

土木試験所報告

第十號

路面構造の運輸經濟に及ぼす影響
に就て

道路橋振動試験

昭和三年三月



内務省土木試験所

正 誤 表

頁	行 又 は 欄	誤	正
19	第十表の一、最終行	1,371	1,311
〃	第十表の二、数字の8行目	15.64	14.74
20	第十表の二、3,4,5 各行	15.50	14.50
24	第十七表数字の1行目右端空欄へ		37.55
35	終りより 11 行目	65.26	56.26
53	表の種類欄 9 行目	〃	W
64	最 終 行	経 間	徑 間

序

本報告は大正 15 年度及昭和 2 年度に於て行ひたる、路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に關する試験竝に道路橋振動試験の成果を蒐録せるものなり。

路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に關する試験は、交通車輛が、道路々面に及ぼす作用及び各種路面の經濟的價值を比較し、各種の路面と輪帶との材質の相對的特性を明かにする爲めに、種々の路面に對し各種車輛を以て之を行はんとするものにして、先づ貨物自動車につき燃料消費量と路面抵抗に關する一部の試験を行ひ、本編に於て其の成果を發表するものなり。

道路橋の振動觀測は、其の結果によりて交通荷重と橋梁構造との力學的關係を明かにし、竣工橋梁の材料及工法の良否を検し、以て道路橋の設計竝に施工の改良に資せむが爲めに着手せるものにして、本報告は大阪市内に於ける六橋梁の觀測結果を記述せるものなり。

昭和三年三月

内務省土木試験所長 内務技師 物 部 長 穂

内務省土木試験所報告

第十號

目 次

一 路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て

内務技師 藤 井 眞 透

内務技手 船 山 晴 雄

第一章 總説	1
第一節 試験自動車の構造	1
第二節 試験路線	8
第二章 燃料消費量測定試験	10
第三節 ガソリン試験	10
第四節 試験設備	10
第五節 試験結果	20
第六節 舗装と交通量の經濟的關係	27
第三章 路面抵抗測定試験	28
第七節 試験装置	28
第八節 試験結果	33
第四章 ガソリン消費量と路面抵抗との關係	40
第九節 ガソリン消費量と路面抵抗	40
第十節 自動車機關の特性	41
第五章 試験結果の約説	47

二 道路橋振動試験

内務技師 青 木 楠 男

第一章 緒言	49
第二章 観測用機械	49
第三章 振動測定用荷重	50
第四章 振動の観測	52
第五章 観測の結果に對する考察	58
第六章 理論上より見たる諸橋の振動週期	61

一 路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て

1. 貨物自動車の燃料消費量と路面抵抗に關する試験

内務技師 藤 井 眞 透
内務技手 船 山 晴 雄

第一章 總 說

本試験は各種路面の經濟的價值を闡明せむが爲にその自動車ガソリン消費量及路面抵抗を測定しその間の關係を求め、次に車輛運轉方法即速度加減速度ブレーキ等の路面に及ぼす影響並に道路線形、形狀勾配等の影響を研究せむが爲に行ふものなり。

試験は動力輪帶及用途の異なる各種の車輛につき行ふものなれども第一回に於てはソリッドタイヤを有する貨物自動車を用ひ主として路面の影響を試験したり。

自動車機關はガソリンの化學的勢力が熱勢力、機械勢力に變する間に機關冷却用水、機械的摩擦 放出瓦斯として失はるるもの多く輪帶と路面との摩擦抵抗に打克つべき有効働に費さるるものは3乃至15%に過ぎず従つてガソリン消費量は機關運轉狀態により著しく異りその路面影響の相對的差違を求むる事困難なり。更に機關運轉を一定條件に置くも冷却用水に失はるる勢力は氣温及風速と自動車の速度とにより影響を受ける事多く本試験の如き室外試験に於ては、氣温及風速を一定に保つ事能はざるが故に可及的之等の影響少き條件のもとに之を行ひ更にその結果に對し相當の補正を行はざるべからず。

自動車が一定速度を以て各種路面上を進行する場合は各々機關の所要馬力を異にし馬力によりて機械能率を異にするを以て路面影響の相對的差違を明にせむには機關示力圖を求め之より回轉數馬力回轉力機械能率熱效率を知り之を試験時の機關運轉狀態に對照して路面影響の相對的差違を求むべきものなれども、試験車の重量大にして適當なる試験設備なかりしを以て本試験に於ては混合瓦斯の壓縮割合を一定に調節しその量を絞弁により加減して速度を調節し變速裝置を第一速度に保てる後、ガソリン消費量及路面抵抗を測定し之等の關係を明にし、次に之等の結果より消費量と絞弁働、馬力、熱效率、平均壓力、混合瓦斯強度等の機關特性を求め併せて鋪裝施行を經濟とする交通量の最小限度及各種路面の行走勾配を求めたり。

第一節 試験自動車の構造

試験車はピアスアロー二噸積貨物自動車にして積載臺をダンブし得べき水壓捲上機を設備せるものとす。

番 號 No. 8422.

復興局番號 No. 21.

製造會社 米國ビヤスアロー會社

製 造 年 1924.

試験開始迄の走行距離 6263mile(10,021km)

檢 査 大正14年4月11日——同17年5月30日迄有效

その構造及特性次の如し。

1. 寸法 第一表第一圖の如し、重心は空車の場合後車軸より軸距の0.44荷重を積載せる場合に0.304の位置にあり。

第一表 自・動 車 寸 法

寸 法 (cm)		重 心 位 置 (cm)	
全 長	564.	空車ノ場合	
高	248.5	前車軸ヨリ	212.
幅	185.	後車軸ヨリ	167.
軸 距	379.	前 端 ヲリ	272.
		後 端 ヲリ	292.
積 載 臺 長	248.5	荷重積載セル場合	
幅	167.	前車軸ヨリ	234.
高	73.	後車軸ヨリ	115.
軌 幅 前輪	147.96	前 端 ヲリ	324.
後輪	154.94	後 端 ヲリ	240.

2. 機関 4 氣筒より成り各々直徑 10.16cm 衝程 13.97cm 全容積 4530.37cm³ なり。

3. 馬力 (a) $B. H. P = \frac{D^2 N}{8} = 21.3$

(b) R. A. C 及 S. A. E. $B. H. P = \frac{D^2 N}{2.5} = 25.6$

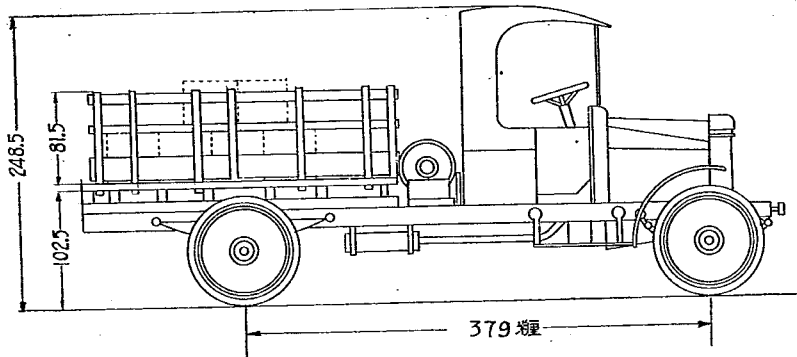
壓 力 = 90 lbs/□" 能 率 = 0.75 回轉數 1,000/分

D = 直徑 (in) N = 圓筒數

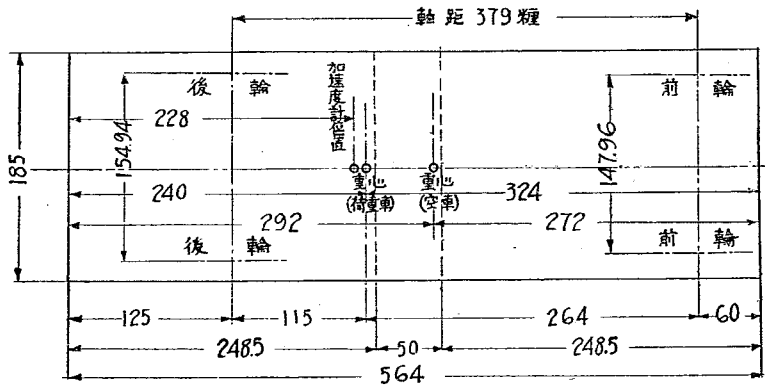
4. 冷却裝置 直立縁管式放熱器を備へ離心式唧筒を以て水を循環せしめ徑 45.72cm の扇風機に 3.81cm 帶革を附す。
5. 氣化器 ストロンプーグピアロー M2 型を裝置し熱氣吸入及絞弁を備ふ。
6. 點火裝置 デルコピアスアロー復點火法を用ひ發電機及蓄電池を備ふ各氣筒に 2 個のスパークプラグを附す。
7. クラッチ 乾燥多板式を用ひ機關曲柄函に變速機函との中間の密閉函に納む。

第 一 圖

側 面 圖



平 面 圖

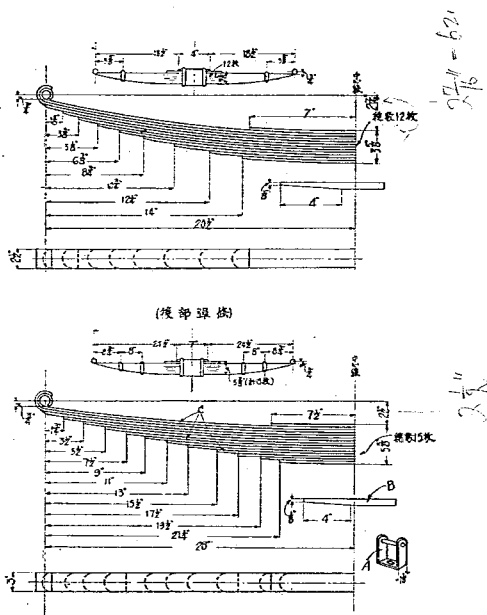


8. 變速裝置 前進 4 段後進 1 段にしてそのギヤ比は次の如し。

第一速度	1 : 1
第二速度	1 : 1.6
第三速度	1 : 2.7
第四速度	1 : 5.2
後退速度	1 : 7.3

9. 車架 溝形鋼 15.25cm×6.35cm×0.79cm のものを用ひ前端を次第に細くせり。
10. 弾條 前弾條は半楕圓形帶金付にして12葉より成り、長 104.1cm 幅 6.35cm 全厚 9.21cm 後弾條は15葉より成り長 142.0cm 幅 7.62cm 全厚 14.29cm にして各々豫備反撥防止を備ふ。
- 形状は第二圖の如し。

第二圖 (前部弾條)



圖中cは厚一様にして先端を直角に切れるもの、その他の鉄は先端 10cm を次第に薄くして厚 0.63cm まで之を直角に切れるものゝ半圓形にせるものゝあり、圖に示すが如し。

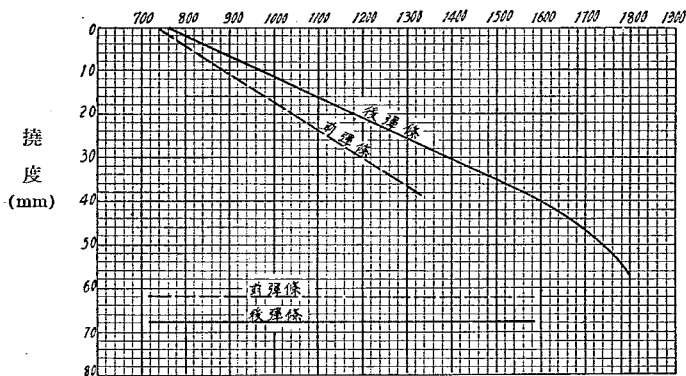
弾條の荷重と撓度との關係は第三圖第二表の如し。

前弾條に於て變形度は 1 mm につき 14.3 kg、後弾條に於ては同じく 18.5 kg なり。

第二表 弾條の荷重と撓度の関係

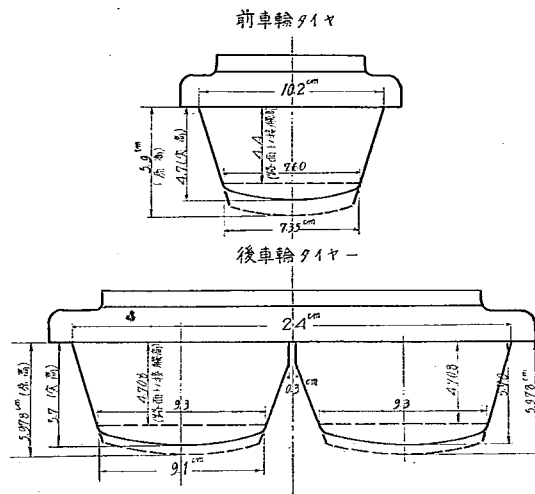
荷 重 kg	前 弾 條			後 弾 條		
	荷重 kg	深 mm	長 mm	荷重 kg	深 mm	長 mm
積載量 空車ノ場合	742	61.9	1,037	750	67.5	1,401.
" 662	—	—	—	1,042	51.0	1,404.5
" 1,324	—	—	—	1,424	37.0	1,411.5
" 1,986	—	—	—	1,727	20.0	1,420.5
" 2,330	832	55.6	1,037	1,804	10.5	1,422.5
撓 度 mm		6.3			57.0	
振 動 周 期 sec		0.159'			0.478	

第 三 圖 荷重(kg)



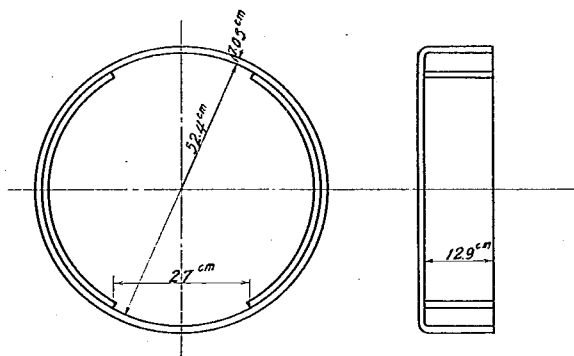
11. 操行機 スクリューナット式にして、径 50.8cm の操把輪を備ふ。
 12. 前車軸 ドロッツファージ法にて製せるエリオット型にしてステアリングナットスビンデルを備へタイロッドを後部に備ふ。
 13. 後車軸 ウォームギヤ式にしてローラー軸承上に装置しその齒車比 1 : 8.75 とす。
 14. ガソリン槽 75.7 l 入りのタンクを器具板上に装置し壓送及び重力供給の二法を併用す。
 15. 輪帶 グッドリッチソリッドタイヤ径 36"×4" にして前車は單帶後車は復帶とす。
- 試験開始の際に於ける實際寸法は第四圖の如し。

第四圖 輪 帶



16. 制動機・内部膨脹式 2 個を備ふ 1 は手働 1 は足働用とす、形状は第五圖の如し。

第五圖 制 動 機



17. 重量 車臺 2,825kg 積載臺枠及捲上機を設備せる場合 3,950kg 荷重を積載せる場合 6,850kg とす。

各輪帯にかかる重量を弾條の上下により分てば第三表の如し。

第三表 自動車重量

荷重ノ状態	前車輪 kg	後車輪 kg	合計 kg
空車ノ場合			
彈條上	1,434	1,501	2,935
彈條下	266	699	965
計	1,750	2,200	3,950
荷重積載ノ場合			
彈條上	1,684	3,721	5,385
彈條下	266	699	965
計	1,930	4,420	6,350

積載荷重は本所々報第6號に記せる混凝土試驗體6個を用ひたり、其重量1,987kgにして此外試験者、ガソリン、防寒具の重量は合せて343kgなるが故に全積載荷重は2,330kgに達せり。

重量測定にはブラックアンドデッカー會社製ドライブオンロードメーターを用ひたり、能力7,000 lbsのものにして之をオルゼンユニバーサル試験機に於て試験せるにその兩讀みの差2.52%に過ぎずして此種重量計に就ては別に補正の要なし。

18. 路面上の單位荷重、自動車の全重量が輪帶により路面に及ぼす單位荷重は第四表の如し。

停止せる車輪が混凝土床面上に溫度27°Cに於て與ふる壓力及輪帶の變形を測定するに當りその接觸面の長さは彈性限界内に於てはヘルツの式に従ふものとして之を求めたり。

第四表 輪帶の路面に及ぼす單位荷重

項	目	前輪帶	後輪帶
原	半徑 cm	45.720	45.720
實	半徑 "	44.500	45.442
磨	減量 "	1.200	0.278
	厚 "	5.900	6.900
混凝土床面上ノ	車軸中心高 "	43.600	44.448
同	輪帶變形 "	0.900	0.992
同	接觸長 "	9.720	10.260
同	幅 "	7.600	9.300
同	面積 cm ²	73.872	95.418

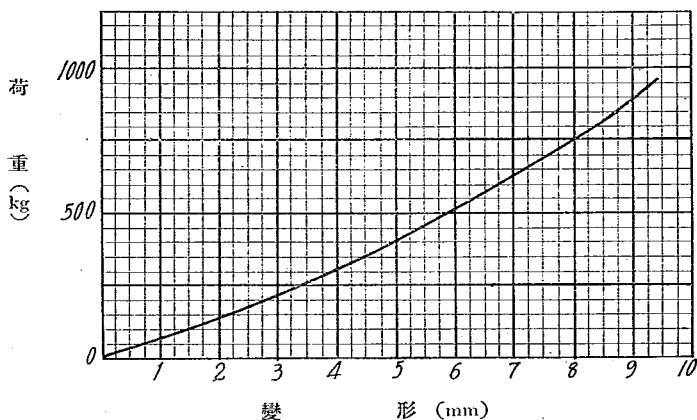
荷 重	kg	965.000	1,105.000
混凝土床面上ノ單位荷重	kg/cm	127.000	119.000
	kg/cm ²	13.050	11.600

單位荷重は前輪帶 13.05kg/cm² 後輪帶 11.6kg/cm² にして前車輪多く従つて磨減量も大なり。之を走行距離より見れば前輪帶に於ては延長 1,000km に對し 0.12cm の割合なり。

19. 輪帶ゴムの弾性率 試験車と同種類の 1924 年式ピアスアロー 2 噸積貨物自動車の 18,600km を運轉せるダットリッチソリッドタイヤの破片をこり試験せるものは第六圖の如し。試験片は長 103.64mm 幅 59.675mm 厚 39.80mm のものこす。

比 重	1.737
弾 性 率	69.2kg/cm ²
ポアソンス比	0.442

第六圖 輪帶ソリッドゴム試験



第二節 試 験 路 線

路面のガソリン消費量に及ぼす影響の正鵠を期する爲には相當區間運轉を繼續するの要あるを以て、運轉時間を 5 分以上即速度 24km/hr の場合 2.0km 以上の區間をこり、その間に勾配曲線少く假令之あるも、變速機を換ゆる要なき程度の勾配、アクセレレーターを用ふる要なき程度の曲線にして尚路上障害物少なき區間を選定するを要す。

然るにかかる路線を各種路面別に東京市内外に求むる事は極めて困難なるを以て先づ此標準に近きものとして第五表に示すが如き路線を選定せり。

第五表 試驗路線

路線名	試驗區間 ガソリン消費量 路面抵抗	延長 km	構造	線形	路面 障害物	車道幅 員 m	交通量 (大正14年6月調査)					
							乗 自動車	貨 自動車	物 自動車	鐵 輪車	總計	1車線 當り
(瀝青鋪裝)												
本郷大通り	駒込郡市界ヨリ市町ヲ經テ本郷三丁目目前田侯邸前	帝大前	3.104	瀝青混凝土、基礎1:3:6 混凝土厚15cm	最小半徑60m 長18.4m	軌道踏切往1復2瀝青	14.6	655	826	750	2,753	566
明治神宮外苑	外苑周圍道路ヲ二周ス	東周回道路	2.763	同 基礎1:3:7 厚15cm	最急勾配1:40長78m 半徑133m長1670m	鋪裝	10.9	—	—	—	—	—
京濱國道(東京府)	夫婦橋ヨリ六郷橋南詰	蒲田町内	2.560	同 基礎1:3:6 厚15cm	最急勾配1:40 長38m 最急勾配1:270	—	13.3	—	—	—	—	—
同 (神奈川縣)	生麥驛前交點ヨリ鶴見橋南詰	鶴見町内	2.374	同 基礎 碎石 厚10cm	長167m	同 往1復1 敷石	13.3	—	—	—	—	—
目比谷公園廻り	目比谷交又點ヨリ公園周圍ヲ二週ス		1.776	同 基礎1:3:6 厚15cm	半徑14m	—	—	2,777	2,427	580	6,559	—
(木塊鋪裝)												
神田小川町内幸町	神田小川町神田橋大手町ヲ經内幸町角		2.816	木塊鋪裝、基礎1:3:6 混凝土厚18cm 神田橋附近砂利道		同 往4復6 石塊	—	—	—	—	—	—
大手町内幸町	神田橋南詰ヨリ日比谷内幸町角	時町新報社前	2.222	木塊鋪裝、基礎1:3:6 混凝土厚18cm		同 往5復3 石塊及木塊	25.5	3,334	3,623	1,144	9,657	1,140
日本橋新橋通	日本橋南詰ヨリ銀座ヲ經新橋北詰	丸善前	2.240	同 基礎1:3:6 混凝土厚20cm	京橋1:54長18m	同 往3復3 石塊及木塊	12.8	4,268	3,468	42	8,826	2,070
(混凝土鋪裝)												
陸羽街道	千住町簡易鋪裝區間	同	0.828	混凝土厚8—15cm		—	6.4	1,154	1,220	2,490*	1,165	
神田錦町通り		同		混凝土厚18cm 幅5.5m		—	12.1	160	768	293	1,773	440
(砂利道)												
宮城前廣場	南凱旋道路ヨリ北へ坂下門樓田門前ヲ經二周ス	坂下門ヨリ二重橋前間	2.954	砂利厚12cm	最小半徑20m	—	30.3	4,759	68	15	5,013	496
本郷神明町通	本郷林町園子坂交又點ヨリ上富士前駕籠町ヲ經、西原町角	上富士前 駕籠町間	2.720	此種砂利道ニ對シテ路面維持用トシテ 大正14年 0.261立坪/面坪 大正15年 0.321 " テ要セリ 1ヶ年路面維持費 大正14年3.488円 大正15年5.053円	最小半徑54m長40.2m	同 往2復3 瀝青及敷石	13.9	672	1,150	451	2,621	566
品川大通り	品川驛前ヨリ陸摩原ヲ經、金杉橋南詰	ニノ橋龜澤町間	3.270		最急勾配1:16長90.5m	同 往3復1 敷石	12.1	488	1,682	1,093	3,692	915
森下町吾妻橋通り	本所森下町ヨリ龜澤町ヲ經、吾妻橋東詰	龜澤町間	2.522			同 往3復1 敷石	13.6	466	960	858	3,020	667
兩國橋通り	江東橋西詰ヨリ兩國橋ヲ經神田和泉橋南詰	兩國橋前	3.032			同 往3復3 敷石	13.6	365	1,910	1,558	4,996	1,100
陸羽街道	埼玉縣草加町地内	同	1.292			—						
(軌道)												
本郷帝大前		赤門前間		石塊鋪裝、基礎混凝土、軌條91 lbs								
本郷市町富士前通		市町富士前間		板石鋪裝、基礎砂利 軌條82 lbs								
小石川柳町通		柳町指ヶ谷町間		板石鋪裝、基礎混凝土、軌條75 lbs								
* 昭和2年3月25日調査												

* 昭和2年3月25日調査

路面構造の連續經濟に及ぼす影響に就て

路面抵抗試験は此等路線の試験區間中代表たるべき路面の部分に於て行へり

第二章 燃料消費量測定試験

本試験は試験車を各種路面上に一定速度を以て一定區間運轉せしめ、その間に消費するガソリン消費量を測定し、延長 1km に要するガソリン量、又はガソリン 1 l 當りの運搬能力 ton km を求めて路面の經濟的價值を比較したり。

試験車は第一節に述べたる 2 噸積貨物自動車、消費量測定にはガソリン量計、路面凹凸測定にはヴァイアログ、風速測定には測風器を用ひたり。

第三節 ガソリン

瓦斯機關はガソリンの種類ボーマ度温度により消費量及熱效率を異にするが故に本試験は總て同一ガソリンを用ひたり。

本ガソリンはライジングダサン石油會社赤貝印にして 15°C の比重 0.733 初溜温度 41°C エングラーフラスコ分溜試験に於て 40% 以上は 105°C 80% 以上 150°C 乾點 195°C のものとする。

試験の密度比重及その際の温度を測定せるものは第六表の如し。

第六表 ガソリン試験

試 験 月 日	測定時ノ温度 °C	比 重	ボ ー マ 度	標準ボーマ度
3 月 2.及 3	7°.0	0.737	60.5	62.
" 3.及 4	8°.5	0.736	60.7	62.
" 7.及 8	10°.0	0.735	61.0	62.
" 18	10°.0	0.736	60.7	62.
" 24	10°.5	0.735	61.0	62.
4 月 8	12°.0	0.735	61.0	62.

第四節 試 験 設 備

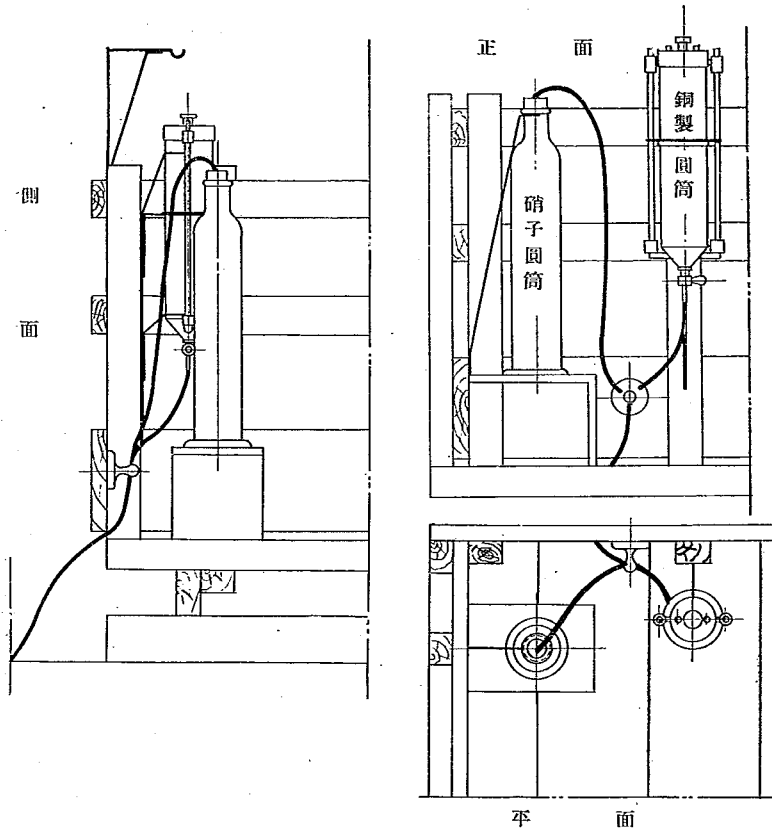
I. ガソリン量計

試験區間のガソリン量測定には自動車のガソリン槽と全く別に試験用のガソリン量計を備へたり。

第七圖に示すが如く、銅製圓筒、硝子製圓筒、之等ゴム管を以て接續する三口コック及三口コックを氣化器に連結する銅管よりなり之を自動車積載臺上に取付けたり。

銅製圓筒は高 40cm 内徑 8cm 容量 2000cc にして側面に 20cc 毎に目盛せる 2 個の硝子管を有す、圓筒底部にある眞鍮製コックより内徑 8mm のゴム管を以て三口コックに連

第七圖 ガソリン消費量計



結し之より内徑 6.4mm の銅管により氣化器に導き重力によりガソリンを送るものとす。

容量測定には圓筒頂部の環を鉤にかけ圓筒を垂直に保ちて之を行ふ。

硝子製圓筒は銅製圓筒と同一の大きさ容量を有し側面三方に 20cc 毎に目盛を附す、頂部よりゴム管を挿入しその他端を三口ロックに連結しサイフォン式により筒内ガソリンを氣化器に送るものとす。

試験區間は銅製圓筒よりガソリンを送り、區間前後の豫備區間に於ては硝子圓筒より送るものとす。

II. 溫 度

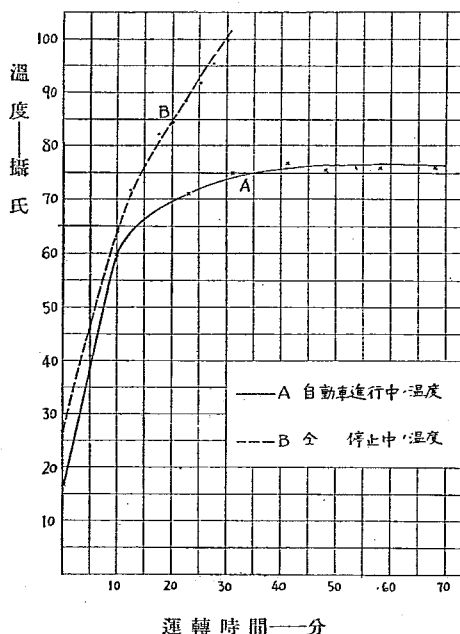
温度は空中ガソリン及機関冷却用水の三につき測定せり。

空中及ガソリン温度は試験の都度自動車上及ガソリン量計中に於て之を測定せり。

冷却用水温度は注入口より 10cm 下に於て測定せり、其温度は一定速度を以て進行中は略一定し 75°C — 77°C の間にあり、従て運転開始後此温度に達する迄は冷却用水加熱に要するガソリン勢力多くして路面の影響を示さざるを以て此温度に達せる後試験を開始せり。

此温度に達する迄に要する時間は自動車の進行中ミ停止せる場合とは著しく異り、之を試験せるものは第八圖の如し。

第 八 圖
機関冷却用水温度ノ上昇ト運転時間トノ關係



冷却用水を一定温度に保つに要するガソリン量は気温及風速ミ自動車速度ミにより異なるが故に風速を測定せり。

III. 測風器 Anemometer

風速ミ自動車速度ミの相對的速度を測定する爲に英國ショートアンドメーソン會社製携帯用六本針測風器を自動車積載臺枠の前右方に取付けた。

測風器は寫眞に示すが如き形狀を有し 34m.le/hr 迄を測定し得られ一定時間の回轉數はその時間の風速 ft を表すものごす。

風速は km/hr を以て之を表せり

風速は之を風壓に換算して路面抵抗に加へガソリン消費量測定の際に於ける全抵抗を求めたり、第三章第七節に之を述ぶべし。

IV. ヴァイアログ(Vialog)

ヴァイアログを用ひ路面凹凸係數を測定し cm/km を以て之を表せり。

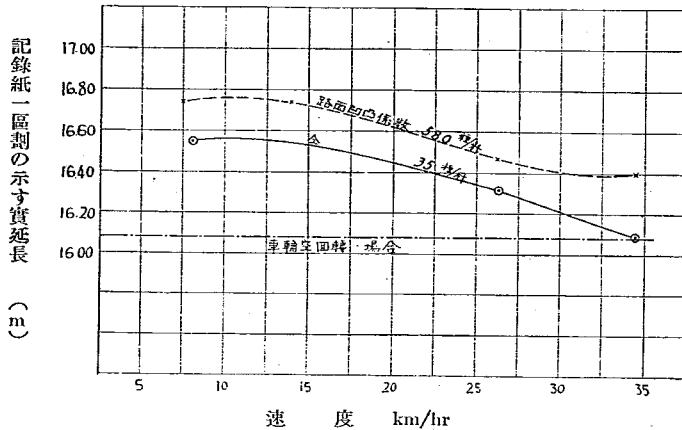
試験器は本所々報第 3 號に示せるものにして、寫眞に示すが如く裝置し京濱國道鶴見町地内に於てヴァイアログ係數を測定せり。

記録紙の長さ實際路線の延長との關係は第七表第九圖の如し。

車輪を空回轉せしめたる場合記録紙 1 區劃長 2.42cm は 16.090m を表し、路面運轉の場合

は、輪帶の接觸部分は半径を變じ彈性歪を生じ路面も同様に歪を受け、従つて滑りを生じ更にバウンドにより空回轉をなし、車輪回轉數に應ずる總圓周長と進行距離の延長は速度及路面凹凸係數により異り一定せず。

第 九 圖



第七表 ヴァイアログ記録紙の質延長

路面凹凸係數 cm/km	速度 km/hr	記録紙1區劃ノ 示ス路線延長 m	同 %
0	空回轉	16.090	100.
35	8.12	16.555	102.88
"	23.75	16.330	101.55
"	34.52	16.090	100.00
平均		16.265	101.47
580	8.12	16.750	104.08
"	14.33	16.750	104.08
"	21.60	16.300	101.29
"	23.32	16.440	102.05
"	34.52	16.400	101.91
平均		16.500	102.70

本試験の結果より試験區間の延長と記録紙長との關係は第八表の如く、平滑なる路面に於ては滑りを生じ凹凸係數大なる路面に於ては進行中に受くる衝撃の爲車輪の飛上り空回轉を生じ、之らの割合は路面平滑なる場合は速度の増加に伴ひて空回轉増加し、凹凸大なる場合は却つて減少するものの如し。

第 八 表

路 線	凹凸係数 cm/km	標 準 速 度16km/hr		標 準 速 度24km/hr	
		記録紙一區對 ノ示ス延長	%	記録紙一區對 ノ示ス延長	%
本 郷 神 明 町 通	41.7	16.42	102.05	16.30	101.31
神田小川町一内幸町	33.8	16.21	100.75	16.15	100.34
品 川 大 通 り	112.5	16.28	101.16	—	—
森下町吾妻橋東詰	124.3	—	—	16.84	104.66
雨 國 橋 通 り	105.2	—	—	16.60	103.18
京 濱 國 道	7.7	16.18	100.59	16.27	101.12

かく試験區間の延長は記録紙長を以て定むる事困難なるを以て本試験に於ては總て實測して定めたり。

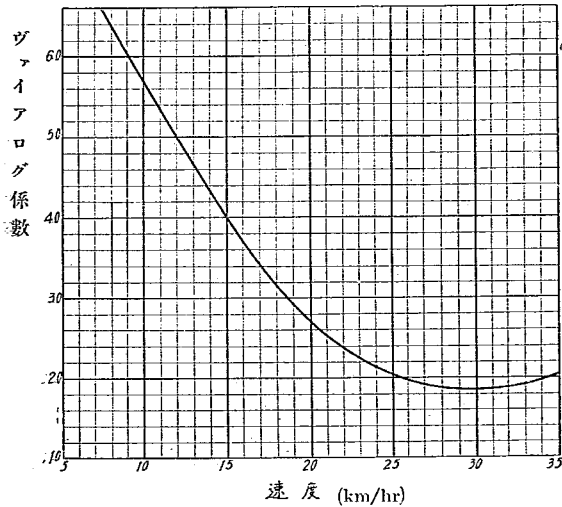
ヴァイアログ係數測定には延長 121.2m の區間に等間隔に長 60cm 幅 10cm 厚 3.17cm の板 21 枚を列へ各種の速度を以て此上を走行せしめ、その場合表はるる指數こ之等の板なき場合の指數との差を以て板の總厚 66.57cm を除して之を求めたり、第九表第十圖の如し。係數は速度 24 km/hr の場合を標準として定め第十圖より之を 2.12 と定めたり。

第九表 ヴァイアログ係數

速 度 km/hr	ヴァイアログ指數			ヴァイアログ係數
	板ナキ場合	板アル場合	差	
8.02	0.25	11.0		
8.22	0.25	10.0		
平 均 8.12	0.25	10.5	10.25	6.50
14.10	1.0	16.0		
14.10	1.0	16.5		
14.40	1.0	17.0		
14.72	1.0	17.5		
平 均 14.33	1.0	16.75	15.75	4.23
21.30	2.0	29.5		
21.20	2.5	30.5		
22.50	3.0	31.0		
21.40	3.0	31.0		
平 均 21.60	2.62	30.5	27.88	2.39
25.60	4.0	38.5		
26.60	5.0	40.0		
26.20	6.0	38.5		
26.90	4.0	39.0		
平 均 26.32	4.75	39.0	34.25	1.95

33.40	6.0	39.0		
35.20	8.0	41.0		
34.80	7.0	39.0		
34.70	7.0	42.5		
34.52	7.0	40.38	33.38	2.00

第十圖 速度とヴァイログ係数の關係



路面凹凸係数は延長 1km 當りのヴァイログ指數に此ヴァイログ係数を乘じたるものとす。

記録紙に表はるる振動は前車軸の右側彈條の變形を表はし、試験車の荷重積載前後の變形を測定し、之より振動周期を次式より求むれば第二表に示すが如し。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$$

$$T = \text{周期} \quad \text{sec}$$

$$d = \text{變形} \quad \text{mm}$$

$$g = 9798 \quad \text{mm/sec}^2$$

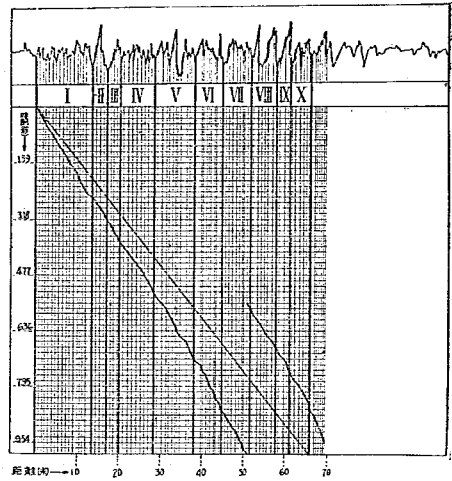
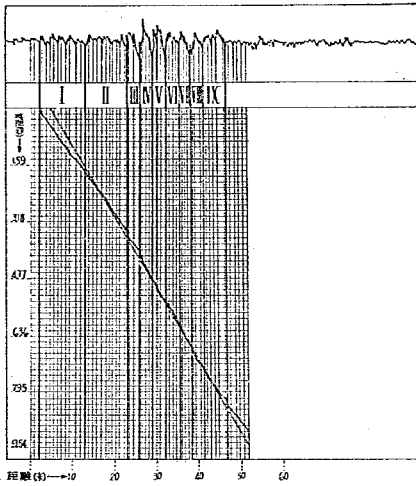
理論的周期は 0.159 秒にして京濱國道に於て高 1m の木板上を超走せしめたる場合は 0.136 sec を示せるも後者の場合は衝撃の爲誘起せる振動大にして記録紙の示す距離正確な

軌道を横斷する場合彈條の振動周期を 0.159 sec とし、之等の振動より自動車の速度の變化を求むれば第十二圖の如し。

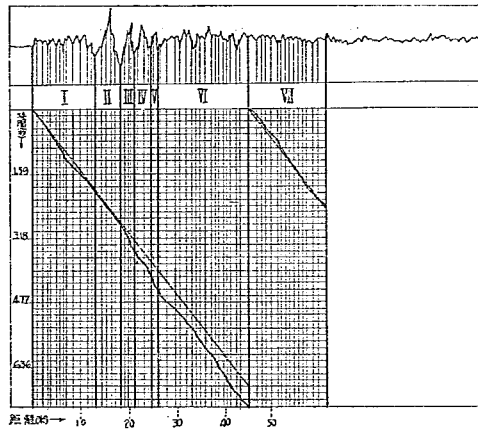
第 十 二 圖

(1) 日本橋軌道交又點(日本橋→新橋方面)

(2) 龜澤町軌道交又點(森下町→吾妻橋方面)



(3) 日比谷軌道交又點(内幸町→大手町)



衝撃係數大なるものは著しく速度低下するを知るべし。

ヴァイログ記録の示す振幅は實値の 0.30 倍を表すが故に之より第二表及第三圖を用ひ、彈條に加はる實際荷重を求め之に彈條以下の重量を加へて輪帶の路面に及ぼす衝擊荷重及衝擊係数を求めたり。

彈條以下の部分が衝擊を與ふる際下降する加速度は測定し得ざりしも一定速度を以て進行中路面上の障害物により受くる加減速度は第三章の加速度計の記録により標準速度 16km/hr の場合平均 0.20 m/sec^2 同 24 km/hr の場合 0.29 m/sec^2 にして此加速度が下降する場合も働くものみすればその影響は前記速度の場合各々 2.71 kg 及び 3.93kg にして極めて少く之を除外するも大差なきを以て次の式を用ひたり。

$$d = -\frac{a}{0.30} + 6.3$$

$$P = 882 + 14.3 d$$

$$Pi = 965 + 14.3 d$$

$$I = \frac{14.3d}{965} \times 100 \quad \%$$

$$a = \text{記録振幅} \quad \text{mm}$$

$$d = \text{彈條撓度} \quad \text{mm}$$

$$P = \text{彈條上の荷重} \quad \text{kg}$$

$$Pi = \text{衝擊輪帶荷重} \quad \text{kg}$$

$$I = \text{衝擊係數} \quad \%$$

鋪裝砂利道軌道路面及軌道横斷の場合の振幅の極大値及最大振幅の振動 5 個の平均より、衝擊係数を求めたるものは第十表の一、第十表の二及第十一表の如し。

第十表の一 衝擊係數、標準速度 24 km/hr. の場合

路 線	撓度 mm	極 大 値			路面 單位壓 kg/cm ²	最大振幅ノ振動5個ノ平均値			
		輪帶 荷重 kg	衝擊 係數	路面 單位壓 kg/cm ²		撓度 mm	輪帶 荷重 kg	衝擊 係數	路面 單位壓 kg/cm ²
鋪 裝									
神田橋内幸町通	17.2	1,210	0.255	14.60		10.6	1,117	0.160	14.07
日本橋銀座通	17.2	1,210	0.255	14.60		13.2	1,153	0.195	14.27
京濱國道	10.0	1,108	0.150	14.00		8.0	1,078	0.130	13.86
平 均	14.8	1,178	0.220	14.40		10.6	1,116	0.162	14.06
砂 利 道									
宮城前廣場	18.6	1,231	0.278	14.74		16.3	1,183	0.242	14.55
雨國橋通	28.6	1,375	0.425	15.57		24.0	1,308	0.355	15.18

一 路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て

19

森下町吾妻橋東詰	35.7	1,475	0.530	16.15	29.4	1,385	0.435	15.61
品川大通	35.7	1,475	0.530	16.15	25.4	1,328	0.377	15.30
陸羽街道	30.0	1,393	0.445	15.68	23.4	1,300	0.350	15.16
神田橋前後	22.8	1,293	0.340	15.10	18.6	1,231	0.276	14.72
平均	28.6	1,374	0.425	15.57	21.2	1,289	0.339	15.10
軌道								
小石川柳町線	37.2	1,495	0.550	16.23	32.3	1,427	0.480	15.88
本郷肴町線	32.9	1,435	0.488	15.91	30.0	1,394	0.445	15.68
平均	35.1	1,465	0.520	16.08	31.2	1,411	0.463	15.78
軌道横断點								
神田橋	28.6	1,375	0.425	15.57	20.6	1,259	0.308	14.93
大手町	20.0	1,251	0.298	14.88	14.9	1,178	0.220	14.40
馬場先門	20.0	1,251	0.298	14.88	13.5	1,157	0.200	14.30
日比谷	32.9	1,437	0.490	15.93	20.3	1,255	0.300	14.89
日本橋	21.4	1,272	0.320	14.98	14.9	1,178	0.220	14.40
銀座座	20.0	1,251	0.298	14.88	14.0	1,165	0.208	14.36
龜澤町	26.0	1,337	0.390	15.38	23.2	1,297	0.350	15.17
平均	24.1	1,371	0.360	15.22	17.3	1,213	0.258	14.64

第十表の二 衝撃係數、標準速度 16 km/hr の場合

路 線	軌道 mm	極大 輪帶重 kg	値 衝擊係數	路面 單位壓 kg/cm ²	最大振幅 mm	振動5個 輪帶重 kg	平均値 衝擊係數	平均路面 單位壓 kg/cm ²
鋪 裝								
神田橋内幸町	11.4	1,128	0.170	14.12	5.52	1,047	0.085	13.60
京濱國道	8.6	1,088	0.128	13.88	7.44	1,071	0.110	13.75
明治神宮外苑	4.3	1,027	0.064	13.47	3.57	1,017	0.055	13.40
平均	8.1	1,081	0.120	13.82	5.51	1,045	0.081	13.58
砂 利 道								
宮城前廣場	16.4	1,200	0.244	14.56	11.3	1,127	0.170	14.12
品川大通	18.6	1,231	0.278	14.74	14.3	1,169	0.212	14.37
神田橋前後	20.0	1,251	0.298	14.88	13.2	1,153	0.195	14.28
平均	18.3	1,227	0.273	15.64	12.9	1,149	0.193	14.26
軌 道								
小石川柳町線	28.6	1,375	0.425	15.57	22.8	1,287	0.333	15.07
本郷肴町線	30.0	1,394	0.445	15.68	25.7	1,335	0.385	15.38
平均	29.3	1,385	0.435	15.63	24.3	1,311	0.359	15.23
軌道横断點								

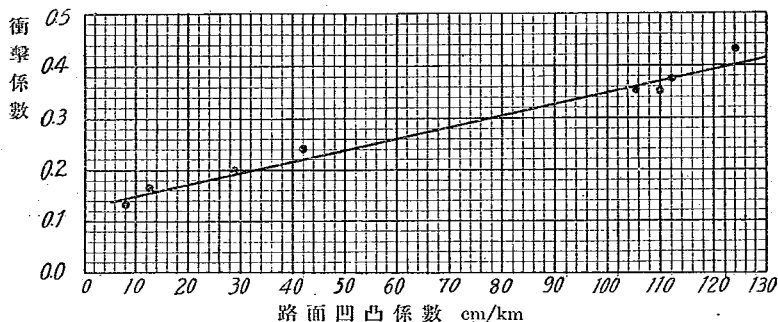
神田橋	18.6	1,231	0.278	14.74	14.3	1,169	0.210	14.36
大手町	12.9	1,143	0.190	14.23	10.3	1,112	0.152	14.00
馬場先門	15.7	1,189	0.234	15.50	9.7	1,104	0.145	13.95
日比谷	15.7	1,189	0.234	15.50	10.3	1,102	0.152	14.00
平均	15.7	1,189	0.234	15.50	11.2	1,124	0.165	14.03

第十一表 衝撃係数

種 別	速度16km/hr		速度24km/hr	
	極大値	最高平均値	極大値	最高平均値
鋪装	0.130	0.081	0.220	0.162
砂利道	0.273	0.193	0.425	0.339
軌道	0.435	0.359	0.520	0.463
軌道横断	0.234	0.165	0.360	0.258

5 個の最大振幅の平均値とザイアログ凸凹係数との関係は第十三圖の如し。

第十三圖 路面凹凸係数と衝撃係数



鋪装に於て起る衝撃はその表面の不陸及人孔その他の路面上障害物によりて起り殊に後者の影響は著しきを認めたり。

衝撃係数は速度により著しく異り速度 24km/hr の場合は 16km/hr の場合の 1.56 倍に當り、略速度に比例して増大せり。

第五節 試験結果

試験に當り機關各部をよく検査し冷却用水温度を一定に保てる後、變速機を第一速度の位置に保ち着火挺を速度 16km/hr の場合 52°, 24km/hr の場合 57° に保ち絞弁の開きは速度及路面状態に應じて加減せり。

試験は3月2日より始め4月8日に終了せり。郊外路線は晝間に試験を行へるも市内路線は交通障害により試験車を一定速度に保つ事困難なりしを以て夜間に之を行へり。

路線の試験順序は可及的同一日に天候風速気温の同一状態に於て鋪装・砂利道を併せ

試験し得るが如く之を選べり。

試験結果を路面種別に分ちて求めたるものは第十二表乃至第十六表の如し。

第十二表 標準速度、16km/hrの場合 舗装

路面種別	路 線	路面凹凸 係數 cm/kg km	實速度 km/hr	カッリン消費量 cc/km tonkm/h ton mile/gal	風壓 kg	温 度 C 空 中 カッリン
浜 青 舗 装	本郷大通リ	32.3	16.58	486	13.06	0.44
		30.8	17.34	473	13.42	2.90
	平 均	31.5	16.96	479	13.24	34.50 1.67 8°—3° 3°—1°
	明治神宮 外苑道路	2.7	15.60	401	15.84	1.56
		2.7	15.05	423	15.01	1.18
	平 均	2.7	15.63	412	15.42	40.20 1.37 10°—6.5° 3°
	京濱国道 (東京府)	8.2	17.22	428	14.95	0.07
		7.2	17.20	411	15.55	4.35
	平 均	7.7	17.21	419	15.25	39.72 2.21 19.5°—19°15°—13.5°
	同(神奈川縣)	20.0	17.09	466	13.70	3.06
		21.9	17.53	453	14.11	0.15
	平 均	20.9	17.61	459	13.90	36.22 1.60 21.5°—18° 17°
	日比谷公園 廻リ	8.9	16.64	419	15.16	0.50
		8.4	16.88	421	15.08	0.50
	平 均	8.6	16.76	420	15.12	39.40 0.50 5° 4°
木 塊 舗 装	神田小川町 内幸町通	14.25	17.00		14.58	38.00
		33.1	17.21	446	14.24	1.41
	大手町 内幸町通	34.6	17.12	433	14.66	1.12
		33.8	17.16	440	14.45	37.65 1.27 3° 1°
	日本橋新橋通	10.1	18.09	426	14.90	1.27
		16.2	15.62	426	14.90	0.70
	平 均	13.1	16.86	426	14.90	38.85 0.99 8.5°—7° 6°—5°
	陸羽街道 簡易舗装	27.5	17.73	400	15.88	0.54
		29.3	17.15	408	15.56	0.82
	平 均	28.3	17.44	404	15.72	40.90 0.68 7°—6° 4°
	總 平 均	20.8	17.15		15.02	39.13
混 凝 土 舗 装	平 均	30.8	17.68	440	14.43	7.50
		38.4	17.12	440	14.43	0.33
	平 均	34.6	17.40	440	14.43	37.60 3.92 22° 17°
平 均		21.6	17.08	434.3	14.69	38.25

第十三表 標準速度、16 km/hr の場合、砂利道

路面種別	路 線	路面凹凸 係数 cm/km	實速度 km/hr	ガソリン消費量		風壓	温 度 C	
				cc/km	tonkm/l ton mile/gal	kg	空 中	ガソリン
砂 利 道 輕交通路線	宮城前廣場道路	41.0	15.78	569	11.16	0.65		
		42.4	16.06	566	11.22	0.65		
	平 均	41.7	15.92	568	11.19	29.15	6°—5.5°	5°
	本郷神明町通り	32.8	16.64	468	13.57	0.90		
		50.6	15.60	646	9.83	1.70		
	平 均	41.7	16.12	557	11.70	30.46	3°—2.5°	2°—1°5
	總 平 均	41.7	16.02		11.45	29.80		
	重交通路線 品川大通り	121.0	16.00	493	12.88	0.60		
		104.0	15.92	556	11.42	2.50		
		112.5	15.96	525	12.15	31.65	2.5°—1.5°	2°—0°5
		陸羽街道 (草加町)	118.2	18.13	489	13.04	—	
		103.4	18.29	479	13.26	—		
		平 均	110.8	18.21	483	13.15	34.25	25° 19°
	總 平 均	113.5	17.09		12.65	32.95		
平 均		89.5	16.55	533	12.05	31.37		

第十四表 標準速度、24 km/hr の場合 舗装

路面種別	路 線	路面凹凸 係数 cm/km	實速度 km/hr	ガソリン消費量		風壓	温 度 C	
				cc/km	tonkm/l ton mile/gal	kg	空 氣	ガソリン
瀝 青 舗 装	本 郷 大 通	32.3	23.73	473	13.42	1.80		
		30.8	23.78	460	13.80	5.10		
	平 均	31.5	23.76	446	13.61	35.45	8°—3°	3°—1°
	明治神宮 外苑道路	2.7	24.80	455	13.06	4.40		
		2.7	24.40	458	13.86	3.00		
	平 均	2.7	24.60	456	13.91	36.25	3.70	10°—6°5 3°
	京濱國道 (東京府)	8.2	24.75	428	14.94	0.62		
		7.2	24.69	423	15.20	7.00		
	平 均	7.7	24.72	425	15.07	39.25	3.81	19°5 17°5—13°5
	同(神奈川縣)	20.0	25.47	462	13.85	6.45		
		21.9	25.55	450	14.26	0.80		
	平 均	20.9	25.51	456	14.06	36.62	3.64	21°5—18° 17°

木塊鋪裝	日比谷公園廻り	8.9	23.34	419	15.16	2.00		
		8.4	24.59	421	15.08	2.00		
	平 均	8.6	24.97	420	15.12	39.40	2.00	5° 4°
	總 平 均	14.25	24.82	441	14.41	37.55		
	神田小川町 内幸町	33.1	24.19	517	12.28	2.83		
		34.6	24.48	441	14.40	2.90		
	平 均	33.8	24.34	479	13.34	34.80	2.85	3° 2°
	大手町内幸町	10.1	24.96	419	15.16	4.80		
		16.2	24.83	419	15.16	1.70		
	平 均	13.1	24.90	419	15.16	39.50	3.25	8°5—7° 6°—5°
混凝土鋪裝	日本橋新橋通	27.5	25.60	402	15.80	1.15		
		29.3	25.95	402	15.80	3.80		
	平 均	28.3	25.78	402	15.80	41.20	2.23	7°—6° 4°
	總 平 均	20.8	25.00		14.77	38.50		
	陸羽街道 簡易鋪裝	30.8	24.26	447	14.20	4.85		
		38.4	24.72	447	14.20	0.45		
	平 均	34.6	24.49	447	14.20	37.00	2.65	22° 17°
	平 均	21.6	24.84	441	14.40	37.55		

第十五表 標準速度、24 km/hr の場合 砂利道

路面種別	路 線	路面凹凸 係數 cm/km	實速度 km/hr	ガソリン消費量 cc/km	tonkm/l	tonmile/gal	風壓 kg	温 度 C 空 中 ガソリン
砂 利 道 輕交通路線	宮城前廣場道路	41.0	23.20	624	10.18	1.70		
		42.4	23.04	621	10.22	1.50		
	平 均	41.7	23.12	623	10.20	26.57	1.60	6°—5°5 5°
	本郷神明町通り	32.8	23.36	469	13.54	2.40		
		50.6	21.60	547	11.61	3.25		
	平 均	41.7	22.48	508	12.57	32.75	2.83	3°—2°5 2°—1°5
	總 平 均	41.7	22.80		11.39	29.66		
	品 川 大 通	121.0	23.52	522	12.17	2.15		
		104.0	24.00	522	12.17	4.85		
	平 均	112.5	23.76	522	12.17	32.70	3.50	2°5—1°5 2°—0°5
重交通路線	本所森下町 吾妻橋東詰	130.0	24.00	589	10.78	3.85		
		118.5	24.48	528	12.05	2.40		
	平 均	124.3	24.24	558	11.41	29.75	3.13	6° 4°5

兩國橋通	107.0	23.84	558	11.38	3.00			
	103.4	24.40	493	12.88	3.20			
平 均	105.2	24.12	526	12.13	31.60	3.10	6°	5°.5
陸羽街道 (草加町)	118.2	24.96	503	12.62	3.60			
	103.4	25.20	501	12.67	3.40			
平 均	110.8	25.08	502	12.64	32.95	3.50	25°	19°
總 平 均	24.30		12.09		31.75			
平 均	89.5	23.80	540	11.86	30.72			

第十六表 標準速度、32 km/hr の場合 鋪裝

路面種別	路 線	路面凹凸 係数 cm/km	實速度 km/hr	ガソリン消費量 cc/km ton km/l ton mile/gal		風壓 kg	温 度 C 空 中 ガソリン	
瀝青鋪裝	明治神宮 外苑道路	2.7	31.50	526	12.07	7.10		
		2.7	32.60	528	12.03	7.40		
平 均		2.7	32.05	527	12.05	7.25	10°	8°

ガソリン勢力は機関運轉冷却用水放出瓦斯及路面抵抗に打克ちて進行する運動勢力に費さるるが故に、前者を一定條件に保つ時はガソリン量は路面抵抗に一定關係を有すべく、之らの關係は第三章、第四章に述べべし。

今ガソリン量に影響する路面構造及速度との關係を求むれば次の如し。

I. 鋪裝と砂利道との比較

試験區間は勾配曲線及び障害物少き部分を選べるも、路面狀態以外のガソリン消費量に影響する外的抵抗全く同一なりと稱する能はず、従つて路面の影響のみを明かに知る能はざるも、試験結果より鋪裝と砂利道とに於ける平均値を求むれば第十七表の如く速度16 km/hr 及 24km/hrの場合各々鋪裝は砂利道の場合の 81.5% に減ぜり。

明治神宮外苑道路と宮城前廣場とは各々その中央部を二周回の運轉を行ひ殆ど同一程度の曲線を含むの外、路上障害物なく鋪裝と砂利道との路面影響を明に示すものにしてガソリン量は前者に於て後者の 73.0% に過ぎず。

第 十 七 表

路面種類	路面凹凸 係数 cm/km	標準速度 16km/hr		標準速度 24km/hr	
		ton km/l	ton mile/gal	ton km/l	ton mile/gal
鋪 裝					
瀝 青 鋪 裝	14.25	14.58	38.00	14.41	

木 塊 鋪 裝	20.80	15.02	39.13	14.77	38.50
混 凝 土 鋪 裝	34.70	14.43	37.60	14.20	37.00
平 均	21.60	14.69	38.25	14.40	37.55
砂 利 道					
輕 交 通 路 線	41.70	11.45	29.80	11.39	29.66
重 交 通 路 線	113.50	12.65	32.95	12.09	31.75
平 均	89.50	12.05	31.37	11.86	30.72
明治神宮外苑道路	2.70	15.42	40.20	13.91	36.25
宮城前廣場道路	41.70	11.19	29.15	10.20	26.57

ガソリン勢力が路面抵抗に打克つ有効働に費さるる割合は第四章第十節に述ぶるが如く鋪裝に於ては 4.64% 砂利道に於ては 7.97% なるを以て此有効働に費さるるガソリン量は第十八表に示すが如く 52.2% に減するを知るべし、即ち鋪裝のガソリン消費量は砂利道の場合の 81.5% なるも實際の有効働に費さるるガソリン量は 52.2% に過ぎず。

第 十 八 表

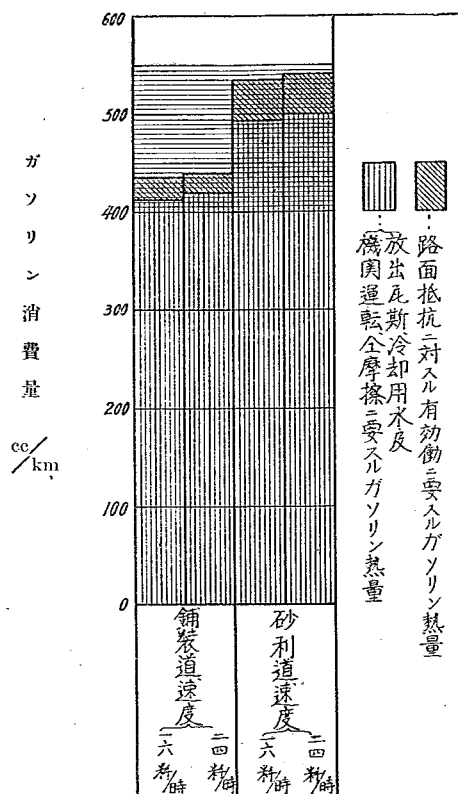
ガソリン用途區別 cc/km	標準速度 16km/hr		標準速度 24km/hr	
	鋪 裝	砂利道	鋪 裝	砂利道
有効働に要する量	20.15	33.75	20.5	39.25
冷却用水、放出瓦斯機關運轉 及摩擦に要する量	414.15	494.25	420.5	500.75
合 計 cc/km	434.3	528.0	441.0	540.0
有効働に要する量の比	0.522	1.000	0.522	1.000

砂利道は天候良好なる場合の成績を示すものにして、雨天の際は更に著しき差違を生ずるものなるべし。

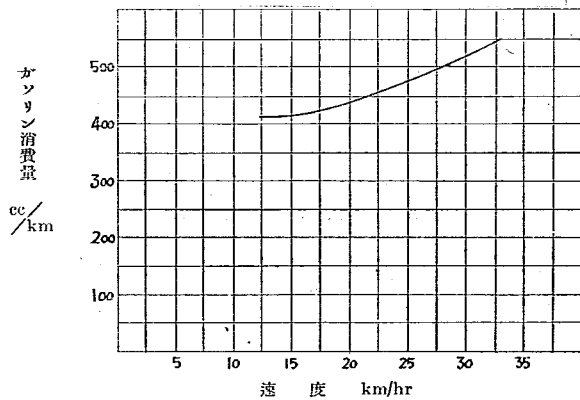
各種鋪裝の場合の試験成績は基礎路面狀態即局部の凹凸塵埃濕氣等の爲に異なるも試験結果の平均は第十七表の如し。

砂利道は路面狀態及地盤の影響大にして宮城前廣場の如く凹凸係數比較的少き路線も地盤軟弱の爲に進行中イールディングを生じ速度低下し一定速度を保持するに困難なるものは消費量比較的多く品川大通り等の如き重交通路線にして凹凸係數極めて大なるものも地盤相當堅固にして試験時の氣溫低く路面凍結せる場合は路面抵抗少くガソリン消費量も顯著なる差違を示さず。

第十四圖



第十五圖



II 速度

試験車は殆どその定量以上を積載したるが故に速度 32km/hr の場合の弁の開きは瀝青舗装に於て已に 0.998 に達し之れ以上の速度を出す能はず従つて廣き範圍に渡り各種の速度に於て試験し得ざりしも明治神宮外苑道路に於て行へる結果は第十五圖の如し。

第六節 舗装交通量の經濟的關係

試験結果より舗装砂利道の場合の ton km 當りのガソリン費を求むれば第十九表の如し。

ガソリンは 1 ガロン 0.90 圓 として求めたり。

第十九表

路面種類	標準速度 16km/hr		標準速度 24km/hr	
	gal/ton km	圓/ton km	gal/ton km	圓/ton km
舗装	0.01799	0.01619	0.01835	0.01652
砂利道	0.02193	0.01974	0.02228	0.02005
差	0.00394	0.00355	0.00394	0.00353
明治神宮外苑道路	0.01712	0.01541	0.01899	0.01709
宮城前廣場道路	0.02360	0.02124	0.02590	0.02331
差	0.00648	0.00583	0.00691	0.00622

舗装砂利道の路面築造費に對する金利、路面維持費及び一年の交通量に對する運搬費の總計を比較して舗装施行を經濟とする交通量の限度を次式より求めたり。

$$mCp + Mp + 365T.KpFp = mCg + Mg + 365T.Kg.Fg.$$

$$T = \frac{m(Cp - Cg) - (Mp - Mg)}{365(KgFg - KpFp)}$$

T = 交通量 輛/車線/日

Cp = 舗装面幅 1 車線、延長 1 km の路面築造費 圓

Cg = 砂利道 同

m = 金利

Mp = 舗装面幅 1 車線延長 1 km の一年平均維持費 圓

Mg = 砂利道 同

Fp = 舗装面の自動車ガソリン費 圓/ton km

Fg = 砂利道 同

Kp = 舗装面の運搬費係數

Kg = 砂利道 同

今路面築造費は一面坪につき舗装平均 20^圓 砂利道 10^圓 とし路面維持費は一年一面坪

につき平均、舗装 0.425^円、砂利道 0.935^円 もしガソリン費に對しその他の油類消耗品費を 20% とすれば以上述べたる數値は次の如し。

$$C_p = 18,160^{\text{円}}$$

$$C_g = 9,075^{\text{円}}$$

$$M_p = 360 + 0.122T$$

$$M_g = 800 + 0.244T$$

$$m = 0.10$$

$$K_p = K_g = 1.2$$

之によりて交通量の限度を求むれば次の如し。

$$T = 278 \text{ 吨/車線/日}$$

更に明治神宮外苑道路と宮城前廣場との ton km 當りガソリン費の差より此交通量を求むれば次の如し。

$$T = 175 \text{ 吨/車線/日}$$

此交通量を有する路線は單に自動車燃料の節約より考ふるも舗装施行を經濟なりと認め得べし而して自動車維持費、耐久力、消却費、輪帶費等を考ふれば此數量は更に低下するものと考へらる。

試験路線に於ける交通量は第五表の如し。

第三章 路面抵抗測定試験

自動車の進行中車輪の受くる路面抵抗及風壓抵抗は之に打克つ爲車軸に加ふべき力に換算し車輛の重量 1 吨に對する疋數を以て表はし之より風壓抵抗を減ぜるものを路面抵抗とす。

路面抵抗は路面種類狀態、輪帶種類、溫度、壓力及車輛重量により異り瀝青舗装に於ては路面溫度の影響をも受くるものとす。

本試験に於ては自動車が一定速度を以て進行中車軸に加ふる回轉力を急に停止しその際有する運動勢力を以て路面抵抗に打克ちて進行し遂に全く停止する迄の距離及時間を測定して路面抵抗を求めたり。

第七節 試 験 装 置

I. 測 風 器 (Anemometer)

自動車の進行及惰走中の風速は第二章に述べたる測風器を用ひたり、風速より風壓の強さを求むるには米國カンサス大學 L. E. Conrad 教授の行へる自動車による試験結果より米國自動車製造工場にて採用せるものを用ひたり。

コンラードの式は次の如し。

$$P = 0.00149 V^{2.14}$$

$$P = \text{風壓 } \text{lbs/ft}^2$$

$$V = \text{風速 } \text{mile/hr}$$

之を速度の自乗の項を以て近似的に表せる次の式を用ひたり。

$$P=0.00568 V^2 \text{ kg/m}^2$$

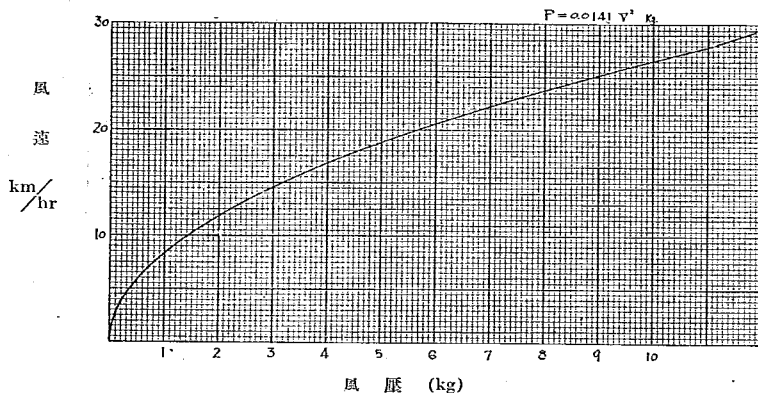
$$V=\text{風速 km/hr}$$

試験車の風向面積は 2.48m^2 なるを以て自動車全體に對しては次式を得たり。

$$P=0.0141 V^2 \text{ kg}$$

第十六圖は此風速と風壓の強さとの關係を示すものなり。

第十六圖 風速とその試験車に及ぼす壓力との關係



II. ウィンペリス加速度計 (Wimperis accelerometer)

本器は加減速度 8 ft/sec^2 迄を記録し得るものにして、記録紙1分割は 0.4 ft/sec^2 を示すものとする。

本試験に於ける惰走時間中の減速度は 0.2 乃至 2.0 ft/sec^2 の範圍にありて本試験器の感度は粗に過ぎ正確なる記録を得ざるを以てブレーキを用ひたる場合の減速度測定に用ひたる外は惰走時間の測定に用ひたり。

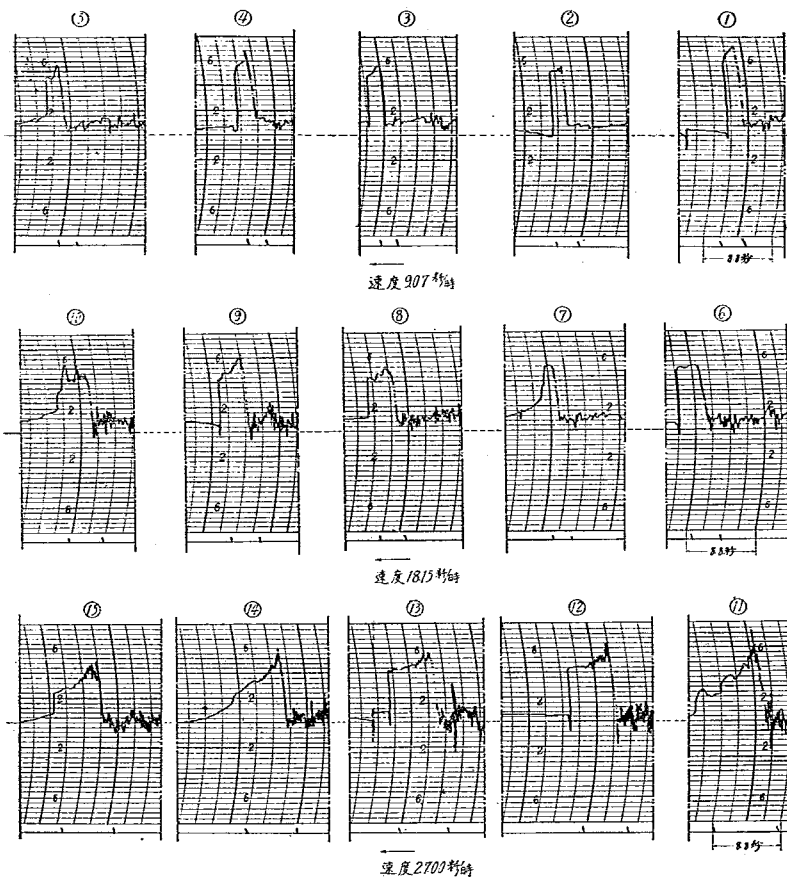
ブレーキ試験は、陸羽街道埼玉縣草加町地内に於て之を行へり。

一定速度を以て進行中足ブレーキを用ひ急に停車せしめたる場合の距離、時間及減速度を測定し之を計算より求めたる減速度と比較せるものは第二十表、第十七圖の如し。

第 二 十 表

初 速 km/hr	度	惰 走 試 験		減 速 度 m/sec^2	
		距離 m	時間 sec	加速度計記録	計 算
9.07		2.04	2.84	1.607	1.580
18.15		9.43	4.96	1.182	1.355
27.00		25.23	9.00	1.062	1.120

第十七圖 ブレーキ試験
(第四號國道埼玉縣草加町)



ブレーキ抵抗は次式より求めたり。

V_0 = 始速度	km/hr
B = ブレーキ抵抗	kg/ton
R = 路面抵抗	%
W = 自動車重量	ton
S_0 = ブレーキを用ひたる場合の進行距離	m
S_c = 惰走距離	m

$$t_b = \text{同 時間} \quad \text{sec}$$

$$WS_b(B+R) = \frac{1000W}{2g} \cdot \left(\frac{V_b}{3.6} \right)^2$$

$$B+R = 3.933 \frac{V_b^2}{S_b}$$

$$B = 3.933 V_b^2 \left(\frac{1}{S_b} - \frac{1}{S_c} \right)$$

第八節に於て求めたる路面抵抗より本試験のブレーキ抵抗を求むれば第二十一表の如し
ブレーキ環は第五圖に示すが如く徑 52.4cm ブレーキ受壓面積は 1320 cm² なるを以て
次式により單位壓を求めたり。

$$b. A = N \cdot f \cdot \frac{\gamma}{R}$$

$$b = \text{ブレーキ壓} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$A = \text{受壓面積} \quad \text{cm}^2$$

$$N = \text{ブレーキ直壓} \quad \text{kg}$$

$$f = \text{摩擦係數} \quad 0.6$$

$$\gamma = \text{ブレーキ環徑} \quad 52.4 \text{ cm}$$

$$R = \text{車輪徑} \quad 89.0 \text{ cm}$$

ブレーキをかけた場合停止する迄の距離は速度の函數にして次式より速度の 2 乗に比
例するものとして惰走距離係數 K を求めたり。

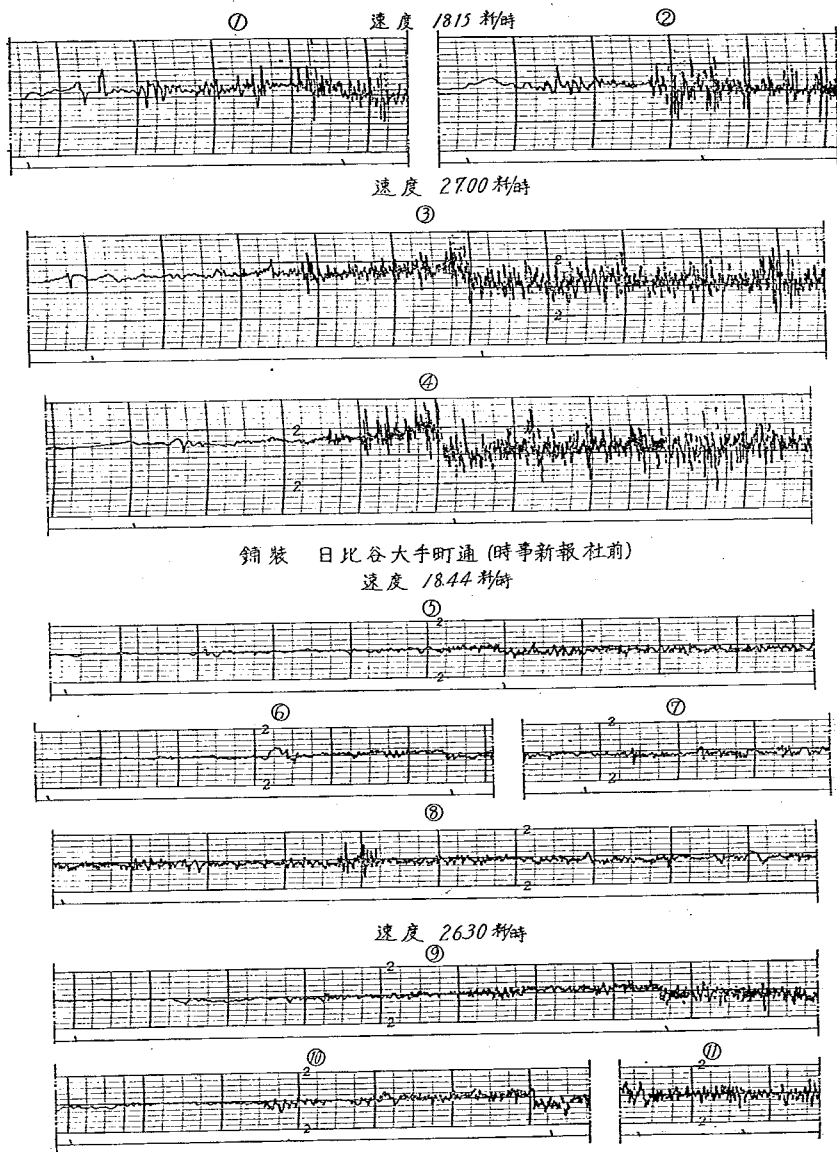
$$\frac{P}{2g} V_o^2 = N \cdot f \cdot \frac{\gamma}{R} \cdot S_b$$

$$S_b = \frac{R}{2g} \cdot \frac{R}{\gamma} \cdot \frac{1}{Nf} V_o^2 = K V_o^2$$

第 二 十 一 表

		初 速 度		
		km/hr		
抵 抗		9.07 km/hr	18.15 km/hr	27.00 km/hr
全 抵 抗	kg/ton	160.00	133.00	114.00
路 面 抵 抗	"	—	13.72	16.52
ブレーキ抵抗	"	—	124.28	97.48
ブレーキ抵抗	kg	—	789.18	619.00
ブレーキ壓	Ni "	—	1,338.00	1,050.00
ブレーキ直壓	N "	—	2,220.00	1,750.00
同 單 位 壓	kg/cm ²	—	1.68	1.33
惰 走 距 離 係 數		0.0247	0.0286	0.0340

第十八圖 加速計指走試驗 (砂利道第四號國道埼玉縣草加町)



加速度計は第一圖に示すが如く自動車の積載せる場合の重心が恰も積載臺の外枠にあるを以て、12cm 後方に距れる積載臺上に安置しその周圍を木片を以て固定せり。

記録紙は1區割 10sec を標準とするも試験の結果 8.8sec なりしを以て之より計算せり。

自動車は一定速度を以て進行中路面の凹凸又は波狀により常に加減速度を受け更に衝撃により振動を繰り返すが故に、記録に表るゝ加減速度は第十八圖の如く極めて不規則にしてその周期は 16km/hr の場合 0.366sec 24km/hr の場合 0.88 乃至 0.40sec にあり。

第八節 試 驗 結 果

本試験はガソリン消費量測定路線の區間中相當長さの直線部にして、勾配緩く横斷形一定せる個所を選び往復二回の試験を行ひ其結果を平均して勾配の影響を除けり、而して往復二回の試験に於て惰走距離中に一方にのみ異なる勾配を含めざる様區間を選定せり。

試験結果に於て正鵠なる成績を示さざるものありしは惰走距離中路面の局部的凹凸により異なる勾配を含める爲に起り、尚品川大通の如く軌道及曲線等の爲に有效幅員狭少にして適當なる試験區間を得ざりしものは之を除外せり。

進行中の機關動力の遮断は變速機を中立位置に換へ着火電流を切斷して之を行へり。

試験は4月8日、11日及び7月27日乃至8月5日の間にガソリン消費量測定試験の場合と同様に行へり。

路面抵抗は次式を用ひて之を求めたり。

V_c = 惰走速度 km/hr

R = 路面抵抗 kg/ton

W = 自動車重量 ton

S_c = 惰走距離 m

t_c = 同 時間 sec

$$R \cdot W \cdot S_c = \frac{1000W}{2g} \left(\frac{V_c}{3.6} \right)^2$$

$$R = 3.933 \frac{V_c^2}{S_c}$$

路面種別により分ちて路面抵抗を求むれば第二十二表乃至第二十四表の如し。

第二十二表 路面抵抗
 舗 装

路面種別	路 線	初速度 km/hr	惰 走 距 離 m	走 時 間 sec	路面抵抗 kg/ton	kg	風壓 kg
瀝青舗装	本郷大通	17.90	338.78	136.4	3.26		
		17.90	93.42	36.4	13.55		
	平 均	17.90	241.10	86.4	8.40	53.34	0.28

明治神宮外苑道路		9.80	33.07	15.6	11.45		
		10.10	62.53	23.7	6.44		
	平 均	9.95	47.30	19.65	8.96	56.90	—
		18.65	118.30	42.8	11.62		
		18.05	147.41	—	8.73		
	平 均	18.35	127.86	42.3	10.17	64.58	—
		26.80	260.17	82.3	10.88		
		26.88	330.42	85.3	8.60		
	平 均	26.84	295.30	83.8	10.57*	67.12	—
	京濱国道(東京府)	18.50	113.42	40.0	11.88		3.22
同 (神奈川縣)		18.50	151.19	46.4	8.93		0.68
	平 均	18.50	132.31	43.2	10.41	66.10	1.95
		26.75	219.21	53.0	12.90		1.59
		26.75	330.31	81.2	8.95		0.68
	平 均	26.75	274.76	67.1	10.93	69.41	1.13
		17.26	86.85	32.8	13.53		
		17.26	102.90	40.8	11.38		
	平 均	17.26	94.88	36.8	12.71	80.71	—
		26.40	174.18	47.2	15.80		
		26.40	231.54	67.8	11.80		
木塊舗装	平 均	26.40	202.86	57.5	13.84	87.88	—
	大手町内幸町通	18.44	154.48	62.0	8.70		
		18.44	148.81	62.0	9.03		
	平 均	18.44	151.65	62.0	8.86	65.26	—
		26.30	310.03	80.0	8.81		
		26.30	242.40	66.0	11.26		
	平 均	26.30	276.22	73.0	10.04	63.75	—
	日本橋銀座通り	19.20	149.24	51.0	9.74		
		19.20	122.66	43.0	11.83		
	平 均	19.20	135.95	47.0	10.79	68.52	—
混凝土舗装		27.00	251.57	59.2	11.40		
		27.00	255.33	63.0	11.24		
	平 均	27.00	253.45	61.1	11.32	71.88	—
	神田錦町通	9.98	96.30	72.2	4.03		0.09

* は勾配抵抗を算入せるものなり。

		10.70	43.10	31.0	9.37		0.12
平	均	10.34	72.20	51.6	6.73	42.74	0.10

第二十三表 砂 利 道

路面種別	路 線	初速度 km/hr	倍 互離 m	走 時 間 sec	路面抵抗 kg/ton	kg	風壓 kg
(砂利道) 輕交通路線	宮城前 廣 場 道 路	18.54	45.33	20.0	29.50		
		18.54	50.04	23.0	27.00		
	平 均	18.54	47.68	21.5	28.40	180.34	—
		26.95	75.74	24.6	33.84		0.476
	平 均	26.95	94.59	32.0	30.29		0.712
		26.95	86.15	28.3	34.55	219.39	0.59
	本郷上富士前寛徳 町	18.50	80.03	32.3	16.80		0.351
		18.50	108.72	45.2	12.33		0.350
	平 均	18.50	94.37	39.0	14.59	92.65	0.35
		27.85	195.33	56.0	15.70		1.200
	平 均	27.85	174.85	51.6	17.50		1.240
		27.85	185.09	53.8	16.60	105.41	1.22
重交通路線	本所森下町吾妻橋 東詰	16.34	76.6	31.2	13.85		0.63
		16.34	58.17	26.0	18.16		0.24
	平 均	16.34	67.39	28.6	16.00	101.60	0.43
	兩國 龜 澤 町 間	18.35	63.57	23.3	20.91		0.14
		18.35	105.84	42.6	12.58		0.16
	平 均	18.35	84.70	35.7	16.75	106.36	0.15
		27.18	135.72	46.0	21.60		1.27
	平 均	27.18	192.53	55.6	15.20		0.25
		27.18	164.13	50.8	18.40	116.84	0.76
	陸 羽 街 道	18.15	112.30	44.6	11.73		0.21
		18.15	82.54	34.5	15.71		1.41
	平 均	18.15	97.42	39.5	13.72	87.12	0.81
		27.00	194.42	53.2	14.77		
	平 均	27.00	157.66	48.0	18.26		
		27.00	176.04	53.1	16.52	104.90	—

第二十四表 軌道

路面種別	路線	初速度 km/hr	惰 阻 m	走 時 間 sec	路面抵抗 kg/ton	kg	風壓 kg
軌道路面	本郷市大前	17.65	66.12	32.6	18.56		0.11
		16.60	239.29	96.6	4.55		0.53
		17.13	152.70	64.6	11.50	73.34	0.32
		29.60	435.27	103.8	7.95		1.77
		23.25	123.30	36.8	17.40		0.14
	平 均	26.43	279.28	70.3	12.68	80.52	0.95
		27.30	131.10	43.2	22.50		0.14
	本郷着町富士前間	27.00	66.00	24.8	43.50		2.35
		27.15	98.55	34.0	33.00	209.55	1.44
	小石川柳町指ヶ谷間	15.40	66.90	28.6	14.05		0.11
		19.00	91.30	42.8	15.63		0.24
	平 均	17.20	79.1	35.7	14.84	94.23	0.18
		24.40	114.30	36.6	20.6		0.51
		25.70	160.10	52.0	16.28		0.54
	平 均	25.05	137.2	44.3	18.44	117.09	0.52

本試験は風速なるべく小なる日を選びて行へるを以て惰走時間中の風壓は惰走速度小なるにより路面抵抗に比し極めて少く第二十五表の如く其 0.2 乃至 2.4% に過ぎず、従て本試験の如く各種の影響を受け易きものにありては之を除外して考ふるも大差なきが如し。

第二十五表

路線	路面抵抗 kg	風壓抵抗 kg	計 kg	全抵抗に対する 風壓抵抗 %
宮城前廣場	219.30	0.594	119.98	0.27
兩國橋通り	116.84	0.777	117.62	0.66
森下町吾妻橋東詰	101.60	0.433	102.33	0.42
陸羽街道	87.12	0.812	87.93	0.92
京濱國道(18.5km/hr)	66.10	1.650	67.75	2.40
" (26.75 ")	69.41	0.835	70.25	1.18

路面抵抗に及ぼす路面凹凸係数、路面種類、温度、速度の影響は次の如し。

I. 路面凹凸係数との關係

路面抵抗は平滑なる路面に於ては速度に關係なく一定なるも凹凸又は間隙ある場合は、速度の二乗に比例して影響を受けるが故に次式によりて表はし得べし。

$$R = A + BV^2$$

A は路面と輪帶とに關係する項にして第四表に示せる數量の函數なり、B 項は衝擊による影響にして凹凸係數及不連續係數の函數なり、鋪裝工の良否巧拙又は路面維持の狀態は第二項係數 B の量により表はし得べく理想は之を零にするにあり。

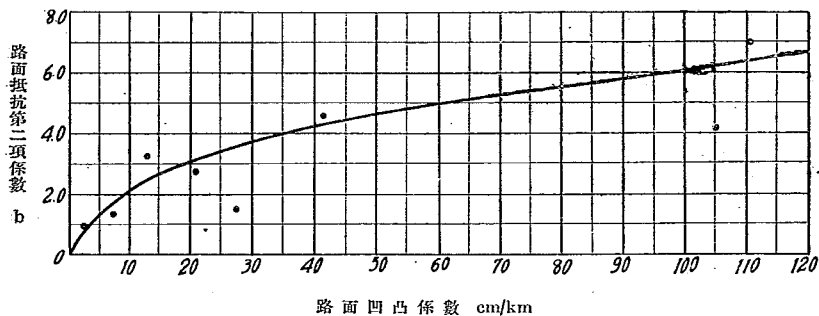
試驗路線につき此式を求むれば第二十六表の如し。

第 二 十 六 表

路面種別	路線	A	B
瀝青鋪裝	明治神宮外苑道路	9.84	10 ⁻³ 1.04
	京濱國道(東京府)	9.90	1.39
	同 (神奈川県)	11.80	2.82
木塊鋪裝	日比谷大手町通	7.78	3.36
	日本橋銀座通	10.30	1.47
砂利道	本郷上富士前荏荏町通	12.20	4.62
	陸羽街道草加町	11.40	7.00
	兩國龜澤町通	15.40	4.10
	宮城前廣場道路	22.70	17.10

此式は $R = a + b \times 10^{-3} V^2$ の形を有し凹凸係數 b の關係は第十九圖の如し。

第 十 九 圖

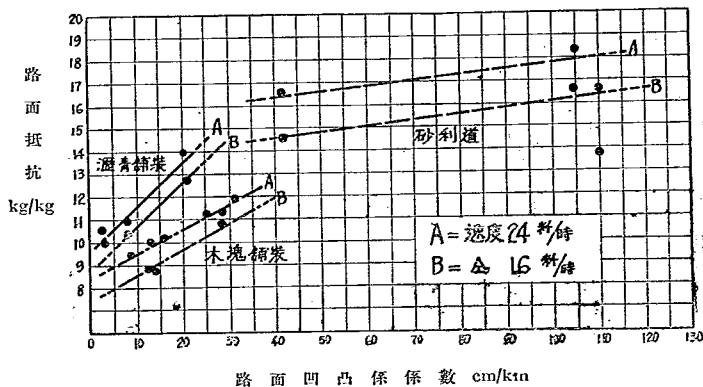


凹凸係數は試驗路線全區間の平均結果を示しその間に局部的障害多きも路面抵抗は區間

中の1局部の成績にして明なる關係を求め得ざるも、只凹凸係數 α は互に關聯して増減するを知るべし。

路面抵抗 α 凹凸係數 α の直接關係は第二十圖の如く鋪裝面に於ては凹凸係數の路面抵抗に及ぼす影響は極めて著しく砂利道に於ては少し。

第二十圖 路面抵抗 α 凹凸係數 α の關係



II. 鋪裝 α 砂利道 α の路面抵抗

路面種類により平均せる結果は第二十七表の如し。

第二十七表 路面抵抗 (kg/ton)

路面種類	標準速度 km/hr		
	8.0	16.0	24.0
鋪裝			
瀝青鋪裝	8.96	11.10	11.78
木塊鋪裝	—	9.83	10.68
混凝土鋪裝	6.73	—	—
平均	7.85	10.40	11.34
砂利道			
重交道路線	—	15.48	17.46
輕交通路線	—	21.50	25.58
平均	—	17.90	21.52
軌道			
板石、基礎砂利	—	—	33.00
同上混凝土	—	14.84	18.44

自動車進行中その運動勢力は一部熱として路面及輪帶に傳はり各材料の彈性率及ポアソンス比を變へ爲めに接觸面積摩擦係數を變ゆるも本試験に於ては裝置日時日の不足の爲に未だ之の關係を發見し得ず。

本試験結果に於ては木塊鋪裝最も少く瀝青鋪裝之に次ぐは、試験時の溫度 30°C 内外にして瀝青鋪裝に於て此影響を最も受け、從つて表面粘性の特質を帶びたるによる。

III. 軌條抵抗の比較

本試験の結果を軌道上の列車抵抗と比較すれば次の如し。

$$\text{列車抵抗 } R = 2.32 + 1.58 \times 10^{-3} V^2$$

$$\text{自動車抵抗 } R = 9.80 + 1.39 \times 10^{-3} V^2 \quad \text{瀝青鋪裝}$$

第1項は自動車の場合は列車の場合の 4.22 倍に達し第2項は、瀝青鋪裝の如きは、列車の場合と大差なく、凹凸係數大なる路面に於て著しく大なり。

IV. 惰走勾配

自動車が進行中受くる抵抗は一般に次式により表はし得べし。

$$R = a + bV^2 \pm 1000i + \frac{c}{r}$$

i = 勾配

r = 曲線半径

a, b, c 常數

曲線なき場合自動車の惰走勾配は次式により求め得べし。

$$i = \frac{a + bV^2}{1000}$$

試験結果より之を求めれば第二十八表の如し。

第二十八表 惰走勾配

路面種類	標準速度 km/hr		
	8	16	24
瀝青鋪裝	1 : 112	1 : 90	1 : 85
木塊鋪裝	—	1 : 102	1 : 93
混凝土鋪裝	1 : 148	—	—
平均	1 : 127	1 : 96	1 : 88
砂利道			
輕交通路線	—	1 : 63	1 : 57
重交通路線	—	1 : 46.5	1 : 39
平均	—	1 : 56	1 : 46.5

第四章 ガソリン消費量と路面抵抗との關係

試験結果よりガソリン消費量と路面抵抗との關係及びガソリン勢力と自動車の働きの關係より機關特性を求むれば次の如し。

第九節 ガソリン消費量と路面抵抗

ガソリン消費量測定試験の際の風壓抵抗を路面抵抗に加へたるものゝガソリン消費量との關係は第二十九表の如し。

第 二 十 九 表

路 線	標 準 速 度 16km/hr		標 準 速 度 24 km/hr	
	全抵抗 kg	ガソリン消費量 ton km/l	全抵抗 kg	ガソリン消費量 ton km/l
瀝青鋪装				
明治神宮外苑	65.95	15.42	70.82	13.91
京濱國道(東京府)	68.31	15.25	73.22	15.07
同 (神奈川縣)	82.32	13.90	91.52	14.06
木塊鋪装				
大手町——日比谷	57.25	14.90	67.00	15.16
日本橋——銀座通	69.20	15.72	74.11	15.80
砂 利 道				
宮 城 前 廣 場	180.99	11.19	221.09	10.20
本 郷 神 明 町 通	93.95	11.70	108.24	12.57
雨 田 橋 通	—	—	119.94	12.13
森下町吾妻橋東詰	104.73	—	—	11.40
陸 羽 街 道	—	—	103.40	12.64

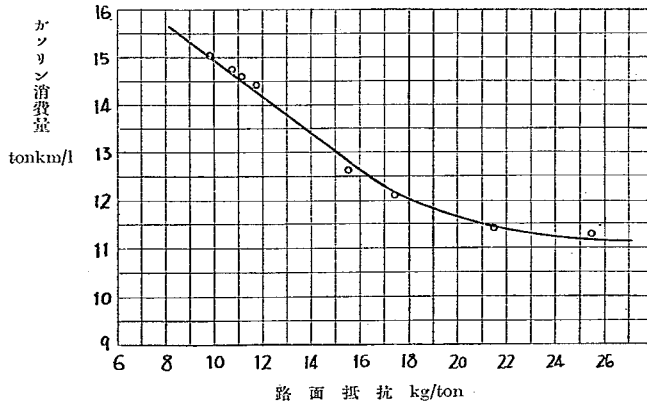
本試験の如く機關運轉狀態、天候、路線形等の影響を受くる事大なるものにありては、試験時の風速比較的少き爲、風壓抵抗を除外するも大差なきを以て今路面種別に應じ、その平均結果をあぐれば第三十表、第二十一圖の如し。

第 三 十 表

路 面 種 別	標 準 速 度 16km/hr		標 準 速 度 24km/hr	
	ガソリン消費量 ton km/l	路 面 抵 抗 kg/ton	ガソリン消費量 ton km/l	路 面 抵 抗 kg/ton
鋪 装				
瀝 青 鋪 装	14.58	11.10	14.41	11.78

木 塊 鋪 装	15.02	9.83	14.77	10.68
平 均	14.69	10.59	14.40	11.34
砂 利 道				
軽 交 通 路 線	11.45	21.50	11.39	25.58
重 交 通 路 線	12.65	15.48	12.09	17.46
平 均	12.05	18.36	11.86	20.41

第二十一圖 路面抵抗ミガソリン消費量との關係



路面抵抗と共に機關馬力増加し、馬力の増加に伴ひ熱效率増加し效率極度に近き部分に於ては抵抗の増加に伴ふガソリン消費量の増加少し。

第十節 自動車機關ノ特性

本試驗結果より機關の主要特性を求むれば次の如し。

I. 絞弁の開放率ミガソリン消費量

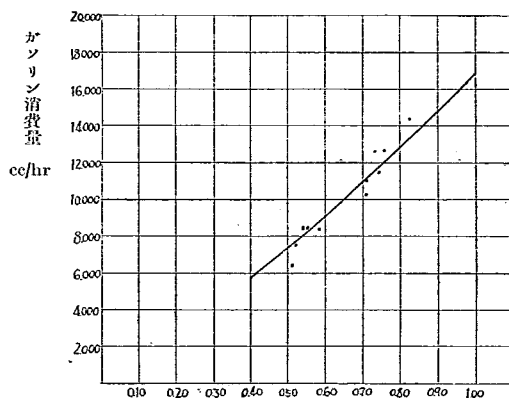
試驗路線に於ける絞弁の開き、その場合のガソリン消費量 cc/hr ミは第三十一表第二十二圖の如し。

第三十一表 絞弁の開きミガソリン消費量

路 線	標 準 速 度					
	16 km/hr 弁ノ開キ	ガソリン消費量 cc/hr	24 km/hr 弁ノ開キ	ガソリン消費量 cc/hr	32 km/hr 弁ノ開キ	ガソリン消費量 cc/hr
明治神宮外苑道路	0.510	6,430	0.712	11,220	0.998	16,880
京 濱 國 道 (東京府)	0.519	7,060	0.712	10,350	—	—

同 (神奈川県)	0.540	8,540	0.729	12,650	—	—
日本橋新橋通	0.510	7,060	0.712	10,350	—	—
宮城前廣場道路	0.550	9,040	0.824	14,400	—	—
本郷神明町通	0.544	9,000	0.670	11,400	—	—
品川大通	0.588	8,400	0.804	12,400	—	—
雨國橋通	—	—	0.754	12,700	—	—
陸羽街道	0.553	8,400	0.803	14,000	—	—

第 二 十 二 圖



較 弁 ノ 開 キ

II. 路面抵抗に對する働、馬力及ガソリン消費量

自動車進行のなす働、馬力及ガソリン消費量の關係を次式より求むれば第二十三圖第三十二表の如し。

$$W = (a + bV^2) \frac{V}{3.6} \times T$$

$$eHP = (a + bV^2) 0.37V \times 10^{-2} T$$

W = 働 $mkgy$

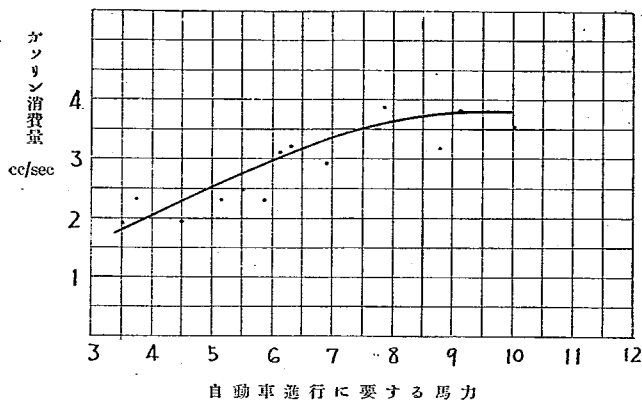
eHP = 馬力

V = 速度 km/hr

T = 自動車重量 ton

a, b = 常数

第二十三圖 自動車進行に要する馬力ミガソリン消費量



III. 熱効率(thermal efficiency)

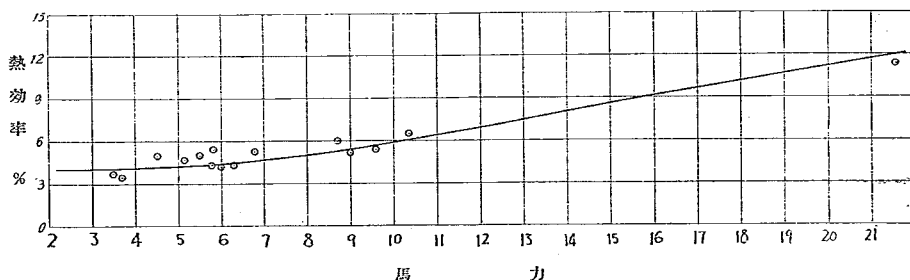
赤貝印ガソリンの發熱量を 19,200 B. T. U. とすれば 1l の有する勢力は 33.8×10^3 mkg にして自動車が進行する場合になす働きの場合のガソリン量の有する勢力との關係は第三十二表第二十四圖の如し。

第三十二表

路 線 別	路面抵抗 kg/ton	速 度 m/sec	働 量 mkg/sec	有効馬力 chp	ガソリン 消費量 cc/sec	同勢力 mkg/sec	熱効率 %
舗 装							
神 宮 外 苑	10.17	4.35	280.92	3.69	2.34	10 ² 77.9	3.61
	10.57	6.85	459.74	6.05	3.12	104.0	4.43
京濱國道(東京府)	10.41	4.71	311.34	4.09	2.12	70.6	4.41
	10.93	6.86	476.12	6.26	3.19	106.4	4.48
同 (神奈川縣)	12.71	4.82	389.00	5.12	2.37	78.9	4.93
	13.84	7.04	618.68	8.14	3.52	117.2	5.28
日 比 谷 大 手 町	8.86	4.68	263.26	3.46	1.995	65.5	4.02
	10.04	6.93	441.83	5.82	2.91	96.9	4.56
銀座日本橋通	10.79	4.97	340.55	4.48	1.96	65.2	5.22
	11.32	7.18	516.13	6.80	2.88	96.0	5.38
平 均							4.644
砂 利 道							
本 郷 上 富 士 前	14.59	4.49	415.99	5.47	2.50	83.2	5.00
	16.60	6.24	659.73	8.68	3.17	105.5	6.25

宮 城 前 廣 場	28.40	5.15	923.75	12.20	2.51	83.5	11.13
	34.55	7.49	1,643.25	21.60	4.00	133.3	12.33
森 下 町 龜 澤 町	16.00	6.74	684.78	9.00	3.81	127.0	5.38
兩 國 橋 通	18.40	6.74	787.53	10.36	3.53	117.6	6.72
陸 羽 街 道	13.72	5.07	441.70	5.81	2.34	77.9	5.67
	16.52	6.98	732.22	9.63	3.89	129.6	5.65
平 均							7.27

第二十四圖 熱 効 率



路面抵抗異るに従ひ機関の所要馬力異り従つて機械能率、及熱効率異り、砂利道に於ては有効馬力 5.5 以上にしてその熱効率 5.0 乃至 13.0% 平均 7.27% となり、舗装に於ては 3.5 乃至 8.2 馬力にして熱効率 3.6 乃至 5.4% 平均 4.64% なり、従つて第十八表に示せる舗装と砂利道との場合のガソリン消費量の實際的差を知るべし。

IV. 速度と機関回転数との關係

ギヤ比より次式を用ひて求むれば第二十五圖の如し。

$$V = \frac{\pi d \cdot N \times 60}{1000m}$$

V = 速 度 km/hr

d = 車輪徑 m

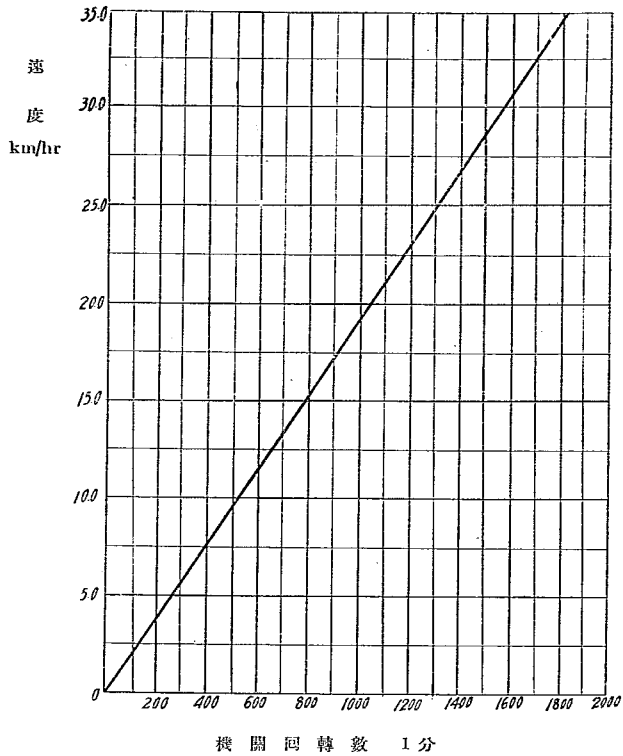
N = 回転數/分 $R. p. m.$

m = ギヤ比

$V = \frac{19.17}{1000} N$ 第一速度

$N = \frac{1000}{19.17} V$ 同

第二十五圖 速度と機關回轉數との關係(變速機第一速度)



V. 混合強度 (mixture strength)

砂利道に鋪裝に於けるガソリンと空氣との混合割合は次式を用ひて求めたるものは第三十三表の如し。

$$\text{空氣容積 } cc/min = \frac{eN \cdot V}{2}$$

N = 機關回轉數 R. P. M

V = 圓筒總容積 cm^3

$e = 0.75$

空氣重量 = $1.297kg/m^3$ $5^\circ C.$

第 三 十 三 表

路面種別	速 度 km/hr	機関回転 数 毎 分 R. P. M.	ガソリン 消費量 cc/hr	消費量 kg/hr	空 氣 量 cc/hr	量 kg/hr	混 合 重量%	強 度 容積比
舗 装								
瀝青舗装	17.00	886	7,395	5.43	$\times 10^6$ 90.0	116.8	4.65	$\times 10^3$ 12.2
木塊舗装	17.15	895	7,237	5.31	90.6	117.6	4.53	12.5
混凝土舗装	17.40	906	7,656	5.63	92.0	119.3	4.72	12.0
平 均	17.08	890	7,378	5.45	90.8	117.9	4.63	12.2
砂利道	16.55	864	8,705	6.40	87.9	113.7	5.64	10.1
舗 装								
瀝青舗装	24.82	1,298	10,920	8.026	131.3	170.5	4.71	12.05
木塊舗装	25.00	1,306	11,225	8.250	132.3	171.8	4.80	11.76
混凝土舗装	24.49	1,280	10,923	8.028	129.5	168.2	4.77	11.85
平 均	24.84	1,300	10,929	8.101	131.03	170.16	4.76	11.83
砂利道	23.80	1,243	12,733	9.360	126.0	163.5	5.73	9.90

混合強度は標準速度 16km/hr の場合、舗装 4.63% 砂利道 5.64% にして砂利道 21% 高く、速度 24km/hr の場合各々 4.76% 5.73% にして同様に 20% 高し、更に速度に就て考ふるに標準速度 24km/hr の場合は 16km/hr の場合よりも 2.8% 乃至 1.6% 増加せり。

VI. 平均ブレーキ壓 (mean brake pressure)

混合強度異なるに従ひブレーキ壓力を異にす、次式を用ひて之を求めたるものは第三十四表の如し。

$$\text{ブレーキ壓 } \eta p = \frac{R \cdot 2\pi T d_0}{m C}$$

R = 路面抵抗 kg/ton

m = ギヤ比

T = 自動車重量 ton

C = 圓筒總容積 cm³

d₀ = 後輪徑 cm

第 三 十 四 表

種 別	標 準 速 度 16km/hr		標 準 速 度 24km/hr	
	路面抵抗 kg/ton	有效壓力 kg/cm ²	路面抵抗 kg/ton	有效壓力 kg/cm ²

鋪 裝				
瀝 青 鋪 裝	11.10	0.936	11.78	1.046
木 塊 鋪 裝	9.83	0.873	10.68	0.948
平 均	10.40	0.925	11.34	1.008
砂 利 道				
輕 交 通 路 線	21.50	1.910	25.58	2.270
重 交 通 路 線	15.48	1.375	17.46	1.550
平 均	17.90	1.590	21.50	1.910
砂 利 道(最大値)			34.55	3.066

第五章 試験結果の約説

本試験は路面の乾燥せる状態に於て行へるを以て、降雨の際は之と異り、砂利道に於ては路面に無數の小窪を有し且つ泥濘を以て覆はれ鋪裝に比して路面抵抗凹凸係數及ガソリン消費量著しく増加し經濟的價值を低下する事大なりと考へらるゝも、今本試験結果を約言すれば次の如し。

1. 試験自動車

後車輪は積載臺中心の直下にあるが故に前車輪に加はる荷重の影響は極めて少く、荷重の位置によりては肘桁作用により却つて荷重の減少する場合あり、従て前彈條は衝撃を受くるもその變形は常に彈性限界内にあると考へらるゝも後彈條は荷重を積載して車輛の靜止せる場合に已にその限界を超えたり。

輪帶荷重の路面に及ぼす單位壓力は靜止せる場合 13.05 kg/cm^2 に達せり。

2. 路面凹凸係數

路面凹凸係數はガソリン消費量及路面抵抗の大きさに影響を及ぼし更に衝撃係數の測定標準ともなるが故に路面の經濟的價值の一の測定と稱し得べし。

鋪裝面は 30 cm/km 以下の場合多く、砂利道は 40 乃至 120 cm/km の範圍にあり。

鋪裝に於ては瀝青鋪裝最も少く木塊鋪裝之に次ぎ砂利道に於ては交通量に伴いて増加す

3. 衝撃係數

衝撃係數は凡そ速度に比例して増加し、砂利基礎上の板石軌道最も大にして砂利道及剛體鋪裝を有する軌道横斷の場合之に次ぎ鋪裝に於ては最も少し。

速度 24 km/hr の場合の最大値は 0.55 に達し路面に及ぼす輪帶の壓力は 16.28 kg/cm^2

に及べり。

4. ガソリン消費量

速度及路面によりて異り、速度に於ては 16km/hr の場合最も少く、速度の増加するに伴いて消費量増加す。

路面は凹凸係数及路面抵抗の増加に伴いて消費量増加す。

軌道その他の路上障害物ある路線は舗装に於ては砂利道の 81.5% に減するも之らの障害物なき場合は 78.0% に減ぜり、而して路面抵抗に對する働に直接要する消費量は前者に於て後者の 52.2% に減少せり。

5. 舗装施工を經濟さする交通量

路面築造費及之に對する金利、路面維持費運搬費の總計を最小ならしむる爲に舗装施工を經濟さする交通量の最小限度は一日一車線（幅 3 m）につき略々 200ton なり、車輛の耐久力及之に伴ふ原價消却費、輪帶費、維持費を考ふれば此數量は更に減少すべきものも考へらる。

6. ブレーキ減速度

ブレーキを用ふる場合の減速度は、 $1.6m/sec^2$ 乃至 $1.1m/sec^2$ の範圍にあり。

7. 路 面 抵 抗

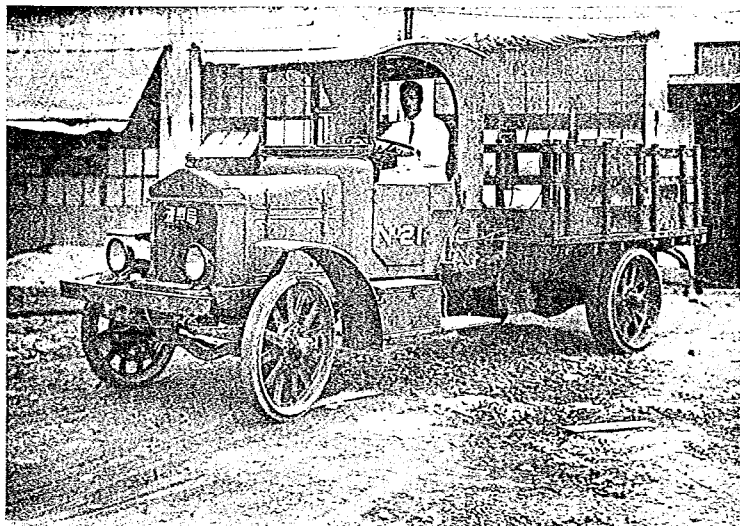
路面抵抗は路面構成材料、凹凸係数及車輛速度に伴いて變化す、路面抵抗の中速度の自乗に比例して増加する部分は凹凸係数に従つて稍著しく増大し、その影響は砂利道に於て最も著しく舗装に於て少し。

舗装の路面抵抗は砂利道に比して極めて少く後者の 50 乃至 60% に過ぎず、就中木塊舗装最も少く瀝青舗装之に次ぎ板石舗装最も多し。

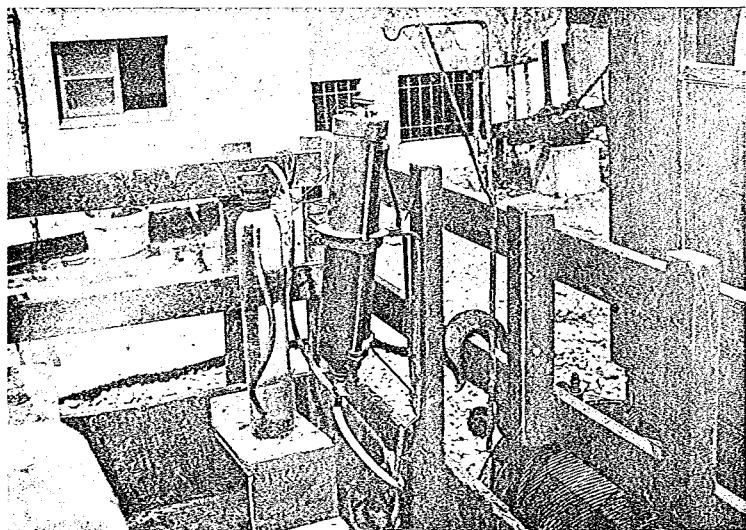
砂利道に於ては地盤軟弱なるもの最も多く重交通路線にして路床よく固締せるもの却つて少し。

8. 自動車機關の特性

自動車の機關は舗装よりも砂利道を運轉する場合に於てその能率高き狀態にあり、ガソリンと空氣との混合比に於て後者は前者よりも 20% 高く、有效働に對する熱効率も略 50% 高し。



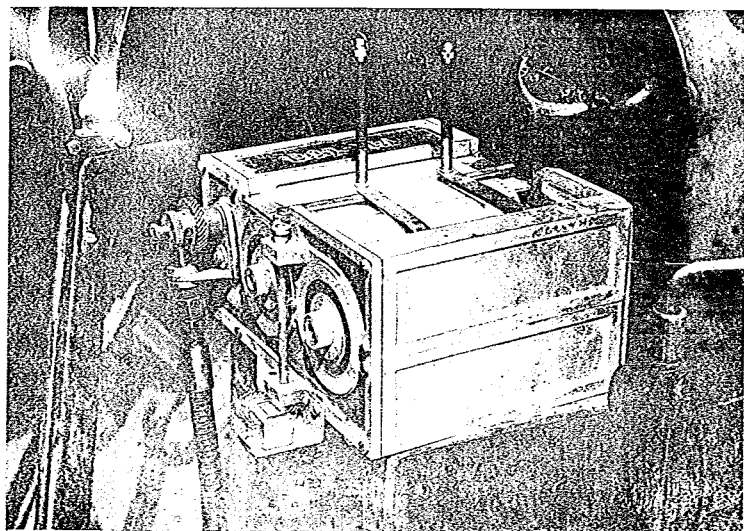
No. 1 試 験 自 動 車



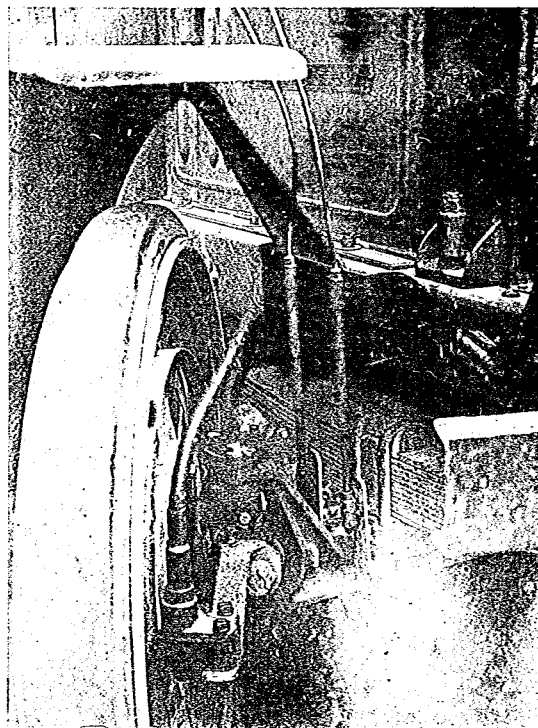
No. 2 積載臺上のガソリン量計



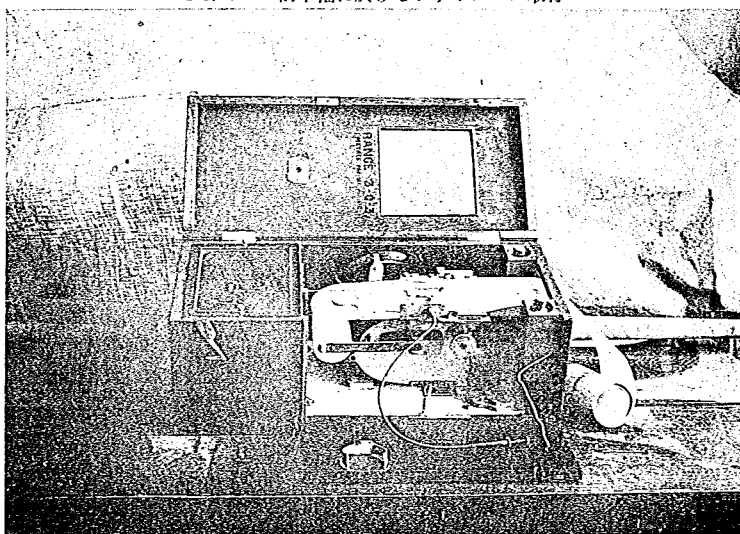
No. 3 測風器



No. 4 連轉手席のワイアログ



No. 5 前車軸に於けるツェイアログ取付



No. 6 加 速 度 計

道路橋振動試験

内務技師 青 木 楠 男

第一章 緒 言

大正15年12月10日より同12日に至る3日間に亘り、大阪市内淀川小橋、淀川大橋、神崎大橋、灘波橋、端建藏橋、大正橋の6市街橋に就きて、荷重通過に際して生ずる上下振動、横水平振動（橋梁の方向に直角の水平振動）、縦水平振動（橋梁の方向の水平振動）の測定を行へり。

本観測は橋梁の維持状態並びに構造の良否が其撓度或は其振動を観測することによつて幾分なりと推察し得べしとの概念の下に行はれたるものにして、これが解決に至る迄には尙幾多の研究と、多數の観測とを必要とすべく、本報告は將來各方面に涉つて行はるべき観測の先驅として行はれたるものゝ報告にして、先づ其振動観測方法並びに観測結果を記述し、更に観測橋梁中の二、三のものに就きては、観測振動週期と理論上推定しうる振動週期の比較對照を行ひたり。

振動週期算定に就きては豊田松吉、松村孫治兩氏の助力に俟つところ頗る大なり。

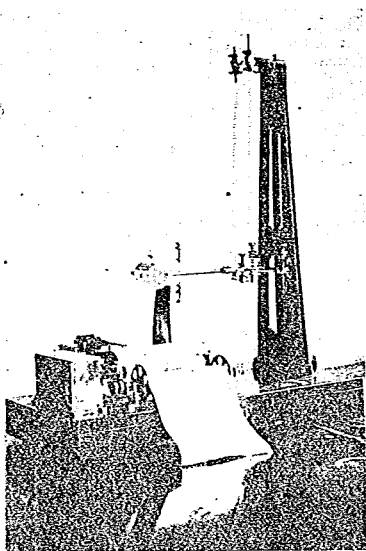
観測を行ひたる6橋梁中淀川小橋、神崎大橋、端建藏橋、淀川大橋の一部は鋼桁上路橋、淀川大橋の一部は鋼構上路橋、灘波橋は二鉸鋼拱上路橋、大正橋は二鉸鋼拱下路橋にして、各橋共車道中央部に復線電車軌道を有し、左右に歩道を備へたり、橋面は鐵筋混凝土床版上に鋪裝を施したるものなり。

第二章 観測用機械

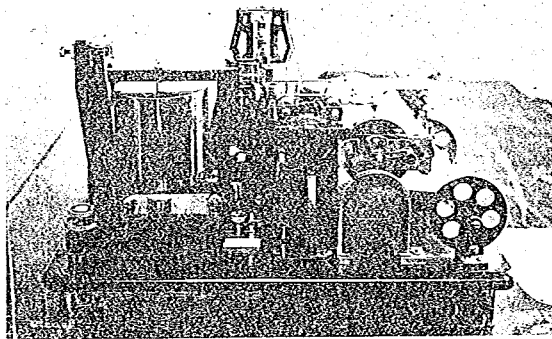
振動測定に用ひたる器械は大森式微動計にして、寫眞第一は上下振動測定に用ひたるものの、寫眞第二は水平振動測定に用ひたるものなり、何れも圓筒上に捲かれたる紙上にインキを以て振動を記録するものにして、紙とペンとの間の摩擦大なる爲め、極微動を明瞭に記さざるの缺點あり。観測の際用ひたる記象の倍率は、上下振動に於て10、水平振動に於て80なりとす。

機械の据付位置は後節に示すが如くにして、該据付位置を挟みて、上下、水平兩測定機を直接橋面上に定置したり、橋面の不陸による傾きは小楔を以て整正し、正しく水平なら

しめたり。



写真第一 上下振動測定機



写真第二 水平振動測定機

第三章 振動測定用荷重

淀川小橋、淀川大橋、神崎大橋の振動測定に當つては、一般通行を一時遮断して、特定の荷重の通過のみによつて生ずる振動を観測せるも、難波橋、端建蔵橋、大正橋に於ては、

行通の遮断困難なりしたため、随時通過せる荷重につきて観測を行へるものなるが故に、測定の結果は歩行者、自轉車、荷車、其他各種の荷重によつて誘因せられたる振動を示すものなり。

淀川小橋、淀川大橋、神崎大橋に於て使用したる特定荷重次の如し。

一 貨物自動車 Kelly-Truck (Fig 1. 参照) 總重量 3.4 英噸、積載荷重 1.3 英噸なり。

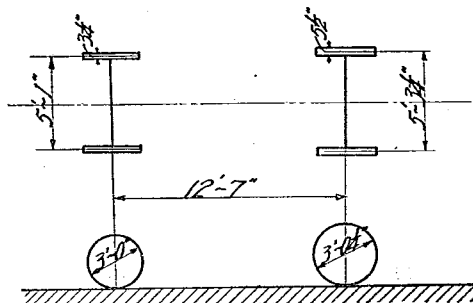


Fig. 1.

自動車前後輪に於ける荷重の分布下の如し。

	前軸荷重	後軸荷重	總重量
空車の重量	3,580 [#]	4,060 [#]	7,640 [#] $\div$ 3.4 ^{Ton}
載荷せる車の重量	4,060	6,420	10,480 $\div$ 4.7 ^{Ton}

上記の重量は孰れも運轉手の體重を含むものなり。

二 荷馬車 一頭立荷馬車 (Fig. 2 参照) にして車輛の自重 0.43 英噸、荷重約 1.3 英噸、馬匹重量 0.45 英噸なり、荷重の分布下の如し。

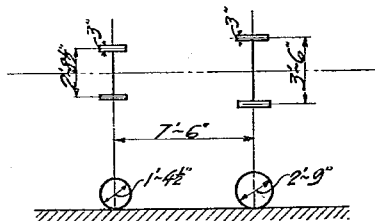


Fig. 2

	馬匹重量	前軸荷重	後軸荷重	總重量
空車の重量	1,010 [#]	400 [#]	570 [#]	1,010 + 970 = 1,980 [#] (0.89 ^{Ton})

載荷せる車の重量 $1,010^{\#}$ $1,510^{\#}$ $2,300^{\#}$ $1,010+3,810=4,820^{\#}$ (2.15^{Ton})

三 一般荷重 偶々橋上に來れる車輛の數臺を一團となして連續通行せしめたるものにして、主として荷馬車又は牛車なり、車體の形狀寸法は第二項に掲げたものゝ大差なく、各車輛の載荷重量の概算を觀測表中に掲げたり。

四 小學生 淀川大橋鋼橋橋振動測定に當りては附近高等小學校に依頼し、同校高等科一、二學年生 102 名をして橋上に並足、馳足並びに足路を行はしめたり、小學生平均體重約九貫にして行進中の歩調次表の如し。

	歩 數	時 間	週 期
二 列 並 足 行 進	41	21 ^{sec}	0.51 ^{sec}
四 列 並 足 行 進	40	19.5	0.487
	39	18.25	0.47
四 列 馳 足 行 進	26.5	8.2	0.31
	27	9.0	0.33
足 路	—	—	—

馳足行進に於ける歩調は初めに緩に後に急にして上表は其平均を示すものなり。

第 四 章 振動の觀測

一 淀川小橋 本橋は鋼板桁上路橋にして徑間長 77'-0"、幅員 68'-0"、10'-0" 間隔に置かれたる 7 列の主鋼桁を有し、之に直角に 23 本の横桁が 3'-6" 間隔に配置せられたり、兩側主鋼桁の外側には歩道を支ふる爲の長 4'-1½" の突桁を 7'-0" 間隔に有す。

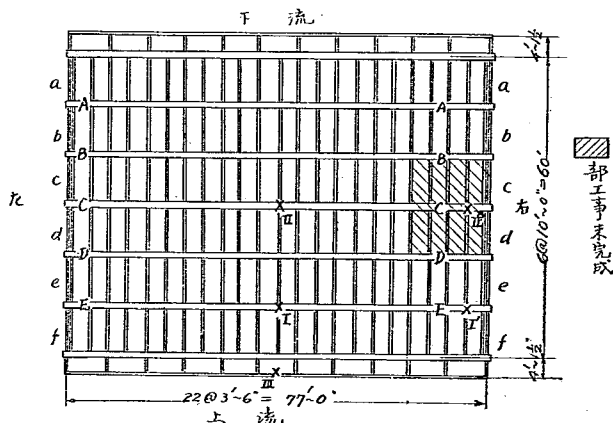


Fig. 3 淀川小橋

I	"	B-B	—	—	0.133 0.146	0.1	—	記 録 サレズ	—	≠1	附圖第一参照
III	W	f-f	73-3	13½	6.5 0.141 0.147	0.5	0.151	微	—	≠1	"
	"	E-E	79-0	15	5.8 0.142 0.147	0.38	0.155	"	—	≠1	"
	"	e-e	79-0	14½	6 0.141 0.146	0.5	0.148	"	—	≠1	"

附圖第一は本橋の振動記録の一部にして凹凸線は時刻を示し其の一凹一凸は一秒に相等す。

二 淀川大橋（鋼構橋） 本橋は鋼構上路橋にして其径間長 105'~0" 幅員 68'~0" なり、20'~0" 間隔に置かれたる 4 列の主鋼構に 11 行の横桁を配し、各主構間には 5 列の縦桁を置きたり、兩側主鋼構外側に歩道用の突桁を付したるこゝ、淀川小橋に同じ、路床の構造も亦之に同じ。Fig. 4 は本橋床構造の大略を示すものなり。

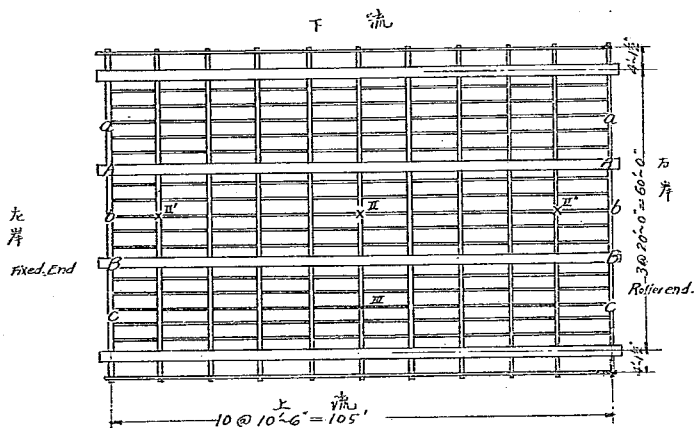


Fig. 4 淀川大橋鋼構橋

淀川大橋鋼構橋振動観測一覽表

振動計 据位 付置	種類	荷 重				上下振動		横水平振動		縦水平振動		摘 要
		通過 位置	通過 距離 ft in	通過 時間 sec	速 度 ft/sec	週期	最大 振幅 mm	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅	
II'	W	a-a	105-0	19½	5.0	0.176 0.186	微	—	極微	—	記 録 サレズ	T=貨物自動車
	"	A-1	105-0	18½	6.2	0.162 0.183	"	—	"	—	"	W=荷馬車
II	W	a-a	105-0	18½	6.0	0.173 0.206	0.03	0.372	0.02	—	"	T.R=一般行通
	"	A-1	105-0	19½	5.8	0.208 0.190	0.03	0.386	0.012	—	"	
	"	b-b	33-10	7½	5.1	—	微	0.354	微	—	"	
II''	W	a-a	105-0	17½	6.3	—	"	—	"	0.07	極微	

	"	A-A	105-0	19	5.9	—	微	—	微	0.07	極微	
	"	b-b	80-8	15½	5.1	—	"	—	"	0.07	"	
III	IV	a-a	105-0	19½	5.7	0.177 0.179	0.06	—	"	—	"	附圖第三参照
	"	A-A	105-0	19.2	5.9	0.188 0.193	0.03	—	"	0.07	"	
	"	b-b	105-0	18.8	6.0	0.155	微	—	"	0.068	"	
	"	B-B	105-0	19.6	5.7	0.141 0.163	"	—	"	0.08	"	
	"	c-c	38~8	9.4	—	0.154 0.183	"	—	"	0.07	"	
II	小學生	a-a	105-0	21.0	5	0.462 0.495	0.04	—	"	0.46	微	二列並足行進
	"	a-a	105-0	19.5	5.4	0.457 0.484	0.06	—	"	0.45	"	四列並足行進
	"	a-a	105-0	8.2	10.0	0.273 0.298	0.25	—	"	—	"	四列輪足行進 附圖第三参照
	"	A-A	105-0	18.2	5.7	0.42 0.456	0.2	—	"	—	"	四列並足行進 附圖第三参照
	"	A-A	105-0	9	9.4	0.282 0.296	0.26	—	"	—	"	四列輪足行進 附圖第三参照
	"	b				0.612	微	—	"	—	"	四列足踏 始め
	"					0.556	"	—	"	—	"	四分ノ一附近
	"					0.522	"	—	"	—	"	中頃
						0.518	"	—	"	—	"	四分ノ三附近
						0.402	"	—	"	—	"	終り
						0.216	"	—	"	—	"	足踏中止後

附圖第三は記象中の主なるものを掲げたり。

三 淀川大橋(鋼鉄桁橋) 本橋は徑間長 70'~0" にして構造淀川小橋と大差なし、
観測は橋梁の中心に於て行へり。

淀川大橋(鋼鉄桁橋)振動観測一覽表

振動計 据付 位置	種類	荷 重				上下振動		横水平振動		縦水平振動		摘 要
		通過 位置	通過 距離	通過 時間	速 度 ft/sec	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅	
II	TR	b-b	—	—	—	0.100 0.139	微	—	微不 規則	—	極微	荷馬車 5 臺 各 350 貫
	"	E-E	—	—	—	0.152 0.143	"	—	"	—	"	荷馬車 4 臺 各 300 貫
	"	A-A	—	—	—	0.161 0.153	"	—	"	—	"	荷馬車半車 8 臺 450n ₂ 臺 230n ₆ 臺

四 神崎大橋 本橋は鋼鉄上路橋にして徑間長 57'~0" 其構造淀川小橋と大差なし、
Fig 5 は構造の概略を示すものなり。

神崎大橋振動観測一覽表

振動計 据付 位置	種類	荷 重				上下振動		横水平振動		縦水平振動		摘 要
		通過 位置	通過 距離 ft in	通過 時間	速 度 ft/sec	週期	最大 振幅 mm	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅	
I'	W	b-b	58-0	12.6	5.2	0.127	微	—	記 録 サレズ	—	記 録 サレズ	

	"	A-A	39-8	10	4.7	0.127	微	—	微不規則	.136	極微	
	"	b-b	58-0	12	5.5	0.133	"	—	"	.139	"	
I	IV	b-b	58-0	12.4	5.3	$\frac{0.136}{0.134}$	0.12	—	"	—	"	附圖第二參照
	"	A-A	15-9	6	3.9	$\frac{0.125}{0.131}$	微	—	"	—	"	
III	IV	a-a	58-0	12	5.5	$\frac{0.132}{0.123}$	0.47	0.144	0.06	—	微不規則	附圖第二參照
	"	A-A	58-0	—	—	$\frac{0.115}{0.125}$	0.28	—	記録サレズ	—	記録サレズ	
	"	A-A	58-0	11.6	5.7	$\frac{0.120}{0.139}$	0.28	0.133	微	—	微不規則	
	"	b-b	58-0	12	5.5	$\frac{0.128}{0.144}$	0.2	0.138	"	—	"	
	"	A-A	58-0	4.2	15.6	$\frac{0.142}{0.133}$	0.44	0.133	"	—	"	荷馬車馳走 附圖第二參照

附圖第二は本橋の観測記録の一部を示す。

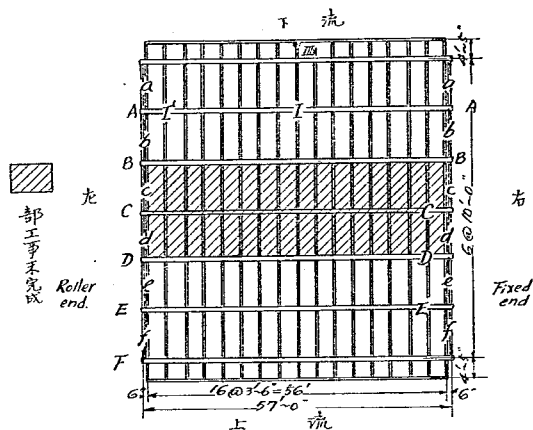


Fig. 5 神崎大橋

五 瀬波橋 本橋は二鉸鋼拱橋にして観測は堂島側三主徑間中の中央のものについて行ひたり、徑間長 72'~0", 幅員 74'~0", 拱矢 8'~0" にして 20 列の拱肋を有す、機械据付位置は徑間の中央にして上流側人道縁石より 5 尺距りたる車道上の一點なり。

観測に際しては行進を遮断せざりしが故に各種の荷重の通過中に於ける振動を測定したるものなり、観測一覽表中荷重種類欄に示せるものは、表示の振動を示せる際に機械の位置を通過せる荷重を意味するものなり、表中下の略號を用ひたり。

E : 電車, P : 歩行者, H : 荷車, W' : 荷馬車。

N. S. 電車が機械に近き側の軌道を通過せるを示す。

F. S. 電車が機械に反対側の軌道を通過せるを示す。

灘波橋振動観測一覽表

観番 測號	荷 重					上下振動		横水平振動		縦水平振動		摘 要
	種類	通過 位置	通過 距離	通過 時間	速 度 ft/sec	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅	
1	E	N. S				≒1	0.32 ^{mm}	≒1	0.167	—	不規則	≒1 電車の通過による振動は相當大なる振幅を示せるも附圖第四に示す如く振動記象、不鮮明にして週期を推斷し難し 附圖第四参照
2	P					0.109	微	0.07	—	—	記 録 サレズ	
3	E	N. S				≒1	0.34	≒1	0.133	—	—	
4	W	E. S				0.133	微	—	記 録 サレズ	—	—	
5	E	N. S				≒1	0.28	≒1	0.19	—	—	

附圖第四は本橋の上下並に水平振動の記象の一部なり。

六 端建藏橋 本橋は5径間鋼鉄桁上路橋にして観測は中央径間につきて行へり、徑間長 58'~6', 幅員 65'~6', 9 列の鋼桁を有す、観測方法、観測位置其他灘波橋に同じ。

端 建 藏 橋 振 動 観 測 一 覧 表

観測 番號	荷		重		上下振動		横水平振動		縦水平振動		摘	要
	種類	通過 位置	通過 距離	通過 時間	速 度 ft/sec	週期	最大 振動	週期	最大 振幅	週期		
1	H					0.152	0.12 ^{mm}	—	記 録 サレズ	—	記 録 サレズ	
2	H					0.179	0.22	—	"	—	"	
3	W					0.147	0.2	—	"	—	"	
4	E	F.S				—	0.25	0.097	0.07	—	"	附圖第四参照
5	W					0.125	微	—	記 録 サレズ	—	"	附圖第四参照
6	E	N.S				—	0.28	0.079	0.10	—	"	
7	E	F. S				—	—	—	0.07	—	"	
8	W					0.161	0.12	—	記 録 サレズ	—	"	
9	P					0.157	0.16	—	—	—	"	
10	P					0.165	0.10	—	—	—	"	
11	E	F. S				—	0.44	0.09	0.07	—	"	
12	E	F. S				—	0.40	0.08	0.078	—	"	
13	E	N. S				—	0.28	—	0.05	—	"	
14	P					0.152	—	—	記 録 サレズ	—	"	

附圖第四は本橋振動記象の一部なり。

七 大正橋 本橋は二級鋼拱下路橋にして橋床は二列の主鋼拱にさりつけられたる吊材によつて支持せられたり、徑間 294'~0'', 拱矢 50'~0'', 車道幅員 45'~0'' にして歩道は吊材の外側に設けられ幅員 12'~0'' なり、観測は徑間の中央にて上流側吊材の直下に

て行へり。

大 正 橋 振 動 観 測 一 覧 表

観測 番號	種類	荷 重		上下振動		横水平振動		縦水平振動		摘 要	
		通過 位置	通過 距離	通過 時間	速 度 ft/sec	週期	最大 振幅	週期	最大 振幅		週期
1	P					0.5 ^{sec}	0.53 ^{mm}	—	—	—	記 録 サレズ
2	W ^a					0.45	1.02	—	—	—	附圖第五參照
3	W ^a					0.51	0.7	0.39	0.22	—	—
4	W ^a					0.51	1.04	0.38	0.22	—	附圖第五參照
5	P					0.52	—	0.38	—	—	—
6	E					—	—	0.39	0.18	—	—
7	P					—	—	0.36	0.14	0.386	—
8	P					0.51	0.27	—	0.15	—	—
9	P					0.5	0.60	0.38	—	—	—
10	W ^a					—	—	0.38	0.147	0.28	—
11	E					0.5	0.88	0.37	0.20	—	記 録 サレズ
12	E					0.46	1.52 [*]	0.39	0.14	—	—
13	W ^a					—	—	0.39	0.31	—	—
14						0.49	0.40	0.37	0.09	0.308	—

* Deflection の量
を含めるが故に稍
過大に表はれたり
附圖第五參照

附圖第五は本橋振動記象の一部なり。

第 五 章 観測の結果に対する考察

淀川小橋、淀川大橋鋼板桁橋、神崎大橋の上下振動 三橋共に類似の構造を有し、其主桁中兩側のもの最も小なる斷面積を有し、其中側に位するもの斷面稍大にして、中央の軌道下に位するもの最大の斷面を有す、従つて各主桁が各々異なりたる固有振動週期を有するや明かなり、故に既述の如き観測點にて行へる記録が如何なる合成振動を示すものなるや甚だ疑問なりとす。もし主桁間の横綾構、對斜綾構、床版等による連結が極めて剛なりとせば、橋梁は一體として振動をなすべく、もし連結柔なりとせば、各主桁は單獨なる振動をなすべし、観測の結果を検するに観測點に於て示せる週期の差異が相等に廣き範圍にあるが爲稍明瞭ならざる點ありと雖も之を綜合的に見て、観測點毎に振動週期に多少相異あるを認む。従つて、橋梁は一團となつて振動しつゝあるものに非ずして、各主桁は其特有の固有振動週期によらざる迄も、稍之に近き個々の振動をなしつゝあるものと看做しうべし、この問題は橋梁上の多數の點につき同時観測を行ふことにより解決しう

べきも、多數の振動計を要する爲未だ其機会なきを遺憾とするものなり。

観測位置の異動による週期の變化を考へず、總體的に見るに車道に於ける上下振動週期は淀川小橋 0.132—0.158 sec、淀川大橋 0.100—0.161 sec、神崎大橋 0.125—0.136 sec にして大體徑間長の順位に變化せり。上下振動の振幅は荷重の種類により大なる變化ありて、各橋も荷馬車によつて最大振幅を示し、淀川小橋に於て 0.15 mm、神崎大橋 0.12 mm なり、振幅の大きさは振動計のペンと紙との間の摩擦によつて妨けらるゝこと大なるが故に實動より稍小なるものを記録せるものと考へざるべからず。

而して貨物自動車と荷馬車とを比較して其重量が 2.2:1.0 なるにかゝらず、これによつて生ずる振動振幅が後者によるもの遙かに大なる原因につきて考ふるに、前者は車輪に完全なる彈條を有し木塊鋪裝路面の不陸による衝撃を緩和しうるに對し、後者は之を有せざるこそが幾分之に影響を與ふるに非らざるか、又更に大なる原因をなすべしと看做さるゝは牽引馬匹の歩調なり、即ち其歩調が普通 1.4 sec 内外にして此間に 4 回の衝撃を與ふるが故に其衝撃週期 0.35 sec 内外となり、橋梁振動週期の倍數に近似せるが爲に衝撃と固有振動が共鳴作用をなすに非らざるかの疑ひあり、この問題につきては牛又は馬の單獨通過によつて生ずる影響を調ふることにより概略の推定をなしうべきも、未だ其機会を得ず。

淀川小橋及び神崎大橋に於ては徑間中央の歩道突桁上に於て振動の観測を行ひたり附圖第一及第二はこの記象を示すものなるが其平均週期、淀川小橋に於て約 0.144sec、神崎大橋に於て約 0.133sec、最大振幅、前者に於て 0.5mm、後者に於て 0.47mm なり、此等の振動は車道上を通過せる荷馬車によつて誘起せられたるものにして、其週期は車道上に於て観測せるものと大體一致せり。而して其振幅は週期的に消長し最大 0.5mm に達す、この振動の消長を記象上より按ずるに、二振動の干涉の結果によつて生ずるものなるべしと推斷せらるゝなり。即ち歩道突桁は主桁一團となりて振動しつゝ更に自個固有の振動をなしつゝあるに非ざるか。本問題は極めて興味ある事實にして相當の考究を要する問題なりと思考す。本橋歩道突桁完成後（観測當時は突桁を貫通して敷設せらるべき鐵管の取付けを了しおらず）振動が如何に變化せるや、又電車運轉の影響如何なりしや次回の観測によらざれば不明なるも、もし此種構造に於て上記の如き關係より橋の一局部に大なる振動を生ずる場合ありせば、充分の注意を拂はざるべからざる問題なりとす。

淀川大橋鋼構橋の上下振動 本橋は四列の鋼構を有し、外側の二列は内側のものに比し部材断面小なり、観測は中央二鋼構の中間と、上流側二鋼構の中間に於て行ひたり、観測點の振動が横桁並びに橋床版の固有振動に左右せらるゝこと少なしとすれば、観測點 II に於けるものは中央主構の振動を示すものと見做して大過なかるべし、観測點 III のものは中央並に側主桁の影響をうけたるものなること明かなり。

本橋に於ける振動観測の結果を見るに荷馬車によつて生じたる振動は總體的に $0.141 \sim 0.208 \text{ sec}$ の週期を示し、前記鋼板橋に比し、稍緩なり、而して II 及 III に於ける週期を比較するに前者に於て緩にして $0.162 \sim 0.208 \text{ sec}$ 後者に於て急にして $0.141 \sim 0.193 \text{ sec}$ なり、この關係は後章にて示せる理論的に算出せる週期と一致せり。

小學兒童の通過によつて生ぜし振動は荷馬車によつて生ぜしものより甚しく趣きを異にす即ち並足行進に於て週期 $0.42 \sim 0.495 \text{ sec}$ 馳走行進に於て $0.273 \sim 0.298 \text{ sec}$ 、足踏に於て $0.402 \sim 0.612 \text{ sec}$ なり、是等の週期を第三章に示せる小學兒童の歩調に比較するに甚しく近似せるを認むるに同時に附圖三に示せる記象によつて明かなるが如く波形が主なる峯の外に第二の峯を有する點より考察して、この振動は小學兒童の行進歩調によつて誘起せられたる強制振動にして記象の示せる結果は橋の固有週期を與ふるものに非らざるなり。この事實は兒童の足踏によつて生じたる振動の週期が足踏中止と共に漸次短縮し遂に 0.216 sec 即ち荷馬車によつて生じたるものと大差なき程度に達せる事によりても推斷しうるなり。

瀧波橋、端建藏橋、大正橋の上下振動 各橋とも電車の通過によつて最も著しき振動を示し其振幅瀧波橋にて 0.34 mm 、端建藏橋にて 0.44 mm 、大正橋にて 1.52 mm に達せるも其振動極めて激しき爲微動計のペン先甚しく振動し、爲に記象亂調子にて其週期を精確に算出するを得ざりしを遺憾とす、歩行者又は荷馬車、自動車等の行過に際して生じたる振動週期は瀧波橋 $0.109 \sim 0.138 \text{ sec}$ 、端建藏橋 $0.125 \sim 0.179 \text{ sec}$ 、大正橋 $0.45 \sim 0.52 \text{ sec}$ 、なり、瀧波橋が其徑間長より見て既述の諸鋼板桁橋に比して週期の短きは本橋が鋼拱橋なるに起因すべく、端建藏橋の週期は淀川小橋其他のものより大差なきは其構造並びに徑間が似寄りのものなる點より首肯せらるゝ處なりとす、大正橋の振動は其振幅に於ても其週期に於ても、他の諸橋梁と著しき相異を認むるものなるが、これ同橋が他のものと全く其構造を異にし、下路橋にして徑間長大に、比較的高き小なる構拱肋より長き吊材を以て橋床を吊り下けおるに起因するものなるべし。

各橋の水平振動 各橋共車道に於て著しき水平振動を示せるものなし、殊に縦水平振動は全く之を認むることを得ず、僅かに淀川大橋の轡子端附近 II' 及外側主桁に近き III にて観測せる場合に微動を認めたるのみなり、此場合の週期 0.07 sec なり。

横水平振動も著しきものなしと雖も、稍大なるものを舉ぐれば淀川小橋、並びに神崎大橋歩道上のもの、瀧波橋、端建藏橋に於けるもの、大正橋に於けるもの等なり。

淀川小橋、神崎大橋歩道突桁上の横水平振動は週期前者に於て約 0.15 sec 後者に於て約 0.135 sec なり、振幅は上下振動の場合と同様に規則的に消長せるを見るも其量極めて小なり。

瀧波橋、端建藏橋に於けるものは其週期前者にて約 0.07 sec 後者に於て約 0.08 sec なり、

軌れも電車の通過に當つて生じたるものなるが、其振幅前者に於て大にして 0.19 mm に達し後者に於ては 0.1mm にすぎず、これ前者が拱橋にして後者が鉸桁橋なるに基因するものなるべし。

大正橋に於ける横水平振動は稍大にして振幅 0.31mm に及び週期約 0.38sec なり。

第六章 理論上より見たる諸橋の振動週期

週期算出に用ひたる公式 上記の實測の結果を理論的に求め得らるゝ振動週期と比較せんが爲に淀川小橋、淀川大橋、神崎大橋の諸橋に對し、週期の算出をなしたり。

橋桁の振動に關する理論的研究をなし週期算出法を與へたるもの S. W. Robinson 氏外數氏ありと雖も、其多くは桁の各部に於ける重量、慣性能率等の變化を無視したるため、其算出結果が實測の結果と一致せず。又米國鐵道協會の發表せるものに於ては桁の撓みの計算又は實測を必要とするの不便あり、依つて本計算に於ては「土木學會誌第十卷第一號」に於て發表せられたる工學博士物部長穗氏の振動公式を用ひたり。

同公式に於ては桁の各區分は單一振動をなし、勢力が長さの方向に移動することなきものと假定せり。

鉸桁に對して

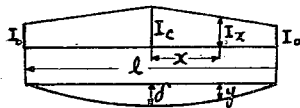


Fig 6

l = 橋の有効経間(ft)

w = 單位長に對する等布死荷重(lb)

p = 單位長に對する等布活荷重(lb)

I_c = 桁の中央に於ける慣性能率、

I_0 = 桁の端に於ける慣性能率、

とす時振動週期 T は

$$T = cl^2 \sqrt{\frac{w+p}{I_c}} \dots \dots \dots (1)$$

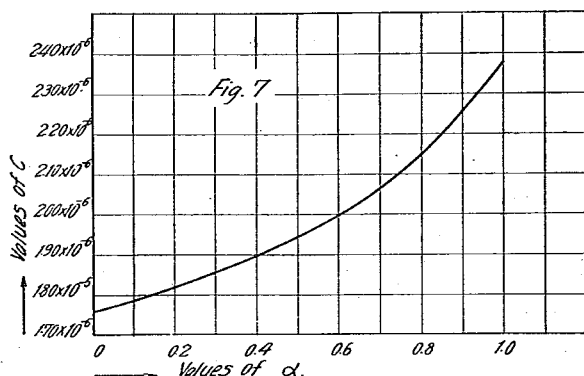
$$c = \sqrt{\frac{4\pi^2}{8gE} \cdot \frac{\int_0^{\frac{l}{2}} \eta^2 dx}{\int_0^{\frac{l}{2}} \eta dx}}$$

$$\eta = \int_0^{\frac{l}{2}} \frac{dx}{l} \int_0^{\frac{l}{2}} \left\{ 1 - \left(\frac{2x}{l} \right)^2 \right\} \cdot \frac{dx}{1 - \alpha \frac{2x}{l}} \cdot \frac{dx}{l}$$

$$\alpha = 1 - \frac{I_0}{I_c}$$

(1) 式の算出に對して鉸桁の慣性能率は端に於ける I_0 より中央に於ける I_c まで直線

的に變化するものと假定し、定数 C の値は α の値の變化に對し Fig 7 の如き値を有す
(但 $E=30 \times 10^6 \times 144 \text{ lb/ft}^2$ とす)



構橋に對しては I_b = 端より第一番目の格點に於ける慣性能率、

n = 格間數

其他鉸桁に同じ

とする時、振動週期 T は

$$T = c^2 \sqrt{\frac{w+p}{I_c}} \dots \dots \dots (2)$$

ここに c は構橋に於ける慣性能率の變化を

$$I = ax^b$$

なりと假定したる場合の b によつて定まる係數にして

$$b = \frac{\log \frac{I_c}{I_b}}{\log \frac{n}{2}}$$

にて與へらる b の値に對し次表の如き數値を有す、($E=30 \times 10^6 \times 144 \text{ lb/ft}^2$ とす)

b の値	1.0	0.5	0.3	0.1	0.08	0.05
c の値	3.67×10^{-6}	2.16×10^{-6}	1.93×10^{-6}	1.92×10^{-6}	1.92×10^{-6}	1.92×10^{-6}

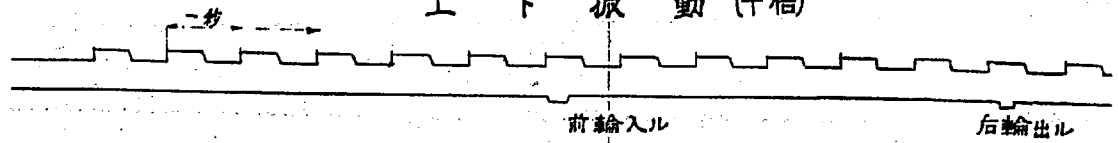
本公式に於ては構橋の腹材の影響は無視され、慣性能率は上記の如く橋端に於て零にして中央に向ひ高次の拋物線形に變化するものと假定せり。

公式適用に際しての諸假定 公式を適用するに當り次の如き諸假定をなしたり。

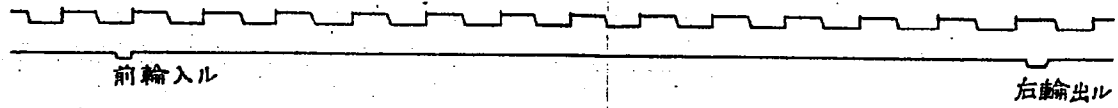
1. 並列せる數個の主桁は各自獨立せる振動をなすものとす。

淀川小橋

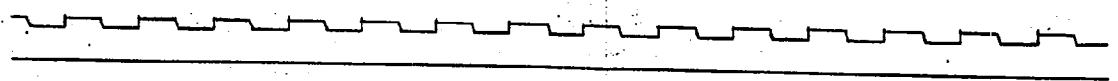
上下振動 (十倍)



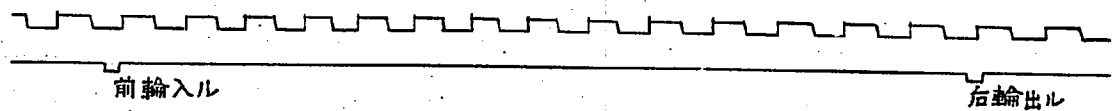
荷重 貨物自動車 荷重通過位置 e-e 観測位置 I



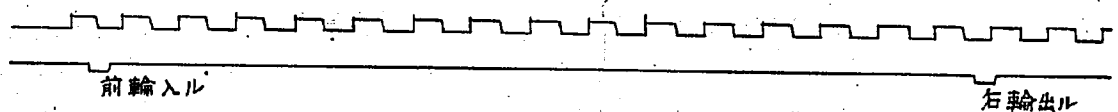
荷重 荷馬車 荷重通過位置 e-e 観測位置 I



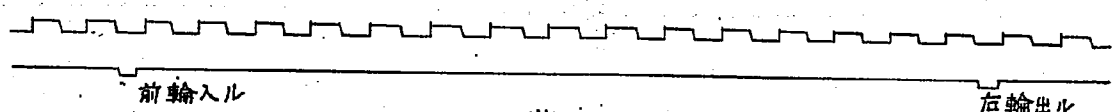
荷重 一般通行荷重 荷重通過位置 B-B 観測位置 I



荷重 荷馬車 荷重通過位置 f-f 観測位置 III

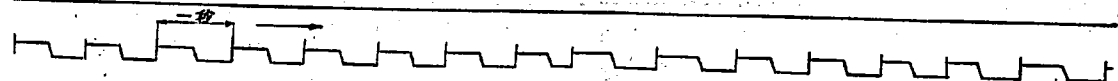


荷重 荷馬車 荷重通過位置 E-E 観測位置 III



荷重 荷馬車 荷重通過位置 e-e 観測位置 III

横水平振動 (三十倍)



荷重 荷馬車 荷重通過位置 B-B 観測位置 I



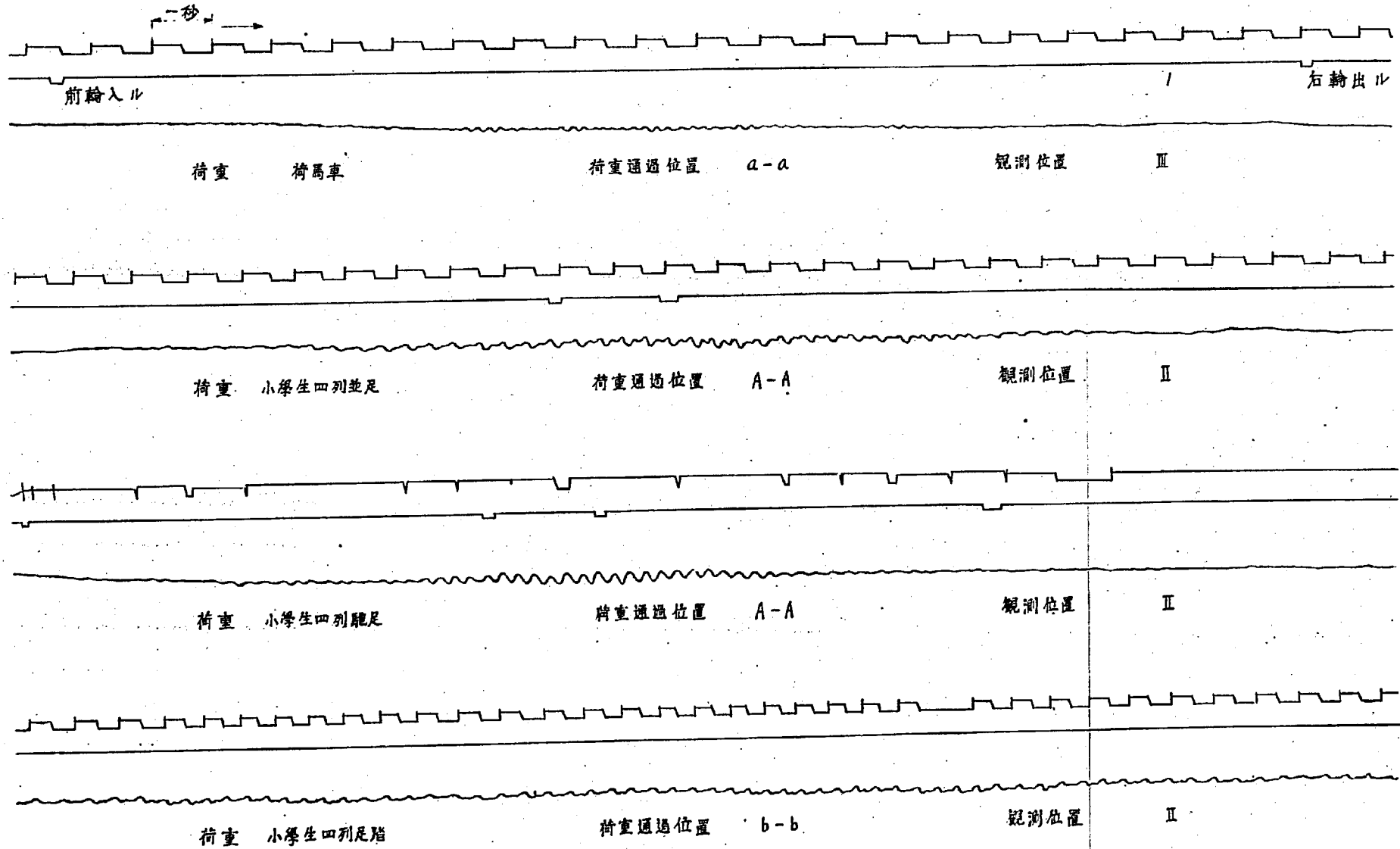
荷重 荷馬車 荷重通過位置 f-f 観測位置 V

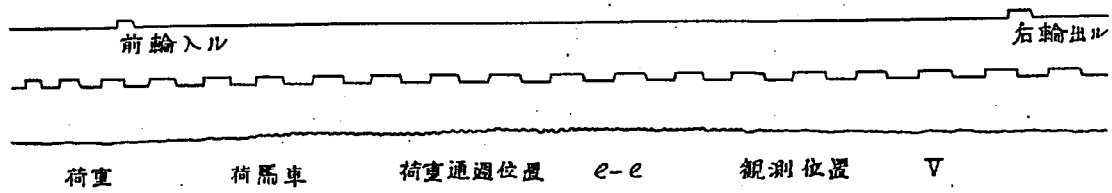


荷重 荷馬車 荷重通過位置 E-E 観測位置 V

淀川大橋 (鋼構)

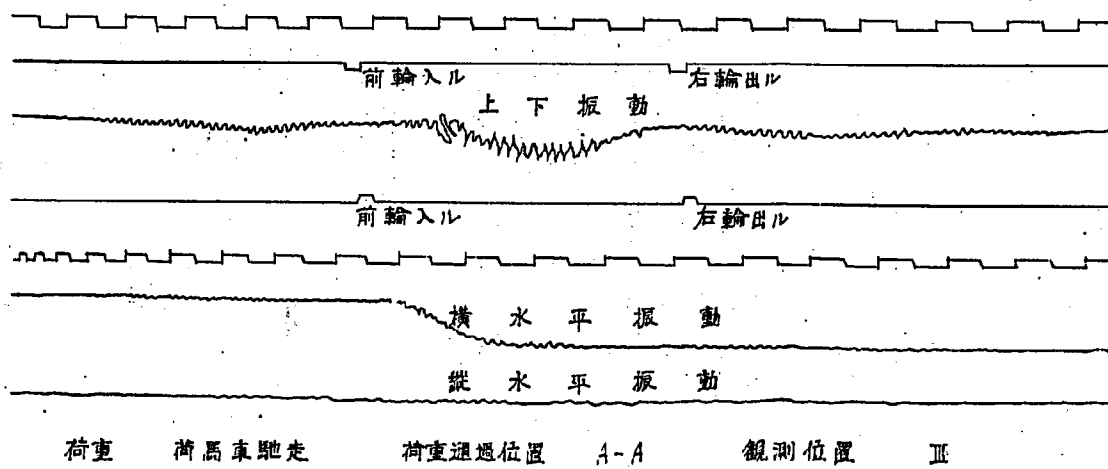
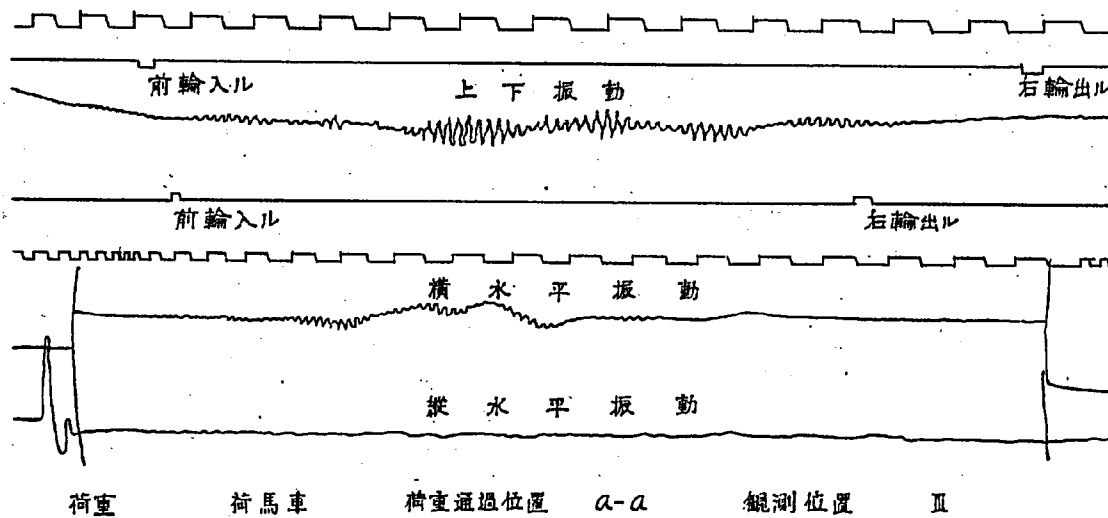
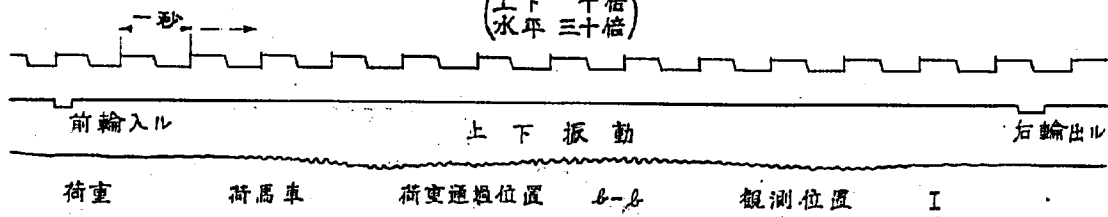
上下振動 (十倍)





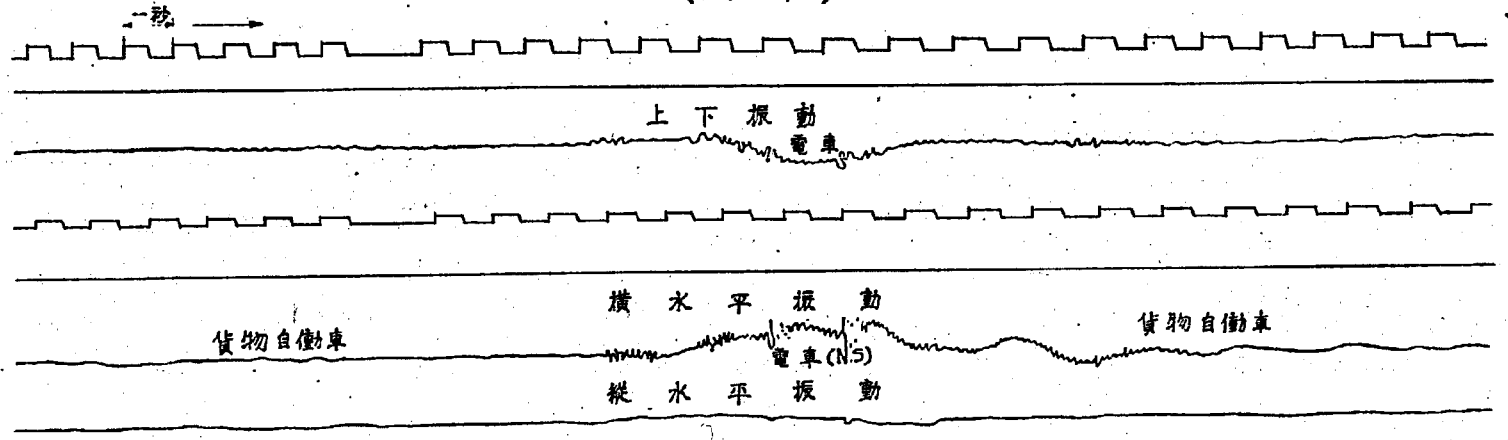
神崎大橋

(上下 十倍)
(水平 三十倍)



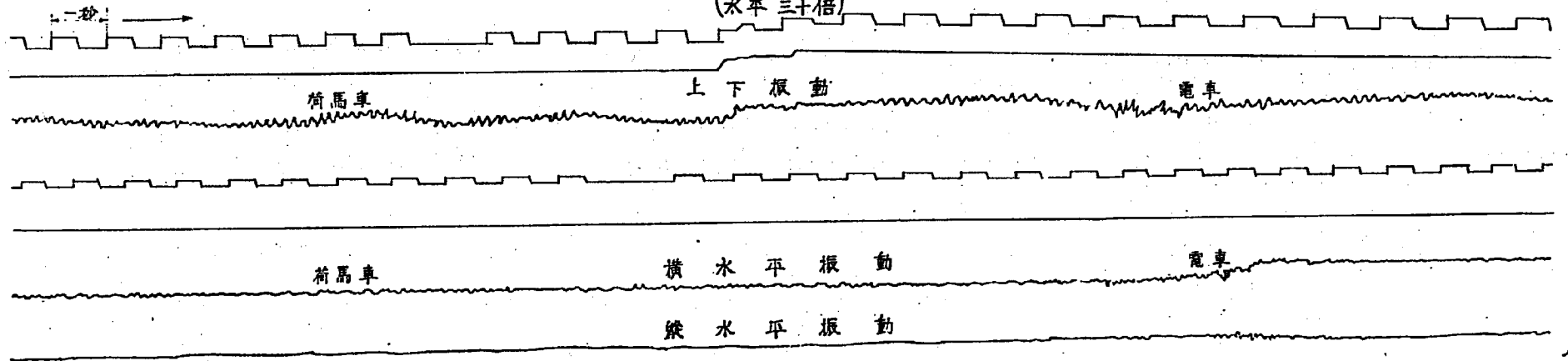
灘波橋

(上下 十倍)
(水平 三十倍)



端建藏橋

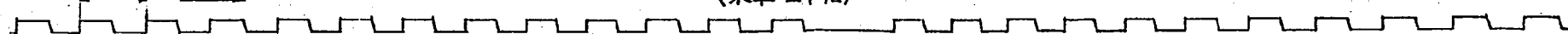
(上下 十倍)
(水平 三十倍)



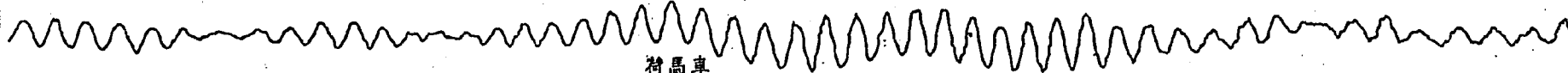
大正稿

(上下三十倍)
(水平三十倍)

一秒



上下振動

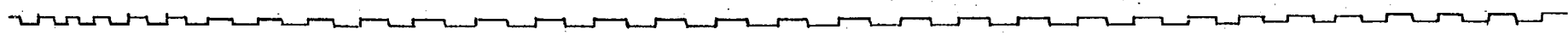


荷馬車

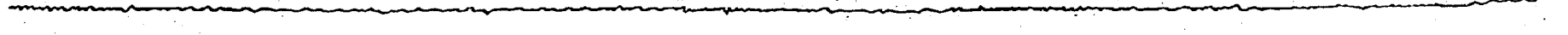


荷馬車

上下振動



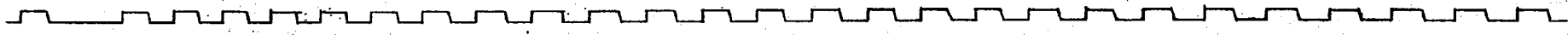
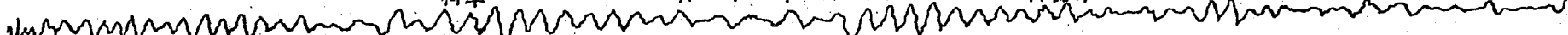
縱水平振動



荷車

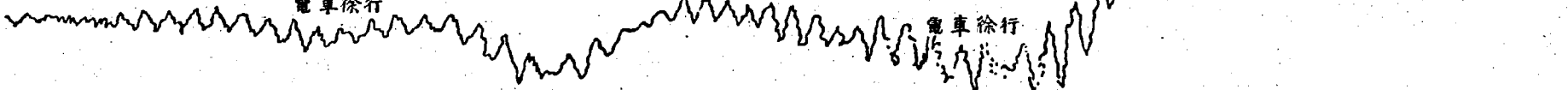
橫水平振動

荷馬車

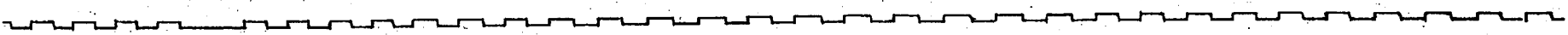


上下振動

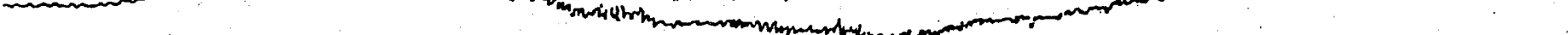
電車徐行



電車徐行



縱水平振動



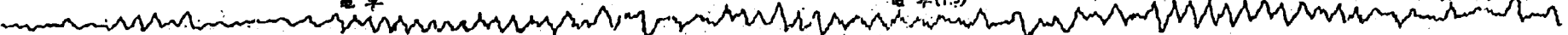
橫水平振動

電車

電車(F5)

荷馬車

乘用車(F5)



第五章に於て述べたるが如く耐風綫構、對斜綫構、床版其他によつて連結せらるる各主桁が互に如何なる影響を及ぼしつゝあるや、明瞭ならざるが故に、今其極限に於ける場合のみを考へ、各主桁は獨立振動をせるものと假定す。

2. 床版並びに敷設混凝土は主桁と共に彎曲に耐抗するものとす。

各鉄桁橋に於ては其抗壓側突縁は全く床版中に包まれおるが故に、軽度の彎曲に耐抗しては床版並に之れに附屬の部分が鉄桁と共に働くものと認むるを至當とす、而して彎曲に抗する床版其他の幅員は丁字型桁に於て一般に認めらる幅員より推して、鉄桁兩側徑間の中央まで之を取りたり。

3. 振動を誘發せる貨物自動車其他の活荷重は其重量、橋自體の夫れに比して極めて小なるが故に、振動週期算出には之を加算せず。

振動を測定しつゝある桁上を直接活荷重が進行せる場合は極めて少し従つて該主桁の振動週期を算出するに當り其重量の影響は考慮する必要なかるべし。

各桁の重量及慣性能率の算定 前記の諸假定の下に鋼の重量 $489 \#/ft^3$ 鋪裝床版其他を $130 \#/ft^3$ とし鋼と混凝土との彈性比を $n=10$ とし算定せる各桁の重量並に慣性能率次表の如し。

鉄桁並びに構橋主桁重量表

橋名	桁の種類	主桁鋼材重量	床版鋼材重量	鋪裝其他重量	總重量W	單位長當量重w
淀川小橋	側主桁	32,144 [#]	5,865 [#]	68,650 [#]	106,659 [#]	1,360 [#]
	車道主桁	28,333	11,730	112,700 [#]	152,766 [#]	1,918
	軌道下主桁	30,364	11,730	143,900	185,994	2,360
淀川大橋 (鉄桁)	側主桁	27,340	5,337	60,000	92,677	1,320
	車道主桁	25,038	10,557	98,650	134,245	1,913
	軌道下主桁	26,820	10,557	121,300	158,686	2,266
神崎大橋	側主桁	21,870	5,397	39,300	66,567	1,168
	車道主桁	14,252	10,795	94,050	99,097	1,735
	軌道下主桁	15,582	10,795	98,500	124,877	2,190
淀川大橋 (構橋)	側主構	65,882	26,969	105,900	198,751	1,890
	車道主構	77,142	53,938	444,000	575,080	5,860

鉄桁並びに構橋主桁慣性能率表

橋名	桁の種類	端に於ける I_0	中心に於ける I_c	摘要
淀川小橋	側主桁	44,920 ^{in⁴}	78,246 ^{in⁴}	*1混凝土床版なし
	車道主桁	101,052	163,657	
	軌道下主桁	111,766	210,659	

淀川大橋 (鉄橋)	側主桁	44,920 ^{*2}	58,675	^{*2} 混凝土床版なし
	車道主桁	101,052	147,860	
	軌道下主桁	111,766	173,769	
神崎大橋	側主桁	24,984 ^{*3}	29,361	^{*3} 全上
	車道主桁	44,574	68,900	
	軌道下主桁	55,154	95,259	
淀川大橋 (橋橋)	側主構	412,603 ^{*4}	464,988	^{*4} ^{*5} 第一格點に於ける慣性能率、腹材を無視す、混凝土床版なし、
	車道主構	568,837 ^{*5}	668,939	

振動週期の算定 上記の数値を用いて第一式並びに第二式により橋梁の週期を算定するこゝ次の如し。

振動週期一覽表

橋名	桁の種類	徑間長	$\alpha = \frac{I_0}{I_c}$	c	$\sqrt{\frac{c}{I_c}}$	算出せる週期	實測せる週期
淀川小橋	側主桁	77'	0.575	1.98×10^{-6}	0.132	0.223 ^{*6}	0.147~0.141
	車道主桁	"	0.61	2.00×10^{-6}	0.108	0.184	0.167~0.132
	軌道下主桁	"	0.53	1.96×10^{-6}	0.106	0.177	0.141~0.138
淀川大橋 (鉄橋)	側主桁	70'	0.77	2.13	0.15	0.226	
	車道主桁	"	0.69	2.06	0.114	0.166	
	軌道主桁	"	0.62	2.01	0.112	0.159	0.161~0.100
神崎大橋	側主桁	57'	0.85	2.20	0.20	0.206	0.147~0.115
	車道主桁	"	0.67	2.08	0.161	0.157	0.136~0.125
	軌道主桁	"	0.58	1.99	0.152	0.142	
橋名	桁の種類	徑間長	b	c	$\sqrt{\frac{c}{I_c}}$	算出せる週期	實測せる週期
淀川大橋	側主構	105'	0.007	1.92×10^{-6}	0.0333	0.189	0.193~0.141
	車道主構	"	0.01	1.92×10^{-6}	0.033	0.286	0.208~0.162

上表にて明かなるが如く算出せる週期と實測による結果との間に幾分の相違あるを認むるものなり、即ち概して實測せるもの小にして計算せるもの大なり。

先づ鉄桁につきてこれが原因を考ふるに、振動の週期を左右すべき要素たる徑間長、桁の材料の弾性率、桁の重量、桁の慣性能率の中、後の三者の算出に當りては充分なる考慮を拂ひ桁の重量が過大ならざる様弾性率慣性能率が過少なざる様努めたるが故に此等の要素の数値に誤差ありて斯くの如き結果を生じたるものゝは認め得ざるなり。よつて第一の要素徑間長につきて考ふるに、觀測せる各鉄桁は其兩端に強固なる耐震的支承を有し、其

上下震動に對する装置は構造上桁の端に於ける角偏倚を妨ぐるに非らざるやの疑ひあり、加ふるに隣接せる二鉄桁は其端に於て橋床部（鐵筋混凝土床版、鋪裝基礎版、鋪裝）厚さ最大 18 in に達するもの約 12 in づゝ喰ひ違はしめたり。是等の原因は公式第一誘導に當つて假定せられたる桁の單支承たることに一致せざるの結果を生じ、各鉄桁は事實に於て單桁と固定桁との中間に位するものゝ如き振動をなし、週期も從つて單桁たる場合に比して短少なる結果を生じたるものと認む、よつてかゝる橋梁に對しては第一式適用に當りては徑間長 1 に幾分の整正を要するものと考ふ而して其整正の程度は今後多數の觀測の結果によつて決定せらるべきものと信ず。

構桁に於ては其支承につき上記の如き疑點なきも、週期算定の誤差を生ぜし原因として振動に及ぼす腹材の影響構橋に於ては鉄桁の場合と異り彎曲に對する橋床部の影響を無視したること、構が上路橋なる爲供性能率の變化が假定と一致せざる點等を挙げらるゝも確然たる斷定を下し得ざるものなり。

土木試験所出版圖書

報告

- 第一號 (路面及勾配が馬車運送ニ及ボス影響ニ就テノ研究中間報告。瀝青質材料並瀝青質混合物ニ關スル研究第一報) 大正十四年三月發行
- 第二號 (瀝青質材料針度ニ就テ) 大正十五年一月發行
- 第三號 (「グアイアログ」ニ依ル路面凹凸測定。瀝青混合物ニ關スル研究。「アスファルト」合材混合ノ際ニ於ケル「アスファルト」ノ粘度ニ就テ) 同 二月發行
- 第四號 (急硬「セメント」ニ關スル試験報告) 同 五月發行
- 第五號 (簡易鋪裝ニ關スル試験報告) 昭和二年三月發行
- 第六號 (混凝土及鐵筋混凝土抗拉力試験報告) 同 五月發行
- 第七號 (八幡製鐵所副産部製品瀝青質材料、瀝青質鋪裝「セメント」類及揮發油ニ對スル「アスファルト」ノ可溶率等ニ關スル試験成績。) 同 七月發行
- 第八號 (瀝青質材料標準試験方法。石材類標準試験方法。) 同 十月發行
- 第九號 (急硬性「セメント」ニ關スル試験。「ソリテチット」ノ耐壓強度ニ關スル試験。「ブロッグ」ニ關スル試験。高知縣黒瀬川産砂ニ關スル試験。多摩川産砂利及砂ニ關スル調査。石材類試験成績。) 同 十一月發行

其他

本邦道路橋輯覽

大正十四年十二月發行

本邦道路橋輯覽 (増補)

昭和三年三月發行

昭和三年三月二十五日印刷

昭和三年三月二十八日發行

内務省土木試験所

東京市本郷區駒込上富士前町二十六番地

電話小石川 (85) 五五〇〇番

東京市日本橋區兜町二番地

印刷者

小林武之助

東京市日本橋區兜町二番地

印刷所

東京印刷株式會社