

SC 杭の軸圧縮性状に関する実験的研究

SC 杭 軸圧縮耐力 中空断面
曲げ靱性能 高強度コンクリート 拘束効果

正会員 ○古川 佳純*¹ 同 小原 拓*¹
同 河野 進*¹ 同 宮原 清*²
同 Thusoo Shreya*¹ 同 Mukai David*³

1. はじめに

鋼管を外殻として用いた SC 杭については曲げ耐力や変形性能を評価する際に、コンクリートの拘束効果および鋼管の座屈挙動を考慮した応力-ひずみ関係が必要となる。これに関して、最大軸耐力や最大軸耐力時のひずみについては文献^{1,2)}もあるが、コンクリート拘束効果や鋼管の座屈挙動が最大軸耐力や最大軸耐力後の変形性能に与える影響についての研究は少なく、SC 杭曲げ靱性能を評価するには十分とは言えない。

本研究では SC 杭の曲げ靱性能を評価するため、拘束中空高強度コンクリートと鋼管の応力-ひずみ関係の解明を目的とし、SC 杭 3 体の一軸圧縮試験を行った。

2. 実験概要

試験体諸元を表-1、試験体概要を図-1、鋼材・コンクリートの力学的特性を表-2、表-3 に示す。試験体は杭径 200mm、高さ 300mm の SC 杭で、コンクリート厚を実験変数とした 3 体である。加力はアムスラー装置の上端下端に球座を設けず、一軸圧縮単調載荷とした。

3. 実験結果と検討

3.1 荷重-軸ひずみ関係

実験で得られた荷重-ひずみ関係を図-2 に示す。鋼管は N1 と S1 の平均ひずみ、コンクリートは N11 と S11 の平均ひずみである。全試験体で、鋼管降伏後に最大軸耐力に達していた。各試験体のコンクリートの最大軸耐力時ひずみは 3231 μ ~3746 μ であり、大きな差は見られなかった。SC1、P-SC2 に関して、鋼管とコンクリートの軸ひずみの推移はほぼ同じであった。SC-1、P-SC2 は最大軸耐力を迎えた直後に鋼管の座屈発生が目視で確認されたのに対し、SC-3 は最大軸耐力後 8% の耐力低下を経て目視による鋼管の座屈発生に至った。また、全試験体においてコンクリートの最大軸耐力時ひずみは表-3 の圧縮強度時ひずみに達していた。載荷終了後コンクリートは圧壊していたことを目視で確認した。

3.2 最大軸耐力における計算値と実測値の比較

図-3 に示す材料試験で得られた応力-ひずみ関係から、荷重-ひずみ関係を予測し計算値として図-2 に示した。以下にその計算方法とそれに伴う式を(1)~(3)として示す。

$$N(\epsilon_v) = N_c(\epsilon_v) + N_s(\epsilon_v) \quad (1)$$

$$N_c(\epsilon_v) = \sigma_c(\epsilon_v) \times A_c \quad (2)$$

$$N_s(\epsilon_v) = \sigma_s(\epsilon_v) \times A_s \quad (3)$$

手順はコンクリートの任意のひずみ ϵ_v に対して、鋼管のひずみを同じと仮定する。図-3 から ϵ_v に対するコンクリートと鋼管の応力度 $\sigma_c(\epsilon_v)$ 、 $\sigma_s(\epsilon_v)$ を求める。SC 杭

表-1 試験体諸元

試験体	コンクリート厚tc (mm)	コンクリート圧縮強度fc (MPa)	鋼管降伏強度fy[MPa]	コンクリートのみの径厚比 τ [(D-2ts)/tc]
SC-1	22.7	99.3	325	8.61
P-SC2	37.7	103.2	290	5.18
SC-3	57.7	99.3	325	3.39

※ 共通事項

杭径 D=200mm. 高さ H=300mm. 鋼管厚 ts=2.3mm. 径厚比 ρ =87.0

表-2 鋼材の力学的特性

試験体	降伏応力度 (MPa)	降伏ひずみ (μ)	引張強度 (MPa)	ヤング率 ($\times 10^4$ N/mm ²)
SC-1,SC-3	325	1572	454	2.07
P-SC2	290	1442	406	2.03

表-3 コンクリートの力学的特性

試験体	コンクリート圧縮強度 (MPa)	圧縮強度時ひずみ ϵ_{c0} (μ)	ヤング率 ($\times 10^4$ N/mm ²)	割裂引張強度 (MPa)
SC-1,SC-3	99.3	3441	2.98	-
P-SC2	103.2	2772	4.12	3.2

※ ϕ 200mm \times H300mm. コンクリート厚 tc=40mm の中空コンクリート試験体を用いた。

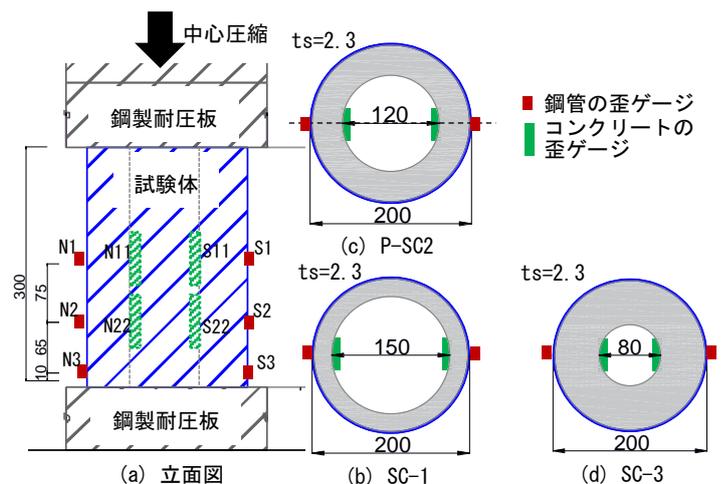


図-1 試験体の寸法 (単位 mm)

におけるコンクリートの断面積 A_c と鋼管の断面積 A_s を用いて(2)(3)式よりそれぞれの軸力負担 N_c と N_s を求め、この合計をひずみ ϵ_v に対応する軸力 $N(\epsilon_v)$ として(1)式より求める。この作業を ϵ_v がコンクリートの最大耐力時ひずみに達するまで行い荷重-ひずみ曲線を得る。この曲線の終点が最大軸耐力 N_{cal} で別途表-4 に示した。図-2 に示すように鋼管のひずみはコンクリートと同じではないが、今回の仮定のように同じとしても定性的な傾向は変わらない。また、今回の実験結果よりモデル化の際には座屈を考慮しなかった。

各試験体の実験結果に関して図-2 に示すように、SC-1 は計算値の方がやや大きく、P-SC2 ではほとんど一致、SC-3 では下回る結果となった。表-4 の N_{exp}/N_{cal} でもこの傾向が見られ、コンクリート厚が大きくなるほど最大耐力が大きくなった。福沢らの実験では、コンクリート径厚比 $\tau=5.18$ の中空部材の場合、コンクリートが無拘束状態であると考えて上記に示す計算式よりコンクリート分担力を求めると実験値に近い値となる³⁾と報告されており、試験体 P-SC2 についてはこれと同様の結果となった。これに対し、SC-3 は最大軸耐力が予測軸耐力を 20% 上回っており、コンクリート厚が大きくなると(1)式より耐力の上昇が確認された。これは鋼管によるコンクリートの拘束とコンクリートから鋼管が受ける座屈拘束の両効果の影響によるものであると考えられるが、それぞれの定量的な効果は今のところ不明である。今後はコンクリート径厚比 τ を変えた実験を行い拘束効果によるコンクリートの応力-ひずみ関係への影響および鋼管の座屈挙動について定量的な検討が必要となる。

4.まとめ

- コンクリート厚が大きくなるほど最大耐力が大きくなったが、コンクリートの拘束と鋼管の座屈拘束による影響については今後の課題である。
- 目視で確認できた座屈発生時について SC-1,P-SC2 は最大軸耐力後であったが SC-3 は最大軸耐力を迎え 8%の耐力低下後であった。
- コンクリートの最大軸耐力時ひずみは $3231 \mu \sim 3746 \mu$ と大きな差は見られず、全試験体においてコンクリートシリンダー材料試験時圧縮強度時ひずみに達しており、載荷終了後コンクリートは圧壊していたことを目視で確認した。

【謝辞】

本研究の一部は、科学研究費基盤 A(田村修次および河野進)、東京工業大学 SOFTech、フロンティア材料研究所全国共同利用、科学技術創成研究院(WRHI)の補助を受けて実施したものです。また、COPITA 杭の変形性能評価 WG の委員各位には、大変貴重な意見を頂きました。学生が受給した文部科学省国費奨学金についても、この場をお借りして感謝いたします。

表-4 最大軸耐力とそのときのコンクリートひずみ

試験体	最大軸耐力 N_{exp} (kN)	予測軸耐力 N_{cal} (kN)	N_{exp}/N_{cal}	最大軸耐力時ひずみコンクリート ($\times 10^4 N/mm^2$)
SC-1	1769	1812	0.98	3231
P-SC2	2705	2551	1.06	3484
SC-3	3637	3067	1.19	3746

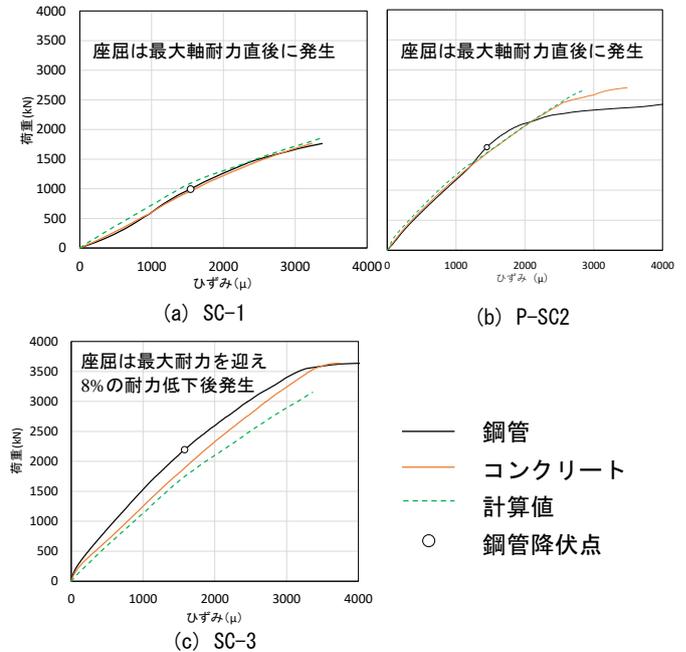


図-2 荷重-ひずみ関係

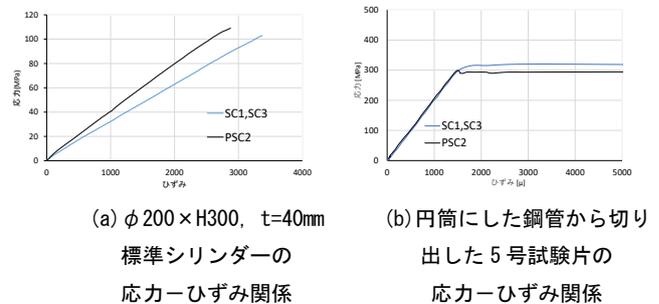


図-3 計算値の算出方法

【参考文献】

- 1) 鈴木計夫, 中塚信, 栗山実則, 米田玄次: 横方向拘束力を受けるコンクリートの力学的特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1387-1388, 1976.10
- 2) 仲威雄, 加藤勉, 阿部信男: コンクリート充填鋼管の圧縮強さ, 日本建築学会論文報告集, 第 69 号, pp. 605-608, 1961.10
- 3) 福沢公夫, 沼尾達弥, 半田健二, 清田章二: 中空鋼管コンクリート合成部材の軸方向圧縮耐力, コンクリート工学年次論文報告集, pp. 543-548, 1987

*1 東京工業大学
*2 コンクリートパイル建設技術協会
*3 ワイオミング大学 東京工業大学客員教授

*1 Tokyo Institute of Technology
*2 Concrete Pile Installation Technology Association
*3 University of Wyoming, Visiting Professor of Tokyo Institute of Technology