

鋼桁端部を模擬した十字断面柱の圧縮挙動に及ぼす火災加熱の影響

大阪大学大学院工学研究科 学生員 岡野 青空
大阪大学大学院工学研究科 正会員 廣畑 幹人

1. はじめに

近年、国内外において橋梁の火災事例が多数報告されている。火災の原因は様々であり、損傷の度合いによっては橋梁の供用停止に繋がり社会的に大きな影響を及ぼすため、迅速な供用再開が求められる。火災を受けた鋼橋の供用再開までのプロセスを体系的にまとめたガイドライン¹⁾では、目視による被災度判定、部材の受熱温度の推定を順に行うことがその方法とともに示されている。しかし、火災を受けた部材の耐荷性能を評価するにあたり、鋼材の機械的性質の変状、熱変形などの因子が、部材の耐荷性能に及ぼす影響について不明な点が多々ある。本研究では、桁端部近傍で火災が発生する事例が多く、桁端部が鉛直圧縮荷重を受ける十字断面柱として設計されることに注目し、鋼桁端部を模擬した十字断面柱の圧縮挙動に及ぼす火災加熱の影響を検討するための一連の実験を実施した。

2. 加熱実験

供試体の形状および寸法を図-1に示す。供試鋼材は SM400B であり、道路橋示方書²⁾に規定される種々の項目を満足するように寸法を決定した。桁下での火災事例が多いことから、これを模擬するため供試体下部を図-2に示すようにガスバーナーで加熱した。設定した加熱温度の達成を確認した後、水に浸漬し冷却した。加熱温度の設定については、中小規模火災において鋼部材の受熱温度の上限として報告が多い 600℃、大規模火災における受熱温度として報告されている 900℃とした。なお、これらは加熱からの急冷により鋼材の金属組織が変化する A₁ 変態温度 (約 720℃) より低い温度および高い温度という意味も有している。

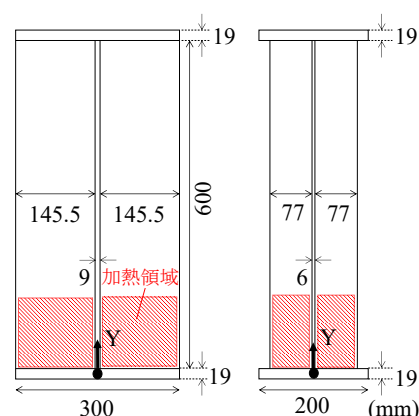


図-1 供試体寸法および加熱領域

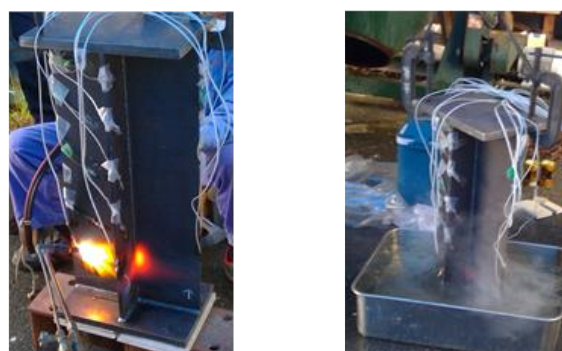


図-2 加熱実験の様子

加熱前後における反発型硬度（リープ硬さ）の変化から機械的性質の推定を行った。既往の研究よりリープ硬さは同一部材に対して 10%程度のばらつきが生じるとされており³⁾、健全供試体の各パネルでは硬さのばらつきが 10%以内で収まっていることを確認した。600℃加熱の供試体では平均 5.4%の硬さの上昇が見られた。900℃加熱の供試体では、焼入れにより、非加熱領域と比べ加熱領域のリープ硬さが平均 12.3%上昇していた。

加熱供試体の加熱前後における面外変形を測定し

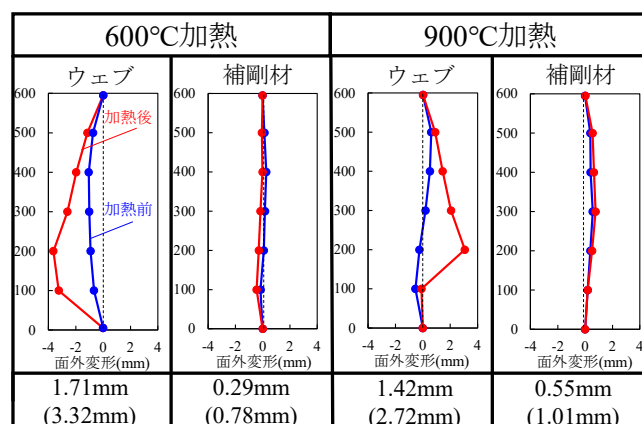


図-3 面外変形および最大面外変形量の平均値

キーワード 鋼桁、火災、座屈、耐荷力

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL06-6879-7598

た結果を図-3 に示す。加熱前における変形は 1.12mm 以下であった。加熱後において、熱膨張の拘束による圧縮応力に起因し加熱領域を中心に変形量が大きくなっていた。最大面外変形量のパネルごとの平均値に注目すると、ウェブの変形量が補剛材より大きかったが、これは板厚の影響と考えられる。また、ウェブにおいて 600℃加熱供試体に比べて 900℃加熱供試体の変形量が大きかったが、これは熱膨張の程度による影響と考えられる。

3. 圧縮試験

圧縮試験により得られた荷重—鉛直変位関係を図-4 に示す。荷重 200kN～400kN の範囲で算出した弾性剛性に関して、健全供試体に比べ 600℃加熱供試体は 10.6%，900℃加熱供試体は 18.1%減少した。これは、加熱後の変形量の増加が理由として考えられる。最大圧縮荷重に関して、健全供試体に比べ、600℃加熱供試体は健全供試体より 0.9%，900℃加熱供試体では 1.1%増加した。最大圧縮荷重の変化が小さかった理由は、各パネルの柱高さ中央部において加熱供試体と健全供試体の硬さ（機械的性質）の変化が小さかったためと考えられる。各供試体のウェブの最大荷重時における変形モードを図-5 に示す。健全供試体は高さ方向中央で大きく変形した。600℃加熱供試体では、加熱領域で他の位置と比べて面外変形量が小さくなった。これは、加熱による降伏応力の上昇により、加熱領域の塑性化が抑制されたためと考えられる。900℃加熱供試体では、面外変形のピークは柱高さ方向の中央あるいはやや下側に生じた。これは、加熱による降伏応力の上昇よりも、加熱により生じた載荷前の面外変形の影響が卓越したためと考えられる。

4. まとめ

鋼桁端部を模擬した十字断面柱を供試体として、火災を想定した加熱が圧縮挙動に及ぼす影響を明らかにするため、一連の実験を実施した。

- (1) 900℃加熱の場合、加熱領域の硬さが 10%程度上昇し、焼入れによる降伏応力の上昇が示唆された。
- (2) 加熱後の面外変形の増加により、加熱供試体は健全供試体に比べて 10～18%減少した。一方、最大圧縮荷重の差は小さく、加熱領域における機械的性質の変化が最大圧縮荷重に及ぼす影響は小さいと推察した。
- (3) 加熱供試体の変形モードは、加熱による降伏応力の上昇と載荷前の面外変形の両方の影響を受ける可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) (公社)土木学会：鋼構造シリーズ 24 火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン，2015。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編，2012。
- 3) 北原敏希，中込忠男，藤田哲也，笠原基弘，服部和徳，市川祐一，井上朋子：反発式高度計による建築鉄骨溶接部の引張強さ推定に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），pp.999 - 1000，2006。

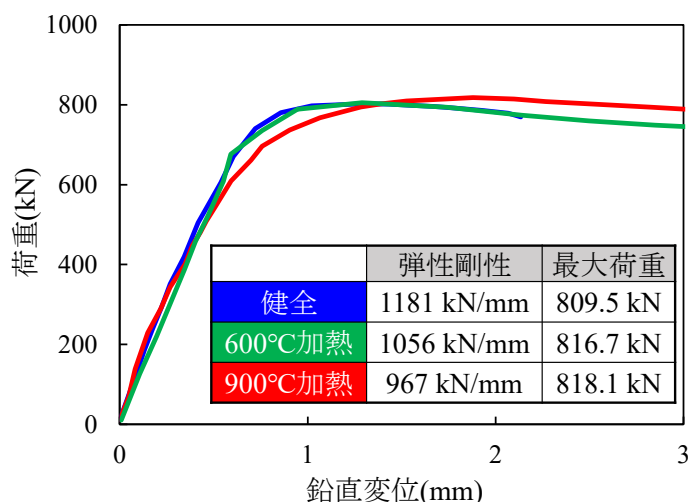


図-4 荷重—鉛直変位関係

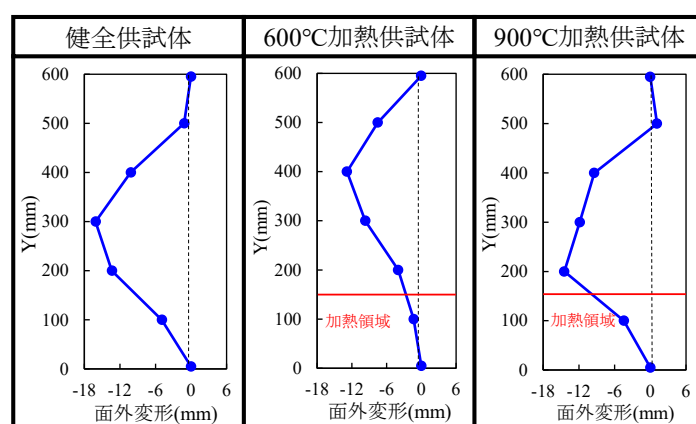


図-5 ウェブの最大荷重時における変形モード