

재활용을 위한 종이컵의 압축강도 연구

안 병 국
신성대학 포장공학과

Studies on Compression Strength of Paper Cups for Recycling

Byoung-Kuk Ahn

Dept. of Packaging Engineering, Shinsung College

Abstract

This study was carried out to research on the compression strength of paper cups and to investigate the possibility to recycle them as pallet blocks.

The compression strength of paper cups was increased with the increase of the number of them showing the value between 0.5 and 5.9kg/cm². The compression strength of the pallets using paper cups as the blocks was increased with the increase of the number of paper cups per block. Especially, the compression strength of the pallet with ten paper cups per block showed the value above 1000kg.

Key words : paper cups, recycle, pallet blocks, compression strength

서 론

일회용품 사용을 줄이기 위한 관심과 노력이 집중되고 있는 가운데 우리 일상생활에서 많이 사용되고 있는 것 중 하나가 바로 종이컵일 것이다^{1, 2)}. 국내 종이컵 사용량은 연간 약 50억 개, 2만5,000톤에 이르지만 재활용율은 겨우 6%(1,500톤)에 지나지 않는 실정이다³⁾. 한 번 사용되고 버려진 종이컵은 수거되어 주로 화장지 등으로 재활용되고 있지만 일반적으로 종이컵은 판지에 폴리에틸렌을 코팅하여 제조되고 있으므로 제지용으로 다시 재활용하는 경우 판지와 폴리에틸렌을 분리하여야 하는 까다로운 공정이 수반되게 된다. 또한 종이컵은 내수성 재료로 구성되어 있기 때문

에 사용시에는 수분에 대한 저항성이 큰 장점을 가지고 있으나 제지용으로 재활용시 문제가 있으며 백판지나 화장지 등으로 재활용할 경우 오염된 컵과 이물질 등이 존재하기 때문에 분리 수거하는 데 곤란한 상황에 있다. 사용 후 버려진 종이컵을 재활용하여 모종용 포트나 사용하거나 고품 연료화하는 등 다양한 시도가 진행되고 있으나 아직 종이컵의 재활용에 대한 획기적인 대안은 없는 실정이다.

종이컵은 내수성을 가지고 있으며 용기 자체의 강도를 보유하고 있다. 이와 같은 종이컵의 특성을 적절히 살려 별도의 처리과정을 거치지 않고 재활용이 가능하다면 종이컵 사용의 문제 해결은 물론 자원의 효율적 활용에도 기여할 수 있을 것이다. 종이컵의 내수성, 강도 특성을 감안하여 고려해 볼 수 있는 것이 적재 혹은 운반용 파렛트 부재로 활용하는 것이다. 현재 파렛트로 가장 많이 사용되고 있는 목재 파렛트는 천연자원인 목재를 사용함으로써 자원활용에 제약이 있으며 부후되기 쉽고 수분에 약하며 중량이 무거운 특

Corresponding author : Byoung-Kuk Ahn, Department of Packaging Engineering, Shinsung College, Deokma-Ri 49, Jeongmi-Myeon, Dangjin-Goon, Chungnam, 343-861, Korea

성이 있다. 파렛트 보수와 폐기, 수출시의 검역강화에 따른 방역처리 문제, 못이나 목재에 의한 안전 문제 등 목재 파렛트 사용에 있어서 해결해야 될 과제는 많다. 이런 문제를 해결하기 위한 대안으로 골판지 파렛트가 개발되어 사용되고 있으며 그 받침 재료로서 지판이나 편면골심지 계통의 재료, 강화 처리된 판지 재료 등이 있다. 이와 같은 종이제 파렛트의 경우 방수성 문제 해결을 위해 보통 파라핀 왁스가 처리되고 있다.

따라서 본 연구에서는 시중에서 유통되고 있는 종이컵의 재활용을 촉진하는 한가지 방안으로 종이컵의 특성을 고려하여 이를 파렛트 받침재로 적용해 봄으로써 종이컵의 재활용 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

실험에 사용한 컵은 내면이 PE 코팅된 것으로 상부 직경이 75mm이고 하부 직경이 50mm, 높이가 78mm인 음료용 종이컵을 사용하였다. 컵의 두께는 0.24mm이었으며 컵 1개의 중량은 3.9g이었다. 또한 압축시험용 파렛트의 적재판 재료로는 AB골 이중양면 골판지(DW, 평량 890g/m², 두께 8.33mm)를 사용하였다.

2. 방법

종이컵의 압축시험

종이컵에 다른 종이컵을 끼워 넣은 방식으로 종이컵 용기를 만들어 최대 압축하중을 측정하였으며, 이 때 컵의 갯수에 따른 컵의 높이와 중량 변화는 표1에 나타내었다. 종이컵의 압축시험은 포장화물 및 용기의 압축시험 방법(KS A 1012-95)에 따라 상자압축시험기를 사용하여 실시하였으며 최대 압축하중(kg)을 조사하였다.

표 1. 컵의 갯수별 높이와 중량

컵의 갯수(개)	높이(mm)	중량(g)
2	82	7.7
4	94	15.4
7	112	26.9
10	130	38.4
12	142	46.1

시험용 파렛트의 제작과 압축시험

파렛트 받침용으로서 종이컵의 성능을 확인하기 위해 시험용 파렛트를 제작하였다. 파렛트는 500×500mm의 크기로 제작하였으며 그림1과 같이 이중양면 골판지의 가장자리로부터 10mm의 간격을 두고 종이컵을 골판지의 CD방향으로 좌우 각각 3개소씩 총 6 개소에 핫멜트 접착제를 사용하여 접착하였다. 이 때 받침용 종이컵은 직경이 큰 컵의 상부 방향을 위로 하여 적재판에 접착하였고 하부 방향을 아래로 하였다. 표 2와 같이 구성된 시험용 파렛트로 포장화물 및 용기의 압축시험 방법(KS A 1012-95)에 따라 상자압축시험기를 사용하여 압축시험을 실시하였으며 최대 압축하중(kg)을 조사하였다.

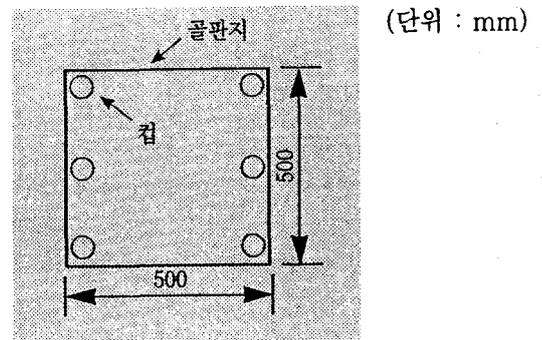


그림 1. 시험용 파렛트

표 2. 시험용 파렛트의 구성

구 성	사 용 재 료	받 침 당 컵 갯 수	파렛트당 총 컵 갯수
받 침	음료용 종이컵	3	18
		5	30
		10	60
적재판	이중양면골판지 (AB골)		

결과 및 고찰

1. 종이컵의 압축강도

컵의 갯수별 종이컵 용기의 압축강도를 그림 2에 나타내

었다. 그림 2에 나타난 바와 같이 컵의 갯수가 증가함에 따라 용기의 압축강도도 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 종이컵을 2개 끼워 압축하였을 때 최대 압축하중은 22kg이었고 그 수를 증가하여 12개를 끼워 압축하였을 때 약 260kg정도의 압축강도를 갖는 것으로 조사되었다. 건축재나 포장재로 사용되고 있는 하니컴(Honeycomb) 포장재는 0.63 - 8.8kg/cm²의 압축강도를 가지며⁴⁾ 또한 유사한 용도로 시판 중인 또 다른 포장재는 1.7-8.6kg/cm²의 압축강도를 갖는 것으로 알려져 있다⁵⁾. 본 실험에 사용된 음료용 종이컵의 압축강도는 종이컵 2-12개에서 0.5-5.9kg/cm²를 나타냄으로써 상기한 재료와 압축강도를 비교해 볼 경우 비교적 경쟁력이 있는 것으로 판단된다. 또한 종이컵은 종류나 크기가 다양하기 때문에 적절한 컵을 선정해 사용한다면 종이컵의 압축강도를 효과적으로 활용할 수도 있을 것이다. 예를 들어 컵라면 용기에 사용되는 종이컵은 2겹 구조로 빈 종이컵의 좌굴강도는 69.1kg이며 95℃의 온수를 넣어서 3분 후 측정시 좌굴강도도 53.4kg에 달하는 것으로 보고되고 있다⁶⁾. 약 77.3%의 압축강도를 보유할 수 있는 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 소형 음료용 종이컵을 그 대상으로 실험하였으나 현재 사용되고 있는 컵의 형태나 용량의 종류가 다양하기 때문에 적절한 크기를 사용한다면 압축강도는 더 개선될 가능성도 있을 것이다. 또한 종이컵의 갯수를 증가하면 할수록 최대 압축하중은 증가하지만 그 만큼 컵의 소요량이 많아짐으로 컵의 갯수를 줄이면서 압축강도를 강화시키는 물리, 화학적 처리 방안이 연구되어야 할 것이다.

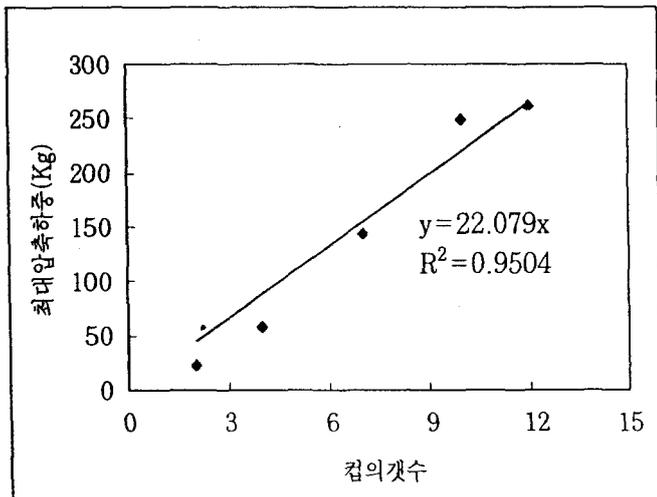


그림 2. 컵의 갯수별 종이컵의 압축강도

2. 종이컵을 이용한 파렛트의 압축강도

음료용 종이컵을 파렛트 받침으로 사용하였을 때 받침당 컵의 갯수에 따른 시험용 파렛트의 압축강도를 그림 3에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 받침당 컵의 갯수가 증가할 경우 파렛트의 압축강도는 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 받침당 컵의 개수를 3개로 하였을 때 272kg의 압축강도를 나타내었고 특히, 받침당 컵의 갯수를 10개로 하여 제조한 시험용 파렛트의 최대 압축하중은 1000kg을 초과하는 것으로 조사되었다. 현재 시판 중인 일부 종이 파렛트가 600×400mm - 1100×1100mm의 크기일 때 100-600kg의 권장 적재하중을 기본 사양으로 하여 제조되고 있는 점을 감안한다면^{7,8)} 종이컵을 파렛트 받침으로 재활용할 경우 압축강도면에서는 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 일반적으로 파렛트 성능을 측정하는 일치된 방법이나 기준은 없지만 주로 압축 성능 등의 구조적 강도 조건이 요구되고 있다⁹⁾. 만약 길이가 짧은 목재가 파렛트 받침으로 사용된다면 이것은 매우 높은 압축강도를 갖기 때문에 목재 파렛트의 경우 적재하중의 제한이 실제적으로는 없다고 볼 수 있으며 적재높이는 파렛트 강도보다는 다른 요소에 의해 더 많은 영향을 받는 것으로 평가되고 있다. 플라스틱이나 섬유판 같은 목재 이외의 소재가 파렛트 받침으로 사용될 경우 파렛트의 허용 적재하중 한도는 이들 소재의 압축 성능에 영향을 받으며 수분과 고온에 의해 받침의 강도가 저하된다면 특히 그러한 것으로 알려져 있다. 본 실험에 사용된 종이컵은 목재와 압축강도를 직접 비교할만한 수준은 되지 않지만 치수 100×100×100mm의 목재 받침 중량이 0.544kg인데 비하여 컵 10개의 중량은 38.4g이므로 중량이 매우 가볍고 소재 자체가 내수성을 보유하고 있으며 특히 여러 개의 종이컵이 겹겹이 끼워진 다층구조를 취하기 때문에 별도의 처리 없이도 수분에 대한 저항성이 클 것으로 보인다. KS 규격¹⁰⁾에 목재 평파렛트의 최대 적재하중을 0.5t, 1t, 1.5t 및 2t로 규정하고 있는 점을 참고로 한다면 적재하중이 작은 경우 종이컵 소재가 비교적 경쟁력이 있겠지만 적재물의 하중이 큰 경우에 적용하기 위해서는 향후 파렛트 제조시 수거된 종이컵의 물리적, 화학적 처리나 적절한 종이컵의 선택, 그리고 효율적인 종이컵 배열로 압축강도나 적재 성능을 개선해야 할 필요성이 있다. 또한 파렛트 차입구의 높이는 75mm 이상으로 규정하고 있는데 이는 종이컵의 높이를 고려한다면 큰 문제는 없을 것으로 생각된다.

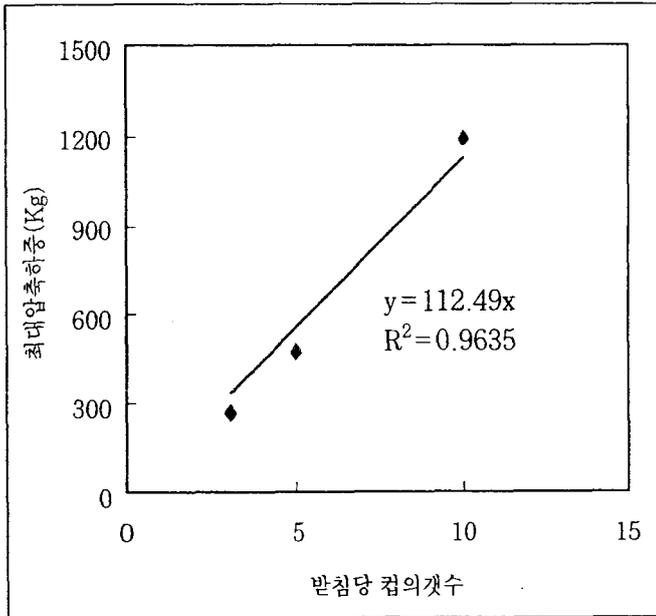


그림 3. 받침당 컵의 갯수와 시험용 파렛트의 압축강도

결 론

종이컵의 재활용을 촉진하는 한가지 방안으로 시중에서 유통되고 있는 음료용 종이컵의 압축강도를 조사하고 종이컵을 파렛트 받침으로 사용하여 시험용 파렛트를 제작, 압축강도를 파악해 봄으로써 종이컵의 재활용 가능성을 살펴본 결과는 다음과 같았다.

종이컵 용기의 압축강도는 컵의 갯수가 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 종이컵 2 - 12개의 압축강도가 0.5 - 5.9kg/cm²를 나타냄으로써 시판 중인 다른 지류 포장재의 압축강도와 비교해 볼 때 경쟁력이 있는 소재로 판단되었다. 또한 파렛트 받침으로서의 종이컵 재활용 가능성을 검토하기 위한 실증실험 결과, 받침당 컵의 갯수가 증가함에 따라 파렛트의 압축강도도 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 받침당 컵의 갯수를 3개로 하였을 때 272kg의 압축강도를 나타내었고 특히, 받침당 컵의 갯수를 10개로 하여 제조한 시험용 파렛트의 최대 압축하중이 1000kg을 초과하는 것으로 조사되었다. 향후 파렛트 받침으로서 종이컵의 재활용 가능성을 높이기 위해서는 수거된 종이컵의 물리적, 화학적 처리나 적절한 종이컵의 선택, 그리고 파렛트 제작시 효율적인 종이컵 이용 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

참고문헌

1. Kravetz, S. : These people search for a cup that suits the coffee it holds. The Wall Street Journal, March 24(1998).
2. Torbjornsen, E. : Beverages-to-go : Any old cup won't do. Takeout Business, March 15(1998).
3. <http://www.koreatimes.co.kr>.
4. <http://www.dufaylite.com>.
5. <http://www.wsgnp.co.kr>.
6. <http://www.packnet.co.kr>.
7. <http://www.europal-packaging.com>.
8. <http://www.eltete.co.kr>.
9. Paine, F. A. : The Packaging User's Handbook, Blackie Academic & Professional, UK, pp. 537-546(1995).
10. KS A 2156-96(목재 평파렛트).