

鋼管の座屈を考慮したコンクリート充填鋼管柱のポストピーク挙動解析

中部大学 学員 ○尾木里江 中部大学 高須賀幸也

中部大学 正員 水野英二

1. まえがき

これまで筆者らは、一定軸力を受ける鉄筋コンクリート (RC) 柱の水平方向繰り返し挙動解析の実施を通して、かぶりコンクリート剥離時に発生する鉄筋の座屈現象を考慮できる解析モデルを考案した¹⁾。本研究では、これを採り入れた有限要素法プログラム FEAP を用いて、コンクリート充填鋼管柱のポストピーク挙動解析を実施し、実験による変形挙動と比較・検討を行い、鋼管およびコンクリート材料に対するモデル化の妥当性について考察する。

2. 供試体概要および解析モデル

供試体の断面形状および寸法を図-1、解析モデルを図-2に示す。本研究で扱う解析モデルは、コンクリート無充填柱 (以後、C0D-U と称する)、柱基部から 1D、1.5D、2D (D: 鋼管外径) の区間にコンクリートを充填した部分充填柱 (それぞれ、C1D-U、C1.5D-U、C2D-U と称する) の 4 ケースである。鋼管の材質は STK490 材 (降伏応力: 455 MPa) であり、コンクリートは圧縮強度が 15 MPa 程度の早強コンクリートである。各供試体の材料諸強度の詳細については、文献 2) を参照されたい。

3. 有限要素解析 (ファイバー解析)

ここでは、鋼管ならびに充填鋼管の柱頭に一定軸力として 425.3 kN (43.40 tf) を作用させ、水平方向の変位制御によるプッシュオーバー解析を行った。

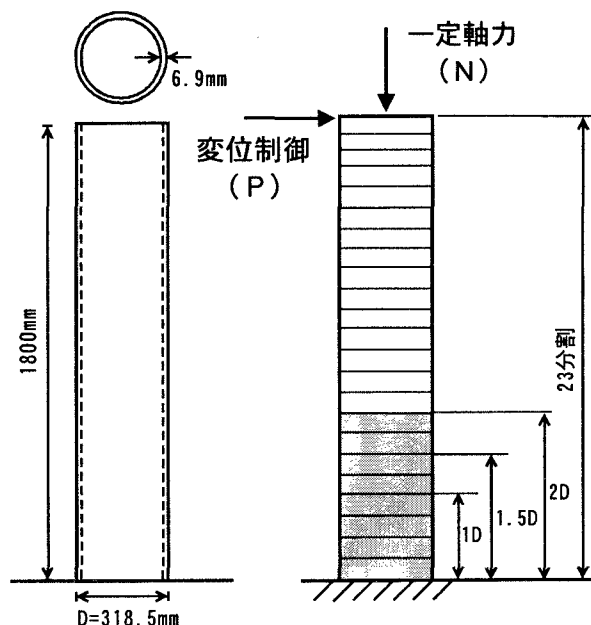


図-1 供試体寸法 図-2 解析モデル

3.1 構成モデルおよび座屈モデルの設定

材料の構成モデル: 鋼管部分には水野が開発した修正二曲面モデル³⁾の一軸応力-ひずみ関係 (図-3 参照) を採用した。鋼管が STK490 であるため、周方向にかなりの塑性変形を受け、降伏棚がなくなった鋼素材になっていると推察される。それゆえ、本解析では、コンクリート無充填柱 C0D-U の包絡曲線 (H_y , δ_y で無次元化してある) を基に、修正二曲面モデルに用いる応力-ひずみ関係を設定した。図-4 には、文献 1) に示される鋼素材の材料定数を用いた解析結果 (図中、①) ならびに降伏応力を 0.75 倍とし、降伏棚を消失させた状態の解析結果 (図中、②) とを併示してある。

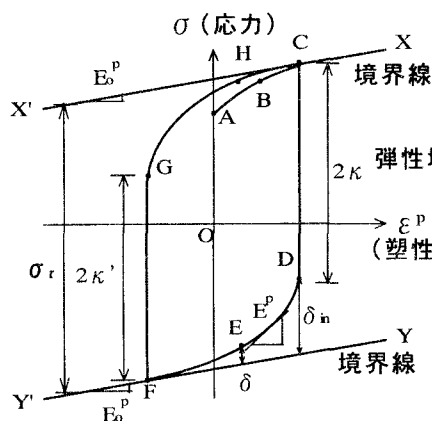


図-3 応力-ひずみ関係 (鋼管)

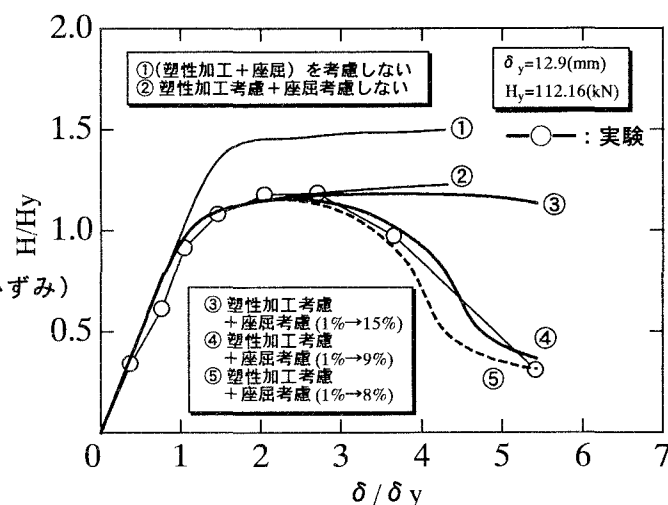


図-4 荷重-変形曲線 (C0D-U)

一方、コンクリート部分にはひずみ軟化型の一軸応力-ひずみ関係 (図-5 参照) を採用した。図-5 に示すようにコンクリートの応力-ひずみ曲線の軟化勾配を変化させることによって、鋼管からの充填コン

クリート部分への拘束効果を表現した。この算定法については、文献1)を参照されたい。

鋼管の座屈モデル：座屈開始ひずみ ε_{bi} 以降、鋼管の応力を低減させる代わりに、鋼管部分の断面積を低減させることにより断面力（軸力およびモーメント）の低減を算定する。図-6 に示すような低減係数（1→ α に低減）を座屈開始ひずみ ε_{bi} 、座屈限界ひずみ ε_{bf} 、および係数 α により設定し、これにより座屈開始後の鋼管部分の断面積を算定する。文献1)の RC 柱の解析では、座屈開始ひずみ ε_{bi} を1%，座屈限界ひずみ ε_{bf} を15%と設定したが、本解析では、この座屈開始ひずみ ε_{bi} ならびに座屈限界ひずみ ε_{bf} を実験結果（ポストピーク以降の包絡線）を基に推察する。

3.2 解析結果および考察

図-4、図-7～図-9 に、解析結果（実線および破線）と実験結果（シンボル線）との比較を示す。充填・無充填を含む4供試体とも座屈開始ひずみ1%，座屈限界ひずみ6%～8%，および係数 $\alpha=0.2$ に設定することにより、ポストピーク曲線は概ね実験結果と良い一致が見られる。

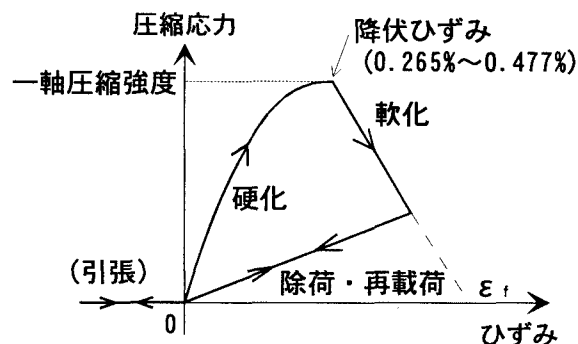


図-5 応力-ひずみ関係（コンクリート）

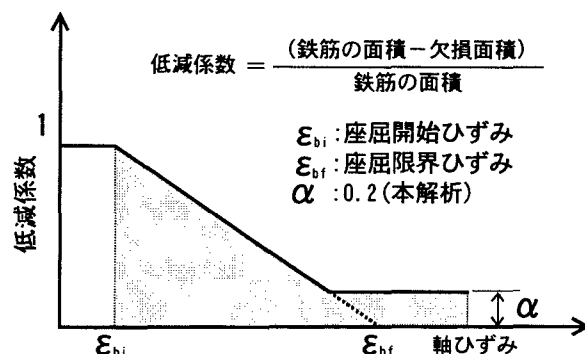


図-6 断面欠損モデル

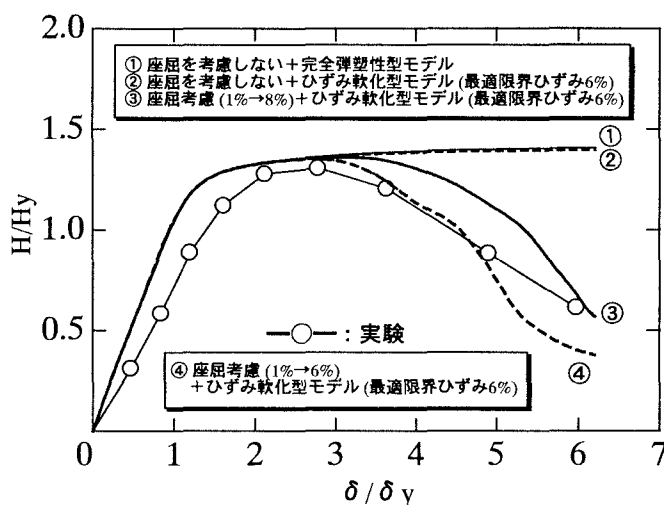


図-7 荷重-変形曲線 (C1D-U)

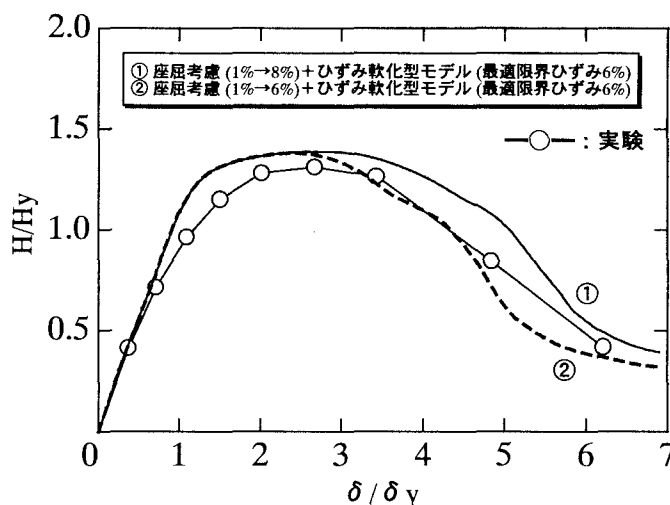


図-8 荷重-変形曲線 (C1.5D-U)

謝辞：本研究を遂行するにあたり、中部大学総合工学研究所補助金（第6部門B）、ハイテクリサーチ研究費（文部科学省）ならびに平成14-15年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究C，研究代表者：水野英二）を受けたことを付記し、ここに謝意を表します。また、愛知工業大学工学部土木工学科教授・青木徹彦先生には、貴重なご意見を頂いた。ここに、謝意を表します。

参考文献

- 1) 水野英二，関直樹，畑中重光：要素サイズ依存性を解消した RC 柱のポストピーク FEM 解析，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.24-2，pp.79-84，2002。
- 2) 森下益臣，青木徹彦，鈴木森晶：コンクリート充填円形鋼管柱の耐震性能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.46A，I，pp.73-83，2000。
- 3) 水野英二ら：鋼素材に対する修正二曲面モデルの一般定式化，構造工学論文集，土木学会，Vol.40A，pp.235-248，1994。

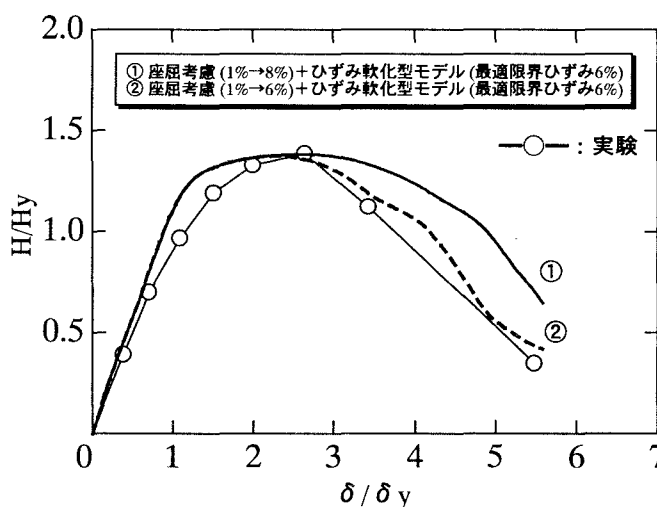


図-9 荷重-変形曲線 (C2D-U)