

東京国際空港再拡張事業における海底地盤の物理・力学定数設定値:ばらつきに基づく設定値の評価

せん断強さ, 統計的解析, 空港

港湾空港技術研究所 国際会員 渡部要一
 港湾空港技術研究所 国際会員 田中政典
 国土交通省 正会員 ○野口孝俊
 国土交通省 志茂 香

1. はじめに

東京国際空港(羽田空港)の再拡張事業に際して, D滑走路建設予定海域において別報¹⁾の図-2に示す17箇所綿密なボーリング調査を実施した. 本稿では, 建設予定海域で得られた全試験結果を深度方向にプロットした結果(別報¹⁾の図-4, 5)を基に, 工学的な判断を加味して各種土質定数の代表的な深度分布を設定した. また, 設定した地盤定数の深度分布の信頼性を評価するため, 深度分布の平均値からのばらつきに関する統計的表現を踏まえて, 工学的判断に基づいて設定した地盤定数の深度分布が, データのばらつきの中でどのように位置づけられるかを検討した. なお, ばらつきを検討する際には, 現空港ならびにその周辺の覆砂の影響があるため, B-1~B-3のボーリング調査結果の全データ, ならびにA-12とA-13の覆砂直下近傍のデータを除外し, 自然地盤としての代表的な深度分布に着目した.

2. 地盤定数の深度分布設定

再拡張事業の事前調査結果として, 別報¹⁾の図-4, 5に示したように, 土質パラメータの深度分布に基づいた代表値を設定した. その多くは平均値あるいは回帰直線によって表されるが, データのばらつきが大きい場合には, 技術者の判断によるところが大きい. また, 粘土層のせん断強さと圧密降伏応力については, 単なる平均値や回帰直線とはせず, 相互に関連したパラメータとして設定する必要がある. その際, 正規圧密あるいは軽度に過圧密な地盤であることから, 強度増加率を $m=c_u/p_c$ と定義しても実務上支障はない. そこで, 過圧密比 $OCR=p_c/\sigma'_{v0}$ を用いて, $c_u=m \times OCR \times \sigma'_{v0}$ なる関係があることを考慮して検討した結果, 上部有楽町層Yucでは $OCR=1.3$ で $m=0.3$, 下部有楽町層Ylc以深では $OCR=2.5$ で $m=0.2$ を設定した. Yucでは, 一軸圧縮試験と圧密試験の結果を参考に上記パラメータを設定したが, 試験結果そのものを良く表現する組合せは $OCR=1.5$ で $m=0.4$ 程度の大きな値であった. しかしながら, 当該粘土層は応力履歴としての過圧密ではなく見かけの過圧密であること, $m=0.4$ は経験的に過大と思われることから, 設計上の余裕を見込んで上述の設定とした. 一方, 下部有楽町層Ylc以深では, 圧密係数 c_v が $1000\text{cm}^2/\text{day}$ 以上の大きな値を示すものも多く, 低塑性かつ大深度であることにより, 一軸圧縮試験結果は過小なせん断強さを与える可能性が高い. そこで, 拘束圧を与えてせん断試験ができる三軸UU試験の結果に対してパラメータを設定した. A.P.-50~60mの試験結果が一軸圧縮試験と同様の過小と思われる値を示したが, 簡易CU強度にはそのような傾向は見られないことを考慮して, この部分の過小な試験結果に囚われずに設定することにした.

3. ばらつきと設定値

別報¹⁾において工学的に5つに区分した層のうち, ①~③層について, 自然含水比 w_n , 非排水せん断強さ c_u , 圧密降伏応力 p_c , 過圧密比 OCR , 強度増加率 m , 圧密係数 c_v の深度分布を平均値(c_u と p_c については深度方向に増加するため回帰直線)として表し, これとの相対的なデータのばらつきを表すため, 標準偏差 σ を単位長さとするスケールを横軸にとった頻度分布図を作成した(図-1~6).

各図中に示した変動係数COVの範囲は0.106~0.535と様々であるが, 釣鐘型の正規分布に近い分布を示すものは変動係数が小さい傾向にある.

図-1に示した w_n の分布は, 均質な①層上部ではきれいな釣鐘状の正規分布となっているが, 低塑性粘性土で砂層も挟在する②層や③層では多少歪んだ分布となっている. 設定値は平均値より $+0.24\sigma \sim -0.71\sigma$ ほど前後している. ③層の設定値は最頻値に近い値である.

図-2に示した c_u の分布は, 上述の通り①層については一軸圧縮試験, ②層と③層についてはUU試験の結果から設定した. ①層は釣鐘状の正規分布であるが, 応力履歴

や圧密による強度増加のバランスを考慮して控えめな設定となっており, 設定値(A.P.-25m)は平均値より 1.93σ ほど小さい. ②層のみを考える場

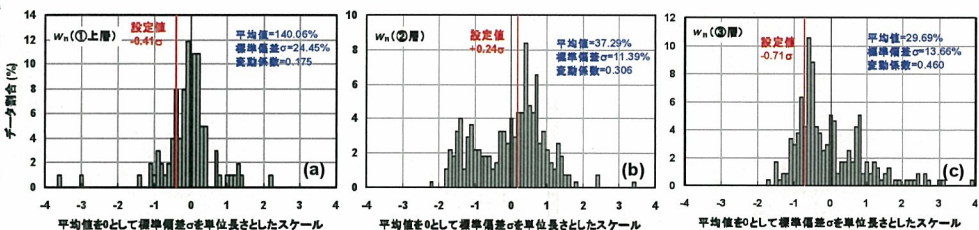


図-1 自然含水比の測定値のばらつきと設定値

Evaluation of characteristic values of soil parameters based on the data variability in the new offshore expansion project of Tokyo International Airport: Y. Watabe and M. Tanaka (Port and Airport Research Institute), T. Noguchi and K. Shimo (Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

合、A.P.-45mでは0.36σほど小さいが、A.P.-55mでは逆に0.22σほど大きくなる。これは、UU試験の結果がA.P.-50～-60mで過小になっていることの影響を受けて、②層のみを回帰直線で表された分布がA.P.-45mで過大評価、A.P.-55mで過小評価になっているためである。②層と③層について共通する一つの分布として回帰直線で表すと、分布そのものが釣鐘状の正規分布になるとともに、設定値は平均値と非常に良く一致していることが読み取れる。

図-3に示した p_c の分布は、きれいな釣鐘状をしてはいないが、データの大部分は±1.5σの範囲に入っており、設定値は平均値そのものである。

図-4に示したOCRの分布は、①層ではきれいな正規分布となっているが、設定値はこれよりも0.90σほど小さい値である。②層と③層では同一のOCRを設定したが、ほぼ平均値と一致していることがわかる。

図-5に示した強度増加率 m の分布は、①層ではきれいな正規分布となっており、最頻値と平均値が一致しているが、設定値は0.58σほど小さな値である。②層と③層では、やや歪んだ分布形状であるが、設定値は平均値よりわずかに大きな値(+0.26σ)に設定されていることがわかる。

図-6に示した c_v の分布は、対数値の頻度分布を示しているが、釣鐘状の分布に近く、対数正規分布と見なせることがわかる。データの範囲は対数での標準偏差σ'に対して±σ程度に収まっている。なお、図の平均値は相乗平均であるが、相乗平均よりも小さいので注意が必要である。

4. おわりに

本稿では、別報¹⁾と合わせD滑走路人工島建設予定地において500m間隔で実施されたボーリング調査結果をとりまとめた。延長3500mにも及ぶ測線の地層断面図を描き、地質学的・工学的な層区分を行うとともに、物理・力学試験結果として得られる各種土質パラメータの深度分布を示すとともに、工学的・経験的に設定した代表値がデータのばらつきの中で概ね適切な設定になっていたことを確認した。しかしながら、空港建設位置が事前調査位置から若干変更されており、工事開始前に追加調査を実施して上述の事前調査結果の再評価が必要である。

参考文献：1) 渡部要一、田中政典、宮田正史、遠藤敏雄、竹内泰弘：東京国際空港再拡張事業における海底地盤の調査結果、第42回地盤工学研究発表会、2007。（投稿中）

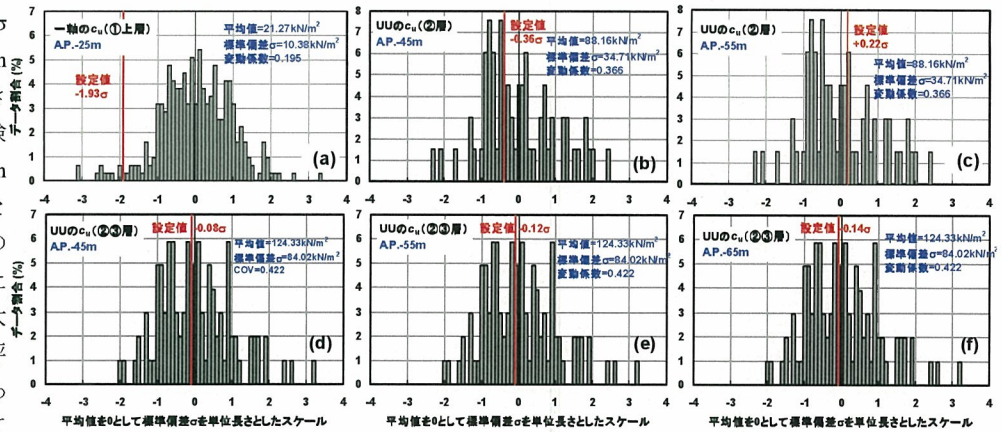


図-2 非排水せん断強さの測定値のばらつきと設定値

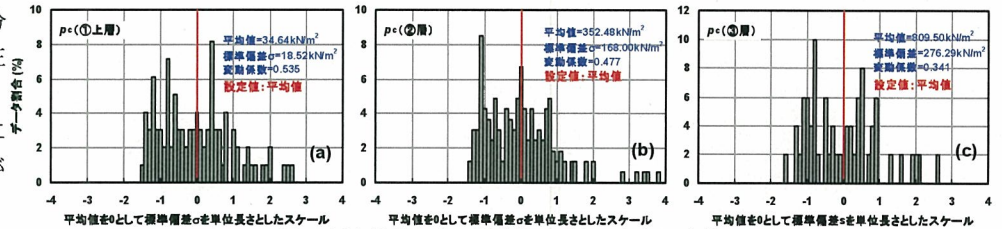


図-3 圧密降伏応力の測定値のばらつきと設定値

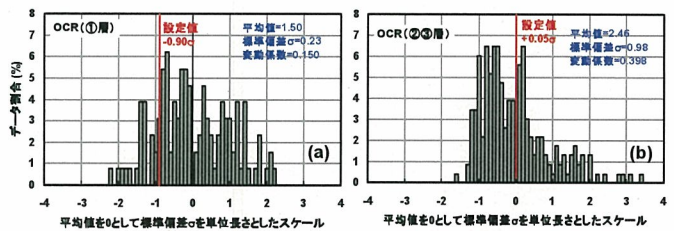


図-4 過圧密比の測定値のばらつきと設定値

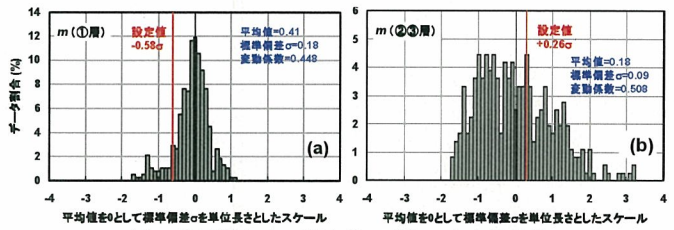


図-5 強度増加率の測定値のばらつきと設定値

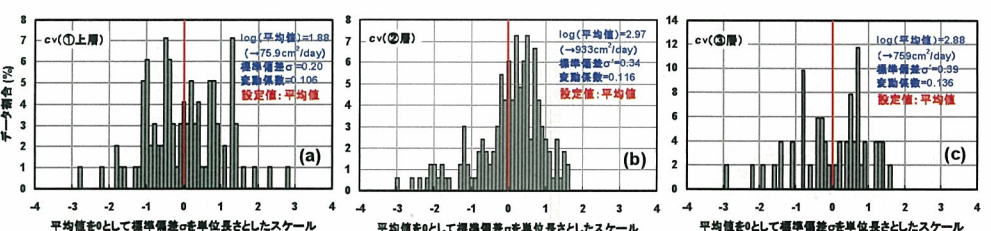


図-6 圧密係数の測定値のばらつきと設定値