

## 外ダイアフラムをもつ鋼重層骨組の耐震設計に関する研究 (その2 骨組の動的応答における接合部係数の影響)

正会員 ○ 隋偉寧<sup>\*1</sup>  
同 大塚智子<sup>\*1</sup>  
同 山成實<sup>\*2</sup>

鋼重層骨組 柱梁接合部 半剛接合  
外ダイアフラム 動的解析

### 1. はじめに

本報告は(その1)<sup>[1]</sup>で用いた12個の半剛接合鋼重層骨組の柱梁仕口をエネルギー吸収要素として捉え、接合部係数の変化による地震応答について考察する。

### 2. 実在骨組の基本情報

解析に用いた骨組の鋼種は全てSS400, 柱, 梁および接合部パネルのひずみ硬化係数を0.02であり, 履歴特性はバイリニア移動硬化型である。一方, 柱梁仕口の回転バネは, 文献[2]で誘導した耐力を剛性に関する弾塑性力学特性に基づくトリリニア型(最後の分枝の剛性はゼロ)とした移動硬化の履歴特性をもつとした。

### 3. 地震応答解析

骨組の地震応答解析は小川が開発した任意形平面骨組の非線形解析プログラムclub.f<sup>[3]</sup>を用いた。解析モデルは図1である。外ダイアフラムは局部変形を代表させた回転バネとして組み込む。

地震応答解析における数値積分にはNewmark- $\beta$  ( $\beta = 1/4$ )によるとし, 時間増分は0.002 secとした。また, 骨組の減衰特性にRayleigh型とし, 減衰定数を2%とした。柱梁部材の弾塑性応答には部材端のみが塑性化する一般化ヒンジ法を用いた。

入力地震波はEl Centro NSとTaft EWの2種類であり, 地震の強さを50 cm/secに調整した。地震継続時間は図1半剛接合鋼重層平面骨組30.0 secである。

### 4. 最大層間変位角

(その1)で示した静的弾塑性解析結果から, 仕口の設計耐力の低下に伴って層間変位角は増大する。柱梁仕口の耐力を変化させた12個の骨組の動的応答の最大層間変位を調べた。図2はD骨組の結果である。同図は, 仕口の接合部係数 $r$ <sup>[1]</sup>を変数に取り,  $r$ が減少すると最大層間変位が増大するのではなく, 減少する事もある。これは特殊なケースでなく, 他の多くの骨組においても同様の結果が得られた。

### 5. 骨組の累積ひずみエネルギー

骨組を構成する柱, 梁, 接合部パネル及び接合部仕口それぞれの累積ひずみエネルギーを調べて, 骨組のバランスの良い塑性化を考察することができる。骨組を構成する各部分の累積ひずみエネルギーは式(1)で求められる。

$$E_s(t) = \int_0^t \{\dot{u}(t)\}^T \{p(t)\} dt \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし,  $\dot{u}(t)$  および  $p(t)$  は時刻  $t$  における部材端変位速度および部材端力である。

地震動終了時 ( $t = 30$  sec), 12個の骨組の構成部材種別毎の累積ひずみエネルギーの値を用いて考察する。4つのパターンに分類できる。2つの地震波は似た結果があるために, 地震波El Centro NSの結果を例として挙げる。図3になる。なお, 同図中の横軸にあるRは剛接合を意味する。

A骨組を代表する梁降伏タイプ。剛接合もつ骨組の梁が80%以上のエネルギーを吸収する。柱梁仕口が保有耐力接合を満足しなくなると, 80%の以上のエネルギーを仕口が負担する。これらの骨組は柱梁耐力比(その1)が2以上設計されている。

B骨組を代表する柱降伏タイプ。これらの骨組は柱梁耐力比が比較的小さい骨組である。剛接合の場合は柱が80%以上のエネルギーを吸収し, 余り良いエネルギー応答は見られない。接合部係数が1.1のとき, 接合部(仕口と接合部パネル)の吸収エネルギーが総吸収エネルギーの30%になり, 柱の負担を緩和する効果が生まれる。

J骨組を代表する接合部パネルがエネルギー吸収に極めて大きく貢献するタイプである。これ

らの骨組は, 骨組の高さと長さの比が小さい, すなわち横長の骨組であるのでせん断型の応答をする。また梁せいが低く設計されているため, 接合部パネルのプロポーションが縦

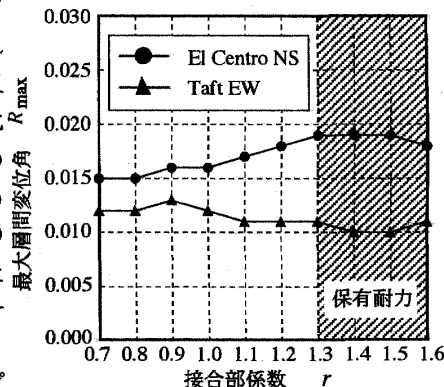


図2 最大層間変位角と接合部耐力

Study on Aseismic Design of Multi-storied Steel Frames with External Diaphragms

Part 2 Contribution of Connection in Dynamic Response

SUI Weining, OHTSUKA Tomoko and YAMANARI Minoru

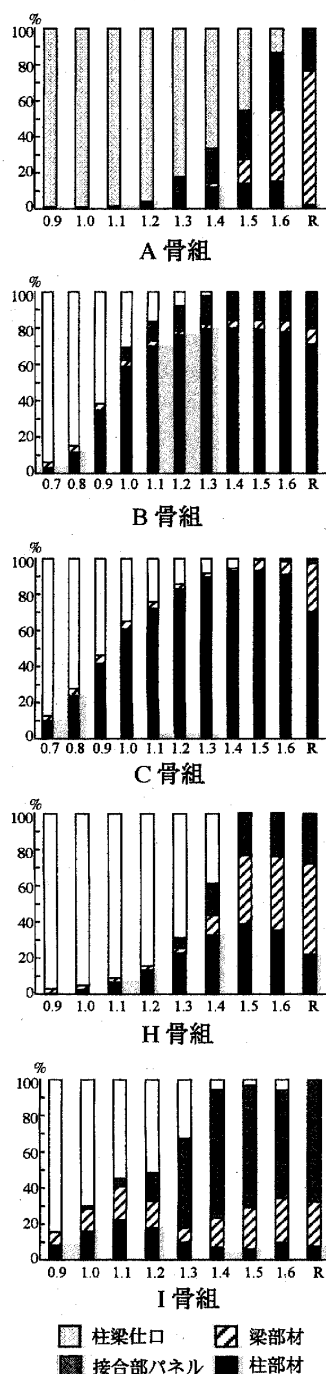


図3 各構成部材種別の累積  
ひずみエネルギー分担率

エネルギー応答は見られない。接合部係数  $r$  を変化させて骨組内

長でなくなるため、せん断降伏し易くなる。

C 骨組を代表する柱脚降伏タイプ。他の部材と比べると、柱脚が早期に降伏し始め、エネルギーが柱脚によって吸収する。柱降伏タイプと同じ、接合部係数が 1.0～1.1 のとき、接合部が吸収エネルギーが総吸収エネルギーの 30% になる。ただし、このタイプに分類するのが柱梁耐力比と関係ない。

H 骨組を代表するバランス良好タイプである。柱、梁、接合部各部分でエネルギーをバランス良く吸収する。剛接合の場合は、接合部パネルが 30% のエネルギーを吸収する。パネを組込むことによって、梁とパネルの吸収エネルギーの分担率が減少する。接合部係数が 1.4 ぐらいには、パネの吸収エネルギーが総エネルギーの 30% になる。(接合部係数の値は柱梁耐力比及び仕口梁降伏耐力によって変化する)

本研究用いた 12 個の骨組を吸収エネルギーに従って、表 1 の様に分類する。各降伏タイプも示した。

#### 6. エネルギー分担率の推移

B 骨組は柱の累積歪エネルギーを全歪エネルギーを占める割合が大きいため、余り良いエネルギー

の構成部材が吸収するひずみエネルギー分担量を調べることで、仕口の適正な強度を設定することができれば、バランス良

くエネルギー吸収する骨組設計が可能となる。ここでバランスが良いとは、特定の構造材種に損傷を集中させずに、全ての構成部材種がほぼ均等にエネルギー吸収を分担することを指すとする。

図 4 は B 骨組について構成部材種別のエネルギー分担率を接合部係数の変化に応じた結果を図示したものである。

#### 7. おわりに

柱梁仕口に起る局所変形を回転パネとして組入れた鋼重層平面骨組の地震応答解析を行った。

結果を以下にまとめる。

- 1) 地震応答解析結果の最大層間変位を検討した場合、柱梁接合部が弱くなっても必ずしも変位応答が増大することではなく、むしろ良好な結果が得られた。
- 2) 累積ひずみエネルギーの評価から、柱梁仕口は骨組のエネルギー吸収に与える影響を 4 つのパターンが見られる。
- 3) 柱梁仕口の耐力の調整は歪エネルギーの吸収バランスを調整することができる。

#### 謝辞

本研究は、(社) 日本鋼構造協会より平成 18 年度鋼構造研究助成および平成 19 年度熊本大学未来開拓支援事業より助成を受けた。ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] 隋偉寧, 山成實: エネルギー吸収型半剛接合鋼重層骨組の耐震設計に関する研究(その 1 静的構造解析から導かれる設計要件), 日本建築学会九州支部研究報告, 第 46 号, 2008.3
- [2] 隋偉寧, 山成實: 軸圧縮力と水平力を受ける外ダイアフラム仕口の力学的特性評価, 鋼構造論文集, 第 54 号, pp. 17-25, 2007.6
- [3] 小川厚治: 梁降伏先行鋼構造ラーメン骨組の地震応答性状の解明に関する基礎的研究, 平成 17 年度～平成 18 年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書, 2007.3

表 1 骨組の吸収エネルギー分類

骨組タイプ	骨組	特徴
梁	A, K, L	仕口が保有耐力を満足できなくなると、急激に累積歪エネルギーの分配率が増大する。
柱	B, D, G	柱脚だけでなく、特定層の柱の塑性化も起こり安い
パネル	I, J	パネルが降伏タイプの骨組である。パネルが総エネルギー 50% を吸収する。
柱脚	C, E	C 骨組のプロポーションは B 骨組と似ているが、部材寸法が大きい骨組であり。
バランス良好	F, H	剛接合の場合は、柱、梁、接合部各部分をエネルギーをバランス良く吸収する。

\*1 熊本大学大学院生

\*2 熊本大学大学院 准教授・工博

\*1 Graduate Student, Kumamoto University

\*2 Assoc. Prof., Kumamoto University, Dr. Eng.