



# 대형 중량물 제품의 포장 개선

## Improvement of Packaging for the Heavy-load Products

田村 祥 / 올림푸스(주)

### 1. 서론

제품의 수송 중에 발생하는 손상 사고에는 하역 중 수송 중의 낙하와 충격, 진동에 의한 사고가 있다.

제품 사고가 발생하면 대체 제품이 있는 경우, 고객 요망의 납기에의 긴급 대응이 필요하게 되는데 대체 제품이 없고, 고객이 요구하는 납기에 맞출 수 없는 경우는 자사뿐만 아니라 고객 측에서의 제품 미납품에 대한 대응이 필요하게 된다.

이와 같이 제품의 손상 사고는 자사 제품의 신용 실추 대열에 자사 브랜드에의 훼손뿐 아니라, 고객을 포함한 종합적인 사회적 손실은 측량할 수 없다.

이러한 사고에서 제품을 보호하기 위해서 포장에 필요해지는데 이 포장의 보호 기능의 유효성을 판단하기 위해 포장 화물 시험을 실시한다.

이 포장 화물 시험은 하역 중의 낙하, 충격을 재현한 낙하 시험, 수송 중의 진동을 고려한 진동 시험, 보관 중의 압축을 고려한 압축 시험 등이

있다.

본 논문에서는 특히 진동에 의한 데미지의 크기, 구동 부분이 많은 대형 중량물 제품의 진동 시험을 시험기 이외의 방법으로 실시하고, 제품에의 영향을 감안해 포장 개선을 실시한 사례를 소개한다.

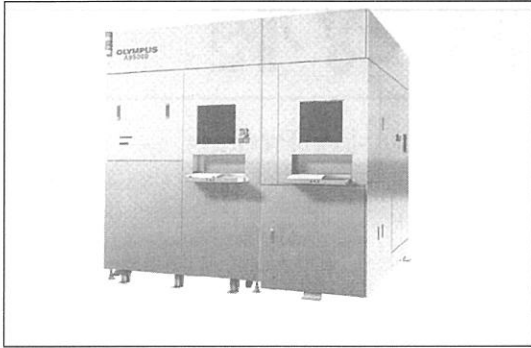
### 1. 개선 개요

질량 1톤을 넘는 제품의 가진이 가능한 진동 시험기를 갖는 기업은 세계에서 매우 적고 있다 해도 시험장이 먼 곳에 있는 등의 과제가 있어 간단하게는 진동 시험을 실시할 수 없는 현실이 있었다.

본 개선에서는 제품에의 가진 방법을 진동 시험기가 아니라 제품을 트럭에 적재하고 주행시키는 것에 의해 가진시켜 적재함 바닥에 발생한 진동 주파수, 가속도와 제품 내부의 각 부위에 응답한 진동 주파수, 가속도를 동시 측정해 공진 주파수의 확인을 실시하고 응답한 가속도를 감쇠시키기 위한 완충재의 적정화를 실시했다.



[사진 1] 제품 외관



## 2. 공진 현상

제품의 수송 진동 중에 발생하는 손상 요인의 하나로 공진 현상이 있다.

이것은 정해진 형태를 갖는 모든 물체가 어떤 특정 진동수의 진동이 더해졌을 때에 그 진동을 물체 내부에서 증폭해 물체 자신이 진동한다고 하는 성질에 의한 것으로 제품(부품 포함)은 독자만의 고유 진동수를 가지고 있어 고유 진동수와 같은 주파수의 진동을 더한 때에 발생하는 현상이 진동 현상이다.

진동 현상이 발생한 경우, 제품 내부에서 진동이 증폭되어 이상한 진폭(가속도) 증가가 발생해 재료 피로나 이상한 변이량에 의한 파손, 절삭, 튀어오름, 부품끼리 부딪힘, 나사의 이완, 마찰에 의한 변형 등이 발생할 가능성이 있다.

이러한 공진 현상은 수송 중의 진동에 있어서 주의해야할 항목으로 포장 설계 할 때는 수송 중에 발생하는 진동에 대해서 제품의 고유 진동수와 같은 진동수를 감쇠시키는 포장 설계가 필요하다.

## 3. 개선 대상 제품

본 논문에서 포장 개선의 대상으로 한 제품 정보를 이하에 나타낸다.

- 대상 제품 : 반도체 검사 장치(제품A:사진1)
- 제품사이즈 : LWH : 2,000×1,800×2,600mm
- 질량 : 1,300kg

## 4. 배경, 목적

### 4-1. 배경

제품의 특징으로써 목적지는 특정되어 있고 엔드 유저까지의 하역, 보관은 관리되어 있어 낙하와 충격 등의 발생이 없다는 것이 알려져 있는데 수송 진동의 영향을 알 수 없었기 때문에 진동을 감쇠시키기 위해 스텐레스 와이어 로프를 코일 상태로 감은 헬리컬 아이솔레이터를 사용해, 코스트가 높은 포장 형태가 되었다.

### 4-2. 목적

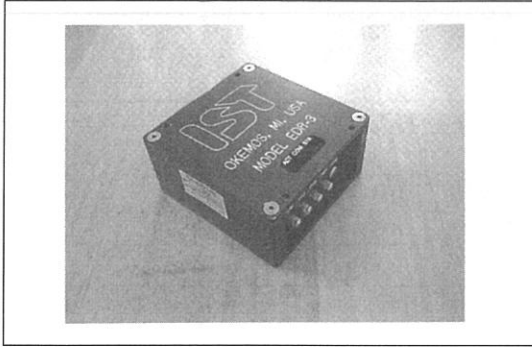
반도체 검사 장치가 헬리컬 아이솔레이터 없이 수송되는데 견딜 수 있는지를 제품의 공진 영향을 사용해 검토하고 포장재 코스트 저감을 목적으로 한다.

## 5. 시험 방법

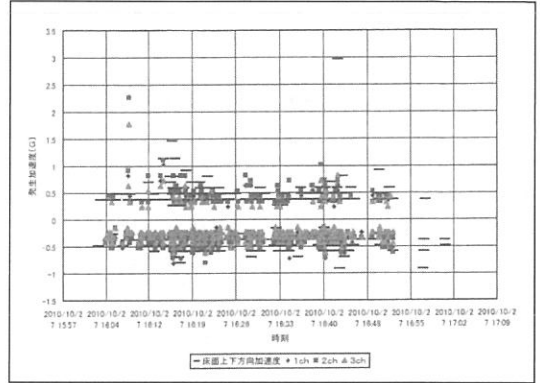
제품을 트럭에 적재해 주행하는 것으로 제품에 진동을 입력, 그 트럭 적재대의 입력 진동수를 측정해 응답하는 제품 내부의 가속도를 측정하여 제품의 고유 진동수를 파악했다.



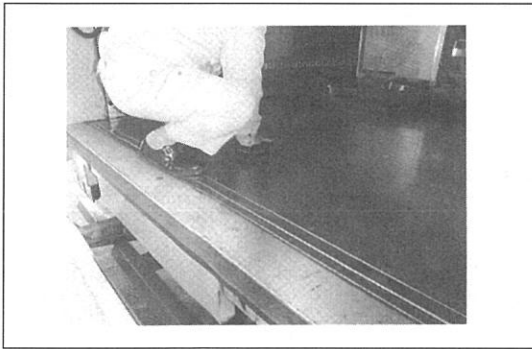
[사진 2] 수송환경기록계



[그림 1] 제품 A 수송시 시계열 가속도 데이터



[사진 3] 적재대 진동측정 장소



[표 1] 제품 A 수송시 가속도 데이터

구분	트럭 바닥면 가속도(G)			제품 A 본체 가속도(G)		
	상하방향	전후방향	좌우방향	1ch	2ch	3ch
최대치	2.95	0.48	0.91	2.27	2.25	1.77
최저치	0.16	0.05	0.05	0.15	0.14	0.14
평균치	0.44	0.13	0.24	0.38	0.41	0.31
응답배율	1	-	-	0.86	0.93	0.70

측정 루트로서는 일반도(포장도로)를 30분 정도 주행해 측정을 실시했다.

· 설정상황 : 샘플링 레이트 ; 2ms 데드타임 : 1초

· 트리거 가속도치 : 0.2G(임의설정 가능)

## 6. 측정용 기재

이하의 기재를 사용하여 시험을 실시했다.

- 트럭(10톤 에어서스펜션 차)
- 수송환경기록계(형식 : EDR-3)
- 측정범위 : 0~50G(512스텝)
- 사용조건 : -40℃~+70℃
- 치수, 질량 : W107mm×D112mm×H56mm, 1kg

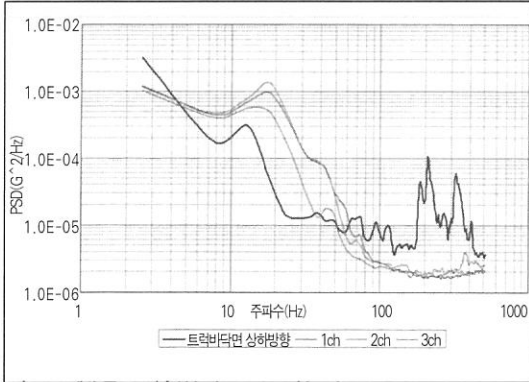
[사진 3]과 같이 트럭 최종부 중앙에 수송 환경 기록계(사진 2)를 설치하고, 제품에 입력하는 적재대 진동을 측정, 제품의 내부에도 함께 수송 환경 기록계(외부 가속도 센서 사용 : 1축 상하방향 측정)을 설치해 제품 내부의 응답 가속도를 측정한다.

## 7. 결과

시계열 가속도 데이터 및 PSD(Power Spectrum Density) 데이터를 이하에 나타낸다.



[그림 2] 제품 A 수송 시 PSD데이터



### 7-1. 참고정보

**RMS값** : 실효값(자승 평균값의 제곱근(root mean square))으로 PSD 전체의 평균 가속도(진동의 지표)

PSD 차트를 사용해 랜덤 진동 특성을 확인하는 것으로 랜덤 진동을 구성하는 여러 가지 고주파 중에서 탁월한 주파수를 특정해 고유 진동수와의 공진을 확인하는 것이 가능하다.

PSD 차트의 면적은 랜덤 진동의 자승 평균(RMS값의 자승) 즉 랜덤 진동의 파워에 비례한 값이 된다.

### 7-2. 제품 A

제품 A 수송 시의 바닥면 상하 방향 가속도, 제품 A 내부의 응답 가속도의 시계열 데이터를 [그림 1]에, 최대값, 평균값, 응답 배율을 [표 1]에 나타낸다.

[그림 1] 및 [표 1]로부터 상하 방향의 제품 A의 응답 가속도의 평균치, 응답 배율은 트럭 바닥면과 거의 다르지 않다고 하는 결과를 얻을 수 있었다.

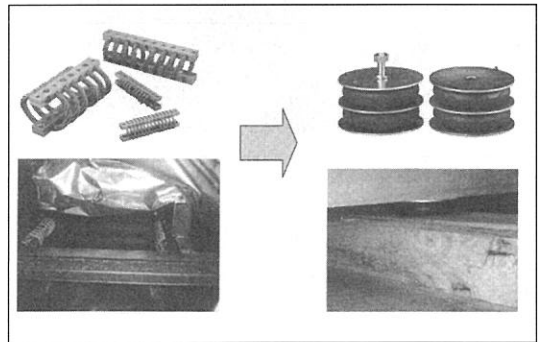
[표 2] 제품 A 수송 시 RMS값 데이터

트럭 바닥면 RMS값 (3Hz~509Hz)		제품 A 본체 RMS값 (3Hz~509Hz)		
	RMS값		RMS값	RMS값 / 트럭상하방향 RMS값
전후방향	0.06	1 ch	0.14	1.04
좌우방향	0.09	2ch	0.15	1.11
상하방향	0.14	3ch	0.11	0.84

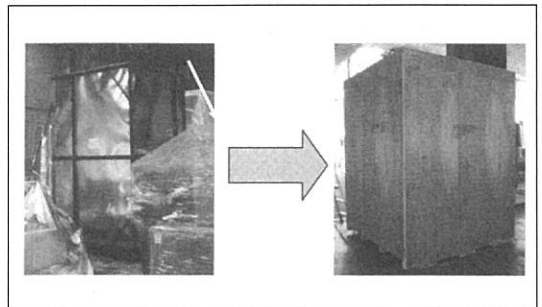
트럭 상하 방향 PSD 및 제품 A의 내부 응답 PSD 데이터를 [그림 2], RMS 값을 정리한 표를 [표 2]에 나타낸다.

[그림 2] 및 [표 2]로부터 트럭의 상하방향

[그림 3] 완충재의 변경



[그림 4] 외장의 변경



의 증폭점과 제품 A 본체의 증폭점은 거의 같은 주파수대에 있는데, RMS값, 가속도에 큰 차이는 없기 때문에 바닥면의 상하방향의 움직임에 맞추어 제품도 움직인다고 하는 것이 추측된다.

트럭 바닥면 상하방향과 제품 A의 응답 가속도, RMS값에 큰 차이가 없다고 하는 측정 결과로부터, 에어서스펜션 차를 사용하는 한 진동에 의한 제품에의 영향은 적다고 생각되어, 헬리컬 아이솔레이터가 없는 포장이어도 문제가 없다고 결론지었다.

다만, 13Hz 부근의 증폭점을 감쇠시키기 위해, 대응하는 방진고무로 대체했다. 또한, 코스트다운을 도모하기 위해 헬리컬 아이솔레이터의 사용상, 스틸 콘포였던 외장을 합판상자 콘포로 변경했다((그림 3), [그림 4] 참조).

## 8. 마치며

이번에 트럭을 사용한 진동 가진에 의해 80%의 시험 사용의 삭감, 또한 완충재 및 외장의 변경에 의해 제품 1대 당, 47%의 콘포 비용의 삭감, 완충 공간의 재검토에 의해 19%의 수송비의 삭감 효과가 발생했다.

2010년에 개선을 실시해 실수송에 의해 제품 클레임이 발생한 사례는 없었고 적정 포장에 한발 더 다가갔다고 느낀다. 또한 개선점으로써 방진고무를 제외한 포장 및 사외에서 부탁하고 있는 합판상자 콘포를, 골판지를 사용한 포장으로의 변경을 검토하고 있다. 마지막으로 이번의 포장 개선을 진행하는 데에 있어서 공진 진동수의 측정 및 귀중한 조언을 해 준 일통종합연구소(주)의 中嶋理志 씨에게 깊은 감사를 전한다. ☺

## 사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

**〔사〕한국포장협회**

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net