

Optimization of Loading Conditions Based on the Degree of Abrasion Damage on Corrugated Fiberboard Boxes

골판지 상자 손상도에 따른 적재 조건의 적정화

히가시야마 테츠 / 렌고(주) 포장기술 제1부 담당부장(포장전문사)

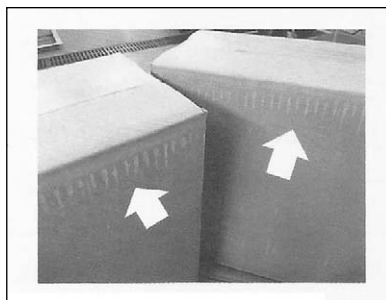
I. 서론

최근 골판지 상자에는 내용품의 정보뿐만 아니라 브랜드나 기업의 이미지를 인쇄에 의해 전달하는 역할도 요구된다. 이러한 배경에서 골판지 상자의 굽힘은 그 어느 때보다 결점으로 인식되며 극단적인 경우 내용품의 상품 가치에까지 영향을 미친다. 특히 골판지 상자에 담긴 채 판매되는 상품의 경우 내용의 품질이나 기능에 문제가 없더라도 박스의 흠집이 소비자의 구매 의욕을 해치는 것으로 알려져 있다. 그 때문에, 골판지 상자의 굽힘 상처 대책은 중요한 과제가 되고 있다.

II. 수송진동에 의한 굽힘의 특징

쌓아놓은 골판지 상자를 짐칸에 나란히 수송하면 이웃한 상자끼리 진동에 의해 굽혀 표면에 흠집이 생길 수 있다. 0201 형단불 상자의 경우 플랩 야선 근처에 세로줄 모양의 굽힘 상처가 집중돼 생기는 것이 특징이다[사진 1]. 더 상처가 진행되면 라이너의 표층이 벗겨지거나 골판지에 구멍이 나기도 한다.

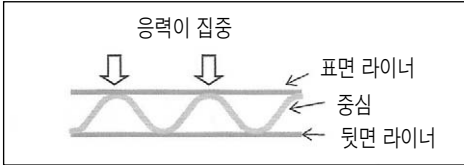
[사진 1] 세로줄 모양의 굽힘 상처



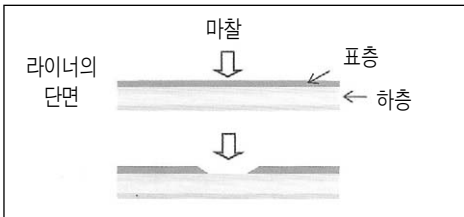
III. 마찰 상처 발생 메커니즘

라이너는 파형으로 성형된 중심에 의해 지탱되고 있으며, 정수리(파형의 정상) 부근에 응력이 집중되어 그 표면이 깎이기 때문에 근상의 상처가 되기 쉽다[그림 1]. 또한 라이너는 한 장의 판지이면서 복수의 층을 형성하고 있는 경우가 많

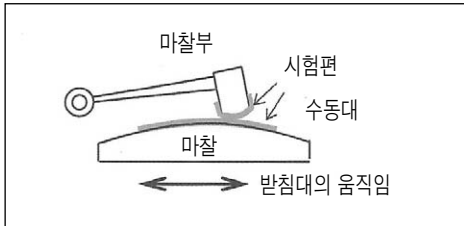
[그림 1] 굽힘 상처가 발생하기 쉬운 곳



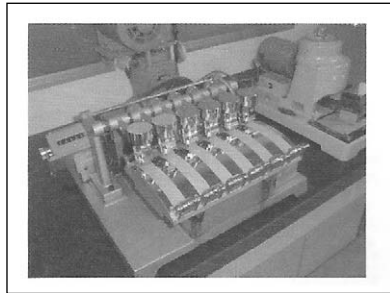
[그림 2] 각 층에서 다른 휘도



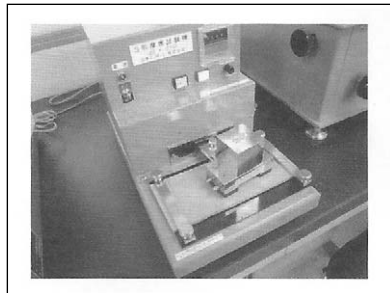
[그림 3] 학진형 마찰 시험 방법의 개념



[사진 2] 학진형 마찰 시험기



[사진 3] S형 마찰 시험기



으며, 표층과 그 아래의 층에서는 원료가 다르다. 일반적으로 펄프 또는 펄프에 준하는 품질의 폐지가 표층에 사용되고, 하층에는 폐지가 사용된다. 따라서 층에 따라 휘도가 다르고 표층이 깎이면 휘도가 높은 하층이 나타나 눈에 띄게 된다[그림 2].

IV. 일반적인 마찰 시험

라이너에 대해서는 학진형 마찰시험기로 불리는 JIS P 8136 기재의 장치를 사용하고, 또한 골판지에 대해서는 S형 마찰 시험기로 불리는 JIS K 5701 기재의 장치를 사용하여 내마모성을 평가한다. 종래의 방법인 이러한 시험 방법을 이하에 소개한다.

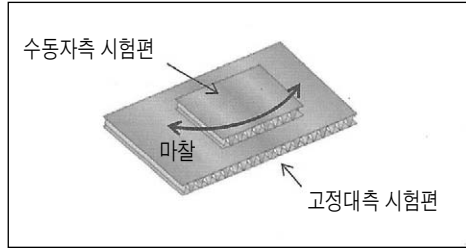
1. 라이너 마찰 시험 방법

장치는 원호상의 면을 갖는 수동대의 고정부와 마찰부로 이루어지며, 각부에 라이너 등의 시험편을 부착하여 마찰시킨다[사진 2, 그림 3]. 시험편의 상처 등의 상황에서 종점을 판단하고, 마찰한 왕복 횟수로 내마모성을 평가한다.

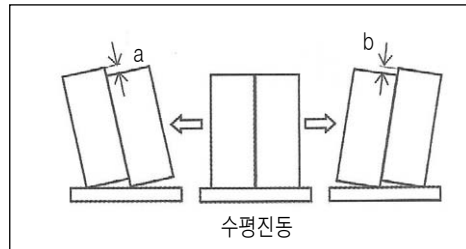
2. 골판지 마찰 시험 방법

골판지 시트나 골판지 상자로부터 재단한 시험편을 받침대에 고정하고, 또 수동자에도 시험편을 부착하여 왕복 운동시켜 마찰한다[사진 3, 그림 4]. 시험편의 상황에서 종점을 판단하고 마찰된 왕복 회수로 내마모성을 평가한다.

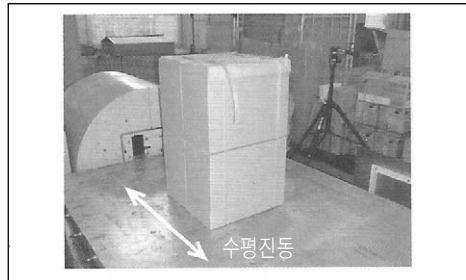
[그림 4] S형 마찰 시험 방법의 개념



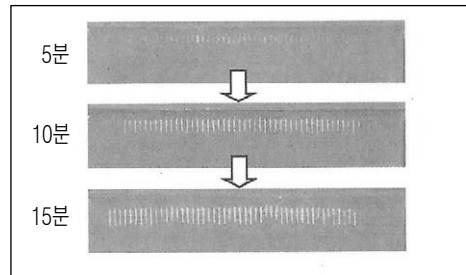
[그림 5] 로킹 현상



[사진 4] 로킹 시험



[그림 6] 로킹으로 인한 굽힘의 진행



PP밴드로 묶어 진동 시험기로 로킹 실험을 실시했다[사진 4]. 이 상태에서 진동수 3Hz, 진동가속도 0.5G의 정현파 수평진동을 가하면 로킹이 생겨 플래이션 근방에 굽힘 상처가 보였다. 이때 상단 상자에서의 굽힘 상처의 진행 상황을 [그림 6]에 나타낸다. 또한 수직방향으로 진동을 가해도 로킹은 일어나지 않고 굽힘 상처는 발생하지 않는다. 이와

3. 종래의 방법에 있어서의 과제

이상의 방법은 단순히 내마모성을 비교하기에는 편리하지만, 반드시 실수송에서 생기는 골판지 상자의 움직임을 재현한 것은 아니다. 굽힘 상처의 대책을 검토하기 위해서는 실제 수송에서 볼 수 있는 상자의 움직임을 모의한 시험 방법에 의해 실시하는 것이 바람직하다.

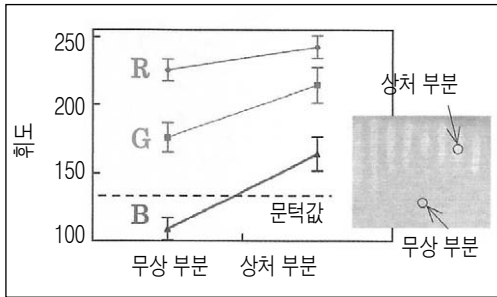
V. 로킹에 의한 굽힘 상처

복수의 골판지 상자를 병렬로 하여 수평 방향으로 진동을 가하면 이웃한 상자끼리 번갈아 기댄 거동을 나타낸다[그림 5]. 이런 움직임을 로킹 현상이라고 부르고 있으며 트럭 수송에서도 로킹 현상이 관찰된다. 이것이 반복되면 세로줄 모양의 굽힘 상처 등을 볼 수 있게 된다. 이 로킹에 의한 굽힘을 평가한 보고 예는 이밖에도 있으므로, 여기서는 로킹 발생 방법에 대해 간단히 언급하고 간이적인 굽힘 상처 평가 방법을 소개한다.

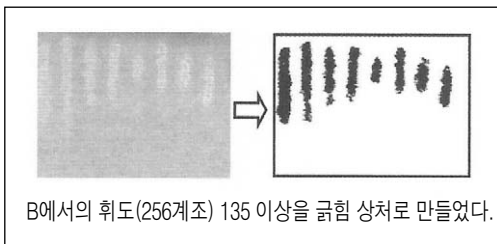
1. 실험 예

높이 치수가 큰 상자나 막대기를 쌓은 상자에서는 로킹이 생기기 쉽다. 예로서 음료 1,500ml PET 보틀 8개를 넣은 골판지 상자(약 13kg)를 2단 2열로 만들어

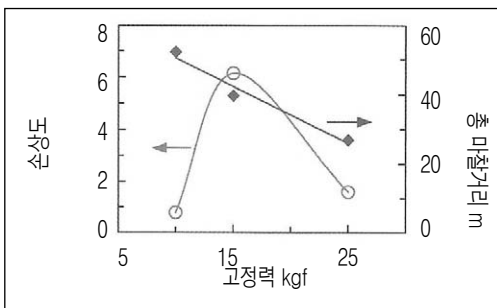
[그림 7] 휘도의 차이



[그림 8] 이치화(二値化) 처리의 예



[그림 9] 고정력의 영향



의 휘도가 가장 크게 변화하는 것으로 나타났다[그림 7]. 거기서 B만을 해석에 사용하고, 그 휘도에 임계치를 설정함으로써, 굽힘 상처의 흑백 이치화(二値化) 화상을 얻을 수 있었으므로, 이것을 기초로 손상도를 산출했다[그림 8].

3. 고정력의 영향

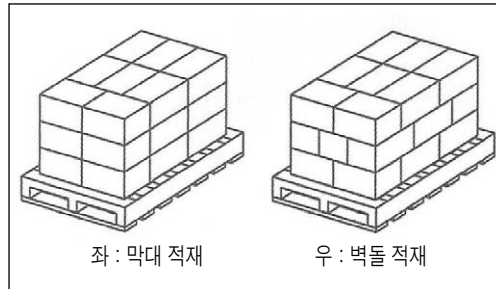
전술의 방법으로 로킹을 발생시켜 고정력이 미치는 손상도에 대한 영향을 조사했다. 또한 PP밴드를 상자에 감아 조일 때의 장력을 고정력으로 하고, 또한 [그림 5]에 나타난 a와 b(상자의 이동량, 비디오 촬영에 의해 측정)의 총합을 총 마찰거리라고 하였다. 일

같이, 적층된 복수의 상자를 고정하여 수평진동을 가함으로써 굽힘 상처를 용이하게 발생시킬 수 있다.

2. 평가 방법

굽힘 상처가 있는 부분과 없는 부분에서는 휘도가 다르기 때문에 화상 해석에 따라 굽힘 상처의 면적률(손상도)을 구할 수 있다. 그러나 굽힘 상처가 진행되면 이윽고 같은 부분이 깊게 깎이게 되므로 굽힘 상처의 정도를 면적만으로 엄밀하게 정량화할 수 없다. 그래서 굽힘 상처의 면적과 더불어 휘도를 고려한 종합적인 정량 평가 방법이 제안되었다. 그러나 여기에서는 굽힘의 정도를 대략적으로 파악하기 위해 초기 단계에서의 굽힘 면적률 평가 방법에 대해 소개한다. 흠집이 있는 부분과 없는 부분의 디지털 화상으로부터 시판되는 화상 해석 소프트웨어를 통해 휘도를 조사했는데, 많은 국산 골판지에서는 흠집이 생기면 RGB(적녹청)의 휘도 중 B(청 성분)

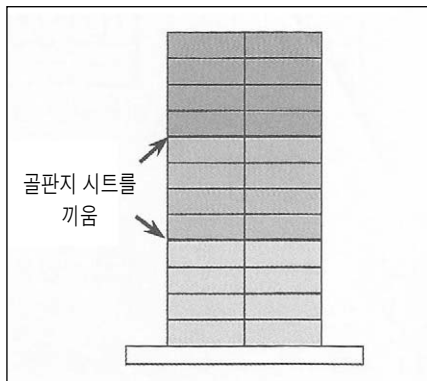
[그림 10] 적재 패턴의 예



[사진 5] 화물차의 움직임을 모의한 시험이 중요



[그림 11] 시트가 로킹을 억제



게 변화하는 사례도 적지 않다. 굽힘 상처의 대책을 검토하기 위해 가능한 한 실제 적하의 움직임을 재현하여[사진 5] 손상도를 평가하는 것이 필요하다.

Ⅶ. 굽힘 상처의 대책 사례

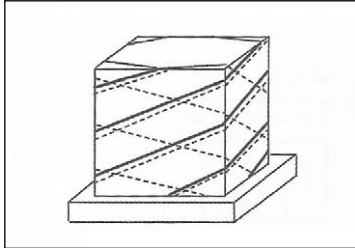
여기에서는 문헌을 바탕으로 로킹을 억제함으로써 굽힘 상처가 억제된 사례를 소개한

정 주파수의 정현파 진동을 가하면 $a+b$ 는 일정값이 되므로 총 마찰거리는 주파수와 진동 시간으로부터 추산할 수 있다. 따라서 고정력에 대한 손상도, 총 마찰거리 각각의 관계를 [그림 9]에 나타냈다. 고정력이 강할수록 상자의 움직임이 억제되고 그에 따라 총 마찰거리가 감소했다. 반면 고정력을 약간 강하게 하면 손상도는 일단 증가하지만 더 강하게 하면 감소했다. 상자의 움직임이 다소 억제되는 정도로는 상자끼리 접촉하는 힘을 늘리기 때문에 오히려 상처가 커진다고 본다. 즉, 단순히 강하게 고정하는 것만으로는 반드시 굽힘 상처가 감소한다고 할 수 없음을 그래프는 시사한다.

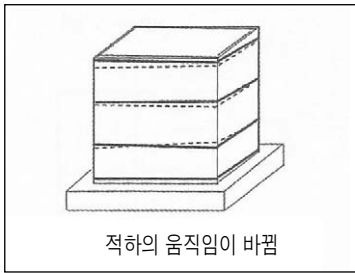
Ⅵ. 손상도에 따른 평가의 중요성

내용품을 넣은 골판지 상자의 대부분은 팔레트나 화물칸에 실어 수송된다. 적재 패턴에는 막대 적재, 벽돌 적재 등 여러 가지가 있으며[그림 10], 벽돌 적재 등 상하로 번갈아 방향을 바꾸는 적재 방법(회전 적재라고 함)에 비해 일반적으로 막대 적재에서는 굽힘 상처가 발생하기 쉬운 것으로 생각되며, 적재 방법을 바꾸는 것만으로 손상도가 크

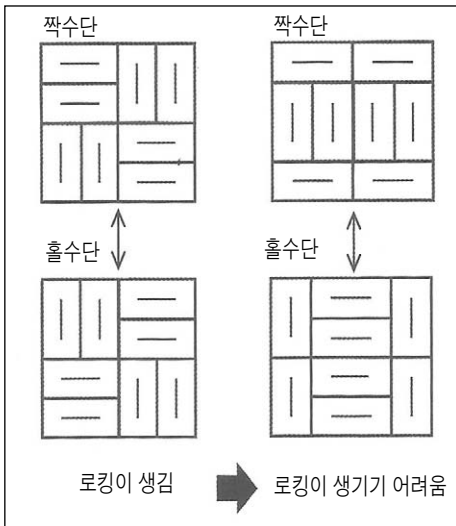
[그림 12] 나선형으로 감는 방법



[그림 13] 평행하게 감는 방법



[그림 14] 8배회 적재 팔레트 패턴 예



다. 모두 손상도에 따라 적재 조건을 검토한 점은 공통적이다.

1. 시트를 끼우다

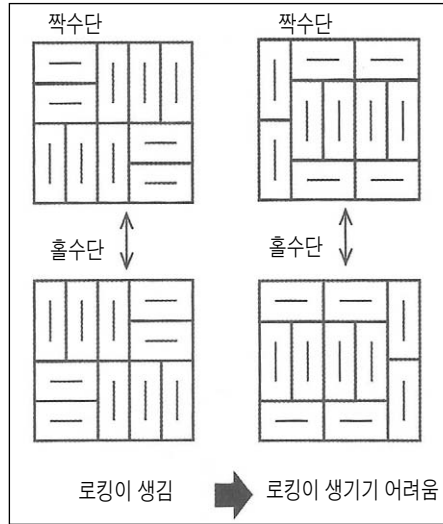
골판지 시트 등을 끼우면[그림 11] 막대 적재 상단과 하단 상자의 움직임이 분단되어 로킹을 억제할 수 있다. 골판지 상자를 철도 컨테이너에 직접 막대 적재하여 수송할 때 단적 도중에 골판지 시트를 끼움으로써 굽힘 상처가 경감된 사례가 보고되고 있다. 시트는 1장보다 2장이 더 효과적이었다. 계단 쌓기 도중에 끼운 시트가 로킹의 움직임을 억제했다고 생각한다.

2. 스트레치 필름 감는 방법 변경

팔레트에 쌓아 올린 골판지 상자에 스트레치 필름을 감을 때, 필름을 비스듬히 감아올리고, 위까지 이르면 이번에는 교차하도록 비스듬히 감아 전체를 고정하는 방법이 자주 행해지고 있다[그림 12]. 이 감김과 감김을 반복함으로써 전체가 일체화되어 적하가 보다 안정화될 것으로 생각된다. 그러나 필름을 감는 방법은 손상도에 영향을 미친다. 4단 막대 적재의 팔레트 화물로 철도 수송을 했을 경우, 나선형으로 감는 방법에 비해 필름을 상단, 중단, 하단의 3곳에서 평행하게 감음으로써

[그림 13] 굽힘 상처가 대폭 경감된 사례가 보고되고 있다. 나선형에서는 적하 전체가 휘도록 로킹하지만 [그림 13]의 감는 방법에서는 상단, 중단, 하단 사이에서 로킹의 움직임이 분단되기 때문에 굽힘 상처가 억제되었다고 본다. 또한, 감는 방법을 바꿀 때 상자의 윗면 등 다른 곳에 영향이 없는지 확인하는 것이 필요하다.


[그림 15] 10배회 적재 팔레트 패턴 예



3. 적재 방법의 변경

막대 적재를 회전 적재로 변경함으로써 로킹이 억제되는 경우가 많은데, 회전 적재에서도 로킹이 생길 수 있다. 장폭비가 2:1인 상자일 경우가 이에 해당한다. 회전 적재를 해도 2상자 위에 2상자가 올라가는 부분이 있으면 로킹을 일으켜 굽힘 상처를 발생시키기 쉽다. 이 경우 팔레트 패턴을 검토하면 굽힘 상처가 발생하지 않는다는 것이 경험적으로 알려져 있다[그림 14, 그림 15]. 이 경우, 수송 효율의 관점에서 적재 수를 손상시키지 않는 것이 중요하다.

Ⅶ. 결론

골판지는 다른 포장재료와 마찬가지로 중요한 표시는 물론 로고나 상품이미지 등에 굽힘으로 인한 손상이 발생해서는 안 된다. 그렇기 때문에, 포장의 최적화를 고려할 때 짐을 수송하는 동안의 움직임이 어떠한지, 수송 진동이 골판지 상자에 손상을 미치지 않는지의 관점도 필수적이다. 



구독 안내

월간 'Converttech'

'Converttech'는 필름·시트(원반, 기능성 부여 타입, 다층화 타입 등), 금속포일, 종이, 판지, 기능지, 부직포, 합성지, 섬유, 강판, 탄소섬유 복합 시트, 박막 유리, 세라믹시트, 발포시트 등의 웹 시트를 기반으로 하는 다양한 가공기술(컨버팅 테크놀로지)을 집중 조명하는 세계 유일의 컨버팅 기술 정보지이다.

(사)한국포장협회 사무국

■ TEL : 02-2026-8655 ■ FAX : 02-2026-8660 ■ E-mail : kopa1991@daum.net