

工作物のセンタ穴精度と円筒研削精度との関連について

本田 巨範 ・ 花井長四郎 ・ 高橋 政敏

On the Relationship between the Type and Alignment of Centre Holes and the Accuracy of Cylindrically Ground Work Pieces

Masanori HONDA, Choshiro HANAI
and Masatoshi TAKAHASHI

Abstracts

Nine test peices having centre holes of JIS A-type, B-type and R-type, and having alignments of normal, parallel and angular types are ground on a cylindrical external griding machine.

Accuracies are inspected on the roundness and the steps generated on the generatrices of the test pieces.

B-type and R-type centre holes with normal and angular alignments give the highest working accuracy.

1. ま え が き

旋削及び円筒研削では、工作物に設けたセンタ穴の精度が仕上加工精度に大きな影響を持つことは、従来から経験的に知られており、特に円筒研削において著しいと言われている。

今回、センタ穴の種類及びあけ方の良否が円筒研削の仕上精度にどのような関連を持つかについて実験したので、その結果を報告する。

比較のための加工方法として、円筒研削を選んだ理由は、上記のように、センタ穴の影響が大きいということだけでなく、同筒研削では、旋削のように主軸側のセンタが回転することがないので、センタの振れ廻りの影響を受けないこと、及び、表面を滑らかに仕上げることができるので、精度測定における S/N 比がよいことを期待したからである。

2. 試 験 片

2.1 形状・寸法、材料及び数

試験片は Fig. 1 に示すように、直径×長さ=40×400 mm の SK5 の丸棒で、両端に廻し金を取付けるための、直径×長さ=25×25 mm の段を設けてある。熱処理はしなかった。

試験片の両端に設けるセンタ穴は、次に述べるように、穴の形を3種類、アラインメントを3種類とした。試験片の種類はこの組合せによって9種類となり、各種類1本ずつとして合計9本の試験片を用意した。

2.2 センタ穴の種類

JIS では、センタ穴の種類を、適用するセンタの角度によって60度、75度及び90度の3種類に、穴の断面形状によってA形、B形、C形及びR形の4形式に分けている。よだしR形は角度60度だけである。

普通に使用されるセンタ穴は60度であるので、ここでは角度は60度に限定することにした。60度センタ穴の4形式の断面形状を Fig. 2 に示す。

Fig. 2 において、A形は一般に用いられるセンタ穴であり、B形は穴の口元を面取りし、C形は口元に沈み座ぐりを施して、共に、工作物端面の不整の影響を受けないように配慮したものである。R形は穴の断面形状をラッパ状にして、アラインメント不良のときにセンタとの

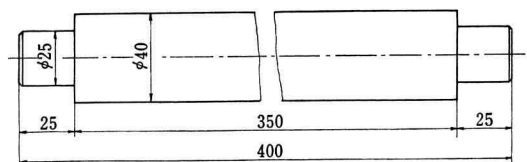


Fig. 1. Size of test piece.

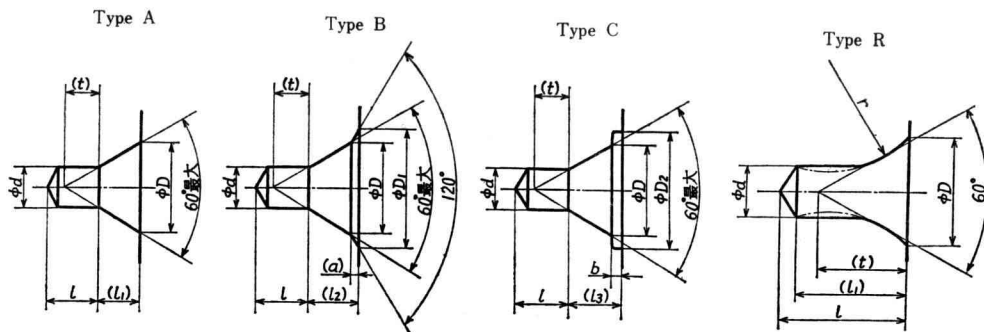


Fig. 2. Four types of 60° centre hole.

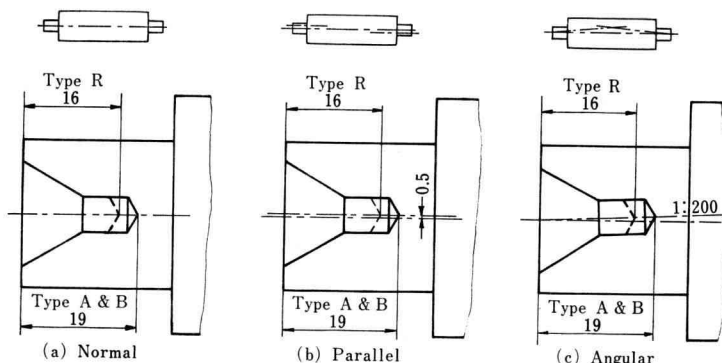


Fig. 3. Three types of alignment of centre hole.

片当りを避けるように配慮したものである。

以上の考察によれば、B形とC形とは、断面形状は異なるが趣旨目的において変りはないと考えられる。したがって、今回の実験にはA形、B形及びR形を選び、C形は割愛した。

2.3 センタ穴のアライメント

センタ穴のアライメントの理想は、Fig. 3(a)に示すように、工作物両端のセンタ穴の中心線が完全に一致していなければならない。すなわち、二つのセンタ穴の同軸度が良くなければならない。

アライメント不良には、Fig. 3(b)に示すように、二つのセンタ穴の中心線が、互に平行ではあるが間隔を持って(=)の字形になったもの、Fig. 3(c)に示すように、二つのセンタ穴の中心線がある角度をなして交わる(∧)の字形をしたもの、及び一つの面内では(=)又は(∧)、これに直角な面内では(∧)となる複合形が考えられる。

ここでは、アライメントの正しいものを標準形、(=)の字形のアライメント不良を平行形、(∧)の字形

の不良を角度形と呼ぶことにする。今回の実験では、標準形、平行形及び角度形の3種類を選んだ。普通にあげられたセンタ穴は多くの場合、程度の差はあれ、複合形であろうと思われるが、故意に作るとなると、パラメータが多過ぎるので採用しなかった。

2.4 センタ穴の大きさ

試験片にけるセンタ穴の大きさは、センタとの片当りなどの無理が予想されるので、普通よりも大き目を選んだ。最初は呼びを6.3とする予定であったが、A形、B形及びR形のセンタ穴ドリルが揃わなかったため、やむを得ず旧JISによる1形(現JISのA形相当)及び2形(B形相当)と岡部規格のR形の、いずれも呼び6を採用した。旧JISにはR形がないために岡部規格としたものである。現JISと旧JIS及び岡部規格のR形との相異を、今回使用した大きさのセンタ穴ドリルについて比較すればFig. 4の通りである。

Fig. 4によれば、現旧及び岡部規格の間には、主要部分にほとんど差はないと見られるので、1形、2形及び

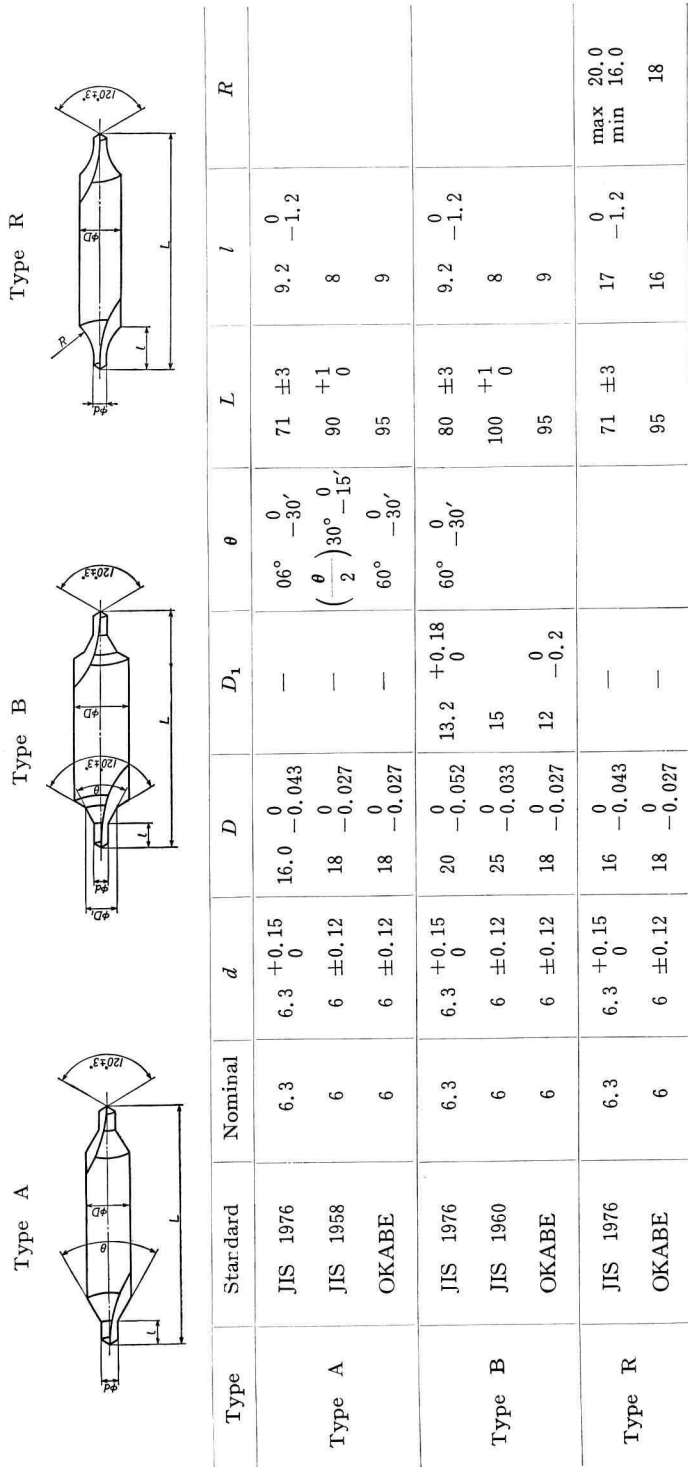


Fig 4 Three types of centre drill used.

岡部規格を、それぞれ現 JIS 並みに A 形、B 形及び R 形と呼ぶことにする。

穴の深さは、A 形及び B 形については全深さを 19mm とし、R 形については 16 mm とした。

2.5 センタ穴のあけ方

標準形アラインメントのセンタ穴は、旋盤により、できる限りの注意を払ってあけた。

平行形及び角度形のアラインメントは、ひざ形横ライス盤を用いて次のようにしてあけた。

平行形は、まず、あごが主軸中心線に平行になるように万力をテーブルに固定し、試験片を万力に取り付けた後、主軸中心線に対して、試験片の中心線を所定の量の 1/2 だけオフセットさせた状態で、一端のセンタ穴をあける。オフセットはテーブルを長手方向に移動させて与える。

つぎに、試験片を垂直軸のまわりに（すなわち水平面内で）反転して他端のセンタ穴をあける。

角度形は、あごが主軸中心線に対して所定の角度をなすようにテーブルに固定した万力に試験片を取付け、試験片の一端の中心にセンタ穴をあける。

次に、試験片をこれに直角な水平軸のまわりに（垂直面内で）反転して他端のセンタ穴をあける。

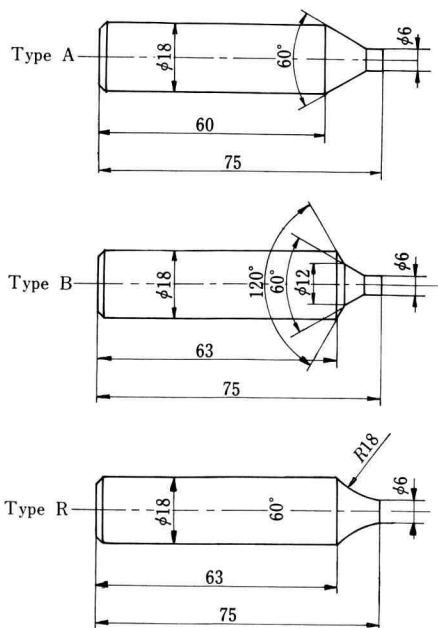


Fig. 5. Centre hole gauges.

2.6 アラインメント不良の程度とその確認

アラインメント不良の程度は、平行形では両センタ穴の中心線の間隔を 1mm とする (Fig. 3(b) 参照)。角度形では、両センタ穴の中心線の交点の位置が、試験片の長さの中央で、かつ、試験片の両端面にあるセンタ穴の口元の中心を結ぶ直線（以下、穴一穴中心線という）から 1mm の位置にあるようにする。勾配にして 1/200 となる (Fig. 3(c) 参照)。

アラインメントの確認は、Fig. 5 に示すようなゲージを用いて行った。このゲージは切れ刃と二番のないセンタドリル状のもので、岡部工具製作所に製作を依頼して、A 形、B 形及び R 形を各 1 個づつ用意した。

確認の方法は、まず、準備として試験片の円筒研削を行って、円筒面の振れをはばなくす。次に Fig. 6 及び Fig. 7 に示すように、精密定盤上に置いた V ブロックで試験片を支え、一方のセンタ穴に鋼球を入れて垂直面で受け、他端のセンタ穴に上記のゲージをはめ、ゲージの自由端をウレタンフォームで軽く押える。この状態で、ゲージを試験片と共に回転し、ゲージの自由端の振れをダイヤルゲージで測定する。試験片の端面から測定点までの距離は 50 mm に統一する。

試験片のすべてのセンタ穴について行った振れの測定

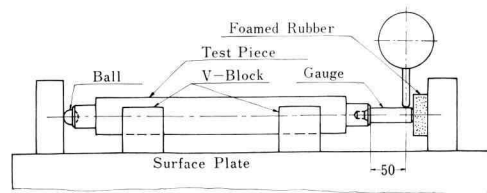


Fig. 6. Schematic of measuring method for ascertaining alignment.

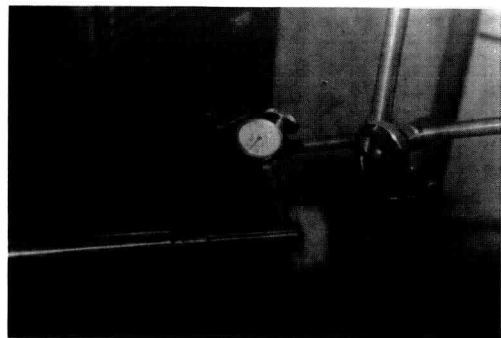


Fig. 7. Setup for ascertaining alignment.

Table 1. Runout of the Gauge

Type of Centre Hole		Type of Alignment					
		Normal		Parallel		Angular	
Type A	No. of Hole	1	2	3	4	5	6
	Runout (mm)	0.05	0.08	0.45	0.40	0.45	0.64
Type B	No. of Hole	7	8	9	10	11	12
	Runout (mm)	0.07	0.05	0.35	0.35	0.60	0.32
Type R	No. of Hole	13	14	15	16	17	18
	Runout (mm)	0.05	0.05	0.31	0.33	0.42	0.47

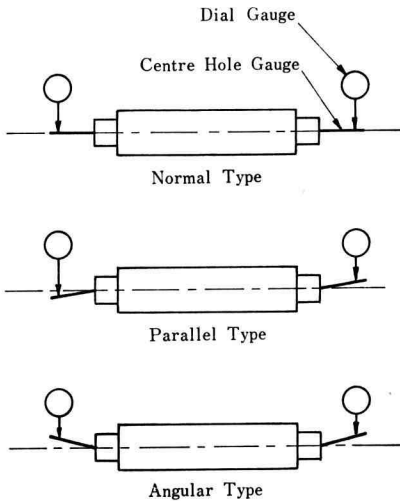


Fig. 8. Schematic diagram of the measuring method of the alignment.

結果を表1に示す。表中、穴番号は整理の都合上付けたもので、後述する仕上研削において、試験片の左右を振り替えた後の研削のとき、奇数番号の穴が心押台側にくるようにした。

測定結果からアライメントの形を推定するには次のように考える。Fig. 8からわかるように、ゲージの振れが大きい場合に、その振れの最大が、試験片の中心線に関して互に反対側に現れるものは平行形のアライメントであり、最大が、中心線に関して同じ側に現れるものは角度形である。振れの非常に小さいものを標準形と考える。

この推定は表1の結果とよく一致する。

ここで、アライメントが予定通りに加工されている

とした場合に、どの程度の振れが生ずるかを理論的に確かめておく。

平行形は、両センタ穴の中心線の間隔を1.0 mmにしたつもりであるから、穴一穴中心線に対するセンタ穴中心線の勾配は1/400となる。したがって、ゲージの振れを δ_P とすると

$$\delta_P = 50 \times \frac{1}{400} \times 2 = 0.25 \text{ mm}$$

となるはずである。

角度形では前に述べたように、穴一穴中心線に対するセンタ穴中心線の勾配は1/200であるので、振れを δ_A とすると

$$\delta_A = 50 \times \frac{1}{200} \times 2 = 0.5 \text{ mm}$$

となるはずである。

標準形は理想的に加工されていれば振れは0となるはずである。

これらの理論値と表1の実測値とを比較すると、標準形と平行形で実測値が大きい。

3. 円筒研削

3.1 研削条件

上記のように準備した試験片について仕上げ円筒研削を行った。使用した研削盤は豊田工機製GS15-100形円筒研削盤であり、研削作業は本田が行なった。

研削条件は表2に示す通りである。なお、同一アライメントの試験片の間では、なるべく研削後の直径を揃えるようにした。

3.2 仕上げ研削の方法

試験片は、まず、予備研削を行って外径をほぼ揃えた

Table 2 Grinding Conditions

Grinding Wheel	Grinding Stone	WA 60 K m V
	Size	405×76×152.4 mm
	Spindle Speed	1450 rpm
	Peripheral Speed	1845 m/min
Test Piece	Revolutional Speed	260 rpm
	Peripheral Sped	33 m/min
	Table Speed	0.73 m/min
	Feed Rate	2.5 mm/rev.
	Spark-out	3 Full Strokes
	Tarry	1.5 to 2 Revolutions
Coolant	NORITAKE COOL No. 35T (correspond to JIS W2) ×100 Dilution	

後、仕上げ研削を行った。

仕上研削の方法は、心押台側から全長の約3/5の部分
を仕上げ、左右を振り替えた後、同じく心押台側から約
3/5の部分を、一部重複させて仕上げて作業を終る。し
たがって、研削後の試験片の表面には、左右を振り替
える前後の境界線が、全長の約3/5の位置にかすかに残
るものが多く、中には、半周ずつで境界線のでき方に差
のあるものもあった。

4. 精度測定及びその結果

4.1 試験片のオリエンテーション

試験片の精度を測定するに当っては、測定の向きをア
ライメント不良の向きと対応させなければならない。
そのため、直交する2平面を試験片内部に設定し、次
のように名付けることとする。

平面の命名は、試験片の奇数番号のセンタ穴を手前
に向け、これに正対（最終研削時の心押台側から試験片
を見ることに相当）して行うものとする。

(1) 正、負のX平面

試験片の穴一穴中心線を含む平面のうち、奇数番号の
センタ穴のアライメント確認のとき、振れが正の最大
値を示した向きに一致する向きに延びた部分を、X平面
の正の部分とする。穴一穴中心線に対して、上記と反対
の側に延びた部分を、X平面の負の部分とする。

(2) 正、負のY平面

穴一穴中心線を含み X 平面に垂直な平面を Y 平面と
し、X平面を水平に、かつ正を右にしたとき、穴一穴中
心線より上にある部分を正、下にある部分を負とする。

(3) 円筒面の4母線

正及び負のX平面が試験片の円筒面と交わる線を、そ

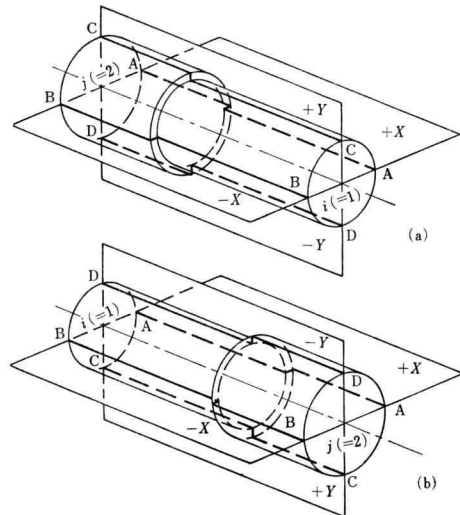


Fig. 9. Four generatrices.

れぞれ母線A及び母線Bとし、正及び負のY平面と円筒
面との交線を、それぞれ母線C及び母線Dとする (Fig.
9 参照)。

4.2 直径の測定及び測定結果

直径の測定位置は、試験片の両端及び研削の継目の両
隣の4箇所とし、いずれも、X平面内及びY平面内につ
いて、マイクロメータで測定した。

測定結果をグラフにしたものを Fig. 10 に示す。

4.3 母線の段差の測定及びその結果

研削仕上げを行った試験片は研削の継目にかすかに境
目を生ずるものもあるので、全試験片の4母線につい

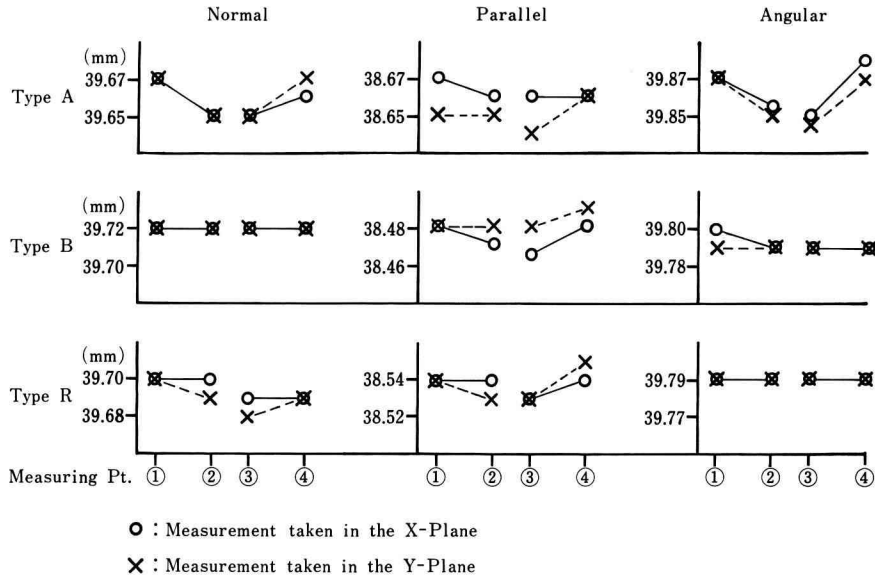


Fig. 10. Finished diameter of test pieces showing roundness and cylindricity.

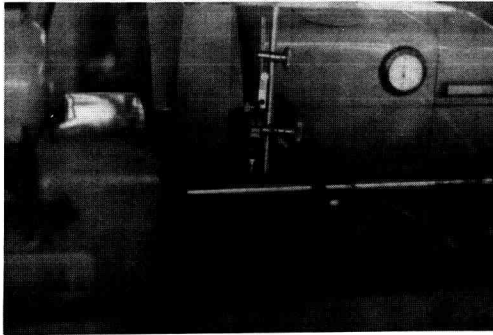


Fig. 11. Setup for measuring generatrix.

て、段差の有無を測定した。

4.3.1 段差の測定方法

仕上げ研削を終えた試験片を研削盤の両センタ上に支え、砥石台上に定置した電気マイクロメータのフィーラを試験片の母線に当ててテーブルを移動させ、継目に生じた段差を測定し、記録計に記録する (Fig. 11 参照)。

この測定を試験片の四つの母線について行い、次に、試験片の左右を振り替えて同様の測定を行う。

電気マイクロメータは、東京精密製ミニコム E-MD-M 5J 型、フィーラは同社の E-DT-LD 型を、記録計は東亜電波工業社製 U-EPR-200A 型自動平衡形記録計を使用した。

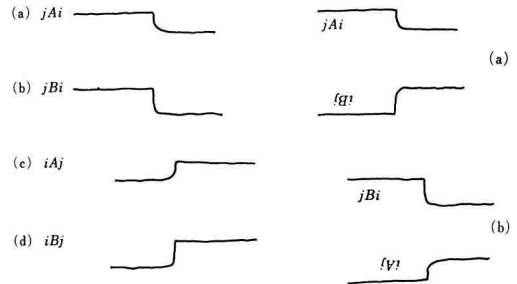


Fig. 12. Typical patterns obtained from a pair of generatrices.

Fig. 13. Synthesized profiles of X-section.

4.3.2 測定記録の整理方法

段差を生じた試験片の形状が例えば Fig. 9 (a) に示すようになっているものとする。この向きで 4 母線 A, B, C 及び D について段差を測定した後、試験片の左右を振り替えて Fig. 9 (b) に示す向きで、再び 4 母線について同様の測定を行うのであるから、各母線についてそれぞれ、向きの異なる二つの測定結果を得ることになる。

向きの相異を区別するために、記録図形では、母線記号 (A, B, C, 及び D) の前後に、それぞれ左及び右にあるセンタ穴の番号を添字とし付けて表わすことにする。例えば Fig. 9 (a) の状態の母線 A についての記録は

jA_i , 同図(b)の状態では同じ母線Aの記録は iA_j と表わす。なお、測定は各母線が砥石車に正対したとき行う。

測定時は常にテーブルを左から右に向けて移動させたので、Fig. 9(a)の状態では、フィーラは母線上を右から左に移動することになる。したがって、このとき、Fig.

12(a)に示すように、ペンが記録紙上を右から左に移動し、かつ、母線の凸部が記録図形でも凸状に画かれるように、記録計を調整しておけば、記録図形と母線の輪郭との関連がわかりやすい。

記録計の作動をこのように定めると、Fig. 9(b)の状態

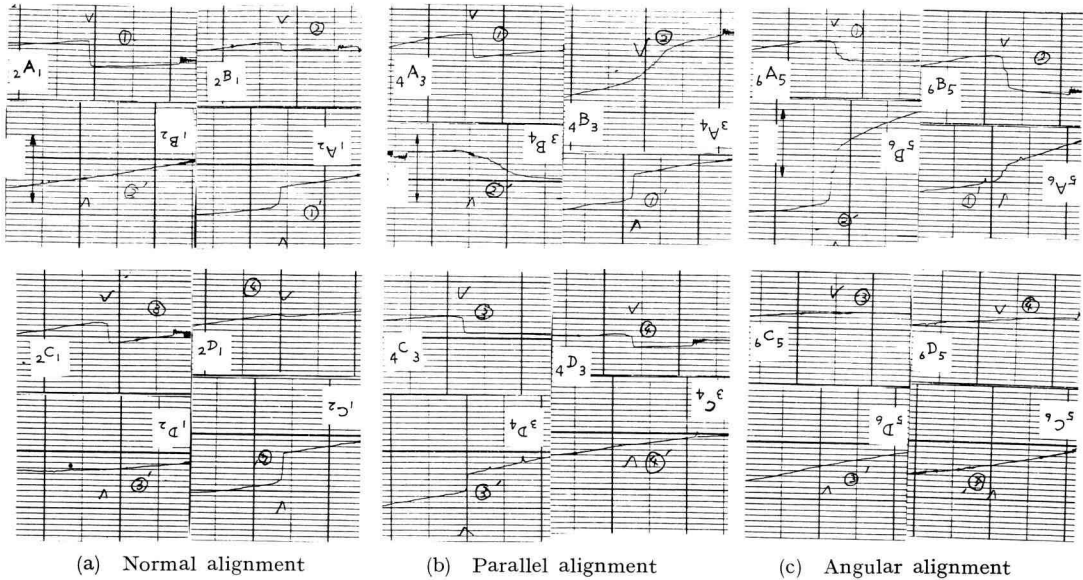


Fig. 14. Recorded patterns (Type A centre hole).

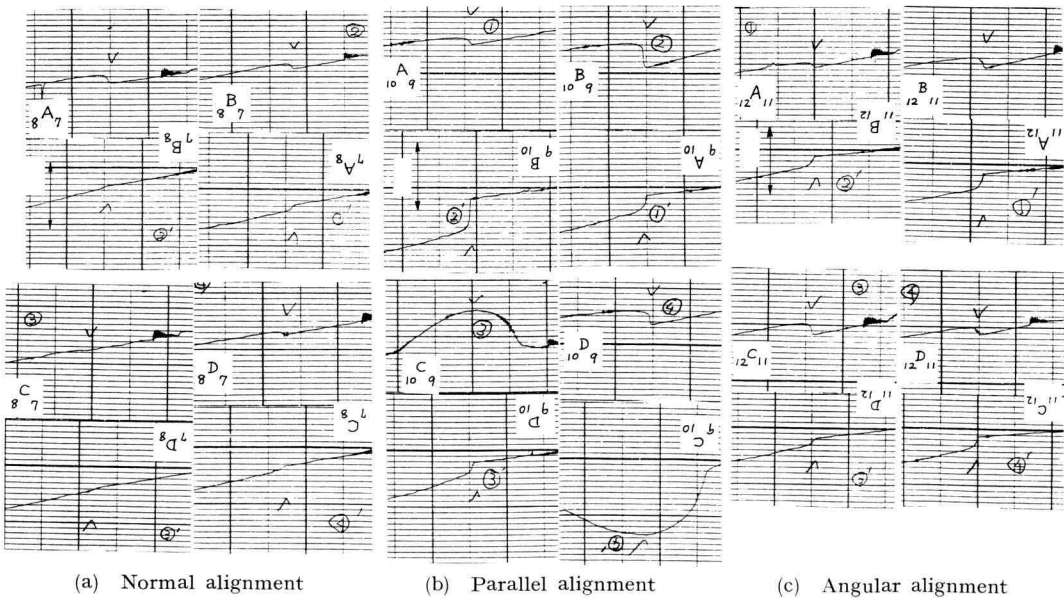


Fig. 15. Recorded patterns (Type B centre hole).

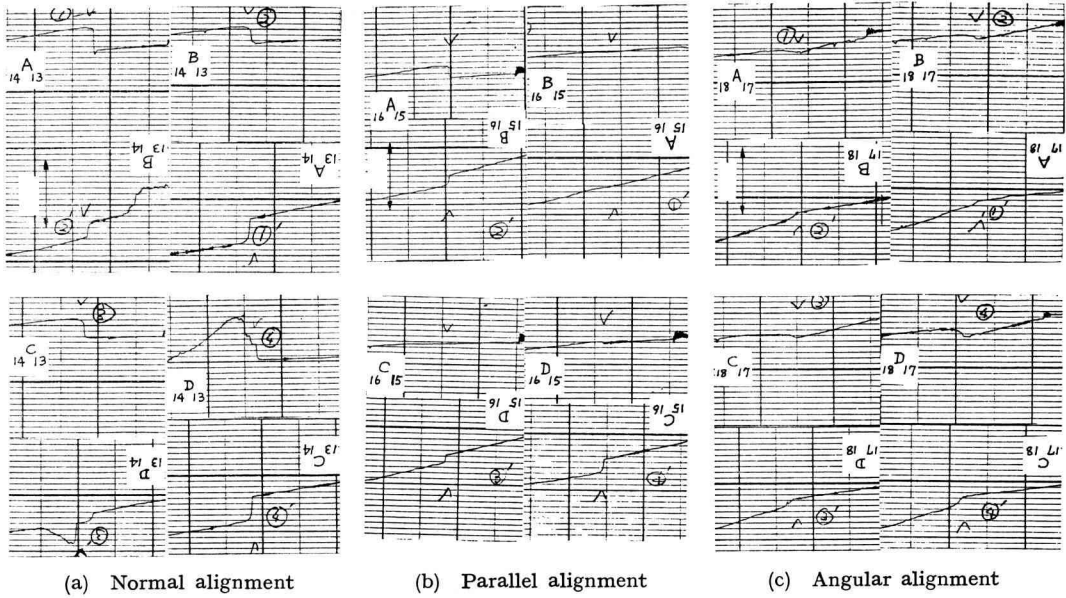


Fig. 16. Recorded patterns (Type R centre hole).

では、母線A及びBの記録はそれぞれ Fig. 12 の (c) 及び (d) のようになる。Fig. 12 において、(d) の iB_j を紙面内で 180° 回転して上下左右を反転し、(a) の iA_j と段差の部分とを合致させて並べると、Fig. 13 (a) に示すようになる。同じ操作を iA_j について行って jB_j と並べると Fig. 13 (b) となる。

Fig. 13 は試験片の軸断面の輪郭形状を現わしており、段差部分の右と左との中心線のくい違いは、試験片を研削したときの、左右を振り替える前と後との中心線のくい違いを示していることになる。

4.3.3 段差の測定結果

上記のような整理方法に従って測定記録を整理したものを、Fig. 14, 15 及び 16 に示す。

5. 測定結果の検討

5.1 真円度誤差

Fig. 10 において、各測定点について X 平面内の直径と Y 平面内の直径との差を、その点の真円度誤差とする。このままではセンタ穴の種類及びアライメントの形による優劣が付け難いので、各試験片に現われる真円度誤差が 0 になる回数を計上してみると、表 3 のようになる。

表 3 について真円度誤差ゼロの出現回数の多い順に見てゆくと、センタ穴の種類では B 形及び R 形がそれぞれ 8 回で甲乙なく、A 形は 5 回で、最も劣る。アライメントの形では、標準形 9 回に対して角度形 8 回と、前者

Table 3 Number of Points Showing True Circularity

Type of Centre Hole	Type of Alignment			Total	Order of Accuracy
	Normal	Parallel	Angular		
Type A	3	1	1	5	3
Type B	4	1	3	8	1
Type R	2	2	4	8	1
Total	9	4	8	21	
Order of Accuracy	1	3	2		

Table 4 Number of Points Showing True Cylindricity

Type of Centre Hole	Plane	Type of Alignment			Total	Grand Total	Order of Accuracy
		Normal	Parallel	Angular			
Type A	X	0	1	0	1	2	3
	Y	0	1	0	1		
Type B	X	2	0	1	3	8	1
	Y	2	1	2	5		
Type R	X	2	1	2	5	7	2
	Y	0	0	2	2		
Total		6	4	7			
Order of Accuracy		2	3	1			

Table 5 Distance between Centre Lines

Type of Centre Hole		Type of Alignment			Mean of S (μ)	Order for Hole
		Normal	Parallel	Angular		
Type A	x (μ)	0.7	1.7	0.96	1.27	3
	y (μ)	0.89	0.25	0		
	$S=\sqrt{x^2+y^2}$ (μ)	1.13	1.72	0.96		
	Order of Accuracy	8	9	6		
Type B	x (μ)	0.12	0.57	0.13	0.47	2
	y (μ)	0.04	0.94	0.14		
	$S=\sqrt{x^2+y^2}$ (μ)	0.13	1.1	0.19		
	Order of Accuracy	1	7	3		
Type R	x (μ)	0.54	0.04	0.05	0.41	1
	y (μ)	0.55	0.33	0.12		
	$S=\sqrt{x^2+y^2}$ (μ)	0.77	0.33	0.13		
	Order of Accuracy	5	4	1		
Mean Value of S (μ)		0.68	1.05	0.43		
Order for Alignment		2	3	1		

Note: x =Distance between centre lines in X-Plane
 y =Distance between centre lines in Y-Plane

がやや優れていると思われるが、平行形は明らかに劣っている。

5.2 円筒度誤差

Fig. 10 において、同一平面内で場所を変えて測定した直径の差を、その断面の円筒度誤差とする。Fig. 10 の

ままではわかり難いので、各試験片に現われる円筒度誤差 0 の回数を X 平面、Y 平面別に計上したのが表 4 である。

円筒度誤差ゼロの出現回数から判断すると、センタ穴の種類では B 形及び R 形が優れ、アラインメントの形で

は角度形及び標準形が優れている。

5.3 段 差

Fig. 14, 15 及び 16 は、試験片のX断面及びY断面の形状を現わすものであるが、段差の形からみて、この部分の左右で断面がくい違っているものが多い。この断面のくい違いの程度を、断面の中心線のくい違いの量で表わすこととして、X, Y 各断面について得られた各二つの図形から中心線のくい違いを算出し、これを平均したものを表5に示す。

ただし、Fig. 15(b) のY断面と Fig. 16(a) のX及びY断面の記録図形は、他とくらべてやや信頼性が疑われるが、表5では、図形は正しく記録されたものとして処理してある。

なお、表5には、くい違いの真の値、すなわち、X, Y 両平面内でのくい違い量の2乗和の平方根と、これに基いた正確さの順位とを記入してある。さらに、センタ穴及びアライメントによる優劣を見るために、それぞれについてくい違いの真の値の平均値を求め、これによる順位も記入してある。

表5によれば、センタ穴の種類ではB形及びR形が優れているが甲乙は付け難く、A形は劣る。アライメントの形では、角度形、標準形、平行形の順となる。前2者の間の差は少ないが、平行形は劣っている。

これらの順位は、表3の真円度誤差及び表4の円筒度誤差に関する順位とほぼ一致している。

中心線のくい違いをX平面内とY平面内とに分けて見ると、表5から、9本の試験片のうち6本はY平面内でのくい違いが大きい。さらに、B形及びR形のセンタ穴の場合は6本中5本、特に、B形R形と、平行形角度形との相互の組合せの4本について見れば、すべて、Y平面内でのくい違いの方が大きい。試験片の数が少ないので疑問は残るが、偶然とも思われない点があり、後に簡単に考察を加える。

6. 結 論

センタ穴の種類及びセンタ穴のアライメントを変えた試験片について円筒研削を行い、センタ穴の精度と円筒研削の精度との関連について、実験的に調べた。

センタ穴の種類はJIS A形、B形及びR形相当とし、試験片の両端には同じ種類のセンタ穴をあけた。

アライメントは、できるだけ同軸度を保つようにあけた標準形、中心線がある間隔を保って平行になっている平行形、及び、中心線がある角度をなして交わる角度形の3種類とした。

試験片の数は、上記の穴の種類とアライメントの種類との組合せに対して1本ずつとし、合計9本とした。

研削方法は、予備研削を行った後、まず、長さ方向の途中まで仕上研削を行い、次に左右を反転し、残りの部分を、前回仕上げた部分に重なるまで仕上げた。

円筒研削の精度としては、互に直角な2平面内での直径の差、同一平面内の2箇所での直径の差、及び、研削の継目の左右部分の中心線のくい違いを測定した。二つの平面のうちの一つは、アライメント誤差の生じている面を選んだ。

以上の実験によって次のことが判明した。

(1) センタ穴の種類に関しては、直径差、くい違いとも、B形及びR形の場合に高精度が得られ、A形では精度が良くない。B形とR形の優劣はつけ難い。

(2) アライメントに関しては、標準形及び角度形の場合に良い精度が得られるが、両者の間に優劣はつけ難く、平行形は劣る。

(3) 中心線のくい違いは、アライメント不良の面内よりも、これに直角な面内に起こることが多い。

今回の実験は試験片の数が少なく、したがって実験の回数も少ない上に、使用したセンタ穴の大きさが大き過ぎること、及び、アライメント不良の程度も大き過ぎるきらいがある。

実験としては以上の難点があるので断定的な言い方はできないけれども、得られた結論は一つの参考以上のものがあると考えてよからう。

7. センタとセンタ穴との接触状況に関する考察

7.1 センタ及びセンタ穴

センタとセンタ穴との接触において、両者の角度を厳密に一致させることは至難の技である。したがって、規格としては、センタの角度は大きい方(60度に対して0~+30')に許容し、センタ穴には小さい方(センタ穴ドリルで0~-30')に許容することによって、両者の接触が穴の口元(直径の大きい方)の円で行われることを期待している。

しかしながら、工作機械の両センタのアライメントと、工作物の両センタ穴のアライメントとの、いずれも正しく作ることは困難であるから、何がしかのミスアライメントがあると考えなければならない。このアライメント不良が甚しくなると、両者が口元の円で接触する条件が失われてしまう。

表6は円筒研削盤の両センタの精度に関するJISである。この許容値から判断すると、両センタの中心線は、

Table 6. Accuracy of the Cylindrical External Grinding Machine

Item		Tolerance (mm)
Centre line of the work spindle parallel to the movement of the table	In the vertical plane	0.02/300 0 to upward
	In the horizontal plane	0.01/300 0 to backward
Centre line of the tailstock spindle parallel to the movement of the table	In the vertical plane	0.02/300 0 to upward
	In the horizontal plane	0.01/300 0 to bakcward
Coincidence of the centre height of work spindle with tailstock spindle	In the vertical plane	0.02 Work spindle shall not be heigher than tailstock spindle
	In the horizontal plane	0.01

垂直面内、水平面内とも、僅かではあるが傾斜しており、これまでの表現をかりれば複合形のアラインメントである。しかも、アラインメント不良の面は、どちらかと言えば、水平面よりも垂直面に近いとみてよい。

以下、考察を進めるに当って、センタとセンタ穴とは角度が一致しており、特に断わらない限り、機械側の両センタは角度形アラインメントであるとする。

7.2 A形センタ穴

Fig. 17 は、円筒研削盤のセンタと、アラインメントの正しいA形センタ穴との接触状況を示す図である。ただし、アラインメント不良は誇張して画いてある。

同図 (a) は工作物の端面がセンタ穴中心線に直角な場合で、センタとセンタ穴とは、図に示すように、常にセンタ上の2定点 A, B で接触し、工作物はセンタ穴中心線を中心として回転する。

同図 (b) は端面と中心線との直角度不良の場合で、工作物が回転するに従い、センタ穴は実線から破線へと変化し、接触点は2箇所であっても、A は A' へ、B は B' へとセンタ上を移動する。このために、工作物の中心線は δ だけ半径方向に移動する。

A 形センタ穴が総じて良い成績を収め得なかった理由は、主として、端面の直角度不良に基く、中心線の半径方向の移動が原因しているものと考えられる。

A 形センタ穴の欠点を除くために B 形、C 前及び R 形

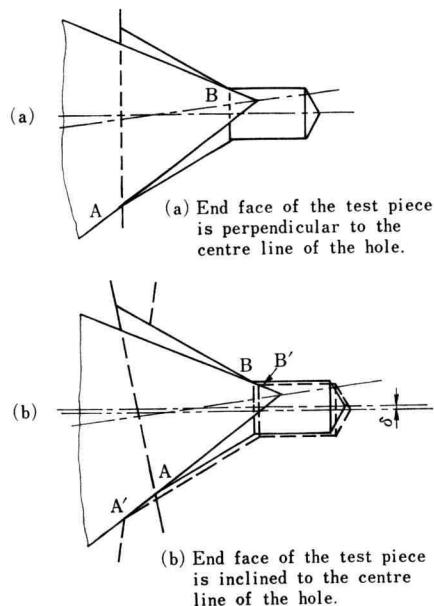


Fig. 17. Contact conditions of A type centre hole with true alignment on a centre with average alignment (Misalignments are exaggerated).

が考案され実用されていることは、いまさら述べるまでもない。

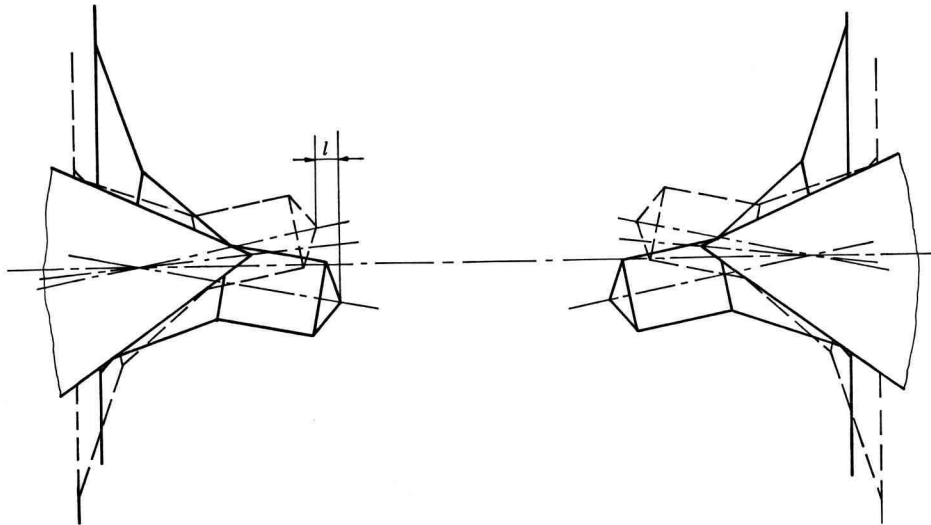


Fig. 18. Centre holes with angular alignment on centres with average alignment.

なお、Fig. 17(a)の場合は、接触点A及びBではセンタとセンタ穴との直径に差があるので、工作物の支持には両接触点を結ぶ直線ABを軸として旋回する自由度がある。この自由度は仕上精度に影響すると考えられる。

7.3 中心線のくい違い

Fig. 18は、角度形アラインメントを持つB形センタ穴と研削盤の両センタとの接触状況を示す。同図実線はセンタとセンタ穴とのアラインメント不良の向きが反対の場合、破線は、実線の状態から工作物が半回転して、両者のアラインメント不良の向きが同じになった場合である。後者の場合は明らかにセンタにセンタ穴が深く入るので、センタの位置が変わらないとすれば、センタとセンタ穴との間に僅かながらすきまができる傾向となる。

工作物は、両センタ間に軸方向に弾性的に押された状態で支えられているので、アラインメント不良の程度が僅かなら実際にすきまを生ずることはないが、支持が緩やかになり、工作物は逃げ勝手となって、その部分の半径が大きくなり仕上がると思われる。その母線は、工作物の穴*j*が心押台側にあるときは母線Dであり、穴*i*が心押台側に来た状態では母線Cである (Fig. 9参照)。

したがって、研削の継目を境にして、前半の研削では母線Dの側の半径が増大し、後半では母線C側の半径が大きくなり仕上がる。このような理由で、Y平面内で中心線のくい違いが起こるものと考えられる。

7.4 平行形アラインメント

平行形アラインメントでは、上記によれば、工作物の

右と左ではセンタとセンタ穴との接触状況が正反対であり、例えば右側で接触が緩やかになるときは左で強くなり、左で緩やかになるときに右で強くなる。

このために、研削中の工作物は、半回転毎に右に左に押されるばかりでなく、前述の支持の自由度を見ると、工作物の両端における旋回中心軸が互にはほぼ平行となるので、機械側センタのアラインメント不良の面に直角な方向には、工作物の拘束は皆無に近い。Fig. 10で平行形の成績が悪いのは主としてこの影響であろう。

7.5 標準形と角度形の比較

センタ穴のアラインメントが角度形である場合についてさらに検討し、標準形との優劣について考えてみる。

7.5.1 角度形アラインメント

(1) B形センタ穴の場合

研削盤のセンタのアラインメントが正しければ、Fig. 19に示すように、センタとセンタ穴とは穴の口元と奥の2箇所接触する。この接触点はセンタ穴に関しては定点であり、4.1の(1)の定義により、この定点はX平面内にある。

工作物が180度回転すると、センタ穴はFig. 19の破線で示すようになり、工作物の回転に伴って、センタ上の接触点は、センタの中心線に直角な円の上に沿って移動する。この円はセンタに関しては定円である。

センタ上の定円の半径と、センタ穴上の定点の回転半径をくらべると、後者の方が大きいことから、工作物はY平面内での拘束が緩やかである。したがって工作物は

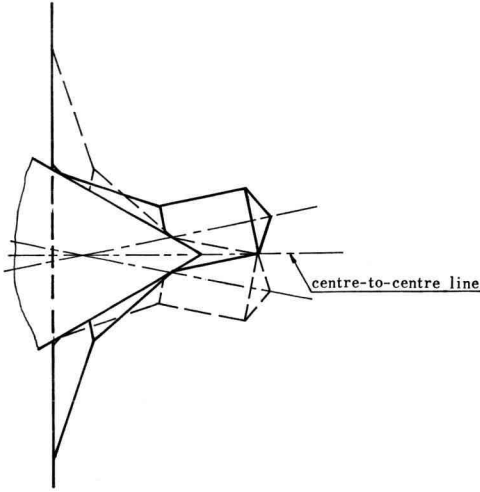


Fig. 19. B type centre hole with angular alignment on a centre with true alignment.

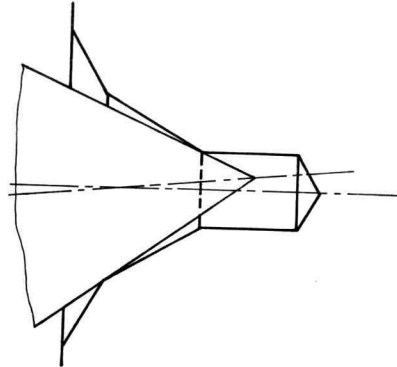


Fig. 21. Centre hole with true alignment on a center with average alignment.

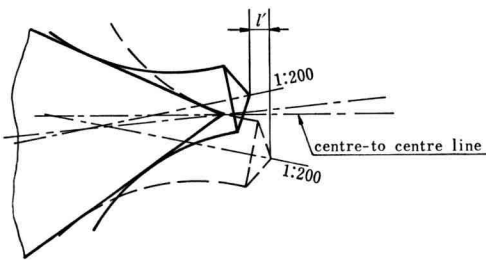


Fig. 20. R type centre hole with angular alignment on a centre with average alignment.

逃げ勝手となり、Y平面内の直径がX平面内の直径より大きく仕上がることになる。

研削盤のセンタのアライメントが不良の場合については7.3で検討してある。

(2) R形センタ穴の場合

角度形アライメントを持つR形センタ穴と研削盤のセンタとの接触状況については、センタのアライメントが正しいときは、B形センタ穴の場合と全く同様である。

センタのアライメントが不良の場合は、Fig. 20に示すように、接触点は、センタ穴に関して定点でなく、工作物の回転に伴なって穴の内面を軸方向に移動する。穴の形状が曲線であるために、接触点が特定できないからである。このために、センタ穴全体がセンタに対して軸方向に入出入りする量 l' は、他の形式のセンタ穴にくら

べて小さく、工作物の支持が緩み難いと考えられる。この点はR形センタ穴の特長の一つであると思われる。

なお、R形センタ穴の最大の長所はセンタの角度誤差に対して鈍感なことであると考えられるが、これについては実験しなかった。

7.5.2 標準形アライメント

センタ穴のアライメントが標準形の場合は、研削盤のセンタのアライメントが正しければ全く問題はないが、これが不良であると、接触状況は Fig. 21 に示すように、穴の口元と奥の2箇所接触することになり変わらないけれども、fig. 17(a) と同様に、センタに関して定点であることが、角度形アライメントの場合と異なる点である。

この定点はセンタに関してアライメント不良の面内にあるので、この面が垂直であると、水平面内ではセンタとセンタ穴との間にすきまがある。砥石車は水平面内で工作物を研削するので、工作物は常に不安定な拘束状態で研削されることになる。

以上を要約して、センタ穴のアライメントが角度形である場合と標準形である場合との間に、決定的な優劣は付け難いが、角度形では真円度に方向性があり、標準形では方向性がないと言うことができそうである。

最後に、このように見えてくると、工作物両端のセンタ穴を正確に同軸にあけることに不安と疑問があるときは、間違っって平行形のアライメントになるよりも、Fail Safe の考え方に従って、意識的に角度形アライメントになるようにあけることが賢明である。研削盤のセンタのアライメントが正しいことがわかっているときは、なおさらである。

8. あとがき

この研究は、第3期生の大前一夫及び第4期生の藤本吉郎、毛利 浩の卒業研究として行ったものである。3

君の努力に敬意を表する。

終りに、面倒なゲージの製作を快く引受けて下さった岡部工具製作所の御好意に深謝する。