

リトラクタブルビットシステムと 孔底ビット交換システム

加藤 完 (環境地質部)・河内 英幸 (元所員・利根工事株式会社)
Kan KATOH Hideyuki KAWACHI

1. はじめに

コアボーリングの新工法として 18年前の地質ニュース145号に ロッドを昇降することなく 掘さくしたコアをワイヤーケーブルで回収するワイヤーライン工法を紹介した。 それ以後 試錐機・試錐器具・ボーリング用泥水等の改良進歩があったが トピック的なボーリング工法は現われていない。 また 石油ボーリングの新工法として 地質ニュース183号及び188号にノーベルドリリングという革新的な工法を紹介したが これらの工法は余りにも革新的で未だ実用化されていない。

コアボーリングの工法別作業時間比率を少し古い資料であるが第1図に示した。 この図からワイヤーライン工法は 普通工法に比べて実掘進時間が多いことがわかる。 しかしながら それでもビット摩耗のため 新しいビットへの交換等に必要ロッド昇降時間が多いことが注目される。 そして当然のことながら ボーリング深度が深くなればなるほどこの時間は多くなる。 もしビット交換もロッドを昇降することなくワイヤーラインで行え

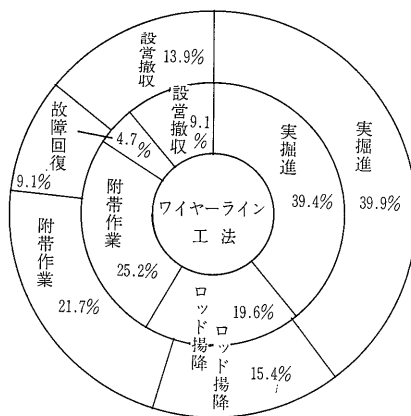
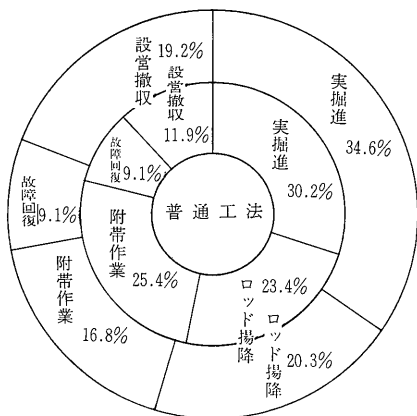
るシステム・切削帯をチェーン状にし切削部が摩耗すると新しい切削部が現われるシステムを採用すれば実掘進時間が増加し掘さく能率は向上することになる。

また これらの工法は孔内状況が悪く ロッドを引き上げると崩壊を起す様な地層の掘さくの場合 ロッドがケーシング代りに常に孔中に残されるので 孔内崩壊を防止できるという利点もある。 近年これら工法の技術が開発されつつあるので ここに紹介する。

2. リトラクタブルビットシステム (Retractable Core Bit Drilling System)

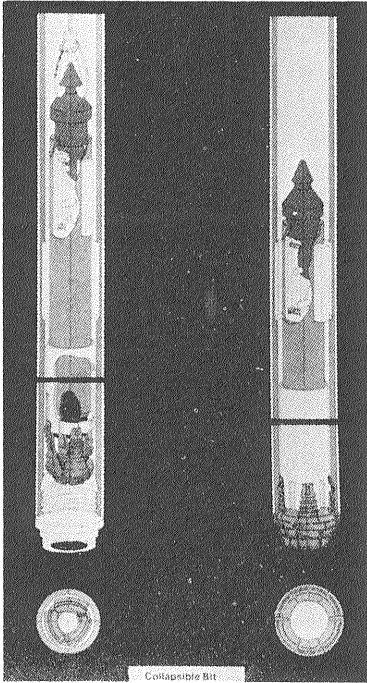
2-1 完全折りたたみ式ビット (Totally Collapsible Bit)

17年間にわたって アメリカの二つの研究プロジェクトが完全折りたたみ式ビットの設計を行ってきた。 一つは全米科学財団 (NSF) の協力を得た 海面下9,600mの深度まで掘さくし 地殻マントルに達するモホール計画のためのボーリングに使用するビット交換工法の研究

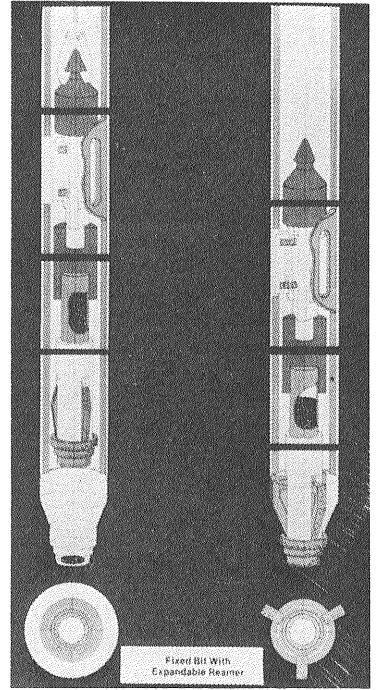


工法	39年度		40年度	
	ロッド揚降	実掘進	ロッド揚降	実掘進
普通工法	44.7%	56.3%	36.9%	64.1%
ワイヤーライン工法	33.2%	66.8%	24.1%	75.9%

第1図 工法別作業時間比率 (金属鉱物探鉱促進事業団1966)。



第2図
完全折り畳み式ビット
(LARSON et al, 1982).



第3図
リーマ付きパイロットビット
(LARSON et al, 1982).

開発である。しかしながら 本計画は中止され プロトタイプのビットが約65%組立てられたまま中断された(第2図)。

このビットは三つに分割され その各々は 移動滑車 (Carrier)・カム (Cam)・ローラ (Roller) 及び傾斜路 (Ramp) 等の複雑な装置により 所定の位置にセットしたり 引込めたりされる。このシステムは孔径251mm に対してコア径は51mmであり 機構が余りにも複雑であるため 経済的なコアボーリングツールズといえな

い。

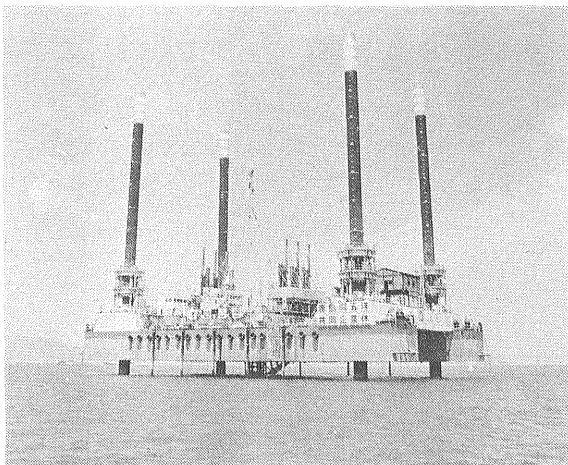
もう一つのプロジェクトは クリステンセン社・ロングイヤ社及び国際ボルトの共同研究によるもので 標準の掘削ツールズ及び地上設備を使用して ダイヤモンドコアボーリングに適した リトラクタブルビットを経済的に開発することであった。ビットの分割部をセットしたり 引込めたりするシステムは前者の設計と余り異なっていない。4本のボーリングテストで延べ58.5m が掘さくされ 36.9mのコアが採取された。しかしながら その引込機構が余りにも複雑であるため あてにならず 経済的にも高価であることから研究は中止された。

2-2 リーマ付きパイロットビット

(Pilot Bit With Reamers)

このビットはコア掘さく用のパイロットビットと 拡孔用の固定式或は引込み式のリーマとからなる。リーマ付きパイロットビットはロッドを通して引込められ回収することができる(第3図)。

1972年にオーストラリアのマインドリル社は飛び出し式リーマ付きパイロットビットを設計した。これは現用のロッド及び試錐機具を使用して ビット交換システムを開発することであった。プロトタイプのビットが製作され 多数のボーリング現場で 延べ約17kmの掘さくテストが行われた。しかしながら 水もれ・引込



第4図 本四架橋掘削工事のウエルマン工法(住友金属鉱山(株))

み機構の引っかかり・ロッドの烈しい騒音・パイロットビットの不揃い及びリーマ部の構造的欠陥等の問題があり開発は中止された。

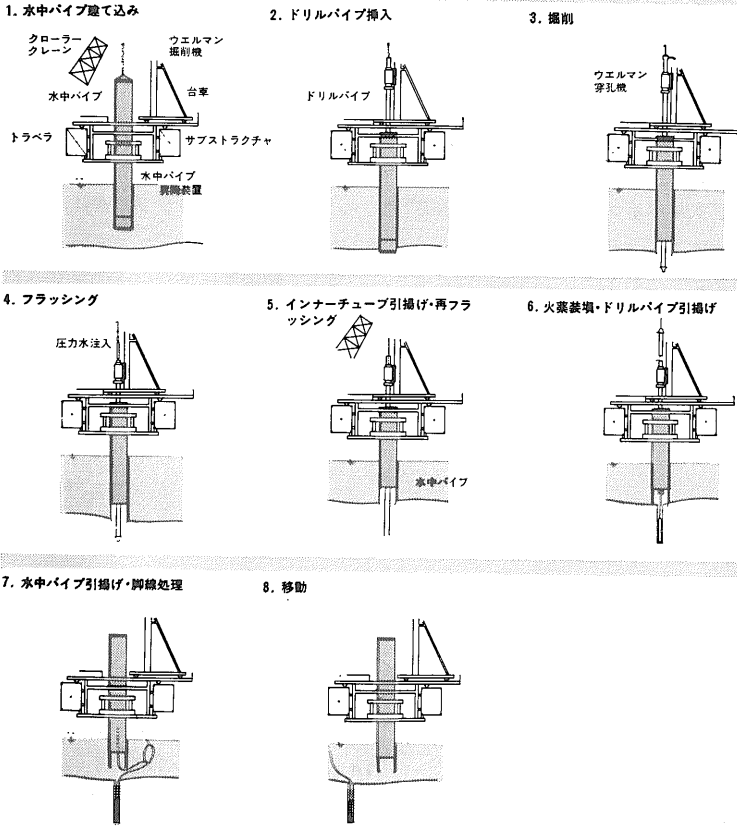
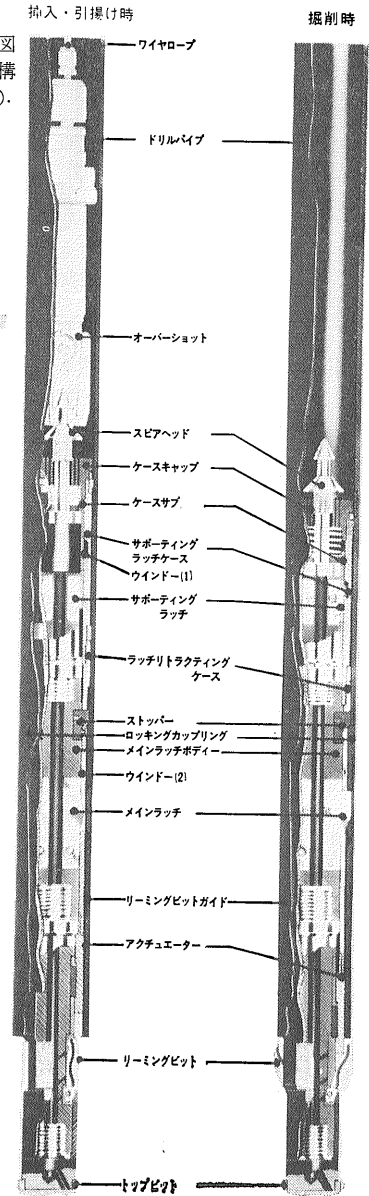
住友金属鉱山(株)はリトラクタブルリーマ付きパイロットビットを製作し ビット交換工法のわが国における初めての開発に成功し ウエルマン工法と呼称している。ロッドを昇降せずに コア採取・ビット交換が可能な特長を生かして 本州・四国架橋の海底岩盤掘さく工事に使用している(第4図)。本工事の目的は 海底下の表層をボーリングで突破し さらにその下に横たわる基盤岩を破碎することにある。本工法(Overburden Drilling Method)によると 従来のように表層を剝す必要がないため 海洋生物に対する影響を最少限にとどめることができる(第5図)。本装置のおもな仕様を第1表にその機構は第6図に その作動は第7図に示した。

即ち(挿入) スピアヘッドをスピアヘッドコイルスプリングに抗して引張ると ケースサブが上昇し ウィンドー(1)でサポーティングラッチがサポーティングラッチボディ中に収納される。さらに引続きスピアヘッドを引くと ケースサブの上端がケースキャップの内面に

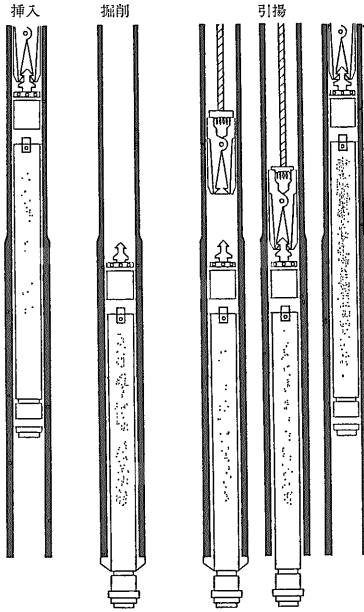
第1表 ウエルマン仕様(住友金属鉱山(株)) (単位:mm)

	4-0	5-6	8-0	
孔 径	101.6	146.0	210.0	
外径	アウターチューブ	92.0	130.0	194.0
	ドリルパイプ	88.9	127.0	190.7
内 径(最小径)	72.8	104.5	168.0	
重 量 (kg)	25	63	170	

第6図
ウエルマン機構
(住友金属鉱山(株)).



第5図 掘削・装薬作業手順(住友金属鉱山(株)).



第7図 ウェルマンの作動
(住友金属鉱山(株).)

当りケースキャップを上昇させる。ケースキャップと一連に接続されているサポータラッチケース・ラッチリトラクティングケース・アクチュエータが引上げられるため リーミングビットが閉じ ウィンドー(2)によってメインラッチがメインラッチボディ中に収納され挿入準備完了となる。

(掘さく) 挿入準備完了のウェルマンをドリルパイプに挿入し 先端の指定位置に達すると ロッキングカップリングによってストッパーが解錠され ラッチリトラ

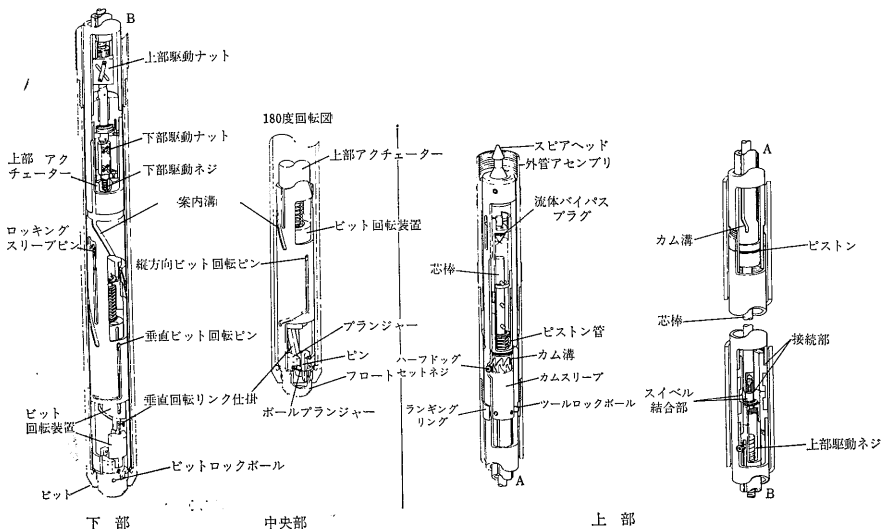
クティングケース全体がさらに前進する。 サポータラッチがケースサブのウィンドー(1)を通じ サポータラッチケースのカット部とかみ合う。 またメインラッチもラッチリトラクティングケースのウィンドー(2)を通じてリーミングビットガイド中のスプラインとかみ合う状態になる。 リーミングビットはアクチュエータの前進によって開き 掘さく準備完了となる。

(引揚げ) 掘さく終了後 オーバーショットを挿入しスピアヘッドと自動的に結合した後 ウインチで引張ると 挿入時の部品の動きと同様になり インナチューブ全体がドリルパイプの中を通して引揚げられる。

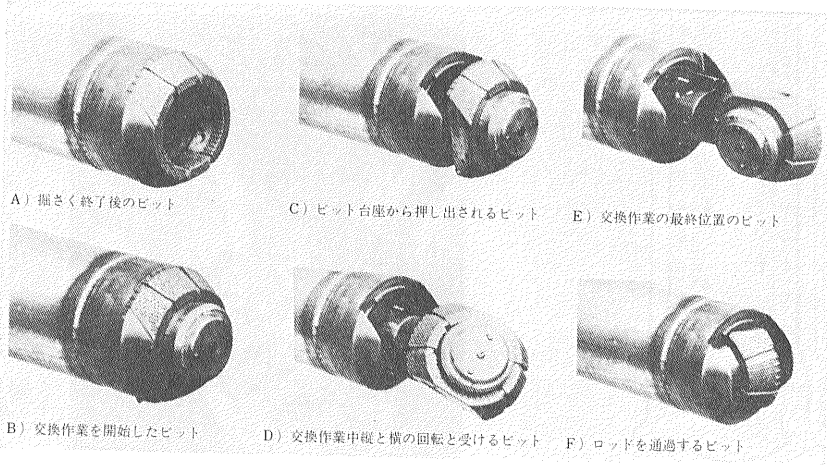
2-3 単体リトラクタブルコアビット (One Piece Retracting Bit)

アメリカのロングイヤ社はドフェル社と共に米国鉱山局の依頼をうけ ワイヤラインシステムによるインナチューブの引揚げとコアビットの引揚げを別々に行う研究開発を進めてきた。本装置の機構は第8図に示しビットの着脱の作動要領は第9図のA～Fに示した。即ちオーバーショットアセンブリをワイヤラインでロッド内を降下させ 水圧によって着座リングにロックさせる。切り離す時は ワイヤラインケーブルの作動機構を引張りビットを回転させ ロッド中を通してビットを引揚げる。地表に引揚げたら摩耗したビットを取替える。

プロトタイプのコアビットによる室内テストの結果ではビット表面及びテーパ部のダイヤモンドの摩耗が一様であり ダイヤモンド植込量が普通のビットよりも約30%少いのにもかかわらず 掘進率は変わらなかった(第



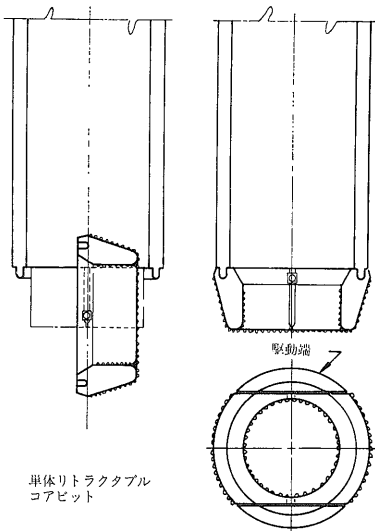
第8図
単体リトラクタブルコア
ビットの機構 (LARSON
et al, 1982).



第9図
単体リトラクタブルコアビットの作動 (LARSON et al, 1982).

10図). そして 野外テストがニューメキシコのボーリング現場で行われている。

本工法と通常のワイヤーライン工法との掘削ツールの昇降時間を比較すると 計算上本工法が約25%も少い。逆に云えば それだけ実掘進時間が増加するわけである。本工法と通常のワイヤーライン工法との 深度別及びビットライフ別の昇降時間節約の累積を第11図に示した。この図が示す様に深度が深くなるほど またビットライフが短くなるほど (岩質が硬くなるほど) 本工法の有利さが現われてくる。

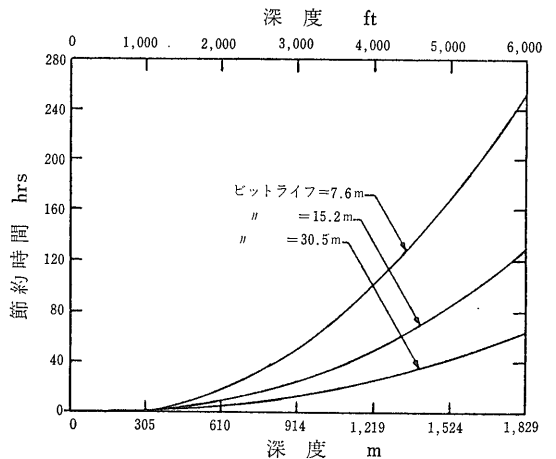


第10図 単体リトラクタブルコアビット (LARSON et al, 1982).

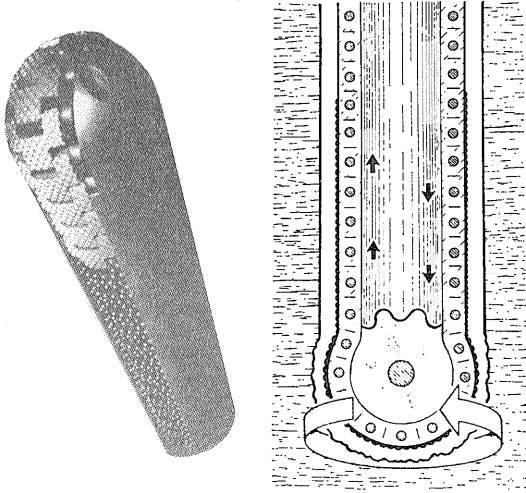
3. 孔底ビット交換システム (Downhole Changeable Bit Drilling System)

3-1 連続チェーンビット (Continuous Chain Bit)

アメリカのマウアーエンジニア社とクリステンセン社は1975年にチェーンビットの試作機を製作した (第12図)。本装置の機構は 2個の銷歯車 (Sprocket)——1個はビットの底に 1個は5~6フート (1.5~1.8m) 上部に位置する——の間を巡回するチェーンの表面に 切削刃・タングステンカーバイト或はダイヤモンドを植込んだものである。掘さくは下部スプロケットの下半部を取巻いているチェーン部で行われる。切削部の長さは6インチ (15cm) で それが摩耗すると次の新しい切削帯が旋回して現われる。2個のスプロケット間の距離は10



第11図 深度別・ビットライフ別節約昇降時間 (LARSON et al, 1982).



第12図 連続チェーンビット模式図 (Wrold oil 1975).

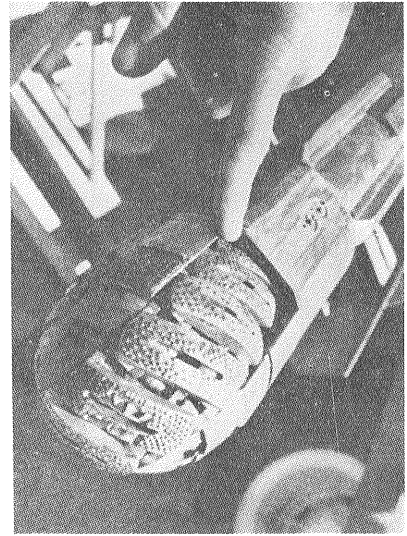
フート (300 cm) 離すことができれば 約20フート (600 cm) のチェーンとなり40個分の切削帯を得られる。このビットライフが通常のビットライフの半分としてもこのシステムのビットライフは20倍にも達することになる。

アメリカのサンディア国立研究所は1977年に小口径のチェーンビット1号機をテストし その結果をもとに2号機を製作した。このビットはダイヤモンドを植付けた50リンクのピースをもち 1回の切削に5ケのピースを使用するので 10回のビット取替を孔底で行うことができる(第13図)。2号機の機構は第14図に示した 本機の直径は4 $\frac{1}{4}$ インチ (12 cm) 長さは96インチ (244 cm) である。チェーンビットの施回は大きならせん状スプリングに貯えられているエネルギーによって行われる。その作動は

- (1) 回転を止め ポンプの運転を停止すると 本体のロックがはずれる。
- (2) 次にビットを浮かすとチェーンリングが施回する。
- (3) ポンプを運転して泥水圧力をかけ ビットを孔底に押しつけると 本体がロックされる。
- (4) 再びビットを浮かすとチェーンがロックされる。
- (5) 回転をかけ 掘さく作業に入る。

花崗岩を対象とした野外テストでは6切削面のものを使用し 合計250フート (75m) 掘さくした そのうちの一つの切削面は78フート (24m) も掘さくしている。

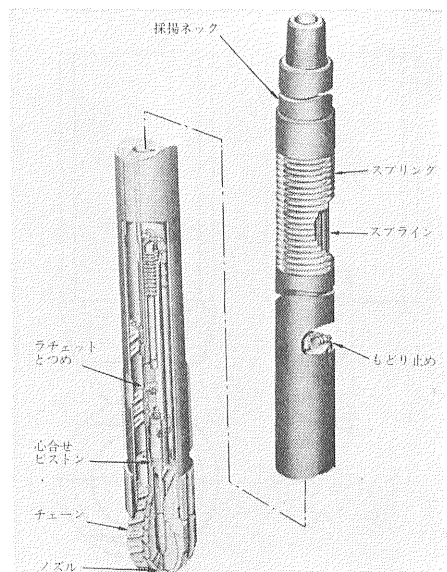
3-2 孔底交換ビット (Downhole Changeable Bit)



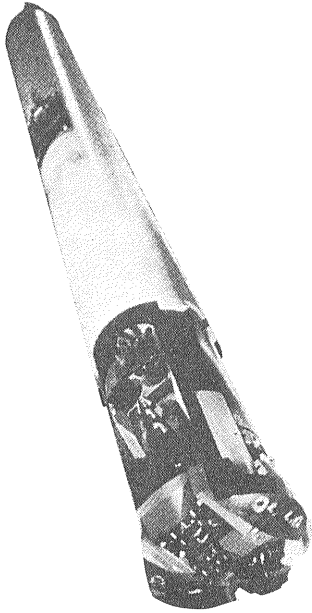
第13図 連続チェーンビット (小口径) (VANARDO et al, 1979).

本ビットは小型のローラコーンを孔底から数フート上にある格納室に十数個収納しておき チェーンビットと同様に掘削ツールを昇降せずに 孔底でローラコーンを交換する方式のもので アメリカのツール社で試作された (第15・16図)。

ビットの取替は泥水圧力によるが 泥水を三回送ったり止めたりするとそれを数えるシステムが組みこまれて



第14図 連続チェーンビット (小口径) の機構 (VANARDO et al, 1979)

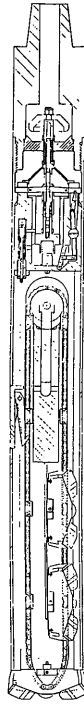


第15図 孔底交換ビット (World oil 1975).

いて 作動を開始する。このビットのローラコーンは格納室に内蔵されているため小型のものしかできない。このためベアリング部も小さくなり 大きなビット荷重に耐えられないことになり 掘進率は余り期待できないことになる。しかし もし このビットの摩耗が通常のビットの3~4倍程度であるならば 格納室にローラコーンが12組も収納されるので 競争できるのではないかと期待がかけられた。しかしながら 結果は余りかんばしくなく最終的にはこの研究は中止されたが この技術は前記の連続チェーンビットの成功に大きく貢献したといわれる。

4. おわりに

ウエルマン工法のように実用化されているものもあるが大部分は未だ研究開発の段階である。問題はこれらの装置が複雑すぎるため故障も多く また価格の高い点にある。しかし 技術の進歩が止まることを知らない今日 これらの装置の簡素化・頑丈さ(耐久時間の増加)及び価格の低減化は十分考えられることである。モホール計画ばかりでなく 地下資源探査・開発でも大深度ボーリングの必要性が強調されている現在 これらの技術が実用化に向って一步一步前進していくものと思われる。

第16図
孔底交換ビットの機構
(日本産業機械工業会 1980).

参考文献

- 加藤完(1966) ワイヤーライン試錐工法. 地質ニュース 145号 p.32-35.
- 河内英幸・加藤完(1969) ノーベルドリリング (Novel drilling). 地質ニュース183号 p.14-17.
- 河内英幸・加藤完(1970) ノーベルドリリング②. 地質ニュース 188号 p.22-25.
- 木村彰宏・河内英幸(1983) 掘削. 地質と調査 No. 3 p.20-28.
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1966) 昭和40年度地質構造調査報告書. p.10-17.
- LARSON, W. C., SVENDSEN, W. W., HOFFMEISTER, J. F. and COSADO, R. E. (1982) Retractable core bit drilling system. Mining Engineering Vol.34, p.163-170.
- MAURER, W. C. (1968) Novel drilling techniques. Pergamon Press 114p.
- 日本産業機械工業会(1980) 昭和54年度サンシャイン計画委託研究開発報告書 高温地層掘削技術の開発. p.209-212.
- 住友金属鉱山株式会社 ウエルマンシステム
- VARNADO, S. G., St. CLAIR, J. A. and TOGAMI, H. K (1979) Result of chain bit field tests are promising. World Oil Vol.189, No.5, p.59-61.
- WORLD OIL (1975) Unique design ideas may increase bit life. World Oil Vol.181, No.4, p.67-72.