

압착부 조건 변화가 종이 내부 구조에 미치는 영향

이진호 · 박종문

충북대학교 농업환경생명대학 목재종이과학 전공

1. 서 론

초지 공정은 크게 지료 조성, wet-end, 압착부, 건조부와 같이 크게 4가지 구간으로 나눌 수 있으며, 초지공정은 섬유를 물에 푼 후 균일한 매트를 형성 시키면서 물을 빼는 작업이라 할 수 있다. 때문에 종이 제조에 있어서 물을 빼는 탈수 공정이 매우 중요한 공정이며, 공정상 건조기의 건조 부하를 줄이기 위해 압착부의 수분 제거는 매우 중요한 공정 요소로 인식되고 있다. 초지기에서 지필의 건조는 압착부에서 67.7%, 건조부에서 30.5% 그리고 원지의 수분 1.8%로 초지기 전체로는 압착부가 수분 제거가 가장 많으며, 압착부 중에서 3p의 경우 각 압착부의 건조도는 1p가 53.7%, 2p가 9.4%, 3p가 4.6%로 1p에서의 탈수가 대부분 일어나게 된다. 초지기 운전에서 속도 향상은 원가 및 생산성에 직결되는 문제로서, 속도 상승에 따라 습지필이 받는 탈수 시간은 줄어들기 때문에 상대적으로 습지필에 가해지는 탈수 소자의 세기가 세져야 하는 문제를 가져오게 된다. 압착부의 경우 nip에서 가해지는 탈수 세기는 nip impulse라 하여 아래 식과 같이 nip의 압력과 체류 시간으로 정해지게 되는데, 초지 속도가 상승하는 경우 체류 시간이 감소하기 때문에 같은 nip impulse를 주기 위해서는 압력이 상승하게 되며 초지기 속도 상승에 따라 탈수가 가장 많이 일어나는 압착부 초기 nip 조건이 매우 중요하다고 할 수 있다.

$$\text{Nip impulse} = \text{nip load} / \text{machine speed}$$

이에 본 실험에서는 압착부 변화가 종이의 구조 및 물성에 어떤 영향을 미치는가에 대해 알아보려고 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 지료 조성

Sw-BKP를 실험실용 고해기를 이용하여 350ml CSF로 고해하였다.

2.2. 수초지 제작

초지는 60 g/m^2 으로 초지시하였으며, 압착부는 3-p를 기본으로 가정하여 실험실용 roll-press를 이용하여 표 1. 조건으로 쿠우칭된 습지를 압착하여, 압착부 변화를 실시하였다.

Table 1. Dryness of final press section at various pressing condition

	First press				Third press			
Pressure (psi)	20-40-80	40-40-80	60-40-80	80-40-80	40-40-40	40-40-50	40-40-60	40-40-70
Dryness (%)	40.24	39.72	39.98	41.19	37.49	38.69	38.35	39.68

2.3. 물성 측정

조습 처리한 수초지의 물성을 평가하였고, 충북대학교 공동 실험 실습관의 기공분석기를 이용하여 공극구조를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 수초지 구조 및 강도 영향

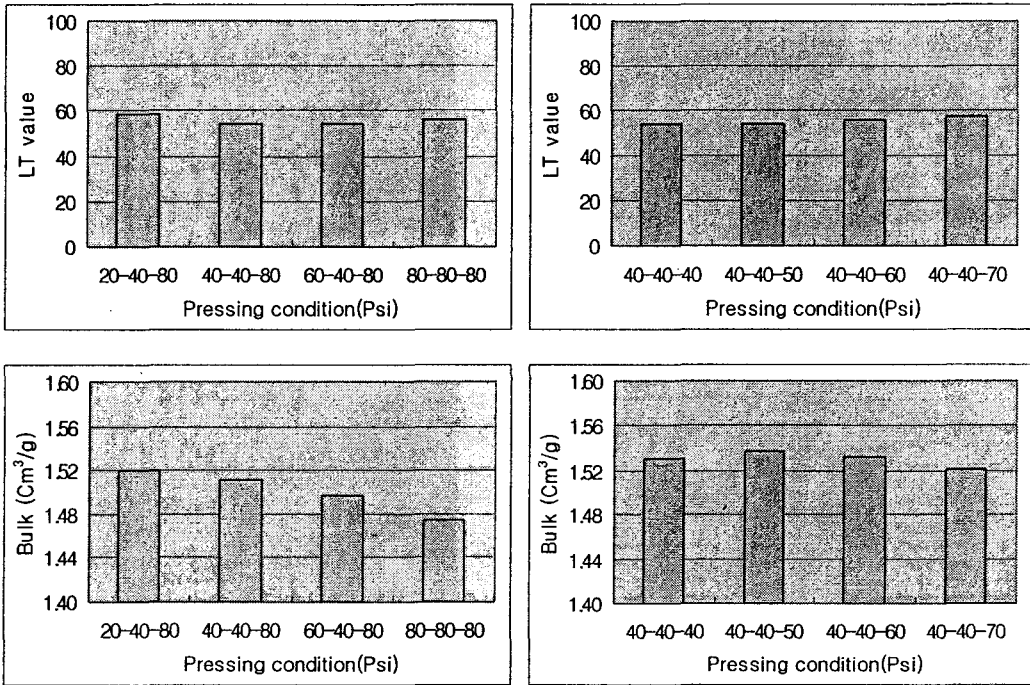


Fig. 1. Structural change of handsheets at various pressing condition.

그림 1은 압착 변화에 따른 bulk 및 응집의 변화를 나타낸 것으로 1-p를 변화 시키는 경우 압력이 증가함에 따라 밀도가 증가하는 경향을 나타내는 반면, 3-p를 변화시키는 경우 밀도 변화에 별다른 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 응집에 대한 변화는 압착 자체가 두께 방향의 조건이기 때문에 응집에는 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

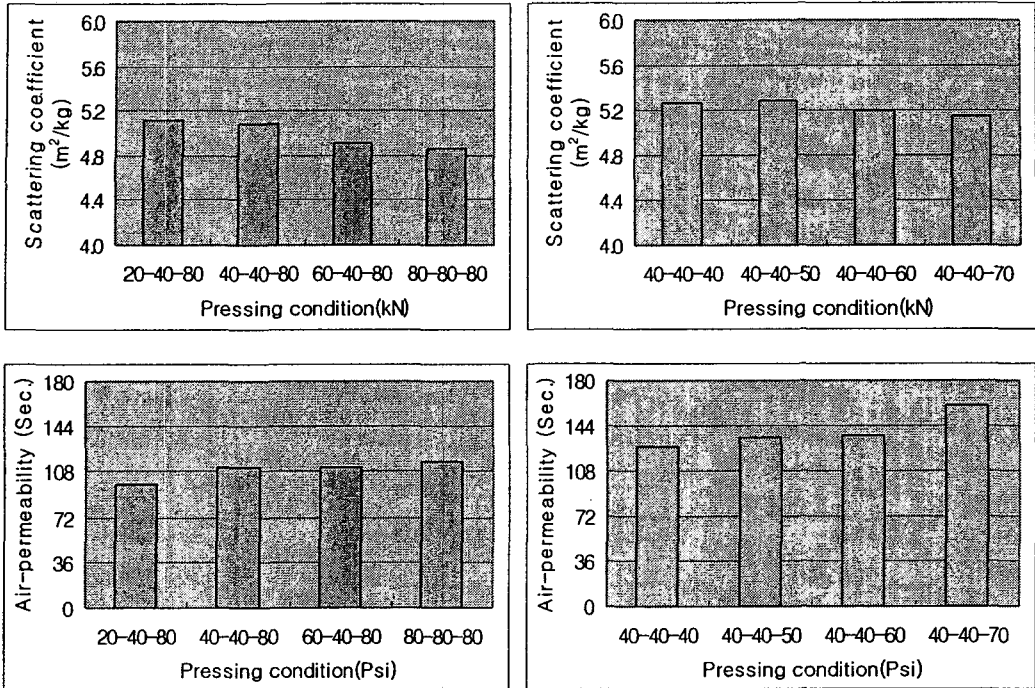


Fig. 2. Inner structural properties of handsheets at various pressing condition.

그림 2는 내부 변화를 간접적으로 예상 할 수 있는 산란계수와 투기도로써 1-p를 변화 시키는 경우 산란 계수는 감소하고 투기도는 증가하는 밀도 변화에 따른 경향을 나타내지만, 3-p 변화시 산란 계수는 거의 변화 없으면서 투기도가 증가하는 경향을 나타내었다. 그림 1과 2에서 예상할 수 있는 것은 1-p 변화시 종이의 두께 방향으로의 압착 영향이 직접적으로 나타나며, 3-p 변화시 z-방향의 압착에 따른 직접적인 변화는 나타나지 않는다는 것이다.

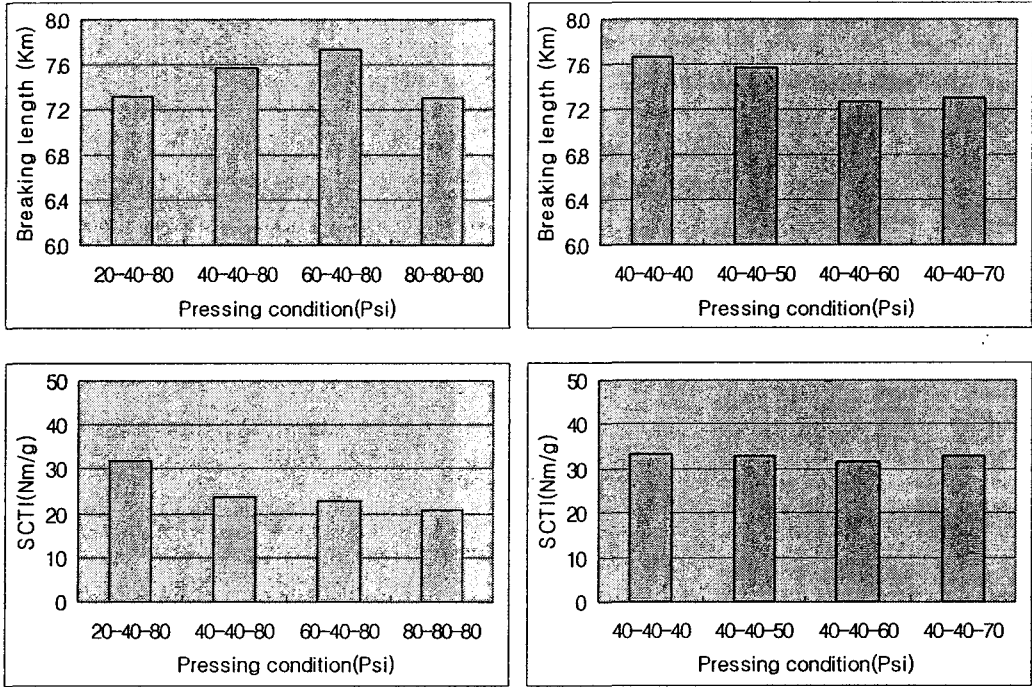


Fig. 3. Strength properties of handsheets at various press condition.

그림 3은 압착 변화에 따른 강도 변화를 나타낸 것으로 열단장의 경우 1-p 및 3-p 변화에 따라 4-5%의 강도의 차이를 나타내지만 일정한 경향은 나타내지 않은 반면, 압축 강도의 경우 press 변화에 따라 큰 차이를 나타냄을 알 수 있다. 1-p의 경우 press 압력이 증가함에 따라 25-35%의 강도 저하를 나타냄에 반해 3-p 변화시 압축 강도의 변화는 나타나지 않았다. 1-p 변화시 압축 강도의 감소는 내부 구조 변화에 의한 것임을 예상 할 수 있으며, 이는 incipient crushing 에 의한 가능성을 나타낸다.

위의 결과에서 유추 할 수 있는 것은 1-p의 변화시 압착에 따라 습지의 구조 변화가 직접적으로 영향을 받지만, 3-p의 경우 압착 변화에 따라 습지의 구조 변화 영향이 적다는 것을 알 수 있다.

3-2. 내부 구조 변화

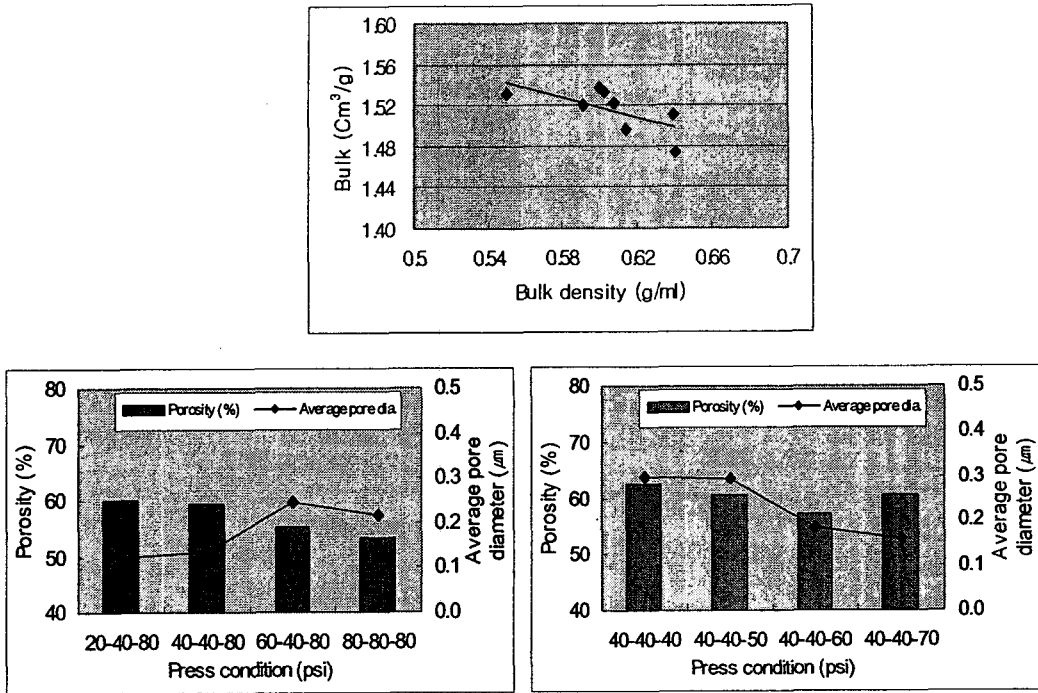


Fig. 4. Bulk and porosity of handsheets according to typical method and mercury method.

그림 4는 평량 및 두께로 계산된 bulk 와 기공 측정법에 의한 bulk density를 나타낸 것으로 기공 측정법에 의한 결과와 유사함을 알 수 있으며, 1-p의 변화에 따라 기공도가 9%가량 감소하지만, 3-p 변화에 따라 기공도의 별다른 변화를 나타내지 않았다. 평균 공극 크기와 기공도 변화의 경향을 살펴보면, 1-p의 경우 기공도는 감소하면서, 평균 공극 크기는 증가하는 경향을 보이며, 3-p의 경우 기공도는 별다른 변화 없이 평균 공극 크기가 감소하는 경향을 나타낸다. 1-p의 경우는 incipient crushing 에 의해 내부 공극이 발생했기 때문으로 예상되며, 3-p의 경우 incipient crushing 없이 압착에 따른 공극의 감소로 평균 공극 크기가 감소한 것으로 판단된다.

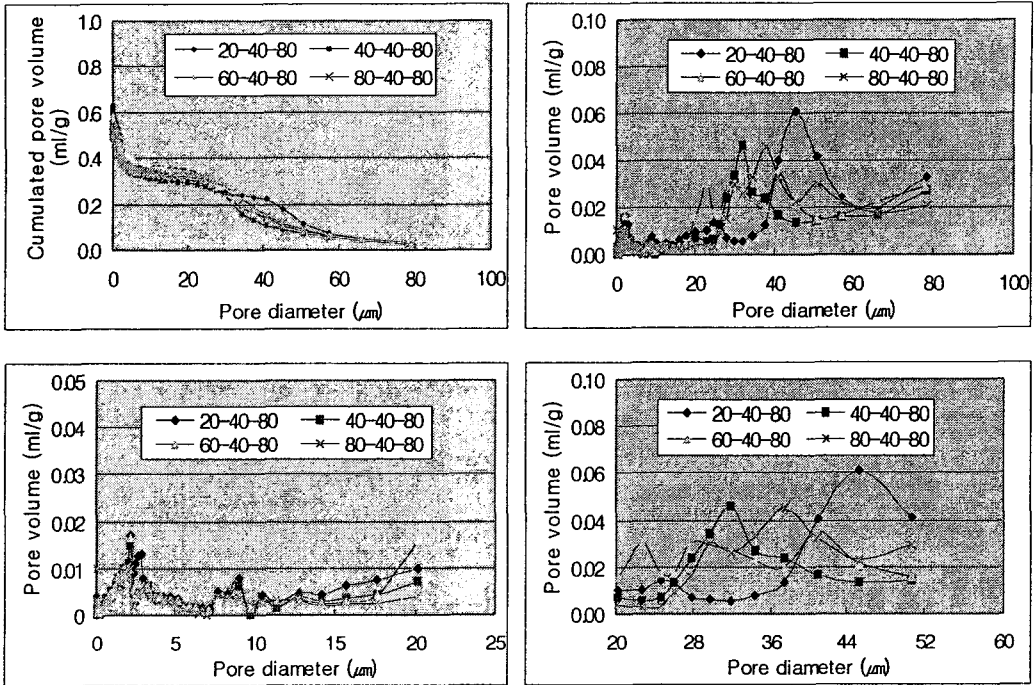


Fig. 5. Pore distribution of handsheets at 1-p changing condition.

그림 5는 1-p의 변화에 따른 공극 구조의 변화를 나타낸 것으로 0-20 μm 크기의 pore는 압착 조건에 따른 별다른 차이를 나타내지 않는 반면, 20-40 μm 의 공극의 양이 압착이 증가함에 따라 변화하는 것을 알 수 있다. 20-40-80 조건과 비교하여 40-50 μm 의 pore의 양이 1-p의 압착이 증가함에 따라 감소하면서 20-40 μm pore 양이 증가하는 양상을 나타내었다. 압착에 따라 밀도가 증가한 종이 물성의 data와 비교 평가시, 중간 영역의 공극의 증가는 crushing에 의한 것임을 유추할 수 있으며, 투기도가 증가하지 않음을 보아 이는 내부 공극으로 incipient crushing임을 예상할 수 있다.

그림 6은 3-P를 변화 시켰을 때 공극 구조 변화를 나타낸 것으로, third press에 의해 전체적인 공극의 양은 감소하였지만, 공극 크기에 따른 변화 패턴은 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 후반부의 압착은 이미 건조도가 어느 정도 진행된 후의 압착이기 때문에 압착에 의해 구조의 치밀화는 이루어지지만 공극 구조 형태 변형은 야기하지 않는 것으로 판단된다.

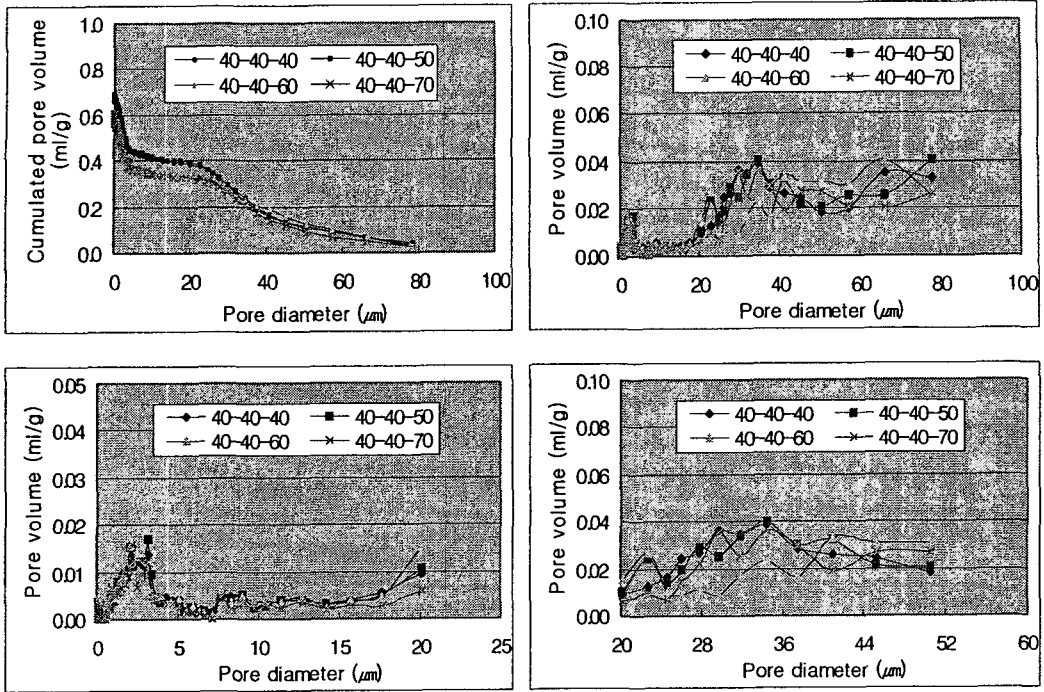


Fig. 6. Pore distribution of handsheets at 3-p changing condition.

4. 결 론

Press의 final 건조도가 같을 경우 종이의 평면 강도는 큰 차이를 나타나지 않는다.

Press의 final 건조도가 같을 경우 일반적인 종이 물성 측정값은 큰 차이를 나타내지 않는다.

Press 전반부의 압력 변화는 종이의 내부 구조 변화를 야기하며 이는 종이의 두께 방향의 강도에 영향을 미친다.

Press 전반부의 압력 변화시 수초지 내부 구조 변화를 야기 시키며 이는 기공 분석 결과 중간 크기의 공극 증가와 공극형태의 불규칙성을 야기한다.

Press 전반부의 압력 변화에 따라 발생하는 중간 크기의 공극은 내부에 존재하는 incipient crushing으로 판단되며, 이는 종이의 두께 방향 내부에 존재하며, 코팅시 코팅 칼라의 침투로 인해 내부 pond를 형성 지점을 유발할 수 있는 원인이 될 수 있다.