

농산물 포장용 골판지상자의 층적내구성의 분석과

향상에 관한 연구(I)⁺

—수분흡습특성과 압축강도열화—

Improvement and Analysis of Stacking Durability of Corrugated

Fiberboard Boxes for Agricultural Products

—Moisture Absorption Properties and Compressive Strength Reduction—

박종민*

권순홍*

권순구*

김만수**

J. M. Park

S. H. Kwon

S. G. Kwon

M. S. Kim

Summary

Major factors in reducing the stacking strength of corrugated fiberboard boxes in cold storage or transport conditions are high relative humidity, causing elevated moisture absorption by the boxes. The bottom boxes in a stack will deform to the critical deflection causing agricultural products damage there, and eventually additional deflection will cause box collapse and finally toppling of the stack.

The study was conducted to determine the water absorption characteristics and the compressive strength of the corrugated fiberboard boxes being widely used in packaging agricultural products in Korea.

The sample boxes for the study were selected from the regular slotted containers (RSC) types, and one was the box used in apple packaging (Box A), another one was the box used in pear packaging (Box B). The corrugated shipping containers were made from a large portion of recycled fibers in Korea, and comparing with Box B, Box A was fabricated from fiberboard which contained more percentage of old corrugated containers (OCC) imported from foreign countries than domestic waste paper.

The results obtained from the study were summarized as follows ;

1. Equilibrium moisture content (EMC) of the sample boxes was established after about 20 hours, and the EMC by absorption was lower than that by desorption. The EMC increased with the increasing of relative humidity and with the decreasing of temperature, and the rate of increasing was much higher above the relative humidity of 50%.

+ 本 研究는 韓國農業機械學會의 '93年度 産學協同 研究費 支援에 의하여 수행된 課題의 일부임

* 密陽産業大學校 農業機械學科

** 忠南大學校 農業機械工學科

2. The maximum compressive strength of Box A was about 100 kgf greater than that of Box B on the same environmental conditions. The strength of the sample boxes decreased rapidly with the increasing of relative humidity. The effect of relative humidity on the strength was a little higher than that of temperature.
3. As the applied load was progressively increased and a level was reached, the vertical side panels (L×D) deflected laterally inwards or outwards. The panels deflected laterally inwards at higher relative humidity.
4. The maximum compressive deflection ratio and the critical deflection ratio of the sample boxes were increased linearly with the increasing of relative humidity, but trends for its ratios showed inconsistent response to temperature.

I. 緒論

골판지는 다른 包裝材料에 비하여 환경오염 방지와 자원의 재활용 측면에서 유리하고, 가격, 무게, 인쇄 및 기계제작의 용이성 등의 이유로 많이 사용되고 있다.

우리나라의 경우는 골판지 原紙를 國內古紙(waste paper)와 輸入古紙(OCC, old corrugated container)에 대부분을 의존하고 있으므로 섬유상의 短纖維化로 水分을 빨리 吸濕하고 強度低下가 뚜렷하다.^{30,32,40)}

선진 외국에서는 兩面골판지(single wall corrugated fiberboard)가 주로 이용되고 있는 반면에 국내의 경우는 전체 골판지 사용량의 약 65%가 2중 兩面골판지(double wall corrugated fiberboard)가 사용되고 있다. 그러나 외국의 골판지箱子에 비하여 평균평량(basic weight)은 높으나 強度면에서는 약한 것으로 보고되고 있다.^{28,32)}

특히 국내의 農産物 包裝에는 대부분 2중 兩面골판지箱子가 사용되며, 農産物의 표준 거래 규격으로도 2중 兩面골판지箱子가 규정되어 있는 실정이다.^{29,34,35)}

골판지箱子는 包裝, 輸送, 荷役 및 貯藏등의 物的流通過程을 겪으면서 여러요인들에 의한 壓縮強度가 현저히 저하된다. 특히 貯藏중에는 높은 相對濕度로 인한 吸濕劣化, 層積期間의 증대,

펠리트 패턴(palletting pattern)에 의한 強度低下가 뚜렷하다.^{4-7,9-11,14,15,17,18,21,27,30)} 따라서 農産物의 골판지箱子 단위의 貯藏시 箱子의 壓縮強度 적용은 이와같은 強度 저하요인들을 종합적으로 검토된 必要壓縮強度가 기준이 되어야 할 것이다.

골판지箱子의 견고성 문제들이 수출확대의 저해요인으로 보고되고 있으며,³¹⁾ 세계 각국의 農産物 시장이 개방됨에 따라 우리나라 農産物도 점차 수출이 확대될 전망이고, 또한 包裝容器로서의 골판지箱子의 이용은 날로 증가될 것으로 전망된다. 따라서 골판지箱子의 壓縮強度, 層積耐久성의 향상 등에 대한 다각적인 研究가 시급하다.

본 연구는 農産物의 貯藏 및 流通시 골판지箱子의 層積荷重과 層積期間 등의 層積耐久성의 분석과 향상을 위한 研究의 첫 단계로서 大氣條件에 따른 골판지箱子의 水分吸濕特性和 箱子의 壓縮強度劣化特성을 분석하려고 한다.

II. 文獻概要

골판지는 골심지(corrugating medium)와 라이너(linerboard)로 구성되며, 골판지箱子는 골판지의 구조에 따라 片面골판지箱子, 兩面골판지箱子, 2중 兩面골판지箱子, 3중 兩面골판지箱子

자로 분류된다. 한편 용도에 따라서는 단위包裝용, 내부包裝용 및 외부包裝용 골판지箱子로 구분된다.³³⁻³⁵⁾

또한 이들 골판지 각각은 破裂強度에 따라 1종에서 4종으로 구분하고 있고, 30cm 당 골의 수로 A골, B골 및 C골로 나눈다. 우리나라의 경우 果實包裝용 골판지箱子로는 국내용, 수출용 모두 2중 兩面골판지箱子를 사용하도록 규정되어 있다.^{29,35)}

包裝容器로서의 골판지箱子는 장점이 많은 반면에 水分을 吸濕하여 濕潤強度가 급격히 저하되는 단점을 가지고 있어, 여러 연구자들은 골판지箱子의 含水率과 壓縮強度와의 관계를 구명하였다.

Kellicutt와 Landt¹⁰⁾는 골판지의 含水率과 箱子의 壓縮強度와는 $P_2/P_1=10^{3.01M_1}/10^{3.01M_2}$ (여기서, P_1, P_2 는 含水率이 각각 M_1, M_2 인 골판지箱子의 極限壓縮強度)의 관계가 있음을 보고하였다.

Hanlon³⁹⁾은 골판지箱子의 壓縮強度 감소요인을 열거하면서, 주위의 相對濕度가 90% 일때의 壓縮強度는 相對濕度가 낮을 때의 壓縮強度보다 약 60% 감소하였다고 하였으며, Peleg²¹⁾도 低溫高濕狀態(3.3℃-rh 92%)에서의 箱子(FTC)의 壓縮強度와 臨界荷重은 標準狀態(22.8℃-rh 50%)의 이들 값의 각각 54%, 65%에 해당하는 값이었다고 하였다. 이와 관련하여 Peleg²⁰⁾는 貯藏실내의 공기와 箱子내의 공기조건이 서로 平衡狀態에서만 이와같은 분석이 가능하다고 하였다.

Peleg²²⁾는 골판지箱子의 含水率과 주위의 相對濕度와의 平衡에 대하여 보고한바 있는데, 箱子의 내부층은 果實에 노출되어 있고, 바깥층은 대기에 노출되어 있으므로, 만약 箱子 안팎이 平衡狀態에 있지 않다면 서로다른 相對濕度の 영향으로 箱子 안팎의 含水率과 溫度차이가 유발된다고 보고하였다.

한편 Asvanit⁴⁾, Marcondes^{17,18)} 등은 골판지箱子의 含水率 및 주위의 相對濕度和 衝擊吸收特

성과의 관계를 보고한바 있다. Asvanit⁴⁾는 골판지의 含水率이 증가할수록 골판지의 衝擊吸收特性은 증가 혹은 감소하게되는데, 작은 靜的應力 하에서는 相對濕度가 높을수록, 큰 靜的應力 하에서는 相對濕度가 작을수록 큰 加速度(g) 값을 나타내었다고 하였다.

Marcondes¹⁷⁾도 골판지에 대한 衝擊吸收實驗에서 相對濕度가 높을수록 衝擊吸收特性은 衝擊速度의 제곱 혹은 낙하높이에 비례하는 衝擊에너지에 따라 증가 혹은 감소하게된다고 하였으며, 낮은 相對濕度에서는 골판지의 垂直壓縮強度는 크지만 包裝내용물에 衝擊을 전달하는 特性은 크다고하였다. 따라서 골판지箱子를 設計할 때는 壓縮強度和 衝擊吸收特性의 2가지면에서 相對濕度の 효과를 검토해야 한다고 하였다.

중전에는 골판지箱子의 品質管理 및 等級基準으로서 破裂強度(bursting strength)를 측정하는 Mullen test가 주로 이용되어 왔는데, 이 방법은 箱子의 層積強度(stacking strength)를 구명하는데는 좋은 방법이 되지 못하였으나, 그후 ASTM에서 채택한 壓縮試驗法(top to bottom compression test)은 골판지箱子의 層積強度를 계산하는데 유용하게 사용될 수 있는 실험방법 중의 하나이다. 이 방법은 골판지箱子의 상하면에서 荷重을 가하는 방법으로, 여기서 얻은 荷重-처짐량의 곡선상에는 包裝에 대한 2가지의 중요한 특성 즉, 臨界처짐량과 最大降伏荷重을 알 수 있다.^{20,21)}

Peleg^{20,21)}는 골판지箱子내에 格子板이 없는 경우의 臨界처짐량은 降伏처짐량량의 대략 70%를 나타내는데, 이들 값들은 골판지箱子의 종류와 大氣條件에 따라 많은 차이를 나타내었다고 하였다.

McKee 등¹⁹⁾은 골판지箱子에 대한 壓縮強度를 $P=a(P_m)^b [(D_x D_y)^6]^{1-b} Z^{2b-1}$ (여기서, P =箱子의 壓縮強度, D_x =machine directional 韌強度, $E_x h^2/12$, D_y =cross machine directional 韌強度, $E_y h^2/12$, Z =골판지箱子의 둘레, E_x, E_y =彈性係數, a, b =상수값)로 제시하였으며, 이 식에서

Pm은 골판지箱子로부터 가로 50.8mm, 세로 31.8mm의 試片을 만들어 표준상태(21°C-rh 50%, 12hr, 12.7mm/min)에서 試片의 상하부에 각각 6.4mm 정도로 왁스를 바른 다음 측정된 골판지의 壓縮強度이다(ECS, edgewise compressive strength).

이 ECS법은 골판지試片의 壓縮強度로부터 箱子의 壓縮強度를 계산할 수 있고, 또한 箱子의 크기에 영향을 받지 않고 箱子의 壓縮強度를 계산할 수 있는 방법으로 많은 연구자들에 의해 관심이 되어왔다.^{9,12,13,19,27,30} 그러나 ECS에 의해 계산되는 箱子의 壓縮強度는 실제 流通 및 貯藏되고 있는 箱子의 壓縮強度와는 많은 차이가 있는 것으로 여러 연구자들에 의해 지적되고 있다.

箱子의 壓縮強度를 정확하게 測定하기 위해서는 箱子 자체에 대한 壓縮試驗方法이 가장 적절한 방법 이겠으나, 이 방법은 箱子의 크기(길이 너비, 폭)의 변화에 따라 측정되는 壓縮強度가 다르기 때문에 종합적인 규정의 제정이 어렵고, 또한 분석의 어려운 점이 있다.

따라서 包裝物の 종류에 따라 箱子가 균일하다면 이 시험법은 流通過程중의 箱子의 層積耐久性을 분석하고, 골판지箱子의 品質을 管理하

는데 기타의 시험법 보다 적절한 방법이 될 것으로 思料된다.

III. 實驗材料 및 方法

가. 實驗材料

본 연구에서 공시한 골판지箱子는 현재 국내에서 사과 및 배 箱子로 가장 보편적으로 이용되는 RSC(regular slotted container, A-1)型の 트레이(tray)용 2중 兩面골판지箱子로서, 農産物 包裝用 箱子 전문업체인 대구의 H사로 부터 직접 구입하였다.

골판지箱子의 주요제원과 物性은 표 1과 같다.

여기서 Box A는 사과의 包裝用 箱子로 Box B는 배의 包裝用 箱子로 주로 사용되는 것이다. 특히 Box A의 라이너(KA)는 輸入古紙(OCC)가 약 40% 함유되어 있으나, Box B의 경우는 외부 라이너(SC)가 마닐라지(manila paper)이며, 箱子의 原紙들은 대부분 國內古紙로 만들어진 箱子이다.

Table 1. Physical data of the boxes used in the study

Kinds	Box type	Dimension (L×W×D) mm	Board composition (outer liner/flute/liner/flute/inner liner), g/m ²	CBW* g/m ²	Flute type (inner/outer)	Water-repellency
Box A	RSC	505×355×280	KA ²¹⁰ /AS ²¹⁰ /S ¹²⁵ /AS ²⁵⁰ /KA ²¹⁰	1005	A/B	R ₀
Box B	(A-1)	505×350×240	SC ²⁴⁰ /AS ²⁵⁰ /AS ¹⁸⁰ /AS ²⁵⁰ /KA ²⁴⁰	1160	A/B	R ₀

Note, * : combined basic weight

나. 實驗裝置 및 方法

1) 골판지의 水分吸濕實驗

골판지의 水分吸濕實驗에는 2대의 恒溫恒濕機가 사용되었다. 한대는 골판지에 前處理條件을 주기 위한 것이고 (YOUHAN, YCA-THC-YH-300792, 1m×0.8m×1.5m), 다른 한대는 前

處理한 골판지에 계획한 실험조건에서 水分平衡을 시키기 위한 것이었다. [DONGKYUNG, 2m×1.2m×2m]

이들 恒溫恒濕機의 溫濕度 조절은 加熱과 冷却 및 加濕과 除濕의 상호평형을 유지하고 제어 회로에 무접점 제어방식을 채택하여 원하는 溫濕度 조건을 조성하는 방식이고, 또한 챔버내에는 靛이 설치되어 실내공기를 강제순환 시킴으

로서 溫濕度를 비교적 균일하게 유지시킬 수 있는 장치이었다.

공시된 각각의 箱子를 전개하여 가로, 세로가 모두 30cm인 정사각형 골판지 試片을 여러장 만들어 이를 標準狀態(22°C-rh 50%)에서 20시간 前處理 한 다음(preconditioning) 계획한 실험조건으로 옮겨 다시 20시간 평형시킨 후 含水率을 측정하였다.

골판지의 含水率 測定은 105°C에서 2시간 건조시킨 후 乾量基準으로 측정하였다.^{2,26,37)}

2) 골판지箱子의 壓縮實驗

골판지箱子에 대한 壓縮實驗裝置는 그림 1에서 보는 바와같이 油壓에 의해 제어되며, 최대용량 100ton의 기존의 萬能材料試驗機 [KDU-100]에 荷重과 처짐량 測定裝置를 별도로 설치하여 PC와 인터페이스하여 구성하였다.

箱子에 균일한 壓縮荷重을 가하는 荷重載荷板은 두께 20mm의 철판을 정밀가공하여 만든 600mm×450mm의 철판 2장을 萬能材料試驗機의 크로스헤드 밑부분과 荷重變換器 위에 각각 견고히 고정시켰다.

골판지箱子의 壓縮方向은 그림 1에서 보는 바와같이 貯藏이나 流通시에 箱子가 層積되는 높이 방향으로 위에서 아래쪽으로 荷重을 가하였다.

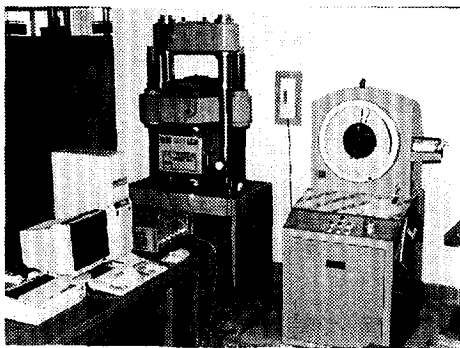


Fig. 1. The experimental equipment for compression test of the corrugated fiberboard boxes.

두 평판사이에 놓인 箱子가 壓縮될 때 箱子의 처짐량과 받는 荷重은 구성된 計測시스템에 의해 연속적으로 計測 및 蒐集되며, 이때 荷重載荷速度는 10mm/min로 하였다.^{1,25,35,38)}

골판지箱子에 대한 평형대기조건은 標準狀態(22°C-rh 50%)에서 먼저 20시간 前處理 한 다음, 골판지의 平衡含水率 측정시와 같은 실험조건으로 옮겨 다시 20시간 평형시킨 후 壓縮實驗을 실시하였다.

3) 시스템의 測度設定

구성한 計測시스템의 測度設定은 0~910kgf 범위내에서 28수준의 死荷重을 累加的으로 가하여 出力과 (mV) 荷重간의 관계를 구하였고, 箱子의 처짐량 測定裝置의 測度設定은 萬能材料試驗機의 크로스헤드를 2mm 간격으로 48수준, 즉 96mm까지 누가적으로 이동시키면서 그때 발생하는 出力 (mV)와 變形量의 관계를 구하였다.

測度設定한 결과는 다음과 같다.

$$\text{Force} = 5.5907 \times \text{mV}, r^2 = 0.9973$$

$$\text{Deflection} = 0.5166 \times \text{mV}, r^2 = 0.9998$$

여기서,

$$\text{Force} = \text{入力荷重, kgf}$$

$$\text{Deflection} = \text{入力 처짐량, mm}$$

$$\text{mV} = \text{出力電壓, mV}$$

IV. 結果 및 考察

가. 골판지의 水分吸濕特性

골판지의 水分吸濕 및 脫濕特性을 분석하기 위하여 공시된 골판지箱子로 부터 각각 80개의 試片을 채취하여 20°C-rh 51.12%와 20°C-rh 97%의 대기조건에서 20시간 前處理 한 다음, 이들 試片들을 모두 20°C-rh 73.65% 조건의 恒溫恒濕機에 넣은 후, 2시간 간격으로 연속하여 含水率을 측정하였다.

그림 2에서 보는 바와같이 吸濕이나 脫濕을 통한 平衡含水率 도달시간은 약 20시간 정도가

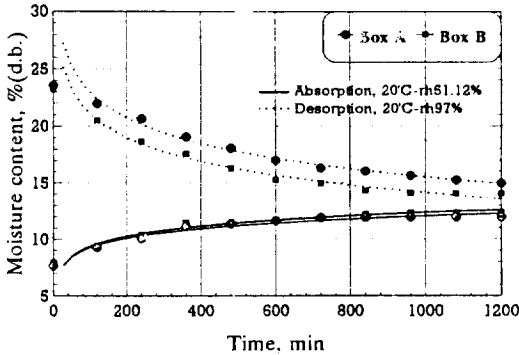


Fig. 2. Absorption and desorption curves of the corrugated fiberboards at 20°C-rh 73.65 %.

소요되었으며, 吸濕이나 脫濕過程 모두에서 Box B가 Box A 보다 약간 빠르게 平衡含水率에 도달하는 것으로 나타났다. 이와같이 두 골판지간에 平衡含水率에 도달하는 시간이 다른것은 골판지를 이루는 原紙가 서로 다르기 때문이며, 즉

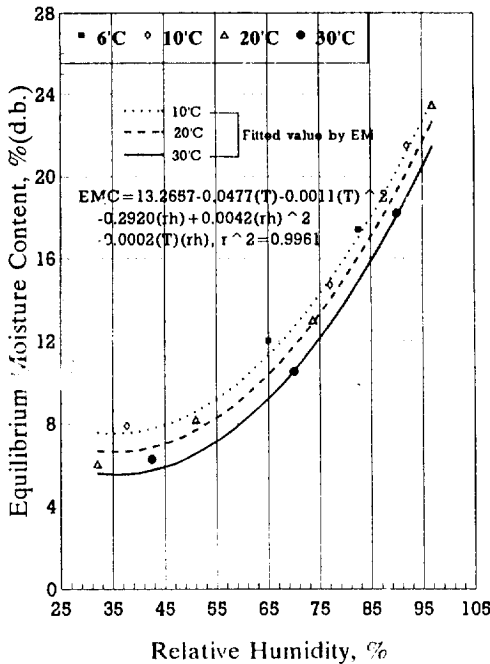


Fig. 3. Effect of temperature and relative humidity on EMC of the corrugated fiberboard(Box A).

Box A에 輸入古紙(OCC)가 상대적으로 더 많이 포함되어 吸濕이나 脫濕이 느리기 때문인 것으로 판단된다.

대체로 吸濕에 의해 도달되는 平衡含水率이 脫濕에 의한 平衡含水率 보다 낮았다.²⁰⁾

溫度 및 相對濕度の 변화에 따른 골판지의 平衡含水率을 그림 3과 4에 나타내었다. 平衡含水率은 相對濕度 50% 이상에서 相對濕度の 증가에 따라 급격히 증가하였으며, 같은 相對濕도에

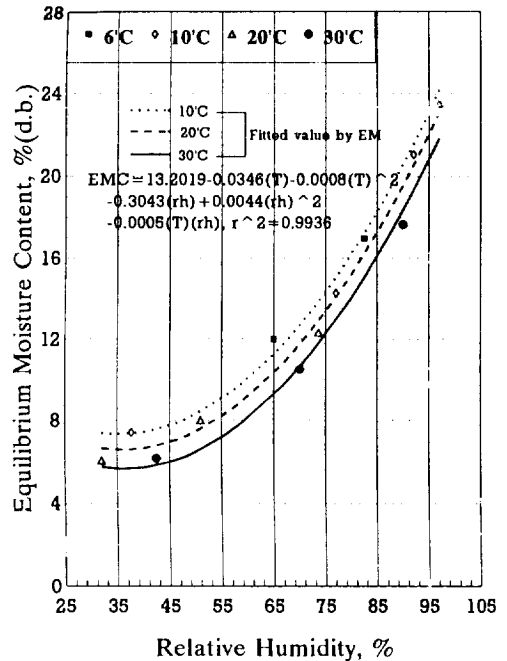


Fig. 4. Effect of temperature and relative humidity on EMC of the corrugated fiberboard(Box B).

서 溫度가 높을수록 낮게 측정되었다. 대체로 같은 溫濕度 조건에서 Box A가 Box B에 비하여 平衡含水率이 약간 낮게 측정되었다.

溫度 및 相對濕도에 따른 골판지의 平衡含水率은 穀物의 平衡含水率 模型으로 잘 알려진 몇 가지 模型들을 검토해 보았으나, 본 실험의 자료들과는 잘 맞지 않아 다음과 같은 경험식을 개발하였다.

Box A의 경우,

$$EMC = 13.2019 - 0.0346(T) - 0.0008(T)^2 - 0.3043(rh) + 0.0044(rh)^2 - 0.0005(T)(rh), r^2 = 0.9936$$

Box B의 경우,

$$EMC = 13.2657 - 0.0477(T) - 0.0011(T)^2 - 0.2920(rh) + 0.0042(rh)^2 - 0.0002(T)(rh), r^2 = 0.9961$$

여기서, rh = 相對濕度, %
T = 溫度, °C

나. 골판지箱子の 壓縮強度

골판지箱子の 荷重-처짐량의 특성곡선은 그림 5의 형태로 나타났다. 箱子の 처짐량은 箱子和 荷重載荷板이 완전히 접촉한 순간, 즉 40kgf의 荷重이 載荷된 점으로부터 측정하였다.^{1,25,38)}

農産物의 生物體降伏點(bioyield point)과 비유될 수 있는 箱子の 臨界처짐점(critical deflection point)은 그림에서 보는 바와같이 2개 혹은 그 이상으로 나타났는데, 여러번의 반복실험결과 그 점들의 평균값은 最大壓縮처짐량(max. compressive deflection)의 약 70%에 해당하는 값들이었다.^{20,21)} 또한 이들 값들은 그림 5에서 보는 바와같이 臨界처짐점을 하나의 곡선으로 연결하였을 때 그 곡선의 변곡점과도 거의 일치하였다.

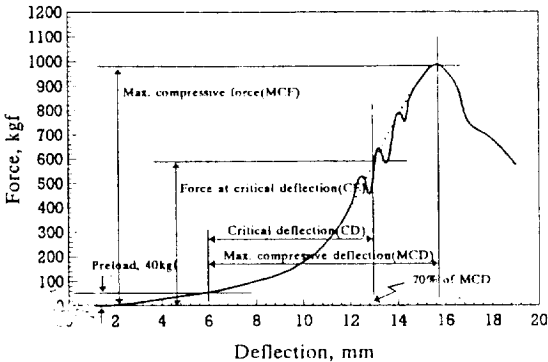


Fig. 5. Typical force-deflection characteristics curves of the corrugated fiberboard boxes.

따라서 본 연구에서는 箱子の 最大처짐량의 70%에 해당하는 값을 臨界처짐량(critical deflection)으로, 또한 그 점에서의 荷重을 臨界荷重(critical force)으로 간주하였다.

溫度 및 相對濕도에 따른 골판지箱子の 壓縮強度는 그림 6에 나타내었다. 본 연구의 溫濕度 범위인 溫度 6°C ~ 30°C, 相對濕度 32 ~ 92%에서 Box A의 最大壓縮強度는 480 ~ 900kg, Box B는 400 ~ 850kg의 값을 나타내었다. 같은 실험조건에서 Box A의 壓縮強度는 Box B에 비하여 약 100kg 정도 컷으며, 두 箱子 모두에서 相對濕度の 증가에 따라 급격히 감소하는 경향이였다. 대체로 溫度 보다는 相對濕도가 壓縮強度에 미치는 영향이 뚜렷하였다.^{6,7,20,21)}

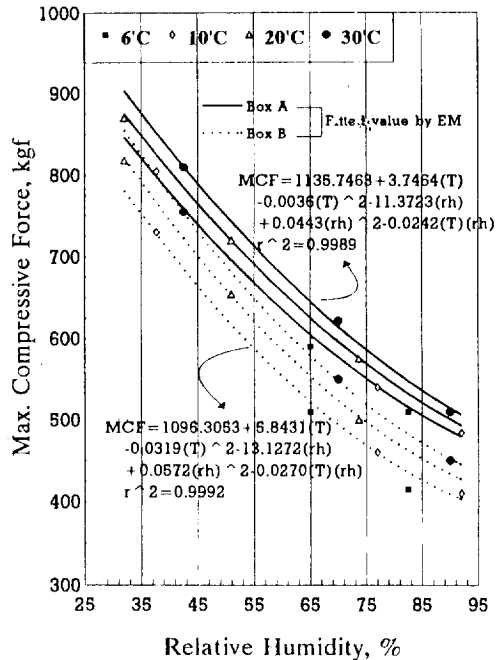


Fig. 6. Maximum Compressive strength of the corrugated fiberboard boxes as a function of temperature and relative humidity at loading rate of 10mm/min.

골판지의 평균평량이 Box B가 Box A에 비하여 높음에도 불구하고 Box A의 壓縮強度가 Box B에 비하여 큰것으로 보아 골판지의 평량과

箱子の 壓縮強度와는 반드시 비례관계에 있는 것만은 아니며, 골판지箱子の 원재질의 영향이 큰것으로 판단되었다.

溫度 및 相對濕도에 따른 箱子の 最大壓縮強度는 그림 6에서와 같은 경험식으로 잘 표현되었으며, 우리나라의 사과 및 배의 貯藏條件인 溫度 약 2℃, 相對濕度 약 95%에서 箱子の 最大壓縮強度는 Box A가 458kg, Box B가 371kg로 추정되었다.

그림 7에는 溫度 및 相對濕도에 따른 臨界荷重을 나타내었다. 最大壓縮強度와 마찬가지로 溫度 보다는 相對濕도에 더 많은 영향을 받았으며, Box A는 Box B에 비하여 臨界荷重도 약간 더 크게 나타났다.

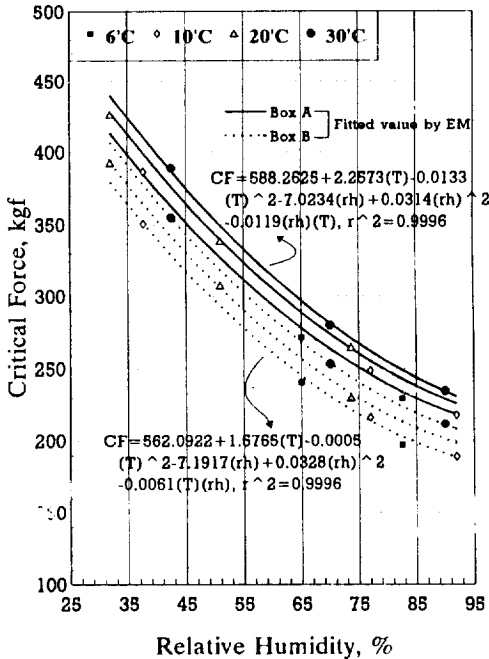


Fig. 7. Critical force of the corrugated fiberboard boxes as a function of temperature and relative humidity at loading rate of 10mm/min.

다. 골판지箱子の 破壞 및 처짐특성

표 2에서 보는 바와같이 箱子の 破壞형태는

대부분 서로 마주보고 있는 면끼리 안쪽 혹은 바깥쪽의 같은 방향으로 彎曲되면서 파괴가 시작되었으며, 相對濕도가 높을 수록 길이 방향의 수직측면(vertical side panel, L×D)이 안쪽을 향하여 彎曲되었다. 이로부터 箱子の 破壞방향은 대기조건과 매우 밀접한 관계가 있으며, 相對濕도가 높을시 箱子 안과 밖의 濕度차가 箱子の 破壞方向을 결정하는 것으로 판단된다.

또한 箱子表面에 기계인쇄시 인쇄압력으로 인한 골의 찌그러짐도 골판지箱子の 파괴방향에 영향을 줄 것으로 짐작된다.

Table 2. Direction of panel failure in the corrugated fiberboard boxes during compression according to the relative humidity and the temperature of 20℃ (10 samples per each condition)

Relative humidity %	1)	2)	L×D panel base	
			Inward	Outward
40	8	2	4	4
60	8	2	5	3
80	9	1	8	1

Note : 1) vertical side panels deflected laterally inwards or outwards
2) otherwise deflected

箱子の 높이가 서로 다른 箱子들의 처짐특성을 직접 비교할 수는 없으므로, 여기서는 箱子の 높이로 처짐량을 나눈 箱子の 단위 높이당의 처짐, 즉 처짐율로써 나타내었다.

溫度 및 相對濕도에 따른 箱子の 最大壓縮처짐율(max. compressive deflection ratio)은 그림 8에서 보는 바와같이 相對濕도에 따라 거의 직선적으로 증가하였으나, 溫度에 따라서는 일률적인 경향이 없었다.

相對濕度 32~92% 범위에서 Box A가 약 0.0859~0.1159, Box B가 약 0.0967~0.1327로 Box B의 最大壓縮처짐율은 Box A에 비하여 컷는데, 이는 壓縮強度와는 서로 반대되는 경향이였다.

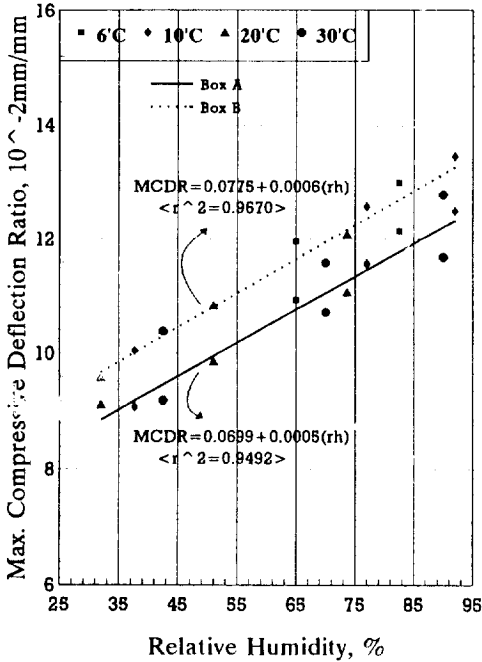


Fig. 8. Maximum compressive deflection ratio of the corrugated fiberboard boxes as a function of temperature and relative humidity at loading rate of 10mm/min.

이로부터 Box A가 Box B에 비하여 모든 온도 및 상대습도의 조건에서 견고하며 또한層積耐久性 역시 우수한 것으로 판단되었다.

그림 9에는 온도 및 상대습도에 따른 臨界처짐을 나타내었다. 앞에서 언급한 바와같이 臨界처짐은 最大壓縮처짐의 약 70%에 해당되는 값으로 箱子の 最大壓縮처짐률과 같은 경향으로 나타났다.

相對濕度 32~92% 범위에서 Box A가 약 0.0617~0.0857, Box B가 약 0.0671~0.0911로 Box B의 臨界처짐율이 Box A에 비하여 크게 나타났다.

V. 結論

대기조건에 따른 골판지箱子の 水分吸濕特性과 箱子の 壓縮強度를 분석하기 위하여, 공시된

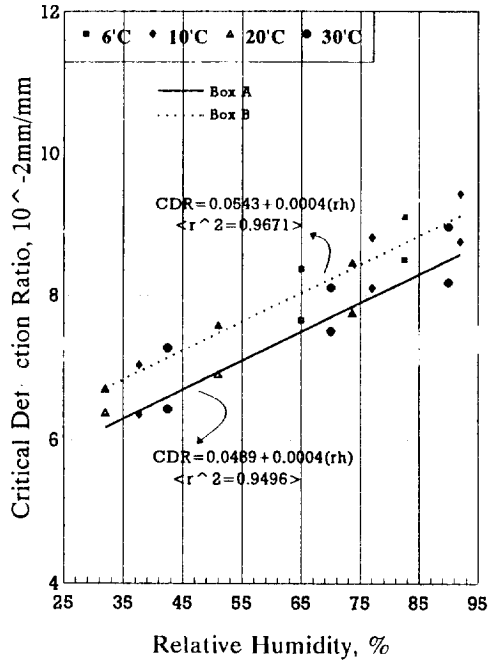


Fig. 9. Critical deflection ratio of the corrugated fiberboard boxes as a function of temperature and relative humidity at loading rate of 10mm/min.

2가지의 골판지箱子是 현재 국내에서 보편적으로 이용되는 있는 RSC(A-1)型的의 트레이(tray)용 사과(Box A)와 배 箱子(Box B)로써, 이 箱子들은 國內古紙와 輸入古紙로 만들어졌으며, 사과箱子が 배箱子에 비하여 輸入古紙가 더 많이 함유된 것이었다.

본 研究의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 두 箱子 모두 20시간 이후에는 平衡含水率에 도달하였으며, 吸濕에 의해 도달되는 平衡含水率이 脫濕에 의한 平衡含水率 보다 낮았다. 相對濕度 약 50% 이상에서 相對濕度の 증가에 따라 平衡含水率은 급격히 증가하였으며, 같은 相對濕度에서 溫度가 높을수록 平衡含水率은 낮게 측정되었다.
2. 같은 실험조건에서 Box A의 最大壓縮強度는 Box B에 비하여 약 100kg 정도 컸으며, 두 箱

子 모두에서 相對濕度의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향이였다. 대체로 溫度 보다는 相對濕度가 壓縮強度에 미치는 영향이 뚜렷하였다.

3. 荷重이 어느 수준에 도달하였을 때 箱子の 破壞形態는 대부분 서로 마주보고 있는 면끼리 안쪽 혹은 바깥쪽의 같은 방향으로 彎曲되었으며, 相對濕度가 높을 수록 길이 방향의 수직 측면(L×D)이 안쪽을 향하여 彎曲되어, 箱子の 破壞方向은 대기조건과 매우 밀접한 관계가 있었다.
4. 溫度 및 相對濕度에 따른 箱子の 最大壓縮처짐율과 臨界처짐율 모두 相對濕度에 따라 거의 직선적으로 증가하였으나, 溫度에 따라서는 일률적인 경향이 없었다.

參 考 文 獻

1. ASTM Standard D642-76. Standard method of compression test for shipping containers.
2. ASTM Standard D644-88. Standard test method for moisture content of paper and paperboard by oven drying.
3. ASTM Standard D685-87. Standard method of conditioning paper and paper products for testing.
4. Asvanit, P. 1988. On the effect of moisture content on the shock transmissibility properties of honeycomb cushioning. M.S. thesis, School of Packaging, Michigan State Univ., East Lansing, MI.
5. Beardsell, A. C. 1962. Refrigerated container requirements. Tappi 45(8) : 156A-159 A.
6. Boonyasarn, A., B. R. Harte, D. Twede, and J. L. Lee. 1992. The effect of cyclic environments on the compression strength of boxes

- made from high-performance (fiber-efficient) corrugated fiberboard. Tappi J. (Jan.) : 79-85.
7. Byrd, V. L. 1972. Effect of relative humidity changes on compressive creep response of paper. Tappi 55(11) : 1612-1613.
8. Ciosek, B. M. and D. Patterson, Jr. 1971. Impact for test cushioning. Modern Packaging (Oct) : 1-4.
9. Gartaganis, P. A. 1975. Strength properties of corrugated containers. Tappi 58(11) : 102-108.
10. Kellicuitt, K. Q. and E. F. Landt. 1951. Safe stack life of corrugated boxes. Fiber Containers (Sept.) : 1-5.
11. Kellicutt, K. Q. 1963. Effect of contents load bearing surface on compressive strength and stacking life of corrugated containers. Tappi 46(1) : 151A-154A.
12. Koning, J. W. 1975. Compressive properties of linerboard as related to corrugated fiberboard containers : a theoretical model. Tappi 58(12) : 105-108.
13. Leake, C. H. 1988. Measuring corrugated box performance. Tappi J. (Oct.) : 71-75.
14. Levans, U. L. 1975. The effect of warehouse mishandling and stacking patterns on the compression strength of corrugated boxes. Tappi 58(8) : 108-111.
15. Levans, U. L. 1977. The effect of ambient relative humidity on the moisture content of palletized corrugated boxes. Tappi 60(4) : 79-82.
16. Maltentfort, G. G. 1970. Compression strength estimation for horizontal flute corrugated boxes loaded side to side. Tappi 58(6) : 1976-1079.
17. Marcondes, J. 1992. Cushioning properties of corrugated fiberboard and the effects of

- moisture content. Trans. of the ASAE 35(6) : 1949-1953.
18. Marcondes, J. A., J. Waldeck, G. Burgess and S. P. Singh. 1990. Application of high-speed motion analysis to measure shock in cushioned drops. Packaging Technology and Science 3 : 51-55.
 19. McKEE, R. C., J. W. Gander and J. R. Wachuta. 1963. Compression strength formula for corrugated boxes. Paperboard Package (Aug.) : 144-15.
 20. Peleg, K. 1985. Produce handling packaging and distribution. Westport : AVI Publishing.
 21. Peleg, K. 1981. Package product interaction in corrugated containers for flesh produce. Trans. of the ASAE 24(4) : 794-800.
 22. Peleg, K. 1984. A mathematical model of produce damage mechanism. Trans. of the ASAE 27(1) : 287-293.
 23. Seth, R. S. 1985. Relationship between edgewise compressive strength of corrugated board and its components. Tappi J. (March) : 98-101.
 24. Shick, P. E. and N. C. S. Chari. 1965. Top-to bottom compression for double wall corrugated boxes. Tappi 48(7) : 423-430.
 25. Tappi test method T804 om-89. Compression test of fiberboard shipping container.
 26. Tappi test method T412 om-88. Moisture in paper and paperboard.
 27. Thielert, R. 1986. Edgewise compression resistance and static load-lifetime relationship of corrugated board sample. Tappi J. (January) : 77-81.
 28. 김순철. 1993. 유럽의 골판지 산업. 월간포장산업(4월호) : 123-134.
 29. 農産物 標準出荷規格執. 1992. 農協協同組合中央會.
 30. 서영범. 1993. 골판지의 강도형성과 접착제와의 관계. 월간포장산업(7월호) : 136-143.
 31. 이재창. 1992. 배 수출 모델개발 및 상품성 향상에 관한 연구. 과학기술처 연구보고서.
 32. 한국골판지협동조합. 1986. 제2차 골판지 포장 물류세미나 교재.
 33. 韓國工業規格標準協會. 1986. 골판지 用語. KS A1007.
 34. 韓國工業規格標準協會. 1988. 外部包裝用 골판지. KS A1502.
 35. 韓國工業規格標準協會. 1988. 果實類 包裝用 골판지 箱子. KS A1532.
 36. 韓國工業規格標準協會. 1985. 試驗用紙의 前處理. KS M7012.
 37. 韓國工業規格標準協會. 1985. 종이 및 板紙의 水分 試驗法. KS M7023.
 38. 韓國工業規格標準協會. 1988. 골판지의 壓縮強度 試驗法. KS M7063.
 39. Hanlon, J. F. 1984. Handbook of packaging engineering. New York.
 40. 김기주의 외. 1989. 포장용지 강도향상에 관한 연구(I)(II). NIRI 39 : 57-75.