



골판지상자의 마찰 상처 재현 시험의 새로운 방법

New Evaluation Method for Abrasion Damage of Corrugated Board

千田 詠介 / 아이덱스(주)

1. 서론

최근 유통과정에서 발생하는 제품의 손상을 방지하기 위해 다양한 방법이 시행되고 있다. 그 가운데 「포장화물-진동시험」이 있지만, 기존의 규격시험에서는 손상을 재현하고 대책을 마련하는 것이 어렵다.

일본의 아이덱스(이하 IDEX)에서는 독자의 가진(加振)방식에 의해 「3축 동시 진동」과 「좌우 커브의 유사 재현」을 발생하는 것이 가능하기 때문에 지금까지 다양한 손상을 재현해 왔다. 하지만 「진동」만으로는 유통과정에서 발생하는 모든 손상을 재현할 수 없다.

그래서 연구를 통해 「진동」에 새로운 「스트레스」를 복합하는 것으로, 특히 손상 재현이 어려운 골판지상자의 「마찰 상처」를 재현할 수 없는지를 검증하였다.

판지상자, 4상자×2단(질량 약 1kg/상자)로 해 IDEX 로고가 인쇄되고 있는 면 방향으로 PP밴드를 묶는 것과 같은 장력으로 고박했다(〔사진 1〕). 이 시험체를 도쿄-오사카 간 왕복의 약 1,000km 실제 수송과 수송포장시험기 「BF-50UT」(〔사진 2〕)에 의한 IDEX 권장 조건으로 시험을 실시하고, 「마찰 상처」의 발생 상황을 비교 평가했다.

IDEX 권장 조건은 다음과 같다.

〔수송포장 모드〕

진동 과형 : 정현파

진동 방향 : 3축 동시 진동

하한 주파수 : 10Hz

상한 주파수 : 40Hz

가속도 : 3.5G(40Hz 시)

소인 시간 : 1분

소인 회수 : 20회

1. 실험 개요

시험체는 IDEX 골판지 215×215×200mm 골

2. 평가방법

평가방법은 IDEX 로고가 인쇄되고 있는 면을

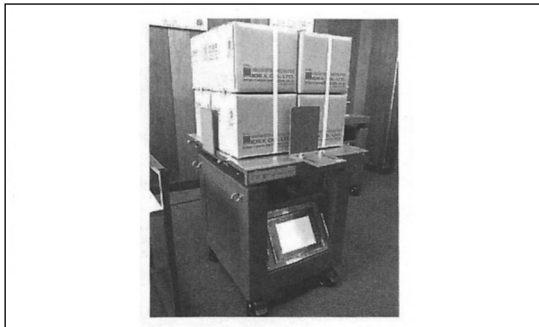
[사진 1] 고박방법



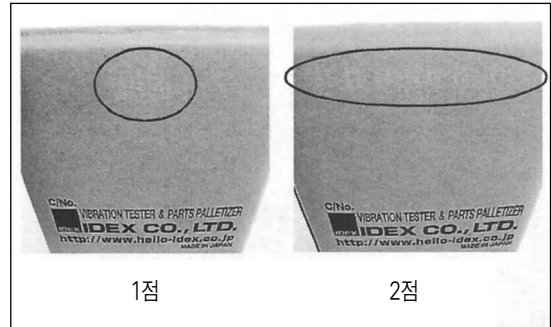
[사진 3] 평가 골판지상자



[사진 2] BF-50UT



[사진 4] 실제 수송에 의한 마찰 상처의 점수화



평가 대상 면으로 하고((사진 1)), 각 시험에서 발생한 「마찰 상처」를 0점=상처 없음, 1점=부분적 마찰 상처, 2점=띠 모양의 마찰 상처로 3 단계로 채점해 평가하였다((사진 4)).

전후좌우 흔들림(rocking) 유래의 마찰 상처에는 5Hz 미만 수평방향의 진동성분이 크게 영향을

3. 결과

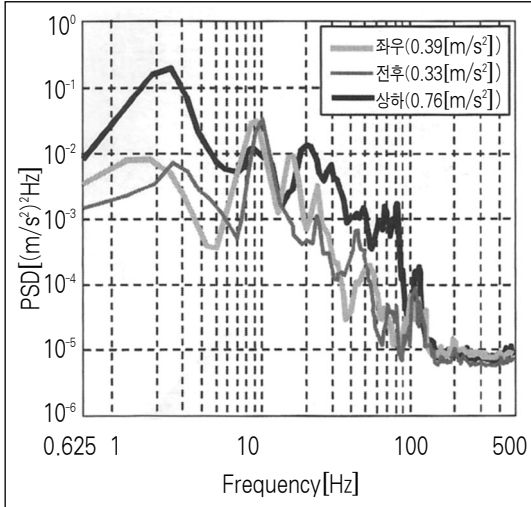
실제 수송에서는 모든 골판지상자에 마찰 상처가 발생하였지만, 수송포장시험기 「BF-50UT」에서는 마찰 상처가 발생하지 않았다((표 1)). 그 요인의 하나로써 「트럭 실제 수송에 있어서 골판지상자의 로킹(rocking) 거동」이 관계하고 있다고 추측했다.

[표 1] 손상도 비교

| NO. | 실제 수송 | 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 |



[그림 1] 실제 수송 PSD 파형 데이터



미치는 것으로 보고되고 있다.

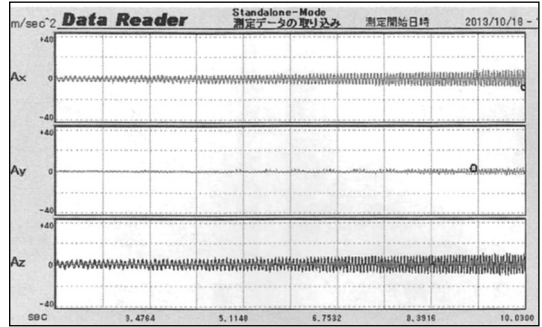
수송포장시험기 「BF-50UT」의 설정 가능 주파수 영역은 10~67Hz이며, 진동방향은 3축 동시 진동(상하·좌우·전후 방향)이다. 앞에서 서술한 것과 같이 5Hz 미만의 수평 진동이 로킹 현상에 의한 마찰 상처 재현에 필요불가결이면 새로운 기구가 필요하게 된다.

4. 스프링의 감쇠거동

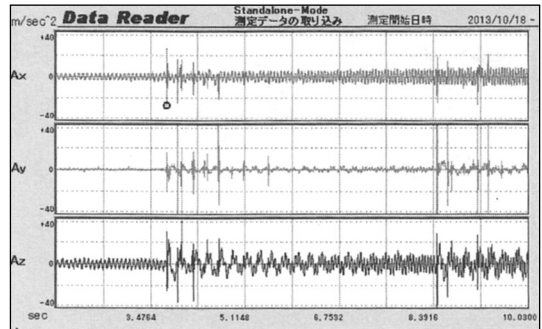
실제 수송 시에 계측한 PSD 파형 데이터를 [그림 1]에 나타냈다. 진동은 3축 동시 진동(상하·좌우·전후 방향)으로, 5Hz 이하로 큰 힘이 발생한 것을 알 수 있다. 이것은 주행 시의 서스펜션에서 발생하고 있는 진동이라고 추측할 수 있다.

트럭이 턱 또는 움푹 패인 곳을 통과했을 때, 화물칸의 진동이 서스펜션에 의해 서서히 감쇠한

[그림 2] 진동만의 가속도 시계열 파형



[그림 3] 진동+낙하진동의 가속도 시계열 파형



다. 이 움직임이 로킹 현상으로 발생하는 마찰 상처를 재현하는 데에 중요한 요소라는 것을 추측했다.

수송포장시험기 「BF-50UT」는 스프링을 응용한 시험기이다. 이 스프링의 움직임을 트럭의 서스펜션으로 간주해 다음 시험을 실시했다.

5. 새로운 방법

기존의 IDEX 권장 조건에 한 가지를 추가했다. 가진 테이블판의 전후 어딘가 한쪽을 손으로 들어올리고, 높이 30mm에서부터 낙하시켜 스프링의 감쇠 거동을 발생시켰다. 낙하 높이는 국토

[표 2] 손상도 비교

| NO. | 실제 수송 | 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 |

교통성의 「도로의 일반적 구조에 관한 기준」에서 차도와 보도 사이의 높이를 20~50mm로 하기 때문에 30mm로 했다. 낙하 회수는 트럭 주행 시에 턱에 올라가거나 움푹 패인 곳으로 떨어지는 것을 상정해 전측 100회, 후측 100회의 낙하를 5초 동안 교차로 했다.

[그림 2]는 IDEX 권장 조건의 가속도 시계열 파형이고, [그림 3]은 IDEX 권장 조건에 5초 간격으로 가속 테이블판을 30mm에서부터 낙하시킨 경우의 가속도 시계열 파형이다. [그림 3]에 의해 시험기가 발생하고 있는 주파수에 스프링의 감쇠거동에 의한 주파수가 더해지고, 두 가지 주파수가 복합되고 있다는 것을 알 수 있다(계측기 : 3축 와이어리스 진동 기록계, 정주기 측정 모드, 스프링 주기 1ms로 계측).

6. 결과와 고찰

각 시험 결과를 [표 2]에 나타냈다.

마찰 상처의 발생뿐만 아니라 손상도나 발생한 상자의 위치도 실제 수송에 가까운 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구의 목적인 「골판지상

자의 마찰 손상 재현」에 성공했다고 할 수 있다.

엄격하게 말하면, 트럭의 서스펜션에 의한 주파수는 약 1~3Hz이며, 수송포장시험기 「BF-50UT」의 테이블판 낙하에 의한 주파수는 약 4~5Hz로 다르다. 하지만 스프링의 특성에 의해 탑재된 제품의 크기, 중량에 따라서도 주파수가 변화하기 때문에 가진 테이블판에 50kg 탑재하면 트럭의 서스펜션에 가까운 주파수가 되는 것을 확인할 수 있다.

가진 테이블판의 낙하에 의한 스프링의 감쇠거동이 트럭의 서스펜션과 같은 효과를 가지고 있다는 것을 이번 연구로 실증할 수 있었다.

「3축 동시 진동」+「좌우 커브의 유사 재현」+「서스펜션의 유사 재현(가진 테이블판의 낙하에 의한 스프링의 감쇠거동)」이 조합되었는데, 이는 지금까지 없었던 새로운 시험방법이라 할 수 있다.

7. 앞으로의 과제

현재 제품화를 위해 시작기(試作機)를 개발하고 있다. 이미 시작기로 골판지상자의 마찰 상처 손상도 12점을 확인할 수 있었다. 또한 낙하 높이나 회수·경사속도를 조절해 턱이나 고르지 못한 도로의 주행뿐만 아니라 급발진·급브레이크 시 등 다양한 상황을 상정한 시험을 할 수 있는 가능성이 높아졌다.

한정된 기능으로 최대한의 효과를 만들기 위해서는 다양한 연구가 필요하지만, 유통 과정에서 발생한 상처를 사전에 방지하는 「책임」을 위해서 앞으로도 새로운 시험을 계속해서 해나갈 것이다. ☐