



농산물용 골판지상자 포장 설계 기준

Corrugated Box Design Guideline for Agricultural Products

박수일 / 연세대학교 패키징학과 부교수

1. 서론

골판지 상자는 적정 치수 및 적정 강도를 파악하고 골판지 사용량을 최소화하여 설계 가능하다.

골판지 상자의 적정치수 설계는 내용물과 골판지 상자의 길이, 나비, 높이와의 적정 여유치수 설정을 통해 내용물에 적합한 상자의 치수를 설계하는 것으로 현재 대부분의 업체에서는 이러한 치수 설계 측면에서는 원가절감 차원으로 적정포장을 시행하고 있는 것으로 판단된다.

또한 골판지 상자의 적정강도 설계는 유통과정에서 적재된 골판지 상자의 최하단이 내용물의 파손 또는 골판지 상자의 붕괴없이 안전하게 보관 또는 운송이 가능하게 설계하는 것으로 대부분의 업체에서는 적정 강도의 포장을 시행하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

하지만 농산물용 골판지 상자의 경우 내용물인 농산물의 중량과 포장용기인 골판지 상자의 중량을 합산한 중량으로 거래가 이루어지고 있어 내용물의 중량을 줄이고 골판지 상자의 중량

을 늘려 거래 중량을 맞추는 것이 관행이 되어 왔다.

따라서 실제 필요한 강도의 골판지 상자보다 과대 포장된 골판지 상자를 사용하고 있어 이에 대한 개선이 필요하다.

본 고에서는 골판지 상자 중에서 원천감량 측면에서 개선의 여지가 많은 농산물용 골판지 상자에 대한 원천감량 설계 기준을 소개하고자 한다.

1. 농산물용 골판지 상자 현황 분석

농산물용 골판지 상자의 포장 현황을 분석하기 위하여 시중에 유통 중인 대표적인 농산물인 사과, 배, 복숭아, 포도의 골판지 상자를 수거하여 사용되는 포장 형태 및 재질을 분석하였다.

유통되고 있는 15 kg 용 박스는 0201형(A-1형) 상자가 이용되었으며 7.5kg 이하의 경우 대부분이 0435형(접는형) 상자이며 일부 조립 접착식(아그로) 상자가 이용되고 있었다.



골판지 상자의 설계에 있어 0201형 상자를 기준으로 다양한 예측식과 시험 자료가 있으나 현재 이용량이 증가하고 있는 0435형 상자 및 조립접착형 상자에 대한 자료가 부족해 0201형 대비 강도 및 재질 사용량을 비교하여 보았다.

동일 재질 구성 및 동일 상자 치수로 0201형, 0435형 및 조립접착식 상자를 설계하여 압축강도를 비교한 실험에서 골판지 상자 형식으로 가장 많이 사용되는 0201형의 압축강도와 대비하여 0435형이 150%, 조립접착식이 80%의 강도를 나타내었다.

또한 0201형 2합 상자는 0201형 1합 상자와의 비교하여 약 70%의 압축강도를 나타내어 강도 저하가 큰 것으로 나타났다. 따라서 다음과 같은 압축강도 상관관계식을 산출할 수 있었다.

조립접착식 압축강도 $= 0.8 \times 0201\text{형 압축강도}$ ----- (1) 0435형 압축강도 $= 1.5 \times 0201\text{형 압축강도}$ ----- (2) 0201형 2합 압축강도 $= 1.5 \times 0201\text{형 압축강도}$ ----- (3)

이러한 각 상자별 압축강도 비교는 골판지상자의 종류를 선택할 때 도움이 될 수 있다.

즉 0201형과 비교하여 조립접착형 상자는 골판지 사용량을 줄일 수 있으나 강도 저하가 발생 가능하고, 0435형 상자는 치수에 따라 경우 골판지 사용량을 절감할 수 있으며(상대적으로 골판지 상자의 높이가 낮은 경우), 2중벽 구조에 의한 높은 압축강도를 보임으로 이중양면 골

판지 대신 양면 골판지를 사용하여 적정 강도 설계가 유리하다.

2. 적정 안전계수 산출

유통 중에 파손 없이 내용물을 안전하게 보관 및 운송하기 위해서는 가장 하단의 상자에 가장 높은 하중이 주어지며 다음과 같은 필요압축강도 산출식을 이용하여 상자 설계를 한다는 것은 잘 알려져 있다.

최하단의 골판지 상자는 실제 큰 압축강도가 필요하게 되며 이를 고려한 배율인 안전율(안전계수, k)을 포함하여 다음과 같은 골판지 상자 필요압축강도(P)를 갖고 있어야 한다.

$P = k \times w(n-1)$ ----- (4)

여기에서

- k : 안전계수(안전율, k)
- w : 상자에 포장된 상품의 총 질량(중량, kg)
- n : 적재단수($n = H/h$, H:적재총높이(cm))
- h : 골판지상자의 높이(cm)

농산물용 골판지 상자의 안전계수는 일반적으로 다음과 같은 식에 의해 산출한다.

$\text{안전율}(k) = \frac{1}{(1-a) \cdot (1-b) \cdot (1-c) \cdot (1-d) \cdot (1-e) \cdot (1-f) \cdot (1-g)}$ ----- (5)

여기에서

- a : 저장기간에 의한 저하율

[표 1] 농산물용 골판지 상자의 적정포장 설계 기준

구분	안전계수	상자형태	인쇄방법	대표제품
소포장난좌가 있는 농산물	6	조립접착식 SW-B	프리프린팅	사과, 배, 딸기 등
소포장 난좌가 없는 농산물	8	조립접착식 SW-B	프리프린팅	복숭아, 포도, 굴, 고구마, 감자 등

b : 저장장소의 대기조건에 의한 저하율
 c : 골판지 상자 제조시의 저하율
 d : 적재방법에 의한 저하율
 e : 진동에 의한 저하율
 f : 하역 및 충격에 의한 저하율
 g : 내용물 형태에 의한 저하율
 농산물용 골판지 상자의 경우 농산물 유통환경을 고려하여 다음과 같이 난좌가 있는 경우와 난좌가 없는 경우를 구분하여 안전계수를 산출하였다.

<난좌가 있는 골판지 상자 안전계수>

a : 적재일수(2일)에 의한 저하율 20%
 b : 상대습도 80%에 의한 저하율 32%
 c : 적재패턴 인터락에 의한 저하율 40%
 d : 오버행 30mm에 의한 저하율 30%
 e : 취급 부주위에 의한 저하율 10%
 f : 유통조건(내수)에 의한 저하율 15%
 - 안전계수 = $1/(1-0.2)(1-0.32)(1-0.4)(1-0.3)(1-0.1)(1-0.15) = 5.72$

<난좌가 없는 골판지 상자 안전계수>

a : 적재일수(2일)에 의한 저하율 20%
 b : 상대습도 80%에 의한 저하율 32%
 c : 적재패턴 인터락에 의한 저하율 40%
 d : 오버행 30mm에 의한 저하율 30%
 e : 취급 부주위에 의한 저하율 10%

[표 2] 골판지 형태에 따른 압축강도 산출식

종류	압축강도 산출식
SW A	$0.347 \cdot Z^{1/3} \cdot Px$
SW B	$0.284 \cdot Z^{1/3} \cdot Px$
SW E	$0.230 \cdot Z^{1/3} \cdot Px$
DW AB	$0.442 \cdot Z^{1/3} \cdot Px$
DW EB	$0.360 \cdot Z^{1/3} \cdot Px$
DW BB	$0.398 \cdot Z^{1/3} \cdot Px$

f : 유통조건(내수)에 의한 저하율 15%
 g : 내용물 형태에 의한 저하율 25%
 - 안전계수 = $1/(1-0.2)(1-0.32)(1-0.4)(1-0.3)(1-0.1)(1-0.15)(1-0.25) = 7.63$

3. 농산물용 골판지 상자 적정포장 설계 기준

결과를 바탕으로 다음과 같이 내용물 형태에 의한 저하율을 반영하여 소포장 난좌가 있는 농산물과 소포장 난좌가 없는 농산물 혹은 자체 수분이 많아 골판지에 영향을 주는 농산물로 구분하여 안전계수를 설정하였다.

농산물용 골판지 상자의 적정포장 설계 기준은 10kg 이하 상자를 대상으로 하였으며, 골판지 상자의 면적과 상자 중량 등을 분석하여 [표 1]과 같은 적정포장 설계 기준을 제시하였다.

인쇄 방식에 있어서는 상대적으로 강도 저하가 적은 프리프린팅을 기준으로 하였으며



특 집

[표 3] 대표 농산물별 필요 압축강도

구분	중량(kg)	적재단수	난좌유무	안전계수	필요 압축강도(kgf)
사과	5	1,850/110 = 16.8	유	6	5 x 15 x 6 = 450
배	7.5	1,850/146 = 12.6	유	6	7.5 x 11 x 6 = 495
복숭아	4.5	1,850/100 = 18.5	무	8	4.5 x 17 x 8 = 612
포도	5	1,850/125 = 16.1	무	8	5 x 15 x 8 = 600

[표 4] 사과의 골판지 상자 형태에 따른 링크러쉬 합과 면적

구분	DW			SW		면적(m ²)
	AB	BB	EB	A	B	
0201형	83.2	92.4	102.2	106.0	129.5	0.915
0201형 2합	118.9	132.1	146.0	151.5	185.1	0.92
0435형	55.5	61.6	68.1	70.7	86.4	0.805
조립접착식	104.0	115.5	127.7	132.5	161.9	0.506

상자 형태로는 골판지 사용량을 최소화 할 수 있는 B골 양면 골판지 (SW-B)를 이용한 조립접착식 혹은 0435형 골판지 상자의 이용을 권고한다.

널리 알려진 상수를 정리하여 이용하는 약식의 켈리컷식이다.

$$P = \alpha \cdot Z^{\frac{1}{3}} \cdot P_x \text{-----} (6)$$

4. 골판지상자 압축강도 예측

제조될 상자의 주변장과 원지의 링크러쉬 값으로 골판지 상자의 강도를 예측할 수 있는 켈리컷(Kellicutt)식은 국내에서 가장 많이 이용되고 있다. 하지만 일부 상수만이 알려져 있어 추가로 필요로 하는 상수를 계산하였다. 아래는

여기에서

P : 구하고자 하는 상자 압축강도(kgf)

α : 골판지 형태에 따른 상수

Px : 구성원지의 링크러쉬 총합계(kgf),

Z : 상자의 주변장(mm)

알려진 상수를 이용하여 이론적인 골판지 상자 압축식을 [표 2]와 같이 산출하였다.

[표 5] 배의 골판지 상자 형태에 따른 링크러쉬 합과 면적

구분	DW			SW		면적(m ²)
	AB	BB	EB	A	B	
0201형	93.1	103.4	114.3	118.6	144.9	0.9
0201형 2합	133.0	147.7	163.3	169.4	207.0	0.921
0435형	62.1	68.9	76.2	79.1	96.6	0.935
조립접착식	116.4	129.3	142.9	148.3	181.1	0.569

[표 6] 복숭아의 골판지 상자 형태에 따른 링크러쉬 합과 면적

구분	DW			SW		면적(m ²)
	AB	BB	EB	A	B	
0201형	119.1	132.3	146.3	151.7	185.4	0.68
0201형 2합	170.2	189.0	209.0	216.8	264.9	0.69
0435형	79.4	88.2	97.5	101.2	123.6	0.705
조립접착식	148.9	165.4	182.8	189.7	231.8	0.471

[표 7] 복숭아의 골판지 상자 형태에 따른 링크러쉬 합과 면적

구분	DW			SW		면적(m ²)
	AB	BB	EB	A	B	
0201형	110.9	123.2	136.2	141.3	172.7	0.916
0201형 2합	158.5	176.0	194.6	201.9	246.7	0.921
0435형	74.0	82.1	90.8	94.2	115.1	0.806
조립접착식	138.7	154.0	170.3	176.6	215.8	0.507

또한 식 (5)에 따라 필요 압축강도를 구하였다. 적재단수는 농산물 유통에 사용되는 운송 및 보관 수단의 높이 1,850mm를 기준으로 몇 단의 상자가 적재될 수 있는지 계산하였다.

위에서 분석한 자료를 기준으로 사과, 배, 복숭아, 포도에 대해 실제 유통환경을 고려한 필요 압축강도를 산출하여 [표 3]에 나타내었다.

안전계수는 난좌가 있는 경우 6, 난좌가 없는 경우 8을 적용하였다.

[표 2]와 [표 3]을 이용하여 사과, 배, 복숭아, 포도에 대해 각 골판지 종류별 골판지 상의 형태별 필요로 하는 링크러쉬 합과 소요되는 면적을 비교하여 아래 [표 4~7]에 계산하였다. [ko]

KOPA NEWS 신청

(사)한국포장협회에서는 매월 15일 온라인 뉴스레터 'KOPA NEWS'를 제작, 발송합니다. 신청은 이메일로 해주시면 됩니다.

편집실 : (02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net