

半剛接鋼骨組の地震応答に関する研究

(その3 柱梁仕口の耐力と剛性が動的応答に与える影響)

正会員 ○ 藤田芳治<sup>1</sup>, 同 山成 實<sup>2</sup>,  
同 小川厚治<sup>3</sup>, 同 黒羽啓明<sup>4</sup>

X1. 耐震設計; Y5. 柱梁仕口; Z3. 地震応答  
X2. 数値解析; Y7. ラーメン

1. 序 現在の耐震設計の柱梁接合部は剛接合であることが前提とされているが、実設計の骨組で完全剛接合を実現する事は難しく、接合部が変形あるいは降伏する半剛接鋼骨組となる。これらの接合部変形の本質は接合部パネルのせん断変形及び柱梁仕口(以後、仕口と呼ぶ)の回転変形(仕口の局部変形)である。前報<sup>[1]</sup>では、接合部変形をエネルギー吸収要素とした地震応答解析方法及び接合部強度比のみを変化させた解析例について述べたが、本報では更に仕口の降伏耐力、弾性剛性及び2次剛性が骨組の応答性状に及ぼす影響について考察する。

2. 解析方法

2.1 解析対象 解析骨組は接合部変形を考慮した半剛接骨組で、層数は5層とする。部材の復元力特性は前報<sup>[1]</sup>と同じくbi-linear型とし、柱材、梁材、接合部パネルの硬化係数も同じ値を用いる。骨組の設計では接合部パネルが骨組の応答に及ぼす影響を取り除くため、パネル強度比 $R_{PP}^{[1]}=3.0$ としてパネルの強度を高めている。

2.2 解析パラメータの定義 本報では、仕口の降伏耐力、弾性剛性及び2次剛性の算定においては梁材の降伏耐力、弾性剛性に対する比を用い、それぞれ仕口梁強度比<sup>[1]</sup>、仕口梁剛性比及び仕口2次剛性比として次式で定義する。

仕口梁強度比  $R_{PL}=M_{PL}/M_{PB}$  ..... (1)

仕口梁剛性比  $k_{LB}=K_L/K_B$  ..... (2)

仕口2次剛性比  $k_{2LB}=K_{2L}/K_B$  ..... (3)

ここで、 $M_{PB}$ 、 $K_B$ 及び $M_{PL}$ 、 $K_L$ はそれぞれ梁材、仕口の降伏耐力と弾性剛性、 $K_{2L}$ は仕口の2次剛性である。但し、梁材の弾性剛性は $K_B=6EI/l$ である。解析ではこれらを解析パラメータとし、図1に示す様な $k_{LB}$ と $k_{2LB}$ の組合せに加え、 $R_{PL}$ を0.1~1.3の範囲で変化させて解析を行う。

2.3 解析条件 本報で解析に用いる重力効果を考慮した5層骨組のベースシア係数は $C_b=0.4455$ 、骨組の減衰定数

表1 骨組の固有周期

$k_{LB}$	0.2	0.4	0.8	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	100
T(sec.)	1.719	1.357	1.141	1.094	0.993	0.957	0.939	0.927	0.920	0.883

はReyleigh型で1次、2次共に3.0%とした。また、入力地震波はスペクトル強度を150kine(第2種地盤相当)に増幅したEL CENTRO(1940) N-S成分とし、解析には初期の30秒間を用いた。表1に解析に用いた骨組の固有周期を示す。

3. 解析結果

結果の評価には前報と同様、最大層間変形角の平均値 $\overline{\theta_{max}}$ 、仕口のエネルギー吸収率 $W_L/W_T$ を用いるが、本報では更に、 $\max(\Sigma_N \delta_L, \Sigma_P \delta_L)/\delta_{EL}$ で定義される仕口の塑性率の最大値 $\eta_{Lmax}$ も評価に用いる。ただし、 $\Sigma_N \delta_L$ 、 $\Sigma_P \delta_L$ は正側、負側それぞれの最大累積変形量、 $\delta_{EL}$ は仕口の弾性変形量である。なお、横軸は全て $R_{PL}$ である。

3.1 仕口の弾性剛性が応答に与える影響 ここでは、 $k_{LB}=0.15$ で一定とした解析結果を一例として示す。図2は最大層間変形角の平均値 $\overline{\theta_{max}}$ を示したもので、欧米で半剛接の範疇<sup>[3]</sup>にある $k_{LB}=0.2\sim 1.0$ では、骨組自体が柔らかいために $\overline{\theta_{max}}$ は比較的大きな値を示す。また、 $k_{LB}=1.0$ 以上では、 $k_{LB}=\infty$ の完全剛接合に近づいても $\overline{\theta_{max}}$ の差はほとんど見られず、 $R_{PL}=0.5\sim 0.6$ で $\overline{\theta_{max}}$ は最小となり応答性状が最も良くなる。図3の仕口のエネ

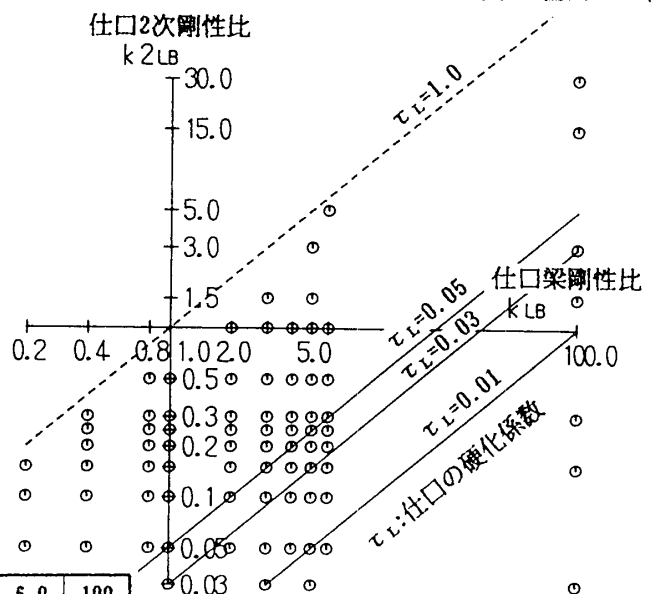


図1 設計骨組

ルギー吸収率 $W_L/W_T$ では、 $k_{LB}=1.0$ 以上で $k_{LB}$ の変化による差はほとんど見られないものの、仕口降伏後、梁材が降伏する $R_{PL}=0.7\sim 1.0$ では $W_L/W_T$ は若干小さくなり、弱い仕口へのエネルギー集中が緩和されることが分かる。図4に示す仕口の塑性率の最大値 $\eta_{Lmax}$ からは、 $k_{LB}$ が大きくなると仕口の弾性変形量が小さくなり、 $\eta_{Lmax}$ が極端に大きくなること分かる。これは仕口にとって厳しい状態ではあるが、 $k_{2LB}$ を大きくし、仕口降伏後、梁材を早期に降伏させることで $\eta_{Lmax}$ を低減させることができる。

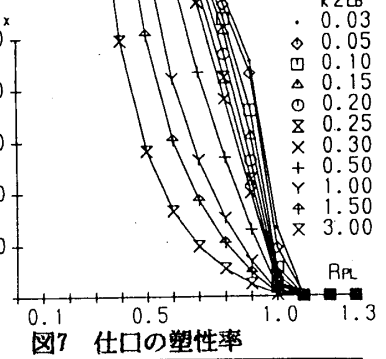
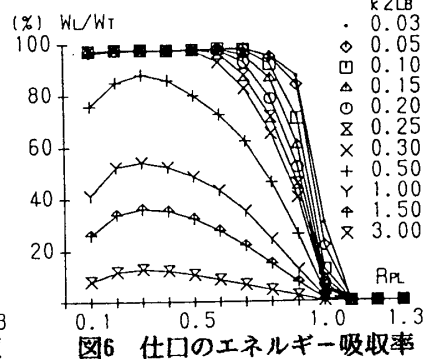
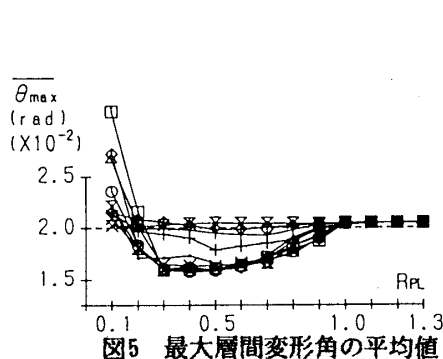
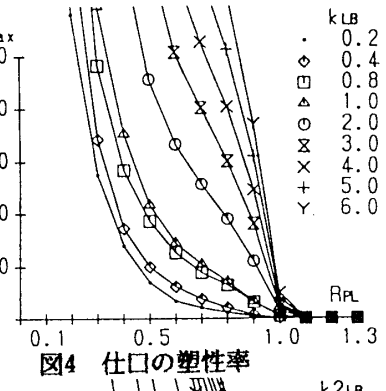
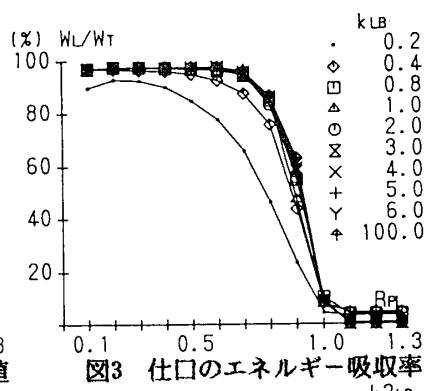
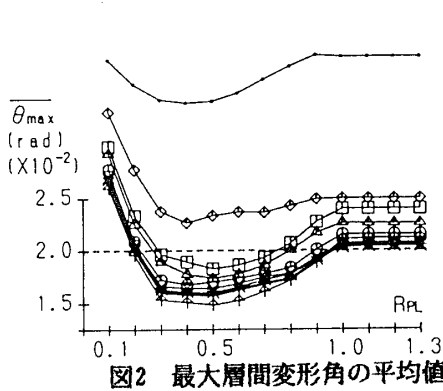
**3.2 仕口の2次剛性が応答に与える影響** ここでは、 $k_{LB}=5.0$ で一定とした解析結果を一例として示す。図5に示すように $k_{2LB}=0.3$ までは $\bar{\theta}_{max}$ は3.1節で述べた傾向を示すものの、 $k_{2LB}=0.5$ 以上では $R_{PL}$ が変化しても $\bar{\theta}_{max}$ は概ね一定と見なせる。また、 $k_{2LB}$ が大きくなるに従って、仕口降伏後、早期に梁材が降伏すること、仕口の降伏後の耐力上昇により、仕口降伏後、梁材が降伏する $R_{PL}$ の範囲が広がること等により、図6の仕口のエネルギー吸収率 $W_L/W_T$ 、図7の仕口の塑性率の最大値 $\eta_{Lmax}$ は共に小さくなる傾向を示す。但し、 $k_{2LB}$ が極端に大きくなると仕口は降伏後も弾性状態とほとんど変わらないため、図6に示すように仕口でのエネルギー吸収はほとんど見込めない。

**3. 結語** 本報では、仕口降伏耐力、弾性剛性及び2次剛性が骨組の地震応答性状に及ぼす影響について調べた

結果、以下のことが分かった。

- 1) 仕口の弾性剛性が梁材の弾性剛性より高く、仕口の2次剛性が梁材の2次剛性に比べ過度に大きくなければ、仕口を早期に降伏させても各層の最大変位応答量は仕口梁強度比 $R_{PL}$ が1.0以下では減少傾向を示し、 $R_{PL}=0.5\sim 0.6$ 程度で最小値を示す。
- 2) 仕口が早期に降伏する仕口崩壊型骨組では仕口降伏後、仕口の耐力上昇により梁材が降伏するように仕口の降伏耐力、弾性剛性及び2次剛性を選ぶと、仕口にエネルギーを集中させる事なく、骨組構成部材全体でバランスの良いエネルギー吸収ができる。
- 3) 文献[4]から仕口の塑性率の最大値 $\eta_{Lmax}$ の限界値を $\eta_{Lmax}=20$ としたときの仕口梁強度比 $R_{PL}$ の下限値は、仕口の弾性剛性、2次剛性の組合せで $R_{PL}=0.5\sim 1.0$ で変化するものの、 $R_{PL}$ の下限値における仕口のエネルギー吸収率 $W_L/W_T$ は、概ね30~40%程度となる。

【参考文献】 [1] 山成實, 藤田芳治, 小川厚治, 黒羽啓明: 半剛接鋼骨組の地震応答に関する研究(その1 解析方法), (その2 パラメトリックスタディ結果と考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 1992年8月, pp.1387-1390 [2] 藤田芳治, 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明: 半剛接鋼骨組の柱梁仕口の強度と剛性が骨組の動的応答に与える影響, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, 第9号, 1993年3月, pp.433-436 [3] BJORHOLDE, R., COLSON, A. and BROZ-ZETTI, A.: CLASSIFICATINO SYSTEM FOR BEAM-TO-COLUMN CONNECTIONS, Proc. of ASCE, Jr. of St. Engog., Vol.116, No.11, Nov., 1990, pp.3059-3076 [4] 渡辺純仁, 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 海原広幸: 水平荷重を受ける角形鋼管柱骨組の接合部の弾塑性挙動に関する実験的研究(柱梁接合部の局所変形挙動について), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 構造II C, 1990年10月, pp.1619-1620



1 熊本大学大学院生, 2 同助手・工学修士, 3 同助教授・工学博士, 4 同教授・工学博士