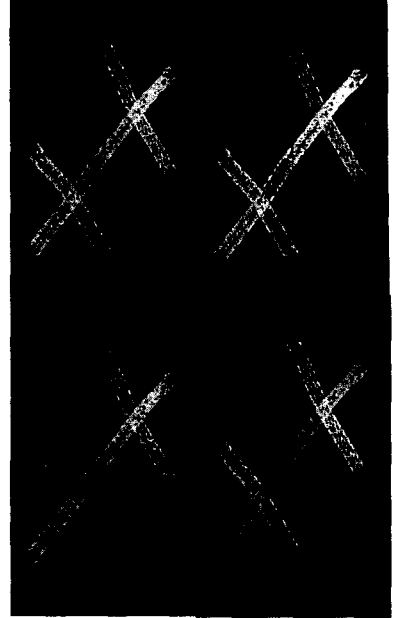


그림 2. ISUC modeling

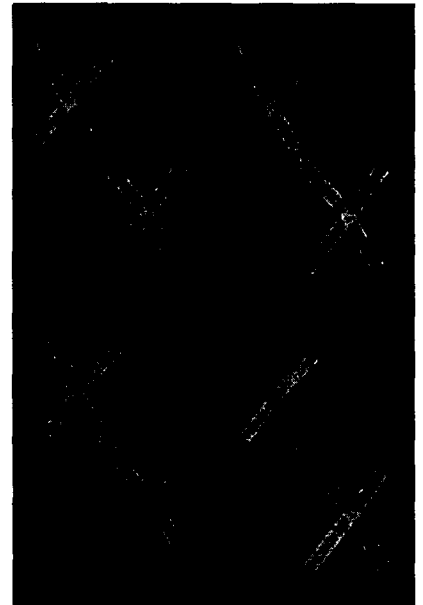
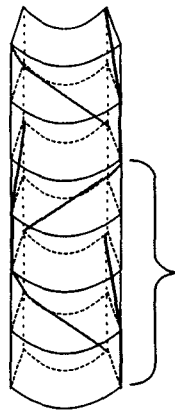


그림 3. ESUC modeling

2.3 RVE 의 설계

원주 방향으로 7 개의 캐리어를 사용할 경우 전체 실들을 한 종류만 사용한다면 RVE 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

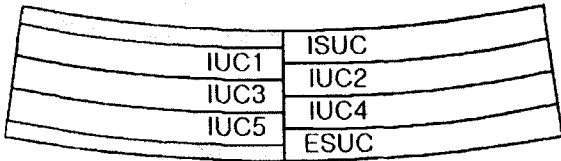


그림 4. Constructing series to form RVE in non-hybrid braided composites

7 개 UC 들의 조합으로 RVE 를 표현할 수 있으며, 여기서 IUC2, IUC4 는 다른 IUC 들과 피치길이의 반만큼 위상이 차이 난다.

그러나 하이브리드 시에는 전체 7 개 UC 가 모여 RVE 한 층을 이루는 것은 차이가 없으나 UC 를 구성하는 실의 종류가 달라지며 또한 이러한 층들이 여러 개가 모여서 전체 RVE 를 이루게 된다.

13:1 의 하이브리드 비율로 그림 5 와 같이 캐리어를 배치한다면 RVE 는 그림 6 과 같이 7 개의 층으로 구성된다.

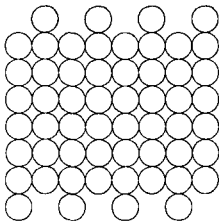


그림 5. Carrier position in 13:1 hybrid

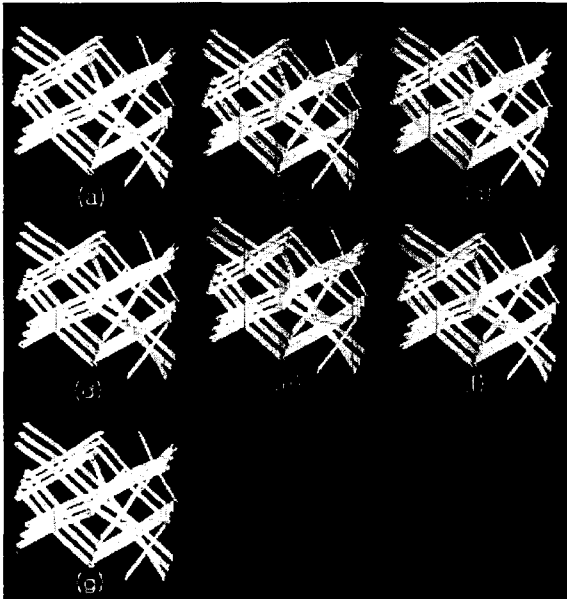


그림 6. RVE in 13:1 hybrid (a)7th floor (b)6th floor (c)5th floor (d) 4th floor (e) 3rd floor (f)2nd floor (g)1st floor

6:1 의 하이브리드 비율로 그림 7 과 같이 캐리어를 배치한다면 RVE 는 그림 8 과 같이 바뀌게 된다.

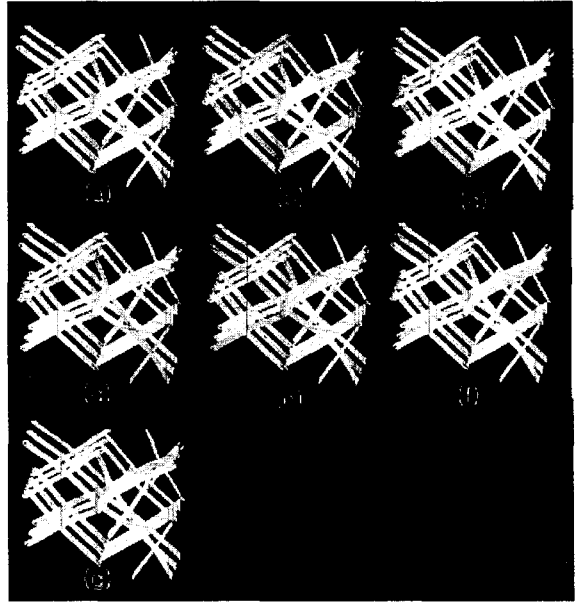
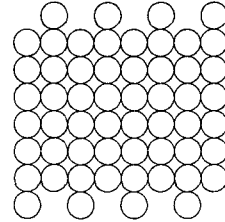


그림 7. Carrier position in 6:1 hybrid

그림 8. RVE in 6:1 hybrid (a)7th floor (b)6th floor (c)5th floor (d) 4th floor (e) 3rd floor (f)2nd floor (g)1st floor

같은 6:1 하이브리드라도 캐리어 배열을 다르게 하면 RVE 는 상이하게 변한다. 캐리어를 그림 9 처럼 배치한다면 RVE 는 그림 10 처럼 변하게 된다.

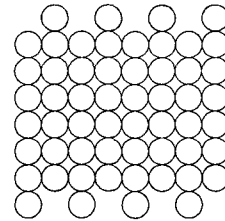


그림 9. Carrier position in 6:1 hybrid

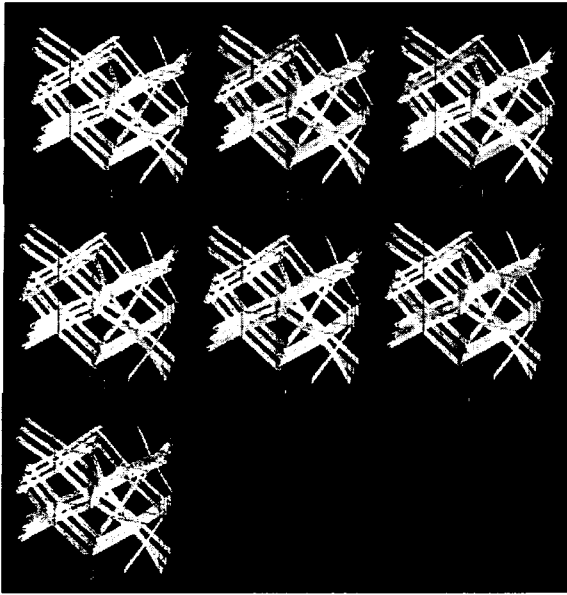


그림 10. RVE in 6:1 hybrid (a)7th floor (b)6th floor (c)5th floor (d) 4th floor (e) 3rd floor (f)2nd floor (g)1st floor

- (4) R. Pandey and H. T. Hahn, "Visualization of representative volume elements for three-dimensional four-step braided composites", *Composites Science and Technology*, 56(1996), 161-170

3. 결 론

Hybrid 3-D braided composites 의 내부구조를 RVE 로써 표현하였다. RVE 는 IUC, ISUC, ESUC 의 조합 으로 이루어진 7 개 층으로 이루어지며, RVE 는 하이브리드 비율과 캐리어 배치에 따라 영향을 받음을 확인하였다.

후 기

본 연구는 2000 년 과학기술부 지정 국가지정연구실 사업의 과제 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) 김성준, 3-D 브레이드 복합재료의 구조설계, 서울대학교, 석사학위논문, 2003
- (2) L. Chen, X.M. Tao, C.L. Choy, "On the microstructure of three-dimensional braided performs", *Composites Science and Technology*, 59(1999), 391-404
- (3) P. Potluri, A.Rawal, M.Rivaldi, I. Porat, "Geometrical modeling and control of a triaxial braiding machine for producing 3D performs"