研 究

2 段錐頭をもつ振れ錐の研究

621.951.3.013/.014

—基礎実験—

正 会 員 藤 本 留 吉*

On the Two-stepped Twist Drill

—Basic Tests—

Tomeyoshi FUJIMOTO

Up to this time there have been several papers on single head twisting drills which generally relate to the drilling of flat planes. But the basic tests described here mainly aim to drill taper planes as well as to make possible one process drilling of countersink and upright hole with a double stepped twisting drill.

These experiments have been made from March 1950 to April 1953, which concern mainly such basic matters as thrust T , twisting moment M_t , and life of drills. Thus it is found that cutting resistance can be reduced considerably by the use of this special type drills and further the experimental formulae about T and M_t of this type are obtained.

1. 緒 言

一般の振れ錐に関する研究報告を調べて見ると1926年 Schlesinger¹⁾, 1936年 K. Krekeler²⁾, H. Opitz u. H. Jansen³⁾, 続いて Wallichs, Beutel, Kronenberg⁴⁾, Boston & Gilbert⁵⁾ などの研究がある。我が国では大越博士⁶⁾や海老原博士⁷⁾などにより詳細に研究報告されている。筆者は2段錐頭を有つ特殊振れ錐を試作し、これによつてスラスト、振モーメント及び寿命などに関する基礎切味試験を行い従来のものと比較検討した。勿論平面穿孔のみでなく傾斜面穿孔や皿頭と普通穴とを1工程で穿孔し得ることをねらいとした。この結果は従来のものより著しくこれらの力に関して遞減され得ることがわかり、上記の特殊の加工にも適うことを確め得た。なお、寿命に関しては次の機会を見て報告したいと思う。

2. 供試錐と被穿孔材

図1に示す如き供試錐であつて寸法は表1の如くである。すなわち錐の母体径 $D=18\text{mm}$, その先端に小錐頭を設けて2段とし、約この径 $d=\frac{1}{2}D$

(切削力は切刃の midpoint にはたらくという従来の見解を基として力が削減されるだろうと予想して)

振れ角=30°

図1 考案試作錐

と, $d=\frac{1}{3}D$ の2種を試作し後者を①型, 前者を②型, 従来のものを③型と符号をつけた。被穿孔材は軟鋼, 鋳鉄及びアルミニウムの3種を選び,

*新潟大学工学部

表 1 供試錐の形状寸法

錐種 寸法	①				②		③		
D	18mm	18mm	18mm	18mm	18mm	18mm	18mm	18mm	18mm
d	5.5mm	5.5mm	5.5mm	8.8mm	8.8mm	8.8mm	—	—	—
α	118°	90°	130°	118°	90°	130°	118°	90°	130°
α'	118°	90°	130°	118°	90°	130°	—	—	—
L	3mm	3mm	3mm	5mm	5mm	5mm	—	—	—
二番 先端	5°	5°	5°	5°	5°	5°	5°	5°	5°
母体	8°	8°	8°	8°	8°	8°	—	—	—

厚さ 15mm (一定) とした。錐角は表 1 の示す如く取り、鋳鉄には α, α' が 118° の外に 90° を、アルミニウムには 130° のものをそれぞれ用いた。また捩れ角 $\theta=30^\circ$ (大越博士⁸⁾ の発表の角度より) を取り、先端切刃の稜線を母体切刃の稜線より中心角において約 2° 前進させて切刃を作った。これも母体切刃より少々先に下穴を穿孔して行くことによって、力が減じ得るだろうという推定のもとに定めた。のみ部の幅は背骨の厚さなど考慮して、適当に選んだ。第 1 段錐の長さ L は被穿孔材の厚さ、傾斜角、2 番に依じて定めればよい。

3. 実験方法

試験器には種々のものがあるが丁度手許にある S.E.M 式 Drill Dynamometer によった。先ず推力と振りモーメントとを検定して補正曲線⁹⁾を作りこれを基準として実験 data を纏めた。補正曲線は加重と減重において推力、振りモーメント共に軽微の誤差にすぎなかつた。錐揉み条件は普通の直立ボール盤を用いて、回転数は Back gear の 62, 100, 135r.p.m, 素廻しの 164, 226, 366r.p.m. で、送り範囲は、0.06~0.28mm/rev. の間で行った。そして 1 種の錐にて 5 回宛測定し、すべて推力と振りモーメントが安定した時に読み取った。

4. 実験結果とその考察

(1) 推力 T と振りモーメント M_t 曲線

実験の結果は図 2~図 4 までの曲線で表し得た。いずれも①, ②, ③型の 3 種による送りと推力、送りと振りモーメントとの比較線図である。

図 2, 図 3 は Al 材を被穿孔材として錐角 $\alpha, \alpha'=118^\circ$ のもの、夫々縦軸に推力と振りモーメントを、横軸に送り量を取つてある。これを見ると送りが増すと共に、次第に推力、振りモーメント共に抛物線的模様で急増する。今図 2, 図 3 の送り 0.15mm/rev. の点を見ると②型は③型よりも推力において約 $\frac{1}{2}$ に減じ、振りモーメントにおいて、約 $\frac{1}{2.5}$ 減じている。これは②型は第 1 段切刃の

図 2 推力と送りとの関係図

図 3 捩れモーメントと送りとの関係図

径が母体径の $\frac{1}{2}$ になっているために前記推定の如く、切刃の中心にはたらく筈の力がこの点である程度相殺されるものと思われる。また推力は①, ②型は割合に接近した値の曲線となり、③型は遙かに高く、最大となる。これに反して、振りモーメントは、①型が最も大となつて、僅かではあるが従来の錐を超えてくる。この①型の予想に反した結果は、第 1 段切刃径が母体径に比し、過小であるため、1 種ののみ部の作用を起し、推力においては差程に影響を受けないが、振りモーメントにおいては却つて切削力が 2 段的に生ずるためと切粉の流出の抵抗などの影響を受け、複雑な関係

で増すものか。このような現象は他の被穿孔材の場合にも等しく見られる。従つて d と D との間には何らか一定の関係があるものと思われる。次に図中下側の曲線は第1段切刃が試片に接触してから母体切刃に接触するまで切り込み送られた間の T と M_t とを示すもので①型は②型を少々上廻りながらよく似た曲線になつている。いずれにしても②型が優秀性を示している。 $\alpha, \alpha' = 130^\circ$ のものも母体、第1段切刃共その曲線は同様の傾向であつたが線図は省略する。図4、図5は被穿

図4 推力と送りとの関係図 図5 振りモーメントと送りとの関係図

孔材が鋳鉄であつて供試錐の錐角 $\alpha, \alpha' = 118^\circ$ である。両座標の取り方、曲線の性格も前同様である。この場合②型が③型に比して推力において送り 0.15mm/rev のとき約 $\frac{3}{11}$ を減じ、振りモーメントは約 $\frac{1}{6}$ 程度減じている。 $\alpha, \alpha' = 90^\circ$ のものも大体同様の結果を得たが(第1段切刃に対して)、線図は省略する。図6、図7は軟鋼を被穿孔材とし錐角 $\alpha, \alpha' = 118^\circ$ の錐を用いた場合の線図で線図の書き方は前同様であるがただ曲線の彎曲度が少々大きい。②型は③型よりも送り 0.15mm/rev のとき推力において約 $\frac{2}{7.5}$ を、振りモーメントにおいて約 $\frac{3}{14}$ を減じている。この場合①型は送り 0.07mm/rev のとき4回目実験の途中折損した。

図8、図9は3種の被削材について②型のみの母体径6種(4→18mm)に対する推力と振りモーメントとの関係図である。横軸に直径、縦軸に夫々推力と振りモーメントとを取つた。推力は3種材とも直線に近い曲線となり、振りモーメントは椀形的曲線となり直径が増すに従い急増する。これも前と同様に大越博士の報告を確めている。第1段切刃の線図は前と同様な傾向であるから省略。

図10は前記3種型の錐にて1定厚さの鋳鉄に穿孔した際に推力と振りモーメントとが穿孔深さと

図6 推力と送りとの関係図 図7 振りモーメントと送りとの関係図

共に如何様に変化するかを示す実験図で、図中③型に判然と見る如く左端の段階は錐頭が試片の裏面に達しない前に推力は少々水平気味であるが振りモーメントは試片の裏面に近寄るに従い急増している。他の材料の場合も同様に類似している。この突抜抵抗¹⁰⁾は①、②型は判然と2段に現われているが②型は他のものよりも低い。また注目すべきは①型は振りモーメントにおいて全面的に②型と③型を超えて大きく推力は②型が最小である。このことは今迄の線図を実証していることになる。また右端の第一段錐部は①型は③型に少々似ているが2段階となり特に②型はこれを軽く現

わしている。他の材料についても同じ様相となっている。尚ほ各穿孔条件における切屑の形態及び穿孔穴内面の粗さのプロフィールを取つて検べたがやはり②型が良好である。

4. 理論式と実験式

図1に示したように切削力を分解して容易に推力と振りモーメントとの理論式を得られる。今②型のみについて考え、次式を求め得た。

図8 T と直径 D との関係図
(母体切刃の分のみ)

図9 M_t と直径 D との関係図
(母体切刃の分のみ)

$$\begin{aligned} \text{推力, } T &= 2 \left(\int_0^{r_0} P_A'' d\rho'' + \int_{r_0}^r P_A' d\rho' + \int_r^R P_A d\rho \right) \\ &= 2P_A'' r_0 + 2 \left(\frac{R}{2} - r_0 \right) P_A' + P_A R \quad (\text{kg}) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{振りモーメント, } M_t &= 2 \left(\int_0^{r_0} P_t'' \rho'' d\rho'' + \int_{r_0}^r P_t' \rho' d\rho' + \int_r^R P_t \rho d\rho \right) \\ &= P_t r_0^2 + P_t' \left(\frac{R^2}{4} - r_0^2 \right) + \frac{3}{4} P_t R^2 g \quad (\text{kmm}) \quad (2) \\ r &= \frac{R}{2} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

ここに P_A'', P_A', P_A = 夫々のみ部, 第1段切刃, 及び母体切刃の微小長さ $d\rho'', d\rho', d\rho$ の点にはたらく軸方向の垂直分力, kg
 P_t'', P_t', P_t = 夫々のみ部, 第1段切刃, 及び母体切刃の微小長さ $d\rho'', d\rho', d\rho$ の

点にはたらく水平分力の半径方向に対する垂直分力, kg

r_0, r, R = 夫々のみ部, 第1段錐及び母体錐の半径, mm

ただしマージン部の切削力及び摩擦抵抗は微小につき省略する。

本式を見ると第1段錐の太さは無関係となるが $d = \frac{1}{2} D, = \frac{1}{3} D \dots$ となるに従い各項の係数が

わつてくるから力には影響するものと思う。

実験式は今迄考察検討して来た結果を綜合してブリネル硬度をも考えに入れると硬度は T と M_t の常数に逆比例することが略々わかつた(このことは従来の報告とも符合する)から一般式を求めれば次の如くなる。(ただし母体錐部のみに対するもの)

$$\text{推力, } \log T = A_1 + B_1 \log S + C_1 \log D - E_1 \cdot \log H_B (\text{kg}) \quad \dots (4)$$

$$\text{振りモーメント, } \log M_t = A_2 + B_2 \log S + C_2 \log D - E_2 \log H_B (\text{kg-cm}) \quad \dots (5)$$

ここに A_1, A_2 = 捩れ角 θ と錐角 α などの変化により定まる常数¹¹⁾

$B_1, B_2, C_1, C_2, E_1, E_2$ = 捩れ角 θ 及び被穿孔材などにより定まる指数¹²⁾

図10 3種の錐の T と M_t の変化状況

S = 送り量(mm/rev), D = 母体錐径(mm)

ここでこの②型についてこれらの常数と指数とを求めて次式を得る。

アルミニウム材に対して

$$\begin{aligned} \log T &= 175.40 + 0.862 \log S + 1.003 \log D \\ &\quad - 0.721 \log H_B \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$\log M_t = 10.56 + 0.887 \log S + 1.717 \log D - 0.900 \log H_B \cdots (7)$$

鋳鉄に対して

$$\log T = 679.50 + 0.704 \log S + 1.031 \log D - 0.650 \log H_B \cdots (8)$$

$$\log M_t = 74.57 + 0.616 \log S + 1.896 \log D - 0.900 \log H_B \cdots (9)$$

軟鋼に対して

$$\log T = 762.10 + 0.697 \log S + 1.050 \log D - 0.620 \log H_B \cdots (10)$$

$$\log M_t = 72.99 + 0.663 \log S + 1.810 \log D - 0.910 \log H_B \cdots (11)$$

以上の6式はいずれも従来の式に似ている。これを更に特定の S , D 及び H_B についての式に書けば次式の如くなる。($D=13 \sim 30 \phi$)

アルミニウム穿孔材

$$T = 47.75 \left(\frac{S}{0.30} \right)^{0.862} \cdot \left(\frac{D}{18} \right)^{1.003} \cdot \left(\frac{52}{H_B} \right)^{0.721} \cdots (12)$$

$$M_t = 11.43 \left(\frac{S}{0.30} \right)^{0.887} \cdot \left(\frac{D}{18} \right)^{1.717} \cdot \left(\frac{52}{H_B} \right)^{0.900} \cdots (13)$$

鋳鉄穿孔材

$$T = 130.10 \left(\frac{S}{0.27} \right)^{0.704} \cdot \left(\frac{D}{20} \right)^{1.031} \cdot \left(\frac{215}{H_B} \right)^{0.650} \cdots (14)$$

$$M_t = 32.45 \left(\frac{S}{0.27} \right)^{0.616} \cdot \left(\frac{D}{20} \right)^{1.896} \cdot \left(\frac{215}{H_B} \right)^{0.900} \cdots (15)$$

軟鋼穿孔材

$$T = 166.88 \left(\frac{S}{0.25} \right)^{0.697} \cdot \left(\frac{D}{20} \right)^{1.050} \cdot \left(\frac{127}{H_B} \right)^{0.620} \cdots (16)$$

$$M_t = 36.53 \left(\frac{S}{0.25} \right)^{0.663} \cdot \left(\frac{D}{20} \right)^{1.810} \cdot \left(\frac{127}{H_B} \right)^{0.910} \cdots (17)$$

5. 結 語

以上を考察して来て次の結論を得る。

1) ③種の振れ錐の内②型がスラスト及び振りモーメント共に従来の単一錐頭に比較して著しく減

減し得ることを確め得た。

2) ②型は突抜抵抗が2段階に現われるが殆んど軟らげて脈動も少い。

3) 第1段切刃の稜線が中心角において母体切刃のそれよりも約 2° 前進させたことと、 $d = \frac{1}{2}D$ にしたために恰も下穴を明けつゝ、後を追うような形となり切削に関する力が遞減され、特に沈み皿穴と本穴とを同時工程で穿孔し得て高能率の結果を得た。(この点実用新案になり得るか)

4) 穴内面の粗さをプロファイルの結果及び切粉の形態も②型は特別にわるさを見ない。

5) 理論式実験式も容易に得られて従来の報告を確め得た。

尙お理研のDOK型に応用すれば更に良結果を得る可能性がある。最後に大越博士より貴重な文献を頂き種々御指導を仰ぎたること、及び倉藤先生に種々御高配を頂いたことに対し深甚の謝意を表して稿を擱く。(昭和23年度において文部省科学研究助成費を僅かながら受けた一部である)

文 献

- 1) Schlesinger ; Die Werkzeugmaschinen, Werkst.-Techn. p 643 (1926)
- 2) K. Krekeler ; Die Zerspanbarkeit der Werkstoffe (1936) 益子正巳訳
- 3) H. Opitz u. H. Jansen ; Arch. f. Eisenhütten (1938)
- 4) Kronenberg ; Grundzüge der Zerspanungslehre (1938)
- 5) Boston & Gilbert ; Trans. ASME, 32M, Sp. 54-2
- 6) 大越 諄 : 切削抵抗に関する研究, 理工学研究所彙報第11, 12輯, p. 295, p. 263
- 7) 海老原, 益子 : 精密工作法と切削理論 p. 161
- 8) 6) に同じ, 9) 此の補正曲線図はこゝでは省略
- 10) これの生ずる理由は理工学研究所彙報第12輯, p. 324 参照
- 11), 12) 大越, 渡辺(半), 渡辺(行) : 軽合金用錐の研究第2報参照