室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

二ウマチツク・ハンマ・ピックの性能：ピストン・ストロークの研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大學 公開日: 2014-05-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 前野, 良久 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/2976

ニウマチツク・ハンマ・ピツクの性能
ピストン・ストロークの研究

前野良久

Characteristics of Pneumatic-Hammerpic
An Investigation on Piston Stroke

Yoshihisa Maeno

Abstract

This Paper is a statement of the results of the investigator's own experiment made on the piston stroke of CA-7 Type pneumatic-hammerpick which is iufluenced by such things as the compressed air pressure, the strength of various springs, and the primary pressure of the spring of the testing machine.

The steel rod, which is fast attached to the piston, has the same motion as the piston stroke. Therefore the end of the steel rod was reciprocated out of the hammerpick body, of which motion the investigator took a photograph. At the same time he made a searching inquiry into the body-swing of the pick itself

I 緒　　言

本研究は筆者が日本鑛業會誌，第 56 卷，662 號，312 頁に發表せる，ニウマチツク・ハンマ・ピツクの性能試驗機を用い，內地研究員として北海道大學に派遣せられたる折に行つたもので，1 台の CA一型機のピストン行程を詳細に測定せるものである。

周知の如く此種の空氣機械のピストンは何等の支えもなくシリンダ內で自由に往復運動をするものであるから，この運動を外部に取出すために，ピツクの性能に影響のないハンドル部を改造して實驗裝置を取付け，ピストンに打棒を付けてこの動きを調べてみたものである。

空氣壓力は 2.0～6.0 瓩每平方糎ゲージの範圍において色々變え，壓着力（運轉休止の狀態で，ビツトが打擊スプリングを押す力）と打擊スプリングも變えて，ピストン行程がどのように變化するかを研究した。

尙打棒を付けたゝめの影響は後述のように打擊曲線を比較する事により調べて見た。

II 實驗裝置及附屬裝置

第1圖に實驗裝置を示す。

第2圖においてピストンaの後部中心に固く捻じ込んだ細いニツケル鋼打棒(硬度,强さ材質等不明) b の先端に取付けられた c なる豆ランプはピストンと全く等しい往復運動を行い，ピストン行程線圖 S を畫く。

空氣の漏洩と機械的摩擦損失を防ぐために打棒と裝置の接觸部にグリースを塡充せる小室 d を設けた。

又機體の一部にも同樣の豆ランプによる光源 e を取付け，前者即ちピストンの往復運動と同時撮映して f 曲線を得，機體の振動による影響を後で補正した。

次に g なる固定細孔から出る光を毎秒 50 サイクルの音叉振動計を用いて斷續せしめ，時間記錄 i を採り，この S, f, i, の三者からピストンの行程一時間線圖を連續的に求める事が出來た。

なお本實驗は暗室內において行い，光源はいずれも小箱に收められたる 8V の豆電球に規定以上の電壓 (12V～24V) を加えて白光を生ぜしめ，小箱に細孔を穿つて，この光をキヤビネ型寫眞機を用い，オシログラフ用撮映ドラムによりオシログラフ用紙に撮映したものである。

III 實驗方法

「第1表」に示す實驗方式表により，空氣壓力を 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 瓩毎平方糎ゲージの9通りに變えて實驗を行つた。

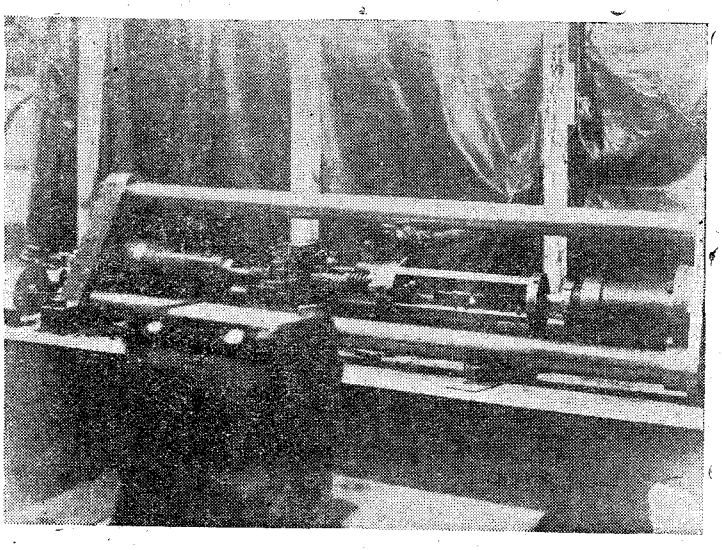
表中實驗番號 100A600 とあるのは壓着力 00 瓩，A スプリング使用，空氣壓力 6.00 瓩毎平方糎 G の意である。

本實驗に使用せるピストン重量は打棒共 0.670 瓩，打棒は 0.045 瓩，その直徑 7mm である。

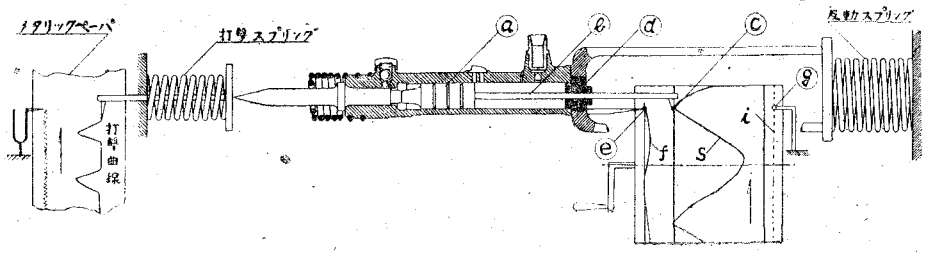
第1表 實驗方式表

項目＼方式		スプリングの種類及壓着力の變化							
打擊用スプリングの種類		A				C			
壓着力	スプリングの縮み mm	0		2		0		11	
	同上の縮みに對する力 (kg)	0		34		0		34	
ピストンロツドの有無		有	無	有	無	有	無	有	無
實驗番號		R10A	10A	R34A	34A	R10C	10C	R34C	34C

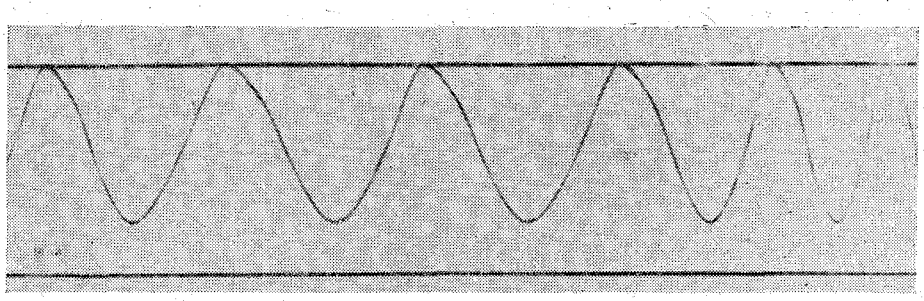
かゝる實驗において，測定裝置を取付けたために測定すべきピストンの運動狀態に變化を生ぜしめないようにする事は勿論大切であり，この點には十分の考慮を拂つたが，なお打棒と裝置間の摩擦抵抗や，空氣の漏洩，及隙間容積の變化もあるので之等の影響を調べるために從來のようにピツクの打擊力をスプリングの縮みによつて測定する打擊曲線を同時に畫かしめ，測定裝置を用いない場合の夫れと比較を行つた。その差は後述のように僅少であつた。かくして「第3圖」にその一例を示すピストン行程線圖から「第2表」に代表的8種類を表す如き測定結果を得た。



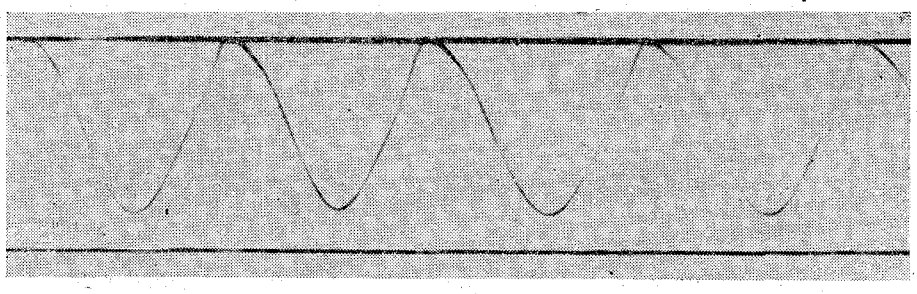
第1圖　實驗裝置
手前撮映裝置，　向つて左端より　記錄紙卷取裝置，
打擊スプリング，ピツク，ロツド及び反動スプリング



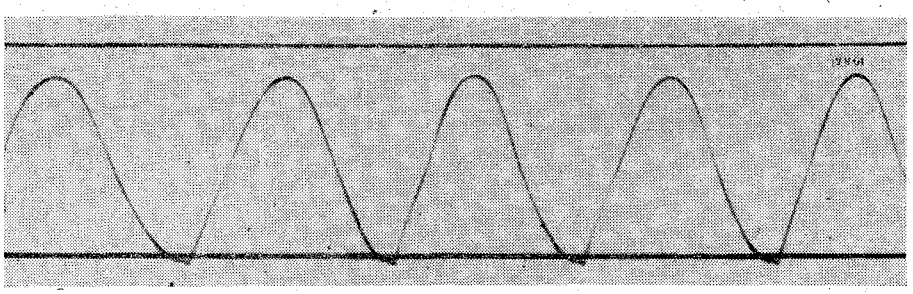
第2圖　實驗裝置說明圖



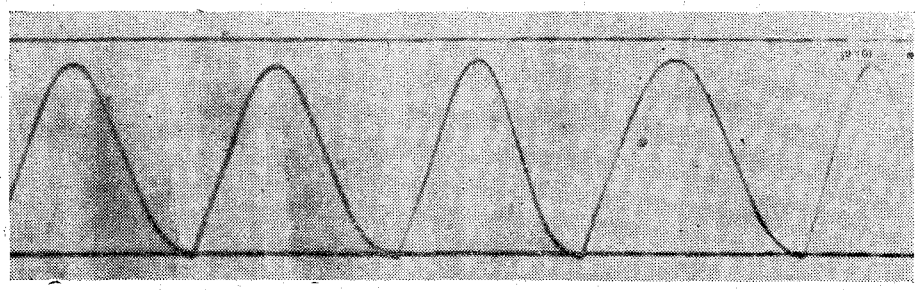
第3圖の1　壓着力 00瓩 スプリングA　空氣壓力 3.00瓩毎平方糎



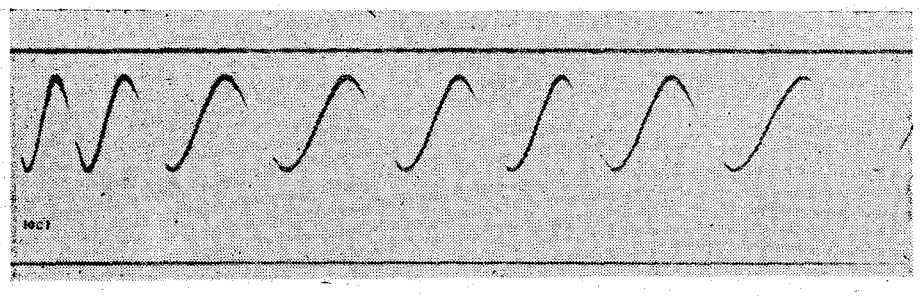
第3圖の3　壓着力 00瓩 スプリングA　空氣壓力 4.00瓩毎平方糎



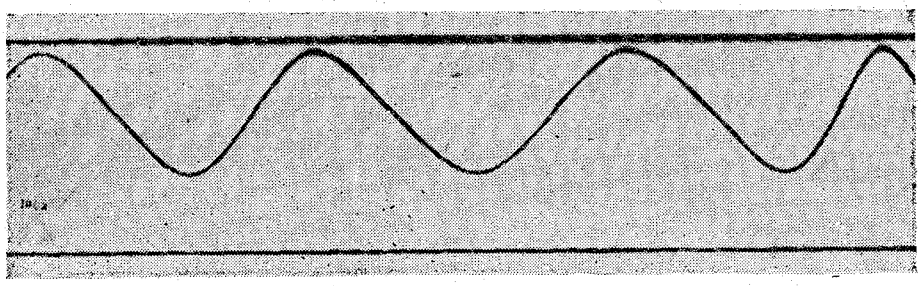
第3圖の3　壓着力 00瓩 スプリングA　空氣壓力 5.00瓩毎平方糎



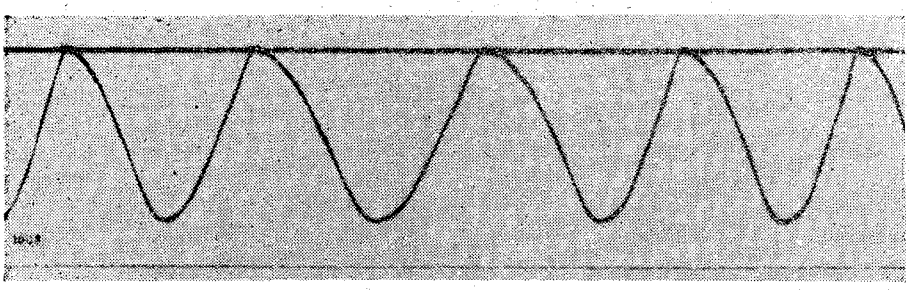
第3圖の4　壓着力 00瓩 スプリングA　空氣壓力 6.00瓩毎平方糎



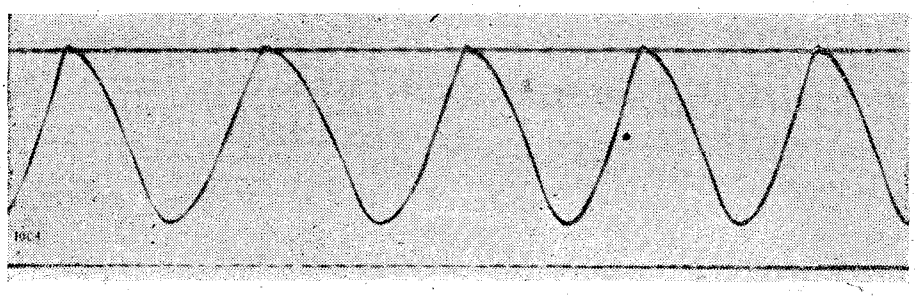
第3圖5の　壓着力00瓩　スプリングC　空氣壓力1瓩毎平方糎



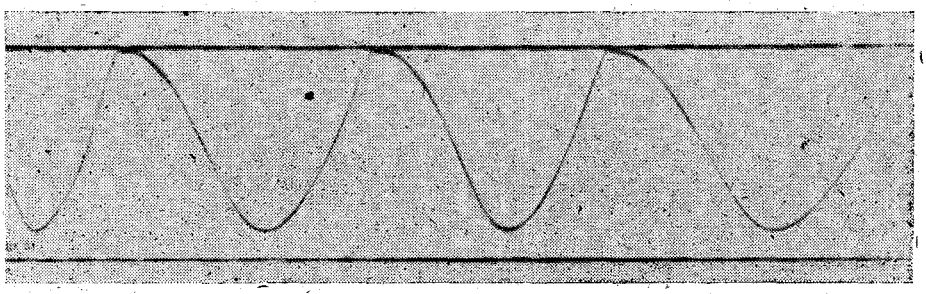
第3圖の6　壓着力00瓩　スプリングC　空氣壓力2.00瓩毎平方糎



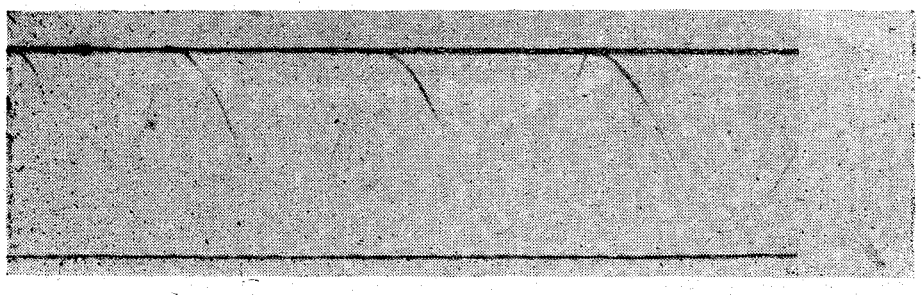
第3圖の7　壓着力00瓩　スプリングC　空氣壓力3.00瓩毎平方糎



第3圖の8　壓着力00瓩　スプリングC　空氣壓力4.00瓩毎平方糎



第3圖の9　壓着力 00瓩 スプリング C　空氣壓力 5.00瓩毎平方糎



第3圖の10　壓着力 00瓩 スプリング C　空氣壓力 6.00瓩毎平方糎

IV 實驗結果

測定値を空氣壓力の變化に從つて整理した結果第 4, 6, 8, 9, 10, 11 圖の線圖を得た。圖中實驗番號 10 A, 10 C, 34 A, 34 C の順に太い實線，太い破線，細い實線，細い破線をもつて表すこととした。

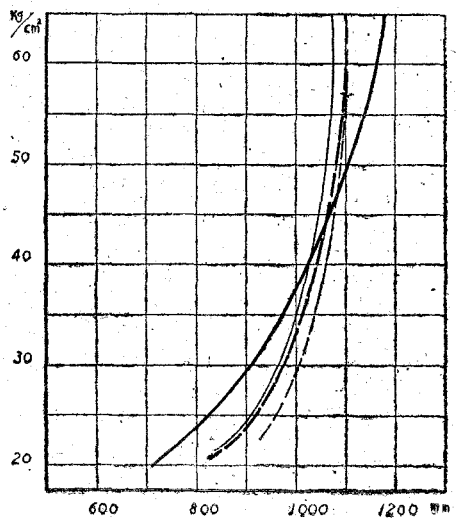
1. ピストン衝程の長さ

第4圖にピストン衝程線圖を示す。

ピストン衝程の長さはシリンダ内においてピストンの動き得る長さ S_0 (運動休止の狀態でピストンとシヤンクヘツドとが接觸する點迄の長さ)を表す。

$S_0 = 125$ mm であるが運轉時の衝程は之よりも小さく，大凡 70～115 粍程度の結果が出ている。

ピストンは大凡 2.0 瓩毎平方糎 G 前後においてシヤンクヘツドを叩き出すが，之以下の壓力の場合は第5圖のようにシヤンクを叩く迄

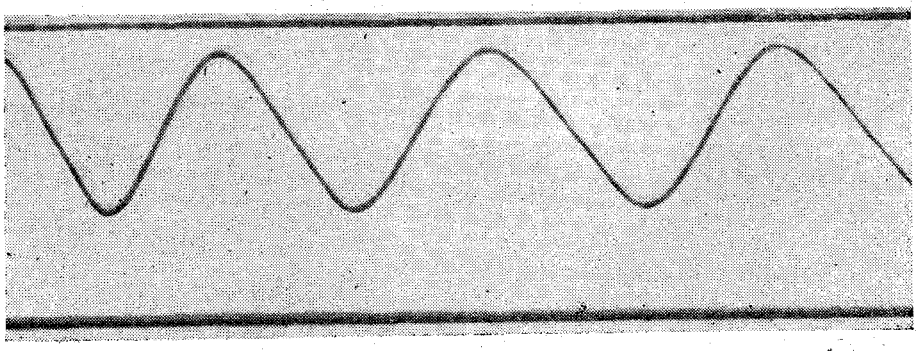


第4圖　ピストン衝程線圖

に至らず，シリンダの前部で前進後退共等速の往復運動を行う。

次に空氣壓力の上昇と共に衝程は次第に增加するけれ共，壓力 4.5 瓩毎平方糎以上になると次第にその度を減少して行く傾向が見られる。

又衝程の長さは被打擊物の種類や，壓着力にも影響されて複雜な狀況を示す。



第 5 圖

但し空氣壓力 4.5 瓩毎平方糎附近においては大略等しい値 107 粍程度を示している。

なお各衝程の長さを詳細に調べて見ると全く同じ條件で運動を繼續していても 1～5 % の相違があることを發見した。一例を擧げたれば 10A600 の場合 115, 114, 118, 117, 112, 113, 116 粍の如く僅かではあるが異つた値を示している。

2. 前 進 行 程

第 6 圖に前進速度線圖を示す。こゝで前進速度と稱するものは第 7 圖の

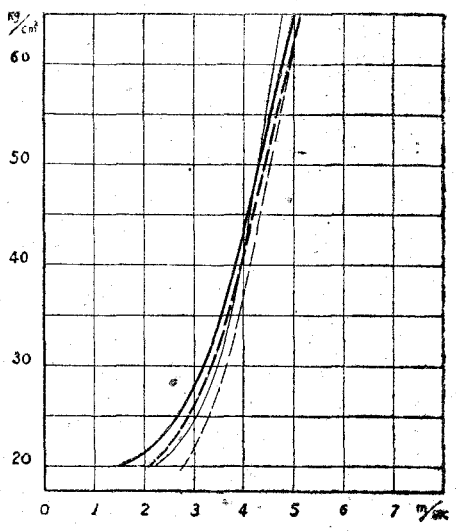
V_A 米毎秒 $= S/T_A$

を以て表すもので，ピストンの平均前進速度ともいうべきものである。

ピストンがシヤンクを叩き出す時の V_A は壓着力やスプリングの種類によつて相違はあるが，大凡 2.3 米毎秒位，即ち壓力 2.0～2.5 瓩毎平方糎 G 程度である。

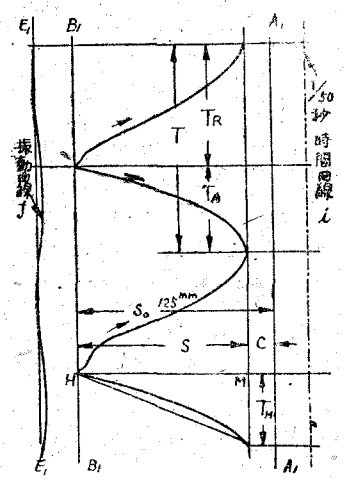
V_A は空氣壓力に比例して次第に大となり 4.5 米毎秒即ち壓力 5 瓩毎平方糎 G 附近以上になると增加の度は次第に減少して行く傾向が認められる。

特に注目すべき現象は前進行程の始めに次第に加速せられて行つたピストンが行程の半に



第 6 圖 前進速度線圖

達すると一樣に等速運動，もしくは減速運動をするような傾向を示すことである。



第 7 圖

この事はピストンがシヤンクヘツドを叩く前にシリンダ内に殘つている空氣を壓縮し，このために餘分のエネルギを消費し，ピストンの前進速度の增加を防げるのではなかろうかと考えられる。

空氣壓力 6.0 瓩毎平方糎 G においてはスプリングの種類や壓着力の大小に餘り影響がないように見えるのは面白い現象である。

3. 後　退　行　程

第 7 圖において

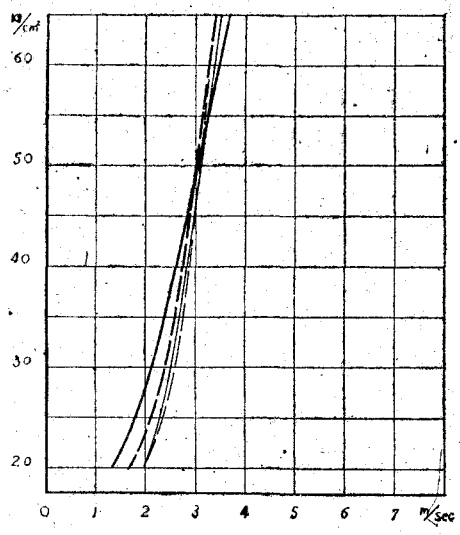
$$V_R = S / T_R \quad \text{米毎秒}$$

この V_R を後退速度といい線圖に示せるものが第 8 圖である。

ピストンは前進行程の終りにシヤンクヘツドを叩いて速度零の狀態になると今度は逆方向に運動を始め，所謂後退行程に移る。

この行程においても漸次加速せられ，行程の終りに達すると排氣による前部シリンダ内空氣壓力の急激な減少と後部シリンダ内の空氣を壓縮するエヤクツションとにより，急速且滑らかなる行程線圖を畫きつゝ次の前進行程に移る。

空氣壓力 2.0, 4.0, 6.0 瓩毎平方糎 G の時の平均後退速度 V_R は夫々 2.0, 3.0 3.5 米毎秒であつて，圖に明かなる通り 4,0 瓩毎平方糎 G 以上になると後退速度の增加は著るしく減少し，之も前進行程と同樣に高壓の時程壓着力やスプリングの種類に，影響されない傾向を示している。



第 8 圖　後退速度線圖

4. 打擊速度並打擊エネルギ

第 7 圖において H 點はピストンがシヤンクヘツドを叩いた瞬間を示すものとし，H點における行程曲線に對する切線と時間曲線との交點を L とし，H' より時間曲線に下した垂線の脚を M' とすれば

$$HM' \text{ 粍} / L'M' \text{ 秒} = HM / LM$$

$= S/T_H$

$= V_H$ (米毎秒)

この V_H が H 點におけるピストンの速度即ち本打擊時にピストンの持つ速度を表すこととなる (但しカメラドラムが等回速轉をしていない時は時間曲線も一樣でなくなるため，點 M における時間曲線を對照して T_H 即ち LM 粍に相當する時間を補正する必要がある)。

斯くして打擊速度線圖第 9 圖を得た。

次に打擊時にピストンの持つエネルギは $1/2\ M\ V_H^2$ である。(米瓩)

但し　V_H:　打擊速度　　米毎秒

$M_K = W_K / G.$

此處に W_K:　ピストン重量 (瓩)

G:　重力の加速度 (米毎秒毎秒)

よつて

$1/2\ M_K\ V_H^2 = 0.3418\ V_H^2$

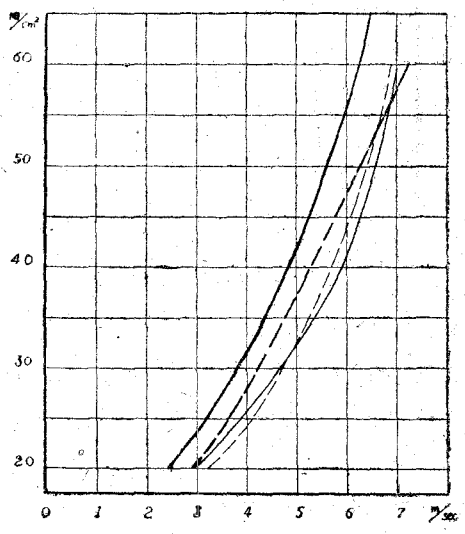
打擊時における前進並後退に要した時間の和を T 秒とすれば T は 1 打擊の所要時間で，

$$T = T_A + T_K \quad (秒)$$

で表される。之より一分間の換算打擊數を計算すると

$$N = 60/(T_A + T_K)$$

$$= 60 \times 1/T \quad (1/分)$$



第 9 圖　打擊速度線圖

よつて1分間のピストン打擊エネルギ米瓩毎分は

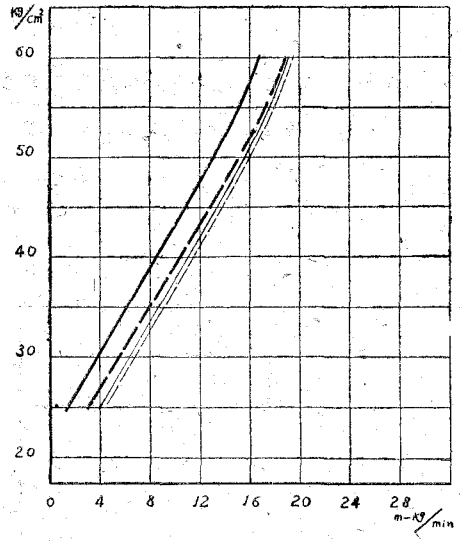
$$L = 0.3418\ V_H^2 \times N$$

この L は本打擊時の ピストンの持つエルネギを 1 分間の打擊エネルギ (打擊力ともいう) として表したもので，連續 1 分間運轉せる時の實打擊力の總和とは異つたものである。

斯くしてピストン打擊力線圖第 10 圖を得た。

打擊速度線圖第 9 圖を見ると打擊速度はいずれも空氣壓力と共に增大し，大凡實驗番號 10A, 10C, 34A, 34C の順にその値を增して行くようである。又その大きさの割合も同樣で唯 10C のみが 5.50 瓩毎平方糎 G 以上になつても增加の度を減少せず，直線的にその値を增して行く傾向を示している。

2,50 瓩毎平方糎 G において 10A, 10C, 34A, 34C の順に 3.20, 3.50, 3.75, 4.00 米毎秒，同樣に 4.5 瓩毎平方糎 G において 5.30, 5.75, 6.00, 6.25 米毎秒；6.00 瓩毎平方糎 G では 6.55, 7.20, 6.90, 7.05 米毎秒なる値を示している。



第 10 圖　ピストン打擊力線圖

第 10 圖のピストン打擊力線圖を見ると曲線が空氣壓力によつて打擊速度と殆んど同樣の傾向を持つていることが良く解る。しかもその大きさの割合は前者よりも判然としていて，4 本の線圖が殆んど平行しているといつても差支えなく，壓力 5.0 瓩毎平方糎 G 迄は直線的にその値を增し，之以上では急激に增加の度を減少している。

いずれにせよ被打擊物なるスプリングの强弱よりはむしろ壓着力の大小に影響せられている。それで壓着力を大にすればピストン打擊エネルギも之に比例して增大する。

この事を現場にあてはめて，强弱 2 種のスプリングの代りに硬軟兩種の石炭を扱うものと考えて見る事が許されるならば，空氣空壓力の一定なる場合硬い石炭に對しては壓着力を與えない時に打擊エネルギは最も小さく，反對に軟い石炭に强い壓着力を與えて使用する時には最大の効果を發揮するものと想像させられる。

5. 隙間容積

第 7 圖において振動曲線 f の幅を C_f とし，C をシリンダ後端からピストンの最も戻つた點迄の間隔とすれば隙間容積 C_0% は

$$C_0 = C \pm C_f / S_0$$

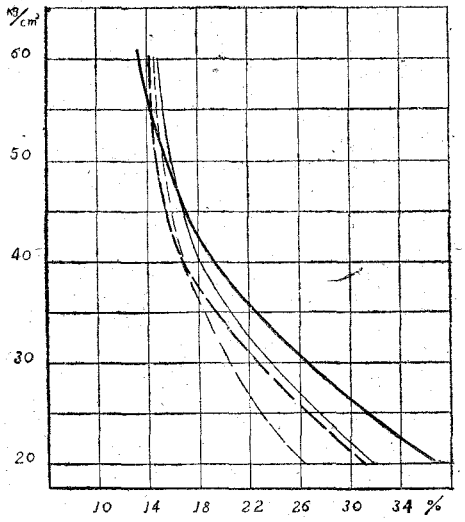
こゝに C_0 は便宜上隙間容積と稱するもので，ピストンが後退し得る限度の A_1A_1 線と實際の後退線 AA 迄の距離 C を線圖上で求め又運轉休止時にピストンが動き得る最大行程距離 $S_0 = 125$ 粍としたもので，機體の振動により線圖に表れた衝程の長さは C_f だけ加減して補正する。

然し嚴密にいえばピストンが假りに A_1A_1 迄後退してもシリンダとピストン間にはなお相當の隙間があり，又空氣の通路等による隙間もあるので本當の意味の隙間容積とはいえない。

なおピストンは B_1B_1 線に到達した後もなお前進を續ける場合が多いので，運轉時にピストンの動き得る最大行程距離は S_0 よりも大きくなる筈である。さてこの隙間容積は空氣壓力の增加に反比例してその値を減じて，大凡ピストン衝程と逆の値をとる。之を線圖に表したものが第 11 圖である。

壓力 4.0 瓩毎平方糎 G 迄は強いスプリングを叩いた時の方が弱い B スプリングの時より大きい値を取り且壓着力の小さい時程大きいという現象を示している。然し 5.0 瓩毎平方糎 G 以上になると殆んど壓着力にもスプリングの種類にも影響されないで 5.0 瓩毎平方糎では5～15%, 6.0瓩毎平方糎 G ではいずれも 14.5 %前後を示している。

今 10 A について調べて見ると壓力 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00 瓩毎平方糎 G の順に 36.5, 26.5, 19.5, 16.0, 14.0% となつている。



第 11 圖　隙間容積線圖

6. 機體の振動

第7圖の振動曲線 f より機體の振動を求めそれによつてピストン行程曲線 S を補正した。機體の振動は前掲の第3圖に見る如く空氣壓力に比例して增加する。

その有様を調べてみると，ピストンが前進行程を始める際機體はその反動によつて後方に移動する。

機體の最も後方に移動した時にはピストン前進行程の $^2/_3$ を終れる頃である。然し空氣壓力，スプリングの種類，壓着力等によつて多少の相違はある。

この頃から機體は前方に移動を始め A スプリングにおいては速く，C スプリングにおいては割合緩かに前進する。

斯くしてピストン後退行程の $^2/_3$ を終れる頃に最も前方に移動している。

又機體は多くの場合靜止時の位置より前進することは稀である。

次に機體がピストンの前進と共に前進することは望ましいことではあるけれ共，實際の場合はこの逆の現象が認められ且弱いスプリングの場合程この現象は著るしいようである。

7. 裝置の有無による影響

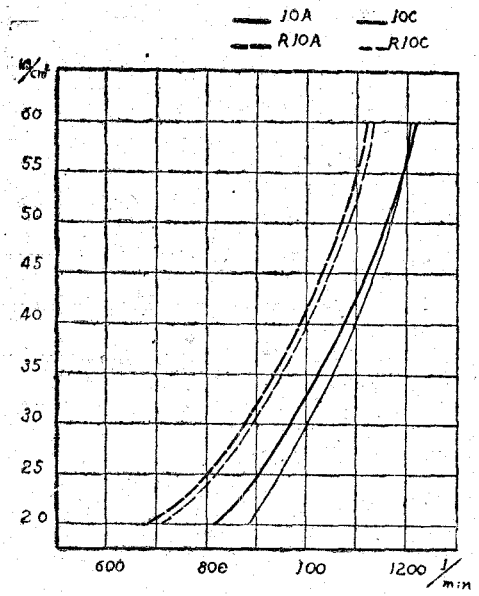
ピストンにロツドを付けたための影響を調べる爲にメタリツク・ペーパに打擊曲線を畫かせ，その結果を比較した。

ロツド付のものには記號 "R" を付けて裝置の無い時と區別すると，R ピストンはその重量

$$W_R = 0.670 \text{ 瓩}$$

であり，ロツド無しのものはその重量

$$W = 0.625 \text{ 瓩}$$



第 12 圖　打擊數線圖
(壓着力零なる時の比較試驗)

である。

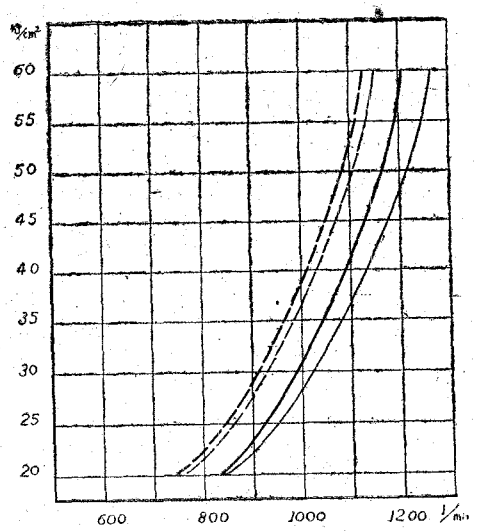
空氣壓力は 2.0 瓩毎平方糎 G より 6.0 瓩毎平方糎 G 迄 0.5 瓩毎平方糎宛 9 通りに變化させてその各々について R10A, R34A, R10C, R34C, ロッド (打棒ともいう) なしの時の 10 A, 34A, 10C, 34C を實驗した。

以上の比較實驗の結果第 12, 13, 14, 15, 16, 17 圖の線圖を得た。

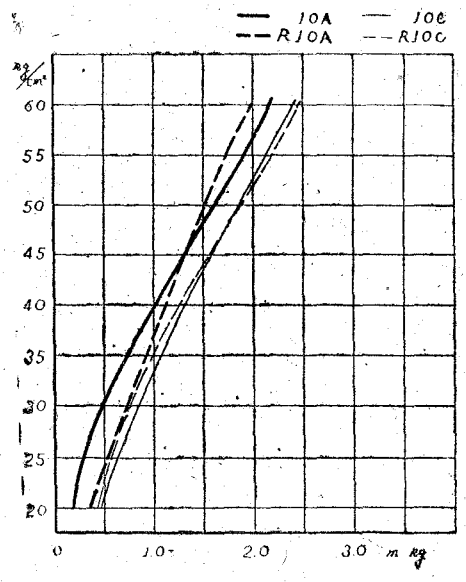
打擊數はいずれも 5～10% の減少を見せ空氣壓力の增加と共に幾分その度を强めていることは當然であろう。

1 打擊の山の高さより算出した 1 打擊の仕事量線圖は前者と逆にロッド付の方がその値大きく，R10A を除きいずれも壓力の上昇と共にその割合も大きくなつているが，全般的に見るとその差は 5% 以內である。

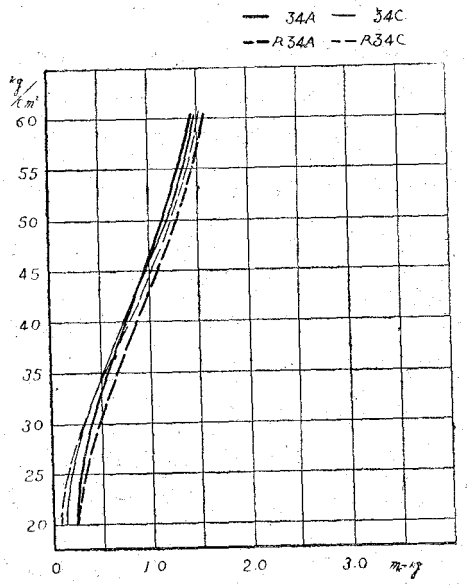
次に 1 分間の仕事量線圖を見るとロッド付は稍々大きく，空氣壓力には餘り影響されな



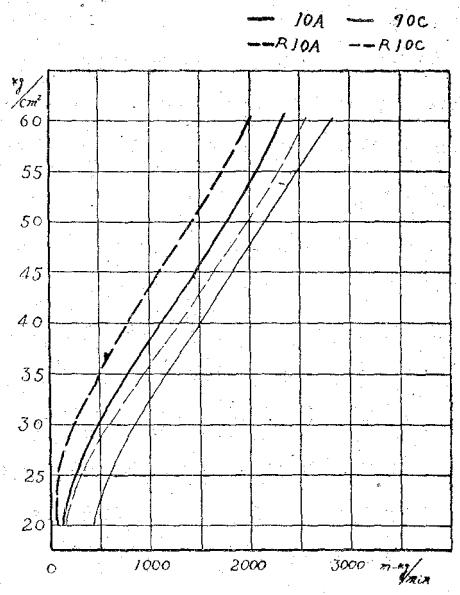
第 13 圖　打擊數線圖
(壓着力 34瓩なる時の比較試驗)



第 14 圖　仕事量線圖



第 15 圖　1 打擊の仕事量線圖

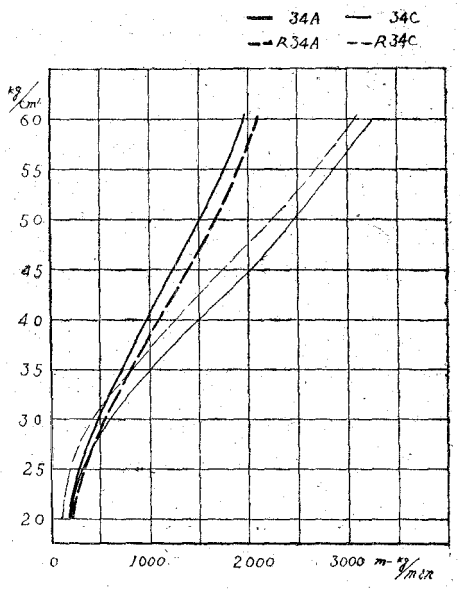


第 16 圖　1 分間の仕事量線圖

いという興味のある結果を示していてその差は僅かに 0～10% である。

それで總體として考えてみると，隙間容積はロツドを付けたゝめに約 2% 少くなるし，空氣消費量も多少增加するようであるけれ共，最も考慮せねばならぬのはロツドと裝置間の機械的摩擦による影響ではないかと推察せられる。この點裝置に改良すべき餘地もあるわけで目下研究中である。

以上の如く裝置の有無による影響は概して僅少であり，且ピツクの性能を決定すべき資料の傾向には差支えないという結果を得た。



第 17 圖　1 分間の仕事量線圖

V　實驗結果の檢討

以上の結果を見ると，ピストンの衝程曲線は，機體の振動による補正を行うため，寫眞 3 圖に示すものとは幾分異つた曲線となる。

又ピストン衝程の不規則變化の原因は，シリンダ內空氣壓力の變動と，不完全な空氣辨の作用によるため生ずるものと，機體の振動に起因する打擊時の狀態變化とを考えることが

出來る。

前進速度についていえば，打撃時即ちシヤンク・ヘツドを叩く瞬間にピストンは最大速度であることが望ましいので，この點についてピツクの構造上何等かの工夫があつても良いと思はれる。例えばシリンダ前部のエヤ・クツションを除くためにシリンダから直接外部に通ずる二箇の小孔(排氣)の大きさや位置をもうすこし變化せしめたなら如何であろうか，又ピストン前部の形狀を變えてやると前部隙間容積も變化するから之によつて最も効率の良い空氣壓力の時にシヤンク頭を叩くように工夫すること等も考えられる。次に機體の振動は避け得られないものであるから，その振動を利用してピツクの打撃力增大を計ることが得策であろう。

それにはピストンの前進行程の終りに鑽頭を打撃する際，機體も共に前進して鑽の運動を助けるように出來れば理想的である。

機體の振動に費されるエネルギは相當大きいものでハンマ・ピツクの重量 9.65 瓩 とすれば 10A 600 の時には毎分 224 米瓩程となる。之をピツクの打撃力毎分 2000 米瓩に比べると11% 程であり，實際には之より餘程大きくなると想像せられるので，この點何等かの考案がありそうに思われる。

次にロツドの有無による影響を調べて判つた事であるが，1 分間の仕事量即ちピツクの出力はロツド付の重いピストンの方が大きいという結果が出ている。

それで重いピストンを用いれば出力を相當上げ得るのではなかろうかと考えられる。よつて直徑の幾分大きいピストンを作り，現場シリンダの磨耗から廢却せられたピツクの更生を計るのも一案であろうと思う

VI 結　　言

本實驗は文部省科學研究費並に日本學術振興會の援助費によつて行つたものである。實驗はその一歩を踏み出した狀態で，現在引續き行つているものであるから目下の結果のみをもつてしては不明なる點も多々あり，將來を期している次第である。

今後更に各種のピツクについても實驗を行い，又進んではシリンダ內の空氣壓力の測定も研究し，ピツクの性能を十分研究したいと考えている。

最後に本實驗について御指導並に御鞭達を賜つた北海道大學教授阿部與博士，又終始熱心に御協力下さつた同鑛山機械研究室の皆樣に深甚の感謝の意を表する次第である。

(昭和24年11月5日受付)

第 2 表 の 1

R 10 C 300

	記	錄	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10C 3001	R10C 3002	R10C 3003	R10C 3004	R10C 3005	R10C 3006	R10C 3007	R10C 30
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
3		ゲージ壓 Kg/cm²	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
4		大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	15.0	15.0	15.0	15.0	15,0	15.0	15.0	15.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7		縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打擊曲線	打擊數毎分 1/min	870	860	870					867
9		山の高さ mm	14.5	14.3	14.4					14.4
10		1 打擊の仕事量 m-Kg	0.81	0.79	0.80					0.8
11		1 分間の仕事量 m-Kg/min	703	680	695					693
12		ピストン衝程 mm	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	101.0	100.0	
13	前進	所要時間 Sec	0.0314	0.0311	0.0312	0.0320	0.0300	0.0320	0.0323	
14		速度 m/Sec	2.25	3.28	3.26	3.18	3.40	3.16	3.10	
15	後退	所要時間 Sec	0.0325	0.0381	0.0386	0.0368	0.0387	0.0374	0.0395	
16		速度 m/Sec	3.14	2.67	2.64	2.77	2.64	2.70	2.54	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0639	0.0692	0.0698	0.0688	0.0687	0.0694	0.0718	
18		換算打擊數 /min	939	866	860	872	873	865	836	
19	衝擊	換算距離 "S" mm	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	101.0	98.8	
20		換算時間 "T_H" Sec	0.0254	0.0237	0.0250	0.0248	0.0250	0.0240	0.0239	
21		速度 m/Sec	4.02	4.30	4.08	4.11	4.08	4.20	4.13	
22		衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	0.552	0.636	0.570	0.581	0.570	0.601	0.587	
23		1分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	520	550	490	506	498	520	491	
24		隙間の長さ mm	25.0	27.5	27.5	27.5	25.0	25.0	25.0	
25		隙間容積 %	20.0	22.0	22.0	22.0	20.0	20.0	20.0	
26		機体振動の幅 mm	1.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.00	1.25	

第2表の2

R10C400

	記錄		I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10C 4001	R10C 4002	R10C 4003	R10C 4004	R10C 4005	R10C 4006	R10C 4007	R10C 40
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03
3	空氣壓力	ゲージ壓 Kg/cm²	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
4	空氣壓力	大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	15.0	5.0	15.0	15.0	15.9	15.0	15.0	15.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7	壓着力	縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打擊曲線	打擊數每分 1/min	1000	1000	1010					1003
9	打擊曲線	山の高さ mm	18.0	18.3	18.8					18.37
10	打擊曲線	1打擊の仕事量 m-Kg	1.22	1.26	1.33					1.27
11	打擊曲線	1分間の仕事量 m-Kg/min	1220	1260	1340					1273
12		ピストン衝程 mm	103.0	107.0	107.0	107.5	107.5	106.5	106.5	
13	前進	所要時間 Sec	0.0291	0.0270	0.0265	0.0272	0.0270	0.0278	0.0260	
14	前進	速度 m/Sec	3.54	3.96	4.03	3.96	3.98	3.84	4.10	
15	後退	所要時間 Sec	0.0379	0.0352	0.0356	0.0338	0.0327	0.0323	0.0326	
16	後退	速度 m/Sec	2.72	3.04	3.01	3.18	3.29	3.30	3.27	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0670	0.0622	0.0621	0.0610	0.0597	1.0601	0.0586	
18	一往復	換算打擊數 1/min	895	965	965	983	1005	1000	1023	
19	衝擊	換算距離 "S" mm	103.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.5	108.5	
20	衝擊	換算時間 "T" Sec	0.0200	0.0211	0.0213	0.0216	0.0200	0.0224	0.0205	
21	衝擊	速度 m/Sec	5.15	5.12	5.07	5.00	5.40	4.85	5.30	
22	衝擊	衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	0.906	0.900	0.880	0.855	1.000	0.805	0.965	
23	衝擊	1分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	811	868	850	841	1005	805	990	
24		隙間の長さ mm	22.5	20.0	20.0	21.2	21.2	20.0	20.0	
25		隙間容積 %	18.0	16.0	16.0	16.95	16.95	16.0	16.0	
29		機体振動の幅 mm	1.25	1.50	1.50	1.75	1.25	1.50	1.50	

第 2 表 の 3

R 10 C 500

	記	錄	I	II	III	VI	V	VI	XII	Mean
1		實驗番號	R10C 5001	R10C 5002	R10C 5003	R10C 5004	R10C 5005	R10C 5006	R10C 5007	R10C 50
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03
3		ゲージ壓 Kg/cm²	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4		大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7		縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打撃曲線	打撃數毎分 1/min	1070	1070	1070					1070
9		山の高さ mm	21.5	21.8	21.8					21.70
10		1 打撃の仕事量 m-Kg	1.80	1.85	1.85					1.833
11		1 分間の仕事量 m-Kg/min	1925	1980	1980					1962
12		ピストン衝程 mm	112.5	110.0	110.0	110.0	110.0	109.0	109.0	
13	前進	所要時間 Sec	0.0238	0.0235	0.0240	0.0240	0.0250	0.0232	0.0240	
14		速度 m/Sec	4.73	4.68	4.58	4.58	4.40	4.70	4.55	
15	後退	所要時間 Sec	0.0300	0.0345	0.0320	0.0321	0.0322	0.0328	0.0312	
16		速度 m/Sec	3.75	3.19	3.44	3.43	3.42	3.32	3.50	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0538	0.0580	0.0560	0.0561	0.0572	0.0560	0.0552	
18		換算打撃數 /min	1114	1034	1071	1069	1049	1072	1086	
19	衝撃	換算距離 "S" mm	110.0	108.5	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	
20		換算時間 "T_H" Sec	0.0175	0.0165	0.0170	0.0172	0.0180	0.0167	0.0180	
21		速度 m/Sec	6.30	6.58	6.47	6.40	6.11	6.60	6.11	
22		衝撃時にピストンの持つエネルギー m-Kg	1.36	1.48	1.44	1.40	1.28	1.49	1.28	
23		1 分間の衝撃エネルギー m-Kg/min	1515	1530	1542	1500	1345	1598	1392	
24		隙間の長き mm	18.7	20.0	19.5	17.5	17.5	18.7	18.7	
25		隙間容積 %	15.0	16.0	15.6	14.0	14.0	15.0	15.0	
26		機体振動の幅 mm	2.25	2.25	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	

第2表の4

R10C600

	記錄		I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10C 6001	R10C 6002	R10C 6003	R10C 6004	R10C 6005	R10C 6006	R10C 6007	R10C 60
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03
3		ゲージ壓 Kg/cm²	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
4		大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7		縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打擊曲線	打擊數毎分 1/min	1100	1130	1130					1120
9		山の高さ mm	23.5	23.6	24.0					23.70
10		1打擊の仕事量 m-Kg	2.18	2.20	2.27					2.217
11		1分間の仕事量 m-Kg/min	2400	2480	2560					2480
12		ピストン衝程 mm	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	109.0	109.0	
13	前進	所要時間 Sec	0.0223	0.0211	0.0210	0.0218	0.0200	0.0221	0.0215	
14		速度 m/Sec	4.94	5.21	5.25	5.05	5.50	4.93	5.07	
15	後退	所要時間 Sec	0.0346	0.0310	0.0313	0.0327	0.0355	0.0290	0.0305	
16		速度 m/Sec	3.18	3.55	3.51	3.40	3.10	3.76	3.57	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0569	0.0521	0.0523	0.0545	0.0555	0.0511	0.0520	
18		換算打擊數 1/min	1055	1151	1146	1101	1083	1173	1152	
19	衝擊	換算距離 "S" mm	110.0	110.0	108.5	108.5	108.5	112.5	112.5	
20		換算時間 "T_H" Sec	0.0141	0.0126	0.0130	0.0127	0.0127	0.0158	0.0144	
21		速度 m/Sec	7.80	8.74	8.35	8.55	8.55	7.12	7.80	
22		衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	2.09	2.62	2.39	2.50	2.50	1.74	2.08	
23		1分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	2204	3020	2738	2750	2710	2040	2400	
24		隙間の長さ mm	21.2	21.2	20.7	20.7	20.7	15.0	15.0	
25		隙間容積 %	17.0	17.0	17.4	17.4	17.4	12.0	12.0	
26		機体振動の幅 mm	3.75	4.00	3.75	3.75	3.75	3.75	4.00	

第 2 表 の 5

R 10 A 300

	記	錄	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10A 3001	R10A 3002	R10A 3003	R10A 3004	R10A 3005	R10A 3006	R10A 3007	R10A 30
2	空氣壓力	絶對壓 Kg/cm²	4.03	4.03	4.03	4.03	403	4.03	4.03	4.03
3		ゲージ壓 Kg/cm²	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
4		大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7		縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打擊曲線	打擊數毎分 1/min	870	890	820	840	850	870		837
9		山の高さ mm	(5.8)	(5.9)	2.5	2.8	3.3	(5.9)		2.9
10		1打擊の仕事量 m-Kg	(0.74)	(0.77)	0.19	0.22	0.27	(0.77)		0.23
11		1分間の仕事量 m-Kg/min	(644)	(685)	156	185	229	(670)		190
12		ピストン衝程 mm	96.3	96.3	86.3	86.3	88.8	87.5	102.5	92.0
13	前進	所要時間 Sec	0.0320	0.0328	0.0320	0.0306	0.0318	0.0308	0.0314	0.0317
14		速度 m/Sec	3.00	2.93	2.70	2.82	2.79	2.84	3.27	2.91
15	後退	所要時間 Sec	0.0348	0.0350	0.0381	0.0400	0.0400	0.0400	0.0368	0.0378
16		速度 m/Sce	2.76	2.75	2.26	2.16	2.22	2.19	2.79	2.45
17	一往復	所要時間 Sec	0.0668	0.0678	0.0701	0.0706	0.0718	0.0708	0.0682	0.0694
18		換算打擊數 1/min	900	885	855	850	848	848	879	867
19	衝擊	換算距離 "S" mm	96.3	96.3	90.0	90.0	90.0	90.0	102.5	93.6
20		換算時間 "T_R" Sec	0.0238	0.0264	0.0249	0.0246	0.0270	0.0268	0.0250	0.0255
21		速度 m/Sec	4.15	3.65	3.62	3.66	3.33	3.36	4.10	3.70
22		衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	0.590	0.456	0.448	0.321	0.340	0.386	0.577	0.445
23		1分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	530	412	383	273	288	327	490	386
24		隙間の長さ mm	32.5	32.5	37.5	37.5	36.3	35.0	18.75	32.9
25		隙間容積 %	26.0	26.0	30.0	30.0	29.1	23.0	15.0	27.7
26		機体振動の幅 mm	1.50	1.50	1.50	2.00	1.50	1.55	2.00	1.65

第2表の6

R 10 A 400

	記	錄	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10A 4001	R10A 4002	R10A 4003	R10A 4004	R10A 4005	R10A 4006	R10A 4007	R10A 40
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03
3	空氣壓力	ゲージ壓 Kg/cm²	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
4	空氣壓力	大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7	壓着力	縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打擊曲線	打擊數毎分 1/min	970	970	980	990	980	960		983
9	打擊曲線	山の高さ mm	(7.2)	(7.2)	5.1	5.2	5.1	(7.0)		5.1
10	打擊曲線	1打擊の仕事量 m-Kg	(1.14)	(1.14)	0.57	0.59	0.57	(1.08)		0.58
11	打擊曲線	1分間の仕事量 m-Kg/min	(1070)	(1070)	557	585	557	(1038)		566
12		ピストン衝程 mm	102.5	102.5	102.5	102.5	101.25	102.5	110.0	
13	前進	所要時間 Sec	0.0294	0.0294	0.0256	0.0256	0.0251	0.0263	0.0300	
14	前進	速度 m/Sec	3.49	3.49	4.00	4.00	4.00	3.90	3.67	
15	後退	所要時間 Sec	0.0330	0.0342	0.0348	0.0363	0.0330	0.0328	0.0322	
16	後退	速度 m/Sec	3.11	3.00	2.95	2.83	3.07	3.13	3.42	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0624	0.0636	0.0604	0.0619	0.0581	0.0591	0.0622	
18	一往復	換算打擊數 1/min	963	945	995	970	1030	1015	965	
19	衝擊	換算距離 "S" mm	105.0	105.0	105.0	105.0	101.0	102.2	110.0	
20	衝擊	換算時間 "T_H" Sec	0.0218	0.0219	0.0206	0.0206	0.0220	0.0200	0.0227	
21	衝擊	速度 m/Sec	4.82	4.80	5.10	5.10	4.60	5.10	4.85	
22	衝擊	衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	0.796	0.788	0.890	0.890	0.715	0.895	0.805	
23	衝擊	1分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	767	745	885	864	736	908	778	
24		隙間の長さ mm	25.0	25.0	25.0	25.0	27.5	23.8	20.0	
25		隙間容積 %	20.0	20.0	20.0	20.0	22.0	19.0	20.0	
26		機体振動の幅 mm	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	

第 2 表 の 7

R A 10 500

	記	錄	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10A 5001	R10A 5002	R10A 5003	R10A 5004	R10A 5005	R10A 5006	R10A 5007	R10A 50
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03
3	空氣壓力	ゲージ壓 Kg/cm²	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4	空氣壓力	大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7	壓着力	縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
8	打擊曲線	打擊數毎分 ¹/min	1040	1040	1050	1030	1030	1040		
9	打擊曲線	山の高さ mm	8.3	8.1	7.5	7.4	7.6	8.2		
10	打擊曲線	1打擊の仕事量 m-Kg	1.51	1.44	1.24	1.20	1.27	1.47		
11	打擊曲線	1分間の仕事量 m-Kg/min	1570	1500	1305	1235	1310	1530		
12		ピストン衝程 mm	110.0	112.5	113.75	112.5	113.75	108.75	108.75	
13	前進	所要時間 Sec	0.0223	0.0238	0.0248	0.0241	0.0246	0.0236	0.0234	
14	前進	速度 m/Sec	4.93	4.63	4.58	4.67	4.62	4.61	4.64	
15	後退	所要時間 Sec	0.0298	0.0300	0.0322	0.0309	0.0328	0.0327	0.0339	
16	後退	速度 m/Sec	3.69	3.67	3.53	3.64	3.46	3.33	3.21	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0521	0.0538	0.0570	0.0550	0.0574	0.0563	0.0573	
18	一往復	換算打擊數 ¹/min	1150	1115	1052	1090	1046	1065	1048	
19	衝擊	換算距離 "S" mm	111.25	112.5	115.0	115.0	113.75	113.75	112.5	
20	衝擊	換算時間 "T_H" Sec	0.0194	0.0176	0.0195	0.0188	0.0200	0.0183	0.0186	
21	衝擊	速度 m/Sec	5.74	6.39	5.91	6.12	5.70	6.21	6.06	
22	衝擊	衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	1.13	1.40	1.20	1.28	1.11	1.32	1.25	
23	衝擊	1分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	1300	1560	1260	1394	1160	1405	1310	
24		隙間の長さ mm	22.5	18.0	20.0	20.0	18.0	21.25	21.25	
25		隙間容積 %	18.0	14.4	16.0	16.0	14.4	17.0	17.0	
26		機体振動の幅 mm	2.0	2.05	2.0	2.55	2.0	2.0	2.0	

第 2 表 の 8

R 10 A 600

	記	錄	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1		實驗番號	R10A 6001	R10A 6002	R10A 6003	R10A 6004	R10A 6005	R10A 6006	R10A 6007	R10A 60
2	空氣壓力	絕對壓 Kg/cm²	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03
3	空氣壓力	ゲージ壓 Kg/cm²	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
4	空氣壓力	大氣壓 Kg/cm²	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
5		空氣溫度 ℃	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
6	壓着力	スプリングの縮み mm	0	0	0	0	0	0	0	0
7	壓着力	縮みに對する力 Kg	0	0	0	0	0	0	0	0
6	打擊曲線	打擊數毎分 1/min	1120	1110	1100	1100	1100	—		1112
9	打擊曲線	山の高さ mm	9.2	9.4	9.1	9.0	9.0	—		9.1
10	打擊曲線	1 打擊の仕事量 m-Kg	1.85	1.94	1.81	1.78	1.78	—		1.83
11	打擊曲線	1 分間の仕事量 m-Kg/min	2070	2150	1990	1960	1960	—		2026
12		ピストン衝程 mm	114.0	115.0	112.5	112.5	1170	117.0	116.25	
13	前進	所要時間 Sec	0.0233	0.0226	0.0240	0.0206	0.0240	0.242	0.0236	
14	前進	速度 m/Sec	4.90	5.10	4.70	5.46	4.88	4.83	4.93	
15	後退	所要時間 Sec	0.0300	0.0315	0.0303	0.0318	0.0288	0.0305	0.0296	
16	後退	速度 m/Sec	3.80	3.65	3.71	3.53	4.06	3.84	3.93	
17	一往復	所要時間 Sec	0.0533	0.0541	0.0543	0.0524	0.0528	0.0547	0.0532	
18	一往復	換算打擊數 1/min	1125	1108	1098	1146	1137	1098	1147	
19	衝擊	換算距離 "S" mm	123.0	121.0	118.5	117.5	125.0	125.0	117.5	
20	衝擊	換算時間 "T_H" Sec	0.0190	0.0187	0.0193	0.0180	0.0192	0.0192	0.0172	
21	衝擊	速度 m/Sec	6.5	6.5	6.33	6.50	6.50	6.52	6.85	
22	衝擊	衝擊時にピストンの持つエネルギー m-Kg	1.445	1.445	1.380	1.450	1.450	1.460	1.610	
23	衝擊	1 分間の衝擊エネルギー m-Kg/min	1630	1600	1517	1660	1650	1600	1850	
24		隙間の長さ mm	16.3	17.5	17.5	17.5	16.25	16.25	13.75	
25		隙間容積 %	13.0	14.0	14.0	14.0	13.0	13.0	11.0	
26		機体振動の幅 mm	2.55	2.50	2.50	2.50	2.50	3.00	2.75	