

斜坑において鉋車センターバッハーにかゝる 荷重ならびにその強度に関する実験

岩 熊 正 文* 山 根 昭 久**

Experiments on the Pull Load on the Center Buffer on Inclined Mine Shaft and Its Strength

By Masafumi Iwakuma and Akihisa Yamane
Tobata Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Although there are a wide variety of couplers for steel mine-cars on market today, many of them much resemble in employing the center buffer type in construction. Hitachi center buffers with its splendid features are satisfying the majority of domestic demand. In this country, coal mines are operated by means of slant shaft, hence the strength of the couplers of mine-cars presents several problems which could not be slighted. Nevertheless, any study deserving the name has not been tried in this direction hitherto. Hitachi's engineers including the writers have been tackling the problem of pull load for the center buffer and their strength, reached the following conclusions:

- (1) In the slant shaft, the maximum pull load is 1.5 times as large as the static load on maximum inclination with exception of a few special cases.
- (2) There is no significant difference in pull load between the hoisting up and the releasing down.
- (3) The center buffer has its weakest point around its pin holes, and the maximum stress of it can be calculated by the theory of curved bars having large section.
- (4) Hitachi center buffers are proved to provide sufficient strength.

〔I〕 緒 言

鉋車用連結器には種々の形式があるが、鉋車の主流をなす鋼製鉋車についてはそのほとんどがセンターバッハー形式を採用して、日立製センターバッハーは現在需要の大部分をまかなっている。

センターバッハーには

(1) 鉋車を連結する (2) 衝突時の衝撃を緩和するという二つの役目がある。我国の炭鉋では主に斜坑によつて、多数の炭車を連結して坑外に引揚げている。このため主とする外国の炭鉋とは趣きを異にしている。このために連結器の強度が保安上重要な問題となつてくるのであるが、この点に関する根本的な研究はほとんどなされて

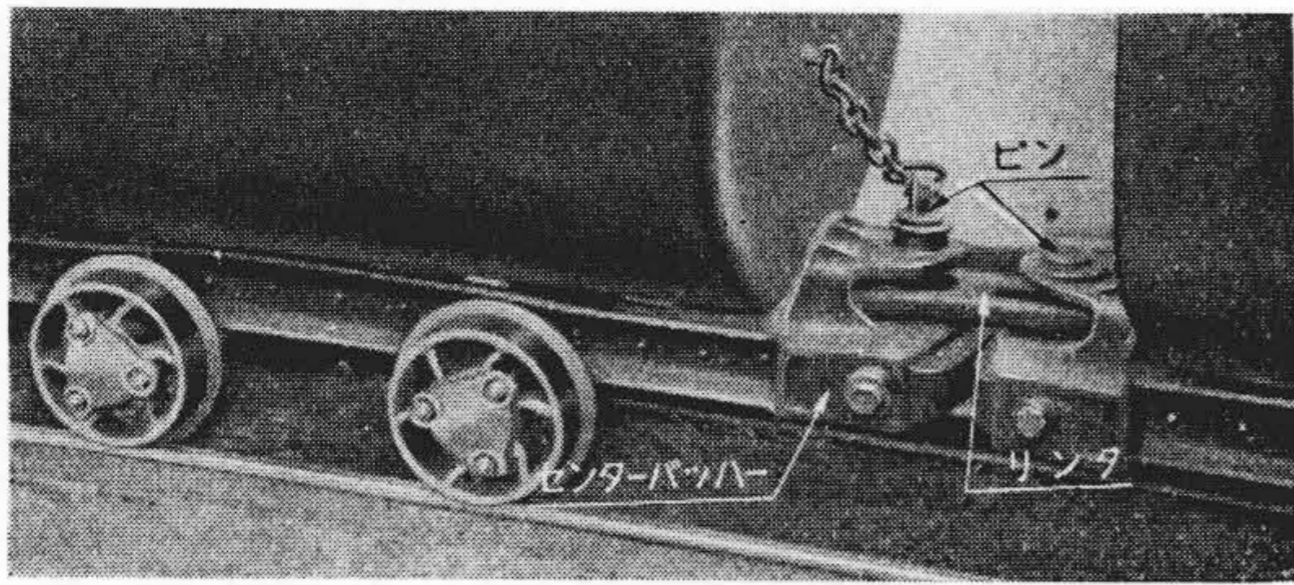
いない。筆者等は今回引張荷重に関して

- (1) 鉋車連結器に要求される強度
- (2) 現在のセンターバッハーの強度

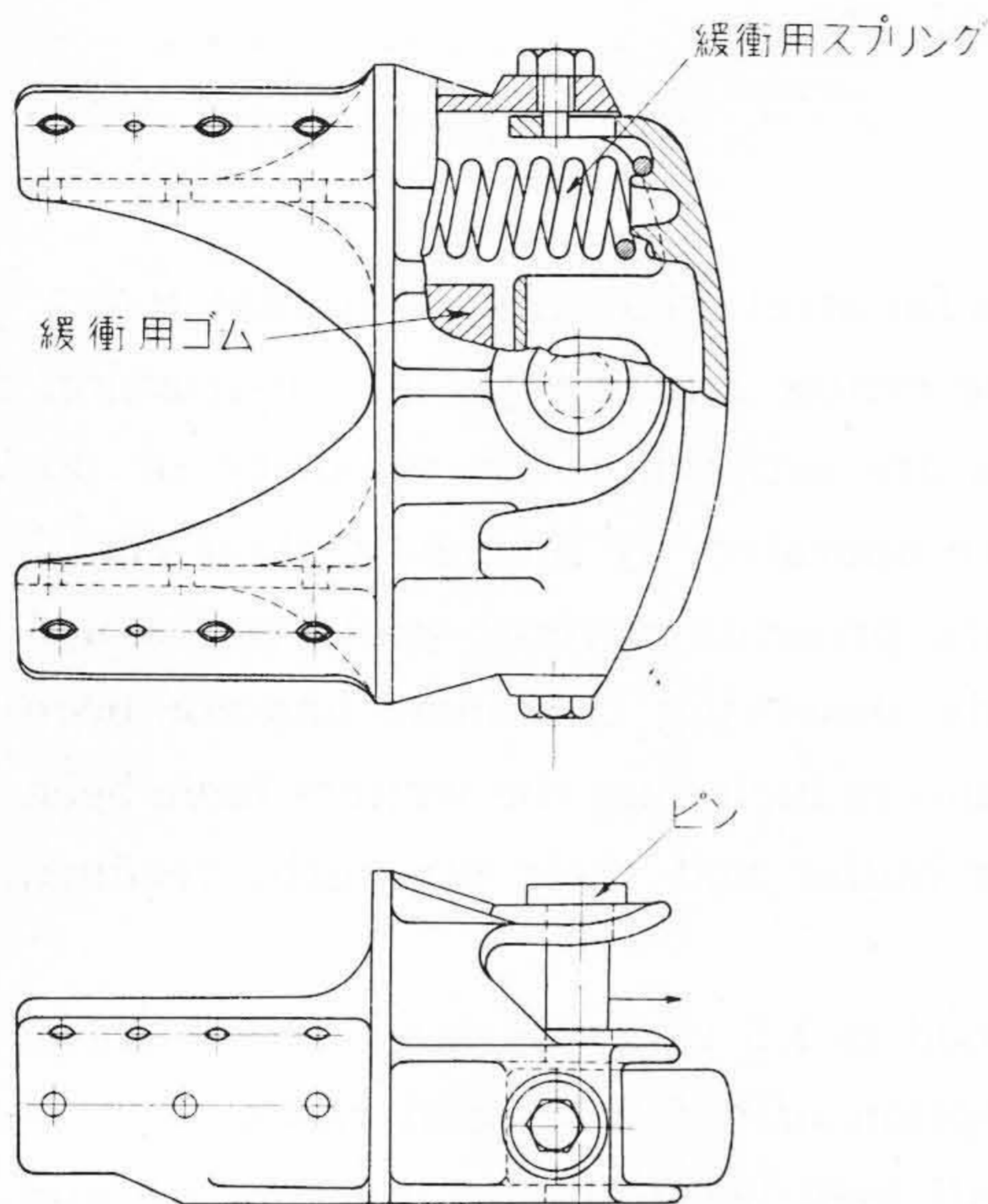
の2点を具体的に調べて両者の関係をあきらかにし、使用上、設計上の参考資料をえようとしたものである。

センターバッハーは第1図(次頁参照)のごとく鉋車の中心線上にとりつけられピンおよびリンクによつて連結されている。その構造は第2図(次頁参照)の通りで、引張時には中央の孔にさしたピンに前後方向の力がかゝり、衝突時には内蔵した緩衝ゴムおよびスプリングによつて衝撃を緩和するようになっている。今回の実験は連結された炭車が斜坑を運行する際生ずる引張力およびフレームに取付けたセンターバッハーに引張荷重をかけた場合にバッハー各部に生ずる応力を測定した。

* ** 日立製作所戸畑工場



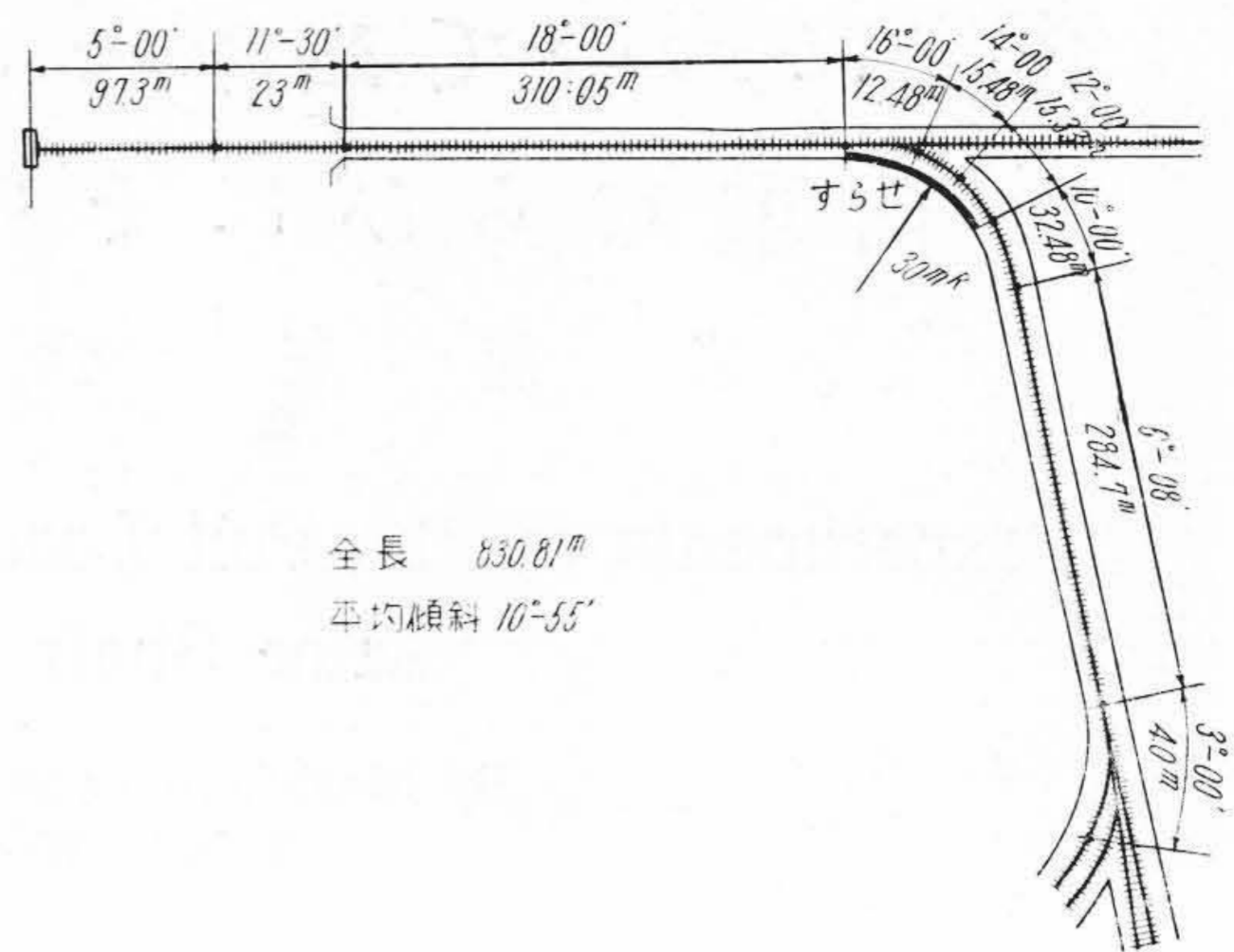
第1図 台車に取付けられたセンターバッカー
Fig.1. Center Buffers Attached to the Truck Frame



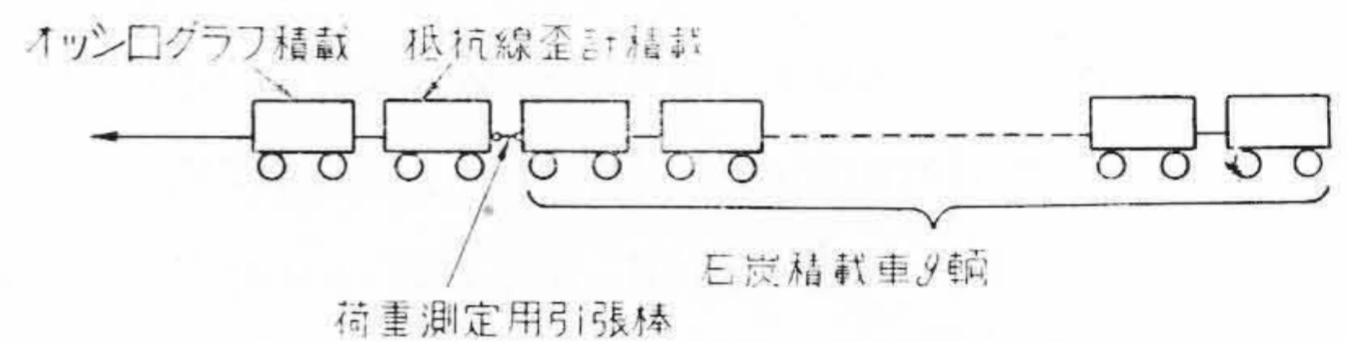
第2図 センターバッカーの構造
Fig.2. Structure of Center Buffer

〔II〕 斜坑運転時炭車連結器にかゝる荷重の測定

- (1) 実験斜坑ならびに実験装置
- (A) 実験期日 昭和29年1月24日
- (B) 実験斜坑 明治鉱業株式会社赤池鉱業所第4坑
 - (a) 坑道の長さおよび傾斜: 第3図参照
 - (b) 軌道状況: 単軌 $RG=546\text{ mm}$
レール 30kg
接合 継目板使用
 - (c) ガイドローラ:
ボールベアリング使用 グリース潤滑
間隔 10m 以内
 - (d) 巻上機:
250 HP
単胴円筒型 クラッチ無し
ブレーキ 油圧操作
巻胴径×幅 2,100mm×1,500mm



第3図 明治赤池鉱第4坑の図
Fig.3. View of the 4th Inclined Mine Shaft at Meiji Akaike Coal-mine



第4図 実験用炭車連結状態
Fig.4. Explanatory View of Experimental Coal-mine Cars

鋼索 28mmφ×1,400m
 巻胴表面速度 150 m/mn
 連結台数 石炭では10台, リズでは7台
 空車では16台
 石炭積載時炭車全重量 1.8t

(e) 炭車: 鋼製

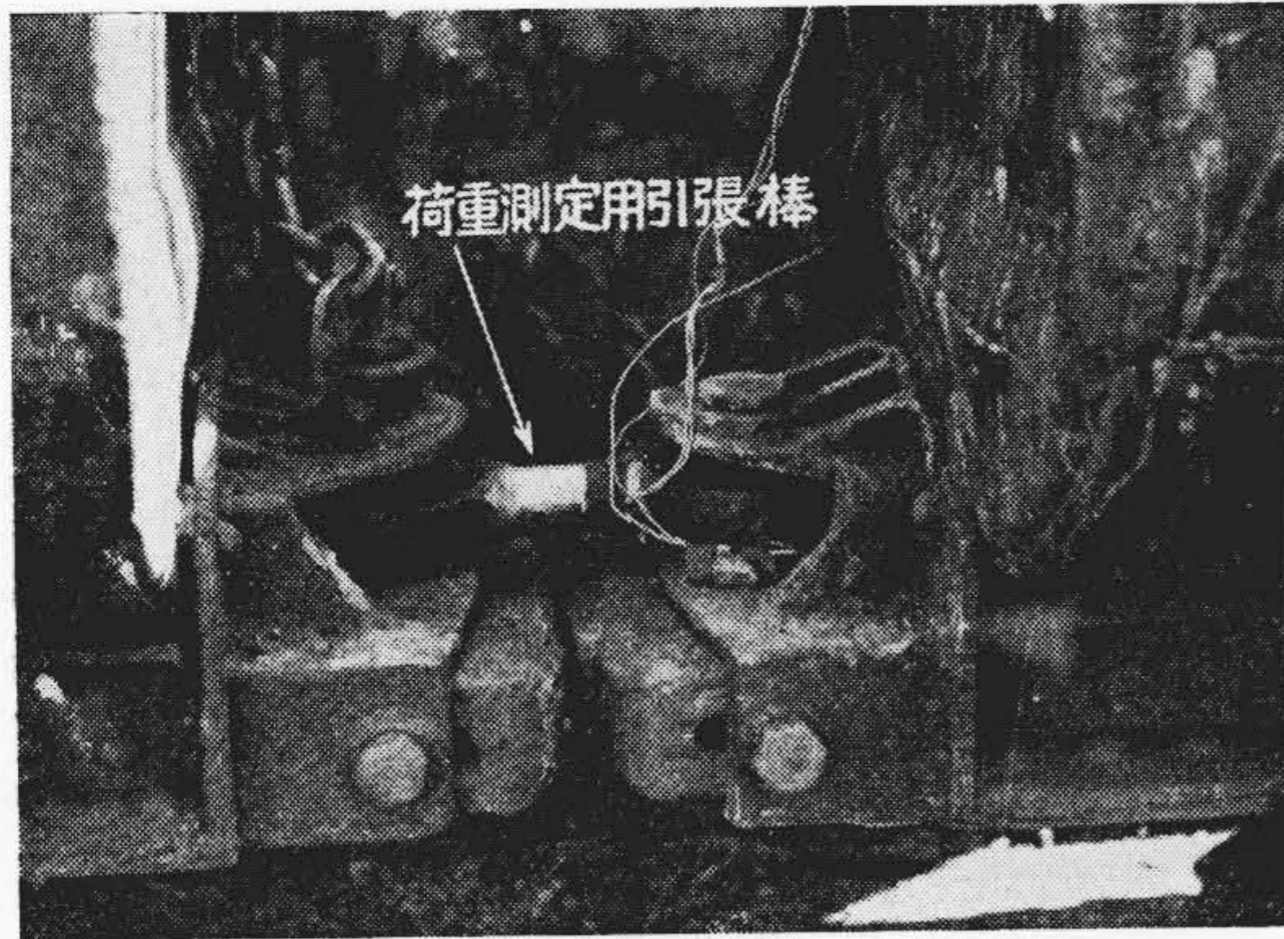
容量 40 立方呎
 車輪 2½B 250φ
 標準型ボールベアリング入車輪
 連結器 日立製センターバッカー (JIS 1.3m³ 用)
 ピン JIS 1号
 リンク JIS 1号

(C) 測定方法

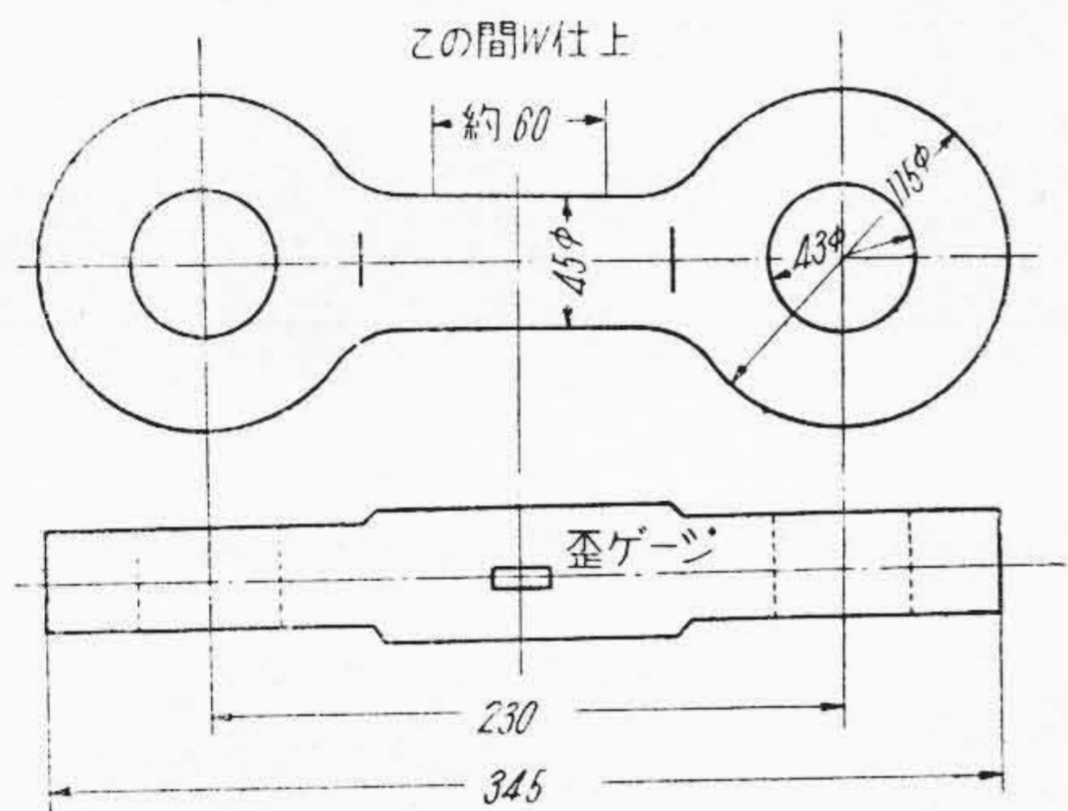
実験用炭車は石炭積載車9輛と、その前部に抵抗線歪計およびオッシュログラフを装置した空車2輛を第4図のごとく連結した。この列車について斜坑中で実際運転時と同様の巻上、巻卸を行つて2輛目と3輛目の間に入れた荷重測定用引張棒(以下引張棒という第5図参照)にかゝつた荷重を抵抗線歪計およびオッシュログラフを用いて測定記録した。

(a) 引張棒

引張棒は歪ゲージを用いた一種の荷重計で、荷重による引張棒の伸縮を歪計で測定することによつて荷重の大



第5図 荷重測定用引張棒挿入状態
Fig.5. View of the Load Measuring Rod During Use



第6図 荷重測定用引張棒
Fig.6. Figure of the Load Measuring Rod

きさを知るものである。引張棒の形および歪ゲージの貼付位置は第6図の通りである。貼付位置は曲げの影響の入らぬよう考慮した。

荷重の変化は歪計を通してオッシログラフに振れの大小として記録した。このオッシログラフにあらわれた振れと荷重の大きさとの関係は、装置全体をあらかじめ実験時同様に調整しておいて、試験機で引張棒に既知の荷重をかけ荷重とオッシログラフの振れとの関係をもとめておいた。その結果を第7図に示す。

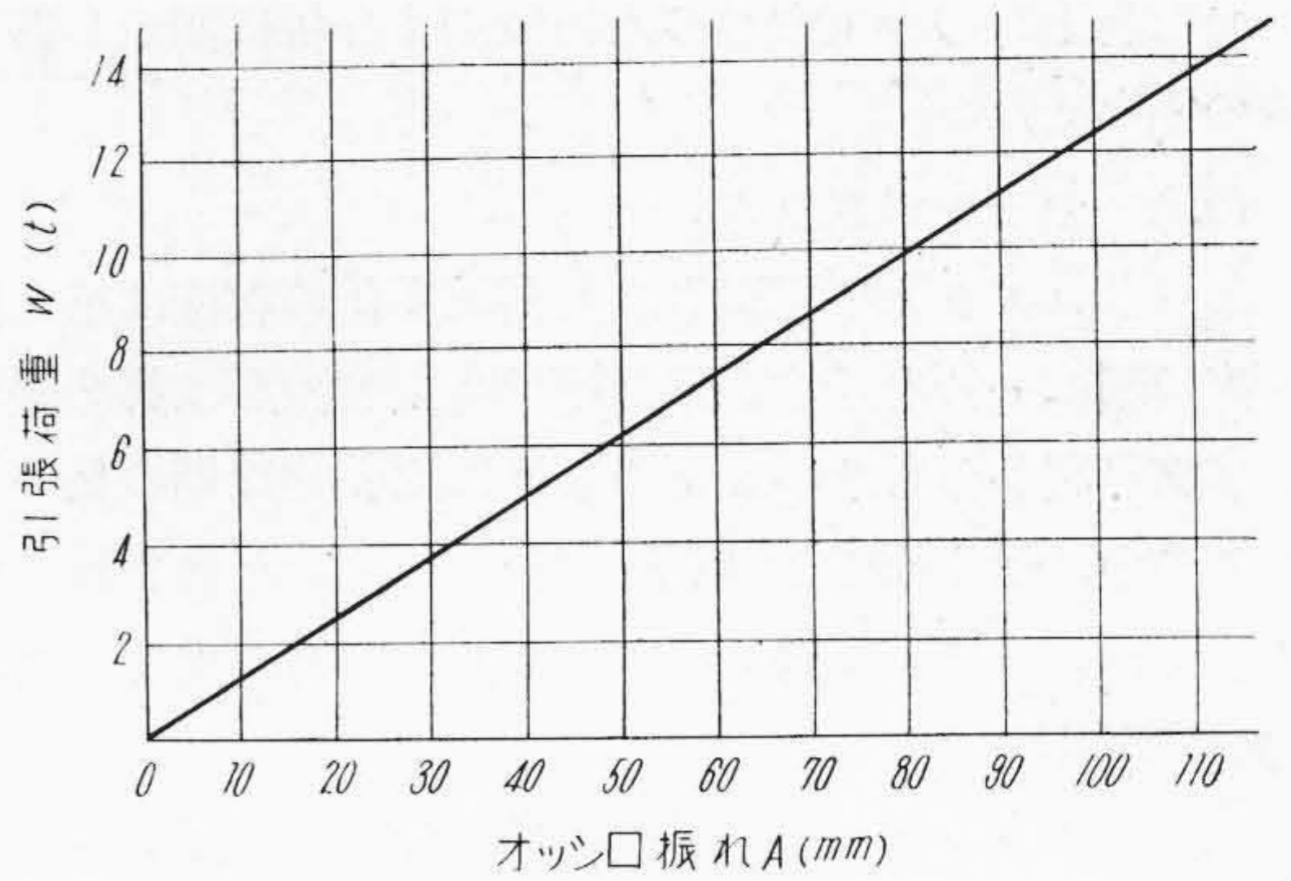
(b) 計器およびその支持

使用した計器はつぎの通りである。

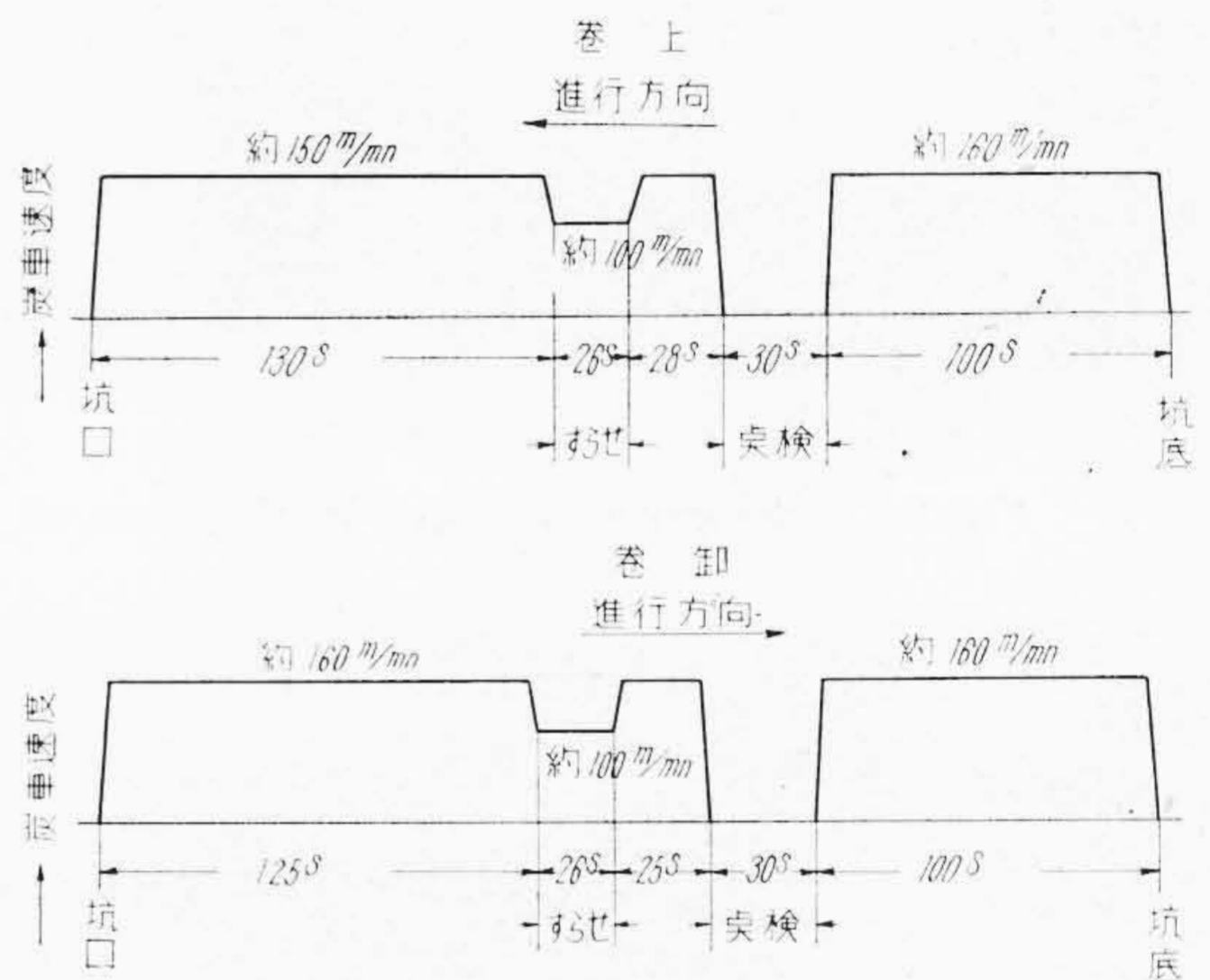
新興通信興業株式会社製 Ps7-L 型抵抗線歪計
横河電機製3 エレメントオッシログラフ

H型バイブレーター使用

これらの計器は炭車に十分なクッションを用いて乗せ上下、左右、前後の振動が測定結果に影響をおよぼすことのないように工夫した。(これはあらかじめ予備実験を行って支障のないことをたしかめた。また本実験の記録の基準線が振動していないことから計器の支持は良好だつたと考える。)



第7図 オッシログラフの振れと引張荷重との関係
Fig.7. Relation between Deflection of Oscillograph and Pull Load



第8図 炭車速度ならびに走行時間
Fig.8. Diagrams of the Car Speed and Running Time

(c) 測定

測定は巻上、巻卸を各1回行い、運転の途中で計器類に異常はないかをたしかめるため斜坑の途中で炭車を一たん停止させて点検を行つた。

(d) その他

炭車の走行時間、走行速度および巻上機への入力は坑外で測定した。オッシログラフの巻取装置は蓄電池を用いて駆動したので time mark を入れるためにはべつの装置を必要としたし、また今回の測定の目的は荷重の大きさを知ることにあつたので time mark は記録しなかつた。

(2) 測定結果

(A) 炭車速度、運転時間、入力

いずれも坑外で測定し、炭車速度は巻胴の回転速度より求め、運転時間はストップウォッチで計測した。その結果を第8図に示す。

また巻上時の巻上機への入力は約 1 分毎に測定し第 1 表の値をえた。

(B) オッシログラム

オッシログラムに記録された荷重変化の有様は第 9 図～第 12 図に一例を示す。斜坑運行時振動波形は第 9 図および第 11 図からもうかえるように比較的周期の長いうねりの中に微小振動し(以下びびりと呼ぶ)が含まれている。これら一連の記録をつぎのような方針で整理した。

(第 11 図参照)

- (i) オッシロペーパーを約 10 秒間隔の各区分にわけ
- (ii) この区分内の最大値, 最小値を読む。
- (iii) 各区分内のびびりの最大振幅を調べる。

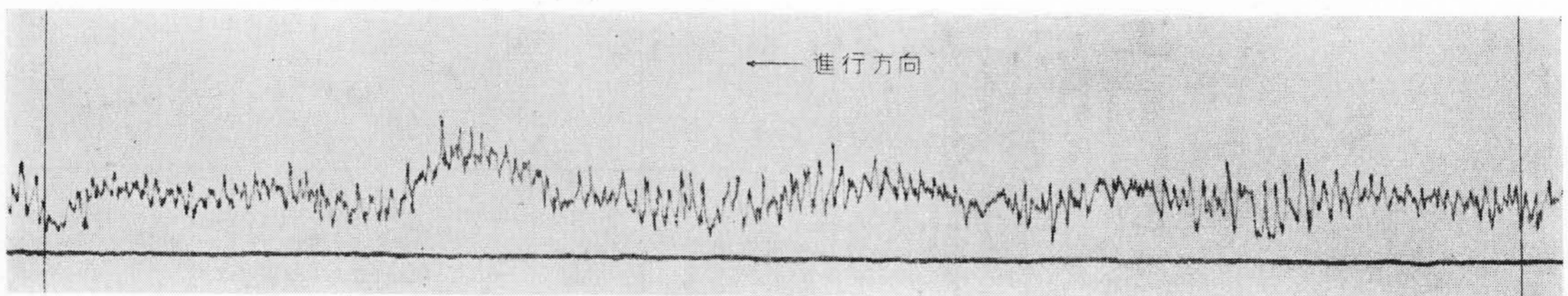
(iv) 各区分内の振動波形の極大値, 極小値の分布をとる。

以上 4 項目のうち (ii), (iii) はすべての区分について行い, (iv) は任意の数区分について行つた。また約 10

第 1 表 巻 上 機 へ の 入 力

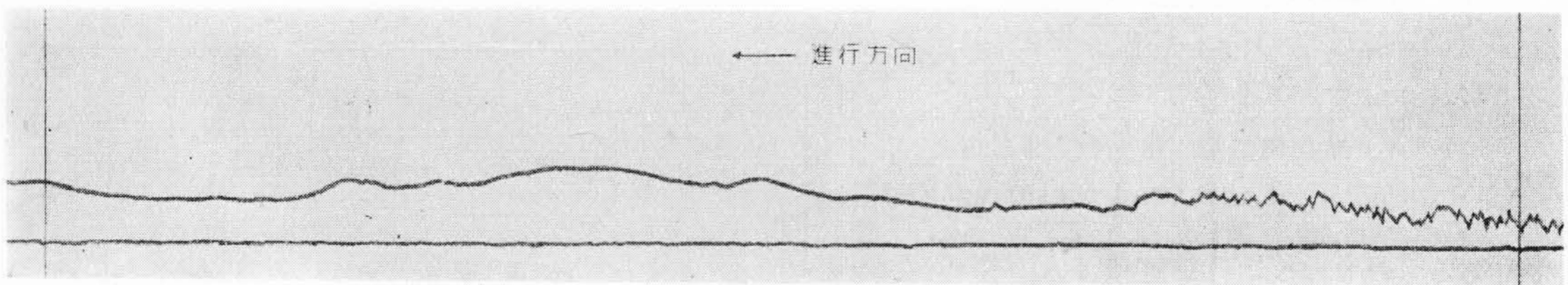
Table 1. Inputs for the Winding Machine

	坑 底					坑 口
電 圧 (V)	3,360	3,360	3,330	3,330	3,330	3,300
電 流 (A)	24	26	26	42	40	36
電 力 (kW)	84	84	96	198 (すらせ)	180	168



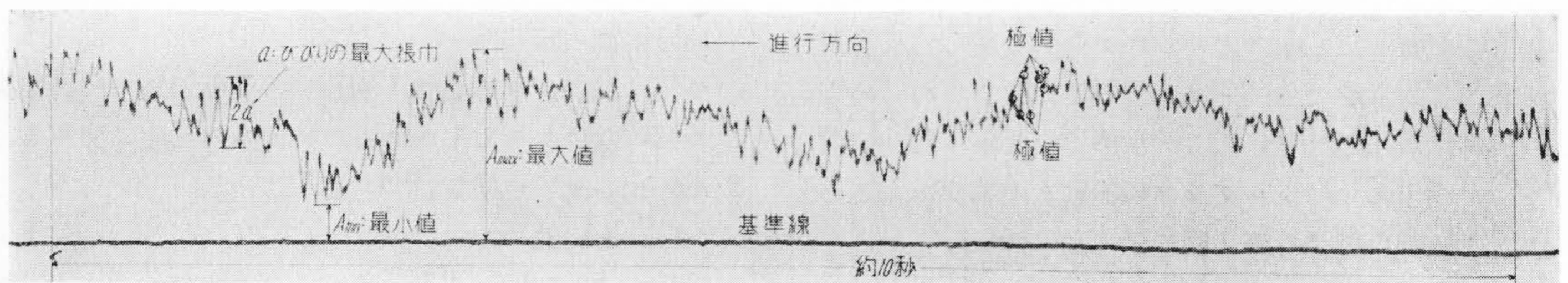
第 9 図 巻上時傾斜 6°-08' におけるオッシログラムの一例

Fig.9. Example of the Oscillogram at the 6°-08' Inclined Shaft During Winding Up



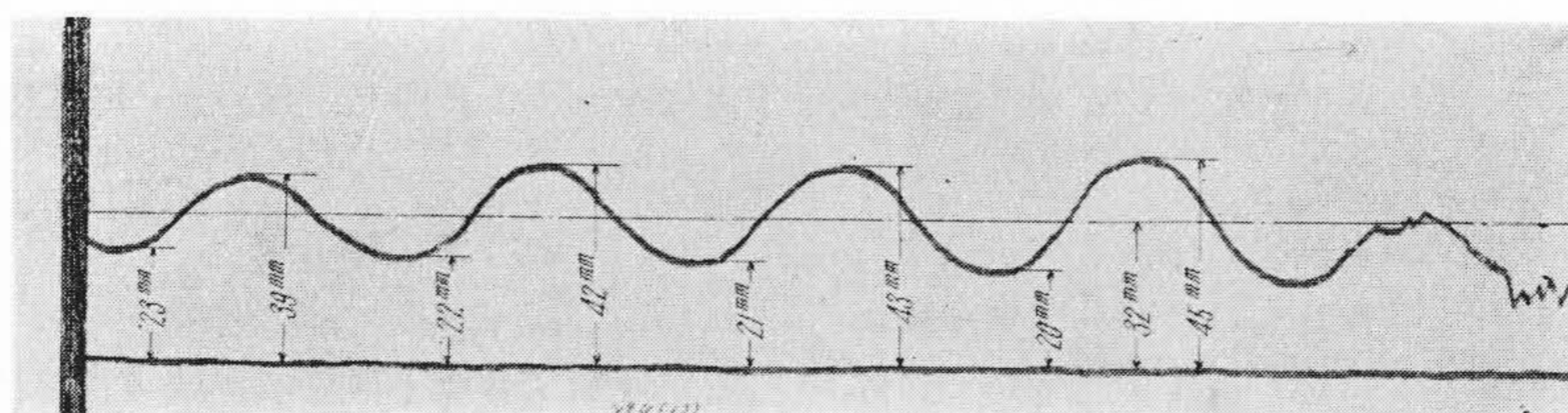
第 10 図 巻上時中間停止時のオッシログラム

Fig.10. Oscillogram at the Intermediate Stopping Point During Winding Up



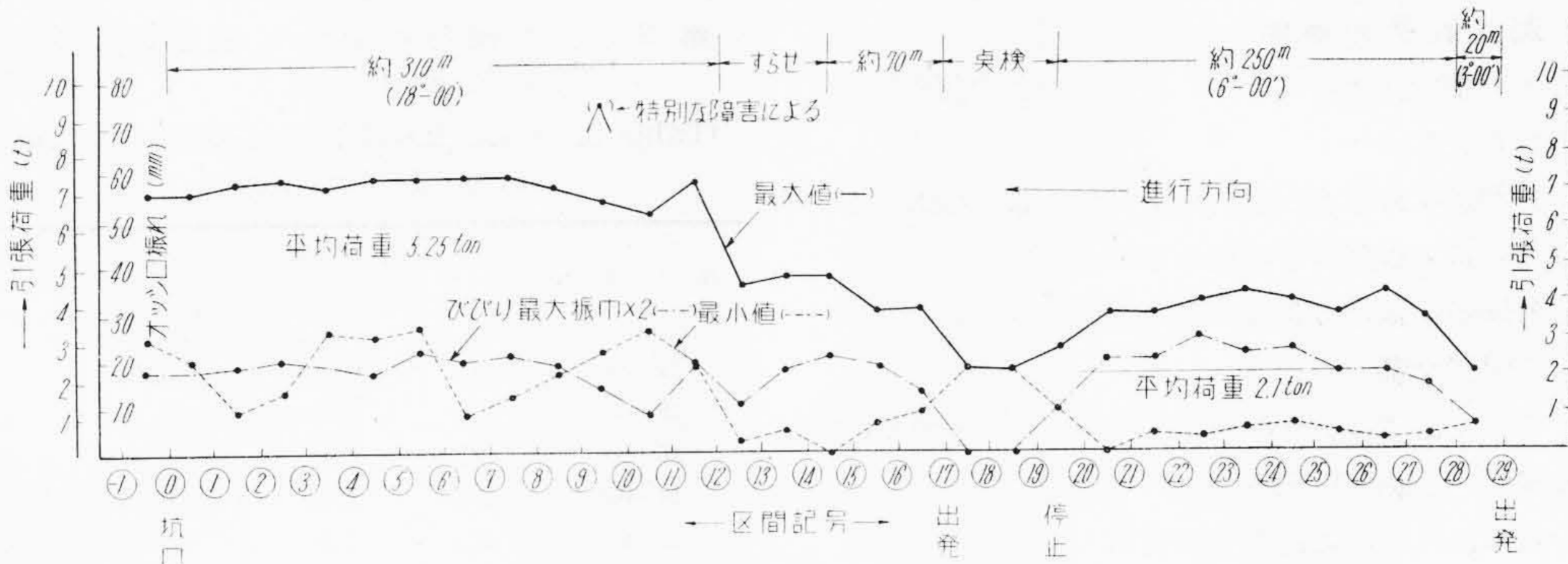
第 11 図 巻上時傾斜 18°-00' におけるオッシログラムの一例

Fig.11. Example of the Oscillogram at the 18°-00' Inclined Shaft During Winding Up

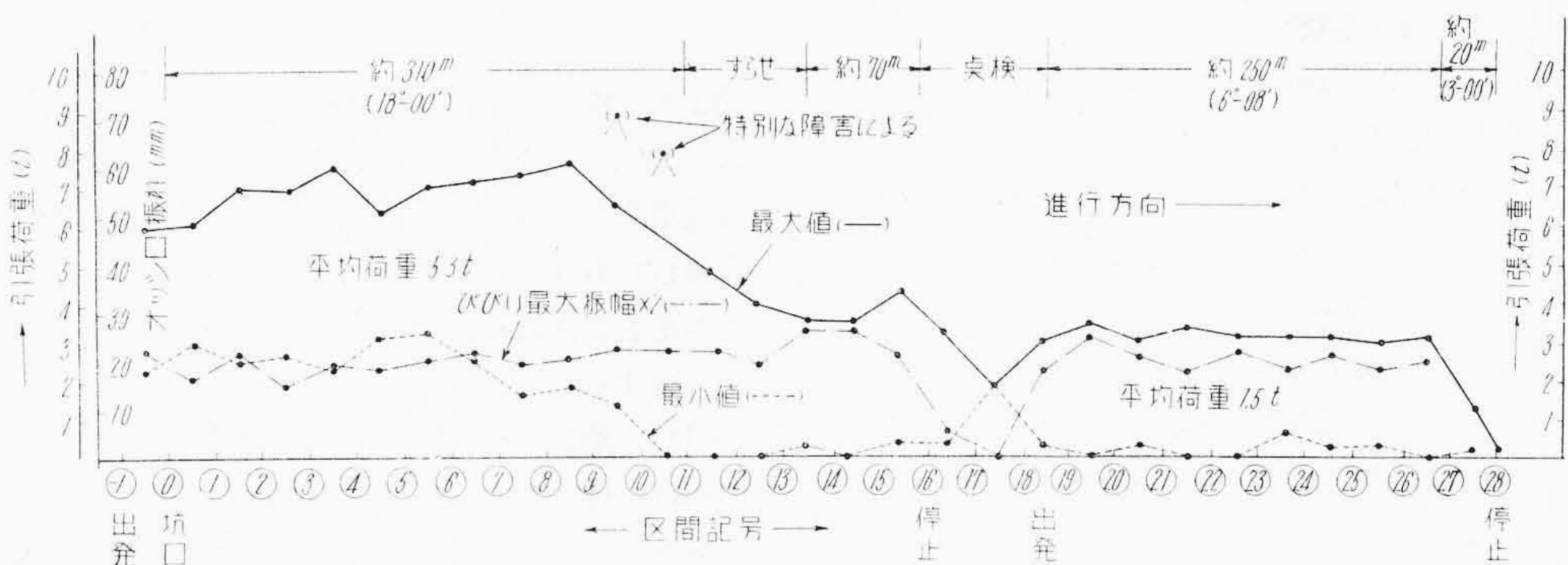


第 12 図 巻上終点におけるオッシログラム

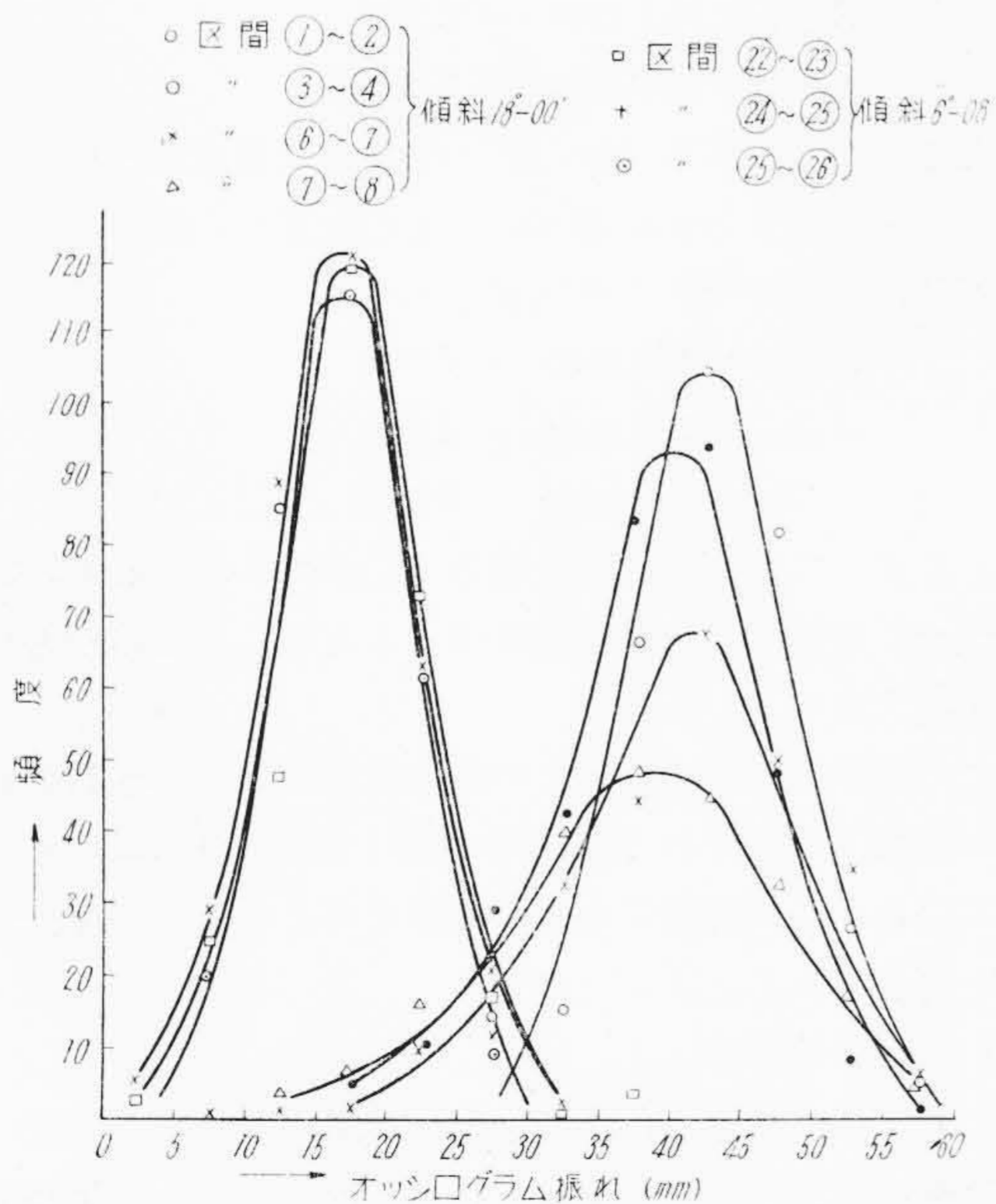
Fig.12. Oscillogram at the Terminal Point of Winding Up



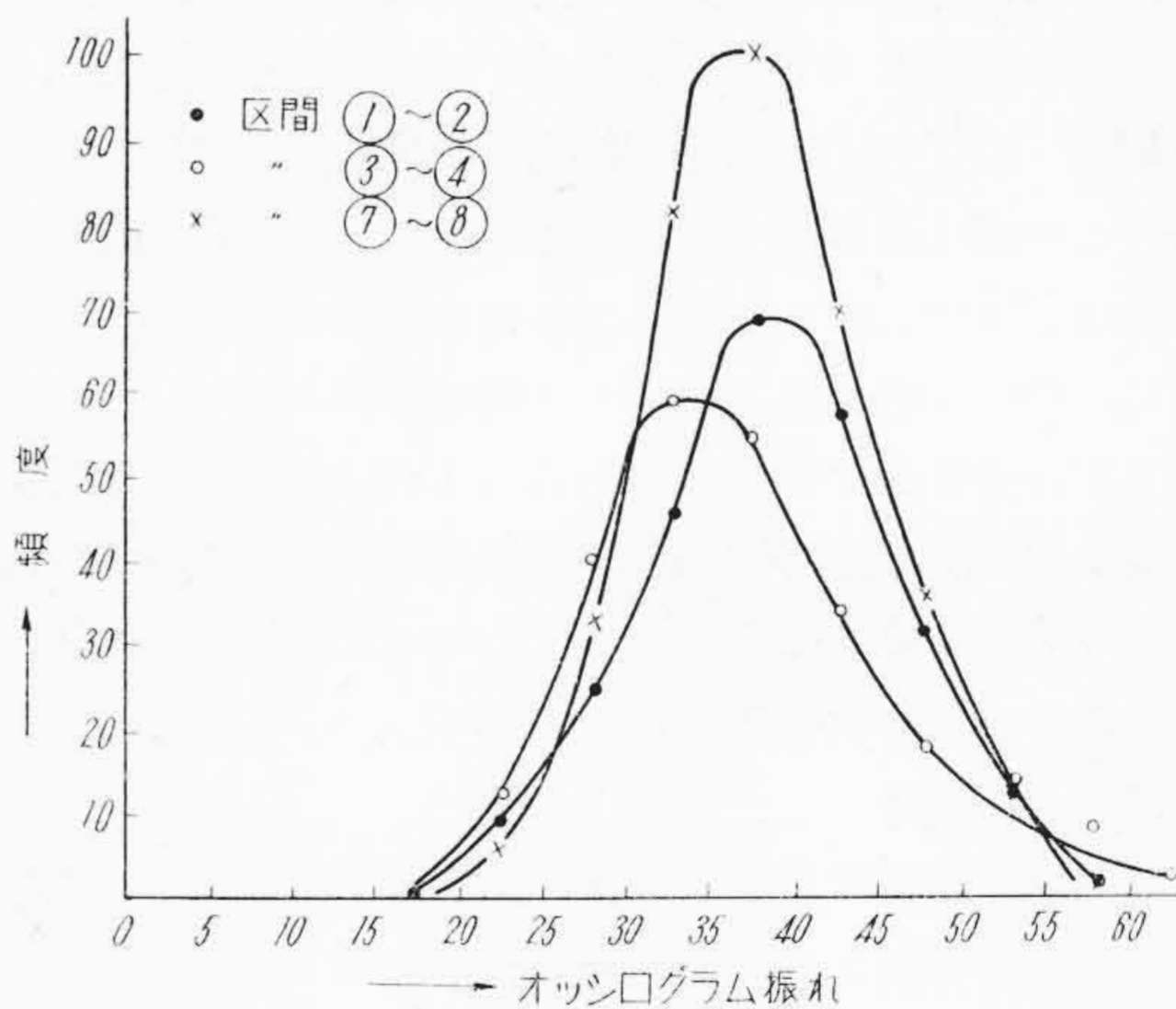
第13図 巻上時荷重変化
Fig.13 Variations of Pull Load During Winding Up



第14図 巻卸時荷重変化
Fig.14. Variations of Pull Load During Releasing Down



第15図 巻上時荷重分布
Fig.15. Frequency Distribution Diagram of the Pull Load During Winding Up



第16図 巻卸時荷重分布
Fig.16. Frequency Distribution Diagram of the Pull Load During Releasing Down

秒毎に①, ②, ③, …, と記号を付して各区間の境界をきめた。巻上, 巻卸とも①が坑口附近と思われる。項目(ii), (iii)についての測定値を図示すると第13図および第14図となる。また(iv)項の測定結果を第15図および第16図に示す。(注: 巻卸の坑底部はオッシログラム不鮮明のため正確に計数できない。)

(3) 測定結果の検討

以上述べた測定結果をもとにして主につぎの諸点について検討を加えた。

(i) 各傾斜における引張力の最大値、最小値およびびりりの最大振幅の平均値を求める。

(ii) 各傾斜における荷重の平均値およびこれと傾斜角との関係を調べる。

(iii) できうれば以上を総合して斜坑における変動荷重を定性、定量的に把握する。

(A) 各傾斜における計算上の荷重

実験に使用した炭車は(1)で述べたように全重量 1.8t のもの 9 函であるから引張棒にかゝる力 $W(t)$ は傾斜角を α° とし、走行抵抗係数を μ とすると

$$W = 1.8 \times 9 \times (\sin \alpha \pm \mu \cos \alpha) \dots \dots \dots (1)$$

こゝに + は巻上時、 - は巻卸時

となる。これを各傾斜について計算すると第2表をうる。

(B) オッシログラムの区間記号と坑道における炭車の位置との関係

題記については正確な関係をつかむことは困難であるが、実験の主目的である荷重と傾斜などの関係を調べるのに必要な程度の考察を行う。

(a) 巻上時

実験炭車は $3^\circ-00'$ より $6^\circ-08'$ に変る点より約 20 m 下方から出発し $6^\circ-08'$ の傾斜を約 160 m/mn の速度で上昇し(第13図参照)、途中で点検のために一たん停止する。この位置は $6^\circ-08'$ より $10^\circ-00'$ に変る点より 30 ~ 40 m 下方であつたから出発点より約 270 m 上方となる。この点は第13図では⑭と⑮の間である(第10図参照)荷重はこゝでしばらくゆるやかな変動をして後完全に静止し、ついで⑰の点で出発して彎曲部にかゝる。⑱の附近ですらせを出たと考えられこゝより $18^\circ-00'$ の傾斜にかゝり荷重が増す(第11図参照)。⑲附近が坑口となる。炭車の速度は第8図のごとくすらせで約 100 m/mn である外は 150~160 m/mn である。

(b) 巻卸時

巻上時と同様にオッシログラムを観察すると、区間記号と坑道の位置との関係が第14図に示すようになる。すなわち坑口⑲から出発して⑳で一たん停止、㉑と㉒の間で出発して㉓が坑底における停止となる。

(C) 巻上終点における荷重の振動

巻上実験の終りに坑口より上方で炭車が止つたときのオッシログラムは第12図の通りで正弦曲線に似たカーブである。振動がやむまでの記録がないのでこのときの静止荷重を直接には読めないが、このカーブの中心線が静止時の荷重を表わすと考えられるので、その基準線よりの振れを求めると、 $A = 32 \text{ mm}$ となる。これは第7

第 2 表 各傾斜において引張棒にかゝる計算荷重 (t)

Table 2. Calculated Pull Loads for the Different Inclinations

傾 斜 角 α	記 号	荷 重		
		$\mu=0$	$\mu=0.01$	$\mu=0.02$
$11^\circ-30'$	W_1	3.23	± 0.16	± 0.32
$18^\circ-00'$	W_2	5.00	± 0.15	± 0.31
$16^\circ-00'$	W_3	4.48	± 0.16	± 0.31
$14^\circ-00'$	W_4	3.92	± 0.16	± 0.31
$12^\circ-00'$	W_5	3.36	± 0.16	± 0.32
$10^\circ-00'$	W_6	2.82	± 0.16	± 0.32
$6^\circ-08'$	W_7	1.70	± 0.16	± 0.32
$3^\circ-00'$	W_8	0.85	± 0.16	± 0.32

図より $W = 4 \text{ t}$ に相当する。炭車の停止した位置は $11^\circ-30'$ から $18^\circ-00'$ への変換点の上にあつたので(実験炭車全長約 26 m)、計算上の引張力は第5表(第92頁参照)の $W_1 (= 3.23 \text{ t})$ と $W_2 (= 5.00 \text{ t})$ との間のある値であると考えられ、こゝに記録された 4 t は計算値とよく一致する。

(D) 傾斜 $18^\circ-00'$ における荷重

(a) 最大荷重および最小荷重

巻上時①~⑪の各区間の基準線よりの振れの最大値、最小値およびびりりの最大振幅の平均値 \bar{A}_{\max} , \bar{A}_{\min} , \bar{a} をもとめると

$$\bar{A}_{\max} = 57.6 \text{ mm} \rightarrow 7.30 \text{ t}$$

$$\bar{A}_{\min} = 18.1 \text{ mm} \rightarrow 2.25 \text{ t}$$

$$2\bar{a} = 18.8 \text{ mm} \rightarrow 2.30 \text{ t}$$

となる。たゞし区間 ⑨~⑩ では異常な荷重が加わつて他の部分とあきらかに違うので上の計算から除外した。巻卸時には ①~⑪ の各区間をとつて

$$\bar{A}_{\max} = 56.1 \text{ mm} \rightarrow 7.00 \text{ t}$$

$$\bar{A}_{\min} = 18.3 \text{ mm} \rightarrow 2.25 \text{ t}$$

$$2\bar{a} = 19.6 \text{ mm} \rightarrow 2.45 \text{ t}$$

したがつて最大値、最小値の $18^\circ-00'$ における平均値は巻上、巻卸両者の間の差はほとんどなく巻上時の方が僅かに大きいといえる。

この傾斜全区間を通じての最大荷重は巻上、巻卸とも ⑨~⑩間でそれぞれ 9.4 t (75 mm), 8.9 t (71 mm) となつている。この附近になにか衝撃を与える原因が存在したと考えられる。

(b) 平均荷重

この傾斜における荷重の平均値を求めるために任意の数区間の極値の分布を図示すると、前述のごとく第15図および第16図のごとくなる。巻上では 40~45 mm の間が頻度最大で、卸では 35~40 mm の間にそれがあるようである。これより巻上時の平均値を 42 mm, 巻卸の場

合のそれを 37 mm とすると平均荷重はそれぞれ 5.2t, 4.6 t となり荷重の平均値はあきらかに巻上時の方が大きい。この結果は走行抵抗係数を 0.02 とした場合の計算値 5.32 t, 4.69 t とよく一致している。(第 2 表参照)

(E) 彎曲部における荷重

巻上については ⑫~⑰ の各区間の平均をとると

$$\bar{A}_{max} = 34.6 \text{ mm} \rightarrow 4.30 \text{ t}$$

$$\bar{A}_{min} = 4.8 \text{ mm} \rightarrow 0.55 \text{ t}$$

$$2\bar{a} = 16.2 \text{ mm} \rightarrow 2.00 \text{ t}$$

巻卸時については ⑪~⑯ の各区間の平均をとると

$$\bar{A}_{max} = 31.6 \text{ mm} \rightarrow 3.90 \text{ t}$$

$$\bar{A}_{min} = 1.0 \text{ mm} \rightarrow 0.10 \text{ t}$$

$$2\bar{a} = 22.8 \text{ mm} \rightarrow 2.80 \text{ t}$$

となり, 18°-00' の場合にくらべて一般に低荷重である。

(F) 停止部における荷重

巻上時には

$$A = 18.0 \text{ mm} \rightarrow 2.20 \text{ t}$$

巻卸時には

$$A = 14.0 \text{ mm} \rightarrow 1.70 \text{ t}$$

となる。炭車は 6°-08' のところにいたのだから走行抵抗係数を零にした場合の荷重の計算値は $W_7 = 1.7 \text{ t}$ (第 2 表参照) となり, 巻卸時の測定値と一致する。巻上の場合には後で述べるように停止する前のオッシログラムの振れの平均値が 17 mm である点から見て, 走行時の摩擦力がそのまま働いたように見える。

(G) 坑底部における荷重 (傾斜角 6°-08')

巻上時は区間 ⑳~㉓ をとると

$$\bar{A}_{max} = 31.5 \text{ mm} \rightarrow 3.9 \text{ t}$$

$$\bar{A}_{min} = 3.4 \text{ mm} \rightarrow 0.4 \text{ t}$$

$$2\bar{a} = 20.0 \text{ mm} \rightarrow 2.5 \text{ t}$$

巻卸時は区間 ⑲~㉒ をとると

$$\bar{A}_{max} = 29.0 \text{ mm} \rightarrow 3.6 \text{ t}$$

$$\bar{A}_{min} = 1.6 \text{ mm} \rightarrow 0.2 \text{ t}$$

$$2\bar{a} = 20.4 \text{ mm} \rightarrow 2.5 \text{ t}$$

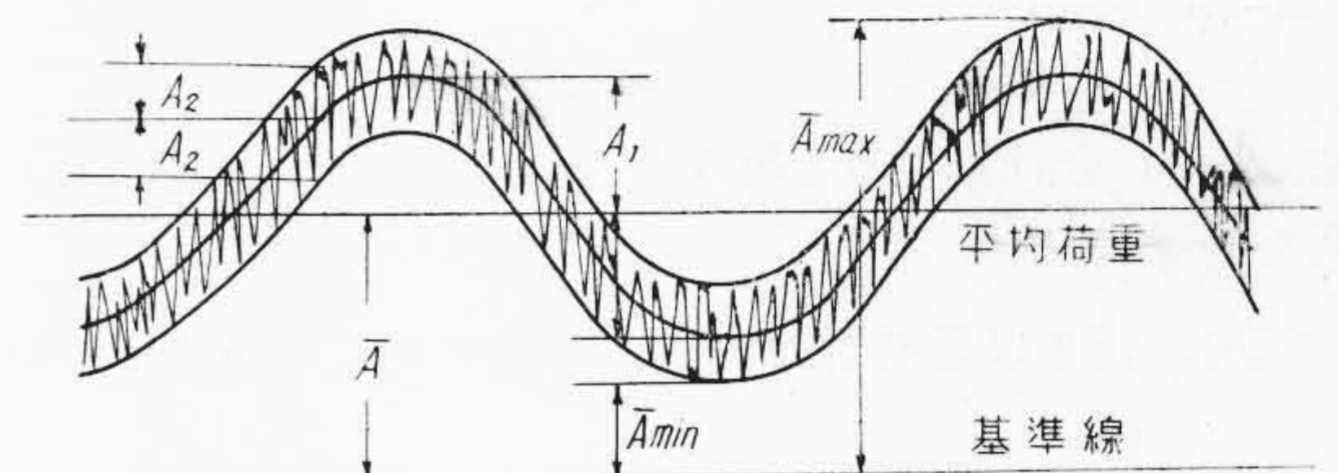
傾斜 18°-00' の場合と同様巻上時の方が多少荷重が大きい。

平均荷重は巻上時は第 15 図より $\bar{A} = 17 \text{ mm}$ とすると, $W = 2.1 \text{ t}$ となる。巻卸時はオッシログラムが多少不鮮明で正確な頻度分布をあたられぬが, 観察によると $\bar{A} = 12 \text{ mm}$ くらいであるから, $W = 1.5 \text{ t}$ となる。走行抵抗を 0, 0.01, 0.02 とした場合の計算荷重(第 2 表参照)と比較すると第 3 表のごとくなり, $\mu = 0.02$ の場合の計算値にかなりよく一致する。18°-00' の場合に較べて誤差が多少大きいのは傾斜がゆるやかなため, 走行抵抗などの影響が大きく現われたためであろう。

第 3 表 傾斜 6°-08' の場合の計算荷重と実測値

Table 3. Measured and Calculated Pull Loads at the 6°-08' Inclined Shaft

		計 算 荷 重 (t)			実 測 値
		$\mu=0$	$\mu=0.01$	$\mu=0.02$	
巻	上	1.7	1.86	2.02	2.1
巻	卸	1.7	1.54	1.38	1.5



第 17 図 引張荷重変化の定性的模型
Fig. 17. Qualitative Model of Pull Load Variation

(H) 荷重の振動的变化について

オッシログラムに現われている振動波形は比較的一定の周期をもつたびびりを含んだ大きなうねりで見られる。びびりの最大振幅は全行程ほとんど一定で 15/2 mm 以上のものが巻上では停止部を除く全区間㉒のうち㉑区間, 巻卸では㉓のうち㉒区間ある。これの平均値を求めると巻上で 19.5/2 mm, 巻卸では 20.5/2 mm となり, びびりの振幅の最大値は全行程にわたって約 20/2 mm, すなわち約 1.2 t と考えてよいと思う。

つぎに連結器の強度を考察することに観点をおいて今までの検討を整理すると, われわれは斜坑運転時の引張荷重の変化は, 特別な場合を除いて, 定性的には第 17 図のごとく振幅 A_2 のびびりを含んだ振幅 A_1 の周期の大きなうねりからはみ出ることはないと考えてよいだろう。直線コースである 18°-00' と 6°-08' の場合をとつて A_1, A_2 を求める。(D) および (G) でえた結果を利用してまとめると第 4 表をえる。びびりの最大振幅は前述の通り約 1.2 t であるから, $A_2 = 1.2 \text{ t}$ として \bar{A}_{max}

第 4 表 荷重変化の振幅 (t)

Table 4. Amplitudes of Pull Load Variation

傾 斜	18°-00'		6°-08'	
	巻 上	巻 卸	巻 上	巻 卸
\bar{A}	5.2	4.6	2.1	1.5
$\bar{A}_{max} - \bar{A}$	2.1	2.4	1.8	2.1
$\bar{A}_{min} - \bar{A}$	-2.9	-2.3	-1.7	-1.3

第 5 表 第 17 図のごとく考えた場合の各荷重の値

Table 5. Each Pull Poad which is Calculated on the Assumption Illustrated Fig. 17

傾 斜	18°-00'		6°-08'	
	巻 上	巻 卸	巻 上	巻 卸
A	5.2	4.6	2.1	1.5
A ₁	1.0	1.2	0.6	0.9
A ₂	1.2	1.2	1.2	1.2
\bar{A}_{max} = $\bar{A} + (A_1 + A_2)$	7.4	7.0	3.9	3.6
\bar{A}_{min} = $\bar{A} - (A_1 + A_2)$	3.0	2.2	0.3	0*

や \bar{A}_{min} を計算すると第 5 表の通りとなり, 実測値によく合致する。

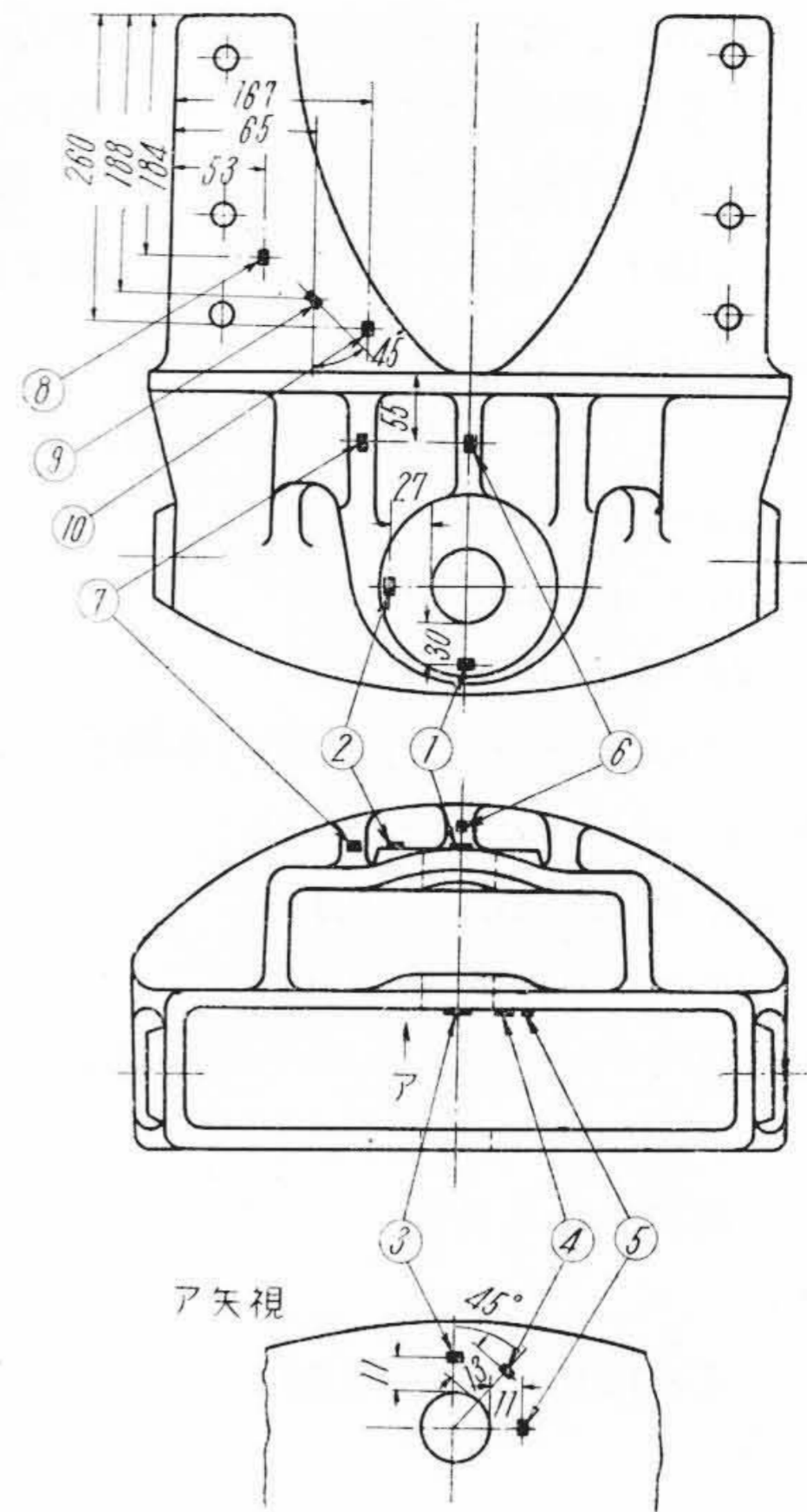
(注) 荷重は連結器の構造上圧縮荷重になることはない。

〔III〕 引張荷重によつてセンターバッカー各部に生ずる応力の測定

(1) 実験要領

実験材として JIS 規格に定められた容量 2.0 m³, RG 610 mm 用, 鑄鋼 (JES SC41) 製センターバッカーを用いた。実験は 5 回行いそれぞれ A, B, C, D, E 実験と呼ぶ。A, B, C, D 実験には B 型センターバッカー, E 実験では A 型センターバッカーを用いた。A, B 両型は第 18 図のごとくフレーム取付部の形状が相違している。これら 5 回の実験のうち A, B 実験は引張荷重として 30 t 以下の低荷重を繰返し, C, D 実験は低荷重試験後 100 t まで, E 実験は 65 t まで荷重をあげて下記の各点の歪を抵抗線歪計で 5 t 毎に測定した。

A, B, C, D, E 各実験における歪ゲージ (2×8 mm) の貼付箇所を第 19 図～第 21 図に示す。今後測定点を表示する場合には図の記号を用い, たとえば A 実験の測定点③



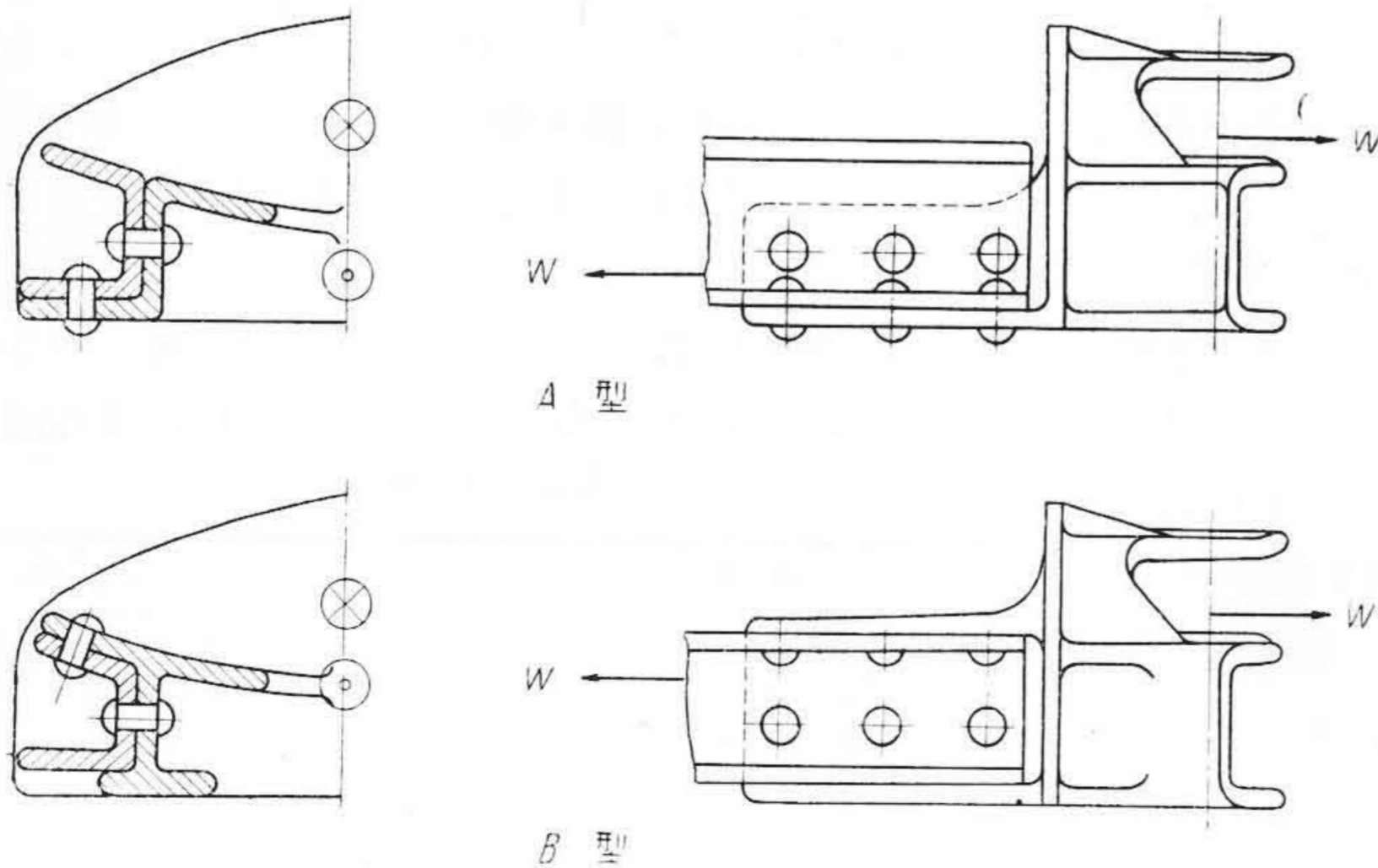
第 19 図 A 実験歪ゲージ貼付位置
Fig.19. Measured Points on A Experiment

は A-③ と表現することとする。センターバッカーはその構造上ピン孔周辺および脚部に大きな応力が生ずると想像されるので, 測定点は主としてこの附近を選んだ。ゲージの接着にはニトロセルローズ系接着剤を用い, A, B 実験は 24 時間以上自然乾燥, C, D, E 実験は赤外線ランプになる強制乾燥を行つた後, ワセリンまたはパラフィンで湿気の侵入を防いだ。

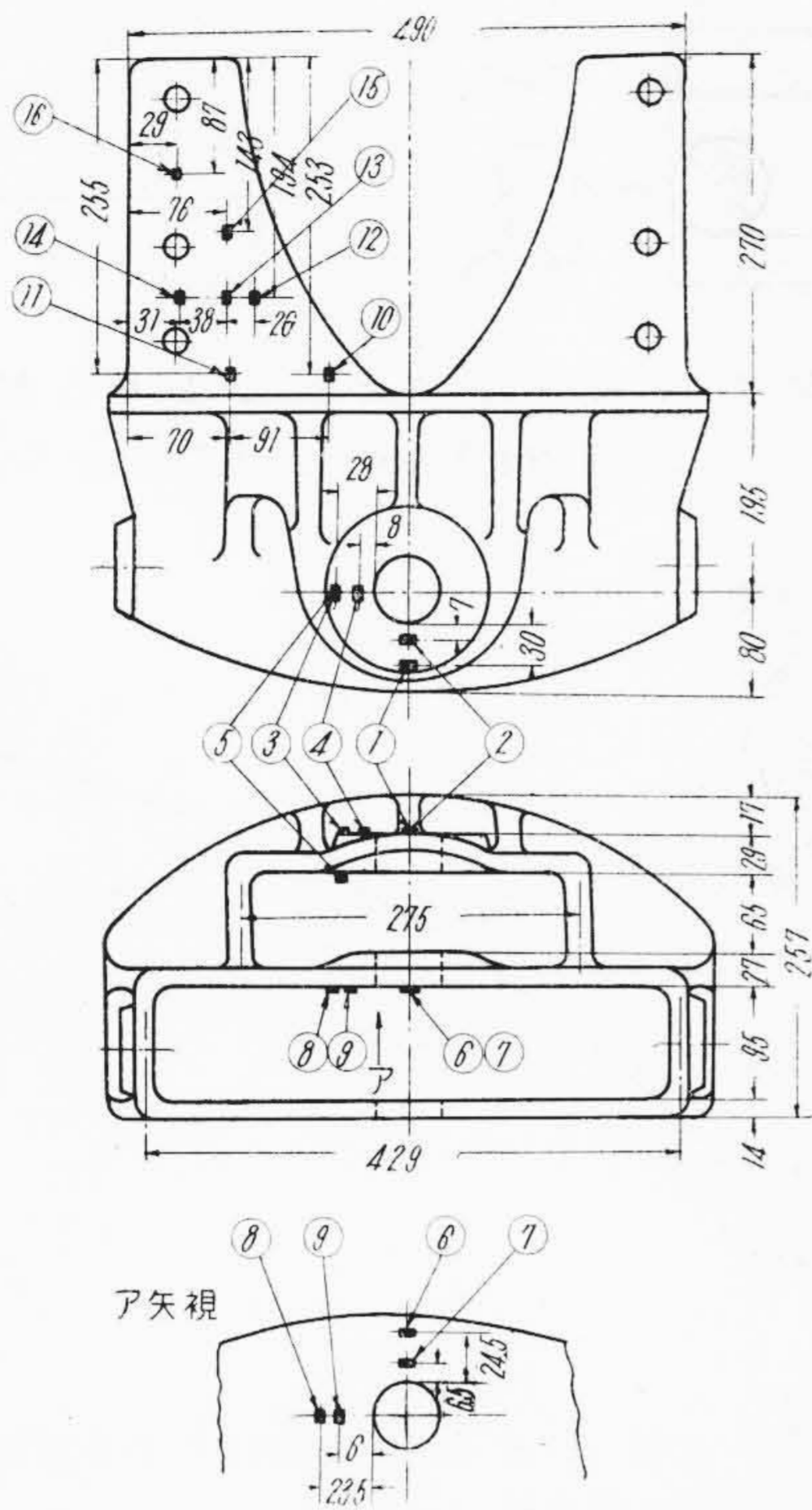
(2) 実験結果およびその検討 (その 1) (引張荷重 30 t 以下の場合)

(A) ピン孔周辺部

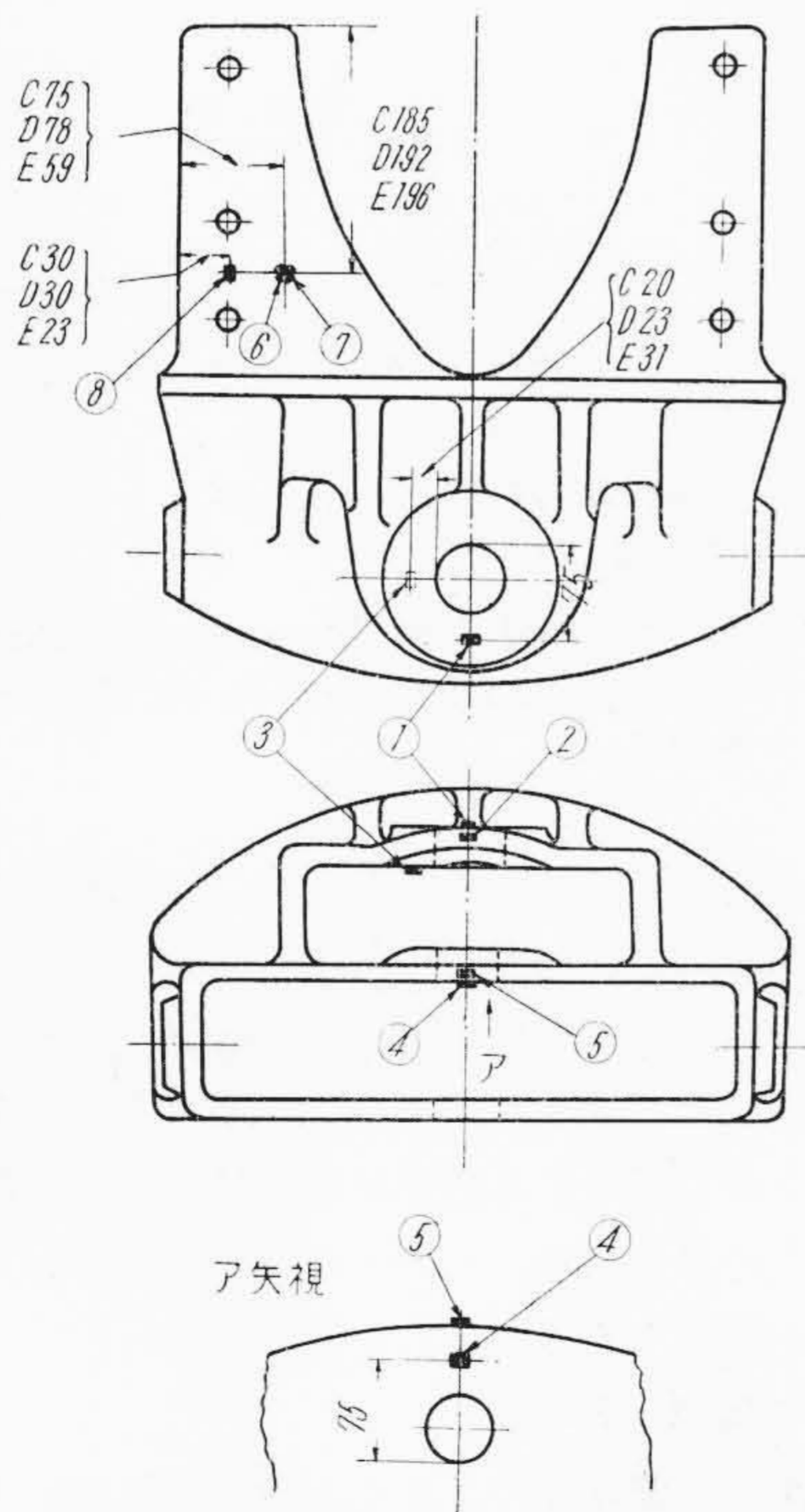
ピン孔周辺部の主要寸法は第 22 図に示す通りである。



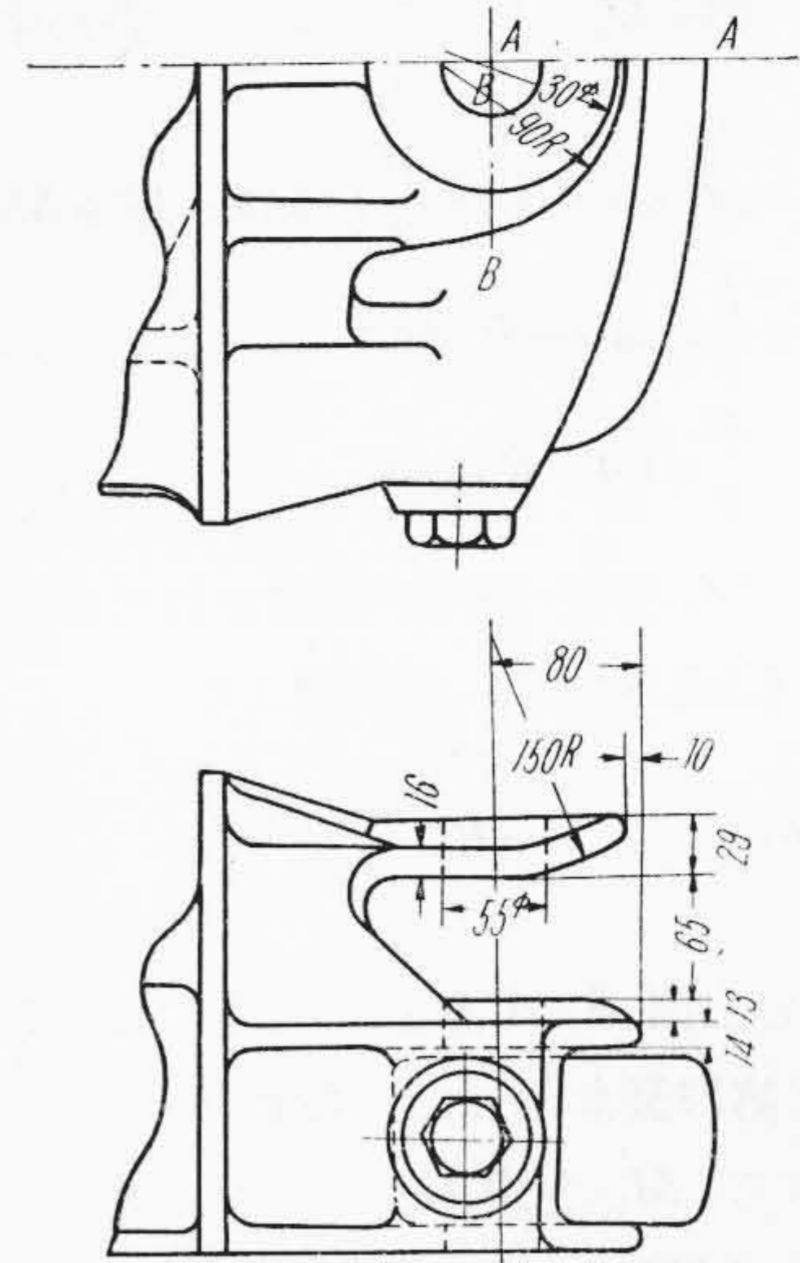
第 18 図
センターバッカーの A 型と B 型の相違
Fig.18.
Difference between Type A and B of Center Buffer



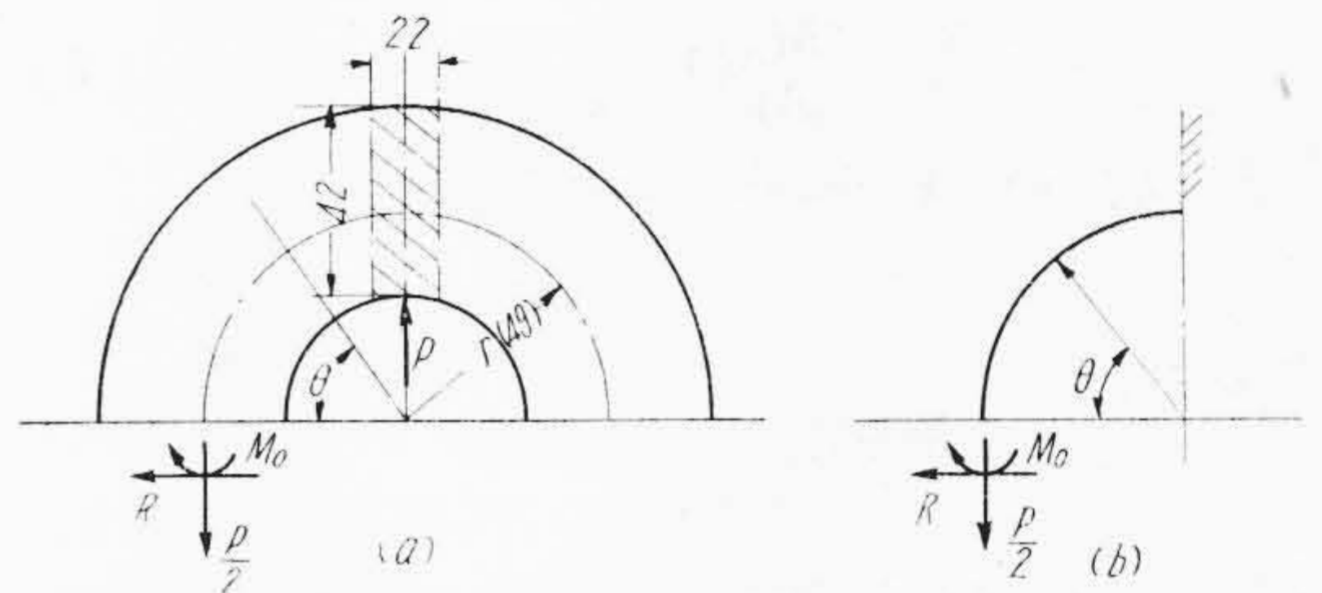
第20図 B 実験歪ゲージ貼付位置
Fig.20. Measured Points on B Experiment



第21図 C, D, E 実験歪ゲージ貼付位置
Fig.21. Measured Points on C, D, E Experiments



第22図 ピン孔周辺部主要寸法
Fig.22. Dimensions of the Part around Pin Bore



第23図 上顎応力分布計算説明図
Fig.23. Explanatory Figure for Calculation of Stress Distribution on the Upper Shelf

この部分のうち最も危険であると考えられる A-A 断面および B-B 断面について検討を行う。

(a) 上顎 A-A 断面

ピン孔にさしたピンによつて上顎が引張荷重をうけた場合の上顎各部に生ずる応力分布の厳密解を求めることは困難なので、この部分を第23図のごとく両端が固定された曲率一定の曲りはりに集中荷重 P が働くとして近似解を求めてみる。今固定端より θ の角度をなす点に働く曲げモーメントを M (凸表面に圧縮応力が働く場合正), 接線方向の引張力を N , 剪断力を V とするとこのはりの中に貯えられる全歪エネルギーは次式で表わされる⁽¹⁾。

$$U = \int_0^{\pi/2} \left(\frac{M^2}{2AEer} + \frac{N^2}{2AE} - \frac{MN}{AEr} + \frac{\alpha V^2}{2AG} \right) ds \quad (2)$$

ここに A : 断面積

E : 弾性係数

G : 剪断弾性係数

α : 形状によつて定まる係数矩形の場合 1.5

e : 断面矩形の場合 $= h^2/12r$

M, N, V は第23図よりつぎのように表わすことができる。

$$M = rR \sin \theta + r \cdot \frac{P}{2} (\cos \theta - 1) + M_0 \dots (3)$$

$$N = \frac{P}{2} \cos \theta + R \sin \theta \dots (4)$$

$$V = \frac{P}{2} \sin \theta - R \cos \theta \dots (5)$$

(2)~(5) 式を用い、端部が固定されているという条件を入れると Castigliano の定理より

$$\frac{\delta U}{\delta M_0} = 0 \quad \frac{\delta U}{\delta R} = 0$$

となる。

断面の形を上顎 A-A 断面と面積および幅の等しい矩形と見なし(第23図参照), $r=49 \text{ mm}$ として上記理論により R および M_0 を求めるとつぎの結果をえる。

$$\left. \begin{aligned} R &= 0.290 P \\ M_0 &= 0.0278 r P \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

A-A 断面に生ずる応力の分布は、この断面に働く引張力を N_A , 曲げモーメントを M_A とすると

$$\sigma = \frac{N_A}{A} - \frac{M_A}{Ar} \left(1 + \frac{1}{\kappa} \frac{\eta}{r+\eta} \right) \dots (7)$$

ここに κ : 断面係数 矩形の場合

$$-1 + \frac{r}{h} \log_e \frac{2r+h}{2r-h}$$

η : 断面中心よりの距離

(凸表面の方向に計る場合を正)

となる。ところで上顎にかゝる力 P はピンにかゝる引張荷重 W の一部であるから、 P の大きさを第24図のごとく肉厚の中心で自由支持されたピンに集中荷重がかゝるものとして求めると

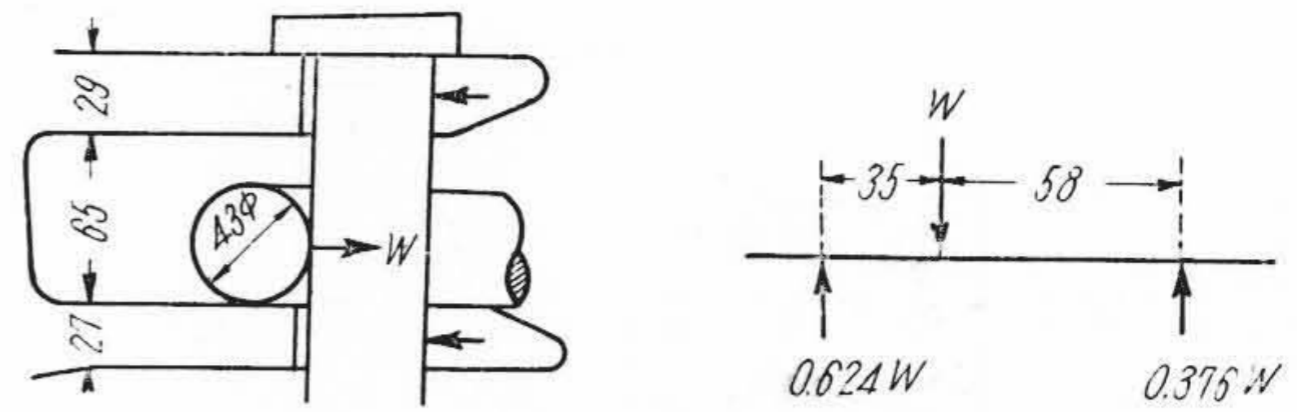
$$P = 0.376 W \dots (8)$$

となる。

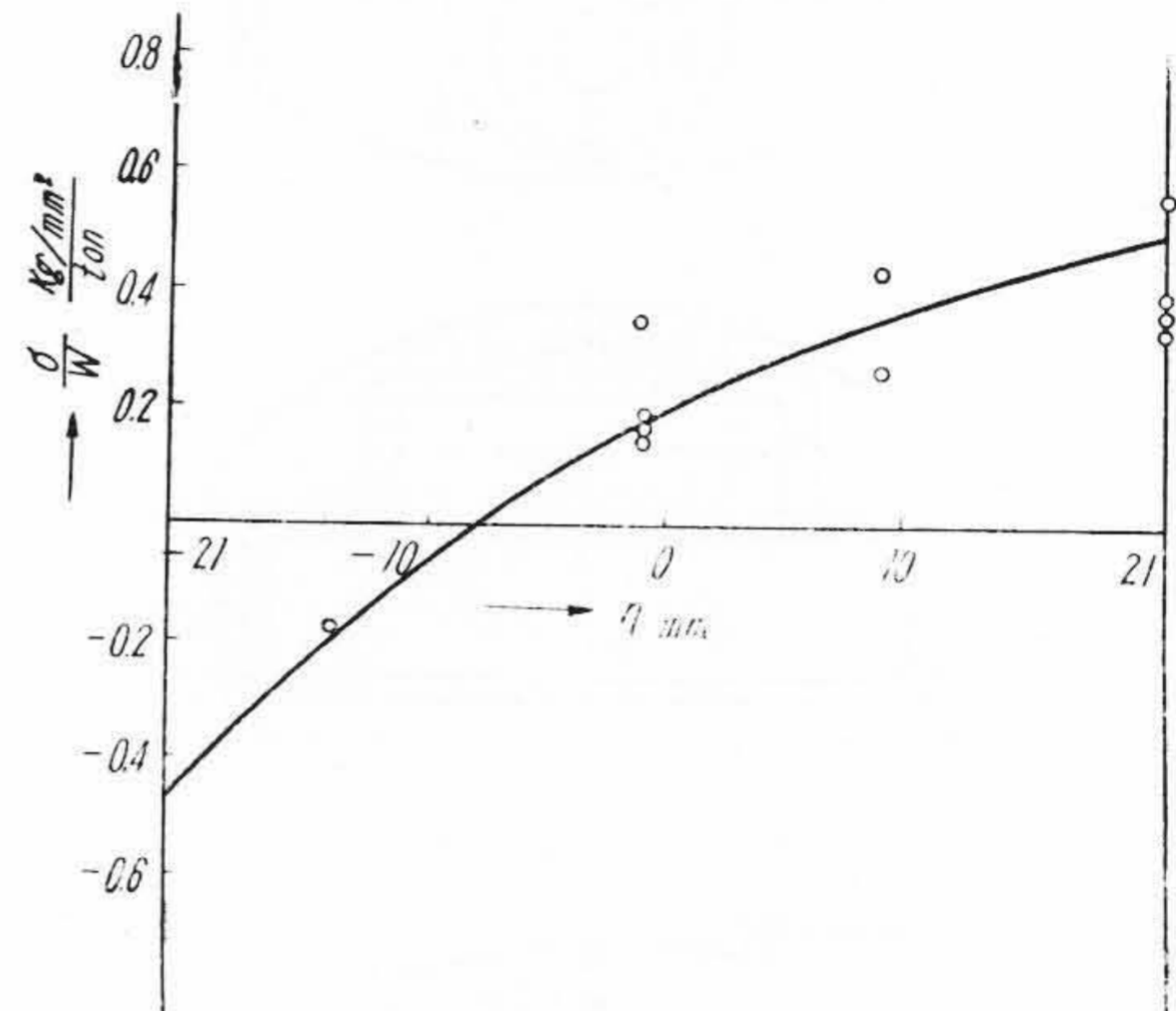
以上の (6)~(8) 式を用いて A-A 断面の応力分布を計算すると第25図の実線のごとくなる。同じ座標上に実験による測定結果を記載する。この図より計算値と測定値はかなりよく合つていて、特に最大応力を問題にする場合には上述の計算方法を用いてよいことがわかる。

(b) 上顎 B-B 断面

つぎに上顎の B-B 断面について検討を行う。この断面に生ずる力は前項で述べたごとく近似的に断面に垂直な引張力 $0.500P$ と剪断力 $0.290P$ および曲げモーメント $0.0278rP$ である。この部分の形を幅および断面積の等しい矩形断面をもつ曲りはりを考えて応力分布を計算すると第26図をえる。第26図には測定結果をあわせて表示する。図中○印は歪ゲージを上面に貼付した場合、×印は下面に貼付した場合を示し、印の傍の A, B, C, D の記号は A, B, C, D 各実験によつてえたことを示している。○印が計算値の下側に、×印が上側にあることは

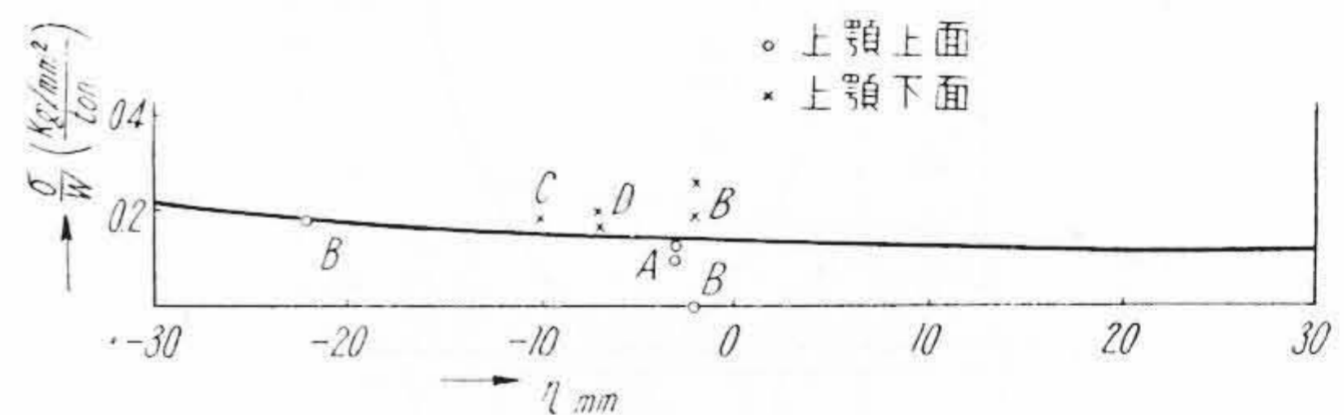


第 24 図 上顎と下顎にかゝる力の割合
Fig. 24. Load for Upper and Lower Shelf



第 25 図 上顎 A-A 断面における応力分布の計算値と測定値

Fig. 25. Calculated and Measured Values of the Stress Distribution on Upper A-A Section



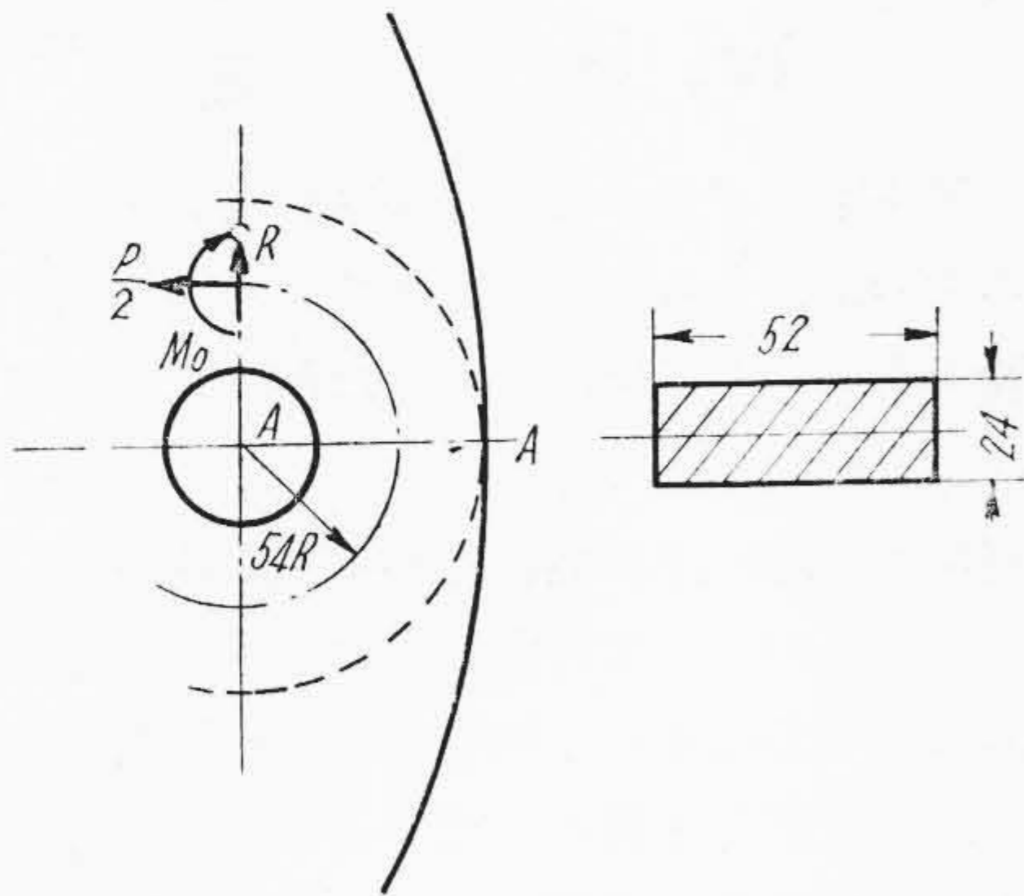
第 26 図 上顎 B-B 断面における応力分布の計算値と測定値

Fig. 26. Calculated and Measured Values of the Stress Distribution on Upper B-B Section

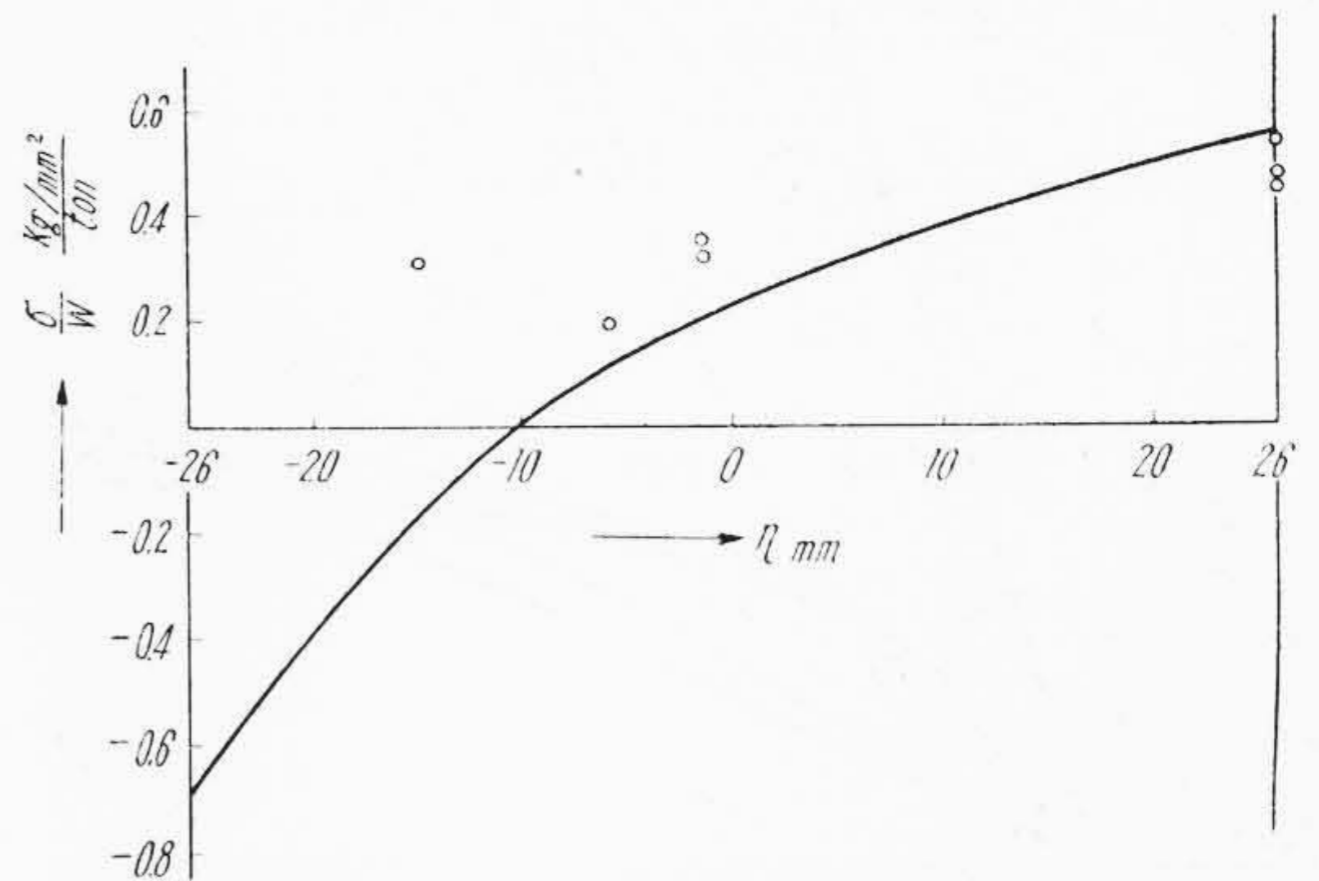
上顎が上方に曲げられる傾向のあることを示している。これは高荷重をかけた場合にあらかな現象として現われる。この曲げを考慮に入れれば測定値と計算値とはほぼ一致する。センターバッチャーを実際使用する場合には最大応力をチェックする必要があるが、上記計算方法によつて最大応力を求め、上方への曲りを考慮して求めた値の 2 倍を起りうる最大応力を見ればよい。

(c) 下顎 A-A 断面

下顎の形状は第27図のごとく上顎と異なるが A-A 断面を考えるために近似的に点線のごとく断面積および幅が A-A 断面のそれと等しい厚さ一様の曲りはりを考え



第27図 下顎応力分布計算説明図
Fig. 27. Explanatory Figure for Calculation of Stress Distribution on the Lower Shelf



第28図 下顎 A-A 断面における応力分布の計算値と測定値
Fig. 28. Calculated and Measured Values of the Stress Distribution on Lower A-A Section

て (a) 項と同様の計算を行うと

$$\left. \begin{aligned} R &= 0.276P \\ M_0 &= 0.0443rP \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

の結果をえる。したがって A-A 断面に働くモーメント M_A , 引張力 N_A は

$$\begin{aligned} M_A &= -0.180rP \\ N_A &= 0.276P \end{aligned}$$

となり, これを用い (7) 式によつて応力分布を計算すると第28図の実線のごとくなる。この図に測定値をあわせて記載すると○印の通りである。これを見ると計算値と測定値が一致しているとはいふ難く, 計算上の仮定に無理があると考えられる。

しかし応力の最大値は実測値と計算値がほぼ一致しているから, この部分の最大応力を概算する場合には上記の計算方法を用いてよいと思う。

(d) その他

A実験において上顎上面のリブに生ずる応力を測定したがその大きさは

$$\frac{\sigma}{W} = 3 \times 10^{-2} \text{ (kg/mm}^2\text{/t)}$$

程度で零とみなしてさしつかえない。

(B) 脚部

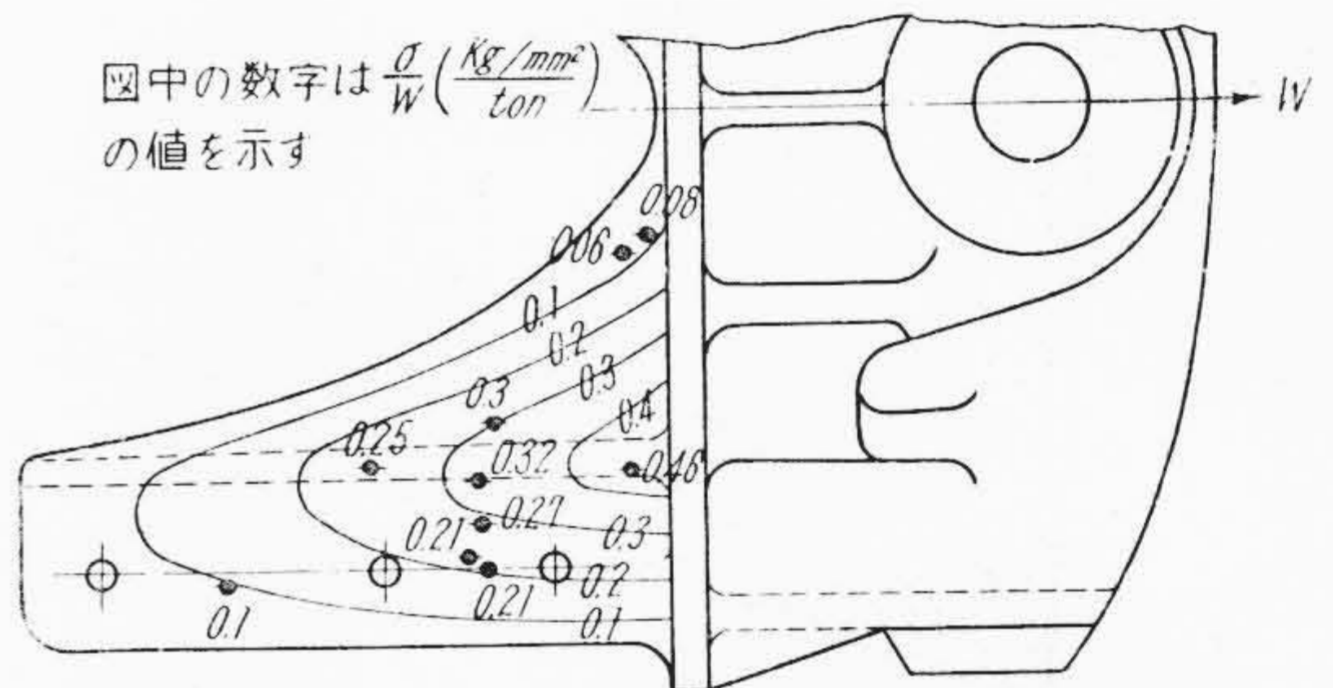
センターバッハの脚部における引張荷重方向の応力の割合 σ/W (kg/mm²/t) の測定値を図示すると第29図のごとくなり, その分布はほぼ図の曲線のようになる。脚部における最大応力はその付根に生じ

$$\frac{\sigma}{W} = 0.5 \text{ (kg/mm}^2\text{/t)}$$

で表わされる

(3) 実験結果およびその検討 (その2)
(高荷重の場合)

実際使用する場合にセンターバッハにかゝる荷重は

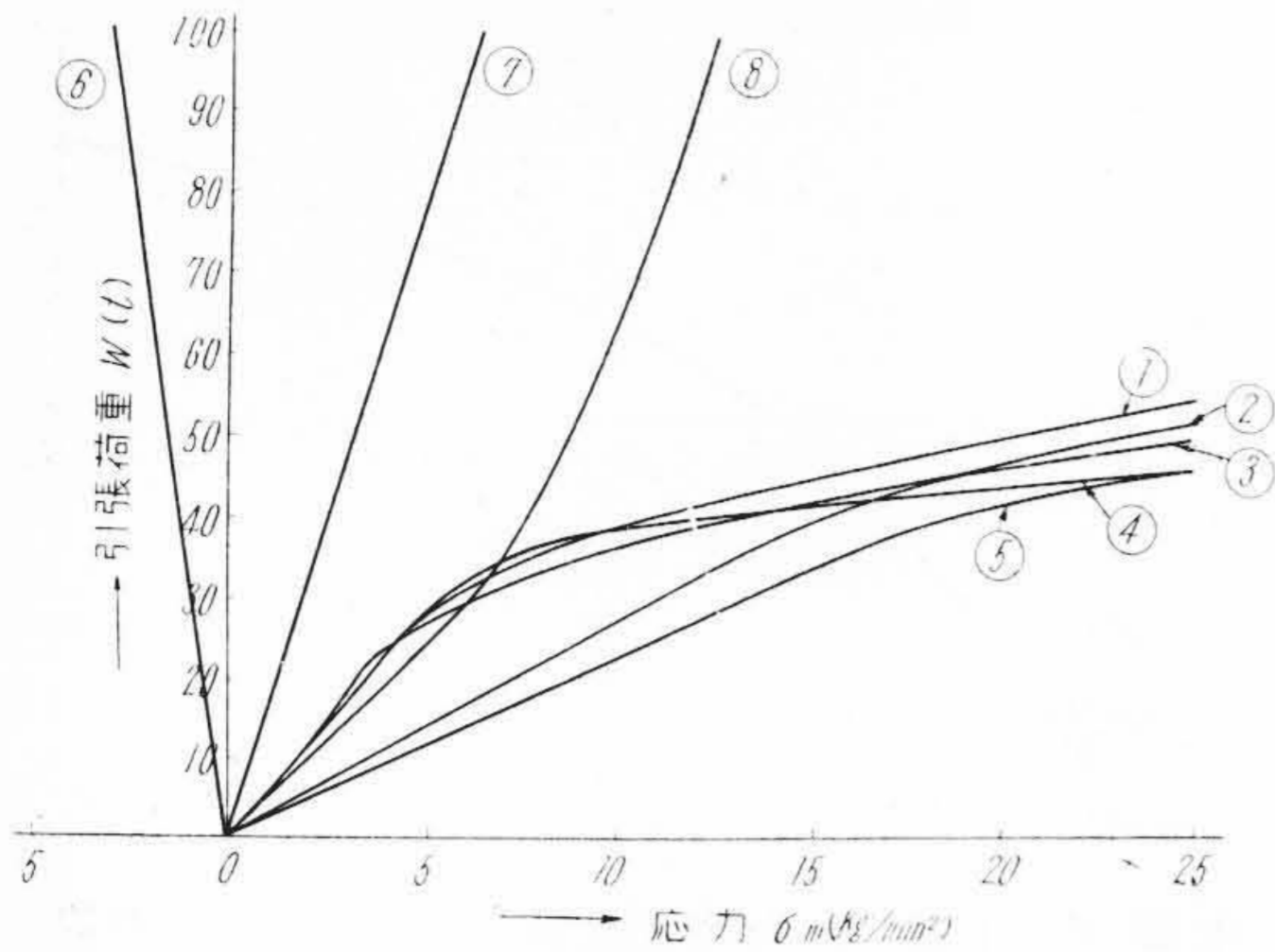


第29図 脚部における応力分布測定図
Fig. 29. Stress Distribution on the Foot of the Center Buffer

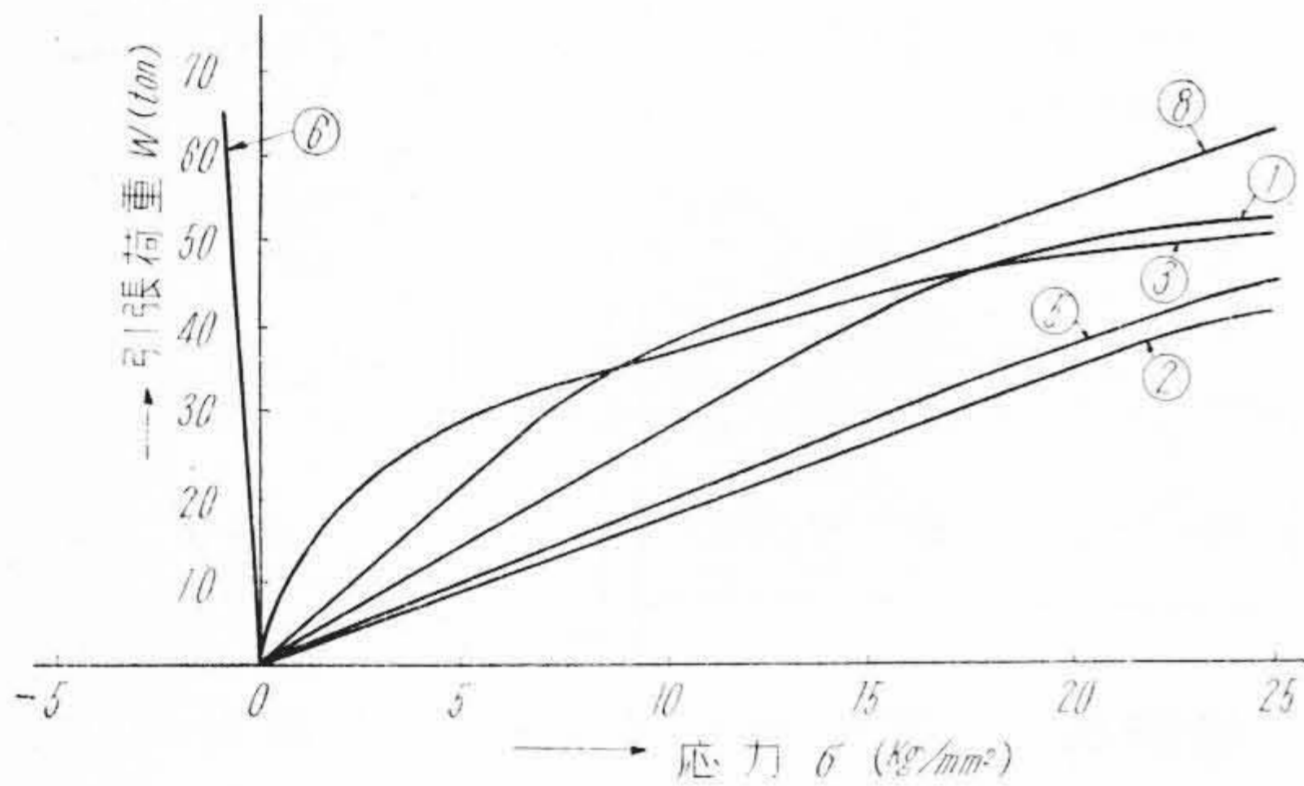
[II] および [IV] で述べるごとく 30 t 以上の高荷重は普通では起らないと考えられる。しかし JIS に高荷重による耐力試験が規定されているし, またバッハの最弱部の降伏荷重を求めることも必要なのでこの実験を行った。

脚部の異なる(第18図参照) D および E 実験の測定結果を第30図および第31図(次頁参照)に示す。この図よりバッハ各部のうちピン孔の前縁が最も弱く, 引張荷重 40 t で応力がほぼ降伏点 (23~25 kg/mm²) に達することがわかる。上顎の B-B 断面の下面である点 E-③のカーブの傾斜が急変しているのは前節で述べた上顎が上方へ曲げられる傾向が特に強く現われたためであると考えられる。

脚部の測定点⑧は D 実験では引張荷重 100 t に対して降伏点以下であるのに, E 実験では 65 t で降伏点を越す。これは脚部の形の相違によるもので第18図のごとく A 型の方がモーメントの腕が長い上断面係数も B 型に較べ小さいのでこのような結果が生じたのであろう。



第 30 図 D 実験測定結果
Fig. 30. Relation between Stress and Pull Load on D Experiment



第 31 図 E 実験測定結果
Fig. 31. Relation between Stress and Pull Load on E Experiment

[IV] 結 言

以上で従来不明であつた鉦車連結用センターバッカーにかゝる力およびそれによつて生ずる応力の大きさについて実験をもとにして検討を行つたがこれらをまとめるとつぎのようになる。

(A) 斜坑運行時に連結器に加わる引張荷重

- (a) すらせのような特別な場合を除いて、斜坑で連結器にかゝる荷重の平均値は走行抵抗係数を 0.02 にとれば大体計算値と一致する。たゞしこのことは鉦車の走行抵抗が 0.02 であるという意味ではない。
- (b) 巻上と巻卸では引張荷重大差はない。走行抵抗の方向が逆になることから考えられる程度である。
- (c) 出発、停止時の加速度は普通の操車条件では問題にする必要はない。
- (d) 引張荷重の最大値は軌道に特別な障害のない限り最大傾斜において計算される静荷重の 1.5 倍と見ればよい。
- (e) 今回の測定では障害によると考えられる荷重が静荷重の 2 倍であつた。
- (f) 荷重の変動のしかたは微小振動（今回の実験では最大振幅 1.2t）を含んだうねりであることを考慮して連結器の強度を考える必要がある。

(B) センターバッカーに生ずる応力

- (a) センターバッカー中で最大応力の生ずる点はピン孔前縁である。この部分の最大応力は [III]-(2) で述べた方法によつて求めることができる。
- (b) 上顎の B-B 断面も同様の考え方にしたがつて

第 6 表 現在使用されておる数種のセンターバッカーに生ずる最大応力

Table 6. Maximum Stress for Some Existing Center Buffers

容 量 (m ³)	日立製作所 戸畑工場 図面番号	使 用 条 件			平均引張荷重 (t)	最大引張荷重 (t)	最 大 応 力		
		鉦車重量 (kg)	牽引台数 (台)	軌道最大傾斜 (度)			断 面	σ/W (kg/mm ² /t)	最大引張荷重に対 する (kg/mm ²)
0.8	2C-7525	1,200	10	20	4.10	6.15	上 顎 A-A	0.254	1.56
							上 顎 B-B	2×0.211	2.60
							下 顎 A-A	0.245	2.79
1.0	2C-7535	1,400	10	20	4.79	7.19	上 顎 A-A	0.178	1.28
							上 顎 B-B	2×0.191	2.74
							下 顎 A-A	0.434	3.12
1.3	2C-7564	1,800	10	20	6.16	9.24	上 顎 A-A	0.324	2.99
							上 顎 B-B	2×0.194	3.58
							下 顎 A-A	0.440	4.06
2.0	2C-5692	2,500	10	20	8.55	12.80	上 顎 A-A	0.511	6.54
							上 顎 B-B	2×0.220	5.63
							下 顎 A-A	0.553	7.08

計算し、上向きの曲げを考慮して求めた応力の2倍を最大応力とすればよい。

(c) 脚部に生ずる応力はピン孔前縁におけるものより小さいと考えられる。

(d) 今回の実験では40tでピン孔前縁が降伏点に達した。

(e) 脚部の型はB型に較べA型の方が弱い。ただし実際使用する低荷重の場合には両型の差は強度上問題ない。

(2) 各種センターバッチャーにおける最大応力

以上の結論を用い普通使用されている数種のセンターバッチャーについてその使用条件を仮定して最大引張荷重

およびピン孔周辺各部の最大応力を求めると第6表のごとくなる。

最後にこの実験を行うことを許されかつ御協力を頂いた明治鉤業株式会社赤池鉤業所, 引張試験に御援助を頂いた東京製鋼株式会社小倉工場, 三菱造船株式会社長崎造船所の各位, および終始御指導御援助を頂いた九州工業大学井上助教授, 赤池鉤業所柴田課長, 河野課員, 日立製作所山本前戸畑工場長, 有賀工場員, 三原課長外多くの人々に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) S. Timoshenko: Strength of Materials Part II Chapter II

“Hitachi Review”

綴込みカバー新発売

特価 1組 ¥250 (郵送料共)

皆様の御希望によりまして作成中でありました“Hitachi Review”綴込用カバーが写真で御覧の通り美麗堅牢なものができ上がりましたので今回新発売致します。

装禎は上品なグレーの上製クロス金文字入り表紙で新案止金具で簡単に綴込みできます。



振替口座 東京 71824

日立評論社

電話 0111, 0211, 0311
千代田(27) 1111, 1211, 1311

東京都千代田区丸の内1丁目4番地(新丸ビル7階)

Vol. 15 日立造船技報 No. 3

- | | | |
|--|----------------|--|
| ◎Si-Mn-Cr系耐熱鑄鉄の研究(第2報)..... | 日立造船株式会社・技術研究所 | 渡 辺 精 三 |
| ◎冷凍船宮島丸冷凍機械室の艤装について..... | 日立造船株式会社・因島工場 | 伊 川 勝 三 |
| ◎大形鋼塊の砂きずに対する研究(第1報)
——大形砂きずの生因に対する検討—— | 日立造船株式会社・築港工場 | 吉 田 栖 野 三 郎
吉 大 松 宏 三 郎
大 加 饒 譽 長 益 禎 三
松 安 齋 苗 連 宏
加 饒 安 齋 植 保 田
饒 安 齋 植 保 田 |
| ◎超硬バイトのチップブレーカについて..... | 日立造船株式会社・桜島工場 | |
| ◎圧力容器のエキスパンション部の研究..... | 日立造船株式会社 | 設 計 部
技 術 研 究 所 |
| ◎全熔接製大形タンクの製作について..... | 日立造船株式会社・神奈川工場 | 神 奈 川 工 場 |
| ◎特殊塗料の性能試験..... | 日立造船株式会社・技術研究所 | 技 術 研 究 所 |

本誌につきましても御照会は下記発行所へ御願致します。

発行所

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町60

Vol. 37 日 立 評 論 No. 1

“昭和 29 年度における日立技術の成果”

— 新年特集増大号 —

本誌の新年号は、毎年「総まくり号」として広く愛読者諸兄より多大の御好評を賜つていますが、1955年度の新年特集増大号 (Vol. 37 No. 1) も恒例により全巻文字通り

“昭和 29 年度における日立技術の成果”

を日立製作所全工場、研究所の技術陣を総動員して収録、本文 400 余頁、写真図面 1,000 余枚におよぶ『日立技術年鑑』1955 年度版であります。

内容は下記目次の通りの機種分類で明確、平易に記述された日立製作所の技術年鑑であり、さらに愛読者に便宜のため用途別機種索引を添付致しました。

何卒引つゞき御愛読を頂きたく、その発行日を御期待願います。(発行予定 12 月 25 日)

なお、本年度も愛読者諸兄へのサービスとして、普通号と同じく特価 ¥100 にて頒布致します。また特に本号のみ御希望の方にも特価にて分売に応じますから、御遠慮なく御予約御申込み下さい。

◇ 目 次 ◇

[I]	原 動 機	[XIV]	運搬荷役機械およびエレベータ
[II]	回転電気機器	[XV]	建 設 機 械
[III]	静止電気機器	[XVI]	鉱山用機械
[IV]	配電盤および器具	[XVII]	化 学 装 置
[V]	制 御 装 置	[XVIII]	冷房および冷凍装置
[VI]	計器および継電器	[XIX]	理化学機械および X 線装置
[VII]	家庭用電気機器	[XX]	工作機および工作用電気機械
[VIII]	電装品および自動車用品	[XXI]	印刷機およびその他の機械
[IX]	通 信 装 置	[XXII]	鉄 道 車 輜
[X]	電 子 管	[XXIII]	電 線
[XI]	照明球および器具	[XXIV]	絶縁材料および炭素製品
[XII]	圧縮機、送風機およびポンプ	[XXV]	鉄 鋼 製 品
[XIII]	圧縮機およびロール	附	用途別機種索引

東京都千代田区丸の内 1ノ4
(新丸の内ビルディング 7 階)

日 立 評 論 社

新年特集増大号誌代特価
1 冊 ¥100 円 28
(振替口座 東京 71824 番)