

全自動ボーリングマシンの開発

ワイヤーライン用ノンコア削孔ツールズによる削孔試験について

(株)ワイビーエム ○矢羽田 祥貴 (株)アサノ大成基礎エンジニアリング 立石 亮
 応用地質(株)河内 誠 川崎地質(株)近藤 勉 基礎地盤コンサルタンツ(株)武政 学
 (株)クリステンセン・マイカイ 宮本哲臣 (株)ダイヤコンサルタント 谷 和繁 中央開発(株)福原 誠

1. はじめに

地盤調査業界における、熟練オペレーターの退職と担い手の入職者減少による技術の伝承とオペレーター不足が危惧される¹⁾中、その対策として、全自動ボーリングマシンおよびそれに使用するワイヤーラインツールズの開発を進めてきた²⁾。ワイヤーラインはコア削孔専用ツールズであるが、地質調査では、孔内試験等ではノンコアボーリングも必要となる。そこで、本報では、新たに開発したノンコア削孔用ツールズ³⁾について、削孔仕様を求めめるために行った削孔試験の結果について報告する。

2. 全自動ボーリングマシンとノンコア削孔ツールズ

今回開発したノンコア削孔ツールズは、全自動ボーリングマシンで採用しているワイヤーライン方式の特徴を利用して、地上からコアバーレル先端にツールズを投入するだけで、コアボーリングからノンコアボーリングに容易に変更できるよう計画した。図-1に全自動ボーリングマシンを図-2にノンコア削孔ツールズを示す。

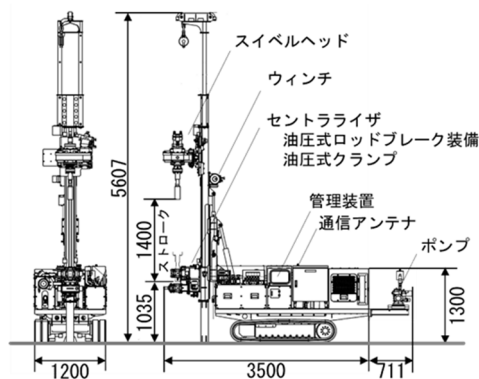


図-1 全自動ボーリングマシン

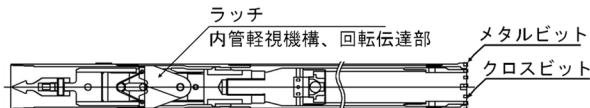


図-2 ノンコア削孔ツールズ

3. 削孔試験方法

削孔試験は佐賀県唐津市原の造成地にあるワイビーエム所有地で実施した。当該地盤は一級河川松浦川の氾濫原にあり、緩い砂地盤が分布しており、削孔試験の対象層は造成埋土以深のGL-2m～GL-5mの3mの区間とした。図-3に試験場所、図-4に事前のボーリング結果を示す。

図-5に試験削孔手順を示す。地表からGL-2mまでは、従来のメタルビットを装着したワイヤーラインツールズ

によるコア削孔を行った。ここに、削孔仕様は削孔速度15min/m、回転数45rpm、流量20L/minとした。

コア削孔後、ノンコア削孔ツールズをコアバーレル先端に自由落下させてセットし、GL-2mからGL-5mまでを所定の削孔条件でノンコア削孔する(試験ケースA)。

ノンコア削孔後、先端ビット交換を想定し、コアバーレル引上げ、ダイヤモンドビットへ交換、ノンコア削孔ツールズを装着したコアバーレルにて、所定条件でGL-5mまでボーリング孔に再挿入した(試験ケースB)。

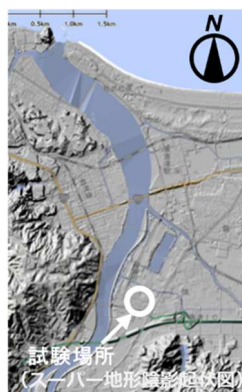


図-3 試験場所⁴⁾

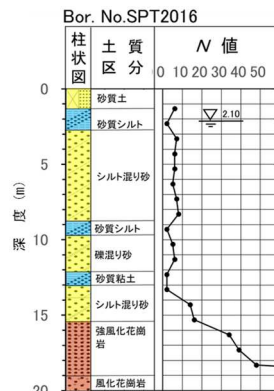


図-4 事前のボーリング結果

①ガイドパイプ ②コア削孔 ③ノンコア削孔 ④ツールズ ⑤ノンコア削孔
 建込み (メタルビット) 引抜き (ダイヤモンドビット)

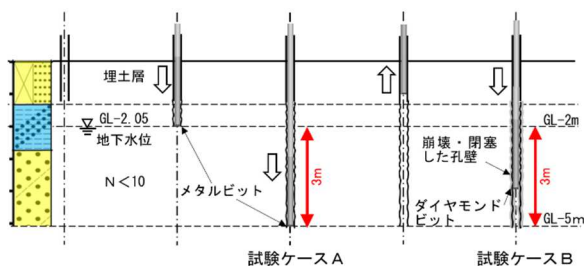


図-5 削孔試験手順

4. 削孔試験結果

削孔試験の位置を図-6に示す。ここに、メタルビットで行う試験ケースAについてはケースNo.にM、ダイヤモンドビットで行う試験ケースBについてはケースNo.のDをつけることで区分した。

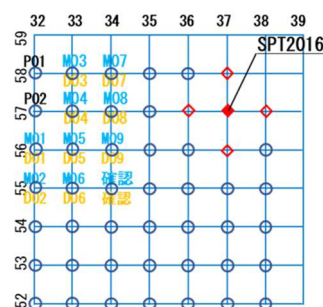


図-6 削孔試験位置

試験ケースAでは、ノンコア削孔の最適値を確認するため、ロータリー式ボーリングにおける削孔の三要素(回転数、給進力、送水量)の組合せを変えて削孔試験を実施した。計測データ(削孔深度・回転数・回転トルク・貫入速度・給圧力・送水量・送水圧)のうち、回転トルクに着目して、品質工学手法を用いてSN比で比較評価した。表-1に試験ケースとSN比を示す。また、各SN比(M01~M09)の要因効果について解析を行ったSN比と水準の関係を図-7に示す。最適条件はSN比が大きい水準を選定し、削孔速度15min/m、回転数60rpm、送水量30L/minであると推定した。その後、確認試験M10により最適条件のSN比が23.00dbであることから、推定が正しく、再現できていることを確認した。

次に、試験ケースBでは、再挿入時のダイヤモンドビットにおける削孔仕様の最適値を確認するために、ノンコア削孔時と同様の評価方法で評価を行った。表-2に試験ケースとSN比の結果を示す。また、各SN比(D01~D09)の要因効果について解析を行ったSN比と水準の関係を図-8に示す。最適条件はSN比が大きい水準を選定し、削孔速度3min/m、回転数60rpm、送水量30L/minであると推定した。その後、確認試験D10を行い、最適条件のSN比は22.82dbと高い優位性を確認することができた。

表-1 試験ケースA削孔試験の結果

ケース	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10 確認
削孔速度(min/m)	5	5	5	10	10	10	15	15	15	15
回転数(rpm)	30	45	60	45	60	30	60	30	45	60
送水量(L/min)	10	20	30	30	10	20	30	30	10	30
SN比(db)	8.65	9.47	22.20	19.25	16.27	14.61	17.34	21.61	20.01	23.00

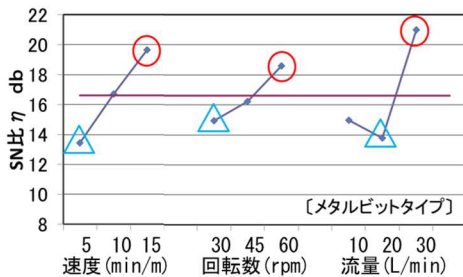


図-7 試験ケース A SN比と水準の関係(要因効果図)

表-2 試験ケースB削孔試験の結果

ケース	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10 確認
削孔速度(min/m)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	3
回転数(rpm)	30	45	60	45	60	30	60	30	45	60
送水量(L/min)	10	20	30	30	10	20	30	30	10	30
SN比(db)	3.79	14.41	18.04	20.02	26.60	6.12	10.76	13.93	8.96	22.82

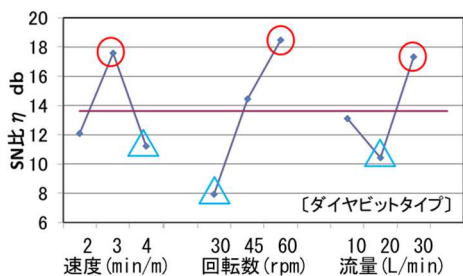


図-8 試験ケース B SN比と水準の関係(要因効果図)

参考として図-9に試験ケースA, Bの最適条件と比較としてSN比の第5位と第9位の試験ケースの深度と回転トルクの関係を示す。図-9から、最適値はいずれのケースもトルクが低くばらつきが小さいことが確認できた。

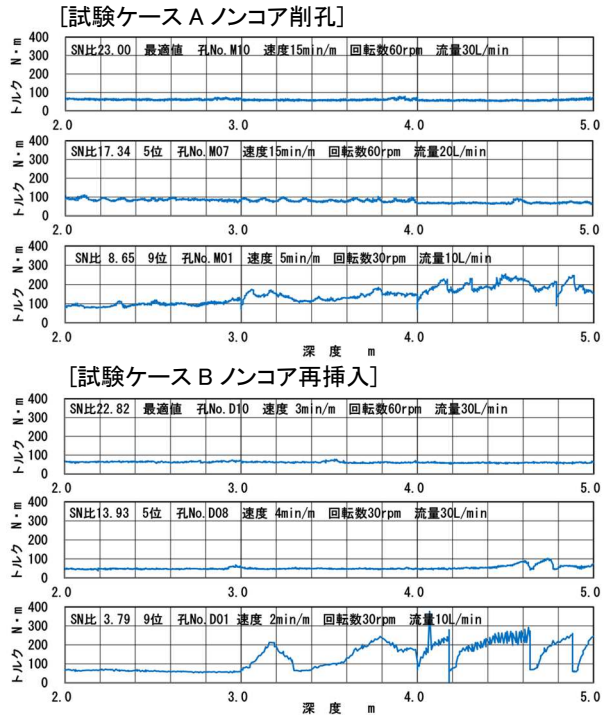


図-9 深度と回転トルクの関係

5. まとめ

ワイヤーライン方式にて地質調査を行う場合のノンコア削孔用ツールを開発し、ノンコアボーリングの削孔仕様を確認するために削孔試験を行った。削孔試験の結果、下記の仕様が確認できた。

①ノンコア削孔仕様

(メタルビット+クロスビット)

削孔速度15min/m、回転数60rpm、送水量30L/min

②ノンコア再挿入仕様

(ダイヤモンドビット+クロスビット)

削孔速度3min/m、回転数60rpm、送水量30L/min

軟弱層でのノンコア削孔では、送水量を30L/minに設定するため、削孔水で孔底を乱す可能性がある。そのためノンコア削孔での削孔終了時は流量を徐々に下げるなどの対処を検討し、システム化していく必要がある。

《引用・参考文献》

- 1) 岩崎公俊：技術伝承に関わる全地連の取り組み、地盤工学会誌,65-3,2017.5
- 2) 奈須徹夫・他：全自動ボーリングマシンの開発 — ワイヤーラインを用いた軟弱地盤の削孔について その2—, 全地連「技術フォーラム2021」大阪, 2021.9
- 3) 宮本哲臣・他：全自動ボーリングマシンの開発 — ワイヤーライン用ノンコア削孔ツールの開発について —, 全地連「技術フォーラム 2022」那覇, 2022.11
- 4) スーパー地形陰影起伏図