

半剛接合鋼重層立体骨組の弾塑性性状に関する研究

正会員 ○ 小篠 幸平*
同 山成 實**

鋼構造 立体骨組 半剛接合

1. はじめに

本報告は、半剛接合柱梁仕口をもつ鋼重層立体骨組に2方向水平力を作用させた静的弾解析を行い、その結果から得た知見を報告するものである。

2. 解析骨組

既往の研究^[1]で用いたD骨組は柱降伏型の平面骨組である。ここではこれを立体化して骨組の静的弾塑性解析を行った。骨組の形状および諸情報を図1、図2および表1に示す。骨組の柱梁接合部は外ダイアフラム形式とする半剛接合である。任意方向水平力を作用させた力学的特性を調べるため、図1に示すように作用方向角 θ を2軸水平力の合力の向きとして θ を変化させて解析を行った。

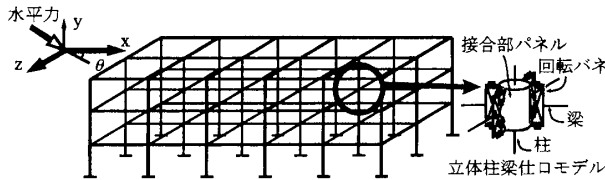


図1 立体解析骨組と水平力の作用方向角
表1 解析骨組情報

	層	層重量(kN)	柱	断面寸法(mm)	梁	断面寸法(mm)
D骨組	3層	1579.36	C1	○-355.6×12	B1	H-446×199×8×12
	2層	1735.98	C2	○-400×12	B2	H-496×199×9×14
	1層	2226.36	C3	○-406.4×12.7	B3	H-500×200×10×16

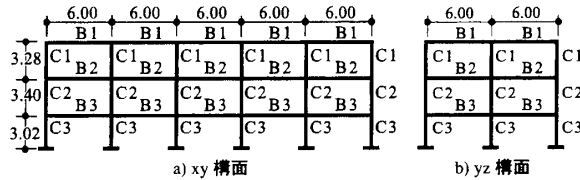


図2 解析骨組形状(単位:m)

3. 解析条件

解析に用いたプログラムはABAQUS Version 6.7である。鋼材はSS400を用いたとして構成部材の耐力および剛性を設定した。ひずみ硬化係数は部材力-部材変形関係において0.02とするバイリニア型とした。局部変形バネは接合部係数 r を指標として誘導した耐力^[2]と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。

3.1 部材の力学的性質

解析モデルは柱梁部材には一次元有限要素を用い、接合部パネルには円形鋼管柱部材とH形鋼梁部材寸法で定められる平板厚肉シェルを用いた。接合部パネルは鋼管の上

下を剛板で塞いだモデルである。半剛接合柱梁仕口をモデル化する回転バネは、図3のように2種類の伸縮バネ要素と剛要素を用いてモデル化した。これらのバネを梁端部に組み込んだ様子を図4で示す。

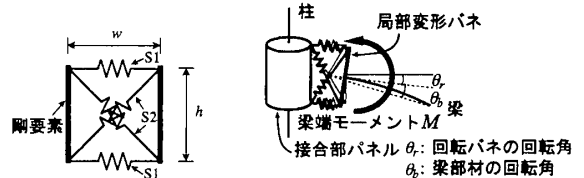


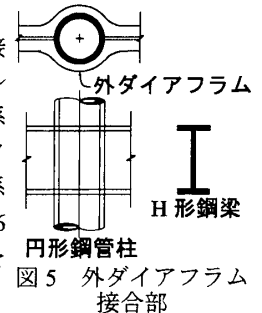
図3 2種の伸縮バネ要素 図4 半剛接合柱梁仕口

3.2 荷重条件

骨組の弾塑性性状を得るために、柱梁接合点と梁中央部に鉛直荷重を作用させた。作用方向角 θ の方向に骨組頂部倒角が $1/20 \text{ rad}$ に達するまで各階の床位置に現行の耐震規定で定める水平力を比例载荷した。水平力はすべての節点において梁部材に軸方向応力が生じないように作用させた。

3.3 接合部係数

図5のような外ダイアフラム接合部をもつ半剛接合骨組のモデルの数値実験を行うために、接合部係数 α を柱梁仕口の強度パラメータ r として表すことにする。接合部係数 r を式(1)で示す。 r を0.7から1.6までの0.1刻みで変化させて解析を行った。



$$r = \frac{M_{r \max}}{M_{pb}} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $M_{r \max}$ は柱梁仕口の最大耐力、 M_{pb} は梁の全塑性曲げモーメントである。

3.4 仕口梁降伏耐力比

外ダイアフラム接合部の力学的特性評価式^[2]によって得られる柱梁仕口の降伏耐力 M_{ry} と梁の全塑性曲げモーメント M_{pb} の比として仕口梁降伏耐力比 r_y を式(2)で定義する。

$$r_y = \frac{M_{ry}}{M_{pb}} \dots \dots \dots (2)$$

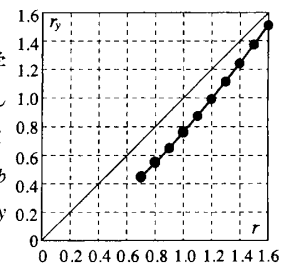


図6 $r-r_y$ の関係

D骨組の接合部の $r-r_y$ の関係は図6で得られている。^[2]

同図より $r_y = 1.0$ に対応する r の値は概ね 1.2 であることが分かる。

4. 骨組の降伏耐力および降伏時変形

層せん断力-層間変位角曲線から骨組各層の降伏耐力を求める。層せん断力-層間変位角曲線の接線勾配が初期剛性の 1/3 に達したときの耐力を各層の降伏耐力とした。これを 1/3 剛性耐力と呼ぶ。^[4] 1/3 剛性耐力 P_y およびそれに対応する降伏層間変位角 R_y を求め、図 7 および図 8 が得られた。

図 7 から第 2 層、第 3 層では、1/3 剛性耐力 P_y は $\theta = 0 \text{ deg}$ から $\theta = 45 \text{ deg}$ まで接合部係数 r に関わらず増加し、それから $\theta = 90 \text{ deg}$ まで減少していることが窺える。これは、両構面の骨組がそれぞれ耐力を発揮するため、 $\theta = 45 \text{ deg}$ で相対的に耐力が上昇していることによると考えられる。 $\theta = 0 \text{ deg}$ の方が $\theta = 90 \text{ deg}$ と比べて大きいのは、xy 構面の骨組が現行の耐震規定を満たした設計がなされている骨組を対象としているのに対し、yz 構面の骨組はその骨組の 2 スパンを取り出した骨組であり、xy 構面の骨組より十分弱い骨組であるためである。しかし、そのような骨組であっても、 $\theta = 45 \text{ deg}$ のときの耐力が最も大きくなっており、仕口を弱くしても、立体的な性状は柱梁仕口を剛接合した Rigid の骨組と比べて変化しないことが分かる。 $\theta = 45 \text{ deg}$ から $\theta = 90 \text{ deg}$ にかけての減少量の割合は r によってほとんど変化しないのに対し、 $\theta = 0 \text{ deg}$ から $\theta = 45 \text{ deg}$ までの増加量は r が小さいものほど大きく、 r が大きいものほど小さくなる。また、第 1 層では、1/3 剛性耐力 P_y は r が小さいとき、 $\theta = 45 \text{ deg}$ で耐力が最大になっているが、 r が大きいときは、 $\theta = 45 \text{ deg}$ で耐力が低下する傾向にある。これらは、 r が大きい骨組、すなわち仕口の強い骨組は、梁端部の剛性も高く、柱が主に降伏して骨組の耐力が低下する。解析骨組である D 骨組はもともと柱の弱い骨組であるため、仕口が強くなることによって柱が多く降伏し、 $\theta = 45 \text{ deg}$ で初期降伏が早めに起こってしまい降伏耐力が小さくなってしまったと考えられる。換言すると、仕口を弱くすることで、両構面の骨組の耐力を発揮できるようになることが示された。

図 8 から第 2 層、第 3 層では、降伏層間変位角 R_y は、 $\theta = 0 \text{ deg}$ から $\theta = 45 \text{ deg}$ または $\theta = 60 \text{ deg}$ まで増加し、その後 $\theta = 90 \text{ deg}$ まで減少する。これは r の大きさ

に関わらず不規則であるが、 r が大きくなると $\theta = 45 \text{ deg}$ の場合で小さくなる傾向もある。また、同様に、第 1 層では、 r が大きい骨組は $\theta = 45 \text{ deg}$ で小さくなる傾向にある。先に述べたように仕口が強くなることで柱が多く降伏し、降伏耐力と同様に初期降伏が早めに起こり、降伏時変形も小さくなってしまふと考えられる。 $\theta = 45 \text{ deg}$ のときに最大値を得るとは限らず、いくつかの例外を除いて、骨組の最大耐力の方向に層間変位角の最大値を示すという傾向があることを示している。

5. おわりに

半剛接合柱梁仕口をもつ鋼重層立体骨組を静的解析した結果、仕口を半剛接合にすることで 2 方向水平力を受けたときに両構面の骨組の耐力を有効に発揮できることが判明した。

<謝辞>

本報告は指宿友里氏の研究成果をまとめさせていただいたものである。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 大塚智子, 山成實: 立体半剛接合鋼重層モーメント骨組の動的性状に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第 17 巻, pp.13-20, 2009.11
- 2) 階偉寧, 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) 社団法人日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, 第 2 版, pp.121, 2006.3
- 4) 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 海原広幸: 外ダ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), 構造工学論文集, Vol.38B, pp.475-484, 1992.3

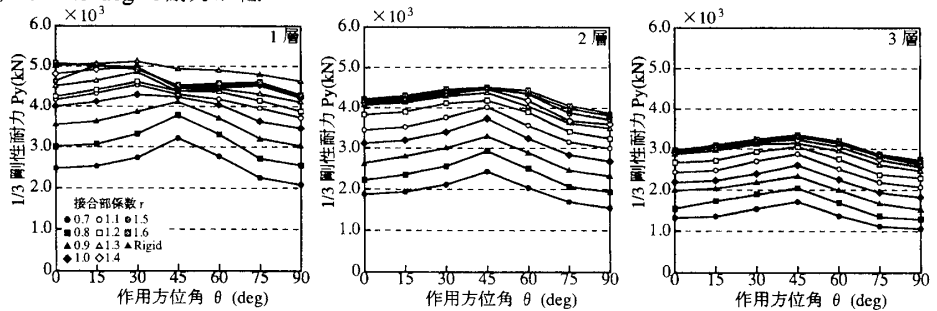


図 7 作用方向角と 1/3 剛性耐力の関係

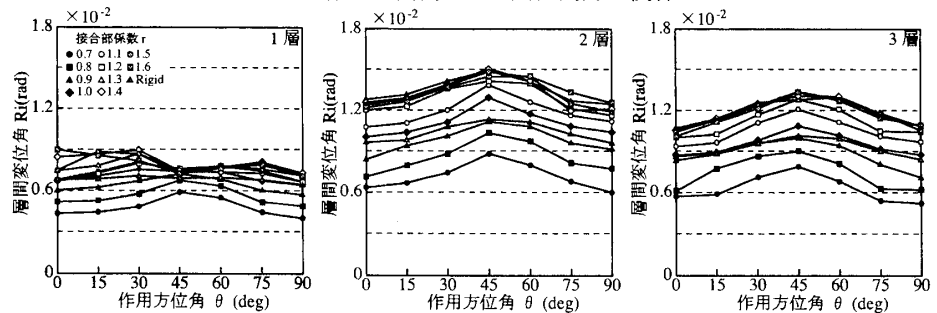


図 8 作用方向角と降伏層間変位角の関係

* 熊本大学大学院自然科学研究科

大学院生

** 熊本大学大学院自然科学研究科

准教授・工博

* Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ.

** Assoc. Prof., Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Dr. of Eng.