

鋼管巻き既製コンクリート杭の構造性能比較—その2 曲げ強度

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 ○毛井 崇博*4 正会員 平川 泰行*5 正会員 松田 竜*6
 正会員 浅井 陽一*7 正会員 小森 彰彦*8 正会員 岡田 憲幸*9

鋼管巻き杭 曲げせん断試験
 降伏時曲げ強度 最大曲げ強度

1. はじめに

本報では引き続き、終局時として、実験で得られた最大曲げ強度 exM_u と算定した鋼管巻き杭の曲げ強度 stM_u 、および短期荷重時として、実験で杭頭部の補強鋼管が圧縮降伏または引張降伏した時（ひずみが F_y/E_s 時）の曲げ降伏強度 exM_y と算定した鋼管巻き杭の短期許容曲げ強度 stM_a について述べる。

1. 実験結果

表2に実験で得られた降伏時の曲げ強度 exM_y 、最大曲げ強度 exM_u およびその時の部材角を示す。表3に短期許容曲げ強度 stM_a と終局曲げ強度 stM_u と上記との比を示す。同表には、各々の杭頭部の鉛直変位から求めた平均曲率も示している。図4に各既製杭と各鋼管巻き杭の終局強度の stM_u -N曲線および実験結果、図5に短期荷重時の各既製杭と各鋼管巻き杭の stM_a -N曲線を示す。

鋼管巻き杭の終局荷重時の最大曲げモーメント stM_u は、実際の設計断面に従い、各材料の応力度—ひずみ関係を用いた断面分割法により、コンクリートが終局圧縮ひずみ 0.5%に達した時としている。応力度—ひずみ関係は、PC 鋼材はトリリニア、鋼管・グラウト材・コンクリート・異形棒鋼はバイリニアとしている。鋼管および異形棒鋼の強度は $1.1F_y$ としている。なお、軸力Nは杭の連続性を考慮して、終局荷重時および短期荷重時共に、既製杭が負担できる圧縮力および引張力の範囲としている。

$$\left[\begin{array}{l} preN_{tu} \leq N \leq preN_{cu} \\ preN_{tu}, preN_{cu}; \text{既製杭の設計最大引張力、設計最大圧縮力} \end{array} \right]$$

なお、鋼管巻き杭の許容曲げ強度 stM_a とは、既製杭の短期許容曲げ強度 $preM_a$ と軸力ゼロ時の補強鋼管の短期許容曲げ強度 sM_a の累加としている。

[鋼管巻き杭の短期時許容曲げ強度]

$$stM_a = preM_a + sM_a$$

$$\left[\begin{array}{l} preM_a; \text{既製コンクリート杭の短期許容曲げ強度} \\ sM_a = s f_t \times s Z; \text{鋼管の短期許容応力度} \\ s Z; \text{鋼管の断面係数} \end{array} \right]$$

表3および図4より、SPHC杭、SPRC杭、SSC杭の曲げ強度の最大値 stM_{max} と既製杭の曲げ強度の最大値 $preM_{max}$ と比べると、 $stM_{max}/preM_{max} = 3.40, 2.65, 2.01$ 倍である。鋼管巻きによる曲げ強度の増大率は、SPHC杭が最も大きい。同様に、短期許容曲げ強度の最大値同士を比較すると、表3および図5より、SPHC杭、SPRC杭、SSC杭で $3.34, 2.90, 2.01$ 倍になり、鋼管巻きによる短期許容曲げ強度の増大率もSPHC杭が最も大きい。

各試験で得られた最大曲げ強度 exM_u と算定した設計曲げ強度 stM_u を比較すると、 exM_u/stM_u はSPHC杭で1.37倍、SPRC杭で1.28倍、SC杭で1.42倍以上であり、鋼管巻き杭の終局曲げ強度は十分な余裕度がある。同様に実験 exM_y と設計短期許容曲げ強度 stM_a を比較すると、 exM_y/stM_a

表2 実験結果一覧

試験体名	既製杭	軸力 N (kN)	鋼管降伏時荷重 (設計Fy325)				最大荷重				
			圧縮降伏時		引張降伏時		正側			負側	
			exM_{cy} (kNm)	exR_{cy} ($\times 10^{-3}$)	exM_{ty} (kNm)	exR_{ty} ($\times 10^{-3}$)	exM_u (kNm)	exR_u ($\times 10^{-3}$)	$\frac{exR_u}{exR_y}$	exM_u (kNm)	exR_u ($\times 10^{-3}$)
S5P4-L	PHC杭 A種	1250	872	6.93	696	5.04	1233	22.9	4.54	-1237	-23.2
S5P4-S		2500	674	3.97	727	4.61	1395	28.7	7.22	-1362	-28.5
S5R4 II-L	CPRC杭 II種	1250	745	5.55	782	5.99	1264	29.6	5.33	-1267	-29.8
S5R4 II-S		2500	720	4.53	823	5.44	1366	27.5	6.07	-1408	-27.3
S5R4 II-U		3750	693	3.86	1135	8.23	1430	20.1	5.21	-1433	-20.1
S5S4-L	SC杭	1250	855	5.86	855	5.86	1779	30.1	5.14	-1780	-29.9
S5S4-S		2500	809	5.00	1303	9.59	1746	20.0	4.00	-1765	-24.9
S5S4-U		3750	747	3.93	1151	7.12	1840	20.2	5.14	-1898	-20.2

表3 設計値と実験結果の比較

試験体名	既製杭	軸力 N (kN)	短期相当曲げ強度の比較				終局曲げ強度の比較				
			短期許容	実験降伏時			終局曲げ	実験最大荷重			
			stM_a (kNm)	exM_y (kNm)	$\frac{exM_y}{M_a}$	$ex\phi_y$ ($\times 10^{-5}/mm$)	stM_u (kNm)	exM_u (kNm)	$\frac{exM_u}{stM_u}$	$ex\phi_u$ ($\times 10^{-5}/mm$)	$\frac{ex\phi_u}{ex\phi_y}$
S5P4-L	PHC杭 A種	1250	491	696	1.42	0.74	897	1233	1.37	4.22	5.7
S5P4-S		2500	473	674	1.43	0.67	994	1395	1.40	4.18	6.3
S5R4 II-L	CPRC杭 II種	1250	563	745	1.32	0.99	990	1264	1.28	9.30	9.4
S5R4 II-S		2500	490	720	1.47	0.82	1070	1366	1.28	7.96	9.7
S5R4 II-U		3750	400	693	1.73	0.71	1098	1430	1.30	5.29	7.4
S5S4-L	SC杭	1250	717	855	1.19	1.08	1151	1779	1.55	8.98	8.3
S5S4-S		2500	650	809	1.24	0.95	1227	1746	1.42	5.35	5.6
S5S4-U		3750	551	747	1.36	0.78	1250	1840	1.47	5.29	6.8

は SPHC 杭で 1.42 倍、SPRC 杭で 1.32 倍以上、SSC 杭で 1.19 倍以上であり、鋼管巻き杭の短期許容曲げ強度は十分な余裕がある。SSC 杭の内部の SC 杭の曲げ剛性が他の既製杭よりも高いことと、SC 杭の鋼管の曲げ強度負担が大きいためか、SSC 杭の方が、SPHC 杭および SPRC 杭より、 exM_y/stM_a はやや低めであった。

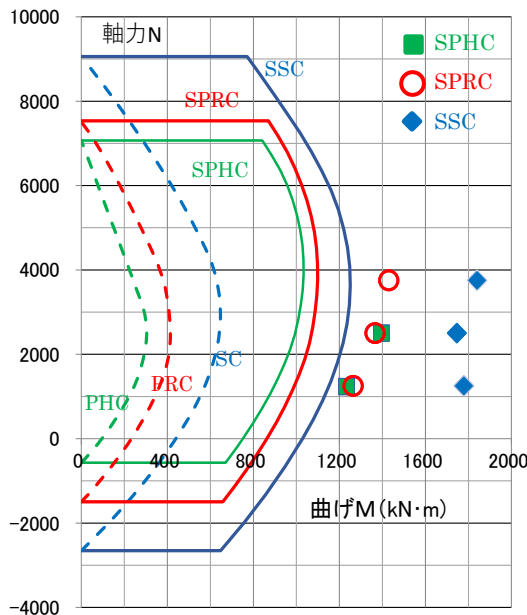


図4 各杭の終局 stM_u -N 関係と実験

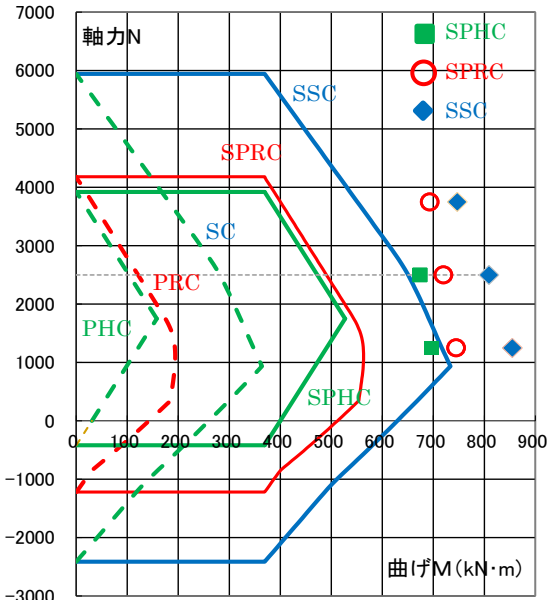


図5 各杭の短期 stM_a -N 関係と実験結果

4. おわりに

コンクリートの圧縮

縁わずみ が 0.5% に達した時の鋼管巻き杭の終局時曲げ強度 stM_u に対して、実験値は、すべての鋼管巻き杭で約 1.3 倍以上であった。また、鋼管巻き杭の短期許容曲げ強度 stM_a に対して、実験で得られた補強鋼管の降伏時の曲げ強度 exM_y は、約 1.2 倍以上であった。

参考文献

- 1) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究 (その 1) 概要、(その 2) 曲げ試験、(その 3) 曲げせん断試験、(その 4) 解析結果、2014 年大会 (近畿) pp675-682
- 2) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究 (その 5) 杭頭部接合条件 (半剛接合条件) を考慮した時の挙動、(その 6) 杭頭部接合条件 (アンカー) を考慮したときの挙動、2015 年大会 (関東) pp413-416
- 3) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究 (その 7) 杭頭

接合部の挙動、(その 8) 引張り軸力下における曲げ実験、

- 2016 年大会 (九州) pp721-724
- 4) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) の初期剛性と全塑性耐力、2016 年大会 (九州) pp1415-1416
- 5) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究 (その 9) 変動軸力を考慮したときの挙動 2017 年大会 (中国) pp515-516
- 6) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究 (その 10) 限界部材角、2018 年大会 (東北) pp655-656
- 7) 加倉井 他、鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究 (その 11) 杭杭体非線形性を考慮した二次設計法に関する検討、2019 年大会 (北陸) pp533-534
- 8) 加倉井 他、鋼管巻き PRC 杭 (SPRC 杭) に関する研究 (その 1) 曲げせん断試験、(その 2) 解析結果、2019 年大会 (北陸)、pp529-532
- 9) 加倉井 他、鋼管巻き SC 杭 (SSC 杭) に関する研究 (その 1) 曲げせん断試験、(その 2) 実験結果の検討、2020 年大会 (関東)、pp479-482

*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 株式会社トーヨーアサノ
*8 マナック(株) *9 ホクコンマテリアル(株)

*1,*2 Pile Forum, *3 Marumon Construction,
*4 Kyushu Institute of Technology,*5 Nippon Concrete Industries,
*6 Mitani Sekisan, *7 Toyo Asano Foundation
*8 Manac *9 Hokukonmaterial