

スプリットティ形式半剛接合部を有する鋼構造骨組の耐震性能

正会員○ 木村 吉導*1
同 中野 達也*2
同 増田 浩志*3

スプリットティ 半剛接合 鋼構造骨組
荷重増分解析

1. はじめに

鉄骨造の梁端接合部において接合金物、高力ボルトを用いてこの部分を半剛接合とする設計法がある¹⁾。その半剛接合部の1つにスプリットティ接合形式がある。この接合形式の接合部曲げ実験²⁾ から得られた $M-\theta$ 関係を用いて荷重増分解析を行い、骨組の耐震性能を検討する。

2. 解析概要

2.1 解析骨組 対象とする解析骨組は図1に示すような桁行方向2スパン、梁間方向1スパンの3層骨組とし、桁行方向の平面骨組について検討する。構成部材として柱は□-350×12 (BCR295:降伏応力度295N/mm²)、梁はH-400×200×8×13 (SN400:降伏応力度235N/mm²)の各層同サイズのH形鋼とし、歪硬化係数は柱、梁部材で2%、パネル部材で1%とした。柱脚は完全固定とした。1つの骨組モデルでは全梁端に同サイズのティスタブを有するものとし、この部分を回転バネに置換した。解析パラメータはティフランジ厚であり、12、16、19、24、28mmのティスタブを用いた骨組をそれぞれst-12、st-16、st-19、st-24、st-28とし、梁端接合部を剛とした骨組をst-00とした。

2.2 接合部特性のモデル化 解析モデルの梁端回転バネの復元力特性は、接合部曲げ実験²⁾ から得られた仕口部 $M-\theta$ 骨格曲線をトリリニア型で近似したものである。実験では柱の板厚が大きく面外変形が生じていない。解析でもこれを考慮せず柱の面外剛性を剛と仮定している。まず、接合部回転角が1/1000のときの $M-\theta$ 曲線上の点を第1折れ点とし、原点と第1折れ点を結んだ直線の傾きを弾性剛性とする。次に接合部回転角が1/250のときを第2折れ点とし、このときの作用モーメントの値を降伏曲げ耐力とする。以後の剛性は降伏曲げ耐力と最大曲げ耐力を結んだ直線の傾きとする。これを図2、表1に示す。無次元化剛性は2次、3次剛性を弾性剛性で除した値である。

2.3 解析方法 荷重増分解析には非線形プログラム“CLUB”³⁾を用いた。外力は水平荷重と鉛直荷重を作用させ、水平力分布は2種地盤の一次設計用地震荷重(表2)から決定した。鉛直荷重は一定とし、建物重量の1/2を梁中央集中荷重、1/4をづつを梁両端の節点の集中荷重とした。

3. 解析結果及び考察

解析結果から得られた層せん断力と層間変形角の関

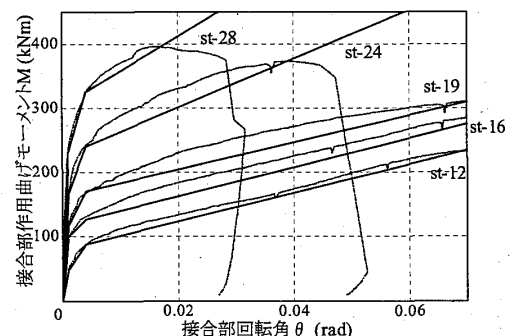
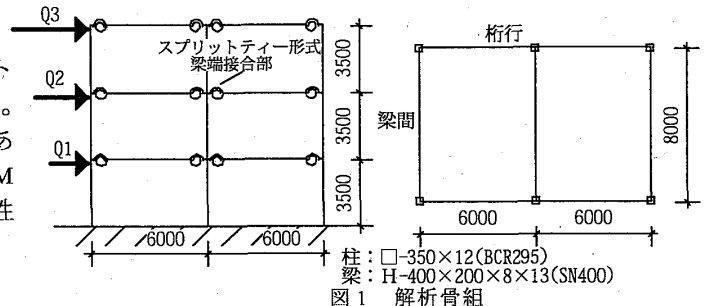


図2 接合部復元力特性

表1 接合部回転バネデータ

	st-12	st-16	st-19	st-24	st-28
降伏耐力(kN)	88.2	126.7	170.9	240.4	325.2
弾性剛性 $\times 10^5$ (kN·m/rad)	0.485	1.003	1.118	1.676	2.315
無次元化2次剛性	0.273	0.088	0.150	0.145	0.135
無次元化3次剛性	0.046	0.022	0.018	0.023	0.023
接合部係数 α	0.73	0.90	0.97	1.17	1.24

無次元化2次剛性: 2次剛性を弾性剛性で除した値 無次元化3次剛性: 3次剛性を弾性剛性で除した値
 α : jMu/Mp jMu : 梁端接合部最大曲げ耐力 Mp : 梁の全塑性モーメント

表2 各層の層せん断力

階	Wi(kN)	ΣWi (kN)	Ai	Ci Co=0.2	Qi(kN)
3	500	500	1.453	0.290	145.3
2	500	1000	1.181	0.236	236.1
1	500	1500	1.000	0.200	300.0

W: 層重量 Ai: 層せん断力の分布係数 Ci: 層せん断力係数 Qi: 層せん断力

係を図3に示す。図中のプロットは○が一次設計用地震荷重に対応している。●が任意の層間変形角が1/50に達した時の層せん断力に対応し、これを保有水平耐力とする。接合部の剛性・耐力が小さい場合に骨組の剛性・耐力も低下することがわかる。一次設計用地震力作用時の層間変形角 R と保有水平耐力 Qu の値を表3、層間変形角 R の比較を図4に示す。梁端接合部が剛であるst-00ではどの層でも層間変形角は1/200以下となっているが、梁端接合部を半剛接合とした骨組st-12・16・19ではすべての層の層間変形角は1/200以上の値であり、st-24・28では2層の層間変形角が1/200以上の値である。しかし、st-12・16では各層の層間変形角

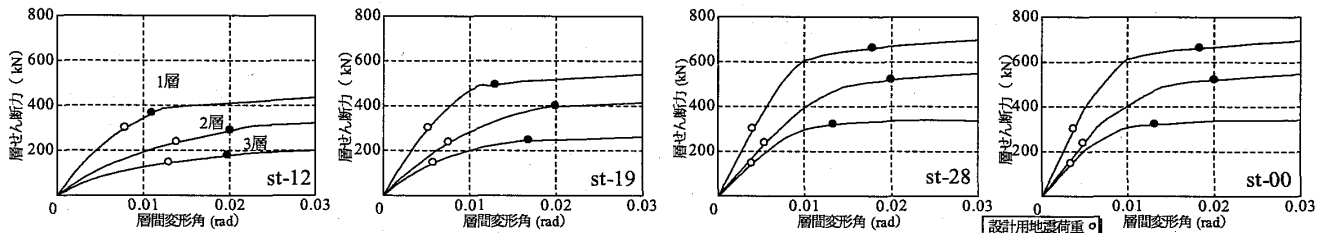


図3 層せん断力-層間変形角関係

は1/120を超えているが、それ以外の骨組ではどの層も1/120以下である。各骨組の保有水平耐力については梁端接合部の剛性・耐力の低下とともに低下し、st-12では接合部を剛接合とした時の耐力の約1/2になっている。

図5は Q_u に達した時の各部材が塑性化している部分を柱・梁・接合部パネルは●で、スプリットティは○で表している。図6は Q_u に達した時の各部材の歪エネルギーの吸収割合を示している。st-00では1階柱下端部、各層の中柱部分の接合部パネル、1階及び2階の梁が塑性化している。st-12ではスプリットティ以外は塑性化していない。st-19ではスプリットティ、1階柱下端部で塑性化していて、st-12・16・19ではスプリットティで全体の約5割のエネルギーを吸収している。st-24ではスプリットティ、1階柱下端部、接合部パネルが塑性化していて、スプリットティ、柱でのエネルギー吸収の割合はほぼ同程度となっている。st-28ではスプリットティ、1階柱下端部、各層の中柱部分の接合部パネル、1階及び2階の梁が塑性化しており、柱・梁でのエネルギー吸収の割合がスプリットティでの吸収の割合よりも大きい。梁端接合部を半剛接合とすることで各部材で吸収していたエネルギーを梁端接合部に吸収させ、部材の損傷を抑えていることがわかる。

表4に Q_u に達した時の梁端接合部に生じた曲げモーメントの最大値 M と実験より得られたスプリットティの最大曲げ耐力 jMu を示す。 M/jMu は1以下であり、どの骨組の梁端接合部も最大曲げ耐力には達していないことがわかる。

4. まとめ

スプリットティ形式接合部の剛性・耐力の低下に伴い層間変形角が大きくなり、特にティフランジ厚が12、16mmと小さい場合は1/200を大きく超え、骨組の変形が大きくなる。しかし、梁端接合部を半剛接合とすることで梁端接合部に損傷を集中させ、柱、梁などの部材の損傷を抑えることが可能である。

参考文献

- 1) 社団法人日本鉄鋼連盟 半剛接鉄骨架構の実用化検討委員会: 高力ボルト接合による靱性型鉄骨架構の構造設計マニュアル, 2003. 3
- 2) 村松修司, 斎藤義宏, 増田浩志: スプリットティを用いた半剛接合部に関する研究- その2 接合部曲げ実験 -, 日本建築学会学術講演梗概集C1, pp661-662, 2000. 9
- 3) 小川厚治, 多田元英: 柱梁接合部パネルの変形を考慮した静的・動的応答解析プログラムの開発, 第17回情報システム利用技術シンポジウム, pp79-84, 1994. 12

*1 宇都宮大学大学院工学研究科 大学院生

*2 宇都宮大学工学部建設学科 助手・博士(工学) Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.

*3 宇都宮大学工学部建設学科 助教授・博士(工学) Associate Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.

表3 層間変形角と保有耐力

	層	層間変形角 R(rad)	保有耐力 Qu(kN)
st-12	3	0.0130	17.7
	2	0.0139	28.7
	1	0.0080	36.5
st-16	3	0.0079	21.1
	2	0.0096	34.3
	1	0.0061	43.6
st-19	3	0.0058	24.5
	2	0.0076	39.8
	1	0.0052	49.2
st-24	3	0.0045	29.3
	2	0.0062	47.5
	1	0.0044	60.4
st-28	3	0.0040	32.0
	2	0.0055	52.0
	1	0.0041	66.1
st-00	3	0.0035	32.3
	2	0.0049	52.5
	1	0.0038	66.7

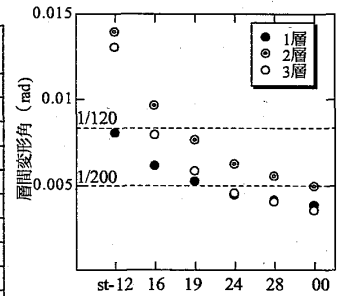


図4 層間変形角の比較

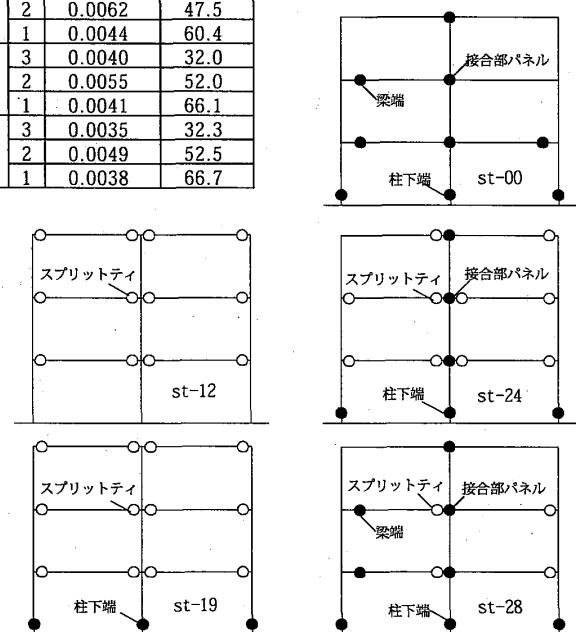


図5 部材の塑性化状態

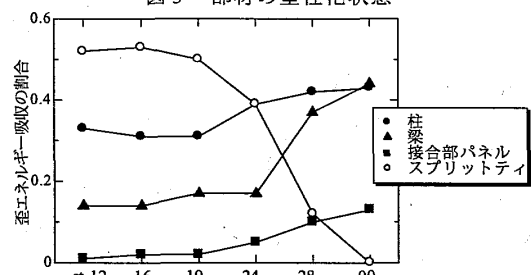


図6 各部材の歪エネルギーの吸収割合

表4 梁端接合部に生じた曲げモーメントの最大値

	st-12	st-16	st-19	st-24	st-28
$M(kN \cdot m)$	131.2	165.7	202.0	294.2	327.8
$jMu(kN \cdot m)$	234.8	286.7	309.8	373.7	395.8
M/jMu	0.56	0.58	0.65	0.79	0.83

jMu : スプリットティの最大曲げ耐力実験値

M : 梁端接合部に生じた曲げモーメントの最大値