

CS-193 コンクリート充填円形鋼管を用いた隅角部の耐力評価

日本鉄道建設公団 正会員 堀地紀行
 同 上 正会員 保坂鐵矢
 早稲田大学理工学部 正会員 依田照彦
 日本シビックコンサルタント（株） 正会員 勝尾伸一

1. はじめに

円形鋼管を用いた充填鋼管柱¹⁾及び充填鋼管梁²⁾の部材力学特性については、数多くの実験データが整理され、それぞれの設計手法も提案されている。しかしながら、現時点では梁・柱部に充填円形鋼管を用いた隅角部の力学特性に関しては、実験データが整備されているとは言い難く、的確な耐力評価は困難と考えられる。そこで、本稿では静的荷重試験を行うと共にFEM解析において確認した耐力の評価結果について、その概要を紹介する。

2. 荷重試験とFEM解析の概要

静的荷重試験に用いた試験体は、表1に示す4モデル、FEM解析は6モデルについて比較検討した。本実験と解析では、①コンクリート充填効果、②柱内補強の有無、③柱内補強の位置、④角形鋼管隅角部との耐力の相違、等に着目し耐力評価を行った。また、鋼管の材質はSM490相当以上($\sigma_y=320\text{Mpa}$)、コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}=30\text{Mpa}$ 以上とし、溶接部は浸透探傷試験にて欠陥が無いことを確認した。

3. 実験結果

図2に実験値のP- δ 曲線を示し、以下に荷重試験状況を述べる。(図3にはFEM解析値を示す)

PP-1 荷重荷重 60tf を越えてから梁接合部付近で座屈が始まり、最大荷重時(70tf)には柱の座屈も確認された。その後は変位が進行するだけなので $\delta=170\text{mm}$ で試験を終了した。

PP-2 荷重荷重 85tf を越えた付近でP- δ の傾きが変化し始めるが座屈の発生は確認されない。その後、最大荷重に達してもPP-1のような耐力低下は認められず座屈の発生も少ない。 $\delta=150\text{mm}$ 付近で、梁引張側端部(ダイヤフラムと梁の交点の溶接部付近)に亀裂が発生した。

PP-3 P- δ 関係はPP-2とほぼ同じで

あるが、 $\delta=150\text{mm}$ 付近で荷重低下が始まるものの表面上の亀裂は確認出来なかった。荷重低下原因は、柱内補剛材溶接部の破断であることが試験体解体後に判明した。

PP-4 弾性域でのP- δ 関係はPP-2、3とほぼ同じであるが、梁部材の一部が塑性域に達した付近から荷重低下が始まる。その後、圧縮側に局部座屈が発生し、 $\delta=150\text{mm}$ 付近で座屈している断面の引張側(フランジと腹板の交点)に亀裂が発生した。

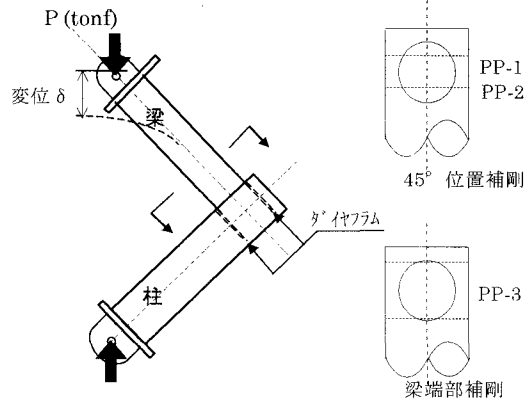


図1 試験体モデル概要図

表1 荷重試験体モデル番号及びFEM解析番号

柱寸法	梁寸法	充填	補剛	試験体番号	FEM解析
$\phi 558.8 \times 12.7$ (P)	$\phi 457.2 \times 9.5$ (P)	無	—	—	①
			45°	PP-1	②
			梁端部	—	③
	$\square 400 \times 400 \times 9$ (S)	有	—	—	④
			45°	PP-2	⑤
			梁端部	PP-3	⑥
			梁端部	PS-1	—

キーワード 合成構造、円形鋼管、隅角部、耐荷力

連絡先 〒460-0008 名古屋市中区栄 1-6-14

TEL 052-231-2855

FAX 052-231-0036

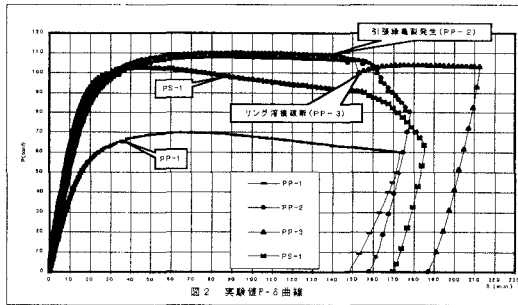


図2 実験値P-δ曲線

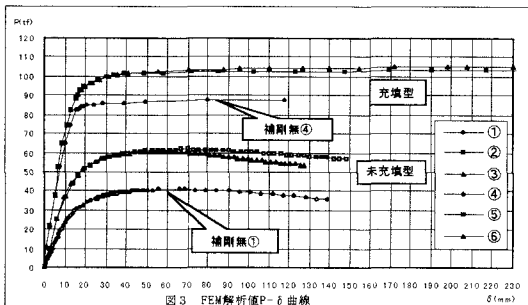


図3 FEM解析値P-δ曲線

4. 結果の評価

コンクリートを充填することによる耐力向上効果は大きく、補剛が無い場合で 2.2 倍（FEM解析値）、補剛がある場合で 1.6 倍（実験値）が見込め、更に、円形断面の特性から座屈の進行が遅く塑性域での耐力低下も少ない結果となった。

表 2 に理論値と比較した結果を示す。理論値は梁部材の座屈が発生する位置(接合部より 100mm)に着目し、降伏荷重はその部位が R C 理論において鋼材の 45° 位置で降伏した時、終局荷重は全断面降伏した時とした。実験値の降伏は梁部材の中立軸が明らかにずれ始める荷重又は P-δ 曲線において弾性から塑性に変化する荷重と考えた。この結果、降伏で 1.14 倍、終局で 1.27 倍程度実験値が上回っている。このことから、今回採用したモデル（柱内補強有、 $D/T=50$ 、 $d/D=0.8$ ）においては、梁部材の耐力で隅角部の耐力を評価して良いことが判明した。一方、補剛位置の相違による違いを梁部材接合部付近(接合部より 50mm)の断面ひずみ分布（図 4）にて比較すると、PP-3（梁端部補剛）の方が明らかに大きな応力集が発生している。このことは、疲労耐力評価の観点から不利な結果と言える。

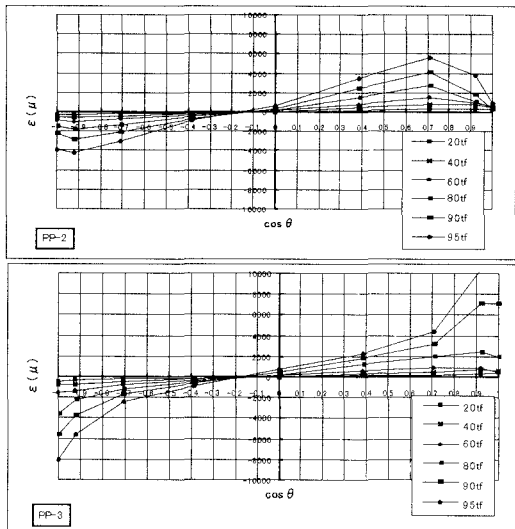


図4 梁部材接合部付近の断面ひずみ分布

表2 理論値と実験値の比較

試験体	理論値 (tonf)		実験値 (tonf)		理論値／実験値	
	降伏 荷重	終局 荷重	降伏 荷重	終局 荷重	降伏 荷重	終局 荷重
PP-2	70	85	80	110	1.14	1.29
PP-3	70	85	80	108	1.14	1.27

5. まとめ

今回の実験結果、FEM解析において、ある限られた範囲ではあるが、①梁部材に円形鋼管を用いた方が降伏以降の耐力低下は少なくじん性（toughness）に富む。②コンクリート充填効果は 1.6 倍程度（PP-1 と PP-2 を比較）。③隅角部の耐力は梁部材に着目して決定して良い。④補剛位置は疲労耐力向上の観点から 45° 位置（試験体 PP-2）が適切であることが判明した。

今後は、梁と柱寸法関係、補剛の有無、補剛方法、施工不良等の条件を追加し実験データを蓄積する必要があるものと考えられる。更に、応力集中度を推定すると共に疲労に対する評価方法も検討する必要がある。
 ＜参考文献＞ 1) 村田、安原、渡邊、木下 コンクリート充填円形鋼管柱の耐荷力と変形性能の評価 構造工学論文集 Vol. 44A (1999.3) 2) 保坂、中村、西海 圧縮強度およびヤング係数の異なるコンクリート系材料を充填した鋼管の曲げ性能に関する実験的研究 構造工学論文集 Vol. 44A (1998.3)