

10. 紙の紙間摩擦係数の測定

分析の概要

印刷機やコピー機などでの用紙搬送の確実性は、作業性に大きく影響し、印刷品質そのものより重大な問題となる。給紙装置（シートフィーダ）から複数枚の紙が重なって送られる”重送”[1]の要因の1つが紙間摩擦であるが、その摩擦係数の測定法と摩擦係数に及ぼす因子について解説する。紙間での摩擦係数測定に関する試験規格として ISO 15359: 1999 Paper and board – Determination of the static and kinetic coefficients of friction – Horizontal plane method がある。これに準拠した装置が規格制定前後に製造されたが事情により中止された。日本では、著者の知る限りでは現在2社がこの規格に準拠した装置を製造・販売している。

実験

ISO 15359 では、水平架台に置かれた紙とブロック状の錘（おもり）の下面に固定された紙との間に生じる静摩擦および動摩擦係数を測定する手順を規定している。この規定では、接触部分の面積が 60 mm×60 mm で、圧力 2.2 kPa（800 g のおもりに相当）をかけて 20 mm/s の速度で引っ張ったときの摩擦力を測定する。3 回の繰り返し測定で、静摩擦係数を 1 回目と 3 回目、動摩擦係数を 3 回目の測定で決定する。JIS P 8147:1994 は、引張試験機を利用して摩擦力の測定を行う方法を規定しているが、引張速度は 10 mm/m（0.167 mm/s）という低速を規定しているため、給紙装置の条件にはほど遠い。

結果と考察

図2はコピー用紙間の摩擦係数を測定した結果である。3回の測定で、1回目だけは高い摩擦係数を示すが、摩擦距離が長くなるに連れて摩擦係数が小さくなった。2回目と3回目では同様の安定した摩擦係数変化を示した。低速での摩擦に見られる周期的な変動はスティック・スリップ現象と呼ばれ、表面の微視的な凸部同士が接着している間にせん断力が作用し表面がクリープ変形することによって起こると考えられている[2]が、測定機のロードセルとセンサをつなぐ部分の弾性率と垂直荷重で決まる振動数に影響されるようである。1回目の摩擦係数だけが高いのは、図3のSEM写真で黒く見える部分が示すように1回目に平滑化が起こるためと考えられる。同じく粒径の大きい重質炭酸カルシウム（GCC）によって掘り起こされるようにできた傷でもわかるように破壊を起こすような場合には摩擦係数は大きくなる。図4は塗工層の顔料としてGCC配合量を増やすと摩擦係数が大きくなり、カレンダにより予め平滑化しておくとも摩擦係数が小さくなること示している[3]。

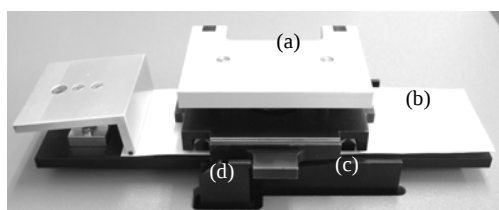


図 1 摩擦試験機の試料固定部。錘(a)、架台(b)、エレベータ(c)、ロードセル(d)からなる。

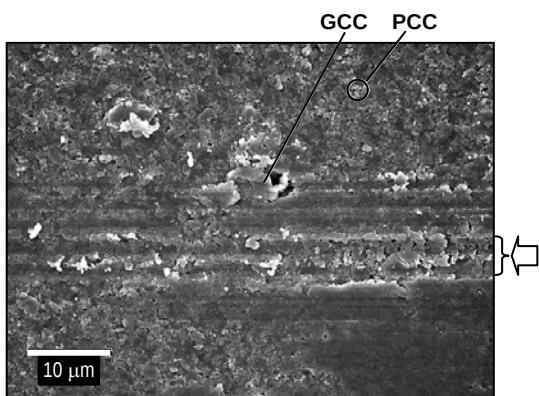


図 3 摩擦試験時に錘下面にあった塗工紙試料表面

測定材料：コピー用紙（図 2）、重質炭酸カルシウム/PCC/カオリン = 20/10/70 の配合比の塗工紙、軽質炭酸カルシウム（PCC）とカオリンの配合比が異なる塗工紙（SB ラテックス 10 部、デンプン 2 部）（図 3）

測定手順：図 1 で、錘(a)下面と架台(b)上面に紙を固定。エレベータ(c)の下降で(a)は横ずれせずに(b)上に載る。(b)を水平にスライドさせ、ロードセルの連結部分(d)で摩擦力を測定する。

コメント：摩擦係数測定試験では同一の試験片ペアの同一箇所同士で 3 回の摩擦試験を行う。使用した試験機では、約 3.5 秒までは 0.2 mm/s、それ以降は 20 mm/s の速度で架台を移動させた。静摩擦は架台を低速で動かしたとき最大摩擦力、動摩擦は高速で動かしているときの平均摩擦力から計算する。摩擦係数＝摩擦力／垂直荷重である。

文献： 1) 服部俊介, トライボロジスト: 42(5) 339(1997).

2) Berman, A.D., Ducker, W.A. and Israelachvili, J.N., Langmuir: 12, 4559(1996).

3) Enomae, T., Yamaguchi, N. and Onabe, F., Journal of Wood Science: in press.

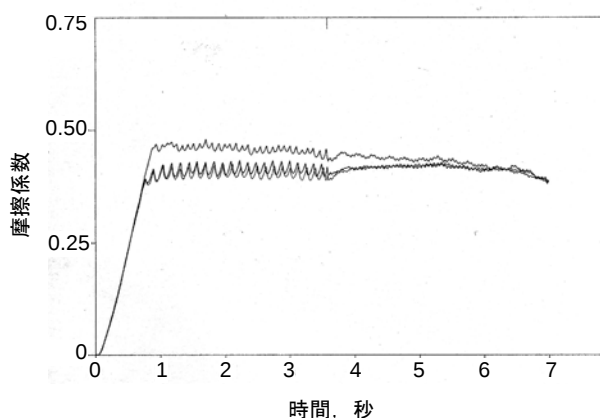


図 2 摩擦係数の変化。コピー用紙上から 1 回目、2 回目、3 回目の測定値を示す。

測定機器：摩擦試験機（野村商事製 NSF-100）

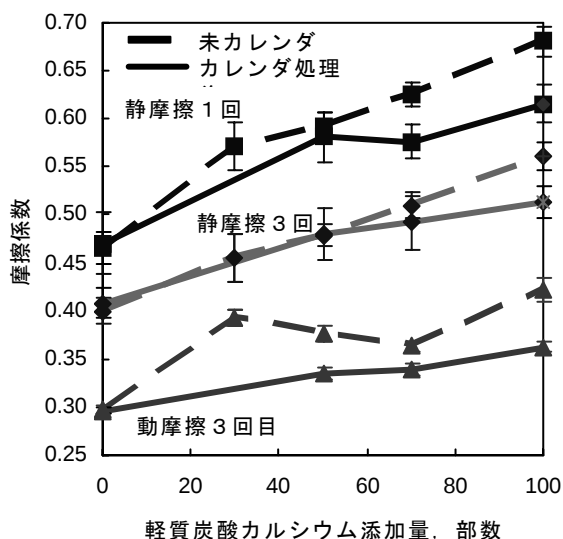


図 4 軽質炭酸カルシウム/カオリンの比が紙間摩擦係数に与える影響。誤差バーは 95%信頼区間。