

Modeling of Drape of a Circular Piece of Fabric for a Statistical Approach

박성진, 강태진, 정관수
서울대학교 섬유고분자공학과

1. Introduction

직물의 변형에 대한 초기의 연구들은 주로 직물의 구조와 물성치(Young's modulus, bending modulus, Poisson's ratio)와의 관계를 구하는 연구들이었다. 이들 연구는 직물의 구조 인자로부터 stress-strain curve를 계산하거나 geometric parameter들간의 관계를 구하는 등의 연구에 많은 노력을 기울였으나 직물의 전체적인 drape형상에 대한 해석에는 많은 연구가 수행되지 않았다.

직물의 역학적 성질을 이용하여 직물의 전체적인 drape형상을 예측하기 위한 최초의 노력은 Lloyd에 의해 이루어졌다. Lloyd¹는 유한 요소법을 이용하여 원형직물이 projectile에 의해 일어나는 직물의 변형을 예측하였다. 수치해석적 방법을 도입하여 직물의 drape거동을 해석하려는 노력은 Imaoka²등에 의해 시작되었다. 그들은 유한 차분에너지법을 이용한 삼각형요소를 사용하였다. 후에 Collier³등은 직물의 drape 거동을 nonlinear small strain/large displacement 영역의 문제로 구분하여 classical plate theory를 이용한 비선형 유한 요소법으로 해석하였고 Breen⁴등은 직물의 경위사 교차점을 particle 간의 제한조건을 두어 직물의 drape 거동을 해석하였다.

2. Statistical Approach

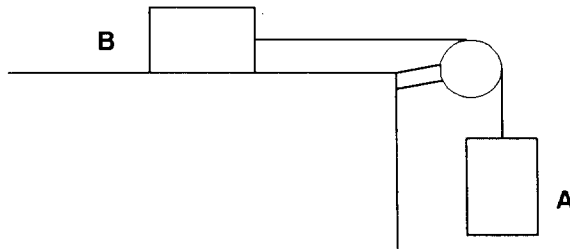


Fig. 1. Equilibrium of the Dynamic system with Surface Friction

일반적으로 어떠한 변량이 특정값을 가지지 않고 어떤 구간값을 가지면 이 문제에 대하여 (수반되는 제반 조건들을 고려하는) 확률, 통계적인 접근이 가능해진다.

Fig. 1과 같은 아주 단순한 역학적 문제에 있어서도 물체 A와 물체 B가 정지상태의 평형을 이루고 있으며 물체 A의 질량이 정해져 있을 때 물체 B의 질량은 어느 구간 내의 임의의 값을 가질 수 있는데 이것을 가능하게 하는 것은 물체 B와 경사면간에 surface friction이 존재하기 때문이다.

마찬가지로 원형 직물의 drape에 있어서도 인접 node들이 서로 평형상태를 유지하고 있을 때, 그 평형상태를 유지시키는 structural rigidity를 고려하면서 각 node의 크기를 변수로 하는 확률, 통계적인 접근을 할 수 있다.

3. Modeling of Drape for a Statistical Approach

일반적으로 자중에 의한 fabric의 drape에 있어서 초기의 buckling에 의해 여러 node들이 발생하고 fabric이 drape함에 따라 개개 node들의 크기가 증가하거나 감소하게 된다. 따라서 개개 node들의 크기가 변함에 따라 새로운 node가 발생하기도 하고 두 인접 node의 충돌에 의해 node가 소멸되기도 하는데 그 제한은 plate 접촉부분 fabric의 structural rigidity에 의한다.

본 연구에 있어서는 circular fabric의 drape를 모사하는데 있어서 fabric의 areal density를 linear density로 fabric의 bending modulus를 원통형 물체의 bending modulus로 환산하여 계산하였고 plate 접촉 부분의 structural rigidity를 원통형 물체를 지지하는 pole과의 surface friction coefficient로 환산하여 modeling하였다. 이것을 간단하게 도식화하여 Fig. 2.에 나타내었다

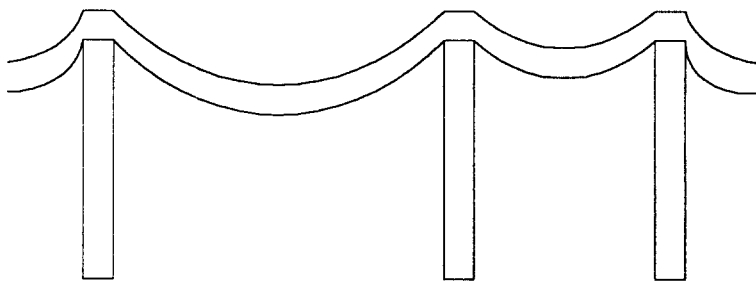


Fig. 2. Modeling of Drape of a Circular Piece of Fabric

4. Results and Discussion

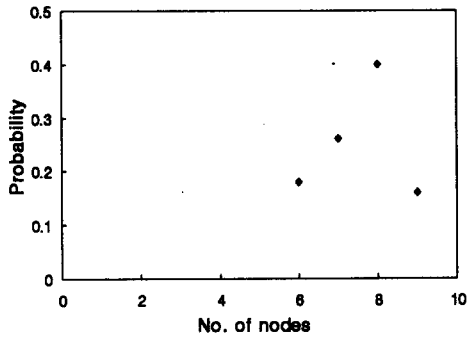


Fig. 3. Probability of the No. of Nodes
areal density ; 0.03 g/cm^2
bending modulus ; $0.02 \text{ gf cm}^2/\text{cm}$
L/D ; 0.3

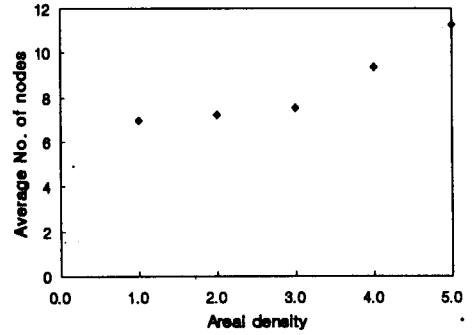


Fig. 4. Average No. of Nodes vs.
Areal density
bending modulus ; $0.02 \text{ gf cm}^2/\text{cm}$
L/D ; 0.3

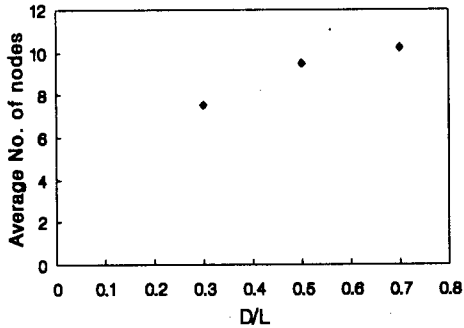


Fig. 5. Average No. of Nodes vs. D/L
areal density ; 0.03 g/cm^2
bending modulus ; $0.02 \text{ gf cm}^2/\text{cm}$

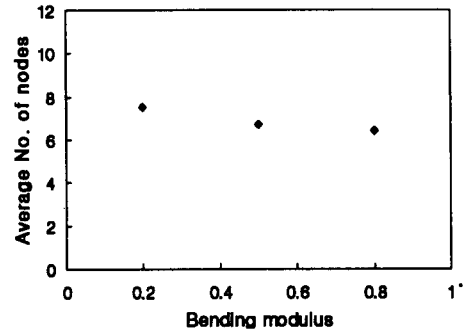


Fig. 6. Average No. of Nodes vs.
Bending Modulus
areal density ; 0.03 g/cm^2
D/L ; 0.3

위에서 간단히 기술한 modeling 기법에 의해 원형직물의 drape에 있어서 node의 개수를 통계적으로 예측할 수 있는 알고리즘을 개발하였고 변수의 변화에 따른 node 개수의 변화를 예측하였다.

원형직물의 areal density, bending modulus, 그리고 plate와 fabric의 직경비(L/D)를 일정하게 유지하고 drape 초기의 buckling에 따른 node의 크기와 개수를 random하게 처리했을 때의 최종 node 개수의 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 또한 areal density, bending modulus, L/D의 값을 변화시키면서 node 개수의 변화를 예측하였는데, fabric의 areal

density, L/D 가 증가함에 따라 node의 개수가 증가함을 볼 수 있었고(Fig. 4, Fig. 5), fabric의 bending modulus가 증가함에 따라서는 node의 개수가 감소함을 볼 수 있었다(Fig. 6).

5. Summary

일반적으로 금속과 같은 여타 재료와 비교하였을 때 fabric은 대단히 imperfect하고 또한 대단히 flexible하다. 따라서 fabric의 역학적인 거동은 많은 부분 예측에서 벗어나고 또한 주위 조건의 변화에 크게 영향을 받는다. fabric의 역학적인 거동을 예측하는데 있어서의 통계적인 방법의 적용은 이러한 문제들의 해결에 큰 기여를 할 것이라 생각된다.

6. References

1. D.W.Lloyd, "The analysis of Complex Fabric Deformations, in Mechanics of flexible Fiber Assemblies", J.W.S. Hearle, J.J. Thwaites, and J. Amirbayat, Eds., Sijthoff & Noordhoff, Alphen and den Yikin, The Netherlands, 311-341(1980)
2. H. Imaok, Okabe, T. Tomiha, M. Yamada H. Akami, A. Shibuya, and N. Aisaka, "Prediction of Three Dimensional Shapes of Garments from Two-Dimensional Paper Patterns", Sen-i Gakkaishi, Vol. 45(10), 420-426(1989)
3. J.R. Collier, Billie J. Collier, Gina O'Toole, and S.M.Sargand, "Drape Predictuin by Means of Finite-element Analysis", J.Text. Inst., Vol 82(1), pp. 96-107,1991.
4. David E. Breen, Donald H.Hous, and Michael K. Wozny, "A Particle-Based Model for Simulating the Draping Behavior of Woven Cloth", Textile Res. K., Vol 64(11),pp663-685,1994.