

I-32

ねじりと2軸曲げを受ける部材の挙動について

日本工営 正 員○我妻 康弘
 東北大学 正 員 倉西 茂
 東北大学 正 員 岩熊 哲夫

1. まえがき

骨組構造部材は面内荷重を受ける場合、面内曲げで崩壊するか、または、面外の横倒れ座屈で崩壊する。一方、荷重もしくは骨組が3次元的である場合、部材は2軸曲げとねじり作用を受けて3次元のモードで崩壊する。

今日まで、骨組構造の解析について多くの論文が発表されており、平面骨組のはり一柱の設計に関してはすでに確立した手法がある。また2軸曲げを受ける両端ピンの独立したはり一柱に対してもSandas adapornとChen¹⁾等によって研究がなされている。しかし、実際の構造物の柱は他の部材と結合されており2軸曲げに加えてねじりモーメントをも受ける。そこで、ねじりモーメントと2軸曲げが作用するときの、はり一柱の終局強度特性を明らかにしたので報告する。

2. 解析手法

立体骨組極限強度の解析方法は、変位法に基づく有限要素法を用いた立体骨組弾塑性有限要素解析によっている。立体骨組要素として、それを考慮した1節点7自由度の要素を用いている。また、塑性域においてはvon Misesの降伏条件および応力-ひずみ増分関係はPrandtl-Reussの関係式を用いており、材料は完全弾塑性体とした。

3. 解析モデル

解析モデルと断面形状を、図1に示す。なお、初期不整は考慮していない。強軸回りの細長比(以下単に細長比と言う)が、20と60の部材を用いた。断面方向の分割は、St.Venantのせん断応力を考えるため板厚方向に8分割した。また、フランジ幅方向に10分割、ウェブ高さ方向に20分割した。部材の長さ方向の分割は、8要素とした。境界条件は、単純支持を前提としているが、解析上一端はねじり角を固定とし他端はねじり角を自由としている。

4. 解析結果

(1) 荷重-変位関係

図2に細長比が20と60の場合の荷重-変位関係を示す。終局状態に達した時の変位を比較してみると細長比細長比が60の場合にかなり大きな変位が生じているのがわかる。

(2) 細長比が小さい領域におけるねじりモーメントの影響

図3に細長比が20で軸力と全塑性軸力の比(以下降伏軸力比と言う)が0.0から0.4の場合にねじりモーメントと全塑性ねじりモーメントの比(以下降伏ねじりモーメント比と言う)を0.0から0.8まで変化させたときの相関曲線を示す。これらは強軸回りの曲げモーメントが主な領域と弱軸回りの曲げモーメントが主な領域に分けられる。そこで、強軸回りの曲げモーメントが主な領域では、ねじりモーメントの影響をかなり受けることがわかった。一方、弱軸回りの曲げモーメントが主な領域では、降伏ねじりモーメント比が0.0から0.4までは比例的に終局強度は低下する。しかし、降伏ねじりモーメント比が0.6を越えると急激な終局強度の低下を示す。

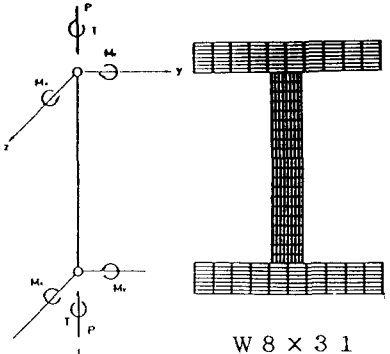


図1 解析モデルと断面形状

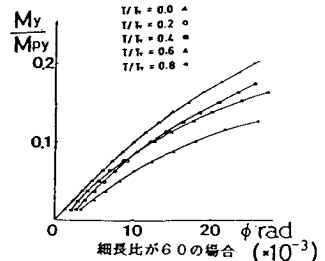
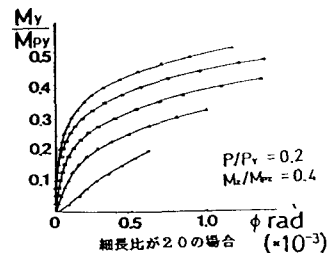


図2 荷重-変位関係

(3) 細長比が大きい領域におけるねじりモーメントの影響

図4に細長比が60で降伏軸力比0.0から0.4の場合に降伏ねじりモーメント比を0.0から0.6まで変化させたときの相関曲線を示す。これより、細長比が大きい領域でも強軸回りの曲げモーメントが主な領域と弱軸回りの曲げモーメントが主な領域に分けられることがわかった。また各領域における傾向も細長比にかかわらない。

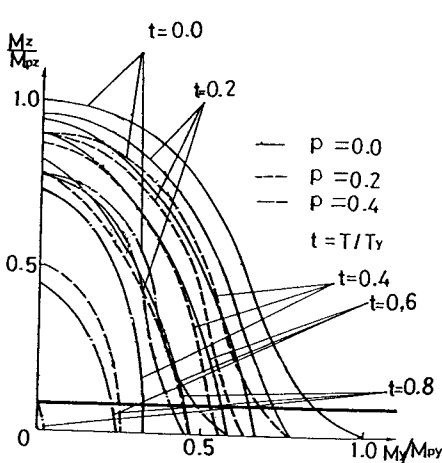


図3 2軸曲げの相関曲線
（細長比が20の場合）

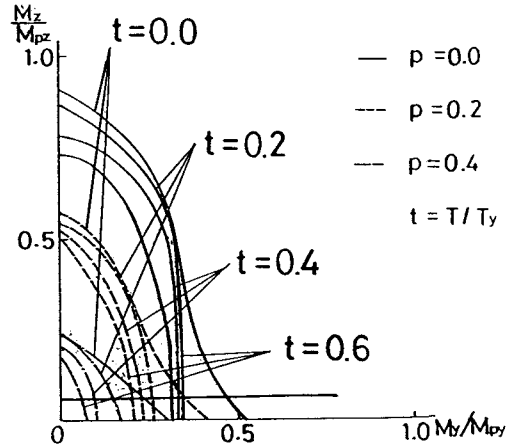


図4 2軸曲げの相関曲線
（細長比が60の場合）

(4) 中央断面における終局状態時の塑性域の広がり

図5に降伏ねじりモーメント比が0.4の場合の塑性域の広がり方を示している。細長比が20の場合は、終局時における塑性域の広がり方は、上フランジの半分並びにウェブと下フランジの一部が塑性化して終局状態に達している。これは、終局時に2軸曲げの影響がかなり大きいことを示している。細長比が60の場合は、終局時における塑性域の広がり方は、上フランジの1/3と上フランジの最外縁の一部の要素また下フランジの両端の一部が塑性化している。これは、終局時にねじりモーメントの影響がかなり大きいことを示している。

5. まとめ

細長比が小さい領域では、変位がかなり小さい状態で終局状態になっている。しかし、細長比が大きい領域では終局状態まで大きな変位が生じ得る。また、終局強度に対するねじりモーメントの影響は、強軸回りの曲げモーメントが主な領域では細長比の大小にかかわらず、ねじりモーメントの影響がかなり大きい。一方弱軸回りの曲げモーメントが大きい領域において、細長比が小さい領域では、降伏ねじりモーメント比が0.4以下また細長比が大きい領域では降伏ねじりモーメント比が0.6以下で、降伏ねじりモーメントに比例する形で終局強度が低下する。

参考文献 Sandasadaporn, S and Chen, W.F.: Analysis of Biaxially Loaded H-columns
Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 99, No. ST3, March, 1973, pp491-509

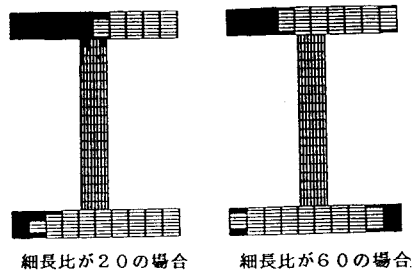


図5 降伏ねじりモーメント比0.4の場合の塑性領域