

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2 骨組の動的応答における柱梁仕口の寄与)正会員 ○山成實<sup>\*1</sup>, 同 隋偉寧<sup>\*2</sup>2. 構造 - 10. 鉄骨構造 構造  
鋼骨組, 柱梁接合部, 半剛接合

## 1. はじめに

ここでは本報告(その1)<sup>1)</sup>で用いた11個の半接合鋼重層骨組の地震応答に対する柱梁仕口の寄与について考察する。解析には、円形鋼管柱・H形鋼梁を用いた外ダイアフラム接合形式の鋼重層平面骨組に地震波2種類とそれらの強さの変化させて入力している。

## 2. 実在骨組の基本情報

解析に用いた骨組は本報告(その1)<sup>1)</sup>と同じである。柱や梁部材および接合部パネルは、全てSS400クラスの鋼種であり、ひずみ硬化係数を0.02とするバイリニアで移動硬化型の履歴特性をもつものとする。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。骨組は計11個であり、いずれも現行耐震規定<sup>3)</sup>を満たすように柱および梁部材が設計されている。

## 3. 地震応答解析

図1は鋼重層平面剛接合骨組に接合部パネルおよび外ダイアフラム仕口の局部変形を代表させた回転バネ(局部変形バネと呼ぶ)を組入れた解析モデルである。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>4)</sup>を用

表1 入力地震動

入力地震波	最大加速度 cm/sec <sup>2</sup>	最大速度 cm/sec	継続時間 sec
El Centro NS	511	50	30
Taft EW	497	50	30

いた。

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。

入力地震データは表1に示す2種類であり、地震の強さを50 cm/secに調整した。地震継続時間は全て30.0 secである。

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。なお、梁部材と局部変形バネは直列バネとして扱った。

## 4. 最大層間変位角

静的弾塑性解析から導かれた仕口の降伏耐力と骨組の層間変位角の関係についてみると、(その1)で示したように、仕口の設計耐力の低下に伴って剛性も低下するので層間変位角は増大する。文献[5]では、梁端部に回転バネをもつ魚骨型骨組を用いた地震応答解析を行った結果、上

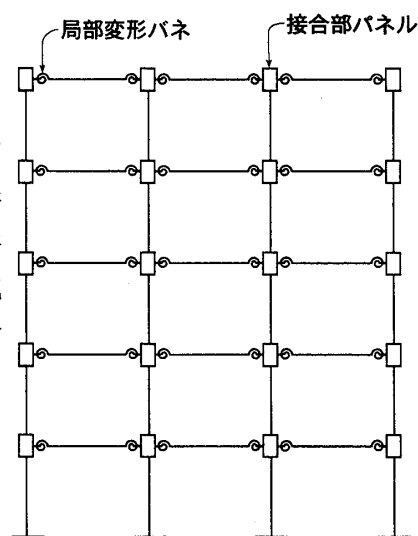


図1 半剛接合鋼重層平面骨組

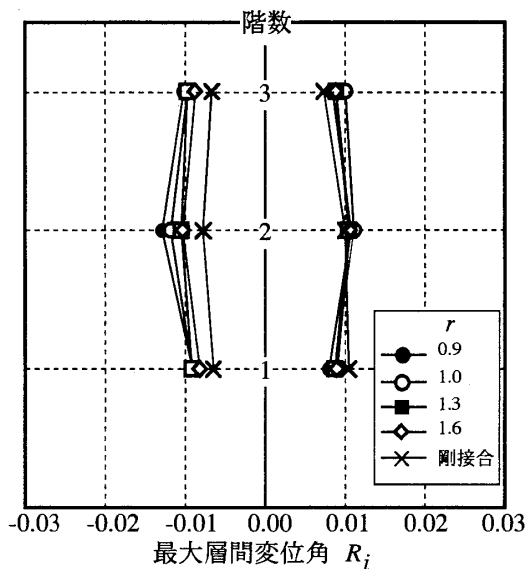
記の静的解析結果とは異なり、最大層間変位角は仕口の耐力低下にも拘らず増大しない傾向を得ている。

本報告においても同様に現実的な骨組について柱梁仕口の耐力を変化させた11個の骨組の最大層間変位を調べてみた。図2はD骨組の結果である。同図は、仕口の

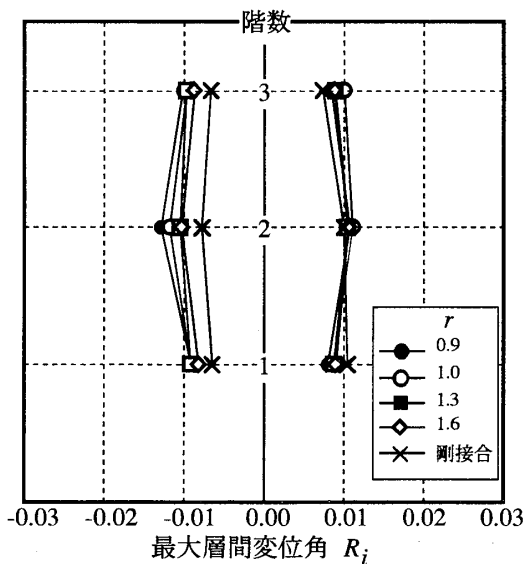
Study on Semirigid Steel Connections as Energy Absorbers in Frames

Part 2 Contribution of Connection in Dynamic Response

YAMANARI Minoru and SUI Weining



(a) El Centro NS



(b) Taft EW

図2 各層の最大層間変位角 (D骨組)

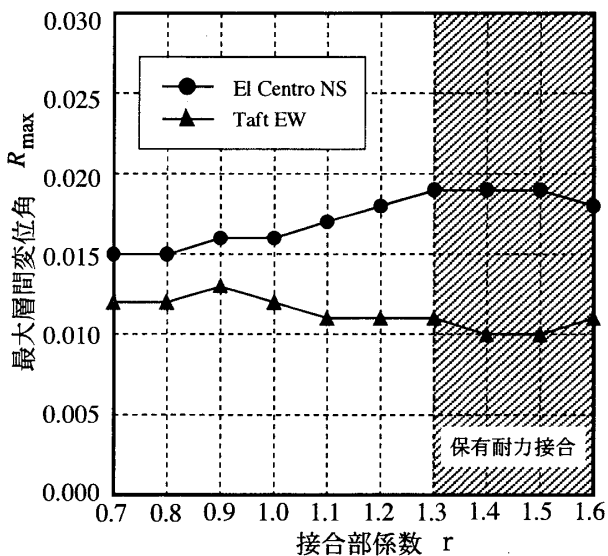


図3 最大層間変位角と接合部耐力 (D骨組)

接合部係数  $r^{(1)}$  を変数に取り、各層の最大変位角を左右の変位を区別してプロットしたものである。 $r$ が減少すると最大層間変位が増大するのではなく、むしろ減少する結果が得られたケースである。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、文献[5]の結論を支持している。例として、D骨組の結果について検討を加えるために図3を示す。同図は左右の最大層間変位角を区別せずに骨組全体の中で最大の応答値を  $r$  についてプロットしたものである。同図から分るように柱梁仕口が保有耐力接合された場合の結果と比べて、そうでない場合は2種類の地震波に対してしかいえないことであるが、最大層間変位に関しては弱い接合部を設計しても悪い応答を示すことはない。

### 5. 骨組の累積ひずみエネルギー

骨組を構成する部材の種類毎のひずみエネルギーの分担率を調べてみることで、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。

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

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。

各部材種別の累積ひずみエネルギーを同様に求めることができるので、式(1)の値に対するそれらの比を分担率と定める。なお、地震動終了時 ( $t = 30 \text{ sec}$ ) の値を用いて考察する。11個の骨組の構成部材種別毎の累積エネルギー分担率を調べると、以下の4つのパターンに分類できた。なお、同図中の横軸にある  $R$  は剛接合を意味する。

#### 5.1 柱梁仕口降伏タイプ

このタイプは柱梁仕口が保有耐力接合を満足しなくなると、急激に累積ひずみエネルギー分担率が増大し、他の部材のエネルギー吸収の機会を減少させる。この特徴は、これらの骨組の柱梁耐力比が比較的大きく設計されているので、柱梁仕口を梁より弱くすれば、このような

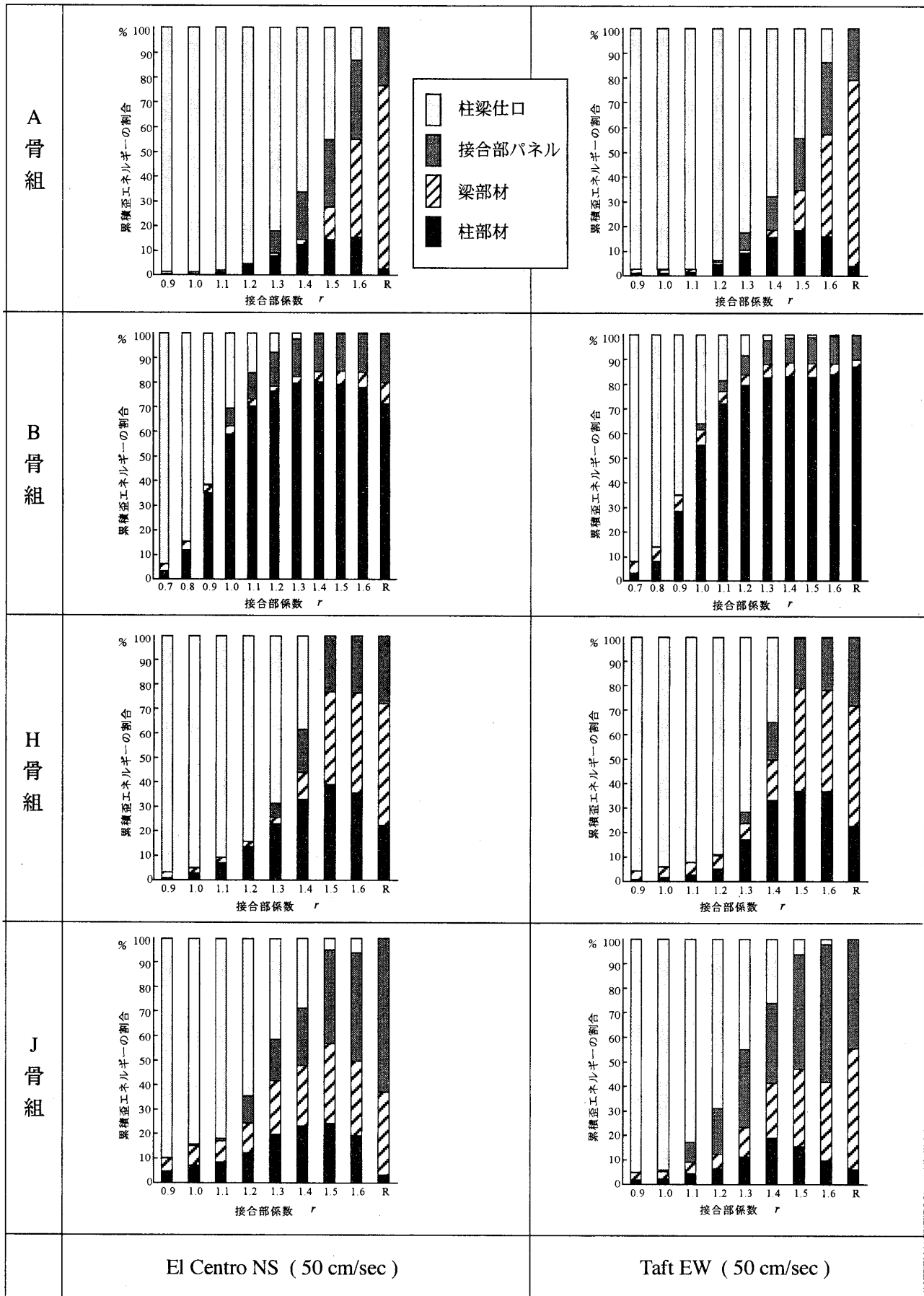


図4 各構成部材種別の累積ひずみエネルギー分担率

結果を得るのは当然のことである。A 骨組, K 骨組およびL 骨組がこの分類に入る。

### 5.2 柱降伏タイプ

柱梁耐力比が比較的小さい骨組である。従って骨組の1階柱脚を初め, 特性層の柱の塑性化が起こり, 余り良いエネルギー応答は見られない。B 骨組, C 骨組, D 骨組およびG 骨組がこの分類に入る。

### 5.3 接合部パネル降伏タイプ

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長でなくなるため, せん断降伏し易くなる。I 骨組およびJ 骨組がこの分類に入る。

### 5.4 効率の良いタイプ

柱梁仕口と接合部パネルを合わせたエネルギー吸収の割合が, 接合部係数 1.3 で約 30% である。他のタイプに比べて各構成部材のエネルギー吸収のバランスが良好と判断されるタイプである。F 骨組およびH 骨組がこの分類に入る。

## 6. おわりに

柱梁仕口に起る局部変形を回転バ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) 地震応答解析から得られた結果では, 最大層間変位各で検討した場合, 柱梁接合部が弱くなくても必ずしも変位応答が増大することはなく, 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バランスの良い損傷を起こす骨組のパターンが見いだされた。それは, 柱梁仕口と接合部パネルを合わせたエネルギー吸収の割合が約 3 割となるような接合部設計を見出すことができた。

なお, 上記の条件を満足させる仕口の設計法

を確立することが今後の課題として挙げられる。**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。本研究を進めるにあたり, 本学4年生の大塚智子女史の協力を得た。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] 2007年度版建築物の構造関係技術基準解説書, 国土交通省他監修, 2007.8
- [4] 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
- [5] 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・九州支部研究報告集, 第9号, pp.433-436, 1993.3

\*1 熊本大学大学院 准教授・工博

\*2 熊本大学大学院 博士後期課程・工修

Assoc. Prof., Kumamoto University, Dr. Eng.

Graduate Student, Kumamoto University, M. of Eng.