

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」 研究成果概要報告書

研究課題		合成小梁無耐火被覆化のための改良接合部の火災時終局状態評価実験	実施年度 2021年度
研究代表者	所属	東京都立大学都市環境科学研究科	
	氏名	高木 次郎	
	問合せ先メールアドレス	jtakagi@tmu.ac.jp	
共同研究者	氏名・所属・職	東京都立大学都市環境科学研究科 王 松 大学院生（博士前期課程2年） 栗原 純 大学院生（博士前期課程1年） 西川 真優 大学院生（博士前期課程1年）	
受入担当責任者	氏名	河野 守	

1. 研究の背景および目的

無耐火被覆小梁を有する鋼構造床架構の小梁端部接合部の火災時終局状態を評価し、合理的な鋼構造耐火設計手法を整備するためのデータを蓄積する。床架構は、火災高温下で、大変形を伴い、梁のカテナリー効果やコンクリートスラブによる膜作用効果によって鉛直荷重支持能力を保持しうるが、小梁端部接合部から破壊する可能性が指摘されている。それを実験的に評価することが本研究の目的である。

2. 利用施設及び利用日

- ・ 多目的載荷装置 （ 2022年2月14日 ～ 2月24日 ）

3. 実験方法・研究成果、および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

スラブの仕様を実験パラメータとした2018年度からの一連の実験の一環として、2021年度の試験体では合成デッキスラブのスラブ筋を2020年度実験のメッシュ筋から異形鉄筋に変更して実験を行った。実験の方法などは2020年度までと同様であり、多目的載荷装置を用いて、無耐火被覆小梁端部接合部に鉛直荷重を載荷した状態で梁の材軸方向の水平力を加えて加熱した（図1, 写真1）。一連の実験試験体の構成および得られた知見等を表1と写真2に整理した。

2020年の実験結果と比較して、2021年度の実験で分かったこととして、以下の2点が挙げられる。

2021 年度実験で得られた知見

- (1) スラブ筋を異形鉄筋にすることで崩壊までの変形性能が大幅に上昇する。
- (2) ガセットプレートが接合部の崩落を抑制する可能性がある。

(1) 異形鉄筋による接合部変形性能の上昇

加熱時間と鉛直変位の関係は図3の通りである。2021年度実験と2020年度実験とでは梁の軸力方向の水平加力計画が異なるので単純な比較はできないが、鉄筋をメッシュ筋から異形鉄筋に変更することで、接合部の崩落が抑制された。2020年度実験（メッシュ筋）では加熱17分付近で鉛直変位が急激に増大したが、2021年度実験（異形鉄筋）では120分付近まで鉛直変位30mm程度以下で荷重を増大させて150分付近で変位100mm程度となった。ただし、鉛直荷重支持能力を喪失するには至らなかった。

(2) ガセットプレートの接合部崩落抑制効果

2021年度実験において、鉛直変位が増大しても接合部の崩落（鉛直変位の急激な増大）に至らなかった理由として、上記の異形鉄筋の塑性変形性能の高さに加えて、小梁のガセットプレート（GPL）と無耐火被覆小梁端部の接触の影響が一因として考えられる。実験後の試験体の小梁端部とガセットプレートの様子を写真3に示す。小梁の上フランジがGPLの上に乗るように変形しているのと、下フランジがGPLにめり込むように変形している様子が分かる。これらの接触により小梁端部の崩落に相当する鉛直変形の増大が抑制された可能性が考えられる。

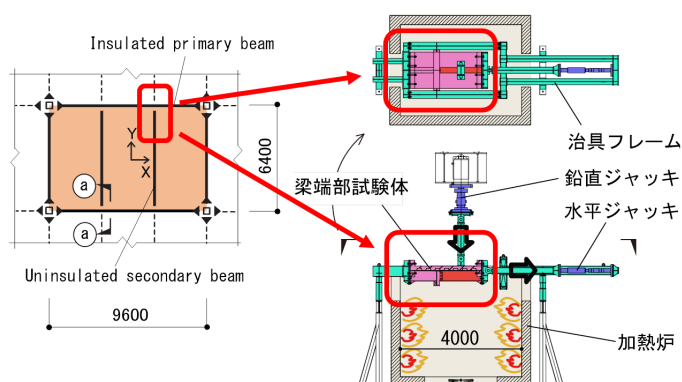


図1 多目的荷重装置による
加熱加力実験要領

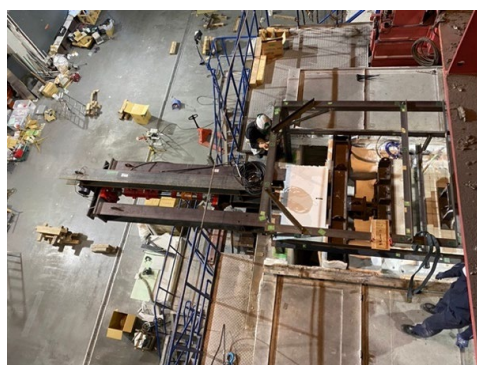


写真1 加熱炉設置後の試験体と加力治具
鉛直荷重載荷フレームより撮影

表 1 これまでに実施した試験体の仕様と結果等

実施年度	試験体のスラブ仕様	試験体構成の意図	結果概要（得られた知見等）
2018	スラブなし	スラブの寄与を評価するために、スラブのない試験体で高力ボルト接合された鉄骨梁端部の耐火性能を評価した。	<ul style="list-style-type: none"> 無耐火被覆小梁よりも高力ボルトの温度上昇が遅く、事前評価よりも長時間鉛直荷重支持能力を保持した。 鉛直と水平の 2 軸載荷が計画通り実施可能であることを確認した。
2019	等厚スラブ t=150 D13@200 ダブル	2018 年実験の対極として、強度の高いスラブを有するスラブつき鉄骨梁端部接合部の耐火性能評価を意図した。	<ul style="list-style-type: none"> 一部の治具と試験体の接合を十分ピンにできない不具合が発生し破壊に至らなかった。 等厚スラブの高温時面内引張力下の終局曲げ耐力が事前評価よりも高いことが分かった。 FEM 解析モデルを改良し、スラブやボルトを含む実験時の温度分布を用いて、実験時の試験体挙動を評価できることを確認した。
2020	合成スラブ 合成デッキ、 6φ@150 メッシュ	鉄骨構造で一般的な合成スラブ+メッシュ筋の梁仕様で端部接合部の耐火性能評価を意図した。	<ul style="list-style-type: none"> 合成スラブ+メッシュ筋の仕様では、火災時の梁のカテナリ効果を発揮する前に高力ボルトがせん断耐力を喪失して、メッシュ筋が破断して終局状態に至ることが分かった。 本実験法で合成梁端部接合部が大変形を伴い、破壊に至る挙動を評価できることが実証できた。 FEM 解析でも終局状態を評価できた。
2021	合成スラブ 合成デッキ、 D10@200	2020 年度の試験体に対して、スラブ筋をメッシュ筋から異形鉄筋にすることによる耐火性能への影響評価を意図した。	<ul style="list-style-type: none"> スラブ筋を異形鉄筋にすることで崩壊までの変形性能が大幅に上昇することを確認した。 ガセットプレートが接合部の崩落を抑制する可能性を確認した。



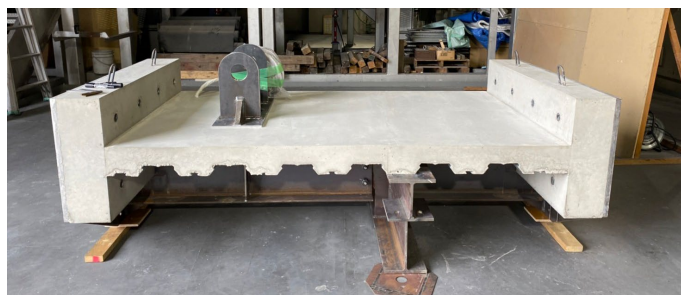
2018 年度試験体
(スラブ無し (上部 ALC 版))



2019 年度試験体
(等厚スラブ)



2020 年度試験体
(合成スラブ 6φ@150 メッシュ)



2021 年度試験体 (合成スラブ D10@200)

写真 2 これまでに実施した実験の試験体

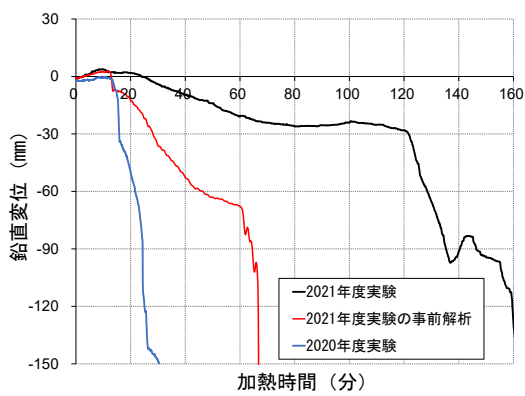


図3 鉛直载荷点鉛直変位の
実験値と事前解析の比較



写真3 実験後のガセットプレートの損傷の様子

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

スラブ筋をメッシュ筋から異形鉄筋に変更した場合に、無耐火被覆小梁端部接合部の耐火性能が大幅に上昇する可能性を確認したことは 2021 年度実験の成果と考える。一方で、解析で見られる図 5 のような崩落の挙動（終局状態）がはっきり確認できなかったことは不十分であった。その原因として、前述の GPL による崩落抑制効果のほか、2021 年度実験で梁の材軸方向の水平加力計画に改善の余地があったことが挙げられる。具体的には、2021 年度の実験でも 2020 年度実験と同様に特定温度で急激に鉛直変位が増大することを予想して梁の熱膨張期から大変形時へと移行する圧縮から引張への加力変更を短時間で行う計画としたが、実際は鉛直変位が増大はなだらかで、鉛直変位に応じたゆるやかな水平加力移行とする必要があった。今後、水平加力計画を再検討するとともに図 6 のように GPL の形状を工夫して、GPL による崩落抑制効果を排除した試験体による実験の実施を検討中である。

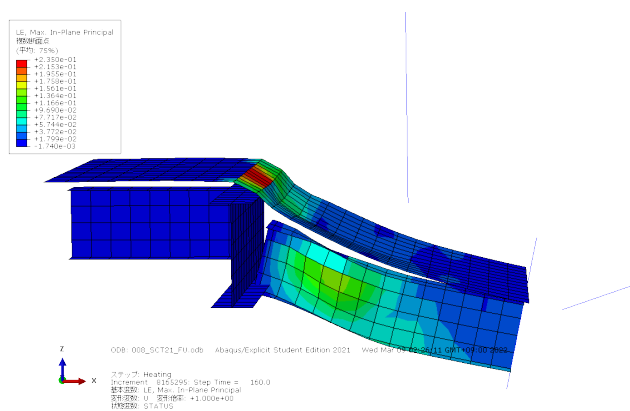


図5 無耐火被覆小梁と非接触の GPL 詳細

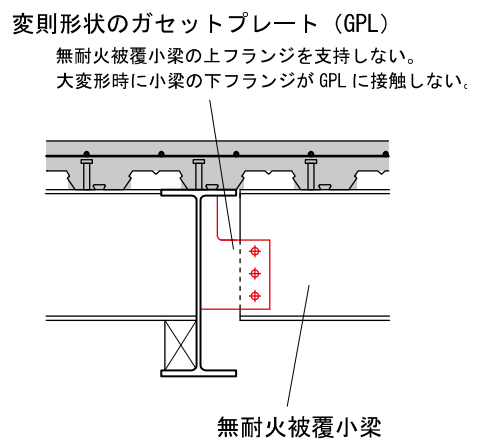


図6 改良接合部仕様の案

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

- ・ 高木次郎，王松，栗原純，河野守，松山賢：無耐火被覆小梁を有する鋼構造床架構の火災高温時崩壊挙動評価，日本建築学会構造系論文集，2022年9月，第87巻 第799号（採用決定）
- ・ 王松，高木次郎，舎川将太郎，栗原純，河野守，松山賢：デッキ合成スラブと無耐火被覆鉄骨小梁を有する床架構の火災時崩壊形評価 その1 床架構解析による崩壊形の推定，日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），pp205-206，2021.9
- ・ 大山昇，舎川将太郎，高木次郎，栗原純，王松，河野守，松山賢：デッキ合成スラブと無耐火被覆鉄骨小梁を有する床架構の火災時崩壊形評価 その2 合成小梁接合部の加熱加力実験，日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），pp207-208，2021.9
- ・ 栗原純，舎川将太郎，高木次郎，大山昇，王松，河野守，松山賢：デッキ合成スラブと無耐火被覆鉄骨小梁を有する床架構の火災時崩壊形評価 その3 実験加力計画と再現解析，日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），pp209-210，2021.9

6. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅費		人件費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
実験協力会社 (東亜理科)	1785300	旅費 客員宿舎	115000		
ワイヤー変位 計用ワイヤー	99000				
小計	1884300	小計	99000	小計	
東京理科大学 負担分 総計 1,999,300 円					

上記以外 東京都立大学 負担分 総計 約2,500,000 円

以上

※ページは適宜増やしてください。

※上記5に記載された成果公表については，別刷1部をご提出願います。PDFファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は，本拠点の成果報告としてWeb等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて，研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問

いません。)
※後日開催予定の成果発表会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。