

半剛結高層多径間鋼骨組の地震応答特性に関する解析的検討

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径間骨組を対象に弾塑性地震応答解析を行った。ここでは、接合部の剛性特性を2種類に変化させ、卓越振動数の異なる2種類の地震波形を対象に解析を行い、全ての接合部を剛結接合とする場合（以下、剛結骨組）の結果と比較することによって、半剛結接合の高層多径間骨組への適用性について検討を行っている。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、三要素パワーモデルを構成する初期剛性 R_{ki} 、限界曲げ耐力 M_u および形状指数 n をそれぞれ $R_{ki} = 8 E_s I_b / L_b$ 、 $M_u = 1.0 M_{pb}$ 、 $n = 3$ と設定し、さらに、この限界曲げ耐力 M_u を1/2とした場合($M_u = 0.5 M_{pb}$)の2ケースに対して検討を行っている。ここで $E_s I_b$ ：梁材の曲げ剛性、 L_b ：部材長、 M_{pb} ：梁材の塑性曲げモーメントである。図-2には、本研究で用いた $M-\theta_r$ 曲線をEurocode 3で規定されている接合部分類法と比較して示している。接合部の履歴挙動特性に関しては、単純で比較的履歴挙動特性を表現可能なIndependent Hardening Modelを用いることとした（図-3参照）。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 $H' = 0.01 E_s$ を考慮したバイリニアモデルを適用した。なお、本解析では、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 $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ と設定している。図-4には、本解析で使用した入力地震波形、およびその卓越振動数 f_p 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、減衰定数 h は、最低次固有振動数(0.55 Hz)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-5には、基部曲げモーメント波形と応答変位波形について、各入力地震波形を300 gal、限界曲げ耐力を $M_u = 0.5 M_{pb}$ と設定した場合の応答値を、剛結骨組の場合と比較して示している。なお、着目点は、基部曲げモーメント波形が中央径間柱（柱番号3）基部、応答変位波形が柱番号1上端である。

(a) 図より、エルセントロ NS 成分波形（以下、エルセントロ波形）を入力した場合の基部曲げモーメント波形に着目すると、半剛結骨組の応答値は剛結骨組の応答値よりも低減していることがわかる。これは、半剛結接合部の履歴挙動に伴う減衰効果が発揮されたた

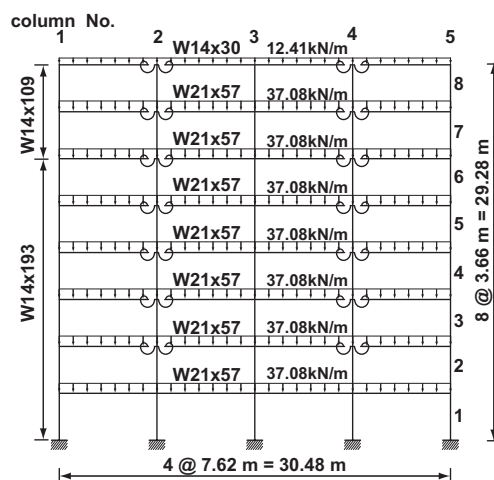


図-1 解析対象骨組

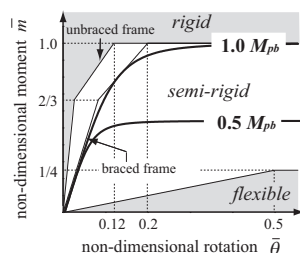


図-2 $M-\theta_r$ 関係

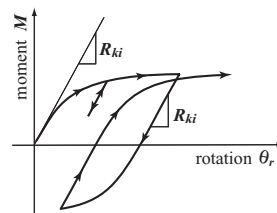


図-3 接合部履歴挙動

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

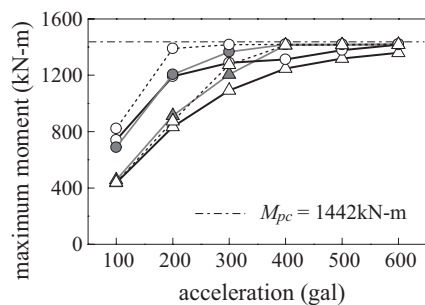
めと考えられる。一方、JR 鷹取駅 EW 成分波形（以下、鷹取駅波形）を入力した場合に着目すると、エルセントロ波形を入力した場合と同様の傾向を示すものの、その応答値の減少量はエルセントロ波形入力時よりも小さいことがわかる。これは、骨組の最低次固有振動数 (0.55 Hz) と鷹取駅成分波形の卓越振動数 (0.9Hz) が近接しているため、共振に近い振動状態が励起されたためと考えられる。

次に、(b) 図より、エルセントロ波形および、鷹取駅波形を入力する場合の応答変位波形に着目すると、半剛結骨組の応答値は、剛結骨組の場合よりも増加していることがわかる。特に、骨組の固有振動数と卓越振動数が近接する鷹取駅波形入力時には、応答値は剛結骨組と比較して約 1.32 倍となっている。これより、半剛結接合を高層多径間骨組に適用する場合には剛結骨組と比較して、変形量が増大する傾向にあることがわかる。

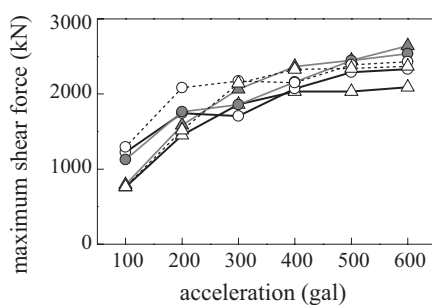
図-6 には、各入力地震波形における最大応答値と入力加速度振幅の関係について、接合部剛性特性毎に示している。(a) 図に示す最大基部曲げモーメントに着目すると、その応答値は接合部曲げ耐力の大小にかかわらず、鷹取駅波形を入力する場合には、エルセントロ波形を入力する場合よりも大きく示されている。また、入力地震波形にかかわらず、限界曲げ耐力 M_u を $0.5 M_{pb}$ とする場合が $1.0 M_{pb}$ とする場合よりも小さな応答値を示している。これは、接合部曲げ耐力が小さいほど、接合部の履歴挙動に伴う減衰効果が発揮されるためと考えられる。また、(b) 図に示す最大層せん断力においても同様の傾向がみられる。これにより、入力地震波にかかわらず接合部剛性特性を適切に設定することで、断面力値を低減させることが可能であると考えられる。次に、(c) 図に示す最大応答変位に着目すると、接合部曲げ耐力の大小にかかわらず、同一入力地震波に対する最大応答値は、ほぼ同程度の値を示し、かつ剛結骨組の場合と比較して若干増大する傾向にあることがわかる。

4. まとめ

- 1) 半剛結接合部の接合部剛性特性を適切に設定することによって、入力地震波形にかかわらず、剛結骨組の場合と比較して、断面力値を低減させることが可能である。
- 2) 最大応答変位については、接合部剛性特性にかかわらず、ほぼ同程度の応答値を示し、剛結骨組の場合と比較して若干増大する傾向にある。
- 3) 以上より、接合部剛性特性を適切に設定することによって、半剛結接合部の高層多径間骨組への適用が可能であるものと考えられる。



(a) 最大基部曲げモーメント



(b) 最大層せん断力

図-6 最大応答値

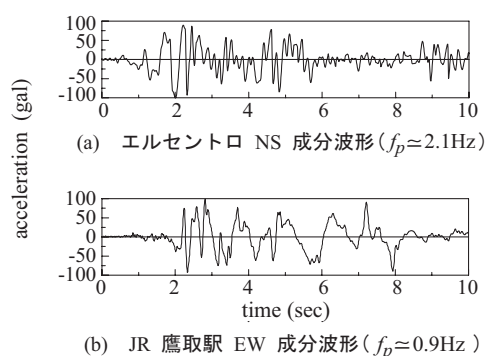


図-4 入力地震波形 (100 gal)

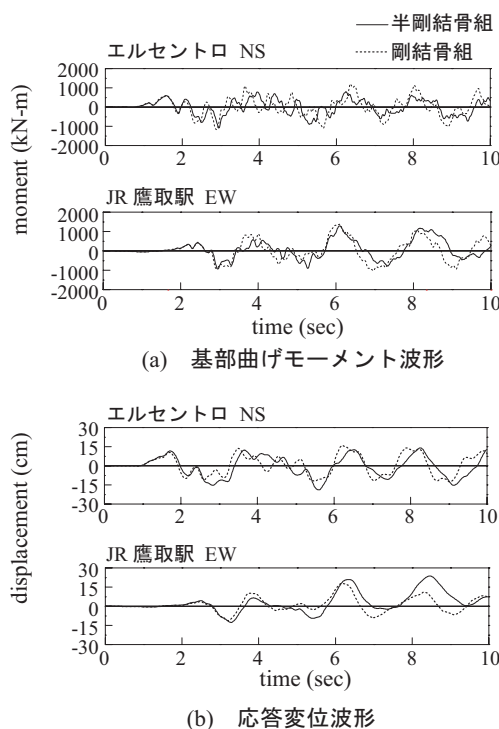
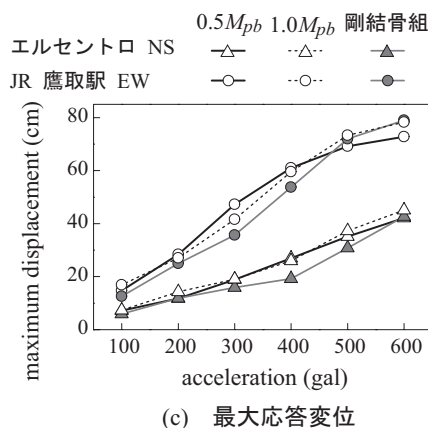


図-5 各応答波形 (300 gal)



(c) 最大応答変位