

農産物包裝用 골판지箱子の 層積耐久性の 分析과 向上에 관한 연구† Improvement and Analysis of Stacking Durability of Corrugated Fiberboard Boxes for Agricultural Products

박종민* 권순홍* 권순구* 김만수**
정희원 정희원 정희원 정희원
J.M.Park S.H.Kwon S.G.Kwon M.S.Kim

1. 서론

골판지箱子の 견고성 문제들이 수출확대의 저해요인으로 보고되고 있으며, 세계 각 국의 농산물 시장의 개방에 따라 우리나라 농산물도 점차 수출이 확대될 전망이고, 또한 包裝容器 뿐만 아니라 緩衝材로서도 골판지의 이용이 날로 증가될 것이 분명하다. 따라서 골판지箱子の 壓縮強度, 緩衝性, 層積耐久性の 향상, 골판지箱子の 치수, 品質規格化 및 대체재 개발에 대한 다각적인 연구가 매우 시급하다.

본 연구는 농산물 包裝용 골판지箱子の 層積耐久性の 분석과 향상을 위한 연구로 첫째, 골판지箱子の 水分吸濕에 따른 壓縮強度劣化 특성을 분석하며, 둘째, 장기 고정하중에대한 골판지箱子の 크리이프 擧動을 분석하여 이를 模型化 하고, 셋째, 골판지箱子の 크리이프 거동과 累積荷重修正係數(cumulative load correction factor)를 통한 許容層積荷重(단수)과 許容層積期間등을 분석하여 이들관계를 모형화한다. 넷째, 이상의 연구결과와 관련된 자료를 분석하여 골판지箱子の 層積耐久性の 향상방안을 모색한다.

2. 層積耐久性에 대한 이론분석

1)설계상의 必要壓縮強度

일반적으로 箱子 설계시 必要壓縮強度는 단일箱子の 強度低下와 복합강도저하 요인들을 함께 고려하여 다음과 같은 2가지 방법이 적용되고 있다.

$$P = F \left(\frac{H_d}{D} - 1 \right) W_{gt} = k(N-1)W_{gt} = kx, P = \frac{x}{(1-a)(1-b)(1-c)(1-d)(1-e)(1-f)} \quad (1)$$

여기서, P =必要壓縮強度, N , $\frac{H_d}{D}$ =層積된 箱子の 전체높이와 箱子높이와의 비, W_{gt} =包裝된 골판지箱子の 총무게, N , F =안전계수(ASTM D469에서 1.5~8), N =골판지箱子の 層積段數, x =최하단 箱子에 걸리는 荷重, N , a =저장기간에 따른 저하율 (10일간 35%), b =저장장소의 대기조건에 따른 저하율(rh 90%일때 25%), c =골판지箱子の 제조시의 저하율 (보통 10%), d =적재방법에 따른 저하율 (보통 15%), e =진동에 의한 저하율 (보통 10%), f =하역 및충격에 의한 저하율 (보통 10%)

† 이 연구는 한국농업기계학회의 '93년도 산학협동 연구비 지원에 의하여 수행되었음

* 밀양산업대학교 농업기계학과

** 충남대학교 농업기계공학과

2) 許容層積荷重 및 許容層積期間 분석

(1) 크리이프 거동을 통한 분석

層積된 골판지箱子の 붕괴나 包裝物의 損傷은 주로 箱子の 크리이프 변형으로 인한 箱子の 壓傷에 기인되고, 또한 골판지箱子の 크리이프 변형은 箱子の 強度低下要因들의 總합된 結果로 나타나기 때문에 貯藏고의 대기조건, 靜荷重의 크기, 層積期間에 따른 골판지箱子の 크리이프 舉動이 정확히 측정된다면 이를 통하여 골판지箱子の 許容層積荷重(단수)과 許容層積期間등이 분석될 수 있을것이다.

$$D(S_o, t) = AS_o^B [C + Dt - \exp(-Et)] \quad (2)$$

여기서, $D(S_o, t)$ = 靜荷重의 크기와 시간에 따른 골판지箱子の 처짐량, mm, S_o = 靜荷重, N, t = 靜荷重 재하순간부터의 시간, hr, A, B, C, D, E = 모형의 상수값

$$\text{허용층적단수, } N = \frac{S_o}{W_{gt}} + 1 \quad (\text{여기서, } W_{gt} = \text{포장상자의 전체무게}) \quad (3)$$

(2) 累積荷重修正係數에 의한 분석

貯藏기간에 따른 표준상태에서의 箱子の 最大壓縮強度에 대한 靜荷重의 비 즉, 貯藏기간에 따른 荷重修正係數 $Y(t)$, 또한 표준상태에서의 箱子の 最大壓縮強度에 대한 임의 조건에서의 壓縮強度와의 비 즉, 貯藏조건에 따른 荷重修正係數를 $S(MC, rh, T)$ 라하면, 층적된 최하단의 골판지箱子が 받는 荷重, $x = (N-1)W_{gt}$ 에 대한 위의 壓縮強度 劣化條件을 포함한 골판지箱子の 累積 總荷重은 다음과 같이 계산된다.

$$W = \frac{x \cdot f}{Y(t) \cdot S(MC, rh, T)} = \frac{(N-1)W_{gt}f}{Y(t) \cdot S(MC, rh, T)} \quad (4)$$

여기서, W = 累積 總荷重, N, $Y(t)$ = 貯藏기간에 따른 荷重修正係數, $S(MC, rh, T)$ = 貯藏조건에 따른 荷重修正係數, f = 기타 상자의 불일치, 貯藏고내의 온·습도의 변화에서 오는 荷重修正係數

따라서 累積荷重修正係數(cumulative load correction factor, CF)는 다음과 같이 표현된다.

$$CF = \frac{W}{(N-1)W_{gt}} = \frac{f}{Y(t) \cdot S(MC, rh, T)} \quad (5)$$

累積荷重修正係數 CF가 구해지면, 골판지箱子の 許容層積段數는 다음과 같이 계산된다.

$$CF \cdot x < MCF \rightarrow N < \frac{MCF}{(CF)W_{gt}} + 1 \quad (6)$$

여기서, MCF = 표준상태(23°C·rh50%)에서의 箱子の 最大壓縮強度, N

3. 실험재료 및 방법

1) 실험재료

본 연구에서 공시한 골판지箱子是 현재 국내에서 사과 및 배 箱子로 가장 보편적으로 이용되는 RSC(regular slotted container, A-1)型的 트레이(tray)용 2중 兩面골판지箱子로서, Box A의 라이너 [KA]는 수입고지(OCC)가 약 40% 함유되어 있으나, Box B의 경우는 외부 라이너 [SC]가 마닐라지(manila paper)이며; 箱子の 원지들은 대부분 국내고지가 주원료 이었다.

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

Kinds	Box type	Dimensions (L×W×T),mm	Board composition (outer → inner), g/m ²	CBW ¹⁾ , g/m ²	Flute type (inner/outer)	WR ²⁾
Box A	RSC (A-1)	505×355×280	KA ²¹⁰ /AS ²¹⁰ /S ¹²⁵ /AS ²⁵⁰ /KA ²¹⁰	1239	A+B	R ₀
Box B		505×350×240	SC ²⁴⁰ /AS ²⁵⁰ /AS ¹⁸⁰ /AS ²⁵⁰ /KA ²⁴⁰	1410		

Note, 1):combined basic weight, 2):water repellency

2) 실험장치 및 방법

(1) 골판지의 水分吸濕實驗

골판지의 水分吸濕實驗에는 2대의 항온습습기가 사용되었다. 한대는 골판지에 前處理條件을 주기위한 것이었고, 다른 한대는 前處理한 골판지에 계획한 실험조건에서 水分平衡을 시키기 위한 것이었다. 공시된 각각의 골판지箱子를 전개하여 가로, 세로가 모두 30cm인 정사각형 시편을 여러 장 만들어 이를 표준상태(23℃-rh 50%)에서 20시간 前處理 한 다음 계획한 실험조건으로 옮겨 다시 20시간 평형 시킨후 含水率을 측정하였다.

(2) 골판지箱子의 壓縮實驗

골판지箱子에 대한 壓縮實驗裝置는 [그림 1]에서 보는 바와같으며, 두 평판사이에 놓인箱子가 壓縮될때箱子의 처짐량과 받는 荷重은 구성된 계측시스템에 의해 연속적으로 計測 및 蒐集되며, 이때 荷重載荷速度는 10mm/min로 하였다.(ASTM D642-76; Tappi T804; KS M7063)

(3) 골판지상자의 크리이프 실험장치

골판지箱子에 대한 크리이프 실험장치는 [그림 2]에서 보는 바와같으며, ASTM standards D642-76의 실험법을 응용하여 靜荷重을 골판지箱子에 밀착시켜 작용시키기 위하여 먼저 60kgf의 preload를 가하고, 그후 일정 靜荷重을 순간적으로 작용시킨뒤 이 순간부터 처짐량을 연속측정하였다. 이때 정하중의 범위는 골판지箱子의 臨界荷重이하에서 100kgf, 150kgf 및 200kgf의 3수준을 선정하였다.

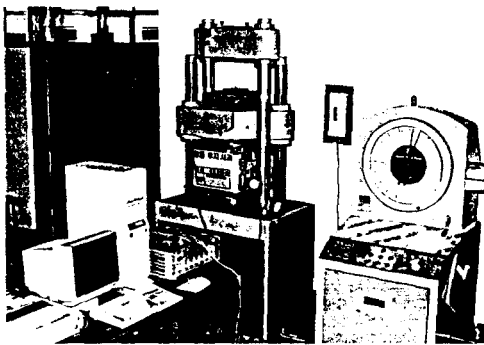


Fig. 1. The experimental equipment for compression test of the corrugated fiberboard boxes.



Fig. 2. Experimental equipment for the compressive creep test of the corrugated fiberboard boxes.

4. 결과 및 고찰

1) 골판지의 水分吸濕特性

吸濕이나 脫濕過程을 통한 平衡含水率 도달까지는 약 20시간 정도가 소요되었으며, 공시한 골

판지의 온·습도 변화에 따른 平衡含水率 [그림 3]에 나타내었다. 平衡含水率은 상대습도 50% 이상에서 상대습도의 증가에 따라 급격히 증가하였으며, 같은 상대습도에서 온도가 높을수록 작게 측정되었다. 대체로 동일한 溫·濕度 조건에서 Box A가 Box B에 비하여 平衡含水率이 약간 낮게 측정되었다. 온·습도에 따른 골판지의 平衡含水率은 그림 속의 경험식으로 잘 표현되었다.

2) 골판지 箱子의 壓縮強度

온·습도에 따른 골판지 箱子의 最大壓縮強度(MCF)와 함수율에 따른 最大 압축강도를 [그림 4]에 함께 나타내었다. 본 연구의 溫·濕度 범위인 온도 6°C~30°C, 상대습도 32~92%에서 Box A의 最大壓縮強度는 480~900kgf, Box B는 400~850kgf의 값을 나타내었다. 같은 실험조건에서 Box A의 最大壓縮強度는 Box B에 비하여 약 100kgf 정도 컷으며, 두 箱子 모두에서 상대습도의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향이였다. 最大壓縮強度는 온도가 낮을수록 약간씩 감소하였으며, 대체로 온도 보다는 상대습도에 더많은 영향을 받는 것으로 나타났다.(Boonyasarn et al, 1992; Byrd, 1972; Peleg, 1981; 1985) 함수율과 最大壓縮強度와는 2차함수의 관계가 있었으며, 함수율이 증가함에 따라 그 감소율이 차츰 둔화되는 경향이였다.

골판지를 구성하는 원지의 총평량이 Box B가 Box A에 비하여 높음에도 불구하고 Box A의 壓縮強度가 Box B에 비하여 큰것으로 보아 골판지의 평량과 箱子의 壓縮強度와는 반드시 비례관계에 있는 것만은 아니며, 골판지 箱子의 원지의 영향이 더 큰것으로 판단되었다.

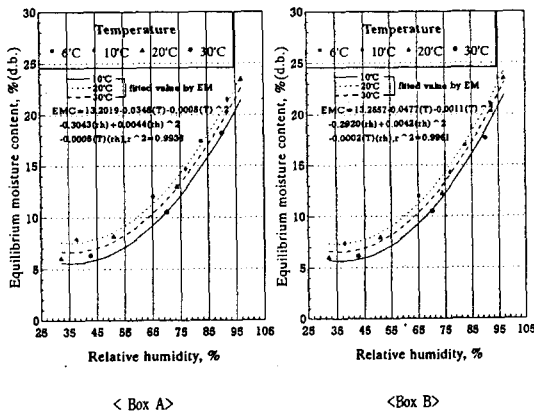


Fig. 3. Effect of temperature and relative humidity on EMC of the corrugated fiberboard.

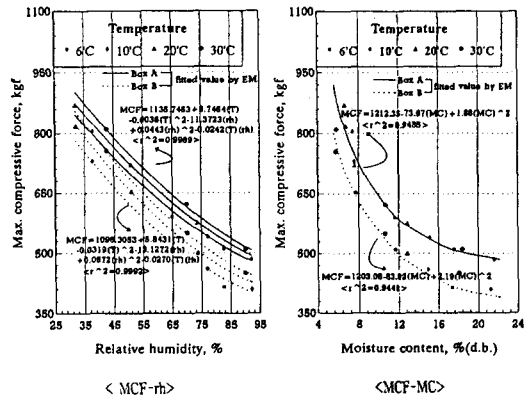


Fig. 4. Maximum compressive strength of the corrugated fiberboard boxes as a function of temperature, relative humidity, and MC.

3) 골판지 箱子의 처짐특성

온·습도에 따른 箱子의 最大壓縮 처짐율(MCDR)과 함수율에 따른 最大 압축 처짐율의 관계를 [그림 5]에 함께 도시하였는바, 最大 압축 처짐율은 상대습도에 따라 거의 직선적으로 증가하였으나, 온도에 따라서는 일률적인 경향이 없었다.

상대습도 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. 이로부터 Box A가 Box B에 비하여 모든 온·습도 조건에서 견고하며 또한 層積耐久性 역시 우수할 것으로 판단 되었다. 골판지의 함수율에 따른 상자의 最大 처짐율은 함수율이 증가함에 따라 2차 함수적으로 증가하였으며, 함수율의 증가에 따라 最大 처짐율의 증가율이 차츰 둔화되었다.

4) 골판지 箱子의 크리이프 특성

[표 2]에는 골판지 箱子의 크리이프 실험 결과를 박(1993)이 과실의 크리이프 舉動에 적용하였

던 모델에 적용하여 비선형 회귀분석법으로 추정한 모형의 상수값들을 나타내었다.

Table 2. Coefficients of nonlinear viscoelastic model for creep of the corrugated fiberboard boxes according to the environmental conditions

Boxes	Enviromental conditions	M.C. % (d.b.)	$D(S_L, t) = AS_L^B [C + Dt - \exp(-Et)]$					r^2
			A	B	C	D	E	
Box A	18°C -rh 45%	7.13	50.0701×10^{-6}	1.0577	4.5251	0.0170	3.3165	0.9633
	10°C -rh 65%	11.26	10.9891×10^{-5}	0.9539	4.1890	0.0170	3.3168	0.9633
	0°C -rh 85%	19.13	18.9303×10^{-5}	0.8830	4.0468	0.0183	3.4256	0.9633
Box B	18°C -rh 45%	7.25	49.6996×10^{-6}	1.1150	3.6204	0.0160	3.1091	0.9633
	10°C -rh 65%	11.31	12.0171×10^{-5}	0.9876	3.4853	0.0169	3.3124	0.9633
	0°C -rh 85%	18.79	21.8799×10^{-5}	0.9085	3.3897	0.0169	3.3181	0.9633

Note, $D(S_L, t)$ =deflection ratio of the box, mm/mm, S_L =constant static load per perimeter of the box, kg/m

[그림 6]에서 보는 바와같이 저온다습할수록 크리프율과 정도가 크게 나타났으며, 靜荷重의 크기에 따른 크리프의 차이도 현저하였다. 대체로 Box B의 크리프율이 Box A에 비하여 컷는데 이 결과는 앞절에서 Box A가 Box B에 비하여 같은 조건에서 많은 수분을 흡습하고 흡습속도가 빠른것과도 특성상 일치하였고, 또한 最大壓縮強度 및 臨界荷重의 비교에서도 잘 일치하는 결과이었다.

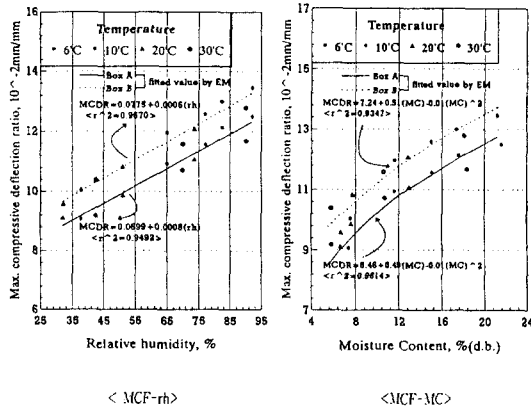


Fig. 5. Maximum compressive deflection ratio of the corrugated fiberboard boxes as a function of temperature, relative humidity, and MC.

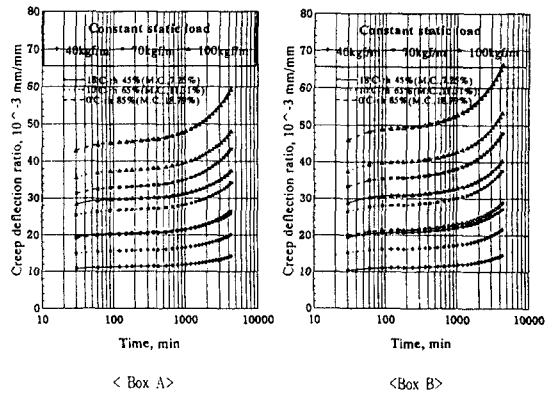


Fig. 6. Effect of the environmental conditions and constant static load on the creep behavior of the Box.

5) 골판지 상자의 層積耐久性

[그림 7]에는 最大壓縮처짐량을 기준으로 대기조건과 靜荷重에 따라 식 (2)로부터 추정된 골판지 상자의 許容層積期間을 나타내었다.

Box A와 Box B 모두에서 許容層積期間은 靜荷重이 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향이 있었으며, 또한 靜荷重의 증가에 따라 대기조건에 따른 許容層積期間의 차이는 감소하였으며, 대체로 Box A의 許容層積期間이 Box B에 비하여 크게 추정되었다. 상대습도와 정하중을 인자로 하는 허용층積期間의 豫測模型을 다음과 같이 개발하였다.

$$(Box A의 경우) T = -5304.68 + 695.65 \ln(S_0) + \frac{532849.19}{rh + S_0}, r^2 = 0.9644 \quad (7)$$

$$(Box B의 경우) T = -5489.81 + 725.42 \ln(S_0) + \frac{529502.69}{rh + S_0}, r^2 = 0.9610 \quad (8)$$

여기서, T = 層積期間, hr, rh = 相對濕度, %, S_0 = 層積荷重, kgf

여기서 골판지박자의 許容層積段數 (N)는 식 (7)과 (8)로부터 層積期間과 상대습도에 따른 層積荷重을 수치해법으로 구한뒤 다음과 같이 계산된다.

$$N = \frac{S_o}{W_{gt}} + 1 \quad (\text{여기서, } W_{gt} = \text{包裝박자의 전체무게}) \quad (9)$$

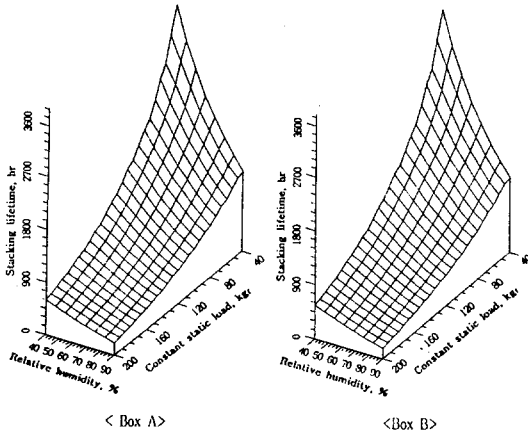


Fig. 7. Response surface of allowable stacking lifetime of the box according to the environmental conditions and constant static load.

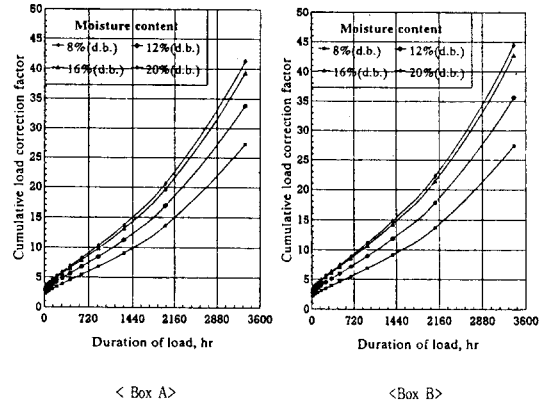


Fig. 8. Cumulative load correction factor according to duration of load in various moisture content for box.

또다른 방법으로서 골판지박자의 許容層積荷重과 層積期間을 결정할 수 있는 방법은 앞에서 논의되었던 바와같이 層積된 저층의 골판지박자가 받는 荷重을 기준으로 저장조건과 저장기간에 따른 荷重修正係數를 이용하는 방법이다.

여기서 層積期間에 따른 골판지박자의 荷重修正係數 $Y(t)$ 는 표준상태에서의 박자의 最大壓縮強度에 대한 임의 조건에서의 하중의 비율과 層積期間의 관계로부터 구할 수 있으며, 저장조건에 따른 골판지박자의 荷重修正係數는 다음의 식 (10)과 같이 계산된다.

$$S(MC, rh, T) = S(MC) = \frac{(MCF)_x}{(MCF)_{sc}} \quad (10)$$

여기서, $(MCF)_{sc}$ = 표준상태 (23°C - rh 50%)에서의 박자의 最大壓縮強度, N,
 $(MCF)_x$ = 임의의 상태에서의 最大壓縮強度, N

골판지박자의 層積상태의 불균일, 저장고내의 온·습도의 변화에서오는 荷重修正係數 f 를 1.3으로 하였을 때 위의 두 修正係數로부터 계산된 累積荷重修正係數 CF 를 그림 8에 나타내었다.

[표 3]에는 크리이프거동과 累積荷重修正係數를 통한 골판지박자의 許容層積段數를 추정하여 비교하여 놓았다. 각 저장조건에서 層積期間이 짧을때는 두방법간의 추정되는 許容層積段數 사이에 다소의 차이가 있었으나, 層積期間이 길어질 경우 두 방법간의 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Allowable stacking layers of the corrugated fiberboard boxes according to relative humidity and stacking lifetime

Boxes	GW ¹⁾	rh, 50%			rh, 70%			rh, 90%		
		20days	40days	60days	20days	40days	60days	20days	40days	60days
Box A	15kg _f	15(11)	10(8)	8(6)	12(9)	8(7)	6(5)	10(7)	6(6)	4(4)
Box B	15kg _f	14(11)	9(7)	7(6)	11(8)	7(6)	5(5)	9(7)	5(5)	3(4)

Note, 1): gross weight(dealing unit), (): calculated allowable stacking layers by cumulative load correction factor

5. 요약 및 결론

농산물 包裝材料로는 대부분 골판지箱子가 이용되고 있으며, 包裝시 사용되던 각종 플라스틱 緩衝材들이 환경오염과 관련되어 그 사용이 규제됨으로써 각종 緩衝材料로써 골판지의 이용이 더욱 확대될 추세에 있다. 따라서 골판지箱子와 골판지 자체에 관련된 제반연구 즉, 골판지의 品質管理, 골판지箱子의 品質規格化, 緩衝效果 및 層積耐久性的 향상등 다각적인 연구가 매우 시급하다.

이 연구는 농산물 저장 및 유통시 골판지箱子의 層積耐久性的의 분석과 향상을 위한 연구로써, 이 연구를 위해 현재 국내에서 사과상자(Box A)와 배箱子(Box B)로 가장 보편적으로 이용되고 있는 RSC형의 2중 양면 골판지箱子(DW) 각 1종씩을 공시하여 골판지箱子의 水分吸濕特性, 壓縮強度劣化 특성 및 크라이프 특성, 그리고 골판지箱子의 허용層積期間과 허용層積荷重과의 관계를 분석하였다.

이 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1)공시된 Box A와 Box B에 대하여 흡습 및 탈습실험을 실시했던 결과, 두箱子 모두 20시간 이후에는 平衡含水率에 도달하였으며, 吸濕에 의해 도달되는 平衡含水率が 脫濕에 의한 平衡含水率 보다 약간 낮았다. 상대습도 약 50% 이상에서 상대습도의 증가에 따라 平衡含水率は 급격히 증가하였으며, 같은 상대습도에서 온도가 높을수록 平衡含水率は 낮게 측정되었다.

2)동일한 실험조건에서 Box A의 最大壓縮強度는 Box B에 비하여 약 100kgf 정도 컷으며, 두箱子 모두에서 상대습도의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향이였다. 대체로 온도 보다는 상대습도가 壓縮強度에 미치는 영향이 뚜렷하였으며, 상자의 최대압축강도는 함수율의 증가에 따라 2차 함수적으로 감소하였다.

3)온·습도에 따른 箱子의 最大壓縮처짐율과 臨界처짐율 모두 상대습도에 따라 거의 직선적으로 증가하였으나, 온도에 따라서는 일률적인 경향이 없었다. 또한 함수율에 따라서 2차 함수적으로 증가하였다.

4)주위의 공기조건이 저온다습할수록 골판지箱子의 크라이프율과 정도는 크게 나타났으며, 또한 靜荷重의 크기에 따른 크라이프의 차이도 현저하였다. 대체로 Box B의 크라이프율과 정도가 Box A에 비하여 컷는데, 이 결과는 골판지箱子의 水分吸濕特性和 最大壓縮強度에서의 결과와도 잘 일치하는 결과였다.

5)크라이프 擧動과 累積荷重修正係數를 통한 골판지箱子의 許容層積期間과 許容層積荷重의 분석이 가능하였다. 層積期間이 짧을때는 두 방법간의 차이가 다소 있었으나, 層積期間이 길어 질수록 두 방법간의 차이가 없었다. Box A와 Box B 모두에서 許容層積期間은 靜荷重이 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향이 이었으며, 또한 靜荷重의 증가에 따라 주위 공기의 상대습도에 따른 許容層積期間의 차이는 적어지고, 대체로 Box A의 許容層積期間이 Box B에 비하여 크게 추정되었다.

6)저장고의 상대습도와 層積荷重에 따른 골판지箱子의 許容層積期間의 豫測模型을 다음과 같은 형태로 개발하였다.

$$T = a + b \ln(S_o) + \frac{c}{rh + S_o}$$

이 연구의 결과와 연구수행 과정에서 도출된 골판지箱子의 品質管理, 層積耐久性的의 향상과 設計 및 제작상의 개선점을 요약하면 다음과 같다.

1) 골판지 상자의 層積耐久性은 크리이프 擧動과 매우 깊은 관계가 있음에도 불구하고, 현재 한국공업규격에는 골판지 상자의 크리이프 실험에 관한 규정이 없으므로 이에 대한 규정의 제정이 필요하다.

2) 국내의 경우 골판지 상자의 품질구분 및 거래시 등급을 골판지의 破裂強度를 기준으로 삼고 있으나, 골판지 상자의 層積耐久性은 破裂強度 보다는 상자의 壓縮強度와 처짐량과 더욱 관련성이 있으므로, 이에 대한 규정의 개정이나 또는 관련 업체에 대한 교육의 필요성이 있다.

3) 현재 골판지 상자의 겉표면에 각종 인쇄는 골판지의 제작이후에 인쇄하는 관계로 인쇄압에 의한 골의 찌그러짐으로 골판지 상자의 壓縮強度를 저하시키는 원인이 되고 있다. 따라서 골판지를 제작하기 이전에 외부 라이너의 원지에 미리 인쇄하고 골판지를 제작하는 공정의 개선이 필요하다.

4) 한국공업규격과 농산물 표준출하 규격집상에 농산물에 대한 골판지 상자의 규격이 제정되어 있음에도 불구하고 같은 농산물이라 하더라도 지역 별로 그 치수가 다양하다. 골판지 상자의 효율적인 품질관리와 취급 및 유통상의 능률을 기하기 위해 골판지 상자의 規格化 내지 標準化가 절실히 요청된다.

6. 참고문헌

1. ASTM Standard D469-86, D642-76, D644-88, D685-87, D775-80, D1164-60, D1598-78a, D2808-69, D4169-86, D4003-86, D4577-86, E171-87.

2. 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. 75(10): 79-85.

3. Byrd, V. L. 1972. Effect of relative humidity changes on compressive creep response of paper. Tappi 55(11): 1612-1613.

4. Gartaganis, P. A. 1975. Strength properties of corrugated containers. Tappi 58(11) : 102-108.

5. 한국공업규격표준협회. KS A1502, KS A1003, KS A1007, KS A1012, KS A1030, KS A1104, KS A1502, KS A1531, KS A1532, KS A2156, KS A2158, KS M7012, KS M7023, KS M7063.

6. Kellicutt, K. Q. and E. F. Landt. 1951. Safe stack life of corrugated boxes. Fiber Containers (Sept.): 1-5.

7. Koning, J. W. and R. K. Stern. 1977. Long-term creep in corrugated fiberboard containers. Tappi 60(12) : 128-131.

8. Levans, U. I. 1975. The effect of warehouse mishandling and stacking patterns on the compression strength of corrugated boxes. Tappi 58(8): 108-111.

9. 農産物 標準出荷規格執. 1990. 농림수산부 農協協同組合中央會.

10. Moody, R. C., K. E. Skidmor. 1966. How dead load downward creep influence corrugated box design. Package Engineering. Aug. 75-81.

11. 박종민. 1993. 과실의 점탄성 특성과 그 응용에 관한 연구. 충남대 박사학위논문

12. ———외 3. 1994. 農産物 包裝용 골판지상자의 層積耐久性의 분석과 향상에 관한 연구(I)-수분흡습특성과 압축강도열화. 한국농업기계학회 19(4): 358-368.

13. Peleg, K. 1981. Package product interaction in corrugated containers for flesh produce. Trans. of the ASAE 24(4) : 794-800.

14. Tappi test method T412 om-88, T804om-89,

15. Thielert, R. 1986. Edgewise compression resistance and static load- lifetime relationship of corrugated board sample. Tappi J. (January) : 77-81.