

サンプリング・サウンディング試験の貫入抵抗と非排水せん断強さとの相関

大阪市立大学大学院

○学 安田賢吾 (現 鹿島建設)

大阪市立大学大学院

正 大島昭彦 学 天満脩平

基礎地盤コンサルタンツ(株)

正 中井健博

1. まえがき

不攪乱粘性土試料のサンプリングとして使われる水圧式サンプラーのシンウォールチューブは、地盤に挿入する抵抗体と見なすこともできる。そこで筆者らは、定流量ポンプを導入し、シンウォールチューブを一定速度で貫入させる際の流量速度（貫入量に換算）と反力としての水圧（貫入抵抗に相当）を測定することで、サンプリングとサウンディングを同時に行うことができる新しい地盤調査法（SPS：Sampling Sounding）を開発している^{1),2)}。

本稿では、代表的な測定結果を示し、過去の27地点におけるSPS試験から得られた貫入抵抗と採取した粘性土の室内力学試験（圧密、一軸圧縮、一面せん断試験）による非排水せん断強さとの相関を報告する。

2. SPS試験の方法

図-1にSPS試験装置の概要を示す。予めサンプラーヘッド内と取り付け治具を水で飽和し、取り付け治具に耐圧ホースを直結し、地上の定流量ポンプ（吐出量 6.3 L/min, 最大圧 7.0 MPa）から清水を送り、サンプリングチューブを地盤に静的に圧入する。圧入が終了すると、圧力水はアウターチューブ下部の解放孔より排水される構造になっており、計測した水圧から貫入抵抗を、流量速度から貫入量を求める（詳細は文献1),2)を参照されたい）。ただし、一貫入抵抗にはサンプリングチューブヘッドと固定ピストンのシル摩擦による抵抗を含むため、事前に空状態でサンプラーを圧入した時の水圧（空作動時水圧）を測定し、それを用いて計測値を補正している。

3. SPS試験の結果

図-2にSPS試験で計測した流量速度と水圧の代表例として大阪市弁天町の沖積粘土³⁾の結果を示す。流量速度 q は10秒程度で一定値となり、一定速度でサンプリングチューブを貫入させていることがわかる。また、水圧 p は基本的には単調増加するが、土質の変化により増減する場合もある。38秒程度で水圧が下がり、貫入が終了している。T-22で水圧が非常に大きいのは砂質土層に入って抵抗が大きくなったためである。

図-3にその貫入抵抗 q_p を示す。均質粘土であれば q_p の増減は小さいが、シルト分や砂分が多くなるにつれて増減が大きくなる。このように q_p は土質の変化などによって増減が激しい場合があるので、深度方向の q_p を台形積分したものを貫入量（ ≈ 0.9 m）で除して平均化した代表貫入抵抗 q_p^* を算定し、各深度の代表値とした。図-4にその q_p^* と非排水せん断強さ s_u , $q_u/2$, $p_c/3$ （後述）の深度分布を示す。 q_p^* は全体に深度方向に増加し、 s_u , $q_u/2$, $p_c/3$ の増加傾向とほぼ整合している。

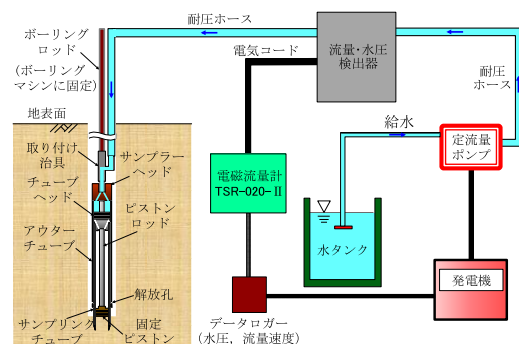


図-1 SPS試験装置の概要

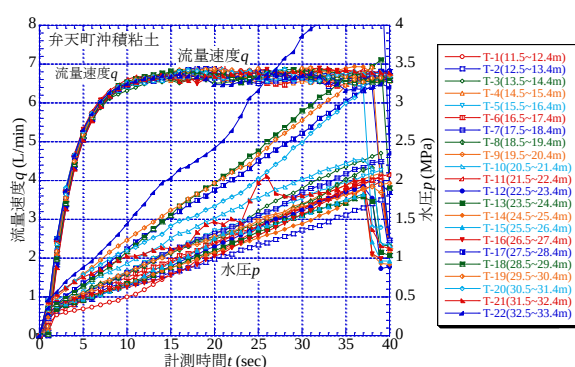


図-2 SPS試験による流量速度と水圧の測定例

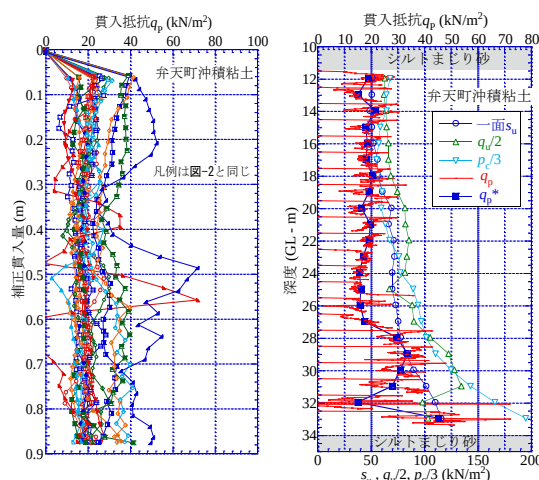


図-3 貫入抵抗の整理例

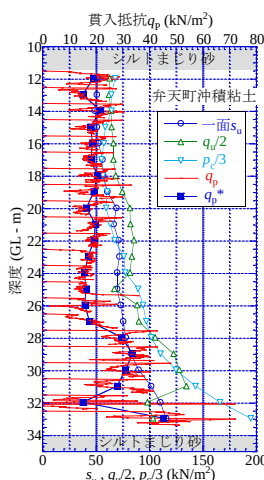


図-4 q_p^* と s_u の深度分布

Key Words: 粘性土, サンプリング, サウンディング, 貫入抵抗, 非排水せん断強さ

〒558-5855 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

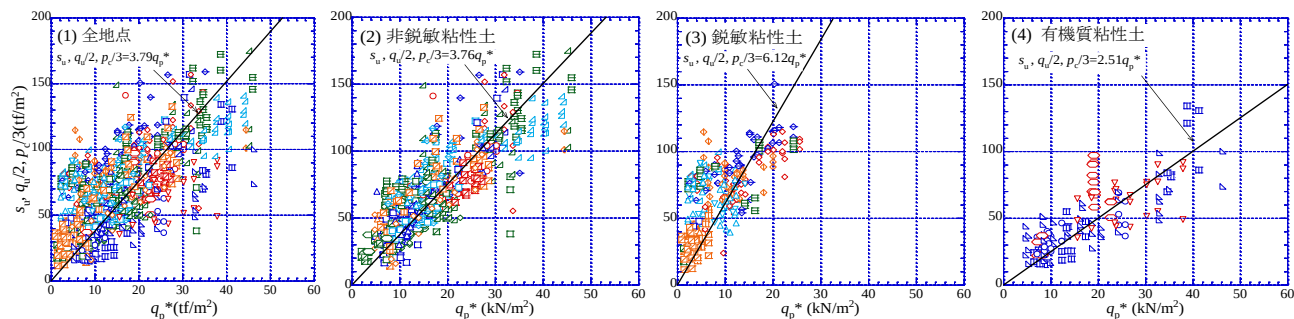


図-5 代表貫入抵抗 q_p^* と非排水せん断強さ (s_u , $q_u/2$, $p_c/3$) との関係 (図の凡例は右下)

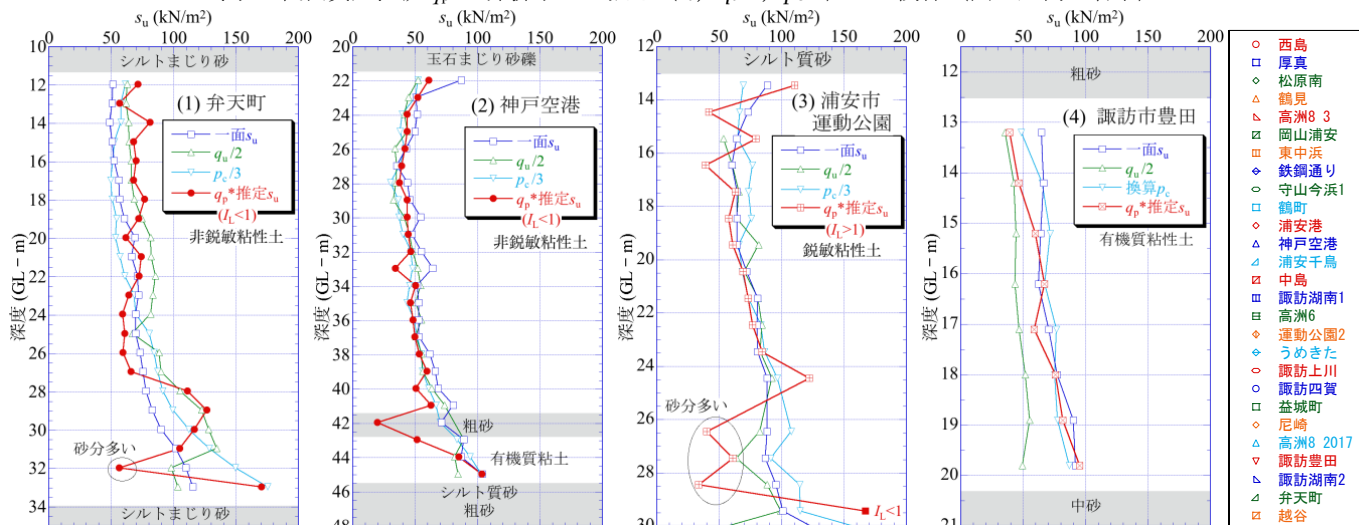


図-6 代表貫入抵抗 q_p^* から推定した s_u と実測した非排水せん断強さ (s_u , $q_u/2$, $p_c/3$) との比較

4. 代表貫入抵抗 q_p^* と非排水せん断強さ s_u との相関

図-5 に過去 27 地点での代表貫入抵抗 q_p^* と採取した粘性土の室内力学試験による非排水せん断強さとの関係を示す。非排水せん断強さは、一面定体積せん断試験による s_u 、一軸圧縮強さによる $q_u/2$ 、圧密降伏応力による $p_c/3$ (強度増加率 $s_u/p_c=1/3$ を仮定) とし、それらの値を q_p^* を求めた深度に比例配分して求めた。図(1)の全地点ではややばらつきが大きい、これは鋭敏性の高い粘性土と諏訪市の有機質粘性土のためと考えられる。鋭敏性の高い粘性土では貫入時の練返し効果によって q_p^* が過小に得られるため、粘性土の鋭敏性を液性指数 I_L で判断し、非鋭敏粘性土を $I_L < 1$ 、鋭敏粘性土を $I_L \geq 1$ として分けて示したのが、それぞれ図(2)、図(3)である。図(2)の非鋭敏粘性土ではばらつきが小さくなり、図(3)の鋭敏粘性土では q_p^* が小さくなるため、回帰式の傾きが大きくなった。また、図(4)には諏訪市 5 地点の有機質粘性土の関係を示したが、回帰式の傾きが小さくなった。したがって、次式によって代表貫入抵抗 q_p^* から粘性土の非排水せん断強さ s_u を推定することができる。

非鋭敏粘性土 : $s_u = 3.76q_p^*$ …… (1) 鋭敏粘性土 : $s_u = 6.12q_p^*$ …… (2) 有機質粘性土 : $s_u = 2.51q_p^*$ …… (3)

5. 代表貫入抵抗 q_p^* から推定した非排水せん断強さ s_u

代表例として、図-6(1)~(4)にそれぞれ大阪市弁天町、神戸空港、浦安市運動公園、諏訪市豊田の q_p^* から式(1)、(2)、(3)で推定した非排水せん断強さ s_u と室内力学試験による実測 s_u , $q_u/2$, $p_c/3$ の深度分布の比較を示す。図(1)、(2)の非鋭敏粘性土では、 q_p^* による推定 s_u は実測 s_u と比較的よく一致している。ただし、砂分が多い深度では q_p^* が過小になっているため、推定 s_u は実測 s_u と一致していない。一方、図(3)の鋭敏粘性土では、練返し効果によって q_p^* が過小に得られるが、式(2)を採用することによって推定 s_u は実測 s_u に近づく。図(4)の有機質粘性土では、 $q_u/2$ はやや小さく得られているが、式(3)を採用することによって推定 s_u は実測 s_u に近づく。

以上から、代表貫入抵抗 q_p^* によって粘性土の非排水せん断強さ s_u を推定できると考えられる。ただし、砂分やシルト分が多い場合には q_p^* 値が過小となることもあるので、その推定方法が今後の課題である。

参考文献

- 1) 大島・他：水圧式サンプラーを用いたサウンディング試験結果の整理方法，第 46 回地盤工学研究発表会，No.40，pp.87~88，2011。
- 2) 峯・他：水圧式サンプラーによるサンプリング・サウンディング試験の開発と適用性，Kansai Geo-Symposium 2014，pp.129-134，2014。
- 3) 久保田・他：大阪市港区弁天町地区での地盤調査結果 (その 1 : 調査概要とボーリング結果)，第 54 回地盤工学研究発表会 (投稿中)，2019。