

コンクリート充填鋼管柱の三次元有限変形解析

瀧上工業（株）（中部大学大学院博士後期課程）正会員 松村 寿男
 中部大学 正会員 水野 英二

1. まえがき

鋼・コンクリート複合構造は、鋼材料の引張領域での強度と変形性能とコンクリート材料の圧縮領域で強度を生かした、単一部材では得られない特性を有する構造である。近年、公共事業の工事費削減が求められている中、異種材料の長所を生かした複合構造物が数多く提案され、実構造物にも適用されている。

コンクリート充填鋼管構造は、鋼・コンクリートの一体化による高い剛性と鋼がコンクリートを拘束する効果を期待した構造で、新幹線の合成桁¹⁾や高速道路の高橋脚等に採用され始めている。しかし、二次元解析や実験的研究で成果が出ているにも関わらず三次元解析での詳細な検討は未だ数少ない。本研究では、一定鉛直荷重と一定方向水平変位を受けるコンクリート充填鋼管柱における三次元有限要素解析を行い、その変形挙動と内部コンクリートの応力性状を考察する。

2. 実験供試体²⁾の概要

旧建設省土木研究所（現独立法人土木研究所）で行われた実験データを基に三次元有限要素モデルをモデル化した。解析モデルを図-1に、材料定数を表-1に示す。一定軸力 6860kN を載荷後、横方向変位により単調載荷した実験である。

3. 三次元有限要素解析

3.1 解析の概要

本研究では、三次元有限要素プログラム DIANA を使用する。鋼管には 8 節点シェル要素、充填コンクリートには 20 節点と 15 節点ソリッド要素、鋼管とコンクリートの境界面には付着要素を用いた構成モデルとして鋼管部分にはマルチリニア型、充填コンクリート部分には Drucker - Prager 型構成モデル、付着要素は、接触方向にはコンクリート剛性を、剥がれ方向およびすべり方向には強度を持たないものとした。なお、供試体は断面内を軸対称と仮定し供試体の 1/2 の部分解析モデルとした。コンクリート厚と鋼管厚を正しく表現するために、鋼管板厚中心からコンクリート縁にごく薄い付着要素（鋼管厚/100）に仮想節点を設け、鋼管節点の変位自由度を拘束した。要素分割は、はり-柱の基部の分割長さを細かくし、固定端部から離れるに従い長くした。

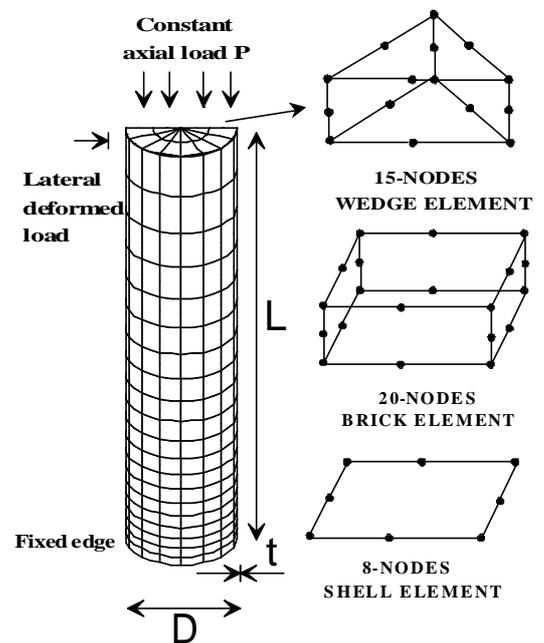


図 - 1 解析モデル

表 - 1 材料定数

外径 D(mm)	鋼管厚 t(mm)	高さ L(mm)	材質 (steel)	降伏点 y (MPa)	鋼材のヤング係数 Es (MPa)	一軸 圧縮強度 fc (MPa)	コンクリート のヤング係数 Ec (MPa)
700	6.0	2,920	SM490Y	431.2	205,800	42.73	29,498

キーワード 3次元有限変形解析, CFT, 付着要素, 座屈, クラック

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学工学部土木工学科 TEL 0568-51-1111

3.2 解析結果および考察

1) 鋼管柱の局部座屈挙動

図 - 2 に示すように付着要素により鋼管が座屈し、コンクリートから剥がれている様子を表現できた。 今後はどのような値を付着強度として設定するかが課題と考える。

2) 荷重 - 変位曲線

図 - 3 に載荷位置での荷重 - 変位を示す。ポストピーク以降の挙動は解析値が実験値より下回る。これは付着強度を無視したこと、コンクリート構成則の影響によるものと考えるが、付着の影響がない条件での挙動は検証できたと考える。

3) 基部コンクリート面の鉛直応力分布

図 - 4 にコンクリート底面における鉛直方向応力の分布性状をコンクリート充填鋼管柱の載荷変位の無次元量とともに示す。

$=0.8 y$ では圧縮領域が支配的であるが、変形が進むに連れて、中立軸が移動し引張領域が支配的になると同時に、コンクリートが拘束を受け、変位方向における鋼管柱付近のコンクリート強度が一軸圧縮強度の約 2.5 倍まで増えていることが解析的に分かった。

4) クラックひずみの進展状況

最初に発生したクラックひずみの変形とともに進展していく状況を図 - 5 に示す。 $=0.8 y$ 付近では、引張域に僅かなク

ラックひずみが発生しているにすぎないが、変位が増えるに連れてひずみが増えると共に、新しいクラックひずみがコンクリートの側面から内面に向かって進行していく様子が見られる。 $=7.9 y$ 付近ではコンクリート基部の多くの部分がクラックにより損傷を受けていることが確認できた。

4. まとめ

本研究では、コンクリート充填鋼管柱の曲げ挙動を 3次元有限変形解析により、付着挙動、コンクリートの拘束状況およびクラック、鋼管の座屈挙動など、幾何学・材料非線形域まで表現した。

今後は挙動を詳細に追うことによりコンクリート充填鋼管柱の損傷メカニズムについて考察を進める。

謝辞：本研究は、文部省ハイテクリサーチ構想による研究費（中部大学）によったことを付記する。

参考文献

- 1) 保坂鐵矢, 松室哲彦, 橘吉宏, 平城弘一：充填鋼管とコンクリートとの鉄道複合橋梁 - 北陸新幹線・北陸道架道橋 -, 土木学会 第 54 回年次学術講演会概要集, -A313, pp.626-627, 1999.9
- 2) 石樽豊康：コンクリート充填円形鋼管柱の繰返し変形特性について：平成 8 年度名古屋大学土木工学科卒業論文, pp.6, 1997
- 3) 水野英二, 森本康介, 畑中重光：中心圧縮力を受けるコンファインドコンクリートの拘束効果に関する三次元 FEM 解析, コンクリート工学年次論文報告集, vo21, No.3, 1999.

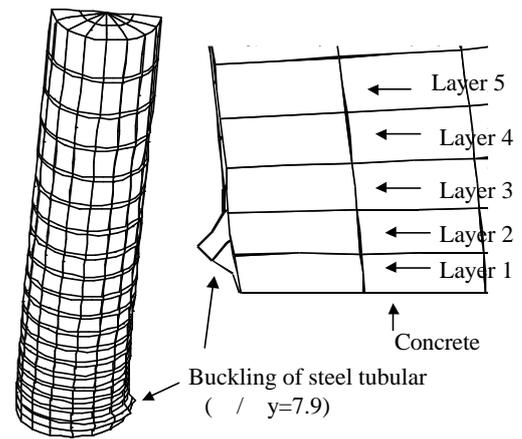


図 - 2 鋼管柱の局部座屈

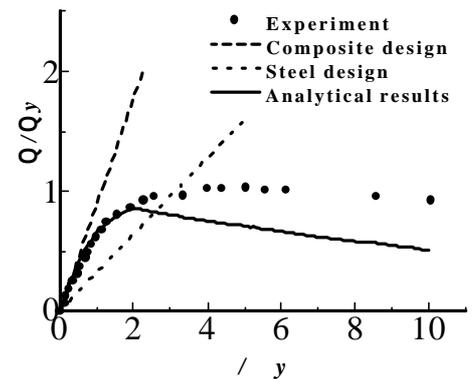


図 - 3 荷重 - 変位曲線

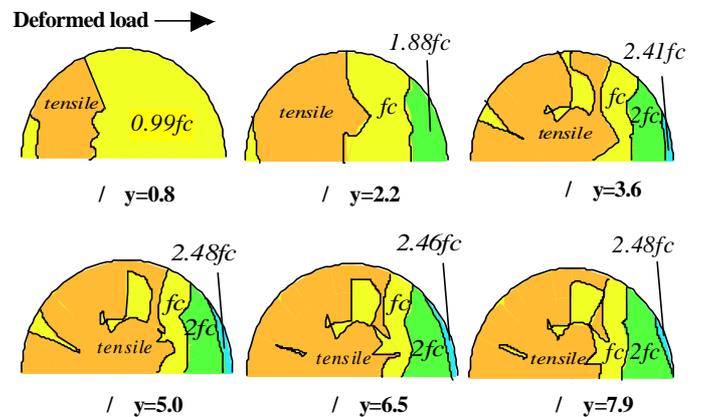


図 - 4 固定端面の鉛直応力分布

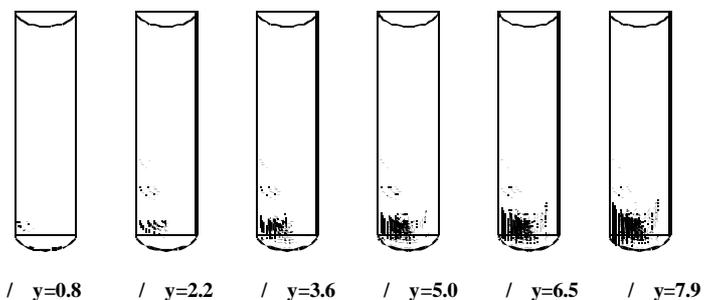


図 - 5 初期クラックひずみの進展状況