

半剛結接合と剛結接合を組み合わせた高層多径間鋼骨組の地震応答解析

室蘭工業大学 学 生 員 ○ 佐藤 陽介 室蘭工業大学 正 員 小室 雅人
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光 室蘭工業大学 フェロー 松岡 健一

1. はじめに

本研究では、半剛結接合の高層多径間鋼骨組への適用性の検討を目的として、半剛結接合と剛結接合を併用した8層4径間鋼骨組を対象に弾塑性地震応答解析を行った。ここでは、半剛結接合と剛結接合の組み合わせを3種類に変化させ、かつ、それらの骨組に対して2種類に接合部曲げ耐力を変化させた解析を行っている。なお、解析には動的汎用構造解析プログラムであるLS-DYNAを使用している。

2. 数値解析仮定

図-1には本解析に使用した8層4径間鋼骨組を示している。図中には使用形鋼および載荷荷重、柱番号を示している。本研究では、解析精度を確保するために、柱材を10分割、梁材を16分割し、梁材に作用する死荷重は、等価な集中質量として梁材節点に付加することとした。柱-梁接合部は、曲げモーメントに関する非線形な回転バネのみが存在すると仮定して、三要素パワーモデルを用いてモデル化した。本研究では、非線形な $M-\theta_r$ 曲線を図-2に示すようにEurocode 3で規定される剛結接合と半剛結接合との境界線に漸近するように設定した場合と、その接合部曲げ耐力を1/2とした場合の2種類に変化させている。履歴挙動特性に関しては、図-3に示す単純で比較的履歴挙動特性を表現できるIndependent Hardening Modelを用いることとした。また、梁および柱材の塑性化を考慮するために、鋼材の応力-ひずみ関係には、降伏後の塑性硬化係数 $H' = 0.01E_s$ を考慮したバイリニアモデルを適用した。物性値は弾性係数 $E_s = 206 \text{ GPa}$ 、ポアソン比 $\nu_s = 0.3$ 、単位体積質量 $\rho_s = 7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、降伏応力 $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ と設定した。

本研究では、図-4に示すような半剛結接合と剛結接合を組み合わせた3ケースと全ての接合部を剛結接合とした場合の計4ケースに対して検討を行った。なお、いずれのケースについても半剛結接合部の総数は28である。

図-5には、本解析で使用した入力地震波形であるエルセントロ NS 成分波形を示している。解析は、入力加速度を100～600 gal まで100 gal 毎に正規化した入力地震波形を物体力として骨組要素および集中質量に作用させることにより行っている。なお、解析時間は主要動を含む10秒としている。また、減衰定数 h は最低次固有振動数に対して質量比例型減衰を採用し、 $h = 2\%$ と設定している。

3. 解析結果および考察

図-6には接合部履歴曲線の一例として、入力地震波形を300 gal とする場合のケース1、5層目（図-4参照）における解析結果について、2種類の接合部曲げ耐力を比較して示している。なお、図中の E_a は接合部におけるエネルギー吸収量であり、履歴ループで囲まれる面積で算出される。図より、接合部曲げ耐力の大小によるエネルギー吸

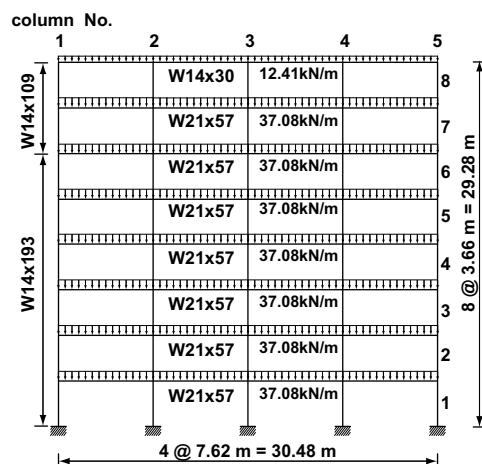


図-1 解析対象骨組

M_{pb} : 梁の全塑性曲げモーメント

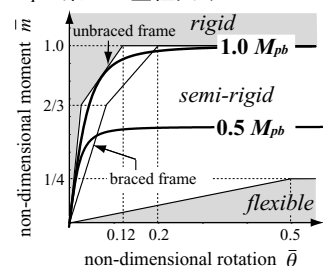
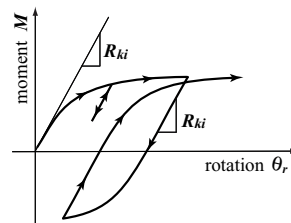
図-2 $M-\theta_r$ 関係

図-3 接合部履歴挙動

○: 図-6の接合部履歴曲線に使用した節点

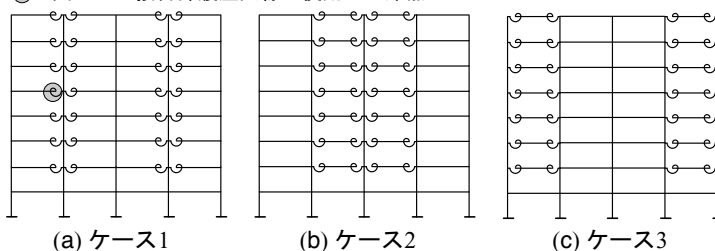


図-4 解析ケース

キーワード: 半剛結接合, 高層多径間鋼骨組, 地震応答解析, 履歴減衰効果

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 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

収量を比較すると、接合部曲げ耐力が小さい場合 ($M_u = 0.5 M_{pb}$) には、接合部の非線形性が大きく反映されるため、接合部曲げ耐力が大きい場合 ($M_u = 1.0 M_{pb}$) と比較してエネルギー吸収量が大きく、接合部の履歴挙動に伴う減衰効果が発揮されていることがわかる。

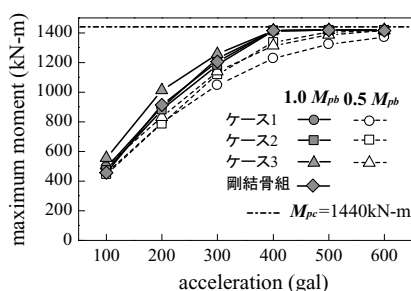
図-7には、基部曲げモーメント波形の一例として入力地震波形を300 gal とする場合のケース1の解析結果を比較して示している。なお、着目点は中央径間の柱基部である。図-7(a)より $M_u = 0.5 M_{pb}$ の場合には、半剛結骨組の応答値は剛結骨組のそれと比較して低減している。一方、 $M_u = 1.0 M_{pb}$ の場合(図-7b)には、半剛結骨組の応答値は剛結骨組のそれと類似していることがわかる。これは、図-6に示したように前者は、接合部の履歴挙動に伴う減衰効果が発揮されているのに対し、後者は、仮定した接合部 $M-\theta_r$ 曲線がEurocode3における剛結接合と半剛結接合との境界線に漸近するように設定したため、接合部の非線形性が十分に反映されず、減衰効果が小さいためと考えられる。

図-8には、各組み合わせケースと剛結骨組の場合における最大応答値と入力加速度振幅の関係を示している。(a)図に示す最大基部曲げモーメントに着目すると、 $M_u = 1.0 M_{pb}$ の場合には、半剛結骨組の応答値は剛結骨組のそれとほぼ同程度の値を示しており、かつ、いずれのケースにおいても入力加速度 $\alpha_i \geq 400$ gal で基部曲げモーメントが全塑性曲げモーメントに達し柱材が塑性化していることがわかる。また、弾性域では、応答値は入力加速度に対してほぼ線形的に増加している。一方、 $M_u = 0.5 M_{pb}$ の場合には、 $M_u = 1.0 M_{pb}$ の場合と比較して応答値が低減しており、接合部の履歴減衰効果が発揮されていることがわかる。また、低減量は特にケース1で大きくなっている。このような傾向は、(b)図に示す最大層せん断力と入力加速度の関係においても同様に示されていることがわかる。これより、半剛結接合を剛結接合と併用する形で高層多径間骨組に用いることによって、断面力値は剛結骨組の場合と比較して低減させることが可能であるものと判断される。

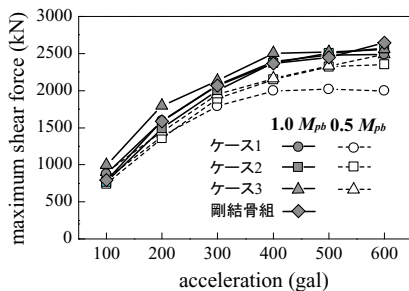
次に、(c)図に示す最大応答変位と入力加速度の関係より、部材が弾性域 ($\alpha_i \leq 300$ gal) における最大応答変位は、組み合わせケースや接合部曲げ耐力にかかわらず、入力加速度に対してほぼ線形的に増加しており、かつ、剛結骨組とほぼ同程度の変形量を示している。しかしながら、 $\alpha_i \geq 400$ gal の弾塑性域では柱材基部の塑性化に伴い変位増大量が大きくなり、組み合わせケース毎に応答値に差異が生じている。

4. まとめ

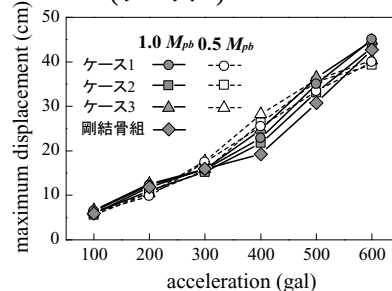
- 1) 半剛結接合の組み合わせケースにかかわらず、接合部曲げ耐力が小さい場合には、接合部の履歴減衰効果により断面力値は剛結骨組と比較して低減する。一方、接合部曲げ耐力が大きい場合には、剛結骨組とほぼ同程度の値を示すことが明らかになった。
- 2) 弾性域における最大応答変位は、組み合わせケースおよび接合部曲げ耐力にかかわらず、剛結骨組の場合とほぼ同程度の値を示す。



(a) 基部曲げモーメント (柱番号3基部)



(b) 層せん断力 (1層目)



(c) 応答変位 (柱番号1上端)

図-8 最大応答値

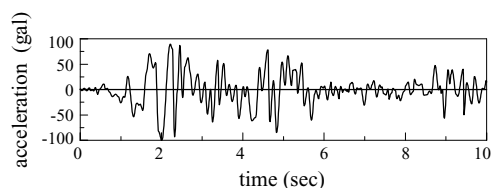


図-5 入力地震波形 ($\alpha_i = 100$ gal)

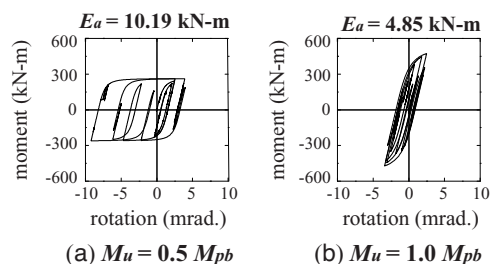
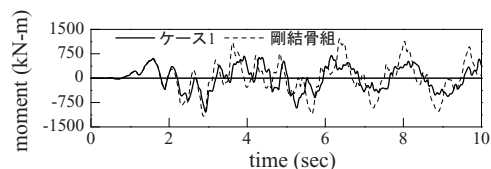
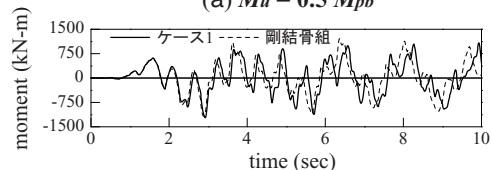


図-6 接合部履歴曲線 (ケース1)



(a) $M_u = 0.5 M_{pb}$



(b) $M_u = 1.0 M_{pb}$

図-7 基部曲げモーメント波形 (ケース1)