

## 골판지 고지의 물리화학적 처리에 의한 강도향상(제3보)

- 수초지의 물리적 특성변화 -

이 종 훈 · 서 영 범<sup>†</sup> · 전 양 · 이 학 래<sup>\*1</sup> · 신 종 호<sup>\*2</sup>

### Strength Property Improvement of OCC-based Paper by Chemical and Mechanical Treatments (III)

- Handsheet physical properties -

Jong Hoon Lee, Yung B. Seo<sup>†</sup>, Yang Jeon,  
Hak Lae Lee<sup>\*1</sup>, and Jong Ho Shin<sup>\*2</sup>

#### ABSTRACT

This study is a continuation of the previous experimental analysis<sup>1)</sup> and is mostly focused on handsheet strength properties. Four completely different fibers, which were Hw-BKP, Sw-BKP, White ledger, and OCC, were selected to investigate the effect of mechanical pre-treatment by Hobart mixer on handsheet strength properties. After equal time mechanical pre-treatment, the fibers were refined with laboratory valley beater for 10, 20 and 30 minutes, and handsheets were prepared from the fibers for physical strength comparison. Handsheets from SW-BKP and OCC showed 5~30% increase of breaking length, burst index, tear index, and compression index while handsheets from HW-BKP and White ledger no increase except tear index. In Hobart mixer pre-treatment, HW-BKP and White ledger fibers were easily attached to the wall of the mixer bowl and mechanical action was not effectively applied. The fiber length of Hw-BKP and White ledger were 0.837 mm and 1.591 mm, respectively, while SW-BKP and OCC were 2.744 mm and 2.033 mm, respectively, in weight weighted length. The effective mechanical pre-treatment seems to be related to the fiber length. Tear indexes of the pre-treated furnish were much higher than no pre-treatment at the same breaking length level.

• 충남대학교 농과대학 임산공학과(Dept. of Forest Product, College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon, 305-764, Korea).

\*1 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Forest Product, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea).

\*2 한국화학연구소 펄프제지연구센터(Pulp and Paper Research Center, KRICT, P.O. Box 107, Yusung, Taehon, 305-606, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: ybseo@hanbat.chungnam.ac.kr

## 1. 서론

“골판지 고지의 물리화학적 처리에 의한 강도향상”에 관한 제2보<sup>1)</sup> 발표에서 Hobart mixer에 의한 섬유의 전처리는 평균 섬유장의 감소가 없이 섬유의 WRV(Water Retention Value)를 높인다는 점을 밝힌 바 있다. 섬유자체의 구조적 특성도 물리적 전처리의 효과에 큰 영향을 미치는 점을 역시 제2보에서 지적한 바 있다. 즉 섬유장이 다소 긴 침엽수나 OCC의 경우가 섬유장이 상대적으로 짧은 활엽수나 White ledger보다 물리적 전처리효과가 훨씬 더 드러내는 것으로 나타났다. 이와 같은 점은 Hobart mixer에 의한 물리적 전처리시 단섬유(활엽수, White ledger)들이 물리적 압축 및 전단력을 받기가 장섬유(침엽수, OCC)에 비해 불리하기 때문으로 추정하였다. 네 가지 섬유들의 섬유장은 각각 침엽수 펄프가 고해전의 경우 2.744 mm(Weight weighted length)로 가장 길었고 다음이 OCC로서 2.033 mm, White ledger, 1.591 mm, 활엽수의 경우 0.837 mm로 각각 나타났다. 실제로 같은 시간과 같은 속도로 물리적 전처리를 실시한 장섬유들의 WRV 증가가 단섬유들의 WRV 증가보다 높게 나타나고 있었다. Mixer 내에서도 단섬유 처리시에는 섬유들이 처리의 시작과 함께 밀려나서 벽면에 붙어 버려서 물리적 처리를 사실상 받기 어려운 상태가 되어 버린 반면 장섬유들은 mixer의 날에 잘 고착되어 물리적 처리를 잘 받는 것을 목격할 수 있었다. 요약하면 물리적 전처리는 섬유의 종류와 형태, 농도, 또 전처리 기구의 날의 크기와 모양, 형태에 따라 그 효과가 달라질 수 있음을 확인하였다. 단섬유들이 물리적 전처리를 받기가 힘들다는 본 실험 결과는 일반화될 수 없으며, 적절한 물리적 전처리 기구에 의해

서는 장섬유보다 더 효과적인 물리적 전처리를 받을 수도 있는 개연성이 존재한다.

그 외에도 제2보에서는 같은 시간 고해를 실시할 경우, 물리적 전처리를 실시한 섬유들이 전처리를 하지 않은 섬유들에 비해 섬유장은 동등하나 여수도가 통계적으로 큰 차이를 보일 만큼 낮아졌다는 것을 보고하였다. 여수도가 일반적으로 섬유의 표면적과 비례하며,<sup>2)</sup> 같은 고해시간을 적용한 섬유들간에 섬유장의 변화가 없었던 점으로 미루어 보아 물리적 전처리를 실시하는 경우 미세섬유분의 발생보다는 섬유의 내부 피브릴화가 효과적으로 촉진되었다는 점을 짐작할 수 있었다. 본 발표에서는 물리적 전처리를 실시한 침엽수, 활엽수, OCC, White ledger의 수초치의 강도가 어떻게 변화하였는지를 주로 나타내었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시펄프

본 연구에서 사용된 공시펄프는 2가지의 천연펄프(표백 침엽수, 표백 활엽수)와 2가지의 재생펄프(OCC, White ledger)를 사용하였으며 각각의 특징은 Table 1과 같다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 섬유의 전처리

각각의 천연섬유(Sw-BKP, Hw-BKP)와 재생섬유(OCC, White ledger)는 Valley beater를 사용하여 농도 1.5%에서 하중을 가하지 않

Table 1. Characteristics of pulps used

Pulp	Note
OCC	Manufactured with 100% Korean recycled paper
White ledger	Recycled fine paper
침엽수(Sw-BKP)	Softwood Bleached Kraft Pulp (maker : Arauco Co.)
활엽수(Hw-BKP)	Hardwood Bleached Kraft Pulp (maker : Cenzbra Co.)

은 상태로 60분간 해리를 실시한 후(Fig. 1) 다시 25% 농도로 농축하고 이 시료를 control로 정하였다. 이 control 시료를 다시 상온에서 1시간, 3시간, 5시간 동안 Hobat mixer를 이용하여 물리적 전처리를 실시하였으며, 이를 전처리를 하지 않은 시료(control)와 비교하였다. 섬유 전처리과정과 고해 및 수초지 제작과정을 Fig. 1에 나타내었다.

### 2.2.2 수초지 물성측정

각각의 수초지는 TAPPI Standard T402 om-88에 따라 23±1℃, 상대습도 50±2%로 조절된 항온항습실에서 24시간 이상 조습처리를 실시한 후 물성을 측정하였다. 조습처리된 수초지는 인장강도(T489 om-88), 인열강도(T414 om-88), 파열강도(T403-85), 압축강도를 측정하여 각각 열단장, 인열지수, 파열지수, 압축지수를 산출하였다.<sup>3,4)</sup>

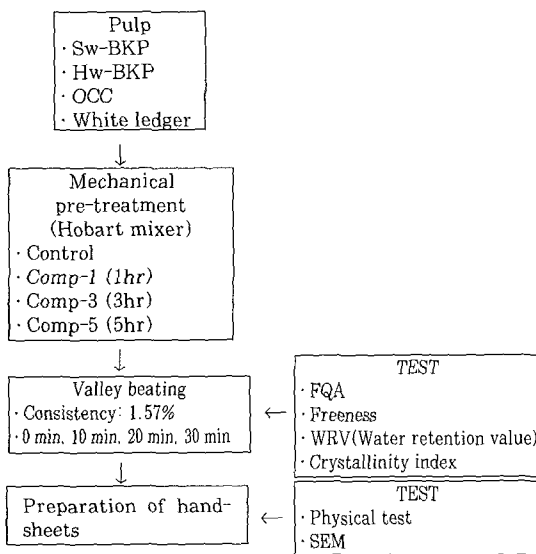


Fig. 1. Diagram of fiber processing and hand-sheet-making.

## 3. 섬유의 물리적 전처리에 의한 수초지의 강도적 성질의 변화

### 3.1 밀도의 변화

물리적 전처리를 실시한 펄프는 섬유가 연화되어 있어서 같은 고해시간에서도 고해가 빨리 진행되므로 여수도가 빨리 떨어진다. 하지만 같은 고해시간에서 섬유장의 변화는 없었음을 우리는 이미 알고 있다.<sup>1)</sup> 같은 고해시간에서 밀도를 비교하면 물론 물리적 전처리를 실시한 섬유들이 높은 밀도를 만드는 것이 사실이지만 같은 여수도하에서 밀도의 비교는 물리적 전처리를 실시한 섬유들의 내부 피브릴화를 짐작할 수 있게 하고 있다. Fig. 2는 각각의 섬유에 물리적 전처리를 실시하였을 때 밀도의 변화를 여수도를 축으로 나타낸 것으로서 대체적으로 고해를 진행할수록 수초지 밀도가 증가하는 모습을 보였다. 침엽수의 경우 물리적 전처리를 실시하였을 때, 같은 여수도 수준에서도 밀도가 높은 경향이 나타나고 있으나 활엽수와 OCC, White ledger의 경우 그러한 경향이 나타나지 않았다. OCC의 경우 같은 여수도 하에서도 물리적 전처리를 실시한 섬유의 WRV가 훨씬 높은 것으로 나타났으나 밀도에서는 두드러진 변화를 보이지 않았다.

### 3.2 열단장 및 파열강도의 변화

Figs. 3-4는 각각의 섬유에 물리적 전처리를 실시하였을 때 열단장과 파열강도의 변화를 여수도 수준별로 나타낸 것이다. Fig. 3에서 나타난 것과 같이 활엽수와 White ledger는 물리적 전처리를 실시한 지료의 경우 오히려 열단장의 증대를 볼 수 없었다. 그러나 침엽수와 OCC는 물리적 전처리를 실시한 지료가 같은 여수도 수준에서 높은 열단장의 값을 나타내었다. 이 결과는 WRV와 여수도관계를 나타낸 그래프와 그 경향이 일치한다.<sup>1)</sup> Fig. 4는 각각의 섬유에 물리적 전처리를 실시하였을 때 파열강도의 변화를 여수도 수준별로 나타낸 것이다. 열단장 결과와 마찬가지로 물리적 전처리를 실시하였을 때 침엽수와 OCC로 제작한 수초지의 경우 같은 여수도 수준에서 파열

강도가 전처리를 하지 않은 control 시료에 비해 훨씬 높았으며, 활엽수와 White ledger의 경우 control 시료와 거의 동등한 경향을 나타내고 있었다. 이것은 열단장과 마찬가지로 비교적 장섬유

인 침엽수와 OCC가 물리적 전처리시 압축, 전단력이 섬유에 잘 전달되어 그 효과가 크게 나타난 것으로 판단된다.

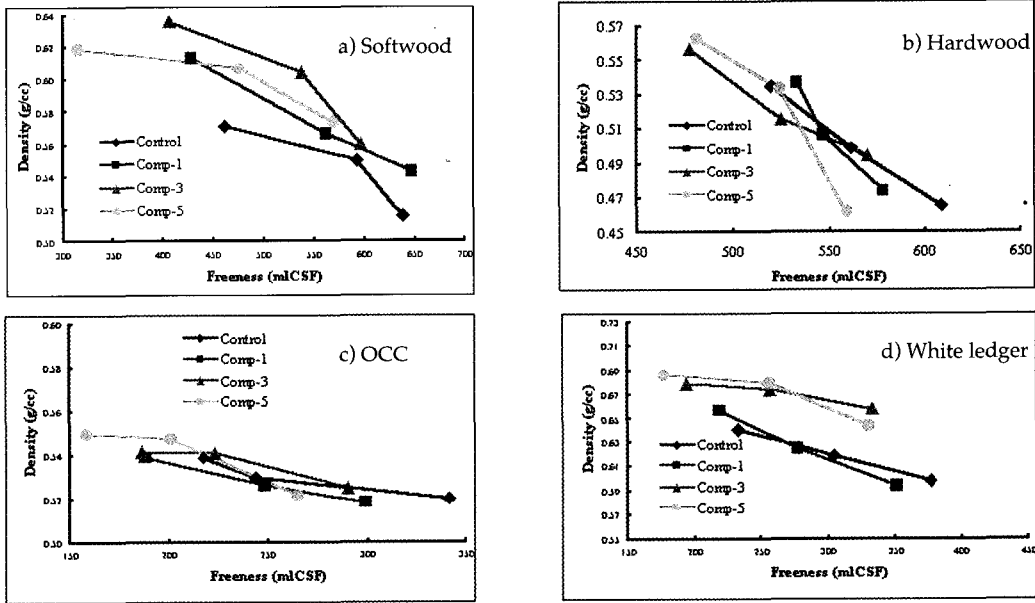


Fig. 2. Densities of the handsheets after refining for 10, 20, and 30 minutes.

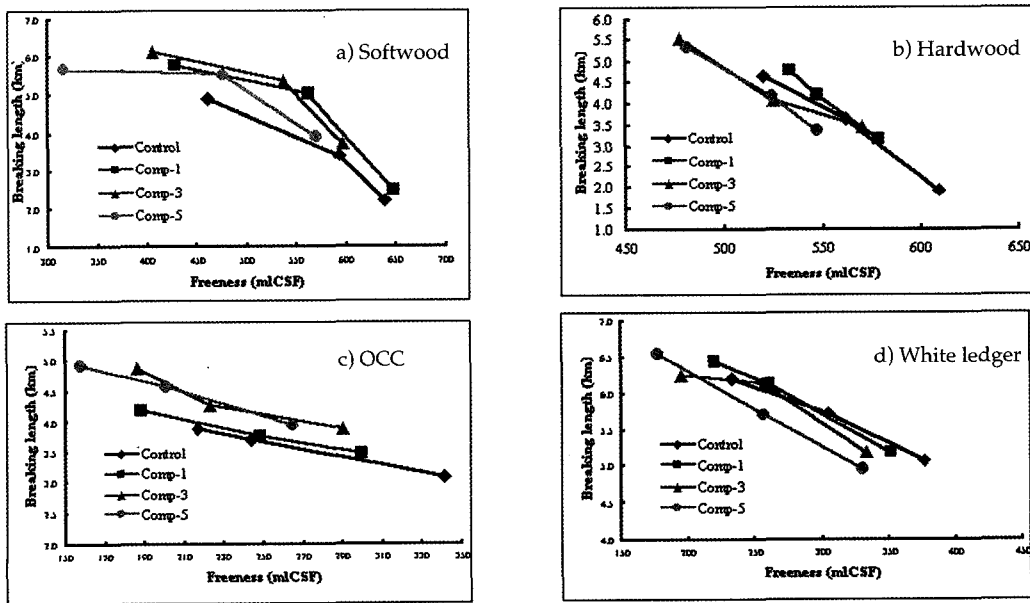


Fig. 3. Breaking lengths of the handsheets after refining for 10, 20, and 30 minutes.

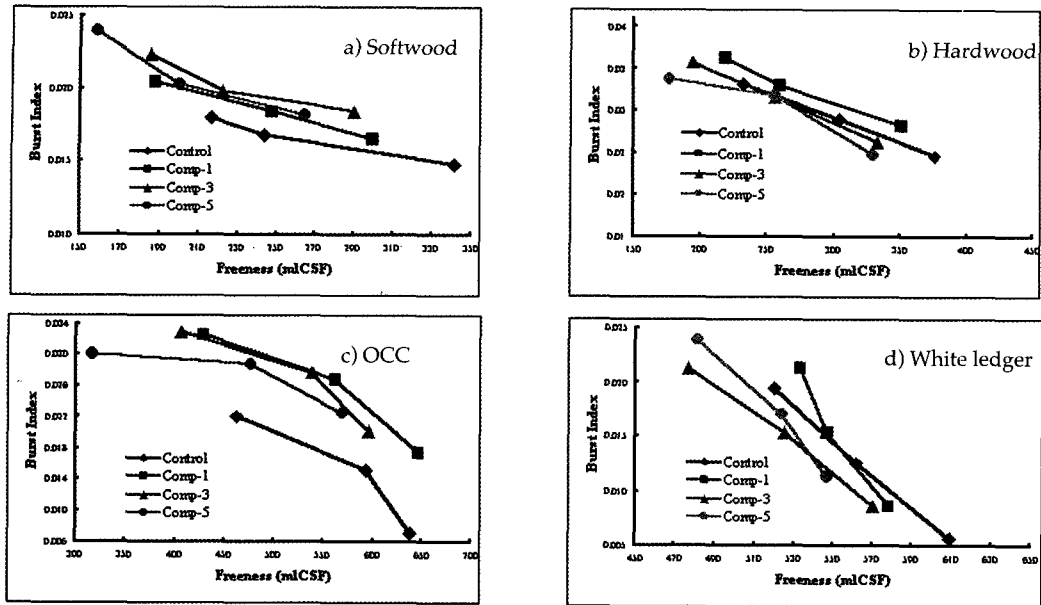


Fig. 4. Burst indexes of the handsheets after refining to 10, 20, and 30 minutes.

### 3.3 인열강도의 변화

인열강도는 일반적으로 섬유의 길이에 큰 영향을 받으며 고해 초기에 상승하다가 계속 고해를 진

행시키면 떨어지는 경향을 보이는 것이 보통이다. 섬유장이 특별히 짧을 때에는 고해가 진행될수록 계속 인열강도가 증대되며, 섬유장이 길어지면 고해 초기부터 인열강도의 감소가 생기게 된다.

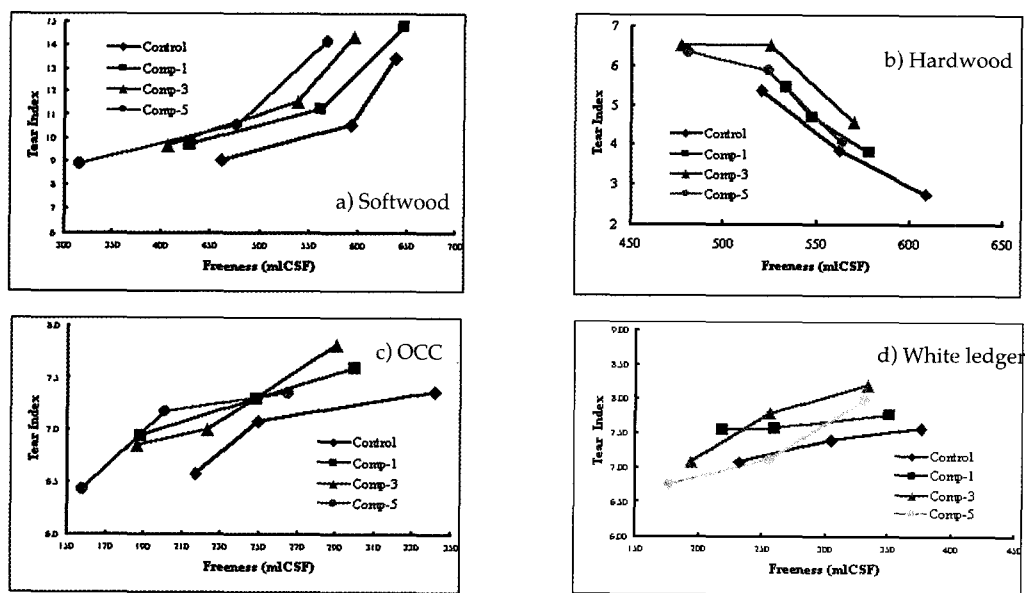


Fig. 5. Tear indexes of the handsheets after refining to 10, 20, and 30 minutes.

Fig. 5는 각각의 섬유에 물리적 전처리를 실시하였을 때 인열강도의 변화를 여수도 수준별로 나타낸 것이다. 활엽수를 제외하고는 고해를 진행할수록(여수도가 감소할수록) 인열강도는 낮아지며 같은 여수도에서도 물리적 전처리를 실시한 수초지의 경우 인열강도가 높은 것으로 나타났다.

활엽수는 고해를 진행할수록 인열강도가 높아지며, 물리적 전처리를 실시한 수초지의 인열강도가 같은 여수도 수준에서 높은 것으로 나타났다. 본 그림에서는 다른 강도적 성질과 다르게 인열강도는 네 가지 섬유들 모두에게서 인열강도의 증대를 얻었다. Hobart mixer에서의 물리적 전처리는 섬유에 압축 및 전단응력을 제공함으로써 섬유구조의 연화를 촉진시킬 뿐만 아니라 섬유에 결을 형성시켜 수초지의 신장률을 높여 주고, 인열강도도 증대시키는 효과가 있음을 잘 보여 주고 있다.

### 3.4 압축강도의 비교

침엽수와 OCC의 경우, 물리적 전처리에 의해 인장, 파열, 인열강도의 증대를 확인하였다. 물리적 전처리가 섬유에 압축과 전단력을 가함으로써 섬유 내부구조의 연화뿐만 아니라 섬유에 curl과

kink를 발생시키는 점이 압축강도의 증대에 약간의 우려를 주었지만 Fig. 6에서처럼 압축강도도 월등히 증대시키는 모습을 볼 수 있었다. 역시 활엽수와 White ledger는 물리적 전처리를 효과적으로 받지 못한 까닭에 전처리를 받지 못한 섬유들과 거의 동일한 곡선상에 위치해 있음을 볼 수 있었다.

### 3.5 인열강도와 열단장의 비교

Fig. 7은 각각의 섬유에 물리적 전처리를 실시하였을 때 인열강도의 변화를 열단장 수준별로 나타낸 것이다. 일반적으로 고해의 효과에 의해서 열단장이 증가하면 인열강도는 감소하게 된다.<sup>5,6)</sup> 하지만 물리적 전처리를 실시한 시료로 제작된 수초지의 경우 같은 열단장 수준에서 높은 인열강도를 나타냈다.<sup>7)</sup> White ledger로 제작된 수초지의 경우 그 경향이 일정하지 않았다. 한 종류의 섬유를 사용해서 동일한 인장강도에서 10% 이상 증대된 인열강도를 만들어 내는 일은 매우 드문 일이지만 Hobart mixer를 이용한 물리적 전처리는 매우 효과적으로 섬유를 개질시켜 높은 인열강도를 만들어 내고 있었다. 이러한 결과는 사실상 섬

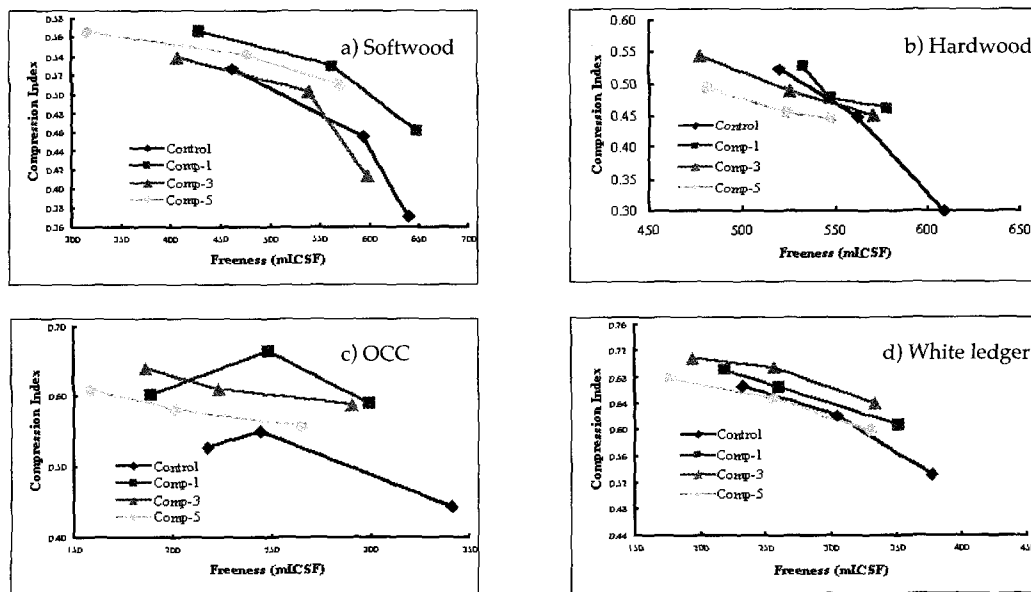


Fig. 6. Compression indexes of the handsheets after refining to 10, 20, and 30 minutes.

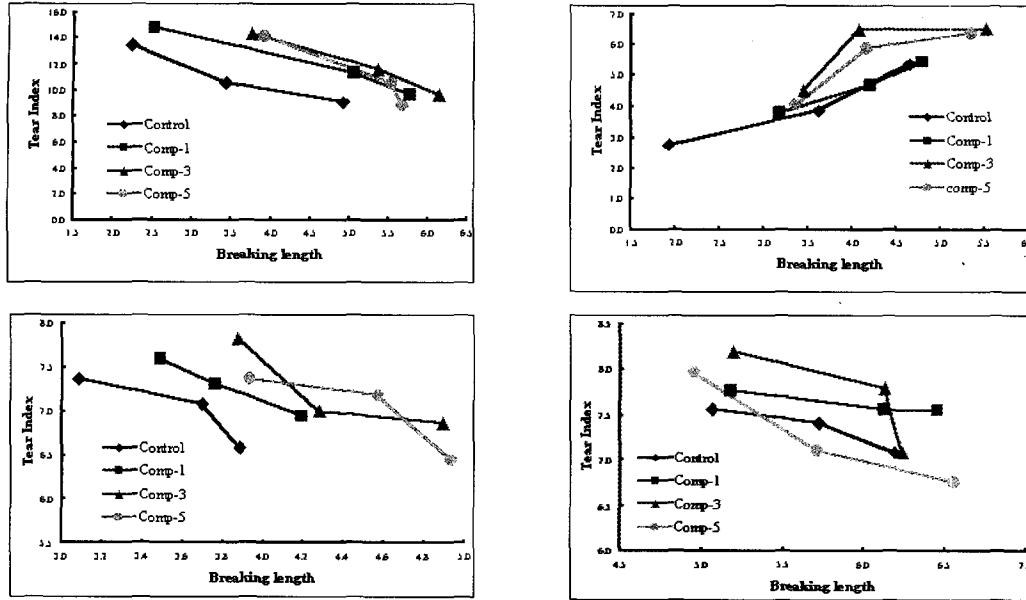


Fig. 7. Tear indexes vs. breaking lengthes of the handsheets after refining to 10, 20, and 30 minutes.

유의 분석에서 예견된 일이기도 하다. 물리적 전처리를 겪은 섬유들이 동일한 조건과 시간 동안 고해를 실시했을 때, 전처리를 하지 않은 섬유들에 비해 여수도가 낮아졌지만 섬유장의 차이가 없었다는 사실이 바로 그것이다.

### 4. 결론

본 연구에서는 Hobart mixer를 이용한 물리적 전처리의 효과를 규명하기 위하여 4가지 펄프(침엽수, 활엽수, OCC, White ledger)에 물리적 전처리를 실시한 후 Valley beater로 고해를 실시하여 수초지의 물성을 비교 분석하였다. Hobart mixer는 섬유에 강한 압축과 전단력을 가하게 되고, 이러한 물리적 힘에 의해 섬유의 형태와 물과의 친화력에 변화가 생길 수 있음을 확인하였다. Hobart mixer가 전달하는 힘에 의해서는 섬유의 절단이 생기지 않음을 섬유분석 결과 확인하였다. 이 기술을 고지, 특히 OCC에 적용할 경우 모든 종이의 강도적 성질을 증대시킬 수 있음을 확인하였으며, 이 기술이 OCC에만 제한

되는 것이 아니고, 다양한 종류의 섬유에도 적용이 가능함을 확인하였다. 단 물리적 전처리를 실시하는 기구가 섬유의 종류에 따라 맞추어져야 함도 확인하였다. 요약된 결론은 다음과 같다.

1. 네 가지 섬유(표백 침엽수, 표백 활엽수, OCC, White ledger)들을 같은 시간, 같은 방법으로 Hobart mixer에서 물리적 전처리를 실시하였으나, 수초지 물성에서 그 효과는 매우 상이하게 나타났다.
2. 침엽수와 OCC의 경우 전처리를 실시한 섬유들의 수초지의 강도적 특성들이(열단장, 파열지수, 인열지수, 압축지수) 동일한 여수도하에서도 전처리를 하지 않은 control에 비해 매우 높게 나타났다(5-30% 증대). 반면에 활엽수와 White ledger는 인열지수의 증대를 제외하고는 control의 수준을 유지하였다.
3. 활엽수와 White ledger의 경우 물리적 전처리 자체가 효과가 없기보다는 섬유장이 짧아 물리적 전처리를 효과적으로 받기가 어려워서 섬유의 개질이 효과적으로 이루어지지 못했다고 판단된다.
4. 동일 열단장하에서의 인열지수를 비교하는 경

우 네 가지 섬유 모두 정도의 차이는 있지만 매우 우수한 인열지수를 나타내고 있었다.

## 인 용 문 헌

1. 이종훈, 서영범, 전양, 이학래, 신중호, 펄프·종이기술 32(2):1 (2000).
2. Clark, J., Pulp technology and treatment for paper, Miller Freeman Publications, INC, p. 538 (1978).
3. Scott, W. E., Properties of Paper: An Introduction, TAPPI Press, Atlanta (1989).
4. TAPPI test methods, TAPPI PRESS (1998).
5. Seth, R. S., Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 197:137 (1990).
6. Gallay, W., The interdependence of paper properties, The formation and structure of paper, edited. by F. Bolam, BPBMA:500 (1962).
7. Page, D. H., Seth, R. S., Jordan, B. D., and Barbe, M. C., Papermaking raw materials, Vol. 1:183, Mechanical Engineering Publication LTD. (1985).