



Title	ケーブル吊り下げ式電動ドリルの回り止めの新方式
Author(s)	鈴木, 義男; SUZUKI, Yosio
Citation	低温科学. 物理篇, 37, 163-166
Issue Date	1979-03-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18380
Type	departmental bulletin paper
File Information	37_p163-166.pdf



ケーブル吊り下げ式電動ドリルの 回り止めの新方式*

鈴木 義 男
(低温科学研究所)
(昭和53年10月受理)

I. ま え が き

氷床コアドリリングには、電力ケーブルでコアドリル（ケーブル吊り下げ式ドリル）を吊しウインチで上下させる方式が適している。ドリルとしては、電気ヒーターで水を融かして水中に進入する電熱ドリルと、内蔵のモーターで切削具を回転させ氷を削る電動ドリルとがある。前者は構造が簡単であるが、進入速度が遅い。後者は進入速度は早い、削り屑の処理が難しい。南極氷床の全層掘削をめざした米国は、1960年代なかばに大型電熱ドリルにつづき大型電動ドリルを導入したが^{1,2)}、これでは水溶性不凍液をドリル内のタンクと孔底間を循環させ削り屑を不凍液に溶解させる方式をとった。このドリルは透水性のフィルン層では使えないので、全層掘削にあたっては上層は電熱ドリルを用いた。

米国が電動ドリルを導入したのは、電熱ドリルの進入速度の遅いことにもよるが、最大の理由は、氷圧によるつぶれを防ぐため液封した孔の中で、電熱ドリルがうまく働かなかったことである。それで、液封の必要のない数百米程度の掘削には、電熱ドリルはその後も広く使われてきた^{3,4)}。

しかし、進入速度は速いほどよい。とくに浅層になるほど、試料採取のためドリルを上下する時間に比べ進入に要する時間が多くなるので、近年要望の多い浅層多点ボーリングのように浅層でしかも総掘削長の長い場合は進入速度の速いことが要求される。それで、フィルン層で使える電動ドリルの開発が強く望まれ、いくつかの試みがなされてきた⁴⁻⁷⁾。これらはすべて削り屑をらせんひれで上方に運ぶ方式をとっている。この方式では、切削具は削り屑の中で回転するので、切削抵抗の変動がはげしく、回り止め機構が難しくなる。

II. 電動ドリルの回り止め

電動ドリルは、内蔵モーターで切削具を回転させて切削を行なうので、モーターに固定した部分（ドリル本体とよぶことにする）は回転部と逆向きに回されようとする。このトルクは、回転部が氷からうけるトルク T （切削トルク）に等しい。ドリル本体を静止させておくには、 $-T$ のトルクを外部から与えねばならない。ケーブルのねじれ強度はあまり大きくなく、ふつうは逆に保護のためスリッピングでトルク的にはドリル本体と切断する。それで、この

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1978号

トルクは孔壁にたよるほかはない。この孔壁とドリルとのトルク交換を行う装置をまわり止めといい、電動ドリルでは不可欠の装置である（ドリルの慣性率を大きくし、かつ切削具を短時間で正逆点させる動的まわり止めもあるが小型では考えられない）。

さて孔壁がドリルに与えるトルクは T の反力であるから T とともに変動する。 T がある値 T_0 をこえると孔壁はそれを打消すトルクを与えることはできずドリルは回され始める。この値 T_0 は T に関係なく孔壁と回り止めによりきまるもので拘束トルクとよぶ。回り止めの主条件は、次式が成り立つことである。

$$T_0 > T \quad (1)$$

モーターには保護のため電氣的または機械的なトルク制限器を設けるから T には上限がある。ドリル本体を孔壁に固定してよいなら、条件 (1) は容易にみたされる。しかし、本体と回転部は垂直的には変位できないふつうの型のドリルでは、回り止めには、本体の下降時の孔壁による抵抗は、必要切削スラストがえられないほど大きくてはならぬという第2の条件がつき、これと (1) とを両立させるのが難しい。最後に、試料採取のためのコアドリルの地表との往復の時の孔壁の抵抗はウインチに無用の負担をかけるのであるべく少ない方がよい（もちろんこの時は回り止めは解除してよい）。

次にこれまでの電動ドリルの回り止めの方法をみてみよう。大型ドリルでは、たて長のひれが数枚、ドリル本体外壁に開き角を制限した垂直ヒンジで取り付けられ、本体が逆回転するとひれが孔壁にくいこむようになっている。 T が大きいとくいこみが深く T_0 も大きくなり合理的だが、フィルン層では孔壁が崩れるおそれがある。ウインチに余力があり、またドリル重量が重く推力を供給するには充分の余裕があるので、第2、第3の条件は考慮していない。実は、大型ドリルは回り止めはあまり問題でない。氷の場合、純粹の切削トルクはあまり大きくないので、削り屑が切削具と孔壁の間にたまらない大型ドリルではケーブルのねじれ強度で充分まわり止めの役をする程度であつたらしい。

小型ドリルはすべてスキー状またはスケート状の圧力板をばねで孔壁におしつける方法を用いている。最後の条件を考えて、ケーブル張力がふえると圧力板の孔壁をおす力が弱まるようにしたものもある。こうすると T_0 は切削スラストとともに増減する。 T が切削スラストに応じて増減するなら、(1) 式からみて合理的だが、実は先にのべたように T はおもに削り屑のつまり具合によるのでスラストには直接の関係はないので、 T_0 がかわることは (1) の成立をかえて困難にしている。

III. 新しい方式

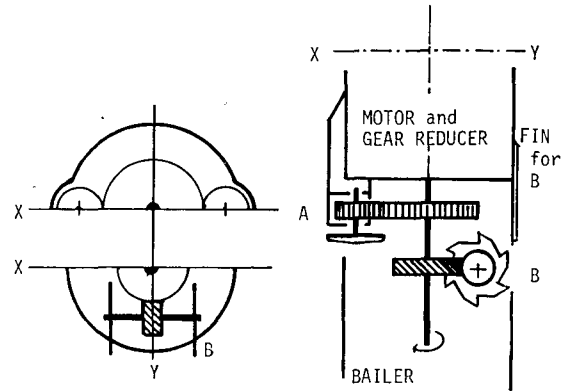
前記の3条件は、孔とドリルとの断面が非円形であれば簡単にみたされる。それには、ドリルの駆動部と屑容器との間に副切削具をおくのが機構的に一番簡単である。削り屑は容器に落下させる。回転軸が主軸に垂直な副切削具をサイドドリル（第1図A）、平行なものをサイドカッター（第1図B）とよぶ。第1図は、カッターの刃とサイドドリルとを取り外せるように設計したテスト用ドリルの副切削具の配置と駆動機構を図式的に示したもので、使用時はもちろん

サイドドリルかカッターのいずれかを2組使う。削り屑の量からはサイドドリルよりカッターの方が少なくてよい。カッターの刃は4枚は必要なく2枚でよいかもしれない。サイドカッターの駆動が45°はす歯歯車によって簡単に行なわれているのが特徴である。

副切削具は、主切削スラストに影響を与える。サイドドリルでは、計算切削速度(回転数×刃数×きりこみ)が主ドリルのそれより遅いと、主切削スラストは減る。サイドカッターでは

回転方向により、図の場合は主切削スラストは増大、逆転すれば(左45°歯車を右45°に変えればよい)減少する。サイドカッターによれば重力によらずとも主切削スラストを与えるので、任意方向に掘削できるドリルの設計も不可能ではない。逆に、下方への掘削では、いまはサイドカッターを強制回転させたが、自由軸に適当な形の刃をつければ、重力により溝切りができる。

カッター軸回転方向の異なる2台のテスト用ドリルが現在製作中で、1979年1月に日本南極観測隊で南極で試用される予定である。その結果については改めて報告したい。



第1図 回り止め装置と駆動機構の模式図。A: サイドドリル, B: サイドカッター

文 献

- 1) Ueda, H. T. and D. E. Garfield 1968 Drilling through the Greenland Ice Sheet. *CRREL Spec. Rept.*, **126**, pp. 7.
- 2) Ueda, H. T. and D. E. Garfield 1969 Core drilling through the Antarctic Ice Sheet. *CRREL Tech. Rept.*, **231**, pp. 17.
- 3) Ueda, H. T. and D. E. Garfield 1969 The USA CRREL drill for thermal coring in ice. *J. Glaciol.*, **8**, 311-314.
- 4) Suzuki, Y. and T. Takizawa 1978 Outline of the drilling operation at Mizuho Station. *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **10**, 1-24.
- 5) Rand, J. H. 1976 The USA CRREL shallow drill. *In Ice Core Drilling*, Lincoln, Nebraska. 133-137.
- 6) Ruffi, H., B. Stauffer and H. Oeshger 1976 Lightweight 50-meter core drill for firn and ice. *In Ice Core Drilling*, Lincoln, Nebraska. 139-153.
- 7) Theodórsson, P. 1976 Thermal and mechanicl drilling in temperate ice in Icelandic glaciers. *In Ice Core Drilling*, Lincoln, Nebraska. 179-189.

Summary

Two simple but effective counter-torque devices of a cable-suspended electromechanical drill were presented. Both were based on a simple fact that a drill making a non-circular hole cannot rotate in the drilled hole while naturally can move vertically. A circular hole

drilled by the main drill was made non-circular by either auxiliary drills with vertical rotational axes (A) or auxiliary cutters with horizontal rotational axes (B) placed just above a bailer of the main drill as schematically shown in Fig. 1. Crossed helical gears allowed a simple driving mechanism for the cutters. Cuttings produced by the auxiliary drills or cutters were simply let down into the bailer.

The devices affect on the thrust of the main drill. The thrust may be decreased if the calculated penetration rate of the auxiliary drills is less than that of the main drill. The auxiliary cutters increase or decrease the thrust depending on their rotational direction. This fact leads to two important conclusions: First, free-wheeling cutter blades of a suitable form can cut grooves by being rotated by gravity. Hence, the driving mechanism for the cutters may be redundant. Secondly, a cable-suspended drill able to work in any position is feasible because many positively driven cutters can supply a necessary thrust for the main drill which has hitherto solely been supplied by gravity.

A test drill with detachable auxiliary drills and two built-in horizontal rotating axes for cutter blades was designed. After the design, two drills, one with left-hand helical gears and the other with right-hand ones, are now under construction. They will be tested in Antarctica in January 1979 by the 20th Japanese Antarctic Research Expedition.