



# 포장평가시험 최근 대처 현황

## Recent Trend of Package Freight Test

川口和晃 / 신영테크놀로지(주) 개발기술부

### 1. 서론

수송 중에 발생하는 스트레스부터 내용품을 보호하기 위한 수송포장기술의 향상에는 다양한 평가시험장치 및 계측기구의 개발과 진보가 그 한 부분을 담당하고 있다고 말할 수 있을 것이다. 포장설계가 당초의 목적대로 내용품을 보호하고 있는지 어떤지를 평가하기 위해서는 낙하시험, 진동시험, 압축시험 등 포장화물 평가시험이 필요 불가결하며, 수송환경기록계에 의해서 지금까지 블랙박스에 있었던 수송 중에 발생하는 진동 및 충격을 파악하는 것이 가능하도록 되어, 포장기술의 향상에 공헌해왔다.

여기서는 시험기메이커로써 대처해온 수송환경기록계의 개발과 포장화물낙하시험법의 정도 향상에 관련된 연구에 관해서 서술한다.

### 1. 대용량 수송 환경기록계 개발

수송포장의 적정화를 생각한 때, 실수송환경에 따른 포장시험의 규격을 작성하는 것이 바람직하

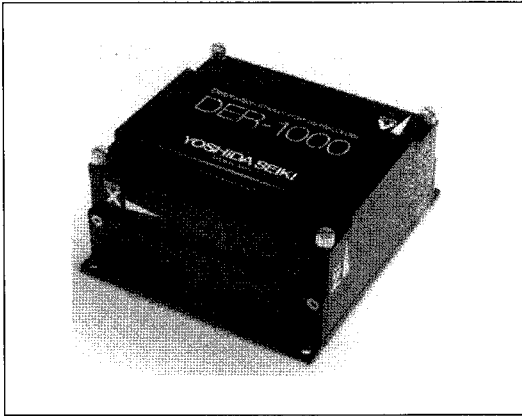
다. 이것은 수송과정의 화물 취급 중에 발생하는 낙하 높이 및 방향을 해석하여, 새로운 낙하시험 규격의 설정 및 실제 트럭 화물 받침대에서 발생하는 진동가속도를 PSD해석하고, 일정한 중량을 더하는 것을 행하는 것으로 랜덤 진동시험의 기준을 제정하는 것이다.

이것들은 실수송환경에 따른 평가시험이 실시 가능한 것을 의미하고 있으며, 과잉시험 및 결함 시험을 미연에 방지하는 것으로 상정한 포장이 포착되어 비용 절감 및 시장 프레임의 저하가 기대 가능하다.

여기서 수송환경기록계(사진 1)라는 것은, 삼축가속도 픽업과 온습도센서를 내장하여, 수송 중에 화물이 받고있는 충격 및 진동, 온습도환경을 계측하는 기록계이다. 또 본기록계는 PC와 USB 통신하는 것으로 전용 소프트웨어화면 상에서 기록계의 계측조건을 임의로 설정가능하며, 수송조사의 목적에 따른 계측이 가능하게 된다.

지금까지 수송환경기록계는 주로 수송 중의 하역 시 등에 발생하는 비교적 높은 충격가속도를

[사진 1] 수송환경기록계



계측하기 위해서 사용되어져 왔다.

이것은 기록계의 메모리 용량이 적었던(수 MB~100MB 정도) 것이 대량의 데이터를 필요하게 하는 진동계측에 어울리지 않았던 것이 원인으로 되고 있다.

여기서 이번에 개발한 수송환경기록계 DER-1000은 기가단위의 대 메모리 용량으로 되어있

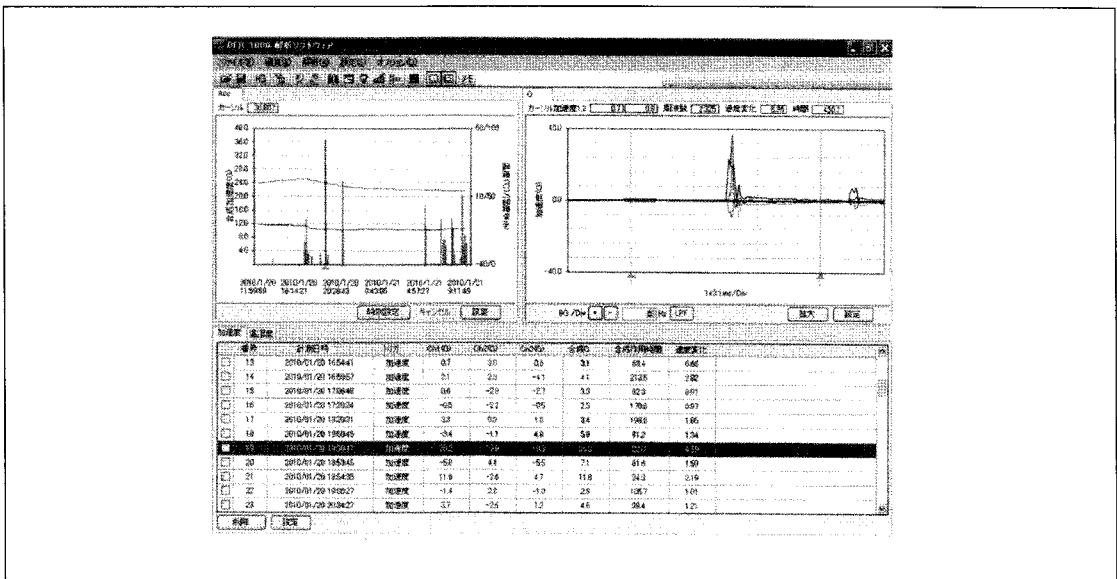
는 것으로 메모리 기입시간을 없애는 것에 의해 고속도 데이터를 연속적으로 기록가능하기 때문에, 충격 사상만이 아니라, 진동계측에도 충분한 용가능하다.

1GB의 메모리 용량, 샘플링 주기 1ms, 인터벌 0s(베타취득계측)의 설정에서는 약 2일(46시간)에 걸쳐서 수송의 전 진동데이터를 기록하는 것이 가능하게 되고 있다.

한편으로 수송환경기록계의 경우 중요한 요소로써 장기계측을 들 수 있다. 이것은 국내에서 해외수출의 때에 수송조사를 행하기 위해서는 2개월 정도의 연속측정이 필요하게 되어 있는 것을 근거로 삼아, DER-1000에서는 최장100일(설정 조건, 온도환경에서 다름)의 연속측정이 가능한 설계로 되어있다.

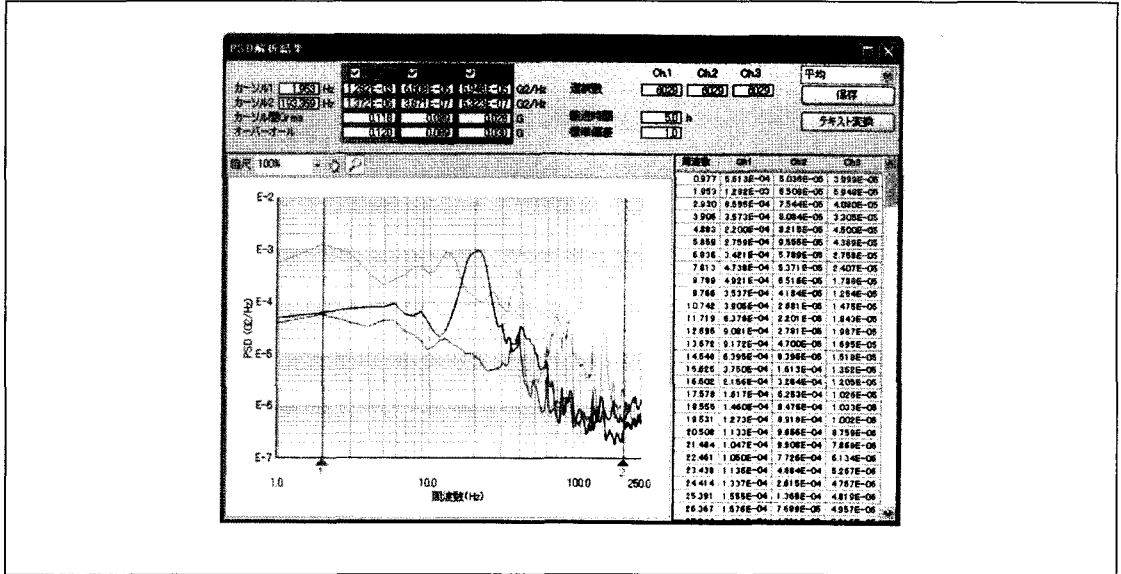
DER-1000에 보존된 계측 데이터는 PC에 인스톨된 전용 소프트웨어(그림 1)상에서 가속도·온습도데이터 열람과 각종해석을 행한다. 해

[그림 1] 전용소프트웨어 화면 예





[그림 2] PSD 해석 화면 예



석 내용은 히스토그램처리, 낙하높이해석, PSD 해석(그림 2), 수송진단(가속도 데이터부터 수송 과정의 위험도판단) 등이 있다. 더욱이 GPS에 있어서 위치정보를 계측하고, 가속도데이터와 매칭시키는 것에 의해, 지도상에서 이상개소를 특정 가능한 옵션기능도 있다.

이상의 신형수송환경기록계에 의해 지금까지 이상 상세히 수송과정이 조사되어, 더욱 더 수송 포장기술의 향상에 기여하는 것이 기대된다.

## 2. 포장화물낙하시험기법 정도향상

### 2-1. 포장화물낙하시험방법 과제

이하는 고베대학대학원 해사과학연구과에서 행한 연구내용이다.

현재, 포장화물낙하시험은 수많은 기업에서 포장설계의 내낙하충격특성을 확인하기 위해 이용

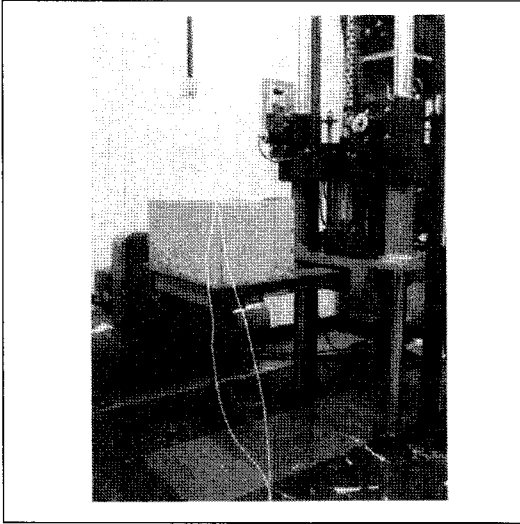
하고 있으며, 수송포장에 있어서 없어서는 안 될 시험의 하나라고 말할 수 있다.

여기서 포장화물의 경우 낙하시험방법을 규정하고 있는 JIS규격에 의하면 낙하시험방법으로써 자유낙하시험장치(사진 2)를 사용한 낙하시험(방법 A)과 충격시험장치(사진 3)를 사용한 낙하시험(방법 B)의 중에 어느 것인가를 행하도록 되어 있다.

이러한 것은 양시험방법의 경우 시험결과가 등가인 것이 전제하고 있는 것으로, 그것이 실험적으로 평가된 보고서는 발견되지 않았다.

여기서 필자들이 양시험장치를 사용한 낙하시험을 실시하여, 더미포장품 내부에 발생하는 가속도를 계측하는 방법으로 실험적 검토를 행한 결과, 포장내부에 발생하는 피크가속도의 크기는 방법 B가 방법 A보다도 10% 이상이나 커지는 것이 확인되었다.

[사진 2] 자유낙하시험장치(방법 A)



이 원인으로써 여기에서는 종래의 등가낙하이론의 단순모델화와 자유낙하시험 시의 포장품과 상면과의 충돌각도가 영향을 주고 있는 것으로 생각되어, 아래에 이것들에 대한 검토내용에 관해서 서술한다.

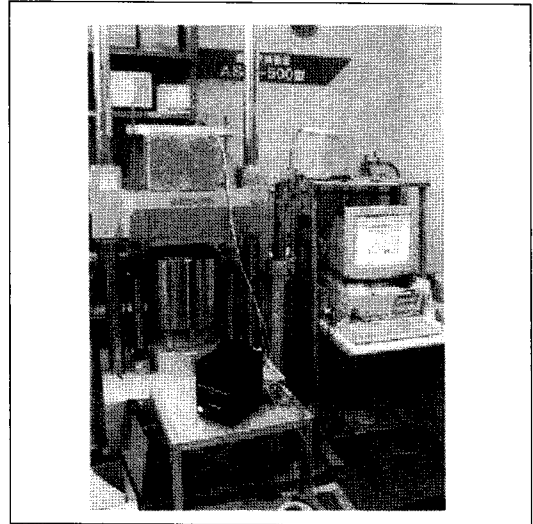
## 2-2. 감쇠모델에 의한 등가낙하이론 검토

등가낙하이론은 방법 A와 방법 B에 있어서 포장품에 발생하는 피크가속도를 동치로 하기 위한 역학이론이며, 이 이론 중에서 포장품은 1자유도의 선형스프링모델로 판정되고 있다.

이 단순한 모델화가 양시험의 경우 발생가속도에 악영향을 주고 있다고 생각되기 때문에 여기에서는 포장품을 스프링과 대쉬포트에 의해 감쇠모델로 판정하여, 새로운 등가 낙하이론을 구축했다.

감쇠모델에 의해 등가낙하이론을 사용한 방법 B에 의한 낙하시험을 행한 결과의 예를 [그림 3]

[사진 3] 충격시험장치(방법 B)



에 표시한다.

이것은 종축에 방법 B로 더미포장품 내부에 발생한 가속도, 횡축에 자유낙하시험 장치로 발생한 가속도를 표시하고 있으며, 낙하 높이마다 종래이론(Conventional)과 감쇠이론(Modified)에 의한 피크 가속도의 결과를 비교하고 있다.

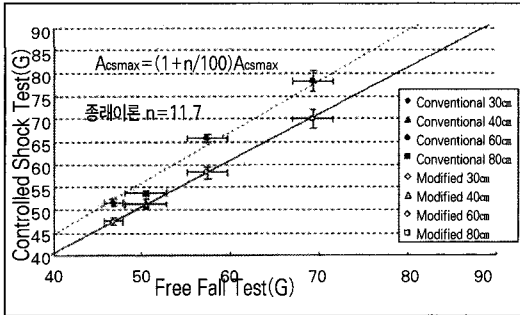
그럼 중의 파선은 종래이론의 경우 각 낙하 높이의 평균치에 의한 근사치선이며, 실선은 감쇠이론의 경우 가속도 평균의 근사치선이다. 여기에서는 이것들 근사치선의 기울기를 등가계수  $n$ 으로 하여, 이 수치에 의해 양시험의 경우 시험결과의 차이를 평가하고 있다.

등가계수  $n$ 이 0으로 있으면 양시험결과가 완전히 일치하여, 정의 방향이 커지면 방법 B의 시험결과가 방법 A의 결과에 의해서도  $n\%$ 만이 커진다는 것을 표시하고 있다.

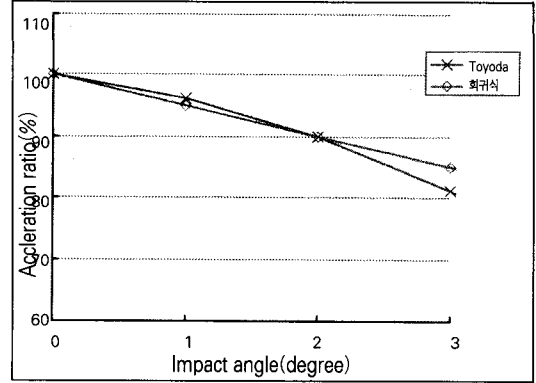
여기서 종래이론에서는 양시험의 차가 약 12%나 있었던 것에 반해, 감쇠를 사용한 이론에



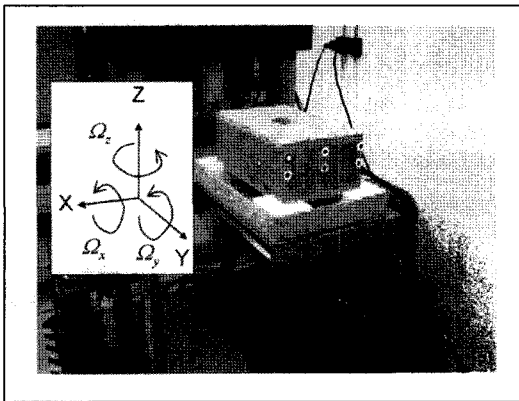
[그림 3] 감쇠모델 사용한 등가 낙하이론 실험결과



[그림 4] 충돌각도와 가속도의 관계



[사진 4] 더미 포장품



서는 그 차가 약 2%까지 개선된 것을 확인 가능했다.

이상에 의해, 종래의 등가낙하이론에는 과제가 있는 것으로, 이번에 제안한 감쇠이론에 의한 낙하이험의 유효성이 시사되었다.

### 2-3. 고속도카메라에 의한 포장화물낙하이험 평가

자유낙하이험에서는 포장품이 자유낙하한 때 충돌 면과의 각도가 포장내부에 발생하는 가속도에 영향을 주고 있는 것이 현념되고 있다.

여기에서는 자유낙하이험 시에 포장품의 낙하각도를 고속도카메라로 평가한 내용에 관해서 서

술한다.

우선 2대의 고속도카메라 촬영에 의해, [사진 4]의 더미나무상자에 붙여져 있는 흑점 실 지점의 3차원좌표를 해석하여, 그 안의 3점의 자료를 사용한 자유낙하이험의 경우 더미포장품의 자세를 산출했다.

더욱이 나무상자 내부의 3축가속도를 계측하는 것으로 낙하 시의 각도와 내부가속도의 관계를 명확히 하는 동시에, 포장품의 상태를 다양하게 변경하여, 각각의 상태가 낙하자세에 부르는 영향을 확인했다.

시험의 결과, 이번의 시험의 경우 포장품의 충돌각도와 발생가속도의 관계는 다음의 회귀식으로 얻어진 것을 알았다.

$$G_{max} = 45.244 - 1.124 \cdot \Omega_{xi} - 1.126 \cdot \Omega_{yi} \dots (1)$$

여기서  $G_{max}$ 는 내부에 발생한 합성가속도 최대치,  $\Omega_{xi}, \Omega_{yi}$ 는 [사진 4]의 경우 X축과 Y축 주변의 회전각도를 표시하고 있다.

[그림 4]는 중축에 포장내부에 발생하는 가속

도의 비율, 횡축에 포장품의 충돌각도를 표시하고, 식(1)에서 얻어진 결과와 이전에 豊田들이 행한 자유낙하시험의 포장품의 각도에 관련된 실험결과를 병기하고 있다.

이것에 의해 양시험조건은 다른 것에 불과하며 포장품과 상면의 충돌각도가 크게 될 수록 내용품에 발생하는 가속도는 감소하는 경향이 있는 것이 확인가능하며, JIS에서 규정된 한계각도 2°로 낙하할 때, 내용품에 발생하는 가속도는 본래의 90%밖에 발생하지 않는 가능성이 있는 것을 시사했다.

또 낙하시험의 낙하 높이 및 포장품의 상태(질량, 충돌면적, 편중심)에 의해서 포장품이 낙하할 때의 각도는 다양하게 변화하는 것도 확인 가능하다.

이것들은 2-2의 경우 시험결과의 차의 원인인 것을 의미하며, 자유낙하시험장치는 충격시험장

치에 비교하여 낙하자세를 제어하는 것이 곤란한 점이 과제라고 말할 수 있다.

여기서 이 자유낙하시험의 경우 충돌각도의 영향을 경감시키는 목적으로 포장품 내부의 3축가속도를 계측하고, 탁월한 방향에 대한 지축가속도의 비율에 의해 낙하시험이 규격 내로 행해지고 있는지 어떤지를 추정하는 방법을 제안하고 있다.

### 3. 정리하며

이번의 포장설계에 관계한 수송환경기록계의 개발과 포장화물낙하시험법의 과제에 대한 대처 내용에 관해서 서술했다.

본사는 시험기메이커로써 이후도 새로운 시험 방법 및 시험설비를 개발하는 것으로 일본의 포장기술에 공헌해 나갈 생각이다. ☐

## 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