熔接に依る鋼板構造ベッドに関する研究 (第3報)⁽¹⁾

(昭和 16 年 10 月 25 日 関西支部講演會に於て講演)

正員 田中 義信⁽²⁾

1. 緒 言

前報告⁽³⁾に於て、ベッドと類似な試験片に就て求めた実験式が長さ約 80 cm の模型の鑄鉄、鋼板両ベッドに対して、どの程度に當嵌まるかを調べ、同時に両材質ベッドの撓み剛性及び捩り剛性に就て比較する。

Krug 氏⁽⁴⁾は理論的に撓みによる剛性の比較を基にして、従来は鑄鉄製の代りに、鋼構造とする時は同一重量に於て、後者は前者より遙かに勝れた剛性を有せしむることが可能であると言つてゐる。この点を実験的に撓み剛性の方向から比較研究し、前記 Krug 氏の所論を明らかにしたのは Kienzle 氏⁽⁵⁾である。然るに捩り剛性の重要性に対しては、Schlesinger 氏⁽⁶⁾により強調されてゐるから、この方面よりも比較研究する必要があると考へる。

著者の研究に於ては、撓み剛性の点に関して、上記 2 氏の報告を吟味し、且捩り剛性に就ては、前記 Krug 氏の所論が、この場合にも言ひ得るか否かを実験的に明らかにせんとした。

2. 中形模型ベッドの構造

比較研究に使用すべき中形模型ベッドの詳細が第 1 図に示してあり、第 2 図はその外観を示し、第 3 図はこれらのベッドに使用すべき脚を示し、その材質は鑄鉄である。而して両材質ベッド何れも、1, 3, 5 本の補強梁を持つものを 1 箇所ずつ合計 6 箇所製作し、その際、それらベッドの長さ、幅、高さの設計寸法は第 1 図の 5 本梁をもつものに就て示す通りであるが、出来上り寸法に多少の狂ひは止むを得なかつた。第 2 図は全試料を示す。

何れの試料に就ても、補強梁は全長を等分する位置に配置した。尚第 1 図に示す通り、側板の厚みは鑄鉄製にあつては 7 mm、鋼板ベッドでは 5 mm として、後者の熔接箇所は熔接記号で示してある。

3. 撓み剛性

(1) 実験式の作成 長手垂直面内における荷重と撓み量との関係を調べるために、第 4 図に示す如く、各ベッドの両端を自由支持の場合及び両脚で固定した場合に就て、ベッドの中央に於て、両案内面に跨る様に荷重をかけ、その際の中央の撓み量を測定した。然し側板の厚みは完全に均等に作ること難く、更に両案内面に均一に荷重をかけることも相當に

困難なため、撓み量はミニメータを用ひ、両側板の下縁に於て測定し、両者の読みの平均値を以て撓み量とした。

長手垂直面内における荷重と中央の撓み量との関係を示す式は、既述⁽⁷⁾の如く、側板の断面矩形なる場合

$$\delta_{\text{fix}} = \frac{Wl^3}{384EI} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\delta_{\text{free}} = \frac{Wl^3}{96EI} \quad \dots\dots\dots(2)$$

である。然し実験に供するベッドが第 1 図の如く T 形断面をなしてゐるから、第 5 図の記号を用ひれば I の値は次式で表はされる。

$$I = \frac{1}{3}(t_2e_2^3 - t_3h_3^3 + t_1e_1^3) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{但し } e_2 = \frac{t_3h_1^2 + t_1h_2^2}{2(t_3h_1 + t_1h_2)}, \quad e_1 = h_2 - e_2$$

実験に於ては支点距離 l を 62.9 cm とし、荷重 105 kg をベッドの中央にかけて中央の撓み量を測定し、一方 (1), (2) 式を用ひて計算し、それ等の値を第 1 表に示す。

(i) この表から、両端自由支持の際は鑄鉄、鋼板両ベッド何れも多くは実測値が計算値よりも多少大きいことが分かる。

この様に多少実測値の大きい原因は、計算には側板の厚みを一様として、第 1 図の寸法によつて求めた値であるが、実験に使用した鑄鉄ベッドでは、その厚みは不均一で、場所により計算に用ひた値よりも多少小さい箇所があり、従てその部分は I の値が小さいためであると思はれ、一方鋼板ベッドでは厚みは大体一様であるが、熔接によつて形作つてあるから、熔接部における熔接熱により、他の部分よりも強度が幾分減少したものと考へられる。

撓み量は両材質ベッド何れも補強梁には関係なく、夫々 3 箇の試料に於て、詳しく言へば、鑄鉄は鑄鉄同志の実測値が大体等しく、計算値とも凡そ等しいと看做し得られるから、両端自由支持の際には (2) 式を用ひて算出すれば実際の撓みと與へるものと看做して差支ないと思はれる。

(ii) ベッドの両端を脚で固定し、その際の支点間の距離と荷重の大きさを前記自由支持の時と等しくした場合における計算値と実測値とを、やはり第 1 表に示してある。

同表の第 5 欄の δ_2 は末端の向上変位量であり、第 4 欄の δ_1 は中央部の下向変位量即ち垂下であるから、末端に対する中央部の垂下は両者の和即ち第 6 欄の値となる。

旋盤に於ては末端に主軸台を置くから、末端に対する中央の垂下を考慮することが有意義であると考へられる。

然るに第 3 欄の計算値は以上の考へによる垂下より遙かに小さい。これは計算に用ひた支点距離が末端の脚の内距を用

(1) On the Study of Welded Steel Bed (3rd Report).

(2) Yoshinobu TANAKA, Member. The Osaka Imperial University. 大阪帝国大学.

(3) 田中義信、機械学会論文、8 卷 31 号、151 頁 (昭 17-5).

(4) C. Krug: Z. V.D.I., Bd. 73 (1929) S. 14; Maschinenbau, Bd. (1931) S. 505.

(5) Kienzle: Werkstatttech, Bd. 33 (1939) S. 229.

(6) G. Schlesinger: Die Werkzeugmaschinen, 1 Text band (1936) S. 276.

(7) 脚註 (3) に同じ。

第 2 図 左より 3 箇は鋼板製ベッドを示す。右より 3 箇は鋳鉄製ベッドを示す

[昭和 17 年 11 月]

第4図 (A) 両端固定支持の場合
(B) 両端自由支持の場合

第1表

	1	2	3	4	5	6	7	8
	補強 梁の 数	支持 方法	計算値 l 10^{-3} mm	実測値 δ_1 10^{-3} mm	端の 実測値 δ_2 10^{-3} mm	$\delta_1 + \delta_2$ 10^{-3} mm	計算値 $\frac{L+l}{2}$ 10^{-3} mm	$\frac{L+l}{2}$ 10^{-3} mm
鉄 鋳 ベ ッド	1	自由	19.5	20.5				
		固定	4.9	6	1.5	7.5		
	3	自由	19.5	22.5				
		固定	4.9	7	1.5	8.5		
	5	自由	19.5	19				
		固定	4.9	6.5	1	7.5	10.7	7.8
						平均 (固定支持)	7.8	
鋼 板 ベ ッド	1	自由	13.3	14				
		固定	3.3	5	1	6		
	3	自由	13.3	13				
		固定	3.3	4.5	1	5.5		
	5	自由	13.3	16				
		固定	3.3	5.5	1	6.5	7.2	5.3
						平均 (固定支持)	6.0	

ひたものであり、従て両端は脚上に完全に固定されたものとしたのであるが、事実は第5欄の示す通り、移動してゐるものである。その理由は、取付に用いたボルトの延びに基因するものとすべきである。

然るに、ベッドを脚に取付けるに用いたボルトは4本であり、中央からの距離が2本宛異なるから、それに及ぶ應力は不定となり、決定し難きこととなるから、仮りに支点距離を大きく取つて、端末を固定した場合の計算を行つて見ると第7欄の如くなる。

今第3欄の値と第7欄の値との平均を求めると第8欄に掲げた数値を得る。これを第6欄の実験値の平均と比較すると極めて接近した値になる。

即ち実験の範囲に於ては、ベッドは脚に対し完全に固定されずして、(1)式を用ひて計算する場合、支点距離にベッドの全長を入れた値と端末の脚の内矩を入れたときの撓みの平均値に相當するが如き撓みを生ずるものである。但しこの撓みは端末と中央の上下位置の移動量をいふのである。

而してベッドの撓み量の計算としては、(1)式にベッド全長第8巻第33号(第4部)]

に相當する支点間距離、即ち第4図の l を用ひずして L を用ひれば、鋳鉄製に於ては 37%, 鋼板製に於て 20% の安全率を與へることを知る。今述べた撓みはベッド端末と中央との関係変位であるが、脚の上面を含む水平面から、ベッド下面の中央が垂下する変位は、第1表第4欄の δ_1 で與へられてゐるものである。

この δ_1 を両端自由支持の撓みと比較すると、約 1/3 に相等することが判るから、斯様な撓み量の計算には次式を用ひることができる。

$$\delta = \frac{W \cdot l^3}{288 \cdot E \cdot I} \quad (4)$$

但し、 l は脚の内面間の距離、即ち内矩を入れるべきである。

(2) 撓み剛性の比較 第1表より、両材質ベッドの撓み剛性を比較すると、鋼板製の方が大きいことが分かり、その

第2表

支持方法	撓み剛性の 増大率 %
両端自由	45
両端固定	30

(第1表の実験結果より求む)

増加率を示したものが第2表で、両端自由支持の場合には約 45%, 両端固定の場合には約 30% 大きいことが分かる。

この様に撓み剛性の増加した訳は、鋳鉄ベッドでは側板の厚み平均 7 mm, 鋼板ベッドのそれは 5 mm であるから、撓み

に關係する断面の二次モーメントは前者のものが大きい、一方ヤング係数は後者のものが2倍程度の大きさであるためによるもので、同一撓み剛性を持たすには更に薄い鋼板を用ひて充分なことが分かる。

4. 振り剛性

(1) 実験式の作成 (i) 前報告の(19)式⁽⁸⁾は、ベッドと類似な試験片の一端を固定し、他端に振りモーメントを與へたときの、振りモーメントと振れ角との關係を示す実験式であるが、その両端を固定し、中央に振りモーメントを加へる際の、前記の關係を示す式は前記(19)式を少しく変化して

第5図

第6図

$$\theta_{l/2} = Q \left\{ \frac{48 E I R^2}{\left(\frac{l}{2}\right)^3} + \frac{4k}{2} \right\}^{-1} \left(\frac{l}{l_1}\right)^{-0.202} \quad (5)$$

で表はし得られる。但し上式は断面矩形の際の実験式を示すことは既述の如くである。

然るに実験に用ふるベッドの断面は、前述の如く T 形であ

(8) 脚註(3)に同じ。

つて、断面の形状に関する要素は、(5) 式では I 及び k であるから、この両者を T 形の場合に置き換へれば宜しい。 I の値は既に求めてあるから、 k を求める。

Timoshenko 氏⁽⁹⁾によれば、T 形断面の場合の捩れ角と振りモーメントとの間の関係を示す近似式は、第 6 図の記号を用ひれば

$$\theta = \frac{3M_t}{(t_1^3 h_1 + t_2 h_1^3)G} \dots\dots\dots (6)$$

但し θ : 単位捩れ角

M_t : 振りモーメント

となる。故に

$$M_t = \frac{G}{3} (t_1^3 h_1 + t_2 h_1^3) \frac{d\theta}{dZ} \dots\dots\dots (7)$$

である。故に模型ベッドにあつては、(8) 式⁽¹⁰⁾と同様に、振りモーメント Q_2' は

$$Q_2' = 4 \left\{ \frac{G}{3} (t_1^3 h_1 + t_2 h_1^3) \frac{d\theta}{dZ} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

とおくことができる。故に

$$Q_2' = 4k' \frac{d\theta}{dZ} \dots\dots\dots (8')$$

$$\text{但し } k' = \frac{G}{3} (t_1^3 h_1 + t_2 h_1^3)$$

となる。

故に前報告⁽¹¹⁾の場合と同様に T 形断面を持ち、中央に振りモーメントをかけ、両端固定したと考へられるべきベッドの、中央の捩れ角と振りモーメントとの関係式は

$$\theta_{l/2} = Q \left\{ \frac{48 E I R^2}{\left(\frac{l}{2}\right)^3} + \frac{4k'}{l} \right\}^{-1} \left(\frac{l}{l_1}\right)^{-0.202} \dots\dots\dots (9)$$

を以て表はし得られる。

(ii) 上式を用ひて算出した値と、実測値とが合致するか否かを調べるための実験を行つた。

その方法は第 7 図及び第 8 図に示す如く、先づベッドの両端を脚にボルト締めにし、その中央に振りモーメントを與へ、捩れ角を求めるため、第 7 図に於て、例へば 1 又は 2 の点の垂直変位 a を測定し、この値と図の上で求めた捩れの中心 0 と、1 或は 2 の点との距離 b の比 a/b を以て捩れ角とした。然し捩れの中心は側板の厚みの不均一或は熔接熱による部分的の強度の不均一或は又両端下部だけで固定してある等の理由により、図における中心 0 とは多少位置を異にすることが考へられるが、然し大体一致するものと考へ、 a/b を以て捩れ角を示すものとした。又実験の際に加へる振りモーメントは、比較的小さいから、捩れ角も亦小さいものと考へ得られる。従て a/b を以て捩れ角を示すものとして差支ないと思はれる。

斯くして求めた振りモーメントと捩れ角との間の関係を各々のベッドに就て調べた結果が、第 9 図と第 10 図に示してある。両図から振りモーメントと捩れ角の間には直線関

第 7 図 B: ベッド L: 脚 F: フレーム
R: 鋼製腕 P: 滑車 W: 荷重

第 8 図

第 3 表

ベッドの種類	補強梁の数	計算値 10^{-3}	実測値 $\theta_{l/2}$ 10^{-3}	端の実測値 θ' 10^{-3}	$\theta_{l/2} - \theta'$ 10^{-3}	実測値の増大率 %
铸铁製	1	6.74	9.30	2.02	7.28	38
	3	5.82	8.16	2.02	6.14	40
	5	5.34	7.67	2.02	5.65	43
鋼板製	1	4.48	6.45	1.61	4.84	44
	3	3.87	5.62	1.61	4.01	45
	5	3.56	6.32	2.02	4.30	78

係があることが分かり、更に铸铁ベッドにあつては補強梁の数の増すに伴ひ、同一振りモーメントに対して捩れ角は減少してゐることが分かるが、鋼板ベッドではこの様な関係を示してゐない。第 9 図、第 10 図から、例へば振りモーメント 735 kgcm に対する捩れ角と、(9) 式を用ひて求めたそれとを表に示すと第 3 表となる。この表から補強梁 5 本を持つ鋼板ベッド以外は凡て 40% 程度実測値が計算値より大きいことが分かる。

この様な結果の出た訳は既述の考へと同様に、ベッドの厚みの不均一或は熔接による影響と更に又計算値はベッドの両

[昭和 17 年 11 月]

(9) S. Timoshenko, Strength of Materials, Part 1 (1938) P. 78.
(10) 脚註 (3) に同じ、154 頁。

(11) 脚註 (3) に同じ。

第9図 鋳鉄製ベッドの振れ角と振りモーメントの間の関係を示す

第10図 鋼板製ベッドの振れ角と振りモーメントの間の関係を示す

端に全然振れはないものとして考へた式より求めたものであり、一方実測値を得た際の実験では、脚でベッドの下部をボルト締めにしたから、その程度では、その部分にもやはり振れが起るものと思へることとの2点にあると思はれる。故に両端を同一層剛に固着すれば実験値は計算値に更に近づくものと思へる。

そこで果して両端に於て、即ち第8図の1或は2の点、或第8巻第33号(第4部)・

は右端に於ても、それに相當する点に振れがあるか否かを調べた結果、第3表に示す如く、振れのあることが分かった。従てその値は當然同表に示す実測値に含まれてゐることが類推できる。依て兩者の差はベッドの眞の振れ角を示すことになる。その大きさは又同表に求めてあり、計算値より多少大きく出てゐるが、大体計算値と一致するものと考へて宜しいと思ふ。然し(4)式を求めたと同じに考へ、旋盤ベッドの設計に際しては、以上述べた実験結果を考慮して、振れ角は(9)式より得られる値より50%大きくなるものとするれば

$$\theta^{1/2} = 1.5Q \left\{ \frac{48EIR^2}{\left(\frac{l}{2}\right)^3} + \frac{4k'}{l} \right\}^{-1} \left(\frac{l}{l_1} \right)^{-0.22} \dots (10)$$

となり、この式を用ひて求めれば大体満足な結果が得られると考へる。

尚第3表に於て、補強梁5本を持つ鋼板ベッドの振れ角の実測値が、その計算値より80%近くも大きくなつてゐるが、その原因は、このベッドでは他の鋼板ベッドに較べ、特に変形がひどく現はれてゐるためであると思はれる。即ち斯る変形のおこるのは、補強梁の増加に伴ふ熔接熱の影響、或は熔接材の肉盛りの不均一、或は熔接順序の不適當等のため、熔接部附近の強度が減るから、それ等のために振れ角が増加するものと思はれる。

(2) 振り剛性の比較 鋼板ベッドと鋳鉄ベッドとの振り剛性を、前項の実験結果、即ち第3表を基にして比較する。

第4表

補強梁の数	振り剛性の増大率 %
1	50
2	53
3	31

(第3表の実験結果より求む) この表によれば、鋼板ベッドの方が振り剛性が大きく、その増大率は第4表の如く、補強梁1本と3本を持つものは鋳鉄ベッドに比較し、側板の厚みはそれより30%程薄いにも拘らず、振り剛性は反つて50%以上も大きく、補強梁5本のものの増大率は約30%である。斯く5本の補強梁をもつものの増大率が比較的小さいのは、前項に述べた理由によるものと推測される。

何れにしても、鋼板ベッドが鋳鉄ベッドに比較し、側板等の厚みは小さいにも拘らず、剛性の増加するのは、ヤング係数及び剪断弾性係数が何れも2倍以上大であることによると考へ得られる。

以上により、鋼板ベッドは振り剛性に於ても亦鋳鉄ベッドに比較して遙かに勝れてゐることが分かる。

5. 実験式の吟味

(1) 実験方法とその結果 前記(4)、(10)の両実験式を用ひて、算出したベッドの変形量が、切削の際に生ずる変形量と等しくなるか否かを調べる。

実験しやすい様に、先づ切削の際と略同一状況にし、その時のベッドの変形量を測定して、(4)、(10)の両式から求めた

第 11 図

値と比較をする。

既に屢々実験に供した、第2図に示す模型ベッドを用ひ、下記の如き方法により、切削の際にベッドにかかる力の関係を、静荷重を加へることによつて実現せんと試みた。但しこの際送り力是一般に他の二力に比較して小さいから考へに入れないことにした。

実施の状況が第11図に示してある。同図に於て、ベッドBの下部は脚Lで両端を固定し、その上部には左端に主軸台、右端に心押台、中央に往復台(双物台共)に相當する部品H、T、Cを夫々ボルトを以て取付け、更にH、Tのセンタ間には加工品Wを取付けた。主軸台Hの主軸Mの軸受には球軸受を採用し、主軸が軽く動き得る様にした。而してこの主軸のトルクは、それに固定してある廻し板Rから、廻し金Kを経て加工品Wに傳へられる。往復台Cには双物台Pを取付け、それにある目盛板Dを回轉さすと、軸Sはマイクロメータねぢの助けにより、前後に出入りする。而してその軸の高さは加工品と同一の高さとし、その先端を加工品の中心に接触さす様にし、この軸をバイトに相當させたのである。そこで円板Dを回轉し、軸Sの先端で加工品を押すと、その時生ずる力が切削力の水平分力に相當することになる。この力を仮りに第2分力と名付ける。

一方、主軸台の主軸Mの

中央に固定した水平腕Aの先端に、図に示す如く、垂直下方の荷重Wを加へると、Sの先端には垂直方向の力が加へられることになる。この力は主切削力に相應するもので、それを仮りに第1分力と名付ける。

今 D = 第1分力 C = 第2分力
 W = 荷重 d = 加工品の直径
 d_1 = 主軸Mの直径 l = 荷重Wの掛る臂
 μ = 主軸と軸受との間の摩擦係数

とすれば、

$$lW = \frac{\mu \cdot C \cdot d_1}{2} + \frac{d}{2} D \quad \dots\dots\dots (11)$$

の関係が成立する。而して軸受は球軸受を用ひてあるから、 μ の値は微小である。従て上式は

$$lW = \frac{d}{2} D \quad \dots\dots\dots (12)$$

を以て表はしても差支ない。よつて

第 12 図

第 13 図

[昭和17年11月]

$$D = \frac{2LW}{d} \dots\dots\dots(12')$$

となる。故にこの式から、第1分力 D の大きさが求め得られる。

一方第2分力 C の大きさを知る必要がある。これがために、次の様な方法を採用した。即ち軸 S で加工品 W を押すと、第2分力により、軸の運動方向に撓むが、その際第12図に示す様に加工品の両端も亦同一方向に移動を生じ、 e_2 , a_2 , f_2 の様な水平撓み曲線を示すものと考へられる。故に第2分力による加工品の眞の撓みは両端の移動量を差引いたものとなる筈である。

第13図は e_1 , a_1 , f_1 の位置の水平の移動量を測定した結果である。この図によれば、円板の読みと水平移動量との間には直線関係があり、且加工品の左端の方が右端よりも大きく移動することが分かる。この両者の水平移動量の平均値を示す直線 IV の値を、直線 I の夫々の値より差引いた直線 V が軸 S による、即ち第2分力による加工品の眞の水平移動を示すものである。尚加工品はその両端をセンタで支へてゐる関係上、両端自由支持の梁と看做し得られるから、荷重のかゝる点の撓み量 δ_h を表す式は第14図により

$$\delta_h = \frac{W \cdot l_1^2 \cdot l_2^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot l} \dots\dots\dots(13)$$

但し $I = \frac{\pi}{64} d^4$, W = 荷重, d = 加工品の直径

を以て示されるから、 δ_h の値が測定の結果判れば、(13) 式を用ひて荷重の大きさを知ることができる。

第14図

一方前記の実験により、第13図に、加工品の眞の撓み量と円板の読みとの関係を示してあるから、 δ_h の値は円板の読みで表はされることになり、従て加工品に加はる荷重、即ち第2分力の大きさが求め得られることになる。故に結局、円板の読みを知れば加工品に加へられる第2分力の値が知り得られる。

以上のやうにして切削の際に生ずる近似的な力を與へ、各ベッドに生ずる変形中、垂直変位量を測定した。第5表は手前の案内面の垂直変形量を測定した結果である。尚後方の案内面は手前の案内面とは反対に上方に変位を示し、その大きさは手前の案内面の変位量の1/3程度であつた。この事実から、測定値は、手前の案内面では曲げと振りによる垂直変位量の和を示し、後方の案内面では両者の差を表はすものと言ひ得られる。尚第5表の実測値を得た時の第1分力 D の大きさは170.3 kg, 第2分力 C の大きさは第1分力の0.3倍⁽¹²⁾とした。

そこで、この実測値と(4), (10)の両式を用ひた垂直変位量の計算値とを比較する。

第1報⁽¹³⁾に述べたやうに、ベッドは第1分力 D と、振り

(12) G. Schlesinger, Die Werkzeugmaschinen, I Text band (1936) S. 5.

(13) 田中義信, 精密機械, 8巻3号, 127頁(昭16-3).

第5表

ベッドの種類	補強梁の数	計算値 10^{-3} mm			実測値 10^{-3} mm	計算値の増大率 %
		α	β	$\alpha + \beta$		
鉄製	1	15.3	9.3	24.6	18.5	33
	3	13.3	9.3	22.6	16	41
	5	12.2	9.3	21.5	15	43
鋼板製	1	10.2	6.4	16.6	12	37
	3	8.8	6.4	15.2	10.5	45
	5	8.1	6.4	14.5	12	21

α : 振りによる垂直変位

β : 曲げによる垂直変位

第6表 垂直変位量 10^{-2} mm

	ベッドのみ	主軸台取付けた時	剛性の増大率 %
曲げの場合	11.6	10.7	8.3
振りの場合	2.4	1.9	26

モーメント Q

$$Q = D \cdot \frac{d}{2} + C \cdot h_2 + C \cdot S \dots\dots\dots(14)$$

により垂直変位を生ずるものである。依て(4)式を用ひて、曲げによる垂直変位の大きさを算出する際には、その式中の W は前記 D の大きさに依てその大きさを求め、一方(10)式にあつては、その式中の Q は上記(14)式を用ひて算出した値により、振りによる垂直変位量を求め、これ等兩式を用ひて得た垂直変形量の計算値を示すと、第5表の如くなる。

(2) 実験結果に対する考察 第5表に於て、計算により求めた曲げと振りによる垂直変位量の和($\alpha + \beta$)と、実験値とを比較対照すると、補強梁5本を持つ鋼板ベッドを除き、計算値は実測値より40%程度大きいことが分かる。この理由は、先づ第1に(10)式の係数が実測値より幾分大きく取つてあるためと、第2にこの実験に於ては第11図に示す如く、ベッド上に主軸台、往復台、或は心押台を取付けたから、ベッドの剛性は、それらがない場合、即ち(10)式設定時よりも増大するものと考へられることによると思はれる。

そこで第2の考への妥當であるか否かを実験的に確かめんとした。今それらの有無がベッドの剛性に影響するものとすれば、第11図より明らかな如く、主軸台は心押台よりもその影響が大きいと考へられ、又往復台による影響は、主軸台による影響を調べれば自然と類推し得られるから、主軸台のみに就て実験した。実験方法としては、先づ曲げによる撓み剛性の变化を調べるため、ベッドの一端のみを脚に固定し、他端は自由にした。その理由は両端を固定するとその撓み量が小さいため、主軸台による影響の変化が知り難いと考へたからである。

斯る状態で自由端に荷重をかけ、主軸台を取付けたときと、ベッドのみとの撓み量を比較した結果が第6表に示してある。これによると、前者の場合の方が8%程度の撓み剛性の増大を示してゐることが分かる。更に振りの際をも併せて同表

第 7 表 垂直変位量 10^{-2} mm

	間に板挿入した 場合	間に板挿入しない 場合	剛性の減少率 %
曲げの場合	11.1	10.7	3.6
振りの場合	2.1	1.9	9.5

第 15 図

に示してあるが、前記の場合と同様に、主軸台を取付けた時の方が振り剛性は大きく、その増加率は 26% 程度にも達していることが分かる。

尚 Schlesinger 氏⁽¹⁴⁾は、旋盤ベッドでは切削の際の振りによる変形量が、全変形量の 70~80% にも達すると述べてることより、第 5 表にて計算値の示す振りによる垂直方向の変位量 α は、全変位量 $(\alpha + \beta)$ の 60% 程度にも達しているから、同表の実測値の中、振りによる変形量もやはりこの程度にも達しているものと考へられ、Schlesinger 氏の言を証立するものと言ひ得る。

故に、普通行はれてゐる理論的計算⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾のみで、ベッドの寸法を決定するのは不充分で、振りによる変形をも必ず考慮して、ベッドの寸法を決定する必要があることが確認されたことになる。

次に第 5 表によると、5 本の補強梁を持つ鋼板ベッドだけが、計算値が実測値に比して大きい割合が他のもの程大きく

第 8 表

補強梁の数	剛性の増大率 %
1	54
3	52
5	25

(第 5 表の実験結果より求む)

ない。その原因は既述の実験で他のベッドと比較し、このものは撓み剛性と振り剛性が小さく出ているためと、又主軸台等を取付けると、ベッドの剛性の増大することが第 6 表により知られてをり、尚このベッドは案内面がかなり変形をおこしているから、主軸台等が全面一様に

當らないことに基因するものと考へる。

そこで接触状況の影響を調べるため、変形をおこしてゐないベッドに、第 15 図に示す如く、主軸台とベッドとの間に薄い板 P を入れて、主軸台とベッドとの接触の工合を、前記歪んだベッドの際と略同様にし、全面一様に當る場合と比較した。第 7 表はその結果を示す。これによると撓みと振り剛性とは何れも減少することが分かる。これによつて補強梁 5 本を持つ鋼板ベッドに於て、計算値と実測値とが接近した理由を説明することができたと思ふ。

以上の実験結果により、切削力に耐へるべきベッドの寸法を求める際の目安として、(4)、(10) 式を用ひて行へば大体満足すべき結果が得られると思ふ。

更に第 5 表から同一補強梁を持つ鋳鉄ベッドと鋼板ベッドとの垂直変位量を比較すると、後者の方がその値の小さいことが分かり、剛性の増加率を求めると、第 8 表に示す如く補強梁 5 本のもものを除いては 50% 以上にも達しているが、それは既述の通り、撓み剛性、振り剛性何れも鋼板ベッドの方が大きいからである。

以上により鋼板ベッドは溶接方法を適當にすれば、その靜的剛性は鋳鉄ベッドに比較しかなり勝れてゐるから、ベッドとして充分使用し得るものと言ひ得られる。

(昭和 17 年 9 月 21 日受付)

⁽¹⁴⁾ G. Schlesinger, Die Werkzeugmaschinen, I Text band (1936) S. 276.
chinenbaues, (1929) S. 135.

⁽¹⁶⁾ 脚註 (14) に同じ。但し S. 274.

⁽¹⁵⁾ M. Coenen, Element des Werkzeugmas-