

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		無耐火被覆合成小梁接合部の火災時終局耐力評価	実施年度
			2019年度
研究代表者	所属	首都大学東京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	舎川将太郎 首都大学東京都市環境科学研究科 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

本研究では、無耐火被覆の鉄骨小梁が端部でピン接合される場合の接合部の高温時終局状態を実験と解析の両面から評価する。火災時に梁と床のたわみが許容できる場合に、カテナリー効果および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する機構を分析する。鉄骨梁の無耐火被覆化により、鋼構造建物の経済性および施工性の向上が期待できるほか、吹付式耐火被覆に代表される耐火被覆の環境負荷の低減、意匠的に露出させた梁の設計の可能性の拡大などが期待できる。合理性と自由度の高い鋼構造耐火性能設計法の発展に貢献する。

無耐火被覆合成梁および床架構は火災時においても鉛直荷重支持能力を保持しうることが過去の実験および火災事例で示されている。これは、高温下で梁がたわみ、曲げ材から引張材に移行することによるカテナリー効果やスラブによる膜作用効果が得られるためである。耐震設計された我国の鉄骨骨組の梁接合部は母材と同程度の耐力が確保されていることもあり、火災時に鉛直荷重支持能力を保持できるとされるが、ウェブのみでボルト接合される多くの小梁に対して崩壊に至る終局状態を評価した実験的研究は皆無である。床架構の火災時安定性を評価するためには、壊れ方の確認と耐力の検証が必要である。

我国の性能設計に向けた耐火設計手法は整備されつつあるものの、十分に活用できていない。海外では、欧州を中心に、主要な梁にのみ耐火被覆を施し、その他を無耐火被覆とする研究がなされ、実用化も進んでいる。柱梁接合部がほぼ剛接合される我国の鋼構造架構は不静定次数が高く、他国の鋼構造架構よりも火災に対する抵抗力が高いことが考えられる。他国よりも自由度の高い耐火設計法を適用できる可能性があり、その体系整備に向けた中核的な研究の一つとなることを目指す。

2. 利用施設及び利用日

- ・ 多目的載荷装置 (2020年2月10日～2月20日) 2月19日に載荷実験実施

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。

本研究は2018年度からの継続課題であり、前年同様に多目的載荷装置を利用させていた
だき、図1のような載荷加熱実験を行った。加熱炉上部に試験体を設置し、載荷装置のフ
レームに鉛直方向と水平方向にジャッキを設け、試験体中の無耐火被覆の小梁端部を小梁
端部に加力しながら加熱した。2018年度にスラブを設けず、梁上部にALC版を設置する試
験体の実験を行っており、2019年度はスラブを設けた実験を行った(図2,3)。水平加力の
スケジュールについては、建物中の無耐火被覆小梁が加熱されたとき、熱膨張による圧縮
力から大変形による引張力が材軸方向に発生する現象を考慮して、小梁の解析結果から図4
のように設定した。

実験では、合成小梁端部の火災時の終局状態を確認することを目的としたが、結果とし
ては試験体を破壊させるには至らなかった。理由としてはスラブの実耐力が事前検討で想
定した耐力を上回ったであろうことと、治具の一部がゆがんで想定した加力ができなかつ
たことなどがあげられる。ただし、スラブの損傷や大変形の過程は得られており(図5,6)、
FEM解析との比較により挙動分析に有用な実験データを取ることができた。

試験体を破壊させるに至らなかった他の要因と今後の対策については以下のように考え
る。まず、小梁端部に作用する部材力の種類は軸力、せん断力、曲げモーメントの3つで
あるのに対し、実験で用いているジャッキは2台であり、火災時の梁端部の応力状態を完
全には模擬できない。3つの部材力のうち、特に再現困難なのが曲げモーメントであり、曲
げモーメントの再現には水平方向に2台のジャッキが必要になる(鉛直と合わせて合計3
台必要になる)。実験をこれ以上大掛かりにすることは物理的にも困難であり、2台のジャ
ッキで、可能な加力方法を考える必要がある。一方、無耐火被覆小梁の曲げ耐力は加熱と
共に低下して、高温下の終局状態の評価で曲げ耐力の影響は比較的小さくなる。従って、
低温時に梁端に作用する曲げモーメントについては、実建物中の梁と試験体とで乖離する
ことを容認して、終局状態の評価に注力することが、実験の目的からも合理的である。た
だし、このような立場をとると、常温で接合部に作用する曲げモーメントが大きくなり、
加熱前にスラブがひび割れる可能性がある。本実験では、そのような状態になることを憂
慮して、鉛直荷重を控えめに設定した。これが、試験体が破壊に至らなかったその他の(大
きな)要因である。次回以降の実験では、加熱前のスラブのひび割れを容認して、想定す
る実建物中の梁端部に発生するであろうせん断をそのまま鉛直荷重として試験体に載荷す
る計画にする。これにより、本実験と同じ失敗を繰り返さず、梁端部の火災時終局状態の
評価が可能になると考える。

また、大規模な本実験において、縮小模型による実験を代替的に行うことは現時点では考えていない。これは、スラブと一体化させた合成梁は、スタッドコネクタやトルシア型高力ボルト、スチールデッキ等の既製品を含み、それらを縮小した模型で再現することは困難であるのと、加熱時の熱伝導の影響が実大と異なり、結果の信憑性確保も難しくなると考えられるためである。

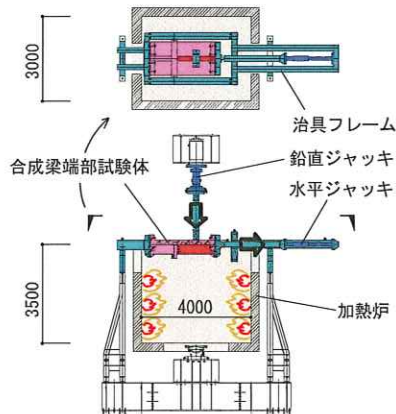


図1 多目的载荷装置による加熱加力実験要領

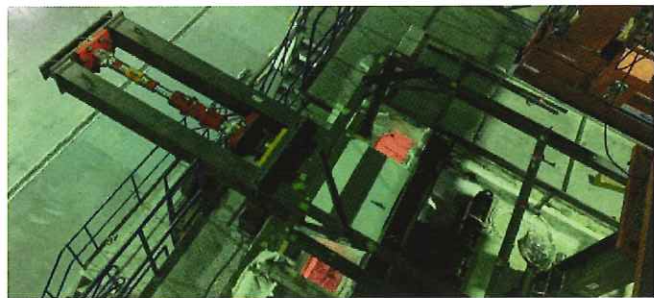


図2 加熱炉設置後の試験体と加力治具
鉛直荷重载荷フレームより撮影



図3 加熱炉設置前の試験体と加力治具

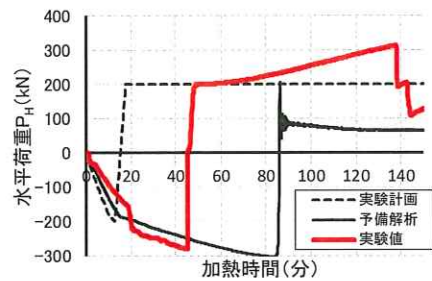


図4 水平加力概念図
(P_H 正:引張、 P_H 負:圧縮)

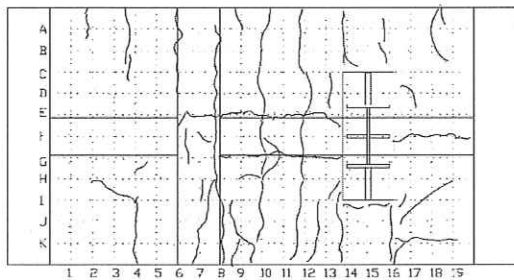


図5 実験開始150分後スラブ上面ひび割れの様子

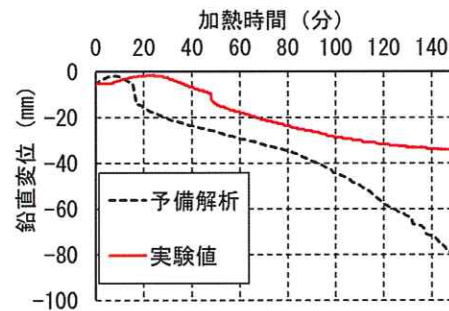


図6 加熱時間-鉛直変位関係

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

上記の報告の通り、2019年度の実験では試験体を破壊して終局状態を評価するには至らなかった。そこで、今年度（あるいは来年度）に再度同様の方法で共同実験を実施させていただきたいと考えている。2019年度実験では、木型枠によるフラットなスラブに対して一般的なスラブに用いられる鉄筋量より多い鉄筋（D13@200 ダブル）を設けた。次回の実験では、より一般的なデッキスラブとメッシュ筋を用いた試験体を作成し、試験体の破壊に至る終局状態を評価する。

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）

- ・ 栗原純ほか、無耐火被覆合成小梁接合部の2方向加力加熱実験 その1 実験計画と結果、日本建築学会大会学術講演集梗概、2020
- ・ 舍川将太郎ほか、無耐火被覆合成小梁接合部の2方向加力加熱実験 その2 FEM解析による挙動分析、日本建築学会大会学術講演集梗概、2020

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)	1,404,700	旅費 客員宿舎	97,876		
ボルト等	58,240				
材料試験	418,000				
デジカメ	20,152				
小計	1,901,092	小計	97,876	小計	
東京理科大学 負担分 総計 1,998,968 円					

上記以外 首都大学東京 負担分 総計 約 2,000,000 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。