

半剛接鋼骨組の地震応答に関する研究
(その1 解析方法)

X1. 耐震設計	Y3. 柱梁仕口	Z4. 地震応答
X4. 数値解析	Y6. ラーメン	

1. 序 柱に角形鋼管、梁にH形鋼を用いた外ダイアフラム型接合部をもつ骨組では、接合部パネルのせん断変形のみならず、柱梁仕口の回転変形(柱梁仕口の局所変形)が生じる。接合部が柱材や梁材に比べて弱く設計された骨組の接合部変形は静的加力実験から骨組全体の変形に及ぼす影響が大きく、繰返し力を受けても接合部が大きいエネルギー吸収性能を発揮できることが文献[1]で報告されている。本研究では、この点に着目して接合部を地震外乱等に対するエネルギー吸収要素として捉え、接合部パネルおよび柱梁仕口の変形が生じる半剛接鋼骨組の動的挙動を調べるための地震応答解析方法について述べ、幾つかの解析例を示す。

2. 解析方法と解析条件

2.1 半剛接骨組の解析モデル 本研究で扱う半剛接骨組は、図1に示す均等多層多スパン骨組の梁材反曲点位置で取り出したN層骨組である。接合部変形の本質は接合部パネルのせん断変形および柱梁仕口の局所変形であり、図中の変形要素で表現する。階高(H)、スパン長(L)、梁材のせい(D_B)および柱材のせい(D_C)は全層に亘り一定とし、層数はN、層番号iは上層部から数える。

2.2 考慮する自由度 水平力を受けた骨組のある層の変形状態を図2に示す。解析では接合部パネルの中心を節点

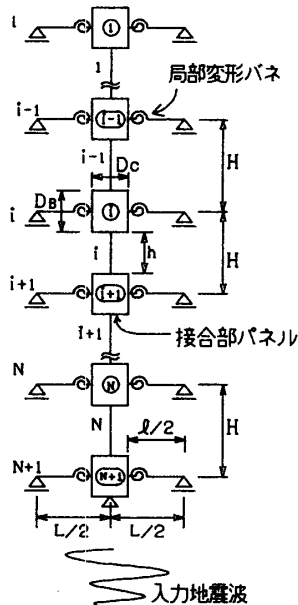


図1 解析モデル

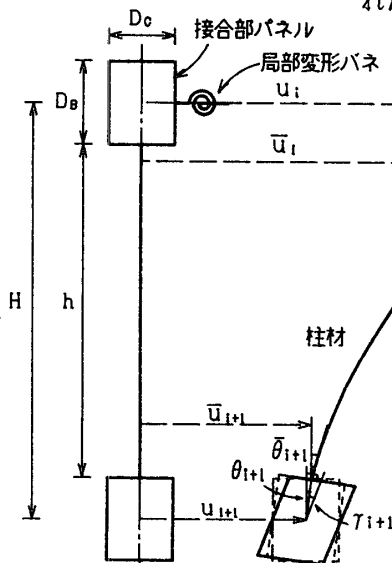


図2 柱材の全体座標系と部材座標系の変形関係

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

とし、接合部パネルの剛体回転角(θ)、せん断変形角(γ)および水平変位(u)の3つの自由度を用いる。これらの変位要素と柱材の回転角(θ̄)、水平変位(ū)との関係を変換マトリックスを用いて表すと式(1)となる。

$$\begin{Bmatrix} \bar{\theta}_i \\ \bar{u}_i \\ \bar{\theta}_{i+1} \\ \bar{u}_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -D_B/2 & -D_B/2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & D_B/2 & D_B/2 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \gamma_i \\ u_i \\ \theta_{i+1} \\ \gamma_{i+1} \\ u_{i+1} \end{Bmatrix} \dots (1)$$

図3は接合部部分を拡大して部材変形間の関係を図示したものである。梁材端には回転バネが付いており、曲げモーメントが仕口に作用すると、梁と回転バネにはそれらの回転剛性の比に逆比例した変形が生じる。接合部パネルの剛体回転によって生じる梁材の部材角を無視すると、局所変形パネルの回転角(θ_G)と梁材の曲げ変形角(θ_B)との和は接合部パネルの剛体回転角(θ)とパネルのせん断変形角(γ)との和と等しい。

2.3 部材の復元力特性 全ての部材の復元力特性はbi-linear型であるとし、梁材、局所変形パネルは図4(a)に、柱材、接合部パネルは図4(b)に示す履歴特性をもつとする。柱材、梁材、接合部パネルの硬化係数はそれぞれτ_C=0.02、τ_B=0.02、τ_P=0.05とし、局所変形パネルの回転剛性は、有限要素解析による一連の数値実験から導かれた評価式^[2]で求め、降伏モーメントは仕口局所降伏耐

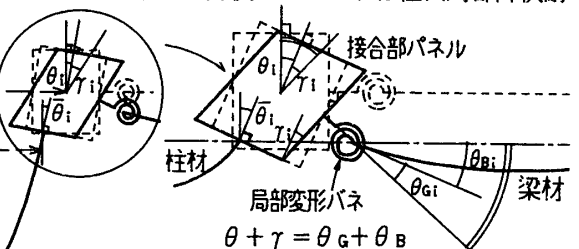
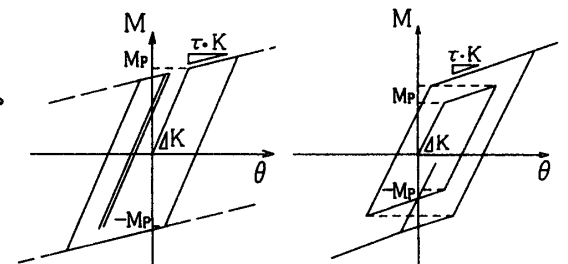


図3 梁材と局所変形パネルの変形



(a) 梁材、局所変形パネル (b) 柱材、接合部パネル
図4 各部材の復元力特性

力^[3]に梁材フランジ板厚中心間距離を乗じた値を用いる。

2.4 強度パラメータ 本研究では骨組の設計に際し構成部材の強度の設定を行う。導入するパラメータは3種であり、梁柱強度比 (R_{PBC})、パネル強度比 (R_{PP}) および仕口梁強度比 (R_{PL}) である。それぞれを $R_{PBC} = M_{PB} / M_{PC}$ 、 $R_{PP} = M_{PP} / \min(LM_{PC} + UM_{PC}, 2M_{PB})$ 、 $R_{PL} = M_{PG} / M_{PB}$ で定義する。ただし、 LM_{PC} 、 UM_{PC} はパネルに接続する上下の柱の降伏耐力、 M_{PB} 、 M_{PC} 、 M_{PP} および M_{PG} は、それぞれ梁材、柱材、接合部パネルおよび局部変形パネの降伏耐力であり、柱材、梁材については全塑性モーメントを降伏耐力とする。

2.5 解析骨組の設計 解析骨組の設計は以下の手順で行う。まず、最下層の柱材の全塑性モーメント (M_0) を基準値とし、上部の柱材の降伏耐力を適正強度分布^[4]に従って求め、さらに前述の強度パラメータを柱の強度に乘じ他の部材の全塑性モーメントを算定する。ただし、最上層と最下層については梁材、接合部パネル、仕口の早期降伏による骨組倒壊を防ぐため、それぞれの強度比に30%の割増しを施した。表1に重力効果を考慮したベースシア係数 C_B を示す^[5]。

2.6 解析条件 本報告では、骨組の減衰定数 (h) は Reyleigh 型で1次、2次共に3.0% であるとし、入力地震波はスペクトル強度が 150kine (第2種地盤相当) の表2に示す EL CENTRO (1940) N-S成分、八戸 (1968) N-S成分の2種類とし、いずれも初期の30秒間を用いた。数値計算は Newmark β 法によった。

3. 解析例 解析例として骨組は、階高 $H=350\text{cm}$ 、梁スパン長 $L=700\text{cm}$ の 5、10、20層骨組で、使用する鋼材は梁材を SS400 の H形鋼、柱材を STKR400 の角形鋼管とし、各々の降伏応力度は $\sigma_{yB}=2.4\text{tf/cm}^2$ 、 $\sigma_{yC}=3.0\text{tf/cm}^2$ とする。また、各層の床重量を 500kgw/cm^2 と仮定し一層当りの重量 (W) を 25t とする。梁せい (D_B) は $L/12$ とし、接合部パネルのせい幅比 (D_B/D_C) は 1.75 とする。また、接合部パネ

	5層	10層	20層
C_B	0.4455	0.2386	0.1265

表2 入力地震波

入力地震波名	継続時間	実記録の最大加速度	入力最大加速度
EL CENTRO (1940) N-S	30sec	341.7 gal	782.5 gal
八戸 (1968) N-S	30sec	225.0 gal	549.0 gal

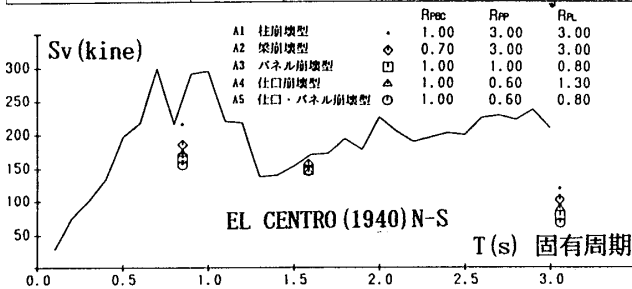


図5 疑似速度応答スペクトル

ルの板厚はその直下側の柱の板厚に等しいとする。

3.1 疑似速度応答スペクトル 図5は層数 $N=5, 10, 20$ で A1 から A5 の強度比を持つ骨組のエネルギー応答量と入力地震波の S_v とを比較したものである。骨組の固有周期はそれぞれ 0.85、1.59、3.06sec である。同図は入力地震波に EL CENTRO (1940) N-S を用いた結果である。

3.2 各部材の損傷状況とエネルギー吸収量 図6に A3 から A5 の接合部が弱い骨組各部材の損傷状況とエネルギー吸収量を示す。層数 $N=5$ とし入力地震波は EL CENTRO (1940) N-S を用いる。縦軸は層数、横軸は吸収エネルギーである。

4. 結語 無視できないほどの大きい接合部変形が生じる骨組の弾塑性地震応答解析方法に述べ、それによる解析例を示した。

【参考文献】 [1] 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 渡辺純仁: 接合部降伏型の角形鋼管柱ラーメン骨組の弾塑性挙動に関する実験的研究(その2実験結果と考察), 日本建築学会中国・九州支部研究報告集, 第8号, 平成2年3月, pp. 161-164 [2] 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 海原広幸: 外タイアフラム接合部の有限要素解析による剛性評価式(半剛接鋼骨組柱梁仕口の復元力特性に関する研究), 日本建築学会構造工学論文集, Vol. 38B, 1992年3月, pp. 475-484 [3] 田淵基嗣, 金谷弘, 上場輝康: 角形鋼管柱・H形はり接合部の局部耐力推定式-角形鋼管柱溶接接合部の実験的研究2-, 日本建築学会構造系論文報告集, 第352号, 昭和60年6月, pp. 79-89 [4] 小川厚治: 鋼構造骨組構成部材の適正強度分布に関する研究 その1 動的崩壊機構特性とエネルギー吸収能力, 日本建築学会論文報告集, 第323号, 昭和58年1月, pp. 13-22 [5] 塩崎洋一, 小川厚治, 黒羽啓明: 耐力劣化型梁をもつ重層骨組の地震応答に関する一考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II C, 1991年9月, pp. 1491-1492

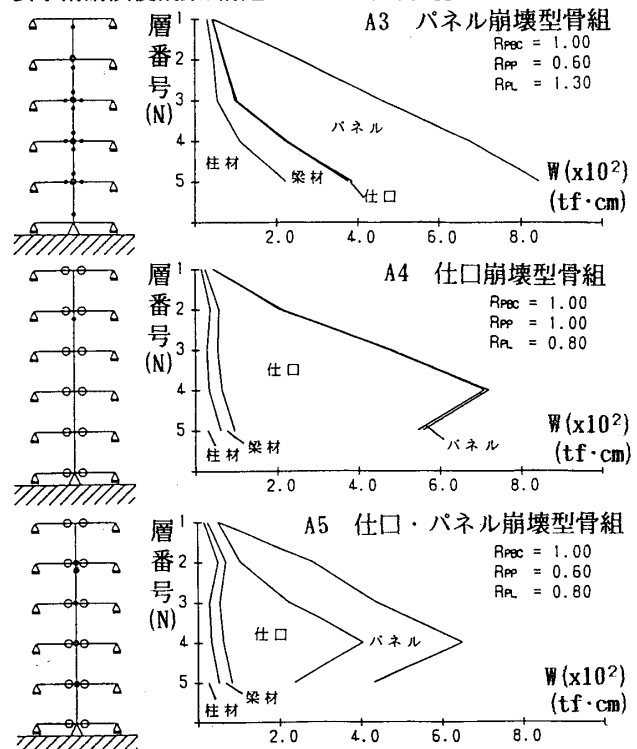


図6 部材種別時刻歴吸収エネルギー (EL CENTRO (1940) N-S)

1 熊本大学大学院生, 2 同助手・工修, 3 同助教授・工博, 4 同教授・工博