

ボーリング孔における孔曲がり量の測定

本館 静吾*

1. はじめに

ボーリングにおける孔曲がりとは、一般に使用されている回転式ボーリングマシンと一連のロッドを使用して掘進する場合、種々の要因から避けることができない問題である。

孔曲がり量が大きいと、初期の調査目的を達成できない場合も生じることから注意が必要である。

一般に垂直ボーリングでの孔曲がり量は掘削深度100mで $0.5^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 、水平ボーリングでは $1^{\circ}\sim 4^{\circ}$ といわれているが、実際に測定した例は少ない。

数点のボーリング孔を利用して弾性波の孔間速度を測定する場合、解析精度は測定した波形の正確な読取りとともに、孔間距離の精度が問題となる。

このことから、正確な孔間距離を求めるためボーリングの孔曲がり量および孔曲がりの方向を測定したので、その結果について紹介する。

2. 孔曲がりの原因

孔曲がりは、機械的原因および地質条件によって起こされるりことが知られている。

①機械的原因

- イ. 孔径に対して著しく小さい径のロッド、あるいは短いコアチューブの使用
- ロ. 屈曲あるいは摩耗したロッド、薄肉ロッドの使用
- ハ. ビットの選択、荷重と回転数の組合わせ、泥水量の不適
- ニ. 口切り時の中心の狂い

②地質条件

- イ. 層理、片理、節理などの割れ目の発達した地盤
- ロ. 硬軟の差の著しい互層
- ハ. 崩壊性地盤、破碎帯

ニ. 傾斜した地層

上記の原因が複雑に組合わさって孔曲がりは生じるため避けがたい問題であるが、掘削用具の選択と用法を適応させることによって、人為的にある程度孔曲がり量を減少させることが可能である。

3. 孔曲がりの測定方法と解析方法

孔曲がり測定器としては、村田式孔内記録傾斜儀、スペリー・サン型磁気式方位測定器、トロバリ型孔曲がり測定器などがあるが、最近では高精度傾斜計が用いられていることが多い。

ここでは、高精度傾斜計による孔曲がりの測定について紹介する(図-1)。

使用した高精度傾斜計は、ボーリング孔に互

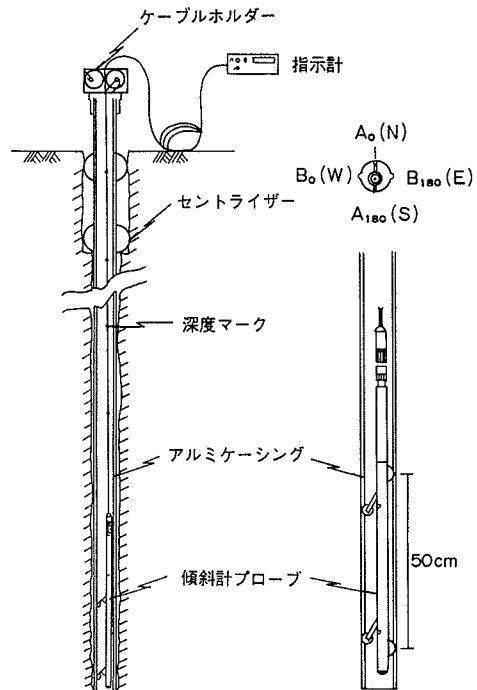


図-1 孔曲がり測定状況図

*地質研究室主任研究員

いに直交する車輪溝を有する専用アルミケーシングを孔内に挿入し、測定プローブで計測するものである。

測定法について簡単に説明すると、専用アルミケーシングの中心を基準として、ひとつの溝の方位が磁北になるようにケーシングを回転させる。その上で、プローブの上向き車輪を測定する方向の溝に合わせて孔底まで降下させる。

その後、プローブを50cmずつ引上げながら50cm区間ごとの水平変位量を指示計から読取る。

このとき、指示計は例えば上向き車輪をN方向にセットした場合には、プローブ上端を基準として値が(+)であればS方向、(-)であればN方向に変位していることを表わす(図-2)。

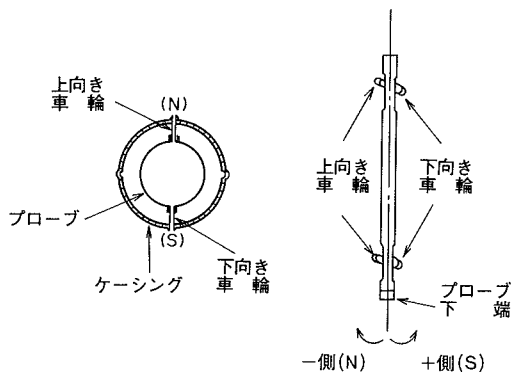


図-2 プローブ設置状況図

また変位の大きさは、プローブ方向と重力方向の間の角度を θ とすると、本来 $50 \sin \theta$ (cm) であるが、測定値は1/100mmの精度で $2.5 \sin \theta$ を示す。

ひとつの方向の測定が終了した後、方向を180°変えて同様な測定を行い、次に残りの2つの方向についても同様の測定を行う。

4. 解析の方法

測定結果より各孔ごとに50cmごとの区間変位、孔口を基準とした累積変位および累積変位の変位ベクトルを、以下に示すように求める。

①区間変位

実際の変位量は50cmの水平変位、 $50 \sin \theta$ (θ はプローブの方向と重力方向との角度) であるが、測定では $2.5 \sin \theta$ として求めている。

したがって、各方向の正しい変位量は指示計の読値の20倍にする必要がある。

しかし、次のような理由により相対する方向(例えば、NS方向あるいはEW方向)の区間変位量は $A_0, A_{180}, B_0, B_{180}$ をおのおのN, S, W, E方向に上向き車輪をセットしたときの指示計の読取り値とすれば、

$$(A_0 - A_{180}) \times 10 \text{ (cm)}$$

$$(B_0 - B_{180}) \times 10 \text{ (cm)}$$

で表わされる。

すなわち、測定器の固有誤差を α (NS方向)、 α' (EW方向) とし、NS方向にプローブをセットしたときのプローブ方向と重力方向の角度を θ 、同じくEW方向にセットしたときの角度を θ' とすれば各測定値は、

$$A_0 = 2.5 \sin \theta + \alpha$$

$$B_0 = 2.5 \sin \theta' + \alpha'$$

$$A_{180} = -(2.5 \sin \theta - \alpha)$$

$$B_{180} = -(2.5 \sin \theta' - \alpha')$$

したがって、

$A_0 - A_{180}, B_0 - B_{180}$ は次のようになる。

$$A_0 - A_{180} = 5.0 \sin \theta$$

$$B_0 - B_{180} = 5.0 \sin \theta'$$

これらを10倍した値が、NS方向あるいはEW方向の50cm区間ごとの変位量となる。

②累積変位量

累積変位量は孔口から見た各深度における相対変位を表わす値で、孔口から任意の深度までの区間変位を累積することによって求められる。すなわち、任意の深度Zにおける累積変位を M_y (NS方向)、 M_x (EW方向) としi番目のNS方向、EW方向の区間変位を H_{yi}, H_{xi} とすれば、次のような関係になる。

$$M_y = \sum_{i=1}^n H_{yi}$$

$$M_x = \sum_{i=1}^n H_{xi}$$

ただし、nは深度Zまでの測定点数。

③変位ベクトル

累積変位の変位ベクトルは図-3に示すように、各深度の累積変位を合成することにより大きさと方向が求められる。

$$\text{大きさ} = \sqrt{M_y^2 + M_x^2}$$

$$\text{角度 } \psi = \tan^{-1} \frac{M_x}{M_y}$$

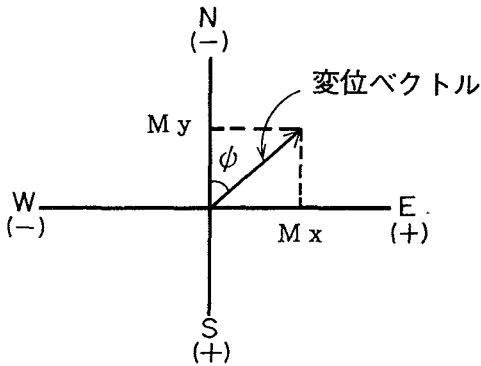


図-3 変位ベクトル

5. 測定結果

測定を実施した地点の地質は、新第3紀鮮新世の深川層群幌加尾白利加層の下部相当層で、主に細粒砂岩からなる。

この上位に、現河床および氾濫原堆積物が数

m~10数mの範囲で分布している。

この細粒砂岩は一般に軟質で、一部に凝灰岩層、海緑石砂岩層を挟むが、層理に乏しく比較的均質な岩相を示す。

この調査地点での弾性波深査による地山P波速度は1.8~1.9km/sec、一軸圧縮強度は10~20kgf/cm程度であり、いわゆる軟岩に属するものである。

孔曲がりの測定はA~D孔の4孔で行った。

その結果について以下に述べる。

①区間変位および累積変位

各孔の方向別区間変位および累積変位測定結果を表-1、図-4に示す。

これによると、区間変位については特に一般的傾向は認められないが、累積変位についてはいずれの方向にも、深度とともに単調増加の傾向があり、孔底で最大の孔曲がりを示す。

また孔別ではA孔が最も大きく、孔底付近でN方向に2.2m、W方向に1.1m程度の累積変位となっており、以下B孔、C孔、D孔の順となる。

表-1 孔曲がり測定結果

	深度 (m)	NS方向区間変位 (cm)	NS方向累積変位 (cm)	EW方向区間変位 (cm)	EW方向累積変位 (cm)	変位ベクトル	
						大きさ (cm)	方向
A号孔	10	-0.289~-1.147	- 16.202	+0.359~-0.556	- 4.887	16.923	N16.8'W
	20	-1.173~-1.828	- 46.791	-0.555~-1.254	- 24.180	52.669	N27.3'W
	30	-1.882~-2.549	-91.309	-1.263~-1.406	- 51.221	104.694	N29.3'W
	40	-2.567~-3.354	-151.729	-1.275~-1.620	- 79.531	171.309	N27.7'W
	50	-3.357~-3.679	-222.003	-1.470~-1.753	-111.956	248.635	N26.8'W
B号孔	10	-0.178~-0.669	- 7.038	-0.276~-1.565	- 7.929	10.602	N48.4'W
	20	-0.463~-0.735	- 19.068	-0.616~-1.189	- 26.650	32.769	N54.4'W
	30	-0.520~-0.821	- 32.007	-0.684~-1.034	- 45.329	55.490	N54.8'W
	40	-0.735~-0.963	- 48.508	-0.164~-0.349	- 51.249	70.565	N46.6'W
	48	-0.292~-0.559	- 55.021	-0.579~-1.055	- 64.832	85.032	N49.7'W
C号孔	10	+0.415~-0.185	+ 0.671	+0.781~+1.027	+ 18.323	18.355	S87.9'E
	20	+0.176~+0.878	+ 12.644	+1.063~+1.595	+ 45.226	46.960	S74.4'E
	30	+0.525~+0.848	+ 27.119	+1.536~+1.897	+ 78.700	83.241	S71.0'E
D号孔	10	-0.110~-0.621	- 8.154	+0.538~-0.474	- 3.558	8.896	N13.6'W
	20	-0.286~-0.560	- 15.537	+0.183~-0.083	- 2.129	15.682	N 2.2'W
	30	-0.420~-0.584	- 25.237	+0.087~+0.284	+ 1.822	25.030	N14.1'E
	40	-0.473~-0.757	- 37.350	+0.091~+0.297	+ 4.942	37.676	N17.5'E
	48	-0.583~-0.773	- 48.487	+0.005~+0.358	+ 8.168	49.170	N19.6'E

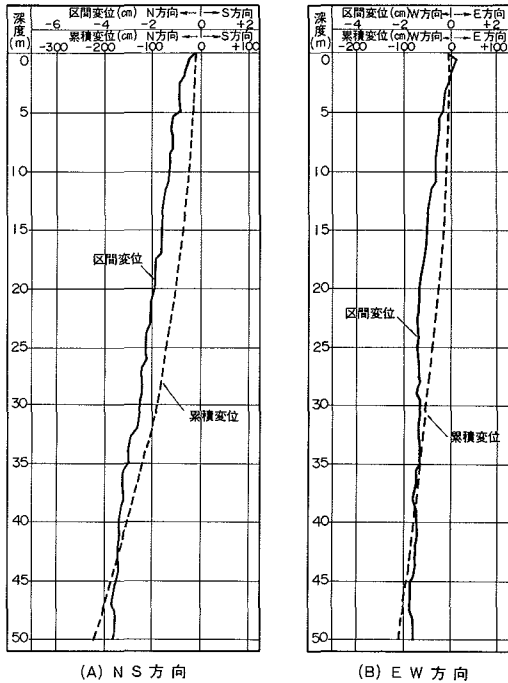


図-4 A孔孔曲がり測定結果

②変位ベクトル

図-5に、深度20mおよび40mにおける各孔の変位ベクトル図を示す。この図から各孔の2つのベクトルは、互いにほぼ同じ方向を持っていることがわかる。ほかの深度についても10m未満を除けば、 20° 以内の範囲でほぼ同方向を示している。また上述した累積変位は、深度方向に単調増加していることから、変位ベクトルの大きさも単調増加している。

このことは、ある一定方向に孔曲がりが生じると、それを止めるのは困難であることを意味しているといえる。

6. おわりに

一般に軟質で層理に乏しい地層はボーリングが容易で、しかも地質的条件による孔曲がり少ないと考えられるが、今回の測定ではこのような地層にも係わらず、深度50mの掘削で最大248cmの孔曲がりを示した。これは一般的にいわれている深度100mの垂直ボーリングにおける孔曲がり量 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ に比較して、約 3° ときわめて大

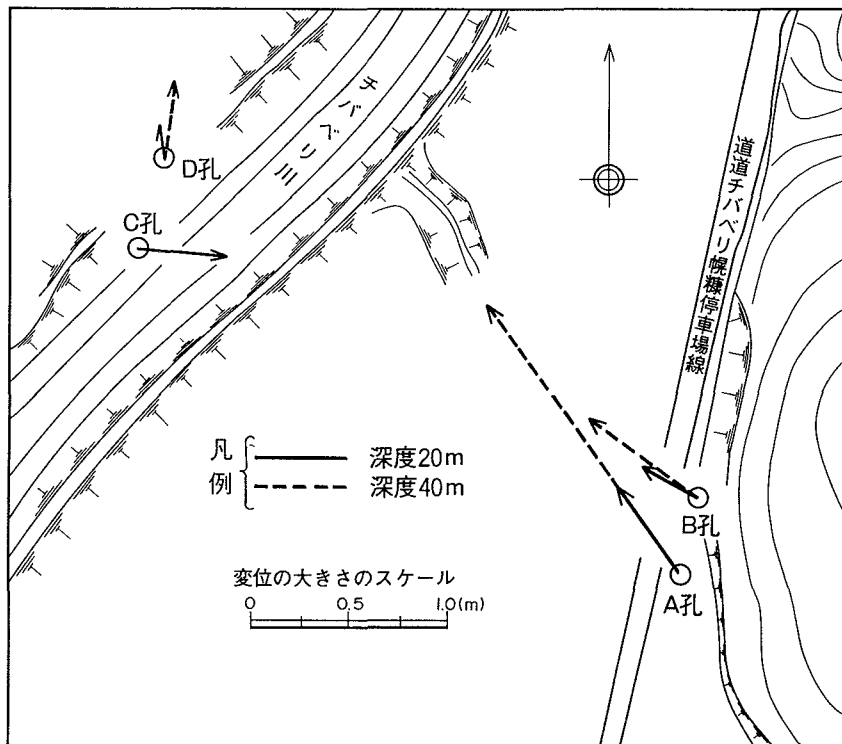


図-5 変位ベクトル図

きい値を示している。

この結果をもとに、A孔の深度50m地点とB孔の深度48m地点との孔間距離を求めると、本来孔曲がりがない場合19.60mであるが、孔曲がりのために17.95mとなり、孔間距離は1.65mの減少となる。

孔曲がりの方向が互いに反対方向であった場合には孔間距離は17%、絶対値で333cmの誤差を生じることになる。

こうしたことから、より硬質で不均質や岩盤や破碎帯などでは、孔曲がり量がさらに大きくなることが予想され、諸試験を実施した場合の測定値に大きな影響を与えることになる。

参考文献

- 1) 社団法人全国地質調査業協会連合会編：新編ボーリングポケットブック，1993年10月。

*

*

*