

# 全自動ボーリングマシンの開発

## — 自動打撃計測装置を用いた標準貫入試験の実証実験について —

(株)ワイビーエム

○津留崎一洋 奈須徹夫 矢羽田祥貴

川崎地質(株)

星野一永 原田克之 鶴飼康彦

(株)クリステンセン・マイカイ

宮本哲臣 松熊晋也 三枝佳美

### 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<sup>1)</sup>。これらの問題解決を目標として全自動ボーリングマシンの開発を行ってきた。全自動ボーリングマシンの普及に際して、標準貫入試験についても自動化が必要であるとの要望を受けて開発した自動打撃計測装置について実地盤で行った実証試験結果を報告する。

### 2. 全自動ボーリングマシンによる標準貫入試験方法について

図-1に自動記録装置を備えた従来型ボーリングマシンを図-2に自動打撃計測装置を搭載した全自動ボーリングマシンを示す。従来型ボーリングマシンでは、所定深度まで削孔後、地山が露出した調査孔にSPTサンプラーを挿入して、プーリーを利用してハンマー打撃を行っている。今回開発した全自動ボーリングマシンは、ワイヤーライン方式としたため、孔底はロッドで保護され、スライムの沈下堆積は抑制されており、試験孔底の状況は従来型の場合とは異なる。

ウインチを用いて④インナーチューブを引き上げる。ウインチを用いてロッド内に削孔深度まで⑤SPT サンプラーを挿入し、地上部のチャックピースでロッドを保持する。ロッドに貫入量計測器具を取り付けた後、チャックピースを開放し、⑥ロッド自沈量を計測する。チャックピースでロッドを拘束し、アンビルとロッドを接続後、チャックピースを開放し、⑦ハンマー自沈量を計測する。⑧軽打撃による予備打ちでSPT ロッドを貫入する。ハンマーの落下高さは、1打目は50mmとし、2打目以降のハンマー落下高さはロッド沈下量と残りの貫入量から自動計算される。削孔完了深度から150mmに達したら、ハンマー落下高さを760mmとして100mmごと3層の⑨打撃貫入を行い、打撃回数と1打ごとのロッド沈下量を計測しN値を求める。打撃貫入終了後、⑩SPT サンプラーを引き抜き回収する。ここに、SPT サンプラーの外形51mmに対しビット内径は71mmとし、ビットによるSPTサンプラーへの干渉低減を図った。

上記に使用したSPT ツール、ロッドおよび試験手順はJIS A 1219:2023<sup>3)</sup>に準じており、打撃システムでは一部手作業も含むことになった。

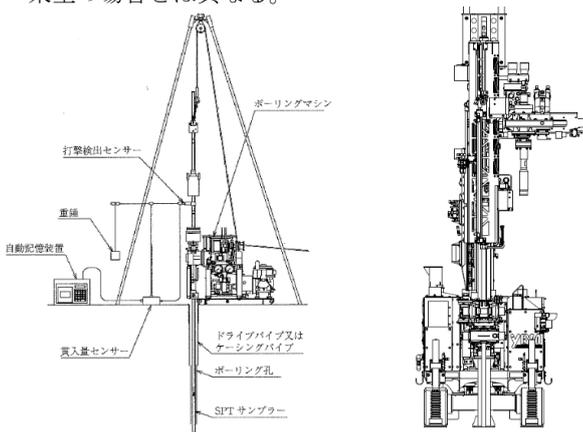


図-1 自動記録装置を備えた従来型ボーリングマシン<sup>2)</sup>

図-2 自動打撃計測装置を搭載した全自動ボーリングマシン

図-3に自動打撃計測装置を搭載した全自動ボーリングマシンによる標準貫入試験手順を示した。

ワイヤーライン方式を採用した全自動ボーリングマシンでは、インナーチューブを装着して所定深度まで①削孔する。その後、②コア切りによりロッドを50mm上昇させ、削孔水圧送により、③孔底洗浄を行うとともに、孔内のスライム等を排出する。その後、ポンプを停止し、

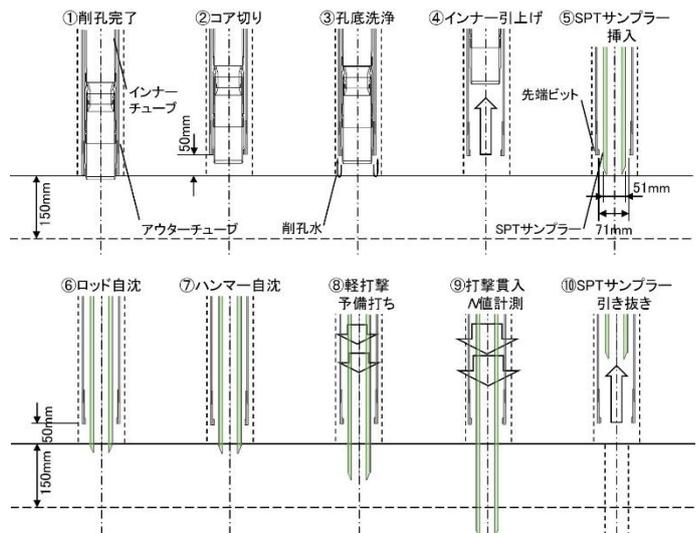


図-3 自動打撃計測装置を搭載した全自動ボーリングマシンによる標準貫入試験手順

### 3. 現場試験

実証試験は、佐賀県唐津市原の造成地にあるワイビーエム社有地で実施した。当該地盤は一級河川松浦川の氾濫原にあり、均質な砂地盤が厚く分布し、GL-15m付近で強風化花崗岩層に至る。図-4に調査位置図を示す。



図-4 調査位置図<sup>4)</sup>

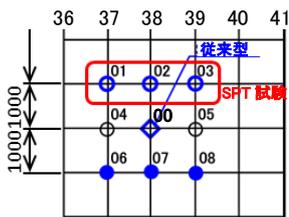


図-5 試験位置図

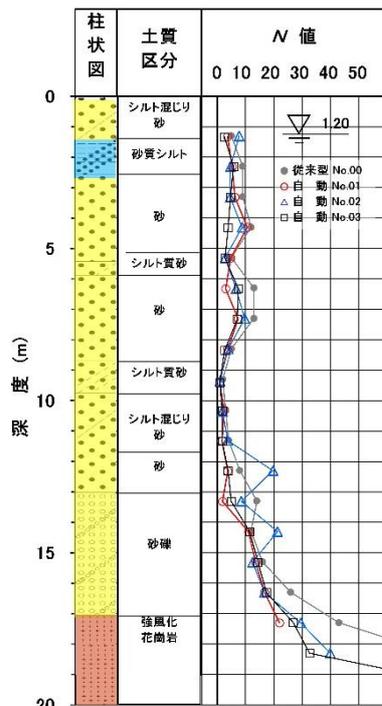


図-6 N値の比較

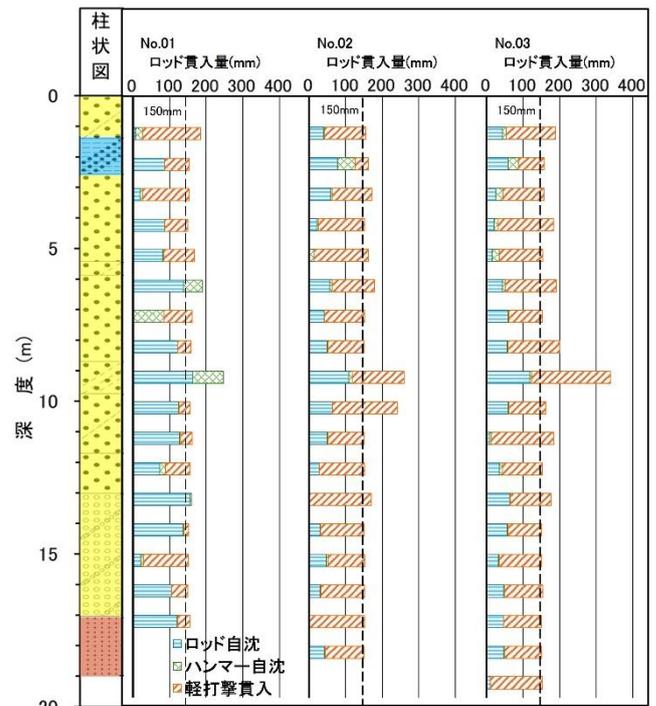


図-8 予備打ちにおけるロッド貫入量

実証実験では、比較参考のため従来型ボーリングマシンによる標準貫入試験 1 孔 (No. 00) と今回開発した自動打撃装置で 3 孔 (No. 01~03) を実施した。試験位置図を図-5 に示す。

図-6 に  $N$  値の比較を示す。深度方向の  $N$  値の分布傾向は全てのケースで類似している。ただし、全自動型の  $N$  値に比べ、従来型の  $N$  値は高く、この傾向は GL-2m 付近から全層にかけて見られる。

図-7 に従来型と全自動型の  $N$  値の比較を示した。従来型の  $N$  値に比べ、全自動型の  $N$  値は低い傾向があり、直線近似では、 $y = 0.6571x$  の関係が得られた。打撃回数に依存することから、従来型では SPT サンプラー先端で何らかの抵抗増加が発生している可能性が考えられる。

全自動型で計測したロッド自沈、ハンマー自沈、軽打撃といった予備打ちにおけるロッド貫入量を図-8 に示した。目標貫入量 150mm に対して、平均貫入量は、工程ごとにロッド自沈 58mm、ハンマー自沈 9mm、軽打撃 101mm、予備打ち貫入量 168mm となった。GL-9m のシルト質砂層ではロッド自沈量が大きく、土質の影響が反映されるものと考えられる。

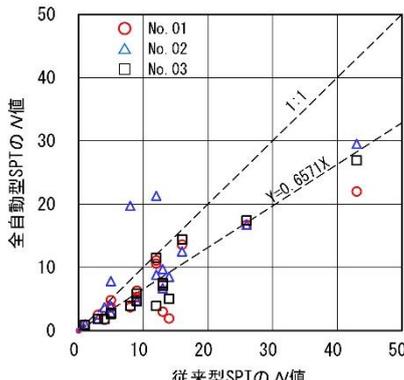


図-7 従来型と全自動型の  $N$  値の比較

GL-9m では、No. 01 ではハンマー自沈時に 150mm を超過したため軽打撃は行っていないが、軽打撃を行った No. 02、No. 03 では予備打ち貫入長がそれぞれ、260mm (No. 02)、339mm (No. 03) と目標の 150mm を大きく超過した。ハンマー自沈までの貫入量がそれぞれ 118mm (No. 02)、124mm (No. 03) と目標の 150mm に近いにも関わらず、1 打目の軽打撃の落下高さを 50mm と固定していたことによる。ハンマー自沈までの貫入量によって 1 打目の軽打撃の落下高さを調整するプログラムが必要である。

#### 4. まとめ

「標準貫入試験方法」(JIS A 1219:2023) に準拠した自動打撃計測装置を開発し、標準貫入試験を実施した。本装置では、ワイヤーライン工法を用いているため、 $N$  値に影響を与えるスライム等の孔底への沈下堆積は抑制され、洗浄によって孔底を清浄に保つことが可能である。現時点では限られたフィールドでの知見であるため、今後は多くのフィールドで実績を重ねて、様々な地盤で対応可能にすべく細部の見直しを引き続き行っていく。

#### 《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. 3
- 2) 地盤調査の方法と解説 (2013)：公益社団法人地盤工学会、pp. 296
- 3) 日本産業標準調査会審議：標準貫入試験方法 JIS A 1219：2023、2023. 5
- 4) 杉本智彦：陰影起伏図、スーパー地形 (最終閲覧日 2024 年 5 月 29 日)