

コンクリート充填鋼管柱の繰返し曲げ挙動解析

松尾橋梁(株) 正会員 ○藤井 崇文
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は高い耐荷力を有しており、靱性にも優れていることから耐震性の面で特に期待されている。けれども、塑性変形能力の定量的評価を解析的に行う試みはあまりなされておらず、履歴荷重下での挙動を精度よく求めることができる解析法の確立が要求される。そこで本研究では、鋼、コンクリート界面特性をバネを用いた結合要素によって表現し、コンクリート充填鋼管柱の水平繰返し挙動を有限要素法により解析することを試みる。このとき、過去に行われた水平繰返し実験結果¹⁾を用いて解析手法の妥当性を検証する。

2. 解析方法

2-1 結合要素

鋼、コンクリート境界面のずれを結合要素を用いて表現する。Fig. 1 に示すようにコンクリート充填円形鋼管柱の、コンクリート(8 節点アイソパラメトリック立体要素)と鋼管(4 節点アイソパラメトリックシェル要素)の節点間(界面)を円柱座標系(Fig. 2)で定義されたばね定数 k_r , k_θ , k_z によって結合されていると仮定する。 r 方向のばねは、コンクリートと鋼の接触、あるいは肌隙を判断して、 $u_{cr} \geq u_{sr}$ のとき接触した状態 $k_r = \infty$ とする。このとき界面の摩擦力 k_θ , k_z は一定値(4900kPa/cm)を用いる。一方、肌隙の場合、すなわち $u_{cr} < u_{sr}$ のとき $k_r = 0$ で摩擦力は生じない($k_\theta = k_z = 0$)とした。

2-2 解析モデルおよび材料パラメータ

解析モデルをFig. 3 に示す。解析モデルの寸法(柱長 1,800mm, 鋼管板厚 4.5mm, 外径 216.3mm), 境界条件は水平繰返し試験に用いられた供試体¹⁾にあわせている。荷重条件は、まず柱上部に軸力方向に等分布荷重を作用させる。ボンド型では鋼管とコンクリートに、アンボンド型ではコンクリートのみに軸力を与えた。次に一定軸力(257kN)の下で水平方向(x 軸方向)に繰返し強制変位を与える。強制変位はボンド型では鋼管のみ、アンボンド型ではコンクリートのみに作用させた。一定軸圧縮力下、降伏水平変位 δ_{y0} (13mm)を基準に柱頂部に水平荷重を両振り漸増载荷させた。また材料パラメータは材料試験結果から Table1 のように定めた。

3. 解析結果および考察

解析および実験から得られたヒステリシスループをそれぞれ Fig. 4, 5 に示す。図の縦軸は水平荷重(kN), 横軸は水平変位(δ/δ_{y0})である。Fig. 4, 5 で解析値と実験値を比較すると、ヒステリシスループのピーク荷重値は概ね一致しており、本解析法の有用性が認められる。しかしループ自体にはかなりの違いが見られ

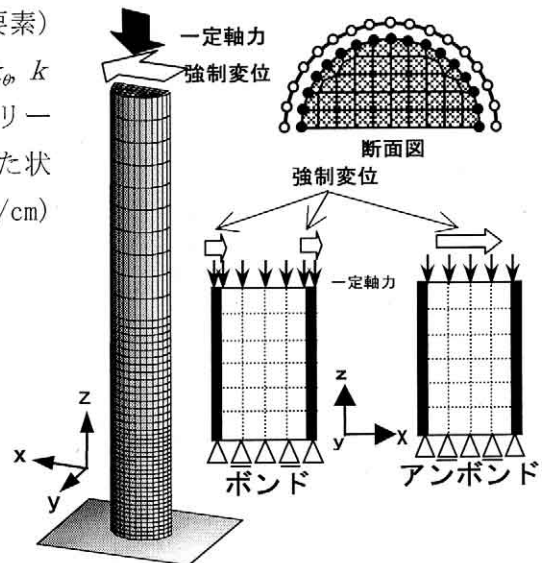
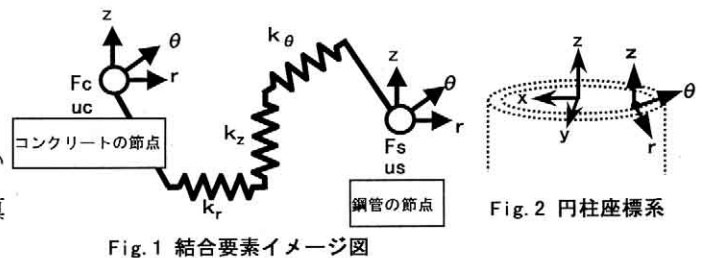


Fig. 3 解析モデルおよび境界条件、荷重条件

Table 1 材料パラメータ

	鋼材 (STK400)	コンクリート
構成則モデル	二曲面モデル	Drucker-Prager
圧縮強度 (MPa)	—	32.83
引張強度 (MPa)	—	3.283
降伏応力 (MPa)	294	—
弾性係数 (GPa)	203	21.9
ポアソン比	0.27	0.19
定常塑性係数 (GPa)	10.143	—
形状パラメータ h	$0.7 (\times 10^5)$	—
境界曲面半径 (MPa)	372	—

キーワード、コンクリート充填鋼管柱、結合要素、コンファインド効果

連絡先：広島県東広島市鏡山 1-4-1 Tel0824-24-7790 Fax0824-24-7792

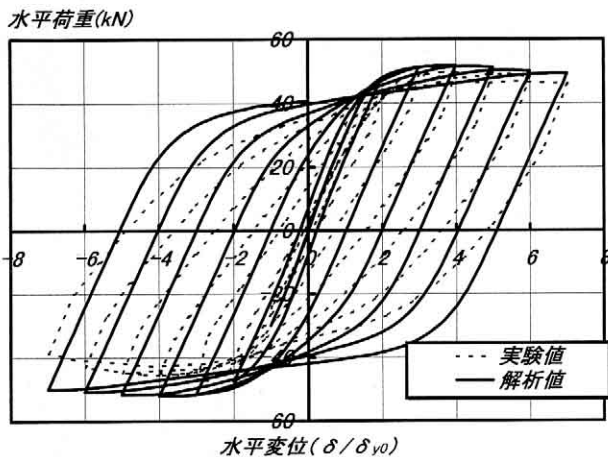


Fig. 4 水平荷重水平変位履歴曲線(アンボンド)

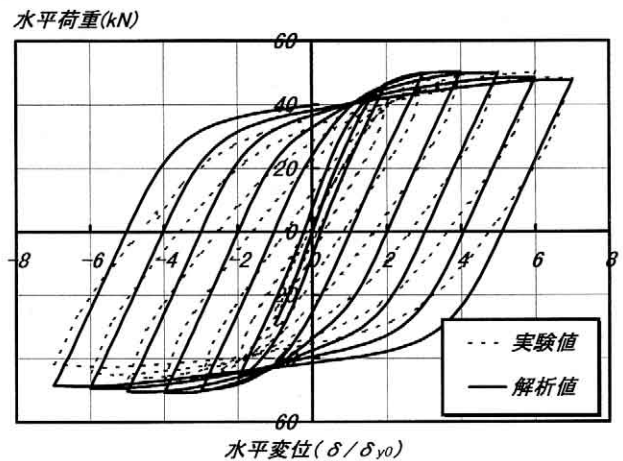


Fig. 5 水平荷重水平変位履歴曲線(ボンド)

る。これはコンクリート部のピーク荷重後のひずみ軟化や除荷時の剛性低下などの材料特性を十分に考慮していないためと考えられる。

Fig. 6 にアンボンド型およびボンド型充填鋼管柱の繰返し曲げ挙動解析より得られた包絡線を、また、Fig. 7 に水平変位 $1\delta_{y0}$, $5\delta_{y0}$ での鋼管基部曲げ圧縮側変位（局部座屈たわみ）を示す。これらには実験結果も併せて示す。

Fig. 6 からアンボンド型のほうが最高荷重、およびそれ以降の荷重も常にボンド型よりも高いのがわかる。実験値でも同様な傾向が $4\delta_{y0}$ 付近まで見られる。アンボンド型充填鋼管柱はコンクリートのみで軸力を受け持つことから後者よりもコンファインド効果が期待できることが主な原因であると考えられる。また、ボンド型では鋼管も一定軸圧縮力を負担しているために、局部座屈が発生しやすいことも起因している。鋼管基部変位 (Fig. 7) では、解析値、実験値ともにアンボンド型充填鋼管柱の局部座屈たわみはボンド型に比較して小さく局部座屈の抑制効果が現れている。また若干のたわみ性状の違いはあるものの、解析値の局部座屈たわみは、実験値と良い対応を示していることも図からわかる。

4. まとめ

- 1) 本 FEM プログラムはアンボンド型、ボンド型充填鋼管柱の両曲げ挙動解析を推定できる。解析値はヒステリシスのピーク値をよく捉えており、また鋼管の局部座屈も実験値とよい対応を示した。
- 2) アンボンド型、およびボンド型充填鋼管柱の曲げ挙動解析を比較した結果、アンボンド型のほうが常に耐力が高く現れた。ボンド型ではコンファインド効果がさほど期待できないこと、および鋼管も一定軸圧縮を受け持つことから、アンボンド型に比較して鋼管の局部座屈が早期に現れたためと考えられる。

参考文献

- 1) 台博幸：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
- 2) 色部誠，河角誠，安達洋：コンクリート構造物の塑性解析，丸善，1985

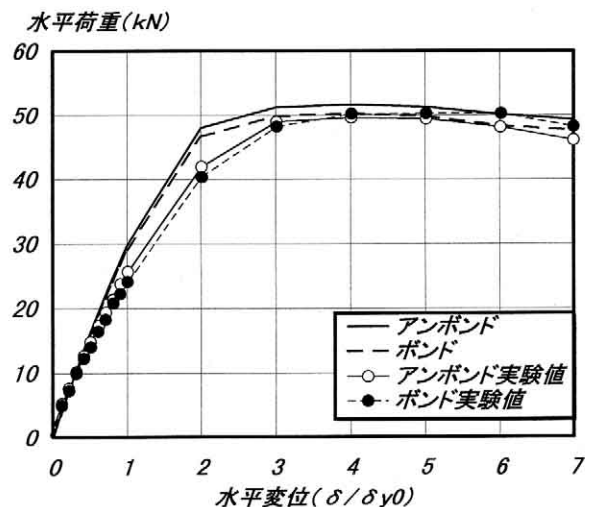


Fig. 6 包絡線 (アンボンド, ボンド)

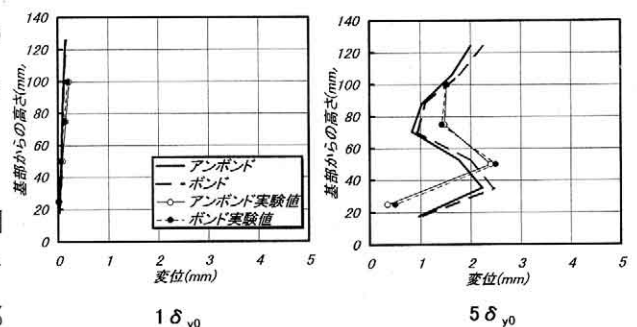
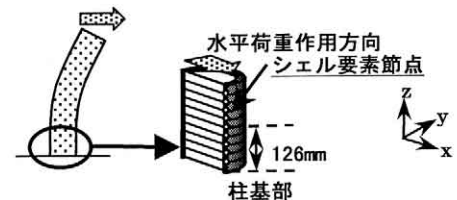


Fig. 7 鋼管基部曲げ圧縮側変位