

シンウォールサンプラーによる 深い深度における 粘性土の不攪乱試料 採取について

(株) 復建技術コンサルタント

○佐藤 信宏
山崎 英男
佐藤 真吾

今回、深度70m付近まで沖積粘性土が厚く堆積する地盤において、深度60m付近のN値8程度の硬さを示す粘性土まで、水圧式シンウォールサンプラーによる比較的乱されていない良質な試料のサンプリングが可能であった。ここで特徴的なことは、深度方向にN値が増加する傾向を示すのに対し、サンプリングに要する送水圧は逆に低下するという現象が確認されたことである。本論文は、第一に、①なぜ水圧式シンウォールサンプラーによりN値 ≥ 4 の粘性土のサンプリングが可能であったのか、第二に、②なぜサンプリングに要する送水圧は低下したのか、という二つの疑問に対し、種々の面から検討を試みたものである。

Key Words : Boring, Sampling, N-Value, Cohesive soil

1.はじめに

一般に、固定ピストン式シンウォールサンプラーによる粘性土の不攪乱試料採取(サンプリング)はN値0~4程度が最適であるとされている。N値 ≥ 4 の粘性土においては、デニソン型サンプラーが用いられることが多いが、刃先の長さや循環水の調節が難しいために試料を流してしまうことも少なくない。今回、深度70m付近まで沖積粘性土が厚く堆積する地盤において、深度60m付近のN値8程度の硬さを示す粘性土まで、水圧式シンウォールサンプラーによるサンプリングを実施した結果、送水量54l/minのポンプにより比較的乱されていない良質な試料を採取することができた。ここで特徴的なことは、深度方向にN値が増加する傾向を示すのに対し、サンプリングに要する送水圧は逆に低下するという現象が確認されたことである。本論文は、第一に、①なぜ水圧式シンウォールサンプラーによりN値 ≥ 4 の粘性土のサンプリングが可能であったのか、第二に、②なぜサンプリングに要する送水圧は低下したのか、という二つの疑問に対し、種々の面から検討を試みたものである。

2.使用機材及び使用資材

今回、使用した機材および資材の概要は表-1に示す通りである。

3.地形地質概要

調査地は、岩手県北部から宮城県石巻湾に流れる北上川下流部の北上川と旧北上川の分流点(登米郡豊里町鴫波地区と本吉郡柳津地区の境界部)に位置している。当該地区の地質は、約18,000年前の最終氷河期以降に始まった海水準の上昇に伴い堆積したと思われる沖積層が主であり、深いところでは基底の砂礫層まで約70mもの沖積粘性土層が厚く堆積している。今回の地質調査による、調査地における地質断面の模式図を図-1に示す。

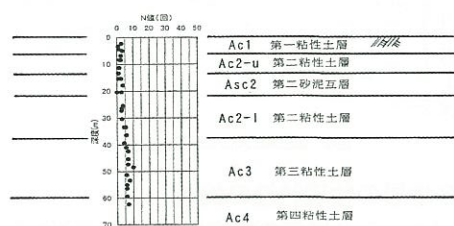


図-1 地質断面模式図

4.水圧式シンウォールサンプラーの送水圧の経緯

水圧式サンプラーの加圧用ピストンには、図-2に示すように、ポンプによる送水圧 ps に加えて、ロッド内に充填された水による静水圧 pw が作用しており、結果、 $p \cdot A = (ps + pw) \cdot A$ (A : ロッド内径断面積)の力が加圧用ピストンに載荷される。図-3は、各深度における ps および pw の深度方向の経緯を表したものである。この図より、深度約40m付近まで、 ps はN値が深度方向に大き

表-1 使用機材および使用資材一覧

名称	規格	能力	備考
試錐機	東邦 D2G-58型	200m	-
泥水ポンプ	BG-3B型	54l/min	-
エンジン	ヤンマー-NS110型	11ps	-
標準買入試験機	JIS A 1219	-	コーンブーリー
固定ピストン式シンウォールサンプラー	JGS 1221	-	水圧式
ロッド	$\phi 40.5$ mm	-	-
コアバレル	$\phi 80 \sim 30$ mm	-	-
ケーシング	$\phi 115 \sim 129$ mm	-	-

くなるにしたがって増加するのに対し、それ以深ではN値とは無関係に、減少に転じていることが分かる。また、各深度のpwを加えた $p(=ps+pw)$ について見てみると、pwはpsに比べて小さく、加圧用ピストンを押し込む役割として、ほとんど作用していないことが分かる。これより、深度40m付近以深のサンプリングは、加圧用ピストンに作用する水圧(ps)の増加を必要とせずサンプリングチューブを地盤内に挿入することが可能であったものと考えられる。一方、図-4圧縮強度 qu の深度分布図である。これより、深度40m付近を境に qu の増加割合が異なっており、40m以深では以浅に比べ小さいことが分かる(なお、試料の乱れによる qu への影響評価として、通常の破壊歪み ϵ_f および変形係数 E_{50} の検討に加えて、簡易三軸CU法による品質評価を実施した結果、比較的試料の乱れは小さいことが確認された)。サンプリングが困難になる理由としては、粘性土の硬さ、チューブ側面および内側に作用する粘着力 c 等が考えられるが、本例のように、深度約40m以深より、水圧の増分を必要とせずサンプリングが行えたのは、深度40m付近を境に qu の増加割合が低下(すなわち粘着力 $c=qu/2$ の低下)することが最も大きな原因であったと考えられる。では一体、何が qu 低下の要因となったのであろうか? 次に、この点について各層の物理特性について検討を行った。

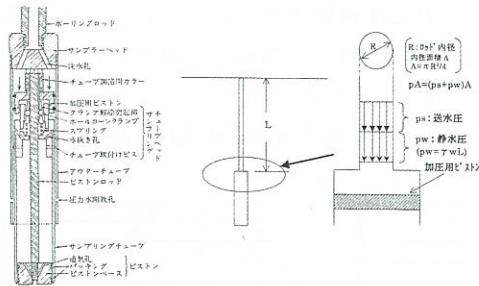


図-2 加圧用ピストンに作用する水圧

5.各地層の物理特性の検討

図-5,6は、各層毎の粒度組成・塑性指数 I_p を、深度方向に整理したものである。まず図-5の粒度組成を見ると、中間のAsc2層を除いた粘性土層Ac1~Ac4の細粒分含有率 F_c はいずれも90%以上であり、比較的均質な粘性土であることが分かる。混入する土粒子の種類に着目すると、粘土分とシルト分および砂分の混入割合には大きな違いが認められない。また、図-6に示す塑性指数 $I_p(=w_l-w_p; w_l$:液性限界、 w_p :塑性限界)の深度分布図からは、深度約40m以深より、 I_p の値はやや低下していることが分

かる。塑性指数 I_p は塑性状態を示す含水比の幅を表すものであるが、一般に I_p の値が低いほど、粘着力 c は低い。一方、表-2は各層の含水比 w ・間隙比 e ・密度 ρ_s の平均値をまとめたものである。これより含水比 w 、間隙比 e は、共に深度方向に減少する傾向があることから、深くなるにつれて粘性土の構造はやや密になるものと判断される(硬くなる傾向がある)。また、密度 ρ_s には、ほとんど変化が認められないため、粘性土を構成している鉱物に大きな相違はないものと考えられる(粘性土の種類に大きな違いはない)。

以上の検討結果をまとめると下記のようになる。

- ① サンプリングに要する水圧 $p(=ps+pw)$ は、深度40m付近まで増加するが、それ以深では減少を示す。
- ② 含水比 w 、間隙比 e から深度方向に粘性土は密となり、硬くなる傾向がある。
- ③ 一軸圧縮強度 qu の深度方向の増加割合は、深度約40mを境として低下する。
- ④ 塑性指数 I_p の深度分布は、深度40m付近より減少する。

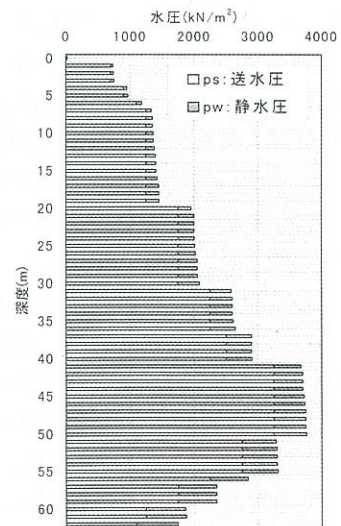


図-3 送水圧～深度関係図

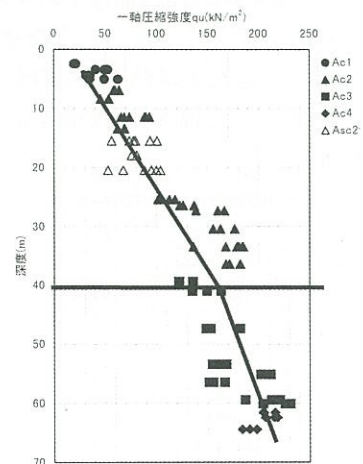


図-4 一軸圧縮強度 qu ～深度分布

6. 結論

以上より、冒頭の二つの疑問に対する原因は以下のように考えられる。

<疑問①の原因> 粘性土の細粒分の粒度組成には大きな違いが認められないものの、塑性指数 I_p の低下により、粘着力 c の増加割合が低下(q_u の増加割合が低下)、その結果、サンプリングチューブの挿入が行い易くなった。

<疑問②の原因> ロッド内の静水圧は、サンプリングチューブを地盤内に挿入する力として、殆ど作用していない。

7. おわりに

今回、サンプリングの難易度を表す一つの指標として、塑性指数 I_p が小さいことが示唆された。本調査でも深度40m以深では、ロッド・サンプリングチューブ等の洗浄時に粘性土が落ち易くなったという報告があるため、現場では洗浄時の土の落ち方等に注意してサンプリング方法を検討するのも一案と思われる。

<参考文献>

- 1) (社)地盤工学会:地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例p1998
- 2) (社)地盤工学会:地質調査法
- 3) (社)地盤工学会:N値と $C \cdot \phi$ の活用法1998
- 4) 運輸省港湾技術研究所:一軸圧縮試験と三軸圧縮試験を併用した新しい粘性土地盤の強度決定法1990

表-2 各深度における含水比 w 、間隙比 e 、密度 ρ_s 一覧表

	含水比 w			間隙比 e			密度 ρ_s		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
Ac1	64.17	49.53	56.15	1.61	1.43	1.50	2.66	2.55	2.62
Ac2-u	76.69	42.92	58.88	2.02	1.18	1.58	2.66	2.60	2.62
Asc2	72.83	52.62	59.10	1.83	1.39	1.54	2.62	2.60	2.61
Ac2-l	54.69	41.37	47.84	1.42	1.14	1.28	2.65	2.59	2.62
Ac3	59.00	38.08	45.70	1.50	1.01	1.21	2.67	2.53	2.63
Ac4	52.95	48.73	50.93	1.39	1.36	1.37	2.64	2.63	2.64

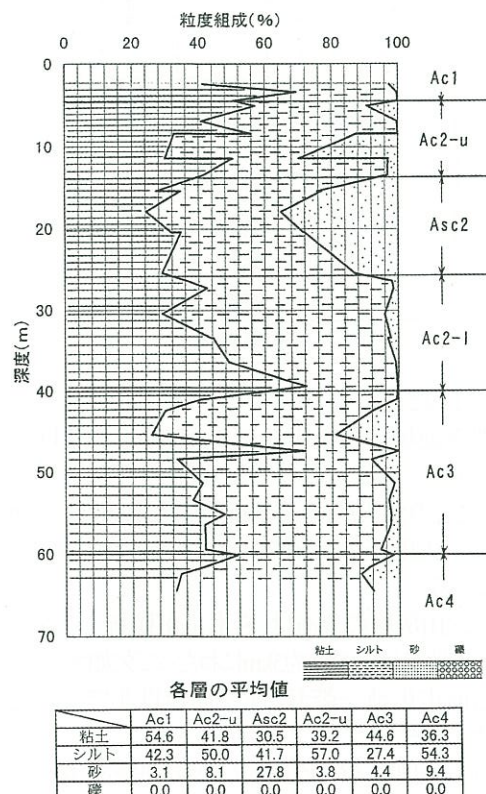


図-5 粒度分布図

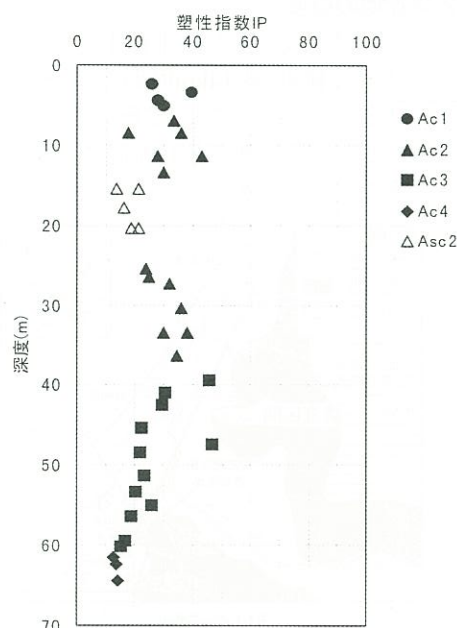


図-6 塑性指数 I_p 深度分布図