

綿合繊維物の性能評価に関する研究(第2報) — 織物構成と通気度について —

繊維工業指導所

編 織 部 栗原 勇次 井沢 徹

村田 和男

1. 緒 言

本県の綿・合繊維物者は、主に産業資材用織物を扱っているところが多いが、最近の新素材繊維に対する研究の発展とも相よって、その将来性はますます有望になってくると思われる。

しかしその使用法は、高精度の機械に組込まれて使用されたり、あるいは高性能、高強度を要求される場合が多く、衣料用とは異なり限界点近くでの使用に耐えられる性能を要求されることが多い。

従って、これまでのような経験と勘に頼った設計方法では対応が難しくなっており、出来上がった製品をめぐってのユーザーと生産者側とのトラブルの発生等も懸念される。このため、早急に科学的かつ効率的な織物設計システムを開発することが求められている。

昨年度は第1報として、強度を中心とした織物設計法を報告した。本年度は織物の性能上のファクタ-として重要な要素である通気度を取り上げ、性能を中心とした新しい織物設計法を確立するための研究を行った。

2. 実験方法

2.1 実験の目的

下記に示す綿・合繊維物試料に対し今回新たに通気度を測定し、織物分解によって得られたデータと測定した通気度の値を統計的手法2)によって分析し、織物設計時の基礎データを作成する。

2.2 供試織料

試料には産業資材用織物に広く使われている各種合繊維物と、表1に示す当所で試織した綿織物を使用した。試織試料の原材料は、綿糸16^s/2, 20^s/2で、組織は平織と2/2の斜文織とした。織機は遠州版本式自動織機(ユニフィル付)を用い、4枚綜統、ドビー開口、おさ幅56吋で、織機回転数150rpmで製織した。

2.3 通気度測定

通気度の測定は、JIS L-1096 一般織物試験法の通気度測定(フラジール法)に従って行い、5回の測定の平均値を採用した。

表1 試織試料

項目 品番	綿糸番手		組織	密度(本/吋)		項目 品番	綿糸番手		組織	密度(本/吋)	
	たて糸	よこ糸		たて	よこ		たて糸	よこ糸		たて	よこ
1	16/2	16/2	平	58	20	16	16/2	16/2	2/2斜文	58	20
2	16/2	16/2	平	58	24	17	16/2	16/2	2/2斜文	58	24
3	16/2	16/2	平	58	30	18	16/2	16/2	2/2斜文	58	30
4	16/2	16/2	平	58	34	19	16/2	16/2	2/2斜文	58	35
5	16/2	16/2	平	58	36	20	16/2	16/2	2/2斜文	58	40
6	16/2	16/2	平	50	20	21	16/2	16/2	2/2斜文	50	20
7	16/2	16/2	平	50	24	22	16/2	16/2	2/2斜文	50	24
8	16/2	16/2	平	50	30	23	16/2	16/2	2/2斜文	50	30
9	16/2	16/2	平	50	35	24	16/2	16/2	2/2斜文	50	35
10	16/2	16/2	平	50	40	25	16/2	16/2	2/2斜文	50	40
11	16/2	20/2	平	50	20	26	16/2	20/2	2/2斜文	50	20
12	16/2	20/2	平	50	24	27	16/2	20/2	2/2斜文	50	24
13	16/2	20/2	平	50	30	28	16/2	20/2	2/2斜文	50	30
14	16/2	20/2	平	50	35	29	16/2	20/2	2/2斜文	50	35
15	16/2	20/2	平	50	40	30	16/2	20/2	2/2斜文	50	40

3. 実験結果及び考察

3.1 合計被覆密度率と通気度

第1報において織物の組織と引張り強度との関係を検討し、原糸織度と織物密度から求められる換算密度率を定義し、保証強度のある織物のたて糸、よこ糸密度を簡単な計算式で求める方法を報告した。

今回織物の性能上の重要な要素である通気度を取り上げるに当り、素材別に織度差、密度差を単一ファクタ-として評価するため、理論直径式を応用した合計被覆密度率を定義した。

$$\text{合計被覆密度率} = \text{たて糸被覆密度率} + \text{よこ糸被覆密度率} \tag{1}$$

ここで、

$$\text{たて糸被覆密度率} = \text{たて糸密度率} \times \sqrt{\text{たて糸織度率}} \tag{2}$$

$$\text{よこ糸被覆密度率} = \text{よこ糸密度率} \times \sqrt{\text{よこ糸織度率}} \tag{3}$$

なお密度率、織度率については織密度100本を1.0(密度率)、原糸織度1,000デニールを1.0(織度率)とした。

表2に綿糸及び合織糸試料それぞれのたて糸、よこ糸被覆密度率、合計被覆密度率及び通気度測定値を示す。

表2 たて・よこ被覆密度率及び通気度

原糸	組織	品番	たて糸 被覆密度率	よこ糸 被覆密度率	合被覆密度率 計	通気度
綿糸	平	1	0.473	0.163	0.636	27.8
		2	0.473	0.196	0.669	18.7
		3	0.473	0.244	0.717	10.6
		4	0.473	0.277	0.750	5.3
		5	0.473	0.293	0.766	5.1
		6	0.407	0.163	0.570	53.8
		7	0.407	0.196	0.603	41.3
		8	0.407	0.244	0.651	17.8
		9	0.407	0.285	0.692	12.8
		10	0.407	0.326	0.733	7.8
		11	0.407	0.146	0.553	71.0
		12	0.407	0.175	0.582	55.5
		13	0.407	0.219	0.626	39.8
		14	0.407	0.255	0.662	21.6
		15	0.407	0.292	0.699	12.2
	2/2斜文	16	0.473	0.163	0.636	58.9
		17	0.473	0.196	0.669	36.6
		18	0.473	0.244	0.717	27.5
		19	0.473	0.285	0.758	7.9
		20	0.473	0.326	0.799	7.5
		21	0.407	0.163	0.576	108.0
		22	0.407	0.196	0.603	79.5
		23	0.407	0.244	0.651	57.8
		24	0.407	0.285	0.692	36.5
		25	0.407	0.326	0.733	18.8
		26	0.407	0.146	0.553	101.0
		27	0.407	0.175	0.582	71.0
		28	0.407	0.219	0.626	55.5
		29	0.407	0.255	0.662	40.6
		30	0.407	0.292	0.699	22.9
P・E・T・f	2/2斜文	6-3	0.716	0.416	1.132	16.6
		6-2	0.716	0.380	1.096	18.2
		04	0.760	0.450	1.210	15.9
		15	0.537	0.335	0.872	24.3
P・P・f	2/2斜文	55	0.664	0.295	0.959	11.3
		03	0.412	0.289	0.701	25.5
		-9A	0.709	0.260	0.969	13.2
P・P・S	2/2斜文	26	0.659	0.358	1.017	2.9
		24	0.471	0.311	0.782	8.6
		71	0.407	0.347	0.754	10.4
	平	20	0.407	0.247	0.654	3.3
		80	0.431	0.222	0.653	6.1
		56	0.280	0.187	0.467	22.6
		04	0.660	0.214	0.874	1.4
10	0.530	0.301	0.831	1.04		
N	2/2斜文	11	0.495	0.344	0.839	41.6
		12	0.481	0.247	0.728	89.8
		2-2	0.481	0.292	0.773	74.1

3.2 綿織物

表2の綿織物のデータを,合計被覆密度率と通気度を要因として,二元配置法により分散分析した結果を表3に示す。

表3 通気度と合計被覆密度率,組織の分散分析表

要因	平方和 S	自由度 ϕ	不偏分散 V	F o
A. 合計被覆密度率	18,219.6	14	1,301.4	12.5
B. 組織	3,599.3	1	3,599.3	34.5
e. 誤差	1,459.5	14	104.2	
計	23,278.4	29		

F分布表の値Fを求めると,

$$F(14, 14; 0.01) = 3.70, \quad F(14, 14; 0.05) = 2.48$$

$$F(1, 14; 0.01) = 8.86, \quad F(1, 14; 0.05) = 4.60$$

この結果,通気度は合計被覆密度率,組織とも1%の危険率で有意であることがわかった。つまり通気度は被覆密度率だけでなく組織の影響も受けることが判明した。

このため,組織別に被覆密度率と通気度の相関係数を求めることにする。相関係数 r は(4)式で求めることができる。

$$r = \frac{S(XY)}{\sqrt{S(XX) \cdot S(YY)}} \quad (4)$$

S(XX), S(YY), S(XY)は偏差平方和で,次式で表わされる。

$$S(XX) = \sum X^2 - (\sum X)^2 / n \quad (5)$$

$$S(YY) = \sum Y^2 - (\sum Y)^2 / n \quad (6)$$

$$S(XY) = \sum XY - (\sum X) \cdot (\sum Y) / n \quad (7)$$

ここで,

X ; データ x_n の偏差, Y ; データ y_n の偏差, n ; データ数

表2の綿糸のデータを使って,(4)式から被覆密度率と通気度の相関係数を求めると,平織の場合で-0.950, 2/2綾織の場合で-0.949となる。自由度14の1%危険率のr値は,r表より0.626となっており,平織,綾織どちらも有意である。

以上の結果から,コンピュータを使って被覆密度率と通気度に関する単回帰による回帰式を求めると,平織の場合表4, 2/2綾織の場合表5になる。又散布図を図1,図2に示す。

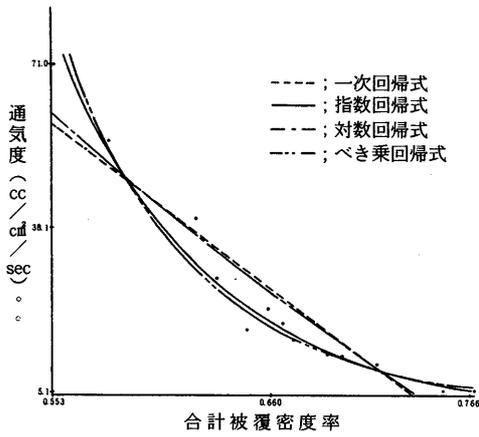


図1 綿・平織散布図

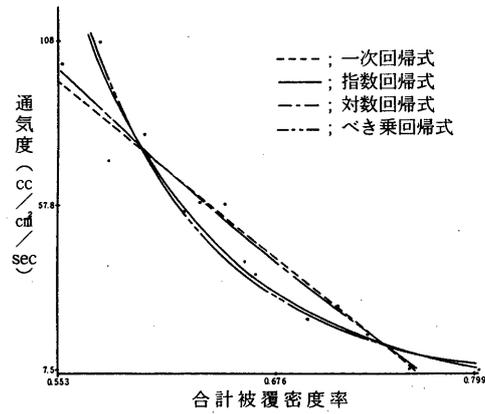


図2 綿・綾織散布図

表4 綿・平織の合計被覆密度率と通気度間回帰式

回 帰 法	回 帰 式	R ² (決定係数)
1 次 回 帰	$y = 224 - 298 \cdot x$	0.903
指 数 回 帰	$y = 87,500 \cdot e^{-12.7 \cdot x}$	0.979
対 数 回 帰	$y = -56.1 - 197 \cdot \ln(x)$	0.925
べき乗回帰	$y = 0.605 \cdot x^{-8.29}$	0.972

表5 綿・2/2綾織の合計被覆密度率と通気度間回帰式

回 帰 法	回 帰 式	R ² (決定係数)
1 次 回 帰	$y = 328 - 421 \cdot x$	0.901
指 数 回 帰	$y = 64,500 \cdot e^{-11.2 \cdot x}$	0.926
対 数 回 帰	$y = -68.5 - 282 \cdot \ln(x)$	0.918
べき乗回帰	$y = 1.76 \cdot x^{-7.38}$	0.906

表4,表5の結果から,合計被覆密度率と通気度間の回帰式として, R²(決定係数)が最も大きい指数回帰式を採用する。

・平織の場合

$$y = 87,000 \cdot e^{-12.7 \cdot x} \quad (8)$$

$$= 0.745 \cdot e^{-0.00469 \cdot y} \quad (9)$$

・2/2綾織の場合

$$y = 64,500 \cdot e^{-11.2 \cdot x} \quad (10)$$

$$= 0.773 \cdot e^{-0.00325 \cdot y} \quad (11)$$

ここで、

y ; 通気度(cc/cm²/sec)

x ; 合計被覆密度率

(9), (11)式を作って、必要な通気度のある綿織物を設計する際の合計被覆密度率を求めることが出来、又これから、だて糸、よこ糸の密度を計算することが出来る。

3.3 合織物

合計被覆密度率と通気度に関する合織の散布図例を図3に示す。

又、合織について相関係数と単回帰による指数回指式を求めたものを表6に示す。

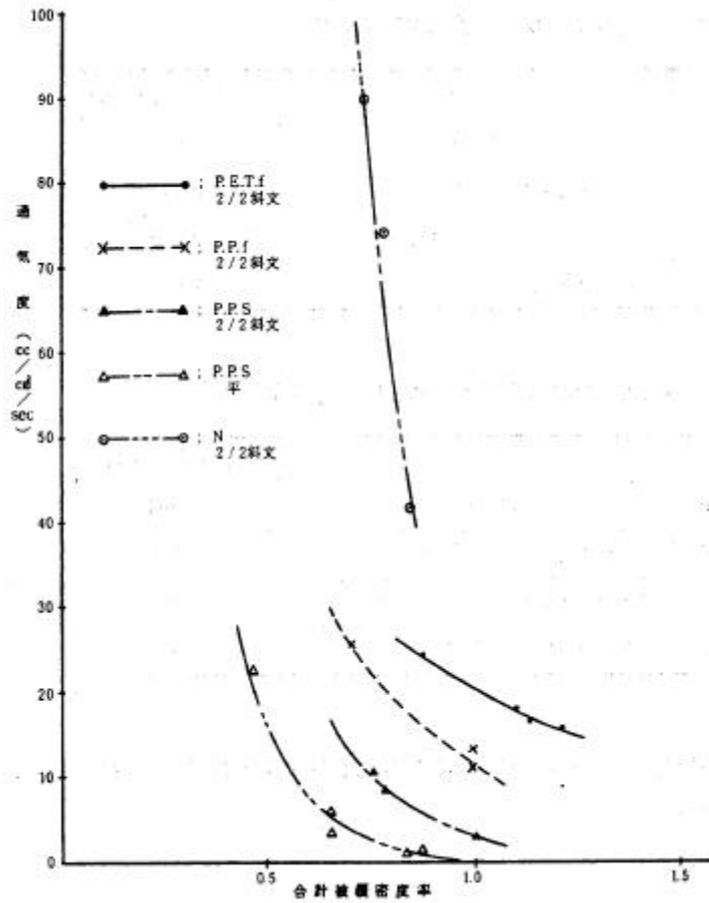


図3 合織，散布図

表6 各種合織の合計被覆密度率と通気度間回帰式及び相関係数

	原系	組織	相関係数	指数回帰式 I	指数回帰式 II
①	P.E.T.f	2/2 斜文	-0.989	$y = 75.4 \cdot e^{-1.30 \cdot x}$ $R^2 = 0.982$	$x = 2.14 \cdot e^{-0.037 \cdot y}$ $R^2 = 0.986$
②	P.P.f	2/2 斜文	-0.988	$y = 178 \cdot e^{-2.78 \cdot x}$ $R^2 = 0.955$	$x = 1.28 \cdot e^{-0.0236 \cdot y}$ $R^2 = 0.977$
③	P.P.s	2/2 斜文	-0.991	$y = 368 \cdot e^{-4.77 \cdot x}$ $R^2 = 0.998$	$x = 1.14 \cdot e^{-0.0414 \cdot y}$ $R^2 = 0.986$
④	P.P.s	平	-0.883	$y = 596 \cdot e^{-7.32 \cdot x}$ $R^2 = 0.931$	$x = 0.81 \cdot e^{-0.0255 \cdot y}$ $R^2 = 0.853$
⑤	N	2/2 斜文	-0.996	$y = 16,200 \cdot e^{-7.07 \cdot x}$ $R^2 = 0.971$	$x = 0.949 \cdot e^{-0.0029 \cdot y}$ $R^2 = 0.988$

3.4 通気度と織物設計

通気度 20.0(cc/cm²/sec)のP・E・T・f 織物の織物密度を求める。

表6, 指数回帰式nにy=20.0を代入すれば合計被覆密度率工は,

$$= 2.14 \cdot e^{-0.037 \times 20.0} = 1.02$$

(1) 利用例1

使用原系織度 たて糸 1,250 D

よこ糸 1,250 D

たて糸織密度 68 (本/in)のとき,

$$\text{たて糸被覆密度率} = \frac{68}{100} \times \sqrt{\frac{1,250}{1,000}} = 0.76$$

$$\text{よこ糸被覆密度率} = 1.02 - 0.76 = 0.26$$

$$\text{よこ糸密度} = \frac{0.26}{\sqrt{1.25}} \times 100 \div 23.3 \text{ (本/in)}$$

参考に、合計被覆密度率と通気度及び合計換算密度率と合計引張り強さに関する回帰式を一つの図で表わし、図4に示す。

図4を利用して、この時の織物引張り強さを求める。

この織物の合計換算密度率は,

$$\text{合計換算密度率} = \frac{68}{100} \times \frac{1,250}{1,000} + \frac{23}{100} \times \frac{1,250}{1,000} = 1.14$$

この時の保証強力は、図4より635kgとなる。

(2) 利用例2

使用原糸織度 たて糸 1,000 D

よこ糸 1,000 D

たて糸織密度 76 (本/in)のとき,

たて糸被覆密度率

$$= \frac{76}{100} \times \sqrt{\frac{1,000}{1,000}} = 0.76$$

よこ糸被覆密度率

$$= 1.02 - 0.76 = 0.26$$

よこ糸密度 = 0.26 × 100 = 26

(本/in)

この時の織物引張り強さを求める。

$$\begin{aligned} \text{合計換算密度率} &= \frac{76}{100} \times \frac{1,000}{1,000} \\ &+ \frac{26}{100} \times \frac{1,000}{1,000} = 1.02 \end{aligned}$$

この時の保証強力は、図4より555kgである。

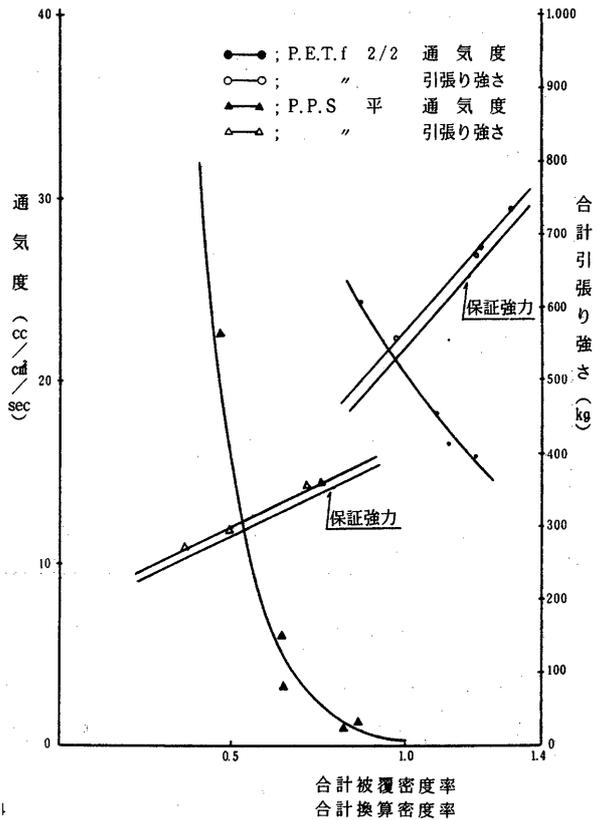


図 4

4 結言

本年度は産業資材用織物の性能上のファクタ-として通気度を取り上げ、織物素材、組織、織物密度等との関係を検討し、次のような成果を得た。

山 合計被覆密度率と通気度の関係を分析し単回帰による回帰式を求めた結果、指数回帰式が最も R2(決定係数)が大きいことがわかった。

この指数回帰式を使えば、必要な通気度のある織物を簡単な計算で設計することが出来る。

(2) 図4からもわかるように、通気度の大きい織物を設計しようとするれば強力が弱くなり、強力のある織物を設計しようとするれば通気度は小さくなる。このため設計に当っては、通気性と強力のバランス良い最適設計を行う必要がある。

今後は、更にデータを追加して信頼性の向上を図ると共に、第1報と本報の成果を踏まえた簡単な織物設計システムの開発を行ってきたい。

参考文献

- 1)星野ら:綿・合繊織物の性能評価と製品化技術の研究(第1報),茨城県工業技術センター-研究報告第15号,77, (1987)
- 2)中井ら:品質管理と工場統計, 日本文化興業 KK (1957)