

[121] 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

正会員 ○崎野健治(九州大学)

正会員 富井政英(九州大学)

石橋久義(九州大学)

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。現在までの研究によると、定軸力のもとで単調せん断力を受ける場合、せん断スパン比 a/D が2以上の場合は曲げ破壊を生じるが、 a/D が1の場合は、充填コンクリートには対角線方向の斜めひび割れが生じ、曲げせん断破壊をおこすことがわかっている¹⁾。単調載荷の場合、破壊性状にこのような違いがみられることから、繰返し載荷の場合では a/D の違いにより復元力特性が異なってくることが予想される。

以上のことから、本論は繰返し載荷時の復元力特性に及ぼすせん断スパン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-100×100×2.3を焼鈍して使用した。鋼管の幅 D と管厚 t の比 D/t は4.5であるが、これは日本建築学会の鋼構造設計規準における幅厚比の制限値(実験に用いた鋼管の強度と断面形状を考慮すると、 D/t の制限値は4.6となる)に非常に近い値である。したがって、比較的薄肉の鋼管を用いた場合の実験である。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、膨張性混和剤(C.S.A.)をセメント内割で1.5%混入した。

実験変数として、 a/D と軸力比 N/N_0 (N_0 は中心圧縮耐力)をとり、 $a/D = 1, 1.5, 2$ の3種類、 $N/N_0 = 0, 0.2, 0.3, 0.5$ の4種類計11体について実験を行なった。実験条件を表1に示す。

加力は、実際の構造物における柱の変形状態に近い逆対称の変形を柱に与えることのできる加力装置を用いて行なった。加力装置の詳細、変形測定方法については文献1)を参照されたい。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. せん断力Q-一部材角R関係(復元力特性)

実験より得られた $Q-R$ 関係を図1に示す。 $N/N_0 = 0$ の試験体はいく分逆S字形の復元力特性を示すが、それ以外の試験体はいずれも紡糸形の復元力特性を示す。繰返しによる耐力の低下は N/N_0 が大きいものほど顕著になるが、 N/N_0 の最も大きい0.5のものは、一度耐力が低下した後、変位振幅が2%以上で繰返し載荷により耐力が上昇している。ただし、 a/D が2で N/N_0

表1 実験条件

	t (mm)	$s\sigma_y$ (ton/cm ²)	σ_u (ton/cm ²)	F_c' (kg/cm ²)	N_0' (ton)	N_0 (ton)	N (ton)	N/ N_0	a/D
CH S1-0	2.21	3.04	3.93	180	42.5	45.8	0.4	0.01	1
CH S1-2							8.5	0.19	
CH S1-3							12.8	0.28	
CH S1-5							21.3	0.47	
CH S1.5-0							0.4	0.01	
CH S1.5-2	2.21	3.05	3.95	228	47.1	51.3	9.4	0.18	1.5
CH S1.5-3							14.1	0.27	
CH S1.5-5							23.5	0.46	
CH S2-0							0.6	0.01	
CH S2-3*	2.24	3.16	3.95	202	45.4	49.1	14.5	0.30	2
CH S2-5*							239	48.8	

が0.5の試験体は、測定装置の関係で変位振幅が2%のところまで実験を中止しており(この時点で繰返しによりいく分耐力が上昇する傾向がみられた)、この後更に耐力が上昇するかどうかは不明である。

同一軸力比で a/D が異なる試験体の正荷重時の除荷点連結曲線を図2に示す。比較のためせん断力

* 文献2)より引用, $N_0' = sA_s\sigma_y + cAF_c'$, $N_0 = sA_s\sigma_y + cA_c\sigma_B$, $c\sigma_B = 1.2Fc'^{1.3}$,
 t : 管厚, $s\sigma_y$: 降状応力度, σ_u : 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)

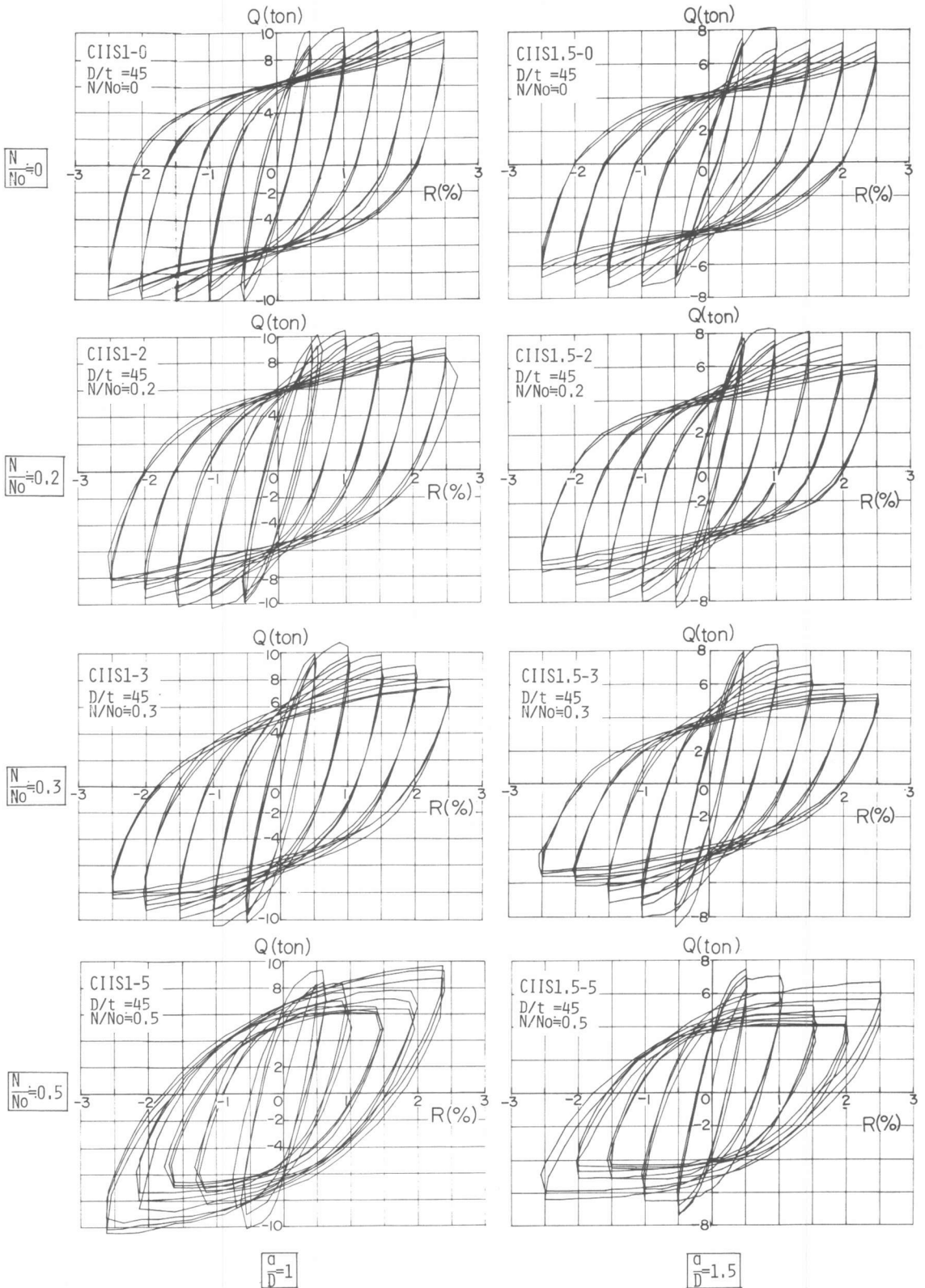
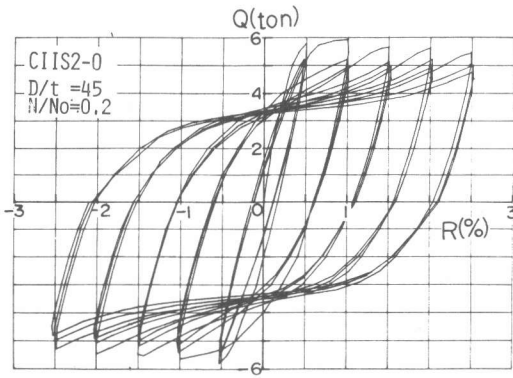
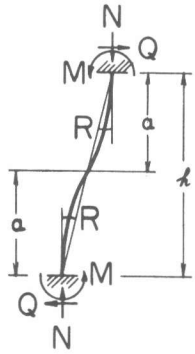
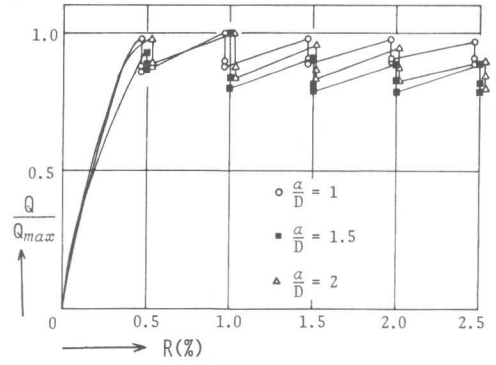


図1 セン断力 (Q) 一部材角 (R) 関係

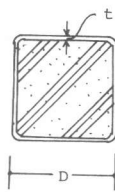


$\frac{N}{N_o} = 0$

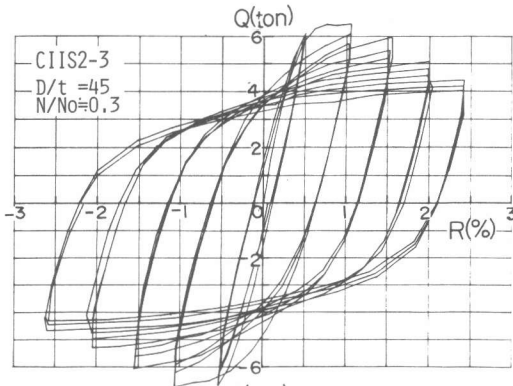
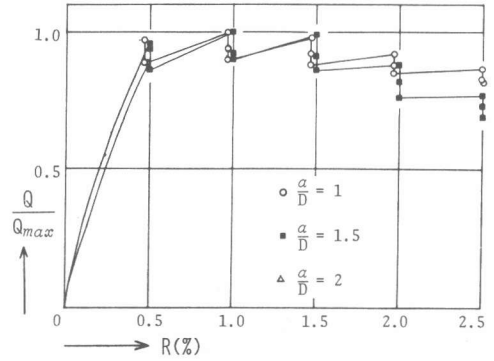


Q_{max} : 正荷重時の最大せん断力

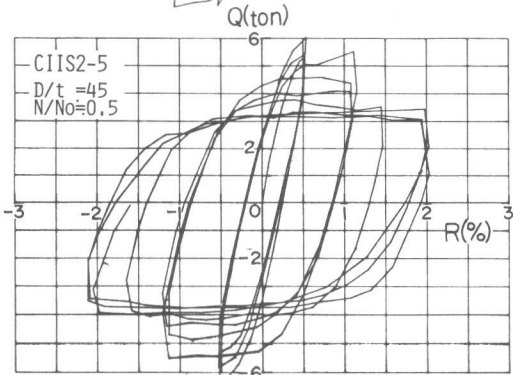
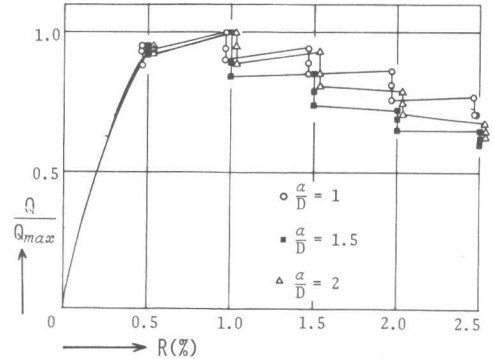
N_o : 単純累加中心圧縮耐力



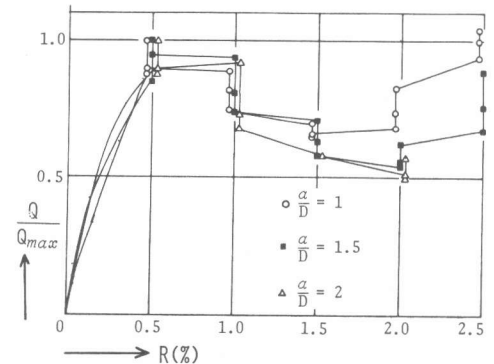
$\frac{N}{N_o} = 0.2$



$\frac{N}{N_o} = 0.3$



$\frac{N}{N_o} = 0.5$



$\frac{a}{D} = 2$

図1 せん断力 (Q) 一部材角 (R) 関係 (続き)

図2 除荷点連結曲線の比較 (正荷重時)

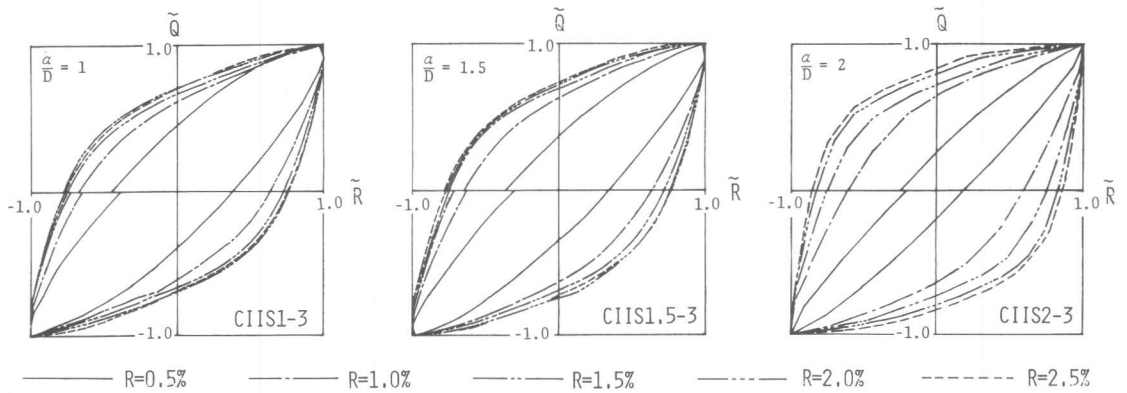


図3 固有ループの比較 ($N/N_0 \approx 0.3$)

大きい α/D が小さい柱の方がむしろ耐力低下が小さいことがわかる。

軸力比が 0.3 の各試験体の各変位振幅第 2 サイクル目の固有ループの形状を図 3 に示す。 α/D の違いにかかわらず、ほぼ同様の固有ループを示すことがわかる。

4. 柱の終局耐力

実験終了後の充填コンクリートの破壊状況を見ると、 α/D が 1 の場合は柱頭柱脚で圧壊している他、柱全体にわたって微細な鉛直方向に近い角度のひび割れが観察される複雑な破壊状況を示している試験体もあつたが、 α/D が 1.5 と 2.0 の試験体は柱頭柱脚に曲げ降伏状ヒンジが形成される曲げ破壊的な破壊状況を示していた。したがって、ここでは柱の終局耐力実験値と曲げ耐力計算値との比較を行なうことにする。図 4 に示す実験値 M_u は最大せん断力時の材端の曲げモーメント（軸力による付加曲げモーメントを含む）で、計算値 M_{cal} は文献 3) に提案されている略算式により求めたものである。この略算式は柱が軸力と曲げモーメントだけを受ける場合には、実験値を精度よく推定できるものである。図 4 をみると、 α/D が 1 の場合は実験値が計算値より 10% ほど小さくなることがあるが、 α/D が 1.5, 2 の場合はほぼ曲げ耐力を発揮していることがわかる。

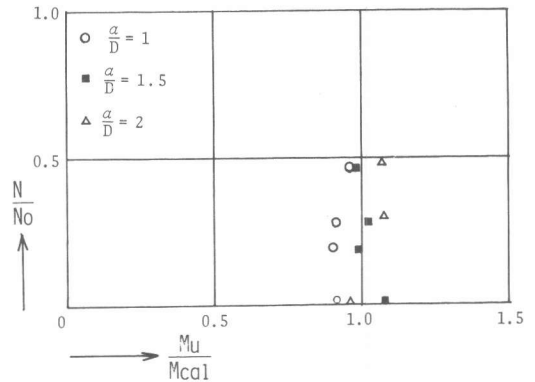


図4 終局曲げ耐力の実験値と計算値の比較

5. 結論

- i) 繰返しによる耐力低下：軸力比 N/N_0 が大きくなるほど顕著になり、 $N/N_0 \approx 0.5$ の場合で最大せん断力の 50% ~ 65% にまで低下する。ただし、この場合変位振幅が 2% 以上の繰返して耐力の上昇がみられた。耐力低下の割合はせん断スパン比 α/D が小さい方がむしろ小さい。
 - ii) ループの形状： N/N_0 が 0 の場合を除き紡糸形となり、 α/D の影響はほとんど見られない。
 - iii) 終局耐力： α/D が 1 の場合は破壊状況、計算値との比較から曲げ耐力を充分発揮しているとは言い難いが（計算値より 10% ほど小さくなることがある）、 α/D が 1.5, 2 の場合はほぼ曲げ耐力を発揮している。
- 本研究の一部は昭和 54 年度文部省科学研究費によつた。

〔参考文献〕1) 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, July, 2) 富井, 崎野; "水平加力時の応力を受ける角形鋼管にコンクリートを充填した柱に関する実験的研究(その 4)" 建築学会大会梗概集, 昭51, 10, 3) Tomii, M., Sakino, K., "Experimental Studies on Ultimate Moment of Concrete Filled Square Steel Tubular Beam-Columns," Transactions of A.I.J., No. 275, Jan., 1979.