

半剛接合された角形鋼管柱・H形鋼梁骨組の実験的研究

(その2 考察)

| | | |
|------------|-----------|-----------|
| X1. 構造設計一般 | Y3. 柱梁接合部 | Z1. 復元力特性 |
| X5. 載荷実験 | Y6. 半剛接骨組 | Z8. 局部変形 |

正会員 ○ 山成 實¹, 同 小川 厚治²,
同 黒羽 啓明³, 同 海原 広幸⁴

1. はじめに

(その1) で述べた実験結果について考察を加える。

2. 骨組の解析

2.1 記号および名称 実験結果の検討を行う前に図1に示すように骨組試験体の各所の記号と名称をまとめておく。座標系は右手系とし、回転の正方向は右ねじの法則に従うものとする。前報告で述べたように図中の P_1 および P_2 は等しいので、骨組の構面は一定に保たれる。

2.2 仮定 骨組の挙動を解析にする際の以下のように仮定する。

- (1) 柱および梁部材は線材として扱い、変形後も断面は平面保持する。
- (2) 接合部パネルは柱および梁のフランジ厚中心間距離で囲まれた領域とし、変形はせん断変形のみを考慮する。
- (3) 柱梁仕口の変形は回転変形のみを考慮する。

3. 骨組の弾塑性挙動 2体の骨組試験体の実験結果について検討する。

3.1 CFRE骨組の構成部材の剛性

3.1.1 梁部材 梁部材のみが変形するときの梁自由端たわみ (δ_B) は式(1)で与えられる。

$$\delta_B = \left(\frac{L^2}{3EI_B} + \frac{1}{GA_{WB}} \right) PL \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 L 、 I_B および A_{WB} は、それぞれ梁部材の実長、断面2次モーメントおよびウェブ断面積である。 P は梁自由端に作用する横力である。 E および G はそれぞれヤング

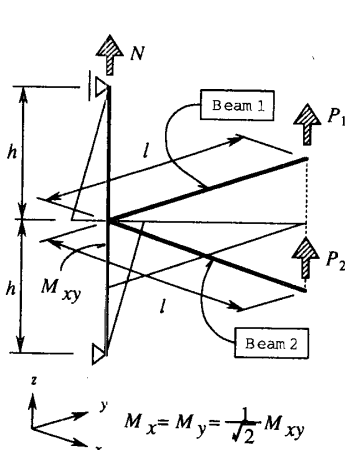


図1 記号および名称

係数およびせん断弾性係数である。

式(1)から梁部材が骨

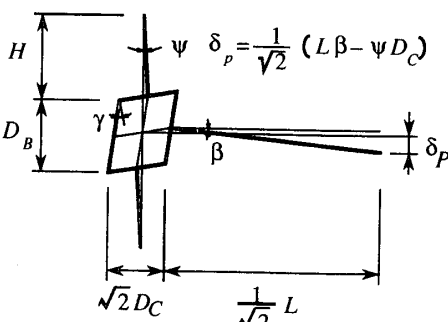


図2 接合部パネルの変形

組の剛性に関与する剛性 (K_B) を求めると式(2)が得られる。

$$K_B = \frac{1}{L} \left(\frac{L^2}{3EI_B} + \frac{1}{GA_{WB}} \right)^{-1} \quad \dots \dots \dots (2)$$

3.1.2 柱部材 梁部材と同様に外力によって柱部材のみが変形するときの梁自由端変位から柱部材が骨組の剛性に関与する剛性を求める。柱部材には梁自由端の横力および柱自由端に軸方向力が作用するので、それぞれの外力について考えると、各剛性はそれぞれ式(3) および式(4) で表される。

$$K_C = \frac{2h^2}{l^2 H} \left(\frac{H^2}{2EI_C} + \frac{1}{GA_{WC}} \right)^{-1} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$K_N = \frac{3EI_C}{16h} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ただし、 A_{WC} は柱ウェブ断面積である。

3.1.3 接合部パネル 図2に示されるように接合部パネルのみが変形するときの梁自由端変位 (δ_p) を求め、接合部パネルの変形が骨組の剛性に関与する剛性 (K_p) は式(5)で与えられる。

$$K_p = \frac{1}{K} G_{AC} \frac{2D_B h (2H + D_B)}{(2HL - D_B D_C)(2Lh - D_B l)} \quad \dots \dots (5)$$

κ は角形鋼管断面のせん断に関する形状係数である。

3.1.4 柱梁仕口 柱梁仕口の変形を回転変形として評価すると、仕口が骨組に関与する剛性 (K_L) は式(6)で与えられる。

$$K_L = \frac{K_r}{L^2} \quad \dots \dots \dots (6)$$

ここに、 K_r は文献[1]で示した外ダイアフラム仕口の回転剛性である。

3.1.5 骨組の剛性 以上で求めた骨組の構成部材剛性を用いて骨組の初期剛性を求めると、式(7)が得られる。

$$K = \left(\frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_C} + \frac{1}{K_N} + \frac{1}{K_p} + \frac{1}{K_L} \right)^{-1} \quad (7)$$

3.2 CFRE骨組の荷重-変形関係 骨組の構成部材の降伏耐力を全塑性耐力として扱うこととし、それらを表1に示す。表中の仕口の降伏耐力は田淵らの降伏耐力推定

式[2]から求めたものである。仕口の降伏後の硬化係数は文献[1]によるものとし、他の部材の硬化係数は一律2.0%として骨組の荷重-変形を計算すると、図3の破線が描かれ、簡単な計算でありながら骨組の実挙動を良く追跡できている。

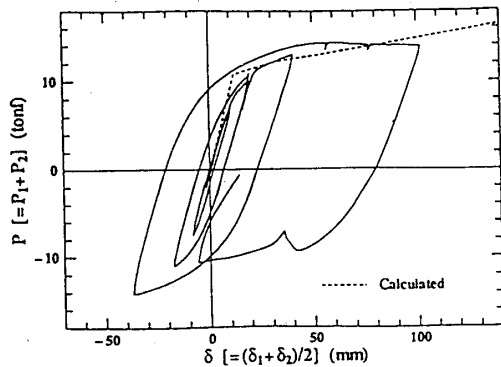


図3 計算結果

同図の縦軸および横軸は、それぞれ2つの梁自由端外力の和および両端の変位の平均値である。この実験では2つの外力が常に等し保たれるので、構面は変化せずに柱の軸線と2つの梁自由端の midpoint を含む平面に留まる。

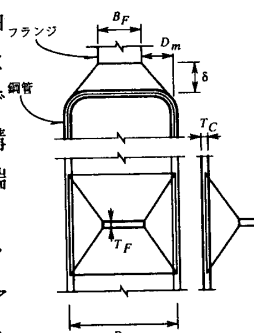


図4 仕口の機構

3.3 CFRE骨組の仕口の降伏耐力 内ダイアフラム接合部骨組の梁フランジにダイアフラムを省いた場合、実験結果に示されたように、その部分でフランジ力による柱材の管壁面が面外変形する。仕口の変形の大部分はこれによるものであり、接合部は弾性状態から柔らかいのが特徴である。

無補剛部分の降伏耐力の計算方法は文献[3]が挙げられる。接合部降伏時のフランジ力 (P_{jy}) は式(8)で与えられる。

$$P_{jy} = 8M_p \sqrt{2 \frac{B_F - T_C}{D}} + 4M_p \frac{T_F}{D} \quad \dots \dots (8)$$

ただし、 $M_p = \frac{T_C}{4} \sigma_y$ 、 $D_m = \frac{D_C - B_F}{2}$ であり、式中の記号は図4を参照。

実験結果と式(8)から求められる接合部降伏耐力を梁自由端外力に換算して図示すると、図5のようになり骨組の降伏荷重を良く表していることが分かる。

4. 接合部変形の骨組の挙動におよぼす影響 図6は前述の骨組の荷重-変形関係の計算方法を用いて、CFRE骨組の接合部変形が骨組変形に及ぼす影響を調べたものである。以下の場合分けて接合部の変形を考慮して解くことにする。

- Case1 全ての変形成分を考慮する場合
- Case2 パネルの変形成分を無視する場合
- Case3 接合部を剛と見なした場合

接合部変形が骨組全体の変形に占める割合は上記の計算結果から算出できる。弾性域では接合部パネルおよび仕口

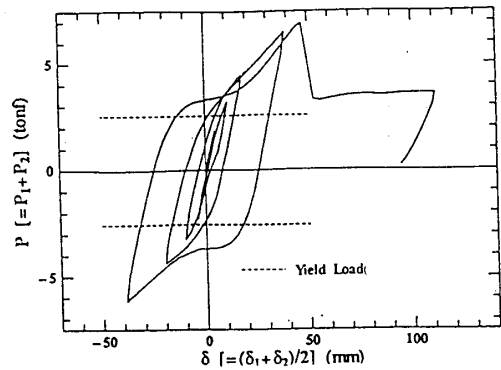


図5 仕口の降伏耐力

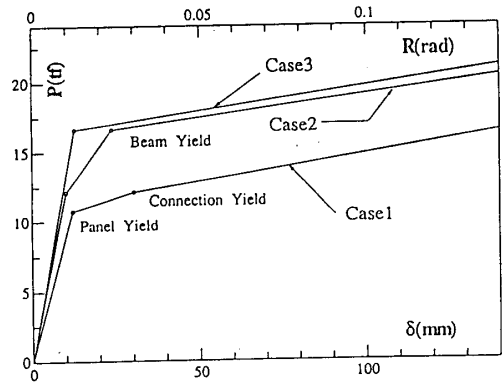


図6 計算結果の比較

の変形
の寄与分は、それぞれ6.7%および26.2%であり、接合部のみでおよそ3割の変形寄与があったことが分かる。接合部の降

表1 部材及び骨組の耐力

| 降伏モード | 部材耐力 tf cm | 梁自由端力 tf |
|---------|---------------|-------------|
| 柱の曲げ | 940.5 | 10.68 |
| 梁の曲げ | 1091.4 | 8.312 |
| パネルのせん断 | 926.7 | 5.388 |
| 仕口の曲げ | 797.2 | 6.066 |

伏以後は更に寄与分が増すことは図6を見て理解できよう。

5. おわりに 実験結果の考察を要約する。

- (1)外ダイアフラム接合部骨組の弾塑性挙動をここで示した簡単な計算方法で良く追跡できることが分かった。
- (2)無補剛の角形鋼管・H形鋼フランジの溶接接合部の降伏耐力は降伏線理論で精度良く予測できることを確認した。
- (3)半剛接合部の一例である無補強接合部の繰返し弾塑性変形挙動に対する予測は今後の課題である。

参考文献 [1] 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(半剛接合部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, 1992年3月, pp.475-484
[2] 田淵基嗣, 金谷弘, 上場輝康: 角形鋼管柱・H形鋼はり接合部の局部耐力推定式-角形鋼管柱溶接接合部の実験的研究2-, 日本建築学会論文報告集, 第352号, 昭和60年6月, pp.79-89 [3] 森田耕次, 江波戸和正, 渡辺仁, 山本昇, 安田博和, 里見孝之: 箱形断面柱-H形鋼面はり接合部のダイアフラム補強に関する研究-接合部降伏耐力の評価-, 日本建築学会構造系論文報告集, 第368号, 昭和63年6月, pp.100-111