

コンクリート充填円形鋼管短柱の軸圧縮性状に関する解析的検討

耐力-変形関係 標準強度 降伏応力度
残留応力 径厚比 既往の実験データ

正会員 ○山本 貴正*1
同 川口 淳*2
同 山田 和夫*3

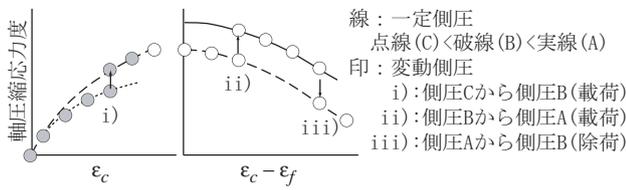
1. はじめに

コンクリート充填鋼管(以下、CFT)柱構造の力学性状に関する実験・理論的研究は、数多く行われている。しかし、その鋼管およびコンクリートの強度の合理的な組み合わせについては、未だ、明示されていない。近年、CFT柱構造に高強度材料が使用されつつあるため例えば、1)、この合理的な組み合わせを判別可能な手法を構築することは急務である。

以上のから、本報は、CFTの鋼管およびコンクリートの合理的な強度の組み合わせを提示することを目的として、まず、軸圧縮を受ける円形CFT短柱の耐力-変形関係に及ぼす高強度材料を含む各種要因について、既往の提案式を用いて解析的に検討している。

2. 解析概要

軸圧縮下におけるCFT短柱の耐力-変形関係は、既報2)の提案式を用いて算出する。計算方法の概略を図1および図2に示す。各図に示すように、この計算結果には、コンクリートのポアソン比が著しく影響す



側圧が変動(途中荷重, 途中除荷)した場合
側圧変動後の応力度-ひずみ度-側圧関係は、一定側圧を受ける
応力度-ひずみ度-側圧関係に乗り移る。

ε_c: 軸方向ひずみ度 ε_f: 圧縮強度時の軸方向ひずみ度

図1 変動側圧を受ける三軸圧縮下コンクリート²⁾

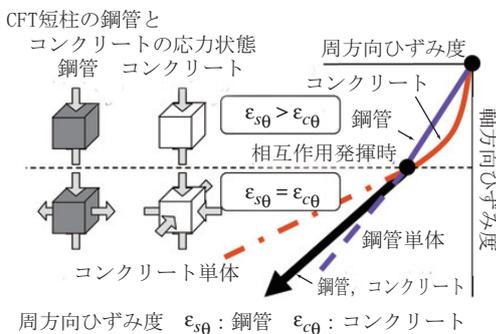


図2 CFT短柱の鋼管とコンクリートの変形の適合条件²⁾

る。このことから、既報の提案式では、コンクリートのポアソン比の計算に用いている長沼式³⁾の変数 v_{p0} および v_p を、一定側圧下コンクリートおよび円形CFT短柱の既往の実験データとの対応性から次式に変更している。

文献3) : $v_{p0} = 0.034 \sigma_B$ (1. a)

変更後 : $v_{p0} = 0.34 \sigma_B^{0.25} + v_0$ (1. b)

文献3) : $v_p = v_0 + (v_{p0} - v_0)(1.0 - R_s^{0.5})$ (2. a)

変更後 : $v_p = v_0 + (v_{p0} - v_0)(1.0 - R_s)^\kappa$

$\kappa = 10.6 \ln \sigma_B - 36.4$ ($1 \leq \kappa \leq 10$) (2. b)

ここに、 σ_B : コンクリート標準供試体の圧縮強度 (N/mm²) (以下、標準強度)、 v_0 : 弾性ポアソン比

なお、図3には、高強度材料が用いられているCFT短柱の実験値¹⁾と計算値の比較が示してある。

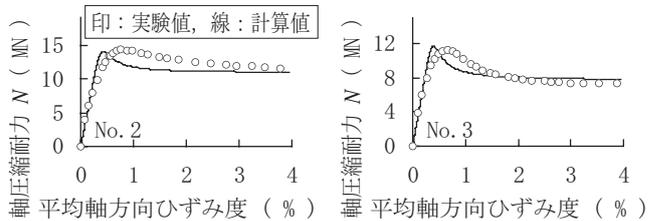
上記の既報の提案式より円形CFT短柱の耐力-変形関係を計算し、その関係に及ぼす各種要因について検討する。なお、i) 寸法効果は無視する、ii) 高さ直径比は3、とした。また解析要因の水準は、既往の実験データの使用材料を参考に設定した。

3. 解析結果・考察

3.1 耐力-変形関係

図4に、耐力-変形関係の計算値の例を示す。

同図(a)より、残留応力なしでは、降伏応力度發揮(以下、降伏)後の N/N_0 、 N_s/N_0 および σ_f/σ_B に及ぼす径厚比と降伏応力度の組み合わせ、および降伏比の影響



文献	供試体	D (mm)	B/t	h/D	σ _y (N/mm ²)	YR	σ _B (N/mm ²)	N _{sy} /N ₀
1)	No.2	240	18.0	3.0	787*	0.94	179.8	0.54
	No.3	240	29.5	3.0	777*	0.94		0.39

D: 鋼管の断面直径, t: 鋼管の板厚, h: 鋼管の高さ, σ_y: 鋼材の降伏応力度

*: 0.2%off-set, YR: 鋼材の降伏比, N_{sy}: 鋼管の断面力 (= A_s · σ_y)

N₀: 断面力 (= A_s · σ_y + A_c · σ_B), A_s, A_c: 鋼管, コンクリートの原断面積

図3 耐力-変形関係の実験値と計算値¹⁾の比較

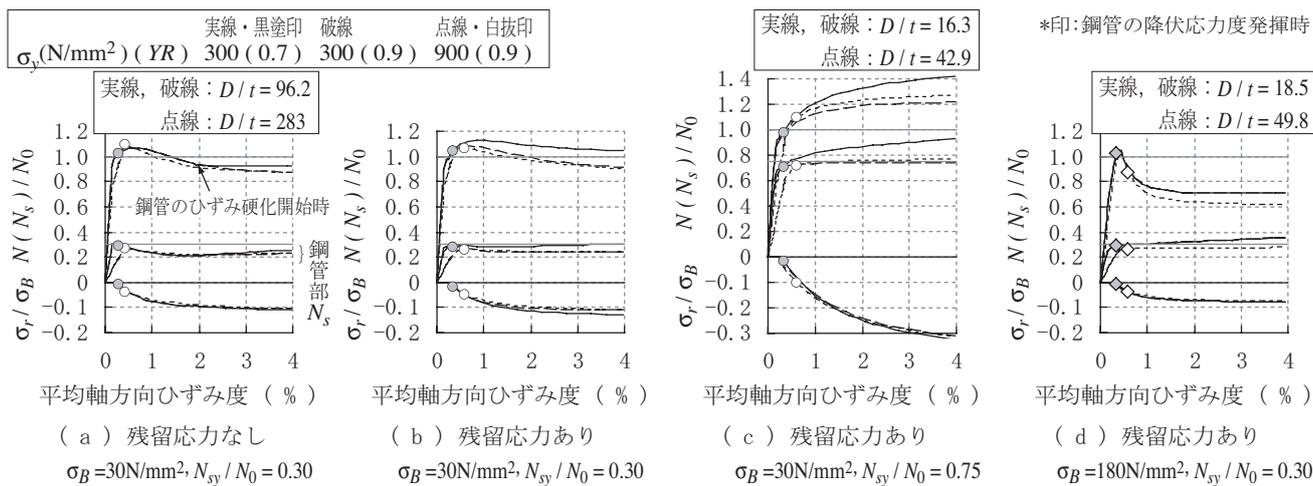


図4 応力-ひずみ関係の計算値 (N_s : 鋼管部の耐力, σ_r : 側圧)

はほとんどないことがわかる。なお、降伏後の最小耐力は、概ねひずみ硬化開始時の耐力になることが認められる。

同図(b)-(d)より、残留応力ありでは、各 N_{sy}/N_0 (以下、鋼管断面力比) および標準強度ともに、i) σ_r/σ_B に及ぼす、径厚比と降伏応力度の組み合わせおよび降伏比の影響、ii) 降伏後の N/N_0 および N_s/N_0 に及ぼす降伏比の影響、がほとんどないことがわかる。従って、ひずみ硬化によるCFTの軸圧縮耐力の上昇は、その残留応力なしの鋼管部の耐力と降伏比を用いて、評価できる可能性がある。

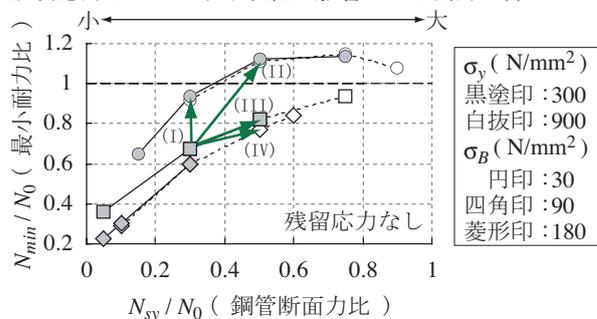
同図(b)-(c)より、鋼管断面力比が小さい場合は、降伏後の N/N_0 , N_s/N_0 および σ_r/σ_B に及ぼすひずみ硬化の影響が小さく、これにより N_s/N_0 および σ_r/σ_B が収束しており、Tomiiら⁴⁾の仮定が成立していることが認められる。

3.2 降伏耐力発揮後の最小耐力

図5に、残留応力なしの累加耐力に対するひずみ硬化発揮時の耐力(以下、最小耐力比(前述3.1参照))と鋼管断面力比の関係に及ぼす標準強度の影響の例を示す。

同図より、鋼管断面力比0.5程度以上では、i) 標準強度 30N/mm^2 は、最小耐力が、累加耐力より高いこと、ii) 鋼管断面力比が大きいほど、最小耐力比に及ぼす標準強度の影響が小さくなること、が認められる。なお、最小耐力比を大きくするには、同図中の矢印でしめすI-IVのケースとなる。鋼管断面力比が高くなるケースII-IVは、前述3.1を踏まえ、残留応力ありでは、ひずみ硬化により、さらに最小耐力比が大きくなること

残留応力あり：ひずみ硬化の影響による耐力上昇



矢印I-IV: 最小耐力比を大きくするケース

図5 最小耐力に及ぼす標準強度の影響

が期待できる。ただし、断面力を原断面積で除した単位面積当たりの断面力が一定の条件では、計算上、ケースIVの標準強度を高くして最小耐力比を大きくすることは、成立しない。

4. おわりに

軸圧縮を受ける円形CFT短柱の耐力-変形関係に及ぼす高強度材料を含む各種要因について、既往の提案式を用いて解析的に検討した。

参考文献 1) 鈴井康正, 他: 超高強度コンクリート充填鋼管(CFT)柱, 大林組技術研究所報, CD-Rom, No. 74, 2010 2) 山本貴正, 他: 寸法効果を考慮した中心圧縮を受けるコンクリート充填円形鋼管短柱の荷重-変形関係に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No. 592, pp. 193-200, 2006. 6 3) 長沼一洋: 非線形ポアソン効果を考慮した三軸応力下のコンクリートの直交異方性構成モデル, 日本建築学会構造系論文集, No. 485, pp. 109-116, 1996. 7 4) Tomii, M., etc: Experimental Studies on Concrete Filled Steel Tubular Stub Columns under Concentric Loading, International Colloquium on Stability of Structures under Static and Dynamic Loads, SSRC/ASCE, Washington, D. C., pp. 718-741, 1977. 3

*1 豊田工業高等専門学校建築学科 准教授・博士(工学)

*2 三重大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

*3 愛知工業大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Toyota National College of Technology, Dr. Eng.

Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Mie University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.