

이미지 분석법을 사용한 직물의 비선형 외팔보 굽힘 연구

서문호, 장보은
건국대학교 섬유공학과

The Effect of Nonlinear Fabric Bending Rigidity on the Cantilever Test - with Image Analysis-

Moon Hwo Seo, Boeun Jang
Kon-kuk University, Textiles Department, Seoul, Korea

1. 서론

직물은 유연하여 외력에 의해 쉽게 굽힘, 비틀림 등의 변형이 일어난다. 이러한 특성 중 직물의 굽힘은 태, 봉제성, 드레이프성 등의 중요 인자로서 지금까지 여러 연구들이 직물의 구조에 관련하여 굽힘강성을 분석하려는 시도가 계속되어 왔다. 이러한 연구의 최초의 시도로서 1930년대 Peirce가 직물을 선형탄성체로 가정한 후 외팔보법을 적용시켜 굽힘길이로 굽힘강성을 나타내었으며[1] 현재까지도 이 시험법이 시행되어 오고 있다. 그 후 Hearle과 Grosberge의 연구나 Abbott등 여러 학자들에 의하여 정량적인 이론들이 제시 되었다[2,3]. 그러나 직물은 연속체의 단순보로 간주할 수도 없는, 복잡한 기하학적 구조를 갖는 집합체이므로 단순한 모형으로의 접근이 불가능하고, 덧붙여 이를 구성하는 섬유들이 모두 비선형 점탄성체이므로 정량적인 이론들의 사용에 한계가 있었다. 이를 보완하는 방법의 하나로써 가능한 정확하게 직물의 굽힘강성을 측정하는 장치가 Kawabata 등에 의해 개발되어 각 연구소에서 사용되고 있다. 그러나 이러한 이론적인 장치들의 한계는 순수 굽힘 변형으로 굽힘특성을 측정하기 때문에 현장에서 주어지는 다양한 환경에서의 직물 굽힘특성을 예측하기에는 어려움이 많다. 이러한 이유에서 최근에는 실제 직물의 처짐 거동을 해석하는 연구도 이루어지고 있다[4].

이러한 외팔보 처짐 등에서의 변형은 선형탄성체 구조물에서 가정한 미소변형을 크게 벗어나서 미소변형에서 가정한 곡률에 대한 근사식 $x = d^2y/dx^2$ 라는 부분의 가정에서 무시하였던 $(1 + (dy/dx)^2)^{1/2}$ 항의 크기가 커지게 되어 미소변형가정의 해와 멀어지게 된다. 여기에 비선형 특성이 첨가되면 그 결과는 미세변형을 가정한 선형 해로부터는 더욱 멀어진다.

본 연구에서는 디지털 카메라를 사용하여 외팔보 시험에서 얻은 이미지를 분석하여 실험적인 측면에서의 직물의 굽힘 비선형성의 특징을 조사 분석하였다.

2. 실험

2.1. 시료

본 연구를 위해서 세 종류의 서로 다른 특성을 가지는 시료 그룹을 선택하였다. 첫 번째 그룹은 선형탄성거동에 가장 가까운 거동을 보이는 것으로 알려진 종이다. 두 번째 그룹은 비선형 탄성체이지만 연속체로 가정할 수 있는 PET필름과 자기 다른 특성을 가지는 7가지의 직물그룹이다.

2.2. 직물의 역학적 특성 측정

직물의 역학적 특성은 Kawabata KES-FB 시스템을 사용하여 측정하였다. 모든 측정은 표준상태(20℃65%RH)에서 수행하였다.

2.3. 직물의 외팔보 처짐 데이터 측정

적정 시험폭의 결정을 위해 수차례의 예비시험을 거쳐 결정한 최적 시험법은 직물의 외팔보시험법에 준하는 2×15cm의 시험편을 45° 경사면 위에서 수평으로 밀어내면서 디지털 카메라(Sony사 DSC-70)를 사용하여 순차적으로 처짐 거동을 촬영하였다. Matlab으로 Image Processing 프로그램을 구현하여 디지털 카메라로부터 얻은 화상데이터로부터 처짐 곡선의 2차원 좌표 값을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1와 각 길이에서의 종이의 처짐 곡선이며 Fig. 2는 동일한 외팔보 길이에서 보이는 처짐 곡선의 비교이다. 만약 미소변형 선형탄성체에 해당한다면 이 처짐으로부터 구한 곡선으로부터 $y = \frac{w}{24EI}(x^4 - 4lx^3 + 6l^2x^2)$ 의 우변 괄호 안에 들어간 항을 나누어 주면 상수 값으로 남아야 하나 선형탄성체에 가장 근접한 종이도 이를 따르지 않는다. 이는 외팔보의 길이가 길게 되면 자체하중에 의한 모멘트의 방향이 바뀌는 대 변형 요소가 주원인으로 해석할 수 있다.

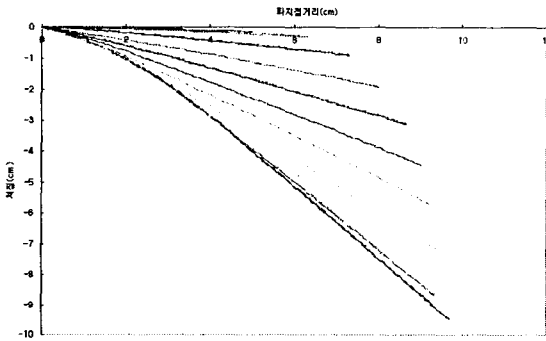


Figure 1. 종이의 처짐곡선

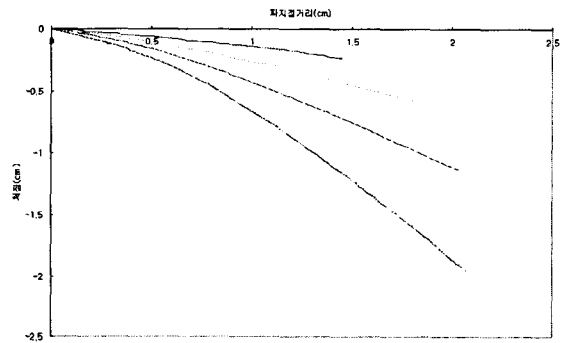


Figure 2. 직물의 처짐곡선

4. 결과 요약

위의 연구로부터 얻을 수 있는 결론은 다음과 같이 요약 될 수 있다.

- 1) 직물의 외팔보법 시험에서 얻을 수 있는 직물처짐 데이터는 대 변형에서 오는 인자와 굽힘강성 비선형에서 오는 인자로 나눌 수 있다.
- 2) 비선형성의 규명을 위해서는 디지털 이미지 분석에 의한 처짐 부분 전체의 비교해석이 효율적이다.

5. 참고문헌

- [1] F. T. Peirce, The handle of cloth as a measurable quantity, *J. Text. Inst.*, **21**, 377-416(1930).
- [2] P. Grosberg, G. A. N. Leaf and B. J. Park, The mechanical properties of woven fabrics, part VI; The elastic shear modulus of plain weave fabrics, *Text. Res. J.*, **38**(11), 1085-1100(1968).
- [3] G. M. Abbott, P. Grosberg and G. A. V. Leaf, The mechanical properties of woven fabrics part VII; The Hysteresis during bending of woven fabrics, *Text. Res. J.*, **41**(4), 345-358(1971).
- [4] 서장일, 유용렬, 정관수, 강태진, "비선형 굽힘거동을 고려한 직물의 처짐", *한국섬유공학회지*, **37**(5), 286-292(2000).
- [5] 김갑용, 김정기, 유대영, 정화윤, "재료역학", 원창출판사, 1994.