

# 과채류 포장용 골판지 상자의 안전계수 표준화

성행기\* · 김영철\* · 황대성\* · 강경식\*

\*명지대학교 산업경영공학과

## Standardization of Safety Factors of Corrugated Fiberboard Containers for Selected Agricultural Products

Haeng-Ki Seong\* · Young-Chul Kim\* · Dae-Sung Hwang\* · Kyung-Sik Kang\*

\*Department of Industrial Management Engineering, Myoungji University

### Abstract

The aim of this study was to develop a standard to estimate safety factors of corrugated fiberboard containers used for agricultural products. This study is limited to fresh agricultural products packaged in the corrugated fiberboard containers and further work needs to be done, but we believe the data and results obtained by this research will greatly help to set proper package design for boxes. Especially, safety factor would be practically helpful for researchers for future study and packaging users to save packaging costs.

**Keywords :** safety factor, corrugated fiberboard container, agricultural products package

### 1. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구개발의 목적은 국내 대표적 과실류(사과) 및 채소류(배추) 포장용 골판지 상자의 유통환경을 분석하고 대상 품목 포장용 골판지의 적정 안전계수를 산출하여 포장 표준규격(안)을 제시하며 적절한 압축강도를 구축하는 것이다.

농산물 포장에서 수송용으로 가장 많이 적용되는 골판지상자의 사용량은 절대적인데 약 80% 이상 적용되고 있는 실정이다. 농산물은 대부분이 눌리면 파손되는 비자립 제품이기에 때문에 골판지 상자로 포장 후 압축강도가 약해지면 수송이나 보관 중 적재상태에서 상자가 찌그러져 내용물이 압상당하기 쉬운 품목이다.

골판지상자의 적정 압축강도기준 설정은 농산물포장

설계의 가장 기본적인 요소이다. 골판지상자의 압축강도는 유통 중 온·습도, 상자의 치수, 제조, 통기공 및 인쇄 등 가공 상의 문제점과 유통조건, 진동, 충격, 적재방법 등에서 발생하는 유통상의 문제점을 복합적으로 고려해야 한다.

그러나 실제 국내에서는 농산물용 골판지의 압축강도에 대한 종합적인 검토가 이루어지지 않은 상황에서 과거에는 농산물에 적용되는 골판지상자 전체를 안전계수의 차등 없이 일률적으로 통일시켜 실용성이 없었다.

안전계수(Safety Factor)는 적정한 포장설계의 기준과 포장비용의 기준이 되기에 농산물의 특성과 포장재질, 유통환경에 적합한 적정 안전계수 산출이 반드시 필요하다.

† 본 논문은 명지대학교 안전경영연구소 협력에 의해 이루어진 논문임.

† 교신저자: 성행기, 서울특별시 마포구 도화동 173 삼창프라자 6층

Tel: 02-3669-7305, E-mail: hkseoung@hanmail.net

2011년 4월 20일 접수; 2011년 6월 3일 수정본 접수; 2011년 6월 13일 게재확정

## 2. 연구개발 범위 및 기초분석

### 2.1 국내 농산물 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석

목표한 대표적 과실류(사과) 및 채소류(배추)에 대한 기존 수송포장방법 및 규격, 골판지상자 기준강도 설정 수준, 포장재질 및 치수, 골판지의 원지 구성 등에 대한 기초자료를 조사하였다. 또 각 농산물의 온습도, 유통경로 및 총 유통기간, 대상 농산물의 외기변화조건 등 유통조건을 면밀히 조사하였다.

### 2.2 농산물 포장용 골판지의 안전계수 측정과 가공처리에 따른 변화 분석

농산물 포장용 골판지의 구성 원지 및 원단의 강도를 측정 및 분석하였으며 Accelerated Creep에 따른 안전계수의 변화 측정 및 분석, 포장구조 및 적입 제품에 따른 강도변화, 가공처리(발수, 방습 등)가 골판지 상자의 압축강도에 미치는 영향 등을 분석하였다.

### 2.3 개발 대상 골판지 상자의 일반 안전계수와 Accelerated creep하에서의 안전계수의 산출 및 비교

골판지 상자의 안전계수를 결정하기 위한 여러 요인들을 분석하였으며 상대습도에 따른 압축강도 변화뿐만 아니라 Accelerated creep 하에서의 압축강도 저하 패턴을 찾아 보다 정확한 안전계수를 산출할 수 있도록 하였다.

### 2.4 국내외 기술개발 현황

일본의 경우, 농산물에 적용되는 골판지 품질에 대한 연구가 상당 수준 개발되고 있고, 대부분 농산물 포장 규격에 농산물 개개별로 골판지 상자 압축강도를 규격화 하고 있다. 선진국에서는 이미 오래전부터 농산물을 공산품과 동일하게 상품 = 제품 + 포장이란 개념으로 제품, 포장을 동시에 연구개발 됨에 따라 농산물 포장 표준화가 정립되어 있다.

현재 국내에서 적용되는 골판지 상자의 압축강도의 안전계수(Safety Factor)는 KS A 1026(포장화물의 평가시험 방법통칙)에 아래 (1)식과 같이 규정되어 있다 <표 1>.[1]

$$F=9.8 \times K \times M \times (n-1) \quad \text{--- (1)}$$

F : 하중(N)

K : 안전계수

M : 시료의 총무게(kg)

n : 유통시의 최대 쌓은 단수(최하 단에서 최상단까지의 단수)

미국에서 골판지 상자 압축강도 안전계수 (Safety Factor)의 적용은 ASTM D 4169(Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems : 수송용기 및 시스템의 평가 시험방법 통칙)에서 다음과 같이 규정하고 있다(표 2).[2]

<표 1> KS A 1026 안전계수

하중에 따른 구분	용기의 흡습성 등에 따른 구분		
	외장 용기가 흡습할 우려가 없을 경우 또는 고려할 필요가 없을 경우	외장 용기가 흡습할 우려가 있을 경우	외장 용기가 현저히 흡습할 우려가 있을 경우 또는 내용품이 유동체일 경우
골판지 상자 등의 외장 용기만이 하중을 부담할 경우	4	5	7
내용품, 완충재, 내장 용기, 외장 용기 등이 복합하여 하중을 부담할 경우	2	3	4
내용품이나 내장 용기가 하중을 부담하고, 외장 용기는 하중의 부담을 고려할 필요가 없을 경우	1	1	1

※ 유통조건(기간, 습도, 진동 등)에 따라 안전 계수를 ± 증감할 수 있다.

<표 2> ASTM D 4169 안전계수

내용물의 구조	레벨 I	레벨 II	레벨 III
내용물이 압축하중을 지지하지 않는 것	8.0	4.5	3.0
강성재료 등이 내부를 지지 보강하는 것	4.5	3.0	2.0
직접 압축 하중을 받아도 가능한 것	3.0	2.0	1.5

농산물은 대부분이 비자립 제품이며, 날포장 또는 속포장 없이 수송을 위한 골판지 상자로 직접 포장되는 경우가 많기 때문에 가공식품에 비해 안전계수가 높아야 된다. 농산물에 적용되는 골판지 상자는 농산물 자체가 그대로 상자에 주입(Bulk 상태주입)되기 때문에 압축강도의 의미가 중요하며, 적정포장설계 기준 및 적정 포장비용 설정의 핵심이라고 볼 수 있다. 따라서 농산물 품목별, 단량별 적정수준의 압축강도 기준을 적용되어야만, 최소한의 비용을 투입하는 적정포장설계가 가능하게 된다.

이에 공산품에서 검증된 축적기술을 응용하여 농산물의 고유 특성을 분석하고, 대상 농산물에 대한 유통조건 등 세부적인 장애요인 등을 검토, 종합하여 최적 압축강도 및 안전계수를 설정하여야 한다.

### 3. 연구개발 접근 방법 및 연구내용

#### 3.1. 이론적, 실험적 접근방법

농산물은 대부분이 늘리면 파손되는 비자립 제품이기에 때문에 골판지 상자로 포장 후 압축 강도가 약해지면 수송이나 보관 중 적재상태에서 상자가 찌그러져 내용물이 압상당하기 쉬운 품목이다. 특히 외부의 상대습도 변화의 경우 골판지상자의 압축강도 저하에 큰 영향을 미치기 때문에 이에 대한 연구는 많이 진행되어왔다. 골판지 상자의 압축강도는 온도보다는 상대습도에 더 많은 영향을 받으며 상대습도의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향을 보인다고 하였다.[3]

한편 Fiber Box Association은 <표 3>와 같이 유통 환경에 따른 압축강도 저하율을 산정하여 도움이 되도록 하였다.[4]

골판지상자의 압축강도에 대한 예측은 다양한 방법으로 이루어져 왔는데 대표적인 것이 국내에서 가장 많이 사용되는 식으로 Kellicutt식이다. Kellicutt 에 의한 골판지상자 압축강도 계산식은 (2)과 같다. [5]

$$P = A \times \Sigma RC \times Z^{1/3} \quad \text{--- (2)}$$

- P = 구하고자하는 상자의 압축강도( kg ρ)
- ΣRC = 구성원지의 링크러쉬강도 합계( kg ρ)
- Z = 상자의 주변장(mm) = (장 + 폭)×2
- A = 골판지 골의 상수 (SW A골: 0.347, SW B골: 0.248, DW AB골: 0.442)

국내에서 사과 등 과일포장 용도로 보편적으로 사용

되고 있는 상자들은 대부분 KS 0201형 상자(regular slotted container), folder형 접음상자(die cut with roll end & self locking end tray type), bliss형의 접착상자(die cut with glued end tray type)로 이루어져 있으며 특히 10kg미만의 규격은 대부분 이 세 종류의 상자로 포장된다. 최근 소포장에 대한 소비자 선호 및 디스플레이성 중시 추세에 따라 소매점에서는 folding형과 bliss형이 주류를 이루고 있다.[6][7]

<표 3> 유통환경에 따른 압축강도 저하율

Factors	Compression Loss	Multipliers	
Storage time under load	10 days - 37 percent loss	0.63	
	30 days - 40 percent loss	0.60	
	90 days - 45 percent loss	0.55	
	180 days - 50percent loss	0.5	
Relative Humidity under load (cyclical RH variation further increases compressive loss)	50percent - 0 percent loss	1.00	
	60percent - 10percent loss	0.90	
	70percent - 20percent loss	0.80	
	80percent - 32percent loss	0.68	
	90percent - 52percent loss	0.48	
	100percent- 85percent loss	0.15	
Pallet Patterns	Columnar, aligned	Negligible loss	
	Columnar, misaligned	10 - 15percent loss	0.90 0.85
	Interlocked	40 - 60 percent loss	0.60 0.40
	Overhang	20 - 40 percent loss	0.80 0.60
	Pallet deckboard gap	10 - 25 percent loss	0.90 0.75
	Excessive handling	10 - 40 percent loss	0.90 0.60

3.2. 연구 내용

3.2.1 국내 파실 및 채소류 포장용 골판지 상자의 종류 및 유통환경 분석

가. 사과

- 조사지역 : 경북 영주, 경북 풍기
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지조합, 산지판매장, 도소매상 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등
- 포장규격 및 현황

<표 4> 사과상자의 포장규격

구분	포장규격 (길이x너비x높이, mm)	형태	비고
5kg	550 x 366 x 110	개방형	
10kg	510 x 360 x 190	0201형	
15kg	510 x 360 x 280	0201형	
6~8kg	550 x 366 x 230	절첩식	Returnable 플라스틱

- 수송 및 파렛트 사용현황

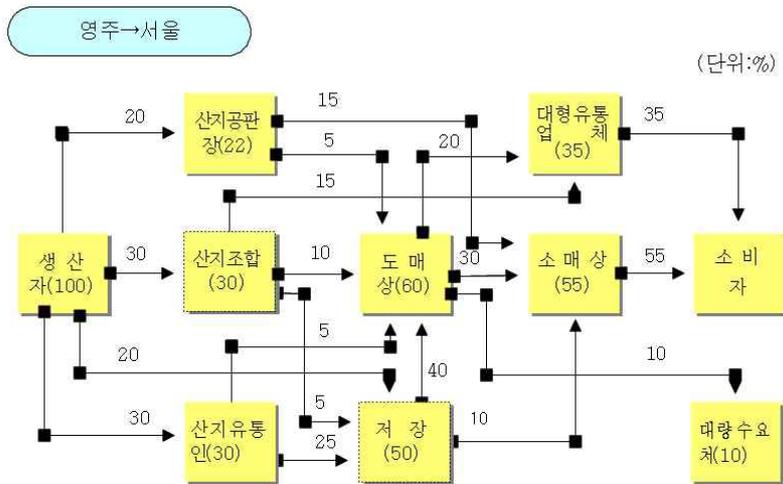


[그림 1] 개방형 상자(5kg) 및 0201형 상자(15kg)



[그림 2] 파렛트 및 수송용 트럭에 적재된 형태 및 흔적

- 유통경로



[그림 3] 사과 유통 경로[11]

- 상자 압축강도

<표 5> 사과상자의 포장규격, 강도, 적재효율 현황

구분	규격(mm)	적재 단수	필요압강 (kg)*	압축강도 (kg)	적재효율 (%)
5kg	550 x 366 x 110	17	280	568	99.8
10kg	510 x 360 x 190	10	360	526	91.0
15kg	510 x 360 x 280	7	360	526	91.0

\* 안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압축강도.

나. 배추

- 조사지역 : 강원 횡계 대진영농
- 조사대상 : 생산자, 산지유통인, 산지판매장, 포장센터 등
- 조사내용 : 생산 및 수확, 선별, 포장, 보관, 파렛트 적재, 수송 및 유통 등
- 수확 및 선별작업
  - 수확작업은 주로 새벽에 시작하여 오전 중에 완료하는데, 이는 한낮 고온으로 인한 상품성 저하를 줄이고 도매시장 경매시간대를 맞추기 위함이다.



[그림 4] 산지 진경 및 수확(골판지상자)

- 선별은 밭에서 크기와 배추의 상태에 따라 산지작업인부가 직접 행해지며 준비된 골판지상자에 3포기씩 담아 포장한다.
- 작업방법 : [그림 5]과 같이 1차로 밭에서 직접 수확, 포장하여 운반용 차량에 상차하고, 2차로 수송용 트럭까지 운반과 상차 및 적재작업을 다시 행함.



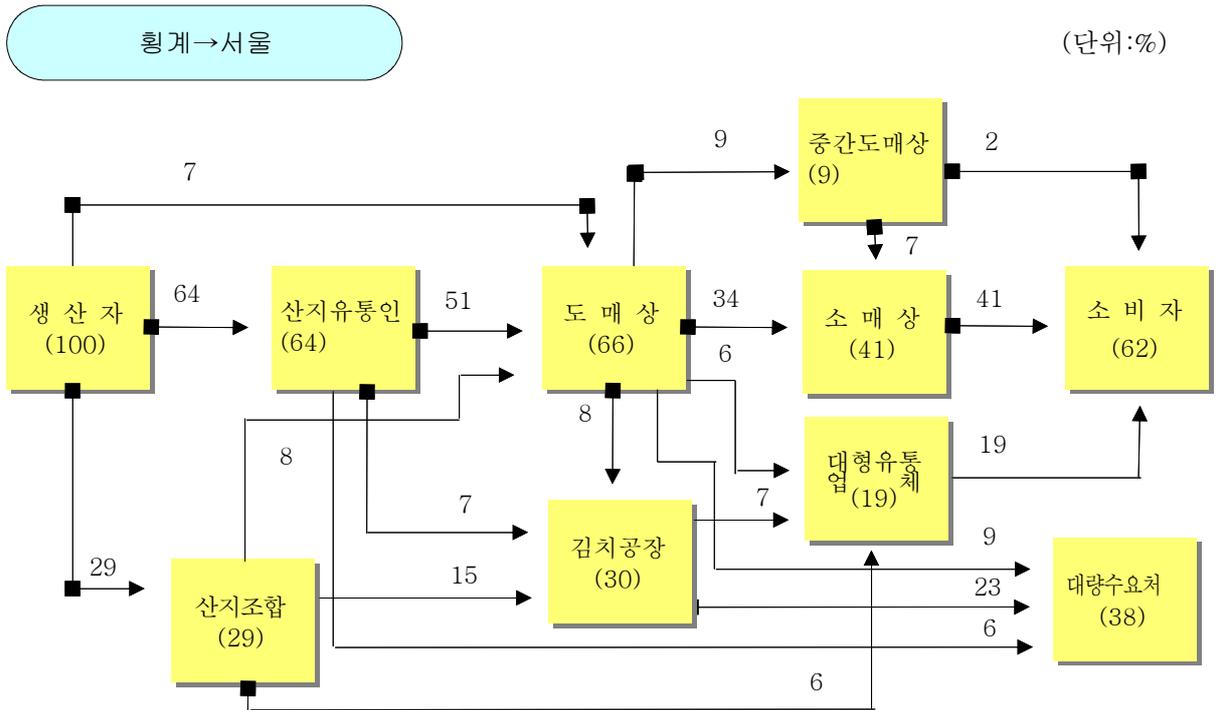
<운반용 차량 적재> <수송용 트럭 환적>

[그림 5] 운송용 트럭에서 수송용 트럭으로의 환적

<표 6> 대형유통업체 및 김치가공공장 출하에 따른 포장형태

대형유통업체 출하시	김치공장 출하시
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 골판지상자 또는 접철식 플라스틱상자에 3포기 단위로 포장</li> <li>· 적재량 : 3포기/상자 × 720~780상자/5톤트럭 = 2,160~2,340포기/5톤트럭</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 겉잎을 제거한 후 플라스틱상자에 담거나, ton-bag을 이용하기도 함</li> <li>· 적재량 : 6포기/상자 × 462상자/5톤트럭 = 2,772포기/5톤 트럭</li> </ul>

○ 유통경로(강원 횡계 - 서울)



[그림 6] 고랭지 배추의 유통경로[11]

○ 상자압축강도

배추상자를 대상으로 상자의 원지구성 분석과 이에 따른 Kellicutt식을 사용하여 원지구성에 따른 이론압축강도를 산출하면 <표 7>과 같다. <표 7>의 결과는 0201형을 기준으로 산출하였으며 이론값의 85%를 적용한 결과이다.

○ 필요압축강도

배추상자의 필요압축강도를 분석하면 <표 8>과 같다. 안전계수는 4를 적용한 결과이다.

○ 표준파렛트의 적용

고랭지배추상자는 파렛트를 사용하지 않고 있으나, 물류효율 분석을 위해 T - 11형 파렛트 적재효율 <표 9>와 같다.

<표 7> 배추상자의 이론압축강도

구분	포장규격(mm)	원지구성	압축강도(kg)	비고
3포기	560 x 325 x 200	KA180/A180/K180/A180/KA180	431	
	550 x 366 x 200	KA180/A180/K180/A180/KA180	436	

<표 8> 배추상자에 적용된 안전계수 분석

구분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)	압축강도(kg)	안전계수 적용
3포기	560 x 325 x 200	11	360	431	4.8
	550 x 366 x 200	12	396	436	4.4

<표 9> 배추상자의 표준파렛트 적재효율

구분	포장규격(mm)	적재효율(%)	비고
3포기	560 x 325 x 200	60.2	
	550 x 366 x 200	99.8	

○ 온습도 측정



(그림 7) 배추상자의 온습도 측정을 위한 측정기 부착 및 포장상태

<표 10> 작업장 및 유통경로에 따른 온습도 측정결과

구분	작업장		유통	
	온도(℃)	습도(%RH)	온도(℃)	습도(%RH)
평균	18.5	90.6	19.7	96.1
최대	23.7	97.1	20.3	97.2
최소	17.4	48.4	18.8	95.3

3.2.2 포장용 골판지의 물리적 성질 측정과 변화 분석

가. 상대습도에 따른 포장용 원지의 물리적 성질 측정 및 변화 분석

○ 시험방법 및 재료

본 실험을 위한 공시재료는 550\*366\*110(mm, 장\*폭\*고 기준) 규격의 상자를 사용하였다. 사용된 원지의 평량과 두께는 <표 11>과 같다.

○ 결과 및 고찰

- 압축강도

원지의 압축강도(Ring Crush)치는 대체적으로 평량과 비례하여 SC 원지가 가장 높고 KA, K 순이며 평량이 가장 낮은 S 원지의 강도가 가장 낮다. 모든 원지의 압축강도가 상대습도 60%까지는 큰 변화가 없이 서서히 강도가 낮아지다가 70% 이상에서 급격한 강도하락이 나타난다.[8]

- 실험치와 예측치와의 비교

<표 12>는 실제 상자를 습도에 따른 압축강도를 측정 한 것이다. 상자의 원지구성은 SC240/S120/K200/S120/KA180의 조합이었으며 시험한 상자의 압축강도는 평균 479kgf 이었고 상대습도 90%에서는 초기강도 보다 48%가 떨어진 249kgf이었다. 함수율에 따른 원지의 압축강도와 Kellicutt 식을 활용한 예측치의 경우 초기강도가 520kgf이 나왔으며 상대습도 90%에서는 240kgf의 강도가 나오는 것으로 예측되었다.

○ 결론

- 각 원지의 압축강도는 상대습도 60%를 지나면서 급격히 저하되었으며, 대체적으로 상대습도 50% 이하에서는 강도의 변화가 거의 나타나지 않았다.

- 고습 조건하에서 SK 원지의 강도 저하율이 가장 낮았고 K, SC 순이었으며 S 원지의 강도저하가 가장 컸다.

<표 11> 원지 평량 및 두께

Kinds		KA210	K200	B150	SC240	S120	SK180
Basis Weight (g/m <sup>2</sup> )	Max.	214.70	203.84	154.92	258.52	122.34	181.00
	Min.	211.26	199.42	148.46	251.28	120.18	173.16
	Average	213.01	201.20	152.60	254.89	121.35	177.38
	Std. Dev.	1.08	1.65	1.98	2.27	0.81	2.47
Thickness (μm)	Max.	293.50	291.40	271.17	296.57	216.80	262.90
	Min.	277.00	284.80	244.43	291.03	202.37	250.20
	Average	285.40	287.55	254.66	293.85	207.78	257.26
	Std. Dev.	28.85	5.21	61.65	3.38	16.09	13.81

<표 12> 습도에 따른 압축강도 측정 비교

R. H.	Dimension			Perimeter of Box	Sum of Compression Strength(kgf)						'A' for DW	Comp. Str. (kgf)	Multipliers	
	L	W	D		Outer liner	Cor. Med. (B F.)	Center liner	Cor. Med. (A F.)	Inner liner	Total				
Measured	50%	550	366	110	1832	37.10	9.00	15.24	10.29	14.76	96.16	0.442	479	1.00
	70%												447	0.07
	90%												249	0.48
Estimated	50%	550	366	110	1832	29.44	7.68	12.39	8.78	11.27	77.90	0.442	520	1.00
	70%												421	0.19
	90%												240	0.54

<표 13> 상대습도에 따른 골판지 원단의 압축강도

Units: kgf

Composition of Corrugated Boards	Comp. Strength	RH, %		
		50	70	90
SC240/K200/SK180 (SW, A flute)	Max.	37.4	34.7	21.9
	Min.	34.1	33.1	20.9
	Average	35.8	34.1	21.3
	Std. Dev.	1.7	0.7	0.5
SC240/S120/K200/S120/SK180 (DW, AB flute)	Max.	42.0	40.5	26.5
	Min.	41.9	36.2	24.0
	Average	42.0	38.5	25.0
	Std. Dev.	0.1	2.2	1.1

<표 14> 상대습도에 따른 골판지 상자의 압축강도

Box type		50 %	70 %	90 %	
SW (A flute)	RSC type	Average	371.5	306.5	171.7
		Std. Dev.	11.2	32.4	14.2
	folder type	Average	618.7	586.4	351.9
		Std. Dev.	6.9	15.2	5.2
Bliss type	Average	253.1	237.9	121.7	
	Std. Dev.	7.9	17.7	5.2	
DW (AB flute)	RSC type	Average	690.2	606.9	459.2
		Std. Dev.	13.6	7.7	72.8
	folder type	Average	1,533.7	1,345.4	913.0
		Std. Dev.	28.6	32.9	50.8
	Bliss type	Average	465.1	425.0	278.3
		Std. Dev.	7.5	56.4	21.5

**나. 상대습도 및 상자구조에 따른 포장용 상자의 압축강도 분석**

○ 압축강도

원단의 압축강도는 상대습도 70%까지는 큰 변화가 없이 서서히 강도가 낮아지다가 70% 이상에서 급격한 강도하락을 보여주었다.<표 13>

○ 상대습도 변화에 따른 상자의 압축강도 비교

상대습도별 평형함수율에 도달한 상자의 압축강도를 측정된 결과 DW 상자가 SW 상자보다 높았으며 형태별로는 folder형, RSC, Bliss형 순이었다.

**다. 골판지 상자의 안전계수**

골판지 상자의 적재형태와 내용물의 무게를 고려한 골판지 상자의 안전계수는 다음과 같이 계산될 수 있다.[9]

$K(\text{안전계수}) = \text{골판지상자 압축강도} / \text{필요압축강도}$

$= \text{골판지상자 압축강도} / (\text{상자의 무게} \times (\text{최대적재단수} - 1))$

$K(\text{Accelerated creep}$  과 충격 및 진동을 고려하지 않은 안전계수) =  $C/P$

$K'(\text{Accelerated creep}$  과 충격 및 진동을 고려한 안전계수) =  $(C \times A \times I) / P$

C : 골판지상자 압축강도

P : 실제하중, (상자의 무게 $\times$ (최대적재단수-1))

A : accelerated creep에 의한 저하율, (C, P, 순환습도, 유통기간 등의 함수)

I : 충격 및 진동에 의한 저하율 (P, 유통기간, 도로사정, 적재방법 등의 함수)

<표 15> 사과상자에 적용된 안전계수 분석

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도(kg)	안전계수	
5kg	A	314 x 235 x 170	10	180	479	10.6
	B	550 x 366 x 110	17	280	568	8.11
10kg		510 x 360 x 190	10	360	526	5.81
15kg	A	510 x 360 x 280	7	360	526	5.81
	B	440 x 330 x 270	7	360	496	5.51

\* 안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압축강도임.

<표 16> 배추상자에 적용된 안전계수 분석

구 분	포장규격(mm)	적재단수	필요압강(kg)*	압축강도 (kg)	안전계수
3포기	560 x 325 x 200	11	360	431	4.8
	550 x 366 x 200	12	396	436	4.4

\* 안전계수 4를 적용하였을 때의 필요압축강도임.

**라. 순환습도 변화의 실제적인 조건**

○ 사과 유통조건

사과는 상자에 포장되어 운반되는 동안만 주로 하중을 받게 된다. 보통 15kg, 10kg, 5kg 상자 등 골판지 상자 포장 및 플라스틱 포장상자로 표준규격 파렛트에 적재하여 5톤 차량에 단일 혹은 혼적하여 출하한다. 사과의 운반은 보통 최대 12시간 정도이며, 이때 온, 습도는 계절에 따라 다르기는 하지만 풍기농협에서 출발하여 성남도착까지의 평균 온습도는 12℃, 80% RH, 영주농협은 3℃, 50% RH로 측정되었다. 사과상자의 규격과 필요압축강도는 <표 15>와 같다.

○ 배추의 유통조건

배추는 저장성이 떨어져 오전 일찍 수확하여 포장용 상자를 쌓아놓고 직접 선별하여 배추를 3포기 단위로 포장한다. 출하는 5톤 및 8톤 차량을 이용하고 있으며, 11단을 적재하였다. 작업장의 환경은 온도가 평균 18.5℃, 습도는 90.6%RH로 측정되었으며 이후 온습도의 변화는 크게 없어서 유통 중에서는 온도가 19.7, 습도가 평균 96.1% R.H.로 높게 유지되어 거의 변화가 없었다. 배추상자의 규격과 필요압축강도는 <표 16>과 같다.

**4. 대상 품목의 포장용 골판지 상자의 적정 안전계수 산출**

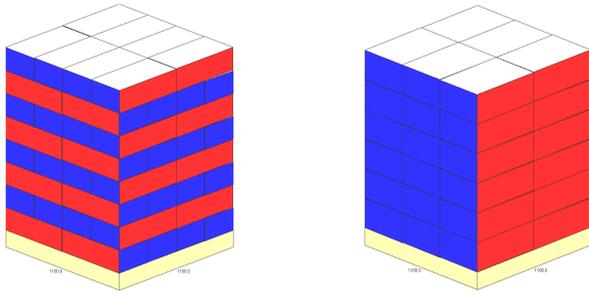
**4.1 안전계수(Safety Factor) 인자 분석**

**4.1.1 온습도의 영향**

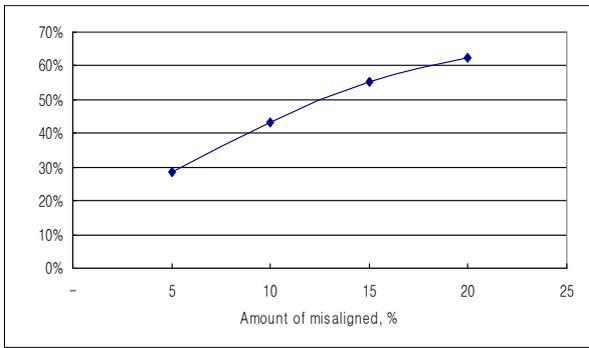
농산물 포장상자는 장마철·여름철의 다습한 곳에 장기간 방치되게 된다. 장마철의 외부기온의 평균온습도는 25℃, 85% R.H.로 올라가는 등 크게 차이가 나므로 골판지 상자는 보관, 수송 등 유통조건에 따라 상자의 함유 수분은 10~14%의 범위로 변화한다. 바닥에 가까운 최하단의 상자의 압축강도는 거의 50% 수준으로 떨어진다고 볼 수 있다.[10][11]

**4.1.2 수송 중의 진동 및 충격**

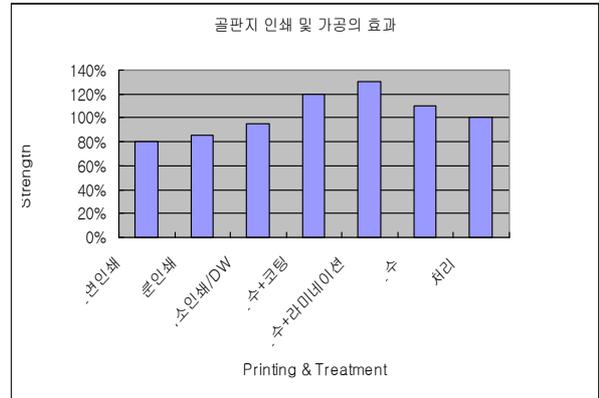
농산물 골판지포장상자는 잦은 상, 하역으로 인한 충격 및 수송중의 진동, 다단적재 상태의 정, 동적하중에 의한 열화가 빈번하게 발생한다.[12] 진동에 의한 열화 현상을 파악하기 위하여 제품적입 후 20℃에서 각각 50, 70, 90% R.H.에서 24시간 보관된 포장상자의 고유주파수를 파악하고 제품이 적재된 상태에서 진동이 상자의 압축강도에 미치는 영향을 분석하였다.



Alternative type  
Block type  
[그림 8] 파렛타이즈 박스 배열의 일반적인 타입



[그림 9] 파렛타이즈된 상자 배열에서 수직 미스매치의 영향



[그림 10] 골판지 인쇄와 가공에 따른 압축강도율의 변화

### 4.1.3 적재형태

칼럼형태로 잘 적재된 경우는 거의 무시될 정도의 열화율을, 미스매치(misaligned)된 경우 10-15%의 열화율, 교대배열, 또는 핀휠식 적재(pin wheel)는 40-60%의 열화율을 보인다.[12]

상자를 길이와 폭이 수직방향으로 엇갈리게 쌓는 경우(핀 휠 방식) 20%가 엇갈린 경우 무려 63%의 압축강도가 저하되는 것으로 나타났다.

<표 17> 유통환경에 따른 필요압축강도 및 안전계수의 예

Box Size	550×366×120	440×330×110	366×275×110
Box type	(DW, AB flute)	(SW, A flute)	(SW, B flute)
Composition	SC240/S120/K200/S120/SK180	SC240/K200/SK180	SC240/S120/SK180
Net Wt., kg	10	5	3
Gross. Wt., kg	10.5	5.3	3.2
Number of Boxes	11	13	13
Actual Compression, kg	105	63.6	38.4
Avg. Relative Humidity during distribution process(A-1)	80	80	80
No. of Cyclic Humidity(A-2)	0회	1회	3회
Stacking arrangement(B-1)	column	pin wheel	column
Overhang(B-2)	0	0	0
Storage time during Load(day)(D-1)	1	1	10
Destination(D-2)	Domestic	Domestic	Oversea
Printing(E-1)	부분인쇄	부분인쇄	국소인쇄
treatment(E-2)	발수+코팅	발수+라미네이션	발수
Total factors combined	0.40	0.23	0.25
<b>Box strength required</b>	<b>261.16</b>	<b>275.05</b>	<b>155.46</b>
<b>Safety factors</b>	<b>2.49</b>	<b>4.32</b>	<b>4.05</b>

- ※ 상기 표는 예시이며 유통 조건이 달라짐에 따라 안전계수는 변할 수 있음.
- ※ Column 방식의 적재라 하더라도 5%의 misarrangement는 상시 일어날 수 있으므로 이에 의한 압축강도 저하율 적용.
- ※ 파렛트 2단 적재시 산출된 안전계수의 2배 적용.

<표 18> 골판지상자의 표준포장규격(안)

Product	Net Wt. (kg)	Box Size	Box Type & Composition	Stacking arrangement	Safety Factors
Apple(Fuji)	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.0
	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.0
	10	550×366×120	(DW, AB flute)	column	3.5
Chinese Cabbage	3	366×275×110	(SW, B flute)	column	3.5
	5	440×330×110	(SW, A flute)	pin wheel	4.5
	10	550×366×120	(DW, AB flute)	column	3.5

※ 안전계수는 국내 유통을 감안한 것이며 인쇄는 부분인쇄임.

※ 파렛트 2단 적재시 산출된 안전계수의 2배 적용.

#### 4.1.4 골판지상자 가공공정 및 인쇄

후렉소 인쇄에서 포스트 프린팅의 경우 무인쇄를 100%로 보았을 때 전면인쇄는 85%, 복잡한 경우 90%, 국소 인쇄 경우 95% 정도의 강도를 유지한다. 만약 프리 프린팅을 하는 경우 5% 정도의 강도개선효과가 있다. 후렉소 인쇄에 의한 열화는 이중양면골판지(DW)의 경우 다소 덜 하며 인쇄의 가감에 관계없이 95%의 강도를 유지한다. 농산물 포장에 적용하는 발수, 발수 및 코팅, 발수 및 라미네이션에 의해서는 오히려 상자의 압축강도가 증가하며 실제 압축강도도 증가한다.[그림 10][9]

### 5. 결론

#### 5.1 연구결과

##### 5.1.1 안전계수 산출 결과

안전계수 유통조건으로 적재높이 1,500mm, 적재패턴은 칼럼 및 편렬적재, 평균습도는 80%로 산정하였다. 습도(average relative humidity), 순환습도(cyclic humidity), 적재패턴(stacking arrangement), overhang, 인쇄 및 발수처리 등은 연구내용에 기술된 data를 기준으로 하였다. 만약 파렛트 2단 적재를 하는 경우 산출된 안전계수의 2배가 된다. DW 10kg 상자의 경우 약 2.5의 안전계수가 필요하며 SW 5kg 상자는 4.3의 안전계수가 각각 필요하다.

##### 5.1.2 대상 품목의 포장 표준규격

○ 표준포장규격(안)

1) 표준포장규격(안)

연구대상인 국내 과실류(사과) 및 채소류(배추) 포장용 골판지상자에 대한 표준포장규격(안)은 (표 18)와 같다.

2) 표준포장규격 산출 근거

표준포장규격은 상자크기, 형태, 중량, 품목별 유통환경, 인쇄 및 가공조건 등을 모두 고려한 것으로 실험 결과를 바탕으로 한 것이다. 무엇보다도 염두에 두어야 할 점은 안전계수는 상자형태 및 유통환경의 변화 등에 따라 유동적이라는 것이다. 본 표준포장규격은 포장상자의 기획 및 설계에 있어서 가장 합리적이고 경제적이며 안전성을 고려하기 위하여 개발된 것이다.

따라서 설계자와 농가가 경제성과 안전성을 고려하여 가장 합리적으로 선택할 수 있을 것이다.

산출의 근거는 연구대상인 국내 과실류(사과) 및 채소류(배추)의 통상적인 유통조건(습도), 순환습도의 유무, 통상 사용되는 포장재(골판지), 중량, 상자크기, 인쇄 및 가공방법 등에 대한 실제 실험결과를 토대로 각 품목별로 적용한 것이다.

적재패턴은 일반적으로 편렬 방식의 압축강도 저하율이 높은 것으로 나타나 안전계수가 다소 높았으며 파렛트 2단 적재 또는 과적재시에는 산출된 안전계수의 2배를 적용하여야 한다. 다만 연구기간의 제약과 농산물의 계절성 등으로 인해 최소 3-4회 반복시험을 통해 data의 신뢰성을 높이는 것은 차후의 연구에서 보완될 부분이다.

### 3) 내용물의 품질변화와 골판지 안전계수와의 연관성

골판지의 안전계수에 영향을 미치는 인자로 가장 중요한 것이 외부환경의 습도변화와 진동, 충격 등의 유통환경이라고 할 수 있다. 물론 내용물이 수분이 많고 호흡량이 높은 경우 골판지의 압축강도에 영향을 줄 수도 있는데 상대적으로 수확 후 유통기간이 대부분 5일 이내인 국내 환경에서는 큰 차이가 없었다.

5일 이내의 유통 상에 발생하는 내용물의 품질변화는 대부분 외부충격이나 취급부주의로 인한 압상 등이다. 본 연구의 목적인 골판지상자의 적정 안전계수 산출로 유통 상의 내용물의 품질변화는 당연히 최소화될 수 있을 것이다.

## 5.2 향후 연구과제

### 1) 다양한 농산물 특성 및 유통특성에 따른 안전계수 산출

이번 연구과제로 진행된 2종의 농산물 외에 농산물은 개체마다 다양한 품질 특성이 있으므로 이들 농산물의 포장과 안전계수 산출에 대한 전반적인 연구가 요망된다. 특히 수출 농산물의 경우 보다 복합적인 유통환경에 직면하므로 이에 대한 유통조사 및 포장에 대한 종합적 연구가 필요하다.

### 2) 포장재료의 다양성에 따른 보완 연구

골판지 포장 외의 다른 형태의 포장, 즉 플라스틱이나 목재, 망 등 다른 포장재에 대한 연구 및 2종 이상의 복합적 형태의 포장이 적용되는 경우 본 연구결과로는 한계가 있다. 농산물의 특성에 따라 골판지가 아닌 포장재에 대한 보완연구도 필요하다.

## 6. 참고 문헌

- [1] 한국산업표준, KS A 1026 : 「포장화물의 평가시험 방법통칙」
- [2] 미국재료시험협회, ASTM D 4169 : 「Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems : 수송용기 및 시스템의 평가 시험방법 통칙」
- [3] 박종민 외 3, “농산물 포장용골판지상자의 층적내구성의 분석과 향상에 관한 연구”, 한국농업기계학회지, (1994) : 358-368.
- [4] Fiber box handbook, Fiber Box Association, USA: 44-46
- [5] 포장기술편람, (사)한국포장학회, (2003) : 216-221
- [6] 한국산업표준, KS T 1006 : 「골판지 상자형식」
- [7] 김수일, “농산물 포장용 골판지상자 설계에 관한 연구”, 박사학위 논문, 대구대학교, (2000) : 130-131
- [8] 이준호 외 2, “습도조건에 따른 골판지원지의 Ring Crush 강도예측 모델링”, 산업식품공학, (2002)
- [9] 골판지상자의 설계기법. 월간 지함. 한국지함공업협동조합. (2004)
- [10] 오영순, “압축하중과 습도변화가 골판지 강도에 미치는 영향”, 충남대학교, (1997)
- [11] 이명훈 외 1, “유통 중 온습도 변화에 따른 골판지상자의 압축강도에 대한 연구”, 한국펄프종이공학회지, (2003)
- [12] 이명훈, “겉포장용 골판지상자의 압축강도 최적화에 관한 연구”, 연세대학교, (2000)

### 저 자 소 개

#### 성 행 기



세종대학교 식품공학과 학사취득, 명지대학교 산업대학원 산업시스템 경영학과 석사취득, 명지대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정 중, 포장기술사, 현재 한국컨테이너풀(주) 근무, 관심분야는 환경포장, 녹색물류, SCM, Pool System 등.

주소: 서울특별시 마포구 도화동 174 삼창프라자빌딩 6층

#### 황 대 성



서경대학교 물류학과 석사 취득, 명지대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정 중, 의류회사 세계물산(주) 9년 근무 후 수도권 의류배송전문업체인, 탑코리아를 공동창업하여 11년째 운영 중, 관심분야는 RFID, 물류공동화 등

주소: 서울시 구로구 궁동 178-1 다청림아파트 106동 603호

#### 김 영 철



전남대학교 화학공학과 학사, 석사 취득, 한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 석사 취득, 명지대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정 중. 현재 KB엔지니어링 근무, 관심분야는 SCM, 물류, M&A, 유통산업 등

주소: 경기도 용인시 처인구 남동 산38-2 명지대학교 제1공학관 산업경영공학과 생산관리연구실

#### 강 경 식



인하대학교 산업공학과에서 학사·석사·박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사·박사 취득. North Dakota State Univ.에서 Post -Doc과 Adjunct Professor 역임. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중. 주요 관심분야는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등이다.

주소: 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-1 명지대학교 산업경영공학과