

III-113

複合地盤で実施した大規模な現場揚水試験

中部電力（株） 正会員 阿知波 文夫
 中部電力（株） 正会員 堀尾 厚夫
 名古屋大学 正会員 松尾 稔

1. はじめに

川越火力発電所(三郷川副 70万kW×2ユニット=140万kW)では、増設工事(165万kW×2系統=330万kW)に伴ない燃料となる液化天然ガス(LNG)を貯蔵するための設備を約18万 m^3 の敷地に建設中である。基礎地盤は、地表面より、埋立粘土層、沖積砂層、沖積粘土層、洪積砂礫層の順序で構成されている。軟弱層の層厚は45mにも及ぶため、LNGタンクをはじめ主要構造物の基礎は、杭基礎とする計画であるが、杭基礎とする場合でも、杭の横抵抗の不足、地震時の液状化、長期の沈下が問題となる。このため、基礎地盤の強度増加、沖積砂層の締固め、残留沈下の解消を目的として、図-1に示すように、載荷盛土(90 m^3)、砂杭(5万3千本)、揚水井(93基)を組合わせた地盤改良を実施した。(参考文献1)参照)

砂杭は、圧密促進を目的とするサンドドレーンに、締固めを目的とするサンドコンパクションパイルを一部組み合わせたものである。埋立粘土層中の砂杭の置換率は、 $as=4.3\%$ ($as=As/A$; As ; 砂杭の断面積、 A ; 砂杭の分担面積($B_f \times B_f$))であり、また、使用砂の細粒分含有率は、3%以下である。さらに、揚水井は、砂杭が打設された埋立粘土層(複合地盤)の水位をコントロール(低下)し、有効荷重の増加を図り、載荷用の荷重に利用することで、載荷盛土量を節約するために、沖積砂層に設置している。

水位の低下により埋立粘土層を載荷用の荷重に利用するためには、水位の低下に要する時間を推定する必要があるが、複合地盤については、有効な方法がない。そこで、経済的で高い精度の設計と施工を行うために、大規模な現場揚水試験を実施して、水位低下の特性を明らかにした。砂杭打設による沖積砂層の透水特性の変化については、参考文献2)で発表済みであり、本文では、埋立粘土層の水位低下を表わす複合地盤の平均的な透水特性について述べる。

2. 現場揚水試験の概要

(1) 現場揚水試験の計画

揚水井(番号600)と観測井(番号100)の配置図を図-2に示す。揚水井には、流量調整バルブと三角ゼキが設けてあり、任意に、揚水量を調整できる。揚水井と観測井は、砂杭打設の完了後、図-3に示すように設置した。

(2) 揚水井のコントロール

揚水井の水位と揚水量の経時変化を図-4に示す。揚水は $Q=70\ell/\text{min}$ (限界揚水量 $Q_c=120\ell/\text{min}$ 以下)で開始した。水位は、6時間で、Y.P. ± 0.0 まで低下した。その後、水位一定(Y.P. ± 0.0)にコントロールしながら、7日間の揚水を続けた。

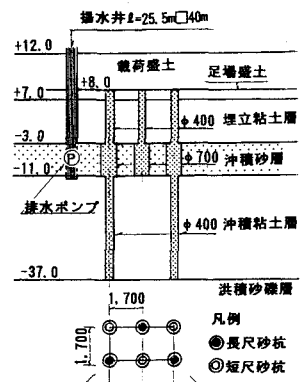


図-1 基礎地盤と地盤改良の概要

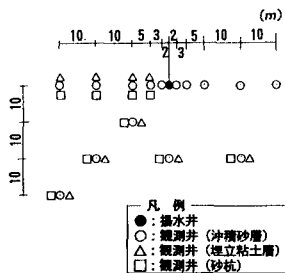


図-2 揚水井と観測井の配置

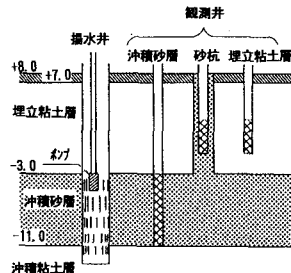


図-3 揚水井と観測井の概念図

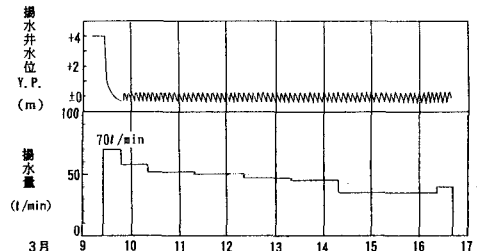


図-4 揚水井の水位と揚水量の経時変化

（3）水位低下状況

沖積砂層の水頭の低下と、砂杭と埋立粘土層の水位の低下の関係を図-5に示す。揚水井からの排水によって、沖積砂層の水頭と砂杭の水位がまず最初に低下し、これに追従して、埋立粘土層の水位が低下している様子がうかがえる。このことは、埋立粘土層には、砂杭が、細かな間隔で数多く打設されているため、埋立粘土層中の間隙水の排水方向が、沖積砂層に向かう鉛直方向から、砂杭に向かう水平方向に変わり、排水距離が短縮されていることを意味する。

（4）透水特性の算出結果

揚水試験によって得られた埋立粘土層の水位低下曲線をJacobの方法の軸で整理した結果を図-6に示す。横軸は、揚水試験開始後の時間 t を揚水井と観測井間の距離 r の2乗で除した t/r^2 とし、縦軸は、水位低下量 s に、揚水量 Q の変化を考慮するため、 s/Q とした。図中の水位低下曲線は、典型的な水位低下曲線を示す直線であり、砂杭打設により埋立粘土層の平均的な透水特性が改善されていることがわかる。この直線の切片と勾配から、複合地盤の平均的な透水係数 $k=8.3 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ と貯留係数 $S=4.2 \times 10^{-2}$ を得た。事前の圧密試験による透水係数との比較は、表-1の通りであり、砂杭の打設により、地盤の透水係数は、 $10^{-7} \sim 10^{-6}$ から 10^{-3} に近くまで著しく改善されていることがわかる。

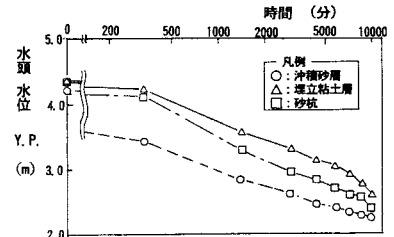


図-5 観測井の水位の経時変化($r=10\text{m}$)

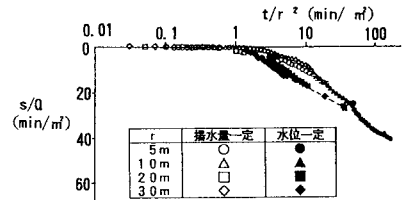


図-6 埋立粘土層の水位低下曲線(Jacobの方法)

表-1 透水係数の比較

	透水係数 $k(\text{cm/s})$					
	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
埋立粘土層						
複合地盤						

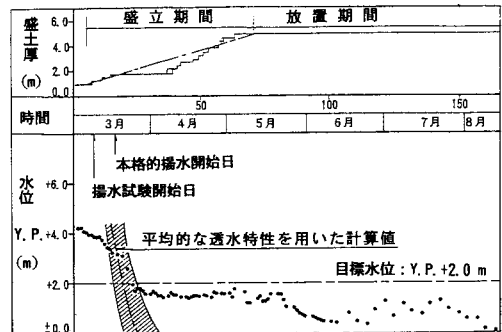


図-7 埋立粘土層の水位低下曲線(盛立盛土施工時)

3. 載荷盛土施工時の水位低下状況

現場揚水試験後に、載荷盛土の盛立と同時に、40mピッチの揚水井を稼働させた本格揚水を開始した。埋立粘土層の水位は図-7に示すように順調に低下しており、盛立期間の2カ月以内に目標水位(Y.P.+2.0)を満足している。図中には、複合地盤の平均的な透水特性を用いた計算値の幅を合せて示す。揚水開始の初期において水位の実測値は、計算値の幅の中にあり、ある程度、水位低下時間を予想できていることがわかる。

なお、盛立期間中の水位低下速度が、鈍くなっている原因は、盛土施工の障害にならないように、揚水井の中の排水ポンプの運転を昼間停止させるためである。

4. まとめ

大規模な現場揚水試験の結果から、複合地盤の水位低下について以下のことが明らかとなった。

- ①砂杭が、埋立粘土層に細かな間隔で数多く打設されると、埋立粘土層中の間隙水の排水方向は、砂杭に向かう水平方向となり、排水距離が短縮されるため、複合地盤の平均的な透水係数は著しく改善される。
- ②埋立粘土層の水位低下は、現場揚水試験から得られた複合地盤の平均的な透水特性を用いることで、ある程度推定可能である。

<参考文献>

- 1)阿知波, 森, 堀尾: 川越火力発電所LNG設備の地盤改良試験の概要, 土質工学会中部支部, 第2回調査・設計・施工技術報告会, pp54~69, 1993. 5
- 2)阿知波, 松尾: 現場揚水試験に基づく複合地盤の透水特性に関する研究, 土質工学会, 第38回土質工学会シンポジウム, pp81~88, 1993. 11