

펄프의 고해와 평량이 휨강성에 미치는 영향

원종명 · 차재복

강원대학교 제지공학과

1. 서론

현대 문화의 발전은 여러 가지 종류의 종이에 있어 휨강성의 증가를 필요로 하게 되었다. 전자산업의 눈부신 발전에도 여전히 출판물의 수는 증가되고, 인쇄물의 수 역시 증가되고 있다. 또한 각종 기능성 일회용 지기와 카드류의 사용량의 증가는 기하급수적으로 증가되고 있는 실정이다. 이러한 종이류는 여러가지 성질 중 특히 용도에 맞는 휨강성이 필요하다. 서적용지는 종종 책장을 넘길 때 가능한 한 더 쉽게 책장을 넘기는 이점을 위해 책의 제본선과 MD가 평행하도록 제본한다. 인쇄 시의 급지거나 복사기에서는 어느 정도 이상의 휨강성이 적절한 급지를 위해서 꼭 필요하다. 또 레이저 프린터로 인쇄할 때 휨강성은 꼭 필요한 성질이다. 휨강성은 포장을 위해 사용되는 판지의 가장 중요한 기계적 성질 중의 하나이며, 포장 상자를 채울 때와 포장 상자에 내용물이 담겨져 상점에서 선반 위에 놓여있는 동안 변형 또는 부풀음에 견뎌야 한다. 종이팩이나 골판지 상자는 위에 쌓아 올려진 상자로부터 부여되는 휨응력에 견뎌내야만 한다. 이와 같은 종이 및 판지의 휨강성에 영향을 미치는 인자로서는 각 층에 사용된 펄프의 특성(탄성계수, 섬유장, 헤미셀룰로오스 함량), 두께, 판지를 구성하는 각 층의 중심으로 부터의 거리와 해당 층의 탄성계수, 표면처리, 섬유의 배향, 섬유간 결합 강도, 밀도 등 매우 다양한 인자가 고려될 수 있으며, 이들 인자들이 복합적으로 작용되기 때문에 다른 종이의 물성을 분석하고 조절하는 것보다 복잡한 특성을 지니고 있다. 즉 일반적으로 섬유간 결합이 많이 일어나고, 밀도가 높아지면 탄성계수가 증가되고, 따라서 휨강성이 증가될 것으로 예상되나, 종이의 두께가 감소되므로써 휨강성에 악영향을 미치는 인자로 작용하게 된다. 이와 같이 복합적으로 고려를 하지 않으면 휨강성에 대한 정확한 이해를 할 수 없을 뿐 아니라 잘못된 측정 결과를 얻을 수도 있다.

본 연구는 종이의 휨강성을 측정할 때 널리 사용되는 Taber Stiffness와 Resonance

Stiffness 측정 장치를 사용하여 펄프의 고해와 평량, 초지농도 등이 휨강성에 미치는 영향을 검토하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

공시재료로는 국내 H사에서 분양받은 Sw-BKP와 Hw-BKP를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 펄프화 및 고해

Sw-BKP와 Hw-BKP의 함수율을 측정하여 고속해리기로 해리한 후 각각 여수도 300, 400, 500 CSF(ml)가 되도록 고해를 실시한 후에 Sw-BKP와 Hw-BKP의 혼합비가 80 : 20이 되도록 혼합한다.

2.2.2 수초지 제조

TAPPI Standard에 의거 실험실용 수초지기를 이용하여 각 고해 조건 별로 평량 40, 80, 120, 160, 200 g/m²가 되도록 수초지를 각각 20매씩 제조한다. 이때 초지농도는 각각 0.5, 0.1, 0.05%가 되도록 하여 수초한 후 Oven Dryer를 이용하여 건조시킨다.

2.2.3 물성측정

TAPPI Standard에 의거 수초지를 전처리 및 조습처리를 실시한 후 평량, 두께를 측정하여 겉보기 밀도를 산출하고, Young's Modulus, Taber stiffness, Resonance stiffness를 측정하여 각 조건별로 비교 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 고해 조건에 따른 종이의 휨강성 변화

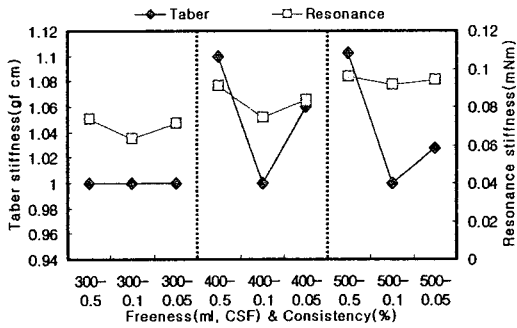


Fig.1. Effect of beating and stock consistency on the relation between taber stiffness and resonance stiffness.(40 g/m²)

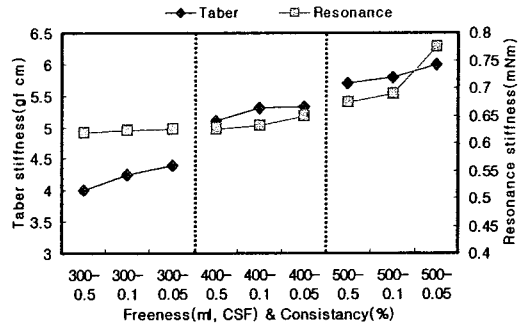


Fig.2. Effect of beating and stock consistency on the relation between taber stiffness and resonance stiffness.(80 g/m²)

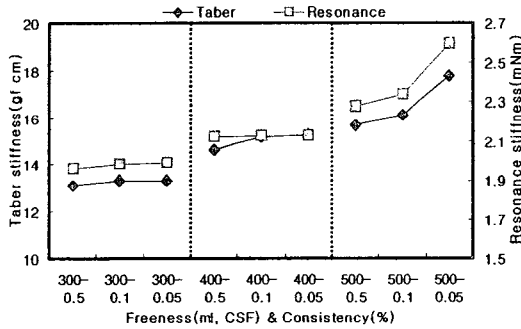


Fig.3. Effect of beating and stock consistency on the relation between taber stiffness and resonance stiffness.(120 g/m²)

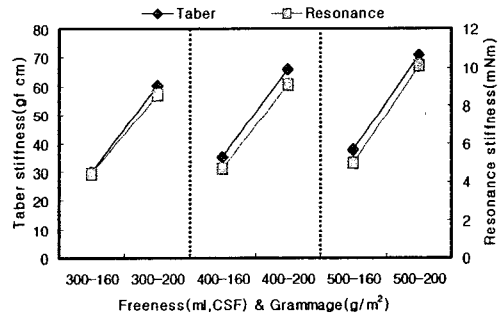


Fig.4. Effect of beating he relation between taber stiffness and resonance stiffness.(g/m²)

종이의 휨강성에 영향을 주는 인자들은 주요인자로 두께와 펄프의 Young률, 건조응력, 함수율 표면처리 등이 있으며 부가적인 인자로는 밀도, 평량, 섬유 결합등과 섬유의 배향성을 들 수 있다.

본 실험에서는 고해조건에 따른 종이의 휨강성을 Taber type과 Resonance type의 두가지 방법으로 종이의 휨강성을 측정했는데, Fig. 1~4에서 보는 바와 같이 저평량 영역에서는 뚜렷한 경향성을 찾을 수 없었다. 하지만 Fig. 2~3에서의 측정값은 평량과 고해도에 따라 종이의 휨강성이 증가할 뿐 아니라, 수초시 자료의 농도가 저농도화 되어

짐에 의하여서도 규칙적으로 종이의 휨강성이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 그래프에서 보는 바와 같이 수초 농도가 낮을수록 Stiffness는 소폭 증가하였으며, 이와 같은 결과는 이후 제시되어질 종이의 두께와 Young률, 겉보기밀도를 통하여서도 확인 할 수 있었다.

3.2 겉보기 밀도와 탄성계수의 영향

종이의 겉보기 밀도는 종이의 물리적, 광학적, 기계적 특성 뿐만 아니라 투기성 등에 영향을 주는 주요한 인자의 하나로 인식되고 있다. Fig. 5~7은 처리 농도의 변화에 따른 겉보기 밀도의 변화를 나타내고 있다. 처리 농도가 증가할수록 겉보기 밀도는 상승하나 그 정도는 극히 미미하였다.

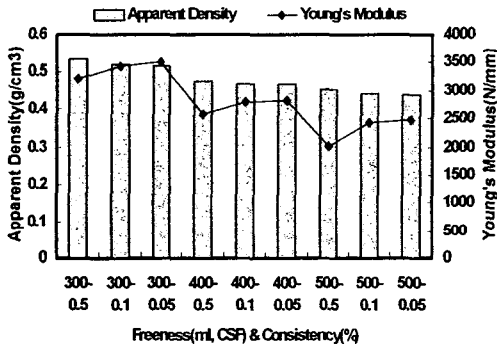


Fig.5. Effect of beating and stock consistency on the relation between apparent density and Young's modulus.(40 g/m²)

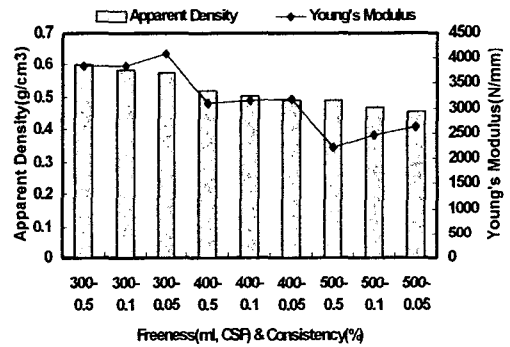


Fig.6. Effect of beating and stock consistency on the relation between apparent density and Young's modulus.(80 g/m²)

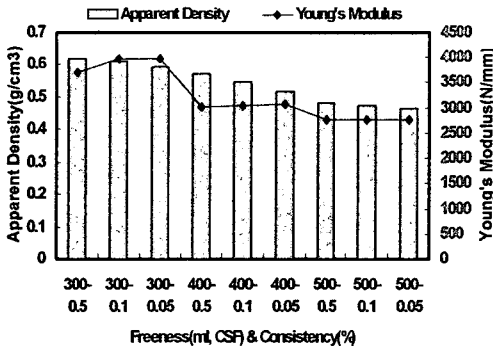


Fig.7. Effect of beating and stock consistency on the relation between apparent density and Young's modulus.(120 g/m²)

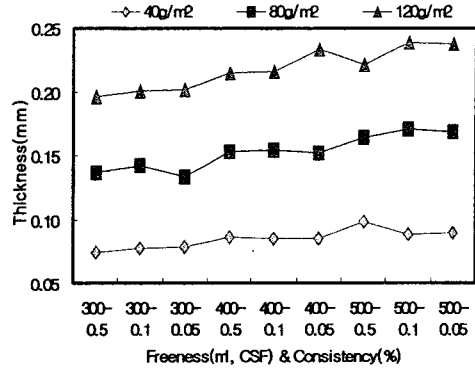


Fig.8. Effect of beating and stock consistency on the relation Thickness(mm)

탄성계수는 종이와 판지의 stiffness에 가장 큰 영향을 미치는 인자이다. 이러한 탄성계수와 각 stiffness와의 상관관계를 알아보기 위하여 다음의 식을 사용하여 알아보았다.

$$S = \frac{Et^3}{12} \times \frac{W}{L^3} \quad (1)$$

E = Young's Modulus of paper
T = Paper thickness
L = Length of sample
W = Width of sample
S = Paper stiffness

식 (1)은 종이의 휨강성을 나타내는 식으로 알려져 있다. 위의 식을 근거로 하여 탄성계수 X (두께)³는 종이의 휨강성에 어떠한 연관성이 있는지 계산하여 Taber type 과 Resonance type을 비교하여 보았다. Resonance type의 경우 상관관계가 낮았으나 Taber type의 경우 매우 높은 상관 관계를 확인할 수 있었다.

◇ - Taber stiffness △ - Resonance stiffness □ - Paper stiffness

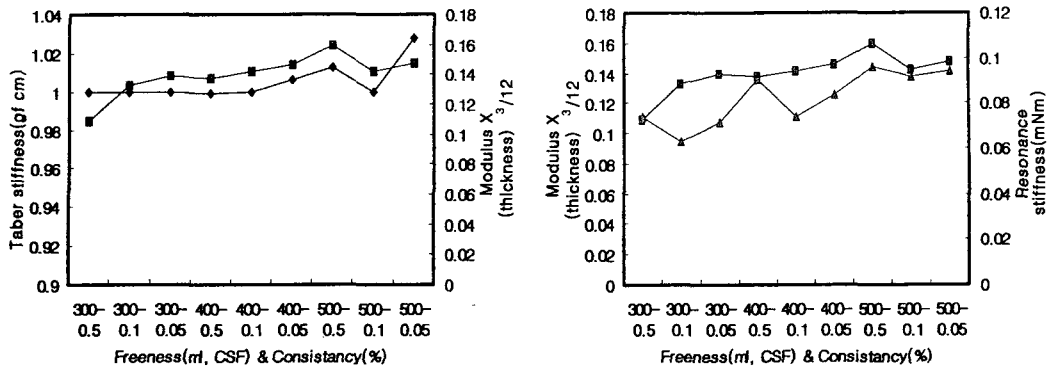


Fig. 9. Effect of beating and stock consistency on the relation Paper Stiffness(40 g/m²)

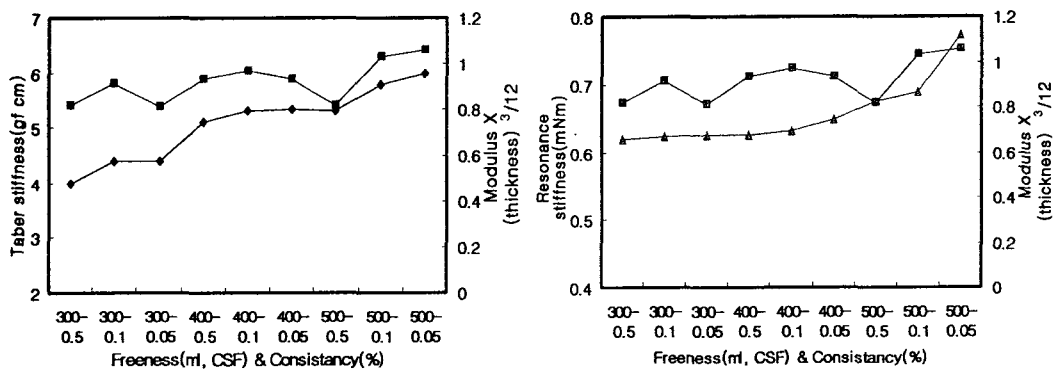


Fig. 10. Effect of beating and stock consistency on the relation Paper Stiffness(80 g/m²)

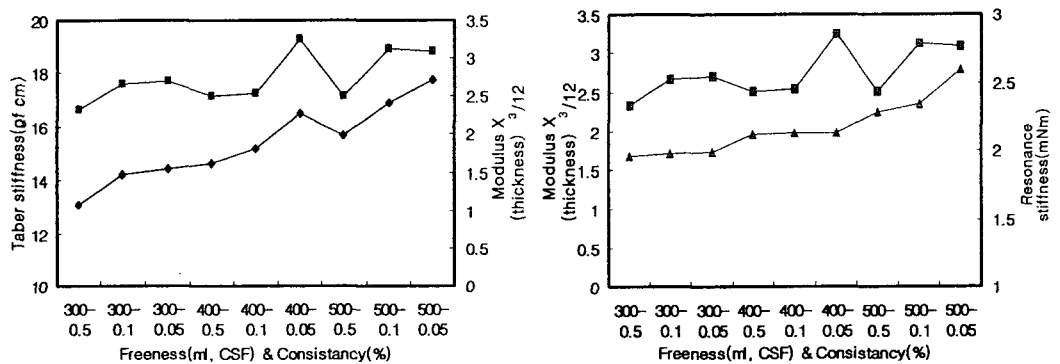


Fig. 11. Effect of beating and stock consistency on the relation Paper Stiffness(120 g/m²)

4. 결 론

종이의 휨강성은 여러 가지 요인이 매우 복잡하게 작용한다. 현재까지 일반적으로 알려진 사실은 각 층에 사용된 펄프의 탄성계수, 종이의 두께가 종이의 휨강성에 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 원료 뿐만 아니라 제지 관련 공정 조건들이 복합적으로 작용하기 때문에 품질 관리가 매우 복잡하다. 본 연구에서는 휨강성을 측정할 수 있는 휨강성 측정법 중 Taber stiffness와 Resonance stiffness를 비교한 결과 두 가지 측정법 모두 휨강성 측정시 주요인자에 대하여 모두 상관성을 보여주었으나, Taber stiffness가 Resonance stiffness보다 높은 상관성을 보여 주고 있었다.

참고문헌

1. 원종명. 라이너 제조용 펄프의 고해 조건이 에너지 소비 및 종이 물성에 미치는 영향. 한국펄프종이공학회 2002, 춘계학술발표논문집. pp. 19-25(2002)
2. Feller, C. and Carlsson, L.. Measuring the pure bending properties of paper. A new method. Tappi 62(8):107(1979)
3. 원종명 라이너 판지의 Bending stiffness에 대한 검토
한국펄프종이공학회 2003, 춘계학술발표논문집. pp. 131-143(2003)
4. Y. B. Seo, New Concept of Stiffness Improvement in Paper and Board
Journal of Korea Tappi Vol. 34. No. 5,(2002)