

軸力を受ける鋼管コンクリート杭のせん断終局耐力に関する実験的研究
その2 SC杭の実験結果

正会員 ○阿部 紗也加 *1 同 小原 拓 *1
同 Naresh SUBEDI *1 同 Shreya THUSOO *1
同 河野 進 *1 同 平尾 一樹 **2
同 今井 康幸***3 同 David MUKAI ****4

SC杭 せん断終局耐力 軸力比
破壊性状 せん断ひずみ 変形成分

1. はじめに

本稿その2では、軸力を変数とした全2体のSC杭の実験結果について報告する。

2. 実験結果

2.1 荷重-変形角関係および破壊性状

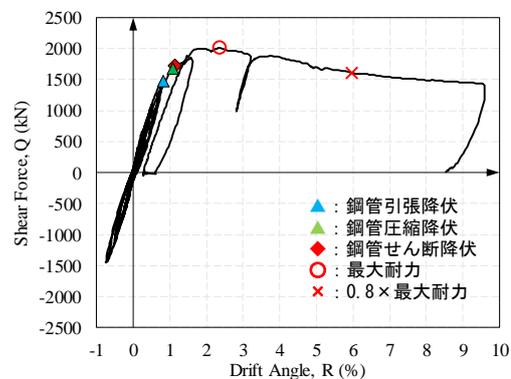
試験体SCS1(低圧縮軸力)およびSCS3(高圧縮軸力)の荷重-変形角関係をFig.1に示す。Fig.1には併せて鋼管の降伏状況をプロットした。引張, 圧縮降伏は鋼管に貼付した一軸ひずみゲージにより判断し, せん断降伏は材軸方向の中央に貼付したロゼットゲージにより判断した。判断基準は, 材料試験結果にもとづき判断し, せん断降伏の判定には, von Mises 降伏条件を用いた。

両試験体とも, 最大耐力以前に鋼管のせん断降伏が生じた(試験体SCS1では正載荷時に部材角 $R=+1.14\%$, SCS3では正載荷時に $R=+0.710\%$, 負載荷時に $R=-0.705\%$)。しかし, 試験体SCS1では鋼管のせん断降伏より鋼管の引張降伏($R=+0.811\%$)および圧縮降伏($R=+1.08\%$)が先行した。試験体SCS3では正側で鋼管圧縮降伏が鋼管せん断降伏より先行したものの, 負側では鋼管せん断降伏が先行した。試験体SCS1では, 最大耐力経過後, せん断力は緩やかに減少し, 安全限界時変形角(本研究では, 最大耐力の80%耐力到達時変形角と定義。)は $R=5.96\%$ であった。一方, 試験体SCS3では負側 $R=-1.00\%$ 時に最大耐力を迎えた後, 急激な耐力劣化を示した。

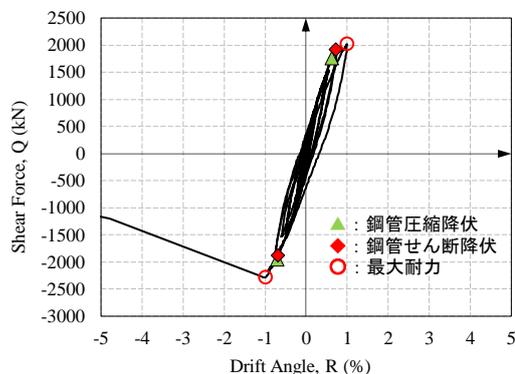
Photo1に載荷終了時の試験体状況を示す。試験体SCS1では, 杭上下端部に鋼管座屈が発生した。載荷終了後, 鋼管を除去しコンクリートの損傷状況を確認したところせん断ひび割れは殆ど生じておらず, コンクリートの曲げ圧壊が上下端部で生じていたことから, 曲げ破壊したと考えられる。試験体SCS3では杭中央部(材軸方向)にせん断変形が卓越しているのが目視で確認できた。鋼管座屈はせん断変形が卓越した後に発生したことから, せん断破壊したと考えられる。

2.2 変形成分

Fig.2(a)に変位計の設置状況を示す。Fig.2(b), (c)に負載荷側の各部材角ピーク時における曲げおよびせん断変形成分を示す。各変形成分は, 試験体に取り付けた変位計

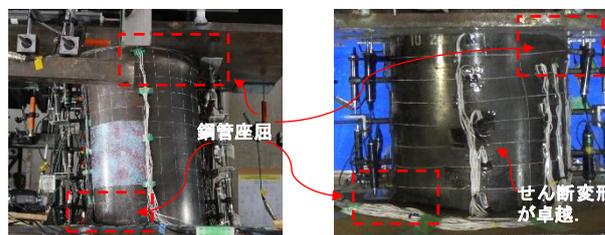


(a) SCS1 (低圧縮 $\eta=0.09$)



(b) SCS3 (高圧縮 $\eta=0.50$)

Fig. 1 荷重-変形角関係



(a) SCS1 (低圧縮 $\eta=0.09$) (b) SCS3 (高圧縮 $\eta=0.50$)

Photo 1 載荷終了時の試験体状況

から算出し, 曲げ変形とせん断変形の合計が100%となるよう計算した。

試験体SCS1では, 部材角 $R=0.75\%$ 時までせん断変形成分がやや曲げ変形成分より大きくなったが, $R=1.5\%$ 程度以降, 曲げ変形成分がせん断変形成分を上回った。試験

体 SCS3 では、部材角 $R=0.125\%$ からせん断変形の割合は曲げ変形より大きく、最大耐力が確認された部材角 $R=1.00\%$ 程度時にはせん断変形の割合は 90% 以上であった。

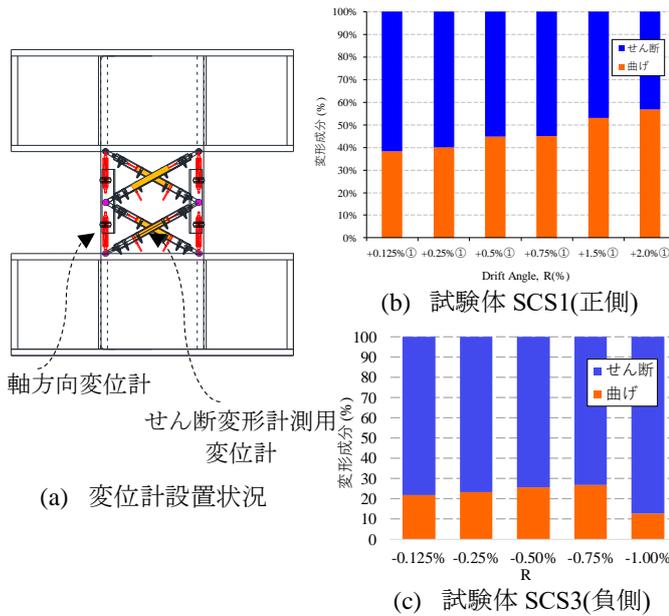


Fig. 2 各部材変形角における変形成分

3. せん断終局耐力評価

SC 杭のせん断終局耐力を評価するため、Case1~Case3 (Table 1) の計算法を用いて実験値との比較検証を行う。

Case1 は RC 基礎構造指針に記載されている耐震杭のせん断終局耐力式である³⁾。Case2 は同様にせん断終局耐力式であり、コンクリートの寄与分に RC 基礎構造指針³⁾の PHC 杭せん断終局耐力式を用いたケースである。Case3 は、平面保持を仮定した断面解析結果であり、試験体 SCS1 が曲げ破壊した可能性が高いため比較を行う。

試験体 SCS1 では、断面解析により求めた Case3 の計算結果が実験値と精度の良い結果となった。試験体 SCS3 では、Case3 の計算値は実験値を大きく上回った。Case1 では、耐震杭のせん断終局耐力式を用いることで実験値を概ね評価出来た。コンクリートの寄与分に PHC 杭のせん断終局耐力式を用いた Case2 では、実験値を過小評価する結果となった。これは、コンクリート寄与分の計算値が実験より小さかったことが考えられる。

$$Q_u = {}_s Q_u + {}_c Q_{u1} \quad (1)$$

$$Q_u = {}_s Q_u + {}_c Q_{u2} \quad (2)$$

$${}_s Q_u = Q_{s0} \cdot \sqrt{1 - \eta_s^2} \quad (3)$$

$$Q_{s0} = \frac{2t(D-t) \cdot \sigma_{cy}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

ここに、 Q_u : SC 杭のせん断終局耐力、 ${}_s Q_u$: SC 杭のせん断終局耐力における鋼管のせん断終局耐力寄与分、 ${}_c Q_{u1}$: Eq. (5), SC 杭のせん断終局耐力におけるコンクリートのせん断終局耐力寄与分

$${}_c Q_{u1} = {}_s Q_u \cdot \frac{{}_c M_u}{{}_s M_u} \quad (5)$$

$${}_c Q_{u2} = \alpha \cdot \eta_c \cdot \frac{t \cdot I}{S_o} \cdot \sqrt{(\sigma_g + 2\sigma_d)^2 - \sigma_g^2} \quad (6)$$

ここに、 ${}_s M_u$: SC 杭の曲げ最大耐力における鋼管の曲げ耐力寄与分、 ${}_c M_u$: SC 杭の曲げ最大耐力におけるコンクリートの曲げ耐力寄与分、 α : 杭のせん断スパン比による係数、 η_c : 寸法効果による低減係数、 I : 断面二次モーメント、 t : コンクリート厚さ、 S_o : 断面一次モーメント、 σ_g : 有効プレストレスを考慮した軸方向応力度、 σ_d : コンクリートの短期許容斜張応力度

Table 1 せん断終局耐力の評価検証に用いたケース

Case 1	Case 2	Case 3
式(1)	式(2)	断面解析により求まる曲げ耐力値

Table 2 実験値 (最大耐力) と計算値の比較 (括弧内: 実験値/計算値)

Specimen	Case1	Case2	Case3	Exp.*
SCS1	1812kN	1530kN	2046kN	2015kN
低圧縮	(1.11)	(1.32)	(0.985)	
SCS3	2027 kN	1731 kN	2816 kN	2290 kN
高圧縮	(1.13)	(1.32)	(0.813)	

*Exp.: SCS1 is maximum capacity of test in positive direction. SCS3 is maximum capacity of test in negative direction.

4. 結論

軸力比を変数とした 2 体の SC 杭のせん断終局耐力および構造性能について検討した。以下に結論を示す。

- 圧縮軸力比が 0.50 の試験体 SCS3 では、せん断変形が曲げ変形を大きく上回り、鋼管のせん断降伏が生じていることから、SCS3 はせん断破壊したと考えられる。軸力比 0.09 の試験体 SCS1 では、鋼管のせん断降伏が確認できたものの、試験体の危険断面位置近傍での鋼管座屈やコンクリートの曲げ圧壊から曲げ破壊したと考えられる。
- 場所打ち鋼管コンクリート杭のせん断終局耐力式 (Eq.(1)) を用いることで、試験体 SCS3 のせん断終局耐力を安全側に評価できた。

謝辞および参考文献はその 1 にまとめて示す。

*東京工業大学

**一般社団法人 コンクリートパイル・ポール協会

***耐震杭協会

****ワイオミング大学 東京工業大学客員教授

*Tokyo Institute of Technology

** Concrete Pile and Pole Industrial Technology Association

***Taishingui-kyokai

****University of Wyoming, Visiting Prof. of Tokyo Inst. of Tech.