

39. 無反動懸垂掘削機の開発

(株)利根ボーリング 池田修久 浜村 敏之

1. まえがき

地中に円形の孔を掘削する場合、地表に掘削機を設置するものと、ダウンザホールタイプの水中掘削機との方式に分かれる。前者は、ビットに回転動力を伝達するため、後者は、掘削機の反動モーメントを受けるために剛性のパイプが用いられている。また、後者の場合、掘削された孔壁で反動を受けるものもある。

ここで、発表する掘削機は、前述の掘削方式の改良ではなく、世界に全く類例をみなかった無反動構造による懸垂掘削機のことで、今日、開発と実用化に成功したので、その構造、性能ならびに実績について紹介する。

2. 動力伝達機構

この掘削機は、リバースサーキュレーションを併用した無反動による無振動・無騒音水中掘削機で、その外観を写真-1に示す。代表的用途は、場所打コンクリート杭を造成するために地中に円形の孔を掘削するものであるが、本機特有のカウンターバランスの構造原理は、「作用と反作用の法則」の両方の力をそのまま掘削トルクとするため、原動機を搭載した本体に反動モーメントが生じないことであり、結果的にロープのような抜けに対し、フレキシブル性のものでも懸垂しながら円形断面の孔を掘削できることである。この原理で構成された相等しい方向反対の二つのトルクを、ビットに直結した出力軸の自転と公転とに伝え、負荷仕事量の均一化を図っている。

この無反動性を構成する動力伝達機構を図-1に示す。すなわち、2基の水中モータルの回転は、それぞれの減速機を経て、それぞれ別個の差動装置に伝達される。この差動装置で生じた二つの出力トルクが、自転用ギヤトレーンと公転用ギヤトレーンにより、伝達トルクをカウンターバランスするように修正し、本体中央部の二つの軸に伝わり下部公転部に伝達される。この二つの伝達トルクは、作用と反作用の関係になっている。中央二軸のうち的一方、すなわち、自転用ギヤトレーンから回転される内側の軸の下部には太陽ギヤが固定され、公転ケースに支持されるアイドル遊星ギヤとビット軸遊星ギヤとの噛合により、ドリルビットを時計方向に回転させる。他方、公転用ギヤトレーンから回転される外側の軸は、その下部で公転ケースに直結されているので、ドリルビットを反時計方向に公転させる。

結局、ドリルビットの自転トルクと公転トルクは、大きさが等しく、方向に逆方向であるため、無限大の負荷(原動機が止まる)に遭遇してもドリル本体静止部を揺るモーメントは発生しない。



写真-1 機体外観

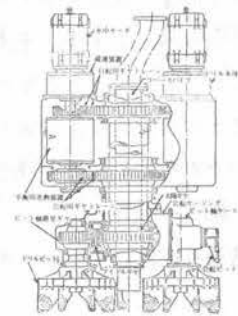


図-1 動力伝達機構

その他、本機は水中掘削機であるため、バランス式メカニカルシールを採用している。このシールの摺動抵抗や孔内の回転水流によって生じる付加的な僅少なモーメントも、バランス回路の制動により、完全バランスを図ることができるようになっている。

3. 掘削性能

一般に、地層の掘削にあたっては、いかに速かに掘削したカッティングを孔底から排除するかが、その能率を左右する。孔底で掘削カッティングをミキシングするようなビットでは、循環水が濃泥化し、リバース効果を低下させるほかに、排泥処理費も高くなる。

これらの観点から、本機のビットは、自転および公転運動によりその刃先はトロコイド状軌跡を画くためカッティングが比較的大きく、高い掘削能率が得られるばかりでなく、図-2に示すように、カッティングをリバース吸込口付近に積極的に掻集める性能があり、ビットの洗浄効果も高いので、大孔径掘削のビット性能に最も適合したものと見える。

4. 工事実績の一例

数多い実績の中から、英国コステイン、ターマック、HBM3社JVのテムズ河ロンドン下流の洪水調整用コフファダム建設工事に納入した本機の掘削実績を紹介する。本機は60~75M×15Mの長方形ピアの基礎を仮設ガントリから掘削するもので、河底のチョーク層を1ピア当り100本~125本、約15M掘削する。ピアは9基建設される。本工事に先立ちテスト掘削を行った。掘削孔径は2M、期間は50年6月25日~7月7日、掘削深度は10M孔が7本、18M孔が2本であった。地層はチョーク層で、中に非常に硬いフリントの層(厚さ20~40cm)や塊が含まれていた。掘削は順調に行われ、掘進率は深度13Mまでは約4M/hr、13M以深の粘着性の強い所で約27M/hrであった。硬いフリントはビットにより砕かれて排出された。また、粘着性の強い層でも洗浄効果を発揮し、ビットの粘着は皆無であった。掘削は、フレン懸垂によるローファウン方式により本機の特長を發揮し満足する結果であった。

5. まとめ

この掘削機は、国内以外に米英独仏伊の特許をすでに取得している。特に、ドイツ特許の審査過程でみられた引例は、「完全無反動で地中孔を掘削しよう」という思想で具体的構造をもつたものはなかった。よって、「このようにすれば無反動構造になる」という本機の具体的構造を審査官のアドバイスもあり広いクレームで特許を取得することができた。

近年、土木技術も高度化しつつあるとき、本機の「スライム掻集めとビット洗浄性能」「玉石破碎効果」「比較的強度の三紀岩盤の掘削性」「吊掘り可能な無反動構造」および「高い垂直性」が工法の革新に寄与できればと考えている。その他、港湾土木と浚渫、特に、ヨーロッパのように潮の干満差の大きいところでの基礎工事に、この無反動構造が、大きな威力を發揮できるものと期待している。更に、性能上の改良を加えるとともに、この機機の特異性を広範囲な市場に生し、「世界の掘削機」として今後に望みたいと考えている。



図-2 ビット刃先の軌跡



写真-2 テスト現場