

軟弱地盤条件下での PHC 杭高止まりに関する解析的検討

鉄建建設（株）正会員 ○高山 真揮

鉄建建設（株）西村 剛

鉄建建設（株）前澤 峻哉

1. はじめに

プレボーリング杭工法で杭打設を行う場合、軟弱層が厚く介在する土質条件では、泥土圧と孔壁との圧力バランスから掘削孔壁が孔内方向へはらみ出し、杭の挿入が困難になる現象が発生することがある。対策として杭の接続に機械式継手を採用し、施工時間の短縮する方法が考えられる。本工事において、杭 1 本あたりの作業時間を比較すると、溶接継手の場合が 188 分に対し、機械式継手の場合は 80 分と 108 分の短縮効果が見込める。

しかし、機械式継手の採用について定量的な基準は設けられていない。そこで、孔壁変位の継時変化を 2 次元 FEM 解析により算出し、機械式継手採用の要否について検討した。また、施工結果と比較し、解析結果の妥当性について検証した。

2. 工事概要

本工事は排水関連施設の機能回復等を目的として排水機場を建設するものである。図-1 に排水機場の概要図を示す。排水機場は樋門および樋管部、水槽部、遊水池から構成される。また、地盤条件の特徴として、標高 0～24m 付近に N 値が 0 の軟弱地盤が堆積し、その下層には粘土・シルト・砂が互層に分布することが挙げられる。そのため、樋門及び樋管部には沈下対策として DJM 工法による深層混合改良、水槽部には L=54～55m の長尺の PHC 杭が計画された。

3. 地盤影響解析

(1) 解析手法

解析手法は砂質地盤を弾性材料、粘性地盤を弾塑性材料（関口・太田モデル）とした 2 次元弾塑性解析とし、継時変化を考慮した孔壁変位について算出した。

(2) 検討モデルと地盤条件

解析モデルは杭中心から平行方向 100m、深さ方向 87m を対象とした。2 次元 FEM 解析のため、解析モデルの奥行き方向に存在する地盤の支持効果を考慮し、掘削による応力開放率を 40%と設定した。

表-1 に土質条件、図-2 に解析モデルを示す。軟弱粘性土層（Ac2）の層厚による影響を確認するため、本工事の対象地盤を case1、Ac2 の上部 1/2 を N=1 の砂質地盤と仮定した場合を case2 とした。図-3 に解析ステッ

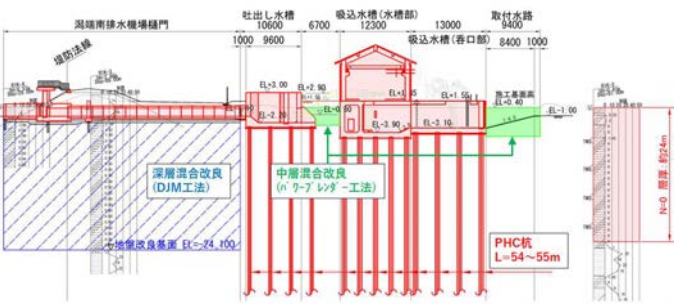


図-1 排水機場概要図

表-1 土質条件（抜粋）

土層記号	土質区分	N値	粘着力 C (kN/m ²)	せん断 抵抗角 φ (°)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	塑性指数 Ip
改良土	改良土	16	100	0	44,800	0.40	20.0
Ac2-1	シルト質粘土	0	21.6	0	9,960	0.45	40.7
Ac2-2	シルト質粘土	0	21.6	0	9,960	0.45	62.1
Ac2-3	シルト質粘土	0	-1.93EL+13.0	0	24,420	0.45	48.9
Ac2-4	シルト質粘土	0	-1.93EL+13.0	0	32,590	0.45	39.1
As3	細砂	19	0	34	53,200	0.35	—
Ac3	砂質シルト	0	72.9	0	48,800	0.45	28.2
As4	シルト混じり細砂	20	0	35	56,000	0.35	—
Ac4	砂質シルト	2	82.7	0	50,480	0.45	25.3
As5	細砂	6	0	25	16,800	0.40	—
Ac5	砂質シルト	4	82.7	0	50,480	0.45	20.0
As6	シルト質砂	15	0	32	42,000	0.35	—
Ac6	粘土	7	102.3	0	52,920	0.45	70.7
As7	シルト質砂	37	0	42	103,600	0.30	—
Dg	細礫	57	0	45	159,600	0.30	—
Ds1	シルト混じり細砂	72	0	45	201,600	0.30	—
Dc	砂混じり粘土	10	102.3	0	52,920	0.40	27.5
Ds2	細砂	105	0	45	294,000	0.30	—

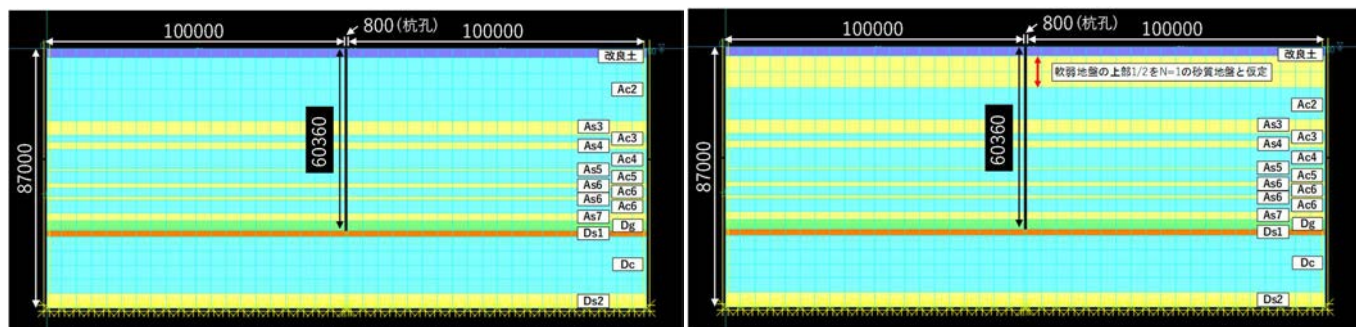


図-2 解析モデル (左:case1, 右:case2)

プと液圧による作用力について示す。削孔後の孔内は安定液で孔壁保持されているため、安定液 (比重 1.5) と地下水 (比重 1.0) の差を液圧として孔壁外方に作用させた。

(3) 解析結果

図-4 に case1, 図-5 に case2 の変位量図を示す。孔壁の変形量は, case1 では掘削完了後 1 時間程度で地表面から 10m の深度で杭体と孔壁が接触する変位量 5cm を超える結果となった。また, 時間経過とともに地表面から 25m 付近までの軟弱地盤において, 特に変位が進行する結果となった。

case2 では, 掘削完了後 3 時間程度で変位量は 5cm を超える結果となった。このことから, 軟弱地盤の層厚や土質構成, 杭長 (継手箇所数) など, 施工条件によって杭の高止まり発生の推測が可能であると考えられる。以上より, 本工事では溶接継手とした場合, 高止まりの発生が想定された。

4. 施工結果

試験杭施工中に杭内部からの杭周固定液のオーバーフローを確認した。図-6 にオーバーフローの状況を示す。この現象は孔壁がはらみ出し杭体との隙間が塞がれたことにより, 杭周固定液が杭体内を通過し天端からあふれ出たものと推定される。このことから, 地盤解析シミュレーションの結果は概ね妥当であると考え, 機械式継手を採用することとした。

機械式継手を採用した結果, 基礎杭 55 本中 53 本はトラブルなく施工を完了した。しかし, 地盤のはらみ出しなどが原因と推定される高止まりが 2 本発生した。高止まりが発生した杭については, 速やかに引抜き後日再施工を行った。

5. おわりに

本報告では, 軟弱層が厚く介在する土質条件における孔壁変位の解析シミュレーション, および施工結果との比較を行った。検証結果より, 本工事のような条件下では機械式継手の採用は有効であると考えられる。

参考文献

- 1)既製コンクリート杭の施工管理, pp.369: 一般社団法人コンクリートパイプ建設技術協会, 2017.4

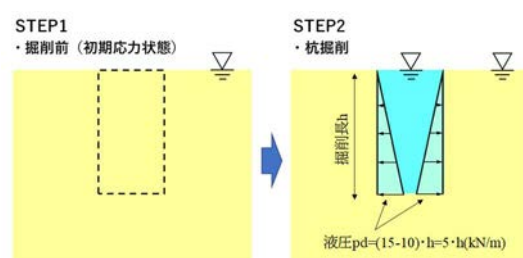


図-3 解析ステップと液圧による作用力

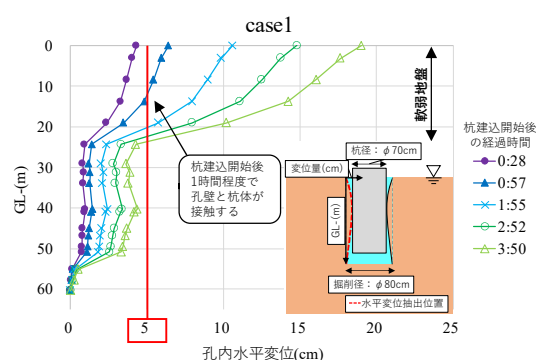


図-4 変位量図 (case1)

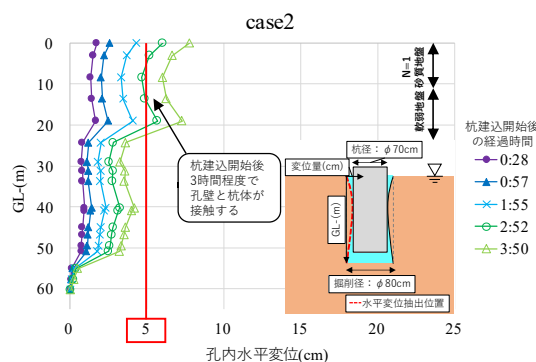


図-5 変位量図 (case2)



図-6 オーバーフロー状況