

III 防火研究グループ

III-1 SS400H 部材の室温から 800°C までの弾・塑性・クリープ崩壊耐力測定

Experimental Study on the Collapse-load of H-shape Beams and Columns under Elevated Temperature from 25 to 800 degrees Celsius

(研究期間 平成 16~18 年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

茂木 武
Takeshi Motegi

This paper reports the collapse-loads of H-shape beams and columns under elevated temperatures from 25 to 800 degrees Celsius. The loading tests are conducted under steady temperature. In addition, tensile tests are carried out for each specimen. As a result, the collapse-temperatures of the beams and columns under allowable stress are about 600°C and 550°C respectively. Also the predictions of collapse-loads using the tensile test data are smaller than the H-shape beam results, but that is good for the columns

[研究目的及び経過]

一般に使用されることが多い SS400H 梁・柱部材の弾・塑性・クリープ崩壊耐力を室温から 800°C の範囲で測定し、温度の上昇に伴う崩壊耐力低下の全体象を明らかにする。また、試験体から試験片を採取し、高温機械強度を測定する。これを用いた計算値と部材実験結果を比較し、差の大きさを定量的に把握する。

これまで許容鋼材温度は、JIS、告示の試験法で平均 350°C、最大 450°C とされてきたが、外国の規格では約 550°C 程度となっている場合が多い。建築研究所で実施した ISO 基準による荷重耐火試験¹⁾でも、長期荷重下の崩壊時平均鋼材温度は梁で 601°C、柱で 570°C とされ、誤差を勘案してそれぞれ梁 541°C、柱 513°C が提案されている。これらの差は、崩壊耐力に基づく合理的耐火設計を行う上でも、耐火被覆性能の判定基準温度などの観点からも、正確な値に是正する必要がある。

[研究内容]

加熱には電気炉を使用し、実験中に鋼材温度を安定・均一化した。その上で構造実験のように荷重を増加させて梁・柱の崩壊耐力(荷重の最大値)を測定する方法を採用し、荷重をステップ状に増加させ破壊した。支持条件は、梁は単純梁で、柱は両端ピン条件である。試験体は SS400H 形鋼を 1 バッチ、1 ロールの条件で市中より入手した。これは製造プロセスの違いによるバラツキを避けるためである。梁は H250*125*6*9-L2000、柱は H200*200*8*12-L2000 で、両端に 50mm のベースプレートで溶接し機械加工したもので、梁は荷重点をステイフナー補強している。鋼材温度測定位置は、中央断面で 5 点、ウェブ中央の長さ方向で 7 点としている。

図-1 に梁(柱)・高温強度用の試験体の外形を示す。

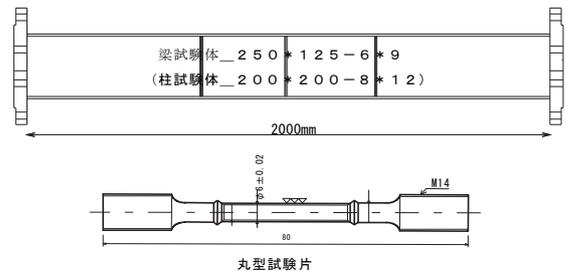


図-1 梁・高温強度用試験体

実験条件は以下の 3 種である。

- ①室温~800°C の範囲で 100°C キザミに温度を安定させた上で荷重を増加させて破壊したもの、梁で 11 体、柱で 12 体。これらの素材については高温引張試験を実施している。
- ②耐火試験のように最初から長期荷重の 0.5、0.75、1.0、1.25、1.5 倍を加え、温度を 2.5°C/min で上昇させたもの梁・柱ともに 5 体。
- ③クリープ崩壊耐力については梁・柱で各約 8 体。

[研究結果]

鋼材温度は部材長さ中央 2/3 を超える範囲において設定温度で安定しており^{2),3)}、目的温度における崩壊耐力が測定されたと考える。図-2, 3 に梁と柱の室温から 800°C までの荷重/変形曲線を示す。これより鋼材温度が上昇するにつれて、梁・柱ともに崩壊荷重(耐力)が低下していることが理解できる。また、梁の荷重/変形曲線は装置に許されるたわみ約 65mm まで変形し、柱では荷重支持能力を失う時点の伸縮量が鋼材温度の上昇に伴い大きくなる傾向が見られる。

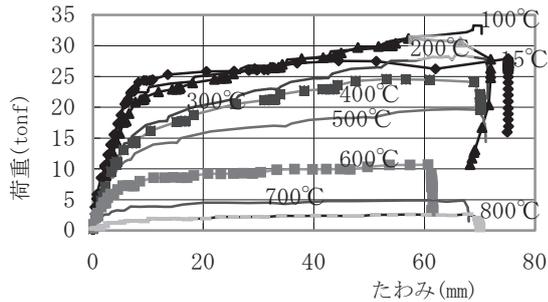


図-2 梁 たわみ/荷重

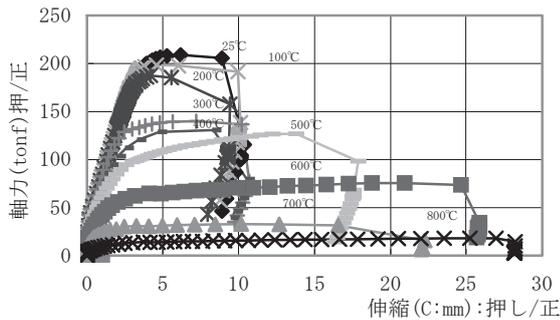


図-3 柱 伸縮/荷重

崩壊耐力の整理方法は、これらの最大値(梁では曲げモーメントに換算)を崩壊耐力とし、許容応力度法のSS400長期設計荷重(最大)で正規化している。

図-4 に室温～800℃までの梁の高温引張強度を応力/歪曲線として示す(柱についても同様の曲線が得られている)。

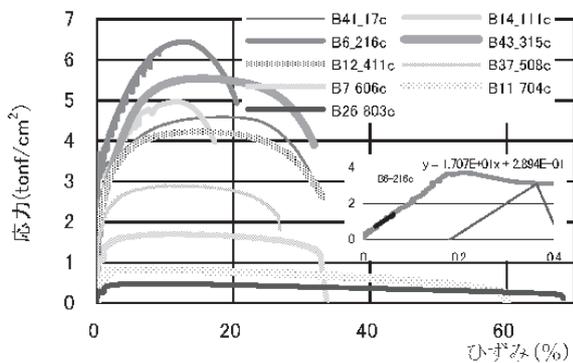


図-4 梁応力/ひずみ (%)

これより強度の最大値は 216℃の曲線にある。なお、高温強度測定は梁・柱部材実験で測定された実際の温度で実施しているため、測定温度に端数がでている。また、温度および荷重を変えた条件での高温クリープ測定も実施しているがスペースの都合で割愛する。高温降伏点応力は、0.2%オフセット耐力を採用したものと、1%全歪における応力値を採用した2種とする。ヤング率については、図-4 の上に重ねた小さい図に見られるように、応力/歪曲線の立ち上がり部分を直線近似した比例係数として求めている。それぞれの値は、降伏点強度に比較してヤング率にバラツキが大きい。

図-5、6 に梁・柱実験より求めた崩壊耐力と、高温強度から許容応力度法により求めた崩壊予測値(梁については縁応力が降伏点に達する値で、柱については安全率が1になる軸力を採用⁴⁾)を比較している。

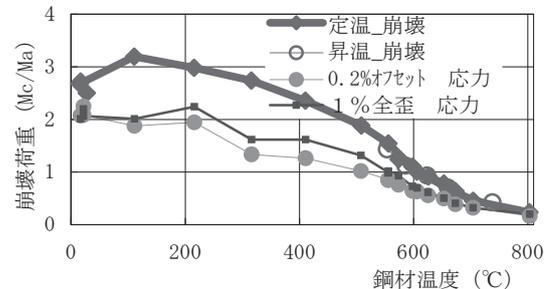


図-5 梁 崩壊荷重/温度

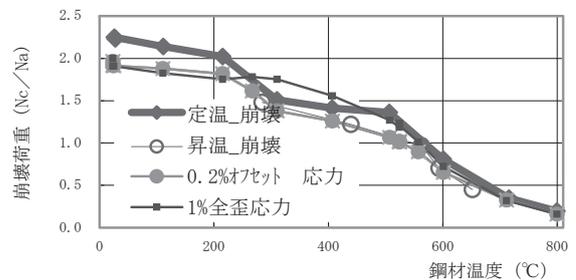


図-6 柱 崩壊荷重/温度

これより梁の崩壊耐力は、許容応力度法により求めた崩壊予測値より大きく、高温より室温に近い所で差が大きい。柱については、ほぼ一致しているが、1%全歪応力を降伏点に採用した場合には、崩壊予測値が柱崩壊耐力を一部でオーバーしている。

【まとめ】

本研究により SS400H 梁・柱部材の室温～800℃での崩壊耐力が明らかになった。

高温強度の結果を用いた崩壊予測値は、柱では崩壊耐力とほぼ一致するが、梁では崩壊耐力より小さく、差も大きい。

・クリープ崩壊については、長期荷重下において鋼材温度一定条件で6時以上崩壊しない温度は柱で518℃、梁で550℃よりそれぞれ少し高い。

【参考文献】

- 1) 建設省総合技術開発プロジェクト「防・耐火性能評価技術の開発」H8～H10
- 2) 本建築学会大会(関東) 梗概集 防火「SS400H 梁の室温～800℃の崩壊耐力」2006 pp.111,112
- 3) 日本建築学会大会(九州) 梗概集 防火「SS400H 柱の室温～800℃の崩壊耐力」2007 発表予定
- 4) 鉄骨構造学 朝倉書店 坂本順、五十嵐定義著