ブレードビットとコーンビットの掘さく作用の比較

藤井清光*・佐藤光夫*

(昭和44年1月30日受理)

Penetration Effects of Blade Bit and a Cone Bit

by

Kiyomitsu FUJII and Mitsuo SATO

Abstract By the use of a laboratory drilling equipment the penetration effects of both a blade bit and a cone bit were measured under atmospheric pressure. In this study a 3 3/4 in-three wing blade bit and a 3 3/4 in-three cone soft type bit were tested. As rock samples soft andesite and tuff were used. In drilling tests with same bit load and rotary speed the penetration rate of a blade bit was as great as twice as that of a cone bit. To obtain a similar penetration rate of a cone bit, a blade bit needed the reduced load of 60-66% of that given to a cone bit. As a result of analyses of grain size distribution of cuttings, greater grain size was obtained at a lower rotary speed in a test with a cone bit: on the contrary to this, there was no obvious relationship between grain size and rotary speed in a test with a blade bit.

1. 研究目的

最近では石油または天然ガス井の掘さくには、ほとんどコーンビットが使われ、ブレードビットの使用はごくわずかである。しかし一般には、ロータリー掘さくに使われるビットはブレード型とロックビットに分類される。そしてブレード型は軟らかい地層の掘さくに威力を発揮し、特に価格の点で有利である。一方、土木関係の掘さくにはブレードビットが主として使われ、ロックビットの使用は例外に属する。さらに非常に硬い地層に対してはロックビットは不適當であって、ダイヤモンドビットまたはメタルクラウンビットが使われる。以上のことはロータリー掘さくに対してロックビット（特にコーンビット）が万能でなく、ブレードビットの存在を無視することができないことを意味する。

この研究はブレードビットとコーンビットの掘さく作用を実験によって明らかにして、両者の特色を比較することを目的とする。コーンビットの掘さく作用に関しては詳しく報告されたもの^{2,3)}があり、ブレードビットの掘さく作用に関しても報告されたり。それで今回は各ビ

ットの掘さく作用の詳しい説明を省略し、両者の比較のみについて記すことにする。

2. 実験方法

2.1 装置

実験装置は参考文献²⁾と同じであるが、装置の一部を改善した。すなわち小さい荷重をビットに与える場合は油圧シリンダーを使わず、テコと“おもり”による荷重を与えるように改善した。この研究では、主としてこの方法でビットに荷重が与えられた。循環流体としては清水が使われ、その流量はカッチングを完全に除去するようにした。

ビットの変位は最高70mmまで測定可能であり、荷重は最高約5t、トルクは最高40kg・mまで測定可能であり、各測定値の周波数は約300c/sまで測定できる計測器が使用された。なお、ビットの回転数は22~165rpmの範囲で9段切りかえが可能である。

2.2 ビット

実験に使われたビットは写真に示されているような3枚刃ブレードビット（直径3 3/4 in）および軟質用の3コーンビット（直径3 3/4 in）である。なお、ブレード

* 東京大学工学部資源開発（石油）工学科

写真 使用したビット
コーンビット ブレードビット

ビット刃の先が石に接触する部分は $42\text{mm} \times 4\text{mm} \times 3$ 個である。カッティング除去の条件を同じとするため、泥水噴出口の形はともにレギュラー型である。実験に使用されたビットの寸法は第1表に示されている。

第1表 ビットの寸法

	直 径 in mm	型 式	泥水噴出 口直径 mm	その他
ブレードビット	3 3/4 95	3 枚刃	25	刃の長さ 42mm, 幅 4mm
コーンビット	3 3/4 95	3 コーン	20	オフセ ット角度4°

2.3 石の試料

掘さくに使用された石は白河石（安山岩）および青石（凝灰岩）である。その物理的性質は第2表に示されている。水に濡れた状態および水に飽和された状態においても測定された。掘さくには水が使用されたので、石の性質は水に接触した状態のものを使用すべきである。なお、強度測定の場合の試料の寸法は直径は 30 mm で、長さは圧縮試験の場合は 60 mm、圧裂試験の場合は 15 mm であった。

第2表 石の強度 kg/cm^2

	白河石(安山岩)		青石(凝灰岩)	
	圧縮強度	圧裂強度	圧縮強度	圧裂強度
乾 燥 状 態	400	28	380	53
水に濡れた状態	280	24	219	30
水 飽 和 状 態	270	21	150	22

3. 測 定 結 果

3.1 測定記録に表われた特色

ブレードビットとコーンビットの掘さく作用の特色を

第1図より知ることができる。これは白河石に対し1.07～1.17 t の荷重、および 22 rpm の回転を与えて掘さくしたものである。この図で横軸はビットの掘進時間であり、縦軸は上よりビットの変位、トルクおよび荷重を示す。まず変位の変化は、ブレードビットでは非常にめづらかであるのに対し、コーンビットは上下の変動がある。その理由は、ブレードビットの刃先は常に石に密着しているのに対し、コーンビットは（文献²⁾に示すように）、コーンの回転によりビット全体が上下に動くからである。したがってブレードビットを使用すれば、ドリルパイプに振動というわるい影響を与えるのを防ぐことができる。変位の変動は石が受ける荷重に影響を与える。すなわちブレードビットでは荷重の変動はわずかであるが、コーンビットでは荷重の変動が大きい。この理由はブレードビットは静荷重のみ受けるのに対し、コーンビットは静荷重のほかにビットの上下運動による動荷重が加わるからである。

トルクに関しても両者には差がある。コーンビットにおけるトルクの変化は（この測定では）1秒間に7～10回程度であるが、ブレードビットのトルクはこれよりはるかに多く変化している。このような差はビットの掘さく作用の違いより生ずる。すなわちブレードビットは刃先が石を（ほとんど）水平にけずりながら回転するのに対し、コーンビットでは刃先は“石をこじめる作用”をなし、これにビット全体の上下運動が加わる。その結果、コーンビットよりブレードビットの方がはるかに大きなトルクを示す。

以上のように、第1図はブレードビットとコーンビットの掘さく作用の本質的な違いをはっきり示している。

3.2 荷重・回転と掘進速度の関係

ビットに与える荷重とビットの掘進速度の関係を示したものが第2図（白河石を使用）および第3図（青石を使用）である。なお、回転数は 22, 99 および 165 rpm となっている。一定回転数における荷重と掘進速度の関係は、両種類のビットとも同じ傾向を示している。しかし一定荷重・一定回転数における掘進速度を比較すると、ブレードビットはコーンビットの約2倍になっている。このことは従来見落されていた重要なことである。石の性質が第2表の程度の場合には、ブレードビットを使用して掘さくする方がはるかに有利であることを、これらの図は示している。これらの図は同じ掘進速度を得るには、ブレードビットはコーンビットより小さい荷重でよいことを示している。すなわちブレードビットに与える荷重は、コーンビットの場合の 60～66% にすれば両者の掘進速度は同じになる。多数のドリルカラーを使うことは困難なことが多いが、ブレードビットを使用す

第1図 掘進時間と測定結果の関係—ブレードビットとコーンビットの比較 (22rpm, 白河石)

第2図 荷重と掘進速度の関係 (白河石)

第3図 荷重と掘進速度の関係 (青石)

第4図 回転数と掘進速度の関係（白河石）

第5図 回転数と掘進速度の関係（青石）

ればドリルカラーは少なくよく、経済的に有利である。

以上の実験結果を整理し直し、横軸に回転数をとって表わしたものが第4～5図である。すなわち第2図より第4図を求め、第3図より第5図を求めた。このように整理し直しても、2種類のビットの掘さく状態は全く同じ傾向を示す。

3.3 トルクと荷重の関係

ビットに対する荷重の増加はビットにおけるトルクの増加となる。第6図はこれを示しており、さらにこの図より次のことが理解できる。

- (1) 荷重とトルクは直線的な関係にある。
- (2) コーンビットの場合よりブレードビットの場合の方がはるかに大きなトルク (2.4～3.0倍) となる。
- (3) ブレードビットではトルクは石によって差がないが、コーンビットでは白河石におけるトルクより青石におけるトルクが大きい。

第6図 荷重とトルクの関係

同じ荷重では両種類のビットでトルクに大きな差があるが、ブレードビットの方が掘さく効率ははるかに大きいので、このような差が出ると見ることもできる。同じ掘進速度では、ブレードビットのトルクはコーンビットのトルクの1.2～1.5倍程度であって、両者の差は小さい。

3.4 カットングの粒度分析

ビットの掘さく作用を知る一つの方法として、ビットによって砕かれたもの、すなわちカットングの粒度を調べる方法がある。一般に大きな粒のカットングを生ずる掘さく方法は、小さなものを生ずる場合より高い掘さく効率を示すといえることができる。実験においては、掘さくによって生じたすべてのカットングを集め、水で濡れた状態でふるい分けをし、乾燥し秤量したものである。このような分析結果は第7～12図に示されている。

まず、第7図（ブレードビット）と第8図（コーンビット）は粒度に対する荷重の影響を示す。これは白河石を使用して99 rpmにおいて荷重を変えて掘さくした場合を示す。これによればブレードビットでは、大きな荷重ほど大きな粒のカットングを生ずることが明らかであるが、コーンビットではこのことは顕著でない。なお、この傾向は青石を使った実験においても同じように表われている（実験結果を省く）。

次に第9図（ブレードビット）と第10図コーンビットは、粒度に対する回転数の影響を示す。すなわち青石を使用して、一定荷重において回転数を変えて掘さくした場合を示す。これによれば、上の場合と逆に、ブレード

第7図 荷重とカッティング粒度の関係—ブレードビット (99rpm, 白河石)

第11図 カッティング粒度の比較 (荷重0.80~0.89t, 99rpm, 白河石)

第8図 荷重とカッティング粒度の関係—コーンビット (99rpm, 白河石)

第12図 カッティング粒度の比較 (荷重1.10~1.17t, 99rpm, 青石)

第9図 回転数とカッティング粒度の関係—ブレードビット (荷重0.68~0.75t, 青石)

第10図 回転数とカッティング粒度と関係—コーンビット (荷重0.72~0.88t, 青石)

ビットでは、小さな回転数において大きな粒のカッティングを生ずることが明らかでないが、コーンビットでは、非常に明らかである（なお、この測定ではリカッティングが生じないほど十分に水を循環したと考えられる）。このことはコーンビットの掘さく作用は、回転数に直接に関係することを示すものであって、重要なことである。なお、青石を使った以上の実験の傾向は、白河石を使った場合にも同じように表われている（実験結果を省く）。

同じ掘さく条件において粒度を比較したものが第11図（白河石）と第12図（青石）である。ともにコーンビットの方が、ブレードビットより大きな粒のカッティングを生ずることを示す。

4. 結 論

ブレードビットとコーンビットの掘さく作用を比較する目的で実験的研究を行ない、以下のような結論を得た。

(1) ブレードビットはコーンビットに比べて、変位の変動および石に与える荷重の変動が小さいが、トルクは大きい。

(2) 一定荷重・一定回転数においては、ブレードビットの掘進速度はコーンビットの掘進速度の約2倍であ

る。

(3) 同じ掘進速度を得るには、ブレードビットに与える荷重はコーンビットに与える荷重の 60~66% である。

(4) 一定荷重におけるトルクは、ブレードビットの場合はコーンビットの場合の 2.4~3.0 倍となる。

(5) 同じ掘進速度となるためのトルクは、ブレードビットの場合はコーンビットの場合の 1.2~1.5 倍となる。

(6) カッティングの粒度分析の結果によれば、ブレードビットでは大きな荷重で大きな粒を生ずるが、回転

数の影響は小さい。これに反しコーンビットでは、小さな回転数で明らかに大きな粒を生ずる。このことは 2 種類のビットの掘さく作用の差が原因である。

参 考 文 献

- 1) 藤井清光：ブレードビットの掘さく作用に関する基礎的研究，石技誌21巻5号，昭和31年9月
- 2) 藤井清光：ロータリービットの掘さく作用に関する測定（第1報），石技誌33巻5号，昭和43年5月
- 3) 藤井清光：同上（第2報），石技誌34巻2号，昭和44年3月