

報告

[2103] 柱RC造梁S造で構成された混合構造骨組の地震応答性状について

正会員 ○片山和行 (フジタ 技術研究所)

正会員 吉野次彦 (フジタ 技術研究所)

正会員 佐々木仁 (フジタ 技術研究所)

1. はじめに

近年、柱を鉄筋コンクリート造とし、梁を鉄骨造とする混合骨組の設計が行なわれるようになってきた。このような混合構造の開発において第1の課題は、異種部材の接合部における応力伝達機構、特に柱・梁接合部での応力伝達機構の解明である。柱・梁接合部の力学的挙動については各種の部材実験と静的解析が行われており、伝達機構が解明されつつある。しかし、混合構造骨組における外力分布の仮定等の設計条件や地震時の動的性状についてはまだ不明な点も多い。

本報告は柱RC造、梁S造で構成された混合構造骨組について梁崩壊型及び梁降伏後接合部が破壊するモデルを設定し、それぞれの部材に対して、実験結果に基づいて復元力特性を与えた、平面骨組解析モデルによる弾性および弾塑性地震応答解析について考察したものである。

2. モデルの設定

2. 1 試設計

混合構造骨組の設計に当たって、5階建て、スパン8m、梁下3.3mの店舗ビルを設定し、RC造と混合構造の2つのモデル設計を行った。RC造と混合構造の応力状態が同一となるようにするため、単位面積当りの床荷重をRC造の場合 $W=1,300 \text{ kg/m}^2$ 、混合構造の場合 $W=1,000 \text{ kg/m}^2$ と仮定し、各階柱への作用せん断力係数が同一となるように設定した。なお、両モデルとも梁降伏が先行するように設計した。

2. 2 動的解析モデル

混合構造の地震時の挙動を把握するために、解析モデルは図-1に示す最もシンプルな平面骨組モデルとし、梁、柱、接合部パネルそれぞれに復元力特性を与える。解析に用いる各部材の復元力特性は十字型柱梁接合部加力実験より得られたそれぞれの崩壊モードの復元力特性に基づいてトリ・リニアにモデル化する。^[1]

解析に用いるパネルのモデル化に当たっては梁の降伏応力に対してパネルの降伏せん断応力が小さくなるように定めた。実験結果では繰り返しによる耐力低下と履歴ループ面積の減少が見られる。しかし解析ではこれらの性状は考慮できないため第2ループをターゲットにスケルトンを定め、履歴特性は原点指向型とした。試験体形状およびそれぞれの部材の復元力特性を図-2に示す。図中の破線が解析に用いたスケルトンカーブである。

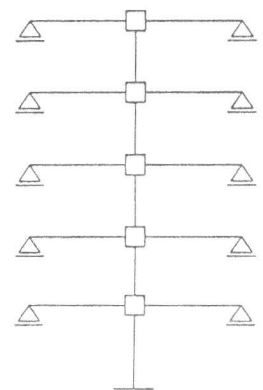


図-1 解析モデル

各々の部材に与える履歴特性の妥当性を検討するために、繰り返し漸増水平力による静的弾塑性解析を行った。柱せん断力-層間変形角関係について、接合部破壊型試験体の実験結果と計算

結果をあわせて図-3に示す。また履歴ループより求めた等価粘性減衰定数を図-4に示す。

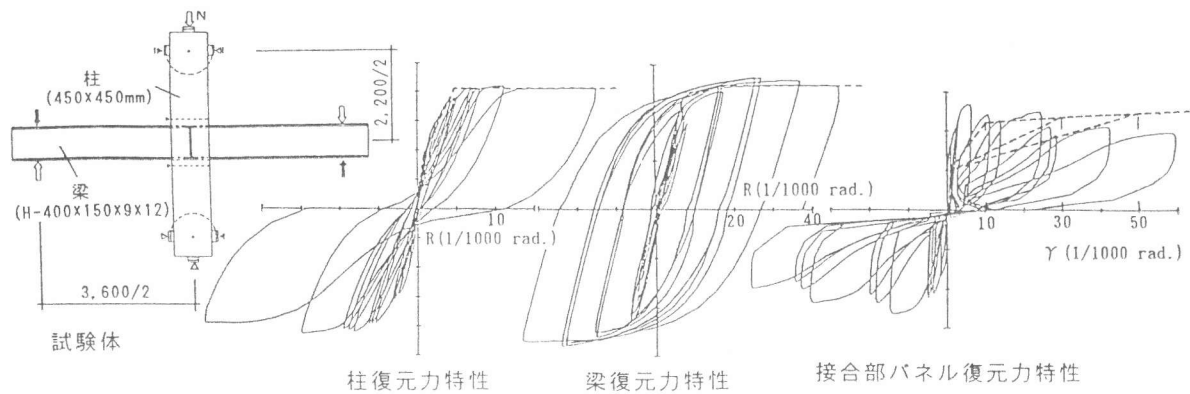


図-2 試験体および実験結果と復元力特性モデル

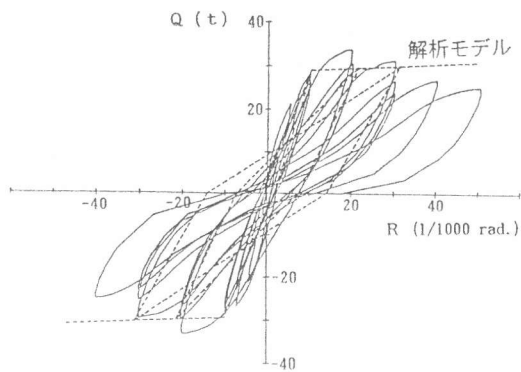


図-3 柱せん断力-層間変形角

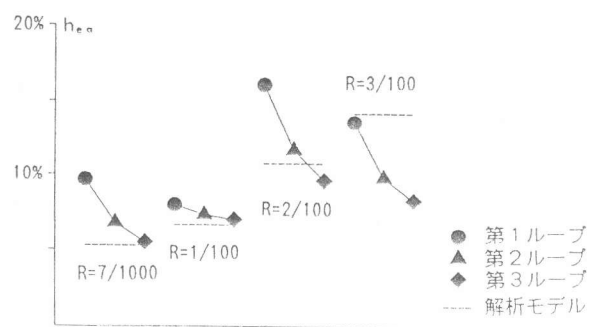


図-4 等価粘性減衰定数

ループ形状は接合部パネルにスリップ型を考慮していないため実験結果とは多少異なっているが、履歴ループ面積は等価粘性減衰定数で見ると $R=1/200$ rad. までは実験値より小さめとなっている。復元力特性が地震応答に与える影響はループ形状よりもスケルトンカーブと履歴面積が支配的であることから、解析に用いる復元力特性モデルは満足できるものと考えられる。また、設計上の層間変形角のクライテリアは $1.5/100 \sim 2/100$ rad. と考えられるので、このモデルを使うことによって安全側の検討ができるものと思われる。

2. 3 地震応答解析条件

地震応答解析は以下の条件で行った。

- 減衰は瞬間剛性に比例する内部粘性型とし、RC造、混合構造ともに1次の等価粘性減衰定数を3%とした。
 - 入力地震動は ① EL CENTRO 1940 NS, ② TAFT 1952 EW, ③ 八戸港湾 1968 NS, ④ THO-030 1978 NS の4波とし、4波の平均応答値で評価する。
- また、入力最大速度は高層建物等の解析に用いられている「レベルII地震」を想定して 50 cm/s とした。

3. 解析結果と考察

3. 1 混合構造・RC造の A_i 分布

混合構造の設計用外力を検討するために前記モデルによる弾性応答解析を行った。

混合構造とRC造の試設計建物の地震力の高さ方向への分布係数 (Ai) および弾性地震応答解析結果のせん断力応答から算定した Ai に相当する分布と、せん断力および層間変位を図-5に示す。これは設計時ベースシヤと同じになるように応答せん断力を補正して示した。

施行令ではAi分布係数は固有周期の関数で与えられるが、試設計モデルに対して固有値解析による精算値を用いて求めた Ai 分布係数は応答結果とほぼ一致しており、RC造よりも混合構造のほうがより応答値に近い値となっている。層間変形角も設計荷重による値と応答値がほぼ一致しており、混合構造骨組に対して固有値の仮定が正しければ現行の Ai 分布の仮定は適用できるものと考えられる。しかしながらRC造にくらべて、混合構造の場合は、設計時に通常使用されている固有周期の略算式 ($T = 0.02H + 0.01H_s$) との差が大きい。固有周期の精算値と略算値およびその比を表-1に示す。この略算式がスパン、階高等の関数になっていないため、混合構造に対してはこれらをパラメータとした検討が必要であると思われる。

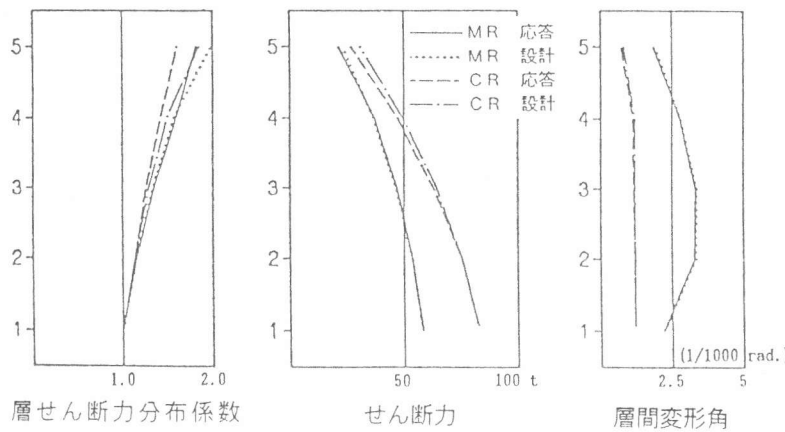


図-5 設計時応力と弾性応答結果

表-1 固有周期

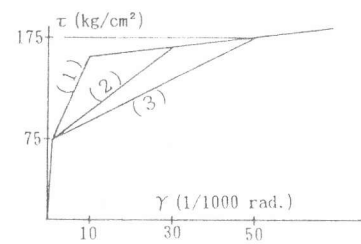
	MRモデル	CRモデル
精算	0.877	0.560
略算	0.515 *1	0.430
	0.618 *2	
比	1.70 *1	1.30
	1.42 *2	

*1 $H_s = 0.5H$ で算定
*2 $H_s = H$ で算定

3.2 接合部パネルの復元力特性が地震応答に与える影響

パネル破壊を意図した試験体ではパネルが図-2に示すように大変形時には大きく耐力低下しているが、現有するプログラムによる解析では耐力低下が考慮できないため、パネルのスケルトンカーブの2次剛性をパラメータとして解析した。RC造と混合構造では部材断面の関係でパネル耐力が異なるが結果を比較し易くするため、ここではせん断応力度 (τ) を等しく設定してパネルの厚さで調整した。解析パラメータとモデル名を図-6に示す。

混合構造およびRC造の最大層間変形角と最大せん断力分布を図-7、図-8に示す。両構造とも同様の傾向を示しているが、パネルの復元力特性の影響は混合構造では余り見られず、RC造の上層部の層間変位に現われている。層間変形角分布はパネル剛のモデルでは最上階の柱頭と上層の梁にヒンジが発生しているため上層の変形が中間層以下にくらべて大きくなっているが、最上層でも $R=1/100 \sim 1.5/100$ rad. であり設計クライテリアを満足している。パネル考慮のモデルでは中・下層部パネルが2次剛性域に入って剛性が低下したため応答変位が中間層で大きくなる傾向が見られる。P1モデルはパネルの2次剛性が高いためパネル剛のモデルとP2、P3モデルの中間的な応答性状となっている。この変化は2次剛性の仮



	混合	RC造
パネル剛	MR	CR
2次剛性(1)	MP1	CP1
2次剛性(2)	MP2	CP2
2次剛性(3)	MP3	CP3

図-6 解析パラメータ

定に忠実に現われており、2次剛性が低いモデルの方が変形が大きくなっている。スケルトンカーブ上でMP3モデルの最大層間変位を図-9に、全モデルのパネル変形を応答の大きかった3階のみを、4波平均と最大応答を記録したTHO-030波について図-10に示す。混合構造ではパネルの変形が余り大きくないことがわかる。

本解析の結果では梁降伏後接合部が破壊するモデルであっても、パネルの復元力特性が建物の弾塑性応答に与える影響は少なく、設計解析時には混合構造骨組については「接合部パネル剛」として応答解析しても良いものと考えられる。

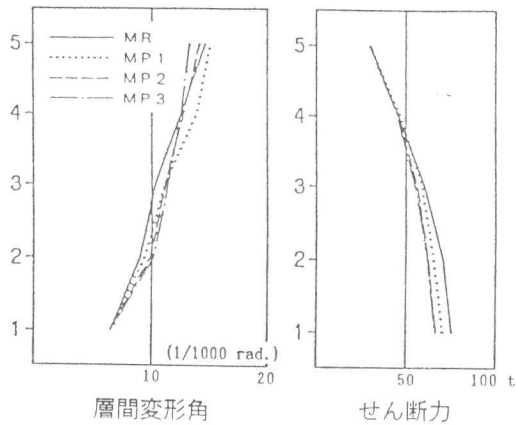


図-7 混合構造モデルの最大応答値

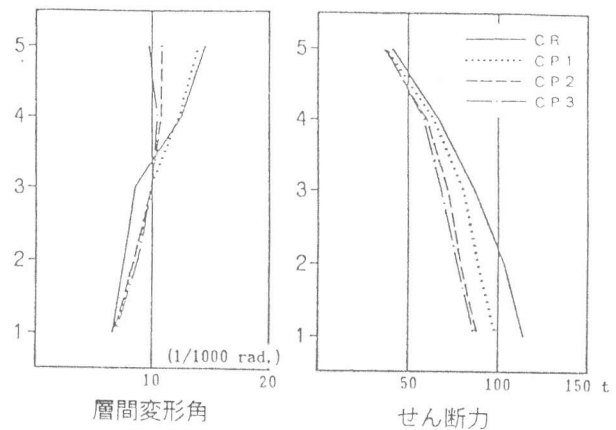


図-8 RC造モデルの最大応答値

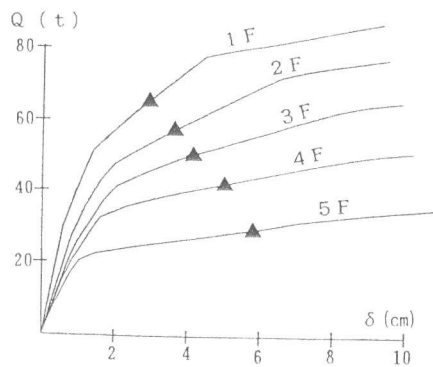


図-9 最大応答層間変位

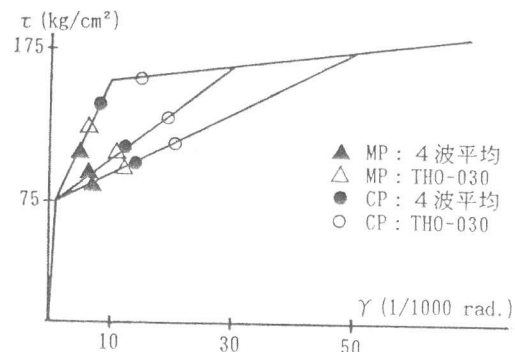


図-10 接合部パネル変位 (3F)

4. おわりに

混合構造の平面骨組モデルによる弾塑性地震応答解析の結果、梁降伏後接合部が破壊するようなモデルであっても、接合部パネルの応答に与える影響は少なく、「パネル剛」として解析可能である。また設計用Ai分布は固有周期として精算値を用いた場合には応答値と良く一致した。しかしながら混合構造の固有周期は精算値と設計用略算式では差が大きく、混合構造骨組に略算式を用いる場合には注意を要する。混合構造骨組について階数、スパン等をパラメータとした設計用固有周期の略算式と弾塑性応答挙動等に関してさらに検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) 吉野次彦, 狩野芳一, 三瓶昭彦, 佐々木仁: プレキャストコンクリート柱と鉄骨梁で構成された混合構造に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, No.2, pp.29-34, 1990.6