岩石掘鑿用ハードメタル試験の実際

中山 好 弘*

(昭和31年11月24日受理)

Study on Drillability of Bit

By

Yoshihiro NAKAYAMA

Abstract: This report is a part of study on the relationship between hard metal particle effect or self cutting effect and wear. And many sorts of deformation of the drill-bit-tooth which occur during long drilling as a result of excessive load are mainly discussed in the report.

緒 言

掘鑿中のビットの刃先状態を仔細に検討すると、種々の複雑な運動機構の集合から成り立っていることがわかる。しかして、これらビットは従来から、使用目的ならびに使用条件等に従がつて適切な型式が採用されているにもかかわらず、刃先の硬装（ハードフェーシング）および硬装方法に関する各分力抗力の検討、いい換えれば刃先の主要運動機構に対する適合性について、幾多の課題を残しているのが現状である。石油掘鑿用ビットの基礎掘進理論については、目下精密に追究されつつあるので、ここでは掘進要素の一部をなす超硬質合金硬装材（ハードメタル）についての筆者等担当の試験の過程にあつて、その一端を紹介するものである。

刃先におけるハードメタルの役割

岩石掘進にさいして、いかなるビットも鋼のままで良好なる成果を望みえぬことは、今日では最早一般化されたことであり、刃先の肝心な部分を超硬質合金で保護することは、例外なく実施されているのである。たとえばフィシユティルビットのごとき簡単な刃にあつては、往時、盛んにステライト・ヘイステライト等の硬質合金が使用された。これは刃先の磨減を防ぐ意図にもとづき、ビットの刃先原形を長く持続せしめ、もつて掘進の結局効果を得るにあつたことが主要な点である。この際刃先の磨減によつて徐々に掘鑿力が低下することは、磨

減によつて刃先断面が拡大し、刃面単位荷重が低下するにほかならない。通常、いわゆる軟質岩にあつては、磨耗の変化に対する掘鑿力の変化は緩曲線状に示され、やゝ硬質岩にあつては、著しく掘進率を低下する部分を有する屈曲線状を示す。この屈曲部を仮に臨界点と名付けるならば、この臨界点以下の掘進機構条件下においては、刃面下に受ける単位荷重が、その岩石の弾性強度を越えざる状態と考えられ、この掘進状態において掘屑量は少なく、かつ、掘屑中微粉末の占める割合が多い。また、臨界点以上では弾性強度を越えて、いわゆる搔掘機構が加わっていることを示し、掘屑分析においては、明らかに搔掘作用を示す特有な扁平状掘屑を多量混入する。しかし、いずれにしても刃面が坑底を圧擦している以上、表面の結晶質ないし分子の歪による破壊（ここでは掘進の一部と見る）が、ともに存在していることは認めねばならない(第1図参照)。すなわち当初の刃面が、その単位荷重との関係で最初の掘進機構が決り、搔掘作用の時間的な長さは、磨耗早さに起因する上記臨界点到達の早さによつて決まるのであるが、刃先に磨しき磨耗を与えるごとき結晶粒からなる岩石岩にあつては、特に搔掘範囲が狭りごとく硬質岩にあつては、弾性強度特に大なるため、単位荷重は容易にこれを越え得ず、試みに全荷重を増大しても、当初掘鑿力向上顕著なものがあるが、すぐに低下することは、掘鑿力に対して磨耗が優先する不合理な状態を示すものである。

しかし、近来、粒子状ハードメタルの良質のものが使

* 帝国石油株式会社 技術研究所

第 1 図 掘進状態の 2 態様

(上図は典型図, 右下は実際図)

用されるに至つて、刃面積が拡大しても、なお良好な掘進を持続することがある程度可能となつた。すなわち、これによれば、ハードメタル粒子を刃面に適当に散布熔着し、硬装体自身に受ける単位荷重と、刃面母材部に加わる磨耗抵抗との釣合ひによつて、有効な掘進を持続し得るのである。また同様な理由の下に、超硬質合金チップを刃先に並列的に配置熔着することも行われている。しかし、これとても刃先の鋭利な方が掘進力は良好なのであるから、刃断面に基づく掘進力と、硬装および硬装方法による掘進力との 2 元的の要素から成立っていることが了解される。ブレードビットは普通、常識として搔掘作用のみについて云々される。しかし、筆者等の行つた試験は、特に短孔掘進による比較試験であるから、いきおい使用岩石は比較的硬質岩が多く、それらの示す掘進率程度では刃の進行ビットが微少で、これが圧入原理以前の場合が多く、弾性強度について問題とするのもこれがためである。

ソリッドエッジ 比較試験

硬装刃面は通常硬装面と母材面から成立つが、掘進力は両者の耐磨耗性 (H^*) の相関関係に起因し、かつ刃先の磨耗を示すこと前述の通りである。しかしながらハードメタルの本質的な掘進・磨耗の相対値は、前記母材部のごとき複次要素を排除しなければ正確を期し難い。したがつて本項実験においては、ハードメタルチップのみ突出せしめ、

第 2 図 使用ビット

いわゆるソリッドエッジの形で、ハードメタルの磨耗速度 (V^{**}) と掘進力との比較試験を行つたのである。ただしこの際の磨耗速度とは、掘進率に基づく当岩石坑底の磨擦条件 μ の変化との相対磨耗値であることを附言する。なお磨耗量 (V) は断面積変化に基づき計算して得たものである。

比較試料

- イ 焼結法により製造した 10% Co ドリロイチップ (帝石製)
- ロ 熔融法により鑄造されたコバルトボリアム (米国製)

第 1 表

チップ名	1 丁に付植込数	製法	硬度	分析値			
				W	C	Co	Fe
ドリロイチップ	7.5mm 幅 3 6mm 幅 6	焼結	RA 88	86.0	4.0	10.0	
コバルトボリアム	〃 〃	鑄造	RA 80	79.0	4.0	12.0	4.0

使用ビット……3吋3枚刃, 各チップ等間隔配列 (第 2 図参照)

使用条件……岩石: 硬質花崗岩 (硬度未測)

荷重: 1,000 kg

廻転: 90 r.p.m.

第 4 表に示すグラフは第 2 表, 第 3 表の試験結果より算出したものである。横軸には単位荷重の大きさを取り、縦軸にこれに対する 1 分当り磨耗量を示した。第 4 表は

第 2 表 断面積と掘進率との関係
(ボリアムチップ)

* 磨耗を高さ・長さに表示される数値

** 磨耗を容積・重量にて示す数値

第 3 表 ドリロイチップ

(花崗岩 $W_T=1,000$ kg, $N=90$ RPM)

第 4 表 単位荷重に対するエッジ磨耗速度
(ボリウムとドリロイ)

(花崗岩 $W_T=1,000$ kg, $N=90$ RPM)

両チップが花崗岩掘鑿に示す特性であるが、こゝではこの曲線に対する詳細な説明は省略する。

粒子硬装について

同質のハードメタルに関する限り、磨耗速度(H)の比較は坑底に接触する面積に支配されることは当然である。したがって、硬装が同厚である時、いわゆる「ベタ」硬装(硬質合金平板を溶着したとき刃、ステライト硬装も同式)と粒子硬装の比較は、刃の磨耗のみについてのみ云々するならば前者の優れていることは明瞭である。故に、刃先に対し、激しき磨耗作用を与えないような軟質岩掘鑿に際しては、粒子効果を期待するより、まず緻密な硬装によつて、刃先の磨耗変形を防ぐ意味の方がより重要である。このような時、実際には小粒子をもつて密度大に硬装するか、あるいは、これによつて反つて硬

第 5 表 各種熔着材による掘進の変化

$W_T=1200$ kg $N=90$ RPM
Rock = Andesite No2 NoCo Metal

装母体を衝撃等に対して脆弱化するおそれのある時は、大粒子とその空間を適度に占める小粒子とが混合される。しかし比較的硬質岩にあつて、有効的な粒子効果をねらうならば、比較的大粒子のものを選択し、かつ熔着材はハードメタルの耐磨性にかなう適度の硬さのものが望ましいのである(第5表参照)。

粒子効果について

粒子硬装が特有の掘鑿効果を示すこと、前述の通りであるが、その原理および系統的な研究については詳らかでない。たゞ、刃先面における硬装部と、熔着材ないし支持材との相互に介在する形式にあつては、第3図に示すチップの配列形と類似の点を認めることができるから、この場合も硬装粒子と粒子間の熔着材、支持材の耐磨性の相互関係に起因するのである。この際、刃面の応力分布のある部分部分が仮に岩石の弾性強度を越えている場合、部分的搔掘現象を起しているか否かは、掘屑分析の集計を待たねば結論となし得ない。このほかに考えられる粒子効果としては、刃面の凹凸の生成により、岩面との接触作用面の増大によることが考えられる。この作用は掘屑中微粉混入率の多量により推定し得る。第5図は硬装部と支持母材の磨耗速度との相互関係が掘鑿力を示した実際の例である。この際、硬装部を粒子と置換えた典型図を第3図に示す。この磨耗速度は、通常の容積磨耗係数をHに換算した磨耗速度係数である。しかしてこの変化率は容積とHの函数関係、すなわち刃の背面角

第 3 図

第 4 図 応力分布図

第 5 図 チップと母材の磨耗比と掘進状態との比較

(測定 2 分毎, 上 B メタル, 下 W メタル)

および硬装面変化に基づき決定される。ゆえに、磨耗速度係数について有利でも、硬装面積大であれば、荷重は分散し、掘進に対し有効でない（ただし、刃先の磨減に対しては有効である）。また、逆に硬装面積が小であれば、磨耗速度係数は母材のそれと近接するので、掘進・磨耗ともに有効でないことがわかる。すなわち、

第 6 表 ベタ硬装と粒子硬装掘進形態の比較例

ベタ硬装：ドリロイプレート 2 m 張付
粒子硬装：ポリウムチューブメタル 10~20
メツシュ

あるハードメタルは、ある刃面についてその掘進力が最も有効的に示される硬装適量があるわけである。硬装適量に対する磨耗値を母材材質との相対において求めたものが粒子効果として示されるが、この値は、ハードメタルの性質により粒子効果の異なることが予想されるので、結論までは相当長期の試験を続行するを要す。また本試験に必要な瞬間掘進率計は、目下試作の途次にある。

比較試験用ブレードについて

本項については上述の基礎試験とは別に、早急的なハードメタル比較試験として、大略の目的に沿うよう、別の実施されたものである。試験の性格としては、比較試験の趣旨に基づき、幾分定性試験の傾向をまねがれない。

衆知のごとく、ブレードビットは本来比較的軟岩に対し利用され、その性能は刃面効果および粒子（チップを含む）効果の徐々になる変化の結局効果、すなわち長坑掘進の結果、総量的に示されるものであるから、圧縮された短坑掘進で比較することには、種々の問題点がある。短坑硬質掘盤においては、前述のごとく、掻掘範囲がき

写真 Yild Point (掘進率の顕著な降下点)
における 2 種メタルの比較

(左図：B メタル, 右図：A メタル)

わめて狭く、かつその移行点が比較的明確であるので、掘進のほとんどが圧擦により行われる。ところが実際に「掘る」仕事は搔掘により強くエッジに作用させ、ハードメタルのエッジ性能についても加味すべきが至当であると考え、第5図のごとき試験ブレードを試作した。

すなわちこの方式によれば、硬質岩にかかわらず、ブレードは最初搔掘をもつて始まり、磨耗に従がつて圧擦面を増し、荷重分均一ないわゆる平衡点に達するときは、ほとんど圧擦が占める微量掘進である。ブレードの構造は第6図のごとく、一定断面を有する刃部と磨耗抵

第6図 比較試験用ブレードおよび比較例

抗を与え、かつそれが刻々と増大するような母材の組合せから成りたっている。測定はその間の掘進総量と、刃面各部の釣合状態とによつて検討する。また、かような硬装部を独立配置する方法は、この種試験に見られるような、甚だしい偏り磨耗から救うことができる。偏り磨耗は試験ブレードが小径であるに反して、粒子は実際の大さであり、刃面各部の硬装量密度偏差が、実物大ビットより遙かに大で、このことは掘進測定の構確度を著し

く妨害するので、このことは全試験を通じて特別な注意を払わねばならぬ点である。

第7図に試験ブレードおよび普通ブレードの磨耗状態を示す。

第7図

(上図：比較試験用ブレードの磨耗双先)
(下図：ブレードの偏磨耗双先)

後記

ハードメタルの性能、および硬装法に基づく掘鑿力の研究は、すべてビットや岩石を媒介として行われるものであるから、決して単独に結論づけられるものではない。すなわち、メタル本質としての治金的諸問題・掘鑿理論・岩石の性質、等広範な関連をもっているのである。

当所において各分野にわたり詳細な研究の進められている際であり、本文データの解析は検討の余地を残して一部省略した。以上試験の概略について説明した次第である。