

## Microflute 골판지의 수평압축강도 평가(Flat crush resistance test)

The FCT(Flat crush resistance test) for Corrugated Board with Microflute

윤혜정, 이학래, 김지용, 권현승, 진성민  
서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

### 1. 서론

골판지는 포장산업에서 차지하는 비중이 매우 큰 분야로서 원료의 가격이 저렴하고 단위 무게 당 압축강도가 높고, 경량이며, 강성과 완충성이 좋은 이유로 대표적인 포장재로 이용된다. 재활용이 가능한 재료로서 폐기물 처리가 용이할 뿐 아니라 재순환하여 사용할 수 있는 친환경적인 장점을 가진다.

골판지는 골의 높이와 골수에 따라 구분이 되는데, 그 중 E골, F골, G골과 같이 골 높이가 1.5 mm 이내의 것을 microflute 골판지라고 한다. Microflute 골판지는 일반의 골판지보다 좋은 압축강도, 인쇄성 등의 장점을 가지고 있으며 미세한 골을 가지기 때문에 동일 두께의 판지에 비해 원료절감이 가능하다. 위와 같은 장점들이 알려지면서 microflute 골판지는 백상지나 판지를 대체하는 상품으로 국내외적으로 생산과 수요가 늘어나고 있다. 하지만 microflute 제품과 관련하여 국제 규격이나 표준화된 품질 평가법이 없고 일부 사내규격을 따르고 있는 실정이다. Microflute 골판지는 일반의 골판지와는 다른 구조적 특성을 가지고 있기 때문에 일반적인 골판지의 물성 평가 방법으로 측정 시 정확하지 못한 평가 결과가 나올 것으로 생각된다. 현재 microflute 골판지의 사용은 늘어나고 있지만 그 평가 방법이 없기 때문에 기술적으로 어려움을 겪고 있다. 골판지 관련 시장에서는 제품의 개발과 기술개발을 위해 새로운 골판지 분야의 개발 제품인 microflute 골판지 포장재에 대한 품질평가 방법의 개발과 보급이 절실하게 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 microflute 골판지의 물성으로서 골판지의 대표적인 평가 물성인 수평압축강도(Flat crush resistance)에 대해 평가하고자 하였다. 적절한 평가법을 찾기 위해 TAPPI, ISO 시험법에 의거하여 시편모양, 절단 방식 등을 달리하여 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

제품 간 편차가 심하지 않으며 품질이 뛰어난 일본 C사에서 제조한 microflute 골판지 중 G골 골판지와 국내의 J사에서 제조한 F골 골판지를 사용하였다. ISO 186:2002(E)에 의거하여 sampling 한 시편을 준비하였다.

Table 1. Specification of corrugated fiberboard with microflute

|                                | G flute | F flute |
|--------------------------------|---------|---------|
| Basis weight, g/m <sup>2</sup> | 463     | 225     |
| No. of flutes per meter        | 587     | 397     |
| Thickness, mm                  | 0.93    | 0.88    |

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 시편 면적의 영향

G골과 F골의 골판지를 TAPPI method와 ISO의 평가 방법에 준하여 원형의 시편으로 준비하였다. 시편 면적의 영향을 살펴보기 위하여 기존 평가법에 제시된 32.3 cm<sup>2</sup>와 64.5 cm<sup>2</sup>을 비롯하여 10, 20 cm<sup>2</sup>으로 제작하여 평가하였다. Platen compression rate는 12.5±2.5 mm/min으로 고정하였다.

#### 2.2.2 Platen compression rate의 영향

Platen compression rate의 영향을 살펴보기 위해 1, 7.5, 12.5, 17.5 mm/min의 속도로 조절하여 수평압축강도를 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 시편 면적의 영향

Fig. 1은 A골 골판지를 사용하여 FCT를 평가한 결과이다.  $64.5\text{ cm}^2$ ,  $32.3\text{ cm}^2$ 의 면적으로 측정된 결과를 보면 시편에 수평 압축하중을 가할 때 골이 한 번에 완전히 무너지는 것이 아니라 1차, 2차의 변형을 거치면서 골 모양의 변화에 따라 커브를 나타내는 것을 볼 수 있다. 힘-변형 곡선은 여러 번의 피크를 보였으며, 피크 중 보통 2차 파괴시의 힘을 FCT로 나타낸다.

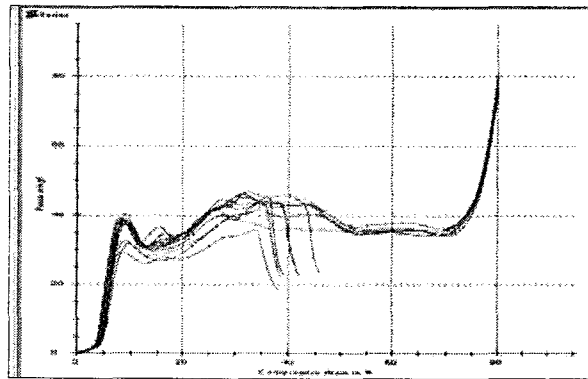


Fig. 1. FCT result of A flute corrugated board.

그러나 microflute 골판지는  $64.5\text{ cm}^2$ 으로 평가했을 때 골이 찌그러짐 없이 골 높이까지 압축되는 힘-변형 곡선을 나타내었다 (Fig. 2). 즉 미세골의 경우 기존의 시편 크기로는 제대로 된 측정결과를 얻을 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 시편의 면적을 10, 20,  $32.3\text{ cm}^2$  조절하여 평가했으며, 그 결과를 Fig. 3에 제시하였다.

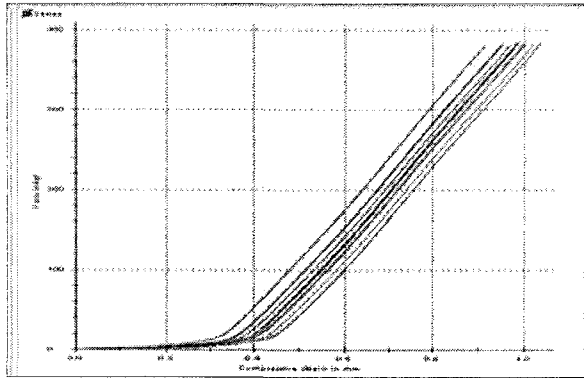
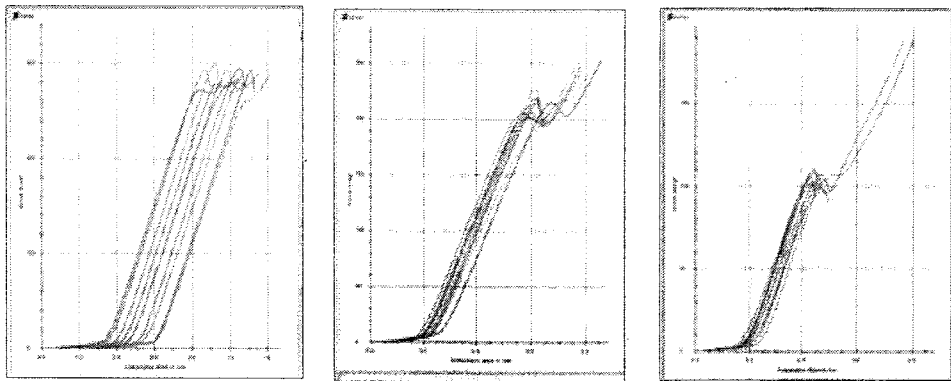


Fig. 2. FCT of microflute corrugated board (G flute specimen of 64.5 cm<sup>2</sup>).



(a) 32.3 cm<sup>2</sup>

(b) 20 cm<sup>2</sup>

(c) 10 cm<sup>2</sup>

Fig. 3. Effect of specimen area on FCT of G microflute corrugated board.

Fig. 4는 F골의 시편면적에 따른 FCT의 힘-변형 곡선을 보여주고 있다. 10 cm<sup>2</sup> (d)의 그래프에서 다른 면적의 시편에서보다 명확한 1차, 2차 파괴가 나타났다. 그리고 2차 파괴가 0.4 mm부근까지 압축되었을 때 발생하였는데 이는 microflute 골판지 두께의 절반에 해당되는 지점이다. FCT는 보통 두께의 50% 정도 압축 변형되는 지점의 강도로 평가된다. 따라서 microflute 골판지의 FCT 측정에는 10 cm<sup>2</sup> 또는 20 cm<sup>2</sup>의 작은 면적의 시편을 이용하는 것이 적당할 것으로 판단된다.

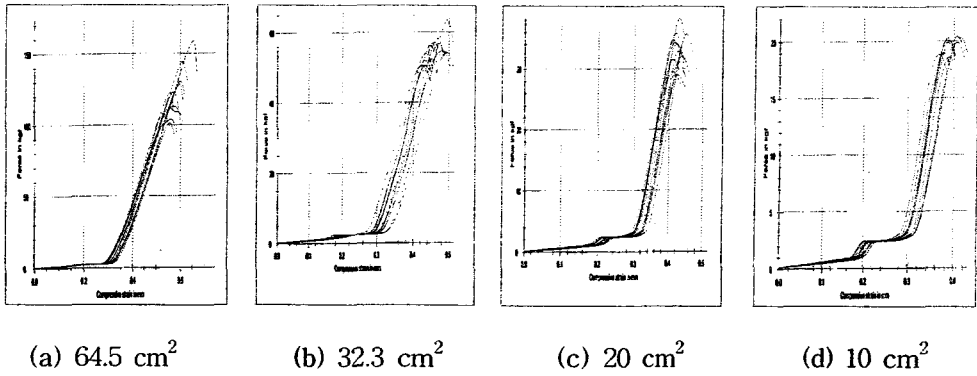


Fig. 4. FCT load-displacement graph of F flute.

### 3.2 Platen compression rate의 영향

Fig. 5에서 나타나듯이 platen compression rate의 변화에 하여 FCT 강도의 차이는 보이지 않았다. 시편의 면적이 달라져도 같은 platen compression rate에 의한 FCT 변화는 거의 없었다. 하지만 분산계수(COV)는 시편의 면적이 32.3 cm<sup>2</sup> 일 때 매우 높은 값을 나타내었으며 10 cm<sup>2</sup>와 20 cm<sup>2</sup>는 평균 6%의 분산계수(COV)를 나타내었다. 이는 반복적이고 정확한 실험이 이루어지는 데 있어 platen compression rate가 어느 정도 영향을 미치는 것으로 생각된다.

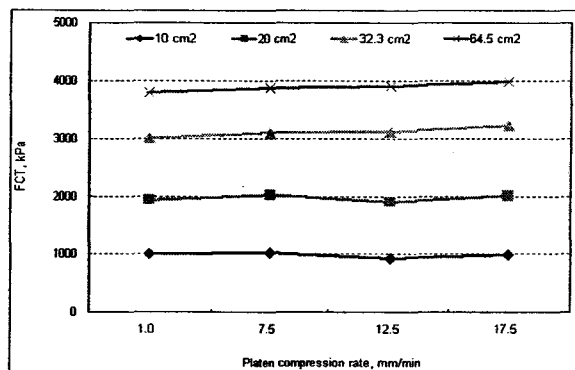


Fig. 5. FCT of G flute specimens tested at different platen compression rate.

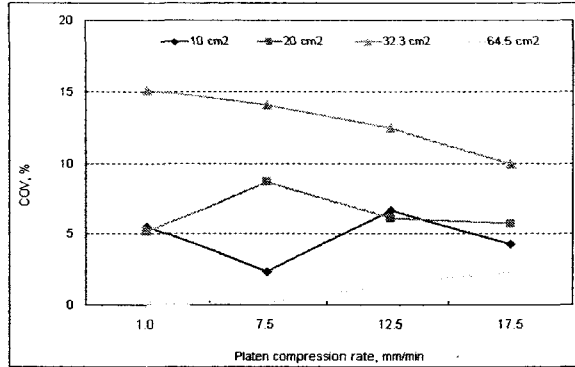


Fig. 6. COV of G flute specimens tested at different platen compression rate.

#### 4. 결 론

기존의 골판지 수평압축강도 평가 방법 중 TAPPI 및 ISO 평가 방법을 포함하여 시편 면적 및 platen compression rate를 변화시켜 따른 microflute 골판지의 수평압축 강도를 평가하였다. 10 cm<sup>2</sup> 면적의 시편으로 FCT 평가 시 일반 골판지 특성에서 나타나는 1차, 2차 파괴 커브를 발견할 수 있었다. 즉 기존 골판지 FCT 평가에 적용되는 시편 면적보다 작은 10 cm<sup>2</sup> 시편이 microflute FCT 평가에 적합할 것으로 여겨진다. Platen compression rate는 microflute의 수평압축강도에 크게 영향을 미치지 않았으므로 기존 평가 법에서 제시한 12.5 mm/min의 platen compression rate를 따라도 될 것으로 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 산업자원부 표준화 기술개발사업 지원에 의해 수행되었으며, 일부 BK21의 지원을 받았음.

## 참고문헌

1. Savolainen, A., Papermaking Science and Technology VOL. 12, Fapet Oy, Finland, pp. 244-269 (1998).
2. Markstrom, H., Testing Methods and Instruments for Corrugated Board, AB L&W, pp. 41-45 (2005).
3. Liu, J. Y., Journal of Applied Mechanics 53: 602 (1986).
4. ISO 3035-1982(E) (2003).
5. TAPPI T 808 om-97 (1998-1999).