

鋼管巻き PRC 杭 (SPRC 杭) に関する研究—その2 解析結果

正会員 ○平川 泰行*5 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 松田 竜*6
 正会員 浅井 陽一*7

PRC 杭 鋼管 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、SPRC 杭の曲げせん断実験結果について報告する。SPRC 杭は、SPHC 杭に比較して、鉄筋及び高強度らせん筋が配筋されているので、一般に同一軸力下において、曲げ強度が大きくなる。本報告では、SPRC 杭に配置されているコピタ型 PRC 杭 (400φ×65、II種、8-D16、8-10φ、有効プレストレス量σe=5.9N/mm²)で、鉄筋のみを除いたものを SPHC 杭* (8-10φのみ)として、終局強度時と短期荷重時の曲げ強度を比較する。実際の PHC 杭標準タイプは、A種でσe=4.0N/mm²、B種でσe=8.0N/mm²であるから、上記した SPHC 杭*は、A種とB種の間隔的な曲げ強度の杭でもある。

2. 実験結果

表1に、実験で得られた鋼管降伏時の曲げモーメント exMy とその時の部材角 Ry、最大荷重時の曲げモーメント exMu とその時の部材角 Ru を示す。鋼管降伏時は、実際の鋼管降伏強度 sσy 時に達した時 (sσy/sE時)と、設計降伏強度 sFy 時に達した時 (sFy/sE時)の曲げモーメント exMy について示す。全試験体とも、軸力が高く鉄筋も配置されていることより、圧縮降伏が先行し、その後、引張降伏している。軸力が高い試験体ほど、圧縮降伏時の部材角は早く、引張降伏時の部材角は遅い。

表2に下記に示す方法で求めた短期許容曲げ強度と終

表1 実験結果一覧

| 試験体名 | 軸力 (kN) | 鋼管降伏時荷重 (設計Fsy325) | | | | 鋼管降伏時荷重 (実強度 σsy390) | | | | 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 | |
| | | exMy (kNm) | R (×10 ⁻³) | exMy (kNm) | R (×10 ⁻³) | exMy (kNm) | R (×10 ⁻³) | exMy (kNm) | R (×10 ⁻³) | exMu (kNm) | R (×10 ⁻³) | exMu (kNm) | R (×10 ⁻³) |
| S5R4 II-U | 1250 | 745 | 5.6 | 782 | 6.0 | 852 | 6.9 | 881 | 7.4 | 1264 | 29.6 | -1267 | -29.8 |
| S5R4 II-S | 2500 | 720 | 4.5 | 823 | 5.4 | 867 | 5.9 | 924 | 6.6 | 1366 | 27.5 | -1408 | -27.3 |
| S5R4 II-U | 3750 | 693 | 3.9 | 1135 | 8.2 | 805 | 5.0 | 1197 | 9.2 | 1430 | 20.1 | -1433 | -20.1 |

表2 実験結果と算定結果の比較

| 試験体名 | 軸力 (kN) | 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) | 実験 | 終局時 (実強度) | 実験 | 終局時 (実強度) |
| | | exMy (kNm) | calMa (kNm) | exMy (kNm) | calMa (kNm) | exMy (kNm) | calMa (kNm) | exMu (kNm) | calMu (kNm) | exMu (kNm) | calMu (kNm) |
| S5R4 II-U | 1250 | 745 | 563 | 1.32 | 852 | 668.7 | 1.27 | 1264 | 1074 | 1.18 | 1.18 |
| S5R4 II-S | 2500 | 720 | 490 | 1.47 | 867 | 622.2 | 1.39 | 1366 | 1176 | 1.16 | 1.16 |
| S5R4 II-U | 3750 | 693 | 418 | 1.66 | 805 | 531.7 | 1.51 | 1430 | 1218 | 1.17 | 1.17 |

注) calMa, calMu は、設計強度 (Fsy325他) または実強度 (σsy390他) より求めた算定値 (表3参照)

局荷重時の終局 (最大) 曲げ強度と実験結果との比較を示している。

3. 終局荷重 (最大荷重)

終局荷重時曲げ強度は、平面保持を仮定した断面分割法で求めた。終局荷重時算定の解析で用いた材料定数を表3に示す。

SPHC 杭での曲げ解析と同様に、コンクリート・グラウト・鉄筋・鋼管の応力度σ-ひずみε関係はバイリニアで、PC 鋼棒はトリリニアとした⁴⁾。最大荷重は、PRC 杭のコンクリートの圧縮縁応力度が0.5%に達した時 (εcu=0.5%)とした。SPRC 杭の終局荷重時の軸力 Nは、PRC 杭の最大引張軸力から最大圧縮軸力までとする。

$$PRC N_{tu} \leq N_{SPRC} \leq PRC N_{cu} \quad (1)$$

PRC Ntu ; PRC 杭の最大引張軸力

$$PRC N_{tu} = p \sigma_{y2} \cdot pA + r \sigma_y \cdot rA$$

PRC Ncu ; PRC 杭の最大圧縮軸力

$$PRC N_{tu} = c \sigma_B \cdot cA_c + r \sigma_y \cdot rA + p f_t \cdot pA - \sigma_{ce} \cdot cA_e$$

cσB ; コンクリートの圧縮強度

rσy ; 鉄筋の降伏強度

pσy2 ; PC鋼棒の第2降伏点強度

cA, cAe ; コンクリート断面積、等価換算断面積

rA, pA ; 鉄筋、PC鋼棒全断面積

pt ; 終局時の PC 鋼棒応力度, pt = pcεcu(0.5%)

表3(1) 解析で用いたコンクリート材料強度

| | 実強度解析値 | | 設計終局 | | 設計短期 |
|--------|--------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | 圧縮強度 | ヤング係数 | 圧縮強度 | ヤング係数 | 許容応力度 |
| | $\sigma_{B,g}, \sigma_c$ | E | Fc | E | fc |
| | N/mm ² | kN/mm ² | N/mm ² | kN/mm ² | N/mm ² |
| コンクリート | 126 | 49.0 | 105 | 40.0 | 60 |
| グラウト | 28 | 8.6 | 27 | 10 | --- |

表3(2) 解析で用いた鋼材強度

| | 実強度解析値 | | 設計終局 | | 設計短期 |
|--------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|-------------------|
| | 降伏強度 | ヤング係数 | 降伏強度 | 鋼種 | 許容応力度 |
| | σ_y | E | Fy | | ft, fc |
| | N/mm ² | kN/mm ² | kN/mm ² | | N/mm ² |
| 鋼管 | 390 | 205.0 | 325 | SKK490 | 325 |
| 鉄筋 | 386 | 200.0 | 345 | SD345 | 345 |
| P C 鋼棒 | 1439 | 200.0 | 1420Fy2 | SBPDL | 1275 |

図1に、材料試験結果で得られた実強度を基に求めた曲げ解析による曲げ強度Muと軸力Nの関係を示す。図1には、SPHC*杭についてもN-Mu関係を示している。SPRC杭とSPHC*杭の差が、鉄筋の効果である。

表2と図2より、実験で得られた最大曲げ強度 $exMu$ は、解析で求めた算定値 $calMu$ に対して1.16~1.18倍であり、SPHC杭と同様であった⁴⁾。

4. 短期荷重時

短期荷重時の許容曲げモーメントMaは、SPHC杭と同様に、PRC杭の許容曲げ強度 M_{PRC} と鋼管の曲げ強度 M_s の単純累加(2)式とした。 M_{PRC} 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鉄筋が短期許容引張応力度に達した時の曲げモーメントで、 M_s は、軸力ゼロ時の鋼管の許容曲げモーメントである。SPRC杭の許容軸力 N_a は、PRC杭の最大引張軸力から最大圧縮軸力までとする。

$$Ma = M_{PRC} + M_s \quad (2)$$

M_{PRC} ; PRC杭の短期許容曲げ強度

$$M_s = M_y = s f_t \times s Z$$

$s f_t$; 鋼管の短期許容応力度

$s Z$; 鋼管の弾性断面係数

$$N_{ta} \leq N_{SPRC} \leq N_{ca} \quad (3)$$

N_{ta} ; PRC杭の最大短期許容引張軸力

$$N_{ta} = \sigma_e \cdot A_e + f_t \cdot (rA + pA)$$

N_{ca} ; PRC杭の最大短期許容圧縮軸力

$$N_{ca} = (f_c - \sigma_e) \cdot A_c$$

f_c ; コンクリート短期許容圧縮応力度

f_t ; 鉄筋の短期許容引張応力度

コンクリート、鉄筋、鋼管の設計許容応力度材料試験結果を基にして求めたN-Ma関係を図2に示す。鋼管降伏時の曲げモーメント exM_y は、Maに対して1.3倍以上であった(表2参照)。図2より、鉄筋の効果は軸力が低いと

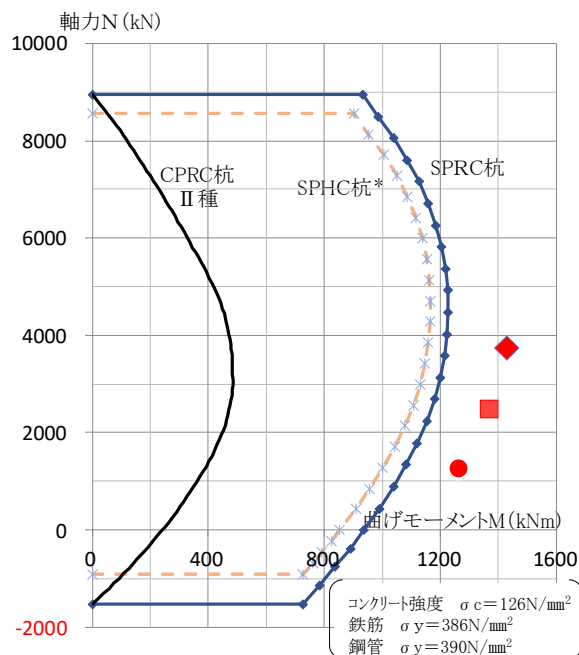


図1 終局荷重時のN-Mu関係(実強度)

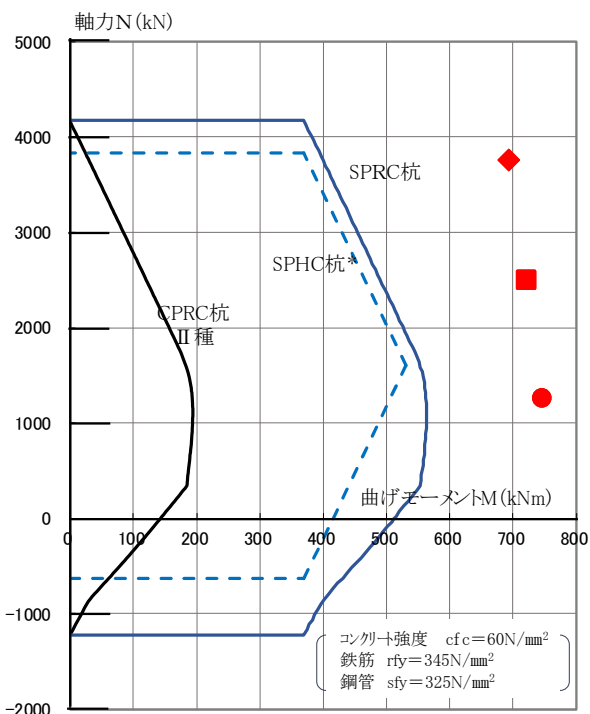


図2 短期荷重時のN-Ma関係(設計強度)

ここで、鉄筋の効果が大いことがわかる。

5. まとめ

高圧縮力を受けるSPRC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。

なお、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 *4 Kyushu Institute of Technology
 *3 Marumon Construction *5 Nippon Concrete Industries,
 *6 Mitani Sekisan *7 Toyo Asano Foundation