

# 試錐孔の孔曲りについて

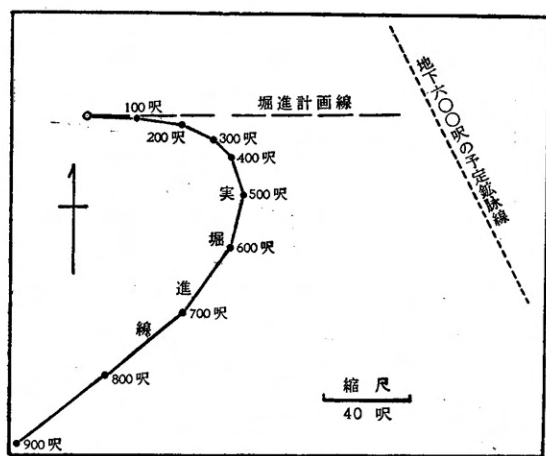
いかに注意深く試錐を行つても いろいろの原因で試錐孔は曲りがちになり これは深さに応じて影響も大きくなる。しかし ドリラーはこの現象を認識しないで試錐孔から得た資料をそのまま表現していることがしばしばある。このことは恐らく 200m もある一連の長い鋼管（ドリルロッド）が決して曲らないという誤認からきているのであろう。

孔曲りの実例としては第1図のように極端な場合もあるし また2本の垂直孔が孔底で交錯した例もある。

後者の場合 地表で奇妙な現象を感じたので引揚げてみると 一方のビットが他方のコア・パーレルを切っていたことが発見された。

このように試錐孔が孔曲りがちなのに この現象を認識しないために折角得た資料が 試錐目的に対して全く異なつた結果を示すことがある。

例えば 孔曲りを測定しなかつたために鉱量の評価も正しくないものになり 地質図も全く異なつたものを表わすことになる。

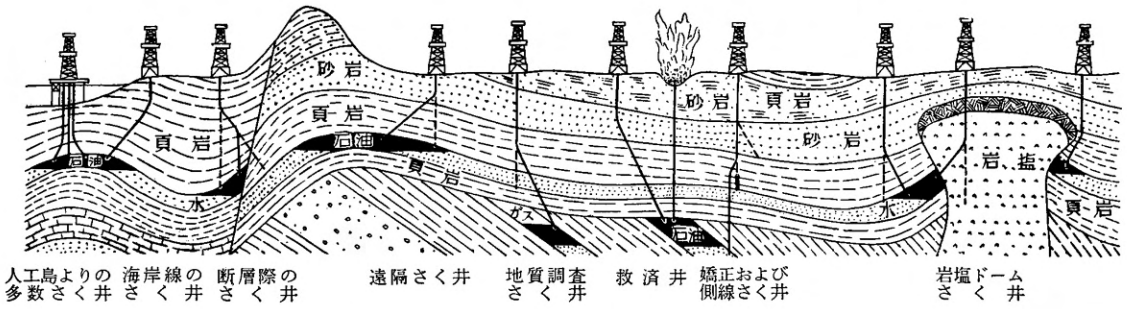


第1図 カナダ・オンタリオ州の Central Porcupine mine  
における孔曲り測定

では 孔曲りはどんな原因から生ずるのであろうか。これに関しては一般に次のようなことが考えられている。

1. 磨耗したロッドを使用した場合 あるいは孔径に対して非常に径の小さいロッドを使用した場合（これを逆に言えば孔径にほぼ近いロッドを使えば孔曲りは少ない）。またロッドや掘さく具のねぢ込みを粗末にしたために全体が偏心した場合
2. 堆積岩や片岩・片麻岩を掘さくする場合 試錐孔がその岩層面に直角であるならばそのまま真直ぐに進むが ある程度の傾斜をしていると層面に沿つて曲りがちになる。また岩脈の壁や断層面もしばしば同じような結果になることがある
3. 硬軟の互層からなつている地層では 軟層の所で曲りがちになる
4. 掘さくの際の回転は 均質な岩石の場合でも 右回りのスパイラル状に曲りがちになる
5. ビットの形状・掘進の送り量・給圧・送水量なども 孔曲りにある程度の影響を及ぼす。逆に言えばこれらの操作を適当に行つて ある程度は孔曲りを防ぐことができる
6. 亀裂あるいは空洞

この孔曲りを防ぐためには 上記の原因のうちの地質条件は別として ロッド・ビット・給圧および送水量などによつてある程度の孔曲りは防ぐことができるし また偏向楔のような道具を使つて矯正していくこともできる。しかし次のような目的のためには 特殊な道具を使つて わざわざ孔曲りをさせる場合もある。（第2図）



第2図

方向さく井の応用例 11

- 1). 鉤体（油層など）が工場地帯や学校・墓地などの公共地の下に広がっている場合 または借用地で土地が限定されている場合には 鉤体から遠く離れて傾斜掘りをする
- 2). 油井が大噴出をして 孔口に大きな穴があいたために 噴出するガスや油を抑圧することができないときに 遠くから傾斜掘りをしてそれを止める. すなわち 救済孔として掘る
- 3). 断層に当たつたため予定の鉤体が逃げた場合 孔曲りさせてそれを追求する
- 4). 地質調査の目的で1本の穴から多数の枝孔を掘る場合
- 5). 1本の採油槽に多数の採油井を集める場合
- 6). 掘進中失敗して孔井内に物を遺留し それを取上げることのできないとき そこを避けて掘進する場合

7). 地質調査用に深い孔井を掘つたが 途中に良い油層帯があつた場合 その個所をさらに掘り当てるため

以上のように わざわざ孔曲り（傾斜）させるためにも また孔曲りを防止・矯正するためにも 穴の状態すなわち 傾斜と方向をしつかりと把握することが必要である。



第3図  
カールソン・コンパス

このために傾斜測定器を使用するが それには次のようなものがある。

① カールソン・コンパス (Carlson compass)

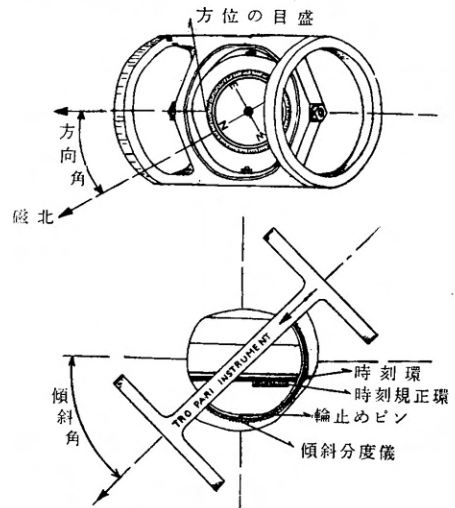
ゼラチン溶液を満したガラス管の中に 複吊装置になつているコンパスを入れたもので ゼラチンの固結によつて コンパスの測定位置を固定させて方向を測定する装置である

ゼラチンの固結には約90分を要し これを孔内から取上げて判読するのに30分位かかる. 精度は30'まで読みとることができる (第3図)

② マース・コンパス (Maas compass)

直径 1 1/8" 長さ 6" のガラス瓶からできていて その一端には稀釈された弗化水素酸を入れ 他端にはゼラチンに浮かんだ小さなコンパスを入れたものである

③ トロ・パリ (Tro-Pari)



第4図 トロ・パリ

これは航海に用いている回転羅針盤のように複吊装置からできていて 方位を示すコンパスと傾斜を示す錘体を同時に時計仕掛によつて固定さす装置である。5分間隔で1時間30分まで調節できる時刻環がついていて 規定時間が経過すると飛び出しピンによつて コンパスと錘体が測定位置において固定されるもので BX や NX サイズの試錐孔の傾斜や方向を測定できる小型のものが作られている。(第4図)

④ 弗化水素酸 (Hydrofluoric acid) (HF 酸)

HF 酸はガラスを蝕刻する性質があるので この性質を利用して試錐孔の傾斜を測定するものである。HF 酸は濃度に応じて蝕刻時間は異なるが 最高4時間以上を要することはない。

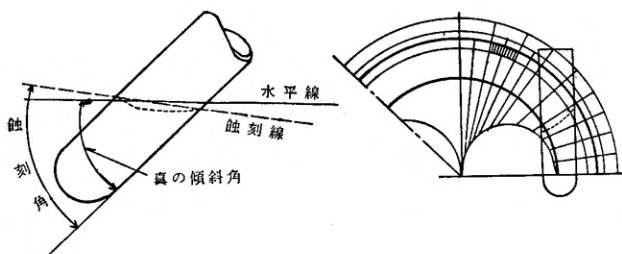
すなわち4時間以上を経過すると酸が消耗して化学反応が終る。また HF酸の4%溶液が最も明瞭な線を描くことも実験結果から判明している

あまり酸の濃度を濃くすると 粗雑な部厚い線を描いて読みにくくなるし また薄すぎると必要以上に長く孔内に留めておかなければならない。

この HF 酸はガラス製の瓶に入れられ さらにクリノメーターと称する特殊のケースに嵌め込まれて 孔内の所定の所まで降ろされるのである。この場合蝕刻管は 所定の位置に測定時間の半分は留まつていなければならぬと云われている。

すなわち この管を所定の位置に降ろし 再び引揚げるとに20分かかると仮定すれば 蝕刻作用に少なくとも20分を経過させなければならない。

蝕刻が終つてクリノメーターが引揚げられると



第5図 蝕刻管による傾斜測定

蝕刻管を取り出し 蝕刻線と管の縦軸とのなす角を測つて傾斜角とするが この際に管内の毛管現象によつて誤差を生ずるので補正しなければならない(第5図)。蝕刻管の大きさはメーカーによつて また 孔径によつて異なるが カナダでは次のような2つの標準サイズを決めている。

サイズ	長さ	止め栓	内径	壁厚
E	4 1/2"	#3	0.841" 0.851"	0.044" 0.040"
A	5 1/8"	#5 1/2	1.065" 1.055"	0.054" 0.050"

⑤ トムソン傾斜測定器 (Thompson Inclinator)

前記の HF 酸を使つた傾斜測定器であるが 唯一の特徴は 循環水を通す側管がついていることで ロッドの一部に挿入されたまま掘進を続けることができる。

すなわち 傾斜を測るために改めて蝕刻管を降ろす必要もなく 掘さく具と一緒に降下させて掘さくを始める前あるいは終了後直ちに蝕刻を行わせるのである。

上記の外に次のような測定方法もあるが いずれも小孔径の試錐にはほとんど使われず いまだ研究の段階にある。

① Qehman's apparatus .....クリノメーターやコンパスの読みを写真記録する装置

② Radiolite compass .....コンパスの指針や傾斜指示器を記録するために 放射能塗料や放射能フィルムを使用したもので 経験ある技師によらなければ良い成果をあげ得ない

またトロ・パリや一般の油井用測定器に比べて 余計に時間がかかるようである

③ Martenssen gyroscopic compass.....

この器械は 地表において方位や傾斜を連続的に読むことができる非常に複雑なもので 大孔径の場合にのみ使われる

① Carlson-Bergstrom 法および Gommessen 法…  
 …この2つの方法はやや似ていて 一般に30呎以上もある長い管からできている。この管は孔径一杯のもので 管内に引張られた細い線が多数あつて 孔曲りの個所きたとき その線に引張り と弛緩を生じ これが鉄針により中央の点に示されて測定される。傾斜は蝕刻管によつて測られる。この方法は正確であるがヨーロッパでは使われていない

② Kiruna method …… スエーデンで使われている方法で HF 酸の代りに銅を含んだ溶液を使い 電解によつて銅を抽出し シリンダーに傾斜線を示させる方法である

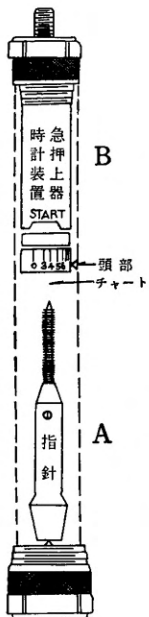
③ Electrical method …… これは孔曲りの方向を測定する方法である。今まで述べたコンパス型は 近くに磁性の異常体が存在する所では測定が困難なため この場合ドリル

ロッドが電導体であるのを利用してこの方法が行われる

まず ドリルロッドを孔底から孔口まで挿入し 孔元を中心として約 600 呎の半径の半円形ラインに沿つて裸の真鍮線を地上に設置する

このロッドと真鍮線に交流電流を送り 孔元と真鍮線間の各地点を受信器によつて測定するのである。すなわち ロッドを中心とした同電位点を求め その地点をトランスミットヤスタジアロッドによつて正確に測量し 孔曲りの方向を調べる

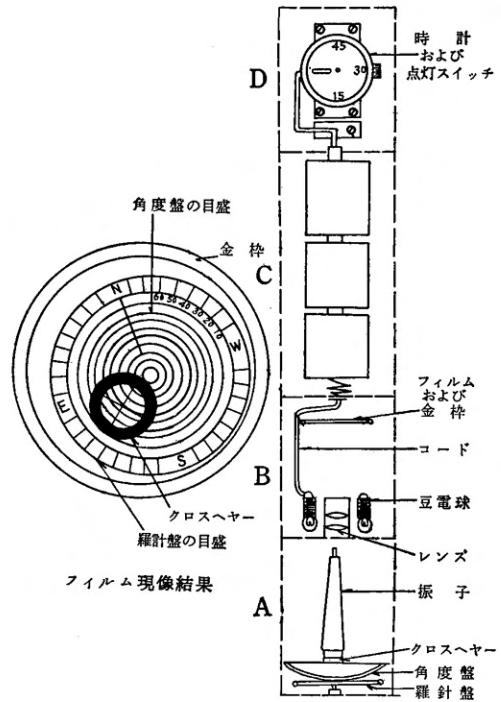
この際広範囲に強い自然電動体が存在するような所ではあらかじめ地中の電導状況を調べておく必要がある



チャートおよび刻度 (○印の内)



第6図 トトコ式



第7図 イーストマン式

国産の傾斜測定器としては大体次の4種がある

### 1. トトコ式測定器

第6図のごとくAとBの2つの部分からなり Aには常に垂直を指向する針があり Bには時計仕掛になつている目盛のついたチャートが入っている。

時計仕掛は3分～20分の調節ができ 規定の時間が過ぎると目盛チャートは下方に飛び出して Aの針に当たり刺痕を残す。

長所

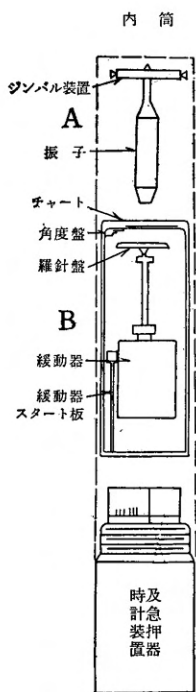
- (1) 簡単な操作で短時間に測定が可能である
- (2) ロータリー式試錐機においては掘管内に随時に投げ込んで測定できる

短所

- (1) 孔曲りの方向はわからない
- (2) 小型なので時計が破損しやすい

### 2. イーストマン式測定器

第7図に示すようにA・B・CおよびDの4部分からなり Aにはクロスヘヤーを持った垂直振子と 1度ず



第8図  
村田式I型

つの目盛を刻んだガラス製角度板 さらに5度目盛のセルロイド製羅針盤が入っている。

この3者の関係を Bに入っているレンズを通してフィルムに撮影するのであるが Cに入っている3個の単1電池は回路を作り B内にある3個の豆電球を約30秒点灯させ Dは時計仕掛になつていて 1分～55分の調節ができ しかも豆電球の点灯時間も規正できるようにしてある。

#### 長所

- (1) 方向と傾斜の測定が可能である
- (2) 現像タンクやフィルムタンクを使用するから 暗室は不用である

#### 短所

- (1) 現像や定着の手数がかかる
- (2) 現像の失敗による測定結果の不明回数が多くなる
- (3) 3物体を一度に写すので いずれかがピンボケとなり読みにくい。このためトコ式を併用して 傾斜を測定しなければならぬ
- (4) 振子の吊り方は 単に針金を曲げて腕にかけているので この抵抗が他のものに比べて非常に大きい
- (5) フィルム・電池・現像液などの消耗品が多い

### 3. 村田式I型測定器

第8図のごとく A・BおよびCの3つの部分からなり

Aには先端に針をもつた振子が入っており Bには透明な合成樹脂板のチャートと これに接している透明の度目盛を有する角度盤 さらに 緩動器に接続した羅針盤が含まれている。Cにはトコ式と同様に 時計仕掛になつた急押し上げ器があり 3分～20分の調節ができるようになってゐる。 所定の時間が経過すると Cの頭は上方に飛び出し 樹脂チャート板にAの針の刺痕を残させ これと同時に緩動器に作用してこれを動かせる

#### 長所

- (1) トコ式を扱うのと同様に簡易に測定できる
- (2) Aの振子は最大測定角  $6^{\circ} \cdot 12^{\circ} \cdot 24^{\circ}$  の測定ができるので 試錐孔の状況により精度の高い測定が可能である  
角度板には  $12^{\circ}$  計の時の1目盛を  $1^{\circ}$  としているの で  $6^{\circ}$  計では1目盛が30となり  $24^{\circ}$  計では  $2^{\circ}$  となる

#### 短所

- (1) I型では記録を残せないが 現在記録を残せるように改良中である
- (2) 緩動器がやや破損しやすい

### 4. 三鉢式測定器

第9図に示すように AとBの2つの部分からなり Aには 水銀とセメントミルクを入れたセルロイドの筒があり セメントは8時間後には全部硬化する。

Bには羅針盤が入つていて 孔外からキャップタイヤコードを通して 電流を送ると 羅針盤のヒューズは切れツマミが磁針を固定する。これを孔外に引揚げ仮想原点(これを零線という)をもつて AとBの両外筒を連れ セメント筒に磁化を移す。

一方セメント筒を切断して水銀を抜き 水銀とセメントとの接触面は比較的水平面であるが 表面張力で水銀中に入つたセメント部分およびセルロイド筒の部分を中央の水平面に合わせて切る。 できたセメント筒断面の

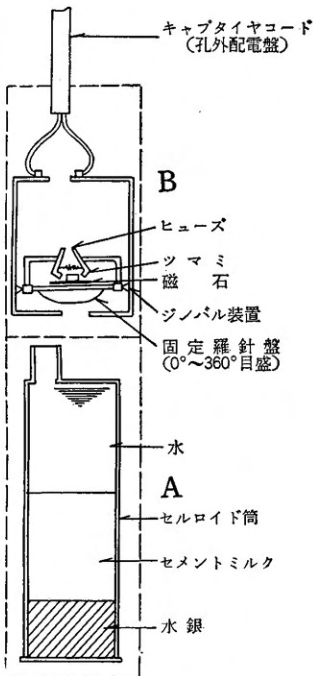
楕円形の長軸の方向を求め この直線と水平面とのなす角を測定し孔井の傾斜角が得られる。

また初めに移した磁化により この長軸とのなす角を測定すれば孔曲りの方向がわかる。

短 所

- (1) セルロイド筒をセメントの水平面に合わせて切る操作が非常にむずかしく 測定には腕のよい技術が必要とし さらに加工道具を必要とする
- (2) 傾斜が少ないほど 楕円形の長軸を求めることがむずかしく 誤差も大きくなる
- (3) 測定する場合 測定器と地表との間のキャプタイヤ・コードで連絡しなければならないので 揚げ降ろしに要する時間と手数が多くかかる
- (4) 測定ごとにセルロイド筒の新しいものを必要とするのでこの費用が比較的高い
- (5) セメントの硬化に 約8時間ほど孔底に残置しなければならない。

- (6) セメントの完全硬化を得るために孔外に出したセメントを1日ほど乾燥させ



第9図 三鉞式測定器

しかる後に断面を切らなければならない

- (7) 記録を読むのに作図しなければならないので 誤差の要素が多分に入ってくる

この三鉞式は既に歴史的な存在となり ほとんど使われていない。これに対して村田式は トトロ式の簡易さとイーストマン式の方角測定ができるという2つの特徴を持ち合わせている。

以上の国産器を要約すると下表のようになる

測定器名	内径寸法		外径寸法		測定角	羅針盤の直径 m/m
	径 m/m	長さ m/m	径 m/m	長さ m/m		
トトロ式	29	220	41.5	2	8°	—
イーストマン式	88	400	54	4	12°	25
村田式I型	38	340	57	4	6° 12° 24°	24
三鉞式	50	240	65	1	約 80°	27

測定器名	振子の型式	判読方法	降下方法	備考
トトロ式	直立・先針	直読	ワイヤロープを掘管内投入	簡単に測定し得るも方向不明
イーストマン式	鍾下・先針	現像にて直読	ワイヤロープ	方向と傾斜がわかるが取り扱い複雑
村田式I型	鍾下・先針	直読	ワイヤロープ	簡単に方向・傾斜の測定可能なるも記録は残らない
三鉞式	—	作図	ワイヤロープとキャプタイヤの併用	取り扱いがきわめて複雑で長時間を要す

これらのものは主として外国で使用され わが国では一部が使われているにすぎない。

地質調査所ではいずれも使用していないが 地質調査に伴う試錐調査の方法は 各種の地質条件によって 高速度あるいは従来の低速度の機械を使い 深度・孔径・傾斜掘りなど 調査の目的にかなうような試錐を行わなければならない。

このような見地から地質調査所では各種の資料を参考にし 電磁的・光学的要素をもつて連続測定により 地表で観測できるような器械を研究中である。

(技術部 試錐課)

【参考文献】

J. D. CUMMING: Diamond Drill Handbook

(June 1. 1956)

[J. K. Smit & Sons of Canada, Ltd.]