

판지의 스티프니스 변화

-Top층의 탄성률

*유병철 · 박종문

충북대학교 임산공학과

1. 서 론

국내 지류생산의 약 46.7%인 4,148,692 ton(1999년 기준)을 생산하고 있는 판지는 포장재의 재료로서 지속적인 산업화와 에너지의 고갈, 깨끗한 환경에 관한 요구가 증가하면서 그 수요가 증가할 것으로 보인다. 종이는 섬유와 섬유가 네트워크를 이루는 결합의 형태로서 이루어진다. 판지는 이렇게 제조되는 여러 층의 종이가 다시 층층이 결합한 형태이다. 판지의 제조에 사용하는 섬유는 그 종류와 양이 판지의 품질에 중요한 영향을 미치는 스티프니스와 층간결합강도, 인쇄적성에 유리하도록, 경제적 여건에 맞추어 각 층마다 다르다. 그 중에 스티프니스는 종이의 뻣뻣한 정도를 말하며, 그라비아 인쇄나 활판인쇄에 비하여 옵셋인쇄 특히 평판 옵셋 인쇄에서는 스티프니스가 중요하다. 종이의 스티프니스가 낮을 경우 인쇄기에서의 급지 및 배지 작업이 불량해지고 인쇄 속도도 빠르게 할 수가 없다. 판지의 스티프니스는 종이의 두께와 수분의 영향을 많이 받는다. 또한 판지는 표면층의 탄성률이 두배 증가하면 전체 종이의 스티프니스는 27%정도 향상된다고 알려져 있다. 이 연구는 표면층의 섬유배합과 건조압력을 다르게 하여 탄성율의 변화와 강도적 변화를 알아보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시펠프

침엽수, 활엽수 표백 크라프트 펄프(NBKP, LBKP)와 신호제지(주)에서 구입한 CTMP, 삼화제지(주)에서 구입한 BCTMP, 대한제지(주)에서 구입한 BGP와 UGP, 세림제지(주)에서 구입한 고착pulp, O.C.C., , ONP, 잡지pulp.

2.2 실험방법

2.2.1 섬유특성분석

Optest Equipment Inc.의 Fiber Quality Analyzer(FQA)를 이용하여 섬유장(Fiber length), 컬(curl), 미세분 함량(fine contents)을 측정하였다. 펄프 섬유의 보수도 측정은 TAPPI standard UM 256에 의거하여 filtering crucible을 이용하여 21±3℃에서 중력가속도 900 G로 30분간 원심 분리하여 탈수시킨 후의 무게와 105℃ 건조기에서 전건 시킨 후의 무게를 측정하여 다음 식으로 구하였다.

$$WRV(g\ water/g\ fiber) = \frac{W_i - W_o}{W_o}$$

2.2.2 수초지

수초지는 3개의 층으로 만들어지는 판지를 만들기 위해 Top 층과 Filler 층, Back 층을 초지하여 합지 하였다.

2.2.2.1 기계펄프 종류에 따른 Filler층 조성후 Drum dryer로 합지

Top층은 기존의 회사에 사용되는 NBKP와 LBKP의 3:7 혼합과 10:0, 8:2, 6:4, 4:6, 2:8, 0:10의 혼합으로 60 g/m²의 top 층을 초지했고, ONP로 back층을 60 g/m²으로 초지했으며, Filler층은 고책과 O.C.C.의 혼합섬유(이하 SFILL로 표기) 180g/m²의 filler 층을 초지하였다. 제조한 각각의 top층과 filler층 back층을 실험실용 드럼 드라이어를 이용하여 120℃에서 합지 하였다.

2.2.2.2 압력 변화에 의한 Hot press 합지

Top층은 기존의 회사에 사용되는 NBKP와 LBKP의 3:7 혼합으로 60 g/m²으로 초지했고, ONP로 back층을 60 g/m²으로 초지했으며, UGP 100%로 180g/m²의 filler 층을 초지하였다. 이후 Hot press에서 30 kgf, 40 kgf, 50 kgf의 압력으로 합지 하였다.

2.2.3 기계적 성질

TAPPI standard T402에 준하여 T410 om-93(평량), T411 om-91(두께)를 측정하였다. TAPPI standard T200 hm-83에 의거하여 겉보기밀도를 계산하였다.

2.2.4 강도적 성질

TAPPI standard T220 om-88에 준하여 시료를 준비한 후 T494 om-85(인장), T403 om-91(파열), T533 cm-85(스티프니스), T506 wd-83(두께방향인장)을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 섬유특성(FQA, WRV)

Figs 1-2는 섬유를 혼합 했을 때, 섬유가 가지고 있는 섬유의 특성을 나타내고 있다. 중량가중치로 계산된 섬유의 길이가 길어질수록 섬유가 수분을 함유할 수 있는 능력이 커지고 있음을 보여준다. 고해를 하면 섬유는 단 섬유화 되는 현상도 있다. 그러나 이 실험에서 사용된 섬유는 이미 고해된 후의 섬유로서 고해후 섬유의 길이가 길수록 수분을 함유하는 능력이 증가함을 알 수 있다.

제지공정에서 에너지가 가장 많이 소비되는 공정은 건조공정이다. 건조 공정에서 에너지 소비를 줄일 수 있는 방법들 가운데 하나가 자연 탈수과정에서 최대한 많은 수분을 제거하는 것이다. 따라서 이부분에서 최대한 많은 수분을 제거하기 위한 노력으로 새로운 와이어의 디자인 개발과 포일의 개발 등 여러 가지 방법으로 접근하고 있다. 자연 탈수 과정에서 수분의 제거는 중력과 감압에 의해 섬유가 시트를 형성하며 이루는 구조에 의한 탈수현상이다. 이때 시트의 형성구조는 약품이나 다른 충전물의 영향을 배제할 때, 섬유의 형태에 의해 좌우되며 그 섬유의 형태에 따라서 수분 함유능력이 좌우되므로 공정상의 에너지 절감효과에서 BCTMP와 UGP의 첨가는 긍정적인 효과를 보일 수 있겠다.

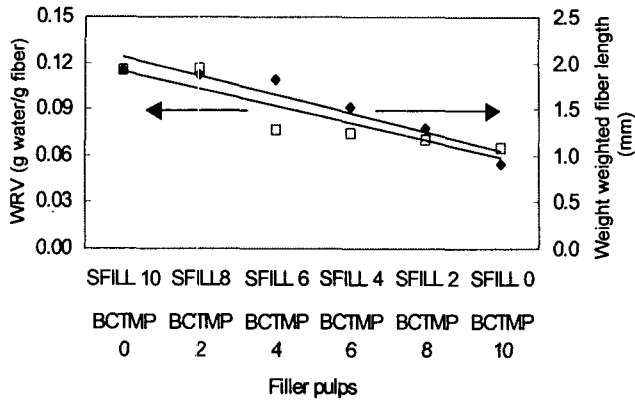


Fig. 1. WRV and weight weighted fiber length.

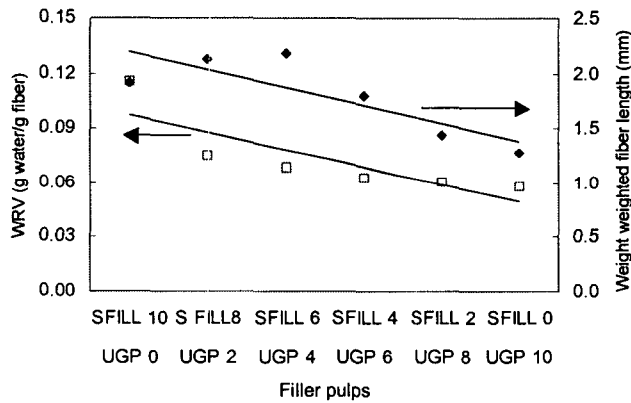


Fig. 2. WRV and weight weighted fiber length.

3.2 종이의 강도적 특성

3.2.1 Top층의 NBKP와 LBKP의 혼합에 따른 강도변화(Filler층:SFILL, Back층: ONP, Drum dryer)

Figs 5-6에서는 top층의 섬유배합에서 침엽수 섬유가 증가할수록 탄성률이 좋아지고 있음을 보여주고 있다. 침엽수 섬유가 상대적으로 좋은 결합력을 가지고 있기 때문일 것이다. 판지의 스티프니스 강도에 영향을 미치는 요인 중의 하나가 판지의 Top층의

탄성률에 의한 것이다. Top층은 일반적으로 판지 두께의 5% 밖에 차지하지 않지만 이 Top층의 탄성률이 두배 증가하면 스티프니스는 약 27% 정도 향상되는 것으로 알려졌다. 본 연구에서는 Top층의 탄성률의 증가에 따른 스티프니스의 증가율은 탄성률이 1% 증가할 때 스티프니스는 1.93% 증가한다. 이는 매우 높은 수치로서, Top 층의 탄성률이 판지전체 스티프니스에 기여하는 정도가 기존의 이론보다 더 크다. 초지조건마다 Top층의 탄성률과 판지의 스티프니스와의 관계가 다를 수 있다. Figs 7-9는 스티프니스를 구하는 Leuy식

$$S_b = Ed^3/12 \quad (1)$$

$$S_b = \frac{E_2 d_2^3}{12} + \frac{E_1 (d^3 + d_2^3)}{12} \quad (2)$$

에 의한 값이 실제 측정값과 유사한 강도변화 경향을 나타내고 있고, 식 (1)보다는 식 (2)가 측정값에 더 근접한 것을 알 수 있다.

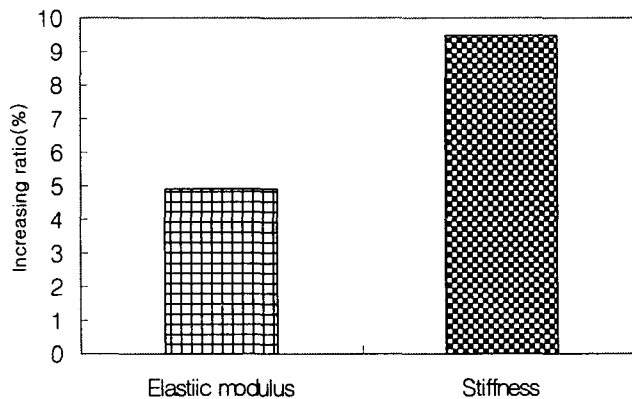


Fig. 3. Elastic modulus increasing ratio and stiffness increasing ratio.

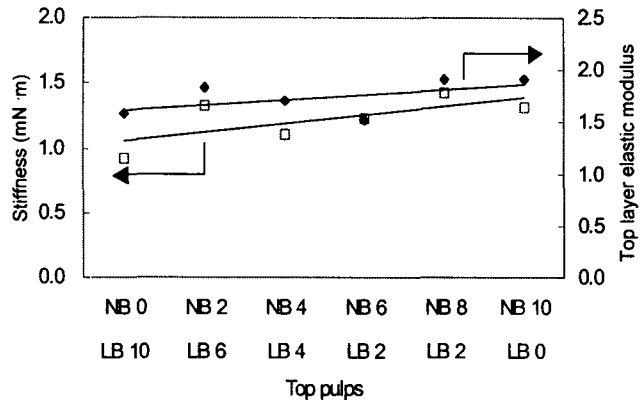


Fig. 4. Top layer elastic modulus and stiffness.

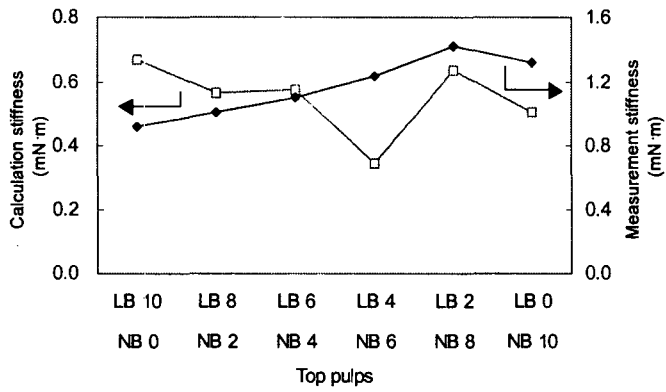


Fig. 5. Calculation stiffness by (1)equation and measurement stiffness.

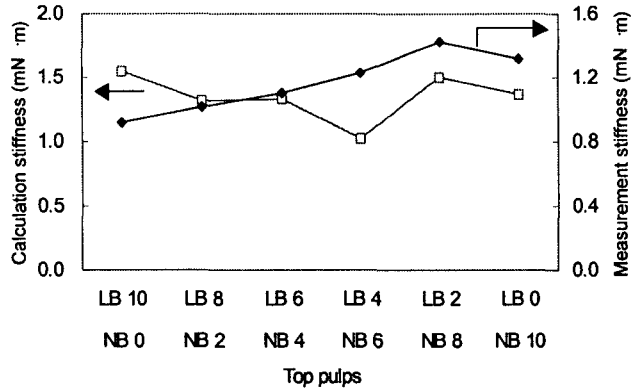


Fig. 6. Calculation stiffness by (2)equation stiffness and measurement stiffness.

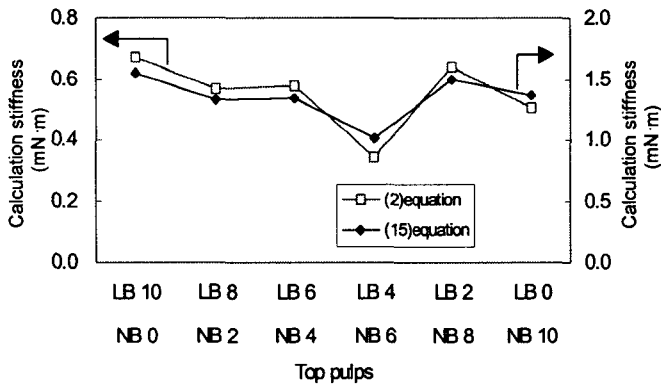


Fig. 7. Calculation stiffness by (1), (2)equation.

3.2.2 건조압력변화에 의한 강도변화 (Top층: NB(3):LB(7), Filler층: UGP, Back층: ONP, Hot press)

일반적으로 압력을 많이 받아 형성된 물질은 탄성률이 높다. 그러나 Figs 18-19에서 Top층의 탄성률이 압력이 증가할수록 탄성률이 떨어지는 것을 볼 수 있으며, 각 층의 탄성률이 압력에 따라서 다르게 변하고 있음을 알 수 있다. 하나의 섬유시트 층만

압력을 받는 것이 아니라 3개의 층으로 합지되어 압력을 받아 전체 종이를 이루어지기 때문에 각각의 층을 이루는 섬유 종류와 평량이 다른 상태에서 각층의 탄성률의 변화가 다른 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. Figs 22-24에서는 식(1)와 식(2)에 의한 강도변화와 실제 측정값을 보이고 있다. 식에 의한 값과 측정값은 변화경향을 같았으나 값의 차이가 크게 나고 있다. 식 (1)는 측정값이 약1.2배 크고, 식 (2)는 약 0.5배정도 작았다. 식 (1)가 측정값에 가깝다.

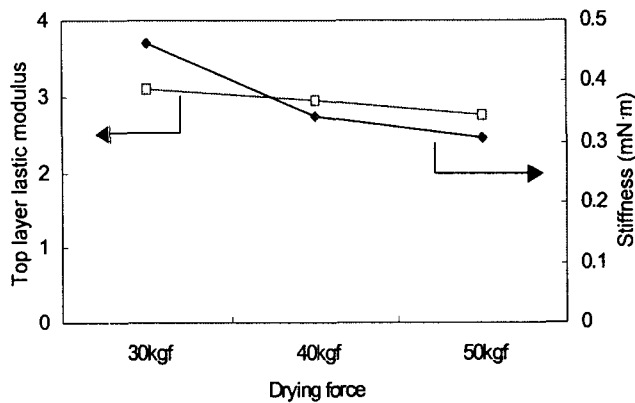


Fig. 8. Top layer elastic modulus and stiffness.

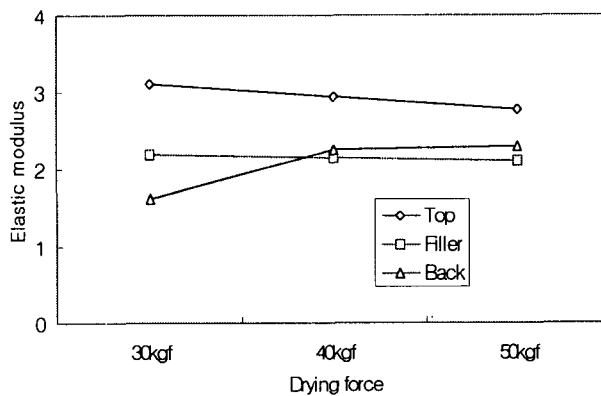


Fig. 9. Elastic modulus and drying force.

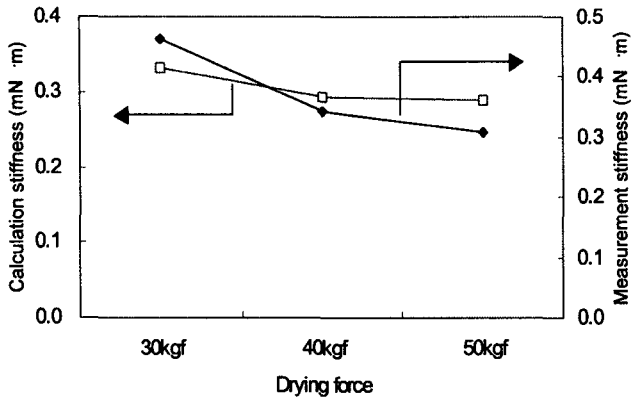


Fig. 10. Calculation stiffness by (1)equation and measurement stiffness.

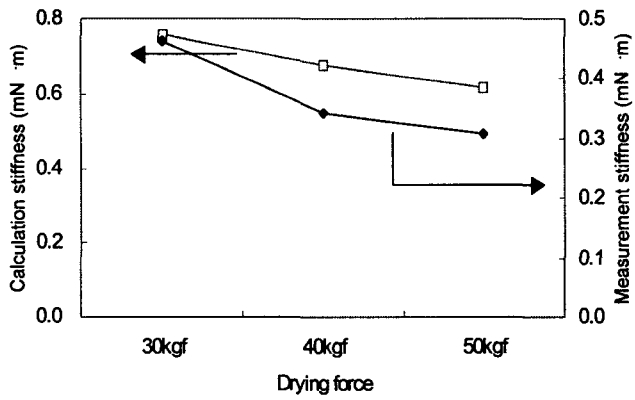


Fig. 11. Calculation stiffness by (2)equation and measurement stiffness.

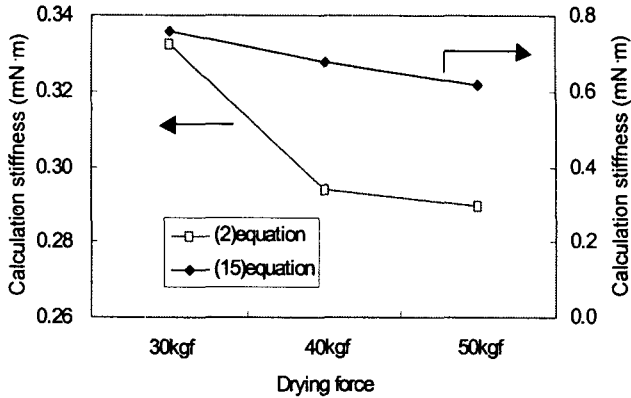


Fig. 12. Calculation stiffness by (1), (2)equation.

4. 결 론

판지의 주요한 강도적 특성인 스티프니스의 변화가 Top층의 섬유배합에 의한 탄성률 변화와, Filler층의 섬유를 배합에 의한 두께 변화와의 관계를 알아보고 하였다.

1. 3개의 섬유층으로 이루어진 판지의 스티프니스를 구하는 Leuy 의 공식은 초지조건이 변해도 실제 측정값의 변화 경향과 유사하게 나타나지만, 값의 크기는 조금씩 차이가 있다. 따라서 초지시 섬유의 변화에 따라 적정 상수 값을 구해야 한다.
2. Leuy 식의 (2)에는 Top층과 Filler 층의 조건만을 계산하고 있다. Back층의 조건도 같이 계산하는 공식으로 유도되면 보다 측정값에 가까운 계산 값을 얻을 수 있겠다.
3. Top층의 섬유배합에 탄성률 변화와 스티프니스 강도변화는 탄성률이 1% 증가할 때 스티프니스는 약 1.93%씩 증가한다.
4. Drum dryer 건조 종이는 Top층의 탄성률 향상에 의한 스티프니스 향상은 NB(6):LB(4)배합이 가장 좋았다.
5. 판지는 여러개의 섬유층이 쌓이는 구조로 되어있어서 압력에 따른 각 섬유층의 탄성률이나 강도적 특성이 하나의 층으로 이루어져 있을 때와 다르다. 또한 섬유마다

건조압력에 따라서 스티프니스는 다르게 나타난다. 각각의 섬유가 건조압력에 반응하는 강도적 성질을 구해야 한다.

5. 참고문헌

1. The science of paper making : Transaction of the 12th fundamental research symposium held in oxford (september 2001)
2. Papermaking science and technology series, Book16 :Paper physics.
3. Papermaking science and technology series, Book12 :Paper and paperboard converting.
4. Together paper technology Journal , Issue 12. July. 2001