

ウォークスルー型耐火スクリーン（ソフトファイアガード）の開発(その2)

—— 防火安全性能の検証 ——

本 間 正 彦 村 岡 宏
吉 野 摂津子 宮 川 保 之

Development of "Soft Fire Guard" Fire-resistant Walk-through-type Screens(Part 2)

—— Verification of Fire Safety Performance ——

Masahiko Honma Ko Muraoka
Setsuko Yoshino Yasuyuki Miyagawa

Abstract

A fire-resistant walk-through-type Screen called "Soft Fire Guard" has been developed. This screen is made of Silica-cloth, and it forms fire or smoke compartments in a similar manner to fire doors or shutters. However evacuees can pass through it without restraint after compartments are formed. This paper describes its basic specifications and reports results of experiments on smoke insulation performance and evacuation safety. The experimental results show that the screen archives the required level of fire safety.

概 要

従来、常時開放している開口部の防火あるいは防煙区画として使用されている防火扉、防火シャッターに替わる区画として、膜材にシリカクロスを使用し、区画が形成されても人が通り抜けできる機能を有するウォークスルー型耐火スクリーン（ソフトファイアガード）を開発した。本報では、その基本仕様を示すとともに、防火安全性能のうち遮煙性能と避難安全性について実験結果を報告する。実験の結果、各性能とも防火安全上十分な性能を有することを確認した。

1. はじめに

防火シャッターはスパンの長い場所に設置する際には柱（方立）が必要、あるいは、避難経路となる場合にはくぐり戸を併設する必要があるなど、空間の使い勝手に支障をきたしている。これらの問題点を解消するものとして、以前からウォークスルー型耐火スクリーンの開発を進めているが、避難口を短冊形としたタイプに関する各種性能についてはすでに報告している¹⁾。しかしその後、各種性能の向上、特に遮煙性能と避難安全性向上のため、避難に供する部分を通常の扉に可能な限り近づけるよう改良を加えた、新たなウォークスルー機能（以降「スクリーンドア」と呼ぶ。）を開発した。

本報では、このスクリーンドア方式によるウォークスルー型耐火スクリーンの基本仕様を示し、さらに防火安全性能として、遮煙性能および避難安全性について、実験等により確認した結果を報告するものである。なお、防火安全性能の一つである、シリカクロスを使用した耐

火スクリーンの耐火性能についてはすでに安全性を確認している²⁾。

2. 耐火スクリーンの基本仕様

今回開発した耐火スクリーンは従来同様、膜材をシャフトにより巻き上げ開閉する方式のものである。スクリーンの一部にはFig.1に示すようなL字型の切れ込みが入れられている。この切れ込みによりスクリーンドア部は、スクリーンドアを形成する長方形の対角線を軸にして三角形に開放する。スクリーンドア下端のクロスは可動式の座板に接続し、スクリーンドア以外の部分のクロスはスクリーンの幅全体にわたるメインの座板に接続する。また、これらの座板どうしは開放軸の傾きを妨げないように、斜めに取り付けられた蝶番により接続されている。これらの機能により、スクリーンドアはドアノブを回すことなく、押すだけで簡単に避難できるものとなった。また、スクリーンドア部のクロスとメインのクロスとは重ねを取り、隙間を極力少なくしている。

3. 遮煙性能に関する実験

3.1 実験概要

耐火スクリーンの遮煙性能を確認するため圧力差を変化させて通気量を測定した。Fig.2に示すような間口5.0 m、奥行き4.5 m、高さ2.5 mの実験室内に耐火スクリーンを設置し、スクリーンによって分割された一方の室を加圧して、試験体前後の圧力差とスクリーンからの通気量を測定した。加圧にはインバータ制御機能付送風機を用い、周波数により風量を変化させた。漏気量は非加圧室より流出する空気の流れを熱線風速計により測定し算出した。なお、試験はスクリーンドアのないものと間口幅0.8 mのスクリーンドアを設けたものの2ケースについて行った。

3.2 実験結果および考察

スクリーン前後の圧力差 $\Delta P(\text{Pa})$ と試験体からの単位面積当たり換算した漏気量 $Q(\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2)$ との関係をFig.3, Fig.4に示す。まず、Fig.3はスクリーンドアがない場合の圧力差-通気量特性グラフである。流量係数 α が0.0005(この場合、流量係数は圧力にかかわらず一定とする)である防煙シャッターの通気量(図の実線)と比較すると圧力差が30Paまでは防煙シャッターの通気量と同等であり、圧力差が19.6Pa($2\text{kg}/\text{m}^2$)における通気量は $0.2\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以下である。これは、建築基準法告示第2564号による「遮煙性能を有する甲種防火戸および乙種防火戸」の基準を満たしている。圧力差が30Paを超えると耐火スクリーンの通気量は防煙シャッターの通気量を次第に上回り、最終的な圧力差120Pa(装置加圧ファンの限界)では耐火スクリーンの通気量が $1.5\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 、防煙シャッターの通気量が $0.5\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ となり、耐火スクリーンの通気量は防煙シャッターの3倍程度となる。これは、スクリーンが布製であるため圧力差の増大に伴いクロスがはらみ、流量係数が若干多くなったことが原因であると思われる。しかし、一般的な防火扉あるいは防火シャッターの流量係数である $\alpha=0.005$ (この場合も、流量係数は圧力にかかわらず一定とする)と比較すると、最終的な圧力差120Paにおける防火扉あるいは防火シャッターの通気量(図の点線)は $5.1\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ となり、耐火スクリーンの通気量は1/3以下におさまっている。すなわち、耐火スクリーンは防火扉あるいは防火シャッターと比較すると遮煙性能は優れていると言える。

Fig.4はスクリーンドア併設の場合の耐火スクリーンの圧力差-通気量特性グラフである。スクリーンドアがない場合と比較すると全体的に単位面積当たりの通気量は1.5倍程度大きくなっている。ここでは比較の対象として防煙シャッター($\alpha=0.0005$)に幅0.8m、高さ2.1mのくぐり戸($\alpha=0.005$)が併設されている場合を想定し、圧力差と漏気量の関係を実線で示した。ウォークスルー型耐火スクリーンの通気量は圧力差が40Paまではくぐり戸付きの防煙シャッターの通気量より少ないが40Paを超えるとくぐり戸付きの防煙シャッターの通気量を次第に

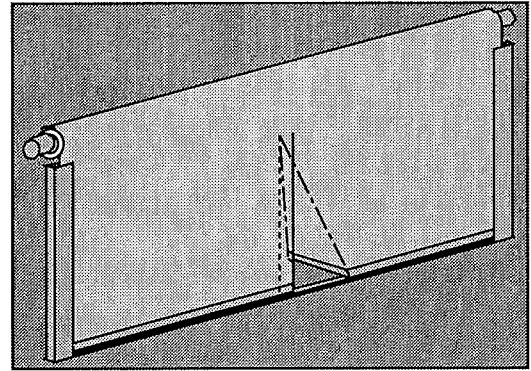


Fig.1 ウォークスルー型耐火スクリーンの概念図
Concept Figure of Fire-resistant Walk-through Type Screens

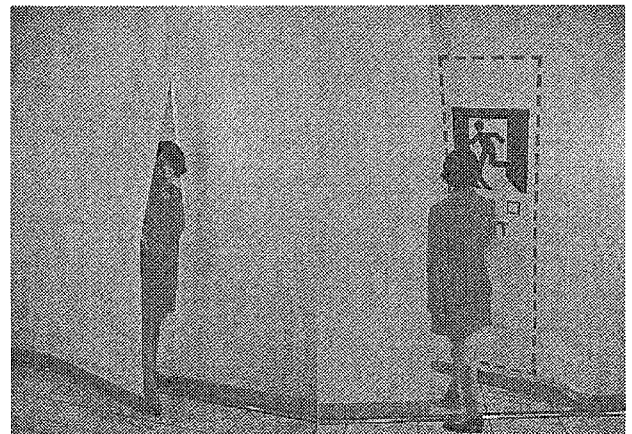


Photo 1 ウォークスルー型耐火スクリーン
Fire-resistant Walk-through Type Screens

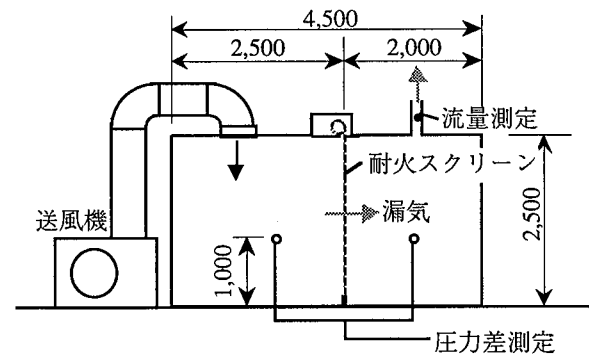


Fig.2 遮煙実験概要図
Outline Figure of Smoke Insulation Experiments

上回り、最終的な圧力差75.5Pa(この圧力差でスクリーンドアが自然に開放した)における通気量は $1.2\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ となり、くぐり戸付きの防煙シャッターの通気量 $0.75\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ の1.6倍となった。

以上の結果より、通常の建物で予測される圧力差では耐火スクリーンの方が遮煙性能は優れていると言えるが、例えば高層建物等、煙突効果により圧力差が大きくなる場所では、耐火スクリーンは、防煙シャッターより通気量が多くなる場合も予測されるので、採用に当たっては詳細な検討が必要となる。

4. 避難安全性に関する実験

4.1 スクリーンドアの認知時間に関する実験

4.1.1 実験概要 スクリーンドアは全く新しい概念である。そこで、避難者がそれを避難用の出口と認識し、スムーズに避難できるか確認するため、耐火スクリーンに関する知識を持たない被験者(年齢14～65歳：Table 1参照)を対象にFig.5に示す実験室において、スクリーンドアおよび扉を使用した避難をさせ、認知時間として避難にかかる時間を測定した。出口の形状はFig.6に示すようなスクリーンドア3Typeと通常の扉1Typeとした。実験のスケジュールは、①入室－②デスクワーク(約10分間)－③火災発生アナウンス－④消灯－⑤耐火スクリーン降下－⑥避難アナウンス－⑦避難－⑧退室である。ただし、扉の場合⑤は行わなかった。時間測定は⑥の避難アナウンスからスクリーンドアあるいは扉を通過するまでとした。なお、実験のルールとしてスクリーンドアを必ず通過してもらうため、入室の際に使用した扉は避難に使用しないこと、避難アナウンスが放送されるまで避難を開始しないこと、の2点を教示した。

4.1.2 実験結果および考察 結果として各Typeにおける平均避難時間をFig.7に示す。性別、出口の形状が避難時間に及ぼす影響を評価するため、避難時間を従属変数とし、性別、出口の形状による2元配置の分散分析を行った。その結果、避難時間に対する性差の有意な主効果は認められず、避難時間に対する出口の形状の有意な主効果が認められた($F=9.53, p<.0001$)。さらにTukeyの検定による多重比較では、スクリーンドアにサインを施したType1とType1の「おす」のマークをはずしたType2, そしてType4の扉とでは平均値の間に有意な差は認められなかった。しかし、これら三つのTypeとスクリーンドアに何のサインも施さず、通常の避難口誘導標識のみを上部に設置したType3とでは、平均値の間に有意な差が認められた($p<.05$)。

これらの結果から、スクリーンドア部に避難用のサインを何も施さない場合には、スクリーンドアの認知が遅れ避難に悪影響を及ぼすが、避難のための認知しやすいサインが施されていれば、通常の扉と遜色なく避難用の出口として認識されることが確認できた。

4.2 スクリーンドアの流動係数に関する実験

4.2.1 実験概要 スクリーンドアの通過しやすさを把握するため、単位時間、単位開口幅当たりの通過可能人数を示す流動係数の測定を行った。流動係数は複数の避難者が連続してスクリーンドアを通過する時の所要時間を測定し算出した。実験は耐火スクリーンが設置されたFig.5に示す実験室においてスクリーンで仕切られた片側の部屋に男性7人、女性7人の合計14人の被験者(年齢26～54歳)を待機させ、合図と同時にスクリーンドアを順次通過し避難させた。実験は合計3回行い、前半の3回は通常のゆっくりした速度で通過させ、後半の3回は火災時を想定した速やかな通過で時間を計測した。なお、後

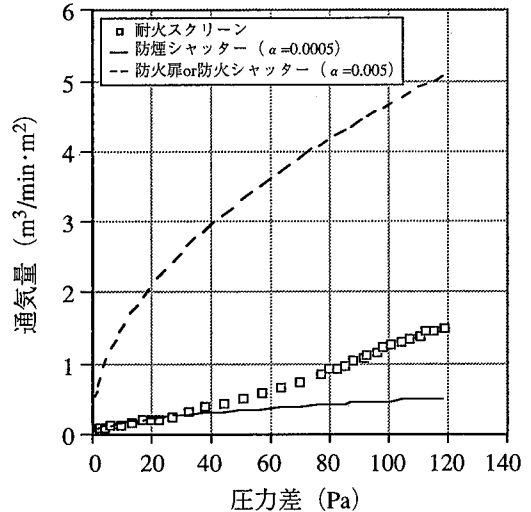


Fig.3 压力差-通気量特性 (スクリーンドアなし)

Characteristic of Pressure Difference - Ventilation (Screen-Door not existed)

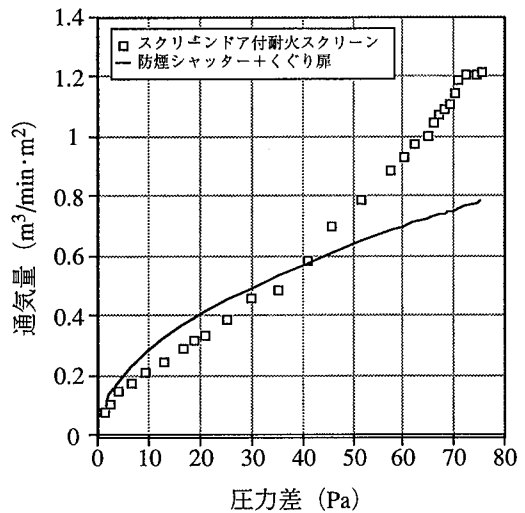


Fig.4 压力差-通気量特性 (スクリーンドアあり)

Characteristic of Pressure Difference - Ventilation (Screen-Door existed)

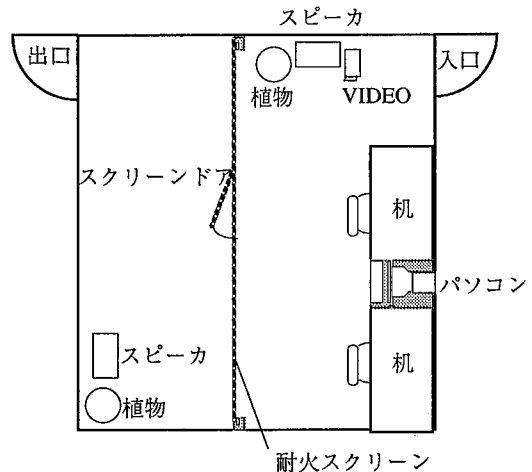


Fig.5 認知時間実験室平面図

Plan of Experiments Room for Cognition Time

半の3回についてはあらかじめ待機している方の室内で煙を発生させ、実際の火災の状況を再現させた。

4.2.2 実験結果および考察 実験結果をTable 2に示す。流動係数の算出では、スクリーンドアの幅員を最下部の開放幅0.8mとした。結果から流動係数はゆっくりとした通過の場合、平均で1.07人/m秒、火災時を想定した速やかな通過の場合、平均で1.42人/m秒となった。避難計算において通常の扉の場合に一般的に採用されている流動係数は1.5人/m秒である。これと比較すると耐火スクリーンの流動係数は扉の70~95%程度の値となり通常の扉より若干劣る。しかし、スクリーンドアは任意の位置に複数個設置できるので、扉と同等以上の避難安全性を確保することは可能である。

5. おわりに

従来のウォークスルー型耐火スクリーンより、さらに遮煙性能、避難安全性を向上することを目的として、スクリーンドア方式によるウォークスルー型耐火スクリーンを開発した。本論では、その基本仕様と、防火安全性能として遮煙性能および避難安全性について、実験結果を示し、以下の結論を得た。

- 1) 遮煙性能については、スクリーンドアがない場合、建築基準法告示第2564号による「遮煙性能を有する甲種防火戸および乙種防火戸」の基準を満たしており、圧力差30Paまでは防煙シャッターより通気量は少ない。
- 2) スクリーンドアがある場合、圧力差が40Paまでは、くぐり戸付の防煙シャッターより通気量が少ない。
- 3) スクリーンドアの避難安全性については、スクリーンドアは扉と同様に避難用の出口として認識されている。
- 4) 流動係数は扉より若干劣るものの、スクリーンドアを複数個設置することにより、扉と同等以上の避難安全性を確保できる。

謝辞

ウォークスルー型耐火スクリーン（ソフトファイアガード）の開発に際してはユニチカグラスファイバー株式会社の協力を得た。ここに記して関係各位に謝意を表したい。

参考文献

- 1) 村岡, 他:ウォークスルー型耐火スクリーンの開発, 大林組技術研究所報, No.52, p.135~140, (1996)
- 2) 村岡, 他:大空間向け耐火スクリーンの開発, 大林組技術研究所報, No.53, p.105~108, (1996)

Table 1 認知時間実験被験者数
Number of Subjects for Cognition Time Experiments

	Type1	Type2	Type3	Type4	計
男性	10	5	5	5	25
女性	14	8	5	3	30
計	24	13	10	8	55

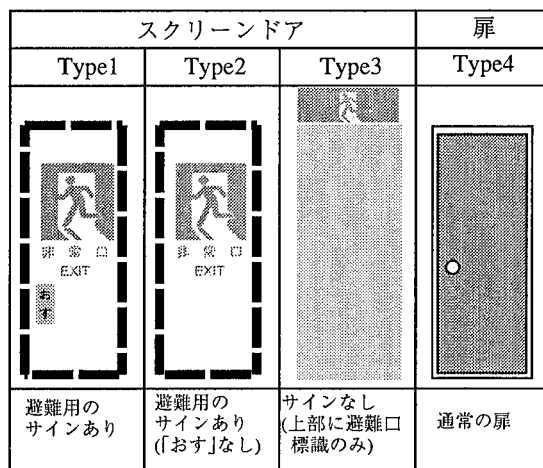


Fig.6 実験の対象とした出口の形状
Exit Type for Experiments

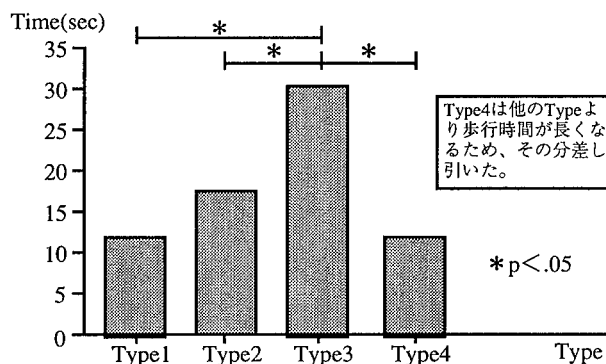


Fig.7 各Typeにおける平均避難時間
Mean Evacuation Time of Each Type

Table 2 流動係数測定結果
Results of Fluid Coefficient

	通過時間 (s)	流動係数 (人/m秒) (w=0.8m)
ゆっくりとした通過	16" 11	1.09
	15" 56	1.12
	17" 20	1.02
	Mean=16" 29	1.07
火災時を想定した すみやかな通過 (煙を発生)	11" 90	1.47
	12" 60	1.39
	12" 51	1.40
	Mean=12" 34	1.42