クラフト紙の強度について (第1報)

破袋試験の解析*

藤波宣陽・岡村武文・平野睦夫**

Studies on the Strength of Kraft Paper

Part 1. The Analysis on Drop Testing

Nobuakira Fujinami, Takefumi Okamura and Mutsuo Hirano

(Research Laboratory, Toyo Pulp Mfg. Co. Ltd. Kure, Hiroshima, Japan)

In these studies the relation between the drop number and the static strength properties of paper was discussed. We assumed that drop numbers at destruction was related to the strength which decreased linearly and largely with the increase of drop numbers.

The stretch tended to be correlative as mentioned above, but the bursting strength and the tear strength did not.

To evaluate the service strength of the bag paper, the rate of decrement of strength was more important than those of virgin paper.

§1 緒 論

クラフト重包装紙の強度を評価するために JIS で定められている試験法は、ほとんどが破裂、引張等の静的試験であるが、強度評価の最終的な決め手としては破袋試験で優劣を決めているのが現状である。

ところでこの試験は非常に非能率的であり、かつ破袋までの落下回数には、ばらつきが大きく充分には信頼できない点に悩みがある。実際、紙自体の強度にそれほど大きなばらつきがあるとは考えられず、破袋箇所は内容物をつめるとき、あるいは落下試験中にできたしわ、折り目などの欠陥部で生じている。従って破袋までの落下回数には、周知のように大きなばらつきが存在するものと考えられる。

しかし、落下時に紙に加わる衝撃エネルギーは、もちろん袋の部分によって違いがあるだろうが、各部分に加わるエネルギーは終始一定であり、従って例えば落下回数が倍になると、紙はその全部分に対して倍のエネルギーが加わったことになる。

そこでその後で、紙の各強度を測定すれば、落下試験において紙に与えられる衝撃力が、紙の種々の力学的性質に及ぼす影響が解明できるであろう。

こういった観点から、われわれは破袋試験の解析を目的とする実験として、砂をつめた袋を落下させ、ある落下数間隔で、その袋の種々の強度を測定し、破袋試験において紙に与えられる衝撃力と紙力評価のための静的試験との関連性を把握しようとした。

§2 実験方法

試験試料は3種類のクラフト重包装紙を用いた。(これをA, B, Cで表示する)

袋は $36.5 \times 27\text{cm}$ の長方形の糊貼り袋で上下口を他の紙で2重に補強して糊づけし、糊貼り箇所からの破袋を防いだ。

作製した袋は、袋の長い方向を紙の縦方向にしたもの(これをXで表示する)と、袋の短い方向を紙の横方向にしたもの(これをYで表わす)の2種類にした。従って袋の種類は6種類となる。

微細な砂を内容物とし、6kgの重量としてこれを140cmの高さから水平落下させた。そして5回の落下間隔数、すなわち5回、10回、15回、20回の各場合で落下試験を中止し、各々の袋を紙力試験に供した。

各段階で4袋ずつ採取し、1袋を破裂強度、1袋を引裂強度、残る2袋で紙の縦横のショッパーによる引張り試験、並びに自製の自動記録式引張り試験機で

図1 自記記録式引張試験機

* 原稿受付 35. 6. 20

** 東洋パルプKK 異工場研究課

第2図 自記記録式引張試験機 (側面図)

stress-strain 試験をおこなった。なお、自動記録式引張り試験機は第1, 2図のような簡単な装置である。

第1図においてクランプaは固定し、クランプbは自由に動くようにして、試料を両クランプ間に挟み、荷重負荷装置のウォーム・ギアを廻してクランプbを引張る。破断までの刻々の荷重は途中にあるバネ計りで読みとれるが、これは抗張力記録装置のドラムにまきつけたグラフ用紙にペンで記録される。一方伸びは伸度記録装置で荷重をかけている間の刻々の伸びを2個のプーリーにより検出拡大されて記録できる。これはゴムひものついた糸を引張ってクランプa, bにとりつけ、この糸が途中で伸度記録装置のプーリーと接触している。試片に荷重をかけ、伸びが表われるとクランプbが動き、それにつれてゴムのついた糸が縮み、その時プーリーを廻す。このプーリーの動いた量は他のプーリーにより3.3倍に拡大され、ドラム上のグラフ用紙に記録される。これらのドラムはワーレン・モーターで作動し、1回転/5分である。すこし練習すると、等速荷重で引張ることができるようになり、従って別々に分る伸びと荷重の記録を合成させなくて

すむようになる。

§3 実験結果

第1表に破袋するまでの落下回数並びに処女紙の強度を示す。

ここでXは下図のように袋の縦を紙の縦として作製したもの。

B, C紙は袋の縦方向に紙のマシン方向をもって来て作ったもの(現行の製袋方法)が、袋の横方向に紙のマシン方向をもって来て作った袋よりも落下回数が多く、又A紙では両者にほとんど差が認められない。

次に落下回数と落下試験が各種強度に及ぼす影響について調べてみる。

袋を落下させた場合、地面と接触する面(これを袋の裏側とする)とその反対の面(袋の表側とする)との差違を調べるために、それぞれを別に切り離したあと紙力試験をおこなった。

第3, 4図に袋の表側の伸びと落下回数の関係をグ

第1表

紙の種類	袋の種類	坪量	破袋までの落下回数, 平均値	標準偏差	引張強度		伸び		引裂強度		破裂強度
					縦	横	縦	横	縦	横	
A	X	81.7	15	3.90	9.45	3.83	3.47	9.43	156	158	3.51
	Y	"	16	5.86	"	"	"	"	"	"	"
B	X	81.0	19	5.89	9.19	4.17	3.78	9.35	141	172	3.70
	Y	"	13	6.43	"	"	"	"	"	"	"
C	X	88.3	16	9.50	9.48	4.44	4.01	9.01	163	192	3.68
	Y	"	11	3.63	"	"	"	"	"	"	"

ここでXは左図の如く袋の縦を紙の縦にして作ったもの

" Y " 横 "

ラフに示した。第1図を見ると、X(袋の縦を紙の縦方向としたもの)とY(袋の横を紙の縦方向としたもの)とでは、Yの方が伸びの減少量が小さい。又第2図では逆にXの方が小さい。落下試験で衝撃エネルギーが多く与えられた方がその後の引張り試験での伸びの低下が大きいと考えられる。

上の事実から、袋を落下させた場合、袋の縦方向により大きな衝撃エネルギーが加わっていることを明示している。

更に、落下前には大きな伸び

を示す紙が落下試験での衝撃エネルギーにより急激に減少していくものと、それほど減少しないものがある。

紙力の評価には、最初の強度の測定と同時に、この疲労した後の強度、すなわち強度の低下率も重要な因子となっている。あるいは低下率こそ最も重要なものであるかもしれない。たとえば第1図のB紙とC紙の伸びを見ると、最初の伸びはC紙の方が大きい、落下させて行くとC紙の方が伸びの低下率が大きく、落下数10回以上ではB紙の伸びが高くなって来る。

強度の低下率が重要なことは理論的にも承認できるし、又第1表を見ると伸びの低下率の少ないB紙の方が破袋までの落下回数が多い。

それでは、この強度の低下率(疲労)の簡単な測定はどうすればよいだろうか?

静的試験としてはクリープ試験、応力緩和試験などが、又動的試験としては繰り返し衝撃試験などが考えられる。又どのような力学的性質を示す紙が疲労に対する抵抗が大きいかについては、現在のところ定量的には示し得ないが、これ等については次報でふれたい。

第5図～第9図は袋の表側の落下回数と抗張力、引裂強度、破裂度との関係である。

袋を落下させて行くと、落下毎に袋は破袋へと近づ

いて行く。従って原理的には、落下回数が増加につれて直線的に減少する強度が破袋と最も相関が高いといえるだろう。こういった観点からこれ等のグラフを解析してみると、これに近い関係を示すのは第3, 4図の縦伸び、横伸びである。第5図の縦引張りにもこの傾向が見られる。しかし第7, 8図の引裂強度と落下回数との関係はそれほど直線的でなく、こういう糊貼り袋の場合、引裂強度は破袋との相関性が薄いと推論できる。第9図の破裂強度についても同様に相関性が薄いといえる。

第10, 11図に袋の裏側についての伸びと落下回数との関係を図に示した。

第10, 11図においても落下回数の増大とともに伸びは減少して行くが、その低下量は第3, 4図の袋表側の伸びの低下量に較べると非常に小さい。図は省いたが引張りにも同様の関係が認められる。これらの図から表側の方が強度の低下が著しいことが認められる。これは袋を落した場合、落ちた瞬間内容物はその上の部分が四方に拡散し、それが紙に瞬間的な張力としてかかる。下の部分の内容物は地面に接して、そのまま安定状態にある。従って袋の表側の強度の低下が著しいものと思われる。又図は略したが、袋の端の部分と中の部分に分けて各種強度と落下回数との関係をプロ

ットすると、端の部分が強度の低下が大きいことが分った。

金属材料試験等では精密な試験装置で破袋試験と同じ原理の繰返し衝撃試験が行われているが、それによると繰返し数が $10^3 \sim 10^4$ を境として、それ以下で破壊する場合には材料の粘さ、もろさの性質に影響され、それより多い繰返し数で破壊する場合には疲労の性質に影響されると結論されてある。紙においてもこうした現象は存在するであろう。

“もろさ”とか疲労性を考慮する場合は、単に破壊伸びとか破壊抗張力よりもむしろ紙のレオロジー的性質が重要な因子となっている。

又前に処女紙の強度だけでなく、強度の低下率が重要な因子となっていることを述べたが、この強度の低下率に関与する紙の性質として、弾性伸び、降伏点、ヤング率等 stress-strain 曲線から求まる種々の物理的性質が大きな因子となっていることが予想される。これらのことから、紙のレオロジー的性質、なかんずく stress-strain 曲線と破袋試験との関連性を求めることが重要な課題であるが、破袋試験そのものが純粋な衝撃試験とは認めにくい(試験中折り目、しわ等が入りそこから破れることが多い)。従って錘り落下による繰返し衝撃試験を採用し、第2報で充分検討することにして、本報では概観的に眺めることにとどめた。

第12, 13図にB紙の袋表側の落下回数と stress-strain 曲線との関係を示す。なおこの装置は前記の装置で行ったものである。

図中の数字が各々落下回数を示している。紙のマシン方向では傾向として落下回数10回、あるいは15回で紙は最も硬くなり(ヤング率が最高)、20回では急

激に低下している。クロス方向についてははっきりした傾向がつかめない。

§4 結 論

小型の糊貼り袋の破袋試験を行い、落下途中の紙の各種静的強度の変化から、破袋と相関のある強度の判定、並びに破袋試験の解析を試みた。

その結果は次のようなものである。

- 1) 落下回数の増加とともに直線的にしかも大きく減少する強度が破袋試験と一番相関が高いと考えられるが、この仮定からみると、縦伸び、横伸びが破袋との相関が高く、引裂き、破裂ではそれがあまり認められない。

められない。

- 2) 強度試験では処女紙の強度よりも、むしろ強度の低下率が重要な意味を持ち、低下率の大きい紙が破袋までの落下回数が低い。
- 3) 縦と横の長さの違った、いわゆる長方形の袋を落下させた場合、長い方に衝撃エネルギーがより多く加わる。
- 4) 傾向としていえることであるが、袋の縦方向に紙のマシン方向をもって来て作ったものが、袋の横に紙のマシン方向をもって来て作った袋よりも破袋までの落下回数が多い。
- 5) 3) と 4) から衝撃エネルギーの多く加わる方を紙のマシン方向にするのが望ましいと結論できる。
- 6) 袋の直接落下面と、その反対側とを比較すると、反対側に衝撃エネルギーが多く加わる。
- 7) 袋の端と中央部とを比較すると、端にエネルギーが多く加わっている。

文 献

- (1) J. Bergstrom, “紙袋の動的条件下での実用的強度—統計学的検討—”: Svensk Papperstidning 61(1958): 5, 119.
- (2) O. Andersson and C.-B. Ihrman, “動的荷重下の袋紙の挙動—(第1報) 紙袋の落下試験と関連しての2, 3の観察”: Svensk Papperstidning 62(1959): 9, 303.

リゲニンスルホン酸に関する研究 (744 頁より)

そしてフェノール基に対する塩の生成は考慮する必要がなく、正規塩以外の付加反応は少なくとも室温下における反応では起っていない。

このことは β -ナフチルアミン、アニリン等の芳香族アミンの場合も同様であると考えられる。

後 記

この研究の費用の一部は文部省科学試験研究費補助金を使用した。

引 用 文 献

- (1) 館勇, 林晄, 小島義一, 東辻健: 紙パ技協誌 (第1報: 紙パ技協誌第14巻第112号)

- (2) 館勇, 中井章能, 小島義一: 紙パ技協誌 (投稿中・第3報)
- (3) J. L. Gardon and S. G. Mason: Can., J. Chem. 33 1477 (1955)
- (4) P. Klason: Ber., 53 706, 1864 (1920)
- (5) S. V. Hintikka: Cellulosechem. 4 93 (1929)
- (6) 内田潤一: 工化 44 1075 (1941)
- (7) 千手諄一: Bull. Chem. Soc. Japan 25 131 (1952), 26 143 (1953)
- (8) S. I. Aronovsky: Paper Trade J., 113 No. 7 27 (1941)