

微細な水粒子幕を用いた防火設備

ウォータースクリーン

井田 卓造

ウォータースクリーン防火設備（以下「本防火設備」という）は微細な水粒子を噴出する特殊なヘッドを連続配列し、水幕で防火区画を形成するシステム。避難に使用できる幅が広いこと、および透視性は高い避難安全性と救援・消火活動支援を可能にした。従来の防火シャッター等では難しいカーブした区画や複雑な断面形状での区画が可能になり、空間の可能性を飛躍的に広げた。また、特定防火設備としての国土交通大臣一般認定を取得し、使いやすい環境を整えた。

キーワード：防火設備、特定防火設備、遮炎性能、遮熱性能、性能評価、加熱試験、避難、消火活動、地下駅

1. はじめに

雑居ビル火災、老朽化したホテルの火災、量販店火災などが尊い人命を奪うリスクは増大している。また、個室ビデオ店での放火や地下鉄駅での放火などテロに近い人為的な危害は大きな被害をもたらす。

一般に火災や火災による煙の進展は急激であるため、火災の拡大をその発生箇所にとどめ、区画化することは人命の安全確保に有効な手段である。この区画化設備（防火戸や防火シャッターなど）においては一方で以下のような問題が指摘されている。

- ・防火シャッターや扉の作動により、ふだん見慣れた空間や避難経路が異なった空間と感じられる。
- ・多数の人を迅速に避難させるためには、防火扉やシャッター脇のくぐり戸の幅では不十分。
- ・くぐり戸の靴摺部分は段差があることが多く、スムーズな通過が難しい。車椅子は通過しにくい。
- ・区画化設備の多くは鉄製であり、近接して火災がある場合、高温をそのまま伝えてしまうおそれがある。

火災時の区画化と避難安全性を両立させながら、さらに日常の利便性を確保し空間デザインの自由度をさらに高めることができる次世代の防火設備を開発したので紹介する。また地下駅施設やトンネルなど建築分野のみならず、土木の分野にも広範に適用が可能である。

2. 本防火設備の概要

本防火設備は、少々乱暴に言うと「水でできたシャッター」であり、建築基準法施行令第112条1項に規定される特定防火設備である（写真—1）。特定防火設備とは2000年5月までは甲種防火戸と言っていたもので、同施行令条文では下記のように書かれている。



写真—1 本防火設備は水によるシャッター

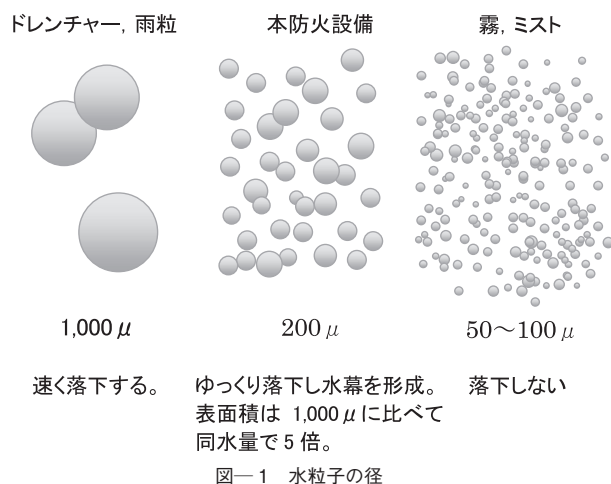
第109条に規定する防火設備であって、これに通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後一時間当該加熱面以外の面に火炎を出さないものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものをいう。

本防火設備はこの「国土交通大臣の認定を受けたもの」に相当する。

スプリンクラーなどに似て水を噴出することや構成

部品の一部に消防の認定品などが使われていることから、消防法に規定された消火設備等と誤解されることがしばしばあるが、そうではなく建築基準法上の防火区画を構成する防火設備の一種と理解いただきたい。

本設備は直径約 $200\mu\text{m}$ の水粒子を水噴霧ヘッドから放出、落下の過程で火災の熱を気化熱として奪うことによって遮熱する。一般に雨粒やドレンチャー設備の水粒子は $1,000\mu\text{m}$ (1mm) であるが、この大きさであると十分な気化熱を奪うよりも早く落下してしまう。一方、霧やミストなどの水粒子は $50\sim 100\mu\text{m}$ ($0.05\sim 0.1\text{mm}$) と小さすぎるため浮遊して落下しにくい。直径約 $200\mu\text{m}$ という大きさが、ゆっくり降下し気化熱を奪う最適な大きさなのである (図-1)。この水粒子径の発見と、その大きさの水粒子を作り出すことが、本防火設備開発の最大のポイントであった。

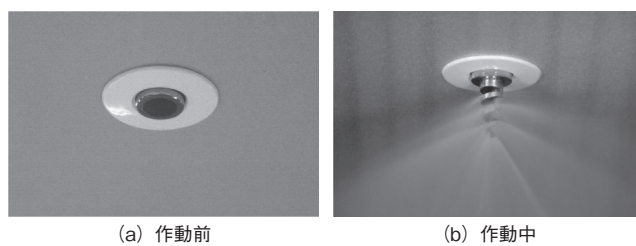


3. 本防火設備の構成と動作

特殊な水噴霧ヘッドが区画面の天井ラインに沿って配列されており、ヘッド列から一斉に水を噴出することで水幕の区画面を形成する防火設備である。写真-2に作動前の様子と水噴霧ヘッドからの噴出の様子を示す。水噴霧ヘッド1個当たりの流量は毎分 10l である。

水幕の形状は図-2に示すように高さ 6m 、幅 50m までの大きさが可能で、その水幕の厚さは 1.6m 程度である (一列タイプ)。水粒子は上記に述べたように直径約 $200\mu\text{m}$ であり、フワツとしたソフトなスクリーンである。

本防火設備のシステム構成を図-3に示す。大きくは水系の部分と起動用の火災感知器と制御系の部分で構成されており、火災発生時には火災感知器からの火災情報に基づき自動的に放射制御される。水系の部



(a) 作動前 (b) 作動中

写真-2 水噴霧ヘッド

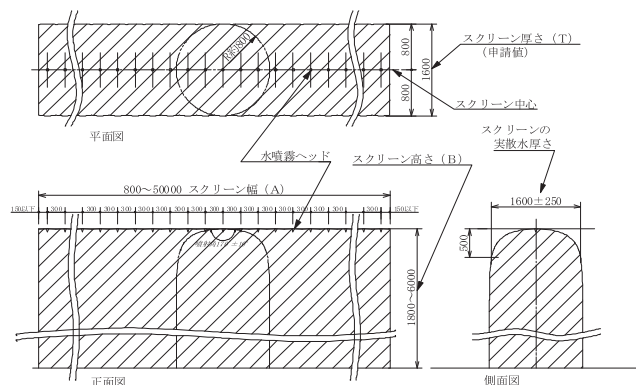


図-2 本防火設備の全体形状

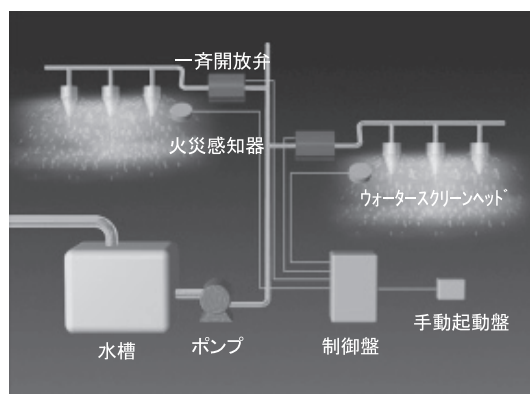


図-3 設備系統図

分は、天井面に一定間隔で配置する水噴霧ヘッド、一斉開放弁、ポンプ、貯水槽、接続する配管、火災感知器、制御系で構成される。主要な構成要素について解説する。

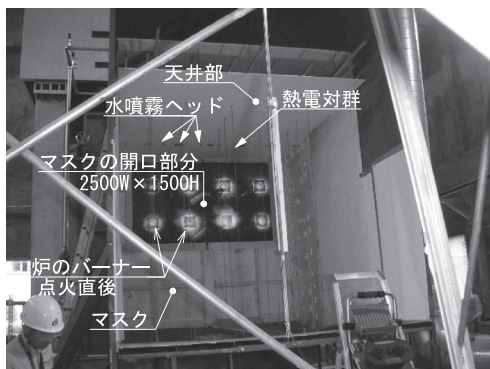
- ・水噴霧ヘッドは作動時には写真-2(b)に示すように、内部からスパイラル状のノズル部が出て放射が開始される。常時はフラッシュ型のデザインになっており写真-2(a)に示すように目立たない。天井面からの出っ張りがほとんど無いことおよび散布性能に重要なノズル部が収納されていることから、外部打撃等に強く、経年汚れや腐食の影響からもノズル部を保護することができる。一列仕様と二列仕様の2種類があり、一列仕様では水噴霧ヘッドは 30cm 以内、二列仕様では 50cm 以内、列間の距離は 160cm である。

- ・水源として60分間以上の放射水量を貯蔵する。この60分とは、通常の特防火設備に要求されている遮炎性の持続時間である。なお、屋内消火用水源など他設備の水源とは共用しない。
- ・火災感知器は熱感知器であり、防火設備の建築基準法に基づく告示(昭和48年12月28日建告第2563号)にて消防法による検定合格品であること等が規定されている。

4. 国土交通大臣の一般認定取得

本防火設備は、建築基準法上の防火区画に用いる特定防火設備として遮炎性能を満足しており(施行令第112条第14項一号)、水幕を用いた防火設備として性能試験をクリアし、国土交通大臣の一般認定(認定番号EA-0157)を取得した。自動作動性能についても国土交通大臣の一般認定を取得しており、いわゆる建築物の面積区画に用いる特定防火設備として防火シャッターや防火戸と同様に用いることができる。

性能評価試験(遮炎性能試験)の様子を写真-3に示す。性能評価試験では遮炎性能を遮熱性能に読み替えて行った。まず耐火炉で945℃まで加熱。この温度は、ISO 834の標準加熱温度曲線で60分経過時の温度であり、通常建築物内で起きる火災が60分経過後になり得る温度である。本防火設備を加熱面の前面に



(a) 本防火設備作動前



(b) 本防火設備作動中

写真-3 性能評価試験(遮炎性能試験)の様子

配し、加熱面の裏面で可燃物燃焼温度以下に温度を下げるができるかどうかを確認する。可燃物燃焼温度とは、建築基準法施行令107条第二号に規定され平成12年告示「可燃物燃焼温度を定める件」にて、加熱面の裏面で最も温度が高い部分で200℃、平均で160℃と定められている。結果、加熱面に対する本防火設備の裏面で、一列仕様と二列仕様ともに可燃物燃焼温度をクリアすることが確かめられた(表-1)。

表-1 加熱試験結果

| 項目 | | 規定値 | 測定 | |
|-------------|----|-------|------|------|
| | | | 一列配置 | 二列配置 |
| 裏面温度 [℃] | 最高 | 200以下 | 156 | 102 |
| | 平均 | 160以下 | 77 | 62 |

本設備は建築基準法施行令112条14項一号に規定する特定防火設備であり、面積区画に使用が可能である。遮煙性(防火設備として同条14項二号に規定)は認められていないため、堅穴区画や異種用途区画等に使用することはできない。

5. 避難安全性が格段に向上

韓国テグ市地下鉄火災で、多くの人命を奪った防火シャッターによる避難者滞留の悲劇はまだ記憶に新しいところである。まさに区画化のための防火設備と避難性のジレンマであった。

本防火設備の水粒子径は約200μm。微噴霧のスクリーンは、高齢者や子供でもそのまま容易にくぐり抜けることができる。さらに、区画の幅全体が避難幅として利用できることから、車いすや担架、多人数でも問題なく通り抜けることができる(写真-4)。

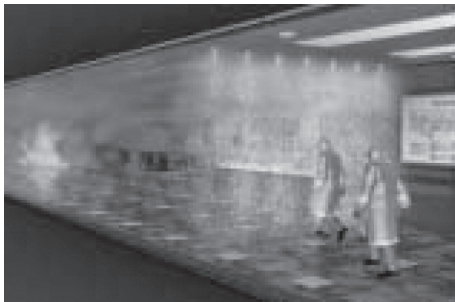


写真-4 本防火設備をくぐる様子

水幕を通して反対側の状況が確認できるため、避難者は火災の様子や避難方向先を視認して行動することができる(図-4(a))。また、防火戸のように開き勝手に方向性がないこと、および人が通れる開口部を広く確保で



(a) 迷わず避難方向に移動が可能



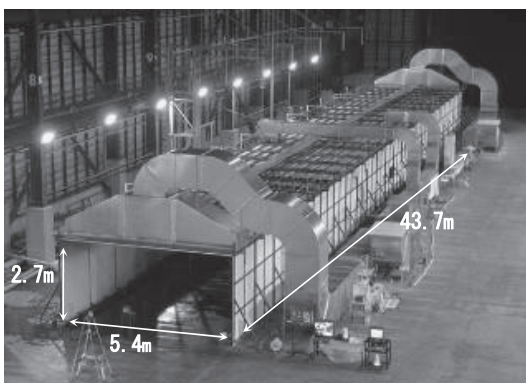
(b) 消防隊の進入が容易

図一4 避難しやすく、救援・消火活動にも資する

きることにより、避難方向と一般に逆方向となる消防隊の進入を容易にするメリットも大きい(図一4(b))。

閉鎖又は作動するに際して、扉やシャッターのように挟まれたり衝突することにより人に重大な危害が及ぶようなことがないという点で国土交通大臣の一般認定(認定番号CAT-0299)を取得している。シャッターの作動により、見慣れた空間が全く異なる場所を感じられて感覚を失い、パニックに陥ることも防ぐことができる。避難の分野でバリアフリーを達成した防火設備である。

これらの性能の概要を把握するために、地下街を模した実験を行っている(写真一5)。



写真一5 地下街を模した実大模型実験装置

またこうした実験結果により避難安全性に関して、下に示すような特長についても確認された。

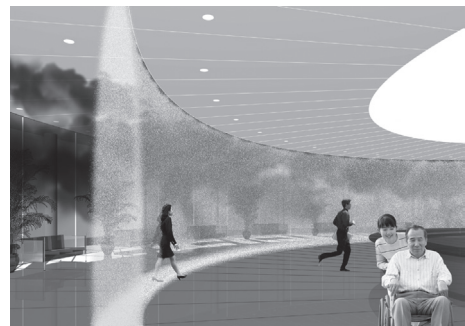
- ・隣接区画への輻射熱遮断効果としては、熱を90%

遮断する。鋼製シャッターは遮熱性を有さないが(遮炎性のみ)、本防火設備は火災室近傍の避難者を守る。

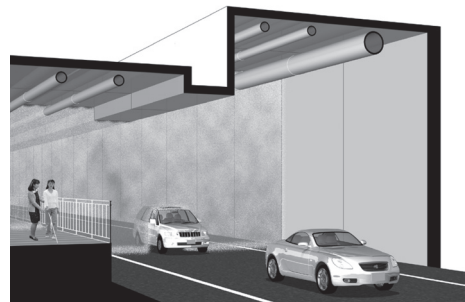
- ・煙粒子を200 μ mの噴霧水で洗い落とす効果により、煙を60%遮断する(無風時)。国土交通大臣の一般認定の中では遮煙性は含まれないが、実際の火災で煙を有効に遮断する性能を有するとも言える。
- ・一酸化炭素濃度の急激な増加を防止する効果が確認された。本防火設備による区画化では、不完全燃焼が起こりにくく一酸化炭素濃度の増加が少ない。区画内避難者に避難時間の余裕が生じると考えられる。
- ・真下に障害物が置かれた場合でも遮熱等の性能をある程度発揮できる。鋼製シャッターの場合、障害物があるとそこで降下が止まり火炎や煙の拡散を抑止できない。これまで多くの火災で、障害物が置かれていたため防火シャッターや防火扉が適切に作動せずに多数の犠牲者を出している。

6. 形態自由性の高さを生かす

「まっすぐで四角いもの」という防火扉や防火シャッターの常識を覆し、空間の可能性を広げる。円弧状などカーブした区画も可能(図一5(a))。床や天井に勾配や凹凸がある場合、段差がある場合でも設置できる(図一5(b))。またシャッターのような支柱が不要。防火設備の常識を覆す防火設備である。天井フトコロ内



(a) 区画をカーブさせることが可能



(b) 天井や床の段差にも対応可能

図一5 様々な形状の空間に対応可能

は噴霧ヘッドと配管だけであり、防火シャッターの巻き取り部分などと比べて大きなスペースが不要である。

意匠的に防火設備の存在がほとんどわからないこと、および高さ6m、幅50mまでの大きさが可能であることから、防火区画の存在を意識させない一体感のある空間をデザインすることができる。

7. 駅施設への適用事例

地下鉄道駅では、韓国テグ市地下鉄火災以降、火災安全に関する基準が強化されている(2004年12月に「地下鉄道の火災対策解釈基準」が改正され規制が厳しくなった)。プラットホーム上また電車の中の多くの乗客を安全に避難させるために、上階(改札やコンコース)へ至る階段を防火区画することが規定された。

竣工の年度の古い駅では、階段が区画されていない例が多い。この状態を改善するために防火区画を設置する場合、防火シャッター+くぐり戸による方法だと、多くの乗客を短時間で避難させることは難しい場合がある。大人数が乗降する地下ターミナルに自主的に設置された事例を写真—6に紹介する。



写真—6 地下駅ホーム階の階段下部に設置された本防火設備作動の様子
(京王電鉄新宿駅)

8. 工場など生産施設への適用について

生産施設・物流施設の火災のニュースが多い。火災は焼失した部分の被害に留まらず、取引先や関わる業界全体に波及するケースも多く、また周辺住民に対し煙や有害なガスの被害が及ぶなど社会問題化することもある。BCPの観点からも本防火設備は有効であろう。具体的には、

- ・塵埃を極度に嫌う半導体工場、精密機械工場

- ・防火シャッターなどを設けることのできない生産ライン
- ・ひとつのフロアに火災の危険度合いの異なるゾーンが混在する配送スペース
- ・重要物保管倉庫

などのケースで有効であろう(図—6)。

大規模な工場では建築基準法上、防火区画を適用除外することも可能である(建築基準法施行令第112条1項第一号)。しかし、法適合できても火災リスクが小さくなるわけではないことに注意したい。



(a) 大切な商品、製品、財産を煙から守る



(b) 生産ラインの被害を最小化

図—6 生産施設の火災リスク低減

9. おわりに

ウォータースクリーンシステムは第6回環境・設備デザイン賞(主催:社建築設備総合協会)設備器具・システムデザイン部門にて最優秀賞を受賞している。また、2011年日本建築学会賞(技術部門)を受賞した。アイデア段階から本開発、国土交通大臣一般認定の取得を経てようやく認知されるまでになった。今後、新築、増改築における火災安全性向上に寄与できるよう普及を推進していきたい。

JICMA

[筆者紹介]

井田 卓造 (いだ たくぞう)

鹿島建設㈱

建築設計本部

技師長

