

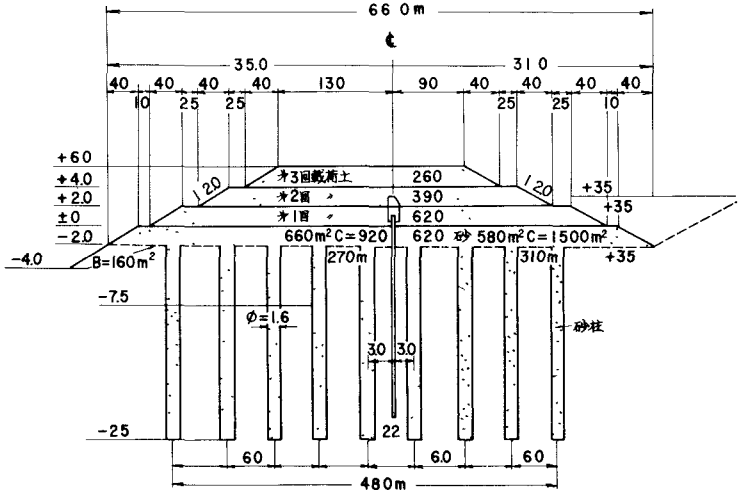
砂柱工法による海底地盤の改良効果について

東北大学工学部 ○浅田秋江
宮城県土木部港湾課 伊藤栄雄
東北大学工学部 須藤良清

1. まなび

サントパイルによる軟弱地盤の改良工法はこれまで、各地において盛んに行われ、良好な効果を実証している。極く最近においては気仙沼港において大口径砂柱 ($\phi=16m$) を用いて人工圧密により地盤を改良し、砂柱断面により支持力を高める工法が行われた。本報告はこれらの大口径砂柱工法による海底軟弱地盤の改良効果を検討するために、圧密期間中の地盤内間ゲキ水圧および沈下量観測を行い、チェックボーリングによる地盤強度の変化など砂柱工法の改良効果について考察したものである。

図-1 砂柱基礎工標準断面図

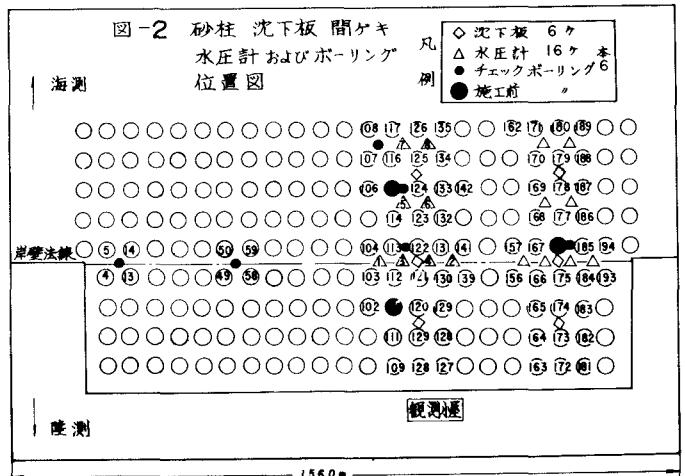


2. 砂柱工法の概要

海底粘土層にエセクター式浚渫船により15~20~35~40m径の孔を掘き、エセクター高深度浚渫船により洪積層より揚砂した良質な砂を濃縮サイクロンを通じて充填する。この砂柱を粘土層に心心間隔5.5~7.5~10mに設置して粘土層上の構造物または埋土の基礎とすれば、人工圧密により地盤を改良し砂柱断面より支持力を高め、軟弱地盤の基礎工法として工費の軽減工期の短縮を期待し得る。今回施工した砂柱は径1.6m長さ25m(2m敷砂)のものを正方形に配置したもので、その標準断面、計器埋設位置およびボーリングの位置は図-1、2、3に示す通りである。

3. 改良前の地盤および土質状況

図-2 砂柱 沈下板 間ゲキ 水圧計およびボーリング位置図



地質調査および土質試験結果から要約すると地盤は次の3層に大別される。

3-1, 砂およびシルト質微粒砂層

表面から9m(基準面からの深度以下これに準ずる)の深さまでの土質は、上部に1~2mの厚さの砂質土が堆積し、その下は厚さ3m位のシルト質微粒砂である。

3-2, シルト質ローム層

この層は9mからの約20mまで堆積し、貝ガラ片を混入している三角座標分類によると、シルト質ロームおよびシルト質粘土ロームに分類され、自然含水比約50~70%、比重2.55~2.70でほとんどが2.60以上の値を示し、特に有気質土が多いとは考えられない。また一軸圧縮強度は上部において約0.5%、深くなるにつれて増大し20m付近で約1.0%以上の値を示し、先行圧縮荷重とセ、類似した傾向を示しているが、やはり一軸圧縮強度は大部分が再整形不可能なかなり鉛直な土と考えられる。

3-3, 粘土ローム層

20m以下の粘土ローム層は10m以上の厚い層であるが、細かい貝ガラ片の小レキを含み26m付近にはシルトおよび小レキ混りのロームと細砂の混層が夾まれており、土質試験の結果はほとんど上部のシルト質ローム層と同様であるが、深さが増すにつれて強度は多少小さくなるようである。

図-3 沈下板および間ゲキ水圧計配置図

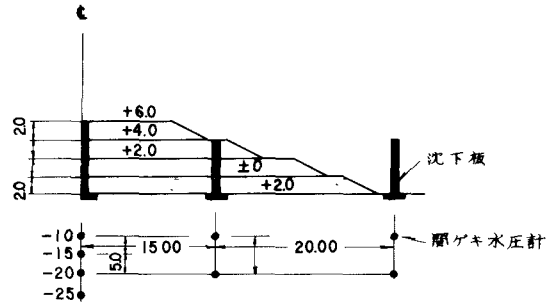


図-4 載荷中央部における沈下時間曲線

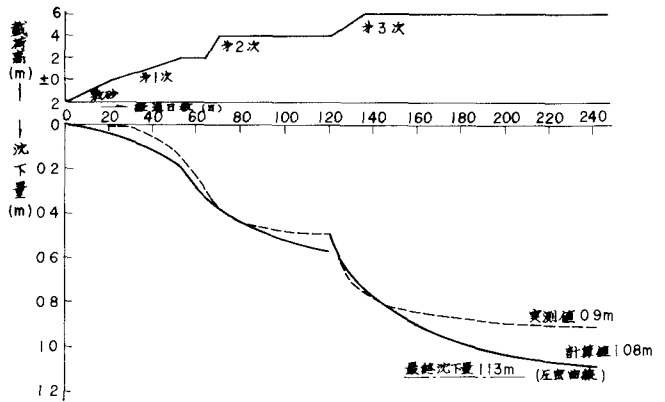
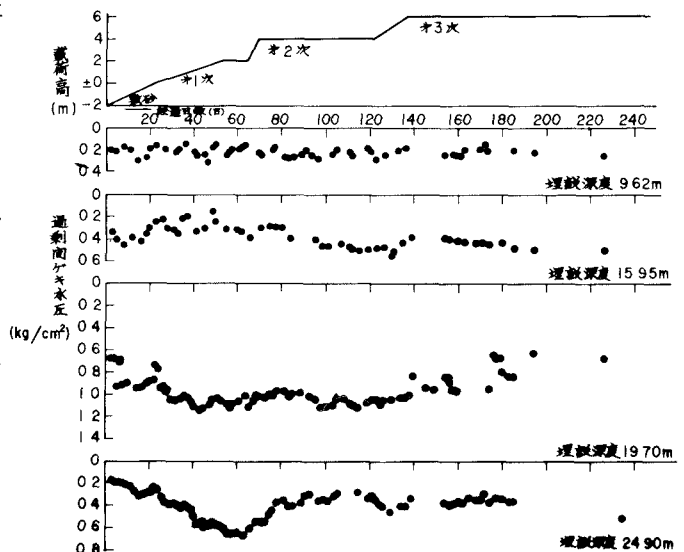


図-5 載荷高と通割間ゲキ水圧の経時変化 (載荷中央部)



4. 沈下量および間ゲキ水圧の変化

沈下板は敷砂の下に設置しその構造はきわめて単純なもので沈下板に砂の摩擦を防ぐφ=114mmのパイプと沈下量を測定するロッドをつけレベルで測定した。

間ゲキ水圧計の埋設は予定深さより10mm浅い位置まで機械ボーリングにより孔を掘り、その後約10mm圧入した後少量の粘土と砂の順で充填した。

深度別の配置は図-3の如くである、埋設した間ゲキ水圧計は坂田式PPR型で電氣的に直示する方法と率法の2つの方法で測定を行い、過剰間ゲキ水圧値は水柱に換算した指示圧力の平均値から基準面よりの静水圧と潮位を差引いて求めた。

4-1. 沈下量について

圧着沈下量および速度はサントレーン工法の場合に用いられる次式によって予測した

$$S = \sum_{i=1}^n Si = \sum_{i=1}^n \frac{e_{oi} - e_{ei}}{1 + e_{oi}} \times H_i$$

$$t = \frac{d_e^2 T_h}{C_v}$$

H_i : 圧着厚 e_{oi} : 載荷前の間ゲキ比

e_{ei} : 載荷後の間ゲキ比 T_h : 時間係数

d_e : $1/3d$ (d は中心間隔)

C_v : 圧着係数 (鉛直方向の C_v を使用)

計算結果は図-4の如く第2次載荷後において実測値を基に修正して第3次の沈下時間曲線を求めたが、実測値は計算値より沈下が早く終り、また最終沈下量が小さい、実際には砂層の沈下および二次圧密が生じること考えると計算値よりは沈下量が大きくなるはずであるが、この点について今後さらに検討を加える

図-6 過剰間ゲキ水圧の経時変化 (縦溝中央部)

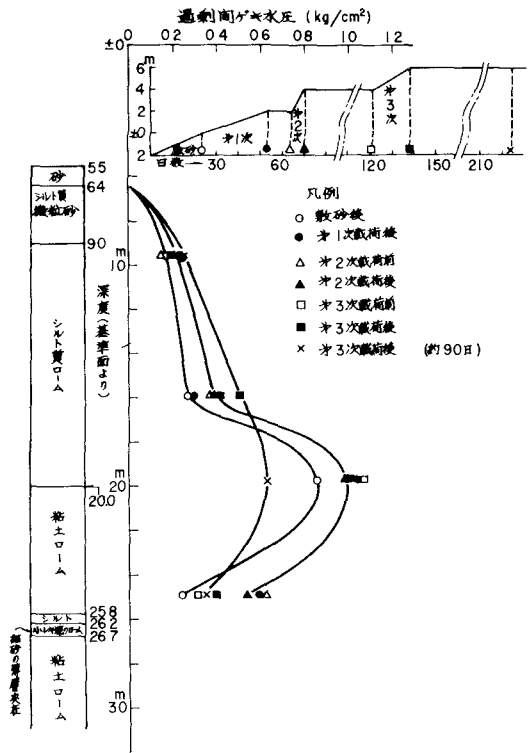
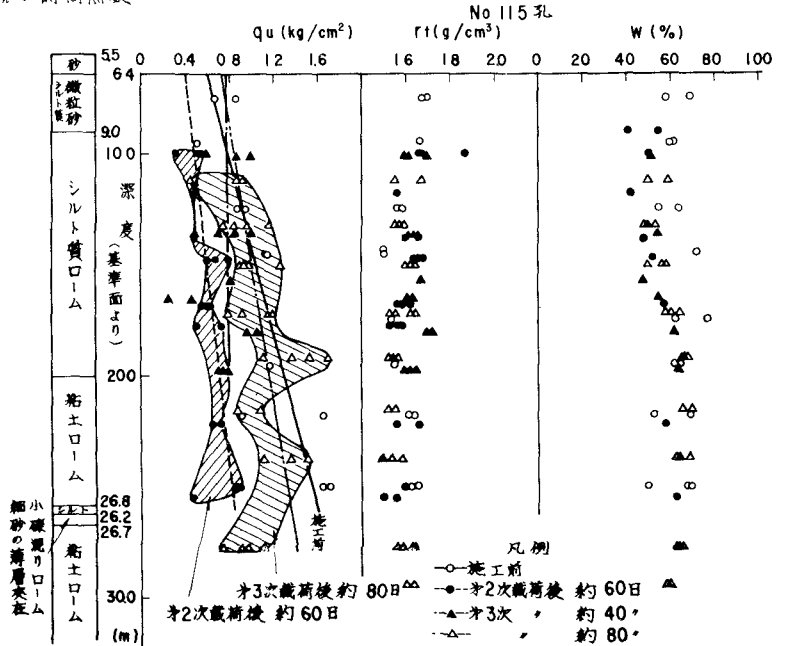


図-7 地盤強度 含水比および密度の変化例



4-2. 過剰間ゲキ水圧について

載荷による間ゲキ水圧の変化を図-5に示したが、深度15mまでの上部においては水圧の変化は顕著でないが、15~25mの層においては載荷による水圧の変化はかなり明らかである。また図-6には深さ方向の水圧の時間的变化を示したが、約20mの深さにおいては載荷直後、とくに高い水圧を保っているが、この点(図-7をみてもわかるように、この深さにおいて強度が大きくなってきていること、併せて考えると、この層が先行圧密荷重を大きくうけたとも考えられる。またしばしば高い水圧を保っているのはこの層の透水性係数が小さいため、排水に時間がかかるためであると考えられる。

5. 地盤強度と含水比および密度の変化

強度増加を知るためにオ2 オ3次載荷後にサンプリングを行った、その結果は図-7に示す如くオ2次載荷約60日後の一軸圧縮強度は減少しオ3次載荷約40日後の結果では上部に回復の様子を示し、さらにオ3次載荷約80日後のサンプリングの結果においては施工前の強度分布に比較し全体的にみて回復し上部においては、増加した傾向である。また含水比の変化は20m付近まで減少し最大約20%の変化を示し密度は多少増加している、このように圧密による強度増加は上部において多少みられるが下部においては砂柱施工によって、地盤が乱れ、時間の経過とともにチキソトロピーによって強度が回復したとみる方が妥当である。

オ2次載荷約60日後の強度を用いて安定に対する検討を $\phi=0$ 法($\phi=0$ 法の適用には問題はあるが)により平常時において解析すると図-8に示すようにSF=1.21であり、オ3次載荷後の安定は押え盛土を考慮すれば(これは水面下において2割の勾配は砂のため保てず自然勾配となったので押え盛土として考えた)SF=1.17となり、オ3次載荷を実施し、その後オ3次載荷約80日後の強度試験の結果を用いて計算するとSF=1.74となり安定を保ちうる。

図-8 臨界円

