「クラフト紙の強度に関する研究」

第1報 手抄湿紙匹に張力を与えた場合乾燥 紙の強度に与える影響

広島県呉工業高等学校 岡 村 武 文

A Research on the Strength of Kraft Paper

Report No. 1 The effect upon the strength of the accomplished paper if tension is given to hand wetsheet

Takefumi Okamura

1. Introduction

A lot of researches have been announced about the relation between the tension given to sheet and the strength of accomplished paper in the process of drying sheet.

These researches, however, every of them, are described that by adding a constant tension or three-graded tension to sheet in the process of drying it, it should be dried and, then analyzed. According to this method, therefore, it seems difficult to understand well in what quantity of water, how much effect, tension which is given in the process of drying, gives to sheet.

Now, the experiment which I am going to make is as follows. We add tension to sheet the moment it contains a certain quantity of water, and later dry it under the same condition. In comparison with the sheets which is given no tension and dried under the same condition, I intend to analyze how much effect, tension gives to the accomplished paper, in what quantity of water.

Conclusion

- 1) If tension is given, in machine direction, to wetsheet which contains 70% of water, accomplished paper reduces both its longitudinal and lateral tensile strength and expansion.
- 2) When we extend longitudinally wetsheet which contains 70% and 60% of water, the side of wetsheet indicates shrinkage in proportion to the expansion of the length. The difference of shrinkage which results from the difference of expansion keeps the same degree not only in the process of drying but also in the accomplished paper. The ratio of the longitudinal expansion to the lateral shrinkage is nearly 1 to 0.64 in every case.
- 3) When we extend wetsheet longitudinally as long as 3%, 2%, and 1% of its length which contains 70% and 60% of water, perfectly preventing it from its longitudinal shrinkage, the ratio of lateral shrinkage of the dried paper is 6.7%, 6.06% and 5.50% respectively.
- 4) When we extend longitudinally wetsheet (70%~55% of water) as long as 1% of its length and, dry it, keeping its expansion, the dried paper reduces 0.5%~0.7% of its longitudinal expansion. When we extend it longitudinally as long as 2% and 3% of its length, it reduces its longitudinal expansion at the same rate. On the contrary, it increases 0.2%~0.4% of its lateral expansion.
- 5) When we extend wetsheets which contain various quantity of water (70%~55%), if the ratio of expansion is identical, the strength of accomplished paper has very little difference among them.

1. 緒 言

「紙匹」乾燥中に「紙匹」に与えられる張力と、乾燥紙の強度性質との関係については、過去いくつかの研究が発表されているが、これらの研究はいずれも「紙匹」乾燥中ずっと同じ張力か、あるいはせいぜい三段階程度に分けた張力を加えて乾燥させ、その後解析している。(1). (2). (3). (4). (5). (6)

したがってこれらの方法では「紙匹」乾燥中に加えられた張力が、「紙匹」のいかなる水分含量のとき、いかなる影響を「紙匹」に与えたかよくはわからない。

そこで、ここで計画した実験は「紙匹」が一定の水分含量を有するとき、その瞬間だけ張力を与え、その後は同じ条件で乾燥し、張力を与えないで同じ条件で乾燥させた紙との比較で、各水分含量のときの張力が乾燥紙にどのような影響を与えるかを解明しようとした。

2. 実験装置

第1図に実験に使用した「紙匹乾燥装置」を記した。

手抄湿紙匹（幅18cm、長さ19cm）①をはさむ両端の「クランプ」の一方は固定し、他方（張力を加える方）③は自由に可動する。

第1図 紙匹乾燥装置

手抄湿紙匹（水分70%）を「クランプ」に固定し、その後「プーリー」④をまわして、適当な伸長度まで伸ばす。

「紙匹」の伸びた割合は「プーリー」⑤で拡大されて回転ドラム⑥に記録される。

そのとき与えられた張力は「クランプ」と「プーリー」の途中にあるパネ秤⑧で測定しこれを回転ドラム⑦に記録される。

湿紙匹の上と下15cmのところ扇風機をおき、これの風によって紙匹を乾燥させた。

乾燥紙の強度試験はジョッパー型引張試験機でおこなった。

3. 実験結果

〔3—1〕 紙匹水分70%のとき、種々の張力を与えた場合の乾燥紙は、張力を与えないで乾燥した紙匹といかなる差異を示すかについて実験した。

まず幅18cmの湿紙匹（水分70%）を破断するまで前に記した実験装置で伸長してやり、そのときの湿紙匹の破壊張力と伸びを求める。

次に破壊張力よりも小さい引張張力を段階的に三つに分けて、それぞれ同じ種類の湿紙匹に与え、その後これらの湿紙匹を収縮を阻止した「プレート」乾燥と自由収縮乾燥の二つの乾燥方式で湿紙匹を乾燥した。

この二つの乾燥方式を採用した理由は次の通りである。

水分70%の湿紙匹に張力を与え、その後自由に収縮させて乾燥させた自由収縮乾燥紙と張力を全く与えないで自由収縮乾燥させたものとの強度を比較すると、純粋に水分70%での湿紙匹に与えた張力の影響がわかる。

これに反して張力を与えた後、「プレート」乾燥させると、乾燥中収縮を阻止する力が働らくため、紙の側に立ってみると乾燥中ずっと張力が与えられたのと同じことになり、また収縮力は以前に張力を与えられたものと、そうでないものとは差があるから乾燥中の張力に差があることになり、水分70%のときの張力の影響のみが純粋に乾燥紙の強度に表われてこない。

しかし実際に抄紙機においてはドライヤー・パートで「タテ」方向は完全に収縮が阻止されているから、プレート乾燥がより現実的なものといえる。

こうして乾燥させた紙を紙試験に供した。

なお原料パルプは工場で叩解したものを使用した。

第2図 湿紙のストレス—ストレイン曲線
水分70%

第2図に水分70%の手抄湿紙匹が破断するまでのストレス—ストレイン曲線を示す。

なおこの湿紙匹の幅は18cmである。

この図からわかるように湿紙匹の破断抗張力は4kgであるから、単位cm当たり222gの張力を与えたことになる。

次に同じパルプで作った手抄湿紙匹に、第2図の曲線の途中に記したように、おのおの1.5kg、2.5kg、3.5

kg の 3 種類の張力を与えた。

その場合湿紙匹の伸びはおおの 1.1%, 2.1%, 3% である。

こうして張力を与えた湿紙匹をすぐに第 1 図の装置

からはずして、一方はプレートにはりつけて収縮を阻止して風乾し、他方は自由収縮乾燥させた。

その後ジョッパー型引張試験機により引張試験した。この結果を第 1 表に示す。

第 1 表 乾 燥 紙 の 強 度 比 較

乾 燥 の 種 類		張 力 な し		張 力 1.5kg		張 力 2.5kg		張 力 3.5kg	
		た て	よ こ	た て	よ こ	た て	よ こ	た て	よ こ
自 由 収 縮 乾 燥	抗張力 (kg)	7.40	7.40	6.52	6.83	6.12	6.60	5.34	6.42
	伸 び (%)	8.53	8.53	7.81	8.30	7.38	8.21	6.47	8.00
拘 束 乾 燥 (プ レ ー ト)	抗張力 (kg)	7.47	7.47	7.45	7.22	7.40	6.83	7.40	6.10
	伸 び (%)	3.95	3.95	3.14	2.61	2.96	3.45	2.50	3.30

この表で「タテ」というのは張力を加えた方向であり、「ヨコ」はそれと 90° の方向である。

これらを図に示したのが第 3 図と第 4 図である。

第 3 図では抗張力、第 4 図では伸びの低下を示した。

第 3 図、第 4 図からわかるように抗張力、伸び共に程度の差はあるが、いずれも低下しているのは興味深い。

第 3 図 抗 張 力

第 4 図 伸 び

特に「ヨコ」の伸び、「タテ」の抗張力がわずかではあるがやはり下っている。

これからわかるように水分含量の多いときに与えられた張力の影響はその後の乾燥条件を同じにした場合「タテ」「ヨコ」いずれの方向にも悪影響を与える。

〔3—2〕 湿紙匹乾燥中「タテ」に張力を与えた場合に「ヨコ」の挙動は抄紙機のワイヤー幅の決定等に重要な問題であり、また基本的にもおもしろい問題である。

そこで手抄湿紙匹（水分 70% と 60% の 2 種類）の「タテ」に種々の張力を与えて伸長させた場合、ヨコの収縮率を紙匹乾燥中ずっと測定し基本的な原則をみつけようとした。

紙匹乾燥は前述の第 1 図に示した装置であり、湿紙匹をクランプ間にはさみ可動クランプを適当な伸長度まで動かし、その後は乾燥中紙匹に伸び縮みがないように伸びの検出部をみながら張力を増していった。

湿紙匹の中央部にヨコ方向に 15cm 間隙のしるしをつけ、乾燥途中 10 分間隙で幅が何 cm になったかを「ノギス」で測定した。

使用した試料は工場で叩解したパルプで、これを手抄した湿紙匹を用いた。

このときの水分は 70% である。

第 5 図に扇風機による乾燥で乾燥時間と紙匹水分との関係を示した。

なおこの乾燥は恒温恒湿室でおこなった。

次にこの図を指標として、湿紙匹乾燥中ある時間間隙で原長 15cm のしるしが何 cm になったかを見れば水分と収縮量との関係がわかる。

第 6 図に乾燥中ずっとタテの収縮を阻止した場合とタテを自由に収縮させた場合のヨコの収縮率と水分との関係を示した。

この図からタテ方向の張力条件の差にもかかわらず、乾燥後の収縮率も水分 60% のところでの収縮率

第5図 乾燥時間と紙匹水分との関係

第6図 ヨコの収縮率と水分との関係

第7図 湿紙乾燥中収縮を阻止するに必要な張力と水分との関係

ヨコの収縮率はほとんど同じであることがわかる。

第7図にタテの収縮を阻止するのに必要な張力と水分との関係を示す。

この張力は幅18cmの紙匹に必要な張力であり、単位cm当たりの張力はこれを18でわったものである。

第8図は水分70%の手抄湿紙匹に種々の張力を与えて伸長させ、伸長させたまま乾燥させた紙匹のヨコの収縮率と水分との関係である。

伸長度は1%、2%、3%の3種類である。

第8図 水分とヨコ収縮率との関係

おのおの場合張力は1.5kg、2.5kg、3.5kgである。そうして乾燥させた紙匹でもタテは1%、2%、3%おのおの伸びた状態となっている。

70%水分のときタテを3%伸長さすとヨコは1.93%収縮し、その割合は1:0.64である。

この割合は1%、2%伸長のときも同じである。

そうしてその後の収縮率と水分との関係曲線はいずれの場合も同じ形の曲線を示し、最終的に乾燥紙においても最初張力を与えたときの収縮量の差だけの差を保っている。

次にタテの伸長を水分含量のより少ないとき張力を与えたときの結果が第9図である。

第9図 水分と「ヨコ」収縮率との関係

第9図は水分70%から60%までタテを拘束、ヨコを自由収縮させて乾燥させ、水分60%のところでは張力を与えて湿紙匹をおのおの1%、2%、3%伸長させ、その後はタテの伸長度をそのまま保って乾燥させたもののヨコの収縮率と水分との関係である。

この場合も第8図と同じことがいえる。

すなわち水分60%でタテに張力を与えて伸長させると、ヨコの収縮率はタテの伸長度に比例しており、各伸長度による収縮率の差は乾燥中ずっと同じに保た

の差だけの差が保たれている。

次に水分70%のとき伸長させた場合と水分60%で伸長させた場合とで収縮率に差があるかどうかを見るためにおのおのの場合の3%伸長と1%伸長の場合の水分と収縮率との関係を示したのが第10図である。

第10図 水分とヨコ収縮率との関係
(タテを伸長させた場合)

この図をみると、水分含量の異なるとき伸長を与えても、同じ伸長度であれば収縮率に変化はないことがわかる。

〔3—3〕 紙の強度関係において実験室実験の結果と現場の結果とが一致しないことがよくいわれるが、その最大の原因は実験室における手抄紙とマシン抄造紙の紙匹乾燥中、ドロー条件の差異によるものである。

手抄紙は乾燥中タテ、ヨコ共に拘束して乾燥させるが、マシン抄造紙ではタテはある程度伸長され、逆にヨコは自由収縮にちかい処理をうける。

したがって手抄紙において測定された抗張力や伸びが、その紙が乾燥中伸長されたり、あるいは自由収縮に近い状態におかれた場合も手抄紙における拘束乾燥と強度的に同じ傾向を示すかどうかは非常に疑問である。

理想的にはテスト・マシンが設置されることが望ましいが、それができない場合手抄紙を乾燥中に張力を与えて、工場マシンの乾燥条件にできるだけ一致させる努力が必要であろう。

そこで手抄湿紙匹(水分含量70%~55%)を種々の割合で伸長乾燥し、乾燥紙の強度を測定してマシン抄造紙と同じような異方性を有する紙を作るための条件を検討した。

湿紙匹の乾燥方法は前と同様に第1図の装置を用いた。

湿紙匹水分70%、60%、55%の3種類の紙匹をお

おのタテ方向に張力を与えて、おのおのに3%、2%、1%伸長させ、そのままの状態乾燥させた。

紙匹のヨコ方向は自由収縮させた。

こうして乾燥させた紙を強度試験に供してタテ、ヨコの異方性を検討した。

パルプは工場で採取し、80 g/m²に抄いた。

第2表に水分70%の湿紙匹のヨコは自由収縮させ、タテを4%、3%、2%、1%おのおの伸長させ、乾燥中次第に張力をふやしていきこの伸長度を保たせたまま乾燥させた紙匹のタテ、ヨコの抗張力と伸びを挙げた。

第2表

紙匹乾燥中の「張力」条件	抗張力(kg)		伸 び(%)		たてよこのバランス	
	たて	よこ	たて	よこ	たて抗張力 よこ抗張力	たて伸び よこ伸び
A	8.61	4.32	2.88	7.37	1.99	0.39
B	8.53	5.02	1.40	10.10	1.69	0.13
C	8.36	5.87	2.05	9.88	1.42	0.21
D	8.15	6.12	2.51	9.40	1.33	0.26
E	8.20	6.55	3.21	9.27	1.25	0.34
F	7.76	6.67	3.71	9.07	1.16	0.40

A; マシン抄造紙

B; 水分70%でたて3%伸長、次に6%でまた1%伸長

そのまま拘束乾燥、よこ自由収縮乾燥

C; 水分70%でたて3%伸長、そのまま拘束乾燥、よこ自由収縮乾燥

D; 水分70%でたて2%伸長、そのまま拘束乾燥、よこ自由収縮乾燥

E; 水分70%でたて1%伸長、そのまま拘束乾燥、よこ自由収縮乾燥

F; たて拘束乾燥、よこ収縮乾燥紙匹乾燥

したがって乾燥紙のタテは初めの湿紙匹よりおのおの4%、2%、2%、1%伸びた状態であり、またヨコは水分70%から自由収縮させてある。

この表からわかるようにタテがマシン抄造紙と同じような性質を有する紙をつくるのはたやすい。

すなわちタテ伸、タテ抗張力をマシン抄造紙と同じ位の強度にするには湿紙匹のとき、タテを1.5%程度伸長させて乾燥させればよい。

またタテ伸びをみると、B、C、D、E、ではタテは湿紙匹のときより4%、3%、2%、1%おのおの伸びた状態であるのに、乾燥紙のタテ伸びは0.45~0.7%程度ずつの差しかない。

すなわち湿紙匹で1%伸ばした状態で乾燥させると、乾燥紙のタテ伸びは0.45~0.7%低くなるということである。

したがってたとえばマシンのドライヤー・パート等で湿紙匹のタテが5%伸長されたとすると2.3~3.5%伸びの低下となって表われてくるであろう。

ヨコについては常に伸び、抗張力ともにマシン抄造紙よりも高い。

これは繊維配列等に問題があるのであろう。

またヨコ伸びについては抄紙機ではフェルト等により幾分収縮が阻止されているが、この実験では自由収縮させてある。

しかしマシン抄造紙においても自由収縮力の大きい紙はより多く収縮するであろう。

したがって本質的には自由収縮乾燥方法で抄紙機での紙のヨコ方向の挙動は推察できるわけである。

次に同じ伸長度を与えても水分含量の異なるところで与えるとどうなるかをみたのが第3表である。

第3表

紙匹乾燥中の「張力」条件	抗張力 (kg)		伸 び (%)		たてよこのバランス	
	たて	よこ	たて	よこ	たて抗張力 よこ抗張力	たて伸び よこ伸び
C	8.36	5.87	2.05	9.80	1.42	0.20
	8.35	5.90	1.90	9.80	1.41	0.19
D	8.15	6.12	2.51	9.40	1.33	0.26
	8.48	5.90	2.41	9.35	1.42	0.25
	8.76	6.45	2.23	9.17	1.35	0.24

C ; 水分70%で たて3%伸長, そのまま拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥
 G ; 水分60%で たて3%伸長, そのまま拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥
 D ; 水分70%で たて2%伸長, そのまま拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥
 H ; 水分60%で たて2%伸長, そのまま拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥
 I ; 水分55%で たて2%伸長, そのまま拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥

この表から、水分含量の異なるところで伸長させても、その伸長度が同一であれば乾燥紙の強度にはほとんど差がない。

唯水分含量の少ないところで伸長させるほど同じ伸張度でもタテ抗張力がわずかに上昇しタテ伸びはわずかに下る傾向がある。

次に一度湿紙匹を伸長させ、その後初めの状態まで収縮させると、乾燥紙の強度に如何なる影響を与えたかについてみる。

すなわち水分70% タテを3%と2%おのおのの伸長させ、その後乾燥していくに従って、初めの長さまで収縮させ、初めの長さになった後は収縮を阻止して拘束乾燥させたものと、初めからタテは拘束してヨコは自由収縮させたもののタテ、ヨコの強度を第4表

第4表

紙匹乾燥中の「張力」条件	抗張力 (kg)		伸 び (%)		たてよこのバランス	
	たて	よこ	たて	よこ	たて抗張力 よこ抗張力	たて伸び よこ伸び
J	8.03	6.70	3.76	9.75	1.19	0.38
K	7.90	6.65	3.70	9.47	1.18	0.39
F	7.76	6.67	3.71	9.07	1.16	0.40

J ; 水分70%でたて3%伸長, その後3%だけ自由収縮後は拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥

K ; 水分70%でたて2%伸長, その後2%だけ自由収縮後は拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥

F ; たて拘束乾燥, よこ自由収縮乾燥

に挙げた。

第4表をみるとタテ抗張力はL, K, Jの順にわずかに高くなっている。

一方タテ伸びは三者共ほとんど変化がない。

すなわちタテ伸びは紙匹が乾燥したときにどれだけ紙匹が伸長されたかによって決まり、途中の乾燥条件の変化には左右されないが、タテ抗張力は乾燥中の張力が大きくなるほどわずかに向上する。

4. 結 論

(1)

i) 水分70%の湿紙匹は抗張力220 g/cm 伸び3.6%である。

ii) 水分含量の多いときに与えた張力の影響をみるために水分70%のタテに種々の張力を与えて伸長し、ヨコはそのとき自由収縮させ、その後は同じ条件で乾燥させた。

その結果程度の差はあるが、タテ、ヨコの抗張力、伸び共に張力が増すほど低下する。

(2) 手抄湿紙匹(水分70%, 60%)のタテに種々の張力を与えたときのヨコの収縮率を測定した。

i) 乾燥中タテの収縮を完全に阻止し、ヨコを自由収縮させた紙の乾燥後の収縮率は5.4%であり、タテ、ヨコ共に自由収縮させた紙も同じ収縮率を示す。しかも両者はずっと同じように収縮を示す。

ii) 水分70%と60%の湿紙匹のタテを伸長させると、ヨコはタテの伸長に比例した収縮を示す。

またこの伸長の差により生じた収縮の差は乾燥中ずっと同じ量を保ち、乾燥紙においても同じ差を保っている。

そうしてタテの伸長に対するヨコの収縮率の割合はいかなる場合でも1:0.64位である。

iii) 湿紙匹水分70%, 60%のとき、タテを3%, 2%, 1%伸長させてそのままタテの収縮を完全に阻止して乾燥させた紙のヨコの収縮率はおのおの6.77%, 6.06%, 5.50%である。

iv) 水分70%のとき伸長を与えても、水分60%のとき伸長を与えても、同じ伸長度であればヨコは同じ収縮率を示し、このことは乾燥した紙にもいえる。

(3) 手抄湿紙匹(水分70%~55%)のタテを種々の割合で伸長し、伸長させたまま乾燥し、乾燥紙の強度を測定したタテ、ヨコの異方性等を検討した。

i) 湿紙匹のタテを1%伸長させ、伸長させたまま乾燥させると乾燥紙のタテ伸びは0.5~0.7%低下する。

また2%, 3%伸長させて乾燥させてもタテ伸びはこの割合で低下する。

逆にヨコ伸びは0.4%ずつ上昇する。

- ii) 水分含量の異なる湿紙匹 (水分70%~55%) を伸長させても、その伸長度が同一であれば乾燥紙の強度はほとんど差がない。
- iii) タテ伸びは紙匹が乾燥したときにどれだけ紙匹が伸長されたかによって決まり、途中の乾燥条件の変化には左右されないが、タテ抗張力は乾燥中の張力が大きくなるほどわずかに上昇する。

本研究に当たり試験設備、文献等で終始御援助をいただいた東洋パルプ株式会社に厚く謝意を表します。

なおこの研究に昭和38~39年度文部省科学研究費助成金を受けた。

合わせて厚く謝意を表します。

文 献

- 1) Paperi ja puu vol. 41, No. 5; 271~279 (1959)
- 2) W. Brecht, Das Papier, 12 jg Heft 21/22 November 1958
- 3) W. Brecht, Das Papier 13 jg Heft 3/4 Februar 1959
- 4) W. Brecht Das Papier 13 jg Heft 19/20 October 1959
- 5) 藤原行雄; クラフト紙の強度に関する研究 Vol. 10, No. 11 (紙パ)
- 6) 藤原行雄; クラフト紙の強度に関する研究 Vol. 11 No. 4 (紙パ技)

(原稿受付 昭 40.8.30)

◇製紙工業◇

《Bum. Prom》1965. No. 10 目次

抄紙機的能力をよりよく利用せよ	1
Molecular Oxygen (分子 O ₂) でKPの漂白	3
予備熟成工程におけるカラマツKPの フラクション組成の変化	5
塩酸ピリジンを用いた紙のアセチル化	9
紙袋の強度計算の基礎と 紙袋試験用国家規格の欠陥	11
2段噴流装置の試験	13
抄紙機上の紙切れを自動的に根絶する装置	16
特殊紙のワニス浸透度の測定	17
紙のメートル長 計算器に信号装置を	19
図表紙の品質向上	20
サクシヨンボックスの蓋プレート材料の選択	22
国民経済成長展示会における製紙工業	23
チップの野積み保管	24
感光ジアゾタイプ紙用原紙	25
進歩的原料支出基準こそ節約のもとである	26
米国の紙・パルプ・工業における構造変化	27
不銹鋼の種類とその応用範囲	29
ロシアの公式紋章入り用紙 (製紙の歴史より)	30
抄紙機の交流電気駆動装置	31

《Bum. Prom》No. 11. 1965. 目次

技術的美感と生産文化	1
精製ビスコースパルプ中のβ-繊維素含有量	3
排水のリグニン残渣は ゴム混合液の有効な補力剤である	5
感光ジアゾタイプセロハン	6
ジメチルスルフォキシドは KP生産排水の貴重な副産物である	7
黒液からシュウ酸	9
紙のメートル長を測る非接触計算器	11
イズマイルパルプ工場操業に入る	12
高速縦断機のナイフの堅牢性について	13
6台の高速m/c操業に入る	15
樺太における混合塩基酸でのパルプ蒸解	16
紙の新しい填料	17
ウクライナ紙・パルプ研究所の科学研究	18
数学統計法で新しい生産の 技術・経済的根拠の測定	19
面積による紙の計算	22
固定ファンドの利用指標について	24
ソーダ回収機械工の養成	26
自動化電気駆動機取扱い者の 講習会が必要である	26
欧州市場における紙・パルプ製品	27
兄弟国チェコスロバキアの製紙工	29
製品コストの計算と分析パンフレット	31