

I-A163

コンクリート充填鋼管柱の水平繰返し載荷解析

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 コンクリート充填鋼管柱の鋼管部材にシェル要素, コンクリート部材に立体要素, 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, 水平繰返し載荷解析を行い, 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.

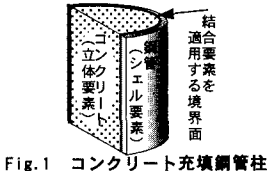


Fig.1 コンクリート充填鋼管柱

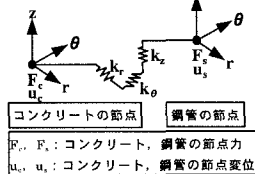


Fig.2 結合要素

2. 結合要素 Fig.1 に示す鋼管とコンクリート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コンクリート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(鋼管とコンクリートの接触による)や変位の不連続性(鋼管とコンクリートの剥離による)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.

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

ここで, u_c, u_s は, コンクリートおよび鋼管の 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.

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

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.

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

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.

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

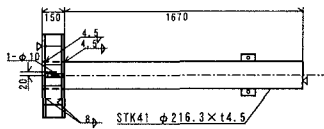


Fig.3 実験供試体寸法(単位:mm)

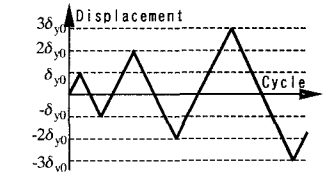


Fig.4 水平載荷パターン

3. 実験概要 Fig.3 に, 供試体寸法を示す. 供試体はボンド型, アンボンド型それぞれ一対ずつで, 載荷方法は, ボンド型, アンボンド型ともに軸圧縮強度の15%(257kN)に相当する一定軸力をそれぞれ作用させた状態で変位を漸増させながら, Fig.4 に示す載荷パターンで水平載荷を行っている.

4. 解析概要 Fig.5 にコンクリート充填鋼管柱の水平繰返し載荷解析に用いた実験供試体と同寸法の解析モデルを示す. 要素分割数は, コンクリート部分の立体要素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5とした. ここで, 軸方向の要素分割は, 曲げの影響を考え, 中央断面以下を細かく分割した.

構成則は, 鋼管には二曲面モデル(移動硬化), コンクリートには完全弾塑性モデルを用いた. なお, 各材料定数および構成則の定数を Table.1 に示す. 二曲面モデルの定常塑性係数 E_p は弾性係数の1/100, 形状パラメータ h は 0.7×10^6 , 境界曲面半径 R は降伏応力の1.15倍とした. また, コンクリートの引張強度は圧縮強度の1/10とした. 境界条件は, Fig.5 に示すように, 鋼管下端の x, y, z 方向変位, 回転変位すべてを拘束した. また, コンクリート下端部はすべて z 方向変位を拘束し, 断面中心の節点は x, y 方向変位も拘束している. 荷重条件は, Fig.5 に示すように, まず, モデル上部に軸方向の等分布荷重を作用させ, 所要の軸力を与えた. その軸力を一定に保った状態で, 水平方向(x 方向)に荷重を作用させる. 解析では, モデル上端部を x 方向に強制変位で与えた. ここで, 強制変位は, 実験に

Keywords: コンクリート充填鋼管柱, 結合要素

連絡先: 〒739-0046 広島市鏡山1丁目4-1 TEL 0824-24-7790 FAX 0824-24-7792

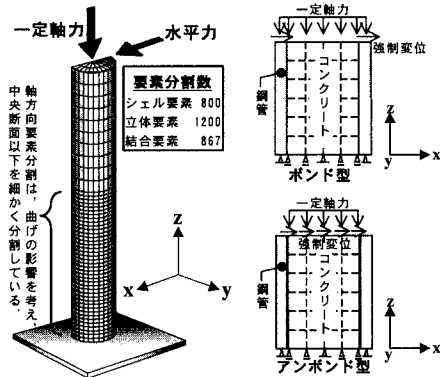


Fig.5 解析モデルと荷重条件および境界条件

Table.1 材料定数および構成則

	シェル要素 (鋼管)	立体要素 (コンクリート)
構成則	二曲面モデル	完全弾塑性モデル
降伏強度 (MPa)	373.2	
圧縮強度 (MPa)		32.8
引張強度 (MPa)		3.28
弾性係数 (GPa)	204.8	21.9
ポアソン比	0.27	0.19
定常塑性係数 E_p^p (GPa)	2.048	
形状パラメータ $h (\times 10^4)$	0.7×10^4	
境界曲面半径 R (MPa)	429.2	

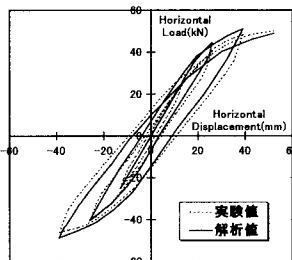


Fig.6 履歴曲線(ボンド型)

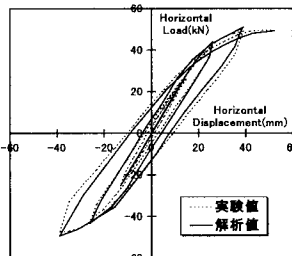


Fig.7 履歴曲線(アンボンド型)

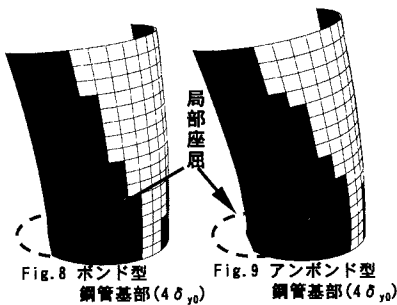


Fig.8 ボンド型
鋼管基部 ($4\delta_{y0}$)

Fig.9 アンボンド型
鋼管基部 ($4\delta_{y0}$)

おける荷重条件を正確に再現するため、ボンド型の場合は鋼管部に、アンボンド型の場合はコンクリート部に与えている。また、本解析におけるばね定数(k_θ , k_x)は、軸方向荷重と鋼管のひずみ関係、軸方向荷重とコンクリートの軸方向ひずみ関係により、実験値と解析値を比較し、比較的よい対応を示した 4900(kPa/cm)を用いた。

Fig.6 と Fig.7 にボンド型供試体とアンボンド型供試体の水平荷重と水平変位の履歴曲線を示す。 δ_{y0} は 13mm である。Fig.6, 7 とも、 $3\delta_{y0}$ までの履歴過程におけるピーク荷重の解析値は、実験値よりも若干大きくなっているが、履歴曲線の解析値は、実験値をよく表現していると判断できる。また、実験ではボンド型、アンボンド型ともに変位振幅 $4 \sim 5\delta_{y0}$ のときに最高荷重に達しているが、解析では両者とも $3 \sim 4\delta_{y0}$ のときに最高荷重に達した。また、ボンド型およびアンボンド型ともに、 $4\delta_{y0}$ のとき、鋼管基部に局部座屈とみられる変形が生じたため、その部分の変形図を拡大して、Fig.8 と Fig.9 に示す。ここで、黒く塗ってある要素は、塑性域にあることを示す。実験でも、ボンド型、アンボンド型ともに、鋼管基部に局部座屈が目視で発見されたのは、変位振幅 $4\delta_{y0}$ のときと記されており、本解析でこの実現をよく表現できていた。

5. まとめ

- 1) 水平荷重と水平変位の履歴曲線に関して、ボンド型およびアンボンド型ともに、解析値と実験値は非常によく一致した。
- 2) ボンド型、アンボンド型とも、 $4\delta_{y0}$ のとき、鋼管基部に局部座屈とみられる変形が生じ、実験での局部座屈発生と同時期であった。

【今後の課題】

- 1) コンクリートの構成則に Drucker-Prager モデルなどを用いた解析が必要と思われる。
- 2) ばね定数 k_r が、界面状態によって大きく変化するため、計算過程で極端に収斂が悪くなり、何らかの改善が必要である。

参考文献 臺博幸：コンクリート充填鋼管柱の変形能に関する基礎的研究，広島大学修士論文，1998。