

建物の防火区画設計におけるリスク評価と性能設計手法

防火研究グループ 研究員 水上 点晴

I はじめに

建築分野では 1990 年代に端を為す規制緩和という社会の流れを汲んで、1998 年には建築基準法の性能規定化が行われた。しかし、2005、2007 年と続いた耐震・耐火偽装問題による反動として、建築確認審査の厳格・硬直化や仕様規定への追従ともみられる動きがみられ、当初の目的とは反対の方向に振れてしまっているように思われる。原因の 1 つには、性能規定化の醍醐味である個別対応と規制緩和につながる工学的理論が不足していること、もう 1 つには、仕様から読み替えられた性能が、防火設計者・技術者のみが理解する言語に留まっており、一般市民レベルが理解できる性能として提示されておらず、火災安全性を積極的に議論する動機が欠けていることにあると考える。

具体的には、建物の火災安全設計は以下の 2 つの段階が踏まれる。まず①火災のある一定の範囲に閉じ込める防火区画策であり、次にこの枠組みの中で、②可燃物が燃え尽きるまで建物が倒壊しないような構造耐火設計である。従来の仕様規定では、①の防火区画内での火災性状は、ある標準的な加熱曲線 (IS0834) を想定すればよいことになっており、その加熱条件下で行われる耐火試験を通じて②を確認するというプロセスであった。これに対し性能的耐火設計法では、近年の工学的な理論構築を背景に、建物用途毎に設定された設計用可燃物密度と、建物の設計条件に応じて、①の加熱条件を個別に設定することが出来るようになった。しかし、②の確認については幾つかの構造種別を除いて工学的理論が不足しているのである。そこで本研究ではサブテーマ 1 として設計条件下での耐火性能推定手法の開発を行う。

また、建物の火災安全性確立へ市民参加を得るには、まず最初に、仕様規定で達成される性能にはある一定の崩壊リスクが許容されていることを定量的に示すべきであり、統計的な処理を行う必要がある。次に、仕様規定に囚われずに火災シナリオを設計することが、無駄を省き、冗長性を上げることを示すため、シナリオ設計に必要な確率論的手法を取り入れて耐火設計を行う。これをサブテーマ 2 とする。

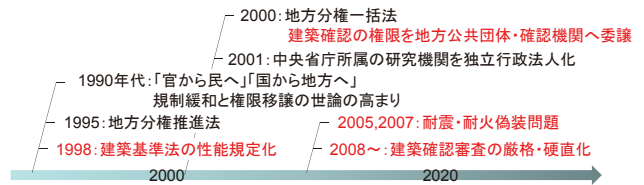
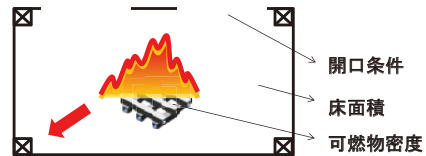


図 1 建築基準法の性能規定化の流れ

性能設計の流れ

①火災外力の推定:工学的理論が整備済み

$$\text{火災外力} = f(\text{可燃物量、開口条件、室の容積})$$



②建物応答の推定:工学的理論が未整備

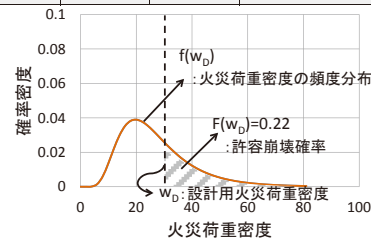
- ・水分の蒸発潜熱による温度上昇遅延効果が明示的でない。
- ・材料の亀裂や変形による機械的変質の影響を評価できない。
- ・対象部材別に特殊・専門化しており、汎用性に乏しい。

図 2 防火区画設計における未整備課題

崩壊リスクの定量化

- ・火災外力の大きさは、可燃物量と開口や室容積等の設計条件で決まる。
- ・建物内にどれくらい可燃物が置かれるかは決められない。
- ・統計を用い安全性と経済性を天秤にかけ、設計用可燃物量を決めている。
- 言い換えれば、一定の崩壊リスクを許容していることになる。
- ・この確率は、確率密度分布より求められる。

室の用途	可燃物調査値[kg/m ²]		設計用火災荷重密度[kg/m ²] (平12建告第1433号)
	平均	標準偏差	
事務室	27.3	13.5	35



建物の火災安全設計に市民参加を得るには、性能の明示と選択権が必要

図 3 火災外力に対する統計処理

II 研究成果の概要

1) サブテーマ1

水分を含む壁の温度上昇を予測する手法について、水分を含む壁の蒸発潜熱を移動熱源として考え、半無限固体の非定常熱伝導理論解との差を考慮することにより、関係式を導出した。提案式では、温度上昇が加熱条件（火災温度上昇係数、火災継続時間）と3つの材料物性値（含水率、材料の厚み、熱拡散率）の関係式で表わされ、材料の熱物性値は熱拡散率に集約されている。この有用性は、物性値が既知の材料について温度上昇が予測できるだけでなく、1回の耐火試験結果から温度に対応した熱拡散率の実効値を読み取る、材料試験の代わりとしても使える点にある。また耐火試験時の加熱条件と耐火試験結果を用いて、異なる加熱条件下での耐火性能を直接推定する関係式を導出することもできる。土壁を例に妥当性の検証を行ったところ、実験結果との良い一致を示し、実用的に使用できることを確認した。

2) サブテーマ2

火災シナリオ設計による総合的な火災安全性評価を行う見返りに、新たなトレードオフの創出として、事務所ビル等で問題となっている間仕切壁の設計変更について、認定の再取得を要さない、予めの検討方法について検討を行った。間仕切壁は延焼の抑制に働けば火災に寄与する可燃物量を限定するが、延焼を許せば火災継続時間の延長につながるといった正負両側面を合わせ持っていることに着目して、図に示すような火災シナリオを提案し、各イベントの生起確率について定量化を行った。これによれば、間仕切壁の燃え抜け時間が大きくなるほど、延焼したときの火災継続時間は長くなるが、延焼する確率は減少するため、これらの積で表される崩壊シナリオの生起確率は相殺されることになり、間仕切壁の燃え抜け時間、挿入位置によらず全ての場合で許容リスクを下回ることが確認された。結果として事務所を対象とすれば、防火区画内への簡易間仕切壁の挿入は、耐火設計上有利に働くことが確認できた。

III 今後の取り組み

提案式の適用範囲として、現状では不燃材料の単層壁を対象にしており、半無限固体としての近似が成り立つ部材に限られている。しかし、耐火試験で図のような温度上昇履歴を示す部材は多く、また遮熱性を期待するような熱伝導率の低い建築材料は、半無限固体とみなせることが多い。今後これを基礎式として、より一般的な工法である複層壁や中空壁と

2次元の熱移動を扱う被覆鋼管、そして木材への適用を目指し、研究を進めている。

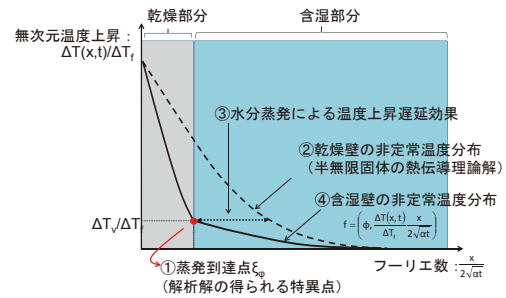


図4 水分を含む壁の温度上昇解析手法

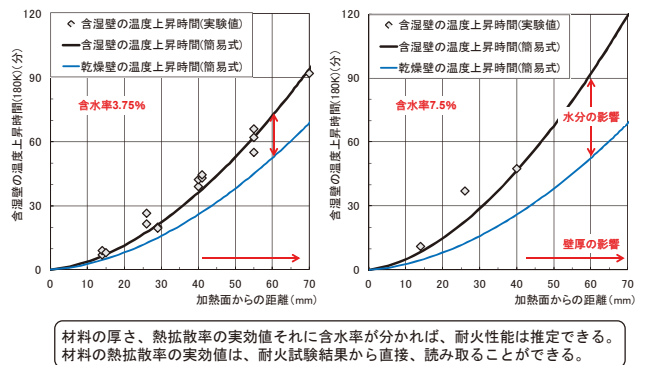


図5 耐火試験と関係式の比較

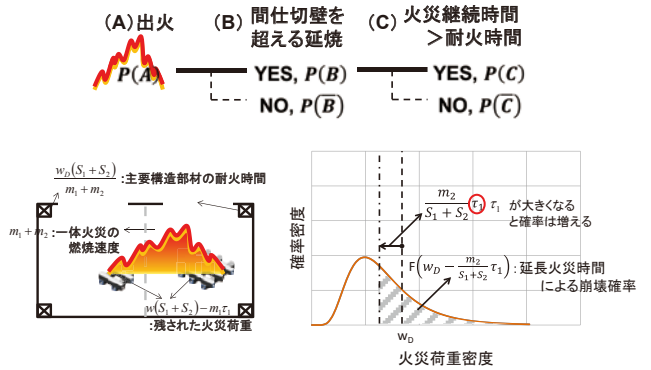


図6 火災シナリオと各イベントの定量化手法

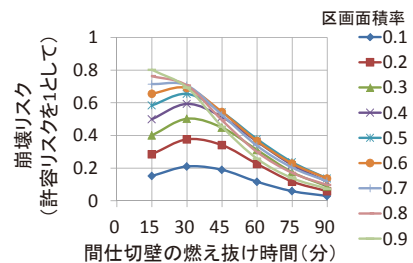


図7 崩壊リスクと許容リスクの比較