クラフト紙の強度に関する研究*

第2報 乾燥中の張力が紙力に及ぼす影響 (1)

藤 原 行 雄**

§ 1 緒 論

機械抄造紙の強度の異方性は、繊維配列と乾燥中の収縮阻止とがその主な原因と考えられている。そして、繊維配列は、ワイヤーパートにおける紙層形成中に生じ、収縮阻止は、ドライヤーパートで乾燥中に起ると考えられる。乾燥中に紙葉に加えた張力が仕上がった紙の強度にどのような影響を与えるかという問題について、今日までに多くの研究が発表されている。しかし、これらはいずれも一方向に張力を作用させ、その方向の抗張力、伸度等を測定したものであり、それと直交する方向の張力は考慮されていない。

抄紙機乾燥部で紙葉のうける作用は、マシン方向の引張りとともに、カンバス及びドライヤー表面との接触によるクロス方向の収縮阻止があるので、この点を考慮することが必要である。

ここに述べる実験では、等方性手抄紙の縦と横の方向に張力を加えながら乾燥させ、各方向について紙力の異方性がどのように発展するかを研究した。この目的のために直交する二方向に張力を加え得る装置を考案した。湿紙は水平方向に支持され、上方より電気ヒーターの輻射熱で乾燥される。乾燥時間と乾燥度の関係を求めておき、次に乾燥中の一定時間毎に紙葉の縦および横方向の収縮率を測定した。乾燥収縮率と紙葉に加えた張力とは、非常に興味深い関係にあることが見出された。横方向の張力を一定にして、縦方向の張力をいろんな大きさにした場合、抗張力、伸度、破裂度が如何なる変化傾向を示すかを調べた。又この傾向は、横方向の張力が異なる場合に、どのような相違があるかについて研究した。乾燥収縮は乾燥紙の引張試験における伸度と密接な関係にあることが示される。第1報***において、著者が提出した破裂度の関係式を適用して、抗張力と伸度から破裂度を計算し、実測値と比較した。両者の間にはかなりの差が認められるが、全般的傾向は一致している。

§ 2 実験装置

Fig. 1 に、この実験に使用した装置を示した。AB及びCDの二対のクランプで湿紙を固定し、水平方向に支持する。クランプで固定した部分と自由端部分との収縮差によるしわの発生を少なくするために、図に示したように湿紙に切れ目を入れた。湿紙の上方約35 cmの位置に、1 kw 電気ヒーターを下向きに固定して、

Fig. 1 実験装置.

上方から輻射線を照射して乾燥させた。クランプは麻紐、滑車、重錘により一定の力で引張られる。クランプは紙葉の収縮伸長に応じて、前後に自由に移動するように鉄線レールで支持されている。実験に用いた手抄紙は 25cm×18cm の大きさで、紙力試験に供する部分は 12cm×12cm の寸法である。手抄紙は奥研式を改造した装置を使用して、8% 水分換算で米坪 83 g/m² になるように作成した。原料はローエ価 5.8 のクラフトパルプを実験用ビーターで 400 c.c まで叩解したものを用いた。紙葉の収縮率及び伸長率は次のよ

* 原稿受付 31. 8. 12

** 東洋パルプKK 異工場研究課

*** 本誌投稿中

うな簡単な方法で測定したが、精度は余り良くない。湿紙の縦横の方向に長さ 10 cm の線を印しておき、乾燥中にこの長さの変化を 1 mm 目盛の物差しで 0.2 mm まで読み取った。一定の乾燥条件について四枚の紙葉を乾燥させ、二枚を破裂度試験に、残りの二枚を各々、縦方向と横方向の引張試験に供した。測定回数はいずれも 6 回である。

§ 3 乾燥度と乾燥収縮率との関係

Fig. 2 に乾燥時間と紙葉水分の関係を示した。これは圧力 50 p.s.i. 時間 10 分のプレスにより、水分約 70 % になった紙葉を一定時間乾燥させ、前後の重量変化および絶乾重量を天秤で測定して求めたものである。Fig. 3 は紙葉に 10 g/cm の張力を加えて乾燥させた時の乾燥時間と乾燥収縮率との関係である。この程度の張力は紙葉を平面に保つための最少限度の大きさで、自由収縮の場合とほとんど同一とみなせる。

Fig. 2 乾燥時間-乾燥度

Fig. 3 乾燥時間-乾燥収縮率

Fig. 4 乾燥度-乾燥収縮率

以上二つの関係から乾燥度と収縮率との関係を求めると Fig. 4 が得られた。収縮は水分 65 % 付近に始まり水分 10 % 付近にいたるまで、ほぼ直線的に 3.5 % 収縮している。水分 10 % 以後の急激な収縮は乾燥過度による紙葉のコックリングによるものである。

§ 4 乾燥中の張力と乾燥収縮率との関係

横方向の張力を 10 g/cm とし、縦方向の張力をそれぞれ 10 g/cm, 50 g/cm, 100 g/cm, とした場合、各方向の収縮率と乾燥度の関係を Fig. 5 に示した。張力による縦横の収縮差は湿紙に張力を加えた時すでに発生しており、乾燥中にさらに収縮差は増大する。縦方向の張力を大きくすると、この方向の収縮は減少し、横方向の収縮は増大する。張力と収縮の関係を広い範囲について測定し、Fig. 6 のような関係が得られ

Fig. 5 張力による縦横の乾燥収縮差

Fig. 6 乾燥中の張力と乾燥収縮

た。図において、横軸は乾燥中の縦方向の張力をとり、縦軸には乾燥終了時の紙葉の収縮率が目盛っている。横方向の張力が 10 g/cm, 50 g/cm, 100 g/cm, 200 g/cm の場合に対して、縦方向に 10 g/cm から 300 g/cm までの範囲のいろんな張力を加えた時の各方向の乾燥収縮率を示す曲線が示されている。ここで縦方向と横方向を指定したが、紙葉は最初は全く等方性であるから、縦横は張力に関して相対的の意味をもつだけである。したがって、例えば横方向の張力が 50 g/cm で縦方向張力が 100 g/cm の場合の縦方向の収縮率は、横方向の張力が 100 g/cm で、縦方向張力 50 g/cm の場合の横方向の収縮率と同等である。このような考え

にしたがって、図表上の点を拡張していくと、Fig. 6

Fig. 7 張力と紙力の関係

のような直線群と曲線群が得られる。図において、実線部分は実測値に基づいて画いたもので、破線部分は

Fig. 9 張力と紙力の関係

Fig. 8 乾燥中の張力と紙力の関係

Fig. 10 乾燥中の張力と紙力

上述の方法で補足した点にもとづき画いたものである。これら二曲線群は相互に同等であり、標示方法が異っているだけである。張力と収縮との関係の著しい特徴は、縦方向の張力の増大に応じて、同方向の収縮は曲線的に減少し、横方向の収縮は直線的に増大していることである。

§5 乾燥中の張力と紙力との関係

張力を縦横同一とし、10 g/cm から 200 g/cm の大きさの範囲に対して、張力に応じて紙力がどのように変化するかを Fig. 7 に示した。破裂度と抗張度は最初やや増大し、後張力の増大によって減少する。伸度の減少は著しい。次に横方向の張力を 10 g/cm, 50 g/cm, 100 g/cm, 200 g/cm とした場合の各々に対して、縦方向の大きさに応じて紙力がどのように変るかを調べた。Fig. 8~Fig. 11 に結果を示す。Fig. 8 に

Fig. 11 乾燥中の張力と紙力

よれば、横方向の張力 10 g/cm の時、縦横の抗張力は、縦方向の張力 200 g/cm までは両者とも次第に増大し、それ以上ではやや急激に減少している。縦方向の伸度は張力によって曲線的に減少するが、横方向の伸度は直線的に増大している。この傾向は乾燥収縮の張力に対する傾向と非常に類似しており、両者の間の密接な関係を暗示している。破裂度は縦方向の伸度の減少により、最初は僅かだけ減少するが、抗張力の増

大で補われて、張力 200 g/cm まではほとんど一定に保たれる。張力がさらに増すと抗張力の減少により破裂度も減少する。図において破線で示した曲線は、著者が第 I 報で提出した関係式を用いて、抗張度と伸度より計算した破裂度予測値にもとづき画いたものである。

Fig. 9 は横方向の張力を 50 g/cm とした場合で、Fig. 8 と比較すると、著しい相違が認められる。この場合、縦方向の張力が 50 g/cm の時、縦横の張力が一致し、紙葉は等方性となっている。縦方向の抗張力は張力の増大につれて大きくなり、Fig. 8 の場合には減少の傾向があらわれた 250 g/cm になっても、依然として増大している。これに対し横方向の抗張力は、張力 100 g/cm ですでに減少の傾向を生じている。Fig. 10 は横方向の張力 100 g/cm の場合で、紙力の変化傾向は Fig. 9 と根本的な相違はみられない。Fig. 8 から Fig. 11 までのいずれについても、伸度の張力に対する変化傾向は乾燥収縮のそれと類似している。しかし、収縮率と伸度とは量的には一致していない。この点に関しては後に詳しく考察する(第3報*参照)

乾燥中の張力により、抗張力が増大する理由については、決定的なことはわからないが大体次のように推定される。湿紙中の可塑性をもった繊維は張力の加った緊張状態の紙葉中で、ポテンシャルエネルギーがなるべく低い安定状態に配列する傾向がある。即ち繊維は張力方向に向きを変えたり、屈曲繊維が伸長したり、繊維間の空隙が詰ったりする。これは結果的には、繊維全体として僅かながら張力の大きな方向に配位し、繊維間接触は増大する。縦横の抗張力がともに増大するのはこのためと考えられる。又繊維が張力の大きな方向に、ある程度配位することは、張力の大きな方向の抗張力を、より大きくする。張力がある限度をこえると、繊維間の絡み合によって湿紙は破壊に到らず張力に耐えうるが、繊維間には空隙が生じてくる。これは大きな張力を加えた時、湿紙が空気を含んで白色を帯びてくることより推定される。その結果として、抗張力は減少する。以上は、湿紙中の張力の作用だけについて考えたのであるが、乾燥中の各段階における張力の影響を考慮することが必要である。このためには張力の条件を変えて実験を行わねばならない。

§6 結 論

等方性手抄紙の縦および横方向に張力を作用させて乾燥させると、紙力は次のような結果となった。

* 本誌投稿中

1) 横方向の張力が比較的小なる場合、縦方向の張力の増大とともに、縦横の抗張力は増大する。張力が一定限度をこえると、抗張力は縦横ともに減少する。

2) 横方向の張力が比較的大なる場合、縦方向の張力の増大により、同方向の抗張力は増大する。これに対し、横方向の抗張力は最初僅かに増大した後、減少する。

3) 乾燥収縮と伸度とは、乾燥中の張力に対して、類似した変化傾向を示す。即ち縦方向の張力増加に対して、収縮率又は伸度は、縦方向では急激に曲線的に減少し、横方向では直線的に増大する。

4) 破裂度の変化傾向は、抗張度と伸度により定ってくる。これに対して、著者が第1報で提出した関係式が近似的に成立する。

以上の結果は、乾燥中の張力が始終一定に保たれた場合に得られたものである。したがって、これだけから機械抄造紙が乾燥部でうける作用と、その結果として生ずる紙力の傾向との関連を求めることは無理であり、さらに多くの実験結果の蓄積を待たねばならない。

文 献

- 1) Walter Brecht, Dieter Pothman Das Papier 9 304 (1955)
- 2) H. F. Rance TAPPI 37 640 (1954)
- 3) H. F. Rance "Mechanical Properties of Wood and Paper" Amsterdam North Holland Publishing Co. (1953)
- 4) S. F. Smith T.S. of B.P. & R.M.A. 31 Part I (1950)

Studies on the Strength of Kraft Paper Report 2 Influence of the Tension during Drying upon the mechanical Properties of the Paper Sheet (1)

Yukio Fujiwara.

Isotropic wet handsheets were dried by radiation of electric heater under various tensions, and behaviors of the paper sheets were investigated. Handsheets were made from kraft pulp of Roe No. 5.8, beaten to a Canadian freeness of 400 cc. The basis weight of the dried sheets was 83 g/m² at 8% moisture content.

Results obtained by the experiment are as follows:

1) When tension of the wet sheet in the transversal direction is fixed at 10 g/cm and tension in the longitudinal direction is set various values in the range of 10 g/cm to 300 g/cm, tensile strength of the both directions becomes larger with increase of the longitudinal tension to 250 g/cm, above which they decrease somewhat rapidly (See Fig. 8)

2) When the transversal tension is fixed at 50 g/cm or 100 g/cm, tensile strength in the transversal direction decreases at the lower value of the longitudinal tension, but longitudinal tensile strength increases in the whole range of longitudinal tensile strength increases in the whole range of longitudinal tension. (See Fig. 9, Fig. 10)

3) Breaking elongation in the longitudinal direction becomes smaller remarkably as the tension of the same direction increases, while elongation in the transversal direction becomes larger linearly. (See Fig. 8 ~ Fig. 10)

4) The tendency of dry shrinkage for the increase of tension is analogous with that of the breaking elongation, which appears to suggest a close relationship between breaking elongation and dry shrinkage (See Fig. 6 and Fig. 8 ~ Fig. 11)

5) Bursting strengths, calculated by the formula which the author has given in the preceding paper, are represented by dotted lines in Fig. 7 ~ Fig. 11. Calculated values have almost the same tendency for the increase of tension as that of the measured values.