

引抜き力を受ける既製コンクリート杭の杭頭半剛接合法に関する研究 その2 実験結果

杭頭接合部 PHC 杭 杭基礎
引抜き力 半剛接合 耐震設計

正会員 青島 一樹* 同 島田 博志**
同 小室 努** 同 小林 治男**
非会員 神澤 富章***

1. はじめに

前報につづき、実験結果を報告する。

2. 曲げ損傷限界実験

各試験体について、-600 ~ 2500kN の軸力レベルにおける弾性限界回転角を精査した。本実験において、SNR タイプ (No.1) とアンボント SNR タイプ (No.3) では、鋼棒の最大ひずみが 1500 μ に達した時点弾性限界と定義した。PC 鋼棒タイプでは、PC 鋼棒のひずみが、No.2 の場合 3000 μ , No.4 の場合 3300 μ に達した時点弾性限界と定義した。図 1 に弾性限界回転角と軸力の関係を示す。SNR タイプとアンボント SNR タイプに明確な差異はない。一方、PC 鋼棒タイプは、SNR タイプに比較して、限界回転角が 1.6 ~ 2.0 倍大きい。図 2 に鋼棒のひずみ分布の一例を示す。各試験体とも鋼棒のひずみ分布は、全長にわたってほぼ一定に分布しており、アンボント処理を行っていない SNR タイプと PC 鋼棒タイプにおいても付着の影響が殆どないことが分かる。

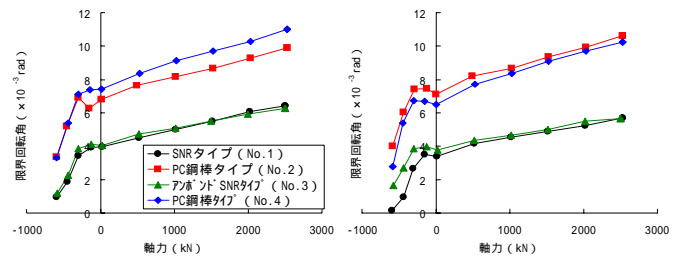
なお、パイルキャップに発生したひび割れの幅は加力時最大で 0.15mm 以下であり、各試験体とも軽微であった。

3. 曲げ終局限界実験

(1) 一定軸力条件： SNRタイプとアンボント SNRタイプは共に N=1000kN の条件下で、PC 鋼棒タイプは 1 体が N=1000kN , もう 1 体が N=0kN の条件下で、最大回転角約 ± 0.03 rad までの加力を行った。図 3 に杭頭接合部の曲げモーメントと回転角の関係 (M - 関係) を示す。図中の (a) , (b) から同一条件における SNRタイプとアンボント SNRタイプ の M - 関係がほぼ一致していることが分かる。また、(a) ~ (c) より、同一条件における SNRタイプと PC 鋼棒タイプの差異がわかる。すなわち、SNR タイプでは、 $\theta = 0.01$ rad 付近に比較的明確な降伏点が現れているのに対し、PC 鋼棒タイプでは $\theta = 0.018$ rad 近傍で緩やかな剛性低下が生じている。これは SNR 材と PC 鋼棒の力学特性の違いによると思われる。次に、(c) と (d) を比較することで、PC 鋼棒タイプにおける N=1000kN 時と N=0kN 時の M - 関係の差異がわかる。最大モーメントは、N=1000kN 時が 600kN \cdot m 程度であるのに対し、N=0kN では 300kN \cdot m 程度と小さい。また、N=0kN 時では、N=1000kN 時に比較して、初期剛性が極端に小さいことが分かる。

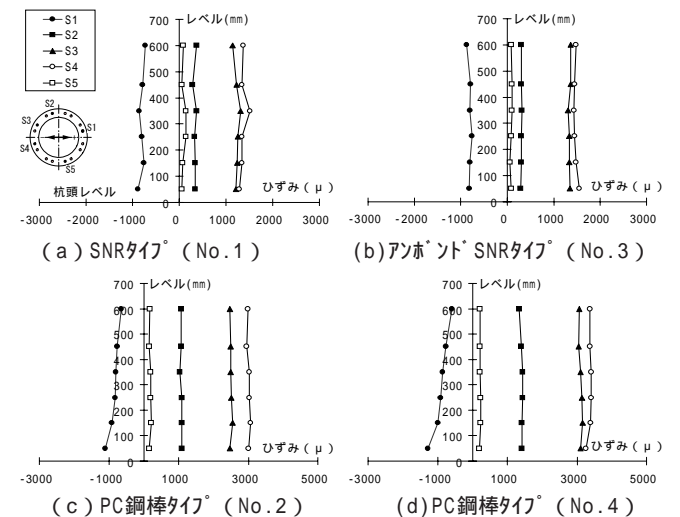
パイルキャップのひび割れは、損傷限界実験時に生じたひび割れが増加・進展したが、ひび割れ幅は最大 0.3mm 以下であった。杭頭の損傷状況については、No. 2 試験体でのみ、 $\theta = 0.02$ rad 時に軽微な曲げひび割れが発生した。

(2) 変動軸力条件： 一定軸力条件での終局限界実験が終



(a) 正方向加力時 (b) 負方向加力時

図 1 弾性限界回転角と軸力の関係



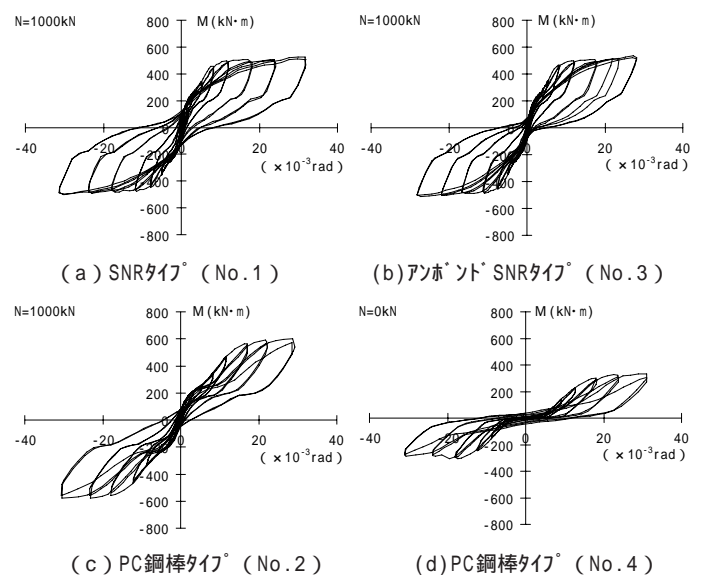
(a) SNRタイプ (No.1)

(b) アンボント SNRタイプ (No.3)

(c) PC鋼棒タイプ (No.2)

(d) PC鋼棒タイプ (No.4)

図 2 鋼棒のひずみ分布



(a) SNRタイプ (No.1)

(b) アンボント SNRタイプ (No.3)

(c) PC鋼棒タイプ (No.2)

(d) PC鋼棒タイプ (No.4)

図 3 一定軸力での M - 関係

了した後、変動軸力での終局限界実験を実施した。したがって、変動軸力の実験結果は、引抜き抵抗用鋼棒が降伏した状態での結果となる。図4-(a)に主な変動軸力～

(N-関係)の概要を示す。変動軸力は、長期軸力を1000kNと仮定し、-1000～2500kNの範囲で与えた。図4-(b)～(f)に杭頭接合部のM-関係の一例を示す。図4-(b)は、SNRタイプ(No.1)に変動軸力を与えた結果である。最大引抜き荷重(-680kN)はSNR材の降伏荷重の82%に相当するが、M-関係は、繰り返し加力による耐力低下が殆どなく安定した履歴性状を示している。

図4-(c),(d)に変動軸力(-460～1500kN)におけるアンボンドSNRタイプ(No.3)とPC鋼棒タイプ(No.4)の結果を示す。最大引抜き荷重(-460kN)はSNR材の降伏荷重の55%、PC鋼棒の降伏荷重の38%に相当する。どちらのタイプも耐力低下が殆どなく安定した履歴性状を示し、最大モーメントには大きな差異がない。図4-(e)に変動軸力(2500～-1000kN)におけるSNRタイプ(No.1)の結果を、図4-(f)に変動軸力(-1000～2000kN)におけるPC鋼棒タイプ(No.2)の結果を示す。最大引抜き軸力-1000kNは、SNRタイプの121%、PC鋼棒タイプの84%に相当するが、いずれも鋼棒は破断せず、安定した挙動を示している。一方、最大圧縮軸力(SNRタイプ:2500kN、PC鋼棒タイプ:2000kN、 30×10^{-3} rad)時に、どちらの試験体も杭頭部のコンクリートが圧壊した。

4. せん断実験

図5に杭頭接合部のせん断力Qと水平変位hの関係を示す。図示した結果は、最大引抜き力を作用させたケースである。ただし、せん断実験は、曲げ実験完了後に実施しており、引抜き抵抗用鋼棒が降伏した状態での結果である。図5-(a)は、軸力-800kN時のSNRタイプ(No.1)の結果である。はじめに、PHC杭頭部がせん断破壊を生じ、その後、SNR鋼棒が破断しせん断抵抗を失った。同図(b)、(c)は、アンボンドSNRタイプ(No.3)とPC鋼棒タイプ(No.2)の結果であり、それぞれの引抜き荷重(-700、-1000kN)は、鋼棒の降伏荷重の84%に相当する。いずれも、Q-h関係は、耐力低下が少ない安定した履歴性状を示した。また、どちらのタイプも引抜き抵抗用鋼棒が破断し、せん断抵抗を失った。同図(d)は、PC鋼棒タイプで根入れがある試験体(No.4)の結果である。実験条件はNo.2と同様である。No.4は、初期せん断剛性が比較的高く、パイルキャップが破壊した後に、剛性低下を生じている。初期状態においては、せん断力をパイルキャップ(根入れ部)が大きく負担し、パイルキャップが破壊したのちに鋼棒のダウエル効果が発揮されると考えられる。表1に各試験体のせん断耐力と水平変位の一覧を示す。

4. まとめ

実験結果から提案した杭頭半剛接合法は、引抜き力が作用した状態においても安定した回転性状とせん断耐力を有することが判明した。

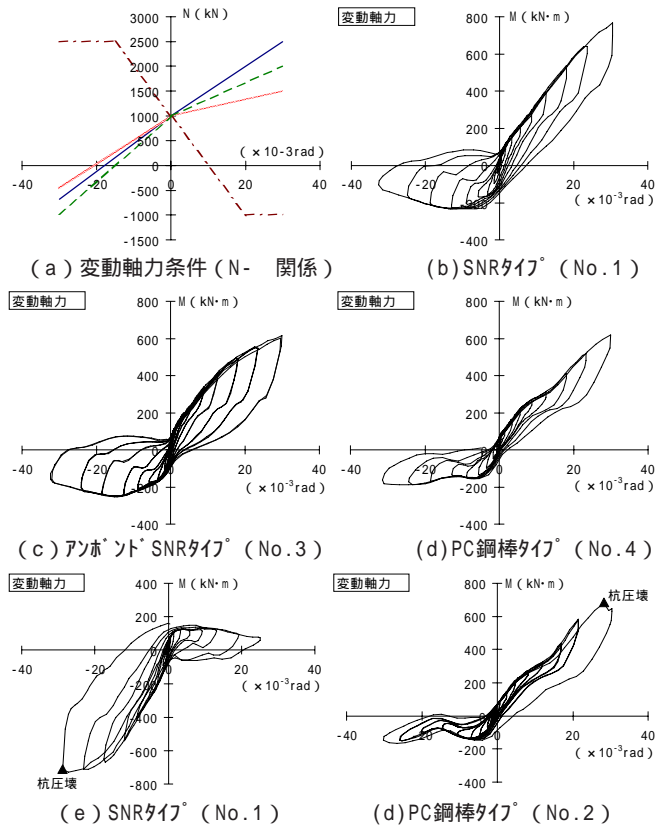


図4 変動軸力条件(N-関係)とM-関係

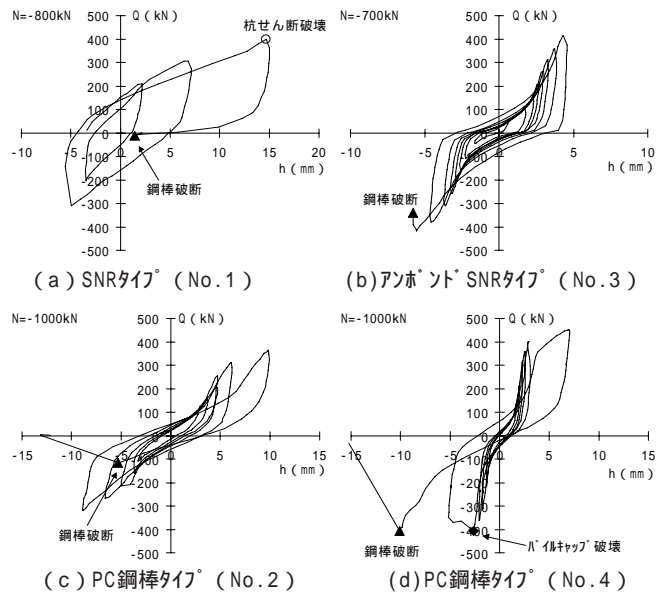


図5 杭頭接合部のQ-h関係

表1 せん断耐力と最大水平変位の一覧

試験体	根入れ (mm)	へりあき (mm)	軸力 N (kN)	せん断耐力 Q_{max} (kN)	最大水平変位 h_m (mm)
No.1	SNRタイプ	無し	200	-800	+14.7 -5.6
No.3	アンボンドSNRタイプ	無し	200	-700	+4.6 -5.8
No.2	PC鋼棒タイプ	無し	200	-1000	+9.8 -8.8
No.4	PC鋼棒タイプ	100	200	-1000	+7.0 (+2.8) -10.1 (-2.6)

*括弧内はパイルキャップ破壊時のせん断力と水平変位を示す

* 大成建設(株) 技術センター
** 大成建設(株) 設計本部署
*** 高周波熱錬(株) 製品事業部

* Technology Center, Taisei Corporation
** Design Division, Taisei Corporation
*** Product Division, Neturen Corporation