

[新たな取組み]

新しい防火設計法と要素技術

宮川保之
堀長生
村岡宏

1. はじめに

一般的に建築物の防耐火構造、防火設備は通常時の火災を想定して計画されている。大地震、テロ等による爆発によって防災設備、防火区画、避難施設等が破壊したり、建物内の出火が同時多発した時の防火対策については特別には考慮されていない。このレベルまでの安全性を完全に担保するためには多大のコストを要するからである。しかしながら今回の大震災のような場合には地上までの避難ですら困難であったり、防火設備の損傷によって居住者および建物に二次的な火災ダメージを与える可能性が決して少なくないことが確認された。建物が倒壊あるいは大破壊することを防止するのは勿論の事、その後に発生する火災等により人的被害を出すことも極力、防止しなければならない。しかし防耐火構造あるいは防火設備を大地震対応型としてグレードアップしていくことは大切であるが、そこには必ずと過大なコストアップを引き起こさない合理的な設計コンセプトが存在しなければならない。

2. 大地震を考慮した防火設計基本コンセプト

建築物の防火設計とは火災発生後のステージに合わせて火災覚知から本格消火までのすべてのシステムについてその機能性、信頼性を十分に検討することにある。しかし、大地震に際してこれらすべてのシステムを正常に機能させることは不可能に近い。このため、システムが仮にダウンしたとしても決定的なダメージを与えないものから、仮にダウンすると死活問題に係わるものまでまず明確化した上で、どのシステムの動作信頼性を高めるべきかを示したものがTable 1である。

排煙機、排煙口、排煙ダクト等の煙制御システムの効果については、通常時の火災においても、すべての建物に対して常に高い評価を受けているわけではない。一般のオフィスビルにおいて排煙が働いていても、短時間では煙は希釈されず、スムーズな避難を困難にした例はこれまでも少なからず報告されている。これらの事を考えるならば、煙制御システムを大地震向きにグレードアップする分を他のシステムの動作信頼性の向上に振り向けた方が合理的である。スプリンクラーに代表される初期消火システムの機能保持、破損防止については大地震の際には次の2つの側面からその重要性が指摘されている。

1) 厨房に代表される火気を使用しているスペース、可燃性の薬品をストックしているスペース等について考えるならば、大地震に遭遇した場合にはどのような対策

Table 1 大地震時における各種防災システムの重要度
Importance of Fire Prevention System

火災覚知システム	○
初期消火システム (スプリンクラー等)	◎
煙制御システム	△
延焼防止システム (防火区画, 防火戸)	○
避難施設 (階段等)	◎
避難誘導システム	○
本格消火・救助システム (屋内消火栓等)	○

◎非常に高い
○高い
△普通 (最悪の場合、動作しなくてもやむを得ない)

手段を取ったとしても完全に出火を防止することは不可能である。それ故、万一、出火した場合においても初期消火が非常に重要となる。初期消火にさえ成功すればその他の防火システムが大きなダメージを受けたとしても大きな災害には進展しない。

2) スプリンクラーシステム (スプリンクラーヘッド、配管等) が大きな振動によって衝突、脱落すれば出火の有無に関係なく散水される。ひと度スプリンクラーシステムから水が放出されると手動で停めない限り水槽の水 (通常は数十トン) 全部が放出される。地震が管理者不在の時間帯であったり、あるいは障害物により所定の場所までアクセス出来なかったりすると停止が出来なくなる。建物が燃えなくても大量の水が放出された場合には、最近のインテリジェントビルでは火災をも上回る大ダメージを受けることになる。

大地震時、通常時を問わず火災時に最も大切なことは地上までの避難ルートの確保である。(最近の超々高層計画では地上まで避難しなくても途中階のシェルター階でろう城する方法が一般的であるが、ここでは特殊ケースとして特にはふれない) 今回の震災でも避難階段の出入口扉の変形により出入りが不可能になったケースも少なからず見られた。特に外部に出る避難階 (通常は1階) の扉が開かないとすると後続する避難者の流れを止めることにもなり圧死等の大惨事を招く恐れもある。また、階段の扉が変形により十分に閉鎖しなかった場合には煙の伝播路 (煙突) になる危険性がある。過去のビル火災においても階段扉が閉鎖しなかったため多大の犠牲者を出したこともめずらしくない。避難階段の出入口扉の正常な動作を担保することが防火対策上最も重要である。

また、高層ビル火災の消火、救助活動を行う上で不可欠

の非常用エレベータの動作信頼性も重要である。非常用エレベータは一般乗用エレベータに比較して防火安全性は高いものの、大地震の際の大きな振動にも耐えられるエレベータシステムの開発が望まれる。さらには非常用電源設備（発電機）も非常灯、非常誘導標識、非常用エレベータ等を正常に機能させるためにも重要である。水冷式発電機の場合には大きな振動により冷却水配管の破損、脱落による発電機の停止が今回も数多く見られた。空冷式の採用、冷却水配管のフレキシブル化等、改良すべき点は多い。

3. 大地震時防火安全性向上のための要素技術

3.1 初期消火システム

3.1.1 耐震型スプリンクラーシステム スプリンクラーシステムは初期消火にとって非常に有効なシステムではあるものの、その不動作率は日本および米国の調査では2～4%程度と報告されている。スプリンクラーヘッドの不具合による不動作の場合には、多少の時間遅れはあっても隣接するヘッド（日本では水平距離2.3m以下）が作動するため結局は消火される。しかしながら、ヘッド以外の部分でのトラブルの場合には1ゾーンあるいは1階分あるいは全館にわたって消火できなくなる可能性があり、これは致命的である。そこで、スプリンクラーシステムの信頼度を高めるための改良を行うとともに、大地震の振動に対しても破損、誤作動が極めて少ないシステムの提案を行う。このシステムは不動作、誤作動を引き起こす要因を1つ1つ改良した結果、システム全体としての作動信頼性を飛躍的に高めたものである。

3.2 煙制御システム

3.2.1 自然排煙システム 排煙システムには排煙機、排煙ダクト、排煙口による機械排煙システムと、窓、トップライト等の開放による自然排煙システムがある。機械排煙システムは途中の横引きダクトの破損、脱落の危険性が大きいシステム全体として機能停止に陥る可能性が少なくない。これに比べて自然排煙システムでは排煙窓さえ開放できれば十分な排煙が達成できる。例えば、1つの居室において排煙窓全てが破損、開放不能になる確率は極めて少ないため、排煙自体は最悪の場合でもある程度は期待できる。今後、大地震を考えれば高層ビルにおいても自然排煙システムを積極的に採用すべきである。

3.2.2 天井チャンバー式機械排煙システム 自然排煙が外壁デザイン、納まり、必要開口面積等の点で実現できない場合には機械排煙システムを採用せざるを得ない。この場合には天井の空調用吸い込みスリットを排煙口として利用し、天井裏空間全体を排煙ダクトの代替とする天井チャンバー方式の採用が望ましい。このシステムではダクトスペース内の排煙ダクトまでの横引き排煙ダクトがなくなるためシステム全体としての耐震性能は大きく向上することになる。

3.2.3 ロール式防煙垂れ壁システム 居室での煙拡散を防止するため法規で500m²の防煙区画が決められており防煙垂れ壁が多用されている。大地震時においてこの区画の効用を論議することは前述した通りあまり意味がなく、むしろガラス製の防煙垂れ壁の落下による2次災害を防ぐことの方が重要である。今回の震災でも垂れ壁の破損、落下は随所に見られ、早急に改善対策が望まれている。

固定式ガラス製垂れ壁に代わるものとしてロールスク

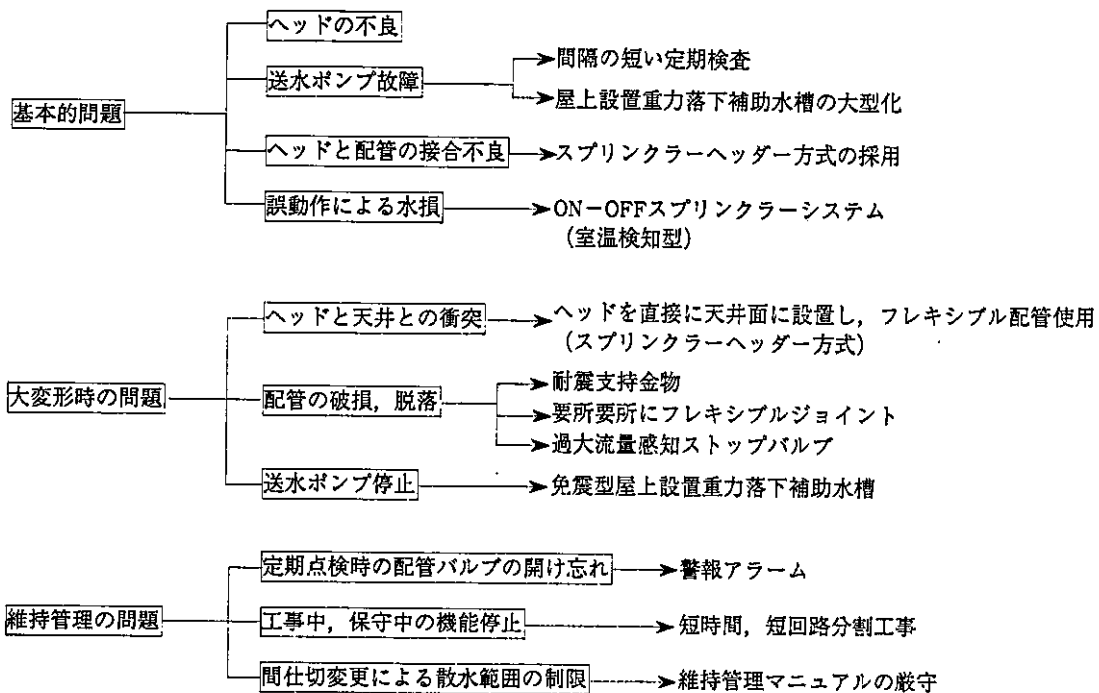


Fig. 1 信頼性を飛躍的に高めた耐震型スプリンクラーシステム
Earthquake Resistant Sprinkler System with High Reliability

リーン式防煙垂れ壁があり、当社では積極的に適用している。このスクリーンの素材は軽量の不燃性の膜であり通常は天井裏に巻き上がっているため、大きな振動を受けても落下する危険性はない。また、このスクリーンは垂れ壁の深さを通常の50cmより長くすることも容易であり、防煙効果を高めることができる。

3.3 延焼防止システム

3.3.1 耐火スクリーンシステム

延焼防止のためには固定壁による防火区画、防火扉、防火シャッターによる防火区画、散水による水膜形成等が考えられる。常時は開いている開口部の区画のためにはシャッター、散水に頼ることになるが、大地震時には散水方式はその機能維持があまり期待できない。また、防火シャッターも剛な鋼板製であるため、大地震時には両端のガイドレールのゆがみ、ボトムバーの変形等によって降下不能となることも多い。

当社で開発したシリカクロスによる耐火スクリーンはスクリーン自体が柔な素材であるため、前記のようなトラブルがあっても降下する可能性が高い。シリカクロスの耐火性は抜群であり、その遮熱性能は防火シャッターと同等である。また、シリカクロス自体の断熱性により裏面温度はシャッターの場合より300℃以上も低くなる(表面温度1,000℃の時)ため、裏面への延焼防止性能はむしろ優れていると言える。さらに防火シャッターのようにボトムバーと床面との間に挟み込まれて押しつぶされる危険性が少ないため、衝撃、振動により万一、降下した場合でも安全である。この耐火スクリーンはその一部をウォークスルータイプとすることにより、シャッターには付き物の併設の防火扉が不要となるためさらに好都合である。

3.3.2 耐震型耐火間仕切壁

オフィスビル、マンションを問わず最近では耐火間仕切壁工法として石膏ボードによるGL工法が一般的となっている。しかし、GL工法では層間変位の逃げが小さいため、石膏ボードの破損、脱落が見られた。当社開発のガラス繊維補強ケイ酸カルシウム板(商品名 ロンレックス)では1/150の層間変位をとっているため、今回の震災でも全くと言って良いほど破損は見られなかった。

3.4 避難施設

RC, SRC造の出入口鋼製扉は扉周辺の梁、雑壁の破壊に伴って扉枠、蝶番、扉本体に変形が生じ扉が開閉不能となったものが数多く見られた。この対応策として扉の中に小扉を設け、非常脱出用の扉を設ける方法の他、扉枠取付けのチリ(枠と躯体との間の隙間であり充填される)を大きくする方法がまず考えられる。

建築基準法施行令第82条2項では地震力によって各階に生ずる水平方向の層間変位の当該各階の高さに対する割合が最大で1/120以内と規定されているため、Fig.3の様にそれ以上のチリを確保すれば良いことになる。これまで扉材のチリは3mm程度で施行されていたが、大幅に余裕を持たせるわけである。



Photo 1 ロール式垂れ壁
Rolled Up Curtain for
Smoke Prevention

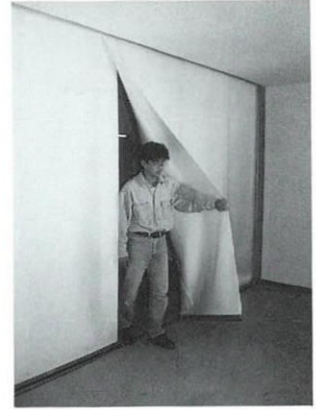


Photo 2 ウォークスルー型
耐火スクリーン
Walk Through Type Screen

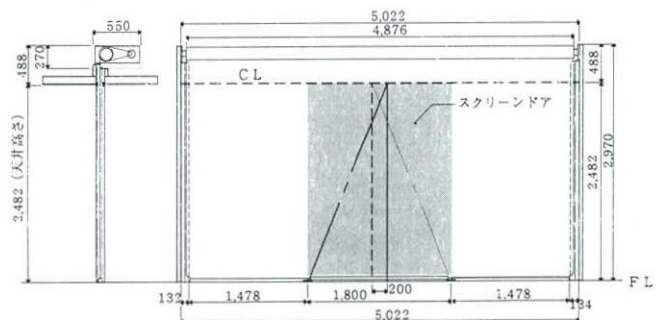


Fig.2 ウォークスルー型耐火スクリーン立面
Elevation of Walk Through Type Screen



Photo 3 GL工法による石膏
ボードの脱落
Fell Away Plaster Board
Built by GL Method



Photo 4 無傷であった
ロンレックス耐火壁
RONLEX Fire Resistant
Wall in Perfect Condition

3.4.1 耐震扉

避難上重要である階段出入口扉にはFig.4に示すような耐震面付け扉を取付ける。この扉には遮煙製の点でまだまだ改良の余地が残されているが、既にメーカーから販売されている。

3.5 耐火構造

3.5.1 FR鋼の使用

近年、建物の火災荷重の小さい部位には構造体としてFR鋼が多用されるようになってきた。耐火被覆は大地震時には剥離、脱落する可能性があるため、可能な限りFR鋼を使用していくことが望まし

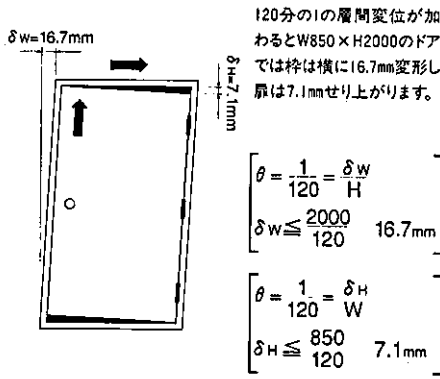


Fig. 3 1/120の層間変位が加わった時の扉の変形量
Deformation Quantity by 1/120 Displacement
between Layer

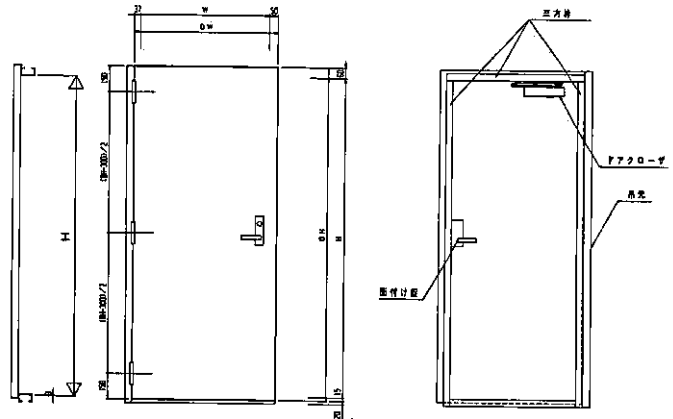


Fig.4 耐震面付け扉の例
Example of Earthquake Resistant Door

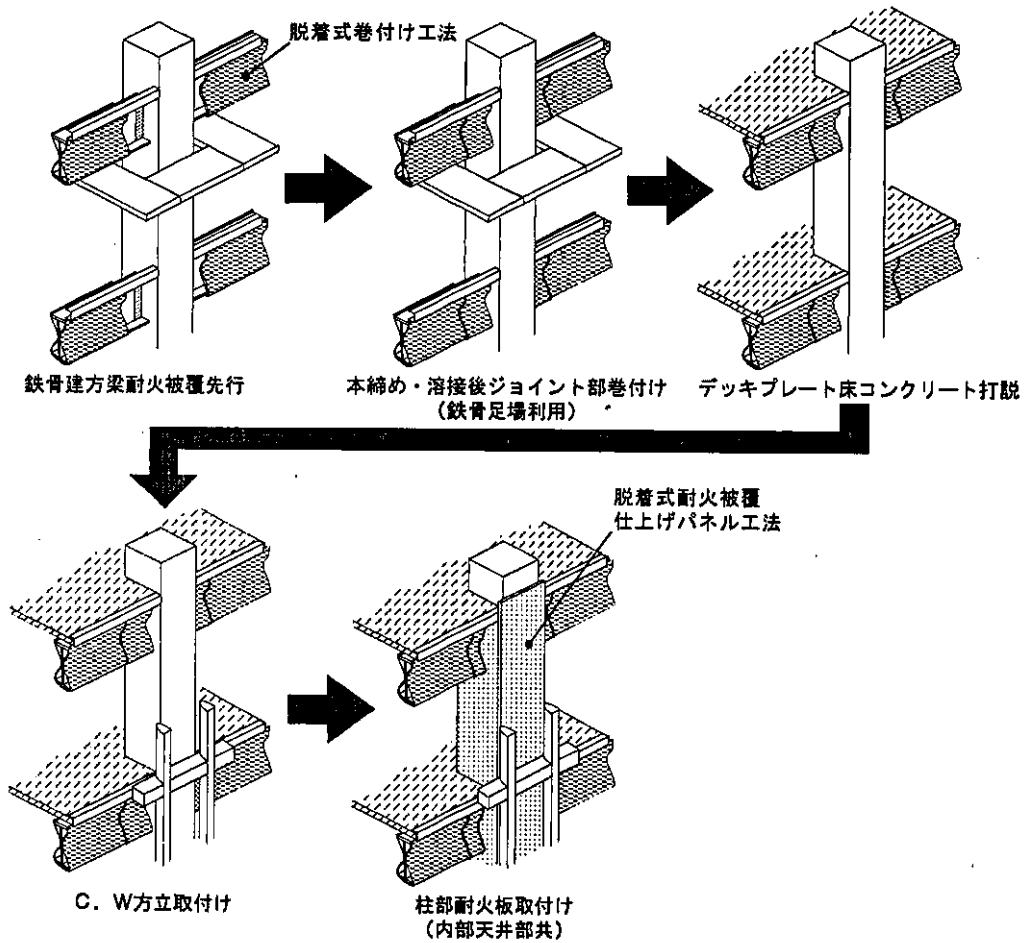


Fig.5 脱着式耐火被覆システム
Removable Fire Protection Covering System

い。鉄骨がカバーされずに露出していれば大地震後の鉄骨の破壊状態の検査も容易であり、短時間で構造体の安全性のチェックができる。

3.5.2 脱着式耐火被覆システム 大地震後の鉄骨構造の変形、破損状態を診断するためには耐火被覆材をすべてはがしとる必要がある。しかし大変な労力とコストを要し、さらに一度はがした被覆材は再利用できないため廃棄物処分の大問題も生じている。脱着式耐火被覆システムでは柱、梁、壁等の耐火被覆がワンタッチで脱着できるためこれらの問題点はすべて解消される。また同時に、

工事中の耐火被覆施工時間の短縮が計れる。このシステムの特徴は次の通りである。

- 1) 梁（端部は除く）は先付けのワンタッチ脱着式耐火材巻き付け工法とする。
- 2) 梁端部はボルト本締め後、脱着式耐火材巻き付けを行う。
- 3) 柱、壁はワンタッチ脱着式の耐火パネル工法とする。この耐火パネルは仕上げ材兼用である。
- 4) 施工コストが下がるのでトータルコストは従来方法と同程度である。