

저온유통용 골판지 포장상자 개발에 관한 연구(I) - 골판지의 흡습특성 시험 -

이원옥 · 윤홍선 · 정 훈 · 이현동 · 조광환 · 김만수*
농업기계화연구소, 충남대학교*

Study on Development of a Corrugated Packaging Box for Cold-chain Distribution (I) - Characteristics of moisture absorption to corrugated fiberboard -

Won-Og Lee, Hong-Sun Yun, Hoon Jeong, Hyun-dong Lee, Kwang-Hwan Cho and Man-Soo Kim*
National Agricultural Mechanization Research Institute in Rural Development Administration, Suwon 441-707
*Chungnam National University Daejeon 305-764, korea

Abstract

The hardness of corrugated packaging box decreased during storage period because of high humidity. Therefore, the strength-decreasing factor of corrugated packaging box had to be investigated to determine the compression strength of the corrugated packaging box. This study was conducted to define the characteristics of moisture absorption as well as compression strength of corrugated fiberboard. (1) The moisture content of the corrugated fiberboard was rarely influenced by the kinds of raw materials and water repellent. However, the moisture adsorption of the corrugated fiberboard was shown to be clearly affected by air temperature changes. (2) The moisture content of the corrugated fiberboard was significantly affected by relative humidity. The moisture adsorption of corrugated fiberboard was also greatly influenced by composition of raw materials rather than water repellent. The results indicated that the improvement of raw materials was more effective than the increase of water repellent of corrugated fiberboard to reduce the moisture adsorption of the corrugated fiberboard. (3) The vertical compression strength was significantly decreased with increasing relative humidity. The reduction rate of vertical compression strength was not charged with the increase of relative humidity, which was regardless of kinds of corrugated fiberboard. (4) For improving the strength of the corrugated packaging box, new technique should be found to develop better quality of raw materials. Moreover, the physical construction of corrugated packaging box should be clearly understood because the corrugated packaging box for the agricultural products was usually used for the circumstances of high humidity and low air temperature

Key words : corrugated packaging box, compression strength, Cold-chain Distribution

서 론

골판지란 한국포장규격(KS A 1007)에서 “파형으로 성형한 골심지의 편면 또는 양면에 라이너를 붙인 것” 이라고 정의하고 있다. 따라서 골판지는 이들 원지, 즉 파형으로 성형한 골심지와 라이너 두 종류의 종지와 이들을 조합하는 접착제의 세가지 요소로 이루어지는 포장용 재료로서 편면골판지, 양면골판지, 이중양면골판지 및 삼중골판지로 나누어진다(1).

골판지상자의 주요 사용목적은 포장, 저장, 유통하는 동안에 외부의 압축력으로부터 내용물을 보호하는 것이며, 이에 필요한 골판지상자의 주요 물리적 기능으로는 높은 압축강

도와 파열강도를 들 수 있다. 최근 들어 골판지 상자의 광고적 기능과 함께 농산물의 신선도 유지기능의 강화는 온·습도 차이가 심한 외계환경조건에서의 압축강도 유지는 간과할 수 없는 중요한 기능으로 취급되고 있다.

골판지상자는 포장, 수송, 하역 및 저장등의 물적유통과정을 겪으면서 여러요인들에 의한 압축강도가 현저히 저하된다. 특히 저장 중에는 높은 상대습도로 인한 흡습열화, 적층기간의 증대, 파렛트 패턴(palletting pattern)에 의한 강도저하가 뚜렷하며(2-6), 최악의 경우 골판지 상자의 기능이 골판지 생산시 초기강도의 10~20%밖에 기능을 다하지 못하는 경우를 볼 수 있게 된다(7). 따라서 농산물의 골판지상자는 이와 같은 강도 저하요인들을 종합적으로 검토하여 상자의 필요 압축강도를 적용해야 할 것이다.

수출 포장지의 경우 골판지상자가 상당한 기간 배에 선적되어 있어야 하며 다시 여러 경로의 창고를 거치면서 최종

Corresponding author : Won-og Lee, National Agricultural Mechanization Research Institute Rural Development Administration, 250, Seodun-Dong, Gwonseon-Gu, Suwon, 441-707, Korea
E-mail : lwo2000@rda.go.kr

소비자에게 도달되는 과정에서 압축하중을 받는 상태의 습도변화에 따른 골판지 강도 저하로 일어나는 문제들이 수출 확대의 저해요인으로 보고되고 있으며, 세계각국의 농산물 시장이 개방됨에 따라 우리나라 농산물도 점차 수출이 확대되고 있으며 또한 포장용기로서의 골판지상자의 이용은 날로 증가될 것으로 전망된다. 따라서 골판지상자의 수직압축강도의 향상 등에 대한 다각적인 연구가 시급한 실정이다.

지금까지 여러 연구자들에 의해 골판지의 함수율과 압축강도와의 관계를 구명하였다. Kellicutt와 Landt(8)는 골판지의 함수율과 상자의 압축강도는 $P_2/P_1=10^{3.01M_1}/10^{3.01M_2}$ (여기서 P_1, P_2 는 함수율이 각각 M_1, M_2 인 골판지 상자의 극한 압축강도)의 있음을 보고하였다. 또 Hanlon(9)은 골판지상자의 압축강도 감소요인을 열거하면서 주위의 상대습도가 90%일 때의 압축강도는 상대습도가 낮을때의 압축강도보다 약 50%감소하였다고 하였으며, Peleg(10,11)도 저온고습상태(3.3℃, 92%)에서의 상자의 압축강도와 임계하중은 표준상태(22.8℃, 50%)의 이들값의 각각 54%, 65%에 해당하는 값이었다고 하였다. 또 오영숙은(12) 골판지의 압축하중과 습도변화에 의한 파괴기작을 밝히기 위하여 원지의 압축하중과 습도변화에 따른 물리적 성질을 측정된 결과 압축강도, 인장강도 등의 물성들은 압축하중과 RH조건에 의해서 크게 영향을 받는 함수율에 반비례한다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 농산물의 저온저장 및 유통시 고습조건에서의 골판지상자의 적층내구성을 향상시키기 위하여 대기 조건에 따른 골판지상자의 수분 흡습 특성과 압축강도의 특성을 구명하자 수행하였다.

재료 및 방법

재료

원지의 구성, 라이너의 발수도, 골형태의 차이에 따라 수분흡습 특성과 압축강도와의 관계를 구명하기 위해 골판지 원지의 배합비, 골 형태, 라이너의 발수도를 달리하여 골판지를 제작하여 공시재료로 사용하였으며 주요 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. The composition of corrugated fiberboard

Items	A Type	B Type	C Type
Raw materials sample	KA210/K ₂ 180/S250/K ₂ 180/KA180	SK210/K180×3/SK210	SK220/SSCP125×3/SK220
Type of corrugation	DW-AB	DW-BB	DW-AB
Water repellent	R ₂	R ₆	R ₆
Raw materials composition	AOCC 50%≤	KOCC 50%≤	UKP 50%≤

※ AOCC : America Old Corrugated Container
 KOCC : Korea Old Corrugated Container
 UKP : Unbleached Kraft Pulp

또한 골심지에 발수처리 여부에 따른 수분흡습특성을 조사하였다. 골심지의 발수처리는 골심지 원지 제작시 Rosin 7% 섞어서 처리하였다. 공시골판지의 특징은 Table 2와 같다.

Table 2. Characteristics of the corrugating medium

Items	Conventional of corrugating medium	Treatment of corrugating medium
Raw materials sample	KA210/S250/K180/S250/KA210	
Type of corrugation	AB	
Water repellent	R ₆	
Corrugating medium	Conventional	Sizing corrugating medium (7%)

골판지의 수분흡습특성

골판지의 수분흡습 정도는 Tappi Standards T412에 따라 골판지 시편(508×318mm)을 채취하여 23±1℃, 50.0±2%의 조건에서 24시간 동안 전처리 한 후 온도 10~30℃와 상대습도 40~95% 범위의 시험 조건에서 20시간 조습 처리한 다음 중량을 측정하고 105℃에서 2시간동안 건조시킨 다음 중량을 측정하여 함수율을 계산하였다

Table 3. Saturated salt solution for static control of relative humidity at 10℃, 20℃ and 30℃

	40%	60%	80%	95%
10℃	MgCl ₂	NaBr	NH ₄ SO ₂	KNO ₃
20℃	KCO ₃	NaBr	NH ₄ SO ₂	KNO ₃
30℃	KCO ₃	NaBr	NH ₄ SO ₂	K ₂ SO ₄

※ Analytical Chemistry 32(10) : 1375~1376

온도와 상대습도는 항온항습기(다솔과학, DS-13MCP)내에 Table 3과 같은 염용액을 넣어서 조절하였다. 골판지 시편은 Table 1의 골판지로부터 각각 36개를 채취하여 사용하였다.

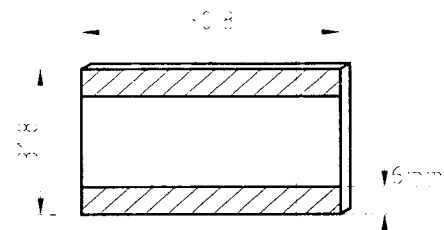


Fig. 1. Test sample.

수직압축강도 측정

골판지의 수직압축강도는 Tappi Standards T811에 따라 골판지 시편을 50.8×31.8mm의 크기로 Fig. 1과 같이 제작하고 양 끝에 6mm씩 왁스코팅한 다음 온도 10~30℃, 상대습도

40~95%범위에서 20시간 동안 저장한 후 TA-X2 물성시험기를 이용하여 12.5±0.25mm/min의 속도로 압축하여 측정하였다.

발수도 측정

발수도 측정은 KS M 7057에 준하여 Fig. 2와 같이 제작한 발수도 측정장치를 사용하여 Fig. 3의 표준 발수도 모델에 준하여 측정하였다.

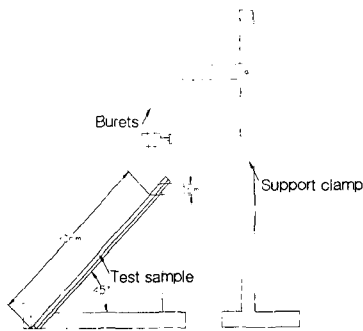


Fig. 2. Measuring apparatus of water-repellent.

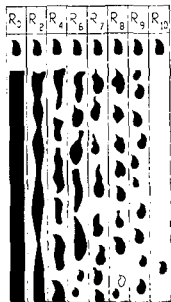


Fig. 3. The standard model for water-repellency of corrugated fiberboard.

결과 및 고찰

수분흡습특성

온도변화에 따른 골판지 함수율은 Fig. 4, 5, 6에서 보는바와 같이 골판지원지 종류, 발수도 차이등에 관계 없이 거의 일정한 값을 나타내 온도가 골판지의 수분흡습에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

그러나 골판지의 함수율 변화는 Fig. 7에서 보는바와 같이 상대습도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며 상대습도 60%이상에서는 상대습도가 증가함에 따라 골판지의 함수율이 급격히 증가하였다. 또 Fig. 7에서보는 바와 같이 B골판

지는 A, C 골판지에 비하여 고습조건에서는 함수율이 더 높고, 저습조건에서는 함수율이 더 낮게 나타나 상대습도 변화에 민감한 것으로 나타났다. 따라서 골판지의 수분흡습을 줄이기 위해서는 발수도를 높이는 것보다 원지자체를 개선할 필요가 높은 것으로 나타났다.

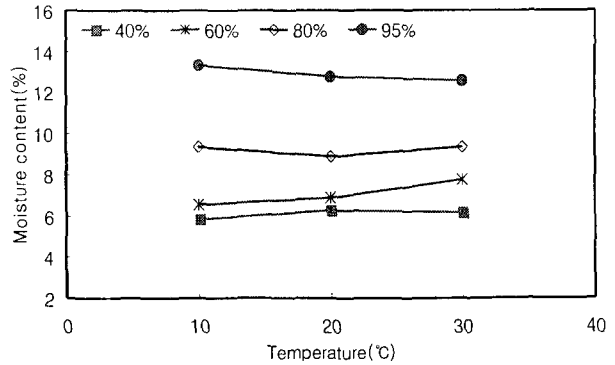


Fig. 4. Change of moisture content of corrugated fiberboard according to temperature (A type).

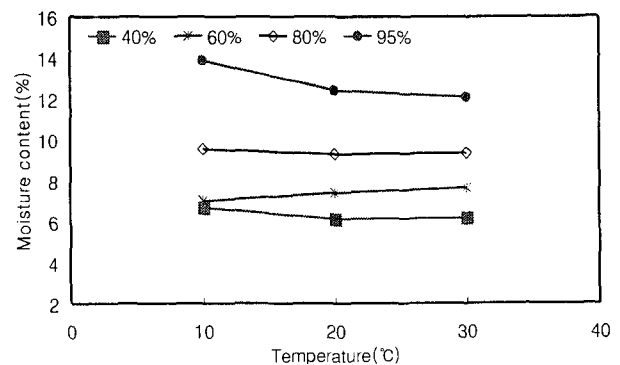


Fig. 5. Change of moisture content of corrugated fiberboard according to temperature (B type).

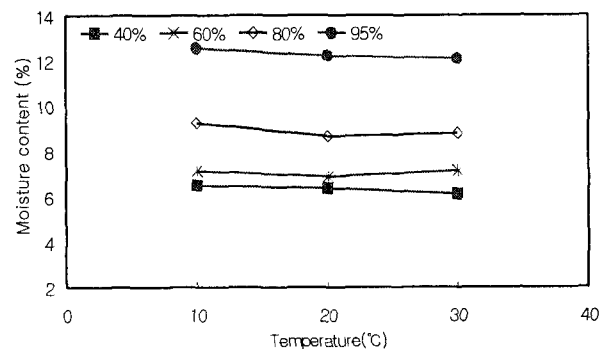


Fig. 6. Change of moisture content of corrugated fiberboard according to temperature (C type).

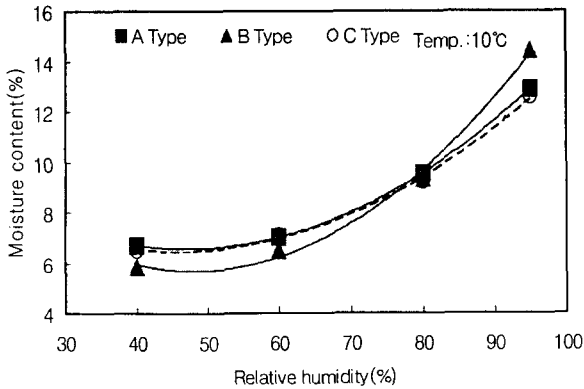


Fig. 7. Change of moisture content of corrugated fiberboard according to relative humidity.

수직압축강도

상대습도에 따른 수직압축강도는 Fig. 8에서 보는바와 같이 골판지상자 A, B, C 모두 상대습도가 증가함에 따라 수직압축강도가 크게 감소하여 상대습도가 수직압축강도에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 나타났다. 동일한 상대습도 조건에서 수직압축강도는 C, A, B의 순서로 크게 나타났으며 상대습도가 증가함에 따른 수직압축강도의 저하비율은 골판지의 종류에 관계없이 거의 같은 것으로 나타났다. 이는 골판지 원지의 재질에 따른 흡습특성과 골의 형상에 따른 차이로 판단되었다. 따라서 수분흡수에 의한 수직압축강도의 저하를 방지하기 위해서는 원지를 개선하고 골의 형상을 2중양면으로 하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

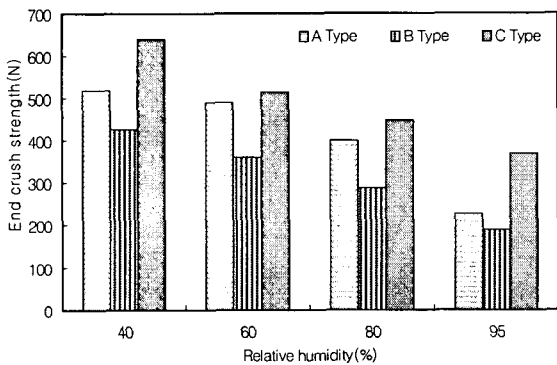


Fig. 8. End crush strength according to relative humidity.

골심지 발수처리 효과

Fig. 9와 같이 동일한 상대습도 조건에서 골심지에 싸이징 처리한 골판지의 함수율은 일반골심지에 비하여 함수율이 낮게 나타나 내습효과가 있는 것으로 나타났으나, 수직압축강도는 큰 차이가 없었다. 이는 골심지에 싸이징 처리 할 경우 골판지 제작시 라이너와 골심지의 접합과정에서 싸이

징 처리된 골심지 부분에서의 접합성이 떨어져 수직압축강도의 외력을 받을 경우 접합부분에서 먼저 파괴가 일어나 압축강도가 낮게 나타난 것으로 판단되며, 이를 해결하기 위해서는 골판지의 생산속도를 30%이상 낮추거나, 고성능의 접착제의 개발이 수반되어야 한다.

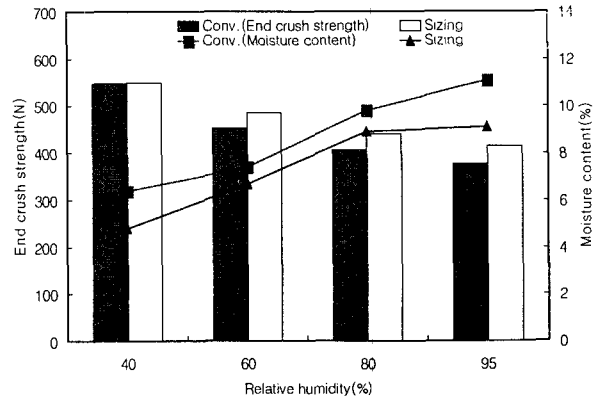


Fig. 9. End crush strength according to treatment conditions of corrugating medium.

※ Sizing : Sizing corrugating medium
Conv. : Conventional corrugating medium

이상의 결과에서 보는 바와 같이 고습도 조건에서 골판지의 수직압축강도를 높이기 위해서는 원지를 개선하고 골심지의 싸이징처리를 필요로 하는데 이 경우 제작비용이 크게 증가한다. 따라서 가능한한 저렴한 비용으로 고강도의 골판지 상자를 제작하기 위해서는 상자의 구조를 개선할 필요가 높은 것으로 판단되었다.

요 약

농산물의 저온저장 및 고습조건에서 안전하게 유통할 수 있는 골판지 포장상자를 개발하기 위하여 원지의 구성, 라이너의 발수도, 골형태의 차이에 따라 수분흡습 특성과 압축강도와의 관계를 구명하기 위해 각각 원지특성을 달리하여 이중 양면 골판지를 재료로 사용하여 시험하였다.

온도변화에 따른 골판지 함수율 변화는 골판지 원지 종류, 발수도 차이등에 관계없이 거의 일정한 값을 나타냈다. 상대습도 변화에 따른 골판지의 함수율 변화는 상대습도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며 골판지의 수분흡습은 발수도 보다는 원지에 구성에 따라 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 또한 수직압축강도는 상대습도가 증가함에 따라 크게 감소하여 상대습도가 수직압축강도에 미치는 영향이 매우 크며 상대습도가 증가함에 따른 수직압축강도의 저하비율은 골판지의 종류에 관계없이 거의 같은 것으로 나타났다. 따라서 저온고습 조건에서 안전하게 내용물을 보호할

수 있는 저온유통용 농산물 골판지 상자의 개선을 위해서는 고품질 원지의 생산기술 개발 및 골판지 상자의 구조개선 연구가 우선되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 조병목 (1994) 골판지원지의 기초물성과 품질강도의 국제비교, 골판지포장·물류, 8, 92-101.
2. 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
3. Beardsell, A.C. (1962) Refrigerated container requirement. Tappi 45(8), 156A-159(A)
4. Boonyasarn, A., Harte, B., Twede, D. and Lee, J.L. (1992) The effect of cyclic environment on the compression strength of boxes made from high-performance (fiber-efficient) corrugated fiberboard. Tappi J.(Jan.), 79-85
5. Byrd, V.L. (1972) Effect of relative humidity changes on compressive creep response of paper. Tappi 55, 1612-1613.
6. Gartaganis, P.A. (1975) Strength properties of corrugated containners. Tappi, 58, 102-108
7. Considine, H.M. Stoker, D.L. Laufenberg, T.L. and Evans, J.W.(1997) Compressive creep behavior of corrugating components affected by humid environment, TAPPI J., 77, 87-95
8. Kellicuitt, K.Q. and Landt, E.F. (1951) Safe stack life of corrugated boxes. Fiber Containers(Sept.), 1-5
9. Hanlon, J.F. (1984) Handbook of packaging engineering. New York
10. Peleg, K. (1981) Package product interaction in corrugated containers for flesh produce. Trans. of the ASAE, 24, 794-800
11. Peleg, K. (1985) Produce handing packaging and distribution. Westport : AVI Publishing
12. 오영순. (1998) 압축하중과습도변화가 골판지 강도에 미치는 영향. 충남대학교 석사학위논문

(접수 2003년 6월 3일, 채택 2003년 8월 20일)