

第九章 碎石道

第一節 總 說

碎石道は石より生ずる粉の結合力と、石の相互間の噛合ひの力とにより維持さるゝ路面にして、表面の安定度は使用せらるゝ石屑の有する結合力並びに骨材の噛合程度に依る。自動車の發達に伴ひ經濟上、衛生上より次第に石粉以上の結合力を有する材料を以て造くれる高級の道路を必要とするに至り、此の目的にかなふ爲に二十世紀の初期に現れたるものは碎石道の新しい形、即ちタールやアスファルトを従来の碎石道に加へ結合せしめたる瀝青碎石道(瀝青マカダム道と稱さる)である。而して石粉と水で結合固結せしめたる碎石道は水縮碎石道と稱するに至つたのである。マカダム道は殆んど百年間改良路面を獨占して居つたのであるが、今世紀の初め頃より次第に凋落し、今日の幹線道路の改良には、より以上のものを要求するに至つたのである。

碎石道は中交通量の地方道に對しては適當なるも、都市の主要道には維持費増加の爲反つて經濟的ならず。然し地方によりては砂利道に比し高價なるを以て、我國に於ては未だ普及するに至らない。碎石道は其の性状極めて砂利道に類似するも、交通の磨耗作用に對する抵抗幾分大なるを以て、良好なる砂利が安價に得られざるが如き場合には砂利道の代りに使用せらる。

1. 碎石道の發達

碎石道を現今の如き構法にて始めて英國のマカダム氏(John Loudon Macadam)に依りて造られ、彼の名に基きて其の後碎石道をマカダム道と稱するに至れり。然し之れより先、1764年に佛國の技師トレザキー氏(Tresaquet)並びに英國の技師テルホード氏(Telford)は、1855年に何れも碎石道を造つた。然し兩氏は何れも下層には15~18糎大の碎石を使用し、上層にはトレザキー氏は、胡桃大の碎石

を、テルホード氏は6糎節通過の碎石を用ひ、更に至表面を4糎大の碎石を以て被覆したのである。然るに1825年に至りマカダム氏は前記の如き大なる碎石を以て基礎層を造る不必要を述べ、道路材料として碎石は3オンス以上(大體一邊の長さ5糎)のものは使用するべからずとなし彼の意見を廣く宣傳した。

テルホード並びにマカダム兩氏の構法は、現在に於ても之れに幾分の改良を加へ標準法として採用せらる。然し今日テルホード道路と稱さるゝは碎石道の特種の基礎を有するものを普通云ふのである。

2. 基礎並びに路盤

碎石道に對しては適當なる基礎は極めて必要である。然し天然の路盤が砂利或は砂質ならば特に基礎を造る必要はない。粘土或はローム質の土壤の路盤でも適當な氣候の場合には碎石層を支持し得るが、極く濕潤なるか或は凍結するが如き場合には支持困難なるを以て、かゝる虞ある地方にては砂利或は砂等の基礎を造る必要がある。

碎石道に於ては道路を保護する爲に幾分の濕氣を必要とす。故に乾燥期の長き地方に於ては、碎石よりも砂利の基礎が良好である。即ち砂利は路殺中に水分を保持する助となるも、碎石基礎は反つて乾燥せしむる傾向があるからである。

路盤の排水。水がマカダム道の下に貯溜する時は基礎を軟化せしめ、交通の壓縮作用に依つて骨材を其の中に減り込ませしめる。又凍結する際は膨脹して碎石の結着を破壊し大なる石片を表面に押上ぐ。其の結果路床の材料が石片間に侵入し、春期霜解時に於て路面は粗糲となり崩解する事あり。路床面の水を除去する方法は種々あり。單に濕潤部に勾配を高めて此の困難を減少する事もある。路盤の排水として必要なるときは、側溝又は路面下に盲暗渠を設ふけるか、又はY型基礎を造ることがある。昔は殆んど交通量を度外視して、總てマカダム道はテルホード基礎上に造つた時代もあつた。地下排水の爲めにはテルホード基礎は最も有效なるものの一つである。是等の排水構造については既に述べた通りである。

3. 横断勾配

碎石道に於ける横断勾配は水が路面に停滞し、或は中心線に沿ふて流るゝ事を

防ぐに充分なる様設計

すべし。1,910年頃迄は

幅4.5米以下の道路に

は $\frac{1}{16}$ の横断勾配が殆

んど一様に採用せられ

てゐたが現今では $\frac{1}{20}$

~ $\frac{1}{25}$ より大なる横断

勾配は交通を道路の中

央部に限定し、爲に中

央部を破壊すること甚

しきを以て一般に緩勾

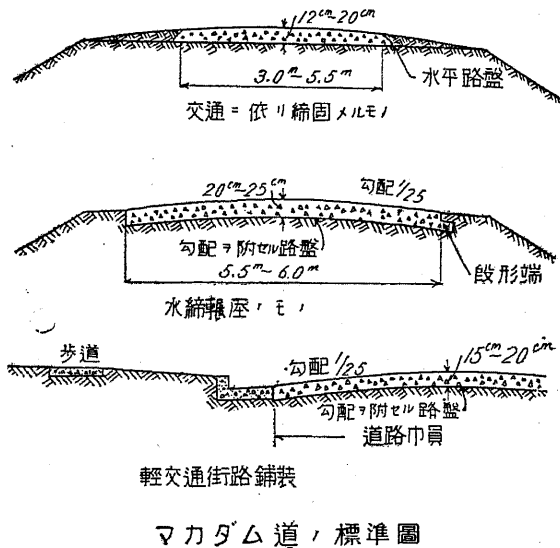
配を採用する様になつ

た。若し瀝青表面理を施す場合には $\frac{1}{25}$ より緩なる勾配を適當とす。第137圖

は碎石道路の横断面圖である。

4. マカダム式並びに砂利舗装厚の決定

碎石を路面に用ひる意味は大體次の様な理由によるのである。(1) 平坦にして堅き表面を得ること。(2) 水を透さぬ層を得ること。(3) 路床が車輛の重さに耐え得る程度に壓力を減ずる爲めに多少頑固な層を造ること等である。然して平坦なる事及び水を通さぬ事は結合材の分量及び性質により、頑固にして丈夫なる事は、多少結合材に依るとは雖も、主として層の厚さによるのである。路床の支持力は土質及び排水の如何による。従てマカダム道の厚さは土質、排水、交通の量、結合の状態並びにその性質によるのである。此の外磨滅するも或る時期の間新しき材料を加ふる事なく保ち得る厚さの餘裕がなければならぬ。若し修繕が絶え



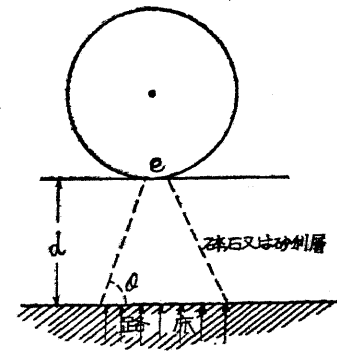
輕交通街路舗装

マカダム道ノ標準圖

第 137 圖

ず行はるときは此の餘裕は少なくて済むのである。全體の厚さは強さの點から來る最少の厚さに此の餘裕を加へたものである。碎石並びに砂利道で 8~9 種も減ると頗る凹凸を生じ改築を要することゝなり、自動車交通に對しては夫れ以前に改築を要することゝなる。故に上層が 8~9 種減るも猶且つ使用し得る程度となす事が必要である。碎石道の厚さに就ては多くの人により研究されてゐるが未だ意見一致するところなく、厚き路面論者の必要と考へたる厚さも、其の後築造方法特に結合材及ローラーの使用等の改良により厚さを次第に減少することを得たのである。然して完全に路床を排水する時は相當薄きものを用ひる事を得るに至れり。昔は交通頻繁なる部分には 45~60 種を必要と考へた時代もあつたが、其の後 30~40 種位に減じ、更に現今にては 15 種位でも充分であると考へられるに至つた。

車輛の重さ即ち集中荷重は舗装の層を通じて下に行くに従つて廣い面積に重さを傳へ、其の力の分布を見るとき第138圖に示す如く恰も車輛は圓錐體の頂上に停止せる如きものとも考へらる。若し斯く考へられ得たりとするも、(マカダム舗装の路床に對する荷重傳達



第 138 圖

状態は數年來米佛に於て研究されてゐるが矢張り斯く假定す) 尙此の圓錐體の邊の傾き及び其の底の路床に對する力の分布状態は全く不明なるのみならず、車と路面と接する面積及び其の重さの分布状態不明なるを以て、式を出すに際しては是等は全く假定しなければならぬ。

路面と輪帯との接觸について屢々研究されたのであるが、結局路面の性質、状態や輪帯の種類(中實、空氣及、鐵輪等)車輪の厚等により異なるを以て一定の状態のもとに設計すること不可能である。

今假りに輪帯と路面との接觸の長さを e とし、荷重を第138圖に示す如く路床

に等分に傳達するものと假定するときは、

$$d = \frac{\sqrt{(b-e)^2 + 4q \frac{b}{p}} - (b+e)}{4\alpha} \quad \text{を得}$$

d = 舗装の厚さ

b = 輪帯幅

p = 路床の単位面積に対する耐應壓力

q = 単位輪帯幅に対する輪壓

α = 輪壓の傳播錐體の底角を餘切 即ち $\alpha = \cot \theta$

此の式より e と θ とを推定すれば、 p を大凡假定して d を見出し得れども、 e の大きさ及び e の上に来る輪荷重分布の状態 θ 等は適當なものを探ること困難なるを以て、寧ろ是等は最も簡単な式にした方がよいと云ふことから、米國マサチューセツチ州に於ては次の假定をした。「集中荷重は碎石舗装厚の 2 倍の長の自乗に等しき面に一樣に分布するものとす」(第 139 圖参照) (これを底面積同一の圓錐體とするときは側線と垂直線となす角 $\theta = 48^\circ - 30'$ である。)

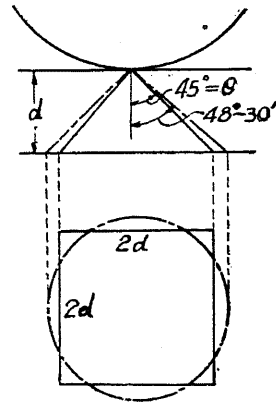
即ち d = 舗装の厚さ w = 車輪に来る最大荷重

p = 土の應壓力 とすれば

$$p(2d)^2 = w \quad d = \sqrt{\frac{w}{4p}}$$

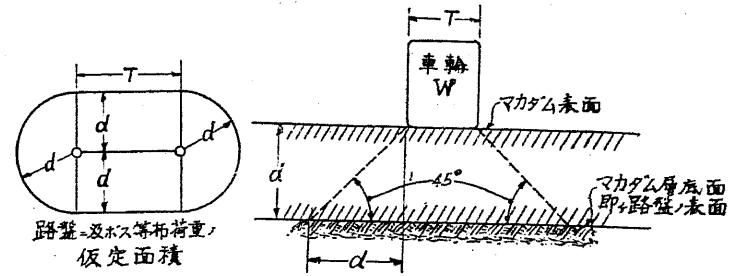
一般に從來集中荷重の分布は車輪と路面との接觸點を頂とし、圓錐形に擴がり底に於て一樣に分布するものとして計算し、圓錐體の角度は材料により異なるが $\theta \leq 45$ 度としたのである。

然るに其の後佛、米に於て研究した結果により判斷して第 140 圖の様に車輪と路面とは直線で接し、圓錐體の角度を 45 度と假定するが、最も適當であ



第 139 圖

るとハー
ジャー氏
は云つて
居る。此
の假定に
基き次の
式を得。



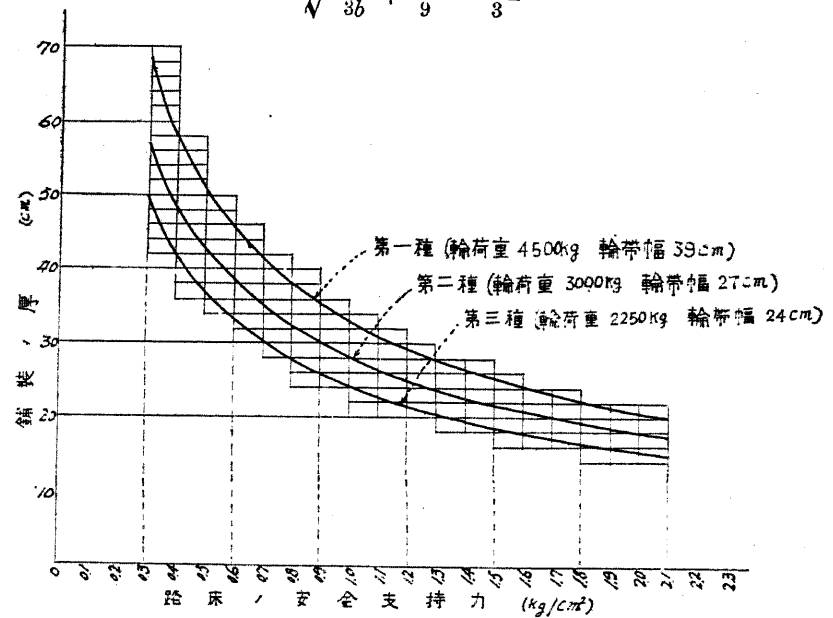
第 140 圖

路床等布荷重を受くべき面積 = $\pi d^2 + 2dT$

$$\div 3d^2 + 2dT$$

$$b = \frac{w}{3d^2 + 2dT}$$

$$d = \sqrt{\frac{W}{3b} + \frac{T^2}{9}} - \frac{T}{3}$$



第 141 圖

d = 舗装厚 T = 輪帯幅

W = 輪荷重に衝撃を加算したるもの (衝撃係数は普通 0.3 とす)

b = 路床の安全支持力 (其の数値は 184 頁参照)

マカダム舗装の厚さは少なくとも 10 糎以上とし、砂利道に於ては多少砕石道より大なるをよしとす。テルホード式基礎を設くる場合には上式により得らるゝ厚さより尙多少大にしなければならない。本式は上述の如き假定のもとに成立したるものなるを以て、其の適用に當つては實際の場合に應じて充分考慮することが必要である。上式に於て假に輪荷重を道路構造に関する細則に興へられたるものを用ひて計算せる圖表を擧げれば第142圖の如くなり参考として擧ぐることにせり。

第二節 材 料

1. 道路用骨材としての岩石の物理的性質

1. 主要なる物理的性質。水締砕石道に於て、使用せらるべき岩石の性状は最も重要にして、就中次の三性質の優良なるものを可とす。即ち車輪並びに鐵蹄等の磨削作用に抵抗すべき硬度、交通の衝撃作用に堪へる靱性、並びに骨材粒子を相互に膠着せしめて出来るだけ路表をモノリシックとして働くものたらしめるべき粘性、即ち締合力に富むものたるを要す。

水締マカダム道に對しては石灰岩、花崗岩、安山岩等が最も多く使用せらるゝも、此の外鑛滓、頁岩、低級の鐵鑛並びに砂岩等も地方的に使用さるゝことあり。

花崗岩は緊密にして一樣なる組織を有するものたるべく、粗鬆なる組織のものは基礎に使用すべし。花崗岩を以て造りし表面は相當量の交通に堪へる。石灰石は前者よりも大なる締合力を有するも其の硬度並びに靱性に於て前者に劣るが、品質良好なるものは相當の交通に堪へる。安山岩は我國に於ても産出する所多く相當強靱にして締合力あるを以て多く用ひらる。

今一般に道路用骨材として具有すべき大體の標準を示せば次表の如し。

用途 (構造の種類)	交通状態	限度		
		磨耗係数	靱性	硬度
水締マカダム道 (防塵劑なきもの及び び施したるもの)	輕	5~8	5~9	10~17
	中	9~15	10~18	14 以上
	重	16 以上	19 以上	17 以上
瀝青カーベットを有するマカダム	輕一中	5 以上	5 以上	前者可なれば 必要なし
シールコート有する瀝青マカダム	〃	7 以上	10 以上	
瀝青コンクリート	輕一中	7 以上	7 以上	前者適當なれば 必要なし
	中一重	10 以上	13 以上	
シートアスファルト、トベカ道に對 する中間層	全部	7 以上	6 以上	前者適當なれば 必要なし
セメント、コンクリート道	中一重	必要なし	8 以上	16 以上
舗石道用プロック		必要なし	9 以上	16 以上
砕石基礎用		3 以上	3 以上	8 以上

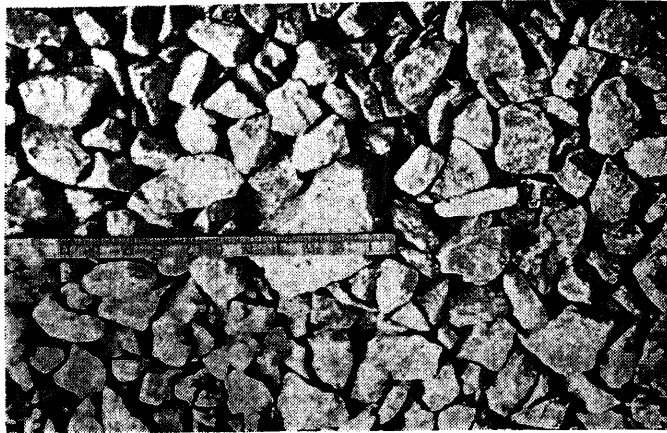
上表中砕石基礎用を除きては何れも其の耐壓強度は 1,400 疋/平方糎以上たるを要す。又水締マカダム道に於ては何れの場合に於ても岩石の締合力は 25 以上のものたることを要す、故に一般に花崗岩、變麻岩、砂岩等は水締マカダム道の表面には餘り適當しない。

2. 砕石の大きさ

使用せらるべき砕石の大きさは、岩石の性質並びに交通の種類に依り硬度小なるものは比較的大なるものを使用す。然し特殊道路即ち遊覽道路の如く重荷重の交通が少なく單に安逸なる乗心地を第一とするが如き場所には、平坦にして滑かなる道路を造る爲め小さき骨材を使用するを可とす。重荷交通ある道路に對しては石の粘質の如何に關せず上層に大なる骨材を使用すれば路面の破壊程度を減す。然し經濟的立場より岩石を殊に粉碎して使用するが如き時は、全砕石を各層に適當に使用するが可なり。

一般にテルホード基礎用としては其の大きさに制限なく、一人にて運搬數均し得

るものとす。砕石道の下層には20~100 耗の大きさのものが適當にて、扁平なるものは使用すべからず。下層は上層に於け



第 142 圖

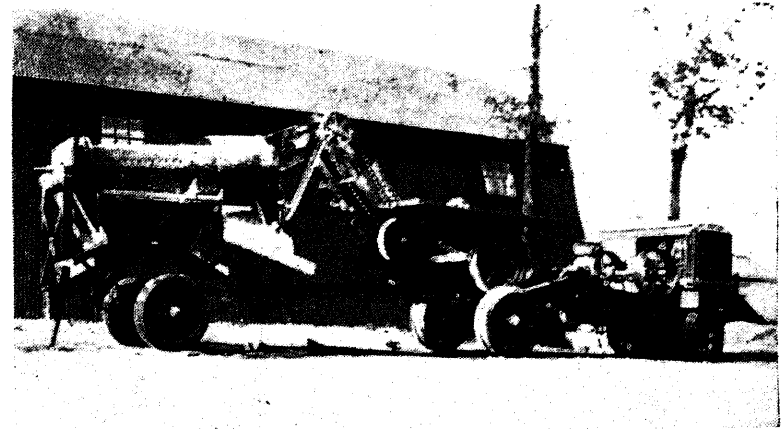
るが如く其の大きさにも餘り制限の要なきも 12 耗以下のものは良好なる結果を得難く、或る場合には已むを得ず上下兩層に同形の砕石を使用することあり。

上層は直接交通作用を受くるを以て、磨耗係數 12 以上のものにて 6~60 耗大の砕石を使用し、其の間隙を填充するには 6 耗以下の篩滓を用ふ。磨耗係數 12 以下の岩石にては 12~90 耗を適當とし、填充材として 12 耗以下の篩滓を使用す。(以下 12~6 耗以下粉末に至る迄の骨材を篩滓と稱す)

3. 岩石の採掘粉碎並びに其の篩分

岩石の採掘法には鶴嘴を以てする最も簡單なるものより、チャー・ドリルを使用するもあり、又機械的に蒸気、電氣等の動力を使用するもの等其の種類極めて多し。又近時爆發藥を使用して採掘する方法も可成り行はれて居るが、使用目的には何れに依るも差支なきを以つて、場所に應じ最も經濟的方法に依るべし。砕石機には廻轉式と嚙合式との二種あり、前者は大規模に固定的に使用せられ、後者は其の規模小なれば移動に便なり。兩者とも蒸気或は電氣等の動力を使用して運轉する。

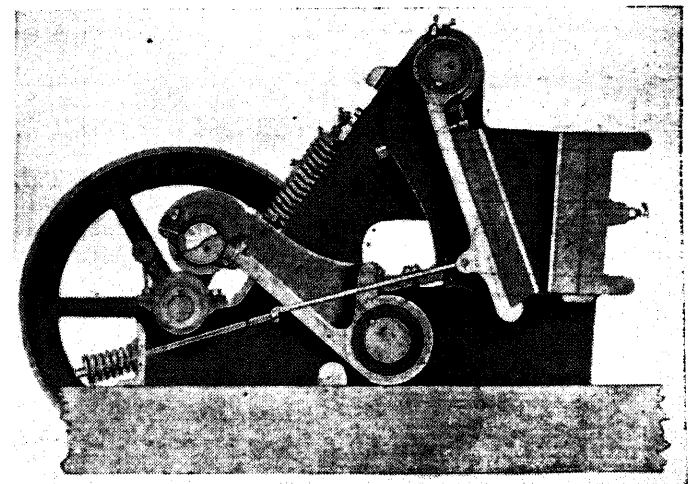
可搬式砕石機



第 143 圖

嚙合式砕石機

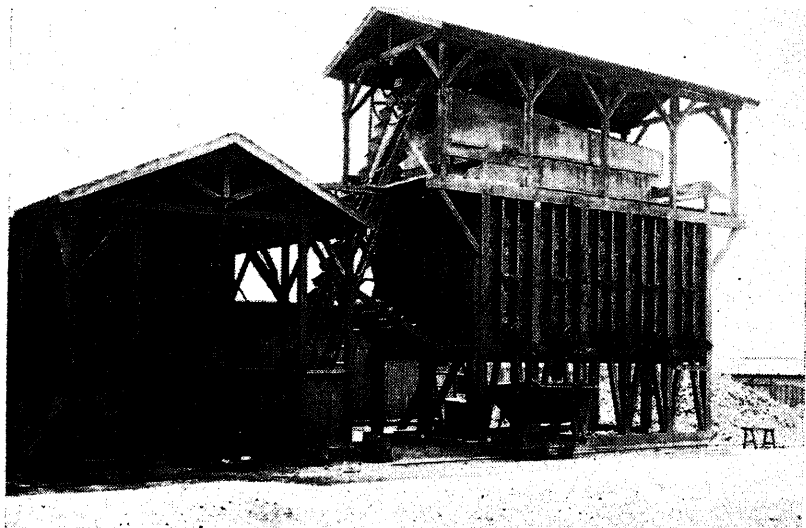
砕石機に依つて粉碎されし砕石を篩上に運ぶには、通常バケツト・エレベーターを以てし篩は圓筒形の廻



第 144 圖

轉篩にて砕石が自分の重量により輾下する様傾斜して取付らる。篩は數種の篩目に區分せられ各區の長は 60~120 釐にして、其の徑は移動機に於ては 60~90

碎石機及び碎石篩分装置



第 145 圖

種位なり。篩の目は圓形を可とす。米國都市改良會に依つて定められし篩目は次の如し。第一區は 16 耗($\frac{5}{8}$ 吋) 第二區は 32 耗($1\frac{1}{4}$ 吋) 第三區は 57 耗($2\frac{1}{4}$ 吋) 第四區は 82 耗($3\frac{1}{4}$ 吋) 目を有す。然し多くの場合石粉を分離せん爲め第一區の周圍に 6 耗($\frac{1}{4}$ 吋) 目のダスト・チャケットを取付るを普通とす。篩分されたる碎石は各區別に落下堆積する様板仕切りを施し爰に同一大さの碎石が集まることとなる。

第三節 施 工

1. 路 整

路盤の表面は一般に碎石道の出來上り面と平行に造らるゝも、路側と道路の中央部の厚さを變ずるが如き工法に於ては例外とす。路盤の幅員は表層と同じにし、路盤が淺く箱掘りされたる時には其の兩側に碎石を保持せしむる様 0.6 ~ 1.5 米の土砂の路肩を造るべし。然し街路に於ける如く歩車道境界石の類ある場合は

土砂の路肩を必要としない。路盤の不陸は直接マカダム道の表層厚に影響するを以て平坦とすべし。又マカダム道の安定度は多く路盤の強度に依る事大なれば充分輾壓し、輾壓中凹部を生じ或は柔軟にして手應なき場所は適當なる材料を補充或は置き換へ様に締つた路盤とすることを要す。(第 137 圖)

2. 碎石の運搬並びに敷設

碎石が良質ならざる時は道路の下層に小なる碎石を、上層に大なる碎石を使用して良好なる結果を得る事あるも、粉碎機より出でたる總ての材料を一緒に、且つ一層に撒布することは望ましからず。若し特殊な撒布装置を設備したる運搬車を使用する際は、直接路盤上に撒布するも差支なきも一般には之れを一旦他の場所に卸したる後撒布すべし。特に表層用の材料を直接路盤上に落下せしむれば粒度の分離を來す憂あるを以つて、一旦板上に落下しショベルにて撒布するを可とす。

3. 層 厚

碎石道は通常數層に分ちて撒布し各層毎に輾壓すべし。各層の厚は輾壓後 10 種以下たるべく、厚きものは充分なる輾壓を望むこと能はず。交通少なく路盤良好なる際の碎石道路の厚さはその材料堅硬なるものは 10 種、軟質の骨材にては 12 ~ 15 種にて可なるも、重荷交通の道路は普通 20 ~ 25 種或は夫れ以上にすべし。10 噸以上車輛の交通が大部分を占むるか、或は交通の $\frac{1}{3}$ 以上が自動車交通なる如き箇所には碎石道は不適當にして、又安定の爲に 30 種以上の厚さを要する箇所にはマカダム道は經濟的ならず。仕上げ厚は輾壓後約 80% となるを以て現場に於ては、其の出來上りを充分豫想すると共に材料を準備するを要す。テルホード式基礎を用ひる時は普通約 15 種とし、時には 20 種とする事あり。

下層の厚は基礎の種類並びに交通の状態に依りて異なるも、路盤が砂利質の場合或は人工的基礎上に造らるゝときには一般に 5 種位にて充分なり。然し重き車輛の交通する箇所には 10 種以上とすべし。市内道路に對しては下層は輾壓後 15 種位にするが一般に經濟的なり。

現場に於て碎石層の厚を確保せんが爲には通常同厚の板を側面に据え置くか、又は道路を横断して定規板を置く事あり。然し此の方法に依れば路盤或は基礎の不陸が表層に影響するを以て、道路の兩側並びに中央に縦に糸を張つて各層の厚さを調整することもある。此の方法によれば道路面は常に設計面に相當する様になり下層の不規則に影響されず。又一定厚の木又はコンクリートの立方體を地盤上所々に据え付け之れを定規として厚さを定め行くこともある。

道路舗装の單位面積に對する碎石量は勿論其の厚に依り差異あるも、必ずしも其の厚に比例せず、即ち空隙が完全に石屑を以て填充されたる時は其の量多く、然らざるときは少なし。時として下層の輾壓表面より5~6層以下は空隙多きものあり。故に一般に上層の單位面積の重量は、同厚の下層の同面積のものより大なり。

車輪にヒック（爪）を有する輾壓機

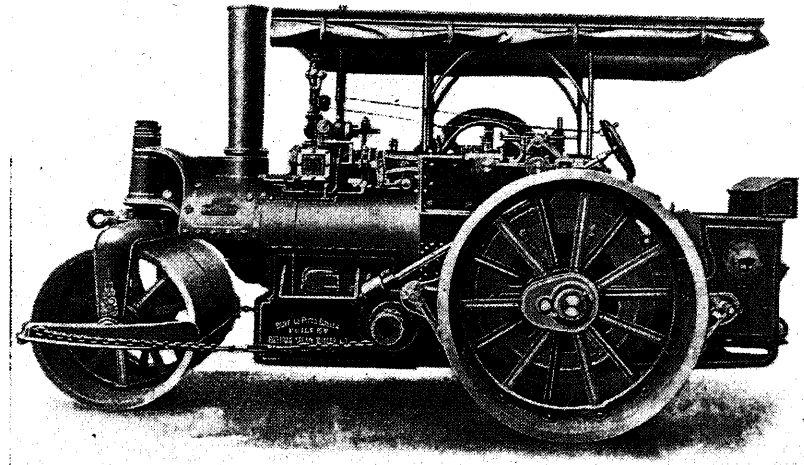
4. 輾 壓 機

輾壓機は道路築造上缺くべからざるものである。道路はローラーなしにても造り得べしと雖、交通並びに道路材料の點から大なる損失である。然して斯かる道路はローラーをかけた程平坦ならず又耐力も少くない。交通に任して固める道路に於ては、材料の多くは固まる前に丸く且つ滑かになり、泥と混じて互に噛み合ふことなし。従て水の爲



第 146 圖

三輪式（マカダム型）蒸汽機關付輾壓機



第 147 圖

め破損され易く、結局ローラーをかけた方が得策なることが多い。ローラーは構造上大別して次の二種とす。

- (1) 三輪型
- (2) タンデム型

三輪型はマカダム道の築造に主として用ひられるを以てマカダム・ローラーとも稱せらる。蒸汽、ガソリン、ディーゼル等何れも用ひられるも大なるものは蒸汽のもの多し。

タンデム型は主として瀝青道築造の際に用ひられ一般に重量少なくガソリンのものが多い。

ローラーは原動力より分類すれば人力、牛馬力、蒸汽、ガソリン・ディーゼル等の數種あり。人力、馬力等は地方道路に於て極く簡単な工事に用ひられ、其他は所謂舗装用として用ひらる。最近迄は蒸汽ローラーが大部分であつたが市街地に於ては煤煙のため、又燃料給水等の繁雜のため、追々とガソリンに變りつ

あり。然し 12 噸以上の大なるものは猶蒸汽を用ひるもの多し。デーゼル・ローラーは最近の發達にしてガソリンに比し燃料經濟なり。ガソリン・ローラーの蒸汽に比し都合よき點は大體次の如きものである。

- (1) 蒸汽ローラーより丈夫で容積少なく整頓して居ること。
- (2) 直ちに仕事を初め得ること。
- (3) 音響少なきこと。
- (4) 蒸汽より敏捷なること。
- (5) 火災の虞なし。
- (6) 多量の水や重い石炭の運搬の必要がない。

然し土質軟かにして落ち込むことある場合は、蒸汽の方が餘力大なるを以て都合がよい。ローラーの重さは石の堅さに應じて定めるのである、重過るときは締め固める代りに石を粉碎する虞あり。又非常に重きものは地盤軟らかきとき滅り込む虞あり。且つローラーの乗りこし得ざる山を車輪の前方に造ることあり。之れと同様な困難が碎石を路盤に敷いた當初に於ても起ることがある。是は前輪の徑を大にすることにより幾分緩和することが出来る。

マカダム・ローラーの重さは普通 7~15 噸位迄であるが時に 20 噸のものもあるが是等の動輪下の壓力は 55~90 疋/輦である。タンデム型は $2\frac{1}{2}$ ~10 噸位で動輪下の壓力は 22~55 疋/輦ある。タンデムの普通のものは 5~8 噸で動輪下の壓力は夫々 35~50 疋/輦位である。

動輪下の壓力の強弱は、鋪裝出來上りの強弱に影響する所尠からざるを以て、單にローラーの總重量のみにならず、車輪單位長當りの重さも注意しなければならぬ。

地盤が軟い砂質のときは 10~12 噸、堅き粘土、砂礫混りのときは 12~15 噸位のローラーを用ひるを適當とす。

ローラーには普通高速低速の二種を出し得る構造になつてゐて、低速は路盤又

はテルフォード式の基礎に使用され毎時 2.5~4.5 籽で、高速は仕上げをするとき又は他に移轉するときに用ひられ毎時 6.5~8.0 籽である。急屈曲部を廻るときは外側の車輪が内側より早く廻るを以て、若し兩車輪が車軸に緊結さるときは、外側の車輪が走り路面を破壊する虞あり。之れを防ぐ爲めには止鉋 (Lock pin) を緩め自由に動き得る様にするか、又はデフェレンシアル・ギヤを供へ自動的に速度を調節するのである。

其の外ローラーには種々ありて溝の爪、羊の足形等を車輪に附したるもの又は掻き起し機を具へ舊路面の掻き起しに兼用するものもある。又水槽を備へ之れに水を満し重量を加減することを得るものもある。更に車軸、シリンダー各三箇を有せしめ各車輪にかゝる重さを調節し得る構造とし、路面の波状を生ずる因を防ぐことを得ると稱せらるゝ特種のものもあれども其の効果明でない。

5. 輾 壓

輾壓にはローラーを使用するを可とす。馬挽ローラーは碎石道の輾壓には輕きに過ぐる憾あり。若し碎石極めて堅硬なる時は 12 噸以上軟質の碎石にて 10~12 噸のローラーを使用するを可とす。

通常一臺のローラーの適當なる輾壓量は一時間碎石約 10 噸とす。

輾壓の程度は石の性状、ローラーの重量、並びに水及び結合剤の使用量によりて異なる。

輾壓は兩側より始めて中央に至る。即ち一端より始め中央に至らば更に他端より始め之れを反復して充分輾壓す。輾壓中不陸の部を生ずれば同大の碎石少量を加へて更に輾壓すべし。

6. 篩滓の使用

二三の仕様書には基礎層中の空隙は篩滓、砂或は砂利を以て填充し、更に細き結合剤を充分に掃き込み撒水して輾壓すべしとあり。上層の輾壓後にも篩滓を撒布する迄は交通を開始することは不適當である、然し此の際餘分の材料を基礎

層の表面に残留せざる様注意するを要す。此の方法に依れば碎石間の空隙を充分填充し緊密な基礎を造ることが出来るのである。

篩滓は石灰岩を最良とし一般に上層の構造に使用す。上層が緊密に壓縮されし時に表面に篩滓を撒布し充分に撒水して篩滓を空隙中に流し込む。若し必要あらば更に篩滓を加へ輾壓を繼續すべし。水及篩滓の適當量が使用せられし時にはローラーの前部に膠泥（グロート）の波が押出される。

7. 結合材の適量

結合材の適量は石の硬度並びに結合材撒布前に於ける輾壓の程度に依る。結合材の適當なる量は、丁度其の空隙を填充するに足る程度にして、初め丁度其の空隙を埋める程度に篩滓を撒布し箒の類を以て空隙に掃き込み、時として撒水するも普通其の前に輾壓するのである。輾壓繼續中表面に空隙を生ずるときは更に篩滓を加へ、前方法を繰り返して充分空隙を埋めたる後撒水しつゝ輾壓し仕上げるのである。此の方法によるときは結局 40% 以上の篩滓を要することとなる。

第四節 維持

1. 磨耗の原因

碎石道の交通に對する耐久度は主に交通の種類及び量に依る。若し水が碎石道の表面に停滞すれば路面を軟化し急激なる磨耗を來す。牛馬車交通により屢道路の中央部には馬蹄跡並びに轍跡を造る事あるも、若し表面の横斷勾配を小にする時は道路の全幅員を通じて使用さるゝを以て幾分其の破損を防ぐ事を得。車輛の粉碎作用は碎石を粉碎磨耗して塵埃を造り、之れが乾燥するときは風の爲め吹き飛ばされ表面の石を露出し終に交通に依つて容易に移動されることとなる。重い貨物自動車が高速度で走る時は碎石道の表面を急速に崩解しモザイク面となす。道路が斯くの如き状態となり、乾燥して居る時は 1~2 日間の自動車の交通には全く崩壊せらるゝに至るべし。故に碎石道の表面が上述の如き状態とならば

直ちに瀝青處理を施すを普通とす。

2. 維持法

碎石道の維持は建設直後より開始するを要す。即ち路面を常に巡視して修繕を要する箇所あらば直ちに之れを修理す。此の維持法は結局は最も經濟的にして且道路を良好なる状態に保持せしむ。

a. 通常の修繕。碎石道の表面は常に平坦に保ち、雨水を迅速に側溝に排除し表面の不規則より生ずる交通の衝撃作用を減じなければならぬ。溝或は小孔等が路面に生ずれば、直ちに之れを修理し特に轍は表面に水分を貯留せしめ、交通に依つて急速に擴大されるを以て特に絶えず注意して除去するを要す。是等の凹所を填充するには上層と同大の碎石を使用し、路面の濕潤なる所に行ふべし。

毎年春期路面が軟き時に輾壓すれば路面を平坦に保つ助となる。塵埃は交通に極めて害あるのみならず、又濕氣を與へれば泥化して乾燥を妨ぐるを以て、路面上の塵埃等は絶えず除去するを要す。路面がモザイク状となりし時は砂石屑或は他の結合劑を路面に撒布して崩解する事を防ぐべし。碎石道の表面を充分に掃き淨めたる後、結合劑として又塵埃鎮靜劑としてのアスファルト油及びタールを以て表面處理を施せば良好なる結果を得。大體に於て 1 日の交通 300 以上の自動車を通す道路には瀝青表面處理をなすを可とす。路肩を造りたる時は道路面の水を側溝に流す様時々之れを掃除すべし。然し路肩より掻取りたる物は絶対に道路面に投入すべからず。側溝は砂利道に於けるが如く水の流れを良くする様注意すべし。

b. 再舗設。碎石道の再舗設は上層が磨耗され盡した時行ふ。

其の構法は加へらるべき碎石層の厚さに依り、若し其の厚 5 寸以下なる時は舊道路面は軽く掻き起し、新舊層の結合を充分ならしむ。次に碎石を撒布し輾壓する事新設の際と同様なり。若し 7 寸以上の厚に碎石を加ふる場合に於ては、舊道路面を傷つける必要なし。

第五節 石質試験

道路用石材として試験せねばならぬものは、硬度、磨削、比重及吸水、韌性、粘合力等とす。其の試験方法は、内務省土木試験所に於て規定せるものあるを以てこゝには極く簡単に説明することとする。

(い) 顕微鏡試験。本試験は石材の組成組織及分解状態等を検する爲に行ふものであつて、拡大鏡を用ひ組成成分の色、光澤、結晶形、劈開、配列、硬度等を検出する。

(ろ) 比重及吸水率試験。試料より重量 20 瓦以上の立方体に近き供試體を作り、110°C 以下の温度にて定重量となる迄乾燥し、冷却せしめたる後空気中にて秤量し、之れを 96 時間蒸溜水中に浸漬したる後蒸溜水中にて秤量し、次に之れを取り出し其の表面の水分を拭ひ去り再び之れを空気中にて秤量する。然る時は比重及吸水率は次式より算出せられる。

$$\text{比 重} = \frac{W_1}{W_3 - W_2}$$

$$\text{吸水率} = \frac{W_3 - W_1}{W_1} \times 100$$

W_1 ……乾燥後空気中に於ける重量 (瓦)

W_2 ……96 時間浸水後水中に於ける重量 (瓦)

W_3 ……96 時間浸水後空気中に於ける重量 (瓦)

(は) 硬度試験。本試験は磨耗に對す抵抗力を測定するものであつて、種々の方法あれども、フリー硬度試験機が使用せられる。試料よりダイヤモンド心鑽機に依り直徑 2.5 種を有する圓筒形供試體を切抜き (石目の判明せるものは石目に直角及並行なる供試體を作製し各々に就き試験す) 兩端を軸に直角なる平面に仕上げ秤量して試験機にかける。供試體は其の下端を試験機取付の水平圓板に接せしめ、圓板を毎分 28 回の速さで廻轉し、石英砂を研磨材として磨耗せしめる。

圓板を 1,000 廻轉せしめたる後供試體を取出し附着物を除去して秤量し、次式に依り硬度を算出する。

$$\text{硬度} = 20 - \frac{W_1 - W_2}{3}$$

W_1 ……第 1 回の秤量せる重量 (瓦)

W_2 ……第 2 回の秤量せる重量 (瓦)

(に) 磨削試験。本試験は磨削衝撃に對する抵抗力を同時に試験するが如き方法にして、古くより佛國に行はれたドウバル磨削試験機が用ひられる。ドウバル試験機は 1 箇又は數箇の有底鑄鐵製圓筒より成る。圓筒は内徑 20 種、深 34 種を有し一端は蓋を密閉し得る如きもので、各圓筒共水平廻轉軸と 30° の角度を以て取付けられて居る。大割せる試料を採り之れを破碎して成る可く一邊大體 3~5 種を有する等大の立方體約 50 箇を作り、其の重量を 5 瓦とする。供試體は豫め秤量したる後試験機の圓筒内に入れ、圓筒を毎分 30~33 廻轉の速さを以て、1,000 廻轉せしめたる後取出し、徑 0.16 種の篩にかけ残留物を良く洗滌し充分乾燥せしめて秤量する。本試験の結果は磨損量を原重量に對する百分率にて算出し磨損百分率と稱する。

$$\text{磨損百分率} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

W_1 ……供試體の原重量

W_2 ……篩残留物の重量

尙本試験の結果を磨損係數 (又はフレンチ係數とも稱す) を以て表示する事がある。磨損係數は整數 40 を磨損百分率にて除したる商を表はした數字である。磨損百分率率と磨損係數を對照すれば次表の通りである。

砂利に關しては特に異つた試験方法が規定されてある。

磨 損 百 分 率	2	2.7	3	4	5	6	7	8
磨 損 係 數 (フレンチ係數)	20	15	13.3	10.0	8.0	6.7	5.7	5

(ほ) 韌性試験。此試験は衝撃に對する抵抗力試験で、元米國道路局長ペーチ氏の考案によるものを採用す。供試體は硬度試験の場合と同様のものを用ひ、ペーチ衝撃試験機に依り試験を行ふ。ペーチ衝撃試験機は重量 50 珎の鐵床、1 珎の硬鋼製ブランヂャー及 2 珎の鐵槌より成る。ブランヂャーの下端は半径 1 糎の球面をなし、供試體の上に中心軸が一致する様取付けられる、鐵槌の落下高は最初 1 糎とし順次 1 回毎に 1 糎宛遞加して行き、供試體の破碎せる時の落下高を示す糎數 (又は鐵槌の落下數) を以て韌性を示す數とする。

(へ) 締合力。本試験は石材の粉末が水の混加に依り粗粒材を締合する程度を比較する試験である。或一定量の試料及水をボールミルに入れ可塑性物質を造り、之れを型に入れ高及徑 2.5 糎を有する供試體を作り、之れを締合力試験用ペーチ衝撃試験機にかけ、重量 1 瓦、落下高 1 糎の鐵槌を落下せしめて供試體の反撥力皆無となる迄繼續し、その落下數を以て締合力を表はす。

次表は本邦産石材に就て内務省土木試験所に於て施行した結果である。

本邦産石材試験成績表
(内務省土木試験所調査)

1. 花崗岩類

試料番號	試料名	産地府縣名	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 kg/cm ²	摘要
69	黑雲母花崗岩	茨城	2.63	0.6	2.0	20.0	18.5	14	23		
70	同	同	2.66	0.5	2.4	16.7	18.6	13	18		
71	同	同	2.62	0.5	2.6	15.4	18.8	9	31		
77	同	同						16	32		
78	同	同						19	19		
83	同	同						13	17		
84	同	同						12	18		
85	同	同						14	16		
86	同	同						13	15		
87	同	同						14	12		
88	同	同						10	16		
81	同	同						14	18		

試料番號	試料名	産地府縣名	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 kg/cm ²	摘要
89	黑雲母花崗岩	同						18	29		
90	同	同						16	26		
94	同	同						13	24		
95	同	同						16	23		
96	同	同						14	23		
97	同	同						13	32		
98	同	同						10	20		
99	同	同						10	28		
38	同	同					19.0*	9*			
76	同	同	2.63	0.6	3.3	12.3	18.5	11△	8	32	
176	同	京都	2.67	0.3	3.3	12.1	18.6	12	20	1,599	
198	同	岐阜	2.60	0.6	2.3	17.4	18.6	14			
209	同	福島	2.65							935	
210	同	同	2.65							1,416	
211	同	同	2.64							741	
212	同	同	2.65							1,140	
82	複雲母花崗岩	茨城						12	21		
1	角閃雲母花崗岩	同	2.74	0.4	2.8	14.4	17.5	12	29		
194	同	福島	2.64	0.3						1,777	
195	同	同	2.73	0.3						1,622	

2. 閃綠岩類

40	石英閃綠岩	山梨	2.61	0.8	2.2	18.2	18.6	12	14		
196	同	同	2.71	0.4	2.4	16.7	18.5	17			
197	同	同	2.72	0.6	2.3	17.4	18.4	24			
79	同	同						16	18		
80	同	同						16	18		
41	同	群馬	2.73	0.6	1.7	24.1	18.7	20	12		

3. 斑岩及玢岩類

7	石英斑岩	兵庫	2.63	1.8	2.6	15.4	18.7	18	217		
8	同	同	2.61	0.6	1.4	28.6	19.4	26	14		
11	同	同	2.62	1.3	1.4	28.6	19.6	23	17		
12	同	同	2.61	1.3	1.6	24.4	19.6	21	28		
10	同	同	2.53	6.3	2.9	14.0	18.6	27	89		
199	玢岩	福岡	2.82	0.9	8.8□	4.5□			23		

試料番號	試料名	產地府縣名	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	韌性	綜合力	耐壓強度 kg/cm ²	摘要
200	玢岩	福岡	2.69	1.4	10.4□	3.8□			40		
201	同	同	2.68	1.7	11.4□	3.5□			44		

4. 安山岩及玄武岩

24	石英安山岩	山梨	2.45	3.7			17.0	10	122		
23	同	同	2.54	2.7	3.8	10.4	17.8	13	139		
26	同	同	2.38	5.1	3.6	11.1	15.2	11	340		
64	同	静岡	2.63	1.5	3.2	12.5	18.0	18	24		
50	同	同	2.55	0.8	4.4	9.1	18.7	10	16		
59	同	同	2.47	2.9	4.5	8.9	16.7	17	71		
36	同	同	2.44	3.4	5.8	6.9	18.3	21	127		
56	同	同	2.61	0.8	3.4	11.8	16.5	12	11		
158	同	同						22△			
159	同	同						11*			
160	同	同						30△			
161	同	同						14△	10		
162	同	北海道	2.19	2.9	3.7	10.8	17.6	13	10		
163	同	同	2.29	4.5	4.0	10.0	18.8	13	494		
170	同	静岡							93		
171	同	同							156		
22	輝石安山岩	山梨	2.61	0.9			18.0	17	60		
57	同	同	2.63	2.5	2.2	18.2	18.2	23	256		
21	同	同	2.73	0.5			19.2	27	42		
172	同(熔岩)	同	2.40	3.2	17.2	2.3	15.5	3	3	757	
173	同(同)	同	2.31	3.5	18.4	2.2					
19	同	神奈川	2.62	1.7			18.4	22	13		
25	同	同	2.70	1.2			17.9	17	91		
62	同	静岡	2.65	1.3	1.5	26.6	18.5	31	13		
51	同	同	2.65	0.5	3.5	11.4	17.8	11	6		
52	同	同	2.35	1.7	4.1	9.8	18.5	14	8		
63	同	同	2.78	1.3	1.9	21.1	18.6	22	10		
61	同	同	2.77	1.2	1.6	25.0	18.5	24	15		
54	同	同	2.37	4.6	2.8	14.3	17.2	19	1,245		
53	同	同	2.46	2.0	3.1	12.9	18.3	14	99		
5	同	同	2.71	1.6	2.7	14.8	17.6	23	361		
65	同	同	2.68	1.3	3.1	12.9	18.4	14	659		

試料番號	試料名	產地府縣名	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	韌性	綜合力	耐壓強度 kg/cm ²	摘要
13	輝石安山岩	北海道	2.58	2.2	3.0	13.3	18.3	22	90		加熱溫度 (°C) 室溫
112	同	福島						7			800
113	同	同						11			600
114	同	同						9			400
115	同	同						10			200
116	同	同						7			1,000
117	同	同						6			室溫
118	同	長野						7			600
119	同	同						8			200
120	同	同						6			400
121	同	同						7			800
122	同	同						8			1,000
123	同	同						7			600
124	同	神奈川						9			室溫
125	同	同						10			200
126	同	同						9			400
127	同	同						9			1,000
128	同	同						8			800
129	同	同						9			
181	同	北海道	2.48	2.8	4.7	8.5		7	15		423
182	同	新潟	2.53	2.9				11			369
183	同	同	2.40	4.2				11			462
184	同	同	2.56	4.2				11			229
185	同	同	2.39	4.4				10			372
186	同	同	2.43	4.2				10			
208	同	福岡	2.62	1.4	13.6□	2.9□				96	
20	複輝石安山岩	山梨	2.72	0.6				18	12		
58	同	同	2.71	1.0	1.9	21.1		24	14		
2	同	鹿兒島	2.30	1.9	12.8	3.1		7	8		
202	橄欖輝石安山岩	福岡	2.64	1.0	7.5	5.3□				111	
14	同	静岡	2.75	1.0	2.6	15.4		16	135		
55	同	同	2.38	3.6	3.7	10.8		18	16		
6	橄欖輝石安山岩	同	2.83	2.2	1.6	25.0	18.4	27	33		
179	同	長野	2.69	1.5	2.0	20.0	{17.8* {17.8△	{21* {17△		{1,533* {1,206△	
180	同	北海道	2.77	0.9	1.6	25.0	18.8	28	17		
91	古銅輝石安山岩	香川	2.83	1.1	1.8	22.2	19.0	34	21		

8. 砂岩其他

試料 番號	試料名	產地 府縣名	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損 係數	硬度	韌性	綜合 力	耐壓 強度 kg/cm ²	摘要
130	砂岩	群馬						3			加熱溫度(°C) 200
131	同	同						3			400
132	同	同						2			800
133	同	同						3			室溫
134	同	同						2			1,000
135	同	同						3			600
29	硬砂岩	東京	2.61	0.3	1.1	36.4	19.4	47	15		
27	同	山梨	2.79	1.6	1.6	25.0	18.8	37	49		
205	同	福岡	2.72	0.5	4.6	8.7□			42		
215	同	京都	2.67	0.3	1.7	23.5	18.0	25			
16	角礫岩	山梨	2.61	9.9	3.3	12.1	18.2	10	183		
37	綠岩	東京	2.68	1.4	3.8	10.5	17.7	10	36		
203	綠泥片岩	福岡	2.98	0.5	7.3	5.5			14		
206	砂質粘板岩	熊本	2.65	1.0	8.9	4.5			84		
30	碎石(雜岩)	東京	2.69	0.3	1.7	23.5			21		
28	同	山梨	2.58	1.0					14		

9. 鑛滓類

3	鑛滓	秋田	3.48	1.3	6.2	6.5	18.4	26	11		荒川鑛山
4	同	同	3.48	0.5	3.0	13.3	19.2	35	30		小坂鑛山
44	同	栃木	3.58	0.7	2.3	17.4	18.7	45	5		足尾鑛山
45	同	茨城	3.43	0.6	2.8	14.3	17.6	16	3		日立鑛山
46	同	愛媛	3.29	0.2	2.4	16.7	18.8	38	4		別子鑛山
35	同	福岡	2.61	1.5	3.2	12.4			50		八幡鑛山
42	同	同	2.84	1.1	3.3	12.1			73		同
43	同	岩手	2.87	0.7	4.5	8.9	17.9	13	17		釜石鑛山
47	同	北海道	2.93	0.7	2.6	16.7	17.9	14	11		輪西鑛山
177	同	神奈川	3.06	1.7	6.3	6.3			40		日本鋼管
178	同	同	2.56	1.7	7.8	5.1	17.9	14	228	1,361	淺野造船
187	同	同	2.84	0.6	2.2	18.2	18.1	20	291		同
213	同	同	2.51	1.9	3.2	12.4	15.1	11	27	1,119	同
214	同	同	3.20	1.5	11.4	3.5	18.0	11	500	1,209	同

〔備考〕 * 石目に垂直

△ 石目に並行

□ 砂利の試験方法に依る