

モルタル充填鋼管柱の圧縮耐荷力解析

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○浅尾 尚之

広島大学 正会員 藤井 堅

1. はじめに モルタル充填鋼管柱の鋼管部材にシェル要素, モルタル部材に立体要素, その合成界面に変位の連続性, 不連続性や摩擦力を表現できる結合要素をそれぞれ適用し, 材料学的および幾何学的非線形性を考慮した合成構造解析プログラムを開発する. また, 圧縮耐荷力解析を行い, 実験結果と比較することにより, 本解析プログラムおよび結合要素の有用性を検討する.



Fig. 1 モルタル充填鋼管柱

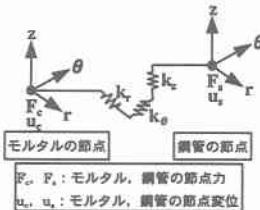


Fig. 2 結合要素

2. 結合要素 Fig.1 に示す鋼管とモルタルの合成界面に適用可能な結合要素を開発した. Fig.2 は, 円柱座標系で表されたモルタルの節点と鋼管の節点を r , θ , z 方向の互いに独立なばね定数 k_r , k_θ , k_z を用いて結合した要素の概念図である. 以下に, ばね定数 k_r , k_θ , k_z の取り扱いについて述べる.

まず, r 方向は, 充填鋼管柱の変形に伴い発生する合成界面における変位の連続性(鋼管とモルタルの接触による)や変位の不連続性(鋼管とモルタルの剥離による)を表現する必要がある. まず, 変位の連続性については, 式(1)のように定義する.

$$u_m \geq u_s \text{ のとき, } k_r = \infty (\text{kPa/cm}) \quad (1)$$

ここで, u_m , u_s は, モルタルおよび鋼管の r 方向節点変位を表す.

また, 変位の不連続性については, 次のように定義する.

$$u_m < u_s \text{ のとき, } k_r = 0 (\text{kPa/cm}) \quad (2)$$

次に, r 方向に変位の連続性の条件を満たしているときは, 合成界面で θ , z 方向に摩擦力が生じる.

$$u_m \geq u_s \text{ のとき, } k_\theta, k_z = 4900 (\text{kPa/cm}) \quad (3)$$

式(3)のばね定数の値は, 実験値から決定した. また, r 方向に不連続の場合は, 次のように定義する.

$$u_m < u_s \text{ のとき, } k_\theta, k_z = 0 (\text{kPa/cm}) \quad (4)$$

3. 実験概要 1) 実験は, Fig.3 に示す載荷実験装置を用いて行い, 供試体は充填鋼管柱および支承からなり, 荷重は, 供試体の軸方向に載荷した. アンボンド型およびボンド型の載荷に用いられた支承の詳細を Fig.4 に示す. 境界条件は両端ピンである.

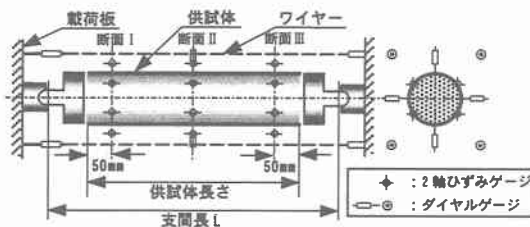


Fig. 3 供試体および載荷実験装置

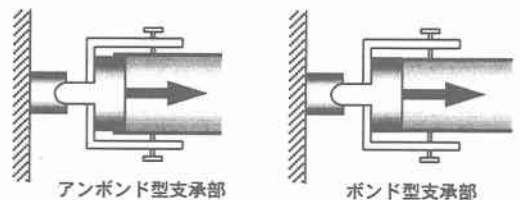


Fig. 4 支承部詳細

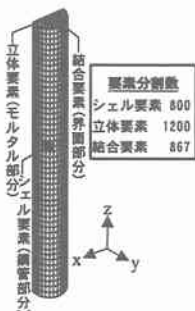


Fig. 5 解析モデル

4. 解析概要 解析モデルを Fig.5 に示す. モデルの寸法は, 圧縮耐荷力実験に用いたそれぞれの供試体と同寸法である. 要素分割数は, モルタル部分の立体要素 1200, 鋼管部分のシェル要素 800, 界面部分の結合要素 867 とした. また, 鋼管の板厚方向の層分割はすべて 5 とした. 境界条件は, アンボンド型は, 鋼管, モルタルともに下面全体の鉛直軸方向変位を拘束し, 上面のモルタルのみに鉛直軸方向下向きに強制変位を与えた. 一方, ボンド型は, 下面全体の鉛直軸方向変位を拘束し, 上面全体に軸方向下向きに強制変位を与えた. 構成則は, モルタル, 鋼管とも完全弾塑性とした. まず, アンボンド型モルタル充填鋼管柱の変形挙動を正確に評価し得る結合要素の θ , z 方向のばね定数(k_θ , k_z)を Table.1 に示す値それぞれについて解析を行うことにより決定した. その決定に用いた

解析モデルは、柱長 600mm、鋼管板厚 1.6mm のアンボンド型供試体である。なお、Table.1 のばね定数は、境界上の単位面積当たりのばね定数として与えている。また、実験値と解析値の比較は、Fig.3 の断面Ⅱにおける、以下の 1)~4) の関係を用いて行った。

- 1) 軸方向荷重と鋼管のひずみ関係
- 3) モルタルと鋼管の軸方向荷重分担

- 2) 軸方向荷重とモルタルの軸方向ひずみ関係
- 4) 鋼管の応力経路

Table.1 ばね定数 k_g, k_z (kPa/cm)

	k1	k10	k50	k100
k_g, k_z	98 [1.0]	980 [10.0]	4900 [50.0]	9800 [100.0]

[] の数値は (kgf/cm/cm) 表示

以上の比較から、実験結果をよく表現できていたのは k50 のタイプであった。したがって、このばね定数をアンボンド型充填鋼管柱の解析で使用するものとする。

次に、柱長 1500mm、鋼管板厚 3.5mm のボンド型およびアンボンド型供試体を解析モデルとし、軸方向荷重と鋼管中央断面で得られたひずみの関係を用いて、実験値と解析値を比較した。このモデルの材料特性を Table.2 に示す。Fig.6 のボンド型は、鋼管が弾性範囲内において、解析値と実験値はよく一致している。ボンド型は、鋼管とモルタルのポアソン比の違いから、界面は離れている状態になり、両者はほぼ一軸圧縮の単純な変形挙動を示すと考えられる。また、周方向ひずみは、終局状態に至るまで小さく、コンファインド効果は、ほとんどみられない。Fig.7 のアンボンド型は、モルタルが破壊に至るまで軸方向、周方向ひずみは、解析値が実験値よりも若干大きくなっている。しかし、軸方向荷重が 400~450kN の範囲で、モルタルが圧壊すると同時に周方向ひずみが急激に増加する現象があらわれ、その挙動が解析によりよく表現できている。これは、実験結果と同様にコンファインド効果がモルタル圧壊後に顕著になってくることを示している。

Table.2 材料特性(柱長 1500mm, 鋼管板厚 3.5mm)

	降伏強度 σ_y (MPa)	圧縮強度 σ_{ck} (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比 ν
鋼管	290.8		186.2	0.277
モルタル		30.3	20.3	0.207

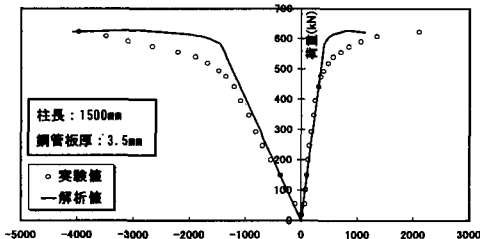


Fig.6 軸方向荷重-鋼管のひずみ関係 (ボンド型)

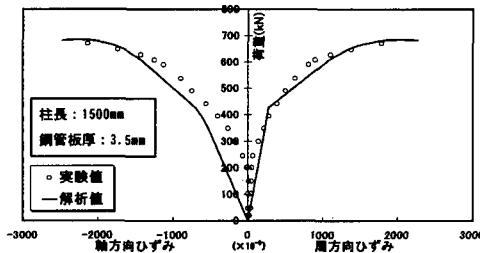


Fig.7 軸方向荷重-鋼管のひずみ関係 (アンボンド型)

ここで、本研究で用いた充填鋼管柱モデルの解析的適用性を全供試体について、耐荷力と細長比パラメータ λ の関係を用いて検討する。耐荷力の無次元化には、解析値と実験値の耐荷力比 P_{us}/P_{ue} を用いている。この P_{us}/P_{ue} と λ の関係を Fig.8 に示す。この図から、ボンド型、アンボンド型ともに細長比パラメータ λ が 0.7 付近では、解析値は実験値よりも若干大きい、全供試体について誤差 10% の範囲で耐荷力を推定していると判断される。

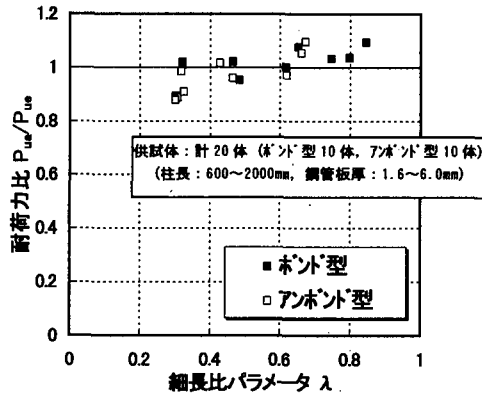


Fig.8 P_{us}/P_{ue} - λ 関係

5. まとめ

1) アンボンド型充填鋼管柱で期待されるコンファインド効果は充填モルタルの圧壊後、明確にあらわれ、その効果は短柱であるほど大きく、長柱では小さいということが解析により示された。

2) 圧縮耐荷力に関して、全供試体について誤差 10% の範囲で、本解析により耐荷力評価が可能であった。

3) ボンド型の場合、アンボンド型のようなコンファインド効果はほとんどみられない。

以上より、適用した結合要素および解析プログラムは充填型合成鋼管柱の耐力推定に有用である。

参考文献 小寺親房：モルタル充填鋼管柱の圧縮耐荷力実験，広島大学修士論文，1994。