

펄프 배합비와 평량이 종이 휨 강성에 미치는 영향

원종명 · 박경옥

강원대학교 제지공학과

1. 서 론

종이의 휨 강성이란 종이를 휘 때, 변형에 대한 저항성으로 정의된다. 휨 강성은 실제 사용되고 있는 종이 제품들에 매우 중요한 성질중 하나이다. 카드용지, 종이 컵이나 접시뿐만 아니라 신문용지나 인쇄용지에 있어서도 종이의 휨 강성은 매우 중요하다. 예를 들어 용지가 복사기나 프린터에 급지 될 때 어느 정도 이상의 휨 강성을 갖지 않으면 급지에 문제가 발생하게 된다. 그리고 휨 강성은 판지에 있어서도 중요한 성질 중의 하나가 되는데, 내용물의 보호 및 상자의 적재에 있어서 판지 및 이로 만든 상자는 그에 부합되는 수준의 휨 강성이 충족되지 못할 경우 상품으로서의 가치를 잃게 된다. 반면에 화장지와 냅킨에 경우에는 휨 강성이 높게 되면 부드러움과 유연성이 떨어지게 되므로 휨 강성은 적어야 한다.

휨 강성에 영향을 미치는 주요인자는 종이의 두께, 펄프의 영률, 건조하는 동안 억제, 함수율 그리고 전분이나 왁스 등의 표면처리 등이 있다. 또한 부가적으로 종이의 밀도와 평량, 섬유결합과 배향성에도 영향을 받는다. 이 중에서 휨 강성은 영률에 종이 두께의 세제곱을 곱한 값에 비례하므로 종이의 두께가 휨 강성을 조절하는데 가장 중요한 영향 인자가 된다.

본 연구는 기본적으로 침엽수와 활엽수 펄프의 배합비와 평량 변화에 의해 종이의 물성이 어떠한 영향을 받는지 실험을 하였다. 특히 휨 강성에 대하여 Taber 휨 강성 측정기와 Resonance 휨 강성 측정기를 사용하여 비교 실험하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

본 연구에 사용된 펄프는 현재 시판중인 SwBKP와 HwBKP를 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 펄프화 및 고해

펄프를 4%농도로 고속해리기로 해리한 후, 물에 희석하여 조건별로 여수도 400ml CSF로 고해를 실시하였다.

2.2.2 수초지 제조

Tappi standard에 의거하여 수초지를 다음 조건에 따라 수초지기를 이용하여 평량 40, 80, 120, 160, 200g/m²의 조건으로 제조한 후 오븐 드라이어에서 105℃에서 건조시켰다.

펄프 배합비(%)	SwBKP	100	80	60	40	20	0
	HwBKP	0	20	40	60	80	100

표 1. 수초지 제조 조건

2.2.3 물성 측정

Tappi standard에 의거하여 수초지를 조습처리한 후 평량, 두께, 인장강도, 파열강도, 인열강도, 휨 강성등을 측정하였다. 특히 휨 강성은 Taber 휨 강성 측정기와 Resonance 휨 강성 측정기를 사용 하여 조건별로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 평량에 따른 휨 강성

일반적으로 두께가 증가할수록 휨 강성은 급격하게 증가하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 평량이 증가 할수록 두께 또한 증가하는 결과로 나타났기 때문에 평량이 증가할수록 측정 방법에 상관없이 휨 강성이 증가하는 결과가 나타났다(그림1~6).

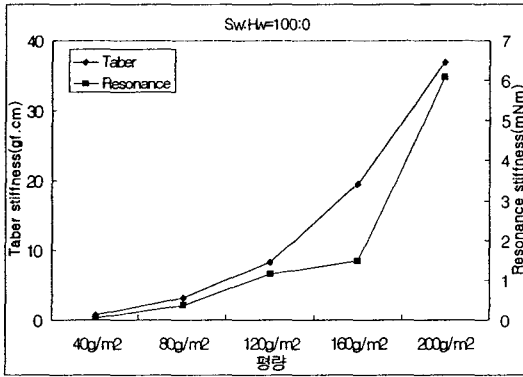


Fig. 1. 평량에 따른 휨 강성(Sw:Hw=100:0)

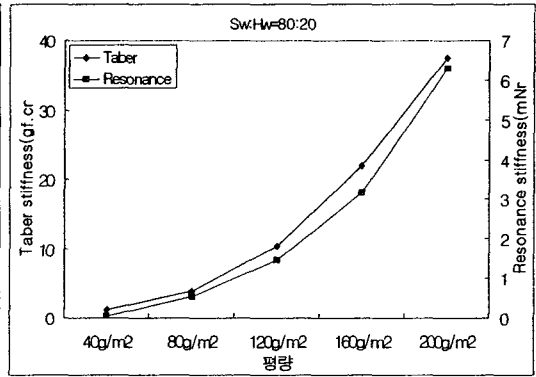


Fig. 2. 평량에 따른 휨 강성(Sw:Hw=80:20)

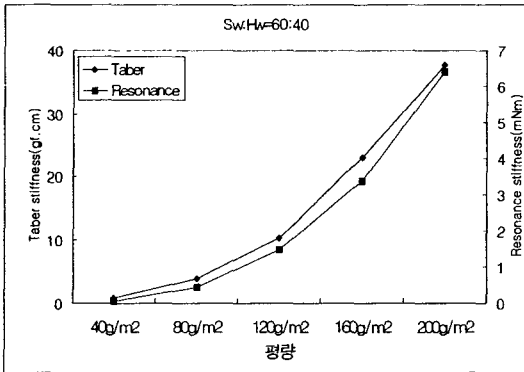


Fig. 3. 평량에 따른 휨 강성(Sw:Hw=60:40)

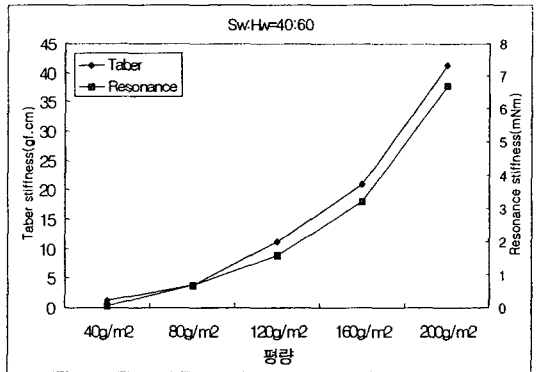


Fig. 4. 평량에 따른 휨 강성(Sw:Hw=40:60)

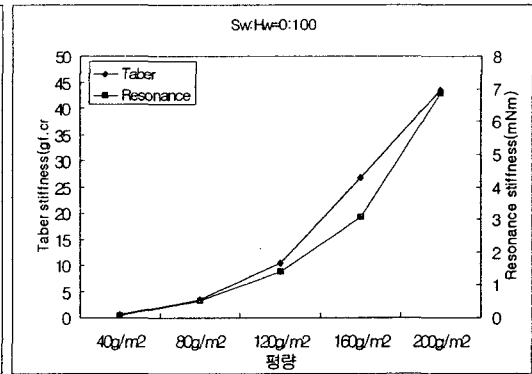
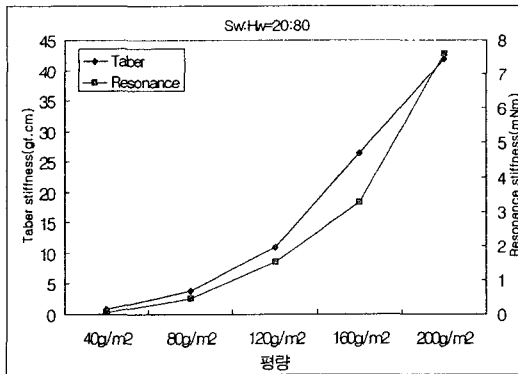


Fig. 5. 평량에 따른 휨 강성(Sw:Hw=20:80)

Fig. 6. 평량에 따른 휨 강성(Sw:Hw=0:100)

3.2. 펄프 배합비에 따른 휨 강성

저평량에서의 휨 강성은 측정된 값이 매우 작기 때문에 경향을 찾기가 어려웠으나 (그림7, 8) 고평량(120g/m²이상)에서는 활엽수 펄프의 비율이 증가할수록 증가하는 경향으로 나타났다(그림9~11). Taber 휨 강성과 Resonance 휨 강성 또한 저평량에서는 같은 경향성을 찾을 수 없었으나 고평량에서는 비슷한 경향성으로 나타났다.

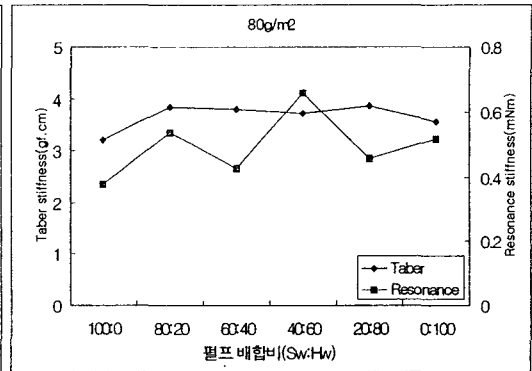
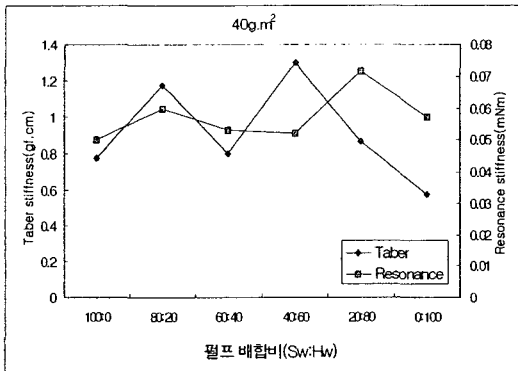


Fig. 7. 펄프 배합비에 따른 휨 강성(평량 40g/m²)

Fig. 8. 펄프 배합비에 따른 휨 강성(평량 80g/m²)

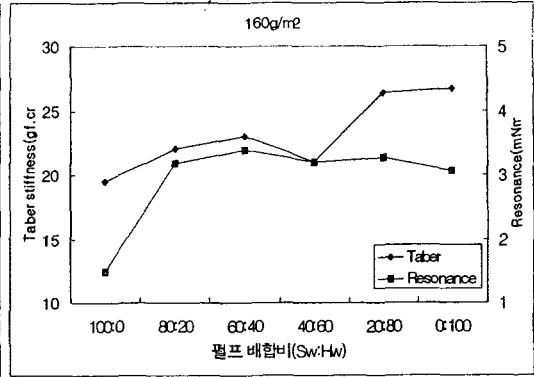
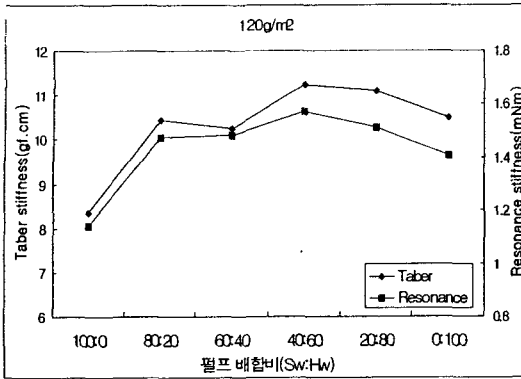


Fig. 9. 펄프 배합비에 따른 힘 강성(평균120g/m²)

Fig. 10. 펄프 배합비에 따른 힘 강성(평균160g/m²)

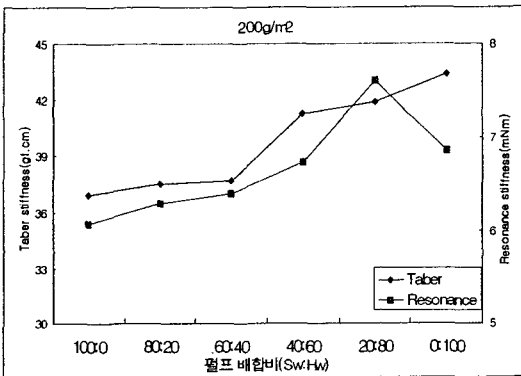


Fig. 11. 펄프 배합비에 따른 힘 강성(평균200g/m²)

3.3. 펄프 배합비 및 평량에 따른 영 계수와 겉보기 밀도

영 계수와 겉보기 밀도는 펄프 배합비 따라 활엽수 펄프의 비율이 높을 수록 감소하는 경향을 보였다(그림12, 13).

$$stiffness = \frac{ET^3}{12} \times \frac{W}{L^2} \quad \text{--- -- -- -- --} \quad (1)$$

여기서, E : 영 계수

T : 종이 두께

L : 종이 길이

W : 종이 폭

위 식에서도 알 수 있듯이 영 계수와 종이 두께 세제곱에 비례하는 것을 확인 할 수 있다. 위 식에서

$$\frac{ET^3}{12} \quad \text{----- (2)}$$

의 식으로 Stiffness를 유도해낸 결과 고평량에서 측정기에 의해 측정된 비슷한 경향을 보였다(그림14, 15).

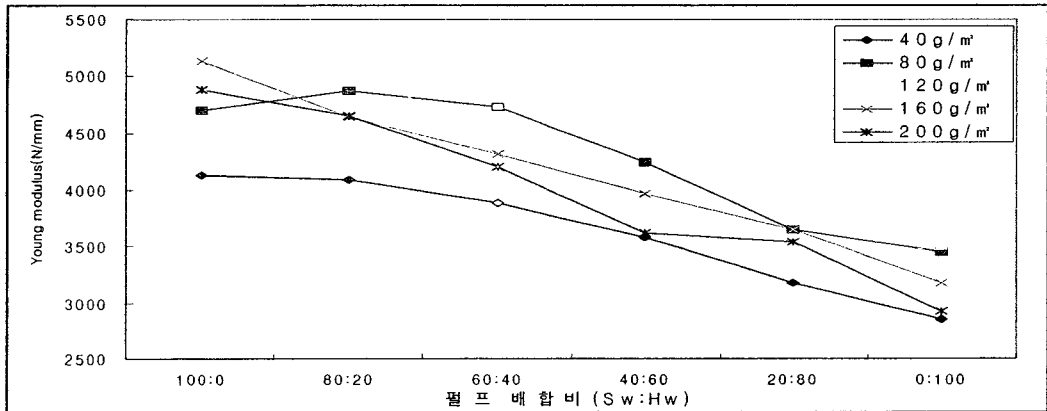


Fig. 12. 펄프 배합비 및 평량에 따른 영 계수

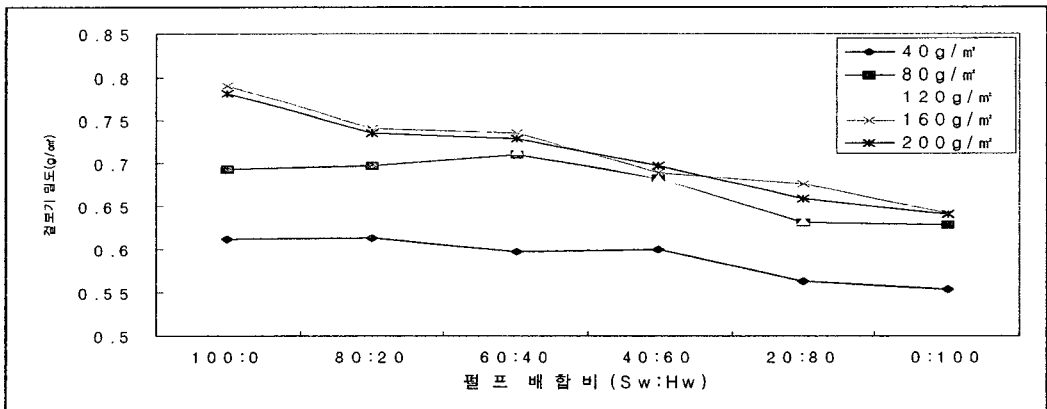


Fig. 13. 펄프 배합비 및 평량에 따른 겉보기 밀도

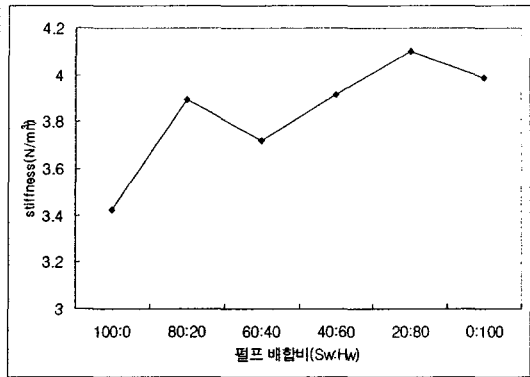
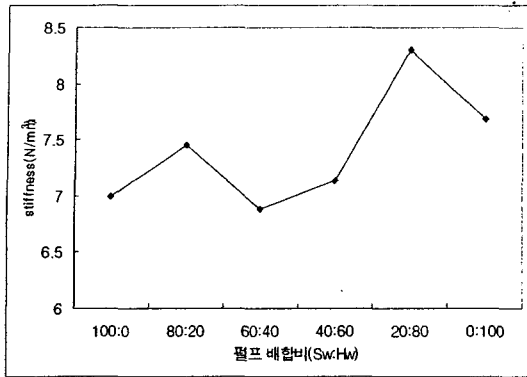


Fig. 14. (2)식에 의해 계산된 펄프 배합비에 따른 휨 강성(평균200g/m²) Fig. 15. (2)식에 의해 계산된 펄프 배합비에 따른 휨 강성(평균160g/m²)

4. 결 론

본 연구를 통해 평량이 증가 할수록 휨 강성이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 이 결과는 평량이 증가 할수록 두께가 증가하기 때문에 두께와 밀접한 휨 강성에 영향을 준 것으로 사료된다. 그리고 활엽수 펄프의 비율이 증가 할수록 휨 강성이 증가하다가 활엽수 펄프로만 수초지를 제조하였을 때는 다시 떨어지는 결과를 알 수 있었다. 이 결과로 짧은 섬유로 제조된 종이보다 높은 휨 강성을 갖는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 일정량의 침엽수 펄프와 활엽수 펄프를 혼합하였을 때 결합력이 우수해지기 때문에 휨 강성에도 영향을 준 것으로 사료된다. 그러나 저평량에서는 Taber와 Resonance 타입의 측정기 모두 너무 낮은 측정치를 보여 비교하는 것은 어려웠다 고평량의 종이는 비슷한 경향성을 보였지만 뚜렷이 상관관계가 있다고 결론 내리기는 어려움이 있었다. 영 계수와 겉보기 밀도와의 관계에 있어서 stiffness 관계식 의해 살펴본 결과 저평량에서는 stiffness에 미치는 영향을 찾기 어려웠으나 고평량에서는 실제 측정된 stiffness와 비슷한 경향을 나타내었다. 이 결과로 영 계수와 겉보기 밀도의 stiffness에 대한 연관성을 확인 할 수 있었다.

앞으로의 연구에서는 본 연구에 사용되었던 Taber타입 및 Resonance타입 두 측정기와 Clark 휨 강성 측정기와의 상관관계에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다. 또한 본 실험에 사용된 평량보다 고평량 수준, 즉 판지 수준에서의 stiffness에 대한 검토도 필요할 것으로 보인다.