

部分的に鉄筋を内蔵したコンクリート充填鋼管柱の内部性状に関する解析的研究

東京都市大学大学院 学生会員 ○木村健太郎
東京都市大学大学院 フェロー会員 増田 陳紀

1. はじめに

近年、社会資本整備における省力化施工、工期短縮などを通じた建設コスト削減の要求に対応するために、鋼とコンクリートという対照的な材料の長所を活かした複合構造への各種新しい技術研究や開発が行われ導入されている。そのような代表的複合構造の一つに、コンクリート充填鋼管（CFT: Concrete Filled steel Tube / 図-1）柱があり、鉄道高架橋を中心に採用されている。

軸圧縮と曲げ変形を受ける CFT 柱は、コンクリートの圧壊領域が柱基部に集中し、鋼管の座屈が発生する場合があることが既往の研究¹⁾²⁾でわかっている。本研究では、このような損傷の防止対策として部分的に鉄筋を内蔵することを提案する。コンクリートの内部性状、特にひび割れ性状は不明な点が多いが、実験的に評価するには、ひずみゲージの埋め込みや鋼管のはつり作業を要する上、コンクリート内部の損傷状態の把握は困難である。そこで、ここでは、弾塑性 FEM 解析により、一定軸圧縮下で曲げ変形を受ける無筋 CFT 柱と部分的に鉄筋を内蔵した CFT 柱の耐力、変形性能、クラックひずみの評価、比較を行う。

2. 対象とする CFT 構造の諸元と解析モデル

旧建設省土木研究所で行われたはり一柱部材の曲げ実験¹⁾と同様の条件での解析を行う。実験では、供試体には、一定軸圧縮 6860kN（軸力比 $P/P_y=0.3$ ）を載荷後、横方向変位の単調載荷をしている。供試体の寸法は、高さ $L=2920\text{mm}$ 、外径 $D=700\text{mm}$ 、鋼管の板厚 $t=6\text{mm}$ ($D/t=116.7$)である（図-2）。

解析モデルには、対称性を考慮した 1/2 モデルを使用し、柱下端は全拘束とした。使用要素は、鋼管には 8 節点シェル要素、充填コンクリートには 15 節点 5 面体ソリッド要素と 20 節点 6 面体ソリッド要素、鋼管と充填コンクリートの境界面には 8 節点境界要素を用いた。

材料構成則に関しては、CFT の実験値を精度良く再現している文献²⁾のモデルを踏襲した。なお、解析に

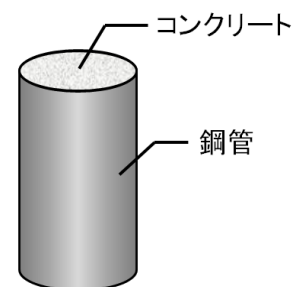


図-1 コンクリート充填鋼管

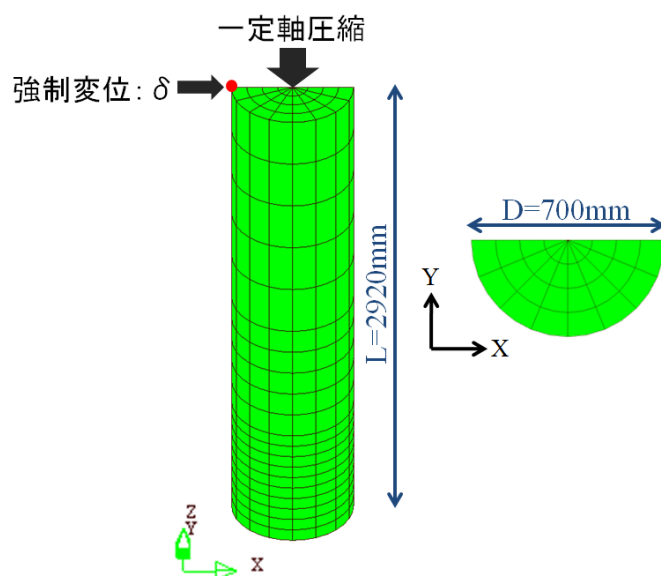


図-2 CFT 構造の諸元と解析モデル

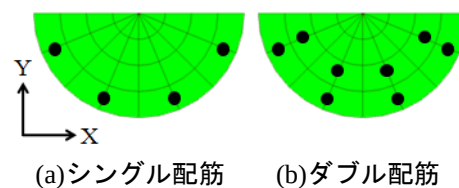


図-3 内蔵鉄筋の配置

は汎用構造解析プログラム DIANA 9.4.4 を使用し、収束計算には Newton-Raphson 法を採用した。

3. 鉄筋内蔵 CFT 構造のモデル化および内蔵鉄筋が内部性状へ与える影響についての検討方法

上述の無筋 CFT 構造のモデルに、鉄筋を内蔵した構造モデルを作成した。図-3 に示す 2 種の配筋方法、すなわち、シングル配筋(S)とダブル配筋(W)を検討することとし、鉄筋は埋込鉄筋要素を用いてモデル化した。

鉄筋の応力-ひずみ関係は、2 次勾配が 1 次勾配 E_s の

キーワード 一定軸圧縮下の曲げ、耐力、クラックひずみ

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL. 03-5707-0104（代表）内線 3265

1/100 としたバイリニアモデルを適用し、ヤング率，ポアソン比，単位体積重量，降伏基準や硬化則は鋼管と同様にし，鉄筋とコンクリート間は完全付着とした。

本研究では，まず，主鉄筋に比較的大きな径を持つ D38(SD345)を用いたシングル配筋(S)を対象として，基部からの鉄筋内蔵高さをパラメータに解析を行い，耐力に着目してその影響を把握する．次いで，鉄筋径と配筋方法をパラメータとして同様の解析を行い，耐力とクラックひずみの発生進展挙動を評価，比較する．

4. 解析結果：耐力およびクラック進展挙動の比較

D38(SD345)のシングル配筋(S)で，基部からの鉄筋内蔵高さを L (全スパン)，0.5L，0.35L，0.3L，0.25L の 5 段階に変化させたときの荷重-変位関係を図-4 に示す．全スパンに鉄筋を内蔵したモデルは，無筋 CFT に比べて最大荷重が約 30%増加しており，鉄筋内蔵高さを 0.35L に設定したモデルでもほぼ同等の耐力が発揮されているため，以後の検討では鉄筋内蔵高さは 0.35L とする．

鉄筋内蔵高さを 0.35L として，D19(SD345)をシングル配筋(S)並びにダブル配筋(W)とした場合の荷重-変位関係を図-5 に示す．鉄筋内蔵 CFT の場合，無筋 CFT の場合に比して，初期勾配がわずかに上回り，最大荷重は，シングル配筋(S)で 9%，ダブル配筋(W)で 12%高くなった．

無筋 CFT，シングル配筋(S)鉄筋内蔵 CFT，ダブル配筋(W)鉄筋内蔵 CFT それぞれの場合のクラックひずみ進展図を図-6，図-7，図-8 に示す．青丸印 (●) は，クラックひずみが発生した要素（初期ひび割れの発生する引張応力に達した要素）のガウス積分点箇所を示しており， δ は強制変位で与えた横方向変位を表している．無筋 CFT と鉄筋内蔵 CFT を比較すると，最大荷重を迎える前の変位では，クラックひずみの発生箇所の分布に差が見受けられ，鉄筋を内蔵したことによって，クラックひずみの進展が遅くなっていることがわかる．

鉄筋径による影響は当日報告する．

参考文献

- 1) 佐伯彰一，箕作光一，滝沢晃：コンクリート充填鋼管の耐荷力（その 3；はり-柱部材），天然資源の開発利用に関する日米会議 耐風・耐震構造専門部会 第 16 回合同部会会議録，pp.565-581，1984 年
- 2) 松村寿男，水野英二：軸圧縮下で曲げ変形を受けるコンクリート充填鋼管柱の内部性状に関する三次元 FEM 解析，構造工学論文集，Vol.53A，pp.1057-1068，2007 年

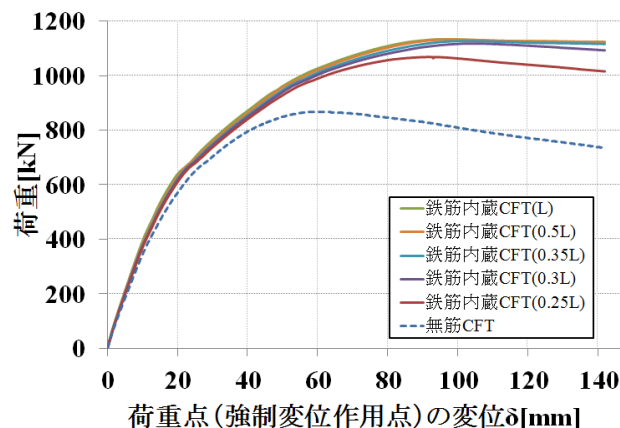


図-4 鉄筋内蔵高さが荷重-変位関係に及ぼす影響
：D38(SD345)のシングル配筋(S)

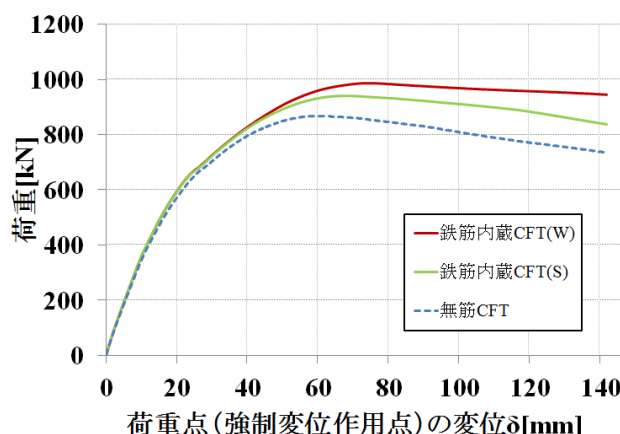


図-5 配筋方法の相違が荷重-変位関係に及ぼす影響
：D19(SD345)・鉄筋内蔵高さ 0.35L

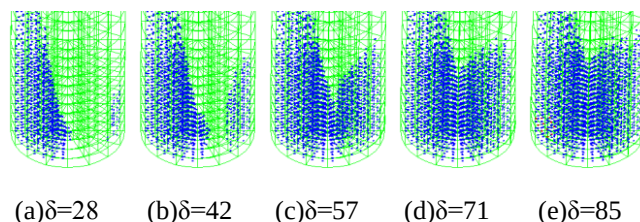


図-6 無筋 CFT のクラックひずみ進展図
： δ は強制変位で与えた横方向変位

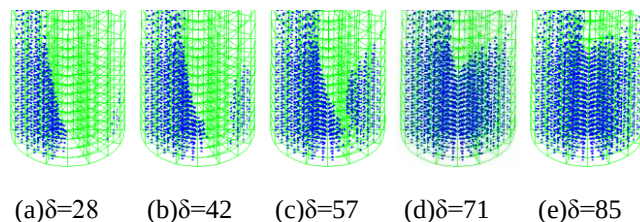


図-7 鉄筋内蔵 CFT(S)のクラックひずみ進展図

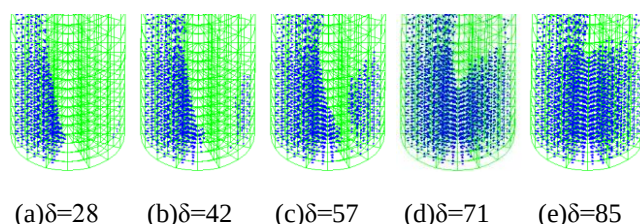


図-8 鉄筋内蔵 CFT(W)のクラックひずみ進展図