

既製コンクリート杭の曲げ変形性能に関する研究 (その2 SC 杭の曲げせん断実験結果)

SC 杭 曲げせん断試験 正負交番载荷
軸力 曲げ耐力 変形性能

正会員 ○石川 一真* 同 浅井陽一*

1. はじめに

軸力を変化させた SC 杭の曲げせん断実験の変形性能および破壊状況について報告する。

2. 最大および終局曲げモーメント

表 1 に試験結果、図 1 に杭頭曲げモーメント～部材角関係を示す。本論文では、終局時を杭頭曲げモーメントが最大曲げモーメントの 80%に低下した値 (0.8Mmax) と定義する。ただし、80%まで低下しなかった試験では、最大変形時を終局時とした。表中には、最大時、終局時の杭頭曲げモーメントおよび部材角を示す。図中の○は最大曲げモーメント (Mmax), △は終局曲げモーメントを示す。

No.1 (N=0kN) は、部材角 29/1000 程度で最大曲げモーメントに達する。その後、50/1000rad まで大きく耐力低下しなかった。No.4,5 は、No.1 と同一仕様で軸力 (N=2000kN, 3000kN) が作用した場合である。部材角が 10/1000rad までは安定的に挙動している。なお、部材角 15/1000rad 程度になると杭頭部から 50mm 付近の圧縮側鋼管の膨らみが顕著になった。さらに部材角 20/1000rad になると杭全周方向に膨らみが連続した。No.6 は、1200mm を想定した 1/3 縮小モデルで、軸力が (N=3500kN) が作用した場合である。7.6/1000rad で最大曲げモーメントに達した後、10/1000rad に達した。最大曲げモーメント時の部材角が小さい理由としては、壁厚が薄く、軸力比が高い影響が考えられる。No.7 (ts=4.5mm, N=2000kN) と No.4 (ts=6mm, N=2000kN) を比較すると、No.7 の最大曲げモーメントは No.4 の 80%程度であるが、部材角 (R_{Mmax} , $R_{0.8Mmax}$) はほぼ等しい。No.8 はセメントミルク ($\sigma = 27.4\text{N/mm}^2$, $E = 0.995 \times 10^4\text{N/mm}^2$) で、No.9 はコンクリート ($\sigma = 23.7\text{N/mm}^2$, $E = 2.67 \times 10^4\text{N/mm}^2$) で中詰めした場合である。13/1000rad 程度で最大曲げモーメントに達した後、一旦耐力が低下するが、部材角の増加に伴い曲げモーメントも増加した。中詰め材の物性が変形特性に与える影響は少ないと考えられる。いずれも鉛直荷重は試験終了時まで保持できていた。

表 1 試験結果

No	杭径 D (mm)	壁厚 T (mm)	鋼管厚 ts (mm)	軸力 N (kN)	軸力比 N/Nmax	最大時		終局時		破壊状況
						Mmax (kN・m)	R_{Mmax} ($\times 10^{-3}\text{rad}$)	0.8Mmax (kN・m)	$R_{0.8Mmax}$ ($\times 10^{-3}\text{rad}$)	
1	400	65	6	0	0.00	631	29.3	505	50以上	曲げ破壊
4	400	65	6	2000	0.23	813	15.0	650	16.3	曲げ破壊
5	400	65	6	3000	0.34	845	15.1	676	15.8	曲げ破壊
6	400	50	6	3500	0.47	651	7.6	521	8.9	曲げ破壊
7	400	65	4.5	2000	0.24	649	13.7	519	14.7	曲げ破壊
8	400	65	6	3500	0.40	856	13.6	691	50以上	曲げ破壊
9	400	65	6	3500	0.40	830	11.6	671	50以上	曲げ破壊

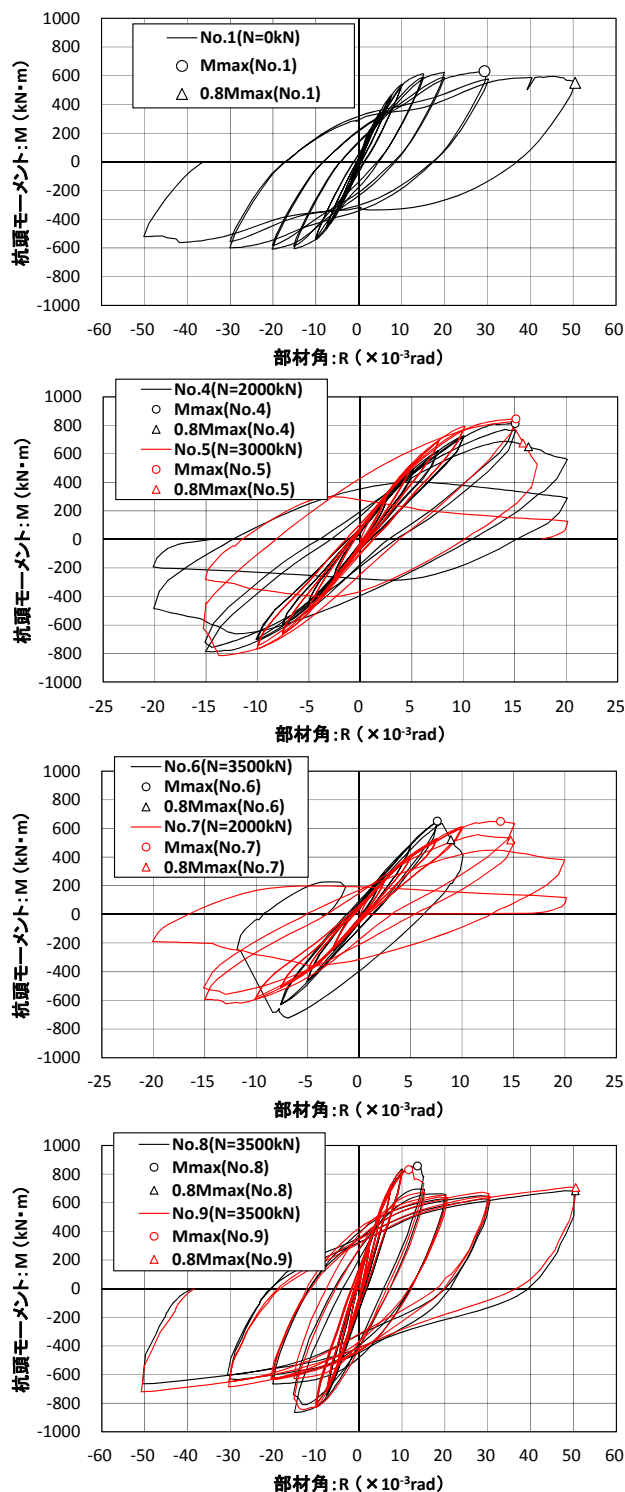


図 1 杭頭曲げモーメント～部材角の関係

3. 杭頭部鉛直変形量～部材角関係

杭頭部から 200mm 位置の変位を平均した杭頭部鉛直変形量 (δ_N) を図 2 に示す。軸力無(No.1)の杭頭部は正方向(伸びる)に変形し、軸力有(No.5,6,8)は負方向(縮む)に変形する。No.5,6 の場合は、最大曲げモーメントを超えると変形量が急激に大きくなるが、No.8(中詰有)の場合は、部材角の増加に伴い徐々に増加した。

4. 曲げモーメント～曲率関係

図 3 に No.5 の曲げモーメント～曲率関係を示す。曲率算定位置は、ひずみゲージの場合は杭頭部から 75mm、変位計の場合は、杭頭部から 125mm (変位計区間中心位置) である。No.5 の計算値最大曲げモーメントは、ひずみゲージおよび変位計から求めた値より若干大きい。曲げモーメント～曲率関係はおおむね同様な傾向である。ひずみゲージから求めた曲率と変位計から求めた曲率が最大荷重付近で若干異なる理由は、曲率算定位置が若干異なるためである。また、最大曲げモーメント時の鋼管座屈の影響も受けていると考えられる。

5. 破壊状況

写真 1 に No.1,5 の試験終了後状況を示す。軸力無(No.1)の東側(E)鋼管は伸び、西側(W)鋼管は杭頭部から 50mm 程度の位置で座屈し膨らんでいる。軸力有(No.5)の鋼管は杭全周方向にわたり、杭頭部から 50mm 程度の位置で膨らんでいた。杭頭部はスタブによって拘束されるために、50mm 程度の位置で座屈したと考えられる。

写真 2 は、外殻鋼管除去後および杭内側破損状況を示す。軸力無(No.1)は、杭頭部付近にひびわれがあり、杭内側は杭頭部から 100mm 程度の範囲でコンクリートが剥落していた。軸力有(No.5)の杭外側コンクリートは、杭頭部外側から内側に向かって斜めに破壊されており、杭内側は杭頭部から 100mm 程度の位置で剥落していた。写真 3 は、中詰有 (No.8, セメントミルク) の外殻鋼管除去後状況である。杭頭部から 100mm 程度の位置でコンクリートおよび中詰セメントミルクにひびわれが発生していた。また、内側コンクリートとセメントミルク付着状況は良好であった。中詰材が内側コンクリートの剥落を抑えることによって、変形性能が向上したと考えられる。

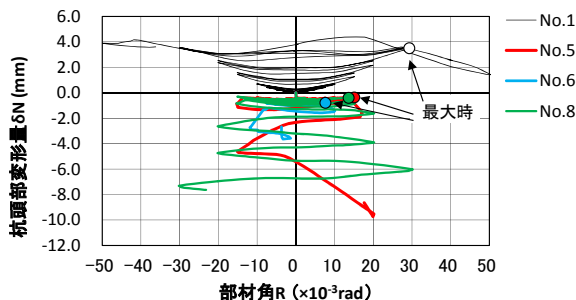


図 2 杭頭部鉛直変形量～部材角関係

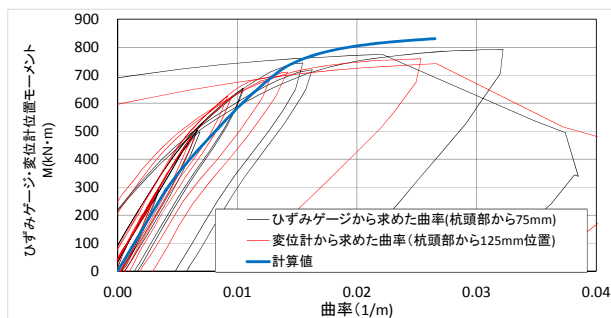
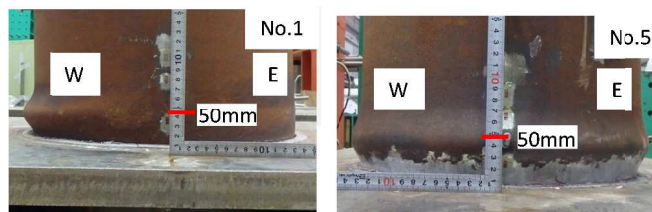


図 3 曲げモーメント～曲率関係 (No. 5)



(a) No. 1 (N=0kN) (b) No. 5 (N=2000kN)

写真 1 試験終了後状況

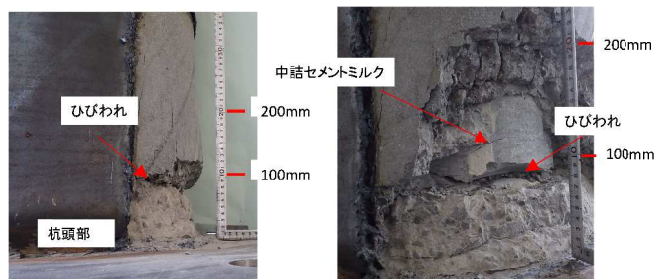


(a) 外殻鋼管除去後 (No. 1) (b) 杭内側 (No. 1)



(c) 外殻鋼管除去後 (No. 5) (d) 杭内側 (No. 5)

写真 2 鋼管除去後状況および杭内側状況



(a) 外殻鋼管除去後 (b) コンクリート撤去後

写真 3 外殻鋼管除去状況 (No. 8)

6. おわりに

軸力および中詰の有無によって、SC 杭の変形性能が異なることが分かった。
謝辞をその 6 に示す。