

포장완충재료의 완충특성

Cushioning properties of package cushioning materials

김만수* 정현모* 박종민** 이영희***
정희원 정희원 정희원 정희원
M. S. Kim H. M. Jung J. M. Park Y. H. Lee

1. 서론

포장이란 유통단계에서 제품이 파손되거나 손상되지 않도록 보호하는 수단이며 원가절감과 생산성 향상을 통한 상품성의 제고는 물론 부가가치 증대 및 매출신장에도 큰 영향을 미친다. 더욱이 포장재료의 재활용, 환경친화성 신소재 개발 등에 따른 포장의 중요성에 대한 인식의 전환이 요구된다. 최근 환경보호 문제가 전 세계적으로 확대되면서 포장폐기물 처리의 중요성이 새로이 인식되어, 포장완충재의 주종을 이루던 플라스틱계 재료의 사용이 환경오염과 관련하여 엄격히 규제됨에 따라 환경친화력이 우수한 지류완충재의 사용이 증가하고 있으며, 농산물의 직거래가 활발해지고 생산자 실명제를 도입한 결과 농산물 포장용 골판지 상자의 기능이 운반용에서 판매용으로 전환되고 있으며 화려한 디자인과 필요이상의 강도로 설계, 유통되고 있어 과대포장이 심각한 수준에 달하고 있다. 유통과정중 제품을 적절히 보호하고 적정포장비로 물류합리화를 위해서는 제품의 완충 및 적정포장설계가 필요하며, 이를 위한 첫 번째 조건이 완충재 자체에 대한 특성의 평가와 이의 객관적 자료화이다.

일반적으로 KS규격에 의하면 포장용 완충재료의 완충성을 평가하는 방법으로 정적압축시험방법과 동적시험방법을 규정하고 있다. 하지만 실제 유통상황에 가까운 조건에서 포장재료의 완충성을 평가하는 방법으로는 동적시험방법을 규정하고 있다(ASTM, ISO). 그러나 이들 규정자체가 지류완충포장재와 같은 환경 친화적인 포장완충재의 완충성 시험에는 적합하지 않을 뿐만아니라, 이들 규정에 따라 제작되어 현재 보급되어진 완충시험기들은 지류완충포장재보다는 플라스틱 완충재의 완충성 평가에 치중하고 있으며, 더구나 시험평가를 위한 계측기술의 발전 및 완충포장설계방법의 고도화에 따라 재료에 대한 다양한 완충특성의 요구에 대응할 수 없다. 또한 완충재의 충격흡수특성은 다양한 낙하높이와 재료의 두께에 대한 최대가속도-정적응력선도에 의해 잘 분석될 수 있다.

따라서, 본 연구는 지류완충재와 같은 박판재료부터 플라스틱 발포체와 같은 후판재료까지 그 적용범위가 넓고, 다양한 재료의 완충성을 측정 및 분석할 수 있는 완충실험장치의 설계와 완충성의 계측 및 분석용 컴퓨터 프로그램을 개발하여 골판지의 골 형태 및 평형대기조건에 따른 완충성과 골 복원성을 분석하므로써, 골판지의 성능향상을 위한 객관적 자료를 확보하고자 하였다.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

** 밀양대학교 기계공학과



*** 농촌진흥청 농업기계화연구소

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구에서는 골 형태 및 평형대기조건에 따른 포장완충재의 완충성을 분석하기 위하여 과실 및 야채류 등의 포장에 주로 사용되는 지류완충재인 골판지(corrugated fiberboard)이며 표1에 나타낸 것과 같이 양면골판지(SW) 3종, 이중양면골판지(DW) 3종이었다.

Table 1. Paper composition and physical dimension of the corrugated fiberboard tested

Kinds	Flute-type		Paper composition	Weight(g)(160×160)		Height (mm)	Remarks
				50%	90%		
Single wall (SW)	A/F	SW1	SK210+K180+SK210	16.25	18.36	5.1	
		SW2	SK180+B150+K180	15.30	17.21	5.1	
		SW3	SK180+S120+K180	14.19	16.85	5.1	
Double wall (DW)	AB/F	DW1	SK210+K180+K180+K180+K180	30.16	31.51	8.1	
		DW2	SK210+B150+S120+B150+K180	23.31	26.62	7.7	
		DW3	SK180+S120+K180+S120+K180	25.16	27.36	8.1	

나. 실험장치

본 연구에 사용되어진 실험장치는 그림1에서 보는 바와 같이 에어실린더와 AC motor에 의해 낙하체(중추+충격평판+가속도계)의 낙하높이까지 이동되며, 프로그램의 명령에 의해 그림2의 에어실린더가 작동하면서 LM가이드에 의해 중추가 수직 자유낙하하고, 그림3에서와 같이 충격평판에 고정된 가속도계에 의해서 가속도가 측정되어 컴퓨터에 의해 분석 및 저장되도록 구성하였다.

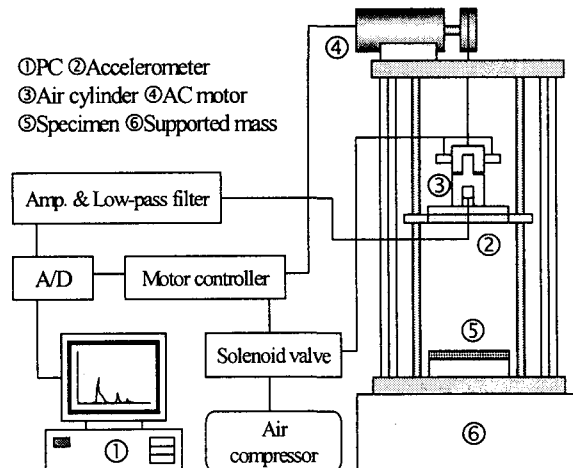


Fig. 1 Designed dynamic cushioning tester.

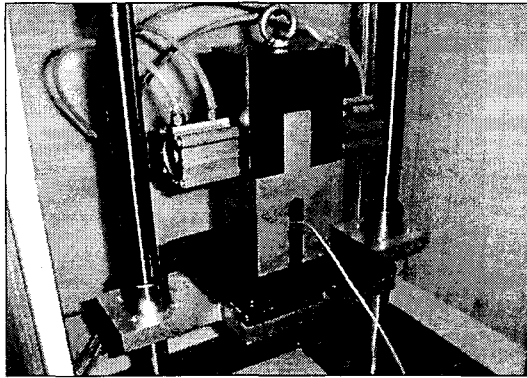


Fig. 2 Air cylinder.

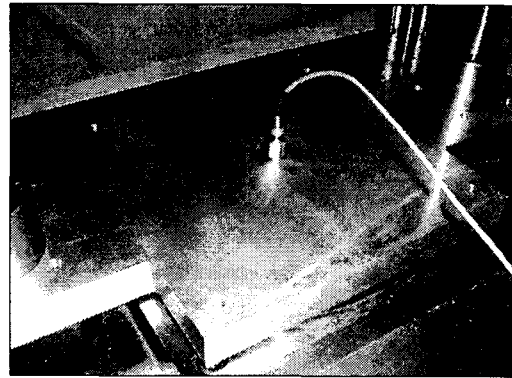
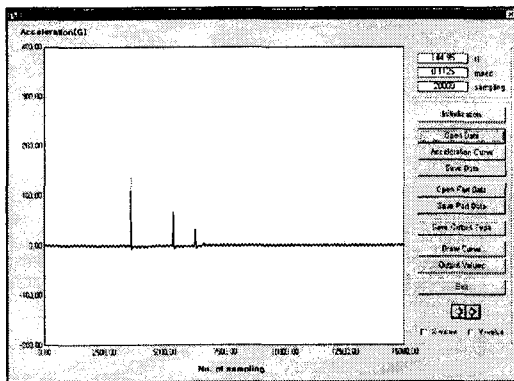


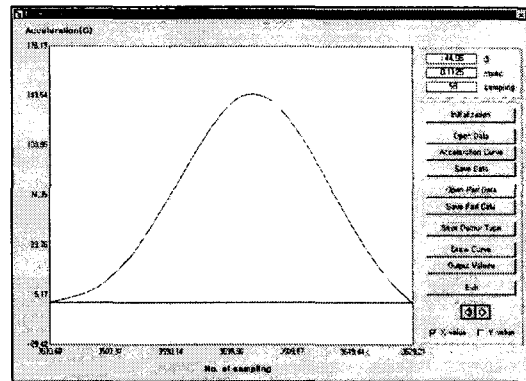
Fig. 3 Accelerometer fixed in impact plate.

그림4의 (a)는 시험장치의 기반 위에 놓인 시험편의 전체 상면에 중추로 충격을 가하였을 때 컴퓨터 모니터상에 출력된 가속도-시간곡선이다.

이 곡선상에서 첫 번째 피크 파형만을 확대(그림 4 (b))하여 최대가속도, 속도, 동적변위, 정적응력, 동적응력, 변형에너지, 완충계수 및 동적최대변형량 등을 계측 분석하였다. 계측된 결과값을 데이터파일로 입력값, 설정값을 함께 저장할 수 있도록 작성하였으며, 속도-시간곡선 및 동적변위-시간곡선 등을 출력하도록 작성하였다.



(a)



(b)

Fig. 4 Main window for controlling the measuring system and processing the data.

다. 실험방법

골판지의 상대습도에 의한 완충특성을 분석하기 위하여 실험전 골판지의 전처리조건으로 온도 23℃에서 상대 습도 50 및 90%의 2수준을 선택하여, 항온항습기를 이용하여 24시간 이상 계획한 대기조건에 평형시켰다. 또한

중추의 낙하높이 및 무게변화에 따른 골판지 시편의 완충특성을 분석하고자 중추의 낙하높이를 15, 30 및 45cm 3수준으로 하였으며, 중추의 무게는 8~12수준으로 누가적으로 변화시켰다. 또한 골판지 시편은 한번의 길이가 16cm(면적 0.0256 m²)인 정사각형으로 하여 충격평판과 골판지 시험편과의 접촉조건을 같게 하였으며, 실험은 5회 반복하여 가장 작은 값과 가장 큰 값을 제외한 나머지 데이터의 평균값을 적용하였고 1회의 중추낙하실험에 하나의 시편을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 포장완충재료의 최대가속도-정적응력선도 분석

계측된 최대가속도를 이용하여 각 낙하높이 및 상대습도에 따른 골판지 시편의 최대가속도-정적응력선도를 도출하였다. 곡선상에서 가속도의 최소치를 나타내는 최적점에서 그 완충재는 최고의 완충성을 발휘하며, 그 최적점이 우측으로 옮겨가는 완충재일수록 중량물의 포장에, 위로 올라갈수록 허용가속도가 높은 제품에 적합하다. 그림 5, 6, 7, 8, 9 및 10은 골판지 시편의 최대가속도-정적응력곡선으로 양면골판지(SW) 및 이중양면골판지(DW)는 중추의 낙하높이가 높아질수록 포장 완충재료의 완충성이 현저하게 줄어들음을 알 수가 있었으며, 상대습도가 90%일 때 보다 50%에서 더 좋은 완충성을 나타냄을 알 수가 있었다. 또한 양면골판지(SW)의 경우에는 50%의 상대습도에서는 SW2-SW1-SW3순의 완충성을 나타내었으며, 90%의 상대습도에서는 SW1-SW2-SW3의 순으로 완충성을 나타내어 상대습도가 낮은 환경에서 유통될 경우에는 SW2 골판지를 사용하는 것이 적합하며, 높은 상대습도의 환경에서 유통될 경우에는 SW1의 골판지를 사용하는 것이 적합하다고 판단된다. 이중양면골판지(DW)의 경우에는 50%의 상대습도에서는 DW1-DW3-DW2의 순의 완충성을 나타내었으며, 90%의 상대습도에서도 DW1이 가장 좋은 완충성을 나타내었다.

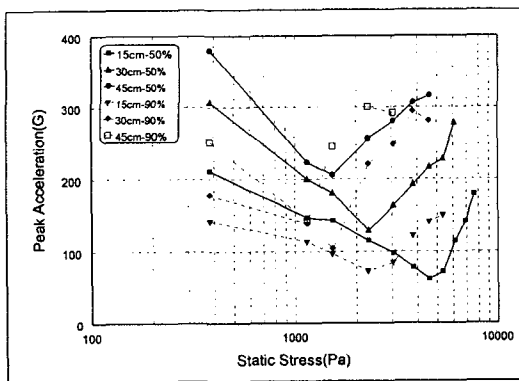


Fig. 5 Peak acceleration-static stress curve of SW1.

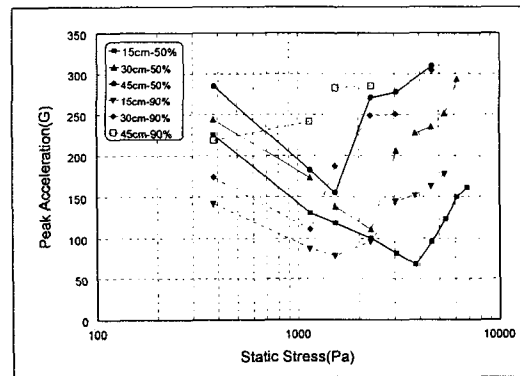


Fig. 6 Peak acceleration-static stress curve of SW2.

SW1, SW2의 양면골판지와 DW1, DW2 및 DW3의 이중양면골판지의 경우에는 상대습도 50%, 낙하높이 15cm에서 최대가속도의 최적점이 일정부근에 나타났다. 이것은 낙하높이 15cm에서의 골판지의 포장완충재료를 이중

양면골판지(DW) 보다는 양면골판지(SW)를 사용하는 것이 완충재료의 과대사용의 방지, 포장상자의 비용절감 및 포장내체적을 증가시킬 수 있는 방법이라 판단된다.

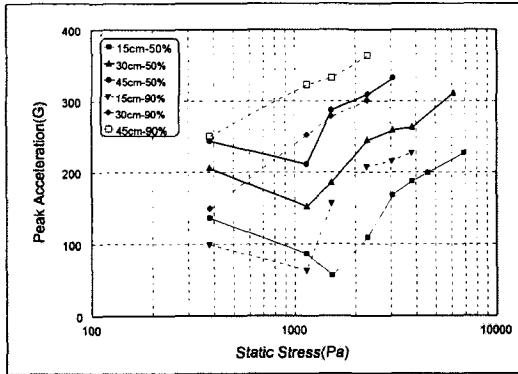


Fig. 7 Peak acceleration-static stress curve of SW3.

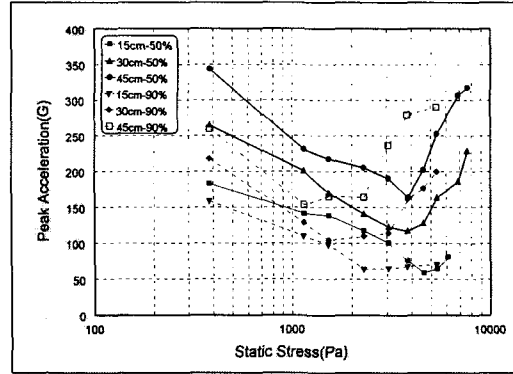


Fig. 8 Peak acceleration-static stress curve of DW1.

또한 낙하높이가 30, 40cm일 경우에는 SW1, SW2 및 DW3의 완충성의 차이가 매우 작아 DW3 완충재료를 사용하는 것보다는 SW1, SW2를 사용하는 것이 경제적이라 판단된다. 그러나 상대습도 90%일 경우에는 이중양면골판지(DW1, DW2, DW3)가 양면골판지(SW1, SW2, SW3)보다 현저하게 높은 완충성을 나타내었다.

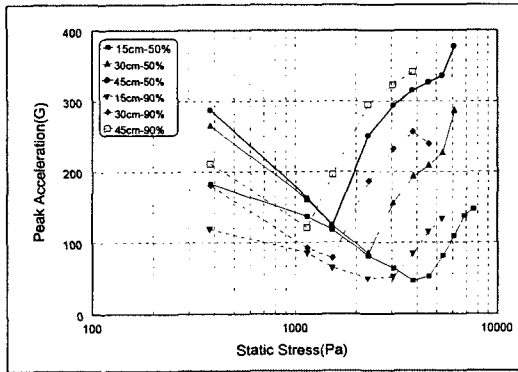


Fig. 9 Peak acceleration-static stress curve of DW2.

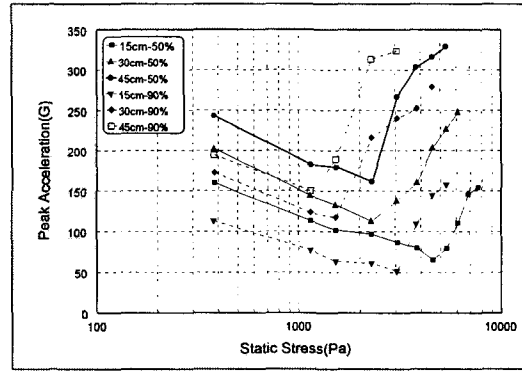


Fig. 10 Peak acceleration-static stress curve of DW3.

4. 요약 및 결론

지류완충재와 같은 박판재료부터 플라스틱 발포체와 같은 후판재료까지 그 적용범위가 넓고, 다양한 재료의 완충성을 측정 및 분석할 수 있는 완충실험장치의 설계와 완충성의 계측 및 분석용 컴퓨터 프로그램을 개발하여 골판지의 골 형태 및 평형대기조건에 따른 완충성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 골판지의 동적시험으로부터 얻어진 최대가속도-정적응력선도와 완충계수-동적응력선도를 분석한 결과, 중추의 낙하높이 및 평형상대습도가 높아질수록 골판지(DW, SW)의 완충성이 현저히 나빠짐을 알수가 있었으며, 동일조건에서 이중양면골판지(DW)가 양면골판지(SW)보다 완충성이 양호한 것으로 나타났다.

2. 골판지의 상대습도에 의한 완충특성을 분석한 결과, 평형상대습도가 높을수록 최대가속도의 최적점이 좌측에 위치하는 경향이였다. 또한 최대가속도의 최적점 이하의 정적응력하에서 평형상대습도가 높을수록 작은 가속도값을 나타낸 반면, 최적점 이상의 큰 정적응력에 대해서는 상대습도가 증가할수록 큰 가속도값을 나타내었다.

4. 낙하높이가 높지 않고 상대습도가 낮은 환경에서 주로 유통되는 골판지 상자의 경우에는 이중양면골판지(DW) 보다는 양면골판지(SW)를 사용하는 것이 포장재료의 과대사용의 방지, 포장상자 비용절감 및 포장 내체적을 증가시킬 수 있음을 알 수가 있었다.

5. 참고문헌

1. 박종민, 김만수. 1998. 포장재료의 완충특성 분석-골판지를 중심으로. 한국식품공학회지 2(2): 129~136.
2. 박종민, 권순구, 엄순형, 김만수. 1998. 포장재료의 완충성 측정시스템 설계. 한국식품공학회지 2(2): 123~128.
3. 한국표준협회. KS A1030. 포장용 완충재료의 정적압축시험방법.
4. 한국표준협회. KS A1029. 포장용 완충재료의 동적압축시험방법.
5. ASTM standard D1596. Standard test method for dynamic shock cushioning characteristics of packaging material.
6. ASTM standard D4332. Standard practice for conditioning containers, packages, or packaging components for testing.
7. Marcondes, J. 1992. Cushioning properties of corrugated fiberboard and the effects of moisture content. Trans. of the ASAE 35(6): 1949~1953.
8. Peleg, K. 1981. Packaging product interaction corrugated containers for flesh produce. Trans. of ASAE 24(4): 794~800.