



# 수송포장 관련 시험 방법과 시험장치

Recent Testing Method and Equipment for Transport Packaging

豊田 實 / 吉田精機株式會社

## 1. 서론

수송포장관련의 시험법에는 크게 나누어서, 포장의 전제조건이 되는 제품자체의 내충격(耐衝擊) 및 진동의 평가시험, 포장이 수송에 적합한가를 평가하는 낙하, 진동, 압축 등의 평가시험 및 완충재료의 성능시험이 있다.

특히 최근에는 포장 재료의 자원 절약과 합리적 사용을 전제로 하여 제품의 충격(耐衝擊)시험이 중요시 되고 있다. 그것은 전자기기에서처럼 핸드폰, 포터블 MO, 노트북 컴퓨터 등의 고도의 기구와 손상되기 쉬운 부품을 내장하여 취급 중에 낙하되는 기회가 있을 시 손상될 수 있는 상품군과 그 구성요소는 그 자체의 내충격성이 요구된다.

또한 액정 TV와 같은 손상하기 쉬운 부품의 제품사이즈의 중형비율 10:1 이상의 내용품에서는 각 방향의 내충격성의 평가가 포장의 합리화에 필수 불가결적 요소로 되어 있다.

현재와 같이 각종제품이 세계 각국으로부터 부품이나 완성품으로써 조달되어지는 지금의 상

황에서는 각각의 수송환경에 적합한 합리화된 포장이 요구되어지며, 그를 위해서도 수송포장 시험이 중요하다.

수송포장시험 방법은 실제의 수송환경을 가능화하여 하여 수송환경의 변화, 계측기재와 시험장치의 발달에 따라서 개정이 진행되고 있으나, 당사자 간 규격에 따른 시험을 한 경우에는 같은 시험 결과가 나올 수 있도록 시험방법은 수송환경을 어느 정도 추상화하고 있는 경우도 있다.

또한 국제무역의 장애가 되지 않도록 최근 JIS 규정에서 ISO 규격과의 정합(整合)을 꾀하고 있으나, ISO 규격의 제정년도와 내용에 따라서는 최신의 수송환경시험에 적합하지 않은 경우도 생기고 있다.

이하의 시험방법의 규격은 수송포장에 관한 것으로 근년 개정되었으므로, 그 주된 부분의 설명과 시험기재의 개요를 기술한다.

1. JIS C 60068-2-27 : 1995

환경시험방법 - 전기·전자 - 충격시험방법

2. JIS Z 0119 : 2002

포장 및 제품설계를 위한 제품충격강도시험 방법

3. JIS Z 0200 : 1999  
포장화물 - 평가시험방법통칙
4. JIS Z 0202 : 1994  
포장화물 - 낙하시험방법
5. JIS Z 0203 : 2000  
포장화물 - 시험의 사전처리
6. JIS Z 0205 : 1998  
포장화물 - 수평충격시험방법
7. JIS Z 0232 : 2004  
포장화물 - 진동시험방법
8. JIS Z 0235 : 2002  
포장용 완충재료 - 평가시험방법
9. JIS Z 0240 : 2002  
포장용 구조체 완충재료의 평가시험방법

## 2. 제품 충격강도(내충격) 시험

### 2-1. 제품 품질보증 충격시험

제품 사용 중에 부주의로 인한 낙하와 수송 중의 화물 취급 작업에 의한 충격으로 인해 손상되는 경우가 있으며, 각각의 제품이 어느 정도 충격을 견딜 수 있는지를 조사해 놓는 것은 제품의 품질보증이나 신뢰성 부분과 포장설계의 기본 데이터로써도 대단히 중요하다.

특히 최근과 같이 많은 부품을 세계에 조달하여 고도의 기술로 제품화를 하게 되면 각 부품을 조립 할 때마다 충격강도 데이터가 납품처로부터 요청되어지게 된다.

그것은 일부분의 충격강도가 불충분하면 제품 전체의 신뢰성 및 포장사양에 영향을 주기 때문

이다.

제품의 손상에는 낙하에 의해 외형의 일부분에 큰 응력(應力)이 발생하여 변형이 되거나 파손 또는 기능 장애가 생겨나는 경우, 사용 중 또는 수송 중의 충격이나 진동에 의한 손상, 포장재료와의 접촉면의 마찰에 의한 손상 등, 직접낙하의 외형손상과 포장의 부적합에 의한 손상을 빼고, 제품을 구성하는 각부에 전달한 충격에 의해 각 부분에 물리적으로 이상의 발생, 또는 기능불량이 되는 손상은 외관에서는 알 수 없는 것이 가장 큰 문제이다.

예전에는 간단한 방법으로 제품의 가속도 픽업을 세팅하여 완충 포장해서 제품이 손상될 때까지 낙하 높이를 높이는 시험과 낙하 높이를 일정하게 하여 충격 상태를 바꿔서 제품이 손상하는 최대 가속도를 구하는 방법으로 진행되어 왔으나, 이 방법은 낙하자세나 시험회수에 따라 포장재료의 변화 등으로 재현성이 나쁘고 특정의 포장조건 시험결과로써 다른 포장상태에서는 이용이 불가능했다.

그렇기 때문에 충격시험기에 따라 특정의 작업시간 (11.18ms 등)의 정현반파(正弦半波)에 따라 손상되는 가속도를 구해서 안전율을 가미하여 수용가속도로 한다.

이 방법은 재현성이 좋고 제품의 각 방향에 대하여 시험을 행하므로 현재 가장 많이 사용되고 있다.

또한 제품의 사용 환경 및 적정한 완충포장을 하여 수송 중에 충격에 버틸 수 있는 구조를 가진 것을 보증하기 위한 시험으로, 당사자 간의 발주사양에는 충격시험조건이 지정 된 것이 일반화되어 있다.



### 2-1-1. JIS C 60068-2-27 : 1995

환경시험방법 - 전기·전자 - 충격시험방법인 이 규격은 IEC 60068-2-27 Basic Environmental testing procedures : Ea : Shock 의 번역 규격이다.

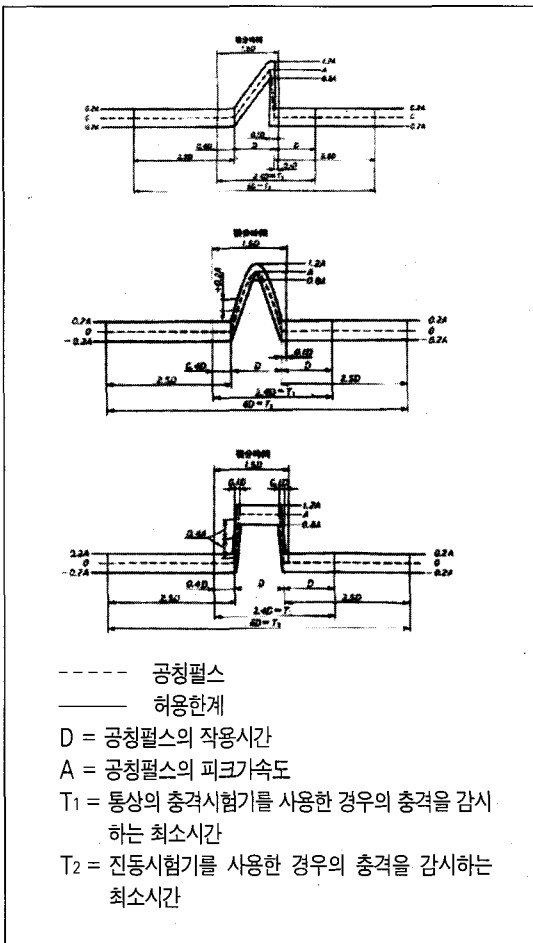
대표적인 충격시험방법으로 전자기기이외의 제품에도 많이 사용되고 있다.

기본적인 충격펄스로서 정현반파(正弦半波),

톱날형파, 대형파(臺形波)로 하여 그 충격의 정도(피크가속도, 작용시간, 속도변화)를 지정하고, 또한 충격펄스의 파형의 수용범위를 규정하고 있다.

또한 이 규격에서 필요한 것은 충격가속도가 제품의 각 부분에 전달된 때의 충격응답이 표시되어 이전부터 완충포장설계 기본치의 하나인 제품의 허용가속도가 피크가속도치가 아닌 것을 명백히 하고 있다.

(그림 1) JIS C 60028-2-27 기준 충격 펄스



[그림 1]은 그 규정충격펄스이다. 또한 [표 1]은 제품의 충격규격으로써 지정한 충격의 정도로, 이 표에 어떤 정도를 적용할지는 당사자 간에 결정할 수 있다.

이들의 충격펄스의 허용 한계는 파형의 변형과 허용 가능한 고주파를 포함하여 결정되어 있으며 이 한계 내의 펄스라면 공칭치(公稱値)로 인정된다.

정현반파(正弦半波)의 펄스는 질량과 선형스프링에 의한 1자유도계가 충돌에 의해 급격한 속도 변화에 의해 발생하는 펄스로서 탄성적(彈性的)인 완충 재료에 의한 포장내용품이 낙하할 때 발생하는 충격펄스에 근사(近似)하여(그림 2), 충격시험기에서는 공시험(供試品)을 얹은 대(臺)를 자유 낙하하여 선형탄성체(고무블록 등)에 충돌시키면 정현반파의 펄스가 얻어져, 고무 블록의 경도나 형태에 따라 정해지는 스프링상수와 공시험과 충격대의 질량에 의해 충격 작용시간이 결정되어 낙하 높이에 따라 피크가속도가 제어 가능해져, 반복해서 사용해도 안정된 충격의 정도가 얻어짐으로 충격시험으로써 가장 일반적으로 사용되고 있다.

대형파(臺形波) 펄스는 소성변형(塑性變形)적

[표 1] JIS C 60028-2-27, 펄스의 피크 가속도와 작용시간

피크가속도(A)	공칭펄스의 작용시간(D)	속도변화(ΔV)		
		정현반파 $\Delta V = 2\pi \cdot AD \times 10^{-3}$	톱날형파 $\Delta V = 0.5AD \times 10^{-3}$	대형파(矩形波) $\Delta V = 0.9AD \times 10^{-3}$
m/s <sup>2</sup>	ms	m/s	m/s	m/s
50	30	1.0	-	-
150	11	1.0	0.8	1.5
300	18	3.4	2.6	4.8
300	11	2.1	1.6	2.9
300	6	1.1	0.9	1.6
500	11	3.4	2.7	4.9
500	3	0.9	0.7	1.3
1,000	11	6.9	5.4	9.7
1,000	6	3.7	2.9	5.3
2,000	6	7.5	5.9	10.6
2,000	3	3.7	2.9	5.3
5,000	1	3.1	-	-
10,000	1	6.2	-	-
15,000	0.5	4.7	-	-
30,000	0.2	3.7	-	-

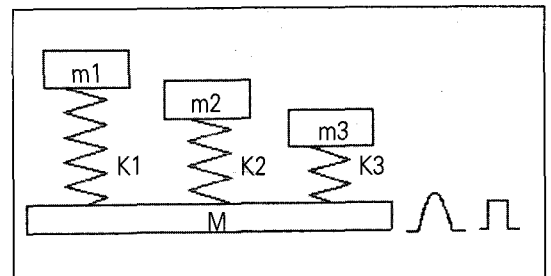
인 완충 재료에 의한 포장 내용품이 낙하할 때 생기는 충격펄스에 근소하며(그림 12참조), 그 외의 충격펄스 보다 공시험품(公試品)에 끼치는 영향이 크며, 특히 많은 부품으로부터 구성되어진 제품에서는, 각각의 구성부분의 고유진동수가 넓게 분포되어 있어도 그 각 부분을 진동시켜 증배(增倍)한 가속도를 발생시킨다(그 외의 충격펄스에서는 증배하여 진동시키는 진동수 범위가 좁고 그 값이 작다)((그림 4참조)).

충격펄스를 발생시키는 기구는 시공품대를 고압 가스 실린더 내의 피스톤에 충돌시키는 방식으로 피크가속도의 크기는 가스압력의 제어, 작용시간은 낙하높이(충돌속도)에 의해 행해진다((사진 1)참조).

톱날형파(波)는 포장화물로서는 발생이 없으며 근년에는 특별한 요구가 없으면 별로 이용되지 않는다.

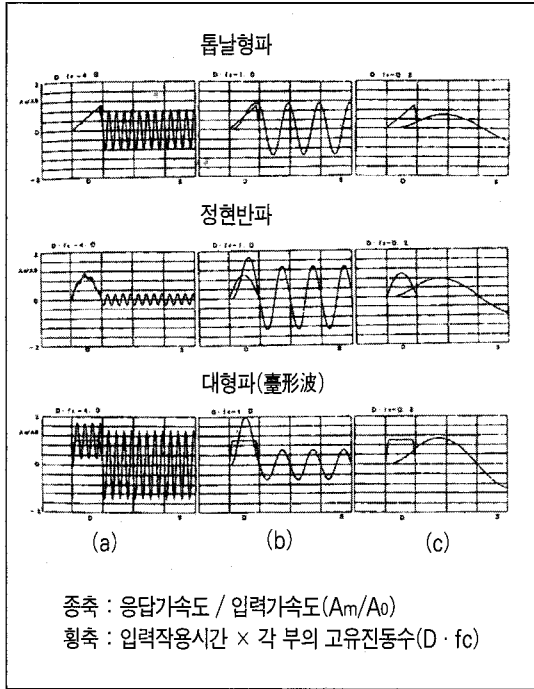
이 규격의 부속서(附屬書)에는 일반적인 기구는 많은 부품으로 구성되어져 있으므로 그것이

[그림 2] 손상되기 쉬운 부품 이용하는 단순화 모델





[그림 3] 각 충격펄스에 의한 응답 가속도 파형



어떻게 충격응답을 하는 것일까, 많은 부품이 스프링으로 받쳐져 질량으로 가정한 1자유도계(自由度系)로써, 각 부분의 질량에 생기는 응답가속도의 파형을 구한다. 또한 충격응답스펙트럼 선도(線圖)로써 기준충격펄스 별로 표시하고 있으나, 이해하기 쉽게 규격의 첨부도면으로 설명을 한다.

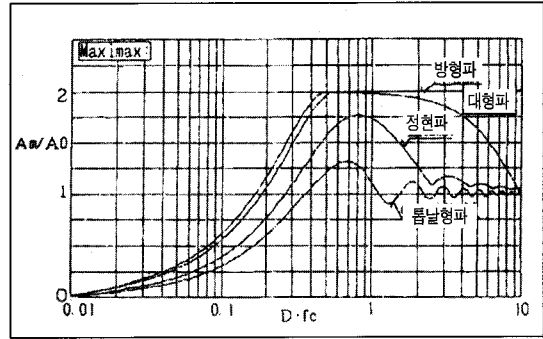
몇 개의 파손되기 쉬운 부품을 가진 기기를 모형으로 나타내면 [그림 2]가 된다.

$m_1, m_2, m_3$ 은 그 부분의 각각의 질량(kg),  $k_1, k_2, k_3$ (kgf/cm)은 그 부분을 지지하는 탄성.

$M$ 은 그 외의 구성부분의 질량을 나타내고 있다.

[그림 3]은 충격시험기의 가대(架臺)상에 이

[그림 4] 충격대응스펙트럼(SRS)



모델을 고정하여 대표적인 충격파형인 톱날형파 정현반파, 구형파(矩形波)의 가속도 펄스(피크 가속도  $A_0=1$ , 작용시간 = 1)가 본체  $M$ 에 더해졌다고 가정하여 각 부분  $m$ 에 생기는 가속도 응답파형이 어떻게 되는지를 나타내고 있다.

[그림 3]의 종축(縱軸)은 충격대 위의 가속도의 크기를  $A_0$ 기준으로 하여 각 부에 생기는 응답가속도의 크기  $A_m$ 과의 비율을 눈금으로 하여, 횡축(橫軸)은 더해진 충격의 작용시간  $D$ 와 각 부분의 고유진동수의 적(積)이다( $f_c = 1/2\pi k \cdot g/m$ ).

더해지는 가속도의  $A_0$  크기가 같아도 작용시간  $D$ 와 각 부의 고유진동수의  $f_c$  관계에 따라 유발되는 파형과 크기  $A_m$ 이 변화한다.

예를 들어 [그림 3]에 있어서 더해지는 충격펄스가 정현반파로써 작용시간  $D$ 를 10ms로 하면, (a)의 경우  $D \cdot f_c = 4.0$  이므로, 각부의 고유진동수  $f_c$ 는 약 400Hz이며, (b)의 경우  $D \cdot f_c = 1.0$  이므로  $f_c$ 는 100Hz, (c)의 경우는  $D \cdot f_c = 0.2$  이므로  $f_c$ 는 20Hz에 상당한다. 주체  $M$ 에 생겨나난 최대가속도  $A$ 를  $1,000m/s^2$ 로 하면 각 부분  $m$ 에 생기는 가속도  $A_m$ 은 (a)의 경우,

$A_m/A_0$ 이 1.1이므로 약  $1,100\text{m/s}^2$ , (b) 약  $1,750\text{m/s}^2$ , (c) 약  $80\text{m/s}^2$ 가 된다.

대형파(臺形波)의 경우에는 (a)의 경우 부분의 고유진동수는  $f_c$ 같은  $400\text{Hz}$ 로, 가속도  $A_m$   $1,750\text{m/s}^2$ , (b)의 경우에는  $f_c$ 는  $100\text{Hz}$ 로  $A_m$ 은 약  $200\text{m/s}^2$ , (c)의 경우는  $f_c$ 는  $20\text{Hz}$ 로  $A_m$ 은  $1,070\text{m/s}^2$ 가 된다.

이와 같이 충격펄스의 형태와 각부의 고유진동수  $f_c$ , 입력충격작용시간  $D$ 의 관계에서 각부가 응답하는 최대가속도가 변화하므로  $A_m$ 을 연속하여 횡축으로  $D \cdot f_c$ 하여 종축을  $A_m/A_0$ 의 최대치에 나타내면 (그림 4)와 같은 충격응답스펙트럼선도가 된다.

그러나 이 도면은 각 부분의 지지를 탄성  $k$ 로만 하여 계산한 결과이다.

실제의 제품의 구성부재(構成部材)인 금속, 플라스틱 등은 점성의 감쇠가 있으므로 (그림 3)과 같이 응답가속도파형은 무한하게 계속되지 않고 감소한다.

이와 같이 이 규격에서는 충격펄스에 의해 시공품에 끼치는 응답가속도를 밝혀내서 펄스의 파형과 피크가속도와 작용시간의 조합에 적합한 공시험품(供試品)의 예를 나타내고 있다.

정현반파는 광범위한 제품이나 부품의 시험에 사용되며 대형파(臺形波)는 많은 고유진동수를 가진 부품에, 다른 펄스보다 큰 응답속도를 주게 되므로 제품의 시험용으로 사용하게 된다.

툽날형파는 응답가속도가 비교적 일정하여 부품용에 사용되었으나 현재에는 별로 이용되고 있지 않다.

최근에는 국제간의 부품이나 제품의 위탁생산이 많이 이루어지고 있어 이 경우에는 품질관리

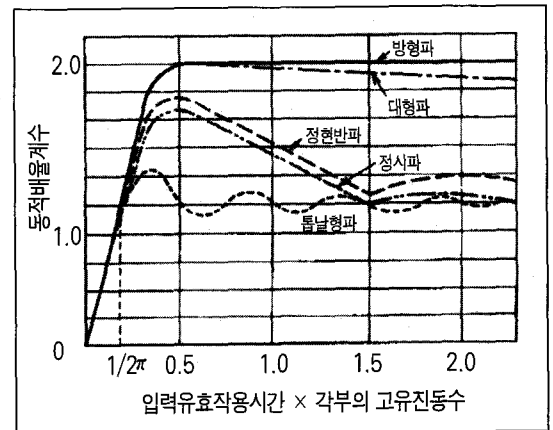
로써 제품충격강도가 지정되고, 제품에 따라서는 지정되는 충격의 정도는 틀리지만 가정용의 전자기기에서는 대형파(臺形波) 및 정현반파로  $1,000\text{m/s}^2-6\sim 11\text{ms}$ , 휴대용의 전자기기에서는  $3,000\sim 30,000\text{m/s}^2-2\text{ms}$ 가 요구되어지며, 부품이나 주변기기에서는 등의 정도가  $1,000\sim 3,000\text{m/s}^2-0.5\text{ms}$ 요구되고 있다.

## 2-2. JIS Z 0119 : 2002

포장 및 제품설계를 위한 제품충격강도시험방법인 이 시험 방법은 제품충격강도를 단순히 입력하여 충격가속도의 크기로 평가하는 것이 아니라 전향의 충격응답스펙트럼(SRS)에 기준하여 평가하는 방법으로써 1994년에 제정되어, 2002년에 개정되었다.

제품의 사용 중에 부주의에 의한 낙하나 수송 중의 하역작업에 의한 충격으로 손상되는 경우가 있으므로 각각의 제품이 어느 정도의 충격에 버틸 수 있는지를 조사하는 것은 제품의 품질 보증과 신뢰성의 면에서, 포장설계의 기본 데이

(그림 5) 충격응답스펙트럼





터로써 대단히 중요하다.

포장의 부적절한 손상을 빼고, 제품을 구성하는 각부에 전달된 충격에 의해 각 부분이 물리적으로 이상이 생기거나 기능불량이 생기는 손상은 외관으로써는 알 수가 없기에 가장 큰 문제이다.

그러나 위에 기술한 것처럼 가해지는 충격펄스와 손상되는 부분의 고유진동수 등의 관계로부터 전달되는 가속도의 크기는 입력가속도와 일치하지 않고, 손상은 그 부위에 생긴 가속도에 따라 발생하므로 그 응답가속도를 배려한 시험 방법으로 치르게 되었다.

이 시험방법의 근본적인 것은 제품에 손상되기 쉬운 부품이 여러 가지가 있으며 이 부품이 단순한 1자유도계로 가정하여 제품을 직접 또는 거의 완충포장을 하지 않고 낙하한 때에 손상되지 않는 한계속도변화와 어떤 완충특성(탄성 또는 소성변형적)의 완충 재료에 따라 포장하여도 보증 가능한 한계가속도에 따라 제품의 충격강도(Fragility)를 나타내고 있다.

제품전체와 손상되기 쉬운 부분에 전달하는 가속도의 관계는 (그림 5)의 모델에 의해 충격 응답스펙트럼(SRS)로 구해지고 있다(그림 4).

(그림 5)는 각종충격펄스에 의한 SRS이지만 (그림 4)의 SRS와는 횡축의 눈금이 다르게 되어 있다.

이 도면 횡축의 입력유효작용시간  $De$ 는 충격펄스의 면적인 속도변화를 방형파를 기본으로 ( $De=D$ )하여, 다른 펄스의 유효작용시간  $De$ 를 구하면 톱날형파, 정시파(正矢波)에서는  $De=1/2(D)$ , 정현반파에서는  $De=2/\pi(D)$ , 대형파에서는  $De=0.9D$ 가 된다.

$fc$ 는 각 부분의 고유진동수이다.

중축은 입력가속도에 대한 각  $A_0$ 부분에 발생하는 가속도(응답가속도)의  $A_m$ 비율이다.

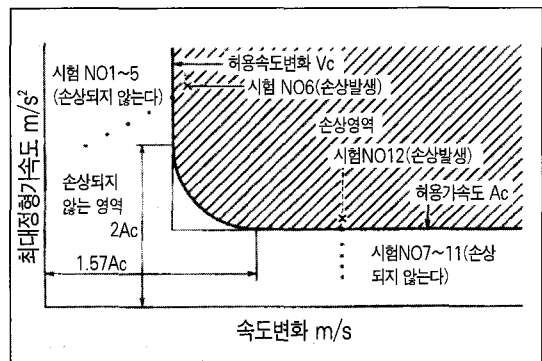
이 도면에서 주목할 점은 어떤 파형의 입력으로도 곡선이 같아지는 조건의 횡축의  $De \cdot Fc$ 가  $1/6$  이하로 중축이 1.0 이하의 범위이다.

제품에  $Fc \cdot De < 1/6$ 이 되게 되는 조건을 만드는 유효작용시간  $De$ 가 아주 작은 충격펄스를 더해진 때에는 각 부분에 발생하는 가속도  $A_m$ 은 입력속도  $A_0$ 의 크기에 직접 관련하는 것이 아닌 그 유효작용시간과 속도변화  $Vc$ 에 비례한다.

또는 손상되기 쉬운 부분의 고유진동수의 값이 작으며 어떤 의미에서는 그 자체충격결연체의 경우에 상당할 때에도 같게 속도변화에 비례한다.

제품을 완충포장하면 낙하될 때, 제품에 발생하는 가속도는 저하되지만 작용시간  $De$ 는 커지게 되고,  $fc \cdot De > 1/6$ 이 되면 충격펄스의 파형에 의해 동적배율  $A$ 가 변화하여 방형파의 경우에는  $fc \cdot De$ 의 값이 0.5 이상에서는 입력가속도  $A_0$ 의 2배의 최대가속도, 정현반파 및 정시파(正

(그림 6) 손상한계선(損傷限界線) 그림



矢波)에서는 최대치가 약 1.7배가 되어  $f_c \cdot De$ 의 값이 커지면 1.0에 수속된다.

따라서 손상하기 쉬운 부분에 같은 응답가속도  $a_0$ 이 생기는데 필요한 입력가속도  $1/2a_0$ 은 방형파에서는, 정현반파, 정시파(正矢波)에서는 약  $0.6 \sim 1.0a_m$ 이 되어, 방형파를 더한 때가 가장 낮은 입력가속도에 의해 손상되는 것을 알 수 있다.

탄성적인 완충재료(플라스틱 폼 등)에서는 거의 정현반파상태의 가속도 펄스가 되고(그림 11), 소성변형에 의한 완충재료(종이 계통의 구조재료 등)에서는 밑바닥이 드러나지 않는 범위에서 대형파상태(그림 12)가 되므로 어느 완충재료에도 적합하게 하기 위해서는 대형파펄스에 의한 시험을 하면 그 어느 것에도 대응이 가능하므로 대형파펄스를 제품에 가해서 손상하는 한계의 가속도를 구하는 방법이 사용된다.

시험은 수송 중에 충격을 받는 방향을 고려하여 이상적으로는 6방향이지만, 적어도 그 제품의 구조상 가장 약한 방향 포장했을 때 밑부분이 되는 방향 및 제품의 사용하는 자세에서의 의 밑면은 꼭 실시한다.

이와 같은 시험은 일반으로는 제품의 시작(試作)의 단계에서 실시되어 공시품의 수가 많이 얻을 수 없기 때문에 손상과 변형된 부분만을 교환하는 것으로 일련의 시험을 속행하는 방법으로 이루어진다. (그림 6)은 시험결과를 모은 손상환경선도이다.

이 도면은 (그림 3)의 방형파펄스의 충격응답스펙트럼의 종횡축의 눈금을 변환하여 적성한 것으로 곡선이 상하반전 한 형태로 되어 있다.

### 2-3. 충격시험장치

충격시험장치는 공시품(供試品)을 고정된 충격대에 자유낙하 또는 그 외의 수단에 의해 가속하여 완충기구에 충돌시켜 소요(所要)의 충격펄스를 발생시키는 장치이다.

정현반파를 발생시키는 방법은 일반적으로 탄성재료(고무, 플라스틱)를 완충체로서 사용하여 공시품(供試品)과 충격대의 질량과 완충체의 사이즈 및 경도에 따라 펄스의 충격작용시간은 대략 정해진다.

일반적으로 3, 6, 11ms 등의 작용시간이 되는 고유의 완충체를 사용한다. 거기에 완충체를 교환하지 않고 넓은 범위의 작용시간에 가변(可變)하는 방법으로써 고무를 완충체로 하여 그 높이를 제어하는 방식에 의해 임의의 충격작용시간이 얻어지는 완충가변장치가 있으며 가속도의 제어는 낙하높이에 의해 진행된다.

대형파펄스를 발생시키는 방법은 일반적으로 고압질소력(高壓窒素力) 가스 실린더 내의 프리피스톤 위에 충격대(衝擊臺)를 낙하시키는 방식이 이용되면 낙하높이에 따라 작용시간, 가스압력의 조정에 의해 가속도의 크기를 제어한다.

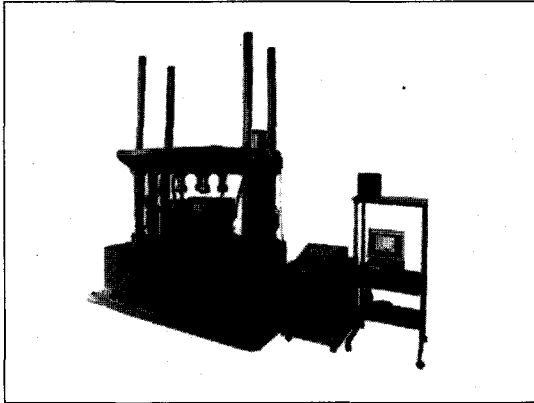
최근의 시험 장치는 소요(所要)의 가속도치, 작용시간, 속도변화, 공시품의 중량 등을 입력하여 컴퓨터에 의해 연산제어 하는 방식이 일반적으로 쓰이고 있다.

시험결과는 충격가속도파형을 해석하여 충격응답(그림 4) 및 JIS Z 0119에 기준하여 작용시간이 짧은 정현반파(2.5ms 이하)에 의해 허용속도변화와 대형파에 의해 허용가속도를 구하여 손상경계선도(損傷境界線圖)(그림 5)를 작성한다.





[사진 1] 충격시험장치(ASQ-1500형)



시험장치의 사양은 공시품의 크기, 발생하는 가속도파형, 피크가속도와 작용시간의 범위에 따라 각 기종이 결정되며, 일반적으로는 충격대의 일변이 500~900mm, 피크가속도가 100~6,000m/s<sup>2</sup> 작용시간이 2~20ms 정도이지만 최근에는 대형의 액정TV 등의 수요에서 충격대의 일변이 1,500mm, 또는 휴대용기기의 수요에서 충격대는 작고 가속도는 50,000m/s<sup>2</sup> 정도를 발생하는 등의 광범위의 시험장치가 설비되고 있다.

[사진 1]은 대형 액정 TV용의 대형충격시험 장치의 일례이다.

### 3. 포장화물 평가시험

#### 3-1. JIS Z 0200 포장화물(평가시험방법통칙)

이 규격은 포장화물이 유통과정에 있어서 받는 진동, 낙하충격 및 압축에 대한 포장의 보호가 적정한지를 평가하는 총합적인 규격으로써 1972년에 '적정포장화물시험방법통칙'으로 만

들어져 1983년 일본포장기술협회의 기술위원에 의한 제안되어, 그 후 2번의 개정위원회에 의해 낙하, 압축, 진동의 시험방법의 검증 등을 거쳐 1987년과 1994년에 개정, 거기에 1997년 국제규격과의 정합화가 요구되어 JIS Z 0200, 0202, 02120, 0232 등의 포장화물시험방법의 정합화작업도 같이 진행되었다.

JIS Z 0200의 정합에 대해서는 ISO 4180/1, /2 포장화물 - 성능시험계획 작성의 일반규칙 : 제1부 일반원칙, 제2부 양적 데이터를 전면적으로 본체에 적용하는 것은 그 시험체계에 있어서 상당히 곤란하므로 1994년판을 본체로 하여 ISO 4180을 부속서(규정)로 하여 계정이 1999년 이루어졌다.

JIS Z 0200에서는 유통조건을 4가지로 구분한 시험의 순서는 동일 공시품에 의해 진동시험, 낙하시험의 순서로 진행되고 압축시험은 별도의 공시품으로 행하는 것이 일반적이다.

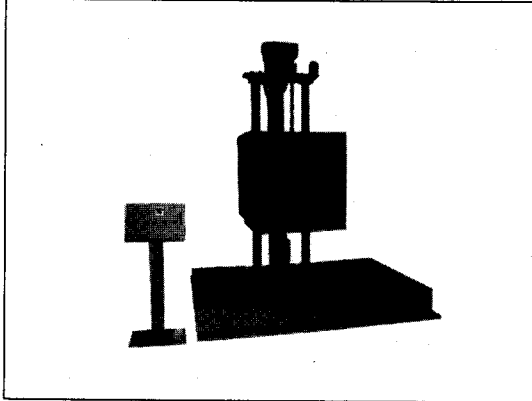
그러나 ISO 4180은 수송경로에 대응한 시험계획을 편성하여 각각의 위험에 따른 시험조건을 제정하여 일련의 시험을 실시하는 방법이다.

이 규격은 1980년 제정된 후, 계정이 되지 않고 그 안에 적용된 압축시험방법, 진동시험방법이 국제규격에서도 개정되어 있음에도 불구하고 변경되어 있지 않다.

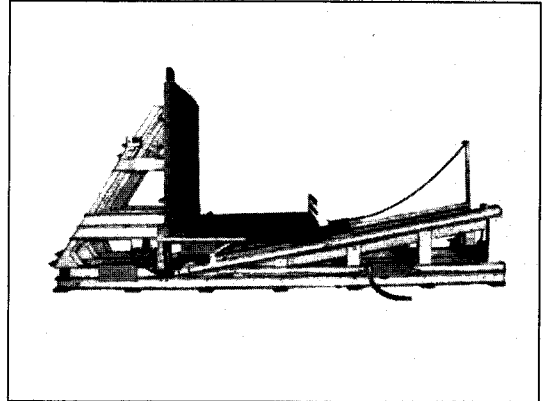
예를 들어 진동시험방법에서는 ISO 13355 랜덤진동시험방법이 제정되어 있으나, ISO 2247 저주파 일정진동시험수(一定振動試驗數) 시험방법을 지정하고 있다.

JIS Z 0200은 금년에 개정되리라고 생각되지만 ISO 4180이 새로운 ISO 규격을 받아드려 개정하여 현대화한 후가 아니면 정합화의 추진

[사진 2] 자유낙하시험기(DT~400형)



[사진 4] 경종충격시험기(JST~200형)



은 시대의 역행이 되어버리고 만다.

시험내용과 시험기에 대해서는 각 시험방법의 항에서 설명한다.

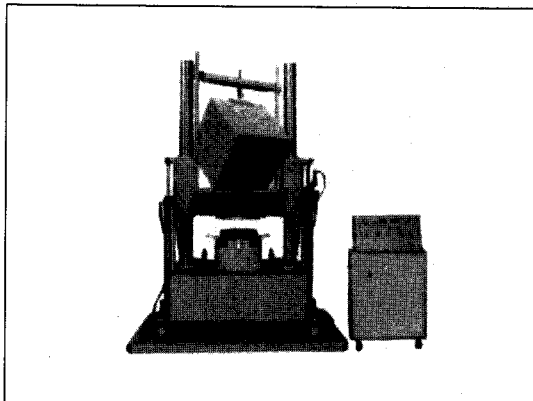
### 3-2. JIS Z O202 포장화물(낙하시험방법)

#### 3-2-1. 자유낙하시험

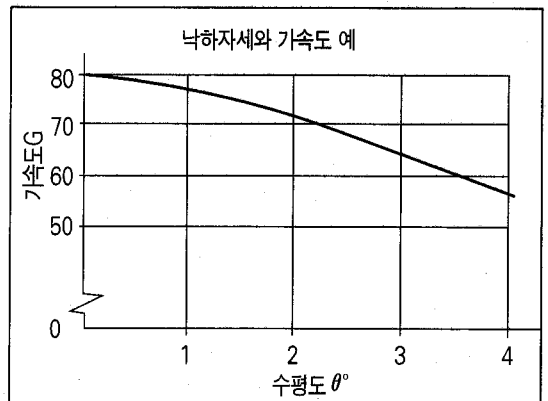
유통과정이 주로 화물의 취급에 의한 충격적 외력에서 포장이 내용품을 완충 보호하는 기능

을 평가하는 기본적인 시험방법으로써 JIS Z 0200에서는 적용범위를 포장화물의 총질량이 100kg까지로 하여(100kg 이상 1,000kg 미만 또는 체적이 큰 포장화물은 편지지능(片支持能) 낙하시험으로 하여 포장화물의 하단면과 모퉁이 면에 접한 두변의 모서리를 높이 15cm 위에 지지하여 지정의 높이로부터 2회씩 낙하시키는 방법) 낙하 높이의 정도는  $\pm 2\%$ 이내, 면 또는 모

[사진 3] 충격시험에 의한 등가낙하시험



[그림 7] 낙하자세의 영향





서리 낙하 시에 충격 면 또는 모서리와 낙하 면과의 평행도(平行度)는 최대 2도, 낙하 면은 공시품 질량의 50배 이상의 질량이 있으며, 수평도는 면 위의 두 점간의 수평차가 2mm 이내, 10 kgf/100mm<sup>2</sup>의 정하중(靜荷重)으로 0.1mm 이상의 변형이 생기지 않는 것으로 되어져 시험조건외의 정도가 명확하게 나타나있다.

낙하 높이와 내용품에 발생하는 가속도의 관계는 낙하높이의 평방근과 피크가속도가 비례한다.

예를 들어 60cm낙하로 ±10mm의 오차가 있다고 하여도 낙하자세가 일정하다면 그 피크가속도의 차는 ±1%에 지나지 않는다. 그러나 (그림 7)에 나타난 것 같이 낙하 면에 공시품이 접촉하는 각도가 기울면 내용품에 발생하는 가속도에 큰 영향이 미친다.

통상의 포장화물에서는 공시품을 회전 암에 올려 스프링 또는 공압(空壓)을 이용해서 테이블을 급속히 회전하강 시키는 낙하시험기가 일반적으로 사용되고 있다.

낙하시험기는 묶어 내리는 낙하에 비교하여 대단히 작업성이 좋으며, 낙하높이, 자세의 정도가 안정되어 있어 규격의 정도(精度)확보가 가능하다. 그러나 시험기의 설정 상태가 나쁘면 같은 성능의 시험기라도 시험결과에 차이가 생긴다.

시험기의 철제테이블이 설치테이블 면(面)에 밀착해서 시공하고 테이블 면의 콘크리트 두께는 50cm 이상인 것이 적당하다. 또한 적어도 20cm 이상 두께의 테이블 면이 필요해 철제테이블 간에 빈틈이 있다는 등의 시공이 되면 정확한 시험결과를 얻을 수 없다.

최근 공조기기와 액정 TV와 같은 대형포장화물을 낙하대 위에 올려서 낙하대를 공압으로 고속 하강시키는 기구는 (사진 2)와 같은 낙하시험도 이용하고 있다.

### 3-2-2. 충격시험장치에 의한 등가낙하시험

JIS Z 0202의 방법 B로 규정되어 있는 방법으로 충격대 위에 포장화물을 그물 등에 의해 간단히 묶어 놓고 충격대를 경질고무 등의 충격파형성발생장치 위에 낙하하여 대단히 충격작용시간의 짧은(2.5ms 이하) 충격펄스를 발생시켜서 그 속도변화를 자유낙하높이의 충돌속도와 일치시키면 포장화물은 자유낙하한 때와 같은 충격의 영향을 포장내용품에 가한다.

이 방법은 낙하자세가 정확하게 또는 시험낙하높이가 자유낙하높이의 1/2 이하에서 행해지는 특징이 있다.

이 방식은 (그림 5)에서 설명한 것과 같이 충격대에 발생하는 충격펄스의 속도변화와 충격펄스의 면적에 해당하며 충격대의 충돌속도와 반동속도의 합으로 완충포장 되어진 내용품이 자유낙하에 의해 최대로 이동하는 시간보다 적은 작용시간의 충격펄스의 경우에는 그 속도변화는 자유낙하의 충돌속도와 같은 영향을 내용품에 전하므로 통상 2.5ms 이하의 극히 짧은 충격시간의 정현반파펄스를 가하므로 통상의 완충된 포장화물에서는 자유낙하와 등가의 시험이 행해진다.

그러나 완충이 적은 포장화물((그림 5)의 fc의 값이 크다)에서는 상기의 관계가 성립되지 않기 때문에 자유낙하시험에 의한 가속도 파형과 비교한 후에 이 시험방법을 이용하면

좋다.

[사진 3]은 그 실시요령이다.

### 3-3. JIS Z O205 포장화물(수평충격시험방법)

원래의 규격은 경사충격시험방법이었으나 1998년에 ISO 2233 : Packaging-complete, Filled transport packages-Horizontal impact tests와의 정합에 의해 화차, 트럭의 적화작업 및 주행 중의 수평방향의 충격에 대한 포장화물의 기능을 평가하는 시험방법으로써 시험기재가  $10 \pm 1$ 도의 경사가 된 활주대를 공시품을 얹은 활주차를 중력을 이용하여 주행시켜서 충격판에 충돌하는 경사충격시험기와 수평의 레일 위를 고압가스 등에 의해 가속하여 공시품을 얹은 활주대를 충격판 또는 정현반파, 대형파 등의 충격펄스를 발생 가능한 프로그래머에 충돌시키는 방식 또는 천정(天井)에서 강봉 또는 로우프로 묶어 내린 지지대 위에 공시품을 얹어서 측면의 충격판에 충돌시키는 장치도 기재되어 있다.

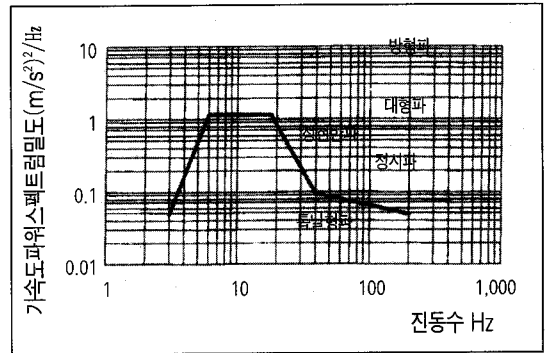
JIS Z O200의 수록서3(참고) 포장화물의 참고시험의 4항에는 경사충격시험기에 의한 충돌 속도 및 충돌횟수의 규정이 있다.

[사진 4]는 활주차를 수평으로, 충격판을 수직으로 하여 작업성을 배려한 시험기의 예이다.

### 3-4. JIS Z O235 포장화물(진동시험방법)

포장화물을 진동 시험하는 방법으로써 예전에는 방법 A-1로 정현파대수소인시험법(正弦波對數掃引試驗法), 방법 A-2로는 정현파일양소인시험법(正弦波一様掃引試驗法) 및 방법 B로써 정현파 일정진동수시험법(正弦波一定振動數試驗法)이 규정되어져 있어 진동가속도와 가

[그림 8] JIS Z 0232 : 2004, 파워스펙트럼 밀도



진(加振)시간의 시험조건은 JIS Z 0200에 나와 있다.

2001년에 ISO 13355 (포장-포장화물 및 유닛로드수직랜덤 진동시험방식)가 발행되었기 때문에 정합을 시도하기 위해 금년 2004년에 이 시험방법을 기본시험방법으로 하여 방법 C로 하는 개정이 이루어졌다.

수송기관에 의한 진동은 랜덤진동이지만 예전에는 그 발생이 곤란했기 때문에 정현파소인시험법으로 행해졌지만 공진에 의해 과대한 부담이 되거나 다른 고유진동수의 부품에 상호의 영향을 모르는 등의 결점이 있었으나 랜덤진동을 발생하는 진동시험장치가 현재에는 일반화되어 있으며 ISO 13355에는 랜덤진동시험법은 그 외의 시험법보다 우선으로 적용하는 것이 바람직하다.

랜덤진동시험법은 실측한 진동레벨을 해석하여 가속도파워스펙트럼밀도-진동수 선도를 작성해서 진동발생기를 제어하는 방법으로 진동레벨은 수송환경(수송기관, 주행속도, 포장화물 등)에 의존하며, 거기에 시험시간을 압축하는 방법이 적용되므로 ISO 13355에서도 부록서 A



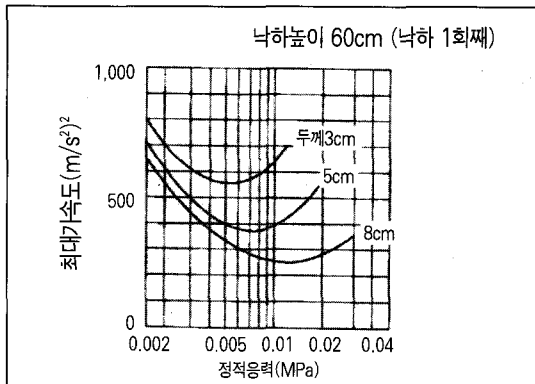
로 하여 (그림 8)의 수직방향의 가속도파워스펙트럼밀도가 표시되어 있으나 수송환경, 시험시간에 관한 설명이 없어서, 수송환경기록 등에 의한 실측치에서 가속도파워스펙트럼밀도와 시험시간을 산출해야 하겠다.

그러나 현재에는 JIS Z 0200에서는 부록서 3(참고) 포장방식의 평가시험으로 불규칙진동 시험으로 사용되어지고 있으므로 가까운 시일 안에 개정이 필요하다.

### 4. 포장용 완충재료의 평가시험

포장용 완충재료(緩衝材料)를 합리적으로 사용하는 목적으로 1976년에 정적시험방법과 동적시험방법이 규정된 이후로 그 후 완충포장설계의 기본적 자료로 많이 이용되어 왔으나 그 후 환경문제의 대응을 위해 재이용과 무공해 폐기를 목표로 하여 소재이용의 증가의 영향으로 ISO 규격과의 정합화(整合化)과 함께 주로 블록상태의 완충재료와 구조체완충재료로 나눈 시험방법으로 개정되었다.

(그림 9) 최대가속도 정적응력선(靜的應力線) 그래프



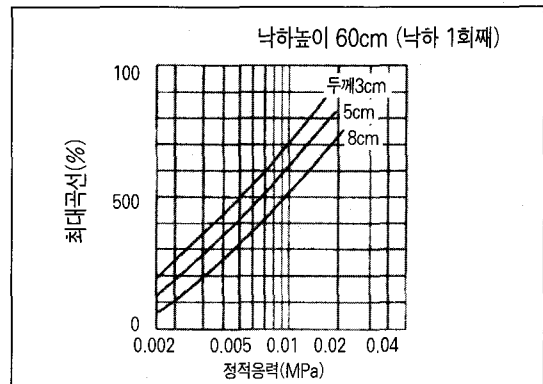
### 4-1. JIS Z 0235 : 2002 평가시험방법

1997년에 JIS Z 0234 정적압축시험방법의 통합과 ISO 4651과의 정합은 이루어져 있으며 시험의 종류는 충격하중시험, 압축크리프시험, 간편한 방법인 압축시험(부록서 1 : 규정), 국제 규격에 대응하는 충격하중시험(부록서 2 : 규정)으로 구성되고, 충격시험에서는 주로 탄성(彈性)적인 블록상태, 세편(細片)의 완충재료가 대상으로 규정되어있지만, 뒤에 기술하듯이 블록상태의 소성변형적재료(塑性變形的材料)라도 응용이 가능하다.

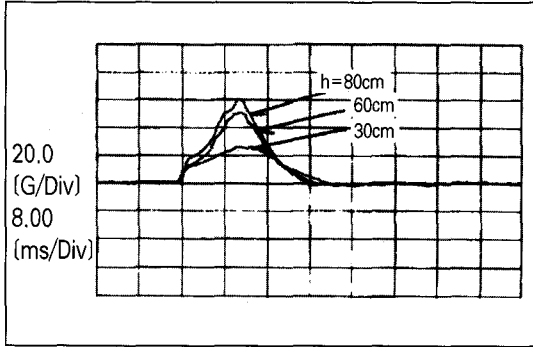
2002년의 개정에서는 JIS Z 0203 포장화물 - 시험의 전처리의 국제규격 및 관련 JIS에 정합하여 전처리의 온/습도 조건을 온도(20±2℃), 상대습도(65%)로부터 온도(23±2℃), 상대습도(50%)로 변경되어 있다.

충격하중시험은 철제테이블 위에 놓은 공시품에 규정의 높이에서 질량을 가변 가능한 중추에 생긴 가속도를 계측하여 최대가속도 - 정적응력 선도(靜的應力線圖), 최대충격변형 - 정적응력 선도로 하여 완충포장설계에 이용한다.

(그림 10) 최대 곡선 정적응력선 그래프



[그림 11] 탄성계완충재료의 파형 예

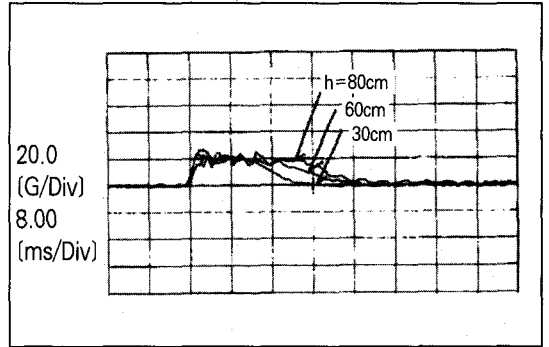


ISO 4651에 의한 충격하중시험에 의한 최대 가속도-정적응력 선도는 [그림 9], [그림 10] 과 같이 낙하높이가 일정하게 시료 두께를 파라메타로 하고 있기 때문에 완충설계에는 사용하기 어렵다.

그밖에 충격영구변형 - 정적응력 선도, 압축크리프 변형 - 정적응력 선도도 필요하다.

폴리에틸렌폼과 같은 탄성적 완충재료(緩衝材料)는 일반적으로 변형이 심해지면 응력은 증가하지만, 적층골판지와 같은 소성 변형적(塑性變

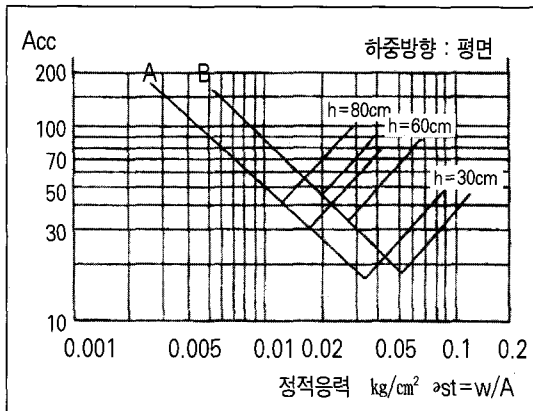
[그림 13] 소성변형계완충재료의 파형의 예



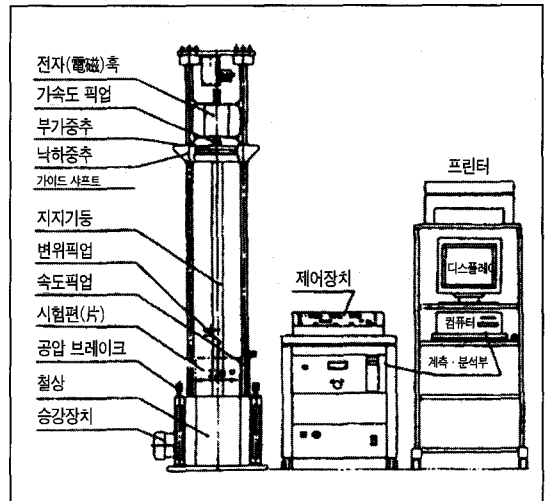
形的) 완충재료(緩衝材料)는 변형이 증가해도 응력(應力)은 일정한 범위가 있다.

또한 하중을 가하는 바닥에 닿게 하는 성질이 있다. [그림 11]은 하중 및 면적, 두께를 일정으로 한 폴리에틸렌폼에 의한 낙하높이 30, 60, 80cm에 의한 충격가속도파형으로 [그림 12]는 적층골판지에 같은 조건에 의한 충격가속도파형이다.

[그림 12] 최대가속도 - 정적응력선도의 예



[그림 14] 포장용 완충재료의 충격하중시험장치





이와 같이 탄성재료에서는 낙하높이에 따라 발생가속도는 증가하지만 소성변형재료에서 바닥에 닿지 않는 범위에서는 거의 일정의 가속도로써 파형의 면적만이 증가한다.

소성변형에 의한 완충재료(緩衝材料)는 그 두께와 낙하높이에 관계없이 같은 재질과 구조 및 하중방향이 같으면 가속도와 정적응력은 일정의 관계가 있다.

그러나 탄성재료는 영구변형이 적고, 거의 초기의 두께를 유지하지만 소성변형재료는 흡수한 에너지에 상당하는 두께를 잃어 조금 큰 영구변형이 생기므로 [그림 13]과 같은 최대가속도 - 정적응력 선도의 최적의 정적응력을 이용하기에는 첫 회에 흡수하는 에너지를 고려하지 않으면, 2회째 이후는 바닥에 닿아 큰 가속도가 발생하는 위험이 있다.

또한 충격파형의 상이에 따른 내용품의 각 부에 주어지는 영향을 고려해야 하며, 제품충격강도를 알아두어야 한다.

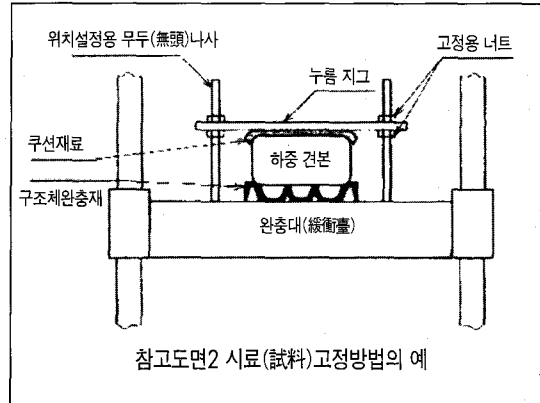
#### 4-1-1. 포장용 완충재료 충격하중시험장치

[그림 14]에 나와 있듯이 시험 장치는 철제 테이블 위에 놓은 시험편의 전 상면의 안내에 따라 직경으로 자유낙하 하는 중추에서 하중한다.

블록상태의 시험편(試驗片) 및 시트상태의 시험편은 포개어 철제 테이블위에 접착테이프를 이용하여 가볍게 고정한다. 세편(細片) 또는 날알상태의 시료는 측면에 3mm 정도의 구멍을 낸 압축함을 넣어서 시험을 한다.

중추에는 가속도 픽업을 고정하여 60cm를 기준으로 한 낙하높이에서 시험편(試驗片) 위로 낙하하지만 그 외의 높이에서의 시험도 필요

(그림 15) 충격대 위의 시료와 하중건본



하다.

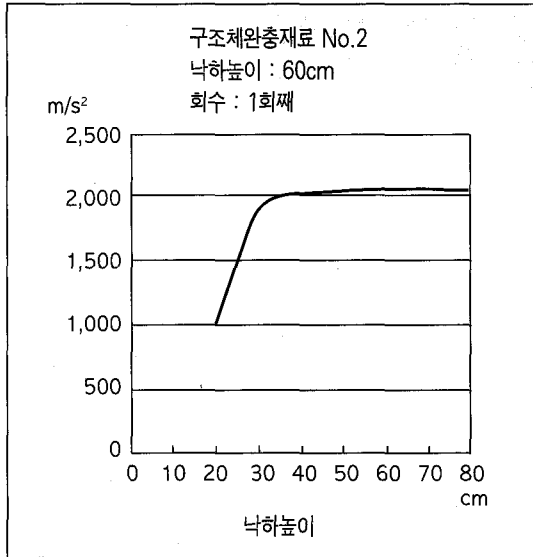
동일의 높이에서 5회, 그리고 중추의 하중을 바꿔서 시험을 치러 시험결과를 정리한다. 최근에는 해석소프트웨어를 이용하여, 가속도·변위 - 시간선도([그림 11], [그림 12]), 최대가속도 - 정적응력선도([그림 9], [그림 13]), 최대변형 - 정적응력 선도([그림 10]), 완충계수 - 최대응력 선도 등이 제작 가능하다.

#### 4-2. JIS Z O240 : 2002 평가시험방법

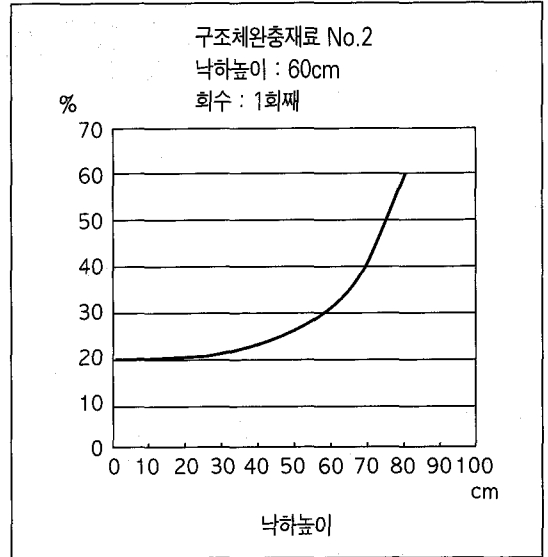
이 규격은 1997년의 JIS Z O235와 분리되어져 정형사이즈의 시료(試料)를 얻을 수 없는 구조체완충재료, 즉 Bending 또는 조합에 의해 완충구조로 하는 것으로 필프몰드, 성형플라스틱 등의 성형에 의해 완충구조 시료의 시험방법으로써 작성되어 2002년에 개정된 JIS Z O203 포장화물-시험의 전처리의 국제규격 및 관련 JIS에 정합하여 처치(處置)의 온·습도 조건을 온도(20±2℃), 상대습도(65%)에서 온도(23±2℃), 상대습도(50%)로 변경되어 있다.

이 시험방법은 주로 충격시험장치의 충격대

[그림 16] 최대가속도-등가자유낙하높이선도



[그림 17] 최대충격변형-등가자유낙하높이선도



위에 시료(試料)로써 구조체완충재료와 하중견본을 올려서(그림 15) 포장화물의 등가(等價)시험방법의 요령으로 시험을 진행하여, 하중견본의 중량을 바꿔서 완충특성을 구한다.

시험결과는 최대가속도-등가자유낙하높이선도(等價自由落下線圖)(그림 16), 최대충격변형-등가자유낙하높이선도(等價自由落下線圖)(그림 17), 충격영구변형-등가자유낙하선도(等價自由落下線圖) 등이다.

## 5. 결론

합리적인 포장화물의 설계를 지원하기 위한 규격은, 예를 들어 낙하시험방법 등은 1950년대부터 만들어진 후, 물류환경, 시험기재, 계측 및 해석방법 등의 근대화화 국제정합에 의한 개정 이 이루어져 오늘에 이르렀다.

규격의 시험방법은 상품의 품질관리와 상품거래의 기본으로, 포장의 자원절약에도 활용된다. 이 원고에서는 최근제정 또는 개정된 규격의 개요와 내용을 해설 및 시험 장치에 관해 서술했으나, 각각의 규격내용에 관해서는 본문을 확인하여 유효하게 사용하길 바란다. [K]

월간 포장계는 포장업계에 유익한  
최신 기술 및 정보를 제공하고 있습니다.

정기구독 및 광고 문의는  
(사)한국포장협회 편집실로 해주십시오.

TEL. 02)835-9041  
E-mail : kopac@chollian.net