



西部百貨店の火災現場
火は7階から出て7人の死者と115人の傷者を出し、8階まで延焼して7時間にわたって火災がつづいた。

1. 高層建築の防災対策

(1) 高層化と防災上の問題点

土地の高度利用によって行きづまった都市の交通問題を打開し、あわせて住居用土地の取得難をやわらげようという多目的のねらいで、建築の高さ制限が大都市では撤廃され、高層建築が各所で計画され、わが国最初の35階建の三井霞ヶ関ビルをはじめ各地に高層建築の計画が実現に近づきつつあり、これに刺激されて在来工法から脱却して新しい構造方式に移りかわりつつあることは、建築技術の近代化のために、大いに喜ばしいことであるが、その反面、従来のような考え方で種々のことを行なうてよいかどうかを考えてみなければならない。

第1に考えられることは、高層化に伴って軽量な材料・工法が用いられるようになり、当然主体構造が在来の鉄骨入鉄筋コンクリートから純鉄骨造に移りかわり、そのために地震および風による変形量が大きくなることである。このことは主体構造にはそれほど大きい問題ではないが、むしろ付随構造に大きい問題を投げかけることになり、たとえば変形に伴う耐火被覆の安全性や、防火区画と主体構造との接合部の処理の問題および外壁カーテンウォールの取付けの問題など、解決しなければならない新しい課題を提起した(第1図参照)。

(2) 柱・梁の耐火被覆の軽量化と変形能

この問題は在来は考慮の必要がないと思われてきたことであるが、実際にはある程度以上の震害をうけると、表面のコンクリート層が剥落するし、またクラックが入って、その後起こる火災によって剥落して危険となることが考えられる。ことに近ごろの構造では鉄骨に主力を持たせるので、変形量が意外に大きくなって9階建でも層間変位(各層の間の相対変位)が1cm以上2cmに及ぶのが出てきていることから想像されることであ

高層および地下建築

の防災対策

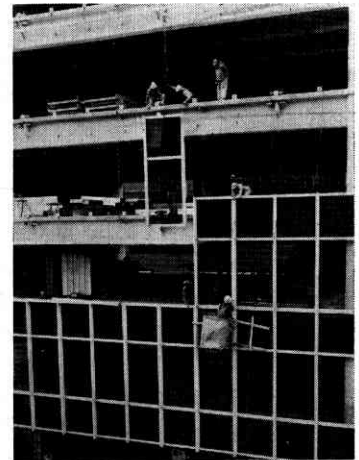
星野 昌 一

る。まして20階、30階となると変形追従力のないブロック造や普通のコンクリート被覆ではキレツ、剥落の危険を十分に持っている。

そこで軽量で耐火力があり、かつ変形能(変形についてゆける性能)の大きい材料、工法の研究が必要となってくるが、最近この方面の研究試験は大幅に進行して各種のものが開発されてきた。

まずコンクリート系では軽量骨材の開発によって比重を1.3程度に下げて軽量化し(250kg/m³)、さらに気泡コンクリート打(比重0.7)によって軽量化(130kg/m³)し、さらに軽量コンクリートパネルを外周に取り付け(90kg/m²)気泡コンクリートパネルの採用(60kg/m²)まで進んできた。しかしコンクリート系のもは軽量化が過ぎると、加熱による変形が起こり、耐火被覆の一部に口があいてしまうので、接合部に特に注意を要する(第2図参照)。

湿式工法としては適当な間隔で鉄筋を巻きラス張りとしてモルタル塗(130~170kg/m²)の工法がある。これを軽量モルタルに代えてやや軽量化(80~110kg/m²)す



第1図 カーテンウォールの取付け
梁と床に必要な防火区画をつくり、カーテンウォールはアルミとガラスだけでつくられているアメリカのカーテンウォール

ることができるが価格と労務の点であまり実用的でない面もある。しかし層間変位の問題には多少有利であり、二重ラスなどを採用すればある程度の変形能が得られる。

ブロック構造は地震の少ないアメリカ、カナダなどではよく使われる工法であり、特に石こうブロックがその主力となっている。わが国でも

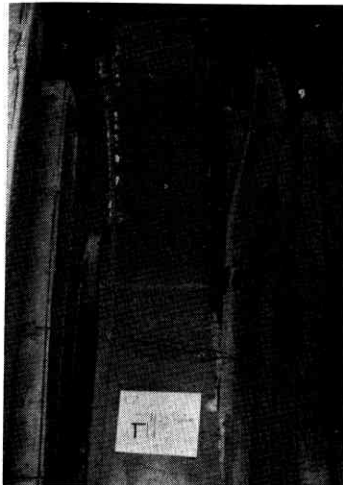
最近その開発が進められ、両面プラスター、モルタル塗のもの (140 kg/m^2) が耐火 3 時間の試験に通っているが、変形能については余力が少ないとみられるので、ラス張り工法などを併用する必要があるであろう。もっともブロック積のときに柱の鉄骨との間に相当の間隔をあけて層間変位を上端部で逃げる方法もある。この場合にこの部分だけは大きい変形に耐える金属板と吹付石綿などを用いた伸縮接合が必要となってくる。

半乾式工法として石こうボードの類を巻いた上に軽量 (ヒル石など) プラスターを塗る方法 (55 kg/m^2) がある。また軽量 (ケイ酸カルシウム板などの) 石綿板を用いてその上にモルタル、プラスターを塗る方法もある (70 kg/m^2)。

現在、もっとも軽量化に役立つものは石綿・岩綿の吹付工法である。鉄骨に直接吹き付けるこの工法はもっとも軽量 ($30 \sim 50 \text{ kg/m}^2$) で大きい鉄骨の変形にも追従できるという長所がある。しかし実際には梁の場合にはそのままでもよいが、柱の場合には適当な表面被覆材が必要であり、もっとも軽量にすませる場合にはアルミニウム・ステンレスなどのリブ板をカバーする方法であり、この方法では $60 \sim 70 \text{ kg/m}^2$ で十分変形にも安全な 3 時間耐火の被覆が可能となる。

全乾式工法は柱・梁の場合には信頼度が少ないのであまり採用されていない。石綿セメント板その他金属板にしても加熱によって変形を起こすので、接合部その他に弱点があらわれやすい。ケイカル・石こう・岩綿・ヒル石その他の軽量耐火材の成形物で立体的に柱・梁をおおう方法も研究されつつあり、多少変形してもよいように接合部は敷目板式にすることも考えられている。

柱・梁は建物全重量の半分を占めている場合が多く、



第 2 図 鉄骨の軽量耐火被覆の変形

気泡コンクリートのような変形しやすい耐火材は加熱で、反って危険となることがあるから、工法上の注意が必要である。

これを軽量化することが、高層建築を可能にする最大の要点となるが、その反面構造上もっとも主要な部分だけに、その耐火性に欠かぬがあれば、建物全体を崩壊させるような事故が起こりうるわけである。

さらに在来あまり検討されていなかった火災による熱応力と変形の問題があり、かりに現在許容されている鉄骨平均許容温度 350°C になると、建物全体としては、 100 m に対して 30 cm 以上伸びる計算になり、柱・梁を座屈させるような応力も生じかねない。これに対しての対策としては防火区画でいくつかの部分に分割して全体の温度上昇を抑える方法、スプリンクラーなどで冷却消火する方法、梁を横座屈させて大きい応力を生じるのを防ぐ方法などがいろいろ提案されている。

(3) 床の耐火性、軽量性と変形処理

建築の高層化に伴って下階の火災を上階に延焼させないため床の耐火性はきわめて大切である。火災に伴って発生する熱気流は床の下面を遠慮なくぬめるので、床に耐火力がなければ、床はわん曲したり、きれつを生じたり、また加熱されて床の仕上げや家具・書類などに引火する危険がある。

床の許容裏面温度はわが国では 260°C になっているが、壁とちがって床の場合は簡単に物を遠ざけて引火をさけるというわけにはゆかず、また最近ではプラスチック系の床仕上が多く用いられ、接着剤などが 130°C くらいで分解がはじまり発煙、刺激臭を出すものも多く、床の許容温度は外国流に 130°C くらいの方がよいという意見もあるが、在来許されてきた床がこのために不合格となっても困るというので、一応 150°C か 200°C にした方がよいという案が出されている。

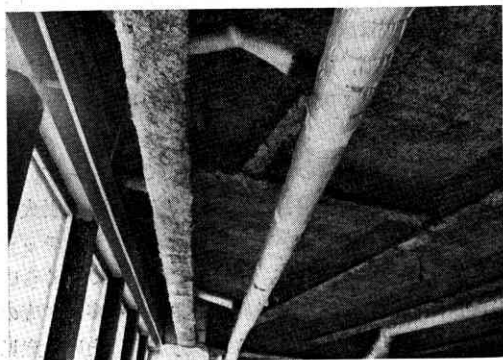
床を在来の工法のように下から支柱をたてて仮枠をならべ、コンクリートを打ち込んでから強度が出るまで仮枠を存置するような工法では床の自重も大きく ($300 \sim 350 \text{ kg/m}^2$) 設備配管などの埋込、貫通も面倒である。これに対して工期短縮と軽量化のために開発されつつある工法にはつぎのようなものがある。

軽量コンクリート床で自重 280 kg/m^2 、リブ付軽量コンクリート床で 260 kg/m^2 (いずれもナラシモルタル仕上) 軽量コンクリート中空床版 200 kg/m^2 、補強気泡コンクリート床版 ($80 \sim 120 \text{ kg/m}^2$) など。

これらの床版は軽量化には寄与するが、軽量化するにつれて強度的には不利となり、特に面内せん断を伝えることはできにくくなるので斜梁などの考慮が必要となる。これとは別に金属折曲板 (デッキプレート) を用いる形式のものがある。これは柱・梁を組み立てるとすぐに床を張り、仮枠なしでコンクリートや軽量コンクリートが打ち込めるという利点があり、しかも強度的にかなり長スパンのものができ、かつ床配管などを埋め込むのに都合がよいという利点がある (第 3 図参照)。



第3図 デッキプレートと斜材を組み合わせた床パネル
この上に軽量コンクリートを打ち込んだ床が多く使われる。耐火性を高めるために下面から石綿や岩綿を吹付けると有利になる



第4図 床と梁の耐火
デッキプレートに石綿を吹き付けて、床の変形を防ぐ
(パンアメリカンビル、ニューヨーク)

ただし問題は下面のデッキプレートがそのままである、下階の火災によって鉄は強度を失い変形するので、デッキプレートに強度の主力を負担させる形式のものでは不利になりやすい。これを有利にするにはデッキプレートの下側に石綿や岩綿を吹き付ける方法で(第4図参照)、これは多少経費がかかるが、床の変形に対しても安全な工法であり、信頼のおける工法となる(220~320 kg/m²)。コンクリートは軽量のものを使った方が耐火的にも有利となりやすい。いま一つの方法は単に仮枠代わりにデッキプレートを使う方法で、この場合には下側に吹付けをしなくてもすむという利益があり、これもよく用いられるところである。

いずれにせよ床はあまり軽量化すると強度的な欠かんが出やすく、また火災による変形も起こりやすくなるので注意が必要である。

長スパンを有利にカバーできる床梁として PS コンクリート TT 床なども軽量化に役立つが、問題は PS が火災による温度上昇で爆裂を起こしやすいということである。これを避けるために PS は加熱側に温度を急上昇

を押えるための耐火被覆が必要となってくる。

床は地震によって生じる面内せん断力のある柱列から他の柱列に伝える役割をする耐力床と、単にその部分だけの鉛直荷重を支えるだけの役割をするものがあるが、もちろんいずれの場合も地震力によって有害な破損をしてはいけないし、また後に起こる火災に際して、火炎を通したり煙を通すものであってはならない。

また火災中の加熱によって所定の時間(通常 1~2 時間、特に可燃物の多い倉庫などでは 3~4 時間)は有害な変形を起こすものであってはならない(防火規定では $l/10^4$ 以上の変形を示さないこと、ただし l はスパン cm)。

気泡コンクリート、中空軽量コンクリートの類は軽量性ではすぐれているが、変形量が多い傾向をもっているため、“相じゃくり、やといざね”などの変形しても口があきにくい接合を考え、また、みぞ形目地にラスを敷き込んで、岩綿入りモルタルを詰めるなどの工法をとることが望まれる。

(4) 外壁の耐火性、軽量化と変形

外壁の役割は低層建築の場合には主として外界からの火災(わが国の場合には木造建築が多く特に必要であった)を食いとめることに主力があるが、高層建築の場合には上階延焼の防止が主眼になってくる。外国の場合もこの点を考えて、床の耐火性を要求するとともに、窓と窓との間の鉛直方向の遮断壁(腰壁—スパンドレル)を 3 フィート以上要求する例が多い。わが国でも防火区画となる床(または区画壁)に接する外壁は耐火構造とし開口部を設ける場合には甲種防火戸または網入ガラスの入った乙種防火戸とすることになっている(90 cm の範囲)。そうでない場合には 50 cm 以上突き出した床・庇(またはそで壁)を設ける規定がある。

この場合にカーテンウォール工法では層間変位によって破損するのをさけるために、床や梁に取り付けるのにルーズフィット(ゆるい取付け)をすることが多く、下手をすると、床の先端とカーテンウォールとの間に 2~5 cm くらいのすき間ができてしまうのである。そのままでは火炎がどんどん上へ抜けてしまう(外国ではそのような実例が多く、最近の高層ビルの火災でそれが問題になっているので、この点ではいままでの工法をそのままねたのでは危険なものができてしまう。

外国では内装の不燃化が徹底していることと、停電やこれに伴う断水などということは絶対ないと考えているので、火災を早期に制圧できると考えているが、それでも煙が上階に侵入して大きい混乱を起こした実例がある。わが国では地震によって停電・断水は必至とみられるだけに建物の自衛手段はさらに真剣に考えておかねばならず、特に内装の不燃化が法的に不十分であり、木製下地に可燃材を使う傾向が多いだけに不安が大きい。



第 5 図 アメリカでよくみられるガラスのカーテンウォール

腰は半強化ガラスを使う例が多い(ケミカル
トラスト・ニューヨーク)

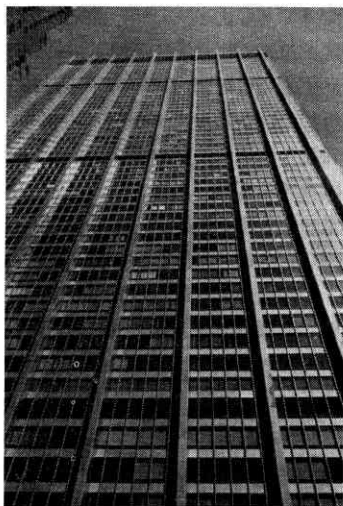
上階延焼遮断の手段としては、つぎの方法がある。

a. 床下の梁と床上の腰積(バックアップ)とを使う方法。

これはアメリカでかなり多く使われているが、腰の部分は強化ガラスなどを使って耐損の危険を防いでいる(第 5 図参照)。しかしこの方法では必ずしも安全とはいえない。

b. 梁下と腰積の上端でカーテンウォールと連絡して耐火区画をつくり上階への延焼を食いとめる方式。

a. の方式ではカーテンウォールと梁や床の間から煙や火煙が通るのでこれを防ぐ新しい形式で最近のビルに多く使われる(第 6 図参照)。在来のようにカーテンウォールそのものは不燃材であればよいという考え方は不十分なことが、しだいにわかってきたので、最近のビルでは梁下部分から耐火区画を延長してカーテンウォールと梁



第 6 図 アルミカーテンウォールの代表例

内側の梁と腰積の部分でカーテンウォールの裏側に火焰が進入するのを防ぐようになっている(チェスマンハットン・ニューヨーク)

および腰板の隙間を伝わって火災が上階に延びることを防ぐことを考えたものが多くなり、ステンレスの水切板に石綿や岩綿を吹いて上方との絶縁をしたりする方法がとられる。

c. 庇を出してカーテンウォールを内側に引き込んだ

形式。

これはもっとも防災的には有利な形式で、上階への延焼は庇によって完全に遮断されるし、カーテンウォールの落下の危険も少なくなり、また平常の清掃も楽にできる利点がある(第 7 図参照)。

d. カーテンウォールのもっとも一般的な工法として、腰に耐火パネルをハメ込む方法がとられることが

多い。この場合前面道路が幅 10m 以内のとき、または隣地から 5m 以内の部分は耐火 1 時間の性能が要求されるが、その他は一般に 30 分の性能でよいことになっている。

1 時間耐火のパネルとしては鉄ラテ補強アルミ板、ホーロー鉄板、ステンレス板の裏面に石綿・岩綿を吹き付けたものが軽量性ではもっともすぐれ 20~25kg/m²、鉄板と岩綿・セメント板・フレキシブルの組合せ、両面フレキシブル板とし岩綿またはパーライト板を芯材としたもの、鉄板と硬質木片セメント板を組み合わせたものなど、いずれもだいたい 30 kg/m² くらいでこれについている。ヒル石モルタル板、フレキシブル板と気泡コンクリート板で 35 kg/m²、石綿積層板(パーライトモルタル入)で 50 kg/m² 程度である。

これらは在来のコンクリート壁にタイル張りのような工法に比べて 1/6~1/10 という軽量性となっている。

これらの工法のうち層間変位に対して安全なものといえば、やはり金属板に石綿・岩綿を吹き付けたもので、これは表面の金属板の形によっては 1/100 程度の層間変位には十分耐えられる。石綿セメント板・気泡コンクリート・ヒル石モルタルなどはいずれも変形には強い方ではないから支持枠への取付工法で変形を逃げる工法を取る必要がある。

30分耐火用のパネルとしてはアルミその他の金属板に石綿・岩綿を吹き付けたもので 15~20kg/m²、金属板と硬質木片セメント板、石綿フレキシブル板と岩綿板、フレキシブル板とパーライト板・鉱さい綿などの組合せで 25~30 kg/m²、石綿板と気泡コンクリート・木片セメント板との組合せで 30 kg/m² 内外になる。

30分耐火程度であると、結露の防止その他強度などの



第 7 図 コンクリート庇と壁で区画されたビル

上階への延焼はこの形式のものは完全に防がれる(ハートフォードセンター・シカゴ)

実用上の性能を果たすだけで十分防火の役を果たしてくれることが多く、逆にいうと防火上のぎりぎりの材料では断熱・遮音その他の性能が不足する場合も多くなってくる。

問題は耐火パネルを取り付けるカーテンウォールの方立（ホーダテ）無目（ムメ）などの枠組の耐火性である。アルミニウムの方立は30分までは安全なものをつくることは比較的容易であるが（2層以上で合計厚さ5mm以上）、1時間に安全なものをつくることはなかなか困難である。特別に工夫された4層以上で合計厚10mm以上の場合だけ安全

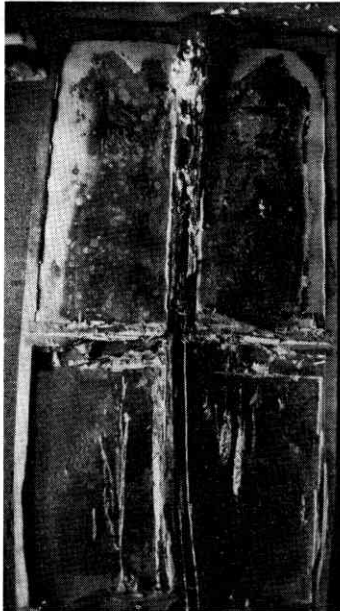
な場合があり、一般的に安全性を確保するためには、ステンレスなど鋼製の押縁を用いたり、方立の中に遮熱板をおくような工夫をしないと行けない。石綿や岩綿を吹付けて、熱を遮断するのも有効な方法である。一般的にいえば、アルミニウムは鋼製の補強骨を中に入れて使い、この鉄骨に耐火板を取り付けないとアルミ枠だけで支えられているのは危険とみられる（第8図参照）。

カーテンウォールの耐火性が不十分なときには腰壁部分破られて上階に延焼する危険が高まるので、少なくとも窓付近の内装（カーテン・家具も含む）を完全に不燃化し、あるいは窓に有効に作用するウィンド・スプリンクラーまたはドレンチャー（水幕消火装置）をつける必要がある。

窓部分の防火性は普通ガラスでは3～5分で窓が破れて火焰が吹き出し、すぐに火勢があおられて盛んになり、上階を腰をなめて窓を破るようになるので少なくとも窓付近の天井は不燃化することが望まれる（第9図参照）。

窓に網入ガラスを使えば、アルミサッシュの場合で20～30分でガラスが脱落して火勢が盛んとなり、鉄枠のときは30～60分で脱落、欠損することが多い。

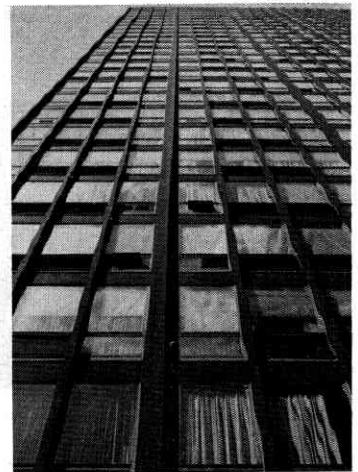
網入ガラスはこのように内外の火災の遮断に非常に有



第8図 加熱で溶融したアルミ方立
耐火用スパンドレルをアルミ枠で支持することは問題が多く、とけて脱落するので1時間用のものは鉄骨・ステンレス枠などで補強したり、石綿を吹き付けて安全性を高める必要がある

効なものであるから防火区画となる床や壁の接する部分90cm以上の範囲を網入ガラスにする規定になっている。

ガラスブロックは網は入っていないが厚い2層のガラスで中空部分をもっているため網入ガラスよりさらに有効な遮断作用をもっている。ただしこわしにくいので避難や消防活動にはかなりの抵抗になるので、適当な開口を設ける必要も起こってくる。



第9図 アパートに使われたアルミカーテンウォール

この形式のもので下の階に火災が起きれば上階に火が移る可能性が多い、しかしその反面内装はもろんカーテンまで不燃化をはかって安全性を守ろうとしている例が多い（レクショアアパート・シカゴ）

（5） 界壁の耐火性、軽量化と変形能

火災が発生してもその付近の区画だけで鎮圧することができれば大きい災害とならないですむし、また階段・シャフトなどを通じて上層階に延焼しないための周壁の区画は絶対に必要であり、さらにその階の人々をとりあえず安全な区画内に収容するための界壁が必要である。

このほか階段で導かれた人々を安全な場所に誘導するための仕切や、特に引火しやすい作業を一般のものから区画するもの、無窓室、地下室などの火災に発生する多量の煙を避難に障害とならないように排出するための区画など各種の用途を満たすものが考えられる。

わが国の法規では最上階から4階目までは1時間の性能、それ以下は2時間の性能ということになっている。諸外国の法規では階段室の区画は3時間としている場合が多い。

2時間耐火用の壁としては普通のコンクリート壁の300 kg/m² に対して両面モルタル塗りコンクリートブロック壁で250 kg/m² 程度、両面鉄網モルタル塗りの中空壁で180 kg/m²、泡コンクリート壁で150 kg/m²、ヒル石モルタル壁では50 kg/m²、気泡コンクリート壁で40 kg/m²、その他両面モルタル塗りの木片セメント板壁などが50 kg/m² 程度である。

1時間耐火用の壁としては両面モルタル塗りコンクリートブロック壁で200 kg/m²、両面モルタル塗り中空鉄骨壁で150 kg/m²、両面石綿フレキシブル板張り石綿パライトモルタル入石綿芯パネルで50 kg/m³、両面石綿セメント板張り気泡コンクリートパネルで40 kg/m²、両

面石綿板張りパーライト板・岩綿板・珪そう土芯パネルで約 30 kg/m² となっている。

このように間仕切そのものの軽量化は大幅に進められてきたが、問題はこれをどうして層間変位に安全に取り付けるかということで、つぎのような案が考えられている。

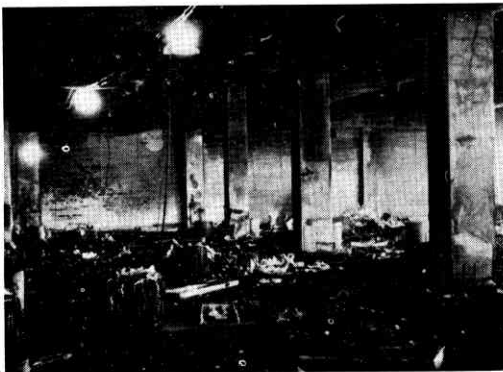
- a. 下階に建てた間仕切の上部を梁下などですべらせる案……接合部に多少問題が残る、特に梁のある箇所とない箇所とにまたがる場合にむずかしい点が残されている。
- b. 上階から吊るして下端をすべらせる案……一方向には問題は少ないが、直交する部分の処理がむずかしい欠点がある。
- c. パネル相互間、床、梁との取付部分にゆるみをとって変位を逃げる方法……交差部分など多少面倒になるが不可能ではない。

これらの接合部分のゆるみは変形を許しながら、耐火、防煙性を失わないようにするため、特殊な工夫が必要であり、ステンレスなどの弾力性のある耐熱鋼と吹付石綿・吹付岩綿などの組合せがもっとも有利と考えられ、通常のセメントモルタルなどはクレツが入り不利である。

(6) 防火戸の耐火性と防煙性

防火区画に出入口・シャッターなどの開口部を設ける場合には当然防火区画の耐火性能に適合した性能をもっている防火戸を設ける必要があるわけであるが、わが国では甲種防火戸として鉄板で厚 1.5mm 以上のもの、1 mm 以上で二重のフラッシュ戸などを甲種防火戸として認め、別に試験を必要としていないので、大きい開口のスチールシャッターが、全面的に区画壁の代わりに使われ、火災で加熱されわん曲するような事態も起こっており、またシャッターそのものは安全であっても高温度になって裏側に可燃物があれば熱放射で燃え出すことが実例からも示されている(第 10 図参照)。

アメリカ、カナダなどでは防火戸も試験によって実証されたものが公認されているので、本当にその性能を持



第 10 図 デパートの火災
シャッターが降されて一応の区画はできているが裏側に可燃材があると延焼の危険がある(西武デパートの例)

ったものが使用されている。この場合性能は壁よりも多少下回ることが許され、2時間の壁には1時間半、1時間には45分という3/4程度の性能となっているが、わが国のように30分も持たないもの(温度超過)をも認めるのとは安全度がたいへんちがってくる。

防煙に対して同じことがいえ、召し合せの不完全なものでも使われてしまうが、これらも、もっと真剣に研究しておかないと、煙のために避難が困難になることが予想される。

防火戸は原則として自動閉鎖装置付となっているが、多くの場合自閉装置が加熱側についており、加熱によってスプリングなどが効かなくなるおそれもあり、またシャッターの巻上げ装置も鉄板1枚でおおわれているだけで加熱によってシャフトが曲がるような事態も考えられる。

2時間区画用に用いられる防火戸としては1時間半の性能としてつぎのようなものがある。

両面鉄板貼りとして内面に石こう耐火板・石綿吹付・岩綿吹付・石綿パーライト板・石綿珪カル板などを40 mm 内外封入したもの。

1時間区画用の防火戸としては、両面鉄板張りとして上述の各材料のほか、硬質木片セメント板、両面アルミハク張りガラス綿、石綿中空積層板など30 mm 内外を封入したものなどが考えられる。

通常の鉄製のシャッター、フラッシュドアーでは裏面温度は30分以内に500°Cを超えることになるので、裏側に可燃材があれば着火、延焼を起こすことはあきらかである。最近の高層ビルではこの点に注目して、断熱性のある防火戸を採用する傾向があらわれてきたことは、防災上喜ばしいことである。

防火戸の開閉装置の防護も大切であり、避難側に設ければ、火災によるドアーチェックの油圧やスプリングの装置の劣化が守られ、通常よくみられるような加熱側に設けて火災によって起こる気流で開いてしまうようなことが起こるのを防ぎうるであろう。シャッターのケースの防護も同様に大切であり、安全区画側にボックスを設けるか、これができない場合にはケースの内面または外面に防火上安全な吹付石綿・パーライト板などの防護層を設け、支持金物などの変形を防ぐべきである。

ちょうつがいなどの付属金物もアルミニウムや黄銅のものは加熱による強度低下・変形が大きいので、ステンレスなどの耐熱鋼を用いることが望ましい。

(7) 高層建築の避難対策

建築の高層化に伴って避難対策はその重要度を増してきた。従来の耐火構造でも白木屋百貨店の苦い経験が、百貨店に対する特別避難階段などの要求となって現在に至っているが、事務所・食堂などの一般建築では避難上有効な階段が必ずしも採用されていない。古い形式の建

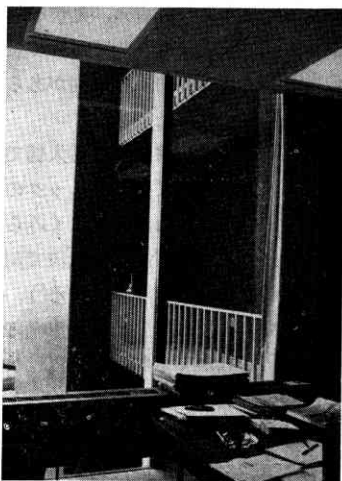
築では周囲を区画されていない階段を不用意に取る傾向があり、火災が発生した場合の多量の煙が階段を通じて各階に上昇して、全体に恐怖状態を起こさせる原因になりやすい。

階段は避難上もっとも大切な通路になるので、火災による煙や火災の追入を完全に防ぎうるものでなければならない。またそれを設ける位置も、避難に便利な場所であることが必要で、できれば建物平面の両端付近の適当な位置にあることが望ましく、階段に通じない行きどまりの廊下のようなものは有害である。

わが国で普通採用しているような三方を不完全なシャッターでかこんだ階段や、さらになんの区画もない吹抜け階段は火災の急激な成長によって避難の役をなさなくなるばかりか上階への炎や煙の侵入を助けることになりかねない。また階段を設けた位置がすぐに探し出せるような場所で、階段に入る前にまず煙のこない安全な場所に収容し、それから改めて完全に防煙の機構を持った扉をあけて階段に入る方式をとるのが正しい方法である。この前室を安全区画としてその階の収容人員の全員がとりあえず入れるようにするのが理想であるが、その一部は階段から他階に逃げてゆけるので、階段室と安全区画の合計面積Aはその階の延面積の3%でよい。しかし用心すれば一方の階段が使用できなくなったときを考えて5~6%としておく方がよい。

百貨店や集会室では人の密度が高いので、安全区画の必要面積は大きくなり10~20%ともなるが、スプリンクラーなどの設置によって緩和されてもよい。

避難階（通常は1階目）では安全に階段室から戸外へ導く必要がありその部分に区画がなく可燃物が多いような設計ではよくない。火災による煙から安全にするため、階段室またはその前室は外気に面するところに設けるのが原則であるが（第11図参照）、やむをえ



第11図 避難用バルコニー
完全に戸外に設けられたバルコニーを通過して避が行なわれるように設計された、高層ビル、スタンドパイプによる消火栓が手スリの上に見える（クラウンゼラバックビル・サンフランシスコ）

ずコア内に設けるような場合には前室から有効に煙を排出できるような排煙塔（スモークタワー）を設ける必要がある。スモークタワーは地下から屋上まで直通するものとし、十分な広さを持つ（通常10²以上）が、前

室を30回以上換気できる能力のある排煙設備を設ける必要がある。もちろんこの排煙設備は非常電源に接続し、自動および手動によって操作できることが望まれる。

前室への出入口が煙を伴うことが予想されるので、開きっぱなしになるものや、大きすぎるものを押えなければならない（第12図参照）。

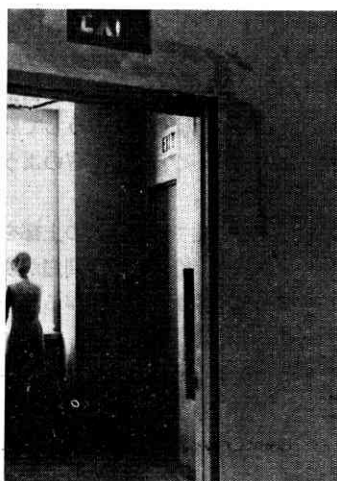
階段までの歩行距離は百貨店・集会室などでは30m、その他の用途では50mとされているが、不燃材料のときは10m増しとすることが認められており、逆に高層建築では10mつめることになっている。

階段はなるべく数多く取るのが望ましいが、一方所に集中して取っても効果的でなく（滋賀県庁舎の場合）、なるべく翼端に近い部分に分散してちがった方向に取った方が安全性が高くなることは当然である。

階段室の扉はわが国でよくやっているようなシャッターでは不完全であり、避難がむずかしくなるから、避難方向に開く自閉戸とする必要がある。また煙の侵入を防ぎうる構造のものとしなければならない。このために召し合せ部分は煙返しをつけ、枠との取合い部分も深く食い込む形式のものとすることが望まれる。

二重扉のときはまだよいが、一重のときは単なる鉄扉では不十分で、石綿・岩綿・石こうなどの耐火性のよい断熱材を入れて、裏面が加熱されないような甲種防火戸（A種）のものを使わなければならない。それができなければ二重扉として煙と熱に対して安全としなければならない。

一つの階が全体炎に包まれることは避難上問題が多いので、途中で防火区画を入れてとにかく一方の区画が燃えても、他方が安全なようにしておけば、そこから階段室に避難ができるので、階段室の前の混乱や避難に伴って煙が階段室に舞い込む心配も少なくなる。この場合の区画は可燃物の少ない用途ではスチールシャッターでもよいが、百貨店のような用途ではシャッターそのものが安全でも熱放射により反対側の可燃物が燃え出す可能性もあるので、これを防ぐには付近を不燃化し二重シャッターとするか、付近にスプリンクラーを設けるのも有効



第12図 避難階段の入口
防火戸を開くと戸外に直した避難用前室があり、あらためてさらに防火戸で区画された階段室が右に見える（エジソンビル・ロサンゼルス）

である。一方の区画から他の区画へ避難するにはシャッターの一部にくぐり戸が必要で、これがないとかえってシャッターが人の避難を妨害し危険になることが多い。

屋外に設けられたバルコニーは避難のためにきわめて有効である。バルコニーに出れば煙の害を一応避けられ、バルコニーを伝わって安全な別の区画に避難することも可能であり、またバルコニーからハシゴ車などで救出することはやさしいし、バルコニーが上の階に炎や煙が近づくのを防いでくれる利点もある。

避難口の標示は非常灯で明示することが規定されているが、見通しのきく劇場などはよいとして、百貨店やホテルなど障害や曲折の多い建物では廊下や柱などに方向を示す矢印のようなものがほしいことがある。

2. 地下建築の防災対策

(1) 地下建築と防災上の問題点

最近土地の取得難とビルの高層化に伴って地下室の階数および面積が増大し、商店街・食堂・娯楽場や劇場などに利用する傾向が強くなっている。幸い地下街の大規模な災害例は起こっていないが、先般の地下キャバレーの出火の例でも明らかのように、空気の流通の不十分な地下街で火災が起ると多量の煙が発生し、たちまち全空間にひろがり、避難を著しく困難にするばかりか、煙は避難上もっとも大切な階段室をはい上ることになるので一層不利な結果になりやすい。地下の火災は空気の供給が限定されているのでそれほど急激に拡がることは少ない半面、煙による避難障害と窒息死の危険が大きい。

地下街の消防活動には、ガスマスクなどの装備が必要で、火源の発見がおくれ、進入路が限定されている点など不利な面が多い。一方有利な面としては火勢の拡大がおくれること、人のいないところでは CO₂ など不燃性ガスの充填による消火法がとられること、周囲に延焼する危険の少ないことなどである。

また地下街で火災が長時間つづく、放熱が少ないだけに上階の大きい荷重をうけている柱の座屈などの心配も大きく、建物全体に及ぼす影響も大きいので早く鎮圧する必要がある。

(2) 地下建築の防災対策

煙がたまりやすく避難のむずかしい地下建築では、まず第 1 に火災が発生しにくい工法をとらねばならない。多くの場合地下室は鉄筋コンクリート構造となるので、主体構造そのものは一応耐火性が高いとみられるが問題はむしろ天井・間仕切などの付属構造の不燃化にある。

わが国の法規では地下の居室は準不燃材（石こうボード、木毛セメント板の類）か不燃材で仕上げることになってはいるが、実際には燃えやすい布や紙を張ったり、後になって借り主が木造の造作をつくったりして、危険の上ない地下街となっている例が多い。このような場所

原則的には不燃材料だけで構成するのが本道であるが、やむをえずその他の材料を使う場合には、スプリンクラーを配置するとか、区画が小さくできるように防火シャッターや壁で区画するなど火災の拡大を極力押えるような方法をとることが望まれる。

車庫のような用途では泡沫消火器を用い、倉庫などは CO₂ による酸素遮断の消火法をとることも考えられる。

集会室のような人の多い用途では第 1 に避難の便を考えて廊下・階段などをわかりやすい配置で安全な区画の中に収め、防煙の効果のある防火戸で区画できるように考えておく必要がある。

また煙の発生を極力押えるように煙の出やすい材料たとえばポリスチレン・塩化ビニルなどの材料を使うのは注意しなければならない。

多量の煙を排除するために排煙用加圧機を使ったり、またドライエリヤ（空堀）を設けて屋外に排出することができればさらに望ましい。

地下室に多く空調用の機械室がとられ、この部分に煙が侵入すると各階に煙が拡大するような事故も起こることがあり、また油の燃焼などによるススの被害も押える方法を講じなければならない。

上階の火災で消防用水が地下に流入して電源を危険にし、ポンプを停めるなどの事故も笑いごとではすまされない。地下に収納された多量の可燃物の燃焼によって熱が蓄積して長時間にわたって柱を加熱して座くつを起こすようなことがあるとさらに大きい損害となる。

(1965 年 9 月 22 日受理)

(7 ページよりつづく)

の対策が討議されたり、それらの成果を実現に導くための政府間会議が昨年 4 月パリで行なわれるなど、その活動は活発である。

日本はこの方面の先進国として現在主導的な役割を演じており、過去の震害でも、チリ、ユーゴスラビア、イラン、リビアなどの震災復興計画に人員を派して協力している。また東京におかれている国際地震学および地震工学研修所では毎年各国から派遣される 15~30 人の地震学および地震工学の専門家を養成している。このように日本が地震国として国際的に果たす役割は非常に重く、その基礎となる耐震工学の研究はこの国において最も精力的に行なわれなければならないのである。20 年前にフォン・カルマンが *Engineers struggle with non-linear problem* という論説を書いて、当時体系的なものないままに非線形問題に遭遇して苦心する工学者の姿を画いた。今日乏しい振動学の知識をたよりにして耐震工学という複雑な課題に取り組むとき筆者はいつもカルマンの論文を思い出す。そして現在の非線形理論の麗さを頭にうかべて夢を将来に託しているのである。

(1965 年 9 月 14 日受理)