

接合部データベースを用いた半剛結鋼骨組の簡易横移動量算定法の妥当性検討

室蘭工業大学 学生員 河崎 拓実 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

著者等はこれまで幾何学的非線形と接合部非線形剛性特性を考慮可能な半剛結鋼骨組の簡易横移動量算定法¹⁾を提案し、種々の検討を行ってきた。しかしながら、それらの検討は骨組接合部に理想化した $M-q_r$ 曲線を適用した場合に対してのみ行われてきた。このような観点より、本研究では接合部データベースに収録されている実験データ ($M-q_r$ 曲線) を接合部に適用した場合における提案手法の妥当性について弾性二次解析結果と比較する形で検討を行った。

2. 簡易横移動量算定法

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適用し骨組を横拘束骨組と横移動骨組に分解して幾何学的非線形 ($P-d$ 効果, $P-D$ 効果) を考慮する手法である。

図 - 1 に横移動骨組において考慮される $P-D$ 効果と B_2 係数の算定法概念図を示す。この手法は、1) 骨組各層は独立した挙動を示す、2) $P-D$ 効果による付加モーメントは層毎に換算した擬似水平荷重によるモーメントと等しいという2つの仮定に基づいている。これより、 $P-D$ 効果を考慮した横移動骨組の層間変形量 Δ_{II} は次式によって求められる。

$$\Delta_{II} = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P \Delta_I}{\Sigma H h}} \Delta_I = B_2 \Delta_I \quad (1)$$

ここで、 Δ_I は弾性一次解析による層間変形量、 ΣH は各層の柱上端部に作用する水平荷重の総和、 ΣP は各層の柱上端部に作用する鉛直荷重の総和、 h は柱長である。上式より、 $P-D$ 効果を考慮した層間変形量 Δ_{II} は弾性一次解析による層間変形量 Δ_I に B_2 係数を乗じることによって算定可能であることがわかる。一方、横拘束骨組において $P-d$ 効果を考慮する係数である B_1 係数は、風荷重等の横拘束荷重を節点荷重に置換して載荷する場合には $B_1=1$ となることが明らかとなっている。

半剛結接合骨組の場合には重ね合わせの原理が適用できないため、 B_1/B_2 法の直接的な適用は不可能である。このため、著者等は $B_1=1$ であることを考慮し、設計的に安全側の評価が可能でかつ簡易であることから、与えられた風荷重を伴う骨組に直接弾性一次解析を行い、この結果に B_2 係数を乗じることによって幾何学的非線形を考慮する手法 (B_2 法) を提案している。

2.2. beam-line 法

半剛結鋼骨組の接合部は一般に非線形な剛性特性を有している。実務設計においてこの非線形特性を考慮した解析を行うことは現状では困難であるため、本研究では beam-line 法を用いて接合部の非線形剛性を線形剛性に置換している。beam-line 法は両端半剛結接合の梁材に等分布荷重 w が作用したときの材端回転角 q_r と材端モーメント M の間に次式で示される線形関係が成立することを利用したものである。

$$M = \frac{wL^2}{12} \left(1 - \frac{q_r}{q_b}\right) \quad (2)$$

q_b : 両端ピン支持梁の材端回転角 ($=wL^3/24EI$)
 L : 部材長

図 - 2 に上式による beam-line と非線形な $M-q_r$ 曲線を示す。本研究ではこれらの交点 A における曲線の接線勾配を接線剛性 R_{kt} とし、これを接合部線形剛性として用いている。

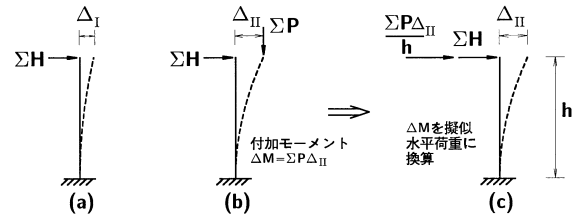


図 - 1 $P-D$ 効果

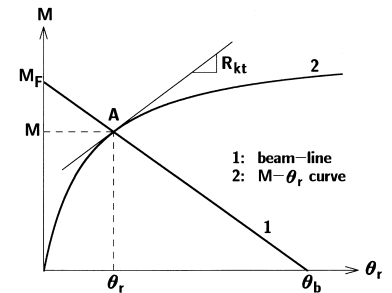


図 - 2 $M-q_r$ 曲線と beam-line

キーワード：半剛結鋼骨組、横移動量、 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. 数値解析仮定

図 - 3 に本解析で使用した一層一径間および二層一径間骨組を示す。また、図中に載荷荷重を示している。各骨組の接合部に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 ($M-q_r$ 曲線) を適用している。なお、実験データは離散量であるため、修正 exponential モデルを用いて連続量に置換している。図 - 4 に解析に用いた $M-q_r$ 曲線の一例を示す。

4. 数値解析結果および考察

本算定手法の妥当性は次式で表される無次元横移動量 d^* を用いて検討している。

$$d^* = \frac{\text{本算定法による横移動量}}{\text{弾性二次解析による横移動量}} \quad (3)$$

すなわち、 d^* が 1.0 近傍であれば本算定手法は適切な値を示し、1.0 を上回れば安全側の値を、下回れば危険側の値を示すことを意味する。なお、本研究では接合部データの特性等により、接線剛性 R_{kt} が負の値を取る場合および非現実的な移動量が生じる場合については考察の対象から除外している。また、解析結果は最も横移動量が大きい風上側節点に着目して整理している。

図 - 5 に解析結果を示す。図は横軸に接線剛性 R_{kt} の常用対数を、縦軸に d^* を取っている。また、図中右下に平均値 μ 、標準偏差 σ を、右上に $0.9 \leq d^* \leq 1.1$ および $d^* \geq 1.2$ となるデータ数を示している。

まず、図 - 5 (a) に示す一層一径間骨組の結果に着目する。図より、接合部剛性が大きい場合において d^* は 1.0 近傍の値を取っており、適切な結果を示していることがわかる。一方、接合部剛性が小さい場合には若干誤差が大きくなり、一部は $d^* \geq 1.2$ となっている。しかしながら、これらの誤差は安全側であり、また、全体の約 80% が $0.9 \leq d^* \leq 1.1$ であることから、本算定手法は大略適切な横移動量が算定可能であるものと考えられる。

次に図 - 5 (b) に示す二層一径間骨組の結果に着目する。図より、一層一径間骨組と比較して接合部剛性が小さい部分での誤差が大きくなっていることがわかる。二層一径間骨組は一層一径間骨組に比べ骨組全体の剛性が低いことから、本算定手法は骨組および接合部の剛性が低い場合に若干誤差が大きくなる傾向を示すことが推察される。しかしながら、これらの誤差は一層一径間骨組の場合と同様安全側となっている。また、一層目では全体の 93%、二層目でも 80% は $d^* \leq 1.2$ であり、極端に大きな値とはなっていない。なお、接合部剛性が大きな部分については、一層一径間骨組と同様に d^* は 1.0 近傍に分布しており、適切な結果を示している。

5. まとめ

本算定手法は骨組および接合部の剛性が低い場合に若干誤差を大きく示す傾向にある。しかしながら、これらの誤差は安全側であり、また、多くの場合の誤差は安全側に 10% 程度である。これより、本算定手法は接合部に実 $M-q_r$ 曲線を適用した場合においても半剛結鋼骨組の横移動量を適切に評価可能と考えられる。

参考文献：1) 小室雅人，岸徳光，矢吹信喜，W.F.Chen；半剛接合骨組の簡易横移動量算定法に関する一提案，日本建築学会，構造工学論文集，vol.46B，pp.683-692，2000.3

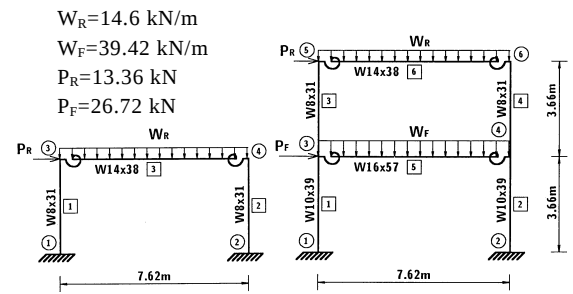


図 - 3 解析に用いた骨組

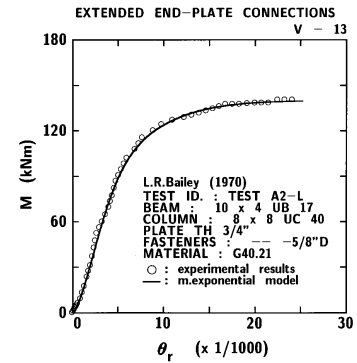
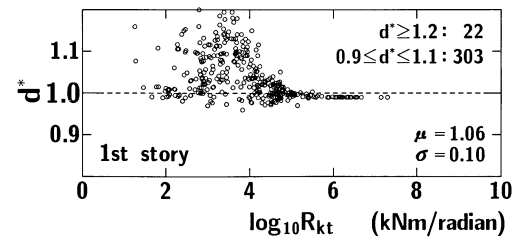
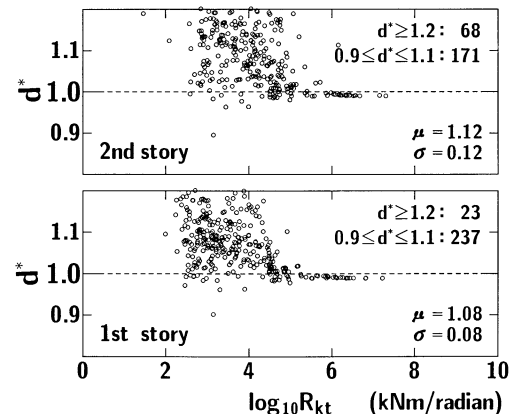


図 - 4 $M-q_r$ 曲線の一例



(a) 一層一径間骨組



(b) 二層一径間骨組

図 - 5 数値解析結果