クラフト紙の強度に関する研究 (第3報)*

乾燥中の張力が紙力に及ぼす影響 (2)

藤 原 行 雄**

Studies on the Strength of Kraft Paper

Report 3. Influence of the Tension during Drying upon the Mechanical Properties of the Paper Sheet (2)

Yukio Fujiwara.

Hand-sheets were made and dried by the same method as described in the author's previous report, and dried sheets were dipped in the water and expansion on wetting was measured

The wet expansion is as large as the actual dry shrinkage of the paper sheet dried under relatively high tension, but unrecoverable part on wetting is produced in the dry shrinkage of the sheet dried under lower tension. (See Fig. 5, Fig. 6)

A part of the breaking elongation is assumed to be ascribed to the reversal process of the dry shrinkage, and the rest part of the elongation is about 3% in both longitudinal and transversal directions, which is affected a little by the tension during drying. This part of elongation is possibly ascribed to the extension of the fibers themselves and slipping between fibers accompanying fiber-bonds breakage.

It is ascertained that the tendency of the strength of paper for the increase of the tension is affected by the difference of stock preparation, beating and press.

§ 1 緒 論

第2報では、乾燥中の紙葉の縦横の各方向に加えた張力により、抗張力、伸度、破裂度がどのようにに変化するか、又縦横の強度の異方性がどのようにに発展するかについて、実験結果を示した。乾燥時の張力が紙力に及ぼす影響は、乾燥前のプレス圧、原料の叩解度、叩解方法などと関連のあることは当然である。この点を確かめるために、工場抄紙機前のリフラーより原料を採取して手抄紙を作成し、実験を行った。実験用ビーターで叩解した原料と、ファイバーマスター、ストックメーカー叩解の工場原料とは、乾燥中の張力に対して、明らかに異なった変化傾向を示している。

張力を作用させて乾燥した紙葉を水に浸潤し、その際の紙葉の膨脹率を測定し、張力の大きさとの関係を求めた。さらに最初の乾燥における紙葉の実質的な収縮率と水浸膨脹とを比較して、両者間に注目すべき関係があることを確かめた。

第2報で示したように、乾燥収縮と引張伸度とは張力に対して著しい類似性をもっている。この点について、紙層構造の観点から考察を進めた。乾燥収縮は引張力により伸度の成分に転化しようと推定して、全伸度からこの部分を引去ると、縦横ともに3%前後が残る。これは張力によって幾分影響されている。伸度の

この成分は乾燥収縮以外の機構と関連づけられる。

§ 2 プレス圧及び叩解方法の影響

乾燥中の張力が紙力に及ぼす影響は、乾燥前のプレス圧の大きさ、原料の叩解度、叩解方法と関連がある。

Fig. 1 乾燥張力と紙力の関係

* 原稿受付 31. 8. 12

** 東洋パルプKK 製工場研究課

この点を調べるために、工場抄紙機前のリフラーより原料を採取して手抄紙を作成し、第2報と同様の要領で実験を行った。Fig. 1 はプレス圧 70 p. s. i. で10分間、Fig. 2 は 35 p. s. i. で10分間のプレスを行った場合に得られた結果である。両者を比較すると、プレス圧が大なる時、縦方向の張力の一定範囲内での増加に対し、抗張力は縦横ともに増大する。しかしプレス圧が小なる時には、横方向の抗張力は縦の張力の増大に対し何ら増大を示すことなく最初から減少している。Fig. 1, Fig. 2 と第Ⅱ報 Fig. 8 を比較すると、伸度、抗張力の相違が目立っている。両者の差は叩解方法によるものと考えられ、実験用ビーターで粘状叩解した原料では抗張力が著しく大きく、伸度は比較的小さくなっている。Fig. 1 では伸度は自由収縮の際 9.5% もあり、張力により横方向の伸度は12%以上にも達する。しかし、縦方向の伸度の減少は Fig. 8 の場合よりも著しい。同じ原料で 70 p. s. i. 10 分間プレスした手抄紙について、横方向張力を 50g/cm とした時の紙力の変化傾向を Fig. 3 に示した。この場合、横方向伸度の直線的増加は妨げられている。抗張度は縦方向では直線的に増大し、横方向では直線的に減少している。この場合、紙力の異方性は、張力が大になると、機械抄造紙に非常に接近してくる。ここでは張力条件が乾燥中に一定に保たれているので、抄紙機における条件と非常に異なっているが、乾燥中の張力を適当に設定することにより、等方性手抄紙から、機械抄造紙と同じ性質の紙がつくられる可能性が十分あると考えられる。

§ 3 乾燥収縮と水浸膨脹との関係

Fig. 4 において、A, B の二線は、横方向張力 10g/cm で、縦方向張力 10g/cm ~ 300g/cm として乾燥した紙葉の引張試験における各方向の伸度を示している。C, D は湿紙の各方向に張力を加えた直後の紙葉の伸長および収縮を、又 E, F は乾燥終了時の収縮又は伸長を示している。湿紙に加えた張力で、紙葉は乾燥前に C, D 曲線で示されるような変形をしているから、乾燥中の実質的な収縮は、縦方向では C と E の差となり、横方向では D と F の差となる。この乾燥収縮と、乾燥紙を水で浸潤した時の水浸膨脹を比較した。Fig. 5 において、破線 AB は縦および横方向の実質的乾燥収縮率であり、A' B' は水浸膨脹率を示している。横方向の収縮率は縦方向張力の全範囲に対して、水浸膨脹率より約 1% 大きくなっている。縦方向の収縮率は、張力の小なる範囲では水浸膨脹を上まわっているが、張力が 100g/cm 以上では両者は殆んど一致している。乾燥紙を水浸した際の膨脹と、再乾燥時の収縮は、繊維自身の膨脹収縮にもとづくものと考えられている。比較的

大きな張力のもとで乾燥した場合、乾燥収縮率と水浸

Fig. 2 乾燥張力と紙力の関係

Fig. 3 乾燥張力と紙力の関係

Fig. 4 伸度、乾燥収縮湿紙伸長収縮

Fig. 5 乾燥張力に対する乾燥収縮と水浸膨脹の関係

膨脹率は大きさにおいて殆んど一致する。張力が小さい時には、水浸によって回復しない収縮成分が生じていることがわかる。Fig. 6には、横方向の張力を100g/cmとして乾燥した紙の水浸膨脹率と乾燥収縮率

Fig. 6 乾燥張力に対する乾燥収縮と水浸膨脹の関係

を示した。この場合、縦方向張力の全範囲において、横方向の乾燥収縮率と水浸膨脹率とは殆んど一致する。100g/cmの張力により、Fig. 5でみられるような、水浸で回復しない収縮成分が完全に阻止されている。この収縮成分は乾燥中に繊維が戻りや屈曲などの形状変化をするために生ずる、所謂 micro-creeping に相当する部分と推定される。水で浸潤した紙葉を再び乾燥して自由収縮せしめると、約1%収縮する。これだけの歪が最初の乾燥張力により紙葉中に固定されていたことになる。この収縮の大きさは、Fig. 5, Fig. 6のC D 曲線が示すように、いずれの場合も、張力の小

Fig. 7 乾燥収縮と伸度の関係

Fig. 8 乾燥収縮と伸度の関係

さい方向に対して小さい値となっている。機械抄造紙では、この関係は逆で、乾燥張力が小さいと考えられるクロス方向でより大きな値となっている。これは繊維の配列の差異にもとづくものか、その他の原因によるものか明らかでない。

§ 4 乾燥収縮と伸度との関係

乾燥収縮率と伸度の間には、絶対値において相当の差があるが、張力に対する変化傾向が全く類似している。両者には密接な構造的関連があるものと推定される。乾燥収縮率の中、個々の繊維のカーリング、屈曲などによる部分は、引張力で回復されて伸度成分になりうることは容易に想像される。繊維自体の乾燥収縮が伸度の成分に変わりうるかは疑問である。しかし、複雑な網目状をはなし、あらゆる方向に配列した繊維の集合体において、乾燥による繊維の径方向の収縮が、これと交叉する繊維群の形状変化を通じて紙葉全体の収縮を生ずるとすれば、この収縮も伸度になりうると思われる。Fig. 7において、A Bは、横方向10g/cmの張力の場合の各方向の伸度である。A曲線より、縦方向の実質的乾燥収縮を引去るとC曲線となる。この曲線で示される部分の伸度は、繊維自身の伸長および繊維間結合の破壊ともなる繊維間の迂りに関係していると推定される。横方向の伸度は、縦方向の張力の増大により、直線的に上昇している。しかし乾燥収縮はこの張力に関係なく一定であるから、直線的に増加する成分は湿紙中に張力により生じた変形と関係づけねばならない。これは繊維群の網目状構造が縦方向の張力で繊維方向及び形状を変えたり、繊維間の空隙が詰って、引張力により回復される収縮が生じるためであろう。横方向の伸度から乾燥収縮および湿紙収縮の

部分を引去るとD曲線で示される部分が残る。以上の結果から引張伸度において、約3%が乾燥収縮以外の構造にもとづき生じていると考えられる。Fig. 7と同様の関係を、横方向張力100g/cmに対して求めた。これをFig. 8に示した。この場合も収縮以外の成分にもとづく伸度は縦横ともに3%~2.5%である。伸度のこの部分は乾燥中の張力にある程度影響されている。機械抄造紙の伸度はマシン方向では大部分がこの成分によるものと考えられるので、伸度の大きな紙を造るには、この伸度成分を大きくする条件と要因を探ることが重要となるであろう。

§ 5 結 論

(1) 乾燥中の張力が紙力に及ぼす影響はプレス、叩解などの乾燥前の条件で変わってくるので、さらに広範な実験を行って確かめることが必要である。

(2) 比較的大きな張力のもとで生じた乾燥収縮は水浸膨脹と殆んど同一の大きさである。張力が小なる場合、水浸膨脹で回復しえない収縮成分が生じており、これは micro-creeping に相当すると考えられる。

(3) 伸度の一部分は構造的に乾燥収縮の逆過程と関連づけられる。伸度の残りの部分は、乾燥中の張力に幾分影響されるが、縦横ともに3%前後の大きさである。この伸度は主として繊維自身の伸長および結合破壊ともなる繊維相互の迂りに関連づけられる。

以上は最も単純な張力条件で乾燥した時の紙葉の性質に関するものであり、今後さらにいろんな張力条件、乾燥条件を設定して紙の性質を調べる必要がある。紙の力学的挙動を紙層中の繊維機構に関連づけることは以上の実験結果からは困難であり、伸度に関しても歪一歪力曲線を考慮することなく、全体の伸度を幾つかの異なる機構と関連づけても、それを検証することができない。こんなわけで、なお多くの課題が残されているといえよう。第4報では、精度の高い収縮伸長計と張力計を用いて行う実験結果について述べる予定である。

終りに、文献紹介や報文の修正を通じて、この研究を御指導下さった東洋パルプ研究課長坂田汎愛氏、ならびに実験に際し、終始援助鞭撻を頂いた花谷守正氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- (1) H. F. Rance TAPPI 37 640 (1954)
- (2) H. F. Rance "Mechanical Properties of Wood and Paper" Part B Amsterdam North Holland Publishing Co. (1953)
- (3) S. F. Smith T. S. of B. P. & B. M. A. 31 Part I (1950)