

[77] コンクリート充填角形鋼管柱の復元力特性に及ぼす鋼管幅厚比の影響

正会員 ○崎 野 健 治 (九州大学工学部)

正会員 富 井 政 英 (九州大学工学部)

1. 研究目的

鉄筋コンクリート柱の脆性破壊の改良を目的として、筆者らはコンクリート充填角形鋼管柱の研究を行なっている。コンクリート充填角形鋼管柱が定軸力のもとで繰返しせん断力を受ける場合の復元力特性に影響を与える因子には、せん断スパン比 a/D (記号については図1参照)、鋼管幅厚比 D/t 、軸力比 N/N_0 、材料の力学的性質、荷重履歴などが考えられる。このうちせん断スパン比の影響については、現在までの研究により、せん断力の影響が大きいような短い柱 ($a/D=1$) でも、軸力の大きさにかわらずエネルギー吸収能力の大きい紡すい形の復元力特性を示し、繰返しによる耐力低下の割合は曲げ破壊する柱 ($a/D=1.5, 2$) よりもむしろ小さいことなどが明らかにされている¹⁾。

以上のことから、本論は比較的細長い柱の繰返し載荷時の復元力特性に及ぼす鋼管幅厚比の影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

鋼管は市販の角形鋼管口-100×100を焼鈍して使用した。鋼管の焼鈍前の材質はSTKR-41である。コンクリートには鋼管と充填コンクリートのはだ離れを防ぎ、できるだけ一体的に挙動するように、膨脹性混和剤(カルウムスルフォアルミネート系)をセメント内割で15%混入した。

実験変数として、 D/t と N/N_0 をとり、 $D/t=46, 34, 24$ の3種類、 $N/N_0=0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の4種類計12体について実験を行なった。実験条件を表1に示す。コンクリートの調合を表2に示す。

加力は、図1に示すような逆対称の変形を柱に与えることのできる加力装置²⁾を用いて行なった。載荷プログラムは、変位振幅を部材角で±0.5%ずつ±2.5%まで増加させ、同一振幅で3サイクルずつ、計15サイクルの繰返し載荷である。

3. 破壊状況

実験終了後の試験体は全試験体とも材端のフランジ、ウェブには局部座屈が生じてふくらんでおり、材端の断面は円形に近くなって塑性ヒンジが形成されている。全試験体とも鋼管にはキレツは生じなかった。幅厚比が小さいものほど局部座屈の発生は遅れるが、幅厚比の違いによる破壊状況の質的な差異はあまり認められない。軸力が最も大きい N/N_0

表1 実験条件と柱の縮み量

	t (mm)	D E	$s\sigma_y$ (ton/cm ²)	$s\sigma_u$ (ton/cm ²)	F_c' (kg/cm ²)	N_0' (ton)	N_0 (ton)	N (ton)	N/N_0	δ_v (mm)
CH S3-2								9.17	0.18	-
CH S3-3								14.60	0.29	4.7
CH S3-4	2.17	46	3.01	3.87	227	46.0	50.1	18.38	0.37	14.0
CH S3-5								23.03	0.46	32.6
CH S3-2								10.80	0.19	2.4
CH S3-3								16.15	0.28	11.9
CH S3-4	2.96	34	2.99	4.09	229	53.9	58.0	21.50	0.37	20.7
CH S3-5								26.93	0.46	28.0
CH S3-2								12.39	0.19	2.7
CH S3-3								18.69	0.28	10.6
CH S3-4	4.21	24	2.96	4.06	204	63.5	66.9	25.27	0.38	15.7
CH S3-5								31.61	0.47	28.6

t : 管厚, $s\sigma_y$: 降伏応力度, N_0 : 引張強さ, F_c' : 膨張コンクリートのシリンダー強度 (シリンダーは型枠拘束養生), $N_0' = sA s\sigma_y + cA F_c'$, $N_0 = sA s\sigma_y + cA c\sigma_B$, $c\sigma_B = 1.2 F_c'$ ²⁾, δ_v : 15サイクル終了時の柱の材軸方向の全縮み量

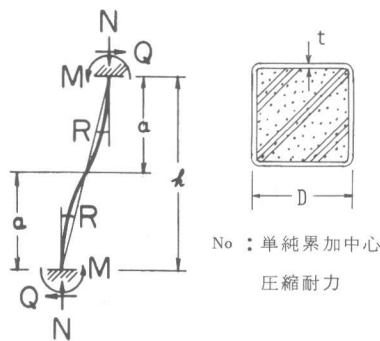


図1 柱の変形状態と記号の説明

表2 コンクリートの調合

W/C	水 (%)	セメント (kg/m ³)	砂 (kg/m ³)	砕石 (kg/m ³)	スラング (cm)
69	205	297	904	920	6-7

No = 0.5 の試験体は、いずれの幅厚比のものもフランジには第2波の局部座屈が生じた。材端に形成される塑性ヒンジの破損の程度を示すものとして、15サイクル終了時の柱の材軸方向の全縮み量 δ_v を表1に示す。これらの縮みはほとんどが両材端の塑性ヒンジ部分で生じたものと思われるが、最も高軸力の $N/No = 0.5$ の場合の $\delta_v / 2D$ (1材端の塑性ヒンジの縮み量を材せいで無次元化したもの) は、 D/t が 46, 34, 24 の場合それぞれ 0.16, 0.14, 0.14 にも達している。図2に幅厚比の最も大きい試験体4体の破壊状況を示す。

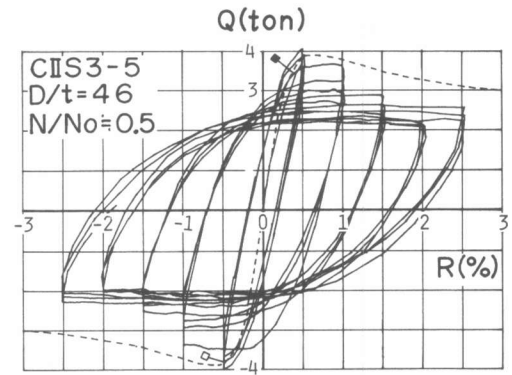
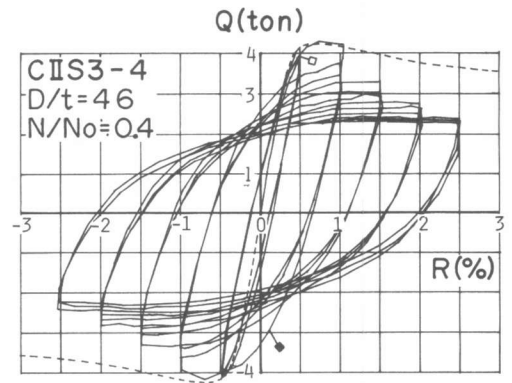
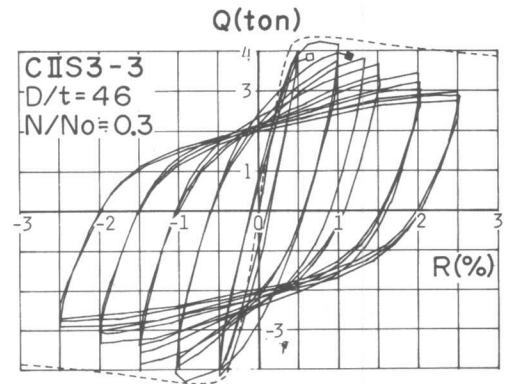
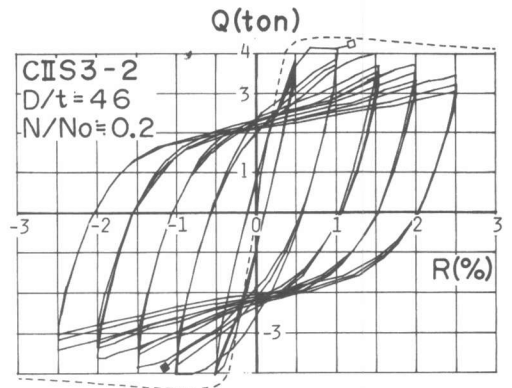
4 せん断力Q-部材角R関係

実験より得られたQ-R関係を図3に示す。図中の破線は単調加力の場合の柱の挙動をよく説明できる計算法²⁾により得られた理論線である。また、図中には肉眼で観察した局部座屈発生点も示してある。

同一軸力比で幅厚比の異なる試験体の正荷重時の除荷点連結曲線を図4に示す。比較のため、せん断力は正荷重時のそれぞれの最大せん断力で無次元化してある。図4をみると、繰返しによる耐力の低下は軸力比、幅厚比が大きいほど顕著になる。ただし、幅厚比が46と34では差異があまり認められない。軸力比の最も大きい $N/No = 0.5$ の試験体は、幅厚比がいずれのものも、一度耐力が低下した後安定し、それ以後の繰返しではむしろ耐力が再上昇する現象がみられる。このような、耐力がある一定量低下すると(低下の割合は条件により異なるが)安定し、それ以後の耐力の低下は生じずむしろ耐力が再上昇することがあるという現象は、高軸力と繰返しせん断力を受ける短い柱¹⁾ ($\alpha/D=1$), 単調中心圧縮力を受けて全体座屈を生じない短柱³⁾ にも



図2 破壊状況



----- 単調載荷時理論線

□ フランジ局部座屈発生点

■ ウェブ局部座屈発生点

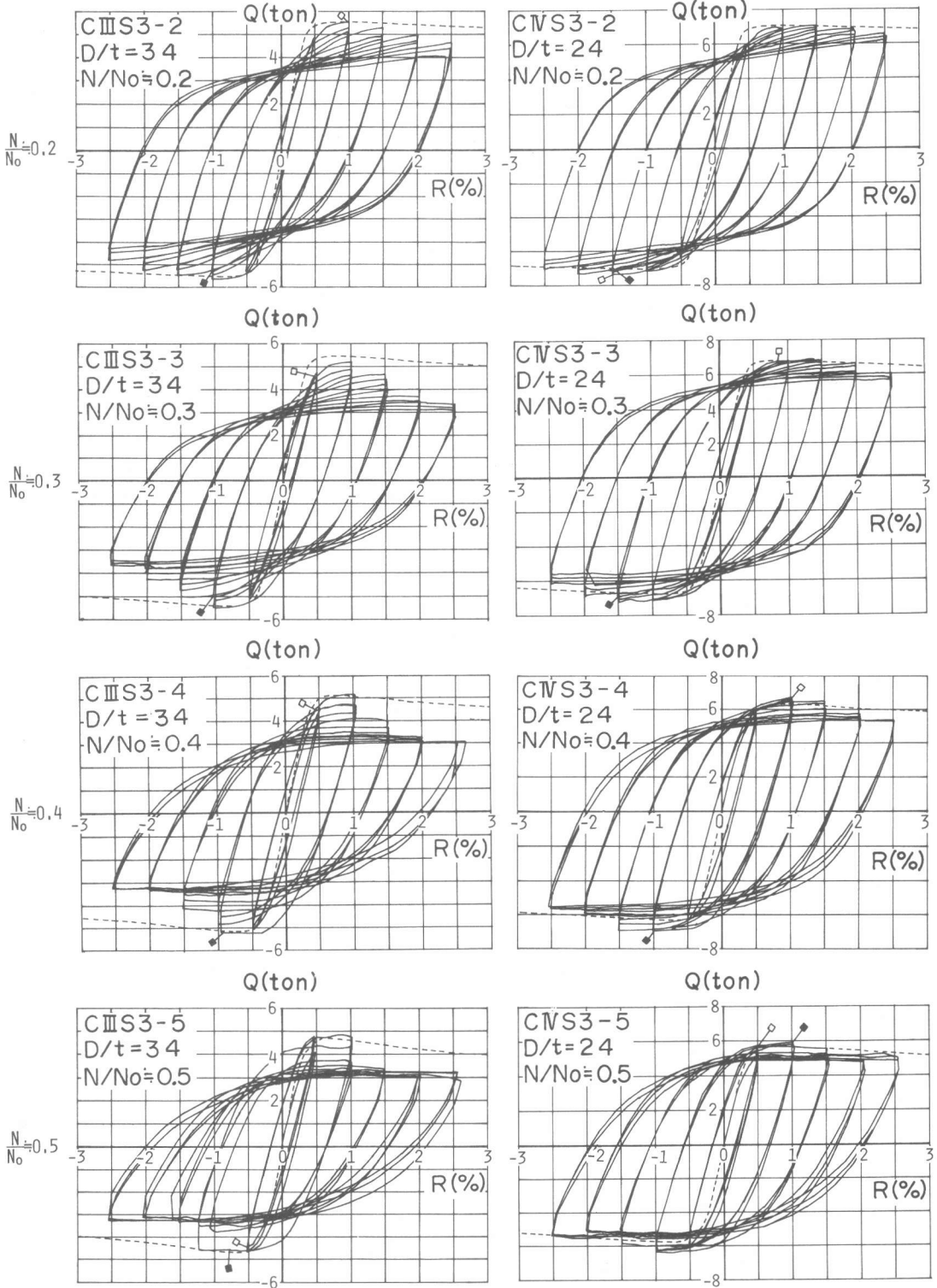


図3 せん断力 Q 一部材角 R 関係

見られる現象で、高軸力を受けるコンクリート充填角形鋼管柱の重要な特性であると考えられる。この原因は、前節で述べたように、破壊領域では鋼管の局部座屈により断面形が正方形から安定な円形に変化していくためと思われる。図4をみると、安定する荷重にまで耐力が低下する軸力比は、いずれの幅厚比においても0.4以上であり、それ以下の軸力比の試験体は、本実験での載荷条件では安定する荷重にまで耐力が低下していないものと思われる。

5 結論

定軸力のもとで繰返しせん断力を受けるせん断スパン比 α/D が3のコンクリート充填角形鋼管柱の実験を行った結果、その耐力・変形性状について下記のことがわかった。

i) せん断力-変位関係：各変位振幅での第1サイクル目の除荷点を連絡したスケルトンカーブは、単調載荷の場合の理論線と比較すると劣下現象が見られるが、ループの形状はエネルギー吸収能力の大きい紡錘形となっている。

ii) 繰返しによる耐力低下：鋼管幅厚比 D/t 、軸力比 N/N_0 が大きくなるほど、耐力低下は顕著になり、 N/N_0 が0.5の場合で、最大耐力の52% ($D/t=46$)、61% ($D/t=34$)、80% ($D/t=24$) にまで低下する。しかしながら、この場合、耐力はこれより低下することはなく、それ以後の繰返しではむしろ耐力の再上昇が見られた。

〔謝辞〕

本研究にあたって協力を得た文部技官藤原文夫氏、川口晃氏、九大大学院生二宮利治氏に深く感謝します。

〔参考文献〕

- 1) 崎野, 富井, 石橋; "繰返しせん断力を受けるコンクリート充填角形鋼管柱の復元力特性に及ぼすせん断スパン比の影響" 第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集, 1980.
- 2) Tomii, M., Sakino, K.; "Experimental Studies on Concrete Filled Square Steel Tubular Beam-Columns Subjected to Monotonic Shearing Force and Constant Axial Force," Transactions of A.I.J., No. 281.
- 3) 富井, 吉村, 森下, 吹原; "中心圧縮を受けるコンクリート充填鋼管短柱の弾塑性性状に関する研究(その1)" 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和52年

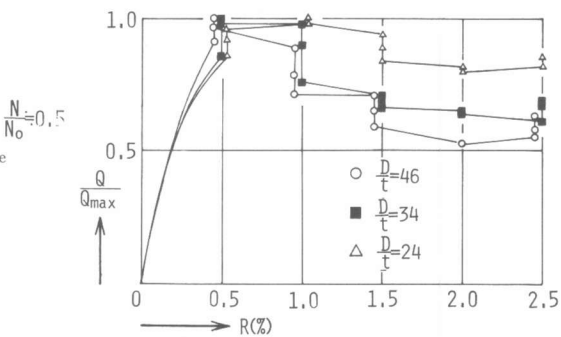
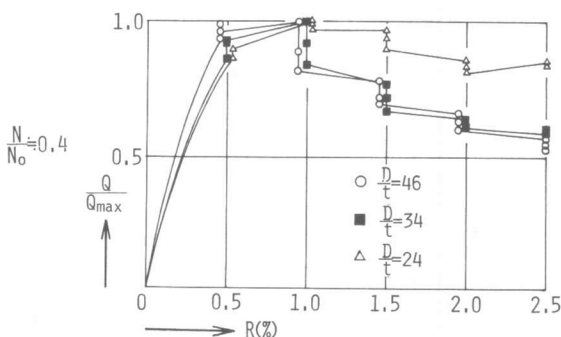
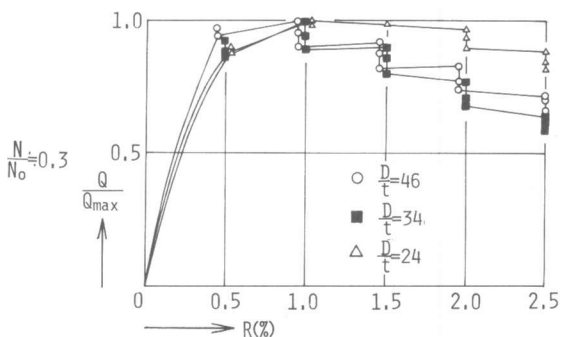
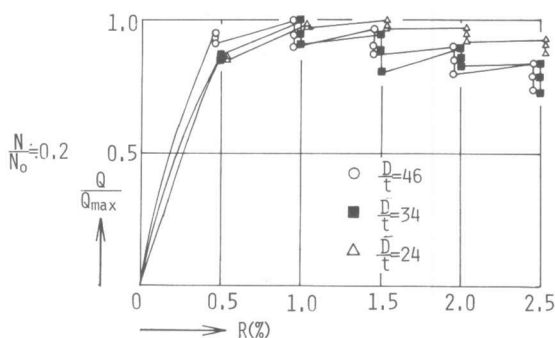


図4 除荷点連結曲線の比較(正荷重時)