

全自動ボーリングマシンの開発

ワイヤーライン用固定ピストンサンプラーの開発

(株)クリステンセン・マイカイ ○宮本哲臣 松熊晋也 三枝佳美
 (株)ワイビーエム 奈須徹夫 矢羽田祥貴 坂本土光
 川崎地質(株) 星野一永 原田克之 鶴飼康彦

1. はじめに

地質調査業界では、熟練オペレータの退職増加と新規入職者の減少が進んでおり、ボーリング技術伝承の問題と将来のオペレータ不足が危惧されている。これらの問題解決のため全自動ボーリングマシンに用いる軟弱地盤削孔用ワイヤーラインツールの開発を行ってきた¹⁾。

全自動ボーリングマシンを普及させていくためには固定ピストンサンプラーが必要であるとの意見があり、ワイヤーラインで用いる固定ピストンサンプラーを開発した。本報告では、現地盤での動作状況と、採取した粘性土について行った室内試験の結果について報告する。

2. ワイヤーライン用固定ピストンサンプラー

全自動ボーリングマシンの開発においては、ボーリング削孔技術のうち、主に泥水管理を機械的に補完することを目的としてワイヤーライン工法を採用した。したがって、今回、開発した固定ピストンサンプラーもワイヤーライン工法で用いる形式をとった。図-1にワイヤーライン用固定ピストンサンプラーの概要図を示す。

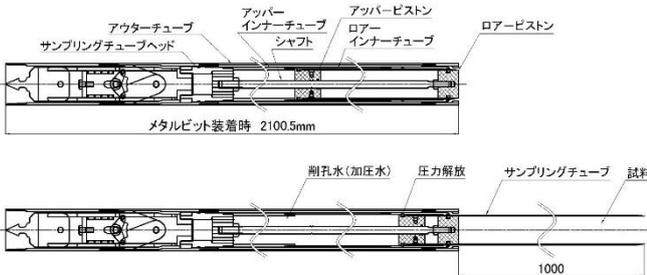


図-1 ワイヤーライン用固定ピストンサンプラーの概要図

ワイヤーライン工法を用いたサンプリングでは、削孔時のコアバレル外管およびワイヤーラインロッドは孔内に残置して、コアバレル内管（サンプラー）のみを交換する。今回、開発した固定ピストンサンプラーもワイヤーラインロッド内に自由落下して先端に装着する方式をとった。したがって、サンプラーの固定方法は従来のコアバレル内管と同じラッチ機構を採用した。

サンプリングチューブの押し出しは削孔用ポンプを利用した水圧式サンプラーとして開発した。ポンプから圧送された削孔水が、サンプリングチューブヘッド部から侵入してアッパーピストンが押し下げられ、アッパーピストンにネジ固定されたサンプリングチューブが地盤に押し込まれる構造となっている。本サンプラーは、アウターチューブを含む三重管構造となるため、最も内側に

あるサンプリングチューブは外径63.5mm、内径59.5mmとなった。

全自動ボーリングマシンでは、自動化のため1mごとに削孔する形式をとってきた。したがって、サンプリングにおいてもサンプリング長を1mとするため、サンプリングチューブは、長さ1,114mm、採取長1,000mmとした。サンプリングチューブの諸元を表-1に示す。

表-1 サンプリングチューブの諸元

項目	開発したサンプラー	JIS A 1232 :2023 ²⁾
内径 mm	59.5	47.5~75.5
肉厚 mm	2.0	1.5~2.0
刃先肉厚 mm	0.2	0.2±0.05
刃先角度 °	6	6±1
長さ mm	1,114	600~1,000

3. サンプリング試験

今回開発したワイヤーライン用固定ピストンサンプラーの動作確認を行うため、佐賀県唐津市原の造成地にあるワイビーエム社有地でサンプリング試験を実施した。

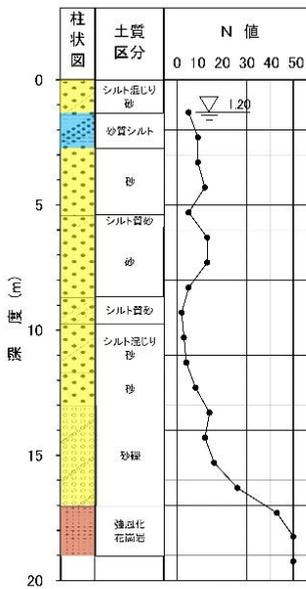


図-2に事前のボーリング結果、図-3にサンプリング試験位置を示す。当該地盤は、一級河川松浦川の氾濫原に位置し、均質なゆるい砂質土が厚く分布している。

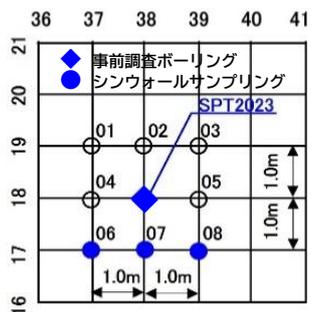


図-2 事前のボーリング結果 図-3 サンプリング試験位置

サンプリング深度については、事前のボーリング結果から記事およびN値を参考に盛土直下のGL-1.6m~2.6mの砂質シルトおよびGL-9.0m~10.0mのシルト質砂を採取することにした。また、No. 8では、GL-8.0m~9.0mの砂およびシルト質砂についても追加した。

ワイヤーライン用固定ピストンサンプラーによるサンプリング手順を図-4に示す。採取深度までノンコアツー

ルスによる①削孔完了後、スイベルを切断し、ウインチを用いて②インナー引上げを行う。その後、今回開発した③サンプラーを投入し、④スイベルを接続する。削孔用ポンプを用いて送水・加圧することでサンプリングチューブを地盤に貫入させ、⑤試料を採取する。サンプリングチューブ伸長を確認した後、⑥スイベルを切断し、ウインチで⑦サンプラーを引上げる。全自動ボーリングマシンは、ロータリー式のコア採取を目的として開発したことから、コア採取時の最適仕様でシステムおよび管路の設定を行っていたため、送水圧のリミットは、ロータリー式のコア採取と同じ0.6MPaで計画した。また、送水量は10L/minを目安とした。

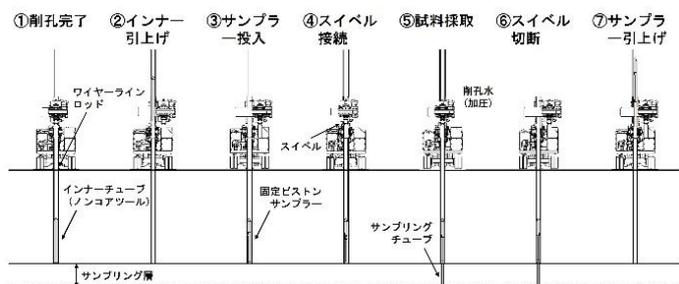


図-4 ワイヤライン用固定ピストンサンプラーによるサンプリング手順

No. 6、No. 7とサンプリングを行ったが、いずれもサンプリング後の加圧水の排出が確認できず、送水圧が0.6MPaに達したため、サンプリングチューブの伸長が不十分のままサンプリングを中断して、サンプラーを引き上げた。サンプリングチューブ伸長不十分の原因が、加圧水圧不足によるものか、砂質土の粒度組成等によるものか判別できなかった。したがって、加圧水のリミットを上げて確認することにし、No. 8のGL-8.0~9.0mおよびGL-9.0~10.0mについては、プログラム設定の変更および管路部材の一部を取り替えて、リミットを1.2MPaとしてサンプリングを行った。

また、土質区分を明確にするため、採取した試料に対して粒度試験を実施した。

4. 採取試料の室内試験結果

表-2にサンプリング加圧水圧と採取長を列記した。粒度試験からは、今回の採取試料は、一部を除けば、分類上は砂質細粒土 (FS) と細粒分質砂 (SF) に区分されるものの、概ね、砂分が40~50%付近に集中しており、類似した材料であると判断できる。追加したNo. 8のGL-8.0~9.0mは10%以上の礫分が含まれる礫まじり細粒分質砂 (SF-G) に区分された。

加圧水圧を1.2MPaにした2ケースについて、貫入・採取長は礫分が多いGL-8.0~9.0mの100cmに対して礫分が少ないGL-9.0~10.0では66cmであり、粒度分布による貫入能力には明確な差異は見られなかった。今後、固定ピストンサンプラーに適した地盤で採取試験を行い、適正な加圧水圧を求める必要がある。

表-2 サンプリング加圧水圧と採取長

孔No.	採取深度 (m) 上 ~ 下	地盤材料		ふるい分け試験 (%)			加圧水圧 (MPa)	採取長 (cm)
		分類名	記号	礫分	砂分	細粒分		
6	1.60 ~ 2.60	砂質細粒土	FS	0.3	35.8	63.9	0.6	53
6	9.00 ~ 10.00	砂質細粒土	FS	4.2	45.0	50.8	0.6	65
7	1.60 ~ 2.60	砂質細粒土	FS	3.1	44.7	52.2	0.6	62
7	9.00 ~ 10.00	細粒分質砂	SF	4.9	47.3	47.8	0.6	48
8	1.60 ~ 2.60	細粒分質砂	SF	1.0	80.2	18.8	0.6	51
8	8.00 ~ 9.00	礫まじり細粒分質砂	SF-G	10.5	68.6	20.9	1.2	100
8	9.00 ~ 10.00	細粒分質砂	SF	4.2	51.9	43.9	1.2	66

図-5に採取深度ごとの一軸圧縮試験結果を示す。サンプリングチューブの内径59.5mmに対して、供試体の直径は50mm、高さは100mmとした。

盛土直下のGL-1.6~2.6mでは、1試料をのぞき、一軸圧縮強さは、 $q_u=55\sim 65\text{kN/m}^2$ 、破壊ひずみは、6%程度であるが、明確なピークが見られない点では統一感がある。

下部のGL-9.0~10.0mについては、一軸圧縮強さは平均 $q_u=47.42\text{kN/m}^2$ 、破壊ひずみは平均 $\epsilon=2.72\%$ でいずれの供試体もピークは明確であった。地層ごとには、概ね傾向が一致しており、試料採取による乱れの影響は明確には散見できなかった。

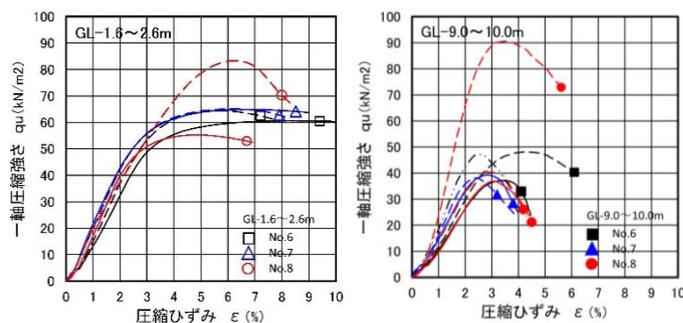


図-5 採取深度ごとの一軸圧縮試験結果

5. まとめ

ワイヤライン用固定ピストンサンプラーを開発して下記の知見を得た。

- ①サンプラーの採取深度への設置が自由落下による装着およびウインチによる引き上げとなったことで、従来のロッドを使った方法に比べ、作業負荷が削減された。
- ②サンプリングチューブの伸長については、今回試験を実施した地盤に対して加圧水圧が不十分であった。今後、固定ピストンサンプラーに適した地盤で採取試験を行い、適正な加圧水圧を求める必要がある。
- ③一軸圧縮試験を行った結果、試料採取による乱れの影響は明確には散見できなかった。

《引用・参考文献》

- 1) 奈須徹夫・他:全自動ボーリングマシンの開発 -ワイヤラインを用いた軟弱地盤の削孔について- , 全地連「技術フォーラム2020」Web, 2020.9
- 2) 日本産業標準調査会審議:固定ピストンサンプラーによる土試料の採取方法 JIS A 1232,2023.3