

鋼管巻き SC 杭 (SSC 杭) に関する研究—その2 実験結果の検討

正会員 ○毛井 崇博\*4 正会員 加倉井正昭\*1  
 正会員 桑原 文夫\*2 正会員 林 隆浩\*3  
 正会員 平川 泰行\*5 正会員 松田 竜\*6  
 正会員 浅井 陽一\*7

SSC 杭 鋼管巻き 合成杭  
 曲げせん断試験 曲げ耐力 曲げ解析

1. はじめに

(その1) に引き続き、SSC 杭の曲げせん断実験結果について報告する。SC 杭 (設計 400 φ × 6、SKK490) は、PHC 杭や PRC 杭に比して、外側に鋼管が配置されているので、曲げ強度や軸耐力が高い杭である。そのような杭に、さらに鋼管 (設計 500 φ × 6、SKK490) を巻きをした場合の実験結果について報告する。

2. 実験結果

表1に、実験で得られた補強鋼管降伏時の曲げモーメント  $exM_y$  とその時の部材角  $R_y$ 、最大荷重時の曲げモーメントとその時の部材角  $R_u$  を示す。補強鋼管降伏時は、実際の鋼管降伏強度  $ssc\sigma_y$  時に達した時 ( $s\sigma_y/sE$  時) と、設計降伏強度  $sF_y$  時に達した時 ( $sF_y/sE$  時) の曲げモーメント  $M_y$  を示している。前報<sup>8)</sup>のSPRC杭と同様に、SC杭の圧縮降伏が引張降伏に先行している。軸力が高い試験体ほど、圧縮降伏時の部材角は小さく、設計圧縮降伏時  $M_y$  の部材角  $R_y$  は、4.5~6.0/10000 程度である。

表2に、補強鋼管降伏時、即ち短期許容曲げ強度に相当する算定値  $calM_y$  と実験結果  $exM_y$  の比較を示す。 $calM_y$  は、SSC杭を一体化とし平面保持を仮定し断面分割法による曲げ解析で求めた。曲げ解析では、引張降伏よりも圧縮降伏が先行するので、 $calM_y$  は補強鋼管が圧縮降伏した時の曲げ強度である。表2より、 $exM_y/calM_y$  は、軸力が高いほど大きい。

3. 終局荷重 (最大荷重)

終局荷重時曲げ強度  $calM_u$  は、断面分割法で求めた。終局荷重時算定の曲げ解析で用いた材料定数を表3に示す。鋼管の板厚  $t$  と降伏強度  $s\sigma_y$  は、メーカーのミルシートに従った。SC杭鋼管の板厚が 6.1 mm、補強鋼管が 6.5 mm であった。前報<sup>1)</sup>の曲げ解析と同様に、コンクリート・グラウトおよび鋼管の応力度  $\sigma$  - ひずみ  $\epsilon$  関係はバイリニアとし、最大荷重は、SSC杭のコンクリートの圧縮縁応力度が 0.5% に達した時とした。(1) 式に示すように、SSC杭の軸力  $sscN$  の適用範囲は、実務上 SC杭の最大引張軸力  $scN_{tu}$  から最大圧縮軸力  $scN_{cu}$  までが適用範囲である。SSC杭そのものが保有する最大引張力  $sscN_{tu}$  および最大圧縮力  $sscN_{cu}$  も合わせて下記にしめす。

$$scN_{tu} \leq sscN \leq scN_{cu} \quad \text{--- (1)}$$

$scN_{tu}$ ; SC杭の最大引張軸力

$$scN_{tu} = -sc\sigma_y \cdot scA$$

$scN_{cu}$ ; SC杭の最大圧縮軸力

$$scN_{cu} = c\sigma_c \cdot cA + sc\sigma_y \cdot scA$$

$$\left[ \begin{aligned} \text{参考 } sscN_{tu} &= scN_{tu} - s\sigma_y \cdot sA \\ sscN_{cu} &= scN_{cu} + s\sigma_y \cdot sA + g\sigma_c \cdot gA \end{aligned} \right]$$

$c\sigma_c$ 、 $g\sigma_c$ ; コンクリート、グラウトの圧縮強度  
 $sc\sigma_y$ 、 $s\sigma_y$ ; SC杭鋼管、補強鋼管の降伏強度  
 $cA$ 、 $gA$ ; コンクリート、グラウトの実断面積、 $scA$ 、 $sA$ ; SC杭鋼管、補強鋼管の断面積

表1 SSC杭の実験結果一覧

試験体名	軸力 (kN)	補強鋼管降伏時荷重 (設計Fsy325)				補強鋼管降伏時荷重(実強度)				最大荷重			
		圧縮降伏時		引張降伏時		圧縮降伏時		引張降伏時		正側		負側	
	N	$exM_y$ (kNm)	R ( $\times 10^{-3}$ )	$exM_y$ (kNm)	R ( $\times 10^{-3}$ )	$exM_y$ (kNm)	R ( $\times 10^{-3}$ )	$exM_y$ (kNm)	R ( $\times 10^{-3}$ )	$exM_u$ (kNm)	R ( $\times 10^{-3}$ )	$exM_u$ (kNm)	R ( $\times 10^{-3}$ )
S5S4-L	1250	855	5.9	855	5.9	1099	8.2	1163	8.8	1779	30.1	-1780	-29.9
S5S4-S	2500	809	5.0	1303	9.6	1075	7.2	1426	11.4	1746	20.0	-1765	-24.9
S5S4-U	3750	747	3.9	1151	7.1	1102	6.7	1483	11.0	1840	20.2	-1898	-20.2

表2 実験結果と算定結果の比較

試験体名	軸力 (kN)	補強鋼管降伏時						最大荷重		
		実験	短期時(設計強度)		実験	短期時(実強度)		実験	終局時(実強度)	
	N	$exM_y$ (kNm)	$calM_y$ (kNm)	$\frac{exM_y}{calM_y}$ (kNm)	$exM_y$ (kNm)	$calM_y$ (kNm)	$\frac{exM_y}{calM_y}$ (kNm)	$exM_u$ (kNm)	$calM_u$ (kNm)	$\frac{exM_u}{calM_u}$ (kNm)
S5S4-L	1250	855	717	1.19	1099	1045	1.05	1779	1459	1.22
S5S4-S	2500	809	651	1.24	1075	973	1.11	1746	1536	1.14
S5S4-U	3750	747	551	1.36	1102	896	1.23	1840	1586	1.16

注)  
 $calM_a$ 、 $calM_u$ は、  
 設計強度 ( $sF_y325$ ) または  
 実強度 ( $s\sigma_y436$ ) より  
 求めた算定値 (表3参照)

表3 解析で用いた材料強度

	実強度解析値		設計終局		設計短期
	圧縮強度 $c \sigma_{B,g} \sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	ヤング係数 E kN/mm <sup>2</sup>	圧縮強度 Fc N/mm <sup>2</sup>	ヤング係数 E kN/mm <sup>2</sup>	許容応力度 fc N/mm <sup>2</sup>
コンクリート	111.3	45.5	105	40.0	60
グラウト	40.4	10.3	27	10	---
	降伏強度 $\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	板厚 t mm	降伏強度 Fy kN/mm <sup>2</sup>	板厚 t mm	許容応力度 scft, sft N/mm <sup>2</sup>
	SC杭鋼管	423	6.1	325	6.0
補強鋼管	436	6.5	(SKK490)		

[鋼管ヤング係数 205.0kN/mm<sup>2</sup>]

図1に、実強度および実厚を基に求めた曲げ解析による軸力Nと曲げ強度Muの関係を示す。図1には、SC杭のN-Mu関係も示している。単純に最大曲げ強度だけを比較すると、SC杭に比してSSC杭は約2.2倍、最大圧縮軸力と最大引張軸力は、各々1.7倍、2.4倍である。図1と表2から、解析値 calMuと実験値 exMuの比、exMu/calMuは、1.14~1.22であり、SPHC杭やSPRC杭と同程度であった<sup>3)8)</sup>。

4. 短期荷重時

SPHC杭やSPRC杭と同じく、短期荷重時の許容曲げモーメントMaは、SC杭の許容曲げ強度scMaと補強鋼管の許容曲げ強度sMaの単純累加(2)式とした。scMaは、平面保持を仮定し、圧縮縁のコンクリートが短期許容圧縮応力度に達した時または引張側のSC杭鋼管が短期許容引張応力度に達した時の曲げモーメント、sMaは、軸力ゼロ時の補強鋼管の許容曲げモーメントである。SSC杭の許容軸力Naの範囲は、SC杭の短期許容引張軸力scNtaから短期許容圧縮軸力scNcaまでとする。

$$M_a = {}_{sc}M_a + {}_sM_a \quad \text{--- (2)}$$

scMa; SC杭の短期許容曲げ強度

sMa; SSC杭補強鋼管の短期許容曲げ強度

$${}_sM_a = {}_s f_t \times {}_s Z$$

st; 補強鋼管の短期許容引張応力度

sZ; 補強鋼管の断面係数

$${}_{sc}N_{ta} \leq N \leq {}_{sc}N_{ca} \quad \text{--- (3)}$$

scNta; SC杭の短期許容引張軸力

$${}_{sc}N_{ta} = {}_{sc} f_t \cdot {}_{sc} A$$

scNca; SC杭の短期許容圧縮軸力

$${}_{sc}N_{ca} = -f_c (cA + n_{sc} \cdot {}_{sc} A)$$

[参考  ${}_{ssc}N_{ta} = {}_{sc}N_{ta} + {}_s f_t \cdot {}_s A$   ${}_{ssc}N_{ca} = {}_{sc}N_{ca} - {}_s f_t \cdot {}_s A$ ]

fc; コンクリート短期許容圧縮応力度

scft; SC杭鋼管の短期許容引張(圧縮)応力度

st; 補強鋼管の短期許容引張(圧縮)応力度

nsc; 鋼管に対するコンクリートのヤング係数比

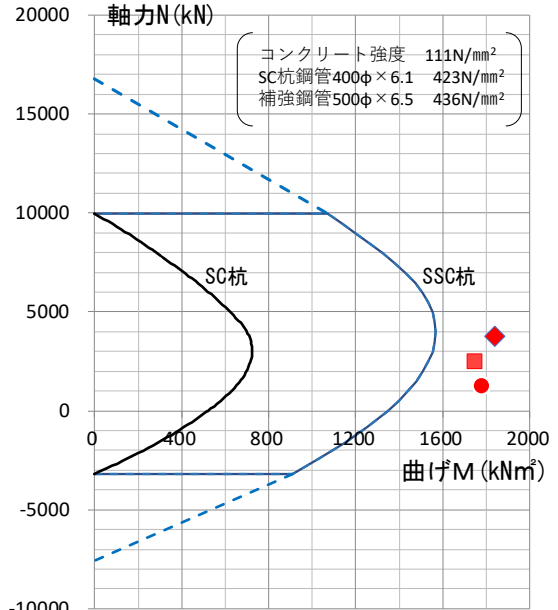


図1 終局荷重時のN-Mu関係(実強度)

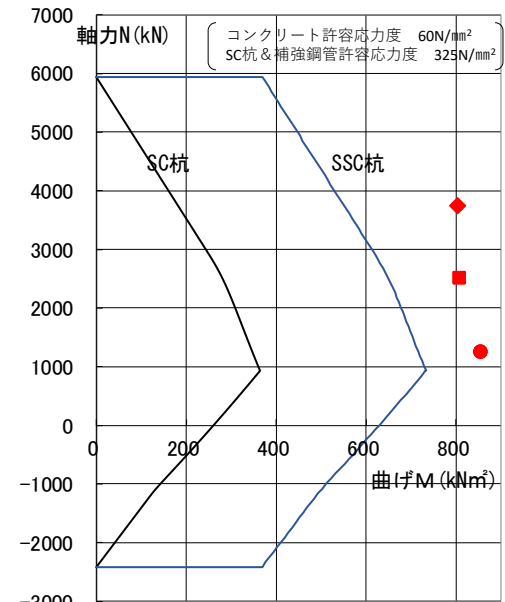


図2 短期荷重時のN-Ma関係(設計強度)

コンクリート、鋼管の設計許容応力度を基にして求めたN-Ma関係を図2に示す。鋼管降伏時の曲げモーメントexMyは、Maに対して約1.3倍以上あった(表2参照)。単純に最大許容曲げ強度だけを比較すると、SC杭に比してSSC杭は約2.0倍、最大許容圧縮軸力(グラウト無視)と最大許容引張軸力は、各々1.5倍、2.3倍である。

5. まとめ

高い圧縮力を受けるSSC杭の終局曲げ強度と短期許容曲げ強度に対してN-M関係を求め、実験結果と比較した。算定値は、実験結果を安全側に評価していることがわかった。参考文献は、(その1)に記している。

\*1\*2 パイルフォーラム(株), \*3 丸門建設(株),  
\*4 前九州工業大学, \*5 日本コンクリート工業(株),  
\*6 三谷セキサン(株), \*7 (株)トーヨーアサノ

\*1,\*2 Pile Forum,\*3 Marumon Construction,  
\*4 Kyushu Institute of Technology,\*5 Nippon Concrete Industries,  
\*6 Mitani Sekisan,\*7 Toyo Asano Foundation