

剛結接合と半剛結接合を組み合わせた鋼骨組の地震応答解析

室蘭工業大学 正員 小室 雅人 室蘭工業大学 正員 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、半剛結接合を剛結接合と組み合わせた場合の多層多径間骨組への適用性の検討を目的として、4層3径間骨組を対象に地震応答解析を実施した。ここでは、3種類の剛結接合と半剛結接合の組み合わせを想定し、骨組の動的応答特性に着目して検討を行った。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、本解析で対象とした4層3径間骨組を示している。図中に載荷荷重および使用形鋼を示している。梁および柱材は全て弾性体とし、その物性値は弾性係数 $E_s = 206 \text{ GPa}$ 、ポアソン比 $\nu_s = 0.3$ としている。本研究では、解析精度を確保するために柱材を8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-梁接合部には、曲げモーメントに関する非線形な回転パネのみが存在すると仮定して、構成則のモデル化を行っている。また、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していると考えられている Independent Hardening Model を用いることとした。図-2には、その挙動特性の概略を示している。接合部の非線形な $M-q_r$ 特性評価モデルには三要素パワーモデルを採用し、同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 $R_{ki} = 5E_s I_b / L_b$ 、 $M_u = 0.6 M_p$ 、 $n = 1$ と設定した。ここで $E_s I_b$ ：梁材の曲げ剛性、 L_b ：部材長、 M_p ：梁材の塑性曲げモーメントである。図-3には、解析に用いた $M-q_r$ 曲線を示している。

本研究では、剛結接合と半剛結接合を組み合わせた鋼骨組の動的応答特性を検討するために、図-4に示すような3種類の組み合わせを想定し地震応答解析を実施した。なお、いずれの組み合わせも半剛結接合部の数は16である。表-1には、接合部に線形剛性として初期剛性 R_{ki} を仮定した場合における組み合わせケース毎の固有振動数を全ての接合部を剛結接合と仮定した場合（以後、剛結骨組）と比較して示している。

入力地震波形はエルセントロ NS 成分波形を使用し、解析は最大加速度を100～400 gal に正規化した地震加速度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た。図-5には、最大加速度を100 gal に正規化した場合の入力地震波形を示している。なお、減衰定数 h は質量比例型減衰を採用し、表-1に示す最低次固有振動数に対して $h = 2\%$ と設定している。

3. 解析結果および考察

図-6には、入力地震波を400 gal に正規化した場合の各組み合わせケースにおける基部曲げモーメント波形を剛結骨組の場合と比較して示している。なお、着目点は最大応答値を示した節点番号2である。(a)図より、ケース1における骨組の応答値は、剛結骨組の場合と比較して一波形の周期が長くなる傾向を示しており、かつその性状も複雑となっている。これは、1) 半剛結接合部の履歴挙動に伴

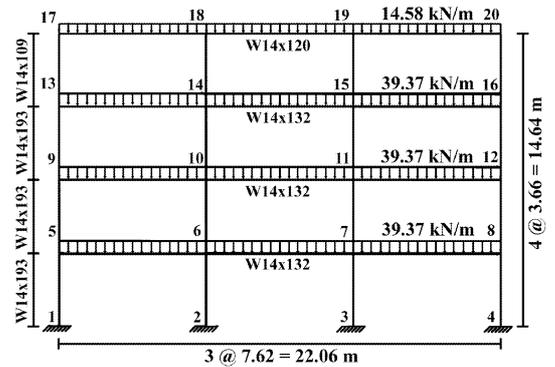


図-1 解析に用いた骨組

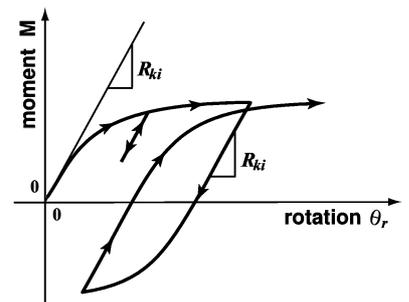


図-2 接合部履歴挙動

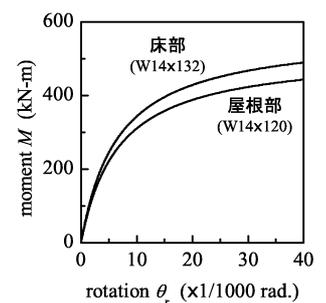
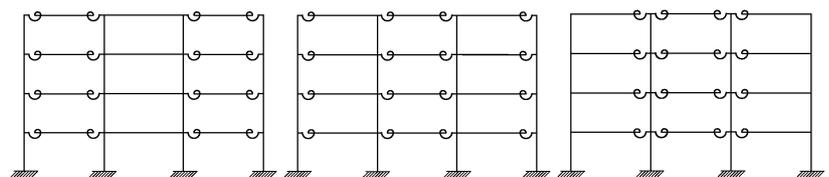
図-3 $M-q_r$ 曲線

図-4 解析ケース

キーワード：半剛結接合，多層多径間骨組，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

う減衰効果が発揮されたこと、2) 接合部が非線形な剛性特性を有することにより、骨組の剛性が逐次変化しその振動特性が変化すること、などに起因しているものと考えられる。また、これらの傾向は (b) 図および (c) 図に示すケース2および3においても同様であることがわかる。このことから、剛結接合と半剛結接合を組み合わせた鋼骨組の応答値は、接合部の組み合わせパターンにかかわらず剛結骨組の場合と比較して低減することがわかる。

図 - 7には、各組み合わせケースの最大応答値（基部曲げモーメント、層せん断力、応答変位）と入力加速度の関係について示している。まず、(a) 図の基部曲げモーメントと入力加速度の関係に着目する。図より、剛結骨組の場合における最大曲げモーメント値は、入力加速度に比例して線形的に増大していることがわかる。一方、剛結接合と半剛結接合を組み合わせたケース1～3の場合には、剛結骨組の場合と同様に、最大応答値が入力加速度の増大とともにほぼ線形的に増大するものの、その増加率は剛結骨組と比較して小さいことがわかる。また、各組み合わせケースの最大応答値を比較すると、入力加速度が小さい100 galの場合には、いずれの組み合わせにおいても約370 kN-m とほぼ等しい値を示している。一方、入力加速度の増大とともに応答値は差異が生じ、特に400 galの場合には、径間中央の柱を半剛結接合としたケース3の場合が約1,000 kN-m と最も小さい応答値を示している。このような傾向は、(b) 図の最大層せん断力値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。

次に、(c) 図の最大応答変位と入力加速度の関係に着目する。図より、最大応答変位は曲げモーメントおよびせん断力と同様に入力加速度の増大とともにほぼ線形的に増加する傾向がみられる。また、ケース1および2の最大応答変位は、断面力の場合とは異なり、剛結骨組のそれと同程度あるいは若干大きく示されている。これは、半剛結接合部の履歴挙動に伴う減衰効果が断面力の低減に対しては有効であるものの、変形量の低減に対してはその効果が小さいことを示唆している。しかしながら、ケース3の最大応答変位は、剛結骨組や他の2つの組み合わせと比較して小さく示されている。これより、半剛結接合を剛結接合と適切に組み合わせることによって断面力の場合と同様に応答変位も低減させることが可能であるものと判断される。

4. まとめ

- 1) 剛結接合と半剛結接合を組み合わせた鋼骨組の最大応答変位は、剛結骨組に比較して若干大きくなる場合があるものの、断面力に関しては大きく低減することができる。
- 2) 本解析範囲内において、最も効率的な剛結接合と半剛結接合の組み合わせは、中央径間柱を半剛結接合とするケース3である。
- 3) 以上より、半剛結接合を剛結接合と組み合わせることにより、多層多径間骨組への適用が可能であるものと考えられる。

表 - 1 モード別固有振動数一覧

解析ケース	モード次数 (Hz)			
	1	2	3	4
ケース1	1.28	4.23	7.44	11.2
ケース2	1.29	4.25	7.51	11.2
ケース3	1.29	4.25	7.56	11.3
剛結接合	1.44	4.56	7.75	11.1

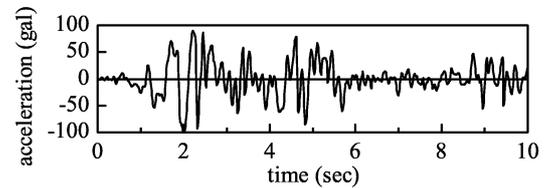
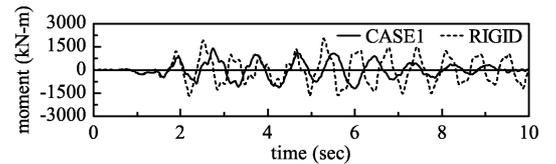
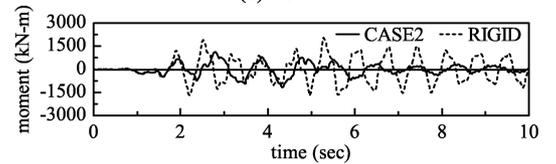


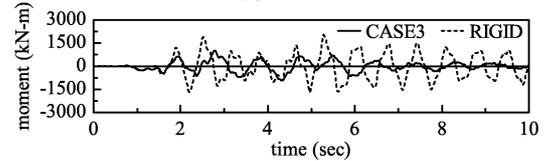
図 - 5 入力地震波形 ($a_{max} = 100$ gal)



(a) ケース1

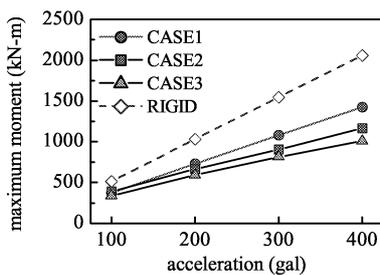


(b) ケース2

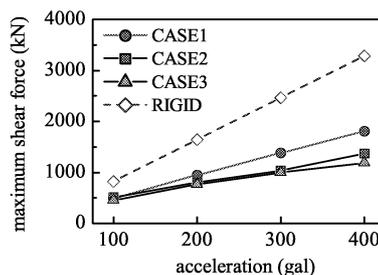


(c) ケース3

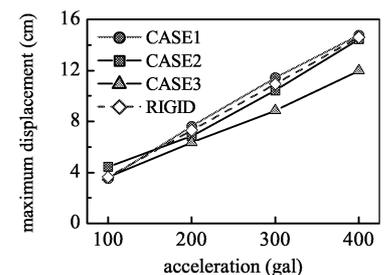
図 - 6 基部曲げモーメント波形の比較 (節点番号2, $a_{max} = 400$ gal)



(a) 基部曲げモーメント (節点番号2)



(b) 層せん断力 (1層目)



(c) 応答変位 (節点番号17)

図 - 7 最大応答値と入力加速度の関係