

### 3) 防火研究グループ

#### 3) - 1 多様な加熱強度を被る鋼部材の耐火性能と耐火試験結果の 工学的評価に関する研究【基盤】

##### Study on Assessment and Fire Resistance of Protected Steel Elements Exposed to Various Fire Severities

(研究期間 平成 25～26 年度)

防火研究グループ  
Dept. of Fire Engineering

成瀬 友宏  
Tomohiro Naruse

萩原 一郎  
Ichiro Hagiwara

茂木 武  
Takeshi Motegi

The objective of this research is to assess the fire resistance of protected steel structural elements exposed to various fire severities in realistic fire. The degree of the deterioration of several fire protections at high temperatures was inspected using TG/DTA (Thermogravimetry / Differential Thermal Analysis) and DSC (Differential Scanning Calorimetry) methods. A series of heating tests of protected steel plates was conducted to obtain the temperature rise characteristics of the steel elements exposed to three different levels of fire severities, which covered the maximum fire temperature up to 1250 degrees observed in real scale fire experiments. As the result, the ordinary fire protections except for ceramic fiber did not have the expected resistance over 1150 degrees. Extrapolation of fire severities and fire duration should be limited to the maximum temperature which fire protection materials were able to retain the expected performance. The optimal condition of specimens in fire resistance tests was also provided based on the mechanical properties of steel material and thermal properties of fire protections.

#### 【研究目的及び経過】

建築物の構造体の耐火性能は、火災の激しさ・継続時間、高温時耐力に基づき評価されるが、性能評価技術の向上・高度化にあたっては、工学的評価の導入と実火災時の耐火被覆の健全性把握が必要である。特に鋼構造の部材においては、柱・梁等の部位、耐火時間(1、2、3 時間)毎、鋼材断面に応じて個別に耐火試験を実施して、耐火構造として国土交通大臣認定を取得する必要があるなど、新材料・新技術を導入するのに多くのコストを要する。一方、耐火性能検証法等の性能設計ルートにおいては、火災の激しさや高温時耐力等に基づき、耐火構造の構造体の耐火性能を工学的に評価しているが、試験時の加熱温度を大きく超える条件へ外挿されているにも関わらず、その適用限界については十分確認されていない。

本研究では、火災時における防火被覆された鋼構造部材に関して、防火被覆の適用限界の明確化、性能評価の合理化に向けて ISO 等で検討されている新しい試験法の導入等のための技術資料の構築(図 1)を目的とした。

#### 【研究内容】

多様な激しさの火災(図 2)における主要構造部への熱入力を適切に評価するため、防火被覆材の高温物性値とその劣化の程度を熱物性試験(TG/TDA, DSC 法)、電気炉を用いた加熱試験、耐火試験によって把握し、構造体に対する火災外力等価性評価法の適用範囲の明確化を行った。また、耐火設計時の性能評価において、任意の防火被覆材料で被覆した複数の試験体に対する耐火試験結果

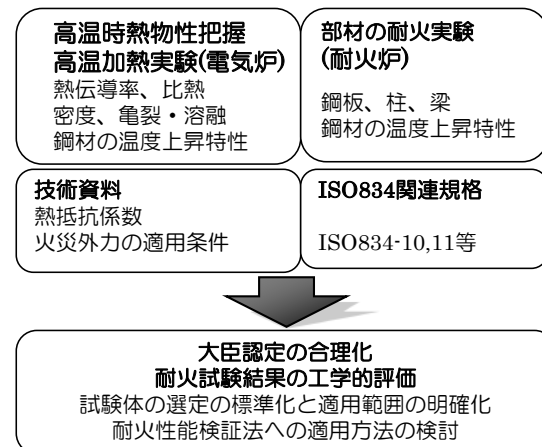


図 1 耐火試験結果の工学的評価の枠組

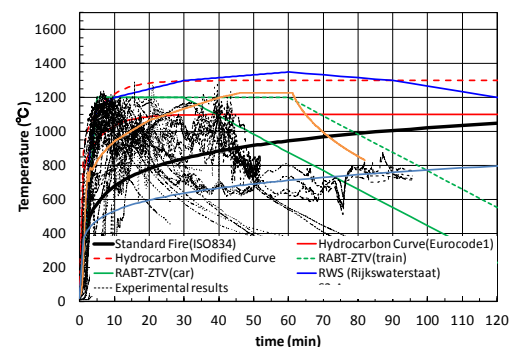


図 2 火災温度-時間関係

を適切に解釈し、その結果の適用範囲を工学的に拡張できるように ISO834-10, 11 等の方法論を耐火性能検証法等の枠組に取り入れるために必要となる条件や合理的な試験体の選定方法等について検討した。

【研究結果】

(1) 耐火被覆材の高温熱物性特性

代表的な耐火被覆材として、けい酸カルシウム板、ロックウールフェルト、ALC、せっこうボード等の高温時重量減少、見かけの比熱を TG/DTA(図 3)、DSC 法(図 4)により把握した。これにより、火災温度が 1200℃程度では熔融、熱分解が進行するものもあることが明らかとなった。耐火被覆材の高温物性分析により、せっこうボードでは脱硫酸による 1050℃以上での急激な熱分解、けい酸質材料ではトバモライト結晶、ゾノトライト結晶の分解が確認された。また、耐熱ロックウールフェルトでは、1150℃以上での熔融による潜熱が確認された。これらの方法により、耐火被覆の適用限界温度を把握することができた。

(2) 加熱強度を変化させた加熱実験

耐火被覆材の劣化状況を踏まえた、多様な加熱強度を被る被覆鋼材の入熱を適切に評価するため、高速昇温電気炉、耐火炉を用いた鋼材の加熱実験を実施した(図 5)。試験結果を工学的に拡張するため、加熱強度と被覆材の劣化状況を踏まえた、熱伝導率の同定方法の構築を行った(図 6)。また、小・中規模加熱実験を比較すると、同一の耐火被覆であれば、非加熱面の断熱条件を高く設定した小型実験によって、中規模実験の結果を設計上安全側に評価できることがわかった。

3) 評価用試験体の選定に関する分析

ISO834 に則った耐火試験法においては、载荷加熱試験装置の寸法・载荷能力を踏まえて、細長比が 15~70 の鋼材寸法(小断面、大断面等)を試験体とすることが適当であることがわかった。また、試験体の熱的分析に加えて、部材の崩壊温度特性を考慮すると、試験結果の拡張可能範囲は図 7 のようになり、これを踏まえた試験体選定が可能となった。

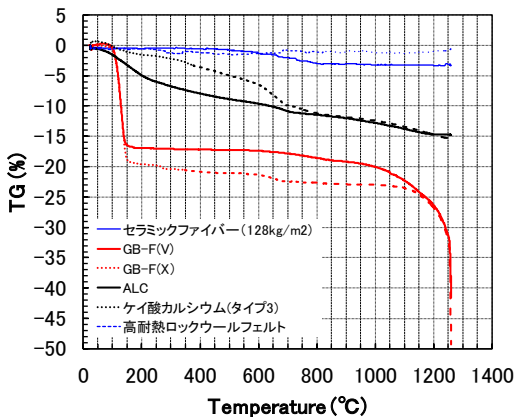


図 3 加熱温度と重量減少の関係(TG)

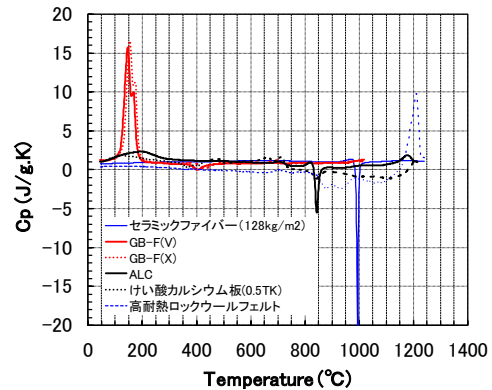


図 4 加熱温度と見かけの比熱関係(DSC 法)

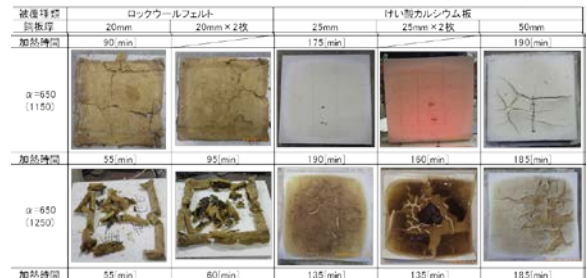


図 5 加熱後の耐火被覆材の状況(耐熱ロックウールフェルト、けい酸カルシウム板)

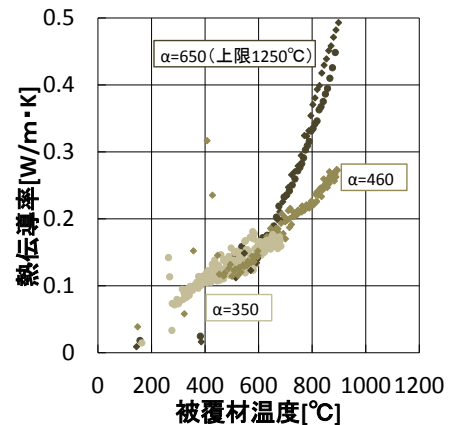


図 6 加熱強度に応じた熱伝導率の同定

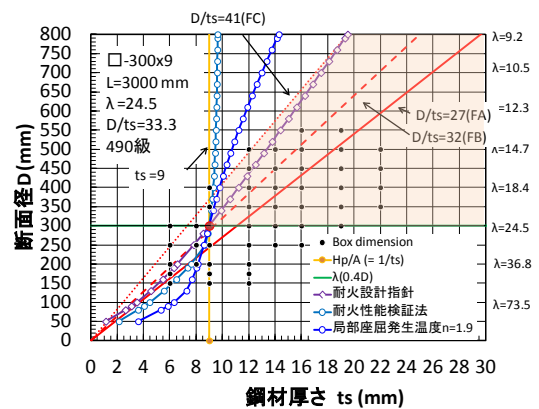


図 7 試験体の選定条件の概要

【参考文献】

- ISO834 Fire-Resistance tests -Elements of building construction Part1-11