

耐火試験結果を用いたバリエーションの認定に関する研究

防火研究グループ 研究員 水上 点晴

I はじめに

建築基準法が性能規定化されて、はや15年が経とうとしている。防火関連の基準においても、区画内の開口率や可燃物量と燃焼速度の関係など、近年の工学的な理論構築を背景に、建物の設計条件に応じて、加熱条件を個別に設定することが出来るようになった。しかし建築部材の耐火性能評価には、加熱による熱伝導性や水分蒸発に加え、亀裂やひび割れによる機械的変質が複雑に影響しあうため、耐火炉試験を行うことが一般的となっている。しかし、この耐火炉試験は費用がかかるばかりでなく、耐震・耐火偽装問題後の確認審査の厳格化によって、1仕様1認定が原則となっており、慢性的な試験炉不足による認定取得期間の長期化が問題視されている(図1)。そこで本研究では、(1)基準性能の把握に1回の耐火試験は要するものの、同材料で材厚が異なる場合の耐火性能は、試験なしで評価し得る手法についての検討と、(2)今後、燃えしろ設計への適用が見込まれているCLT部材について、想定される樹種や接着剤などのバリエーションが、耐火性能に与える影響について報告する。

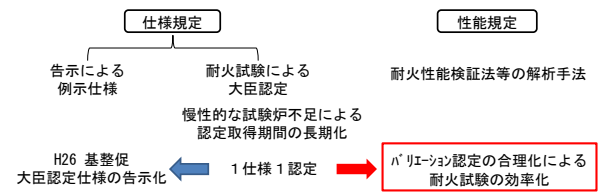


図1 耐火試験における課題と対策

II 研究成果の概要

(1) 異なる設計条件下での耐火性能予測について

まず、耐火性能を期待するような建築部材の多くは、蒸発潜熱に期待して、水分を含む材料で構成されていることが多い。そして耐火性能の1つの評価基準である隣接空間(非加熱側)での温度上昇に着目すると、100℃付近で温度停滞が起きていることが分かる。そこで耐火性能に影響を与える因子を①熱伝導性②水分蒸発③亀裂などの機械的変質と考え、①のみが関係する場合(乾燥壁)の材料内部の温度分布を、半無限固体の概念を利用して示すこととした。次に②水分蒸発

による温度上昇遅延効果を、乾燥壁と含湿壁の熱収支差より求め、含湿壁の温度上昇算定式を提案した(図2)。これにより、材料物性値(熱拡散率、材料の厚み、含水率)が既知の部材に関しては、加熱条件(火災温度上昇係数、火災継続時間)を与えれば、部材の温度上昇が求められるようになった。これを、材厚の異なる土壁の耐火試験と比較し妥当性を検証した所、良い一致を見せ、加熱中に亀裂などが生じない材料・条件下では実用的に使用できることを確認した(図3)。

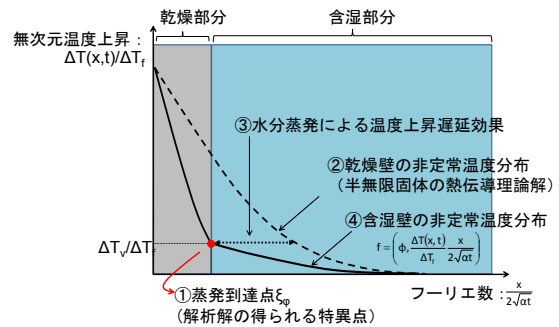


図2 水分を含む壁の温度上昇解析手法

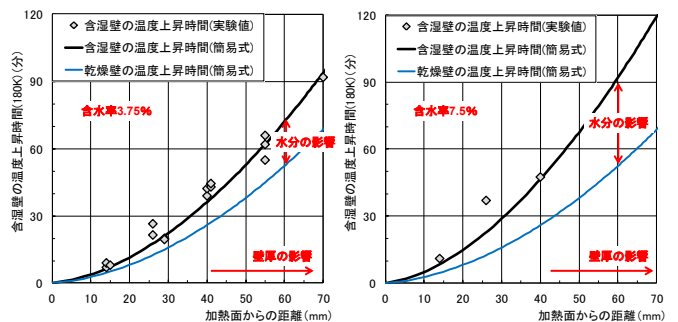


図3 材厚と含水率の異なる土壁の耐火性と計算式の比較

次に③亀裂などの機械的変質の影響を見るために行った石膏ボードの実験では、材料の95%を占めるせっこう成分はそのまま、加熱中のひび割れ防止を目的に添加される、無機質骨材と無機質繊維の量を変化させると、ボード自体の遮熱性能が変化することを確認した(図4)。一方で材料レベルでの比熱・熱伝導率の測定では、差が生じないことを確認した。この結果より、耐火性予測に利用する材料の熱物性値は、材料レベルではなく、実際の使用状況に即した部材レベルで、

ひび割れなどの機械的変質の相互作用も加味した実効値として求める必要があることが明らかになった。

そこで「材料試験+計算式による耐火性能予測」は諦め、入力条件として熱拡散率を用いる代わりに、耐火炉試験で得られた耐火時間を用いて、「1回の耐火試験+計算式による異なる設計条件下での耐火性能予測」に目標を改め、前述の温度上昇算定式を変換した。材料の詳細な物性値を高温域まで求めることを考えれば、この方が経済的な負担は小さく、また計算結果の妥当性についての合意形成も容易であると考えられる。これを用いて、材厚の異なる石膏ボードの耐火性能と比較して妥当性を検証したところ、実用に叶う精度であることを確認できた(図5)。

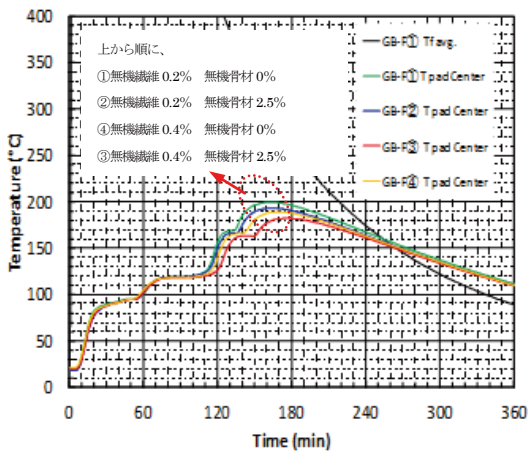


図4 ひび割れ防止剤が石膏ボードの遮熱性に与える影響

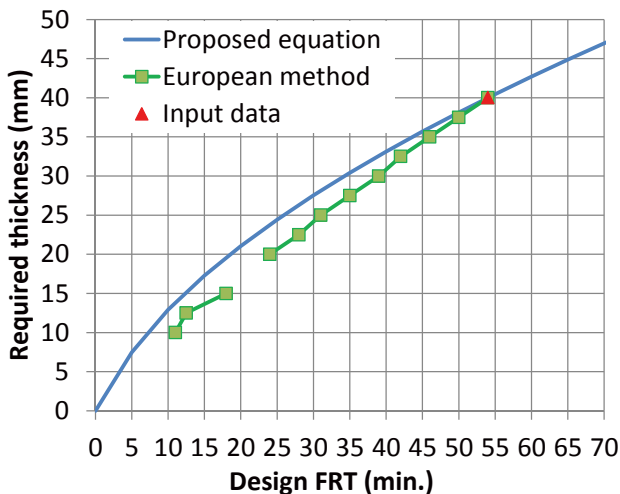


図5 材厚の異なる石膏ボードの耐火性と計算式の比較
(2) CLT 部材のバリエーションと耐火性への影響について
間伐材や辺材を有効活用する CLT 部材は、樹種や接着剤、積層数などにバリエーションが見込まれる他、木材自体が自

然素材であるため、比重や含水率といった物性値にある程度のばらつきが予想される。そこで燃えしろ設計を CLT に適用するにあたり、これらのバリエーションが耐火性にどのように影響するかについて、系統立てた実験を行った結果について報告する。まず樹種については、比重の重い方が炭化速度が遅くなる傾向が見られたが、積層数が増すほど、接着剤の影響が支配的となることが分かった(図6)。高温時の付着性が高いほど、炭化層が残存し、断熱層として働くため、炭化速度を抑制すると考えられる(図7)。この結果より、バリエーションを変数として炭化速度を予測することも可能ではあるが、実務的には簡便化して、これらのバリエーションを包含し得る基準値を策定して、CLT の燃えしろ設計法に活かす方向性で考えている。

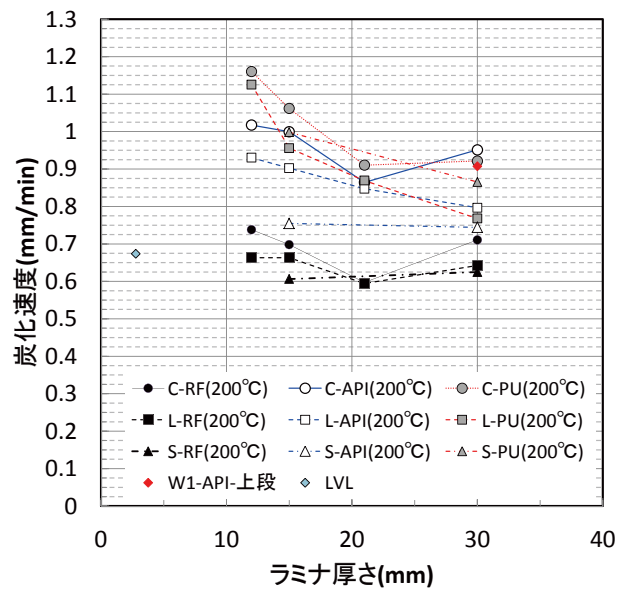


図6 樹種と接着剤が炭化速度に与える影響

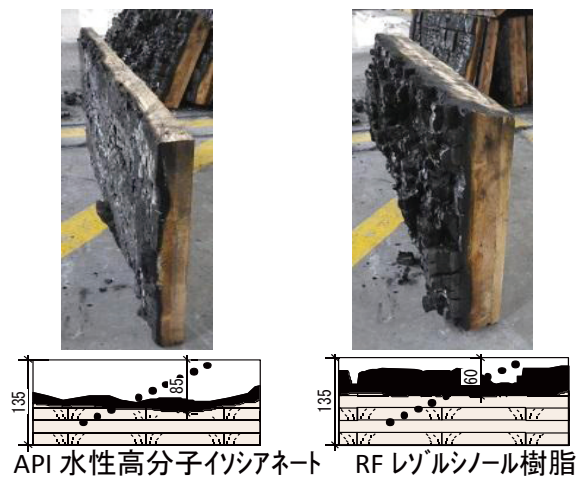


図7 接着剤の違いによる加熱後断面の変化