

# 습부압착 방식이 종이의 내부구조에 미치는 영향

이진호 · 박종문<sup>†</sup>

(2005년 8월 17일 접수: 2005년 11월 15일 채택)

## Influences of Wet-Pressing Types on Internal Structure of Paper

Jin-Ho Lee and Jong-Moon Park<sup>†</sup>

(Received on August 17, 2005: Accepted on November 15, 2005)

### ABSTRACT

To increase the productivity of a paper machine, the maximization of the machine speed is a kind of simple way. As the machine speed increases, more intense wet pressing is required to persist the outlet consistency of press part and reduce the water removal of dryer part. With more intense pressing, there are concerns that the quality of paper will be affected. This study was carried out to evaluate the influence of wet-pressing on internal structure of paper. The nip pressure at the first and third nip in triple nip press was controlled. Paper structures, strength properties and pore properties were evaluated. As a result, first nip pressure more strongly influenced the paper structural properties than third nip pressure in triple nip pressing condition. Because of the high water content and low wet-web strength of paper web in first nip, increasing the first nip pressure induced the incipient crushing of wet-web and then caused a potential of web break during the following coating or printing processes.

*Keywords* : productivity, wet-pressing, pore properties, first nip pressure, third pressure, incipient crushing

---

• 충북대학교 농업생명환경대학 산림과학부(School of Forest Resources, College of Agriculture Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).

• 이 논문은 2005년도 충북대학교 학술지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by Chungbuk National University Grant in 2005).

† 주저자(Corresponding author): E-mail: jmpark@cbu.ac.kr

## 1. 서론

제지공정은 지료 조성, wet-end, 압착부, 건조부와 같이 크게 4가지 공정단계로 나눌 수 있으며, 이 중 초지공정은 섬유를 물에 해리한 후 균일한 매트르 형성 시키면서 습지필의 탈수를 야기하는 작업이라 할 수 있다. 때문에 종이 제조에 있어서 탈수 공정은 매우 중요한 공정이며, 공정상 건조기의 건조 부하를 줄이기 위해 압착부의 수분 제거는 매우 중요한 공정 요소로 인식되고 있다. 인쇄용지에 있어서 강한 습부 압착은 건조기로 들어가는 습지필의 고형분 농도를 최대한 높이게 되고, 압착 이후의 지필의 높은 고형분은 강한 습지필의 형성과 건조기에서의 수분 제거량 감소로 초지 속도 상승을 유도하며 이는 생산성 향상으로 나타나게 된다.<sup>1,2)</sup> 초지기 운전에서 초속의 향상은 원가 및 생산성에 직결되는 문제로서, 속도 상승에 따라 습지필이 받는 탈수 시간은 줄어들기 때문에 상대적으로 습지필에 가해지는 탈수 소자의 압력을 증가시켜야 하는 문제를 가져오게 된다. 압착부의 경우 nip에서 가해지는 탈수 세기는 nip impulse라 하여 아래 식에서와 같이 nip에서의 압력과 체류 시간으로 정해지게 되는데, 초지 속도가 상승하는 경우 체류 시간이 감소하기 때문에 같은 nip impulse<sup>3)</sup>를 주기 위해서는 압력이 상승하게 되며 초지기 속도 상승에 따라 탈수가 가장 많이 일어나는 압착부 초기 nip 조건이 매우 중요하다고 할 수 있다.

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

습부 압착에 있어서 중요하게 고려되는 사항은 종이의 품질 저하 없이 최대한의 탈수를 유도하는 것으로, 초지기 고속화에 따른 습부 압착에 의해 발생하는 원지의 문제로서 shadow mark와 incipient crushing 문제를 들 수 있다.<sup>4,5)</sup> Busker<sup>5)</sup>에 의하면 incipient crushing은 수력학적 전단력이 섬유네트 워크 전단력을 초과하는 경우 발생한다고 하였는데, 본 실험에서는 triple nip press 조건에서 초기 및 후기 압착부의 압력 변화가 종이의 구조 변화에 어떻게 영향하는가에 대하여 평가하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 지료 조성

국내 D사에서 사용하고 있는 뉴질랜드산 Radiata pine Sw-BKP를 실험실용 고해기를 이용하여 350 ml CSF로 고해하여 공시 펄프로 사용하였다.

### 2.2. 수초지 제작

TAPPI standard T 205 om-88에 의거하여 60 g/m<sup>2</sup> 으로 초지하였으며, 압착부는 triple-nip plane roll press를 기본으로 가정하였고, 실험실용 roll-press를 이용하여 Table 1의 조건으로 쿠우칭된 습지를 압착하여, 1-P압력 변화 및 3-P압력 변화를 실시하였다. 본 실험은 초기 또는 후기의 압착 변화에 따른 종이의 구조 변화를 평가하기 위한 실험으로 2-P의 영향을 줄이기 위해 40 psi로 고정하였다.

**Table 1. Dryness of wet paper after final press section at various pressing conditions**

Test	Pressure (psi)			Final dryness (%)
	1P	2P	3P	
First press	20	40	80	40.2
	40			39.7
	60			39.9
	80			41.2
Third press	40	40	40	37.5
			50	38.7
			60	38.4
			70	39.7

### 2.3. 물성 측정

TAPPI standard T402 om-83에 따라 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%로 조습 처리한 수초지의 T494 om-88 및 T 826 pm-92에 의거하여 열단장 및 압축강도(Short span compression test)를 평가하였고, air-permeability 및 scattering coefficient는 TAPPI standard T 460-om-88 및

T220 om-88에 따라 측정하였다. 공극 구조는 충북 대학교 공동 실험 실습관의 기공 분석 장치인 Autopore III 9420 (micrometrics instrument)를 이용하여 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 1-p 및 3-p 압력 변화시 종이의 구조 변화를 나타낸 것으로, 1-p 압력을 변화시켰을 경우 bulk 감소가 나타나는 반면 3-p 압력을 변화시켰을 경우 bulk의 변화가 거의 나타나지 않았음을 알 수 있다. 투기도의 경우 1-p와 3-p 모두 압력 증가에 따라 투과시간이 증가하는 것으로 보아 투기도는 감소하는 양상을 나타내나, 3-p가 압력 증가조건에 따라 더 낮은 투기도를 나타내었다. 일반적으로 bulk한 종이일수록 투기도가 높게 나타나지만, 본 실험에서는 3-p 압력을 변화 시킨 경우가 bulk 하면서도 투기도가 낮은 특성을 나타내었다.

습지는 압착 과정을 거치면서 탈수되며 고형화 되는데, 초기 압착부의 압력 변화에 의한 종이의 구조 변화시 일반적인 습지의 고형화 과정과는 다른 현상이 일어나고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 2 및 Table 2는 압착부 변화에 따른 종이의 물리적 특성을 나타낸 것으로, 열단장의 경우 1-p 및 3-p 압력을 변화 시켰을 경우 시험편간 4-5% 정도의 편차를 나타내지만 특이한 경향의 차이를 나타내지 않는 반면, 압축 강도의 경우 압착부 압력 변화에 따라 큰 차이가 나타남을 알 수 있었다. 1-p의 경우 압착부의 압력 증가에 따라 25-35%의 강도 저하가 나타남에 비해, 3-p의 압력 변화에 따라 압축 강도의 변화는 나타나지 않았다. 1-p 압력 증가의 경우 열단장의 변화 없이 압축 강도의 감소는 내부 구조 변화에 의한 것임을 예상할 수 있고, 이는 incipient crushing에 의한 가능성을 나타낸다.

위의 결과에서 유추 할 수 있는 것은 1-p의 압력 변화시 압착에 따라 습지의 구조 변화가 직접적으

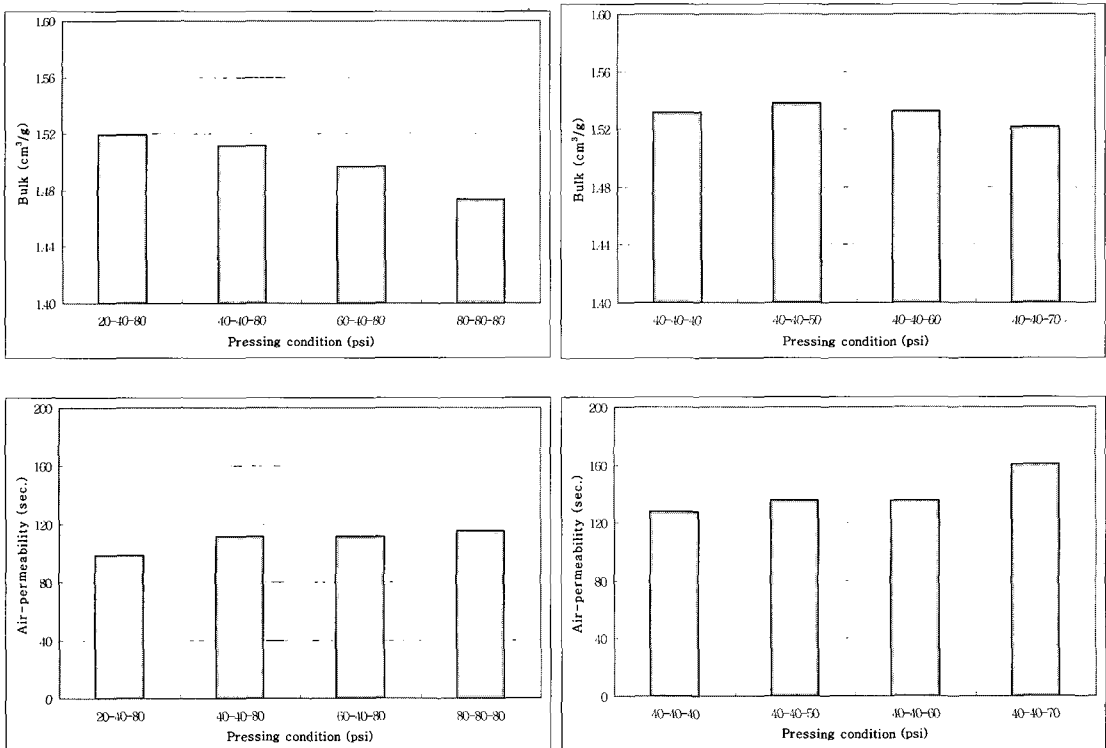


Fig. 1. Influence of wet-pressing on structure of handsheets.

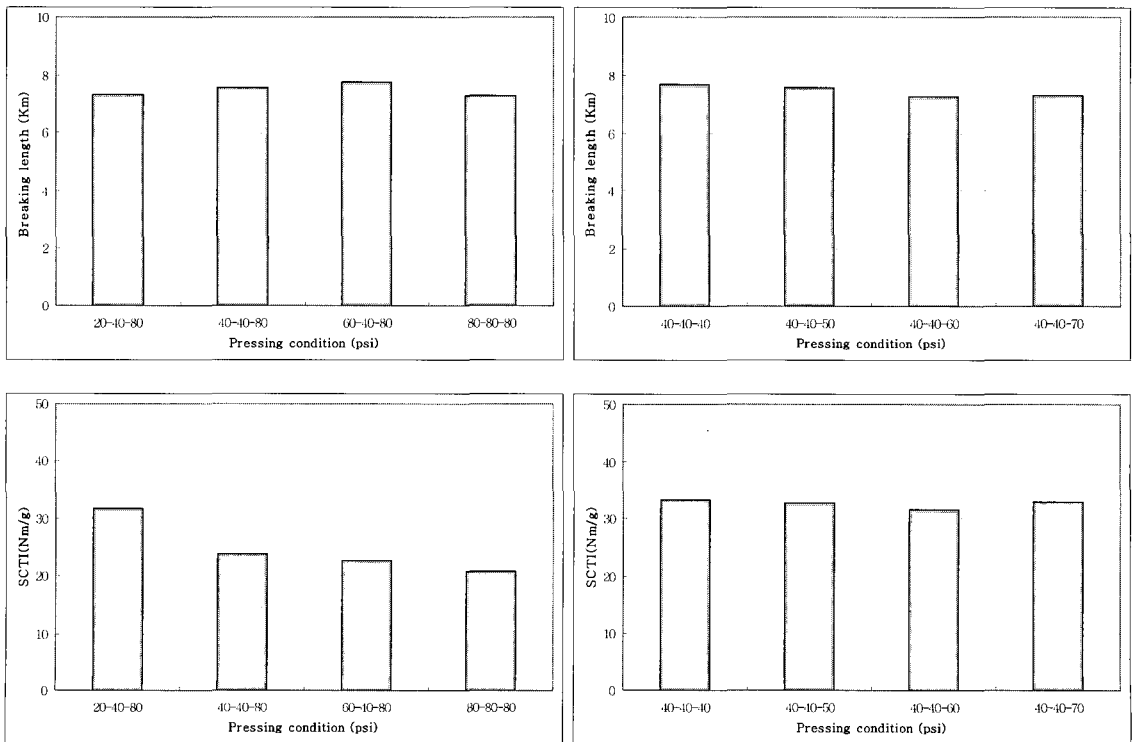
**Table 2. Results of physical measurements**

Pressure (psi)	First press				Third press			
	20	40	60	80	40	50	60	70
Bulk (g/cm <sup>3</sup> )	1.52	1.51	1.49	1.47	1.53	1.53	1.53	1.52
Air-permeability (sec.)	98.49	111.19	111.49	115.55	127.58	135.72	136.01	160.08
Scattering coeff.(m <sup>2</sup> /kg)	5.12	5.09	4.92	4.87	5.26	5.28	5.21	5.16
Breaking length (km)	7.31	7.57	7.74	7.30	7.67	7.57	7.26	7.30
SCTI (N.m/g)	31.77	23.87	22.75	20.87	33.31	32.85	31.54	32.97

로 영향을 받지만, 3-p의 경우 압착 변화에 따라 습지의 구조 변화 영향이 적다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3은 수은을 이용한 기공측정 결과로서 1-p 및 3-p 모두 압착력 증가에 따라 기공도가 감소하는 경향을 나타냈으며, 감소 경향은 1-p에서 더욱 뚜렷이 나타났다. 평균 공극 크기와 기공도 변화의 경향을 살펴보면, 1-p의 경우 기공도는 감소하면서도 평균 공극 크기는 증가하는 경향을 나타냈으며,

3-p의 경우 기공도의 감소 및 평균 공극 크기가 감소하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 습부 압착에 의한 지필이 고형화 되는 경우 밀도 증가에 따른 기공도 감소 및 공극 크기의 감소가 일반적이거나 1-p를 변화시키는 경우에는 기공도 감소에도 평균 공극 크기가 감소하지 않는 상이한 결과를 나타내었다. Goel<sup>(6)</sup>은 x-ray microtomography를 이용하여 종이의 3차원 구조 연구시 강한 물리적 압착 처



**Fig. 2. Influence of wet-pressing on strength properties of handsheets.**

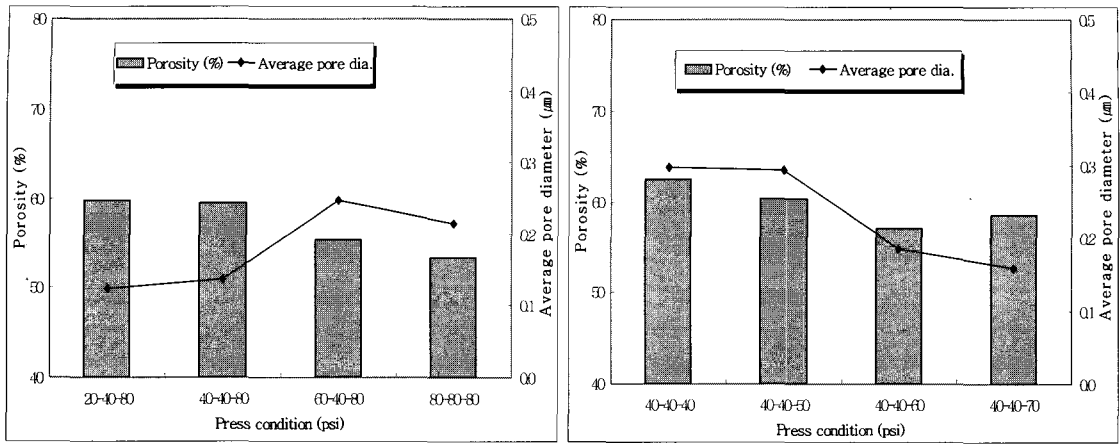


Fig. 3. Influence of wet-pressing on pore structure of handsheets.

리를 받더라도 공극간 연결이 되어있는 구조를 확인하였는데, 1-p의 변화시 incipient crushing 에 의해서 내부 공극이 발생하였기 때문에 전체 기공도는 감소하면서도 평균 공극 크기가 증가한 것으로 판단된다.

Fig. 4는 1-p 및 3-p의 압착부 변화에 따른 공극 크기에 따른 공극 분포를 나타낸 것이다. 1-p를 변화 시킨 경우 압착부 압력이 강해짐에 따라 0-20 μm 크기의 pore는 압착 조건에 따른 별다른 차이를 나타내지 않는 반면, 20-40 μm의 공극 분포는 압착

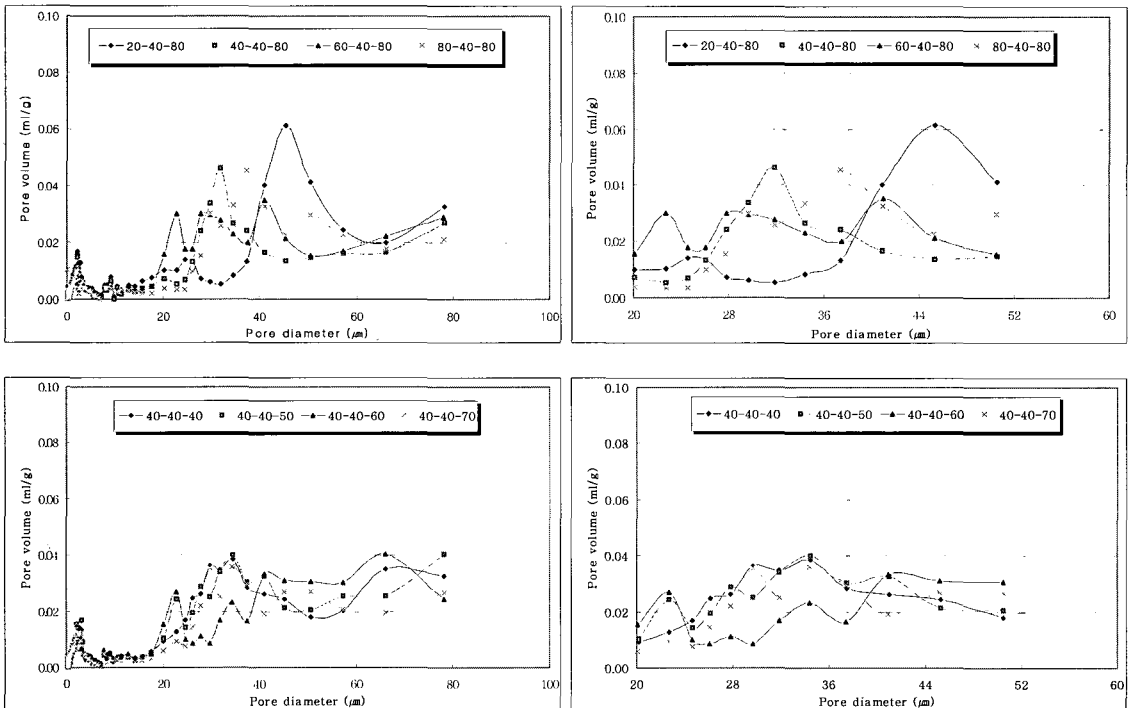


Fig. 4. Influence of wet-pressing on pore distribution of handsheets.

이 증가함에 따라 변화하는 것을 알 수 있었다. 1-p의 낮은 압력과 높은 압력의 비교시 40-50  $\mu\text{m}$  영역의 pore가 1-p의 압착이 증가함에 따라 감소하면서 20-40  $\mu\text{m}$  pore 양이 증가하는 양상을 나타내었다. 압착에 따라 밀도가 증가한 종이 물성의 data와 비교 평가 시, 중간 영역의 공극의 증가는 crushing에 의한 것임을 유추할 수 있다.

Fig. 4의 아래 그림은 3-P를 변화 시켰을 때 공극 구조 변화를 나타낸 것으로, 3-p의 압력 증가로 인해 전체적인 공극의 양은 감소하였지만, 공극 크기에 따른 변화 패턴은 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 후반부의 압착력의 증가는 이미 건조도가 어느 정도 진행된 후의 압착이기 때문에 압착력 증가에 의해 구조의 치밀화는 이루어지지만 공극 구조 형태 변형은 야기하지 않는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

초지기의 생산성 증가를 위해 초지기의 속도 증가시 건조부의 부하를 줄이기 위해 압착부는 습지필을 최대한 압착하게 된다. 일반적인 roll press의 경우 속도 증가에 따른 지필의 체류 시간 감소로 압착력을 증가시켜 습지의 건조도를 유지하게 되는데, 충분한 네트워크 강도를 가지지 못한 습지에 과도한 압착력이 부가되면 지필은 crushing 현상이 발생하게 된다. 본 실험 결과 지필이 충분히 건조되지 못한 상태인 압착 전반부의 과도한 압착은 수초지 내부의 구조변화를 야기 시키며, 구조 변화로 인

해 발생하는 20-40  $\mu\text{m}$  크기의 공극은 지필 내부에 존재하는 incipient crushing으로 판단되며, 이는 코팅과 같은 후공정시 코팅 칼라의 침투로 인해 내부 pond를 형성하여 지질을 유발할 수 있는 원인이 될 수 있다. 초지기의 생산성 향상을 위해 속도를 상승시 초지기의 압착부 압력 조절시 전단보다는 후단의 압력을 상승 시키는 것이 지필의 두께 방향 구조에 안정적이고 생산성을 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

#### 인용문헌

1. McDonald, J. D., Pikulik, I. I., Mentele, C. J. and Lange, D. V., A pilot paper machine evaluation of the effect of pressing on newsprint quality, *Tappi J.*, 81(6):131-137 (1998).
2. Casey, J. P., *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, Third Ed. Vol II, pp. 1065-1077 (1980).
3. Reese, R. A., *Paper Machine Wet Press Manual*, Fourth Ed., Tappi, Atlanta, 1999.
4. Wahlstrom, B., *Fundamentals of web consolidation*, PIRA International Conference, *New Technologies in Web Consolidation and Drying*, May (1986).
5. Busker, L. H., Effect of wet pressing on paper quality, *Southern Pulp & Paper* 49(5):23 (1986).
6. Goel, A., Tzanakais, M., Huang, S., Ramaswamy, S., Choi, D. and Ramarao, B. V., Characterization of the three-dimensional structure of paper using X-ray microtomography, *Tappi J.* 84(5):1-6 (2001).