

중공형 원반 직기의 제작 및 제직 메커니즘

이 승 구, 이 형 식, 주 창 환
충남대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서론

섬유 복합재료의 큰 장점이자 단점 중의 하나는 보강섬유의 구조에 따라 물성이 방향성을 갖는다는 것으로, 이런 특성을 이용하여 효과적으로 최종용도에 적합한 부품을 설계 및 제조할 수 있다. 복합재료를 이루는 보강 섬유의 배열 즉, 프리폼(preform)은 복합재료의 구조특성을 좌우하는 가장 중요한 인자로 알려져 있으며 일방향 또는 직교직물 프리프레그(prepreg)의 적층을 비롯하여 필라멘트 와인딩¹⁾, 테이프 래핑^{2,3)} 등이 있으며 최근에는 브레이딩⁴⁾과 3차원 직물들이 개발되고 있다. 그 외에도 섬유집합체 형성기의 변형 또는 새로운 개발로 섬유 배열을 임의로 변화시킨 특수형태의 변형 직물이 제조응용되고 있다.

최근에 제품의 성능 향상을 위하여 보다 더 다양한 형태의 직물이 요구된다. 특히, 섬유 복합재료로 제조된 고성능 스피커 콘(speaker cone) 및 브레이크 디스크(brake disk), 터빈 엔진의 블레이드(blade) 등에 원반형 직물 보강재가 시도되고 있는데 기존의 직물 구조를 이용하면 이러한 부품의 요구 조건인 원주 방향과 방사 방향의 고강도 물성을 만족시키기 어렵다. 그러나 본 연구의 원반형 직물은 방사 방향의 경사와 반경 방향의 위사만 존재하기 때문에 손쉽게 축 대칭의 고강도 물성을 가진 부품을 만들 수 있다. 이러한 축대칭 물성을 갖는 원반형 직물은 기존의 북직기 및 래피어직기 등으로는 제조가 불가능하다. 그러므로 새로운 개념의 제직구조 형태인 원반형 직물을 제조할 수 있는 직기의 개발이 필요하다.

원반형태 특수 구조의 직물 제조 기술⁵⁾은 최근에 시도하고 있는 방법으로 몇몇 특허상으로는 소개되고 있지만 아직 상품화되는 기계는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원형 직기의 구동 메커니즘을 응용하여 중공형 원반 직기를 설계 제작하였으며 돛형, 콘형, 아령형 등 다양한 형태의 직물을 제조할 수 있다. 시제품으로 원반형 직물(circular disk woven fabric)을 제조하였다. 이에 따른 원반형 특수 직기의 구성요소와 제조 메커니즘에 관하여 구체적으로 고찰하였다. 또한 제작된 직기의 성능향상에 따라 제조될 원반 직물의 응용분야에 대해 조사하였다.

2. 중공형 원반 직기의 제작

2.1 기계 개요

설계 제작한 직기는 reed의 직경이 $\phi 800\text{mm}$ 이고 제조가능한 직물의 최대 외경은 $\phi 450\text{mm}$ 이다. 종광은 eye가 8개와 10개로 된 것 두 가지가 있으며 교호로 24개의 종광을 설치하였다. 한편, 준비 가능한 경사의 개수는 432개이고 최대외경에서 직물의 최대경사밀도는 1개/mm이다. 이는 로우빙사를 주로 사용하는 섬유 복합재료용 직물 제조목적으로 제작하였으며, 위사 삽입 방법으로 두개의 shuttle을 사용하여, 즉 1회 원운동에서 두번의 개구 동작을 할 수 있도록 cam을 설계하였다. 일반적으로 생산 속도면에서는 shuttle이 많을 수록

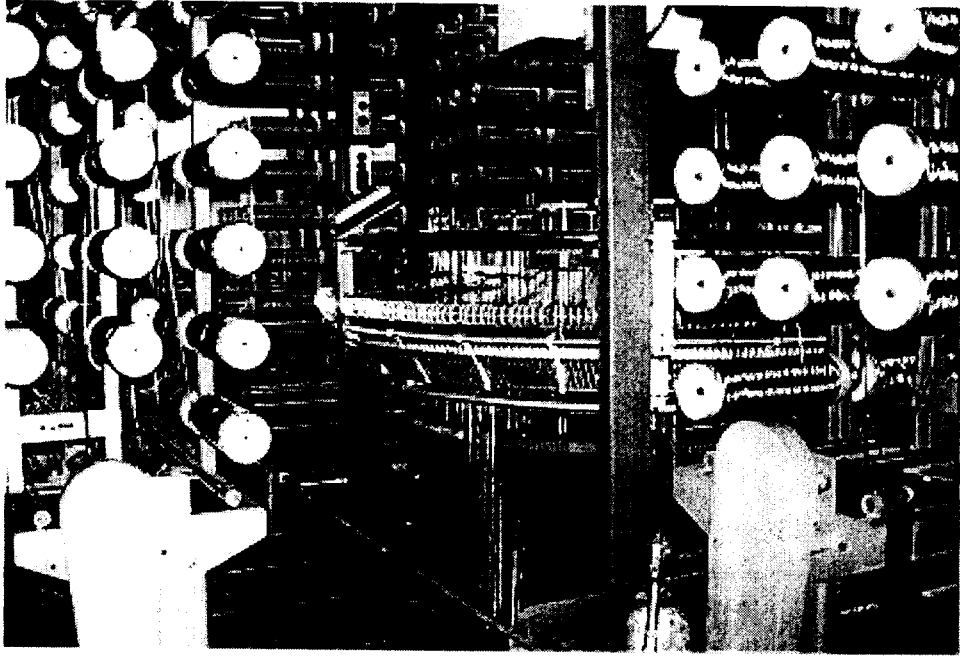


Fig. 1 Photograph of the hollow circular shape loom

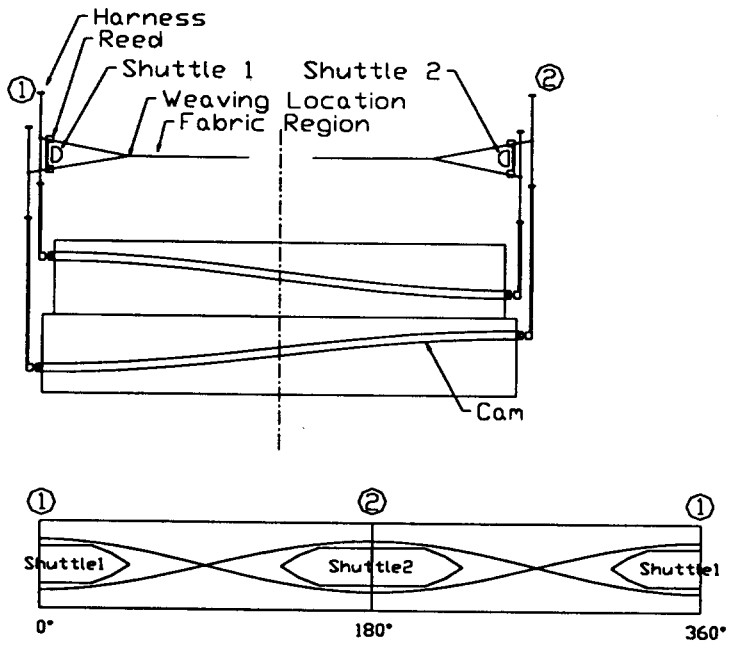


Fig. 2 Schematic drawing of the hollow circular shape loom

유리하지만 직물의 형태안정성이나 원주방향의 강도면을 고려하여 두개의 shuttle로 된 system을 채택하였다. 또한 중공형 3차원 원반모양의 입체 구조 직물을 제조할 경우 직물의 높이는 600mm까지 가능하며 생산 속도는 약 60rpm정도로 비교적 낮은 속도이다 제작한 직기의 전체외관은 Fig. 1과 같이 경사 creel을 직기의 전후좌우 4군데에 설치하여 경사의 공급시 경사장력을 최소화 하였다. 직기의 회전 속도는 인버터를 사용하여 0~60rpm까지 자유롭게 선택할 수 있어 제직 속도에 따른 제직 상태를 조사할 수 있도록 하였다.

2.2 제직 메커니즘

Fig. 2는 설계 제작한 제직 메커니즘을 설명하기 위하여 간략히 도식화한 것으로 위는 위사 삽입에 관련된 구동장치를 아래는 개구 운동을 모식적으로 나타내었다. 캠이 회전운동을 함에 따라 두개 캠의 높이 차이로 종광은 1회전에 두번의 개구운동을 하고 회전하는 개구를 따라서 shuttle(1)과 shuttle(2)가 회전하며 위사를 삽입시킨다.

한편, 제작된 원반특수직기는 복합재료의 프리폼 직물제조에 초점을 두어 사용하는 소재가 고강도이지만 꼬임이 없는 로우빙사임으로 shuttle roll과 그 위 아래를 지지하는 reed 사이에서 마모되기 쉽다. 따라서 reed에는 Fig.3과 같은 홈을 파서 경사가 마모되어 절단되는 것을 방지하였으며, 홈 속에 경사가 파손되지 않고 원활히 들어가게 하기 위하여 경사에는 고무 튜브를 삽입하였다.

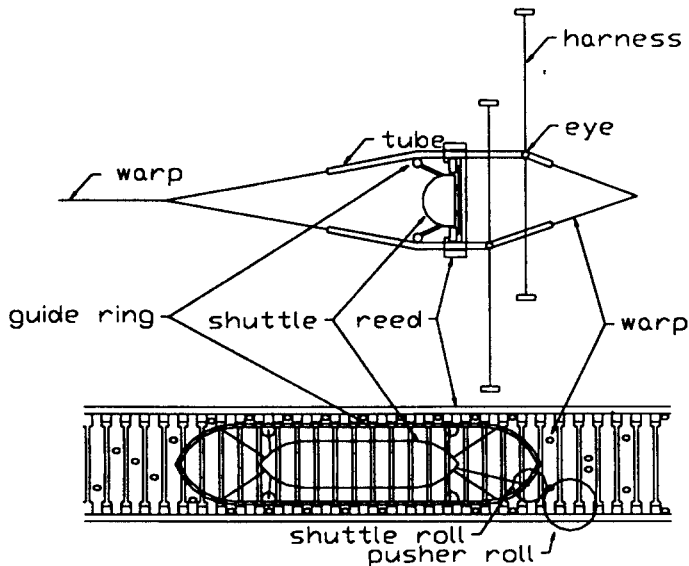


Fig. 3 Schematic drawing of the reed and shuttle

모든 경사를 creel에서 장력 조절 장치를 거쳐 직기의 중앙에 형성된 중공기구에 고정하기 위하여 공기 흡입 장치와 고무로 된 파지 장치를 설치하였다. 한편, 전술한 크릴은 Fig. 1과 같이 4곳으로 분산시켜 경사의 경로를 가능한 한 짧게 하였으며 장력 조절을 위하여 경사 보빈이 전후로 회전하도록 하였다. 크릴과 보빈사이의 마찰력으로 경사의 모우

및 마모가 발생하며 아울러 장력증가를 최소화하기 위하여 스프링을 이용한 compensator를 사용하였다.

Shuttle조립체에서 위사의 장력을 drum and band방식으로 조절할 수 있게 하였으며 위사 삽입 후 바디침운동은 불가능하여 특수 제작된 핑거(finger)기구를 사용하였다. Shuttle에 guide frame을 설치하여 경사가 reed의 흡안에 손상되지 않고 들어갈 수 있도록 하였다. 직기 운전시 guide frame과 경사 사이의 마찰을 줄이기 위하여 guide frame의 소재를 Teflon으로 하였다.

3. 직물 제조

제작한 원반 특수 직기를 이용하여 Fig. 2와 같이 평판 및 돔형의 2 가지 형상의 원반 직물을 제조하였으며 제조 조건 및 규격은 table 1과 같다. 원판형 시편은 금형 없이 제작하였으며 돔형 시편은 돔형 금형을 따라 제작 가능하다. 구체적인 직물구조는 반경방향으로 준비된 경사가 two-phase 개구운동을 하고 그 개구 사이로 두개 서틀에 의한 위사가 교호로 삽입된 형태로 평직과 같은 구조이다.

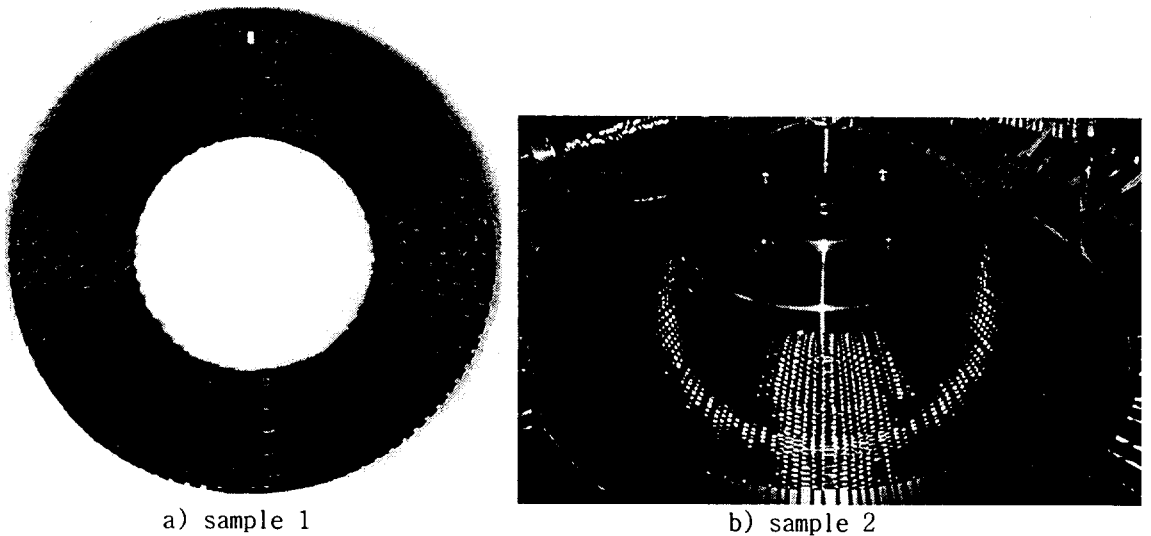


Fig. 4 Photograph of the samples

Table 1. Specifications of the samples

| Specification | Sample(1) | Sample(2) |
|----------------|------------|------------|
| Shape | Disk | Dome |
| Materials | Carbon | Carbon |
| Number of warp | 96 ea. | 240 ea. |
| Weft density | 0.5 ea./mm | 0.5 ea./mm |
| Inner diameter | 40 mm | 300 mm |
| Outer diameter | 80 mm | 450 mm |
| Height | 0 mm | 200 mm |

4. 결론

새로운 개념의 중공형 원반 직물을 만들 수 있는 직기를 개발하는데 성공하였으며, 그 직기를 이용하여 다양한 형상의 직물을 제시하였다. 이러한 직물을 효과적으로 제조하기 위하여 사용재료 및 제직 밀도에 따른 직물의 위치별 두께, cover factor, 섬유 함유량 등을 예측할 수 있는 연구가 뒤따라야 하며 이미 기초 연구⁶⁾가 수행된 바 있다. 용도 다변화를 위하여 특수 형태인 중공원반 제직물 구조에 대한 해석 및 최적 직물설계를 위한 연구가 현재 계속적으로 수행되고 있다.

Reference

1. D. V. Rosato, C. S. Grove, Jr., "Filament Winding: its development, manufacture, applications, and design", Interscience Publishers(1964)
2. Sam Salzinger, "Continuous Bias Tape Wrapping of Ablative Components" , SAMPE 8th National Symposium(1965)
3. R. M. Bluck, "Performance Assurance for Oriented Fiber Ablation Components", SAMPE 8th National Symposium(1965)
4. G. W. Du and P. Popper, J. Text. Inst., 85(3), 316(1994)
5. S. G. Lee, H. S. Lee, O H. Kwon and C. W. Joo, The 4th Asian Textile Conference, Vol. 1, Taipei Taiwan, 239(1997)
6. 일본 섬유기계학회지, 46(8), 329(1993)