

鋼管柱・H形はり接合部の終局強度解析 (その2)

——鋼管の径厚比の影響——

Ultimate Strength Analysis of Tubular Column to H-Beam Connections (Part 2)

——Influence of a diameter-thickness ratio of a circular column——

弓 削 康 平*・都 井 裕*・寺 岡 勝*

Kohei YUGE, Yutaka TOI and Masaru TERAOKA

1. 序

前報¹⁾では、構造要素のクラッシュ解析を目的に開発された有限要素コード²⁾を用いて、十字形高張力遠心鋼管柱・H形はり接合部が、鉛直荷重を受ける場合について解析を行うとともに、解析結果と既存の実験結果との比較を行い、本解析手法により実験結果を良好にシミュレートできることを示した。

本報では、前報と同一の解析手法により、前報の解析モデルと全体寸法が同一の十字形高張力遠心鋼管柱・H形はり接合部が鉛直荷重を受ける場合について解析を行い、主として鋼管の管厚 (径厚比) の違いが終局強度、崩壊モード、および変形状に与える影響を検討した結果を示す。

2. 解析条件

解析手法、解析モデルの全体寸法および材料定数は前報に示したものと同一で、解析は、図1および表1に示す4種類のケースについて、荷重低下を生じ、崩壊モー

ドが明確に現れるまで行った。

表1に示す4つのケースの解析モデルの主パラメータは、接合部鋼管の径厚比 ($D_p/\rho t_p$) である。径厚比は、接合部鋼管の外径 (D_p) をほぼ一定に保ち、管厚 (ρt_p) を変えることにより変化させた。接合部鋼管の平均半径 ($R = (D_p - \rho t_p)/2$) は、4ケースともに同一とした。また、各ケースの鋼管柱部の管厚 (t_p) およびスチフナリング厚 (t_s) は、各ケースの ρt_p に比例して変化させた。

ケース1およびケース2は、接合部鋼管の管厚を $\rho t_p = 0.55$ および 0.7 (cm) と薄くし、径厚比が $D_p/\rho t_p = 53.1$ および 41.9 で、はりの圧縮側フランジとの接合部近傍における鋼管の局部圧壊により終局強度が決まることが予想されるモデルである。ケース4は、 $\rho t_p = 3.0$ cm と厚く、 $D_p/\rho t_p = 10.6$ で、はりの局部座屈により終局強度が決まることが予想されるモデルである。ケース3は、前報で解析したモデルと同一で、既存の実験結果³⁾が利用可能なモデルである。

3. 解析結果とその検討

3.1 解析結果

荷重 (P) - 荷重点変位 (δ) 関係曲線を図2に、また、終局強度と崩壊モードについて表2に、それぞれ示す。

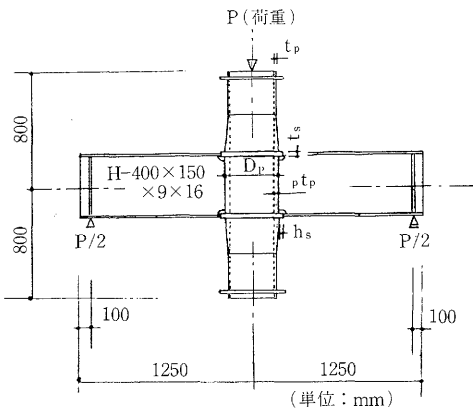


図1 解析モデル (特記外は (その1) 図2参照)

表1 解析モデルの諸元

ケースNo.	$D_p/\rho t_p$	ρt_p (cm)	D_p (cm)	t_p (cm)	t_s (cm)	h_s (cm)	R^* (cm)
ケース1	53.09	0.55	29.20	0.379	1.52	3.45	14.325
ケース2	41.93	0.70	29.35	0.483	1.93	3.38	14.325
ケース3	20.76	1.45	30.10	1.00	4.00	3.00	14.325
ケース4	10.55	3.0	31.65	2.07	8.28	2.23	14.325

注1) 記号は、図1参照、* : $R = (D_p - \rho t_p)/2$

注2) ケース3は実験データ有³⁾

*東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

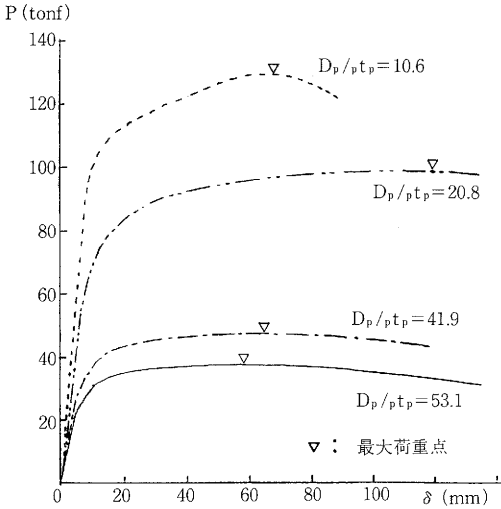


図2 荷重(P)一荷重点変位(δ)関係

表2中には、本解析で得られた終局強度(cP_{max})と比較するために既存の実験値(eP_{max})³⁾、実験式⁴⁾による値(ceP_{max})、およびりの全塑性曲げ耐力時の強度(cP_{BU})についても合わせて示した。

図3に、荷重(P)一継手部回転角(γ)関係曲線を示す。

図4および図5には荷重(P)一スチフナリング局部変形(δ_c, δ_t)関係曲線、およびスチフナリング断面変形を、それぞれ示す。両図中には、はりからの荷重が圧縮側になるSection Aと、引張側となるSection Bについての結果が示されている。

図6に、崩壊変形状態を示す。同図中に示した色分けは、要素別の応力度レベルを概観するために行ったもので、各要素の平均相当応力度レベルを示している。すなわち、要素の肉厚方向に設けられた数値積分点でのMises則に基づく相当応力の平均値が示されている。

3.2 終局強度および崩壊モード

終局強度を決定した崩壊モードは、ケース1~ケース3は、はりの上側フランジからの圧縮力による接合部鋼管の局部圧壊であり、ケース4は、はりの局部座屈であった。

崩壊モードが同じであったケース1~ケース3のうち、ケース1およびケース2では解析終了時までには塑性化することなく、接合部近傍の鋼管の変形が進むことにより終局強度が決まったのに対し、ケース3でははりが十分に塑性化した後に接合部鋼管の変形が進むことで終局強度を迎えた。ケース4では解析終了時まで接合部鋼管は塑性化することなく、はりが十分に塑性化したフラン

表2 終局強度と崩壊モード

ケースNo	本解析値 cP_{max}	実験値 eP_{max}	実験式値 ceP_{max}	梁全塑性 曲げ耐力 cP_{BU}	崩壊モード
ケース1	37.38	—	34.42	96.56	接合部鋼管 局部圧壊
ケース2	47.40	—	47.92	96.56	接合部鋼管 局部圧壊
ケース3	98.66	103.3*	—**	96.56	接合部鋼管 局部圧壊
ケース4	129.14	—	—**	96.56	はり局部 座屈

注1) cP_{max} , eP_{max} , ceP_{max} , cP_{BU} の単位は (tonf)

実験式⁴⁾: $ceP_{max} = (4.53B_t/D_p + 2.05) (p_t p / R)^{0.782} \times (t_s/R)^{0.564} ((p_t p + h_s)/R)^{0.386} \cdot \sigma_y \cdot R^2 \times h_b / (L - D_p - 2h_s)$

* : 文献3) , ** : 適用範囲外

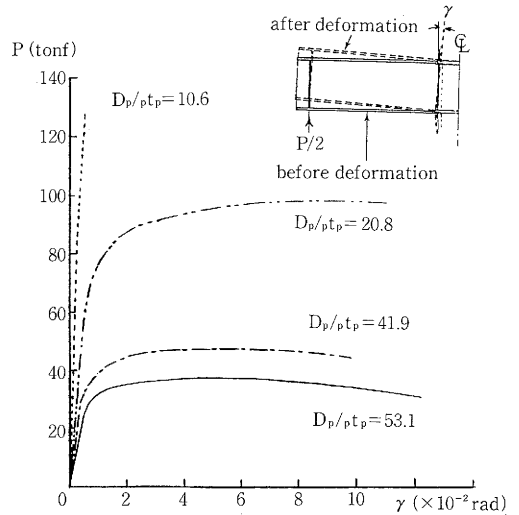


図3 荷重(P)一継手部回転角(γ)関係

ジに局部座屈が発生し、続いてウェブに局部座屈が発生することで終局強度が決まった。

既存の実験値のあるケース3において、本解析値と実験値の比は、 $cP_{max}/eP_{max} = 0.96$ であり、本解析値と実験値との対応は良好である。

実験式の適用範囲内にあるケース1およびケース2において、本解析値と実験式による値の比は、 $cP_{max}/ceP_{max} = 1.09$ および 0.99 であり、両ケースともに、本解析値と実験式による計算値との対応は良好である。

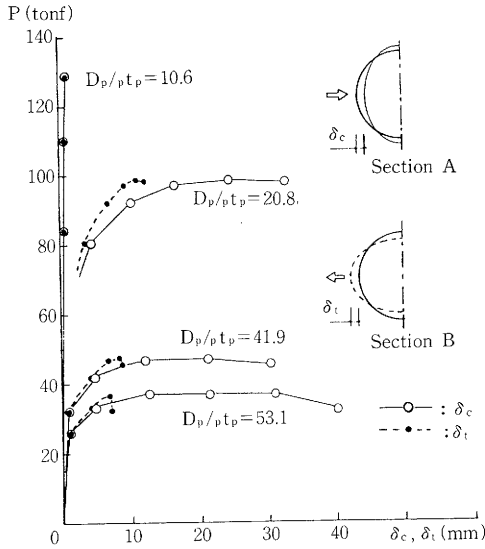


図4 荷重 (P) — スチフナリング局部変形 (δ_c, δ_t) 関係

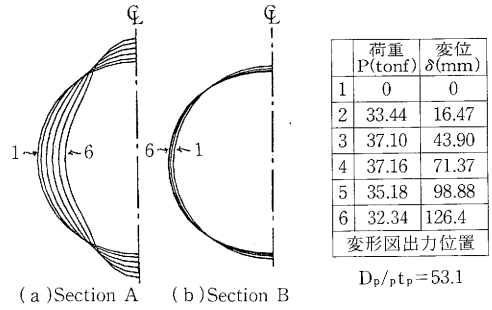


図5 スチフナリング断面変形図

なお、はりの全塑性曲げ耐力時の荷重に対する本解析値の比は、ケース 1 およびケース 2 では $cP_{max}/cP_{BU} = 0.39$ および 0.49 であり、はりは、塑性化しない荷重レベルであることがわかる。ケース 3 では $cP_{max}/cP_{BU} = 1.02$ となっている。また、ケース 4 では $cP_{max}/cP_{BU} = 1.34$ であり、ケース 4 の終局強度は、はりが十分なひずみ硬化を生じた後に局部座屈を起こして決まったことを示している。

以上の比較からわかるように、本解析による終局強度は、既存の実験値または実験式による計算値と良好な精度で対応している。また、鋼管柱・H形はり接合部の終局強度および崩壊モードは、従来から指摘されているとおり^{4)~6)}、接合部の鋼管の径厚比に大きく依存することが確認された。

3.3 変形状

荷重と荷重点変位または継手部回転角関係の初期剛性は、接合部鋼管の径厚比が小さいほど大きい。

終局強度がはりの局部座屈で決まったケース 4 では、接合部鋼管の局部圧壊で終局強度が決まったその他のケースの場合に比べ、終局強度以降の強度低下は大きく、また、接合部鋼管の局部変形は小さい。

ケース 1~ケース 3 におけるスチフナリング部の局部変形量は、従来から指摘されているように^{4)~6)}、はりからの荷重が引張側になる場合に比べ、圧縮側で大きい。これは、はりの上側フランジからの圧縮力による鋼管断面の圧壊がケース 1~ケース 3 の主要崩壊モードであるこ

と対応している。

以上のことにより、変形状は、終局強度および崩壊モードと同様に、径厚比の影響を大きく受けることがわかる。

4. 結 言

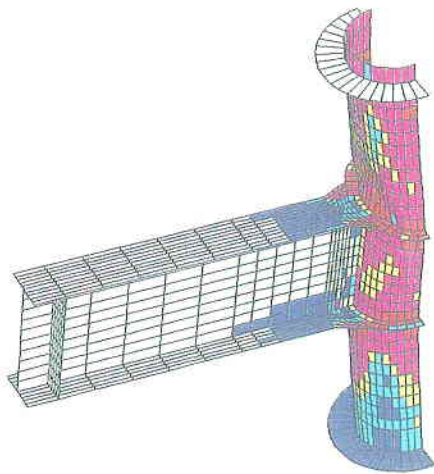
十字形鋼管柱・H形はり接合部が鉛直荷重を受ける場合について、有限要素法による最終強度解析を行い、鋼管の径厚比の違いが終局強度、崩壊モード、および変形状に与える影響を明らかにした。本解析手法によるパラメータ計算を通じ、鋼管柱・H形はり接合部に対する種々の有用な強度設計資料を得ることが可能であろう。

謝 辞

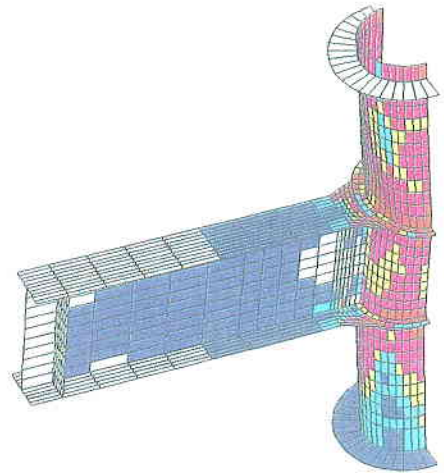
本解析結果の精度を検証するために神戸大学伴研究室で行われた実験データを使用させていただきました。ここに記して謝意を表します。(1989年3月24日受理)

参 考 文 献

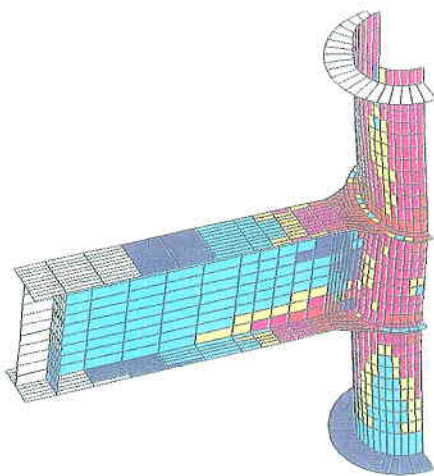
- 1) 弓削, 都井, 寺岡: 鋼管柱・H形はり接合部の終局強度解析(その1)実験結果との比較, 生産研究, 41-6 (1989)
- 2) 都井, 弓削, 川井: 構造要素の衝突圧壊強度に関する基礎的研究(その1; 有限要素法による超大変形圧壊解析), 日本造船学会, 第159号, (1986), 248.
- 3) 神戸大学伴研究室: 高張力遠心鑄鋼管柱 (Gコラム) と H形断面はりの接合部実験, (1969)



(a) ケース 1 ($D_p/p_t = 53.1, \delta = 135.6\text{mm}$)

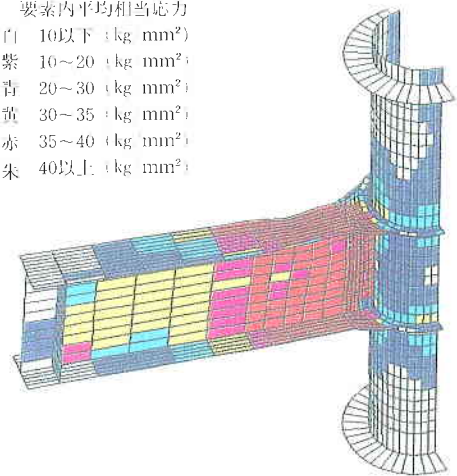


(b) ケース 2 ($D_p/p_t = 41.9, \delta = 119.0\text{mm}$)



(c) ケース 3 ($D_p/p_t = 20.8, \delta = 135.3\text{mm}$)

要素内平均相当応力
 白 10以下 (kg/mm²)
 紫 10~20 (kg/mm²)
 青 20~30 (kg/mm²)
 黄 30~35 (kg/mm²)
 赤 35~40 (kg/mm²)
 朱 40以上 (kg/mm²)



(d) ケース 4 ($D_p/p_t = 10.6, \delta = 89.74\text{mm}$)

図6 解析終了時変形状態

- 4) 上場, 金谷, 田淵, 脇田: 鋼管柱・H形はり接合部の局部耐力 (高張力遠心鑄鋼管に付いて), 日本建築学会構造系論文報告集, 第370号, (1986), 81.
- 5) 上場, 金谷, 藤原, 田淵: 鋼管柱・H形はり接合部の耐力推定式 (鋼管柱溶接接合部の研究II), 日本建築学会

- 論文報告集, 第325号, (1983), 67.
- 6) 牧野, 黒羽, 越智: 支管が引張力を受ける場合の円形鋼管X, T形分岐継手の耐力と設計式, 日本建築学会論文報告集, 第344号, (1984), 43.