

화섬용 지관의 강도향상에 관한 연구

이명훈¹⁾ · 김재능²⁾ · 김종경³⁾

1) 한국포장시스템연구소, 2) 연세대학교 패키징학과

3) 용인송담대학 제지패키징시스템과

ABSTRACT

Paper tube industry for synthetic fiber packaging has approximately 200 billion won of market size in Korea, while any significant research has not done yet about physical characteristics of paper tubes. This study was conducted to find out a adequate structure of paper tubes by changing compositions of paperboards, size of tubes, and makers. Parallel compression strength was not only rely on compositions of paperboards, but also largely impacted by structural design of paper tubes.

Key Words: paper tube, packaging, Compressive strength

1. 서론

지관은 화섬업계에서는 연간 사용하는 포장재료 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 품목으로서 제품의 종류만큼이나 그 규격이 다양하다. 일반적으로 사용되는 품목 중 회수 재사용 비율이 10% 미만으로서 별로 높지 않아 적정강도의 품질개선과 함께 재사용율의 증대에도 많은 연구가 요구되고 있다.

지관의 품질평가 요소로는 압축강도, 수분율, 직경 및 두께, 지관중량, 진직도 및 진원도 등을 들 수 있다.

압축강도는 지관품질 요소 중 가장 중요한 요소로서 제품의 포장여건에 따라 평면압축강도와 수직압축강도로 구분된다. 수직압축강도는 지관을 수직으로 세운 상태에서

압축하중을 측정하는 것이며, 평면압축하중은 지관을 10cm의 길이로 절단하여 옆으로 누힌 상태에서 압축하중에 견디는 힘을 측정한 것이다. 구성원지의 배합과 접착제 등에 많은 영향을 받으며 특히 화섬업체에서는 평면 압축강도를 가장 중요한 품질요소로 삼고 있다. 압축강도는 골판지 원지 및 원단의 압축강도 시험법과 이론적 배경을 참고하여 정리한다.¹⁾

수분율은 지관이 8% 정도의 수분을 유지하지 않을 경우, 온습도 등 주위환경의 변화에 따라 제조과정에서 여러 가지 문제점을 야기할 가능성이 있다. 구체적으로는 습도가 너무 높을 경우 압축강도가 현저하게 떨어지게 되고 너무 낮을 경우 지관의 길이가 짧아져 소위 “오토미스”가 발생할 가능성이 높아지기 때문에 역시 중요한 점검항목이다.

내경 및 두께 역시 기준과의 오차가 클 경우 작업과정에서 문제가 생길 수 있어 주요 점검항목이 된다.

중량은 지관의 원지배합과 겹수가 설계대로 되어 있는지를 분석하기가 쉽지 않으므로 원지의 평량과 접착제의 무게를 산출하여 주어진 기준에 맞는지를 판단하는 기준이 된다.

진직도와 진원도는 각각 지관의 길이방향과 원둘레가 얼마나 곧고 등근가를 나타내는 척도로서 서로 맞물려 돌아가는 두 개의 실린더 사이에 지관을 위치하고 밑부분으로부터 불빛을 통과시켜 육안으로 품질을 체크한다.

지관은 몇 겹에서 20여 겹까지의 종이를 접착제를 사용하여 적층한 것이기 때문에 원지의 품질이 지관의 품질을 결정짓는 기본요소이며 이외에도 접착제의 종류, 제조공정 기술수준 등을 들 수 있다. 폴리졸로 대변되는 접착제는 고형분의 비율과 도포의 균일성에 따라 접착강도가 달라지며 근래에는 여러가지 유형의 접착제가 다양하게 적용되고 있다. 지관 제조는 업체에 따라 기술수준차이 있으므로 품질의 차이가 존재할 수밖에 없지만 공정이 비교적 단순하여 골판지상자나 플라스틱 필름 등의 포장재 제조 분야에 비하여 업체간 수준이 그리 크다고 볼 수 없다.

지관용 원지는 골판지 원지와는 제조공정부터 달리 생산되므로 용도가 한정되어 있다. 원사의 심재(心材)로 사용되는 지관은 두께의 정밀도가 요구되므로 지관전용 원지를 사용하고 있으나 원가절감 차원에서 골판지원지를 사용하는 방안도 고려되어야 한다.

지관원지는 CB-SH, CB-SA, CB-S, CB-B, CB-D, 크라프트지, 롤지, Parchment 등

이 사용되며 품질과 사용용도에 따라 그 배합에 차이가 있다. CB 계열은 국내에서 생산되는 Core Board가 대부분으로 크라프트지와 함께 대개 지관의 내지를 구성하고 있으며 그 외의 원지들은 표면지로 주로 사용된다. 고속으로 감기는 원사용 지관의 표면지로는 색지와 Parchment가 사용되며 저평량, 고강도가 요구되고 고가의 수입지가 전량 사용되어 국산화가 시급한 실정이다.

대부분의 지관원지는 평량이 250g과 400g인 것을 사용하며 크라프트지는 57g, 색지나 Parchment는 46g~57g의 것을 많이 사용하고 있다. 국내에서는 Y제지에서 거의 독점적으로 원지를 공급하고 있어 단가설정에 있어 불합리한 점이 많은 실정이다. 표면지는 일본, 미국, 핀란드 등지에서 수입하고 있다. 최근에는 C제지에서 CI-HT, CI-AT, CI-A 등의 지관원지를 개발하여 소비자로 하여금 선택의 폭을 넓혀주고 있다. 국내 지관원지가 비슷한 품질을 가진 외산원지에 비해 가격이 상당히 비싸기 때문에 사용자들이 연합하여 지관원지를 수입, 사용도 고려하여야 한다.

지관에 대한 자료나 참고문헌은 국내외를 막론하고 거의 없는 상황이다. 지관은 비교적 특정 목적에 사용되므로 사용업체나 제조업체가 한정되어 있다. 세계 최대의 지관제조업체인 미국의 SONOCO社를 비롯하여 불과 손에 꼽을 정도의 지관업체만이 어느 정도 규모의 경제성을 갖추고 있을 뿐 대부분이 영세성을 면하지 못하고 있으며 국내의 사정도 이와 크게 다르지 않다. 이러한 연유로 지관 개발의 이론적인 밑받침이 부족, 주로 시행착오법(Trial and Errors Method)에 의한 지관개발이 이루어지고 있는 실정이다. Fig 1은 지관의 명칭이다.

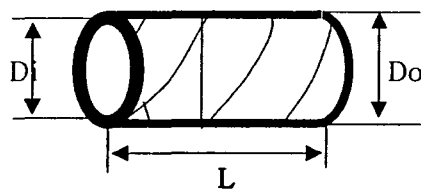


Fig 1. Diagram of Paper Tube(L: Length, Di: Inside Diameter, Do: Outside Diameter)

지관에 있어서 가장 중요한 품질요소는 압축강도라고 할 수 있다. 원사용 지관의 경우 수직압축강도보다는 평면압축강도가 중요한 요소이다. 평면압축강도는 높은 상태에

서 10cm 길이의 지관이 받는 압축하중으로 나타낸다. 따라서 Core Board의 층간접착력과 Ring Crush치가 높을수록 강하다.

형태적 요인으로서 내경에 반비례하고 두께에 비례한다. 絲速(winding speed)이 높을수록 강도가 높아야 하고 지관원지의 winding 각도가 적을수록 강도가 높아진다. 또한 접착제의 특성에 따라 20-30% 정도의 강도차이가 난다고 알려졌다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험시료의 채취

제조업체는 현재 국내 지관원지의 80% 이상을 생산하고 있는 Y제지를 비롯하여 비교적 품질이 일정하다고 판단되는 2개사(C제지, H특수지)의 14종의 원지를 롤상태의 시트로부터 채취하였다. 시험재료는 KS M 7011에 의하여 실험상 결점이 없는 부위를 30cm x 30cm 크기로 10매씩 수거하여 사용하였다.²⁾ 이들 원지를 사용하여 구미와 울산지역 지관업체 8개를 대상으로 화섬용으로 가장 많이 쓰이는 총 6 규격의 지관을 제작하였다.

2.2 시험시료의 전처리

무작위추출법에 의해 선정된 재료는 KS M 7012에 의해 72시간 동안 표준조건하(20±2℃, 65±2%RH)에서 전처리하였다.³⁾

2.3 평량 및 밀도

평량은 원지 면적 1m²의 무게(g)를 수치단위로 나타낸 것(g/m²)으로 KS M 7013에 의해 정밀저울로 소수점 3자리까지 측정하였다. 밀도는 층간결합도를 쉽게 측정하기 어렵고 지관의 균일성 유지에 중요한 요소이므로 원지의 두께를 mm 단위로 측정(L&W, Sweden)한 후 평량을 나누어 계산하였다.⁴⁾

2.4 압축강도

압축강도는 판지의 압축강도 시험방법(KS M 7051)에 따라 각 시료 당 10매씩 링크러쉬 강도를 압축강도시험기(Adamel Rheology, France)로 측정하여 비교분석하였다.⁵⁾

원지의 비(比)압축강도는 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Compress factor}(\text{kg}_f/\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{Compressive strength}(\text{kg}_f)}{\text{Basis weight}(\text{g}/\text{m}^2)} \times 100$$

2.5. 파열강도

단위면적(cm^2)에 작용하는 하중(kg)으로서 KS M 7017에 따라 측정(DY Precisions, Co., Korea)한 후 비파열강도($\text{kg}\cdot\text{cm}^2/\text{g}$)를 환산하여 비교하였다.⁶⁾

$$\text{Burst factor}(\text{kg}_f/\text{cm}^2/\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{Bursting strength}(\text{kg}_f/\text{cm}^2)}{\text{Basis weight}(\text{g}/\text{m}^2)} \times 100$$

2.6. 경제성 분석

제작된 지관은 비압축강도를 측정하고 임의로 S-C Factor(Strength-Cost Factor)와 B-C Factor(Burst-Cost Factor)를 설정하였다. 이는 각각 비압축강도÷원지가격, 비파열강도÷원지가격을 의미하며 수치가 높을수록 상대적으로 유리하다. S-C Factor와 B-C Factor는 아래의 식을 이용하여 계산하였다.⁷⁾

$$S-C \text{ Factor} \left(\frac{\text{kg}_f/(\text{g}/\text{m}^3)}{(\text{₩}/\text{kg})} \right) = \frac{\text{Compress factor}}{\text{Price}}$$

$$B-C \text{ Factor} \left(\frac{(\text{kg}/\text{cm}^2)/(\text{g}/\text{m}^3)}{(\text{₩}/\text{kg})} \right) = \frac{\text{Burst factor}}{\text{Price}}$$

2.7. 지관 강도 분석

지관은 주어진 원지를 배합하여 Table 1과 같이 샘플을 제작, 3차에 걸친 지관 강도 시험으로 동일두께에서 지관의 길이 및 지름을 변경하면서 CD 및 MD 링크러쉬치의 합과 지관의 압축강도를 비교하였다.

Table 1. Dimensions, Makers, and Paperboard Compositions of Each Paper Tube.

Dimensions (mm, Φ×L×T)	Paper Tube Makers	Paper board Compositions
75*150*7	H, J	S250*2/B400*10/B340*1/B250*1
75*200*7	W, H, J	S250*2/B400*10/S400*2 S250*2//B400*9/B250*1/S400*2 S250*2/B400*10/S400*2
94*150*7	C, W, H, J, D	S250*2/B400*10/S400*2 S250*2/B400*8/B340*1/B250*1/S400*2 S250*2/B400*10/S400*2
94*200*7	C, D, H, S	S250*2/B400*8/B340*1/B250*1 -S400*2
110*150*7 (POY)	C, J, H	S250*3/S400*3/B400*9 S250*3/S400*3/B400*7/B340*1
110*200*7	C, W, Y, S	S250*2/S400*4/B400*8

3. 결과 및 고찰

3.1 강도시험 및 결과분석

시험결과 측정평량이 표시평량을 상당히 상회하고 있으며 이것은 원지 거래시 물당 무게로 가격이 매겨지기 때문으로 분석된다. Table 2에서 파열강도는 CS-SA400이 가장 높았으나 비파열강도로 환산한 경우 CB-SA250이 더 높은 것으로 나타났다. 압축강도는 CD, MD 공히 CB-SH400이 가장 높았고 비압축강도 역시 가장 높았다. CB-SA250은 그보다 평량이 높은 CB-S400이나 CB-B400보다 비압축강도가 높았다. 반면 CB-D250은 평량과 관계없이 가장 품질이 낮은 원지로 나타났다. 전체적으로 볼 때, 일반 골판지원지의 경우보다 원지 표시 평량이 제각각으로 기준을 재조정하여야 할 것이며 평량에 따른 강도도 일관성이 없는 경우가 많았다.

Table 2. Physical Performance Test Results of Paperboards used for Paper Tubes.

Materials	B a s i s Wt. (g/m ²)	Thick. (mm)	Density (g/cm ³)	Burst (kg/cm ²)	Burst /B.W.* ¹	Ring Crush (kg)		R.C. /B.W.* ²
						CD	MD	
						CB-SH400	450	
CB-SH250	276	0.357	0.773	10.8	3.9	65	90	23.6
CB-SA400	438	0.580	0.755	17.4	4.0	130	164	29.7
CB-SA250	264	0.337	0.783	11.9	4.5	69	84	26.1
CB-S 400	445	0.594	0.749	15.2	3.4	113	159	25.4
CB-S 250	269	0.352	0.764	9.9	3.7	61	86	22.2
CB-B 400	446	0.598	0.746	15.4	3.5	103	142	23.1
CB-B 340	363	0.470	0.772	12.0	3.3	80	114	22.0
CB-B 250	273	0.363	0.752	8.5	3.1	56	79	20.5
CB-CA400	440	0.655	0.672	11.6	2.6	90	118	20.5
CB-C 330	332	0.448	0.741	6.1	1.8	51	68	15.4
CB-D 400	430	0.659	0.652	5.9	1.4	62	81	14.4
CB-D 340	339	0.464	0.733	4.7	1.4	46	61	13.6
CB-D 250	252	0.342	0.737	3.6	1.4	31	48	12.3

※ Remarks

*1 : Burst / Basis Weight = (파열강도 ÷ 표시평량) x 100

*2 : Ring Crush / Basis Weight = (CD의 R.C치 ÷ 표시평량) x 100

3.2 경제성 분석

화섬용 지관의 품질요인 중 가장 중요한 것은 지관의 압축강도이다. 이 압축강도의 지표가 되는 것이 원지의 압축강도(링크리쉬 치)로 지관의 적정포장설계를 위하여 원지의 원가부담을 줄이면서도 제품유통에 충분한 강도를 가질 수 있는 재질을 선택하는 것이 가장 바람직하다고 하겠다. 또한 파열강도 역시 지관 설계시 고려해야 할 중요한 요소이다.

Fig 2은 지관 원지의 가격대비 원지의 비압축강도 및 비파열강도를 비교한 것이다.

비압축강도 계산시 링크러쉬 치는 폭방향(Cross Direction)을 기준으로 삼았다. S-C Factor의 경우 CB-CA400이 가장 높았고 B-C Factor의 경우 CB-B400이 가장 높았다. 종합적으로 CB-CA400이 품질대비 경제성이 가장 좋은 것으로 판단된다.

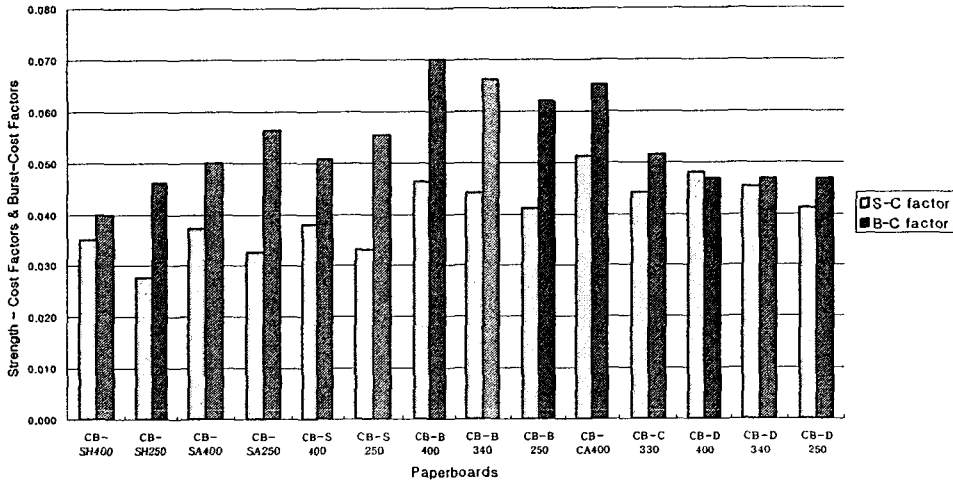


Fig 2. Strength-Cost Factors and Burst-Cost Factors of each Paperboard. Each B-C factor was multiplied by 10 for easier comparison with S-C factor.

한편 이러한 결론은 원지의 가격동향에 따라 다소간의 차이는 발생할 수 있으므로 국제 펄프가격 및 고지의 가격동향과 국내 원지의 가격동향에 맞추어 원지를 선택하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다.

3.3 지관의 압축강도

Table 3은 생산된 지관 원지의 링크러쉬 시장이 형성되어 있으나 전반적인 연구가 거의 없는 실정이다. 이 연구는 지관원지배합에 따른 화섬용 지관의 강도변화를 측정하고 적정강도를 가진 지관설계를 위해 이루어졌다. 지관은 실로 감았을 때 강한 압축하중을 받기 때문에 수평압축강도가 중요한 요소가 된다. 수평압축강도는 지관 원지의 물리적 특성이 낮고, 지관의 길이가 짧으며 직경이 크고, 두께가 두꺼울수록 낮았으며

단순히 링크러쉬치의 합으로는 강도를 예측하기 어려웠다. 따라서 지관의 설계를 위해서는 원지의 배합도 중요하지만 지관형태 역시 적정강도를 설계하는 중요 요소인 것으로 판단된다.

인용문헌

1. George G. Maltenfort, Performance and Evaluation of Shipping Containers, Jelmar Publishing Co., Inc., NY. pp36-39
2. Korean Standards Association (1990) Sampling method of testing paper. KS M 7011.
3. Korean Standards Association (1990) Conditioning of paper and paper board for test. KS M7012
4. Korean Standards Association (1990) Testing method for basis weight of paper and paperboards. KS M 7013
5. Korean Standards Association (1990) Testing method for ring crush of paperboard. KS M 7051
6. Korea Standards Association (1990) Testing method for bursting strength of paper and paperboard by mullen low pressure tester. KS M 7017
7. Kim, Su-il, Studies on Design of Corrugated Fiberboard Box for Agricultural Product, Daegu University, 2000, 11-13