

〈論 文〉

충격해석을 통한 결과의 예측

The Prediction of the Results of Drop Test Through Shock Analysis

박용석* · 홍성철* · 박철희** · 이우식** · 조항범***

Park Yong-Suk, Hong Sung-Chul, Pak Chol-Hui, Lee Usik and Cho Hang-Beom

〈1994년 4월 29일 접수 ; 1994년 8월 31일 심사완료〉

ABSTRACT

Electronic products can be subjected to many different forms of shock. These shocks are usually experienced during transporting the electronic products from a manufacturer to customers. Drop tests are performed to test the product fragility before shipment. Package cushioning materials are often used to protect electronic products from severe shock environments. In the present paper, an algorithm to predict the shock responses of the main mechanical parts is developed by use of the shock analysis in which the modal parameters extracted from vibration test are used. These results are in good agreement with the results of drop test. By use of the shock response prediction algorithm developed herein, it is possible to predict the results of drop test at various drop directions and also to select the optimal package cushioning materials.

1. 서 론

요즈음 날로 높아지고 있는 수요자의 전자제품에 대한 욕구는 제품의 다기능화, 경량화, 정밀화 및 저소음화 등으로의 기술 개발을 추구하게 하였으며, 출하 제품의 성능을 십분 발휘할 수 있도록 하기 위해 보다 엄격한 낙하, 진동에 관한 환경시험조건들의 규제를 강화하고 있는 실정이다. 현장에서 양산된 제품은 출하시부터 소비자에게 전달되기까지 다양한 유통 구조를 통합으로서 운반 도중에 낙하에 의한 충격을 받게 되며, 이러한 낙하충격에 의해 제품은 치명적인 손상을 입을 수 있다. 따라서 포장된 제품은 유통환경에 따라 출하전 충분한 낙하시험을 수행하여, 제품에 손상이 나타나지 않도록 적절한

포장재(쿠션재, 포장박스)를 선정하게 되며, 제품 자체적으로 어느 정도의 충격에 견디는가를 결정하기 위한 충격시험이 동시에 상호 보완적으로 수행되고 있다.

낙하충격에 따른 충격해석은 다양한 쿠션재의 특성에 따라 Mindlin⁽¹⁾에 의해 수행되어졌으며, Steinberg^(2,3)는 전자제품에 대하여 여러가지 진동환경 조건에 따른 연구를 수행하였다. Han⁽⁴⁾ 등은 낙하충격을 받는 제품의 측정된 충격응답으로부터 모달파라미터(modal parameter)를 추출하는 연구가 수행되어졌다. 그러나 실제적으로 사용되고 있는 쿠션재는 제품과의 다접점으로 제품의 낙하충격시 포장재를 통해 전달되는 가속도의 크기와 충격 작용시간을 예측하는 데는 큰 어려움을 나타내고 있는 실정이다. 따라서 현장에서는 반복적인 낙하시험을 수행하여 제품에 이상유무를 판단하며, 부착된 가속도계로부터 제품이 받게되는 가속도의 크기를 판단하고 G-Meter 등의 기기를 통하여 쿠션재의 특성을

*정회원, 인하대학교 대학원 기계공학과

**정회원, 인하대학교 공과대학 기계공학과

***(주)금성사 Video 연구소

파악하는 정도로 문제 발생시에 근본적인 해결안을 제시하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 낙하시험에 따라 충격을 받게되는 포장된 제품의 낙하방향에 대하여 포장재를 통하여 전달되는 완화된 충격가속도의 크기와 충격 작용시간을 정량함으로서 제품에 가해지는 충격력을 규명하고, 제품의 주요부위에서의 충격응답을 예측함으로서 적절한 포장재의 선정과 아울러 제품 자체적으로 취약부위를 파악할 수 있는 해석기법을 제시하고자 한다.

2. 충격응답 해석

2.1 시스템의 모델링

포장된 제품에 대한 낙하충격을 해석하기 위해 포장된 제품을 각각의 낙하방향에 따라 크게 포장재와 제품 그리고 제품내 주요부품으로 구성되는 계(system)로 Fig. 1과 같이 모델링할 수 있다.

여기서 m_1 은 주요부품의 질량, m_2 는 제품의 질량, m_3 는 포장재의 질량, k_1, c_1 은 주요부품의 강성, 감쇠계수이고, k_2, c_2 는 포장재의 강성계수, 감쇠 계수를 나타내며 h 는 제품의 낙하높이이다. x_1, x_2 는 x_3 에 대한 상대좌표로 포장재 m_3 에 대한 m_1, m_2 의 정적 평형위치를 나타내고 있다. 자유낙하시 질량 m_1, m_2 의 초기변위와 속도가 없을때 정적인 평형상태로 진동 없이 자유낙하하게 된다. 한편, 지면과의 접촉시의 운동은

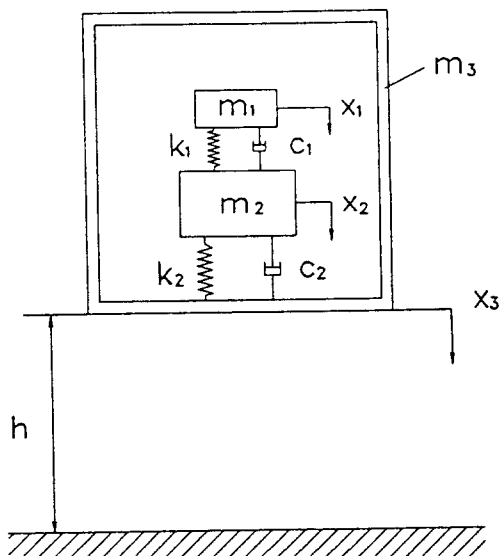


Fig. 1 A simplified model of the packaged electronic product

(1) 제품 자체만의 질량이 포장재의 질량보다 무척 크므로 포장재의 질량을 무시한다.

(2) 감쇠(damping)는 무시한다.

(3) 쿠션은 선형으로 모델링하며, 반복적인 충격으로 인한 변형을 무시한다.

와 같은 가정하에서, 다음과 같은 운동방정식으로 표현된다.

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1(x_1 - x_2) = 0 \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 - k_1(x_1 - x_2) + k_2 x_2 = 0 \quad (2)$$

이 때 초기조건은

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_{t=0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}_{t=0} = \begin{bmatrix} \sqrt{2gh} \\ \sqrt{2gh} \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.2 충격응답 해석

낙하충격시 제품내의 주요부품은 순간적인 속도변화에 따라 큰 손상을 받게된다. 따라서, 포장재는 이러한 높은 피크의 충격가속도를 낮은 가속도의 파형으로 완화시켜 줌으로서 주요부품의 치명적인 손상을 막기 위해 설계되어진다. 낙하충격시 제품 m_2 의 운동을 살펴보자. m_2 가 m_1 보다 무척 크다고 하면 식 (2)는 다음과 같이 근사적으로 표현할 수 있다.

$$\ddot{x}_2 + \omega_2^2 x_2 = 0 \quad (4)$$

초기조건은 다음과 같다.

$$[x_2]_{t=0} = 0, \quad [\dot{x}_2]_{t=0} = \sqrt{2gh} \quad (5)$$

식 (4)의 응답은 다음과 같이 주어지며,

$$x_2 = d_m \sin \omega_2 t \quad (6)$$

제품이 받게되는 충격가속도는 다음과 같이 주어진다.

$$\ddot{x}_2 = -\omega_2 \sqrt{2gh} \sin \omega_2 t \quad (7)$$

여기서,

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k_2}{m_2}}, \quad d_m = \frac{\sqrt{2gh}}{\omega_2} \quad (8)$$

식 (7)은 포장재를 통하여 제품에 가해지는 완화된 가속도 파형으로, 지면과의 접촉후 가속도가 증가하여 $t = \frac{\pi}{2\omega_2}$ 일때 최대가속도와 최대변위를 나타내며,

시간이 증가함에 따라 감소하다가 $t = \frac{\pi}{\omega_2}$ 일때 가속도와 변위가 0의 값을 갖는다. $t \geq \frac{\pi}{\omega_2}$ 일 경우 포장

재의 질량 m_3 가 무척 크지 않다면 스프링에 인장력이 작용하지 않아서 계는 반발하게 된다. 따라서 식 (4)는 $t \leq \frac{\pi}{w_2}$ 일때까지의 운동만을 묘사하게 된다.

즉 m_2 는 포장재의 최대변위가 d_m 일때 최대가속도, $w_2\sqrt{2gh}$ 의 크기와 $\frac{\pi}{w_2}$ 의 충격 작용시간(pulse duration)을 갖는 반 정현파(half-sine pulse)의 충격을 받게 된다.

이 때, 제품의 받게되는 속도변화는 시간에 대한 가속도 파형의 면적에 해당하므로

$$\Delta V = (1+e)\sqrt{2gh} \quad (9)$$

여기서, e 는 반발계수로서 0에서 1의 값을 갖는다. 제품이 받는 속도변화가 일정하다고 한다면, 반발계수가 0일 경우 초기속도는 반발계수가 1일 경우의 2배에 해당되는 초기속도로 충격을 받는 경우와 동일하며, 이는 제품의 낙하가 4배의 높이에서 행한 결과와 같게 된다. 이러한 속도변화량은 가속도 파형의 면적에 해당하며, 속도가 0이 되는 시간까지의 면적과 이 시간으로부터 충격작용시간까지의 면적의 합으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

제품은 여러 부품들로 구성되어 있으며, 이러한 부품의 낙하충격시의 운동은 운동방정식 (1)로부터 상대변위 $x = x_1 - x_2$ 에 대한 식으로 표현할 수 있다.

$$\ddot{x} + w_1^2 x = -\dot{x}_2 \quad (10)$$

부품이 받게 되는 가속도 \dot{x}_2 는 제품의 반발이 일어나는 시간 $t \leq \frac{\pi}{w_2}$ 까지만 작용하게 된다. 이때의 초기조건은 다음 식과 같다.

$$[x]_{t=0} = 0, [\dot{x}]_{t=0} = 0 \quad (11)$$

반발이 일어나는 순간, 즉 $t \geq \frac{\pi}{w_2}$ 일때의 운동은 다음 식으로 표현된다.

$$\ddot{x}' + w_1^2 x' = 0 \quad (12)$$

이때 초기조건은 다음과 같다.

$$[x']_{t=0} = [x]_{t=\frac{\pi}{w_2}} \quad (13)$$

$$[\dot{x}']_{t=0} = [\dot{x}]_{t=\frac{\pi}{w_2}}$$

여기서, $w_1^2 = k_1/m_1$ 이다. 식 (10)과 (12)로 표현되는 충격 응답은 다음과 같다.

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{w_2} \text{ 일때}$$

$$x(t) = \frac{w_2\sqrt{2gh}}{w_2^2 - w_1^2} [w_2 \sin w_1 t - \sin w_2 t] \quad (14)$$

$$t \geq \frac{\pi}{w_2} \text{ 일때}$$

$$x(t) = \frac{w_2^2 \sqrt{4gh(1 + \cos \frac{w_1}{w_2} t)}}{w_1(w_2^2 - w_1^2)} \sin(w_1 t + \alpha) \quad (15)$$

$$\text{여기서, } \alpha = \tan^{-1} \frac{-\sin \theta}{\cos \theta + 1}, \theta = \frac{w_1}{w_2} \pi$$

Fig. 2는 식 (7)과 같은 반정현파에 대한 주요부품의 가속도 응답을 나타내고 있으며, 주파수비가 1보다 작을 때에는 반정현파 주기가 끝난 후에 최대가

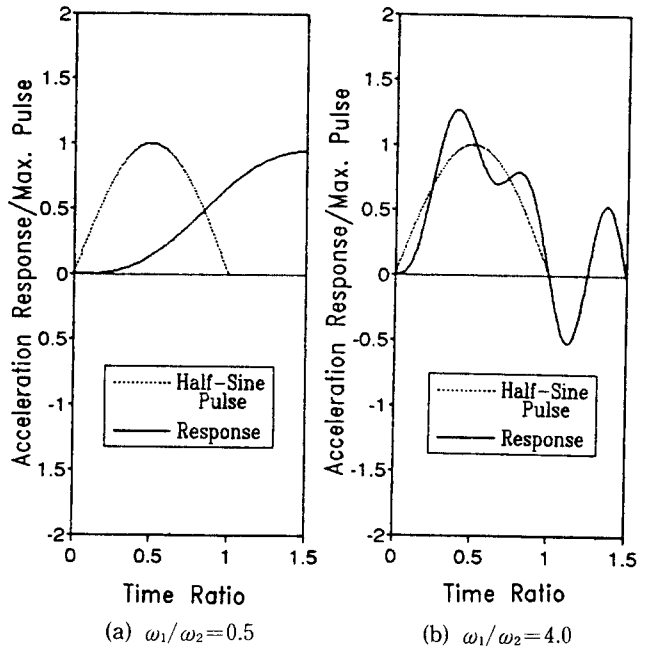


Fig. 2 Shock responses for two different frequency ratio

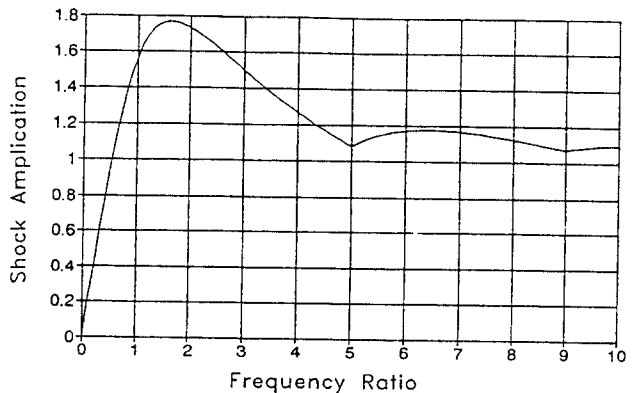


Fig. 3 Shock response spectrum

속도가 발생하고 있고, 주파수비가 1보다 클수록 가속도의 크기는 반정현파 주기내에서 최대가속도가 발생하며 그 응답 형상은 반정현파를 따라 가고 있음을 알 수 있다. 이러한 주파수비에 따른 최대 응답비는 Fig. 3과 같이 주파수비 $w_1/w_2=1$ 일때에 대한 응답보다 주파수비 $w_1/w_2=1.6$ 일때의 응답에서 가속도비가 최대가 됨을 알 수 있으며, $w_1/w_2 < 0.5$ 일때 주요부품들은 비교적 충격에 안정하는 것을 알 수 있다^(1,3,5).

3. 낙하 및 진동시험

3.1 낙하 및 진동 시험 장치

낙하시험은 ASTM의 규정⁽⁶⁾에 따라 포장된 제품을 낙하시험기(Lansmont Corp.)의 테이블 위에 주회로 기관의 수직방향과 제품이 서있는 형상으로 올려 놓고 각각 50 cm, 60 cm 그리고 80 cm의 낙하높이에 대하여 시험하였으며, 낙하시험시 지면과의 접촉 상태의 영향을 배제하기 위해 반복적인 시험을 수행하였다. 한편 제품내에 가속도계(sensitivity 11.5 mV/G)를 부착하여 시간에 따른 가속도 파형을 계측(Lansmont Corp. Test Partner-Version 1.25)하였으며, 동시에 G-Meter⁽⁷⁾로 부터 포장재의 특성에 따른 최대가속도의 크기를 측정하였다. Fig. 4는 낙하진동 시험시 충격 파형을 계측하기 위해 부착한 가속도계와 G-Meter의 부착위치와 각각의 충격방향을 나타내고 있다.

낙하에 의한 충격은 포장재인 포장 박스와 쿠션재를 통하여 제품으로 전달되며, 포장재와 제품 그리고 주요부품으로 이루어진 계의 고유진동수와 감쇠

계수를 측정하기 위해 고유진동시험을 수행하였다. 각 낙하방향에 대한 고유진동수를 찾기 위해 포장된 제품을 각각의 낙하방향에 대하여 가진기(B & K 4812) 테이블 위에 놓고 가진주파수를 0~200 Hz로 정현파로 가진하였으며, 캠코다 케이스와 가진 테이블에 가속도계(B & K 4374, 4393)를 부착하여 FFT(HP 3563A)로 전달함수를 측정하였다.

3.2 낙하 및 진동시험 결과

낙하시험시 낙하높이에 따라 계측된 시간에 대한 가속도 파형은 크게 아래와 같은 측면에서 비교될 수 있다⁽⁸⁾. 낙하높이에 따른 가속도 비교, 같은 낙하방향에 대한 다른 측정점에 대한 최대 가속도 비교, 필터링 주파수에 따른 가속도의 크기 변화 그리고 속도변화량 등으로 낙하충격에 의한 가속도는 지면과의 접촉상태, 낙하높이 그리고 고유진동수에 따라 변화하고 있으며, 10~20 msec의 충격작용시간을 갖는 반정현파에 대한 응답을 나타내고 있다. 이러한 응답 파형은 측정점의 지배적인 고유진동 모드에 대한 응답이 전체 파형을 나타내고 있고, 잔주기 성분의 가속도 피크치들이 이 파형을 따라 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 잔주기 성분은 측정점의 국부적인 고유진동 특성에 기인하며, 여러 진동 모드의 합으로 전체 응답의 주기가 작아짐을 볼 수 있다.

포장재를 통하여 제품에 전달되는 가속도와 각각의 측정점에서 응답은 계측된 파형을 필터링함으로써 찾을 수 있다. Table 1은 충격응답해석과 측정된 최대가속도의 비교이다.

여기서 충격해석 결과가 낙하 시험 결과보다 다소 작은 최대가속도의 크기를 나타내고 있는데, 이는 쿠션재와 포장 박스의 비선형 특성, 감쇠 그리고 지면과의 접촉 상태, 반복적인 낙하시험등에 의한 영향으로 판단되나, 그 영향을 무시하더라도 비교적

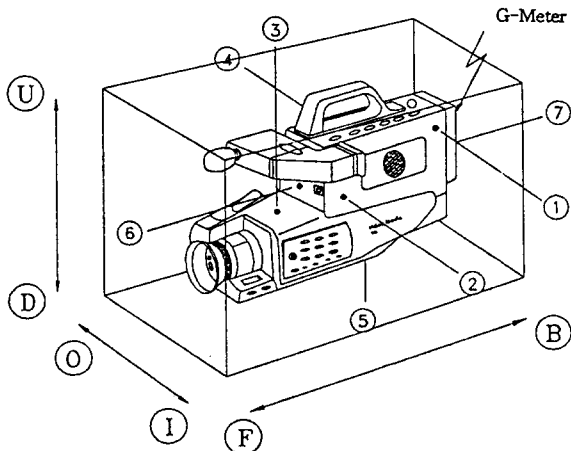


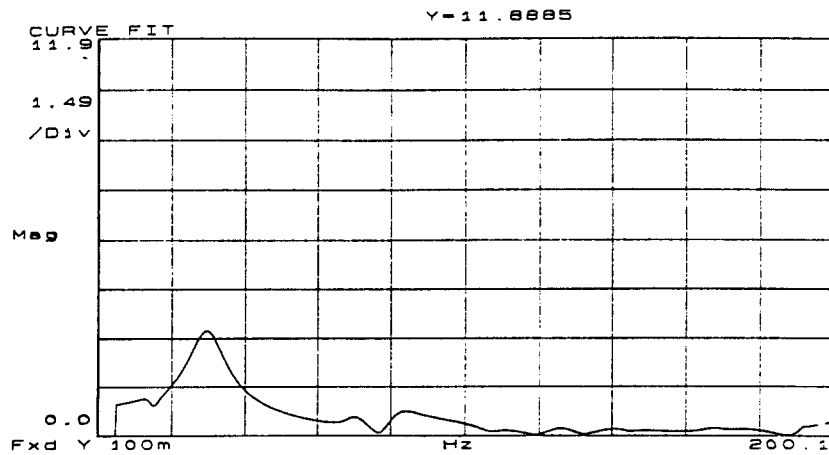
Fig. 4 Definition of drop directions and measurement points

Table 1 Comparison of maximum accelerations at point 2 with the direction of drop, θ (Units: G's)

Drop height	Drop test		Predicted shock response
	G-Meter	Accelerometer	
50 cm	59.8	61.9	59.5
60 cm	66.5	67.1	65.2
80 cm	77.8	77.9	75.3

Table 2 Natural frequencies of the system by experiment

Measurement point	Packaged system (ω_2)		Main mechanical part (ω_1)			
	Freq. [Hz]	ζ	1st		2nd	
	Freq. [Hz]	ζ	Freq. [Hz]	ζ	Freq. [Hz]	ζ
1	24.77	0.195	40.73	0.131	65.73	0.067
2	29.67	0.177	71.03	0.042	81.63	0.051
3	29.45	0.027	40.37	0.034	51.02	0.005
4	35.53	0.127	76.52	0.106	-	-
5	37.24	0.161	-	-	-	-
6	47.56	0.122	108.56	0.027	-	-
7	39.89	0.242	-	-	-	-

**Fig. 5** Transfer function

잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 측정점 2에서의 전달함수가 Fig. 5와 같으며, 공진주파수는 포장재의 특성(packaged system)에 기인한 주파수 특성, ω_2 가 먼저 나타나며, 측정점의 주된 진동 주파수 특성, ω_1 이 Table 2와 같이 그 다음에 나타나고 있음을 알 수 있었다. Table 2는 포장된 제품의 각 방향으로의 진동시험으로부터 추출된 고유진동수와 감쇠 계수를 나타내고 있으며, 고유진동수가 150 Hz 이상에 있는 측정점 5, 7의 경우 주요부품의 고유진동수가 ω_2 의 4배 이상에 존재하므로 비교적 충격에 안정하다고 볼 수 있다.

Table 3은 D 방향과 O 방향으로의 낙하시 계측된 속도변화량으로 O 방향으로의 낙하가 D 방향 보다 더 큰 속도변화를 나타내고 있으며, 쿠션재는 밀도 0.02 g/cm^3 의 ESP 재질로 반발계수 e 가 $0.3 \sim 0.6$ 의

값을 갖고 있음을 알 수 있었다.

Table 3 Comparison of velocity change

Direction of drop (measurement point)	Drop height (cm)	Filtering frequency (Hz)	Velocity change ΔV (m/sec)	Coefficient of restitution e
O (2)	80	300	5.94	0.55
		100	6.03	0.57
D (3)	50	100	4.84	0.6
		150	4.33	0.31

4. 충격력의 예측 및 활용

4.1 충격응답 해석과 낙하시험 결과 비교

Fig. 6은 낙하높이에 따른 시간에 대한 가속도 파형으로 (1)는 낙하시험시 가속도계로 측정한 결과이며, (2)는 포장재를 통하여 전달된 반정현파에 대한 충격응답 해석결과의 비교로서 Table 4와 같이 측정 부위의 1차 고유진동특성으로 해석된 최대가속도의 크기가 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 낙하충격시 포장재내의 모든 부품이 받게 되는 충격은 포장된 제품이 먼저 지면에 충돌할 때 포장재 특성을 통하여 전달된 완화된 반정현파(고유진동주기의 반)를 받게 되며, 이 반정현파가 제품내 모든 부품에 동시에 전달되고 있음을 나타내고 있다.

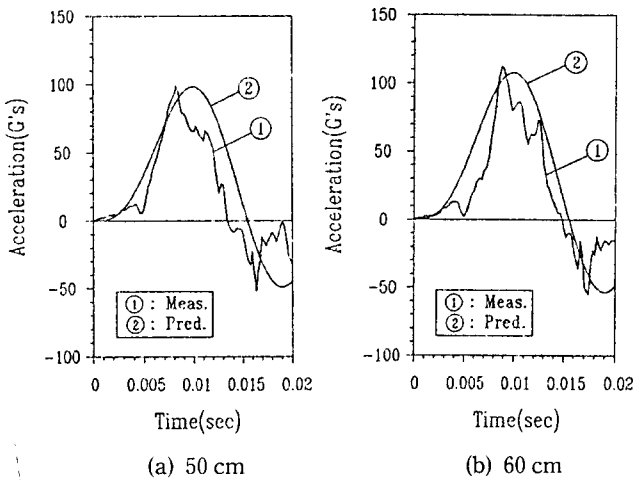


Fig. 6 Comparison of shock responses with two different drop height

Table 4 Comparison of maximum accelerations at point 2 with the direction of drop, θ (Units : G's)

Drop height	Drop test	Predicted shock response	
		$\zeta=0$	$\zeta=0.042$
		50 cm	99.0
60 cm	112.5	109.0	103.7
80 cm	130.6	126.6	120.3

따라서 이러한 이론해석 결과는 비교적 간단한 진동시험과 충격응답 해석을 통하여 다른 방향의 낙하에 따른 충격가속도를 예측하는데 활용할 수 있게 되었으며, 주요부품의 설계시 주어진 충격환경에 따른 최대가속도 크기를 예측할 수 있어 내충격을 고려한 설계가 가능하게 되었다.

4.2 6면에 대한 낙하결과 예측

1면 낙하시험 결과들은 그 예측 파형의 규명을 행함으로써 진동시험에 의한 측정점의 고유진동 특성의 파악을 통하여, 다른면의 낙하시험 결과도 예측할 수 있게 되었다. Table 5는 각각의 낙하방향에 따른 낙하시험시 포장재를 통하여 제품으로 전달되는 충격가속도와 이러한 반정현파의 충격가속도에 대한 주요부품에서의 최대가속도 크기의 예측 비교이다.

포장된 제품이 받게 되는 최대가속도는 B 낙하방향으로 낙하시 가장 큰 가속도 크기를 나타내고 있고 측정점에서의 응답가속도(Fig. 7)도 역시 크게 나타나고 있다. 이는 이 방향으로의 포장된 제품의 고유진동수가 다른 낙하방향보다 크며, 주파수비가 충격에 대한 증폭영역에 있기 때문이다. 따라서 이 방향으로의 고유진동수를 줄이거나 주요부품의 고유진동수를 변경함으로써 작은 값의 충격가속도를 받게 할 수 있다.

한편 포장재의 특성에 기인한 충격응답은 제품의 파손여부를 결정하는 충격시험^(9,10) 결과와 비교되어져, 적절한 포장재⁽¹¹⁾의 선정과 아울러 제품 자체적으로 어느 정도의 충격에 견딜 수 있는가를 연계하여 설계하는 자료로 활용할 수 있다⁽⁸⁾.

Table 5 Predicted maximum acceleration and pulse duration of the system at various drop direction

(Drop height : 60 cm)

Drop direction (measure. point)	Response of packaged system		Response of measurement point
	Maximum Acc. (G's)	Pulse duration (msec)	Maximum Acc. (G's)
\underline{O} (2)	65.2	16.8	103.7
\underline{D} (3)	64.7	17.0	107.4
\underline{I} (4)	78.1	14.1	117.7
\underline{B} (6)	104.5	10.5	169.2

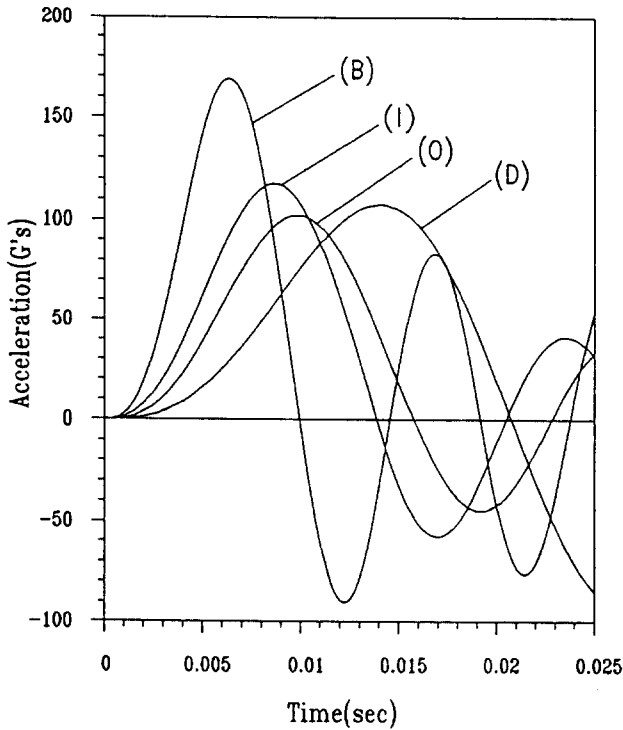


Fig. 7 Predicted shock responses for various drop directions with drop height, 60 cm

포장된 제품의 고유진동수를 줄이기 위해서는 제품의 질량을 높이는 방법이 있지만 제품의 경량화 추세에 비추어 볼때 강성을 줄이는 방법이 보다 합리적이다. 강성을 줄이는 방법은 쿠션과 제품의 접촉면적, 쿠션의 두께, 형상 및 박스의 적절한 선택 등의 변경을 적절히 행하므로써 가능하리라 판단된다.

D방향으로의 낙하시 가속도 응답이 O방향으로의 낙하시보다 크게 나타나고 있는데 이는 주파수비에 대한 가속도의 증폭이 더 크기 때문이다. 따라서 주요부품의 설계시 1차 고유진동수를 포장된 제품의 고유진동수의 최소한 2.5배 이상이 되도록 설계함으로써 낙하충격에 의한 손상을 줄일 수 있음을 보여 주고 있다.

5. 결 론

본 연구는 포장된 제품이 낙하시험시 받게 되는 충격력을 예측하는 충격해석기법을 소개하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

(1) 낙하충격에 의해 포장재를 통하여 제품으로

전달되는 충격력은 포장된 제품의 고유진동수에 비례한다는 충격해석 결과가 실제의 낙하시험 결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

(2) 포장재를 통하여 전달된 가속도는 순간적으로 제품내 모든 부품에 전달되며 이러한 충격에 대한 응답은 부품의 1차 고유진동 특성에 의해 전체의 응답 파형을 나타내고 있으며, 국부적인 진동특성으로 잔주기 성분의 가속도 피크치들이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

(3) 낙하충격에 의한 손상을 방지할 수 있는 부품의 적절한 고유진동수는 포장된 제품의 고유진동수의 최소한 2.5배 이상으로 설정함이 바람직하다.

(4) 본 연구에서 제시된 해석기법은 각각의 낙하시험 방향에 대한 결과를 예측하는데 활용함으로써 적절한 포장재의 선정과 제품의 강도보강을 위한 설계자료로 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Mindlin, R. D., 1945, "Dynamics of Package Cushioning," Bell Sys. Tech. Journal, Vol. 24, pp. 353 ~ 461.
- (2) Steinberg, D. S., 1971, "Circuit Component vs. G Force," Mach. Des. Mag., pp. 130~135.
- (3) Steinberg, D. S., 1988, Vibration Analysis for Electronic Equipment, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chap. 9.
- (4) Han, Z., Zhu, X. and Wang, P., 1987, "The Application of Modal Analysis on Package Design," Proceedings of the 5th IMAC Conference, pp. 1363~1366.
- (5) Harris C. M., 1988, Shock and Vibration Handbook, Third Edition, McGraw-Hill, Inc.
- (6) ASTM D-775, 1980, "Drop Test for Loaded Boxes," American Society for Testing and Materials, 1916 Race St., Philadelphia. 19103.
- (7) 東芝ミビット G 메-타- 形式 KG-806取扱説明書 (株)東芝
- (8) 박철희 외, 1992, Cam-Corder의 충격·진동해석에 관한 연구, 인하대학교 산업과학기술연구소.
- (9) ASTM D-3332, 1983, "Mechanical-Shock Fragility of Products, Using Shock Machine," American Society for Testing and Materials, 1916 Race St., Philadelphia. 19103.
- (10) Root, D., 1988, "Method for Cushioned Package

Development," Technical Report, Lansmont Corporation.

(11) ASTM D-4168, 1982, "Transmitted Shock

Characteristics of Form-In-Place Cushioning Materials," American Society for Testing and Materials, 1916 Race St., Philadelphia. 19103.

국 제 학 술 대 회 안 내

INTERNATION CONFERENCE ON STRUCTURAL DYNAMICS, VIBRATION, NOISE AND CONTROL SDVNC'95

중국진동공학회, 난징대학과 홍콩폴리테크닉이 공동 주최하고 우리 학회가 후원하는 '구조역학, 진동, 소음 및 제어 국제학술대회'(SDVNC'95)가 다음과 같이 개최 예정이오니 관심있는 회원 여러분들의 많은 참여를 기대 합니다.

◎ 일 시 : 1995년 12월 5일 부터 7일까지(3일간)

◎ 장 소 : 홍콩

◎ 일 정 : 초록마감 ; 1994. 12. 31. 발표논문마감 ; 1995. 7. 1.

◎ 분 야 :

- * Structural Dynamics;
- * Structural System Modeling, Identification, Control and Design;
- * Dynamics of Composite Structures;
- * Computational Methods in Structural Dynamics;
- * Multibody Dynamics;
- * Non-linear Dynamics;
- * Active and Passive Vibration Control;
- * Sensors and Actuators;
- * Control-Structure Interaction;
- * Random Vibration;
- * Vibration Measurement and Signal Processing;
- * Noise Analysis, Measurement and Control;
- * Launch Loads and Dynamics;
- * Rotorcraft Dynamics;
- * Turbomachinery Dynamics;
- * Vehicle Dynamics;
- * Fluid-Structure Interaction;
- * Experimental Dynamics and Testing;
- * Damage Tolerance of Composite Materials and Structure;
- * Damage Detection;
- * Earthquake Engineering;
- * Wind Engineering;
- * Other Topics Related to Engineering Dynamics.

※ 본 학회 사무국[TEL:(02)563-4851]으로 연락 주시면 안내 팜플렛을 보내드립니다.