

# 建築物の構造耐火性能の向上技術

防火研究グループ 上席研究員 萩原 一郎

## I はじめに

2005年2月にスペインで発生した高層ビル火災では、21階からの出火にも関わらず32階建ての建物がほぼ全焼し、高層階の床、外壁が広い範囲にわたって崩壊した。高層ビルが火災で崩壊することはあまり例が無いため、建築研究所では国内の防火技術者とともに現地調査を実施した結果、火災が発生した高層ビルは防火対策の改修工事中であったため、防火区画が形成されておらず、外壁と床の間にあった隙間を通じて火災が短時間に上下階に延焼し、外周部の鉄骨柱が火災による熱で強度を失い壊れたことが明らかになった。

一般に火災に強い、火災で壊れない建物をつくるためには、柱や梁などの部材を耐火被覆で保護することと、火災を閉じ込める防火区画を設けることが重要である。建築研究所では、近年の火災による高層ビルの倒壊事故などを踏まえながら、建築物の火災時の安全性を向上させることを目指した研究を進めており、ここでは最近実施した建築物の耐火性能向上に関する研究について紹介する。

## II 実大鋼構造部材の耐火性能

鉄骨・鋼は、高層建築物や大規模の屋内空間を有する建築物などに幅広く利用されている材料である。鋼はもちろん燃えないが、火災による熱で高温になると強度が失われるため、鋼でできた柱や梁は大きく変形する恐れがある。そのため火災による熱で高温になることを防ぐために、鉄骨を耐火被覆という断熱性の高い材料で保護する。

柱や梁などの部材が火災の熱に耐え、建築物の荷重を支えることができる性能（非損傷性）と、壁や床などの部材が火災の熱や火炎そのものを遮る性能（遮熱性能、遮炎性能）を合わせて耐火性能という。部材の耐火性能は、耐火炉という火災を再現した炉の中に部材を入れて加熱する耐火試験により確かめる。部材が火災からの熱を受け、耐火性能が失われる（壊れたり、熱を通したり、穴が空いたりする）までの時間を耐火時間といい、当然ながらこの時間が長い方が耐火性能は高いことになる。

超高層建築物の地上近くに使われる柱は、建築基準法により耐

火時間が3時間の性能が必要とされる。この柱の耐火性能を確かめるため、荷重を加えた状態で耐火試験を行う必要があるが、今までは試験装置の能力不足のために実物大の柱を試験することはできなかった。载荷能力を高めた建築研究所の柱用耐火炉を用いて、50階程度の高層建築物の1階を想定した実物大の鉄骨柱の耐火性能を耐火試験で確かめることができた。

試験した鉄骨柱には、耐火時間が1時間に相当する耐火被覆を施していたが、耐火試験では実に3時間以上も壊れず、十分な耐火性能を有していることが明らかになった。これは耐火被覆による断熱効果に加えて、鉄骨柱の寸法が大きいことが影響している。寸法の大きな鉄骨柱が温まるためには大量の熱量が必要となるため、全体が温まり難いという特性が顕著となり、予想以上に耐火時間の余裕が大きくなった。（図1）

また、耐火被覆が地震により損傷することを想定し、耐火被覆の25%を剥ぎ取った状態でも試験を行った。耐火被覆による断熱効果が失われた結果、耐火時間は僅か27分に減少した。耐火被覆がされていない部分から直接火災の熱が大量に伝わったため、寸法が大きな鉄骨柱であっても、短時間で高温に達したためである。（写真1）

地震後の火災安全対策に関する研究がほとんどなく、今回の実験により耐火被覆の損傷、脱落が耐火性能の低下に大きく影響することが示された。今後、これらの結果を踏まえて、耐火被覆の損傷や脱落の防止対策など、地震後の火災安全性確保に関する研究に本格的に取り組む計画である。

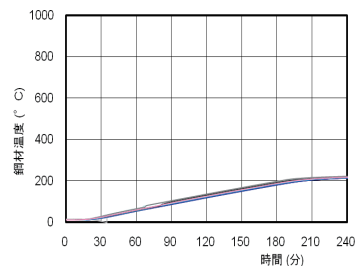


図1 鋼材温度の変化 写真1 変形した柱（耐火試験後）

### III 木造による耐火建築物

木材は、強度や耐火性などの性能に関して一定の限界があるため、鋼等の他の材料と組み合わせた木質複合材料や、鉄筋コンクリート造など他の構造と組み合わせた木質複合構造の開発を進めてきた。木材は燃えやすいという欠点がある。確かに細い部材では火災の熱を受けて自ら燃焼し、短い時間で燃え尽きてしまうが、断面の大きな太い部材では表面が燃焼してもなかなか内部へ燃焼が進まない。これは、木材が燃焼した時に炭化層が形成され、火災からの熱を遮る断熱効果を持つためである。

そこで、木材と鋼を組合せて、鉄骨の周囲に集成材（断面寸法の小さい板を接着剤で再構成したもの）を貼り付けた部材を開発した。この部材が火災の熱を受けると、まず表面の集成材が燃焼するが、燃焼時に炭化層を形成し、いわば耐火被覆の役割を果たすため、その断熱効果により鉄骨の温度上昇を防ぐことができる。火災の熱を取り去った後は、集成材の部分が燃え残る。この木材（集成材）と鉄骨を組み合わせた部材は「燃え止まり部材」と呼ばれる。

この「燃え止まり部材」は耐火1時間の性能を有している柱や梁が開発され、耐火試験によりその性能が確かめられている。また、この「燃え止まり部材」の柱と梁を使用した4階建て事務所を設計し、その一部分を実際に建てて実大規模の火災実験も行っている。火災終了後の被害状況を調査した結果、柱や梁には部材毎による耐火試験と同様に燃え止まりが確認され、その耐火性能が確かめられた。（写真2）



写真2 実大火災実験の様子と部材の燃え止まりの状況

既に、耐火建築物とすることが要求される建築物に、木材を利用した建築物が次々と建設されている。最近、木材は持続可能な材料としても、また省CO<sub>2</sub>という面からも、世界的に注目を集めている建築材料であることから、火災安全性を確保しつつ木材の利用拡大を目指した研究開発を継続することが今後も期待されている。

### IV コンクリート部材の爆裂防止対策

コンクリートは鉄筋や鉄骨と組み合わせて、建築物や道路、トンネルなど幅広く利用されている建築材料である。コンクリート自体は燃えないため、コンクリートでつくられた建築物は火災に強いと思われている。確かに通常の火災ではコンクリートの表面が変色する程度だけなので、構造的な被害が生じることはほとんどないが、長時間にわたり激しい火災の熱にさらされた場合には、部材の表面が爆裂し、コンクリートの一部が大きく剥ぎ取られる被害が発生する。また、表面のコンクリートが失われた結果、鉄筋が露出し、火災の熱にさらされて鉄筋が高温となる問題も生じる。このような部材の損傷は大きなものとなると、火災で建築物が倒壊する危険性があるため、コンクリートの爆裂を防止することが重要である。

コンクリートの爆裂メカニズムは諸説あるが、加熱部に生じる熱応力による説や、コンクリート内にあるスポンジ状の空隙に、火災による熱を受けた水蒸気の圧力が上昇して破壊が発生する説が有力である。そこで、水蒸気による圧力を外部に逃がす道をつくるために有機繊維をコンクリートに混入する方法を検討した（図2）。有機繊維は比較的低い温度で溶融するため、火災による熱がコンクリートに伝わると内部に新たな空隙が生じ、水蒸気圧を逃がす効果が期待できる。その結果、火災による激しい熱が加えられた場合でも、ある程度爆裂による損傷を抑えることが実験により確かめられている。

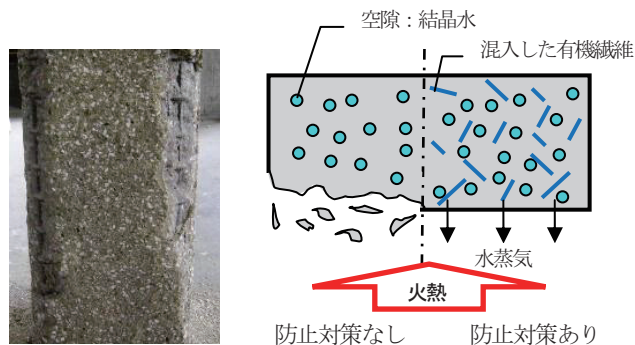


図2 コンクリート部材の爆裂メカニズムと防止対策

### V おわりに

建築物の火災安全性能を確保するため、防火研究グループでは火災現象の解明から、様々な防火対策の性能評価、防火基準の性能規定化などの課題に取り組んでいる。ここでは構造耐火性能に関する最近の研究成果の一部を紹介したが、より火災安全性の高い建築物を実現するため、建築物に必要な耐火性能に関する研究課題に取り組んで行く予定である。