

I - 25

はりとの接合部の剛結・半剛結の区分に関する一考察

岐阜工業高等専門学校 正会員 宮下 敏
名古屋工業大学 正会員 後藤 芳順
名古屋工業大学 正会員 松浦 聖

1. まえがき

通常の骨組の解析では、はりとの接合部は剛結かあるいはピン結合といった非常に理想化したモデル化が行われる。しかしながら、現実にはどのような接合部を剛結あるいはピン結合と見なすかという厳密な区分法については、接合部と骨組の構成部材相互の複雑な挙動特性を考慮しなければならず、必ずしも十分には明らかにされていない。このため、接合部を剛結とする場合には、一般に過剰に補剛される傾向にある。近年、欧米で接合部の力学特性を反映した骨組の設計法を確立する動きの中で、骨組全体の挙動を考慮したより合理的な接合部の区分を行うための研究も行われ、その成果として具体的な区分法がEurocode3(EC3)においても示されている¹⁾。すなわち、EC3では剛結と見なせる接合部の下限が図1の様な $M-\phi$ （モーメント-回転角）特性を有するものとして規定されている。この区分は骨組の弾性座屈荷重が剛結の95%以上になる弾性剛性を持ち、接合部最大モーメントがはりの曲げ強度（全塑性モーメント）以上になることを原則に $M-\phi$ 関係における非線形性を考慮して決定されたものである。しかしながら、EC3の接合部の区分は、基本的には接合部

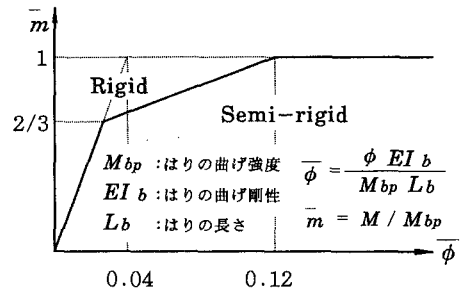


図1 Eurocode3による分類 -Unbraced-

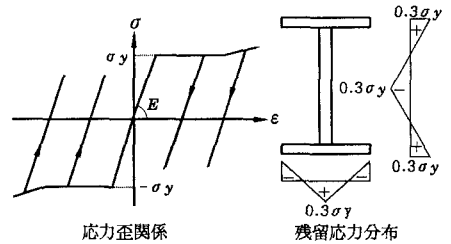


図2 ECCSモデル

ならびに骨組部材が線形弾性挙動を示すことを仮定して決められたものであり、実際には弾塑性挙動を示す骨組に対して妥当なものであるかという点については明らかでない。ここでは、より実状に近い接合部の非弾性挙動と骨組の弾塑性有限変位挙動とを厳密に考慮することでEC3の分類について考察を加える。

2. 骨組の弾塑性有限変位解析²⁾

鋼材の応力・ひずみ関係及び残留応力分布は図2のようなECCSが提案しているものを採用し³⁾、部材の塑性領域の広がりにはPlastic-zone-theoryをもとに考慮する。骨組の幾何学的非線形解析は、要素分割長無限小で厳密なはりの有限ひずみ・有限変位の理論に収束する剛体変位除去の手法を適用する。

3. 接合部挙動のモデル化

接合部の挙動を表すモデルとしては、図3に示されるようなRichard-Abbott関数⁴⁾によるモデルを用いる。このモデルは2次勾配 K_b を零とした場合式(1)で示されるように限界曲げモーメント M_0 、初期勾配 K_i 、性状係数 n の3つのパラメータで決まる3要素パワーモデルとなる⁵⁾。

$$M = K_i \{1 + (K_b / M_0)^n \phi^n\}^{-1/n} \phi \quad (1)$$

4. 接合部の特性が座屈挙動に与える影響

図4に示す柱上に集中荷重が作用する門型骨組を対象に、図1のEC3の剛結・半剛結の境界線をもとに図5に示すような6種類の $M-\phi$ 関係を設定

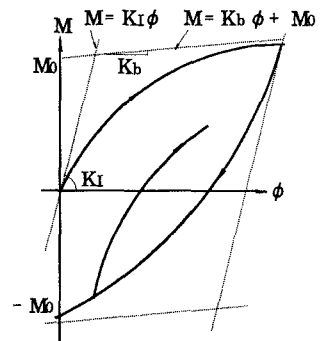


図3 接合部の $M-\phi$ 曲線

して解析を行った。すなわち、まず図1の境界線全てに接する様なRichard-Abbott関数による $M-\phi$ 曲線(a)を求め、これを基準曲線とした。次に K_1, M_0 は結合部(a)と同じ大きさに固定し、性状係数 n の大きさが結合部(a)の5割, 4割, 3割, 2割, 1割である5種類の接合部(以後これらを接合部b, c, d, e, fとする。)を設定した。さらに比較のため、これら6種類の接合部の他に接合部を剛結及びピン結合とした場合についても解析した。図4の骨組においては、幾何学的不整のない完全系と、ECCSの不整³⁾を考慮した不整系の2種類を解析した。解析結果として、図6には完全系の分岐挙動を、また図7には不整系の屈服挙動を、荷重と柱頂水平変位の関係として描いている。図6、7より、図5の(d)曲線よりも上にある $M-\phi$ 関係を接合部が持つ場合、その骨組の耐荷力を含めた挙動特性は剛結骨組の挙動と比べ5%以内の差である。EC3の区分では接合部の挙動を考慮した骨組の耐荷力が剛結骨組の95%以上である場合、その接合部は剛結と見なすため、この基準によれば(d)曲線より上にある場合は少なくとも剛結と区分されよう。図4からわかるように、この(d)曲線はEC3の提案曲線を大きく下まわっており、今回の解析モデルを対象とした検討ではEC3の区分はかなり安全側と言える。

5. まとめ

EC3の基準により、剛結と定義される接合部の $M-\phi$ 関係について考察を行った。今回の簡単な解析モデル1例の結果からは必ずしも断定できないが、弾性座屈解析に基づくEC3の接合部の分類は、弾塑性挙動を示す実際の骨組を対象とした場合、かなり安全側の可能性があり、今後さらに検討の余地があると考えられる。

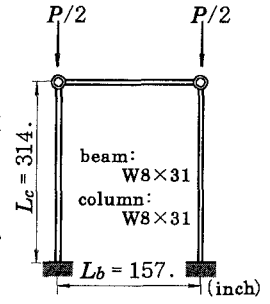


図4 解析対象

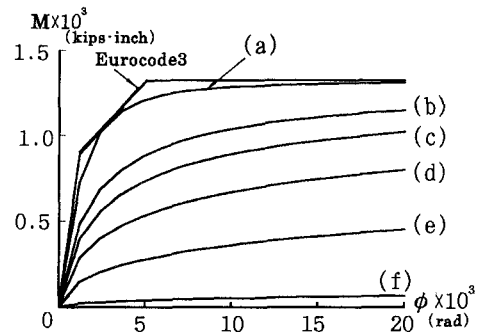


図5 M-φ 曲線

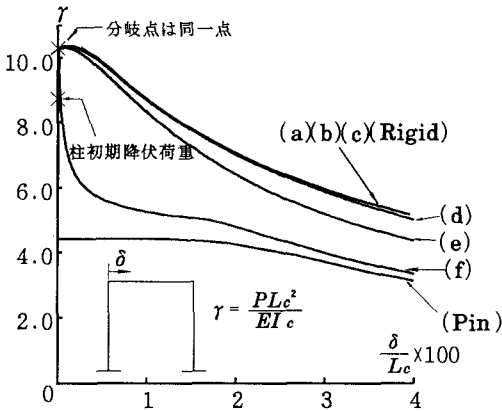


図6 完全系の分岐挙動

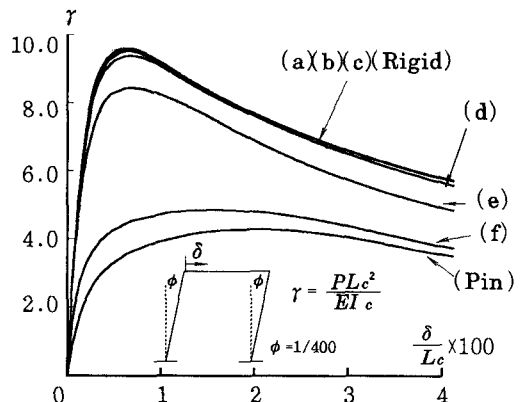


図7 不整系の屈服挙動

【参考文献】

- 1) Eurocode3 Design of Steel Structures Part.1, Vol.1.19902)宮下他:第47回土木学会年次学術講演会概要集, pp366-367, 1993. 3) ECCS: Ultimate Limit State Calculation of Sway Frames with Rigid Joints 1 984. 4) R. M. Richard and B. J. Abbott : J. Eng. Mech. Proc. ASCE, Vol. 101, No. EM4, 1975. 5) Kishi, N. and Chen, W. F. : J. Struct. Div., ASCE, 116(ST7), pp1813-1834, 1990