

골판지 상자의 마찰손상 재현시험 방법

千田 詠介 / 아이텍스 주식회사 기술개발부
齊藤 勝彦 / 코오베대학 수송포장연구실
박인식 / (의역) 연세대학교 패키징학과

1. 서론

최근 운송 및 유통과정에서 발생하는 제품의 손상을 방지하기 위하여 여러 가지 시도가 이루어지고 있다.

‘포장화물-진동시험’에 대한 시험방법이 있는데, 현재까지의 규격시험으로는 진동에 의한 제품의 손상을 재현하기 어려워 이에 대한 대책을 마련하기 쉽지 않다.

아이텍스(이하 IDEX)에서는 유통 중의 진동으로 발생하는 제품에 대한 손상을 완벽하게 재현하여 대책을 마련할 수 있도록 독자적으로 ‘3축 동시진동’ 가진방식의 진동장비를 개발하여 운영하고 있다. 진동으로 인해 발생할 수 있는 다양한 형태의 제품 손상에 대한 재현 실험을 실시하고 있다.

일반적으로 ‘진동’ 만으로는 유통과정에서 발생하는 모든 손상을 재현하기란 어렵다. 본 연구에서는 진동으로 인해 발생하는 제품손상을 가능한 같은 형태로 재현하기 위하여 ‘3축 동시진동’의 가진 방식에 더하여 ‘스트레스’ 항목을 추가하였으며, 손상을 재현하기 특히 어려운 골판지상자의 ‘마찰손상’에 대한 재현성 여부를 평가하고자 한다.

실험개요

시험시료는 현재 사용되고 있는 규격박스(규격 215×215×200 mm) 4상자를 2단으로 적재하였다. 박스의 총 중량은 박스내부에는 500ml PET병을 16개를 포장하여 약 8Kg 중량을 가지도록 하였다. 마찰진동을 시험하기 위하여 로고가 새겨진 면을 서로 향하게 하여 PP밴드를 이용하여 단단히 묶었다(그림 1).

시험시료는 동경-오사카 왕복 약 1000Km의 실수송에 해당하도록 수송포장시험기 ‘BF-

Serial Report

[그림 1] 평가대상면



[그림 2] 박스결속



[그림 3] BF-50UT(진동)



50UT'의 조건을 설정(그림 2)하였고, IDEX에서 제시하는 실험조건으로 평가를 실시하여 시험시료에 부가되는 '마찰손상'의 발생상황을 비교 평가했다(그림 3).

IDEX 'BF-50UT' 장비의 시험조건은 아래와 같다.

〈수송포장 모드〉

진동과형 : 정현파 진동방향 : 3축 동시진동
 하한주파수 : 10Hz 상한주파수 : 40Hz 가속도 : 3.5G (at 40Hz)
 sweep time : 1분 sweep 횟수 : 20회

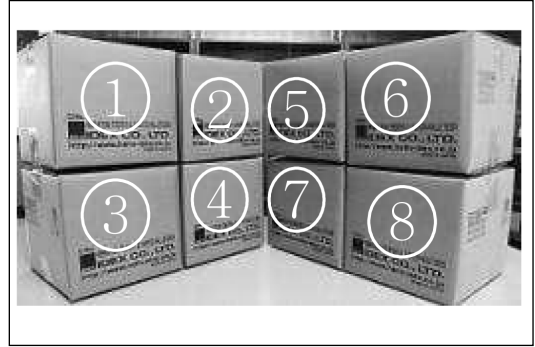
[그림 4] 실수송에 의한 마찰손상의 점수화



[그림 5] 실제 수송유통환경에서의 마찰손상



[그림 6] 평가골판지상자



평가방법

평가방법으로는 IDEX 로고가 새겨진 면을 대상면으로 해서 각 시험에서 발생한 ‘마찰손상’을 3 단계로 채점하여 평가하였다.

시험결과

실제 수송유통환경에서는 모든 골판지 상자에 마찰손상이 발생했는데 [그림 5], 수송포장시험기 ‘BF-50UT’에서는 마찰손상이 발생하지 않았다. [그림6, 표1] 그 요인의 하나로서 ‘트럭 실제 수송에 있어서의 골판지상자의 흔들림 동작’과 관련 있다고 추측했다. 흔들림으로 인한 마찰손상은 5Hz미만의 수평방향 진동성분이 크게 영향을 미치고 있음이 보고되었다.

수송포장시험기 ‘BF-50UT’의 설정가능 주파수 범위는 10~67Hz이고, 진동방향은 3축 동시진동(상하, 좌우, 전후방향)을 부여 할 수 있다. 전술한대로, 5Hz미만의 수평진동으로 인한 흔들림 현상에 의한 마찰손상을 재현하기 위하여 새로운 기구가 필요한 것이다.

[표 1] 손상도 비교

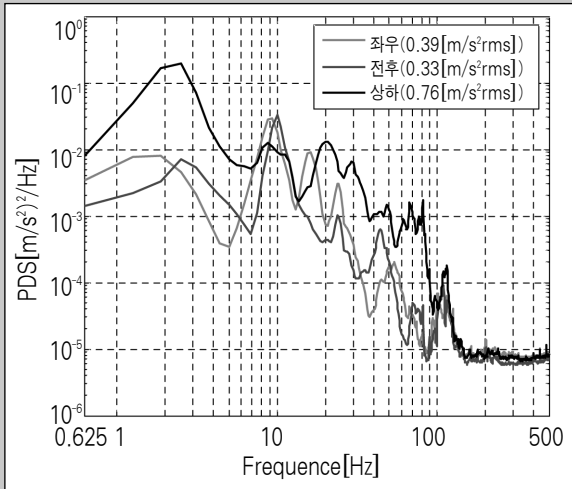
No.	실수송	BF-50UT
①	1	0
②	1	0
③	2	0
④	2	0
⑤	2	0
⑥	1	0
⑦	2	0
⑧	2	0
합계	13점	0점

스프링의 감쇠동작

IDEX에서 실제 수송에서 측정한 PSD과

Serial Report

[그림 7] 실수송PSD



형 데이터를 그림7에 나타내었다. 진동은 3축동시진동(상하, 좌우, 전후방향)이고, 5Hz이하에서 큰 힘이 발생했던 것을 알 수 있다.

이것은 주행 시의 서스펜션으로 인해 발생하는 진동으로 추측할 수 있다. 트럭이 높낮이 차이가 있는 도로를 통과했을 때, 튀어 오른 짐의 진동이 서스펜션에 의해 서서히 감쇠한다.

이 움직임이 흔들림 현상으로 발생하는 마찰손상을 재현하는데 중요한 사실임을 확인하였고 이 원리를 'BF-50UT'에 스프링 장치를 구현하였다.

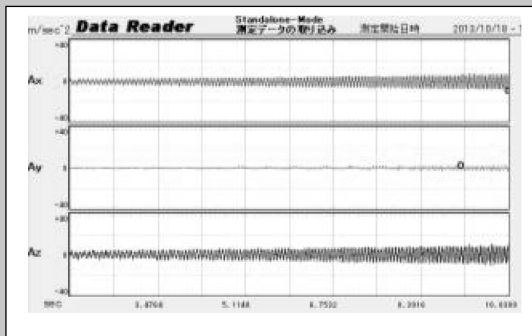
수송포장시험기 'BF-50UT'는 스프링을 응용한 시험기이다. 이 스프링의 움직임을 트럭의 서스펜션으로 보고 다음과 같이 시험을 실시했다.

새로운 시도

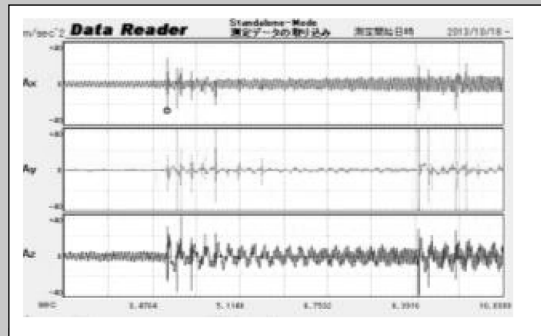
종래의 IDEX 추정조건에 덧붙여 가진 테이블판의 전후 어느 쪽이든 한 쪽을 손으로 들어 높이 30mm에서 낙하시키는 원리를 스프링의 감쇠동작으로 발생시켰다.

낙하 높이는 차도에서 보도와의 높이가 국토교통부 '보도의 일반적 구조에 관한 기준'에서

[그림 8] 진동만의 가속도시계열파형



[그림 9] 진동+낙하진동의 가속도시계열파형



[표 2] 손상도 비교

No.	실수송	BF-50UT	BF-50UT+ 낙하
①	1	0	1
②	1	0	1
③	2	0	2
④	2	0	2
⑤	2	0	1
⑥	1	0	1
⑦	2	0	2
⑧	2	0	2
합계	13점	0점	12점

20mm~50mm로 정해져 있기 때문에 30mm로 했다. 낙하횟수에 대해서는 트럭의 앞바퀴, 뒷바퀴가 주행 시에 높이가 다른 도로를 달리거나 바퀴가 빠질 것을 가정해서 앞 측 100회, 뒤 측 100회의 낙하를 5초 간격으로 진동 할 수 있도록 시험을 실시했다.

[그림 8]은 IDEX 추정조건인 가속도시계열파형. [그림 9]는 IDEX 추정조건에 5초 간격으로 가진테이블판을 30mm에서 낙하시킨 경우의 가속도시계열파형이다(계측기: 3축 와이

어 없는 진동기록계 주기측정모드 샘플링주기1ms로 계측).

결과와 고찰

각 시험에 대한 결과를 [표 3]에 나타내었다.

마찰손상의 발생뿐만 아니라, 손상도도 실제 수송에서 발생하는 손상과 가까운 것을 확인할 수 있었다.

엄밀하게 말하면 트럭의 서스펜션에 의한 주파수는 약 1~3Hz이고, IDEX제 BF-50UT의 테이블판 낙하에 의한 주파수는 약 4~5Hz로 다르다. 또한, 탑재된 제품의 크기, 중량에 의해서도 주파수가 변화함을 추측할 수 있다. 그러나, 이번 마찰손상재현에 대한 실제적인 검증이 가능했던 방법을 통하여 기존에 적용하고 있지 않던 진동과 낙하진동에 의한 시험방법이 재현성 향상의 가능성을 있음을 알았다.

한정된 기능으로 최대한의 효과를 내기 위해서는 여러 가지 연구가 필요하지만, 유통과정에서 발생하는 손상을 사전에 방지하는 '책임'을 지기위해서라도 앞으로도 새로운 시도가 필요한 것으로 판단된다.

향후 내용

유통환경조건에 따른 농산물이나 과실에 대한 마찰진동 손상 사례를 설명하고자 한다. [ko]