

鋼圧縮材の高温時の座屈強度に関する研究

(その7 NSFR490A鋼柱模型の高温時座屈実験)

正会員○岡部 猛*

同 安部 武雄**

1. はじめに

鋼構造建築物の耐火設計資料を得るために、前報1, 2, 3)では鋼種SS400, SM490, SA440Bを用いた矩形断面鋼柱小型模型を対象に高温時の中心圧縮座屈実験を行い、座屈強度特性を調べた。

本研究では、建築構造用耐火鋼材NSFR490Aを用いて、前報と同様の実験を行ったものである。

2. 試験体及び実験方法

実験に用いた試験体は、厚み10mm×幅26mmの矩形断面を持つ鋼柱小型模型であり、試験体の柱部分は板厚28mmの鋼板より削り出し、両端にエンドプレートを溶接した。鋼種は耐火鋼材NSFR490Aであり、表-1に試験体鋼板の化学成分、表-2に常温時の機械的特性、図-1に各種の一定温度下で行った引張試験の結果を示す。なお、引張試験においてはひずみ速度が毎分0.1%程度となるように制御した。

図-2は、NSFR490Aと文献2)で取り扱った普通鋼SM490との高温時の降伏強度(0.2%オフセット耐力)の比較を示した。この図によると、普通鋼SM490は400℃付近で常温規格値の2/3(22kg/mm²)まで低下するが、耐火鋼NSFR490Aは600℃までこの値を超えている。

実験時の試験体の両端には蒲鉾形の治具が取り付けられ、座屈時に転がることによりピン状態を実現する。蒲鉾形治具(半径30mm)の回転中心は試験体平行部の両端部に位置する。この試験体を、万能試験機に筒型電気炉(内法直径10cm、高さ40cm)を組込んだもので加力することにより、各種の高温下で試験体両端をピン状態とした中心圧縮試験を行った。

本研究では、高温と高温クリープの影響を調べるために、二種類の実験(①一定温度実験と、②一定荷重下漸増温度実験)を行った。

3. 実験結果

①一定温度実験の結果

実験は4種類の無次元化細長比($\lambda' = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$)に対して5種類の温度($T = RT, 600, 650, 700, 750$ ℃)を設定し、合計20体を行った。

図-3の□印は各実験における最大荷重 P_{max} を座屈曲線の形に表わしたものである。また、この図には非弾性座屈荷重(接線係数荷重)および一次元有限要素法によ

表-1 試験体鋼板の化学成分(%)

Symbol	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
	x100			x1000		x100	
NSFR490A	11	25	115	9	2	2	55

表-2 試験体鋼板の常温時の機械的特性

Test Piece	E_{RT} (tf/cm ²)	$\sigma_{y,RT}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{u,RT}$ (tf/cm ²)	Elong. _{RT} (%)
NSFR490A	2101	4.20	5.67	25

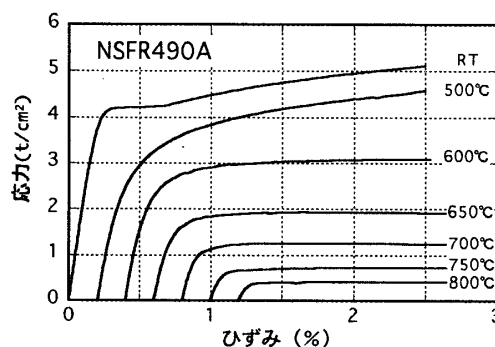


図-1 試験体鋼材の応力ひずみ関係

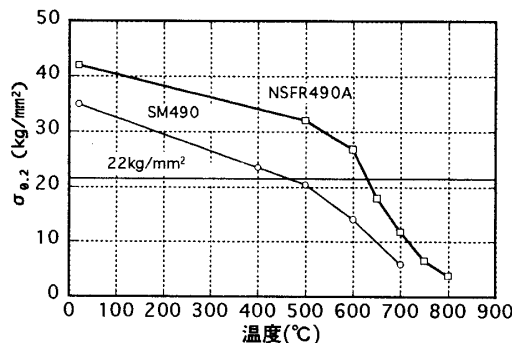


図-2 高温時の降伏強度の比較

る座屈荷重(最大荷重)もそれぞれ実線および△印付き破線で示している。座屈荷重の計算に用いた応力ひずみ関係式は図-1を近似して用いた。

図-3より、NSFR490A鋼柱の座屈強度がどのように温度 T と細長比 λ' に依存するかが分かる。すなわち、実験を行った細長比 $\lambda' = 1.0$ 以下の範囲であれば、試験温

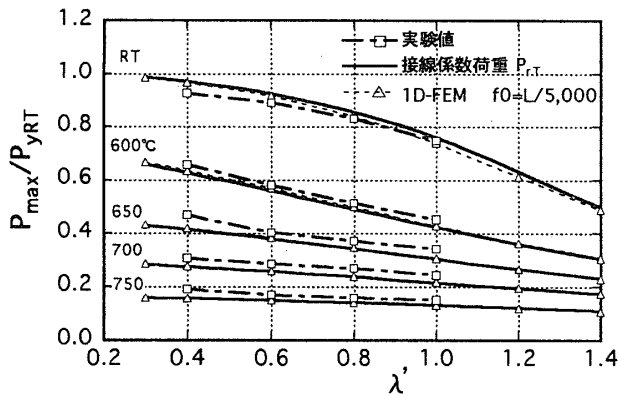


図-3 座屈曲線 (①一定温度実験)

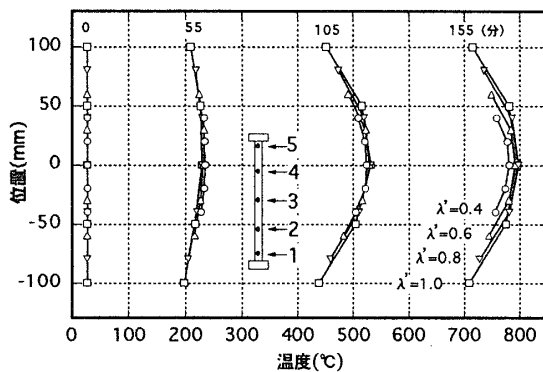


図-5 中心温度の材軸方向分布 (実験②)

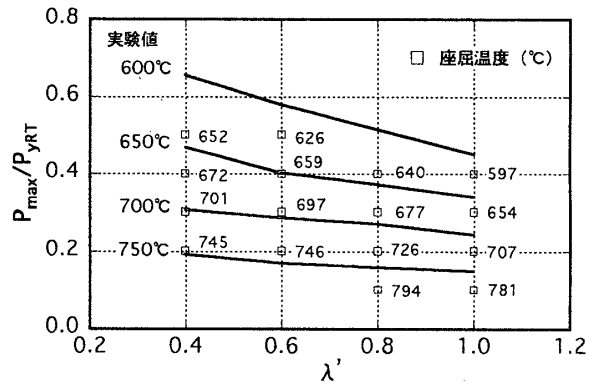


図-4 座屈温度 (②一定荷重下漸増温度実験)

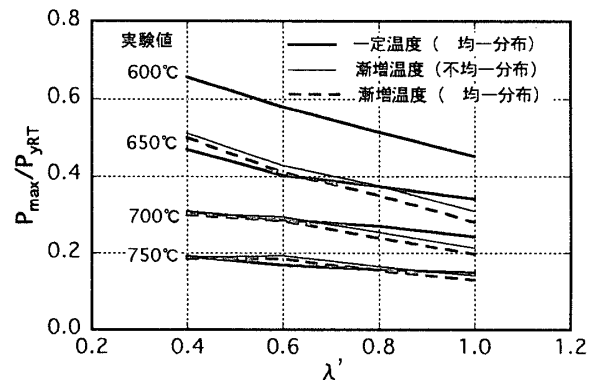


図-6 高温クリープの影響 (実験値)

度 $T=600^{\circ}\text{C}$ で常温時の約4~6割程度、試験温度 $T=700^{\circ}\text{C}$ で常温時の約2~3割程度まで低下することが分かる。また、試験温度 $T=600\sim 750^{\circ}\text{C}$ の場合は曲線型の応力ひずみ関係を持つ柱材の座屈曲線を示しており、座屈強度は細長比 λ' とともに単調に低下することが分かる。

なお、実験値と理論値は良い対応を示しており、一定高温下での鋼柱の座屈荷重は一定高温下での鋼材の応力ひずみ関係を用いた非弾性座屈理論等により精度良く予測できると言える。

②一定荷重下漸増温度実験の結果

実験は4種類の細長比 ($\lambda'=0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) に対して4種類の軸力比 (約0.1~0.5) を設定し、合計16体を行った。

図-4は、得られた座屈崩壊時の試験体温度 T_{cr} をすべて座屈曲線上の実験条件の点に記入したものである。すなわち、試験体の軸荷重の常温時軸力比 P/P_{yRT} を縦座標値、細長比 λ' を横座標値とする□印の点に、実験で得られた座屈温度 T_{cr} を数字で示してある。また、実線は①の実験値を直線で結んだものである。

さらに、図-6は図-4の座屈温度 T_{cr} を補間補外して等温線を求め、座屈曲線の形で表わしたものである。ただし、この時、図-5に示すような実験②における柱試験体温度の材軸方向の不均一分布を考慮した。

今回、このようにして $T=650, 700, 750^{\circ}\text{C}$ の場合の完全な等温線が得られた。

図-6によると、細長比が $\lambda'=0.60$ よりも大きな領域では実験②の結果 (太い破線) は実験①の結果 (太い実線) よりも小さくなる傾向がみられるが、全体的にみると両者の差は僅かであることが分かる。

文献1~3)でも述べたように、実験②の結果 (太い破線) が実験①の結果 (太い実線) よりも小さくなるのは高温クリープの影響であると考えられるが、今回取り扱った耐火鋼材では、座屈荷重に及ぼす高温クリープ現象の影響は小さいものと考えられる。

4. むすび

建築構造用耐火鋼材NSFR490Aを用いた矩形断面鋼柱小型模型の高温時中心圧縮座屈実験を行い、鋼柱材の座屈挙動に関する実験資料を得るとともに、座屈荷重に及ぼす高温や高温クリープの影響を考察した。

謝辞 本研究の一部は、平成11年度東京工業大学建築物理センター共同研究 (一般共同研究B) の補助を受けた。付記して謝意を表します。

参考文献 1) 岡部猛他: 鋼圧縮材の高温時の座屈強度に関する研究 (その3 矩形断面小型模型の高温座屈実験), 大会梗概集, 1994年, 2) 同題 (その5 SM490鋼柱模型の高温時座屈実験), 大会梗概集, 1998年, 3) 同題 (その6 SA440B鋼柱模型の高温時座屈実験), 大会梗概集, 1999年

*熊本大学工学部環境システム工学科 助教授・工博

**東京工業大学建築物理研究センター 助教授・工博

Assoc. Prof., Department of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.