

# 산화전분 코팅에 의한 골판지 상자의 물성 변화

안 병 국<sup>†</sup> · 안 원 영\*

## Effect of Coatings of Liner Components with Oxidized Starch on Properties of Corrugated Box

Byoung-Kuk Ahn<sup>†</sup> and Won-Yung Ahn\*

### ABSTRACT

The effect of coating of liner components with oxidized starch on the properties of corrugated box was examined. Coating was carried out on liner components of B flute, single-wall corrugated board(SK180/S120/K200), and corrugated box was made from the treated corrugated board. Box was made in a regular slotted container(RSC) style, and box compression strength was determined in the direction of top-to-bottom compression.

The compression strength of box coated on outside liner component increased with increasing coating weights of oxidized starch. The compression strength was remarkably improved when box was coated on inside liner component or both liner components at low coating weight. The top-to-bottom compression strength of box coated on inside liner component showed 15.4% improvement for 1.58g/m<sup>2</sup> coating. On the other hand, the strength of box coated on outside liner component showed only 1.45% improvement for 1.41 g/m<sup>2</sup> coating and 3.46% improvement for 2.32 g/m<sup>2</sup> coating. Coating on inside liner component with oxidized starch at low coating weight more significantly improved box compression strength than coating on outside liner component, and the improvement was marked at the coating weight of 1.5~2.5 g/m<sup>2</sup>. In estimating top-to-bottom box compression strength, the experimental values were closer to the calculated values from McKee's equation using edgewise compression strength of the combined board measured by column crush test than those from Kellicutt's equation using compression strength of component paperboards measured by ring crush test.

### 1. 서론

골판지 상자는 일반적으로 실제 정적하중보다 4~8배의 압축하중에 견딜 수 있게 설계되며 이것

은 고습도 환경, 적재방법 및 수송 중 동적 하중 등을 고려한 것이다. 따라서 고압축저항성을 지닌 상자가 필수적이므로 고품질의 라이너지, 고품질의 골심지를 사용하는 것에 관심이 많아지고 있

• 신성대학 산업포장과(Department of Industrial Packaging, Shinsung College, Dangjin, Chungnam 343-860, Korea).

\* 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Department of Forest Products, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea).

† 주저자(Corresponding author)

다. 그러나 이것은 캐나다, 미국, 스웨덴, 핀란드 등 목재자원이 풍부하고 종이 사용량이 많으며 아울러 펄프의 가격이 저렴한 경우에는 큰 문제가 되지 않으나 목재자원이 빈약하고 대부분의 천연 펄프자원이 수입되는 국가의 경우에는 골판지에 사용되는 종이의 평량 증가는 골판지 상자의 가격을 크게 상승시키는 이유가 되므로 제조업체에서는 골판지 품질을 저하시키지 않고 원지의 평량과 비용을 낮출 수 있는 방법의 개발이 하나의 커다란 과제가 되고 있다. Kroeschell<sup>1)</sup>에 따르면 압축강도는 라이너지와 골심지의 중요한 품질 측정 요소로서 섬유 결합과 강도를 반영하며 판지의 압축강도는 인장강도에 비해 너무 작기 때문에 인장강도에 거의 영향을 주지 않고 압축강도를 큰 비율로 변화시키는 것이 가능하다고 하였다. 즉, 압축강도의 증가는 부수적으로 인쇄적성과 같이 섬유결합력으로 개선 가능한 가공성에 좋은 영향을 미치게 된다고 분석하였으며 압축강도가 골판지 상자의 특성을 파악하는 데 중요한 의미를 갖기 때문에 압축강도가 골판지 상자의 강도 기준이 되어야 한다고 하였다.<sup>2)</sup> 최종용도의 하중에 관계없이 라이너지 압축강도를 골판지 상자 성능 개선을 위해 최대화될 수 있는 중요한 특성으로 간주하면서 라이너지 압축강도의 직접적인 향상은 상자 최종용도 성능에 있어서 간접적으로 연관된 파열강도의 개선보다 훨씬 더 중요하다고 보고된 바 있다.<sup>3,4)</sup>

따라서 본 연구에서는 종이의 표면사이즈제로 가격이 저렴하고 널리 사용되고 있는 산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 각각 코팅하여 골판지 상자를 제작, 산화전분 코팅에 따른 골판지 상자의 물성 변화를 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

Table 1. Properties of oxidized starch

Properties	Measured values
Moisture content(%)	11.8
pH	7.1
Viscosity(CPS)	12(at 50℃), 15(at 40℃)
L, a, b values* <sup>1)</sup>	100.54, 0.04, 0.65

\*<sup>1)</sup>L, a, and b indicate whiteness, redness, and yellowness, respectively.

## 2.1 실험재료

### 2.1.1 도공액

도공액으로는 시판 중인 산화전분을 호화하여 사용하였으며 그 대표적인 특성은 Table 1에 나타내었다.

### 2.1.2 골판지 및 골판지 원지

실험에 사용된 골판지는 라이너지 두 장(표면라이너지, 이면라이너지)과 골심지 한장으로 구성된 양면골판지(SK180/S120/K200)로서 골의 종류는 외부포장용 골판지 중 단위길이당 골수가 가장 많고 두께가 작아 수직압축강도가 낮은 B골을 사용하였다. 이때, 표면라이너지(앞라이너)는 180 g/m<sup>2</sup>, 이면라이너지(뒷라이너)는 200 g/m<sup>2</sup>, 골심지는 120 g/m<sup>2</sup>의 평량으로 유통되는 것이었다. 표면라이너지는 6층으로 초지된 다겹지로서표층으로부터 1층과 2층은 미표백 크라프트 펄프를 사용하였고 나머지 층은 국산 회수골판지(Korean old corrugated container, KOCC)로 구성되었다. 이면라이너지는 2층으로 초지된 이겹지로서 KOCC로만 구성되었고 골심지는 KOCC로 단층으로 초지된 것이었다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 도공액의 조제 및 처리

도공액은 3, 5, 7, 10 및 15%의 산화전분 용액을 조제하여 사용하였으며 일정한 두께의 stainless steel wire가 감겨 있는 실험실용 도공 rod(RDS05, Webster, U.S.A.)를 사용하여 균일하게 도공하였다. 이때, 산화전분 용액의 농도별 도공량은 Table 2에 나타내었다.

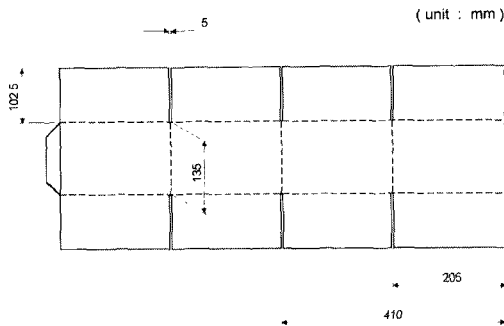
**Table 2. Coating weights of oxidized starch applied to component linerboards**

Concentration(%)	Coating weight(g/m <sup>2</sup> )	
	Outside liner(OSL)	Inside liner(ISL)
3	0.87	0.99
5	1.41	1.58
7	2.32	4.84
10	4.53	7.52
15	5.38	8.64

**Table 3. Characteristics of corrugated box**

Direction of load	Dimension (mm×mm×mm)	Weight (g)	Type of joint	Style
Top-to-bottom(T-B)	205×205×135	168.9	Stitched	RSC* <sup>1</sup>

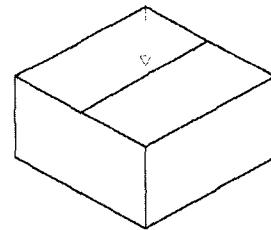
\*<sup>1</sup>Regular slotted container.



**Fig. 1. Dimension of the regular slotted container(RSC) for top-to-bottom compression test.**

### 2.2.2 골판지 상자의 제작

표면라이너지 도공, 이면라이너지 도공, 표·이면라이너지 도공의 3가지 방법으로 도공된 B골 양면골판지(SW, SK180/S120/K200) 원단을 사용하여 RSC형의 골판지 상자를 제작하였다. 골판지 상자의 치수는 205×205×135 mm로 설계하였다. 제작된 골판지 상자의 특성은 Table 3에 나타내었으며 상자의 전개도는 Fig.1에 나타내었다. 또한, 도공액의 처리로부터 골판지 상자 제작에 이르기까지의 공정을 Fig. 2에 나타내었다.



**Fig. 3. Direction of loading in top-to-bottom compression test.**

### 2.2.3 골판지 상자의 압축시험

KS A 1012-'90(포장화물 및 용기의 압축시험 방법)에 따라 상자압축시험기의 압축판 중앙에 빈 골판지 상자를 위치시킨 다음 압축판을 상자에 접촉시킨 상태에서 연속 압축을 가하여 최대압축하중을 구하였으며 이것을 상자압축강도로 표시하고 kg으로 나타내었다. 이때 압축방향은 top-to-bottom 방향으로 하였으며 압축시험의 모식도를 Fig. 3에 나타내었다.

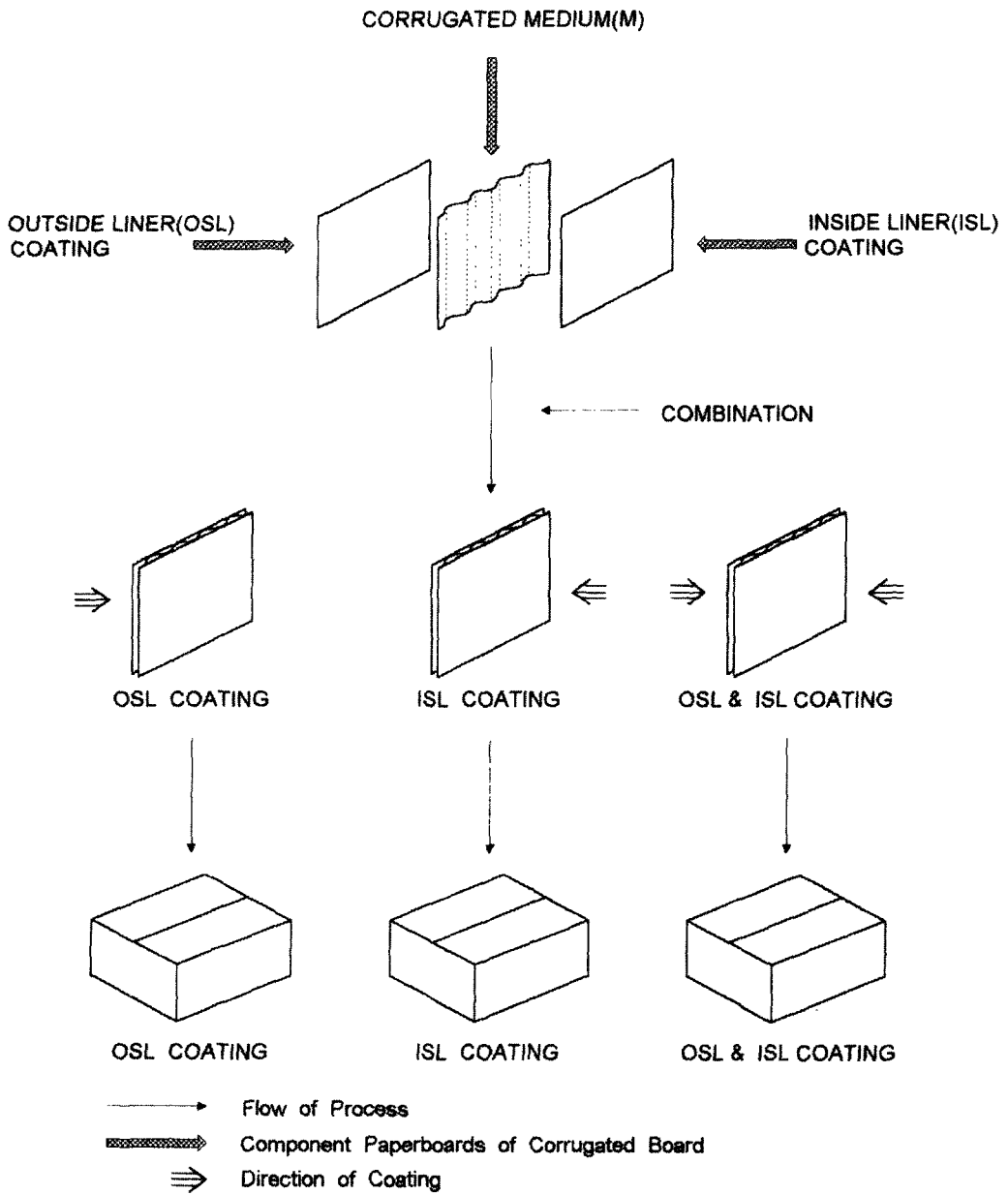


Fig. 2. Flow diagram of coating and manufacture of corrugated box.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 산화전분 도공이 골판지 상자의 상자압축강도에 미치는 영향

산화전분 도공량에 따른 top-to-bottom 방향 상자압축강도 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 표면 라이너지를 처리한 골판지로부터 제조된 골판지 상자의 상자압축강도는 도공량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 이면라이너지를 처리한 골판지로부터 제조된 골판지 상자의 경우에는 도공량이 증가함에 따라 증가하여 1.58 g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 크게 증가하였고 그 이상의 도공량에서는 더 이상의 증가는 없었다. 골판지 양면을 처리한 상자의 경우에는 이면라이너지를 처리한 골판지의 경우와 유사하게 도공량이 증가함에 따라 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였으며 7.16 g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 도공하지 않은 골판지 상자에 비해 21.2%가 개선, 최고치를 나타내었다. 상자압축강도 개선에 있어서 표면라이너지에 처리한 골판지 상자의 경우 도공하지 않은 골판지 상자에 비해 도공량이 1.41 g/m<sup>2</sup>일 때 1.45%, 2.32 g/m<sup>2</sup>에서는 3.46%의 증가에 그쳤으나 이면라이너지에 처리한 경우 1.58 g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 15.4%가 증가하였으며 골판지 양면을 처리한 상자의 경우에는 1.86 g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 12.6%가 증가되었다. 즉, 경제성을 고려하여 소량의 산화전분을 도공할 경우 골판지 상자의 상자압축강도는 표면라이너지보다는 이면라이너지의 영향을 더 받아 표면라이너지보다는 이면라이너지 부분에 처리하는 것이 물성 개선에 효과적인 것으로 판단되며 이때의 적정 도공량은 1.5~2.5 g/m<sup>2</sup>의 범위로 추정할 수 있다. 일반적으로 골판지가 하중을 받게되면 골판지 구조는 휘어지게 되고 내용물이 있는 경우 상자에 있어서 이런 휨작용으로 인해 이면라이너지에 있어서는 압축응력이 발생하고 표면라이너지에 있어서는 인장응력이 발생하게 된다. 따라서 골판지가 균형적으로 조합될 때, 즉 이면라이너지와 표면라이너지가 동일평량으로 조합되는 경우 높은 링 크러시 강도를 갖는 라이너지가 이면에 위치되어야 하며 만약 골판지가 불균형적인 조합으로 구성된다면 더 무겁거나 더 강직한 라이너지가 이면에 위치되어야 한다. 따라서

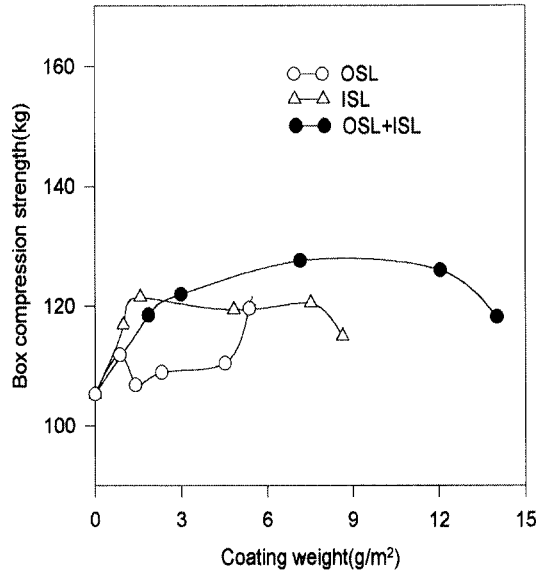


Fig. 4. Top-to-bottom compression strength of corrugated box coated on liner components.

이와 같은 조합을 고려한다면 산화전분 용액의 도공처리를 통해 이면라이너지 부분의 링 크러시 강도 혹은 stiffness를 개선하는 것이 보다 효과적이라는 판단을 할 수 있으나 본 연구의 결과에서도 알 수 있듯이 도공량이 너무 많을 경우 오히려 강도 개선에 좋지 않은 영향을 미칠 수도 있기 때문에 적절한 도공량을 유지하는 것이 반드시 고려되어야 할 것이다.

#### 3.2 상자압축강도 실측치와 계산치의 비교

골판지의 수직압축강도는 상자압축강도의 약 70%를 설명하며 McKee식<sup>5)</sup>에 따르면 상자압축강도는 상자 주변장의 제곱근에 아주 관련이 깊은 것으로 알려져 있다. 즉, 골판지 상자의 압축강도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$P = 5.87Pmh^{0.5}Z^{0.5} \tag{1}$$

여기서,

- P: 상자압축강도,
- Pm: 골판지의 수직압축강도,
- h: 골판지 두께,
- Z: 상자의 주변장.

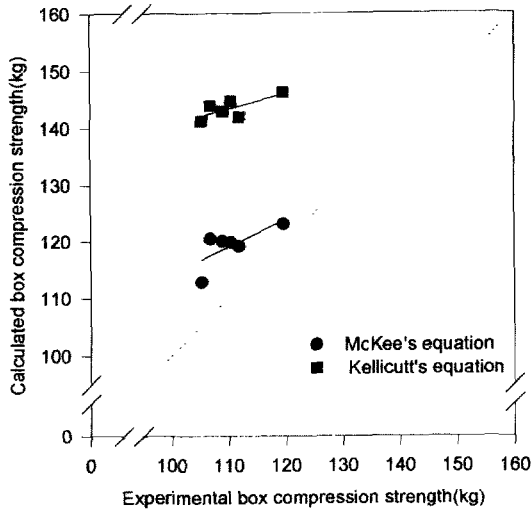


Fig. 5. Comparison between experimental and calculated top-to-bottom compression strengths in box coated on outside liner component.

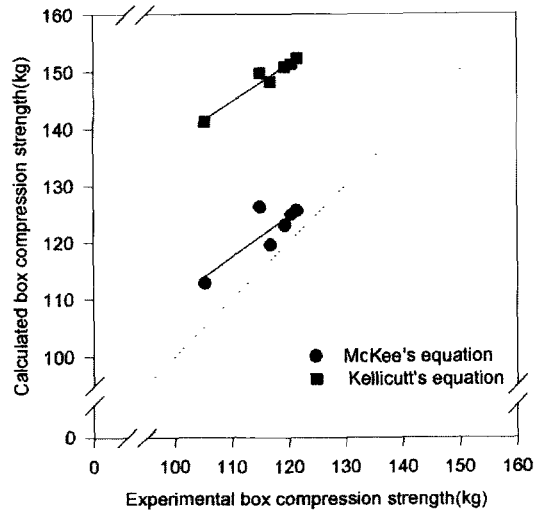


Fig. 6. Comparison between experimental and calculated top-to-bottom compression strengths in box coated on inside liner component.

한편 골판지 상자의 압축강도를 추정하는 데 널리 사용되고 있는 Kellicutt식<sup>6)</sup>에 따르면 골판지 상자의 압축강도는 골판지 구성원지의 링 크러시 값과 상자의 주변장에 비례하는 것으로 알려져 있다. 즉, 다음과 같은 계산식으로 표현할 수 있다.

$$P = P_x \left\{ \left( \frac{aX_2}{Z/4} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{3}} Z J \quad (2)$$

여기서,

- P: 상자압축강도,
- P<sub>x</sub>: 구성원지의 링 크러시 강도 총합,
- aX<sub>2</sub>: 골에 관한 상수,
- Z: 상자의 주변장,
- J: 상자의 상수.

본 연구에서 측정된 상자압축강도의 실측치와 계산치와의 관계를 Figs. 5, 6, 7에 나타내었는데, 상자압축강도의 실측치는 링 크러시 시험으로 측정된 골판지 구성원지의 압축강도를 사용하는 Kellicutt식에 의한 계산치보다 컬럼압축강도 시험으로 측정된 골판지의 수직압축강도를 사용하는 McKee식에 의한 계산치에 더욱 근접한 결과를

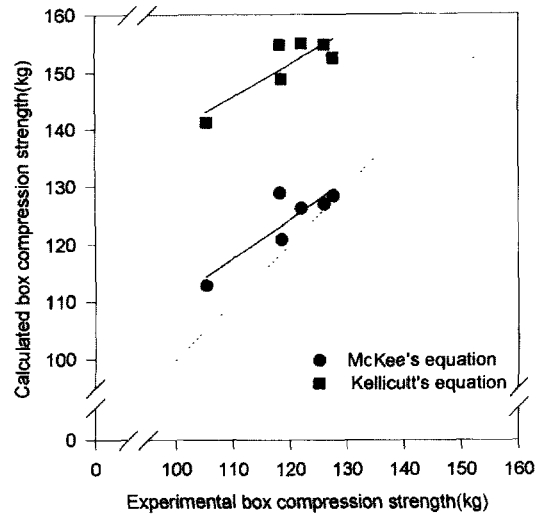


Fig. 7. Comparison between experimental and calculated top-to-bottom compression strengths in box coated on outside (OSL) and inside (ISL) components.

나타내었다. Kellicutt식에 의한 계산치는 실측치보다 높은 값을 갖는 것으로 본 실험결과 확인되었다. 즉, 본 연구결과를 분석해 볼 때 컬럼압축

강도를 측정하여 상자압축강도를 계산하는 것은 골판지 원지의 링 크러시 강도를 측정하여 계산하는 것에 비해 골판지 상자의 상자압축강도를 추정하는 데 있어서 보다 정확한 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 종이의 표면사이즈제로 가격이 저렴하고 널리 사용되고 있는 산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 각각 코팅하여 골판지 상자를 제작, 산화전분 코팅에 따른 골판지 상자의 물성 변화를 조사하였다.

표면라이너지 부분을 처리한 골판지 상자의 경우 도공량이 증가함에 따라 상자압축강도는 전반적으로 약간 증가하는 경향을 보였다. 한편, 이면라이너지를 처리한 골판지 상자와 표면라이너지와 이면라이너지 양면을 처리한 골판지 상자의 경우에는 소량의 산화전분 도공에 의해서도 상자압축강도는 크게 개선되었으나 일정 수준 이상의 과도한 도공에서는 골판지 상자의 강도 개선 효과가 크지 않았다.

상자압축강도 개선에 있어서 표면라이너지에 처리한 골판지 상자의 경우 도공량이 1.41 g/m<sup>2</sup>일 때 1.45%, 2.32 g/m<sup>2</sup>에서는 3.46%에 불과하였으나 이면라이너지에 처리한 경우 1.58 g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 15.4%의 큰 개선 효과를 나타내었

다. 따라서 소량의 산화전분을 도공할 경우 표면라이너지보다 이면라이너지 부분에 처리하는 것이 골판지 상자의 상자압축강도 개선 측면에서 보다 더 효과적이며 이때 1.5~2.5 g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 강도 개선 정도가 뚜렷하였다.

Top-to-bottom 방향 상자압축강도의 실측치는 링 크러시 시험으로 측정된 골판지 구성원지의 압축강도를 사용하는 Kellicutt식에 의한 계산치보다 컬럼압축강도 시험으로 측정된 골판지의 수직압축강도를 사용하는 McKee식에 의한 계산치에 더욱 근접한 결과를 나타내었다.

## 인 용 문 헌

1. Kroeschell, W. O., Tappi J. 66(10):11 (1983).
2. Kroeschell, W. O., Tappi J. 73(11):25 (1990).
3. Peterson, W. S., Tappi J. 63(10):75 (1980).
4. Peterson, W. S., Tappi 63(11):115 (1980).
5. Maltenfort, G. G., Corrugated shipping containers: An Engineering Approach, Jelmar Publishing Co., Inc., NY, pp. 88-92 (1988).
6. 산업디자인포장개발원, 포장기술편람, pp. 405-461 (1988).