

日立強力型 1,500 mm ホブ盤について

Hitachi 1,500 mm Heavy Duty Hobbing Machine

松 本 源 次 郎*

Genjiro Matsumoto

久 保 寺 武 夫*

Takeo Kubodera

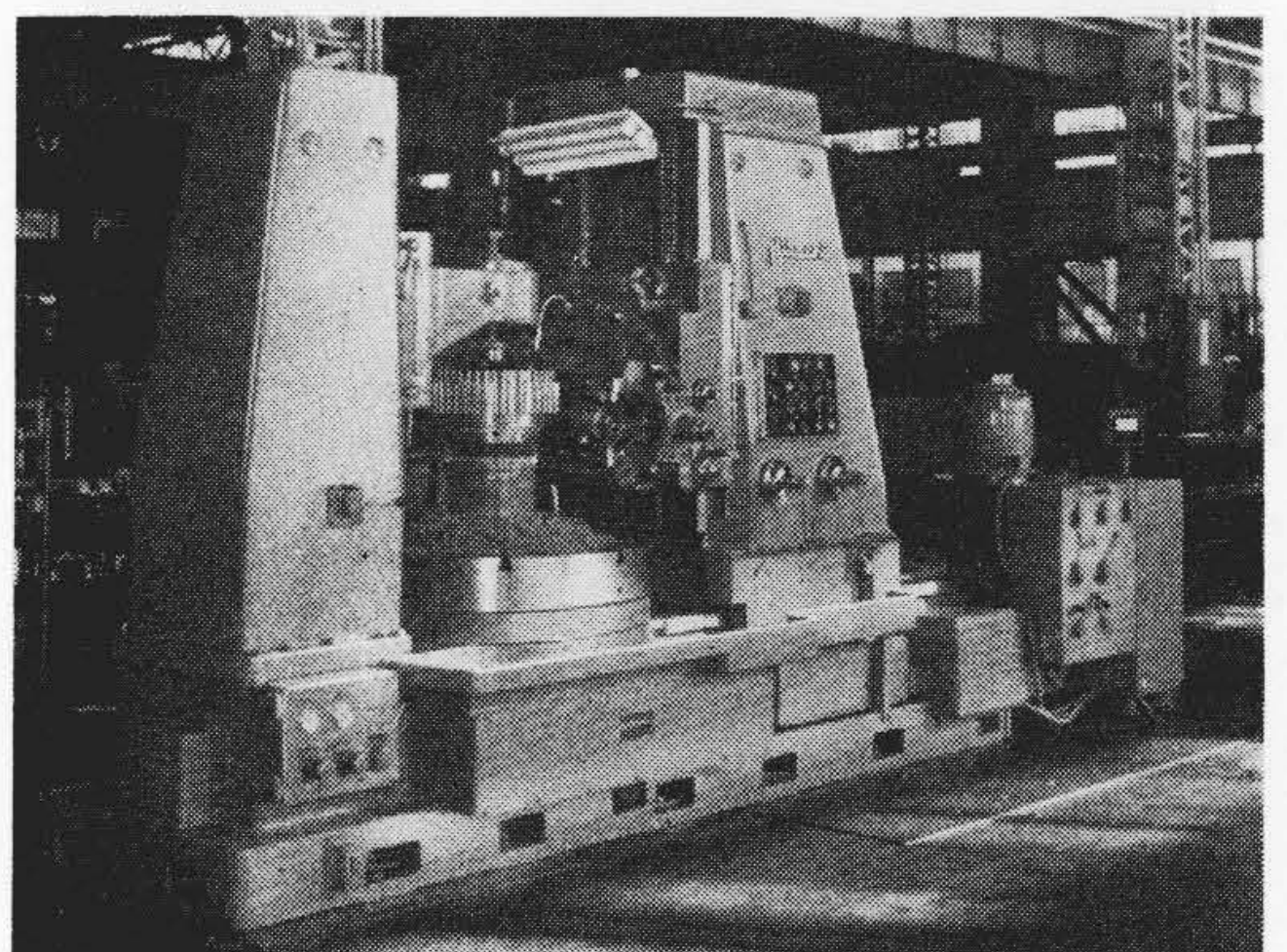
内 容 梗 概

さきに通産省助成金の交付をうけて製作された 900 mm ホブ盤に引続き、今回同型式の 1,500 mm ホブ盤を完成した。ここに本機の構造・性能を中心としてその内容の概要を紹介する。

1. 緒 言

最近のホブ切り作業は従来に比して著しく高速化、高送り化されるようになった。このためホブ盤ならびにホブに対する研究が活発に行われている。特にホブ盤に対しては重切削作業の必要から本機の振動、剛性に対して設計上、製作上において十分なる注意が払われている。ここに紹介する 1,500mm ホブ盤も重切削を目的として製作されたもので、本機の紹介を兼ねて二、三の実験結果について説明する。

第1図に本機の側面外観写真を示す。



第1図 1,500 mm ホブ盤

2. 仕様と主要部分の構造

2.1 仕 様

本機の主な仕様は次のとおりである。

歯切しうる平歯車の最大径 (サポートなし)

.....1,500 mm ϕ

歯切しうる平歯車の最大径 (サポート付)

.....1,000 mm ϕ

歯切しうる平歯車の最大歯幅 500 mm

歯切しうる平歯車の最大モジュール.....16M

使用しうるホブの外径×最大長さ

.....200 mm ϕ × 230 mm

ホブの回転数および変換数.....20~150 rpm (8種)

テーブル1回転当りのホブサドルの送り

... 0.11~6.0 mm/rev (24種)

テーブル1回転当りのコラムの送り

...0.033~2.0 mm/rev (24種)

主電動機出力×極数..... 15 HP×4 P

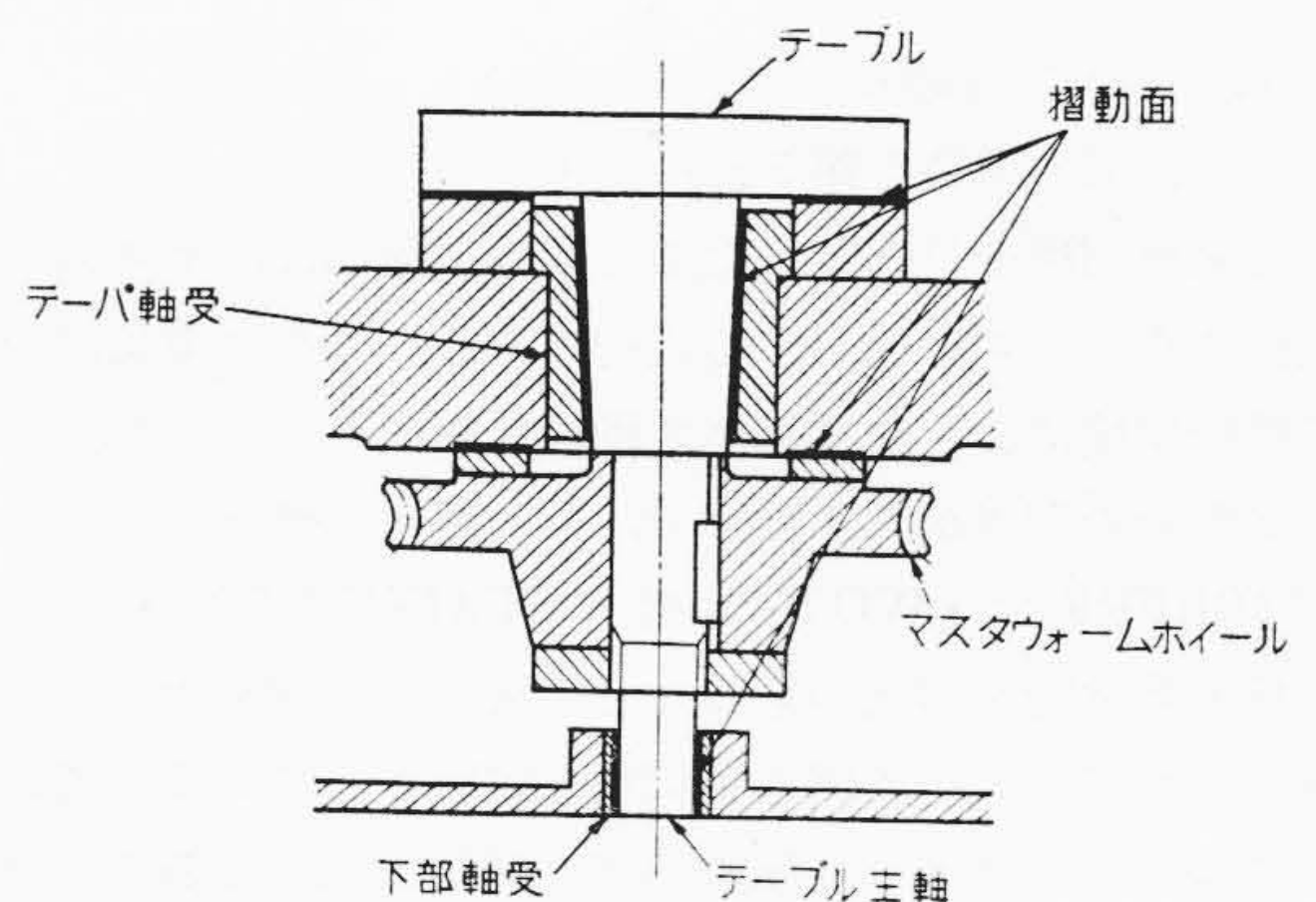
正味重量..... 約 14.5 t

2.2 主要部分の構造

本機主要部分の構造は次のごとくである。

(1) テーブル関係

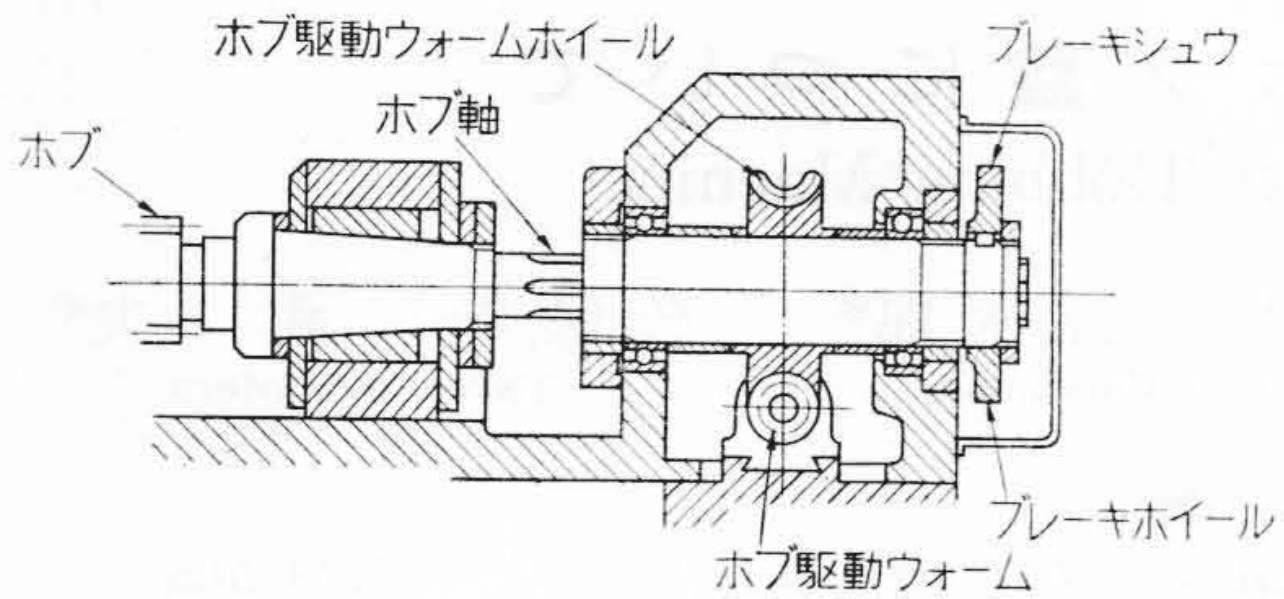
テーブル主軸受およびマスタウォームホイール部の構造の概略は第2図に示すとおりである。ホブ盤における被削歯車の精度はマスタウォームホイール、テーブル主



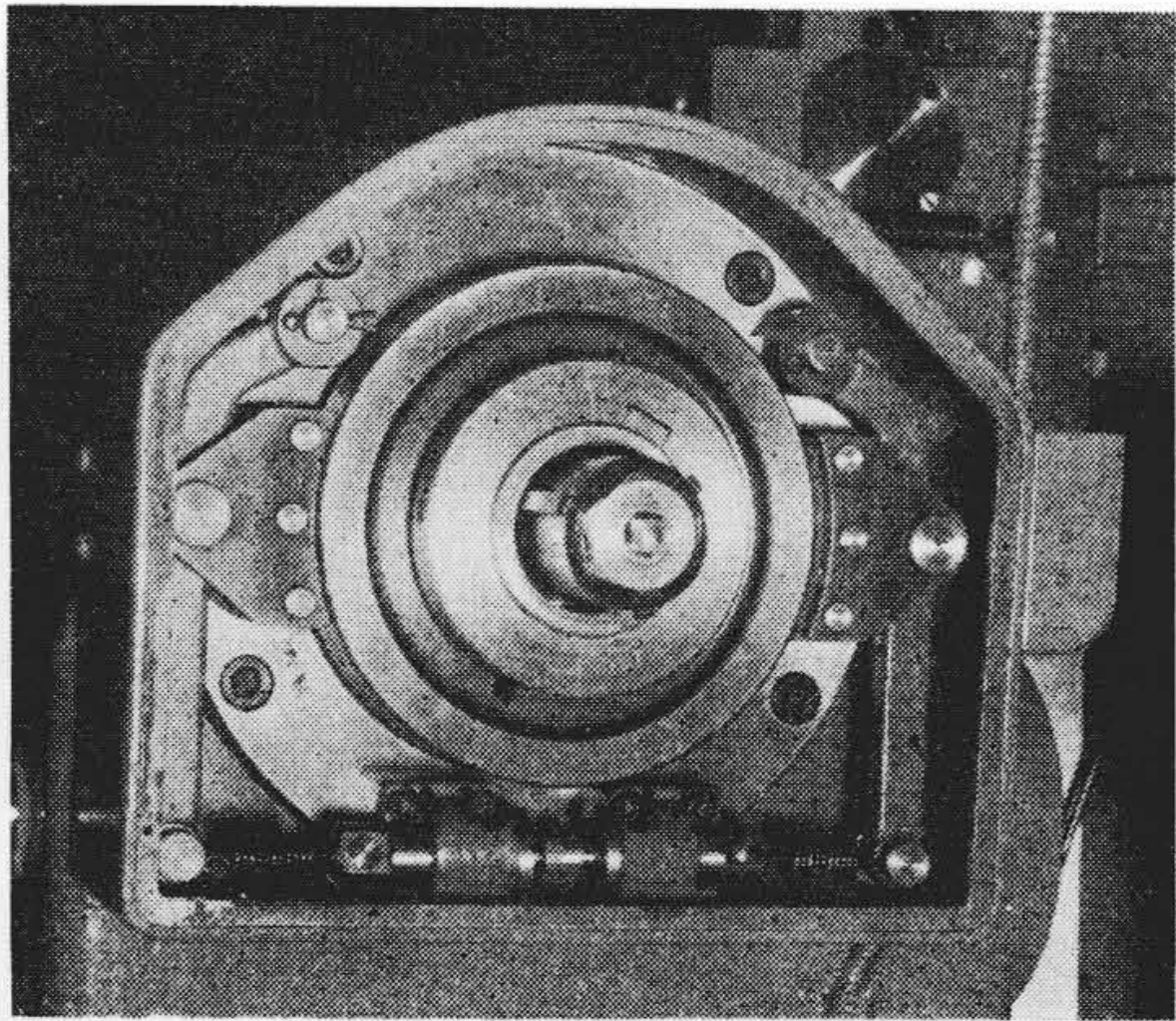
第2図 テーブル主軸受構造

軸受部の精度の影響を直接受けるので、この部の精度向上、精度保持には十分な注意を払った。すなわちマスタウォームホイールの径は大きく取り BSS のタービン減速用ホブ盤規格に準拠した。また材質の組合せも磷青銅一滲炭鋼とし、バックラッシュも複リード方式により調整可能にして精度維持に努めている。テーブル主軸受は、上部テーパ部のほかにライネッカ製大型ホブ盤などと同様マスタウォームホイール下部にも軸受を設け、軸受長さを長くとり精度の向上を計った。同時にテーブル主軸がベッド下面まで延び、長い軸付歯車の切削も可能にした。

* 日立製作所川崎工場



第3図 ホブ軸部構造



第4図 ホブ軸ブレーキ装置

(2) ホブ軸関係

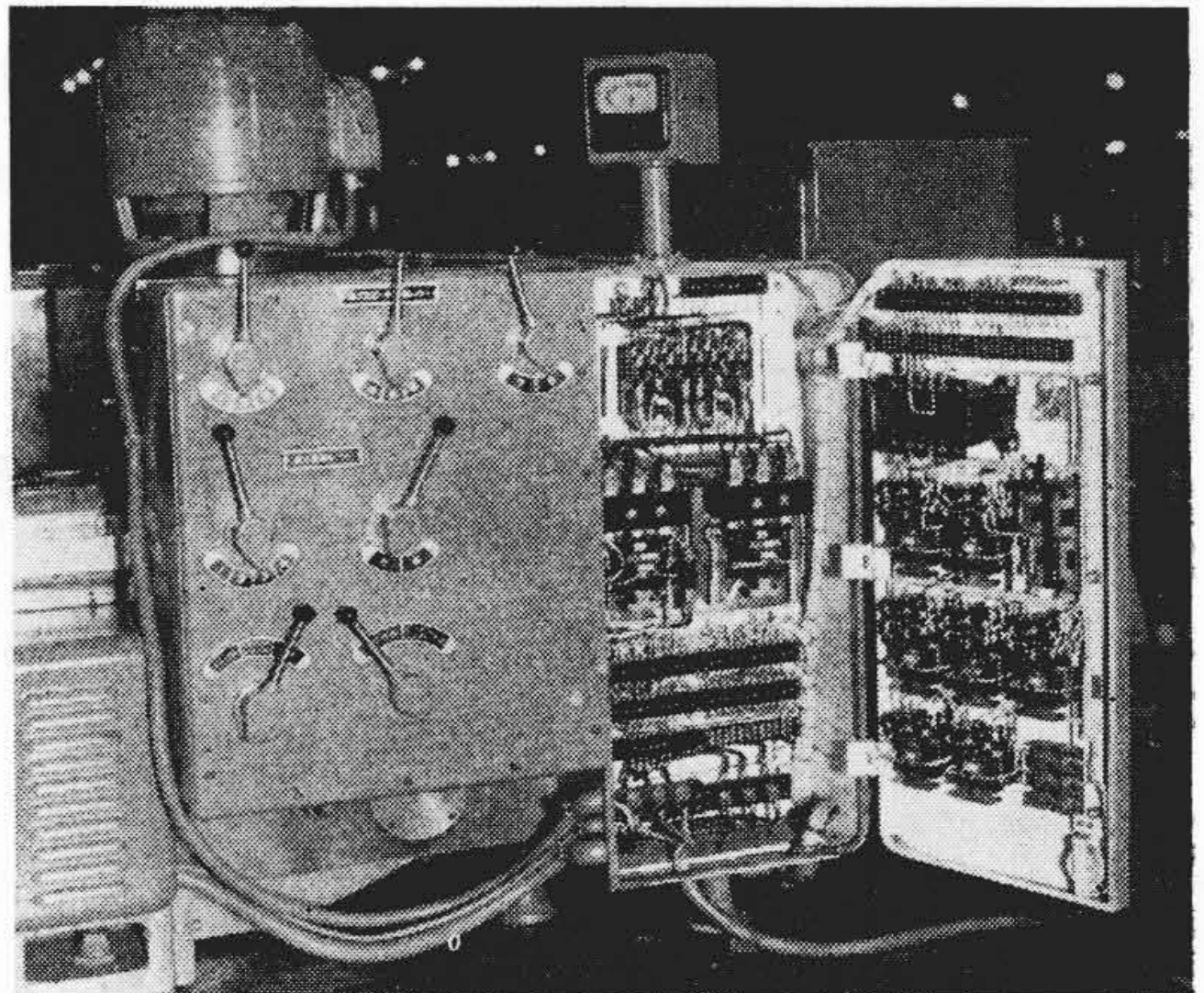
ホブ軸部の構造を第3図に示す。

近來重切削を目的とした強力型ホブ盤には、ホブ軸の駆動にウォームを採用する傾向にある。これは重切削の際断続切削により生ずるホブ軸振れ振動が、途中駆動軸に影響せぬ利点があるため、この種ホブ盤としては、LIEBHERR 社・WOTAN 社・STAEHELT 社・およびG・E社特別型式のものなど最近の重切削型ホブ盤に採用されている。本機も重切削を主眼としているので、ホブ軸はこのウォーム駆動方式を採用した。なおこのほかにウォーム駆動にすることにより、ウォームを複リード方式としてバックラッシュの調整が容易にできる、最終段での減速比が大きくとれ途中駆動歯車の誤差による影響が減少される、などの利点もある。

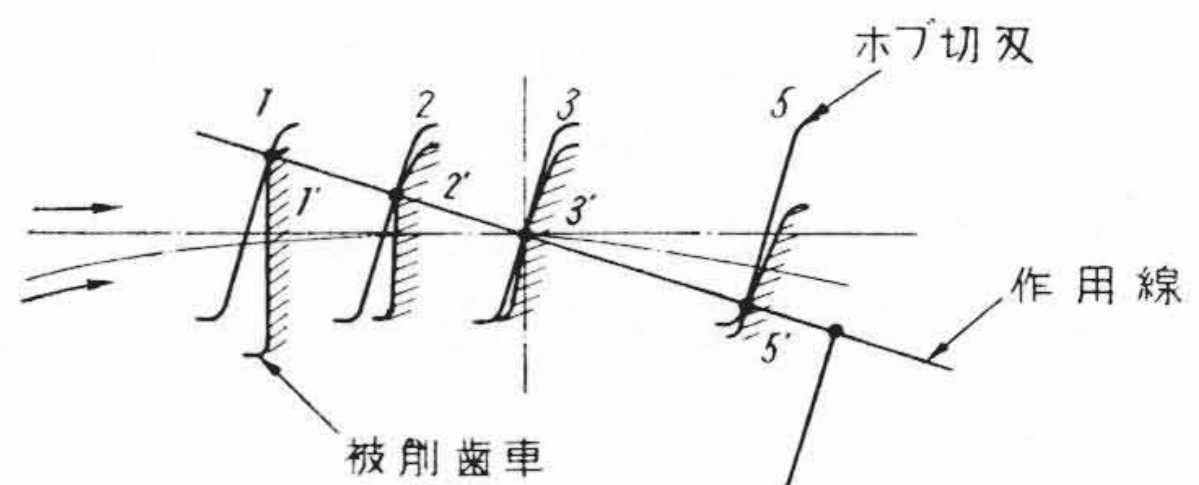
またホブ軸にはブレーキ装置を取り付けた。これを第4図に示す。これはホブ軸回転数が低いためフライホイールでは相当大きな容量をもたぬと効果が少ないので、この代りにホブ軸にブレーキを掛け断続切削の際生ずるねじれ振動を防止する目的で設けたものである。

(3) 操作部関係

操作を簡易化するため 900 mm ホブ盤にて好評を得た電気—油圧方式を採用操作の集中化を計っている。すなわち各電動機の起動、停止、送り早さ、送り方向の切



第5図 スピード変換レバーおよび電気制御盤



第6図 ホブによる歯車の創成

換などはすべてコラム側面に設けられた操作盤にて行える。

なお 1,500mm 級のホブ盤になると被削歯車の歯数が多いので、テーブル回転数がおそくなりブランクの芯出に長い時間を要する。このため本機にはテーブル早走り機構をつけ、2 rev/min の速度でテーブルを早回転できるようにして段取時間の短縮を計っている。

切削速度送り量は換え歯車を使用せずレバー操作により簡単に交換できるようにした。この部を第5図に示す。

(4) 特別付属機構

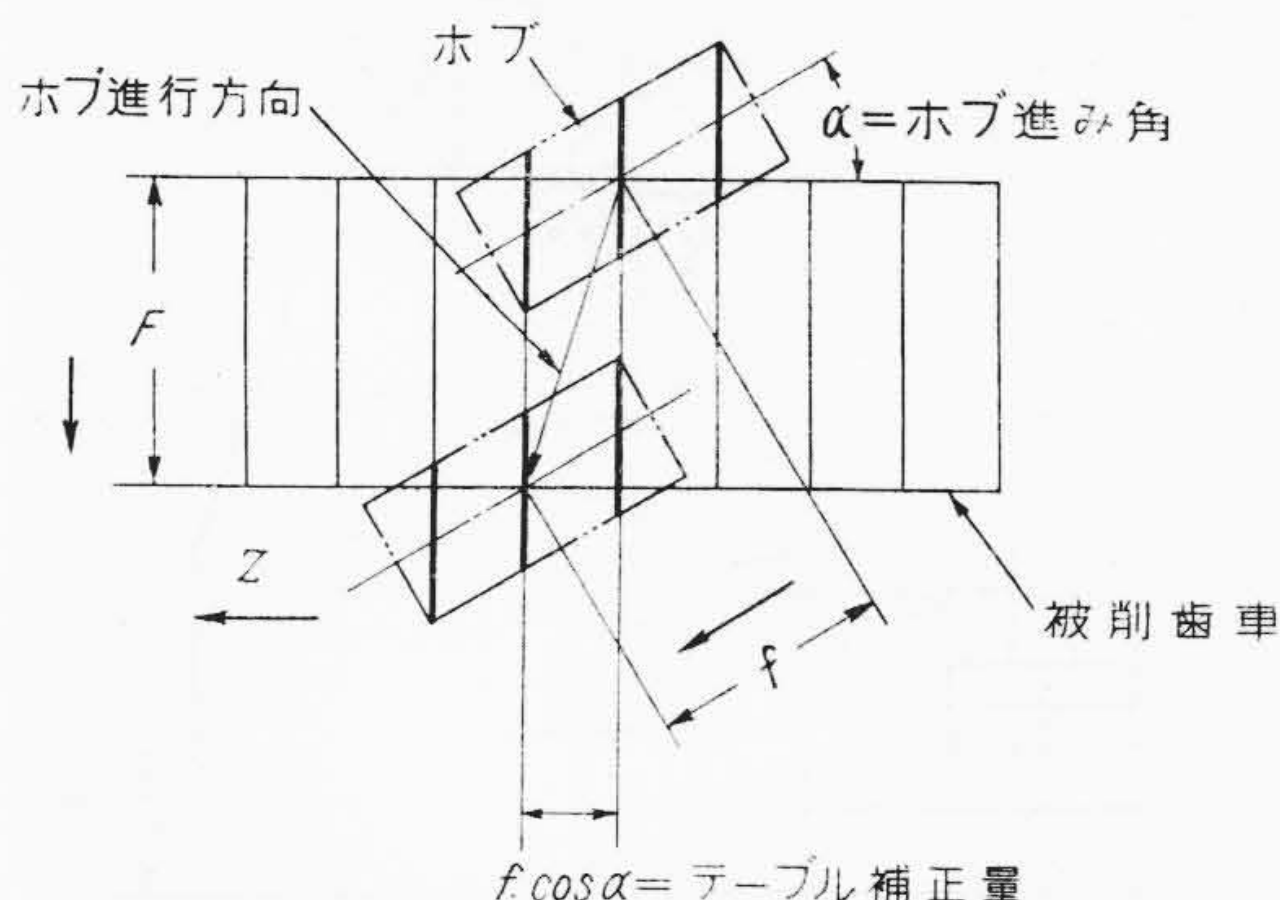
本機程度の中型ホブ盤では用途が汎用的であるから種々な特別付属品に対する要求が強い。本機には次の特別付属機構が組込まれている。

(A) シングルカッタ歯切機構

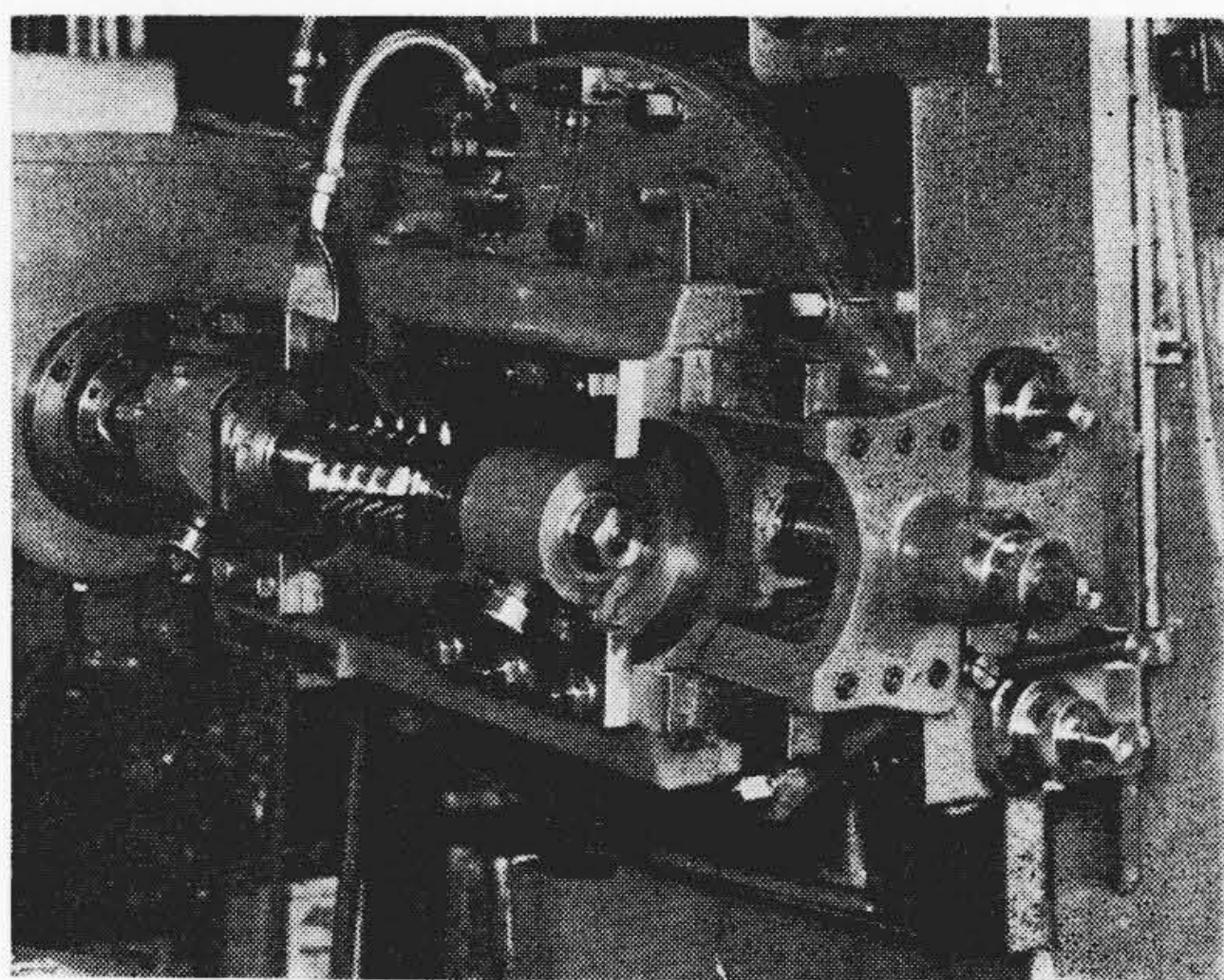
大きいモジュールの歯車を荒削りする際切削時間を短縮するため、ミリングカッタを使用切削速度を上げて歯切できるよう、被削歯車をカッタの回転と関係なく1歯ごとに割出せるようシングルカッタ歯切機構を備えている。

(B) ダイアゴナル切削機構

歯車を創成する場合にはホブの切刃は常に同一箇所で行うことになる。すなわち第6図に示すように、1の切刃は1'が2の切刃は2'が………5の切刃は5'のみが切削に預ることになり、ホブは局部的摩耗を起すこ



第7図 ダイアゴナル切削時のホブ運動線図



第8図 ダイアゴナル切削機構付カッタヘッド

とになる。したがって切削中ホブを軸方向（タンゼンシャル方向）に移動してゆけば、切削に預る切刃の位置は逐次変化し、ホブは均一に摩耗する。よってホブ再研摩までの時間を延ばすことができる。

この運動は第7図のように、ホブZ回転に付ホブサドルに縦送りFを与え、同時にカッタヘッドをタンゼンシャル方向にf送る。これによりホブは対角線方向（ダイアゴナル方向）に送られる。この際テーブルは1回転のほか差動装置を働かせて、 $f \cdot \cos \alpha$ に相当する量補正してやれば良いわけである。本機にはこのようなダイアゴナル切削機構が組込まれている。第8図はダイアゴナル切削機構の付いたカッタヘッドである。

3. 性能について

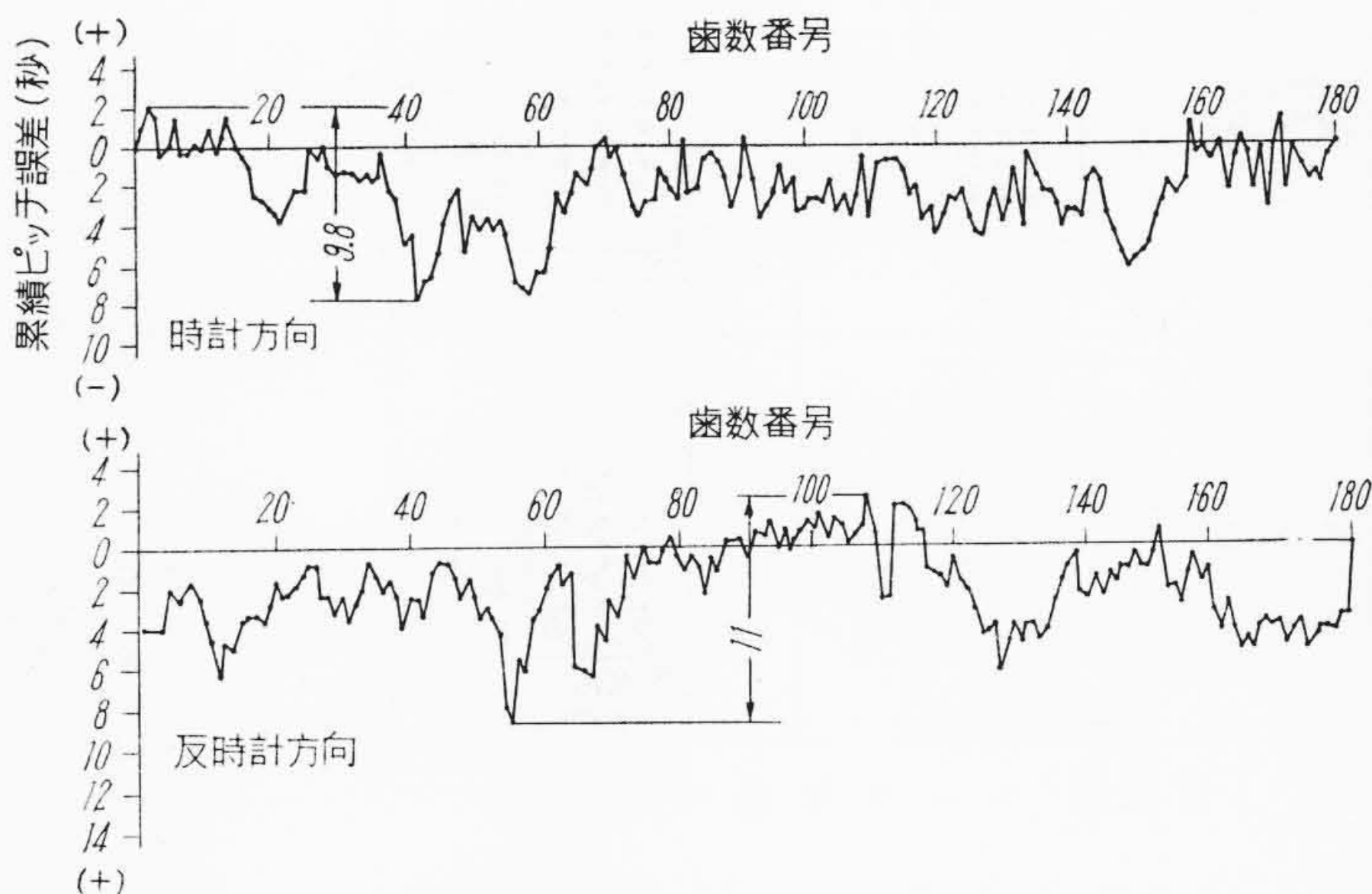
3.1 主要部品の精度

(1) マスタウォームとマスタウォームホイールの割出精度

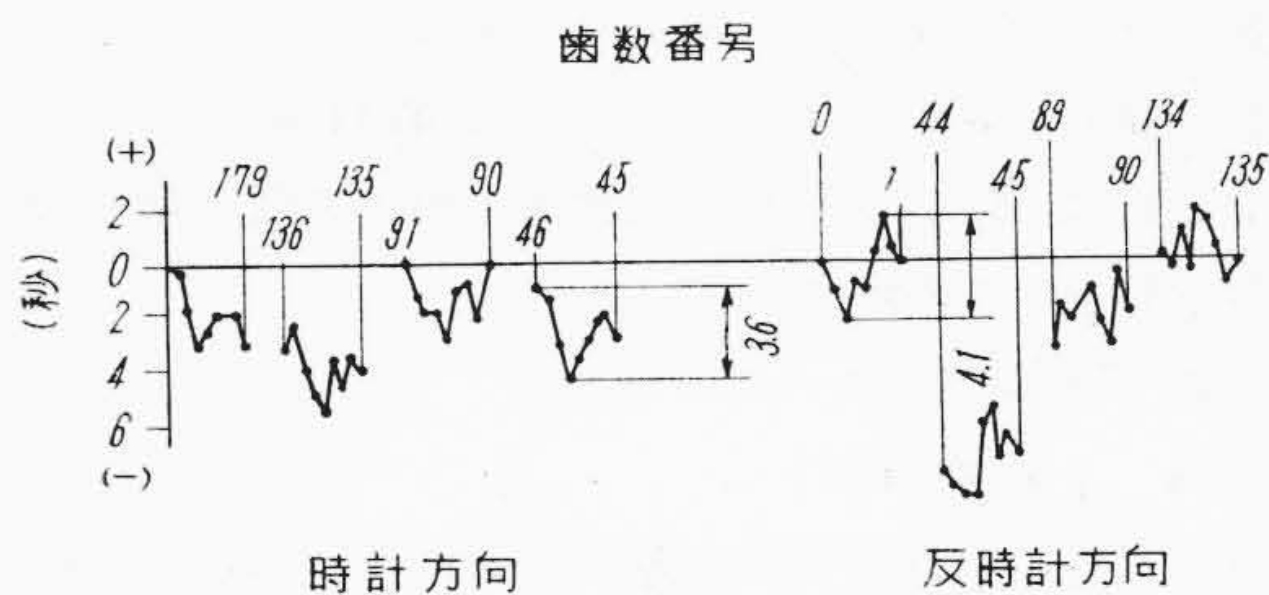
マスタウォームとマスタウォームホイールの割出精度は第9図のとおりで、これはマスタウォーム1回転に対するマスタウォームホイールの回転角度を読み、理論値との誤差の累積を表わしたものである。

第10図はマスタウォーム1回転中の循環誤差で、マスタウォーム $1/8$ 回転に対するマスタウォームホイールの回転角度を読み、割出精度と同様にして表わしたもので、いずれも WILD 社製 T-3 型テオドライトにより測定したものである。

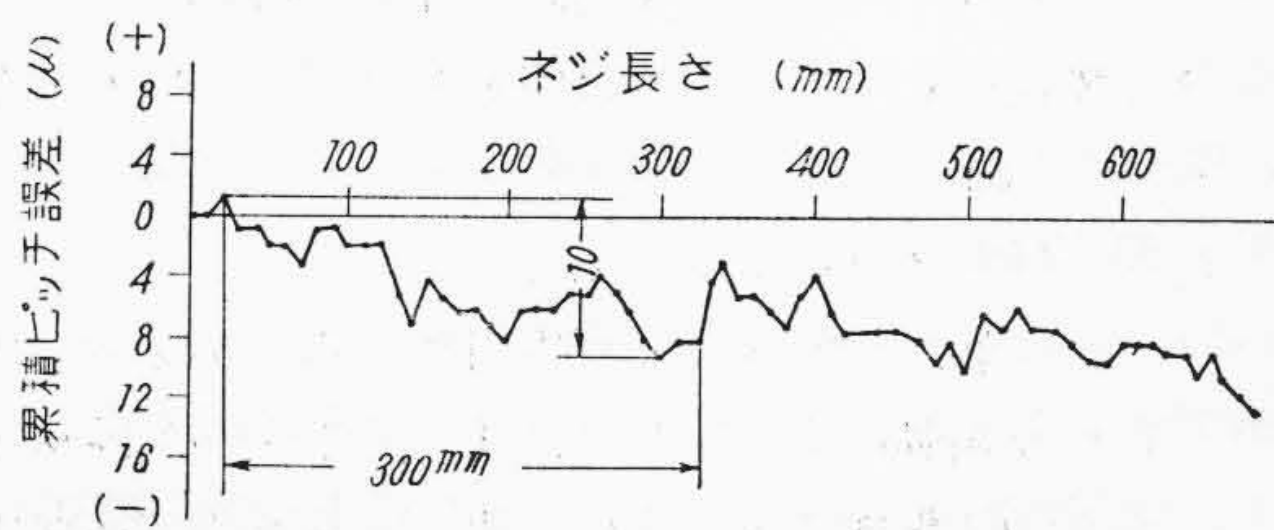
(2) 縦送りネジの精度



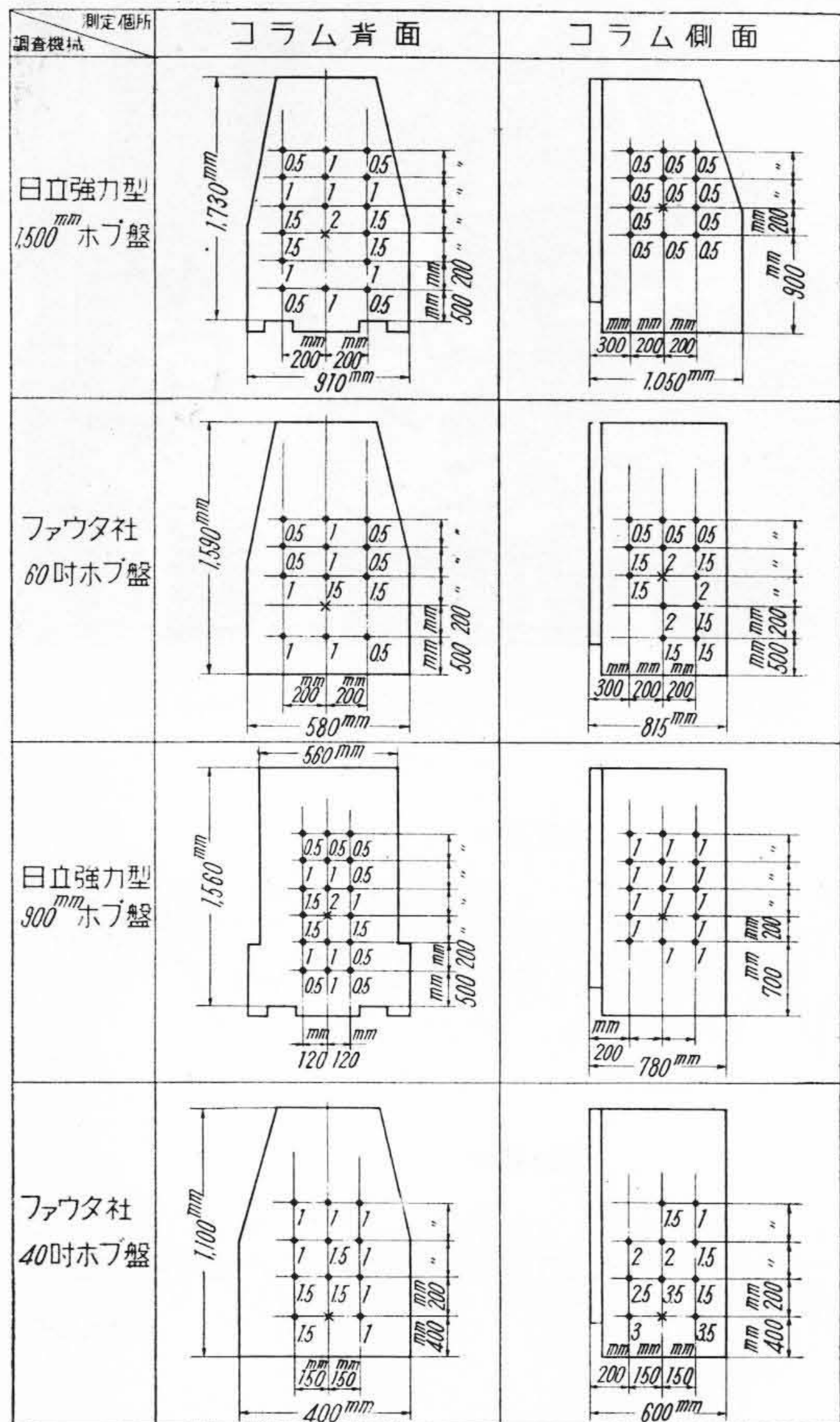
第9図 マスタウォームホイール割出精度



第10図 マスタウォーム1回転に対するテーブル運動の循環誤差



第11図 縦送りネジ累積ピッチ誤差



第 12 図 コラム壁面の剛性

堅送りネジの累積ピッチ誤差はハスバ歯車を切削すると歯筋誤差や送りマークとなつて表われる。したがつて堅送りネジは非常に高い精度が要求される。本機に使用した堅送りネジの累積ピッチ誤差は第 11 図のようである。これは BSS タービン減速歯車用ホブ盤の精度規格 A 級 (13μ) に相当する。

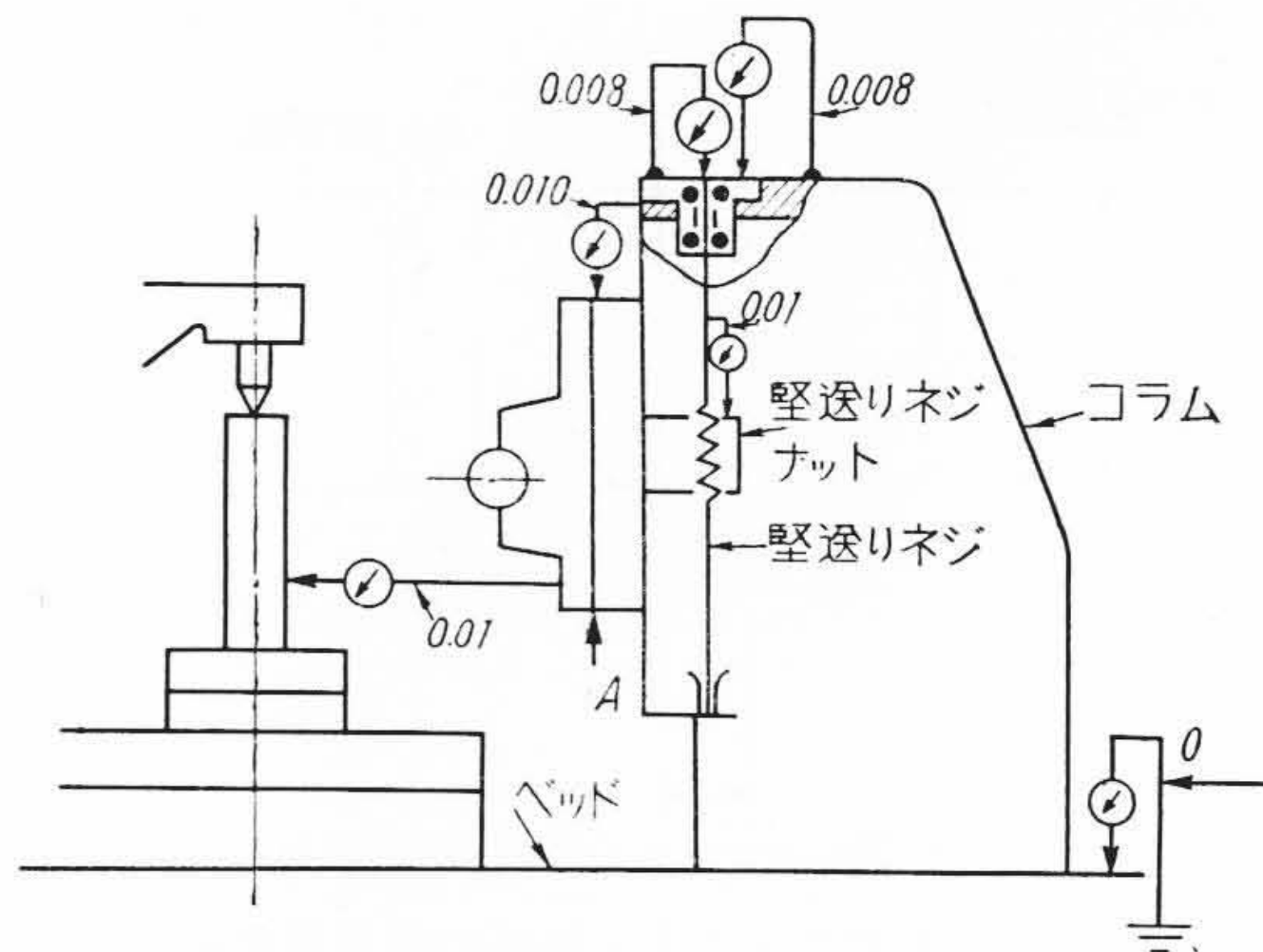
3.2 各部の剛性

(1) コラムの剛性

コラムは切削中連続的な衝撃を受けるので、この剛性が切削中振動に及ぼす影響は大きい。このためコラム壁面の剛さを数種の機械について測定してみた。調査方法はコラム背面と側面の壁に一定の衝撃を加え、この時各部の振動をロイドリング振動計により測定したもので、壁の剛性に対する一つの目安となろう。各機の調査結果を第 12 図に示す。

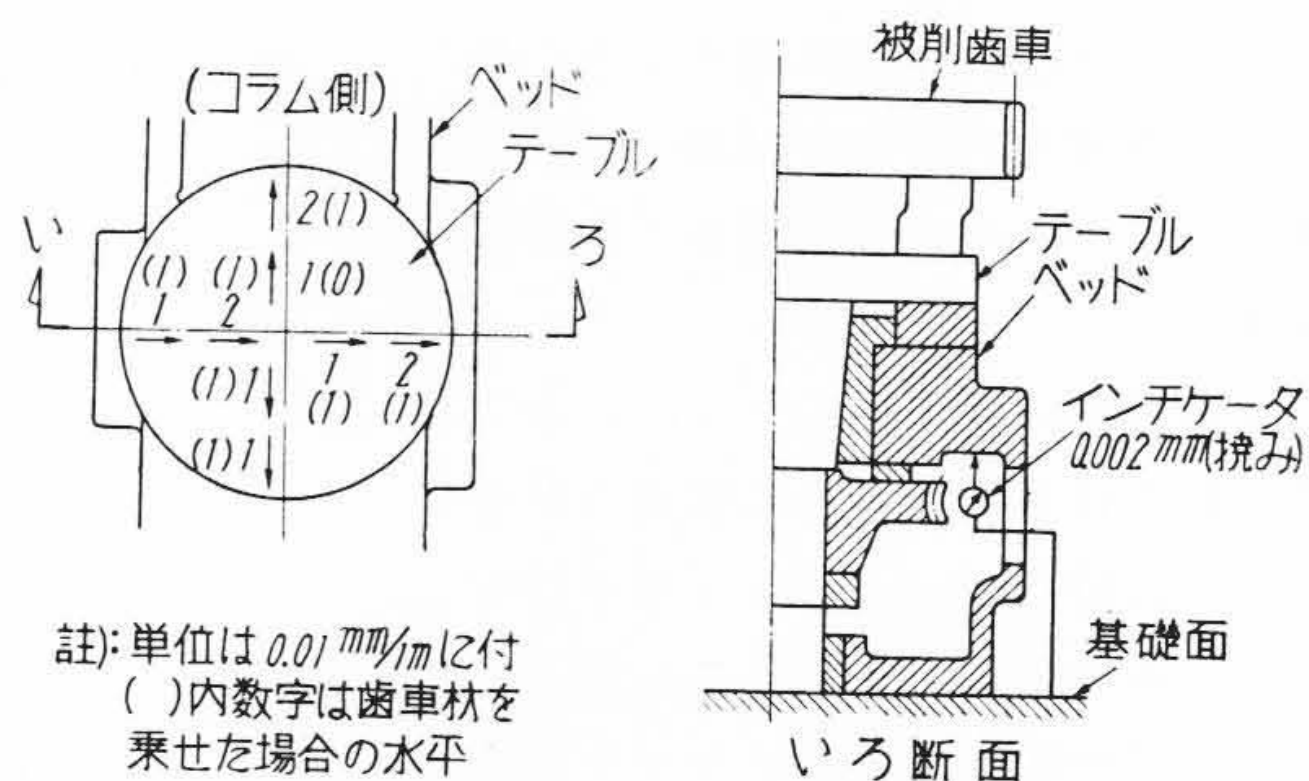
(2) 堅送りネジ軸受部の剛性

ホブサドル堅送りの運動が不円滑になると切込量に変化し、切削時振動の原因となり、また仕上切削の際送りマークとなつて歯面に縞目模様が出る。この不円滑運動



註) インチケータの読み (mm)

第 13 図 堅送りネジ軸受部の剛性



註) 単位は 0.01 mm/m に付
() 内数字は歯車材を
乗せた場合の水平

第 14 図 歯車材を乗せた場合テーブル上面水平の変化およびベッドの撓み

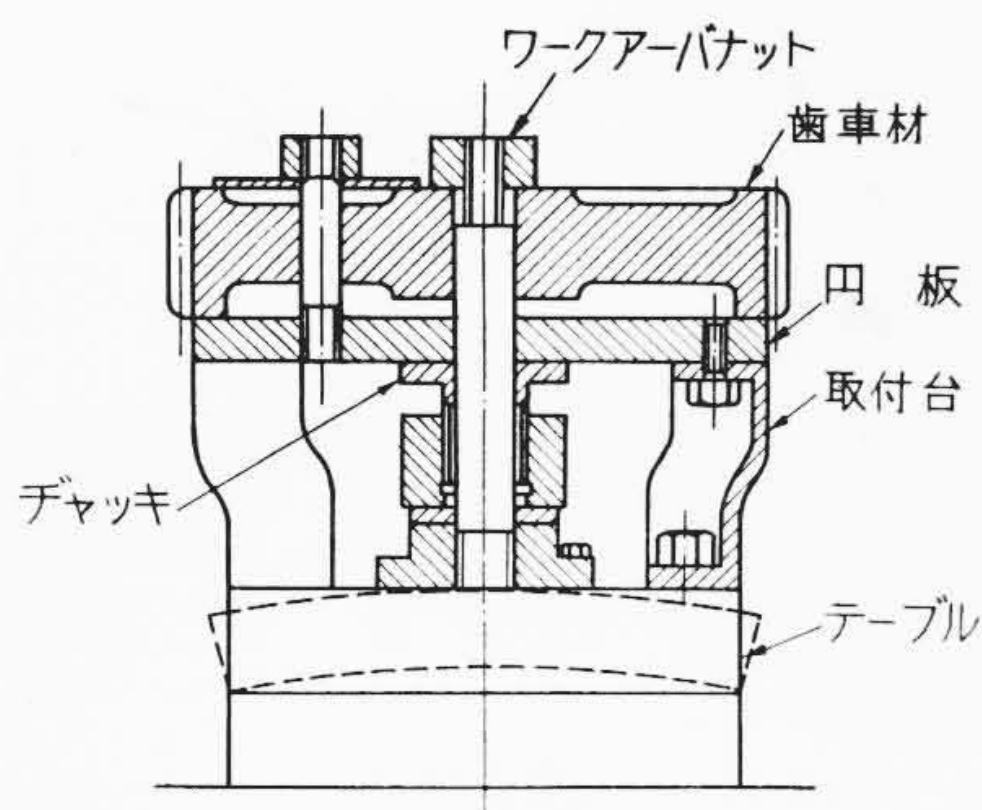
の原因になる堅送りネジ軸受部・ナット取付部の剛性を測定したのでこれを第 13 図に示す。これは図 A 点に 600 kg の力を加えて各部の撓みをインジケータで読んだものである。

(3) テーブルの剛性

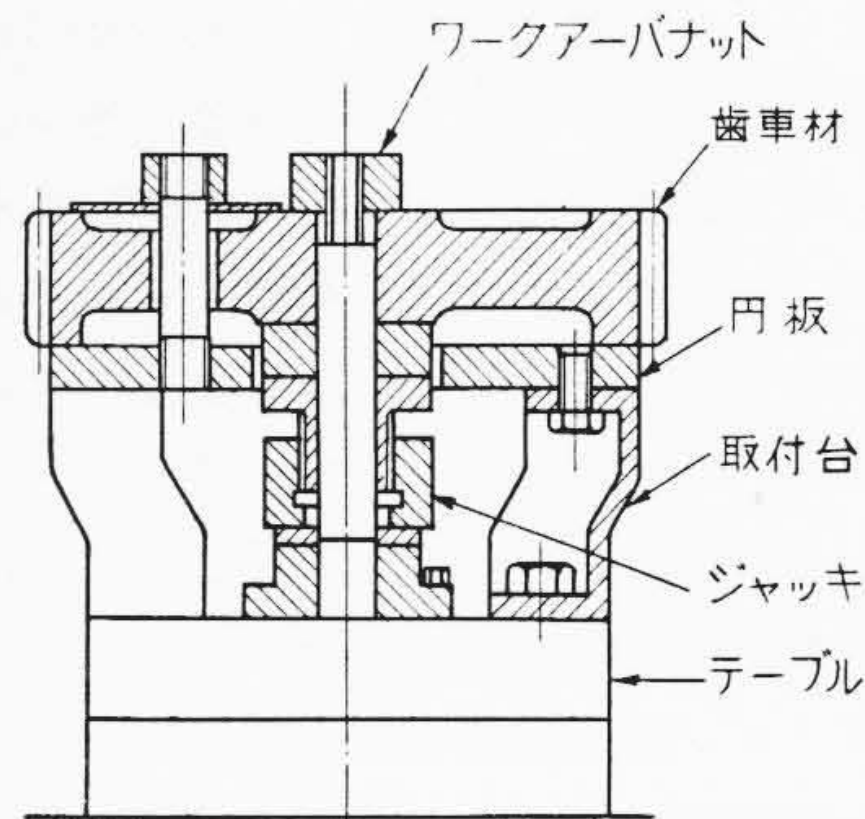
本機のテーブル上許容重量は約 2.5 t であるが、このように大きな重量を乗せた場合テーブルが変形し、テーブル摺動面の当りが変り振動を起すおそれがある。テーブル上に被削歯車 (2.3 t) を乗せてテーブル水平の変化およびベッドの撓みを測定した。これを第 14 図に示す。図に記すように歯車材を乗せただけではテーブル水平の変化は最大 0.01 mm/m に付であるからテーブルの剛性としては十分と考えられる。

3.3 歯車材の取付法について

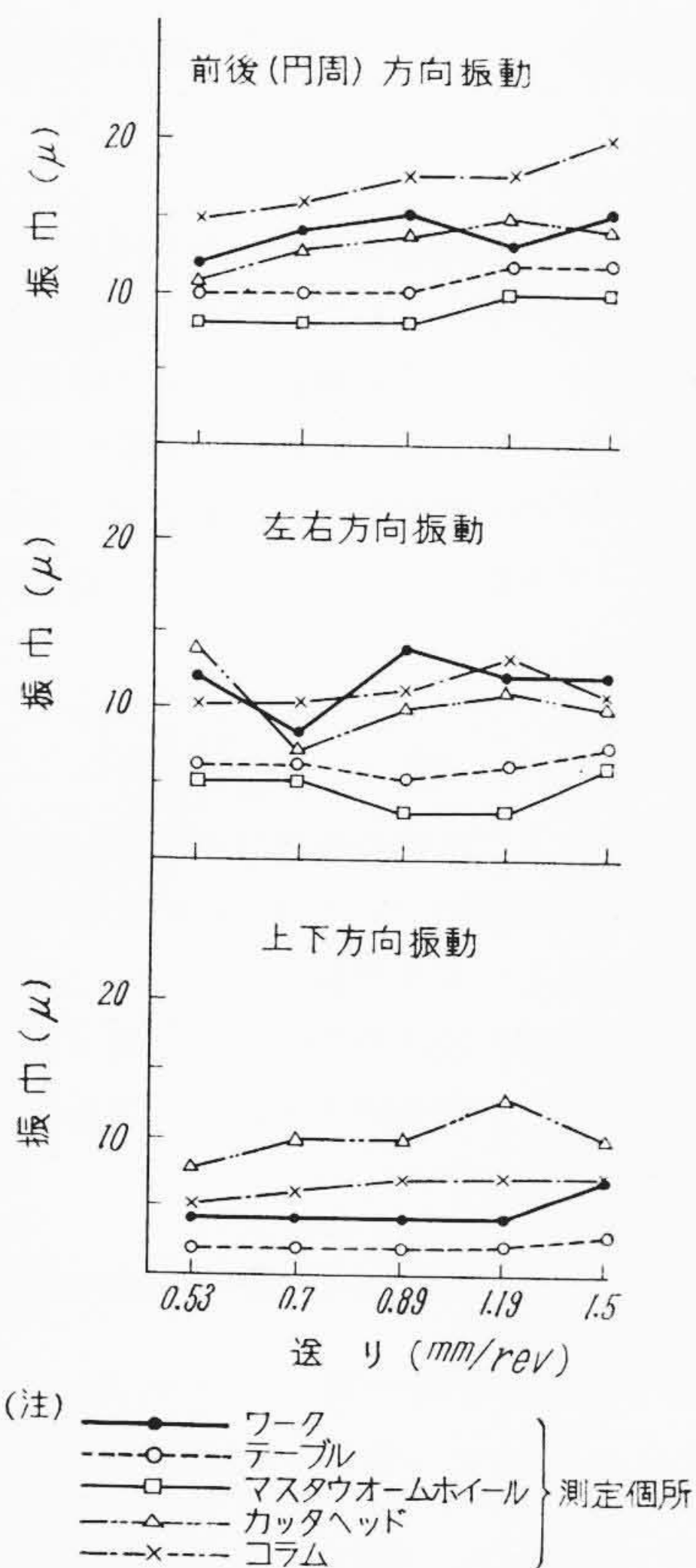
歯切に当つては歯車材を正しくしつかりと取り付けるとともに、テーブルや歯車材にひずみを与えないように取り付けることが必要である。特に歯車材の径がテーブル径より大きい場合には取付法が悪いとテーブルがひずみを起し、切削中振動発生の原因となりやすい。本機で



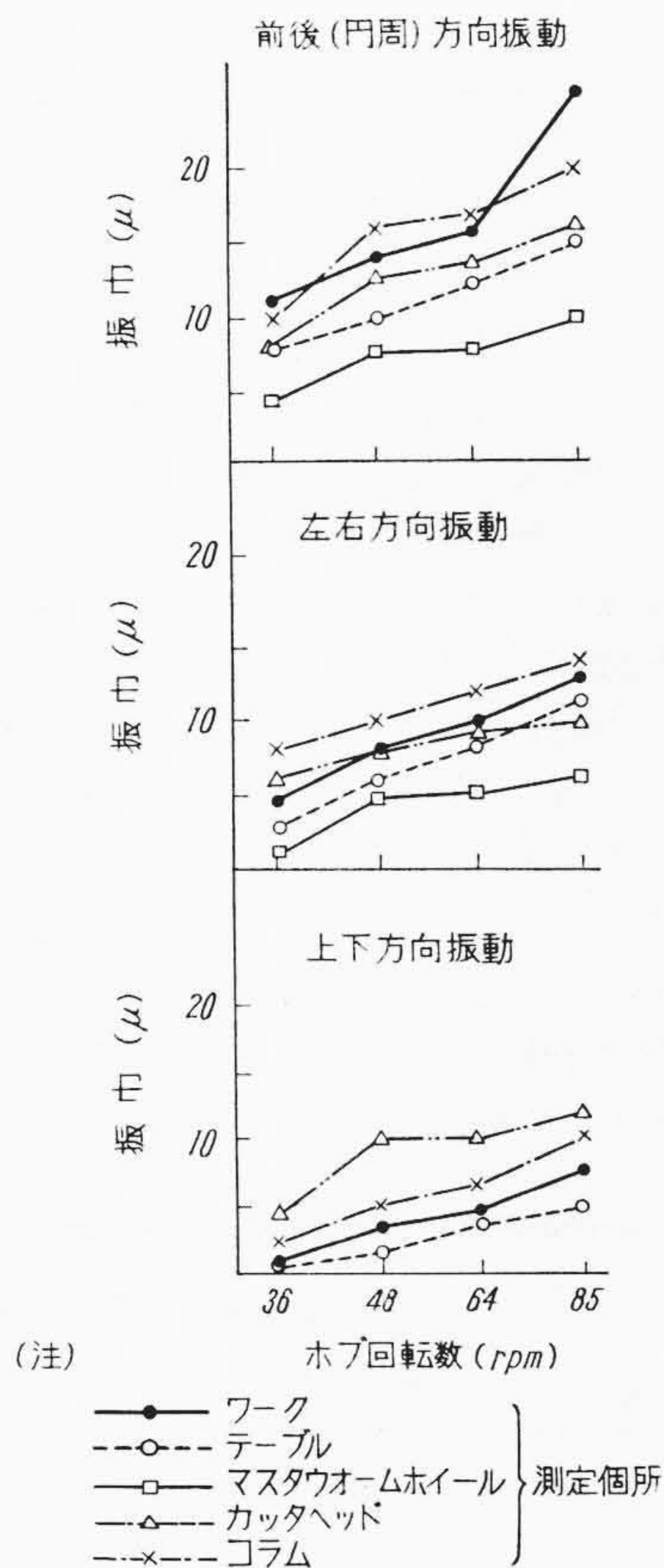
第15図 歯車材取付図（その一）



第16図 歯車材取付図（その二）



第17図 切削時機械各部の振動



第18図 切削時機械各部の振動

6 M×216 T×11° 左ねじれ×1,320.25 mmφ 平均径の歯車段取した際の実験について説明する。

最初第15図に示すような取り付けを行つたが、3.2項で述べたように、歯車材をテーブルに乗せただけではテーブルのひずみは起きないが、ワークアーバナットを締め付けると図の点線に示すようにテーブルは0.04mm/1mに付中高傾向に変形、したがってテーブルは外側のみで当り外側摺動部の面圧が大きくなり油膜が切れ金属接触の状態になる。このためテーブル回転が

不安定になり切削中振動が大であつた。これはジャッキを効かせても間に入れた円板が撓むため、ワークアーバでテーブルの中側が引上られる結果と考えられる。特に切削歯車の歯幅がテーブルの厚さに比して大きい場合すなわち切削歯車の剛性が非常に大きいときはこの傾向が現われるので注意すべきことと考えられる。これを第16図のように変更、ワークアーバナットとジャッキで歯車材をはさむようにしたところワークアーバナットを締め

付けてもテーブル上面の水平は $0.005 \text{ mm}/1\text{m}$ の変化で好結果を得られた。このような現象は外国の著名、ホブ盤においても経験することで特に大きな歯車材の取り付けに当つては次のような点を考慮すべきである。すなわち取付台とテーブルの取付部はできるだけ密に取り付け得る構造とし、あたかも取付台とテーブルは一体であるようにして取付台にテーブルの補強させる役をも兼ねさせ、しかも取付台は剛性を十分もたせる必要がある。すなわちタービン減速用歯車の歯切に使用しているような取付台が理想的であろう。分割された取付台を使用する場合には歯車材を直接これに締め付られるように歯車の設計を行い、ワークアークは芯出の目的にのみ使用することが望ましい。

3.4 振動について

下記諸元の歯車を切削中、各部の振動測定を行つたので、これについて説明する。なお測定はロイドリング振動計を使用した。

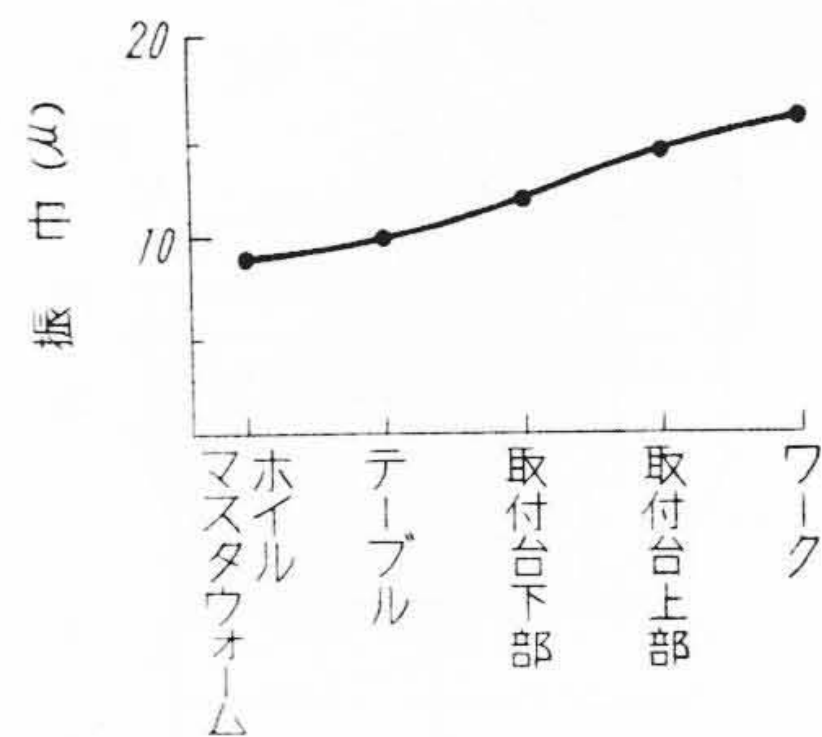
(1) 歯車材諸元

モジュール=6 歯数=203 ピッチ円径=1240.83mmφ
ねじれ角=11度左 圧力角=20度 材質=S45C 鍛造
硬度=Hs 35~38 重量(取付具を含み)=2,200 kg

(2) 切削諸元

ホブ回転数=36, 48, 64, 85 rpm 切削速度=15.5, 20.5, 27, 36 m/min 送り=0.53, 0.7, 0.89, 1.19, 1.5 mm/rev 切込=12 mm 削り方向=クライムカット

第17図は切削速度を $20.5 \text{ m}/\text{min}$ 一定とし、送りを上げて行き振動を測定したもので、第18図は送りを $0.7 \text{ mm}/\text{rev}$ に一定として切削速度を速くして測定したもので、図に示すように送りを上げた場合に比して切削速度を速くした方が振動の増加する割合は大きい。これ



測定箇所
(注) ホブ回転数 48 rpm
切削速度 $20.5 \text{ m}/\text{min}$
送り $0.89 \text{ mm}/\text{rev}$
測定方向 円周

第19図 テーブル上部と下部の振動変化

より考察すれば切削速度より送りを上げる方が有利なように考えられるがさらにわれわれは「歯車高速切削の研究」の一課題として今後も検討を加えてゆきたい。

第19図はテーブル部の上部から下部に下るに従つて振動の減少してゆく状況を示したもので、切削位置をできるだけテーブル面に近づける方がこの点有利であることがわかる。

4. 結 言

以上述べたように本機の性能はおおむね所期の目的を達したが、なお細部についてはさらに改善を進め一段と性能の向上を図るつもりである。

終りに臨み本機の設計製作に当つて種々貴重な御意見を賜つた九州大学和栗明先生に対し深甚の謝意を表する次第である。

第40頁より続く

最近の日立製作所社員の工作機械に関する社外寄稿一覧 (その2)

機 械 技 術

平削盤改造の平面研削盤
工作機械の潤滑油管理
ローリングヘッドによるネジ転造
倣いバイスによる内面加工
放電加工
設備費を上回る研削の効果
統計的手法を用いた工具の在庫管理

巻 号	頁	発行年月	執 筆 者
3 巻 8 号	56 頁	(昭 30-5)	安 好 美
3 巻 8 号	81 頁	(昭 30-8)	渡 辺 弘
3 巻 12 号	1 頁	(昭 30-12)	松 田 重 治
4 巻 1 号	16 頁	(昭 31-1)	宇佐美 武 司
4 巻 7 号	24 頁	(昭 31-7)	久保田 護
4 巻 9 号	90 頁	(昭 31-9)	八 木 研 司
4 巻 11 号	53 頁	(昭 31-11)	奥 平 正 之 司

工 場 管 理

ヤスリ作業をなくすには

機 械 と 工 具

トランスファマシンにおけるワークセッティングの方法と加工精度

高速送り強力旋盤

機 械 の 研 究

等比標準数による切削工具管理の合理化
量産工場におけるトランスファマシンの利用

1 巻 3 号	30 頁	(昭 30-3)	緒 方 京 一
1 巻 1 号	28 頁	(昭 32-3)	中 村 昌 夫
1 巻 1 号	33 頁	(昭 32-3)	松 倉 浩
9 巻 1 号	133 頁	(昭 32-1)	葛 上 昉
9 巻 1 号	221 頁	(昭 32-1)	花 岡 浩