

強制部材角を受ける鋼柱部材の崩壊温度

正会員 ○岡部 猛*1

同 立川 貴之*2 同 安部 武雄*3

強制部材角、崩壊温度、耐火構造、鋼柱、SN490

1. はじめに

鋼構造建築物の火災区画内部で加熱された鋼梁部材の熱膨張によって起る鋼柱部材の強制部材角が、柱部材の高温時の座屈荷重に及ぼす影響を調べるため、文献1)では一定温度実験を行った。

本研究では、一定荷重下で漸増する温度を受ける鋼柱部材の軸荷重加熱実験を行って、崩壊温度 T_{cr} に及ぼす強制部材角 R の影響を明らかにする。

なお、本実験においても文献1)と同様に、同一の試験装置と柱試験体とを用いて、強制部材角 R を与える場合と与えない場合との実験を両方実施し、両者の結果を直接比較することにより、強制部材角 R の影響を明らかにする。

2. 実験方法及び試験体

文献1)と同じ実験装置ならびに柱試験体(鋼種SN490B、常温時の無次元化有効細長比 $\lambda' = 0.6$)を用いて、図-1に示す制御方法で一定軸荷重漸増温度実験を行った。

本実験は、まず所定の軸荷重 P を柱試験体に加えて一定値に保持し、次に電気炉内部温度 T を2時間で 600°C ($5^{\circ}\text{C}/\text{分}$)の割合で線形に上昇させる。同時に、電気炉内部温度に連動して柱部材の部材角が 500°C で $R=0, 1/50, 1/25$ となるように強制水平変位 Δ を与える。また、電気炉内部温度が 500°C 以上では強制部材角を一定値に保つ。実験は柱部材が軸荷重を支えられなくなり崩壊するまで継続する。

以上の実験装置と試験体 ($\lambda' = 0.6$) を用いて、本研究では、 500°C で3種類の強制部材角 $R=0.0, 1/50, 1/25$ と4種類の一定軸荷重 $n=P/P_{yRT}=0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の組合せで12種類の実験を行った

なお、軸荷重加熱実験に先立ち、電気炉の加熱能力を調べる目的で、電気炉内部の柱試験体中心温度の測定を行った。図-2は柱試験体の平行部を材軸方向に6等分する点の中心温度の分布図である。柱の中心温度は断面の中心位置まで達する直径1mm深さ13mmの小穴に直径1mmのシース型アルメルクロメル熱電対を挿入して測定した。

これより柱試験体の上下端部は温度が上がりにくいことが分かる。これは柱試験体の上下に強制部材角を導入するL形の腕を持った熱容量の大きな圧縮用治具が剛接合していることの影響が大きいと考えられる。従って、試験体の崩壊温度 T_{cr} を問題にする場合は、実際の柱材内部の温

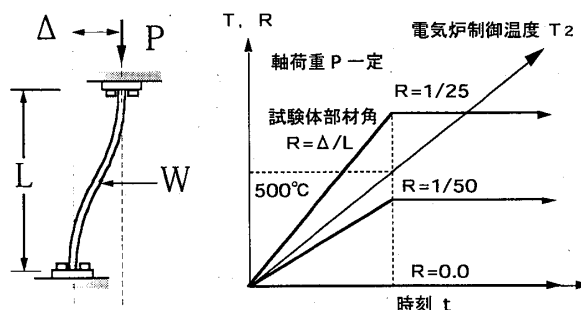


図-1 強制部材角を受ける柱材の漸増温度実験の方法

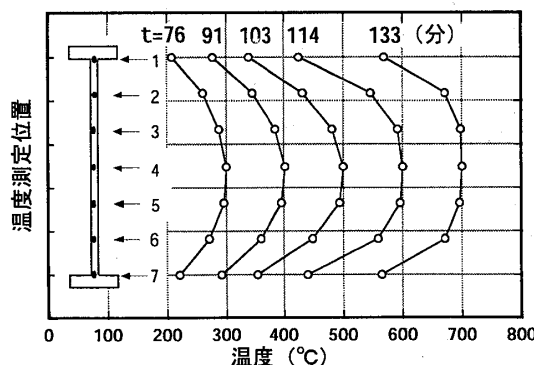


図-2 柱試験体の温度分布

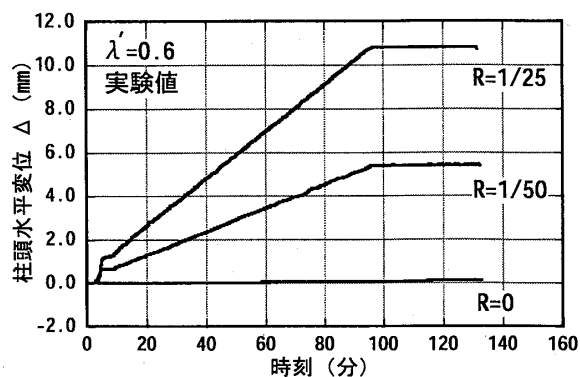


図-3 柱頭水平変位 Δ の時刻歴

度分布は完全に均一ではなく、図-2に示すように不均一であることを考慮に入れる必要がある。本研究では、崩壊時の柱試験体中央部の温度を崩壊温度 T_{cr} としている。

3. 一定荷重漸増温度実験の結果

図-3は柱頭水平変位 Δ の時刻歴である。 500°C で3種類の強制部材角 $R=0.0, 1/50, 1/25$ となるように制御されていることが分かる。

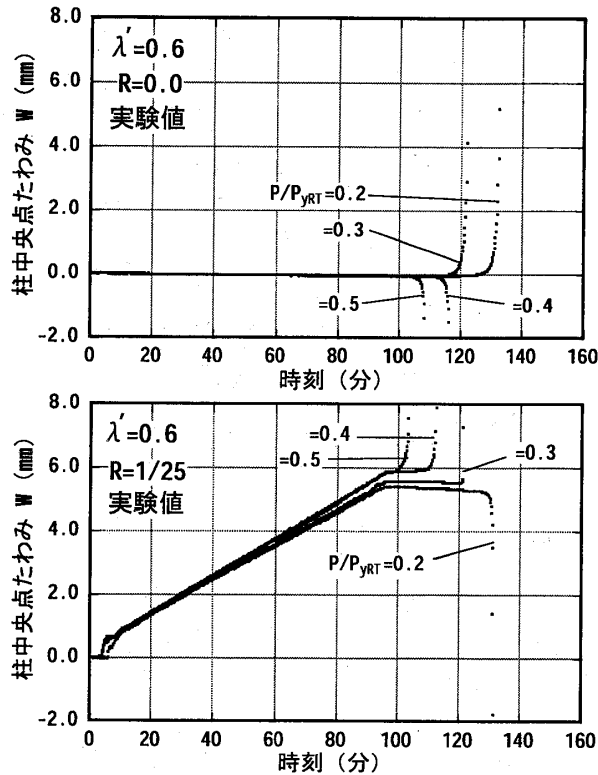


図-4 柱中央の水平変位Wの時刻歴(R=0, 1/25の場合)

図-4は、炉内温度500℃で柱試験体強制部材角がR=0.0, 1/25の場合の柱中央点の水平変位(たわみ量)Wの時刻歴である。図より軸力比が大きい程、早期に崩壊すること、強制部材角Rによる崩壊時期に相違は殆どないこと等が分かる。また、強制部材角R=1/25が加わっている実験(図-4下図)でも崩壊直前にたわみWが急増していることより、崩壊時には上下逆対称形の基本的な変形挙動からの分岐(座屈)が起っているものと考えられる。

図-5は500℃での強制部材角がR=0.0, 1/25の場合の実験後の残留変形図の状態を示している。強制部材角がR=0.0の場合には上下対称形の残留変形を、強制部材角がR=1/25の場合には、曲げせん断変形である上下逆対称形変形に上下対称形の分岐変形が合成された残留変形を示しており、崩壊時に上下対称形の分岐変形が起ったことが分かる。

図-6は本実験で得られた崩壊温度 T_{cr} と500℃での強制部材角Rとの関係を□印で表している。また、図中の実線と破線は文献2)でも示した一次元有限要素法による計算値であり、それぞれ実線は高温クリープひずみを考慮した解析結果($\epsilon_c \neq 0$)であり、破線は無視した計算結果($\epsilon_c = 0$)である。

これより、強制部材角の影響により崩壊温度が若干低下

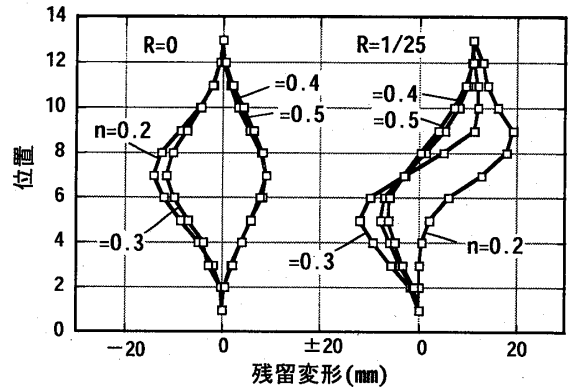


図-5 実験後の残留変形図(R=0, 1/25の場合)

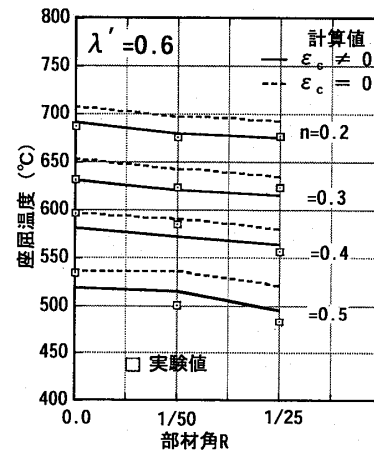


図-6 崩壊温度と強制部材角の関係

することが分かる。すなわち、軸力比が0.2の場合で10℃程度、軸力比が0.5の場合で50℃程度低下し、軸力比が大きくなるほど強制部材角による崩壊温度の低下大きくなる傾向があることが分かる。

計算値は実験値と良く対応しており、特に高温クリープを考慮した解析(実線)は実験値とほぼ同じ値を与えることが分かる。変形挙動に関しては図を示してはいないが、高温クリープを考慮した計算結果は実験結果とほぼ対応する結果を与える。

4. まとめ

有効細長比 $\lambda' = 0.6$ の場合のみであるが、一定荷重下で漸増する温度を受ける鋼柱部材の荷重加熱実験を行い、崩壊温度 T_{cr} に及ぼす強制部材角Rの影響を明らかにした。同時に一次元有限要素法による計算で実験挙動を良い精度でシミュレートすることができることを示した。

参考文献

- 1) 岡部猛、安部武雄、立川貴之：強制部材角を受ける鋼柱の高温時の座屈荷重、構造工学論文集、Vol. 49B, 2003, pp. 375-382.
- 2) 岡部猛、茶園教、安部武雄：鋼圧縮材の高温時の座屈強度に関する研究(その8 その9)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001年

*1 熊本大学工学部環境システム工学科 助教授・工博
 *2 熊本大学自然科学研究科 修士課程
 *3 東京工業大学建築物理研究センター 助教授・工博

*1 Assoc. Prof., Department of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.
 *2 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology
 *3 Assoc. Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.