

I-11

部分構造モデルを用いたはり・柱接合部の剛結条件の設定

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 芳顕

1. はじめに

通常の骨組の解析においてははり・柱の接合部は剛結、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。その際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具体的な区分法については、接合部の挙動が骨組の耐力力や変位量などに与える影響を明らかにしたうえで設定される必要がある。こうした観点から、著者らは幾何学的非線形および材料非線形を厳密に考慮した上で平面骨組の耐力力解析を行い、骨組の耐力力および骨組に生じる変位量をもとに接合部の分類を試みた。その結果、接合部の挙動が骨組の耐力力に与える影響は小さく、弾性座屈解析の結果をもとにして設定された従来の分類法（Eurocode3の分類²⁾等）よりもかなり低めに設定できることが明らかとなった。しかしながら、接合部の初期剛性が、使用状態の荷重が骨組に転載されたときに発生する変位量に与える影響は大きく、剛結条件の設定には骨組の耐力力のみならず変位量も考慮する必要があることも明らかとなった。これらの結果を踏まえ本研究では、使用状態において骨組に生ずる変位量および骨組の耐力力が反映されたより合理的な接合部の剛結条件の設定を試みる。

2. 剛結条件の設定方法

剛結条件を設定するにあたって、接合部の M （モーメント）- θ r （回転角）関係を設定する必要があるが、ここでは式(1)及び図-1で表される3 parameter power model³⁾を用いる。

$$m = \theta / (1 + \theta^n)^{1/n} \quad (1)$$

ここで、 $m = M / M_u$ 、 $\theta = \theta_r / \theta_0$ 、 $\theta_0 = M_u / K_I$ 、 M_u ：接合部の終局モーメント、 K_I ：接合部の初期剛性、 n ：形状パラメータである。式(1)からわかるようにパラメータ n および M_u, K_I を定めれば曲線は定義される。さらに文献³⁾では数種類の接合部の形状に対し、実験結果を統計的に処理した上で n を $\theta_0 (= M_u / K_I)$ の関数で表している。本研究で対象とする接合部の形状を Top-and seat angle with double web angle とすれば n は下式で表される。

$$n = \begin{cases} 1.398 \log_{10} \theta_0 + 4.631 & \log_{10} \theta_0 > -2.721 \\ 0.827 & \log_{10} \theta_0 \leq -2.721 \end{cases} \quad (2)$$

式(2)を用いると式(1)における独立なパラメータは M_u, K_I の2つになる。

a) 初期剛性 K_I ：文献¹⁾より初期剛性 K_I の値は使用状態において骨組に発生する変位量に大きな影響を与えることが明らかになっている。このことを踏まえ K_I は以下のように設定する。使用状態で考えるため接合部剛性ならびに部材剛性は線形弾性とし、変位は微小変位理論によって求める。ここで接合部が剛結の場合に発生する変位量を δ_R 、半剛結の場合に発生する変位量を δ_S とし、式(3)の条件を満たす最小の K_I を剛結条件を表す $M-\theta$ 曲線の初期剛性とする。

$$(\delta_S - \delta_R) / \delta_R \leq 0.05 \quad (3)$$

b) 終局モーメント M_u ：終局限界状態を想定し、はりの全塑性モーメント M_{pb} と接合部の終局モーメント M_u の比 $\beta (= M_u / M_{pb})$ を数種類設定し骨組の耐力力解析を行う。その結果に対し式(4)で定義される値 r を用いて剛結条件を検討する。

$$r = \sqrt{\left\{ (P_{ur} - P_{us}) / P_{ur} \right\}^2 + \left\{ (u_s - u_r) / u_r \right\}^2} \quad (4)$$

ここで P_{ur}, u_r ：接合部剛結の場合の耐力力および変位、 P_{us}, u_s ：接合部半剛結の場合の耐力力および変位である。 r の値の上限を設定することにより剛結条件を設定することができる。従来は式(4)の中の2つの $\{ \}$ 内の値に対しそれぞれ $\left\{ (P_{ur} - P_{us}) / P_{ur} \right\} \leq 0.05$ （耐力力に対する条件¹⁾²⁾あるいは $\left\{ (u_s - u_r) / u_r \right\} \leq 0.05$ （変

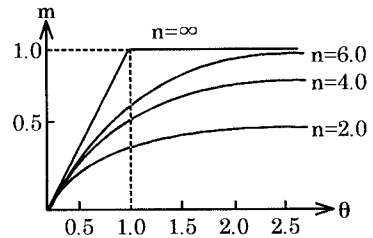


図-1 接合部の挙動

位に対する条件¹⁾）としてきたが、これを踏まえて r の上限値は

$$r \leq 0.05\sqrt{2} = 0.07 \quad (5)$$

とする。この条件を満足する $\beta = M_u/M_{pb}$ を剛結条件を表す $M-\theta$ 曲線の終局モーメントとする。

3. 解析対象物

a), b) の検討を行うためには具体的に構造物を設定する必要があるが、より汎用性を持たせるために図-2(a)に示すようなalignment chart算定に用いられた部分構造モデルを考える。ここで同図中に示すようにこのモデルをA～Fの6つの部分に分け、モーメント等の境界条件を考慮した上で一つの構造物に置きかえる。例として図-2(a)中のDの部分に対して置き換えた構造物を図-2(b)に示す。荷重条件はa)に対する検討の場合上部の柱の柱頭部に水平荷重を、またb)の場合は柱接合部に鉛直荷重を载荷した。こうして置き換えられた個々の部分構造に対して解析を行い剛結条件について検討した。なお耐荷力解析での初期不整はECCSの規定に従って設定した。

4. 解析結果

a) **初期剛性 K_I** ; AからFの部分構造に対し式(3)の条件を満たす初期剛性 K_I を求めた。その結果AからF全ての部分構造に対し $K_I = 50EI_b/L_b$ という初期剛性が得られた。

b) **終局モーメント M_u** ; 弾塑性解析を行うにあたって以下の条件を設けた。

1) 構造物の支配パラメータは、はりと柱の剛比 $G = (I_b/L_b)/(I_c/L_c)$ と細長比パラメータ

$\lambda = 1/\pi \sqrt{\sigma_y/E} \cdot (L_c/r)$ (L_c ; 柱長 γ ; 柱の回転半径) とする。2) はりと柱の剛比 G を0.7, 1.4, 2.1の3種類設定する。3) 各剛比 G に対して細長比パラメータ λ を3種類 ($\lambda = 0.2, 0.6, 1.0$) 設定する。これらの条件下で数種類の β の値を設定し式(5)の条件を満たす β の値を求めた。表-1に部分構造Dの結果を示す。

c) **剛結条件の設定** ; a), b) で求められた初期剛性及び終局モーメントをもとに剛結条件を表す境界線を求めた。部分構造Dに対する境界線を図-3に示す。各境界線上には骨組が最大耐力を発揮した際の接合部の状態が×印で示されている。これを接合部に要求される変形能とすれば、 β が小さいほど必要変形能は大きくなる事がわかる。図には比較のためEC3の境界線も示してある。この図から明らかなようにいずれの G, λ の組み合わせにおいてもEC3の境界線よりは低めの設定となっている。また、 λ が小さくなるほど、すなわち柱の塑性化が進展し柱の剛性が低下しているものほど設定は低くなる。一方剛比 G が大きいほど設定は低くなっているがその差は小さく、骨組の耐荷力に剛比 G が与える影響は小さいことがわかる。なお $\lambda = 1.0$ において β の値が1.0を越えており、これは接合部の終局モーメントがはりの全塑性モーメントを上回っていることになり不合理であるが、骨組が最大耐力を発揮した際の接合部のモーメントが終局モーメントに達していないので今回はこのままとした。

【参考文献】1) 宮下敏、後藤芳朗；構造工学論文集Vol.41A, 1995, 3 2) Eurocode No.3 ; Design of steel structures, 1990 3) Kishi, N. and Chen, W.F.; Engineering J. 3quarter, AISC, 1993

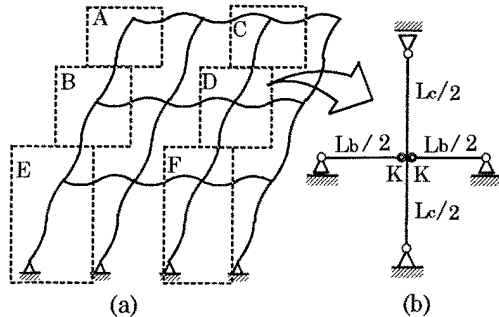


図-2 部分構造モデル（横移動骨組）

表-1 剛結条件を満たすために必要な β の値

$G \backslash \lambda$	0.2	0.6	1.0
0.7	0.90	1.00	1.20
1.4	0.88	0.97	1.13
2.1	0.88	0.95	1.12

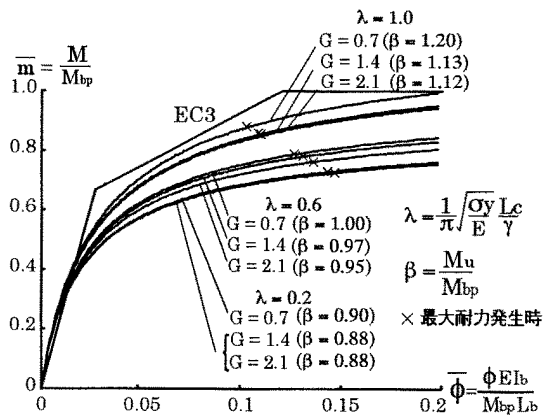


図-3 部分構造モデルによる剛結の境界線