

論 說 報 告

土木學會誌 第十六卷第四號 昭和五年四月

東京及びその近郊に於ける路面状態

會 員 工 學 士 藤 井 眞 透

Surface Conditions of Pavements in Tokio and its Suburbs

By Masuki Fujii, C.E., Member.

内 容 梗 概

本報告は著者が昭和4年11月萬國工業會議に提出せる論文の概要に特に各試験路線の測定結果を附加せるものにして、東京及びその近郊に於ける各種路面の經濟價值を比較する爲に種々の試験を行ひ、路面凹凸係數、牽引抵抗、ガソリン消費量、衝擊係數を測定し、牽引抵抗に就ては試験結果より速度及び凹凸係數を變數とする實驗式を得たるものなり。

1. 緒 言

路面の状態

東京及びその近郊の道路路面は1921年より順次鋪裝されたりと雖も現在に於てその鋪裝完成面積は市内に於ては約30%、近郊に於ては10%に過ぎずして、その残りの部分は依然改良されざる砂利道として残されてゐる。

完成されたる鋪裝の種類は瀝青コンクリート、シートアスファルト、アスファルトマカダム、アスファルトブロック、鋪石、小鋪石、鋪裝煉瓦、木塊及びセメントコンクリートが主である。

試験の概要

上に挙げたる各種路面の經濟價值を闡明する爲に路面が自動車の進行に及ぼす影響を貨物及び乗用自動車を用ひ1927乃至1929年に互り測定した。

試験路線として選定したものは各種路面の代表たるべき標準路面状態を有するものをとつたが、同一種類の路面を試験に必要な相当長さの區間に互り選ぶに、曲線、勾配及び工事中の故障、障害物等ありて幾多の困難を感じたが、凡そ次の如きものを選定した。

瀝青鋪裝として京濱國道大森町、蒲田町及び鶴見町の區間、本郷大通り、巢鴨大通、明治神宮外苑道路、木塊鋪裝として大手町通り、日本橋銀座通り、瀝青マカダム鋪裝として京濱國道の歩道沿ひの部分、コンクリート鋪裝として陸羽街道の一部、神田錦町通、鋪石軌道として本郷大通り及び巢鴨線の4區間、砂利道として宮城外苑道路、中仙道、川越街道、東京川口線、陸羽街道の數

區間及び兩國橋通り、吾妻橋、龜澤町間、品川大通り等の數區間を選び、貨物自動車に對して19路線、乗用自動車に對して21路線を選び、速度は前者に對し16, 24, 32 km/h, 後者に對し8, 16, 24, 32, 40 km/h, に互りしも、主として貨物車は16, 24 km/h 乗用車は24, 32 km/h¹⁾を用ひた。

試験は路面の凹凸係數、ガソリン消費量より見たる路面の經濟效率、牽引抵抗、衝撃係數を測定して之れを行つた。

試験車

試験車はピアスアロー2噸積貨物自動車と5人乗りピックアップ乗用自動車を用ひた。

その車輛重量、輪帶、彈條の撓度、重心の位置は第一表の如し。

第一表

車 輛	總重量 ton	積載量 ton	輪 帶 cm	彈條撓度 kg/mm	重心より後車軸に至る 距離の軸距に對する比
貨物自動車	6.350	2.40	ソリッド91.5×10 後輪 複帶	14.80	0.302
乗用自動車	1.685	0.27	コード 79×10	7.70	0.425

ソリッド輪帶の材質試験結果は彈性係數 69.20 kg/cm², ポアソンス比 0.442 であつた。

コード輪帶の空氣壓は前輪 2.2 kg/cm², 後輪 2.56 kg/cm² を用ひた。輪重に對するその變形及び路面との接觸面積を試験して單位面積に及ぼす壓力強度を試験せるものは第二表の如くソリッド輪帶の及ぼす壓力強度はコード輪帶のものゝ3倍以上に達してゐる。

第二表 路面の單位壓力強度 kg/cm²

路面種別	ソリッド輪帶	空氣入輪帶
コンクリート鋪裝	13.04	3.07
瀝青鋪裝	12.58	—

2. 試験結果

路面凹凸係數

路面の凹凸状態はヴァイアログ (Vialog) を用ひて凹凸係數を測定し、延長 1 km に對する凹凸の積算量 cm 數を以て表はした。

ヴァイアログは進行中の自動車の彈條の撓みの變化の積算より凹凸状態を間接的に求むるもので、前車軸の右側彈條にとりつけ、その記録紙は前車輪の回轉に伴ふて動き之れに時間記録装置を附して同時に速度を測定し得るものである。

平滑なる路面に延長 120 m のヴァイアログ係數測定區間をとり、その間に等距離に障害物として厚 2.5 cm, 幅 10 cm の板を配置し、一定速度を以て試験車を此の區間に進行せしめ、障害物を配置せる場合と障害物なき場合との彈條の撓みの積算指數を測定し、その差が配置せる障害物の爲に起るものとして此の既知障害物による凹凸量より指數の示すべき凹凸係數を

求めてヴァイアログ係数とした。

本試験に於ては京濱国道鶴見町地内に於て之れを行ひ、ヴァイアログ係数は貨物自動車に對し速度 24 km/h の場合 2.12, 乗用自動車に對しては同様に 9.30 を得た。

此のヴァイアログ係数を用ひ自動車の各試験路線の延長 1 km に對するヴァイアログ指數より路面凹凸係数を測定した。

路面の凹凸係数は、鋪裝に於ては著しく少く、砂利道は之れに比較して著しく大きく、殊に降雨及びその後には路面状態變化して著しく増大する。

凹凸係数は牽引抵抗、衝擊係數、ガソリン消費量より見たる路面經濟效率と密接なる關係を有してゐる。

試験結果は第三表の如し

第三表

路面種別	路面凹凸係數 cm/km	輪帶のスリップ	
		速度 16 km/h	速度 24 km/h
瀝青鋪裝	14.25	0.59	1.12
木塊鋪裝	20.80	0.75	0.84
コンクリート鋪裝	34.60	—	—
砂利道	良好なる状態	2.05	1.31
	普通なる状態	—	4.66

車輛が凹凸ある不規則路面を進行する場合は輪帶が滑走し或は又バウンドして自由回轉を行ふ。車輪のスリップを路線の實延長とヴァイアログ記録より得たる延長との差が實延長に對する比を以て表せば、速度と路面凹凸状態により異り、比較的凹凸小き路面に於ては滑走多く、バウンド少く、之れに反して凹凸大なる路面に於ては滑走少きもバウンド多く表はる。

スリップは平滑なる路面に於ては速度の増大に伴ひて増加し凹凸大なる路面に於ては減少するを知つた。

更に各試験路線の主なるものにつきその凹凸係数をあぐれば第四表の如し。

第四表

路面種別	路線名	路面凹凸係數 cm/km
瀝青鋪裝	本郷大通り	31.5
	明治神宮外苑道路	2.7
	京濱国道 大森町	7.7
	同 鶴見町	20.9
木塊鋪裝	大手町通	13.1
	日本橋新橋通	28.3
コンクリート鋪裝	陸羽街道試験鋪裝	34.6

砂利道	宮城外苑道路	41.7
	本郷神明町通	41.7
	品川大通	112.5
	陸羽街道	110.8
	本所森下町通	124.3
	兩國橋通	105.2

之れ等の結果は天候快晴の場合のものを示し、砂利道は降雨及びその後の交通により路面状態を著しく破壊されるから凹凸係数も増大する。中仙道及び東京川口線に於て試験せる結果は 390 cm/km, 750 cm/km, 1335 cm/km に達し凹凸著しく増大し、路面の受くる衝撃も増大し益々路面破壊作用を促進することを知つた。

ガソリン消費量

ガソリン消費量は 2000 cc の容量を有する圓筒より成るガソリン・フロー・メーターを用ひて測定し、その結果は經濟効率 ton km/lit を以て表した。

試験は走行距離 2~5 km, 又は走行時間約 10 分間に消費するガソリン量を測定して之れを行つた。

經濟効率は機關の性質により異り、また速度、路面凹凸係数、牽引抵抗により異り、路面種別により表示すれば**第五表**の如し。

第五表 路面の經濟効率 ton km/lit

路面種別	貨物自動車		乗用自動車	
	速度 16 km/h	同 24 km/h	速度 16 km/h	同 24 km/h
瀝青鋪裝	14.58	14.41	8.29	9.58
木塊鋪裝	15.02	14.77	—	7.88
瀝青マカダム鋪裝	—	—	7.91	9.63
コンクリート鋪裝	14.43	14.30	—	—
砂利道	12.05	11.86	9.11	6.11

貨物自動車による主なる路線の試験結果は**第六表**の如し。

第六表

路面種別	路線名	標準速度 16 km/h		標準速度 24 km/h	
		ガソリン消費量 cc/km	路面經濟効率 ton km/lit	ガソリン消費量 cc/km	路面經濟効率 ton km/lit
瀝青鋪裝	本郷大通	479	13.24	446	13.61
	神宮外苑道路	412	15.42	456	13.91
	京濱國道大森町	419	15.25	425	15.07
	同 鶴見町	459	13.90	456	14.06
	日比谷公園周圍	420	15.12	420	15.12
木塊鋪裝	大手町通	426	14.90	419	15.16

	日本橋通	404	15.72	402	15.80
コンクリート舗装	陸羽街道	440	14.43	447	14.20
砂利道	宮城外苑道路	568	11.19	623	10.20
	本郷神明町通	557	11.70	508	12.57
	品川大通	525	12.15	522	12.17
	陸羽街道	483	13.15	502	12.64
	兩國橋通	—	—	526	12.13
	本所森下町通			553	11.41

試験区間は勾配、曲線及び障害物少き部分を選んだが路面状態以外のガソリン消費量に影響を及ぼす外的抵抗全く同一でないから路面の影響のみを明に知る事出来ないが試験結果より舗装と砂利道とに於ける平均値を比較すれば速度 16 及び 24 km/h に於て各舗装は砂利道の場合の 81.5% に減じてゐる。

明治神宮外苑道路と宮城外苑砂利道は略同一程度の曲線を含むの外、路上障害物なく舗装と砂利道との路面の影響を直接に示すものとしてガソリン消費量を比較すれば前者は後者の 73% に過ぎない。

ガソリンの化学的勢力が路面の抵抗に打克つ有効働に費さるゝ割合は本試験の結果より舗装に於ては 4.64%、砂利道に於ては 7.27% であるから、此の有効働に費さるゝガソリン量のみを比較すると舗装に於ては砂利道に於けるものゝ 52.2% に減じ得る事を知つた。即ち舗装に於ける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ゝものは 52.2% に過ぎない。

機関は舗装に於てよりも砂利道に於て能率高く、即ちガソリンと空気との混合強度は 20% 高く熱効率も 57% 大である。

舗装と砂利道との路面築造費に對する金利、1 箇年路面維持費及び 1 箇年の全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求むるに當り、路面築造費を舗装坪當り 20 圓、砂利道 10 圓、金利 0.10、坪當り維持費平均舗装 0.425 圓、砂利道 0.935 圓とすれば、本試験の結果舗装と砂利道とに於ける平均ガソリン消費量より考ふれば 1 日 1 車線の最小交通量 273 ton となり、更に明治神宮外苑と宮城外苑とは障害物なき路面の影響のみを示すものとして比較すれば 1 日 1 車線 175 ton となつた。

此の程度の交通量を有する路線は主として自動車の燃料節約より考へて舗装施行を經濟なりと認め得べく、而して輪帶費、自動車の耐久力、償却費を考ふれば更に此の數量は低下すべきも、一般に之れ等の結果より 1 日 1 車線 200 ton の交通量を以て舗装施行の經濟限度と考へ得られる。

牽引抵抗

牽引抵抗は風速計、ウインペリス加速度計により風速及び加速度を測定し且つ惰走距離及び時間を測定して之れを求めた。

抵抗は路面材質、その凹凸状態、速度により異り測定結果の平均値は第七表の如し。

第七表 牽引抵抗 kg/ton

路面種別	貨物自動車		乗用自動車	
	速度 16 km/h	速度 24 km/h	速度 16 km/h	速度 24 km/h
瀝青舗装	11.10	11.78	11.95	16.25
木塊舗装	9.83	11.68	—	—
瀝青マカダム舗装	—	—	15.25	—
板石舗装	14.84	18.44	—	—
砂利道 良好状態	15.48	17.46	—	—
普通状態	21.50	25.58	22.30	21.90

主なる試験路線の抵抗値は第八表の如し。

第八表

路面種別	路線名	牽引抵抗 kg/ton	
		標準速度 16 km/h	標準速度 24 km/h
瀝青舗装	本郷通り	8.40	—
	神宮外苑	10.17	10.57
	京浜国道大森町	10.41	10.93
	同 鶴見町	12.71	13.84
木塊舗装	大手町通り	8.86	10.04
	日本橋通	10.79	11.32
コンクリート舗装	神田錦町通	6.73	—
砂利道	宮城外苑道路	28.40	34.55
	本郷上富士前町	14.59	16.60
	本所森下町通	16.00	—
	兩國橋通	16.75	18.40
	陸羽街道	13.72	16.52
	小石川柳町	14.84	18.44
舗石軌道	本郷帝大前	11.50	12.68
	本郷吉祥寺前	—	33.00
	小石川柳町	14.84	18.44

砂利道の抵抗はその基層の強度により異り軟弱なる基層を有するものは、車輛重量により沈下して抵抗大きく、重交通量を有し堅固なる基層を有するものは却つて抵抗小である。

之れ等の測定せる結果は一定の速度の範囲に於ては次式により表はし得られる。

$$\text{瀝青舗装} \quad R = 9.90 + 1.39 \times 10^{-3} \times V^2$$

$$\text{木塊舗装} \quad R = 10.30 + 1.47 \times 10^{-3} \times V^2$$

砂利道

$$\text{良好路面} \quad R = 12.20 + 4.62 \times 10^{-3} \times V^2$$

$$R = 15.40 + 4.10 \times 10^{-3} \times V^2$$

普通路面 $R = 22.70 + 17.10 \times 10^{-3} \times V^2$

R = 牽引抵抗 kg/ton

V = 速度 km/h

之れ等の式中右邊の第一項は路面の材質と輪帶の性質とにより定まり、第二項は路面の凹凸状態により定まるものとし之れを次の如く導く事を得。

$R = K + 0.75 \times 10^{-3} R_1^{0.46} \times V^2$

R 牽引抵抗 kg/ton

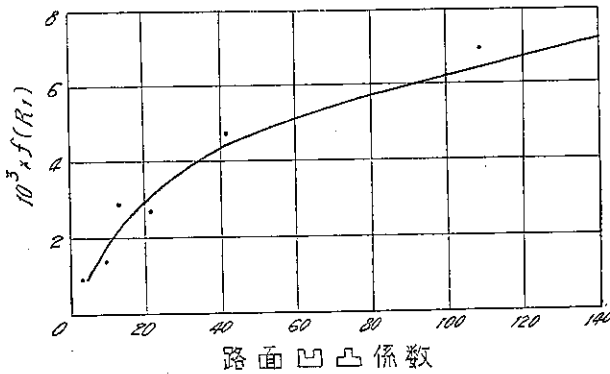
V 速度 km/h

K 路面材質と輪帶の性質により定まる常数

R_1 路面凹凸係数 cm/km

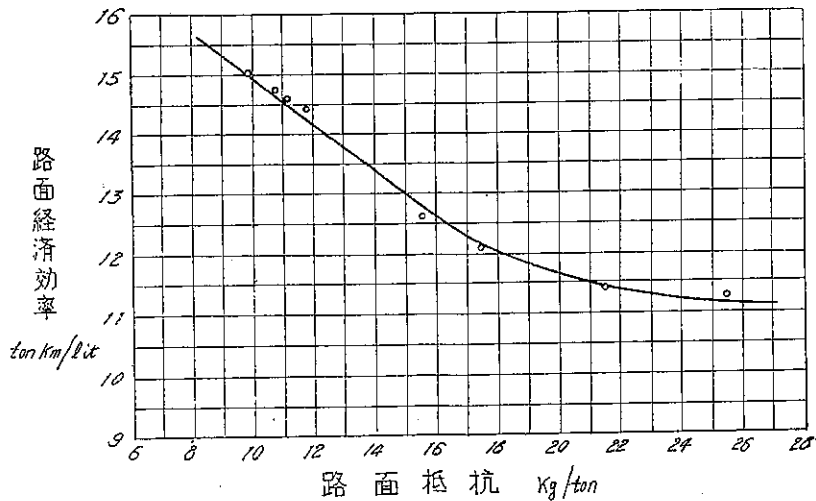
此の式の第二項 V^2 の係数と路面凹凸係数との關係は第一圖の如し。

第一圖



牽引抵抗とガソリン消費量との關係を見るに、抵抗比較的小なる場合は、ガソリンの經濟效率は抵抗の増加に伴ひその減少率大であるが、抵抗大なる場合はその増大に伴ふ經濟效率の減少率は少い。これ機關の有效馬力の増大する場合熱效率、機械能率の増加によるもので試驗結果は第二圖に示すが如し。

第二圖 路面抵抗とガソリン消費量との關係



試験結果より惰走勾配を求めれば第九表の如く舗装に於ては平均 1.09%, 砂利道に於ては 1.97% を得た。

第九表 惰走勾配

路面種別	標準速度 16 km/h	標準速度 24 km/h
瀝青舗装	1.11 %	1.175 %
木塊舗装	0.98 "	1.075 "
砂利道 普通状態	2.14 "	2.56 "
良好状態	1.59 "	1.75 "

衝撃係数

衝撃係数は自動車の進行中受くる弾條の撓みの量によりて測定した。衝撃量は路面障害物、凹凸係数及び速度により異りその最大量は第十表の如し。

第十表 衝撃係数

路面種別	速度 16 km/h	速度 24 km/h
瀝青舗装	0.128	0.150
木塊舗装	0.170	0.255
鋪石軌道 (割石基礎)	0.485	0.520
軌道横断の場合	0.234	0.360
砂利道 良好状態	0.244	0.278
普通状態	0.288	0.425

人孔蓋及びその他の路上障害物ある場合の衝撃係数は著しく表はれ、凹凸係数と衝撃係数との関係は第三圖に示すが如し。

第三圖は次式により表はし得

べし

$$I = 0.125 + \frac{R_1}{450}$$

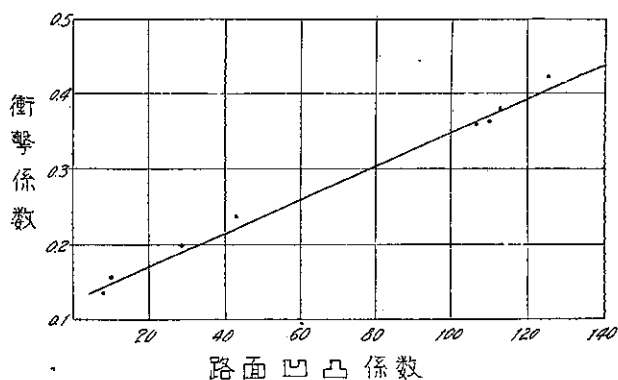
I 衝撃係数

R_1 路面凹凸係数 cm/km

3. 結 論

1. 路面凹凸係数は舗装に於ては 14 乃至 35 cm/km, 砂利道は 40 乃至 120 cm/km の間にあるも降雨の際及びその後には著しく増大し路面の性質によりては 400 乃至 1500 cm/km に達する事あり。凹凸係数の増大に伴ひ衝撃係数は之れと略比例して増加す。

第三圖



2. 路面の経済効率¹⁾は貨物自動車の場合舗装に於ては 14.20 乃至 15.0 ton km/lit, 砂利道に於ては 11.45 乃至 12.65 ton km/lit にあり。乗用自動車の場合は幾分之れより減じ舗装に於て 7.9 乃至 9.6 ton km/lit, 砂利道に於て 6.1 乃至 9.1 ton km/lit にあり。

3. 牽引抵抗は貨物自動車の場合、舗装に於て 9.8 乃至 11.8 kg/ton 砂利道に於て 15.5 乃至 25.6 kg/ton を有し、乗用自動車の場合は舗装及び砂利道に於て各 14.6 乃至 16.2 kg/ton 及び 21.9 乃至 22.3 kg/ton を示す。

4. 衝撃係数は路面障害物の影響著しく、凹凸状態、速度によりてまた影響を受け、舗装に於ては平均 0.15 乃至 0.26 砂利道に於ては 0.28 乃至 0.43、割石基層を有する鋪石軌道は最も大にして 0.52 を有し、軌道を横断する場合はコンクリート基層を有する鋪石路面なるが故に却つて之れより小き結果を表してゐる。

5. 試験路線は何れも比較的良好なる路面状態を示せるもので試験結果も何れも相當なる経済価値を示すものと考へらる。

舗装施工を經濟なりとする交通量の限度は 1 日 1 車線 200 ton なりと考へられ、東京近郊に於ける主要路線は何れも此の 2 倍乃至 4 倍に達し、舗装を施工するを經濟と認め得られる。