

円形断面を有するコンクリート充填鋼管柱の一軸圧縮実験

東北大学大学院 学生員 ○青木峻二

東北大学大学院 正会員 秋山充良

東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

戸田建設(株) 正会員 佐々木健太

1. はじめに

本研究では、円形断面を有する鋼管内のコンクリートで生じるコンファインド効果の発現メカニズムを実験的に明らかにすることを目的に、コンクリート充填鋼管柱(以下、充填鋼管柱)の一軸圧縮実験を行った。本稿では特に、充填鋼管柱の鋼管と RC 柱の横拘束筋から与えられる拘束圧の進展の違いや、両柱のコンクリートの平均化応力-ひずみ関係を比較した結果を報告する。

2. 実験概要

供試体諸元の一覧を表-1に示す。充填鋼管柱は、充填コンクリートと鋼管の軸荷重の分担割合を変えた供試体を製作した。図-1(b)に示されるように、D2F2N48B と D2F6N48B は、柱上端に内リブを設け、内リブより下端ではコンクリートと鋼管が一体となり荷重を支持するようにした。以降、この2体をボンド型柱と呼ぶ。図-1(c)の D2F2N48U と D2F6N48U は、充填コンクリートのみに軸荷重を与えた。この2体の鋼管は、受動的な横拘束圧を充填コンクリートに与える役割のみを果たす。以降では、この2体をアンボンド型柱と呼ぶ。

3. 実験結果

図-2に示されるように、無充填鋼管柱では局部座屈の発生で荷重が低下するのに対して、コンクリート圧縮強度の小さい D2F2N48B は局部座屈が進展しても荷重は緩やかに増加し続ける。一方、コンクリート圧縮強度の大きい D2F6N48B では、最大荷重点が明確に現れ、局部座屈の進展前に荷重低下が生じた。鋼管外側からの観察では、コンクリートにせん断すべり面が発生したと思われる鋼管の変形が生じた。アンボンド型柱では、圧縮変位の増加に伴い鋼管の膨張が目視でも確認できた。コンクリート圧縮強度が大きい D2F6N48U でも、D2F6N48B と異なり、非常に緩やかな荷重低下となる。

次に、2軸ひずみゲージより得られる円周方向ひずみと軸方向ひずみより、von-Mises の降伏条件を満たすように鋼管の円周方向応力と軸方向応力を求めた。降伏強度およびヤング係数は、材料試験から得られた 364MPa と 209000MPa とした。ポアソン比とひずみ硬化率はそれぞれ 0.3 と 0.01 を仮定している。

D2F2N48B と D2F2N48U の計算結果の一例を図-3に示した。ボンド型柱は、鋼管の降伏まで軸方向応力のみが増加する。降伏以降は、充填コンクリートの横膨張を受け、von-Mises の降伏曲面上を移動しながら円周方向応力が増加する。アンボンド型柱の D2F2N48U でも、鋼管とコンクリートの付着により、軸方向応力は生じるものの、その値は小さく、ボンド型柱とは異なり、載荷初期の段階から充填コンクリートの横膨張により円周方向引張応力が発現している。

表-1 供試体諸元の一覧

供試体名	外径 (mm)	板厚 (mm)	柱高さ (mm)	コンクリート 圧縮強度 σ'_c (MPa) ^{*1)}	鋼材 降伏強度 (MPa)
D2F0N48V	216	4.5	914	—	364
D2F2N48B	216	4.5	1130	22.2	364
D2F2N48U	216	4.5	905	22.2	364
D2F6N48B	216	4.5	1130	58.5	364
D2F6N48U	216	4.5	865	58.5	364

*1) テストピース (φ100×200mm) 3本の材料試験より得られた圧縮強度の平均値

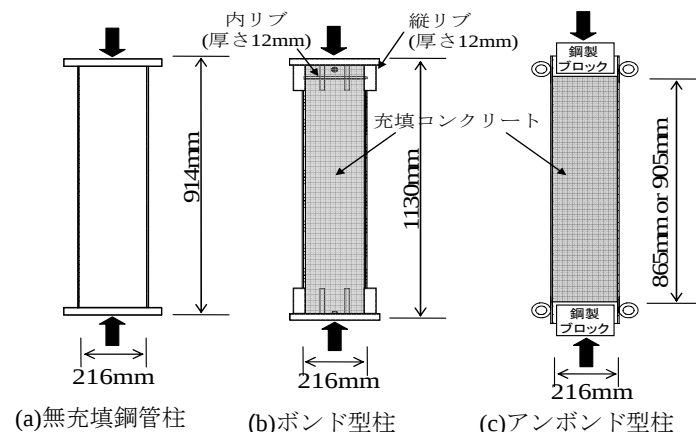


図-1 コンクリート充填鋼管の構成

キーワード：コンクリート充填鋼管柱、コンファインドコンクリート、一軸圧縮実験

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022 (795) 7449

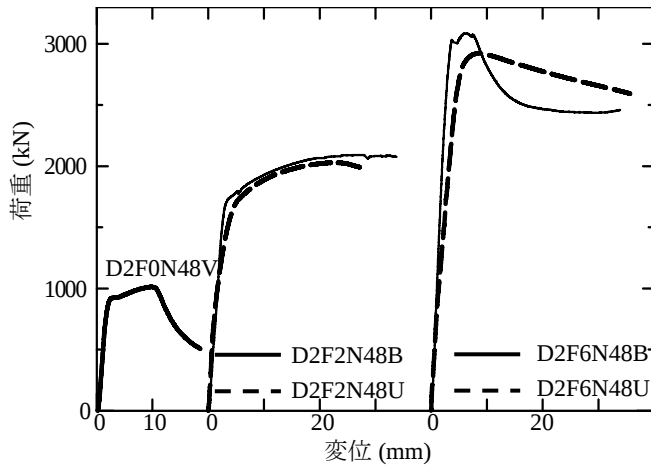


図-2 荷重-変位関係の比較

図-3 から判断すると、ボンド型柱では、コンクリートが圧縮力を受け、横拘束圧が小さい状態でコンクリートが損傷して圧縮破壊の局所化が生じ、横膨張し始めた後に横拘束圧が与えられる。十分な大きさの横拘束圧に達するまでに、コンクリート圧縮強度が大きい D2F6N48B では、図-2 に示すように、最大荷重直後に荷重低下が生じたと思われる。一方、アンボンド型柱では、当初から鋼管より高い横拘束圧が与えられているため、このような荷重低下は生じないと推察される。

4. 充填コンクリートの平均化応力-ひずみ関係

参考文献 1)で提案された RC 柱のコンファインドコンクリートの平均化応力-ひずみ関係を充填鋼管柱の充填コンクリートに適用する。充填コンクリートの平均化応力-ひずみ関係を算出する際には、次の仮定を設けた。i)アンボンド型柱では、鋼管とコンクリートの付着はない。ii)ボンド型柱では、図-3 を得た際と同じ計算方法を用いることで、鋼管のひずみゲージから軸方向応力の平均値を算定し、それに鋼管断面積をかけることで、鋼管負担分の軸荷重とする。

コンクリート圧縮強度が約 20MPa の結果を図-4 にまとめた。図-4 に示すように、アンボンド型柱の充填コンクリートは、既往の RC 柱の実験に基づき提案されたモデルによりコンファインド効果を評価可能である。一方、ボンド型柱では、横拘束圧の発現が遅れる現象を考慮するため、横拘束筋体積比を減じて参考文献 1)のモデルを使用すれば、同様に充填コンクリートの平均化応力-ひずみ関係を評価可能と思われる。

5. まとめ

- (1) 鋼管の軸圧縮力の負担程度によりコンファインド効果は異なり、鋼管の円周方向応力の発現が遅れると、高強度コンクリートを用いた柱で荷重低下が生じる。ただし、その後の鋼管からの横拘束圧の増加により、RC 柱に比べ荷重低下幅は小さい。
- (2) アンボンド型柱の充填コンクリートの挙動は、RC 柱の実験に基づき提案されているコンファインドコンクリートの平均化応力-ひずみ関係により概ね評価可能である。

参考文献

- 1) 秋山充良, 渡邊正俊, 阿部諭史, 崔松涛, 前田直己, 鈴木基行: 一軸圧縮を受ける高強度 RC 柱の破壊性状および力学的特性に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.62, No.3, pp.477-496, 2006.

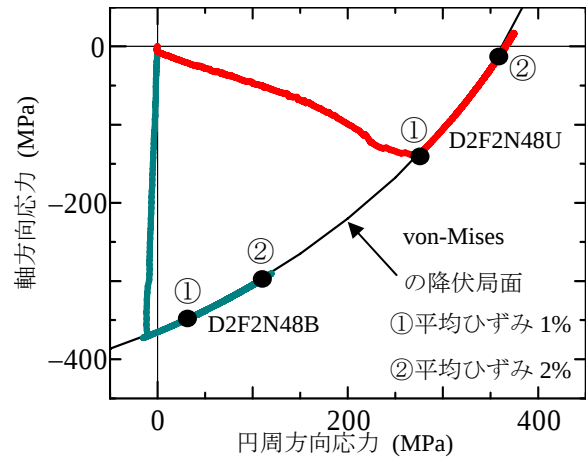


図-3 鋼管の応力状態

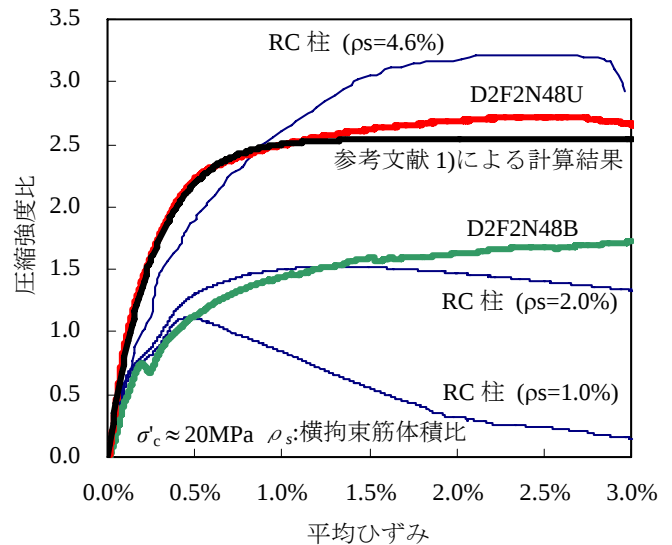


図-4 充填コンクリートの平均化応力-ひずみ関係