

半剛接鋼骨組の耐震設計に関する研究
(十字形骨組の接合部エネルギー吸収)

X4. 数値計算	Y3. 柱・はり接合	Z1. エネルギー吸収
	Y6. ラーメン	

正会員 ○ 渡辺純仁¹, 同 山成 實²
同 小川厚治³, 同 黒羽啓明⁴

1. 序 接合部の広がりやを考慮した骨組の解析において、重要なことは接合部パネルと柱梁仕口の変形を考慮することである。補剛量が比較的少ない接合部ではその変形が大きいばかりでなく、強度も柱梁部材強度に相対的に近づく結果、接合部の降伏は避けられない。本研究では、半剛接鋼骨組の設計を行う上で接合部の強度をどのように設定すれば合理的になるかを調べるために骨組の静的弾塑性解析を行い、接合部のエネルギー吸収寄与を調べ、接合部強度について検討する。

2. 骨組解析 解析の対象とする骨組は、スパン6m階高3mの多層多スパンラーメン架構中の図1の十字形骨組に限定し、接合部左右の梁、上下の柱の断面は同一とする。接合形式は柱梁仕口の変形が顕著とされる角形鋼管柱をもつ外ダイアフラム接合部とする。この型の接合部は接合部パネルのせん断変形のみならず柱梁仕口の局部変形が比較的大きいことが知られている^[1]。解法は文献[2]の拡張たわみ角法であり、部材の曲げおよびせん断変形、接合部パネルのせん断変形、柱梁仕口の回転変形を考慮してある。仕口の弾性回転剛性は文献[3]の修正式(1)で与えられ、他の構成要素は初等理論によった。

$$K_r = 2.823 \left(\frac{B+H_d}{B} \right)^{4.603} \left(\frac{B+T_d}{B} \right)^{1.353} \left(\frac{B}{T_c} \right)^{2.371} \left(\frac{D_w}{B} \right)^{0.303} \frac{E I d^2}{(B/2)^3} \dots (1)$$

ただし、B、T_cは鋼管柱の幅、管厚、H_d、D_w、T_dはダイアフラムのせい、幅、板厚、dは梁フランジ厚中心間距離、Eはヤング係数、I=T_c³/12である。

3. 骨組の設計 接合部の設計は文献[4]に従い、さらに以下の条件を加えて行った。

- (1) H_d/B ≤ 0.4
- (2) 0.75 ≤ T_d/T_c ≤ 2.0
- (3) $\frac{B/2+H_d}{T_d} \leq \frac{24}{\sqrt{F}}$
- (4) 1.0 ≤ d/B ≤ 2.0
- (5) B/2 ≤ D_w ≤ B-4T_c

骨組の性質を表すパラメータとして梁柱強度比(bM_p/cM_p)、パネル降伏比(R_{pp})および

柱梁仕口強度比(R_{L_v})を採用し、 $0.3 \leq bM_p/cM_p \leq 2.0$ 、 $0.5 \leq R_{pp} \leq 1.3$ 、 $0.7 \leq R_{L_v} \leq 1.3$ の範囲で、現在用いられる断面を全て選び与えられた設計条件の下で骨組を設計し、これらの骨組を縦軸に R_{pp} を横軸に bM_p/cM_p を取りプロットすると図2のようになる。図中の×印は仕口が最大耐力接合^[5]ができないものである。外ダイアフラム接合の角形鋼管柱骨組では同図からパネル降伏比(R_{pp})が概ね0.5以上で設計されることが分かる。設計可能な骨組の中で柱断面を□-250x250x12とし、同様に図示すると図3のようになる。図中の△印は文献[1]の試験体である。

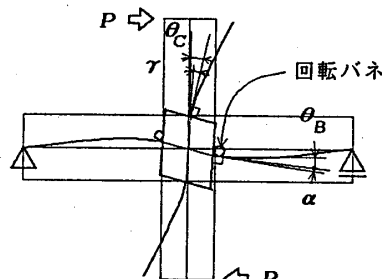


図1 半剛接合十字形骨組

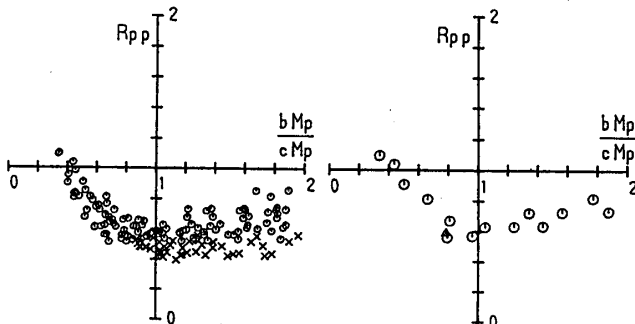


図2 パネル強度比-梁柱強度比 図3 解析骨組

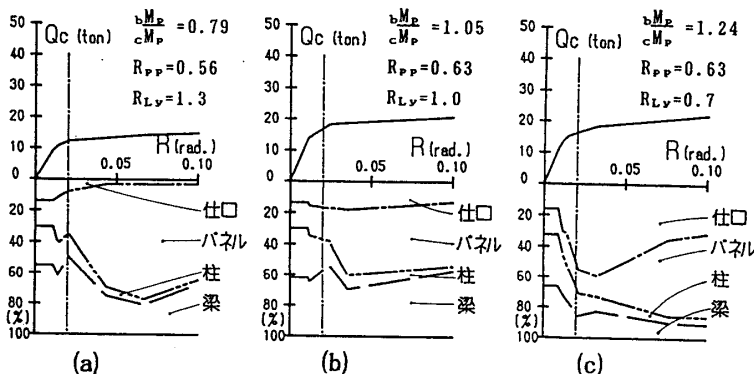


図4 解析結果

A study on earthquake resistant design for semi-rigid steel frames
- Energy dissipation of beam-to-column connection in a subassembly -

4. 解析例 解析は柱の変形角が1/10に達するまで静的に水平変位を作用させた。全ての骨組の中で例として、接合部あるいは仕口の強さを变化させた解析例を図4に示す。縦軸を柱せん断力、横軸を変形角とする荷重変形関係の下部に柱、梁、接合部パネルおよび柱梁仕口が吸収した骨組全体に対するエネルギー吸収寄与分を示す。図中の一点鎖線は変形角が1/50であることを示す。(a)は極端に梁が弱い設計の例であり、梁部材が骨組全体の40%以上エネルギー吸収している。(b)は柱と梁の強度および梁と仕口の強度がほぼ同等の場合である。柱を除く全ての構造要素が大変形域まではほぼ一定のエネルギー吸収寄与分を保つことが分かる。(c)は梁が強く柱梁仕口が弱い例である。この例では仕口の強度が梁の70%と極端に弱いので仕口のエネルギー吸収寄与分は骨組の変形角が1/50に達するまでに50%にまで上昇した。

5. 接合部の強度とエネルギー吸収 35個の骨組に対し、骨組の変形角が1/10に達した時の接合部のエネルギー吸収寄与分を梁柱強度比を变化させて図示すると図5が得られる。仕口が梁強度を下回ると接合部は骨組の全エネルギー吸収の1/3を超えることが分かる。図6は仕口の強度比を变化させて同様に図示したものである。仕口を十分強くしても接合部パネルの降伏により接合部の寄与分は0に収束することはない。図7は横軸にパネル強度比を取り接合部のエネルギー吸収寄与分を調べたものである。仕口の強度が梁強度以下の場合には接合部は骨組のエネルギー吸収の約30%以上を負担することが分かる。図中の一点鎖線は仕口の強度比毎に結果を直線近似したものである。パネル強度比が増すにつれて仕口の強さに関わらずパネルのエネルギー吸収寄与分は低下し、仕口強度比が1.0を下回ると接合部の寄与分は急激に増加する。田中^[6]は、パネル強度比が0.7以上あれば、骨組の耐力および塑性変形能力さらにエネルギー吸収能力の面で問題がないと結論している。パネルの降伏後の耐力上昇に伴い仕口に降伏が生じる場合は、仕口の強度も下減値を与えれば接合部のエネルギー吸収を認める設計が可能となろう。

6. 結論 パネル強度のと柱梁仕口の強度を变化させた接合部が変形する十字形鋼骨組の弾塑性解析を行った結果、仕口の降伏をも考慮した設計がより設計の自由度が増すことを示した。

参考文献 [1] 渡辺純仁, 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 海原広幸, 水平荷重を受ける角形鋼管柱骨組の接合部の弾塑性挙動に関する実験的研究(柱梁接合部の局部変形について), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造C2, 1989年10月, PP. 1619-1620

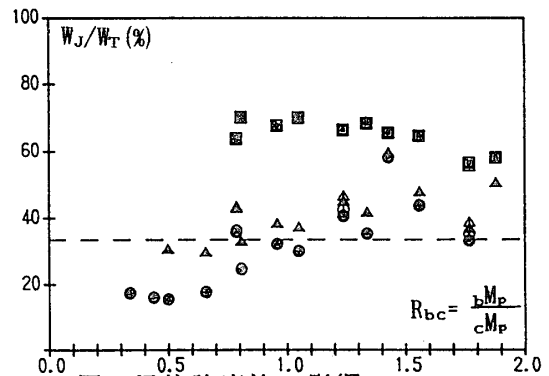


図5 梁柱強度比の影響

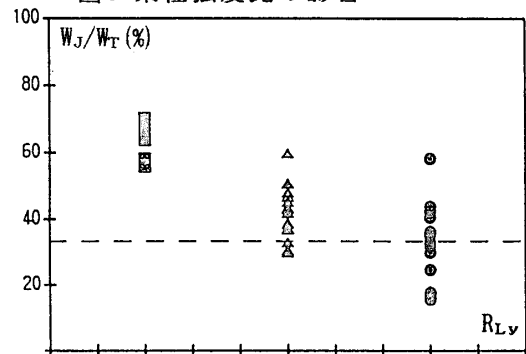


図6 仕口強度比の影響

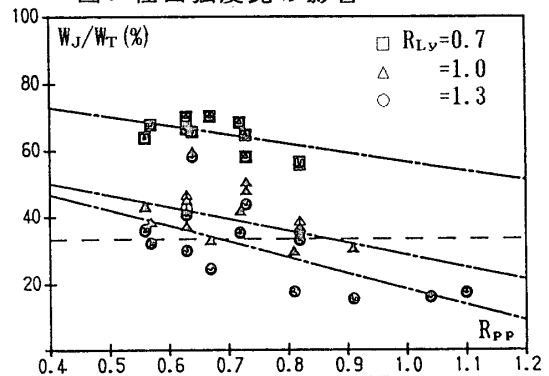


図7 パネル強度比の影響

[2] 上田恭伸, 金谷弘, 田淵基嗣, 上場輝康, 鋼管柱ラーメン接合部変形の骨組変形への寄与率-その1. 接合部変形を考慮した骨組の弾塑性解析-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造C2, PP. 923-924

[3] 渡辺純仁, 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明, 半剛接鋼骨組の柱梁仕口の復元力特性に関する研究(角形鋼管柱・H形鋼梁仕口の回転剛性の評価式), 日本建築学会九州支部研究報告集, 第32号, 1991年3月, PP. 209-212

[4] 日本建築学会, 鋼管構造設計施工指針同解説, 1990年1月

[5] 日本建築学会, 鋼構造限界状態設計規準(案)・同解説, 1990年2月

[6] 日本建築学会構造委員会鋼構造運営委員会, シンポジウム鋼構造物の柱はり接合部の挙動と設計上の問題点, 1990年9月

1 日建設計, 2 熊本大学助手, 3 同助教授・工博, 4 同教授・工博