

接合部データベースを用いた半剛結鋼骨組の簡易断面力算定法の妥当性検討

北海道電力 正員 当麻 誠司 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
室蘭工業大学 正員 小室 雅人 室蘭工業大学 正員 矢吹 信喜

1. はじめに

鋼骨組構造物の限界状態設計法では，終局耐力算定時に幾何学的非線形を考慮することが要求される．また，半剛結鋼骨組の場合にはその接合部の非線形剛性も考慮する必要がある．著者等は既往の研究でこれらの非線形項を考慮した弾性一次解析に基づいた簡易断面力算定法を提案し，その適用性を検討してきた．しかしながら，これまでの検討は任意に設定した $M-q_r$ 曲線を接合部に適用した場合についてのみ行われており，実接合部の $M-q_r$ 曲線を適用した場合の検討は行われていない．このような観点から本論文では，接合部データベースに収録されている 396 個の実験データを接合部に適用した場合の数値解析を行い，弾性二次解析結果と比較することにより，本算定法の妥当性を検討した．

2. 簡易断面力算定法

2.1. B_2 法

剛結接合骨組の簡易解析手法である B_1/B_2 法は重ね合わせの原理を用いて幾何学的非線形 ($P-d$, $P-D$ 効果) を考慮するものである．著者等が提案する B_2 法はこの B_1/B_2 法を基本とし，半剛結接合骨組に適用可能な形に修正したものである．具体的には 1) 半剛結鋼骨組では重ね合わせの原理が成立しない，2) 風荷重を集中荷重に置換して節点に作用させる通常の解析では $P-d$ 効果に関する B_1 係数が 1 となる，3) 設計的に安全側の評価が可能である，などを考慮し与えられた風荷重作用下の半剛結接合骨組に直接弾性一次解析を行い，これに B_2 係数を乗じて断面力を算定する手法としている．幾何学的非線形を考慮した断面力 M_{uc} は次式によって与えられる．

$$M_{uc} = B_2 M_{fe} \quad , \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_{ek}}} \quad (1), (2)$$

ここで， M_{fe} ：弾性一次解析による柱端曲げモーメント値， $\sum P_u$ ：着目する層の全柱に作用する軸力の総和， $\sum P_{ek}$ ：着目する柱のオイラー座屈荷重の総和 ($P_{ek} = p^2 EI / (Kh)^2$)， h ：着目する層の高さ， K ：有効座屈長係数である．

2.2. beam-line 法

本論文で対象とする半剛結鋼骨組は接合部に非線形な剛性特性を有している．この非線形項を考慮した構造解析手法を実設計に取り入れることは現時点では困難であるため，ここでは beam-line 法を用いて接合部の非線形剛性特性を線形剛性特性に置換することとした．これは，図 - 1 に示すような両端半剛結接合の梁材に等分布荷重 w が作用した場合の材端モーメント M と材端回転角 q_r の間に次式のような線形関係が成立することを利用したものである．

$$M = M_F \left(1 - \frac{q_r}{q_b}\right) \quad (3)$$

M_F ：両端固定梁の材端曲げモーメント ($= wL^2/12$)

q_b ：両端ピン支持梁の材端回転角 ($= wL^3/24EI$)

図 - 2 に示すように上式による beam-line と $M-q_r$ 曲線との交点 A と原点を結んだ直線の傾きが割線剛性 R_{ks} ，点 A における接線の傾きが接線剛性 R_{kt} となる．ここではこのようにして得られた 2 種類の換算剛性 R_{ks} および R_{kt} を用いて接合部剛性を線形剛性に置換し，それぞれ弾性一次解析および K 値の算定に用いることとした．

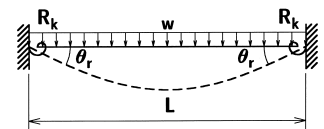


図 - 1 梁材のモデル化

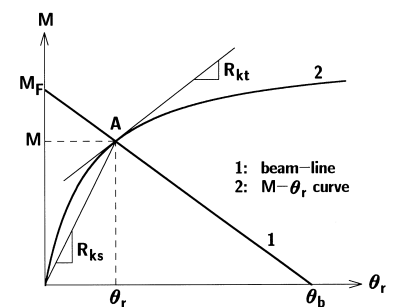


図 - 2 $M-q_r$ 曲線と beam-line

キーワード：半剛結鋼骨組，柱端モーメント， B_2 法，beam-line 法，接合部データベース

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5228 FAX 0143-46-5227

3. 接合部データベース

著者等は半剛結接合部の非線形剛性特性に関する実験データを過去の論文等から収集し、接合部に関するデータベースを構築している。現在、データベース内には 396 個の実験データが収録されている。

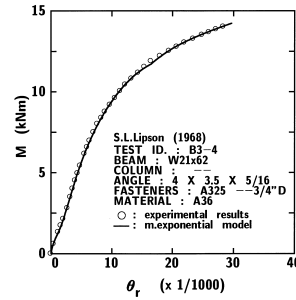
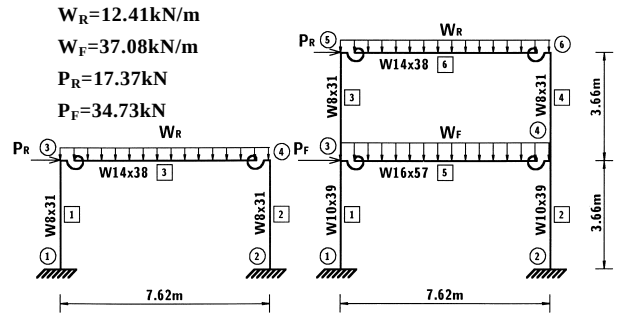


図 - 3 解析に用いた $M-q_r$ 曲線の一例

なお、実験データは離散量であるため、ここでは修正 exponential モデルを用いて各実験データを連続量として取り扱うこととした。図 - 3 に解析に用いた実験データの一例を示す。

4. 数値解析結果および考察

図 - 4 に数値解析に用いた一層一径間および二層一径間骨組を示す。また、図中には載荷荷重も併せて示している。



(a) 一層一径間骨組 (b) 二層一径間骨組

図 - 4 解析に用いた骨組

提案する簡易断面力算定法の適用性は、次式に示す無次元量 m^* を用いて比較検討している。

$$m^* = \frac{\text{本算定法より得られた断面力}}{\text{弾性二次解析による断面力 (厳密解)}} \quad (4)$$

従って、 m^* が 1.0 に近いほど本算定法は適切な評価を与え、 $m^* > 1.0$ および $m^* < 1.0$ の場合には、それぞれ設計的に安全側および危険側の値を与えることを意味する。また、本論文では断面力の大きい風下側の柱に着目して結果を整理することとした。なお、本数値解析では、実験データのうち、1) 非現実的な変形量を与える場合、2) beam-line 法より得られる接線剛性 R_{kt} が負の場合に関しては考察の対象から除外している。

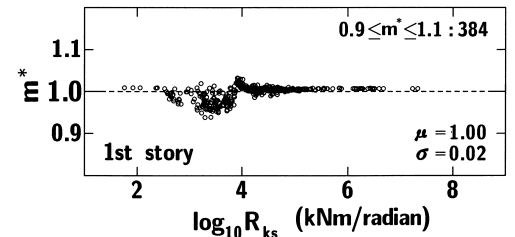
図 - 5 に各骨組の解析結果を示す。図は割線剛性 R_{ks} の常用対数を横軸に、 m^* を縦軸に取っている。図の右下には平均値 μ および標準偏差 σ を、右上には $0.9 \leq m^* \leq 1.1$ の範囲内のデータ数を示している。また、 $m^* \geq 1.2$ となるデータがある場合にはその数も併せて示している。

まず、(a) 図の一層一径間骨組の結果について検討を行う。比較的接合部剛性の低い $\log_{10} R_{ks}$ が 3 ~ 4 の場合において、 m^* は若干危険側の値を示しているものの、大略 1.0 の近傍に分布していることがわかる。また、最大誤差も 6% 程度であることより、10% 程度の割増しを考慮することにより工学的に適切な値を得ることができる。

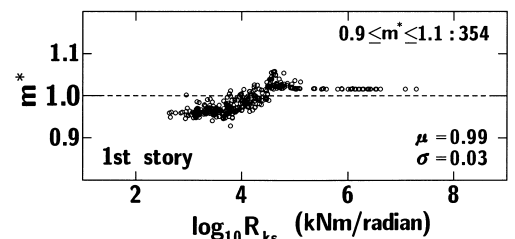
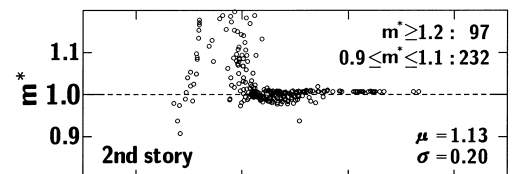
次に (b) 図の二層一径間骨組の結果について検討する。一層目の柱では、一層一径間骨組同様、剛性の低い場合に若干危険側に分布しているものの、最大誤差は危険側に 7% 程度である。従って、この場合も 10% 程度の割増しを考慮することにより、良好な値を与えるものと判断される。一方、二層目の柱では $\log_{10} R_{ks}$ が 3 ~ 4 の場合に誤差を大きく示す傾向にあり、全データの約 27% が $m^* \geq 1.2$ となっている。しかしながら、これらの値は設計的に安全側の評価を与えている。また、その他の場合に関しても概ね 1.0 近傍に分布していることより、工学的に妥当な結果を与えているものと考えられる。

5. まとめ

検討結果、本算定法は、1) 接合部剛性が小さい場合に誤差が大きくなるものの、断面力は大略設計的に安全側の評価となっていること、2) その他に関しても誤差は 10% 以内にあることより、10% 程度の割増しを考慮することにより工学的に適切な値を算定することができるものと考えられる。



(a) 一層一径間骨組



(b) 二層一径間骨組

図 - 5 数値解析結果