

大空間向け耐火スクリーンの開発

村岡 宏 本間 正彦
宮川 保之 三宅 章
(本社 設計本部設計第一部)

Development of Fire Resistant Screens for Large Spaces

Ko Muraoka Masahiko Honma
Yasuyuki Miyagawa Akira Miyake

Abstract

Up to now, it has been impossible to construct fire partitions in large spaces. A system of fire resistant screens that can be used to form fire partitions has been developed to meet this need. The performance of this system of plural screens is better than that of fire shutters made of steel. This paper describes experiments and simulation methods used to confirm the system's fire resistance and motional performance. It also introduces an adaptation of the system to a multipurpose gymnasium.

概要

これまで不可能であった大空間の防火区画を実現できる大型耐火スクリーンシステムを開発した。このシステムは複数のスクリーンで構成され、延焼防止の観点からは従来の防火シャッターと同等以上の優れた性能を有するものである。本報告ではこの大空間向け耐火スクリーンシステムの耐火性能、動作性能について実験、シミュレーションから立証するとともに、このシステムを適用した多目的体育館の実例について紹介する。

1. はじめに

大空間を従来の防火シャッター、防火扉で防火区画することはその巨大さゆえにこれまで不可能とされてきた。このため、代替として放水銃のような大掛かりな消火設備を設置したり、大空間の内部をコンポーネント化する等、その対策には苦慮してきた。今回、開発した大型耐火スクリーンはこの課題に対して根本的に取り組み解決したものであり、大空間における火災の延焼を確実に防止できる性能を持つだけでなく、防火区画の中間に柱がない広々とした大空間が実現できる等の空間デザイン上のメリットも持つ。

本報告ではこの大型耐火スクリーンシステムの概要、耐火性能、動作信頼性について述べるとともに、実用化第一号として実施した多目的体育館の実例を紹介する。

2. 耐火スクリーンシステムの概要

2.1 耐火スクリーン基本仕様

スクリーンは複数のユニットが互いに 500 mm 重なり合いながら降下する。このうち両端の 2 基のユニット

はガイドレール（深さ 200 mm，幅 30 mm）に沿って降下する。ユニットの幅は巻取シャフトのたわみの許容範囲内で任意に設定できる。下端部にはウェイトバーを取り付け、スクリーンの重なり部分はこのウェイトバーも相欠き状に重なり合うことで重ねの隙間を最小限に抑える。降下はウェイトバーの自重降下によるが、避難者の挟まれ防止のため、床上 500～600 mm で一旦停止する 2 段降下システムを採用する。作動は感知器連動あるいは中央監視盤からの遠隔制御とする。

耐火スクリーンの素材にはシリカクロスを用いる。このシリカクロスは工場において幅 1,000 mm のロールで製造されるため、大面積で使う場合はクロスを接合する必要がある。接合は縫製による接合と金属金物による突き合わせ接合（図-1 参照）を併用する。

2.2 耐火スクリーンの利点

表-1 に従来のスチールシャッターの問題点と耐火スクリーンによる改善点を比較した。耐火スクリーンを用いれば、今回の複数ユニットによる重ね合わせシステムにより、中間の柱なしでいかなるスパンにも対応できる他、ユニットの軽量化、収納ケースの省スペース化、降

下時のパニック防止など多くの利点が期待できる。

3. 耐火性能試験

3.1 試験目的

防火区画における開口部、すなわち防火戸（甲種防火戸）は建築基準法において1時間の耐火性能が要求されているため、耐火スクリーンが1時間の耐火性能を有するか否か、耐火炉を用いた耐火試験を行い検証した。

3.2 試験概要

耐火炉は防火戸のような壁状の試験体であればW1,500×H1,800のサイズまで試験可能な汎用耐火炉を用いた。試験体はスクリーンの重なり部分および耐火クロスの突き合わせ接合部が再現されたものであり、突き合わせ接合部は前述の接合方法を含む2種類の方法で作成した。

スクリーンの表面には加熱側9カ所、非加熱側6カ所の合計15カ所熱電対（K型熱電対、素線径0.8mm）を取り付けた。熱電対取り付け位置図を図-2に示す。

加熱はJIS 1304 Aの標準加熱温度曲線に準拠して1時間継続した。加熱開始と同時に熱電対で炉内の雰囲気温度、試験体の表面温度を30秒間隔で計測した。なお、計測は加熱試験終了後1時間まで行った。耐火試験時の状況を写真-1に示す。

3.3 試験結果および考察

耐火試験により得られた知見を以下に列挙する。

- ① 加熱側の表面温度950°Cに対し、非加熱側の表面温度は500°Cに留まった。（図-3参照）
- ② 加熱試験中に非加熱側への発炎（火炎が吹き出すこと）は見られなかった。
- ③ クロスの突き合わせ接合部の鉄製押さえ板が加熱のため反りを生じた。
- ④ スクリーンの鉛直方向の収縮が若干見られた。その結果、スクリーン下端のウェイトバーと下枠材との間に1cm程度の隙間が生じた。
- ⑤ 加熱開始直後一時的に煙が発生した。発煙は1分間程継続した。

以上のように試験体には若干の収縮および変形が見られたものの、非加熱側への発炎はなかった。④の問題についてはウェイトバーが着床した状態でクロスに弛みをもたせれば、この弛みが収縮を吸収し、隙間が生じることはない。この隙間の問題を解決すれば甲種防火戸の認定試験にも十分対応できる。なお、加熱開始直後の一時的な煙の発生はシリカクロスに含まれる若干量のバインダー（難燃アクリル系樹脂 含有量1%）のくん焼によるものである。

4. 動作性能および機能安定性の検証

4.1 動作性能確認試験

耐火スクリーンの動作性能を確認するため、実物大の試験体（500mmの重ね部分を有する）を製作し、動作試験を行った。ただし、設置場所の空間の制約条件からス

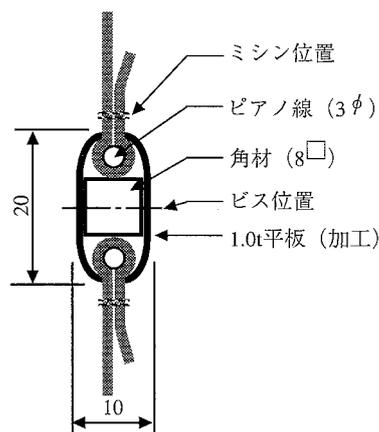


図-1 クロス接合部断面詳細

表-1 防火シャッターと耐火スクリーンの比較

| 防火シャッター | 耐火スクリーン |
|------------------|---------------------------------|
| 幅5~8m以内に柱(方立)が必要 | 中間の柱(方立)が不要 |
| 重量が大 | 軽量である |
| 横に扉(くぐり戸)が必要 | 扉が不要 (ウォークスルーシステム) 併用の場合) |
| 収納ケースが大きい | 収納ケースが小さい |
| 降下時のパニック | パニック防止上有効 |

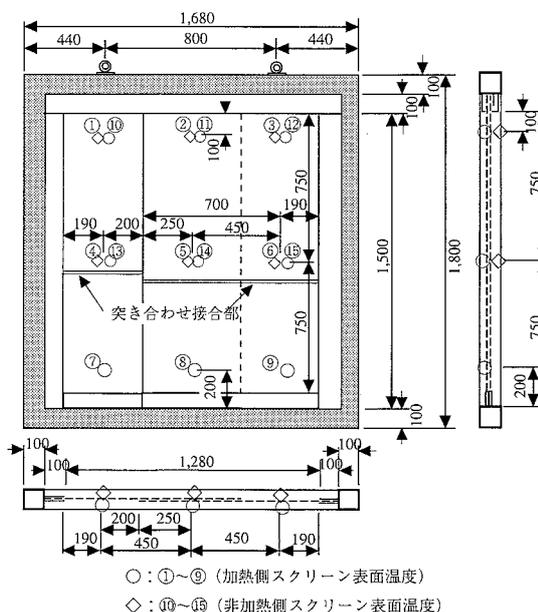


図-2 耐火試験体寸法および熱電対取り付け位置

クリーンの高さ（開口負担部の高さ）は7.5m、幅はそれぞれ4.5m、2mとした。（写真-2参照）

4.2 試験結果

動作試験の結果、確認された性能を以下に列挙する。

- ① 電動降下時、電動巻き取り時、自重降下時いずれの場合においてもスムーズな動作が確認された。また、繰返し降下、巻き取りを行ってもシャフトへの巻きずれは見られなかった。

② スクリーン同士の重ね部分のクリアランスは1 cm 程度であることが判明した。(写真-3 参照)

③ ウェイトバーの停止位置はリミットスイッチにより任意に設定できるため、ウェイトバー着床時のスクリーンのたるみ具合も自由に調整可能である。実際には火災加熱時のスクリーンの熱収縮を考慮して若干たるませることが必要であるが、たるませることによって重ね部分における隙間の増大はないことが判明した。

5. 適用事例

5.1 適用建物

適用建物は体育館と音楽ホールを主要用途とする多目的体育館であり、高さ17 m、幅56 m、奥行148 mのボックス状の大架構内に音楽ホールが入れ子状に配置された計画である。

原設計では音楽ホールとアリーナ部分との異種用途区画を防火防煙シャッターにより形成させるため、音楽ホールに付帯して天井と方立を設ける計画であった。これは、通常の防火防煙シャッターでは天井の高いロングスパンの区画の形成が不可能であるからであり、この計画では当然、音楽ホールまわりの空間デザインが損なわれることになる。そこで、耐火スクリーンを用いることに

より、大架構から床までの区画を形成させ、大空間を単純明快に横に2分割する計画とした。これにより、音楽ホールまわりの使い勝手と視認性のアップによる避難安全性の向上が同時に実現できる。耐火スクリーンの展開図を図-4に示す。

なお、異種用途区画においては建築基準法で規定されている甲種防火戸なみの性能が必要となる他、区画の位置変更にともない、音楽ホール側の面積区画が増大し、法に抵触することになる。このため、耐火スクリーンの導入に際しては建築基準法第38条の規定による大臣認定を取得した。

5.2 煙流動シミュレーションによる圧力差の検討

適用建物には耐火スクリーンが設置される空間から直接外部へ通ずる開口が多数存在し、火災時にこれらの開口が開放された場合には、外部風の吹き込み、および火災室の温度上昇に起因する圧力上昇によりスクリーン前後の圧力差が増大し、スクリーンが押されて開放する可能性がある。このため、2層ゾーン煙流動シミュレーション²⁾により外部風が存在する場合の、スクリーン前後の圧力差を把握した。計算モデルおよび条件を図-5に示す。なお、避難扉の開放時刻は適用建物の避難計算による各室からの避難開始時刻である。また、想定する外

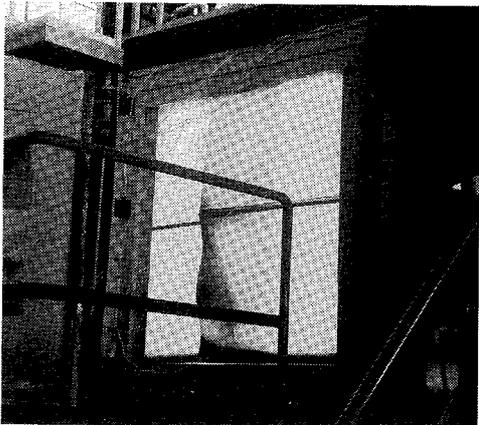


写真-1 耐火試験の状況

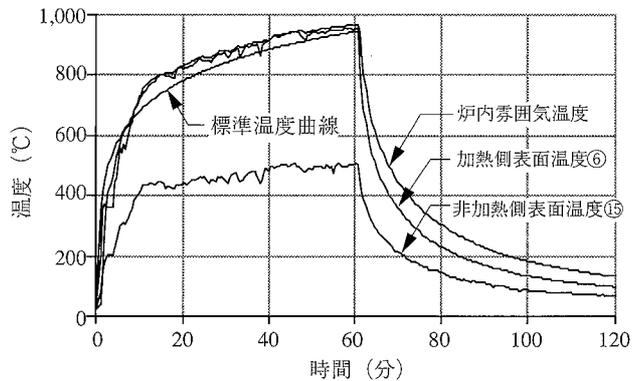


図-3 耐火試験における各部位の温度推移

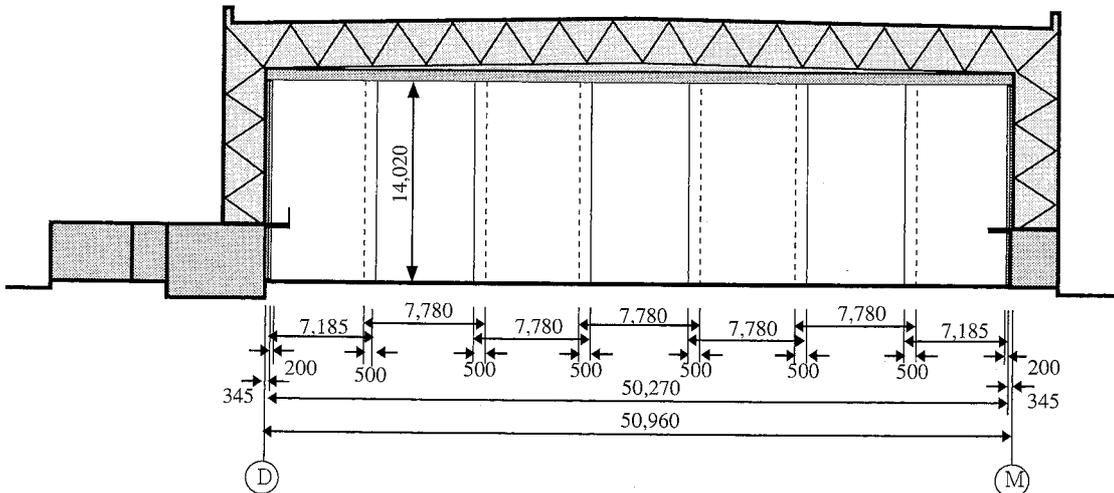


図-4 耐火スクリーン展開図

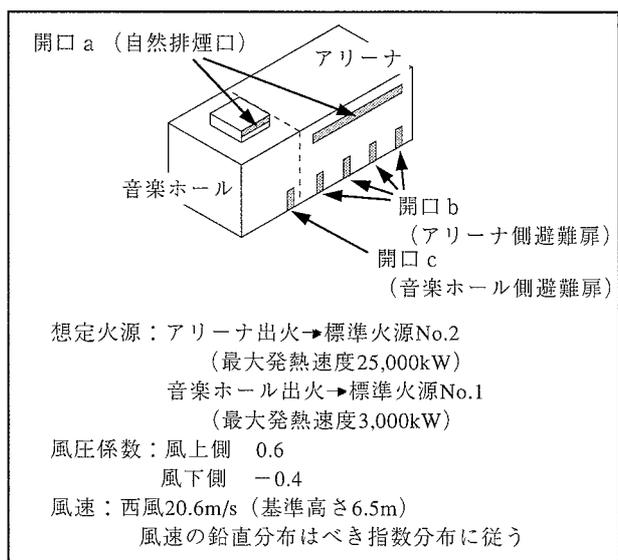
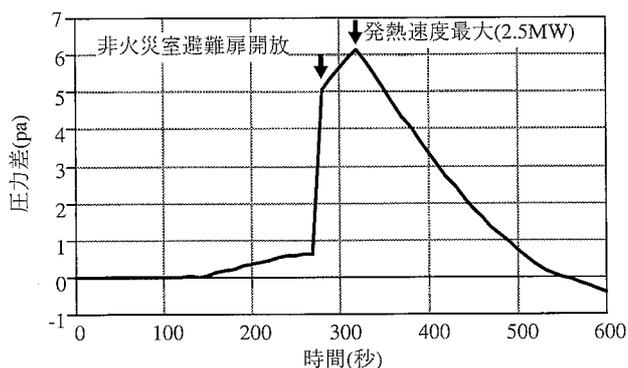


図-5 計算モデルおよび条件



注) 圧力差=アリーナ圧力-音楽ホール圧力

図-6 スクリーン前後の圧力差の時間変動

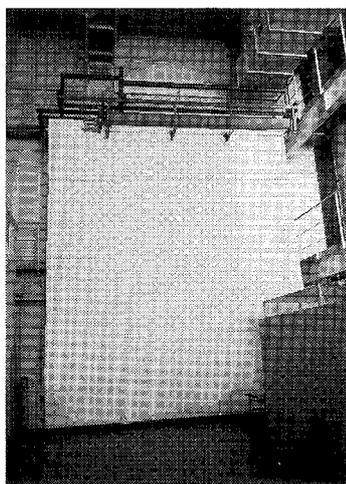


写真-2 動作試験体外観

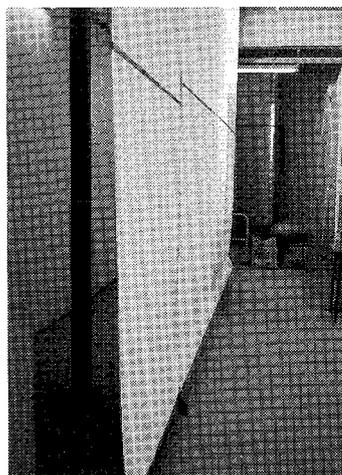
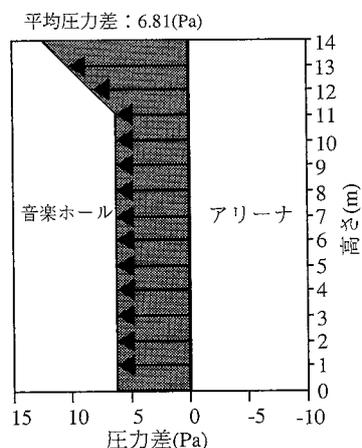


写真-3 重ね部分の様子



注) 圧力差=アリーナ圧力-音楽ホール圧力

図-7 鉛直方向の圧力分布

部風には建物所在地における地域気象観測所の風向別風速データから求めた50年再現期待値を用いた。

5.3 シミュレーション結果および考察

スクリーン前後の圧力差の時間的変動を図-6に、圧力差ピーク時における鉛直方向の圧力分布を図-7に示す。圧力差は非火災室(音楽ホール)側の避難扉が開放された時点で急激に上昇し、その後、火源の燃焼速度が最大となる出火から320秒後に最大値となる。この時の鉛直方向の圧力分布はスクリーンの上端部で最大となり、12.4 Paとなる。また、この時のスクリーンの上端部から下端部までの平均圧力差は6.8 Paである。この圧力差においてスクリーンの開放を防止するためウェイトバーの重量を10 kg/mと設定した。

6. おわりに

本報告で述べた耐火性能、動作性能、閉鎖時の機能安定性等の諸性能についての実験およびシミュレーション

は、建築基準法第38条の規定による大臣認定取得のために行った様々な実験、シミュレーションによる検討の一部であり、これ以外で重要な問題としては閉鎖の信頼性、クロスの経年変化、耐久性などがある。これらについては竣工後の定期的な動作チェックおよびクロス強度試験により確認し、不具合が生じた場合は製品の修理、交換により対応する予定である。

なお、本研究開発に際しては三和シャッター工業株式会社、および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) 日本建築センター: 煙流動及び避難性状予測のための実用計算プログラム解説書, p.187~281, (1990)