

未固結地盤を対象とした鉛直ボーリングの孔曲がり測定例

株式会社レアックス ○山崎 英史, 向井 和行

1. はじめに

ボーリング孔の孔曲がり測定は、地震計などの鉛直性の精度が必要な計測機器を設置する場合や、既設トンネルなどの地下構造物近傍を通過する場合に掘進方向の管理目的などで実施されることが多い。しかし、一般的な地質調査で孔曲がり測定が行われることは稀であり、その程度は不明なことがほとんどである。そこで、未固結地盤を対象とした最大深度 65m の鉛直ボーリングで行った孔曲がり測定結果から、孔曲がりの程度とその要因について考察した。

2. 調査地概要

調査地は周辺を鮮新世の火山岩や火砕岩で構成される山地と内湾に囲まれた低平地に位置する。

調査地の地質構成（図-1、表-1）は新第三紀鮮新世の火山岩類（PG）や第四紀更新世前期の堆積岩類（PL）を基盤岩とする。その上位は、起点側では砂質土を主体とし、終点側にかけて礫質土の分布が優勢になる更新統（DL）が分布する。更新統を覆う完新世の堆積物（AL）は、砂質土が主体で、終点側にかけて次第に分布は薄くなる。完新統の最上部は、泥炭（p）が分布し、終点側は玉石主体の礫（g）や盛土（b）が分布する。

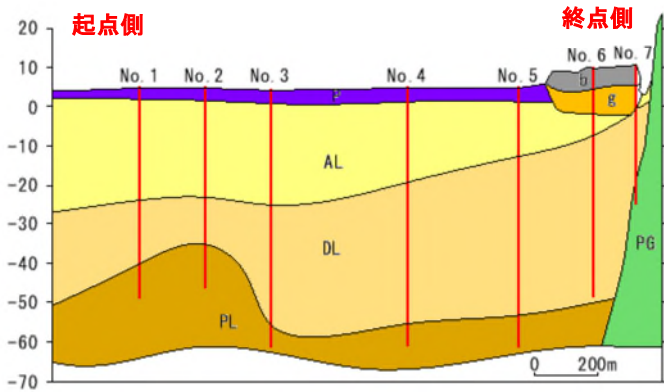


図-1 地質断面図

表-1 地質断面図凡例

地質時代		記号	地質	土相・岩相
第四紀	完新世	b	盛土	粘性土/砂質土
		g	礫	玉石
		p	泥炭	泥炭
		AL	その他完新統	砂・粘土・礫
	更新世	DL	更新統	砂・粘土・礫・亜炭
	PL	堆積岩	砂岩・礫岩（半固結）	
新第三紀	鮮新世	PG	火山岩類	安山岩溶岩 火山砕屑岩

3. 使用機材

孔曲がり測定は、3 軸地磁気式であるマウントソプリス社製の孔曲がり測定器を用いた。測定器の詳細を表-2 に示す。

表-2 使用機材諸元

形式/メーカー	QL40-DEV Mount Sopris Instruments (MSI 社 / アメリカ)
搭載センサ	3 軸地磁気センサ/3 軸加速度計
傾斜角精度	0.5°
方位精度	1.2°
位置精度 (誤差/走行距離)	1/100~1/200
プローブ寸法等	プローブ:直径 40 mm, 長さ 715 mm, 重量 34 kg
適用孔	傾斜:原理上制限なし 材質:非磁性体であること
耐水圧・温度	耐水圧 2000m 相当/0~70°C

4. 測定条件

使用機材は原理上、ケーシング内は測定不能のため、測定はケーシング先端直下から孔底までの孔径 66mm の裸孔区間とした。また、プローブとボーリング孔を密着させるためのセントライザーの装着はジャミング（孔内抑留）リスクを増大させることが予想されたため、不使用とした。

5. 測定結果

表-3、図-2 に孔曲がり測定結果を示す。

図-2 の上段は孔曲がりの方向と中心からの離れを平面で表現したもので、ボーリング孔の軌跡を上から見たイメージである。また、下段の図中の赤線はケーシング挿入深度を示している。

最も孔曲がりが小さかったのは No. 2 孔で、計測区間長 41.93m に対し最大離隔長が 23cm、1m 当りでは 6.6mm となる。それに続くのは No. 1 孔で最大離隔長が 27cm、1m 当りでは 6.7mm であった。一方、最も孔曲がりの大きかったのは No. 5 孔で、計測区間長 47.43m に対し最大離隔長が 4.17m、1m 当りでは 87.9mm となる。次に大きかったのは No. 6 孔で最大離隔長が 3.00m、1m 当りでは 81.2mm であった。

また、ケーシング直下の傾斜データを見ると、孔曲がりが小さい No. 1~No. 3 孔は 0.5° 以下、孔曲がりが大きい No. 5 孔は 2.4°、No. 6 孔で 2°、No. 7 孔で 1.1° で、既に傾いている結果が得られた。

6. 孔曲がりの要因

孔曲がりの要因として、地質的要因（素因）と人為的要因（誘因）に分けることができる

(1)地質的要因(素因)

孔曲がり大きい3孔のうち、No.6孔とNo.7孔は、盛土直下に玉石を主体とする礫質土（写真-1）が分布する。また、深度35m付近で屈曲しているNo.3孔では、硬質珪質岩礫の分布が認められている。このような硬質な玉石は、コアチューブビットの食付きが悪いことが予想され基質もルーズで安定性も悪いことから、孔曲がりを起こしやすい素因と考えられる。



写真-1 玉石主体の礫質土層 (g)

また、No.1孔からNo.5孔にかけては、表層に地耐力の低い泥炭が分布する。このような地盤は、削孔中の足場の揺れや振動に伴い、土の乱れや局所的な強度減少などを引き起こし、ボーリングマシンの水平性の保持を難しくし、孔曲がりの素因の一つとして挙げられる。



写真-2 更新世堆積物(DL)中の硬質珪質岩礫(35m付近)

(2)人為的要因(誘因)

玉石主体の礫質土層削孔時には、藤原ほか、2000¹⁾が指摘するように同一区間の削孔の繰り返しが、孔壁の拡大を助長し削孔軸のズレを誘発しやすく、また、基質がルーズで硬質な玉石の場合、削孔により玉石が弱層部へ移動し偏芯しやすいことが想定される。

表層に地耐力の低い泥炭が分布する調査地点におい

表-3 孔曲がり測定結果

孔番	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
計測深度(m)	51.88	48.53	63.33	62.71	63.28	56.46	33.18
ケーシング深度(m)	12.00	6.60	6.00	0.00	15.85	19.50	10.95
計測区間長(m)	39.88	41.93	57.33	62.71	47.43	36.96	22.23
最大離隔長(m)	0.27	0.23	1.12	0.89	4.17	3.00	0.68
単位長さ当り(mm/m)	6.7	6.6	19.5	14.2	87.9	81.2	30.8
ケーシング直下の傾斜角度(°)	0.3	0.4	0.2	-	2.4	2.0	1.1

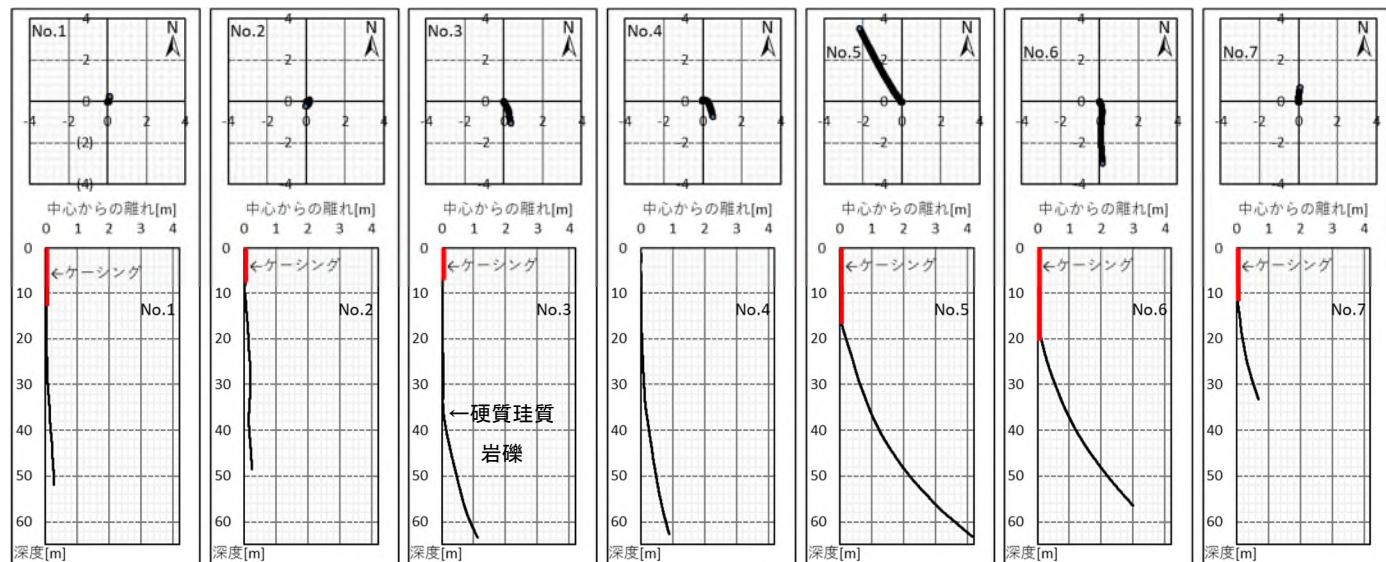


図-2 孔曲がり測定孔軌跡図

て、ボーリングマシンの足場は、孔曲がり小さいNo.2孔やNo.1孔は、ボーリングマシンの重心が低く（GL+0.30m）、適時補強され回転ブレや振動が起きにくい構造であった。一方、孔曲がり大きいNo.5孔は、ボーリングマシンの重心がやや高く（GL+0.55m）、回転ブレや振動の影響を受けやすい構造で、徐々に足場が沈込み、ボーリングマシンが傾いたことが孔曲がりの誘因の一つとして考えられる。

7. 孔曲がり防止の対策

玉石層や硬質礫が局所的に存在するような箇所では、削孔の繰り返しによる削孔軸のズレと弱層部への偏芯が発生し孔が曲がりやすいと考えられる。孔曲がりの抑制には、阿部ほか、2011²⁾が指摘するような、「①ゆっくりと掘る、②地質にあったビットの使用、③水や空気の量を調節すること」といった留意がより重要と考える。

また、表層が軟弱な地盤にボーリングマシンを設置する場合は、回転ブレや振動の影響を受け足場の安定性が不十分になり孔が曲がりやすい。対策として、足場の変形や沈み込みがないようにボーリングマシンを設置し水平性を保持することが重要で、適時修正や補強を行うことが必要と考える。

《引用・参考文献》

- 1)藤原聖一，高橋英一，斎藤薫（2000）：排水ボーリングの削孔事例からみた地質状況と削孔精度に関する考察，地すべり第37巻第3号，pp.57-62.
- 2)阿部大志，武士俊也，神山嬢子，藤澤和範（2011）：地下水排除工のボーリング施工実態に関するアンケート調査（その1：施工編），土木技術資料 53-8，pp.36-41.