

第一編 石 材

第一章 總 說

§ 7 石材の特質

岩石はその強度及耐久性に於て木材、コンクリートその他の材料に優るが故に構造及裝飾用として廣く用ひられ古來最高級のものと考えられ、その用途は花崗岩の如く廣き範圍に亙るものよりオフィカルサイトの如き特別の用途に用ひらるるものまで極めて種類多く更に碎石、砂利、砂の如きは骨材として廣く用ひられ、土木工事で之を用ひないものは殆どない、土木の土は所謂 Earth にして地殻を構成する總ての礦物質を含みその名の如く土木構造物の實體を表現してゐる。

コンクリートは近年幾多の研究により顯著なる發達を遂げ配合及施工に當り所要強度のものを造り得る様になつたが、自然の熱作用と壓力とで構成された岩石は尙優越せる地位を保ち、強度、耐久性、靱性、磨耗抵抗に關して獨得の地歩を有してゐる、今花崗岩をコンクリートと比較すれば前者の特質は次の如し。

- a. 強度殊に耐壓強度は極めて大で五倍以上に達し、抗張強度も亦優り三倍以上である。
- b. 靱性極めて高く衝撃に對する抵抗は四倍以上である。
- c. 磨耗抵抗は極めて高く、六倍以上に達する。
- d. 吸水率は極めて小さく、硬質のものは 1% 以下である、従つて氣象作用に對する耐久性大である。
- e. 自然なる快觀を呈してコンクリートの鈍色なるに比して著るしく優り、従つてコンクリート建築物には石材その他の表裝を施してゐるものが多い。
- f. 耐久性極めて大である 通常耐久性の限度としての初期強度を失つて危險なる状態に陥るを以て指示しない程で従つて、石材に對しては仕上面の器具の痕跡 (toolmark) を失ふ迄を以て示す場合がある。

本邦に於ける試験結果で之を示すと第 3 表及第 4 表の如くである。花崗岩は

耐壓強度と抗張強度の比 25 ~ 30 に達しコンクリートの約 10 に對し耐壓強度が極めて大なるを示してゐる。

第 3 表

性 質	花崗岩		砂 岩		大理石	脉 岩		コンクリート 材齡 4 週
	I	II	I	II	I	I	II	1:2:4
耐壓強度 kg/cm^2	710-2,820	1,510	350-1,420	463	560-1,880	2,000-4,700	1,760	172-220
抗張強度 kg/cm^2	42-90	52	20-36	27	28-163	—	—	21
抗剪強度 kg/cm^2	140-300	—	21-210	—	92-460	—	—	—
抗曲強度 kg/cm^2	—	136	—	74	—	—	—	—
耐 壓 / 抗張比	—	1:30	—	1:17	—	—	—	1:10
彈性係數 10^5	4.0-5.8	—	1.34-5.40	—	5.1-10.2	—	—	2.0-3.0
靱 性	7-31	15.6	3-47	40①	—	—	—	20 5-7②
フーリ-硬度	—	18.0	—	19.1①	—	—	—	18.9 11.7-13.0②
締 合 力	—	29.0	—	32.0①	—	—	—	17.0 —
磨 損 係 數	—	14.4	—	30.7①	—	—	—	21.6 —
比 重	2.6-2.7	2.65	2.2-2.7	2.49	2.7-2.86	2.9-3.2	2.96	2.35
吸 水 率 %	0.4-1.8	—	6-18	3.3	0.1-0.4	—	—	5.0
膨脹係數 $10^{-4}/C^{\circ}$	0.11-0.16	—	0.09-0.22	—	0.06-0.30	—	—	0.10

I 米國標準局の試験

II 本邦試験成績

① 硬砂岩試験

② モルタルの試験

第 4 表

石材とコンクリートとの性質比較

性 質	花 崗 岩			安山岩	コンクリート			
	粗粒	中粒	細粒		1:1.8	1:1.5:3.3	1:2:4.5	
耐壓強度 kg/cm^2	1,450	1,465	1,482	1,048	489	374	332	
抗曲強度 kg/cm^2	123.3	103.6	105.6	85.0	65.1	54.2	51.3	
抗張強度 kg/cm^2	47.0	37.2	42.1	44.0	—	—	—	
磨 耗 抵 抗	ラトラ- %	15.55	7.68	8.14	10.14	13.4	28.3	36.2
	アムスラ-	0.395	0.376	0.335	0.327	0.915 (0.485)	1.12 (0.56)	1.02 (0.485)
	フーリ-	18.8	18.5	18.5	17.8	—	12.3	—
吸 水 率 %	0.357	0.339	0.348	0.89	—	—	5.4	
靱 性	10	13	16.5	26	—	6.8②	—	
磨 損 係 數	19.14	28.6	26.2	20.9	—	—	—	
比 重	2.63	2.62	2.64	2.65	2.44	2.48	2.485	

花崗岩は復興局技術試験所試験、コンクリートは内務省土木試験所試験

耐久性の大なる事は古來の構造物にして人爲的破壊によらず殘存せるものでは獨り石造のみであるに依りて知り得る。

埃及のピラミッド (Pyramid) の如き六千年を経て今日尙その偉大を誇つてゐる、現在その數 67 を算し、第四王朝クフ王 (khufu) の墓として知らるゝケオプス (Cheops) のものゝ如き BC 3969 年のもので高 146 m、底邊 229 m を有し石灰岩の空積工で入口通路の拱はサイエナイトを用ひてゐる、ナポレオンが發見し埃及文字解釋の緒を得たロセッタ石 (Rosetta) も玄武岩であり、パリの都心コンコードのオベリスク (Obelisque) も亦花崗岩で千古の耐久を誇つてゐる。

本邦は地震の爲に古來石造建築が少なかつたが群馬縣の多野郡多胡村旭岳の日本三碑は砂岩を以て造られ千年の材齡を保つてゐる。

多胡碑	元明天皇	和銅四年	碑齡	1221年
金井澤碑	聖武天皇	神龜三年	同	1206年
山上碑	同	天平十三年	同	1191年

§ 8 岩石學

岩石は通常一種又は一種以上の鑛石より成り略一定の性質を有し地殼の大部分を構成するものである、多くは鑛石の集成より成り化學成分は一定せず、従つて鑛石の如く一定の化學式で示す事は出来ないがその成分は各部略均一のものである、成分たる鑛石の數によつて單成及複成岩があり、更に多量の非晶質を含むもの若くは殆ど是等の非晶質のみから成るもの等種類極めて多い、然し土木材料として價值を有するものはその工學的性質と經濟的條件とより種類が限定せられその種類は決して多くない。

岩石學は地質學 (Geology) の一分派で物質地質學 (Geognosy) 中の最も要なる部分である、その研究は理論岩石學 (Lithology, Petrology) に於て性質の基因を明にし一切の理論を考究し岩石分類學若くは岩石記載學 (Petrography) に於て性質性状を觀察し相互の比較分類を行ひ之に大系を與ふるものである。

是等の岩石學の研究を基礎としその工學的性質と用途とを研究するは土木材料の目的であつて岩石利用の方面から近年特殊の發達を見るに至つた。

§ 9 岩石の生成

岩石の性質を明かにする爲その成因を考ふれば凡そ次の段階を経て現在に至つて居る。

(1) 地球創成の初めの熔融状態より、次第に冷却硬化して生ぜるものは所謂 Lithosphere の部分で地殼と云はるゝものである、従つて總ての岩石は火成岩系である、之を珪酸分の含有量によりてその 66% 以上のものを酸性、66% ~ 52% のものを中性、52% 以下のものを鹽基性とし若くは 59% を限界として酸性又は鹽基性と分類することもある。

(2) 地殼が熱と水との作用を受けて機械的及化學的に分解された即瓦斯體が冷却凝縮して水となり地殼の高き部分を侵蝕し之により生ぜる碎屑の移動により沈澱岩を生じ、過荷重の作用を受けて沈下及之に伴つて生ずる平衡運動の爲に隆起を生じ若くは斷層を生じかかる作用を永く反覆した。

従つて沈澱岩もその始は火成岩で化學成分は同一である。

(3) 岩石中の珪酸分は機械的及化學的作用に對する抵抗性強く従つてそのまま殘留し分類されて砂及砂利層を造り、石灰分は化學的變化を受け易く溶解され沈澱して泥灰岩等の沈澱層を造り殘餘の鑛石分は粘土質層として殘される。

(4) 以上のものはまた熱と壓力作用とを受けて凝結硬化し砂及砂利は砂岩となり粘土質のものは頁岩となり石灰質沈澱層は石灰岩となる、然し化學成分は略同一に止つて居る。

(5) 更に引き續きて受くる熱と壓力作用により物理的變化を生じ極めて緻密なる固結岩石を造る、即砂岩は珪岩 (Quartzite)、頁岩 (Shale) は粘板岩 (Slate)、石灰岩 (Limestone) は大理石 (Crystalline limestone) となる。

かくの如く順次變成されたる岩石の主要成分を擧ぐれば凡そ第 5 表の如し。

(2) 迸出岩 (Extrusive or effusive rock) 火山岩 (Volcanic rock)

(a) 熔岩流 (Lava flows)

(b) 火山噴出物 (Volcanic ejecta)

火山岩塊 (Volcanic block)、火山弾 (Volcanic bombs)、火山礫 (Volcanic lapilli)、火山砂 (Volcanic sand)、火山灰 (Volcanic ash)

我國の主要火成岩に就て分類したものは第 6 表の如し。

火成岩はその産出の状態により採石方法を異にし更に成品の種別も生ずる。一般に迸入岩床及岩脈の火成岩はその凝固硬結の状態とその後の變化によりて大小種々の割目を有し、時にはその裂罅の状態の正しきものあり之を節理 (Joint) と稱しその状態により柱狀 (Columnar) 板狀 (Platy) 方狀 (Rectangular) 彈狀 (Spheroidal) 弧面狀 (Arched surface) 等ありて是等は柱又は板狀石材を採るに便である。

固化する際の状態により各種の構造を有し流狀構造 (Flow structure) は固結せる部分が半ば固結しつゝある部分に流入してそのまま固結せるもの、多孔質構造 (Cellular st) は瓦斯體を放出せるもので浮石の如きもの、晶簇 (Druse) は岩漿の冷却と結晶によりて容積が收縮し空隙を生じその間に美麗なる結晶を生ずるもので花崗岩で釜と稱し水晶、トパーズ等を有するものは之である、暗斑點 (Black patch) は岩漿の固結の際特に異色の鑛石が集合せるもので花崗岩の如き酸性深成岩に屢々生じ美觀の均一性を害することがある、捕捉岩 (Xenolith) は岩漿の流動中異なる岩石の破片が混入し來れるもので噴出岩にはその例は少い。

かくの如く火成岩の産狀は極めて範圍廣く従つて採石方法、加工性用途及大きさも多岐多様に互つてゐる。

II 水成岩 (Aqueous rock)

水成岩とは既存の岩石が風化分解せられ風又は氷河により運搬せられて再び沈澱堆積したもの及海水湖水より化學的に沈澱せるもの有機物の作用により成生したるもの等であるから、層理 (Stratification) を有する事が特質であり之を地層 (layer, bed) と云ふ、その層狀には次の如きものがある。

(1) 褶 曲 (Folding)

地層は成生の當初水平なるも造山力 (Mountain making force) により次第に彎曲し之を褶曲 (Folding) と稱し、波頂に相當する部分を背斜 (Anticlinal) 波底に相當する部分を向斜 (Synclinal) と云ふ、更にその形状によりて正褶曲又は對稱褶曲、斜褶曲 (Oblique fold)、轉覆 (Inverted)、横臥 (Lying)、同斜 (Isoclinal)、扇狀 (Fan shaped) 等がある。

(2) 層の傾斜 (Inclination of bed)

層向 (Strike) は地層と水平面との交りをなす直線の方を云ひ、層向に直角なる方向を傾斜面の方とする、傾斜角 (Dip angle) とは傾斜の方で地層が水平面となす角度を云ふ。

(3) 地層の尖滅 (Thinning out)

一層が次第に厚を減じ全く他の層間に没する事を云ふ。

(4) 斷 層 (Fault)

地層が尖滅せずに突然他の地層で境せらるゝものを云ひ、その状態により正逆直立等の名稱をもつて居る。

水成岩の主要なる分類は第 7 表に示すが如し。

水成岩は軟體動物の介殻有孔蟲、放散蟲、腔腸動物の骨骸をその堆積の際含入し是等は珪酸又は石灰質に變じ元の形状組織を保ち又は岩石間にその型を残して化石 (Fossil) として存し、尙植物の遺骸を有す。

剝理 (Cleavage) は火成岩の節理 (Joint) と同じく一定方向に割れ易き性質にして内部物質の配列状態の變化によるものである。

節理は成層面に直角に近く存し通常層向及傾斜に平行なる二組あり、成層面と共に作用して立方形又は平行體に採取し得るもその間隔は一定せず小きものは剝理と區別し難きものもある、是等の成因を考ふるに (1) 水分を失ふて收縮し、(2) 火成岩と接觸して生じ、(3) 斷層により壓縮されたる部分が壓力の弛緩により起り (4) 地層の撓曲により生じ (5) 地震の際の波動により生ずる等種々ある。

第 7 表 日本適用堆積岩(水成及陸成)一覽表

堆積物・ア ザル角礫岩 Brecias not Sedimentary	碎屑 未固結 Loose	崩落 Fragmentals or not Limestone	石炭岩との 中間物 Transition to Limestone		有機岩(動物源及植物源) Organic rocks, Zoogenic and Phytogenic	沈 澱 岩 Precipitates from Solutions	新期礫灰岩 Pycnoastic Rocks or Tuffs			普通堆積岩 との中間物 Transition to Ordinary Sediments	
			未固結 Loose	固結 Consolidated			未固結 Loose	固結 Consolidated	古 Old Tuffs		
礫岩 Breccia	礫 Boulders or Rock Waste	礫岩 Breccia	礫色珪岩 Variegated Quartzite	礫岩 Breccia	礫 Phosphorite and Other Rocks	礫 (山礫) Hillite 礫 Gypsum 礫 Stalactite 礫 Calc Sinter (Travertine)	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Breccia	礫 Breccia
礫岩 Breccia	礫 Boulders or Rock Waste	礫岩 Breccia	礫色珪岩 Variegated Quartzite	礫岩 Breccia	礫 Phosphorite and Other Rocks	礫 (山礫) Hillite 礫 Gypsum 礫 Stalactite 礫 Calc Sinter (Travertine)	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Breccia	礫 Breccia
礫岩 Breccia	礫 Boulders or Rock Waste	礫岩 Breccia	礫色珪岩 Variegated Quartzite	礫岩 Breccia	礫 Phosphorite and Other Rocks	礫 (山礫) Hillite 礫 Gypsum 礫 Stalactite 礫 Calc Sinter (Travertine)	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Breccia	礫 Breccia
礫岩 Breccia	礫 Boulders or Rock Waste	礫岩 Breccia	礫色珪岩 Variegated Quartzite	礫岩 Breccia	礫 Phosphorite and Other Rocks	礫 (山礫) Hillite 礫 Gypsum 礫 Stalactite 礫 Calc Sinter (Travertine)	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Boulders or Volcanic Rocks 礫 Volcanic Debris or Clinters	礫 Breccia	礫 Breccia

Ⅳ 變成岩 (Metamorphic rock)

變成岩は二種ありて(1)接觸變成岩(Contact metamorphic rock)は火成岩の
侵入した爲にその周囲の岩石が性質を變じたるもの、(2)結晶片岩(Crystalline
schist)は火成岩の侵入に關せず長年月に亙りて熱及壓力作用を受けて分子の化
學的又は機械的改造を起したるものである。

§ 11 石材の分類

岩石の分類は上にのべたる如く地質學的方法の外に物理的及化學的方法あり
即次の如し。

(1) 地質學的分类

火成岩、水成岩、變成岩

(2) 物理學的分类

成層岩及非成層岩、更に是等を細別し得

(3) 化學的分类

珪酸質、礬土質、石灰質、含鐵質、瀝青質等に分ち得

(4) 組織的分类

結晶質、斑狀結晶質、石基質、非結晶質に分ち得

然れども土木材料としての石材の分類は次の如く分ち得る。

I 構造用石材

(1) 硬質石材

均一なる組織を有し強度及耐久性を主とするもの

(a) 可工性大なるもの

石目(Rift)を有し可工性大なるもの、花崗岩の如く完晶質のもので深成岩
が多い。

(b) 可工性大ならざるもの

石目鮮明でなく従て可工性乏しく、斑晶質又は石基質のもので強度、靱性
大である、強き研磨を経て裝飾用とし若くは割栗石か又は破碎して骨材と
して優秀なるもの。

(2) 軟質石材

噴出岩又は火山岩質のものが固結せるか、若くは水成岩の大部分を含み、強度硬度に於て前者に劣るも軟質であるから可工性が大である、強度に應じて准硬質及軟質に分ち得る。

(a) 准硬質石材 石灰岩、砂岩の程度のもの

(b) 軟質石材 軟質砂岩、凝灰岩の程度のもの

是等は主として切石として構造物に用ひらるゝものである。

I 骨材用石材

天然に産する砂利、砂及硬質石材の可工性乏しきものを破碎して粒状石材とし之を骨材としてセメント材料と混じて混凝體を造るもので、その粒徑に應じて粗中細に分ち、更に粉状とし石粉 (Stone dust) として用ふるものである。

II 裝飾用石材

完晶又は斑晶石基質の石材で快美なる外觀を有し、研磨によりて美觀を呈し得るものである。

火成岩中の深成岩、變成岩、若くは第二次生石材 (Secondary rock) に之が含まれて居る。

第二章 採石方法及加工方法

§ 12 概 説

石材の給源としての採石場 (Quarry) から石材を切出すは岩石掘鑿の一種である。

工事施工に當り使用すべき石材を選定するには先づその工學的性質の試験を行ひ同時に經濟的條件を調査するを要する、而して構造物の種類、施工法及期間等の條件より先づ採石場の現場調査を行はなくてはならぬ。その主なる調査項目は次の如くである。

(1) 採石場の位置、面積及所有者

(2) 石質、組成分、可工性、最大寸法、風化の状態

(3) 地質學的性状、表土、地層、節理の配置及間隔

(4) 採石設備、運搬方法

(5) 採石工、産額、市價、用ひられたる在來構造物の名稱

採石場から粗石のまゝ若くは之を仕上げて陸又は海路により需要地に運搬する迄に要する經費は勿論石質用途時によりて一定し難いけれども著者が明治神宮外苑工事に於て大正の末に調査した山梨縣鹽山閃綠岩を道路縁石用として用ひたるもの、一立方尺當りの單價内譯は第 8 表の如くであつた。

第 8 表

山 代 (土地代)	0.05	運 搬 荷 馬 車	0.30
根 掘 (表土剝取)	0.05	貨 車 積 込	0.05
山 取 (岩石掘鑿)	0.50	雜費(道路修繕その他)	0.10
運 搬 費	0.10	合 計	1.15 圓/切

然し市價が常に之より高いのは檢收の際不合格品を生じ又は幾多の損失を生ずる爲である、従つて著者は是等の不合理なる損失を省く爲に石材の購入契約は採石場から驛の貨車積込迄の分に對して之を行ひ、貨車運送及卸しは別途の契約とした、檢收は常に採石現場に於て毎月々末に行ひ翌月五日に金額を仕拂つた、石材業者は此仕拂はれた金を以て六日に採石工夫に賃金を仕拂ふ。之により不合格品を驛迄運搬する無駄もなく、石材業者は不合格品に對して採石工夫に賃金を仕拂はないから採石工夫も不合格品なき様入念に加工し一本の無駄もなくして採石工夫石材業者も便を感じ官廳も經費を減じ當時一立方尺 0.95 ~ 1.10 圓約時價の半額の廉價で購入するを得た。

§ 13 採石法 (Quarrying)

岩石の組織石理硬度及切出すべき石材の種類寸法によりて採石法を異にする、岩石塊を被覆して居る表土の皮剝 (Stripping) を行ひて岩塊を露出せしめた後石質に應じて次の方法を用ふ。

(1) 軟 石

(a) 手工具 クローバー (Crowbar) クサビ及槌 (Sledge hammer, wedge) チ

ヤードリル (Churndrill) セリガネ及矢 (Plug, feather) ツル (Pick)等。

(b) 鑿溝機 (Channeller)

(2) 硬 石

鑿岩機を用ひ發破を行ふもので之に (a) 通常發破法 (b) 鑿井發破法 (Well blasting) (c) 隧道發破法 (Tunnel blasting) がある、之を以て大割せるものは更に小材にする爲に矢割を用ひる。

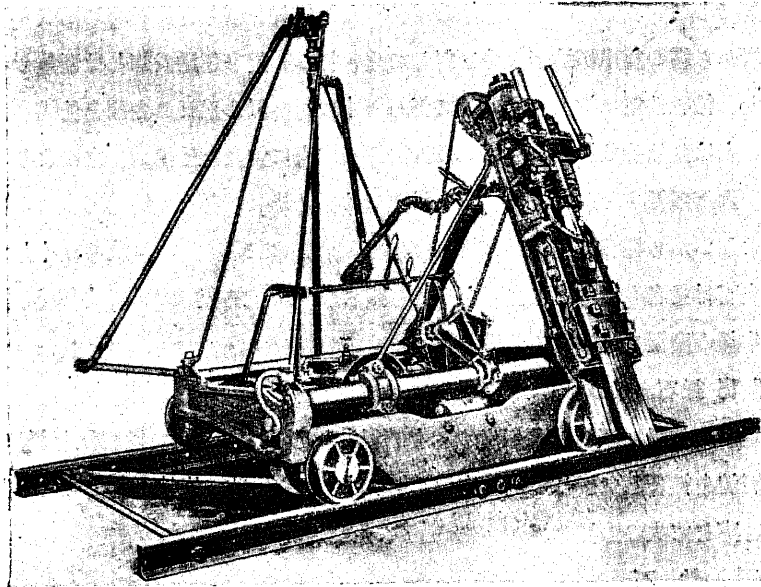
是等の内特に採石に必要な事項を述べる。

(A) 鑿溝機 (Channeller)

軟質及准硬質岩石を大量に採石する場合には鑿溝機を用ふるを經濟とする。

鑿溝機は元材を生ぜざる様に大なる立方體を採るに最も有効なる機械で軌道上の車臺に動力装置及數個の鑿溝錐を備へ車輪の進行に伴ひ岩面に溝を穿ちて切取るものである。第 1 圖に示すが如し、アルバートボール (Albert Ball) がサル

第 1 圖



Sullivan "VD-1" Double Swivel channeller; Standard tipped for angle cutting

パンの機械主任として 1869 年バーモント (Vermont) 大理石工場に用ひたのを始めとする。

型式は三種あり (1) Single swivel channeller, (2) Double swivel channeller* (3) Undercutting channeller である。

(B) 發破方法

發破は硬石に對して常に用ひらる、採石場に於て石塊を大規模にとるにはその地況に應じ、隧道式又は鑿井式の二法がある。

隧道式發破法は山腹に歩行し得る程度の大さを有する隧道を穿ち、その深奥部に大量の爆藥を裝填したる後隧道孔を埋戻し之を發破せしめて山塊を崩壊せしむるものである。能率を大ならしむる爲に隧道は屈曲線又は丁字形に掘鑿するを常とする。

鑿井式發破法は平地の岩塊を破壊する爲に行ふもので孔径 15 cm 位深さ 15~50 m の孔を相當間隔に鑿岩機で穿ちその底部に爆藥を裝填して大塊を破壊するものである、是等の岩塊を更に相當の大さに破壊するにはまた通常發破法を用ふ。爆藥はダイナマイト系のものとカーリットとが多い、ダイナマイトでは爆發速度を減ずる爲に加工したるものが多く、松印 (Blasting gelatine)、竹印 (Gelatine dynamite)、櫻印 (Gelignite) 等殊に通常櫻印が廣く用ひられる、カーリット (Karlsonite) はその爆發速度が前者よりも遅く石塊が破片狀に破壊さるゝ虞が比較的少いから用ひられ、而してその主成分は過鹽素酸アンモニウムであるから爆發してアンモニア及鹽酸瓦斯を生ずるが採石場の如き開放された所では比較的危害が少いから用ひ得るものである、その他の發破の方法は岩石掘鑿又は隧道掘鑿の場合と同様である。

§ 14 加工法 (Dressing)

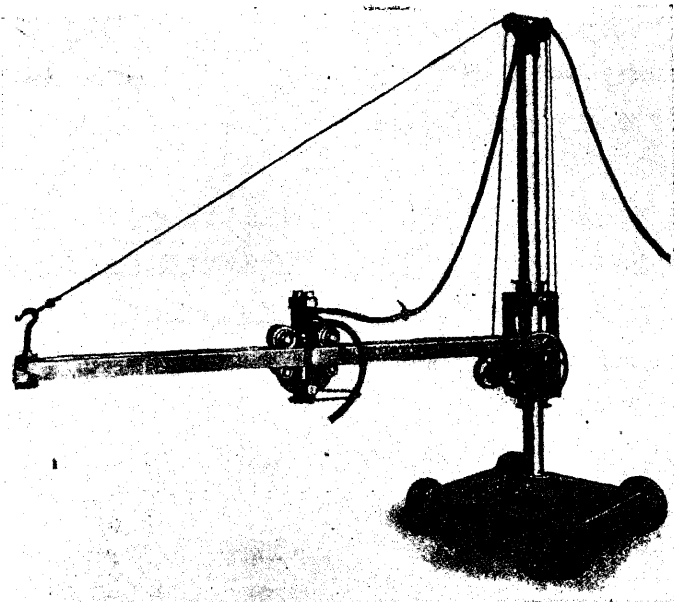
採石せる石材は切石工にはその儘又は矢割して所要の形狀寸法とせる後表面加工して用ひ、粗石工にはその儘又は更に破碎して割栗石間知石として用ふる。

切石は所要の形狀寸法とする場合必ず石目の方向により之を行ふべく、茲に石質としての主要性がある。

表面を加工する場合の器具は玄翁 (Face hammer) ゲンデラ (Cavil) 兩又 (Tooth axe) ビシヤン (Bush hammer) コヤスケ (Mallet) ノミ (Chisel) ギンナン (Point) 等種々ある。

近年表面加工に機械仕上を用ふる場合多く、大規模の工事に用ひられ何れも壓搾空氣を用ひ Sliding bar type surfacer, Crane surfacer 等がある第 2 圖に示すが如し。

第 2 圖



Portable Crane Surfacer

第三章 岩石の組成分及其性質

§ 15 岩石の組成分

コンクリートの性質がセメント及骨材の性質配合及混合材の均等性密度等により異なるが如く、岩石もその組成分の性質及構造によりて著しく異りその工學的性質の變化の範圍はコンクリートに比して更に大である、火成岩に於ては結晶質の

ものはその粒の大小結晶度の完否、斑晶質のものは石基との割合、及非晶質のものはその性質構造により性質を異にし、水成岩に於てはその碎屑構造及セメント材の有無又はセメント材の性質割合配列により異り、更に是等組成分の機械的結合の状態構造石理及石目の性質により異なるもので一般に組織の工學的性質に及ぼす影響を見れば第 9 表の如し。

第 9 表

工學的性質	結晶岩	斑狀結晶岩	成層岩
強度	一般に大	一般に極めて大	比較的小にして層の方向により異なる
靱性	石目を有し比較的大	極めて大	比較的小
可工性	石目を有し一般に大	一般に小	硬度小にして一般に可工性大
耐久性			
化學的	抵抗性大	比較的抵抗小なり	一般に弱し
物理的	温度の影響大にして比較的小	温度の影響小にして比較的大	

岩石は主として珪酸質の緻密なる機械的集合より成り變質作用を受けて風化し二次生岩石となるが今是等の成分及組成分に就て考ふれば次の如くである。

(1) 化學成分

岩石をつくる化學成分の主なるものは、クラーク氏の計算によれば第 10 表の如し。

第 10 表

O	46.68(%)	Ti	0.70(%)	Cl	0.01(%)
Si	27.60	H	0.15	F	0.03
Al	8.05	C	0.15	Cr	0.07
Fe	5.03	P	0.15	Ni	0.03
Ca	3.63	S	0.10	Li	0.01
Mg	2.00	Mn	0.12	13 箇の計	1.16
K	2.56	Ba	0.08	21 箇の合計	99.97
Na	2.72	Sr	0.03		
八箇の計	98.34				

(2) 組成分

岩石の鑛石分は同様に第 11 表の如く何れも酸化物として存する。是等を八大

成分と稱し、是等の關係は火成岩では Al_2O_3 は SiO_2 の 50~60% ものに CaO は同じく 40% 内外のものに多く FeO, MgO は SiO_2 の少きものに多い、而して K_2O, Na_2O は相伴ふて増減し Fe, Mg も同様である、水成岩では何等の關係を見出し難く、變成岩ではその母岩の性質に相應するものである。

第 11 表

SiO_2 (%)	59.71	FeO (%)	2.63
Al_2O_3	15.41	Fe_2O_3	3.52
CaO	4.90	K_2O	2.80
MgO	4.36	Na_2O	3.55
		計	96.88

(3) 組成礦物

岩石をつくる組成礦物は主要なるもの第 12 表の如し。

第 12 表

硅酸鹽	石英	SiO_2	碳酸鹽	方解石	$CaO \cdot CO_2$
	長石—正長石	$Si_2O_2 \cdot Al_2O_3 \cdot K_2O$		白雲石	$CaO \cdot CO_2 \cdot MgO$
	斜長石	$Si_2O_2 \cdot Al_2O_3 \cdot Na_2O$ 又は $Si_2O_2 \cdot Al_2O_3 \cdot CaO$	酸化鐵	磁鐵礦	$FeO \cdot Fe_2O_3$
	霞石	" " $K_2O \cdot Na_2O$		褐鐵礦	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$
	白榴石	" " "	磷酸鹽	磷灰石	$P_2O_5 \cdot CaO \cdot F \cdot Cl$
	雲母—白雲母	" " FeO, K_2O	硫酸鹽	黃鐵礦	SFe
	黑雲母	" " K_2O	鹽化物	岩鹽	$ClNa$
	角閃石	" $MgO \cdot Fe \cdot CaO$	原素	石墨	C
	輝石	" " " "			
	橄欖石	" " "			
	蛇紋石	" " H_2O			

(4) 原生成分と後生成分及主成分と副成分

組成礦物の種類は略一定の範圍に止り、そのうち岩石生成の當初より存在せる原生成分とその後の變化により生ぜる後生成分とがある、後者は火成岩では明であるが水成岩では明でなく、砂岩をつくる石英粒の如きは他の岩石の霽亂により生じたるものであるが砂岩としては原生成分である。

成分中には岩石が一定の種類に屬する爲に缺くべからざるものとその含有が種類決定に必要でないものもある、尙此うち 1 の特徴をなすものもある。

§ 16 主成分としての原生成分

岩石の工學的性質に大なる關係を有するは勿論主成分で之は後生成分の事もあるが、水成岩殊に碎屑岩は之と異り組織構造が重要で殊にセメント質の及ぼす影響が大である。

主成分としての原生成分の主なるものは (1) 石英 (2) 長石類 (3) 雲母類 (4) 輝石類 (5) 角閃石類 (6) 橄欖石等である。

(1) 石 英

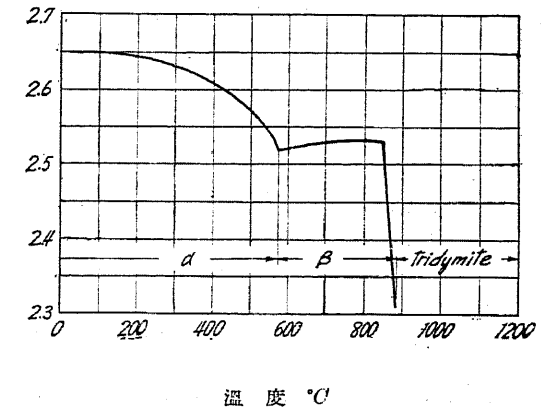
游離硅酸類には石英、鱗石英、蛋白石、玉髓等があるが最も重要なるは石英である。

石英は酸性岩の特徴にして亦砂岩及結晶岩中の重要成分である。劈開面を有せず酸アルカリに對する不溶解性(弗酸を除く)と光澤を有し硬度極めて大なるを特質とす。一般に小き液體包裹物を含有し高熱を受くれば表面が剝離し易く従つて熱に對して弱きを缺點とす、一般に無色であるが是等の包裹物のために色を呈し壓力又は張力、衝擊高熱等の外力を受けて靜電氣を發しその量は外力に比例するからピエゾメーター (Piezometer) に應用される。

高熱を受くれば性質を變じ比重も變化す、Fenner によれば第 3 圖に示すが如く溫度昇れば次第に比重

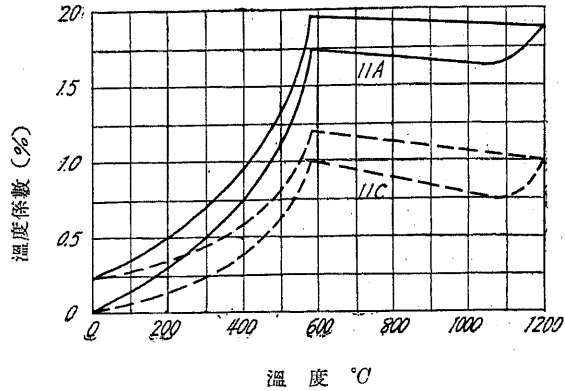
第 3 圖

を減ず此間を α form とし、次に溫度に伴ひて比重増大し β form をとり次に急に比重減じ容積膨脹する、溫度 $575^\circ C$ 及 $870^\circ C$ 附近が各その限界をなす、花崗岩の耐火性小なるは之に基くものである。



溫度係数は結晶軸の方向により異り第 4 圖に示すが如し、側軸は甚だ大にして

第 4 圖



主軸の二倍に及び 575°C 附近に於て急に増加し後次第に減ずる 600°C 前後に於ては熱應力の爲に粒子の締合力を弱められ 1,050°C 以上に熱せるものは内部に永久膨脹を生じ微細なる龜裂を藏するに至る。

然し通常の温度では強度硬度及風化に對する耐久性能大なるを特質とし岩石にありては石英含有量の多少締合状態即ち他の礦石を被覆するが如き状態により耐久性を異にし、尙その硬度の測尺となるものである。

(2) 長石類

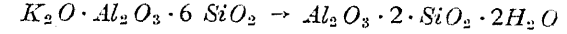
造岩礦物中分布の範圍及其の量最も大なるもので岩石の化學的性質はこの性質に基く事が多い、長石は加里長石と曹及灰長石が割合を異にし類質同像的に結合したものあつて、後二者が任意の割合で結合したものは各その性質を異にするから之を6に分ち總て斜長石と稱す、第 13 表に示すが如し。

第 13 表

		比重	シッター温度 °C	
正長石	加里長石 Orthoclase	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 = O_p$	2.54~2.61	—
斜長石	曹長石 Albite	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 = Ab$	2.62~2.64	—
	灰曹長石 Oligoclase	$Ab_3 \cdot An_1$	2.64~2.66	1,340°
	中性長石 Andesine	$Ab_2 \cdot An_2$	2.66~2.69	1,369°
	曹灰長石 Labradorite	$Ab \cdot An_1 - Ab_1 \cdot An_2$	2.69~2.71	1,419°~1,463°
	亞灰長石 Bytownite	$An_1 \cdot Ab_5$	2.71~2.74	1,500°
	灰長石 Anorthite	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2 \cdot SiO_2 = An$	2.74~2.76	1,532°

正長石は酸性岩に多く含まれ、化學抵抗強く硬度大にして 6~6.5 を有し完全なる劈開面を有す、斜長石は鹽基性岩に多く含まれ比較的分解し易く、殊に

CaO を有するものは酸に可溶性であつて Calcite となる、正長石は分解すれば變質して高陵土、滑石、絹雲母となる。



是等の分解は必ず石目より始まり容積を増大し霏亂するに至るものである。

高熱を加ふれば 270°C 480°C 670°C 870°C 950°C に於て温度係数頃に増すも 1,100°C 迄に僅に 0.3~0.4% の直線膨脹をなすに過ぎずして石英に比し極めて少いが比較的低温度に於て異状の小變化を生じ 950°C 以上にて永久膨脹を生じ内部龜裂を生ずるに至るものである。

(3) 雲母類

火成岩の主成分で結晶片岩では石英と共に主成分をなし最も普通なる接觸礦物である、底面に平行なる完全劈開面を有し 20 ミクロン程度の薄片となし得る、大別して黒雲母及白雲母の 2 とする。

黒雲母 (Biotite) は鹽基性岩に多く $x(HK)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot y(2FeMg)O \cdot SiO_2$ の化學式を有し、酸化鐵を含有し風化し易く錆を生じまた綠泥石に變ず。

白雲母 (Muscovite) は $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot (SiO_2)_6 \cdot 2H_2O$ の化學式を有し酸性岩に多く含まれ Al_2O_3 多く耐久性にして他の造岩礦物が分解するも薄片となりキラ、として残る。分解すれば蛇紋石蠟石となる。

是等の性質は第 14 表の如し。

第 14 表

種別	比重	硬度	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	FeO (%)	MgO (%)	K_2O (%)
白雲母	2.76~3.00	2~2.5	46.3	36.8	4.5	—	—	9.2
黒雲母	2.70~3.10	2.5~3.0	40.0	17.28	0.72	4.88	23.91	8.57

ブルム(Brum) の試験によれば黒雲母は 360°C 迄に於て結晶水の 45~75% を失ひ、250°C~540°C に於ては 10~12 日間にまた 830°C に於ては 30 分間に結晶水の全部を失ひ收縮する、然し一般に岩石は雲母の含有量小であるから母岩に及ぼす影響は少いが組織を弛緩し締合力を弱むるものである。

(4) 角閃石類 (Amphibole group)

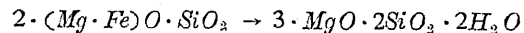
之は酸性岩に多く含有され輝石類と同質異像で有色鑛物中の重要なものである、一般に $R''O \cdot SiO_2$ の化學式を有し硬度 5~6、比重 2.90~3.55 弗酸以外には不溶解性であるが分解して、 $(CaMg)O \cdot (AlFe)_2O_3 \cdot SiO_2$ となり更に長石 $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ となり進んで綠泥石等に變質する。

(5) 輝石類 (Pyroxene group)

之は鹽基性岩石に多く含有され $R''O \cdot R'''O_3 \cdot SiO_2$ の化學式を有し硬度 5~6 比重 3~3.6 酸に不溶解性であるが分解すれば Mg, Ca, SiO_2 の一部を失ひ鐵分は炭酸鐵 (CO_3Fe) となり含鐵粘土と變じ、また一部は高陵土化 (Kaolinization $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) す、普通輝石 (Augite) は安山岩に多量に含まれ特に重要である。

(6) 橄欖石類 (Olivine group)

鹽基性岩石に含有され $2(Ma \cdot Fe)O \cdot SiO_2$ の化學式を有し硬度 6.5~7、比重 3.27~3.37 鹽酸に逢へば膠化す、裂罅に沿ひ分解して蛇紋石となり硬度は 2.4、比重 2.65 に減ずる、その化學變化は次の如し。



此變質せる蛇紋石が方解石、基岩土鑛、白雲石と共にあれば美麗なる裝飾材としての大理石となるのである。

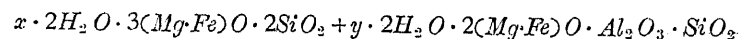
§ 17 主成分としての二次生成分 (Secondary minerals)

岩石が外的作用を受けて分解して二次生成鑛物を造れば常に比重減じ強度及硬度減少し結晶水を含み灼熱減量増大し容積を増大し分解せざる他の鑛石を壓しまた化學的抵抗性も弱く耐久性も減ず、是等二次生成鑛分の主なるものは次の如し。

(1) 含水珪酸鹽類

(a) 綠泥石

角閃石輝石雲母等の分解により生ず、従つて是等を含む岩石に多く生じ是等に綠色を附加す Fe と Mg との含水珪酸鹽で次の化學式を採る。



雲母に類する劈開面を有するも弾性を欠き鹽酸により分解される。

(b) 蛇紋石 (Serpentine)

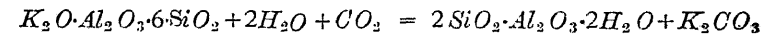
同様に暗綠色の聚合で $2H_2O \cdot 3(Mg \cdot Fe)O \cdot 2SiO_2$ の化學式をとり鹽酸硫酸に溶解する。

(c) 滑石 (Talc)

Mg を含む岩石の分解により生じ劈開完全であるが弾性なく $H_2O \cdot 3MgO \cdot 4SiO_2$ の化學式をとる、塊状として蠟石 (Steatite) 石鹼石 (Soapstone) として産す、蠟石は酸に強くその石粉は耐酸性被覆工の材料として用ひらる。

(d) 高陵土 (Kaoline)

長石を含有する岩石が酸溶液の作用を受けて分解したもので粘土の主要成分である天草石、勝光山三石、瀬戸木節等は其の純なるもので窯業の主要原料である、カオリン化の化學式は次式によりて表はされる。



分解して生ずる高陵土は、更に分解を續けてポーレライト (Pholerite) となり $2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O$ の化學式をとる、高陵土の結晶水は $400^\circ \sim 600^\circ C$ に於て 12% を失ひ $1,300^\circ C$ にて 13.5% を失ひ、分解して $Al_2O_3, SiO_2, Al_2O_3 \cdot SiO_2, Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ となり、セメント工業に於ては是等が石灰分と化合してポートルランドセメントを造るものである。

(2) 炭酸鹽 (Carbonates)

鹽基性岩石の二次生成成分である種の水成及變成岩の主成分として現れる。

(a) 方解石 (Calcite CO_2OCa)

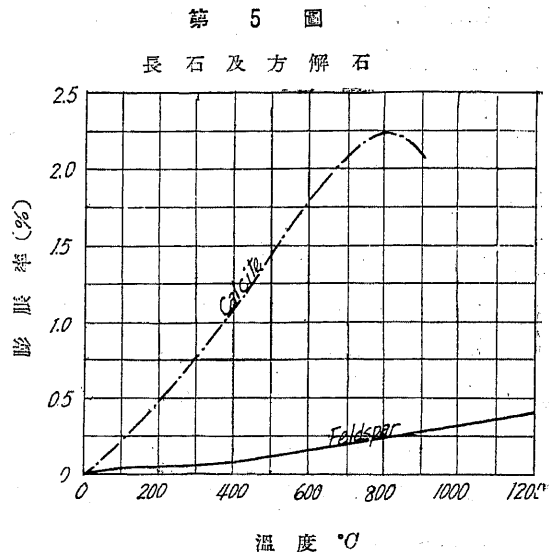
鹽基性岩石の輝石角閃石灰長石等の分解より生じ非晶質のものは石灰石の主成分で且水成岩のセメント質としてその組成分の間隙を填充してゐる、酸に溶解し易く弱鹽酸にも沸化す、劈開極めて完全である。

(b) 白雲石 (Dolomite $CaO \cdot MgO \cdot 2CO_2$)

前者と同様で只複炭酸鹽である。

炭酸鹽は高熱を受くると煨燒 (Calcine) されて炭酸瓦斯を發散する。

方解石が温度上昇に伴ふ主軸の膨脹は 700°C 迄は直線的に増大するも、之以上は CO₂ の一部を放散し膨脹率を減じ 800°C 以上は急に收縮し 920°C に於て全く解離する、側軸の方向は温度上昇に伴ひ却つて縮少しその量は主軸膨脹の $\frac{1}{4}$ に過ぎない、700°C 以上は急に收縮し 900°C にて直線的收縮量 2% となる、第 5 圖に示すが如し。



(3) 硫酸鹽類 (Suiphates)

結晶質岩石にも含有する事あるも主として石灰岩及粘土中の岩床として存す、石膏(Gypsum)は主成分として産する唯一の硫酸鹽で CaSO₄ · 2H₂O の化學式をとり種々の形態で産出してゐる。

主成分としての二次生分の性質を原生成分と比較すれば第 15 表の如し。

第 15 表

原生成分	比重	硬度	二次生成分	比重	硬度
石 英	2.65	7	綠 泥 石	2.5~2.9	2.4
長 石	2.6~2.76	6~6.5	蛇 紋 石	2.65	2~4
雲 母	2.76~3.09	2~2.3	滑 石	2.7~2.8	1~1.5
角 閃 石	3.15~3.30	5~6	方 解 石	2.71	3
輝 石	3.30~3.55	5~6	白 雲 石	2.85	3.7
橄 欖 石	3.27~3.37	6.5~7	石 膏	2.30	2

一般の鑛石に就てモース硬度を示せば第 16 表の如し (Bureau of Standards No. 350 1927 July) 硬度は單に相關的數値を表すに過ぎずして決して比率を示すものでない、ロシベル (Rosibel) が磨耗試験を行へる結果と比較して見ればその硬

度の性質を知る事が出来る。

第 16 表

種 別	Mohs 硬度	Rosibel 磨耗量	種 別	Mohs 硬度	Rosibel 磨耗量	種 別	Mohs 硬度	Rosibel 磨耗量
滑 石	1	0.33	雲 母	2.5~3	—	黃 鐵 礦	6~6.5	—
石 墨	1~2	—	蛇 紋 石	2.5~4	—	石 英	7	120.0
金	1~3	—	方 解 石	3~4.5	4.5	綠 玉 石	7.5~8	—
石 鹼 石	1~4	—	白 雲 石	3.5~4	—	黃 玉	8	175.0
石 膏	1.5~2	1.25	苦 土	3.5~4.5	—	エメリー	9	—
硫 黃	1.5~2.5	—	螢 石	4	5.0	カーボラ ンダム	9.5	1,000
岩 鹽	2.5	—	白 金	4~4.5	—	金 剛 石	10	140,000
方 鉛 鐵	2.5	—	燐 灰 石	5	6.5			
銀	2.5~3	—	長 石	6	37.0			

第四章 構造用石材の性質

§ 18 總 說

構造用として必要なる産状は (1) 節理大であつて相當大塊を採石し得る事、(2) 層状又は柱状をなさずして角石を切り得、若くは層状又は柱状あるも之が適當の大きを有して利用し得るを必要とし、工學的基本性質として強度耐久性であり且石目等を有し可工性あるものが必要である、是等の相關的數値と經濟的條件とより構造物に適當する石質を選定すべきである。

基本的性質とその基因を明にし性質の均等性を確保し又は材質一斑の概念を知る爲に、尙設計を對應せしむる第二義的性質を明かにする爲に次の工學的性質を研究する。

- a. 強度 耐壓抗張抗曲抗剪強度及是等相互の關係並に靱性
- b. 耐久性 機械的に磨耗性硬度及疲勞強度、物理的に吸水率比熱傳導率溫度係數及凍結損失等、化學的に酸及アルカリに對する化學變化變色試験、更に材質保存工法
- c. 可工性 石目の有無、硬度又は砂噴射に對する抵抗性
- d. 組織及石理、肉眼又は顯微鏡検査及化學成分
- e. 構造 節理石目及變態

- f. 密度、比重、氣孔率
g. 力學的性質、彈性係數ポアソン比等

石材の種類は極めて多きも土木材料としての價値あるものは左程多からずその種類は各國土的且地方的に特質がある本邦に於て切石工に用ふる主なるものは次の如し。

硬石として酸性岩の花崗岩、中性及鹽基性の閃綠岩安山岩等

准硬石として水成岩の石灰岩及砂岩等

軟石として同砂岩凝灰岩等

その他のものは地方的に用ひらるゝに過ぎない。

今是等の主なるものにつきその性質を記述する。

§ 19 花崗岩類 (Granite)

火成岩の深成岩で完晶質であり強度美觀及可工性が何れも優るを特質とし、只その粒形が稍大なる爲に韌性幾分劣るも古來高級の切石として廣く用ひられた、之に類するものに片磨岩閃長岩あり閃綠岩及飛白岩は古來黒花崗岩と稱せられて居る。

(1) 節理 (Joint)

垂直又は之に近きものと之と直角の方向との二あり、何れも岩漿が固結せる後更に熱を失ひ收縮して生じたものか地壓の爲に生じたものである、花崗岩塊の表面は裂罅多く風化し内部もツマリと稱して之に類するものが存する事がある。

(2) 石目 (Rift)

石目の明かなるは花崗岩類の特徴であつて之が爲に可工性に富み板石、切石に加工する事が容易である、石目は主要成分たる長石の劈開面に相當する方向に現れ雲母は含有量小にして影響少く石英は劈開面を有しないから無關係である、石目は最も割れ易き方向であつて之に直角なる方向を二番石目 (Grain) と稱し是等二つに直角なる方向を重ね又は押し (Cut off) と稱する。

我國のものは節理と石目とは方向が多く一致してゐるは節理も岩塊の弱き方向に生じて居るからである、石目を有するも水成岩の如く自然層 (Natural bed) に

据付くるを要しない、強度は石目の方向に直角の方向が比較的大である、第 17 表に示すが如し。

第 17 表

花崗岩	耐壓強度 (kg/cm ²)	抗張強度 (kg/cm ²)
石目の方向	1,414	51
石目に直角の方向	1,608	55

(3) 組成分

組成分は總て完晶質にしてその結晶の順序及割合は凡そ (1) 副礦物、(2) 輝石及角閃石の如き有色礦物 10% 以下、(3) 長石 40~60% (4) 石英 40~55% であつてその状態は次の如し。

(a) 石英は最後に結晶し他の礦物の空隙を填充し是等をセメントし風化し易き礦物を保護してゐる形をとつて居る。

(b) 長石は石英と殆ど同時に結晶し互に噛み合つて複雑なる構造を作つて居る。

(c) 雲母は黒及白雲母共に多く岩石の淡く錆色を呈するは黒雲母の爲である。

(d) 副礦物は性質に影響を及ぼす事少いが黄鐵礦は變質して錆色を呈する事がある。

(4) 分類

花崗岩の分類法は種々あるが通常色を以てし工學的には粒形を以てし岩石學には成分により分つて居る。

(a) 色による分類は主要成分たる長石又は全體としての有色礦物により定め赤花崗岩は赤色長石を含み、淡又は暗灰色のものは有色礦物の影響である、然し粗面と磨面とは色調を異にし粗面の場合白色を呈しても磨けば多少暗色を呈する様になる。

(b) 粒徑による分類は次の如し

細粒花崗岩 (小花崗) 結晶粒徑 5mm 以下のもので強度耐久性大であり韌性も高く高級のものと考へらる。

中粒花崗岩（中花崗） 粒徑 5~10 mm のもので強度可工性大であり、構造用として最も廣く用ひられる。

粗粒花崗岩（荒花崗） 粒徑 10 mm 以上のもので中花崗に次ぐも靱性小であり碎石として廣く用ひらる。

巨晶花崗岩（Pegmatite） は石英長石の大なる結晶を含有するもので是等の原料として陶磁器工等に用ひらる、米國ダコタ州には徑 42.0' の巨晶のものがあつた。

(c) 主要成分による分類は白雲母花崗岩、兩雲母花崗岩、角閃花崗岩、電氣石花崗岩、輝石花崗岩等がある。

(5) 變 態

花崗岩塊が他種岩塊と接觸せる部分は有色礦物を多く含み外觀を害し又比較的急激なる冷却硬化を受けその質も脆弱であるが造岩の際に均一なる組織を害して石材として缺點と認むべきものは雲と稱せらるゝ黒雲母結晶が斑狀をなすもの、縞と稱せられ變成作用を受け組成成分が幾分並行して配置さるゝもの、黒ボサと稱せらるゝ黒雲母角閃石の如き有色礦物が一緒に集り暗黒點をなすもの等があり、何れも構造用石材として美觀を必要とする場合は外部に用ふるを避くべきである。

(6) その他類似の岩石

片麻岩は花崗岩と同質で只變成作用を受けたるが故に結晶が略並行してゐるから之を利用して採石には便であるが強度劣り且美觀を失つてゐるからその用途が局限されてをる。

閃綠岩（Diorite）は花崗岩の正長石の代りに斜長石を含むもので、花崗岩に比し靱性高く加工困難であるが、研磨して美麗なる裝飾にも用ひらるゝもの（折壁石の如き）又鋪裝材料として廣く用ひらるゝものもある。

§ 20 物理的性質

花崗岩の物理的性質は氣象作用に對する耐久性及構造設計に用ふる第二義的條件となるもので(1) 比重及氣孔率、(2) 比熱、熱傳導率、溫度係數、(3) 電

氣抵抗、(4) 吸水率透水性等があり、是等の性質はまた相關的關係がある、之を記述すれば次の如し。

(1) 比重及吸水率

比重は組成成分の性質割合及組織により異りその平均値 2.65 で岩石としての平均を表す、比重大なるものは氣孔率少く吸水率も少く、凍結による損失も少く耐久性大でありその組織も緻密であるから強度も大であり従つて比重によりて他の一般的性質の概念を得るものである。

本邦産地別の平均値は第 18 表の如し。

第 18 表
本邦産花崗岩の比重及吸水率

産 地	比 重			吸 水 率 (%)		
	最大	平均	最小	最大	平均	最小
常 陸	2.70	2.67	2.64	0.55	0.37	0.26
磐 城	2.72	2.70	2.70	0.26	0.25	0.26
攝 津	2.65	2.63	2.61	0.43	0.32	0.21
備 前	2.64	2.63	2.62	0.43	0.25	0.10
安 藝	2.66	2.65	2.65	0.38	0.29	0.18
周 防	2.66	2.65	2.64	0.41	0.25	0.15
讃 岐	2.67	2.66	2.64	0.42	0.37	0.32
極又は平均	2.72	2.65	2.61	0.55	0.31	0.10

(2) その他物理的常數

物理的性質を表す常數の平均値は第 19 表の如し。

第 19 表
花崗岩の物理的常數

比 重	2.61~2.74	平均 2.65	比 熱	0.195
吸 水 率 %	0.10~0.60	0.31	熱傳導率	5.30×10^{-5}
氣 孔 率 %	0.34~1.30	0.70	電氣抵抗	11.00×10^{14}
溫度係數 /°C		0.86×10^{-5}		

備考 熱傳導率は厚 1cm 板の兩面溫度差 1°C の場合、面積 1cm² につき 1 秒に流るゝ熱量カロリーを以て表し、電氣抵抗は斷面 1cm²、長 1cm の抵抗をオームを以て表せるもの。

(3) 耐火性、溫度係數

一般に石材の耐火性は組成成分の種類大きさ及組織により異り、花崗岩は石英の結

第 20 表	地 産 地	耐壓強度 (kg/cm ²)				比重	化 學 成 分 (%)						加熱による長さの變化 (mm/5cm)		疵	要			
		室温	最大	最小	平均		増減 (%)	酸化	硫酸	礬土	石灰	苦土	アルカリ	灼熱			減重	石目	石目
I 吳 石	京都府南桑田郡千代川村字千原	室温	1,781	1,686	1,741	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		300°	1,991	1,225	1,681	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		320°	1,832	1,558	1,666	—	4.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		600°	1,383	1,256	1,301	—	25.3	2.69	68.88	5.52	15.13	3.22	0.25	7.96	0.79	—	—	—	—
		750°	751	512	620	—	64.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		900°	567	500	540	—	69.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,060°	563	456	501	—	71.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		室温	2,101	1,769	1,883	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		300°	2,014	1,804	1,935	—	2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		520°	1,527	1,181	1,357	—	27.9	2.64	72.90	5.72	11.50	2.80	0.30	6.46	0.29	—	—	—	—
600°	207	40	106	—	94.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
750°	加熱中 650 度達より完全に崩壊す				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
II カガ 茨城縣西茨城郡西山内村稲田(日蔭山丁場)	室温	1,876	1,454	1,676	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	300°	2,226	1,906	2,055	—	22.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	500°	1,427	937	1,448	—	31.5	2.63	73.65	3.88	11.73	1.98	0.12	7.06	0.34	—	—	—	—	
	600°	499	86	305	—	81.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	750°	加熱中 650 度附近より完全に崩壊す				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	室温	1,638	1,327	1,528	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	300°	1,883	1,542	1,674	—	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	520°	1,607	1,233	1,434	—	6.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	600°	1,641	1,359	1,456	—	4.7	2.63	73.27	3.55	12.62	2.10	0.36	8.04	0.31	—	—	—	—	
	750°	814	695	755	—	50.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
900°	661	589	699	—	54.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1,060°	349	281	307	—	79.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
III 水 石	廣島縣安藝郡倉橋村大字尾立清水山	室温	1,788	1,327	1,528	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		300°	1,883	1,542	1,674	—	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		520°	1,607	1,233	1,434	—	6.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		600°	1,641	1,359	1,456	—	4.7	2.63	73.27	3.55	12.62	2.10	0.36	8.04	0.31	—	—	—	
		750°	814	695	755	—	50.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		900°	661	589	699	—	54.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		1,060°	349	281	307	—	79.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		室温	1,876	1,454	1,676	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		300°	2,226	1,906	2,055	—	22.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		500°	1,427	937	1,448	—	31.5	2.63	73.65	3.88	11.73	1.98	0.12	7.06	0.34	—	—	—	

變化なし
長石の部分
石英の部分
同上
小數の
同上
鑛裂の數及大さきをや
増す

變化なし
小鑛裂を生ず
各面に大數の大鑛裂を生ず

變化なし
長石の部分
赤非ミカ
同上
鑛裂を多數生ず
長石は白色と生ず
同上

變化なし
小鑛裂を生ず
各面に大數の大鑛裂を生ず

變化なし
長石の部分
赤非ミカ
同上
鑛裂を多數生ず
長石は白色と生ず
同上

晶粒大且その % 多きが故にトラツブ岩に比し耐火性小なるは § 16 に述べたる組成鑛物の温度係数を見ても明である、尙之が爲に靱性低く加工仕上の際生ずる毛狀裂罅に沿ひ吸水し凍結作用を受け分解の原因となり易きは本岩石の缺點である。

花崗岩は 300°C の熱に於ては色を變じ分解を始め、500°C に於ては剝離を生じ 700°C ~ 800°C に於て崩壊するに至る。是等は熱の爲に結晶粒子間の結合を弛緩し各組成鑛物が膨脹し而も結晶軸の方向によりて膨脹率を異にするが爲にその組織を破壊され遂に崩壊するに至るものである。

温度と耐壓強度との關係は第 20 表の如し。

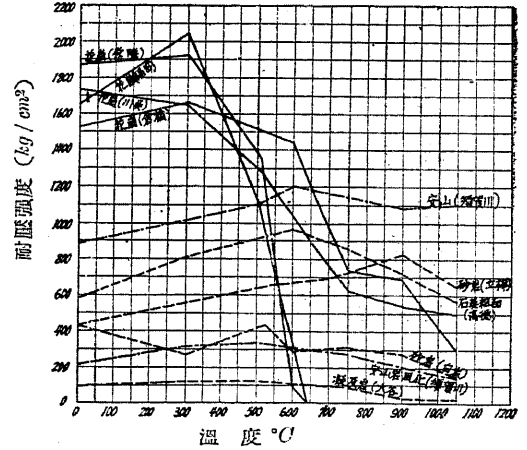
本表は 5 cm 立方體を以て行へる復興局技術試験所の試験で之より温度係数を求むれば第 21 表の如し。

第 21 表

種 別	花崗岩 温度係数 (10 ⁻⁴ /°C)					
	300°C	500°C	600°C	750°C	900°C	1,060°C
川 吳 石	0.010	0.063	0.137	0.339	0.339	—
清 水 石	0.025	0.092	0.133	0.288	0.297	0.374
稻 田 石	0.043	0.104	0.724	—	—	—
常 陸 石	0.046	0.178	—	0.685	—	—

常陸、稻田石は耐火性弱く 500°C ~ 600°C にて強度の大半を失ふ、耐火性大なる川吳及清水石は β 石英が鱗石炭に變化する 870°C 附近に於ては強度に大差なく、而して 1,200°C 附近に於てはシンター化をなす、米國紐育市の規程に於ては 760°C 高温を 2 時間受けたる後撒水して異狀

第 6 圖



なきものを耐火材と定めてゐる。之を見れば稻田の如き粗粒花崗岩は耐えないものである。

花崗岩の耐火性を他種の石材と比較すれば第6圖の如く一般に花崗岩は高温に於ては強度著しく減ずる事を知る。

温度係数は石質により著しく異なるが故に参考に二三の測定値を擧ぐれば第22表の如し。係数小なるは低温のもの、同大なるは高温のものである。

第 22 表

試 験	種 別	温度係数/ $^{\circ}C$
W. H. Bartlett. Am. journal of Science XXII	花 崗 岩 大 理 石 砂 岩	0.00725 $\times 10^{-4}$ 0.00851 $\times 10^{-4}$ 0.01435 $\times 10^{-4}$
Adie. Transaction. Royal society of Edinburgh	花 崗 岩 大 理 石	0.04380 $\times 10^{-4}$ 0.06130 $\times 10^{-4}$

§ 21 化學的性質

花崗岩は極めて耐久性大であるが一日及一箇年の温度變化に伴ふ熱應力の爲に長年月の間には粒子結合を弛緩し、尙吸水凍結作用を反覆して次第に粒子を分離せしめ更に化學作用を受けて分解し強度を失ひ遂に霏亂にするに至るものである。此等の原因を考ふれば次の如し。

I 化學組成分

本邦産の主なるものにつき地質調査所分析表は第23表の如し。

第 23 表

鐵石成分	花 崗 岩 組 成 分 (%)					安山岩 吉 濱
	常 陸 花 崗 岩					
	西 澤	日 蔭 山	池 龜	白 井	小 幡	
石 英	36.1	38.3	38.4	34.7	35.9	28.44
加里長石	21.1	20.6	20.0	15.6	17.2	5.56
灰長石	8.3	8.1	8.6	11.1	9.7	26.97
曹長石	26.7	26.2	25.7	27.8	29.2	25.15
磷灰石	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.31
鋼 玉	3.1	2.6	2.1	2.0	3.1	0.31
紫蘇輝石	2.8	2.4	3.3	4.1	3.9	7.35

磁 鐵 鑛	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	4.18
榴 石	0.3	0.3	0.5	0.8	0.6	1.37
組 成 分						
SiO_2	73.17	74.38	74.42	70.91	71.80	65.08
Al_2O_3	15.24	14.33	13.97	14.36	15.11	16.08
Fe_2O_3	0.28	0.26	0.30	0.40	0.28	2.84
FeO	1.43	1.40	1.80	2.54	2.03	2.85
MgO	0.28	0.17	0.29	0.28	0.20	2.19
CaO	1.82	1.80	2.05	2.60	2.27	5.62
Na_2O	3.15	3.15	3.10	3.30	3.24	3.00
K_2O	3.54	3.48	3.40	2.59	2.93	0.93
H_2O	0.21	0.26	0.20	0.25	0.32	0.50
結 晶 水	0.49	0.65	0.32	0.89	0.77	0.50
TiO_2	0.20	0.18	0.27	0.36	0.34	0.68
ZnO_2	0.007	0.05	0.02	0.02	0.02	0.03
MnO	0.13	0.11	0.07	0.30	0.18	0.13
P_2O_3	0.17	0.15	0.21	0.32	0.24	0.17
S	0.03	0.03	0.04	0.11	0.05	—

II 機械的作用

花崗岩に對する機械的作用は極めて影響少いのが特質である。氣孔率吸水率は他種岩石に比し極めて少く第十章に述ぶるが如くその平均値を擧ぐれば第24表に示すが如し。然し日々及年々の温度變化はその反覆回数極めて大なるが故に之に應ずる熱應力を生じ結晶間の噛合ひを弛むるは已に述べたる處であつて結晶粒の大なる程その影響大である。

第 24 表

岩 石 の 吸 水 率 平 均 (%)	
花 崗 岩	0.37
石 灰 岩	0.50~5.0
大 理 石	0.30
軟 質 砂 岩	10.0~12.0
白 雲 岩	20.0

III 化學作用を及ぼす要素

岩石に及ぼす化學作用は§16にのべたるが如く何れも變質し二次生礦物を造り遂には粘土となるものであるが、之に影響を及ぼす化學的要素は次の如し。

(1) 空気中の不純物

石材に対しては有機物に及ぼすが如き酸素の影響なきは勿論なるも CO_2 , NH_3 , SO_2 及 HCl 等を特殊の場合火山地方、鐵道隧道、工場、街路等の空気中に含有して居る。 NH_3 類及 CO_2 の量を測定したものは第 25 表及第 26 表の如く是等は何れも地方的條件により異なるものである。

第 25 表

アンモニア及硝酸の量
Messors Laws, Gilbert 及 Way, Rosamstedt, England

雨量 imp gal/acre	663.332	616.050	含有率
NH_3 lbs.	7.11	9.53	1.55×10^{-6}
NO_3H lbs.	2.98	2.80	0.45×10^{-6}
N 量計 lbs.	6.63	8.31	1.35×10^{-6}

G. H. Failyer Manhattan, Kansas

含有量 kg/acre		含有率
N in NH_3	1.196	0.388×10^{-6}
N in NO_3H	0.480	0.156×10^{-6}
N 量計	1.563	0.522×10^{-6}

第 26 表

空気中の CO_2 の含有率

都市	含有率	都市	含有率
ボストン	$10^{-4} \times 3.85$	ケンブリッジ	$10^{-4} \times 3.37$
ワシントン	$10^{-4} \times 3.87 \sim 4.48$	マンチエスター	$10^{-4} \times 4.42$

(2) 雨水中の不純物

空気中の不純物はまた雨水に含有さるゝがその量は第 27 表の如し。

第 27 表

雨量 1 ヘクタールの不純物 (量/年)

観測地点 (mm/年)	N		SO_2		Cl	
	gm	含有率	gm	含有率	gm	含有率
東京瀧ノ川西ヶ原	1,602	$14.05 \times 10^{-9} \times 0.87$	114.92	$10^{-9} \times 7.17$	30.34	$10^{-9} \times 1.89$
大阪南河内郡柏原村	1,409	$9.05 \times 10^{-9} \times 0.64$	70.48	$10^{-9} \times 5.01$	122.61	$10^{-9} \times 8.70$
熊本飽託郡出水村	1,804	$2.08 \times 10^{-9} \times 0.11$				
秋田仙北郡花館	1,852	$3.83 \times 10^{-9} \times 0.21$				

備考 1912 乃至 1927 年の 16 年の平均値

第 28 表

種 別	最 小 量	最 大 量
	10^{-8}	10^{-8}
NH_3	0.04	16.0
$N_2O_5 + N_2O_3$	0.01	16.0
SO_2	0.01	70.0
Cl	0.001	4.0
有機質 N	0.03	1.0
同 C	0.20	4.0
バクテリア	100	200

(3) 海水、鑛泉、下水、工場廢水、温泉及河水の不純物

海水、鑛泉水、下水、工場廢水、温泉の含有量は第 29 表乃至第 32 表の如し。

第 29 表

海水分析表 (10^{-3})

組成分	(1)	(2)	(3)	(4)
NaCl	26.70	27.47	29.42	27.21
$MgCl_2$	3.22	0.31	3.22	3.81
KCl	1.29	0.01	0.51	—
NaBr	0.42	—	0.56	—
$MgSO_4$	1.97	0.20	2.48	1.66
$CaSO_4$	1.63	0.15	1.36	1.20
雜	0.04	0.02	0.12	0.98
計	35.27	28.16	37.65	35.00

第 30 表

鑛泉水分析 (10^{-3})

組成分	(1)	(2)	(3)	(4)
Cu	0.00784	0.00698	0.01318	0.03360
Fe	0.01770	0.02101	0.01490	0.04582
結合 SO_3	0.23095	0.26035	0.20473	0.35701
遊離 SO_3	0.00202	0.00462	0.00519	0.01316
浮遊物	0.01888	0.16956	0.02116	0.03196
計	0.27739	0.40252	0.25916	0.48155

第 31 表

下水分析表 (10^{-3})

組成分	四 月	八 月	十二 月
-----	-----	-----	------

浮遊物	0.317	0.279	0.461
内有機物	0.216	0.201	0.327
可溶性物質			
Cl	0.259	0.101	0.268
SiO ₂	0.012	0.015	0.064
SO ₃	0.072	0.068	0.090
PO ₄	0.017	0.010	0.020
NH ₄	0.050	0.036	0.093
Ni	0.057	0.046	0.092
CaO	0.087	0.088	0.058
MgO	0.021	0.019	0.024
還元剤	0.266	0.242	0.262

第 32 表

工場 廃 水 分 析 (10⁻⁸)

組成分	澱粉工場	パルプ工場	ソーダ工場	食鹽工場
浮遊物	0.225	0.357	—	0.337
蒸發残渣	1.065	1.128	109.550	4.092
灼熱残渣	0.176	0.330	—	0.577
還元剤	0.409	0.445	—	0.168
Cl	0.284	0.075	63.900	1.810
SO ₄ H ₂	0.279	0.301	0.700	0.229
CaO	0.112	0.264	25.520	0.564

第 33 表

温 泉 分 析 (10⁻⁸)

組成分	湯本塔澤	宮下底倉	伊香保	鹽原	草津
固形全量	0.5200	2.0568	1.7714	2.2928	4.8752
硫酸鹽	0.1124	0.0308	0.3996	0.2093	2.1540
内SO ₄ Na ₂	0.0558	0.0656	0.1007	0.0413	0.4200
SO ₄ K ₂	0.0517	—	0.0220	0.1100	—
(SO ₄) ₃ Al ₂	0.0049	—	—	—	1.1800
SO ₄ Ca	—	0.0252	0.2769	0.0580	0.2550
SO ₄ Mg	—	—	—	—	0.2990
鹽酸鹽	0.1.73	1.5940	0.1531	0.6238	0.5299
ClNa	0.0158	1.5888	0.0468	0.6238	0.0932
Cl ₂ Ca	0.0999	—	—	—	0.2763
Cl ₂ Mg	0.0016	—	0.1063	—	0.1279

ClK	—	0.0052	—	—	0.0325
炭酸鹽	0.3000	0.2441	0.4140	1.2955	0.0000
CO ₃ Ca	—	0.1818	0.1016	0.4332	—
CO ₃ Mg	—	0.0623	0.0032	0.0210	—
(CO ₃ H) ₂ Ca	—	—	0.1646	0.2313	—
(CO ₃ H) ₂ Mg	—	—	0.0053	0.0866	—
CO ₃ HNa	—	—	0.1393	0.5234	—
遊離酸	0.0000	0.0000	0.9759	0.3569	1.9952
CO ₃ H ₂	—	—	0.6757	0.8569	—
ClH	—	—	—	—	0.8532
SO ₄ H ₂	—	—	—	—	1.0420

第 34 表

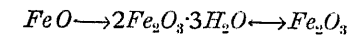
京 都 市 河 水 の 分 析

性 質	疏水	鴨川	高瀬川	堀川	東七條下水
色 度	4.7	9.5	25.6	43.3	205
濁 度	3.5	4.7	25.8	30.3	800
NO ₃ H	0.004	0.095	0.021	0.046	?
NO ₂ H ₂	0.007	0.022	0.036	0.083	?
NH ₃ 鹽	0.031	0.112	0.422	0.293	4.
蛋白性NH ₃	0.045	0.115	0.883	0.829	1.5
カメレオン消費量	10.50	12.73	45.3	128.2	215.08
固 形 量	70.	92.	173.	334.	604.
ク ロ ー ル	7.7	10.7	23.6	24.9	53.17
硬 度	1.34	1.62	1.77	1.93	15.25
鹽 基 度	34.4	41.5	41.	27.9	40.0
酸 度	0.0	0.6	8.	10.8	—
細 菌 數	6,505.	14,418.	41,362.	5,3812.	430,000.
瓦斯發生量	3.7	3.9	3.1	3.7	9.3

N 變質及分解

變色するは風化の第一段階で含鐵礦物の分解により酸化鐵を遊離するによるものでその状態は 2 ある。

(1) 黑雲母は通常 5% 以上の含鐵化合物を含みその分解により



となり暗赤色となり花崗岩の本質たる光輝ある光澤を失ひ鈍色となり次第に風化

し易くなるものである。

(2) 花崗岩を貫く岩脈に沿ふて黄鐵 FeS_2 黄銅 Fe_2O_3, Cu_2S 等の含鐵礦が含まるゝ場合多く是等がその周圍に含鐵溶液を滲入せしめ酸化して $FeSO_4$ となり S を失つて褐鐵礦 $2 \cdot Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ となり更に變質して遂に銹色を興ふ。之は黑雲母の影響より著しく現るゝが故に是等の部分の花崗岩は構造用として用ひ得ないものである。

V 風化するものゝ成分及耐久性

風化するものはその組成成分を變じ遂には形狀を失つて砂及粘土淤泥となるもので、米國で調査せるものは第 35 表の如し。

第 35 表

花崗岩及其の風化するものゝ分析

組成成分 (%)	新鮮花崗岩	變質花崗岩	霏 亂 後	
			殘留砂	淤 泥
SiO_2	69.33	66.82	65.69	49.39
Al_2O_3	14.33	15.62	15.23	23.84
FeO	3.60	1.69	—	—
Fe_2O_3	—	1.88	4.39	3.69
CaO	3.21	3.13	2.63	4.41
MgO	2.44	2.76	2.64	4.60
N_2O	2.70	2.58	2.12	3.36
K_2O	2.67	2.04	2.00	2.49
灼熱減量	1.22	3.27	4.70	8.12

(geo. society of Am. vol. VI)

VI 耐久性

石材の耐久性は加工せる際の器具痕跡の失はるゝ迄を云ふ場合あつて Julien が米國の建築物に就て調査せるものは第 36 表の如し。

第 36 表

石材	耐久年	石材	耐久年	
砂 岩	粗粒	5~ 15	白雲石	30~ 50
	細粒	20~ 50	大理石	60~100
	硬質	100~200	花崗岩	75~200
石灰岩	20~ 40	石英岩	75~200	

§ 22 力學的性質 (Mechanical property)

強度殊に耐壓強度大であり而して抗張強度に對する比はコンクリートと比較して極めて大である。強度の大なるものはそれに應じて表面仕上の困難を伴ふものである。

(1) 花崗岩の主要成分としての石英の強度は極めて大にして、第 37 表に示すが如し。

第 37 表

石 英 の 強 度

加壓方向	抗張強度 (kg/cm^2)	耐壓強度 (kg/cm^2)
主軸に平行	1,630	18,200
主軸に直角	1,260	16,000

(Landolt-phy-chem-Tabellen)

(2) 第十章に於て産地別花崗岩の強度を試験せるものを擧げたるが、今地質調査所に於て全國花崗岩の強度を試験せるものは、第 38 表の如く石目に平行なる方向と直角の方向の強度に分ちて之を示す。

第 38 表

花 崗 岩 強 度 (kg/cm^2)

強度の種類	産地	石目に平行			石目に直角		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
耐壓強度	常陸	1,709	933	1,412	1,866	1,018	1,357
	岡山	1,965	1,068	1,429	1,995	1,186	1,689
	廣島	1,764	922	1,401	2,012	1,676	1,790
	平均			1,414			1,608
抗張強度	常陸	70.0	37.2	49.2	55.2	38.7	45.9
	岡山	94.1	35.6	53.6	82.9	48.2	68.3
	廣島	60.2	36.3	49.3	56.6	47.9	52.2
	平均			51.0			55.0
抗曲強度	常陸	133.6	105.6	121.3			
	岡山	168.3	121.7	142.6			
	廣島	156.4	122.2	142.6			
	平均			136.0			

備考 耐壓は 6 cm 立方體、抗張は長 8.0、幅 5、厚 2.5 cm

抗曲は長 55、幅 22、厚 9 cm 徑間 50 cm のもの

(3) 米國に於て強度弾性係數ポアソン比等を試験せるものは、第 39 表の如し。

第 39 表

種 別	弾性係數 (kg/cm^2)	ポアソン比	耐壓強度 (kg/cm^2)			比重	溫度係數 ($10^{-4}/^{\circ}C$)
			最大	平均	最小		
花崗岩 (Conn.)	612,000	0.250	1,110	1,105	1,090	2.59	0.0716
同 (Mass.)	540,000	0.173	1,820	1,665	1,360	2.60	0.0752
同 (N.H.)	431,000	0.196	2,020	1,840	1,670	2.63	0.0608
大理石 (Ga.)	712,000	0.273	1,010	990	1,000	2.71	0.0694
石灰石	309,000	0.250	810	540	369	2.24	0.0810
砂 岩	172,000	0.187	820	812	775	2.25	0.0832

(4) 獨逸に於て耐壓抗曲及抗剪強度並に變形率を測定したものは、第 40 表及第 41 表の如し。

第 40 表

スツットガルト工科大學試験

種 別	耐壓強度 (kg/cm^2)	伸張率 ($120 kg/cm^2$ の場合)
花 崗 岩	1,277	4.250×10^{-3}
玄 武 岩	3,082	0.908×10^{-3}
石 灰 岩	1,320	1.290×10^{-3}
片 麻 岩	1,392	2.760×10^{-3}
砂 岩	639	1.060×10^{-3}

(Strassenbau Feb 1. 1929)

第 41 表

強 度	(1)	(2)	(3)
耐 壓 強 度	1,240	1,290	1,320
抗 曲 強 度	122	113	115
抗 剪 強 度	105	125	104

(Bauingenieur Mai 17. 1929)

§ 23 安山岩 (Andesite)

本邦はその産出の面積廣く量また極めて豊富で古來廣く用ひられ、關東地方に於ては江戸城石垣を始めとして、茨城縣稻田花崗岩の搬出前即ち明治 25 年頃迄は關西地方より來る花崗岩と共に唯一の硬石であつた。其後稻田花崗岩に押され需要次第に減じたるも未だ相當の販路を有し、主なるものは相州石又は六ヶ村石

の名稱で小田原以南から産出してゐる。

安山岩は深成岩としての閃綠岩及輝綠岩の噴出岩で、第三期以前のものは珉岩、その後のものが安山岩である。灰、赤又は暗褐色の石基に斜長石角閃石輝石の斑晶を有す。斑晶質のものは石基の多少により次の如き名稱がある。多石地質 (Perpatie) 石基が 87.5% 以上のもの、過石地質 (Dopatie) 石基が 87.5~62.5%、中石地質 (Semipatie) 石基が 62.5~37.5%、過斑晶質 (Dosemic) 石基が 37.5~12.5%、多斑晶質 (Persemic) 石基が 12.5% 以下のもの。

I 分類

地質學的には、(1) 中性岩として石英閃綠岩の噴出岩が石英安山岩 (Dacite) 閃綠岩に對して角閃又は雲母安山岩、(2) 基性岩として輝綠岩の噴出岩が輝石安山岩である。

(1) 輝石安山岩は最も普通のもので大正三年一月櫻島爆發の際の噴出岩も之である。輝石斜長石磁鐵礦の斑晶を有し、地質學的には之を Monoclinic augite (根府川石等) と 2-Pyroxene augite (小松石兼平石等) とに分つ。凝灰岩及礫岩と共に火山質をつくり、岩漿の急激なる冷却による節理の爲に層狀又は柱狀を爲するものがある。長野縣諏訪の鐵平石、又は福井縣村岡村のカクマ石の如し。暗灰又は暗褐色を呈し、美觀を呈しないが硬質にして強度相當大である。兼平石、白河石、須賀川石、里見石、山崎石等は有名である。

(2) 角閃石安山岩は輝石の代りに角閃石の斑晶を有するもので、色は淡灰又は褐色灰綠色を呈し幾分花崗岩に類し、月出石、白丁場、白河石、須賀川石は主なるものである。

(3) 雲母安山岩は斜長石黒雲母磁鐵礦の斑晶を有し、時として石英を含む。灰白又は灰褐色で雲母の爲に可工性大で耐久性も長い、由良石、船岡石、湯崎石が之である。

(4) 石英安山岩は斜長石石英の斑晶を有し、石英粗面岩に類するも正長石でなく斜長石である。柱狀節理が多く材木石筭石と呼ばれるものである。青森の佐井材木岩及獅子濱石、初狩石、神島棒石は之である。

I 物理的性質

物理的常數として比重吸水率を全國主なる産地のものにつき試験せるものは、第十章に述ぶるが如く之よりその最大最小及平均値を求めれば第 42 表の如し。

第 42 表 相州安山岩

Table with 7 columns: 試験者, 比重 (最大, 最小, 平均), 吸水率(%) (最大, 最小, 平均). Rows include 議院建築局 and 地質調査所.

安山岩の耐火性が花崗岩に比して大なるは已に述べたるが如く、今之と砂岩凝灰岩の強度に及ぼす温度の影響を試験せる結果は第 43 表の如し。

第 43 表

Table with 10 columns: 加熱温度, 耐圧強度 (最大, 最小, 平均, 増減%), 比重, 見掛の比重, 有孔率(%), 加熱による長さの變化(mm/5cm) (石目に平行, 石目に垂直), 備考. Rows include 凝灰質石英粗面岩 and 凝灰岩.

Table with 10 columns: 試験番号, 試験温度, 試験圧, 試験速度, 試験時間, 試験結果, 備考. Rows include 350, 520, 600, 750, 900, 1,060.

安山岩(須賀川石 1) 福島縣岩瀬郡須賀川町

Table with 10 columns: 試験温度, 試験圧, 試験速度, 試験時間, 試験結果, 備考. Rows include 室温, 300, 520, 750, 1,060.

安山岩(須賀川石 2) 福島縣岩瀬郡須賀川町

Table with 10 columns: 試験温度, 試験圧, 試験速度, 試験時間, 試験結果, 備考. Rows include 室温, 300, 520, 600, 750, 900, 1,060.

凝灰質砂岩(立棒石) 静岡縣賀茂郡南仲村上賀茂

Table with 10 columns: 試験温度, 試験圧, 試験速度, 試験時間, 試験結果, 備考. Rows include 室温, 300, 520, 750, 900, 1,100.

砂岩(白岩石) 福島縣石城郡大野村白岩宇突抜山林

Table with 10 columns: 試験温度, 試験圧, 試験速度, 試験時間, 試験結果, 備考. Rows include 室温, 300, 520.

600	376.1	245.5	294.0	-34.0	+0.30	+0.40	同上
750	345.2	271.4	316.1	-29.0	+0.38	+0.46	同上
900	338.6	209.2	281.3	-36.8	+0.48	+0.59	同上
1,060	162.4	138.6	147.3	-66.9	+0.93	+1.26	同上 少々灰色をおぶ

砂岩(元名石)井目 千葉県君津郡金谷村

室温	108.2	93.5	98.9	0	0	0	0
300	164.6	134.5	149.0	+50.7	+0.13	0	稍赤褐色を増す凝結物質の部分
600	111.3	27.4	82.5	-16.4	-0.14	-0.29	凝結物質は赤變す
750	209.3	147.5	173.8	+75.8	2.54	1.33	47.6 同上 小龜裂を生じ色調は同上
900	55.0	52.3	53.5	-44.9	-0.53	-1.46	赤褐色となり小龜裂を生じ形は幾分變形す
1,060	53.0	13.9	39.8	-59.6	-0.95	-2.36	

安山岩凝灰岩の如き噴出岩は温度の上昇に伴ひ却つて強度増進す、而して緻密堅硬なる安山岩は熱に伴ひ膨脹し含鐵礦物の爲に次第に赤色を呈し、凝灰岩砂岩の如きは含水量を失ひ收縮す、是等が最高強度に達するは岩質により異り、安山岩は 600°C 石英粗面岩は 600°C 凝灰岩 520°C 砂岩は一定し難く、温度に伴ふて強度の増大するものと減するものがあり、一般に凝灰質のものは強度増大し、750°C~900°C にて最大となる。

岩石は風化せるものはその性質を異にし、安山岩では新鮮のものは風化したものに比し著しく性質優り 600°C に於て強度の増加 35% に達す。地質調査所に於ける相州石試験結果は 500°C~850°C にて色を變じ 1210°C にて表面がシンターしたもの(岩村石)と急冷するも變化なき吉濱石とがあつた。

是等の温度係数を比較したものは第 44 表及第 45 表に示す。試験結果は一致しないものが多い。

第 44 表

種 別	温度係数 (10 ⁻⁴ /°C)					
	温度 °C					
	300°C	500°C	600°C	750°C	900°C	1060°C
安山岩 須賀川石	0.007	0.009	0.010	0.008	0.007	0.007
同(風化)	0.010	0.029	—	0.073	—	0.097

砂 岩	0.030	0.058	0.116	0.112	0.119	0.228
凝灰岩 大谷石	0.027	—	0.035	0.070	0.094	0.211
石英粗面岩高德石	—	0.005	0.022	0.037	0.080	0.156
花崗岩 細粒	0.018	0.078	0.135	0.314	0.317	0.319
粗粒	0.045	0.141	0.724	0.685		

第 45 表

種 別	安山岩温度係数 (10 ⁻⁴ /°C)					
	100°C	200°C	400°C	600°C	800°C	1000°C
安山岩 本小松石	0.040	0.070	0.116	0.096	0.082	—
	0.023	0.051	0.124	0.105	0.086	—
須賀川石	0.041	0.059	0.123	0.100	0.085	—
	0.090	0.090	0.228	0.172	0.146	—
秋間石	0.037	0.085	0.119	0.100	0.088	—
里見石	—	0.032	0.106	0.095	0.083	—
佐久石	0.030	0.108	0.139	0.122	0.098	0.75
江持石	0.052	0.080	0.185	0.145	0.123	0.093
白河石	—	0.030	0.030	0.035	0.030	—
凝灰岩 徳佐石	0.038	0.050	0.090	0.083	0.066	0.061
石英粗面岩高德石	0.033	0.035	0.048	0.144	0.131	0.130

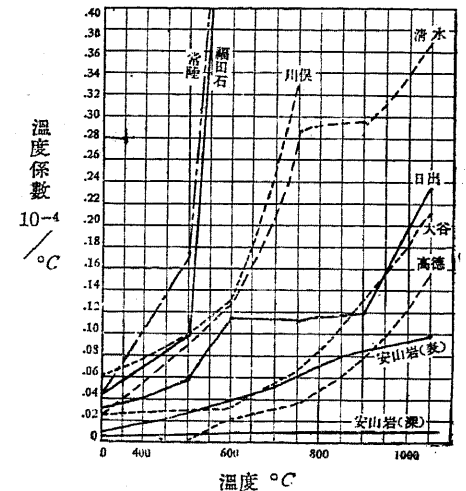
Ⅰ 強度

強度は第十章に述ぶるが如く、今その強度の平均値を求むれば、第 46 表の如く、相州石に就て耐壓強度を擧ぐれば第 47 表の如し。

第 46 表

耐壓強度			抗張強度		
最大	最小	平均	最大	最小	平均
1557	590	1048	136	27	44
抗曲強度					
最大	最小	平均			
197	45	85			

第 7 圖



第 47 表

安 山 岩 強 度			
名稱	比重	吸水率(%)	耐壓強度 (log/cm ²)
新小松石	2.45	4.72	805
横根澤石	2.47	3.09	911
白丁場石	2.53	2.44	1,035
月出石	2.48	2.99	1,038
小川澤	2.56	2.36	1,165
本小松	2.57	1.83	1,195

地質調査所に於て試験せるものは第 48 表の如く、耐壓強度は石目に直角方向のもの大にして抗張強度は之に平行方向のもの大である。

第 48 表

相 州 安 山 岩				
種 別		耐壓強度	抗張強度	抗曲強度
吉濱石	石目に平行	513	46.2	—
	石目に直角	565	39.9	—
岩村石	石目に平行	489	51.2	85.0
	石目に直角	—	36.9	—
白丁場		548	—	—
白河石		863	—	—
須賀川石		582	—	—

§ 24 砂 岩

砂岩は軟石又は准硬石に屬し、石英又は他の礦物若くは岩石の破片が機械的に締合され、又は化學的にセメントされてゐるものである。一般に是等の締合されたる岩石の種類は第 49 表の如し。

第 49 表

岩 石	全く締合されざるもの	締合の普通状態	締合固結し變成されたもの
硅酸質	砂 砂利	砂岩 礫岩	石英岩 硬砂岩
礫土質	粘土	頁岩	粘板岩 片岩
石灰質	泥灰	石灰石	大理石

歐米では構造用砂岩は古生代より中生代のもので種類範圍極めて廣く美觀を有し可工性大なるが故に花崗岩大理石に次ぎ廣く用ふるも、本邦では古生代のは太平洋岸西南部地方に多いが美觀を呈しないから用途狭かつたが近年第三紀の

ものが次第に用ひらるゝに至つた。

近年コンクリート構造の發達に伴ひ、その表面の鈍色を美化する工法が行はれ經濟的工法として砂岩質の應用が比較的發達するに至つた。美化の工法は次の如きものがある。

(1) 花崗岩安山岩の張石工は高價であり之に對してテラコッタを用ふるものがあるがその應用範圍は狭く強度も弱い。

(2) 煉瓦又はタイル張は強度劣るも比較的廉價である。

(3) モルタル仕上は鈍色を呈し、耐久性少いがスタツコ又はラフキヤストとして用ひらる。

(4) 有色セメントは比較的高價である。

(5) 砂岩の張石は比較的廉價である。

(6) 人造石仕上は砂岩の石屑を混じて用ふる工法と花崗岩質表装とがある。

砂岩の特質として強度は比較的少いが可工性極めて大であり、花崗岩の如く滑り易き状態に磨耗せず、含有石英の爲に磨滅が比較的強い點にある。

I 分 類

主として石英粒と結合劑より成り、その外に風化に耐へ残留せる角閃石、輝石、磁鐵礦、綠泥石、酸化鐵、錫石(Cassiterite)等を含み、その組織は粒の大きさにより異り、粒徑大のものは礫岩(Conglomerate) 粒形の稜角を有するものは角礫岩(Beccia)である。

色は砂粒の色及セメント質の性質により異り殊に後者の影響大で、セメント質の種類及性質によりて砂岩の種別が出来る、次の如し。

(1) イタコルマイト(Itacolumite)は砂粒が單に加壓され締合され、セメント質を有しないもので碎け易い。

(2) 硅酸質砂岩は硅酸がセメントであり、之に非晶質と結晶質のものがあり、後者は結晶石英に對し砂粒が核となつてゐるもので一般に淡色硬質である。

(3) 含鐵砂岩は無水又は含水酸化鐵がセメントにして赤褐色又は黃褐色を

呈し相當に硬度が高い。

(4) 石灰質砂岩は炭酸カルシウムでセメントされ、灰色で可工性大であるが風化に弱い。

(5) カオリン砂岩はセメントがカオリンで、礫土質砂岩は粘土質を多く含有し頁岩に類似してゐる。

(6) 瀝青質砂岩は瀝青の滲入したもので、ロツクアスファルトと稱せられるもの一である。

(7) 硬砂岩 (Greywacke) は石英長石粘板岩等の破片が礫土、石灰等により締合せらるゝ硬質砂岩である。

(8) 長石質砂岩 (Feldspathic sandstone) は石英の外長石破片を含有し、花崗岩片麻岩等の分解より生じたるもの、尙是等の外に特に板狀に剝離し得る板石 (Flagstone) 又は各方向に剝離し易き砂石 (Freestone) 等がある。

是等のうち硬砂岩は舗装材料として用ひらるゝが故に今切石として用ひらるゝものにつき述べる。是等のものも水成岩の特質として砂粒と同時に凝灰岩質のものを含有する凝灰質砂岩が比較的多い。

I 物理的及力學的性質

砂岩は准硬石乃至軟石に屬するから、採石にはその硬度に應じ鑿及クサビ若くは大規模には鑿溝機を用ひて之を行ふ。現出の状態のままにては常に水分を含み採石加工し易いが乾燥し水分を失へば加工漸く困難を加へ強度次第に増加する特性がある。

房州石は千葉縣君津郡金谷附近より安房郡保田船形勝山天津に至る地方に産する凝灰質砂岩で古くは廣く用ひられ、元名石、青目石等の名に於て皇居、品川臺場、横須賀地方に用ひたが現在は凝灰岩としての大谷石に押され著しく減じた。

全國の砂岩性質は第十章に述ぶるが如く、主なるものにつき物理的性質及強度を擧ぐれば第 50 表の如し。

地質調査所に於て房州石を試験せる結果は第 51 表の如し。氣孔率及吸水率大にして凍結損失多きは缺點である。

第 50 表

種 別	名 稱	比 重	吸水率(%)	耐壓強度(log/cm ²)
砂 岩	房州石	1.34	35.54	43.0
	元名石	1.44	30.93	61.0
	多比石	1.37	33.70	75.0
凝灰質安山岩	白河石	1.98	11.63	97.0
准硬質砂岩	立棒石	1.94	13.22	365.0
	澤田石	1.90	13.53	374.0
	銚子石	2.30	5.10	568.0

第 51 表

房 州 石			
項 目	井 目	黒 目	ガリ目
眞 比 重	2.71	2.65	2.78
氣 孔 率 %	43.8	42.3	39.2
吸 水 率 %	28.8	27.6	23.2
耐壓強度 log/cm ²	52.7	48.0	61.6
抗張強度 log/cm ²	7.6	5.2	5.7
凍結損失 %	0.58	2.27	1.82
凍結後強度	45.1	40.7	43.9

復興局及建築局の試験結果は第 52 表の如し。

第 52 表

種 別	砂 岩 強 度							摘 要
	比重	氣孔率 (%)	吸水率 (%)	耐壓強度 (log/cm ²)	抗張強度 (log/cm ²)	抗曲強度 (log/cm ²)	凍結損失 (%)	
白岩石	2.62	22.6	—	445	—	—	—	
立棒石	2.67	26.0	—	266	—	—	—	復興局試験
	2.48	—	13.22	366	25	54	0.17	建築局試験
多胡石	2.05	—	6.60	674	—	94	—	材齡一月
銚子石	2.65	11.90	5.10	568	29	—	0.28	
平均	2.49	20.2	8.30	463	27	74	0.23	

是等の性質は何れも平均値を示したるもので、多胡石に就て見るもその採石場に於ける産出の位置により、比重 2.02~2.15 の範圍に互り強度も之に應じて異り、立棒石も亦第 53 表の如き範圍に互りその性質を異にしてゐる。

第 53 表

立 棒 石 強 度		
最 大	耐壓強度	抗張強度
	445	28
		抗曲強度 61

最 小	284	21	47
平 均	365	25	54

砂岩の性質は極めて變化の範圍廣く、強度大なるものは花崗岩に類し、弱きものは凝灰岩に近きものあり、英米の主なる砂岩に就て見るに第 54 表及第 55 表の如し。

第 54 表
砂 岩 組 成 分

組 成 分	Warsaw N. Y.	Riverside Indiana	Craigleith Edinburgh, Scotland
SiO ₂ %	76.5	93.2	98.3
Al ₂ O ₃ %	14.8	1.6	} 0.6
Fe ₂ O ₃ %	6.4	2.7	
H ₂ O	2.0	0.1	1.1

第 55 表
米 國 砂 岩 強 度

産 地	比 重	吸水率(%)	耐壓強度(kg/cm ²)
Marquette, Mich.	2.39	3.13	433
Portland, Con.	2.36	2.50	940
Hickly, Minn.(石英岩)	2.53	5.90	1,340
Pipestone, Minn.	2.73	0.27	1,960
Sanjose, Calif.			169
Riverside, Indiana.			480
Berea, Ohio.			720
Edinburgh, Scotland.			847
Medina, N. Y.			1,210
Warsaw, N. Y.			1,340
Quartzite, Dagota.			1,760

§ 25 凝灰岩 (Tuff)

軟石に屬する主要の石材で安山岩と同様に廣き面積に亘り産額も多く従つて古來廣く用ひられ、關東地方では鐵道東北線開通以後は從來用ひられた房州石に代りて凝灰岩の大谷石が廣く用ひられて居る。

第三期の火山噴出の灰が砂粒等と共に水底又は陸上で固結したものであるから極微粒より粗粒のもの迄範圍廣く、その噴出物の種類及組成分により次の如き種

類がある。

(1) 凝灰岩は細粒の火山灰の固結したもので、砂粒混合の量大なるものは砂質凝灰岩と稱す。軟質で加工し易く灰白乃至淡綠色のものあり、大谷石、澤田石、笏谷石、鹿沼石、藪塚石はその主なるもので澤田石は現在已に廢坑となり最も有名なのは大谷石でその年産額 40 萬噸に達し、本邦石材としての首位を占めてゐる。

(2) 砂質凝灰岩(Sandy tuff) は火山灰、砂、礫等より成り凝灰岩よりも粗狀組織を呈し、常に砂を 20% 以上含んで居る。軟質で氣孔率吸水率高く、一般に CaO を含み風化し易し、砂粒 % 大なるものは已に凝灰質砂岩である。見高石、立棒石は之に屬する。

(3) 礫岩質凝灰岩は火山灰砂及岩石の破片より成り、是等の質によりて性質を異にするが、多くは浮石を含有し吸水率大で風化し易い。

(4) 安山岩質礫岩は、前者より硬度大であるが地方的に用ひ得るに過ぎない。主なるものは白河石、岩船石、山寺石で房州石も一部之に屬する。

(5) 輝綠凝灰岩(Schalstein) は古生乃至中生時代の輝綠岩質灰が固結せるもので若狹宮川石、土佐石、甲斐雨畑石及赤間石、厚西石、門司石等硯材又は裝飾材として用ひられてゐる。

I 物理的及力學的性質

第十章に擧げたるが如くであるが地質調査所の試験結果は第 56 表の如し。

第 56 表
凝 灰 岩 の 性 質

名 稱	比 重	吸水率 (%)	耐壓強度 (kg/cm ²)	抗張強度 (kg/cm ²)	抗曲強度 (kg/cm ²)
大谷石(白目)	1.99	19.8	86.3	8.8	23.1
同 (青目)	1.98	18.2	87.2	8.2	28.0
澤 田 石	2.43	13.5	372.4	35.2	60.3
砂 岩 平 均	2.49	8.3	463.0	27.0	74.0

§ 26 粘板岩 (Clayslate)

粘板岩は粘土質が變成作用を受けて生じたるもので、板狀に剝離し得る特質を有するから、之を利用して特殊の用途を有する。本邦では古生代に屬する岩手縣

氣仙郡より宮城縣牡鹿桃生郡に至る地方及高知縣幡多郡、長崎縣豆酸に産し、屋根、臺、盤、砥及碑石桁材等に用ひらる。屋根用としては支那北平省房山縣長溝峪のもの等が輸入される。

是等の性質は第 57 表の如し。

比 重	2.71~2.81	吸水率	0.26~0.33
耐壓強度 kg/cm^2	452~696	抗曲強度 kg/cm^2	502~795
抗張強度 kg/cm^2	255	弾性係數 kg/cm^2	878,000
温度係數 $1/^\circ C$	0.00001034		

§ 27 大理石及蛇紋岩等 (Marble, Serpentinite)

裝飾用石材としては花崗岩、黒花崗岩をも用ふるも主として大理石、蛇紋石等で耐久性劣るが故に土木構造物には少く主として建築物内部に用ひらる。故に其一般的性質を略述するに止める。

I 大理石 (Crystalline limestone, Marble)

結晶質石灰岩である、大理石 (Marble) とは歐米でも石材市場の稱呼 (Trade name) で廣き意味を有し、研磨し得られ之により美麗なる快色を表す石灰石を稱し、尙火成及水成岩でも之と類似の外観を有し用途を同じくするもの迄も含ましめる。即ち蛇灰岩、花崗岩、黒花崗岩等までも含ましむる事があるが、今結晶質石灰岩に就てのみ述べる。

化學組成分は石灰石と同じく只變成作用を受け、また非結晶質の部分を多分に含んでゐるものが多い。

大理石は方解石が主成分で尙幾多の不純物を含有し、その結晶粒の大小とセメント質の性質により工學的性質を異にし、一般に結晶粒の小なるものが硬度及強度大で、可工性は結合の状態により異なる。粒の結晶軸の平行せるものは大材を採取する事困難である。種類は次の如く分つ事が出来る。

(1) 完全結晶質のものは通常白色を呈し、時として斑點を有する事がある。水戸の寒水石、及代の白島石、秋吉の大理石の如し。

(2) 破片岩 (Detrital) のものは方解石及石灰石の破片を石灰質又は粘土質で締合してゐるもので、美濃本更紗の如きは酸化鐵を含む粘土多いもので、新更紗は之がないものである。

(3) 斑結晶質のものは美麗なる色調を呈し、美濃赤坂の大部分は之に屬し、紅滴、選目鏡、霞、紋等各種の名稱がある。

(4) オニクス大理石 (Onyx marble) は半透明で温泉作用等により化學的に沈澱し層状をなすものである。黒部川の愛本村下立村のもの之である。

その工學的性質は第 58 表及第 59 表の如し。

種 別	比 重	吸水率 (%)	耐壓強度 (kg/cm^2)	抗張強度 (kg/cm^2)	抗曲強度 (kg/cm^2)	凍結損失 (%)
美濃大理石	2.68~2.72 (2.70)	0.07~0.23 (0.15)	1180~2142 (1,660)	38~86 (62)	36~126 (81)	0.10~0.18
長門大理石	2.72~2.74 (2.73)	0.05~0.08 (0.07)	1161~1365 (1,293)	33~35 (34)	122~132 (127)	0.09~0.11
常陸大理石	2.71~2.73 (2.72)	0.06~0.12 (0.08)	955~1316 (1,136)	41~107 (74)	32~216 (124)	0.06~0.12
平 均	2.72	0.10	1250	60	110	0.10
金崎蛇紋岩	2.76	0.06	969	59	271	0.06
橄 欖 岩	2.84	0.18	961	98	167	0.04

	抗曲強度	弾性係數 (kg/cm^2)
大理石 最大	306	840,000
最小	98	285,000
平均	162	640,000

I 蛇灰岩 (Ophealcite)

橄欖石を含む基性岩石が風化して生ずる二次生岩石の蛇紋石を主として有する蛇紋岩と方解石、白雲石、苦土等が混じてなす蛇灰岩は大理石と見らるゝ美麗なる色調を有して裝飾用に用ひらる。之は二次生礦物を含み含鐵礦石の酸化又は含水により變色し易く、研磨による美麗なる光澤を失ふから主として建物内部に用ひられる。秩父三澤蛇紋、金崎鳩糞石、美九里石等之である。工學的性質は第 58 表に示した。

Ⅱ 橄欖岩 (Peridotite)

橄欖岩は橄欖石及輝石、異斜石、その他を含み最も極端なる基性岩石で長石を有しない。變質して橄欖石は蛇紋石となりその際容積膨脹し次第に他の鑛石、透角閃石等を壓し、その結晶形の縁を變形せしめ、更に分解して鐵分が離れ表面及龜裂に沿ふて集り、種々の斑紋を爲すものがある。斑石、竹葉石等の稱あるものは是等である。

第五章 骨材用石材の性質

§ 28 概 説

石材は塊石(Dimension stone)として構造物に用ふる外之を破碎して割栗石、碎石とし更に粉碎して石屑石粉として用ふる場合多く茲に近代技術の特質がある。骨材(Aggregate)とは Matrix に對する語であるが今茲に廣く粒狀石材として述べる。大別して次の如し。

- (1) 混合物の骨材、セメントコンクリート及瀝青鋪裝用。
- (2) 骨材ならざるも粒狀體として用ふるもの、水縮マカダム鋪裝及各種路面表裝材料、鐵道線路の道床材料若くは基礎工及地下排水工材料。
- (3) 填充材として用ふるもの、瀝青鋪裝用骨材の填充材、瀝青防水工の添加材。
- (4) 水道の濾過用材料。

是等の給源は天然産として轉石(Boulder) 玉石栗石(Cobble) 砂利及砂があり又巨石(Cyclopean stone) がある。人工的の割栗石(Rubble) 碎石石屑石粉がある。之に類するものとして鑛滓がある。

粒徑より分てば玉石及之より大なる巨石、之に次ぐ栗石及割栗石、粗骨材として碎石及砂利、細骨材として石屑及砂、更に細粒の石粉がある。今茲に是等粒狀材が受くる作用より考へたる石質に就て主として機械的耐久性を述べ、その他の物理的性質は第六章に述べる。

之に用ふる石材は強度殊に靱性磨耗性硬度の高きを必要とし、石目を有せざる

ものを却つてよしとし、可工性を要せずまた快色を必要としないからトラップ岩石が主として用ひらる。

§ 29 トラップ岩 (Trap rocks)

深成岩の酸性及中性岩は長石分多く盤叉柱状をなし、その劈開完全なる爲に石目明かで可工性大であるが靱性比較的小である。基性岩殊に脈岩は斑狀石理を有し、長石は形及量も少く石基中に斑晶をなすから靱性強度極めて大であるが可工性が少い。

トラップ岩は此の脈岩のものと深成岩中の細粒緻密のものを稱し、岩石學上は斑輝岩輝綠岩を稱し之に橄欖岩輝綠岩等を含ませ時として細粒閃綠岩をも含ましめる。是等は變質して角閃石綠泥石綠簾石又は他の二次生鑛物を生じ、綠色を呈し Green stone と稱せられ英國では Whin stone と稱する。

トラップ岩は岩石中強度最も大で採石場は裂罅を有するもの多く角石を採る事困難で、石目も鮮明でなく加工困難である。尙快美の外観を有しないから多くは割栗石若しくは碎石特に鋪裝材料として用ひらる。是等は細粒斑晶質の特性の爲に靱性磨耗硬度高くして、色調外観は何等の價値を損しない。尙強く研磨して大理石の如き裝飾材を得るから斑輝岩輝綠岩閃綠岩は黒花崗(Black granite) の名で用ひらる。

今茲にトラップ岩及之に類似の性質を有し同一の用途に用ひらるゝ基性及中性岩中の完晶及斑晶石理を有する總てのものにつきその性質を記述する。

一般にトラップ岩は暗灰又暗黒色で硅酸分少く含鐵鑛物を含み、斑晶又は微晶質石基より成り廣義に於ては深成岩の斑輝岩、脈岩の輝綠岩、玢岩、噴出岩の安山岩、玄武岩及細粒閃綠岩を稱し得べく、更に之に類する酸性岩の石英粗面岩等も用途を同じくするものである。

組成分として石英は主成分でなく全く缺くものあり、長石は斜長石で雲母は黒雲母で之に角閃石、輝石、橄欖石の何れかを含む。

§ 3] 機械的作用に對する耐久性

トラップ岩は緻密細粒で特殊の嚙合 (Interlocking) 構造を有し、花崗岩と比較

すればその特性は次の如し。

- (1) 強度は一般に 50% 以上大であるが、石目鮮明でなく可工性劣るから切石として用ひて大なる強度を利用する事が出来ない。
 - (2) 靱性極めて大で 2~3 倍に達しその特質を示す。
 - (3) 磨耗性硬度は略同様で却つて幾分劣るが如きは花崗岩が石英分の多きによる。
 - (4) 磨損率は極めて小で靱性と共にその特質を示すものである。
 - (5) 締合力は一般に高いが風化の程度により異り、風化したものが却つて大である。
 - (6) 比重は緻密微晶質であるから一般に大である。
- 米國に於て道路局試験所が全國の石材に就て鋪裝材料としての適否を定むる爲に行へる試験結果は、第 60 表及第 61 表の如し。

第 60 表

米國に於ける試験成績 Bureau of Public road, bulletin No. 370

種 別	比 重	吸水率(%)	磨損係數	硬 度	靱 性	締合力 一定せずトラップ岩に劣る
花 崗 岩	2.70	0.04~3.0	11	18.5	8	同
トラップ岩	2.90	0.01~7.0	13~15	18.0	18	同
石 灰 石	2.70	0.01~13.0	8	15.0	7	25以上
砂 岩	2.62	0.01~2.0	12	16.0	10	一定せず
大 理 石	2.80	2.5~	—	14.0	5	25以上
石 英 岩	2.70	2.8~	—	—	15	少
片 麻 岩	2.70	—	9	18.5	8	—
結晶片岩	2.77	2.0~	12	17.5	11	—
珪 岩	2.60	0.1~8.0	5	19.0	16	—

第 61 表

米 國 に 於 け る 試 験 結 果

種 別	磨 損 係 數		靱 性		硬 度	
	範 圍	平 均	範 圍	平 均	範 圍	平 均
Amphibolite	11.3~26.7	16.7	12~40	19	16.6~19.0	17.5
Eelogite	12.7~22.7	16.1	12~28	26	18.4~19.8	18.5
Epidocite	10.0~18.7	13.0	10~23	16	17.6~19.5	18.0
Felsite	11.9~21.3	15.8	—	16	—	18.7

Peridotite	7.6~13.2	10.3	9~12	10	13.3~16.6	15.0
Serpentine	2.6~14.2	10.1	11~21	14	18.3~18.6	18.4
Trachyte	11.5~23.5	16.2	21~34	22	17.7~19.1	18.1
Seyenite	7.0~18.7	13.1	8~22	14	17.3~19.2	18.1

本邦産石材に就て鋪裝材料としての性質を内務省土木試験所に於て試験せる結果の平均値は第 62 表の如し。

第 62 表

種 別	比 重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係數	硬 度	靱 性	締合力	耐 壓 強 度 (kg/cm ²)
花 崗 岩	2.637	0.58	2.80	14.82	18.64	12.7	21.0	1,318.6
閃 綠 岩	2.693	0.50	2.15	19.10	18.55	17.5	15.5	—
斑 岩	2.600	2.25	1.98	22.20	19.18	23.0	73.0	—
玢 岩	2.723	1.33	10.20	3.93	—	—	35.7	—
安 山 岩	2.583	2.12	4.59	13.59	17.71	17.4	90.1	863.5
石英粗面岩	—	—	—	—	—	5.7	—	—
石 灰 岩	2.715	0.55	5.43	9.91	15.86	8.55	34.2	1,402.0
石英斑岩質凝灰岩	2.430	8.20	2.20	18.40	17.30	15.0	25.0	565.0
砂 岩	—	—	—	—	—	3.0	—	—
硬 砂 岩	2.698	0.68	2.25	23.40	18.73	36.3	35.3	—
鑛 滓(銅)	3.452	0.66	3.34	13.64	18.54	32.0	10.6	—
同 (鐵)	2.824	1.27	4.94	10.62	17.48	13.8	13.7	1,229.7
粘 板 岩	2.810	0.196	5.12	7.81	11.0	11.5	—	—

§ 31 各種岩石の機械的耐久性

本邦産トラップ岩及之に類するものを廣範圍に亘り試験せるものは未だ少いが内務省土木試験所の結果は、第 63 表乃至第 70 表の如し。閃綠岩、斑岩、安山岩は花崗岩に優り磨損係數高く靱性大ある。安山岩がその平均値で幾分劣るは風化せるものを含む結果で從て締合力は著しく優る。

第 63 表

試料名	産 地	比 重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係數	硬 度	靱 性	締 合 力	耐 壓 強 度 (kg/cm ²)
黑雲母花崗岩	茨城 眞壁	2.63	0.6	2.0	20.0	18.5	14	23	—
同	同 西山内	2.66	0.5	2.4	16.7	18.6	13	18	—
同	同	2.62	0.5	2.6	15.4	18.8	9	31	—
同	同 雨引	—	—	—	—	—	16	32	—

同	同	—	—	—	—	—	19	19	—	
同	同	樺穗	—	—	—	—	13	17	—	
同	同	—	—	—	—	—	12	18	—	
同	同	—	—	—	—	—	14	16	—	
同	同	—	—	—	—	—	13	15	—	
同	同	—	—	—	—	—	14	12	—	
同	同	—	—	—	—	—	10	16	—	
同	同	那珂	—	—	—	—	14	18	—	
同	同	—	—	—	—	—	18	29	—	
同	同	—	—	—	—	—	16	26	—	
同	同	眞壁	—	—	—	—	13	24	—	
同	同	—	—	—	—	—	16	23	—	
同	同	—	—	—	—	—	14	23	—	
同	同	樺穗	—	—	—	—	13	32	—	
同	同	西山内	—	—	—	—	10	20	—	
同	同	—	—	—	—	—	10	28	—	
同	同	—	—	—	—	{19.0* {9*	—	—	—	
同	同	—	—	—	—	{18.9△ {11△	—	—	—	
同	同	小田	2.63	0.6	3.3	12.3	18.5	8	32	—
同	中華民國	山東省南室	2.56	0.8	2.7	14.8	18.9	10	7	—
同	同	流青洞	2.53	1.5	3.9	10.3	18.8	10	11	—
同	同	海西	2.59	0.5	2.7	14.8	19.0	11	8	—
同	京都	笠置	2.67	0.3	3.3	12.1	18.6	12	20	1,599
同	岐阜	釜戸	2.60	0.6	2.3	17.4	18.6	14	—	—
同	福島	川俣	2.65	—	—	—	—	—	—	935
同	同	—	2.65	—	—	—	—	—	—	1,416
同	同	—	2.64	—	—	—	—	—	—	741
同	同	—	2.65	—	—	—	—	—	—	1,140
複雲母花崗岩	茨城東	那珂	—	—	—	—	—	12	21	—
角閃雲母花崗岩	同	—	2.74	0.4	2.8	14.4	17.5	12	29	—
同	福島	川俣	2.64	0.3	—	—	—	—	—	1,777
同	同	舞本	2.73	0.3	—	—	—	—	—	1,622
同	平均	—	2.637	0.58	2.90	14.92	18.64	12.7	21.0	1,318.6

第 64 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係數	硬度	韌性	締合力
石英閃綠岩	山梨 神金	2.61	0.8	2.2	18.2	18.6	12	14
同	同	2.71	0.4	2.4	16.7	18.5	17	—

同	同	2.72	0.6	2.3	17.4	18.4	24	—	—	
同	同	—	—	—	—	—	16	18	—	
同	同	—	—	—	—	—	16	18	—	
同	群馬	水上	2.73	0.6	1.7	24.1	18.7	20	12	—
同	平均	2.693	0.60	2.15	19.10	18.55	17.5	15.5	—	—

第 65 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係數	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 (log/cm ²)
石英斑岩	兵庫 家島	2.63	1.8	2.6	15.4	18.7	18	217	—
同	同	2.61	0.6	1.4	28.6	19.4	26	14	—
同	同	2.62	1.3	1.4	28.6	19.6	23	17	—
同	同	2.61	1.3	1.6	24.4	19.6	21	28	—
同	同 遺場	2.53	6.3	2.9	14.0	18.6	27	89	—
同	平均	2.500	2.26	1.98	22.20	19.18	23.0	73.0	—
玢 岩	福岡 古月	2.82	0.9	8.8	4.5	—	—	23	—
同	同 岡垣	2.69	1.4	10.4	3.8	—	—	40	—
同	同	2.66	1.7	11.4	3.5	—	—	44	—
同	平均	2.723	1.33	10.2	3.93	—	—	3.7	—

第 66 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係數	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 (log/cm ²)
石英安山岩	山梨 初狩	2.45	3.7	—	—	17.0	10	122	—
同	同	2.54	2.7	3.8	10.4	17.8	13	139	—
同	同	2.38	5.1	3.6	11.1	15.2	11	340	—
同	静岡 宇久須	2.63	1.5	3.2	12.5	18.0	18	24	—
同	同 三濱	2.55	0.8	4.4	9.1	18.7	10	16	—
同	同 南崎	2.47	2.9	4.5	8.9	16.7	17	71	—
同	同 田中	2.44	3.4	5.8	6.9	18.3	21	127	—
同	同 江間	2.61	0.8	3.4	11.8	16.5	12	11	—
同	同 田中	—	—	—	—	—	22*	—	—
同	同	—	—	—	—	—	11*	—	—
同	同	—	—	—	—	—	30△	—	—
同	同	—	—	—	—	—	14△	10	—
同	北海道 湯川	2.19	2.9	3.7	10.8	17.6	13	10	—
同	同	2.29	4.5	4.0	10.0	18.8	13	494	—
同	静岡 田中	—	—	—	—	—	—	93	—
同	同	—	—	—	—	—	—	156	—
輝石安山岩	山梨 初狩	2.61	0.9	—	—	18.0	17	60	—

同	同	2.63	2.5	2.2	18.2	18.2	23	256	—
同	同	2.73	0.5	—	—	19.2	27	42	—
同(熔岩)	同 福地	2.40	3.2	17.2	2.3	15.5	3	3	757
同(同)	同	2.31	3.5	18.4	2.2	—	—	—	—
同	同 神奈川真鶴	2.62	1.7	—	—	18.4	23	13	—
同	同 根府川	2.70	1.2	—	—	17.9	17	91	—
同	同 静岡 西浦	2.65	1.3	1.5	26.6	18.5	31	13	—
同	同 戸田	2.65	0.5	3.5	11.4	17.8	11	6	—
同	同	2.35	1.7	4.1	9.8	18.5	14	8	—
同	同 小室	2.78	1.3	1.9	21.1	18.6	23	10	—
同	同 熱海	2.77	1.2	1.6	25.0	18.5	24	15	—
同	同 安良里	2.37	4.6	2.8	14.3	17.2	19	1,245	—
同	同 下田	2.46	2.0	3.1	12.9	18.3	14	99	—
同	同 稻生澤	2.71	1.6	2.7	14.8	17.6	23	361	—
同	同 下河津	2.68	1.3	3.1	12.9	18.4	14	659	—
同	同 北海道龜田	2.58	2.2	3.0	13.3	18.3	22	90	—
同	同 七飯	2.48	2.8	4.7	8.5	14.8	7	15	—
同	同 新潟 寺泊	2.53	2.9	—	—	15.3	11	—	423
同	同	2.40	4.2	—	—	16.2	11	—	369
同	同	2.55	4.2	—	—	15.7	11	—	462
同	同	2.39	4.4	—	—	14.7	10	—	229
同	同	2.43	4.2	—	—	15.8	10	—	372
同	同 福岡 光友	2.62	1.4	13.6	2.9	—	—	96	—
複輝石安山岩	同 山梨 岡部	2.72	0.6	—	—	18.5	18	12	—
同	同	2.71	1.0	1.9	21.1	19.1	24	14	—
同	同 鹿兒島櫻島	2.30	1.9	12.8	3.1	16.6	7	8	—
橄欖輝石安山岩	同 福岡 柴刈	2.64	1.0	7.5	5.3	—	—	111	—
同	同 静岡 宇佐美	2.75	1.0	2.6	15.4	18.6	16	135	—
同	同 多賀	2.38	3.6	3.7	10.8	18.4	18	16	—
橄欖輝石安山岩	同 田中	2.83	2.2	1.6	25.0	18.4	27	33	—
同	同 長野 上諏訪	2.69	1.5	2.0	20.0	{17.8* 17.8△	{21* 17△	—	{1,533* 1,206△
同	同 北海道七飯	2.77	0.9	1.6	25.0	18.8	28	17	—
古銅輝石安山岩	同 香川 三都	2.83	1.1	1.8	22.2	19.0	34	21	—
同	同 神ノ浦	2.90	0.3	1.4	28.6	19.2	54	5	—
同	同 福岡 今宿	2.93	0.4	8.2	4.9	—	—	110	—
橄欖玄武安山岩	同 静岡 對馬	2.71	1.4	5.5	7.3	18.2	13	6	{1,070△ 960*

同	同	2.72	1.5	2.1	19.0	18.3	19	7	1,820
橄欖玄武岩	同 兵庫 城崎	2.72	2.1	1.9	21.1	{18.9* 18.9△	{22* 19△	21	—
	同 平均	2.533	2.12	4.59	13.59	17.71	17.4	90.1	836.5

第 67 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係数	硬度 (°C)	韌性	締合力	耐壓強度 (kg/cm ²)
石英粗面岩	同 栃木 藤原	—	—	—	—	室温	9	—	—
同	同	—	—	—	—	400	7	—	—
同	同	—	—	—	—	200	9	—	—
同	同	—	—	—	—	800	8	—	—
同	同	—	—	—	—	600	9	—	—
同	同	—	—	—	—	1,000	6	—	—
同	同 長野 更科	—	—	—	—	室温	12	—	—
同	同	—	—	—	—	200	16	—	—
同	同	—	—	—	—	400	15	—	—
同	同	—	—	—	—	600	10	—	—
同	同	—	—	—	—	800	10	—	—
同	同	—	—	—	—	1,000	7	—	—
	同 平均	—	—	—	—	—	5.7	—	—

第 63 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係数	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 (kg/cm ²)
石灰岩	同 埼玉 武甲山	2.70	0.2	—	—	—	—	—	—
同	同 小川	2.70	0.4	3.5	12.5	{15.6* 13.1△	{12* 5△	88	—
同	同 栃木 葛生	2.73	1.6	4.2	9.5	17.3	11	18	—
同	同	2.73	1.0	8.8	4.5	16.2	12	37	—
同	同	2.78	0.7	3.0	13.3	16.9	10	14	—
同	同 東京 青梅	2.66	0.7	3.8	10.5	15.6	5	35	—
同	同 茨城 坂本	2.72	0.2	3.9	10.3	14.1	4	60	—
同	同 關東 州	2.71	—	3.5	11.2	—	6	—	—
同(黄更紗)	同 岐阜 赤坂	—	—	—	—	加熱温度 (°C) 室温	8	—	—
石灰岩(赤更紗)	同 埼玉 影森	2.70	0.4	3.1	12.9	17.2	10	18	—
同	同 岐阜 赤坂	2.72	0.3	3.3	12.1	16.7	11	13	1,402
同	同 福岡 後藤寺	2.71	0.1	17.1	2.3	—	—	25	—
	同 平均	2.715	0.56	5.43	9.91	15.96	8.55	34.2	1,402

第 69 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係数	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 (kg/cm ²)
石英斑岩	兵庫 道場	2.41	8.2	2.2	18.4	17.3	24	25	—
石質凝灰岩	福島 山郷	—	—	—	—	加熱温度 (°C) 200	6	—	—
凝灰岩	同	—	—	—	—	400	5	—	—
同	同	—	—	—	—	600	5	—	—
同	同	—	—	—	—	1,000	3	—	—
同	同	—	—	—	—	200	6	—	—
同	同	—	—	—	—	800	4	—	—
同	栃木 三依	2.51	—	—	—	—	—	—	1,706
同	同	2.49	—	—	—	—	—	—	860
同	同	2.36	—	—	—	—	—	—	753
同	同	2.32	—	—	—	—	—	—	611
同	同	2.49	—	—	—	—	—	—	440
同	富山 立山	—	—	—	—	—	—	—	73
同	同	—	—	—	—	—	—	—	62
同	同	—	—	—	—	—	—	—	15
同	平均	2.430	8.20	2.20	18.4	17.3	15.0	25.0	565.0

備考 * 石目に垂直 △ 石目に並行 ・ 砂利の試験方法に依る

第 70 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係数	硬度	韌性	締合力	耐壓強度 (kg/cm ²)
砂岩	群馬 多胡	—	—	—	—	加熱温度 (°C) 200	3	—	—
同	同	—	—	—	—	400	3	—	—
同	同	—	—	—	—	800	2	—	—
同	同	—	—	—	—	室温	3	—	—
同	同	—	—	—	—	1,000	2	—	—
同	同	—	—	—	—	600	3	—	—
硬砂岩	東京 浅川	2.61	0.3	1.1	36.4	19.4	47	15	—
同	山梨 初狩	2.79	1.6	1.6	25.0	18.8	37	49	—
同	福岡 東郷	2.72	0.5	4.6	8.7	—	—	42	—
同	京都 宇治	2.67	0.3	1.7	23.5	18.0	25	—	—
同	平均	2.698	0.68	2.25	23.40	18.73	36.3	35.3	—
角礫岩	山梨 巖	2.61	9.9	3.3	12.1	18.2	10	183	—
綠岩	東京 青梅	2.68	1.4	3.8	10.5	17.7	10	36	—
綠泥片岩	福岡 甘木	2.98	0.5	7.3	5.5	—	—	14	—

砂質粘板岩	熊本 樋ノ嶋	2.65	1.0	8.9	4.5	—	—	84	—
碎石(雜岩)	東京 大神	2.69	0.3	1.7	23.5	—	—	21	—
同	山梨 富嶺	2.58	1.0	—	—	—	—	14	—

更に同種岩石に就てその組織の及ぼす影響を考ふれば次の如し。

(1) 閃綠岩及花崗岩の結晶の大きさの及ぼす影響は、第71表の如し。比重氣孔率吸水率は現在試験方法ではその絶対値の測定困難で、合理的關係を明にし得ないが、石目に直角方向の韌性は細粒質が極めて高く風化したものは弱い。磨損係数も韌性と略伴ふて變化す、アムスラー磨耗硬度は石目に平行に 6cm 立方體につき荷重 30kg 鐵粉を用ひ延長 500m の試験結果であるが石英含有量に比例するから一定しないが粗粒のものと閃綠岩が磨耗少い。ラトラー損失は 1 重量 2.17kg 立方體 10 をとり 1,800 及其倍數廻轉を行へるもので磨損係数と略同一性質を表す。

(2) 安山岩の特質は、産地別にせるものは第72表の如し、優良なるものは花崗岩に優つてゐる。

第71表の静岡縣田方郡田中村吉田の安山岩は所謂神島棒石で新鮮のものと風化したものとを比較した。氣孔率吸水率は相伴ひ、韌性大締合力も高く殊に風化したのは韌性減ずるも締合力は著しく大である。石基が變質し輝石は綠泥石に長石等は粘土質に變化してゐるから磨耗性硬度は少い、然し新鮮のものは粗粒花崗岩に優る、之は柱狀石理を有するから構造石材としても用ひられ、耐壓強度も新鮮材が 2,407 kg/cm² 風化材が 1,187 kg/cm² で極めて大である。

(3) 石灰岩は本邦に廣く産出し CO₂Ca を主成分とし、之に硅酸礬土酸化鐵等を含むものが結晶質のものは大理石として裝飾に用ひられ非晶質のものは地方的に切石に用ひらるゝ外大部分はポートルランドセメント及石灰の原料とし若くは碎石として鋪裝材料に用ひられ、また粉碎して石粉として瀝青鋪裝の填充材及防水工の添加劑若くは精米工業用として用ひらるゝが酸と化合して沸化するから耐酸工としては用ひられない。

之に類する岩石として菱苦土鑛 (Magnesite) 白雲石 (Dolomite) がある。マクネシアセメント原料及骨材として用ひらる。多くは何れも之が混合してゐるものである。その成績は第68表に示すが如し。

名 稱	産 地	比 重	假比重	氣孔率 量(%)	吸水率	韌性	縮合 力	磨損 係數	アムスラー 磨耗 (cm)	1800 ラト 3600 5400	7200 14.24 14.46 17.70 10.83 14.89 26.40 16.47 14.77 (16.70) 22.04 12.66 16.64 14.32 19.98 13.99 18.59 18.32 31.43 31.46 31.45 12.40 16.30 14.35
小花崗岩	茨城	2.69	2.66	1.01	0.371	16	32	25.32	0.331	9.90	12.45
	同	2.69	2.67	0.89	0.261	19	19	24.10	0.338	10.34	12.54
	同	2.67	2.66	0.23	0.291	14	18	28.17	0.335	13.45	15.86
	同	2.68	2.64	1.44	0.392	18	19	29.41	0.343	7.58	9.55
	同	2.67	2.64	1.09	0.382	16	26	26.31	0.493	10.33	12.92
	同	2.66	2.62	1.47	0.390	13	24	26.49	0.657	18.37	22.77
	同	2.67	2.63	1.35	0.382	16	23	24.39	0.438	10.90	13.91
	同	2.578	2.546	1.07	0.348	16.5	23	26.20	0.418	11.05	14.20
	同	2.67	2.64	0.83	0.337	13	32	24.09	0.341	14.60	18.88
	同	2.684	2.63	1.86	0.397	13	17	34.10	0.435	8.75	10.90
中花崗岩	同	2.684	2.65	1.23	0.448	12	18	25.70	0.614	12.55	14.82
	同	2.684	2.64	1.56	0.352	14	16	25.64	0.380	9.84	12.57
	同	2.676	2.65	0.86	0.632	13	15	24.39	0.674	10.06	14.59
	同	2.675	2.65	0.90	0.344	14	12	23.81	0.427	7.90	12.20
	同	2.680	2.63	1.79	0.515	10	16	20.83	0.618	8.74	15.74
	同	2.577	2.641	1.23	0.432	13.5	18	25.00	0.499	8.46	10.56
	同	2.66	2.645	0.68	0.268	10	20	19.04	0.239	16.60	23.05
	同	2.65	2.62	1.32	0.446	10	28	19.23	0.551	14.50	21.34
	同	2.564	2.533	1.90	0.357	10.0	24	19.14	0.395	15.55	22.20
	同	2.722	2.69	1.21	0.416	16	18	24.39	0.352	6.04	9.00
大花崗岩	同	2.744	2.70	1.75	0.364	16	18	20.41	0.397	7.58	11.60
	同	2.733	2.695	1.48	0.390	16.0	18	22.40	0.374	6.91	10.30
	同	2.759	2.648	4.04	0.89	30	89	20.94	0.327	10.14	15.99
	同	2.747	2.366	13.88	4.03	14	212	12.78	1.187	24.86	41.24
	同	2.753	2.507	8.96	2.460	22.0	151	16.86	0.757	17.50	28.62
	同	2.67	2.64	0.83	0.337	13	32	24.09	0.341	14.60	18.88
	同	2.684	2.63	1.86	0.397	13	17	34.10	0.435	8.75	10.90
	同	2.684	2.65	1.23	0.448	12	18	25.70	0.614	12.55	14.82
	同	2.684	2.64	1.56	0.352	14	16	25.64	0.380	9.84	12.57
	同	2.676	2.65	0.86	0.632	13	15	24.39	0.674	10.06	14.59
閃 綠 岩	同	2.675	2.65	0.90	0.344	14	12	23.81	0.427	7.90	12.20
	同	2.680	2.63	1.79	0.515	10	16	20.83	0.618	8.74	15.74
	同	2.577	2.641	1.23	0.432	13.5	18	25.00	0.499	8.46	10.56
	同	2.66	2.645	0.68	0.268	10	20	19.04	0.239	16.60	23.05
	同	2.65	2.62	1.32	0.446	10	28	19.23	0.551	14.50	21.34
	同	2.564	2.533	1.90	0.357	10.0	24	19.14	0.395	15.55	22.20
	同	2.722	2.69	1.21	0.416	16	18	24.39	0.352	6.04	9.00
	同	2.744	2.70	1.75	0.364	16	18	20.41	0.397	7.58	11.60
	同	2.733	2.695	1.48	0.390	16.0	18	22.40	0.374	6.91	10.30
	同	2.759	2.648	4.04	0.89	30	89	20.94	0.327	10.14	15.99
安 山 岩	同	2.747	2.366	13.88	4.03	14	212	12.78	1.187	24.86	41.24
	同	2.753	2.507	8.96	2.460	22.0	151	16.86	0.757	17.50	28.62
	同	2.67	2.64	0.83	0.337	13	32	24.09	0.341	14.60	18.88
	同	2.684	2.63	1.86	0.397	13	17	34.10	0.435	8.75	10.90
	同	2.684	2.65	1.23	0.448	12	18	25.70	0.614	12.55	14.82
	同	2.684	2.64	1.56	0.352	14	16	25.64	0.380	9.84	12.57
	同	2.676	2.65	0.86	0.632	13	15	24.39	0.674	10.06	14.59
	同	2.675	2.65	0.90	0.344	14	12	23.81	0.427	7.90	12.20
	同	2.680	2.63	1.79	0.515	10	16	20.83	0.618	8.74	15.74
	同	2.577	2.641	1.23	0.432	13.5	18	25.00	0.499	8.46	10.56

備考 復興局技術試験所 No. 9。印は風化せるもの

第 72 表

産 地	比 重	吸水率(%)	磨損係數	硬 度	韌 性	締合力
山 梨	2.38~2.72	0.6~5.1	11.1~21.1	15.2~19.1	10~24	12~340
伊 豆	2.44~2.63	0.8~3.4	6.9~12.5	16.7~18.7	10~18	11~127
相 摸	2.35~2.78	0.5~4.6	9.8~26.6	17.2~18.6	11~31	6~659
櫻 島	2.3	1.9	3.1	16.6	7	8

(4) 硬砂岩は關東地方では秩父古生層に産出し、磨損係數韌性硬度何れも大であつて鋪裝材料として優秀であるが時として片狀に剝離し易き性質ありて避くべきものがある。その性質は第 70 表に示すが如し。

第六章 骨材の性質

§ 32 概 説

骨材とは Matrix に對する用語で Matrix を用ひないものは骨材でないが今一般に鑛物質の粒狀材料に付其性状を述べる。粒狀體の性質は次の如き項目を考へる。

(1) 密度 (Density)

- (a) 粒狀體の眞比重及見掛の比重 (Absolute, Apparent specific gravity)
- (b) 同容積 (Absolute, Apparent volume) (c) 空隙率 (Void)
- (d) 含水率及容積膨脹率 (Bulking)

(2) 粒度 (Grading)

- (a) 最大徑 (b) 篩分析 (Sieve analysis) (c) 粒度率 (Fineness modulus) (d) 表面率 (Surface modulus) (e) 表面積 (Surface area)
- (f) 最大密度曲線 (Max. density curve) (g) 有效徑 (Effective size)
- (h) 均等係數 (Uniformity coefficient)

(3) 純度

- (a) Impurity content (不純物含有量)

(4) 粒の形狀

稜角係數及不整形係數 (Angularity, Irregularity coefficient)

今各種粒狀體に就て述べ更にその性質を論ずる。

§ 33 碎石及碎石法 (Crushed stone, Crushing)

碎石は採石した石塊を取扱容易なる程度の大さとして碎石工場で碎石機にかけて破碎し篩分機で各粒度に分ち必要なる用途に充つる。

碎石用岩石はトラップ岩を主とし花崗岩硬砂岩石灰岩等をも用ひ、砂利の粒径大なるもの及玉石も割砂利として同様の工法をとり、また鑛山で金属分の少き貧鑛の部分も廢鑛石 (Mine tail) として用ふるも之はその含有金属と共に存する化学成分の性質により土木材料としての用途を定めなくてはならぬ。

I 碎石機 (英 Stone breaker, 米 Stone crusher, Steinbrecher)

大別して Gyratory 式と Jaw 式とがあり、前者は波形鐵板の輪形の中で波形圓錐がジャイレートリ運動をなす間に破碎するもので大規模のものに多く用ひられ後者は 1 の腮形が固定し他の腮と嚙合ひの間に破碎するもので廣く用ひらる、軟石には Disc, Roll, grooved 式碎石機等があるが骨材用としては餘り用ひない。

破碎は第一次に径 10~20cm のもの第二次に 5cm 迄第三次に 1.5cm 以下のものを破碎するが如く順次に細粒とする。碎石は稜角を有する立方形のものたるべく細長扁平なるものを生ぜざる様嚙合ひの齒を補正加減するを要す、單に一回破碎のものは両面より加壓衝擊を受けるから扁平状のものが多く再破碎して立方形が得られる。破碎したものは (a) 割り放し碎石 (Crusher run) (b) チップス (Chips) 細粒碎石で石粉を除けるもの (c) 石屑 (Screenings) 粒径 2 又は 1.2cm 以下で石粉を含むものに大別し更に是等を篩別する。

I 篩分装置

碎石工場は通常碎石機、バケツトエレベーター、貯藏槽及篩より成り篩分装置には各寸法を異にするもの、貯藏槽が附屬してゐるものが多い。

篩は Chute 式と Drum 式とあり後者が多く用ひられる。之は圓筒を數箇に區分し各孔径の異なる穿孔を有し全體を幾分傾斜して設備し、割り放し碎石はその廻轉に伴ひ順次粒径の大小に篩分けらる、その孔径は工場により異り 3, $2\frac{1}{2}$, 2, $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ 吋等に分る。各工場が製品規格統一上孔径を一定するは極めて必要である。

圓筒篩トロンメル (Trommel) の大き及篩分能力は第 73 表の如し。

第 73 表

篩 分 能 力						
篩 徑 吋	24	32	40	48	60	72
篩 分 量 (ton/時)	17	35	55	85	125	150
廻轉圓周速度 (呎/分)	145	175	190	190	190	190
廻 轉 (數/分)	23	21	18	15	12	10
所要馬力 (H.P./呎長)	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.4

(Hags W. Weiner--Rock products 1926-5-1.)

II 粒 度

碎石の粒度は最大孔径の通過量を 100 とし最小孔径のものを零とする直線式方則 (Straight line formula) 即ある篩目を通過する量 % はその篩目の孔径の大きに比例するものと考へられ、普遍的でないが相當範圍にその妥當性を示してゐる。第 8 圖の如し、I は Jaw 式 42×40 吋のもの、開き 5 吋の場合の結果、II は Gyratory 式 $12\times 2\frac{1}{2}$ 吋開きのもの、III は是等の製品の $2\frac{1}{2}$ 吋以上の部分を更に Gyratory 式 6 吋のもので再破碎せるもの、N は是等の最後の結果を示す。

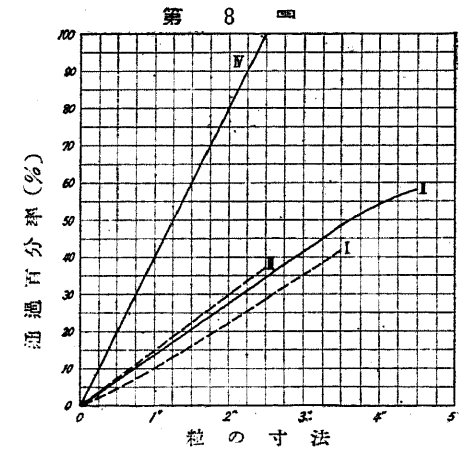
T. W. Miller の研究は次の如し。

(1) 石質の硬軟は粒度に及ぼす影響少く只生ずる細粉量が異なる。

(2) 碎石機の破碎面の形状即磨耗の程度は粒度を異にし第 9 圖、第 10 圖の如し。(R.P.1927. 5~7)

(3) 供給する原石が、小さければ Pack 又は Choke を生ずる。

(4) 原石に加ふる破碎動大なれば細粒分が多い、破碎するストロークの影響は少い。



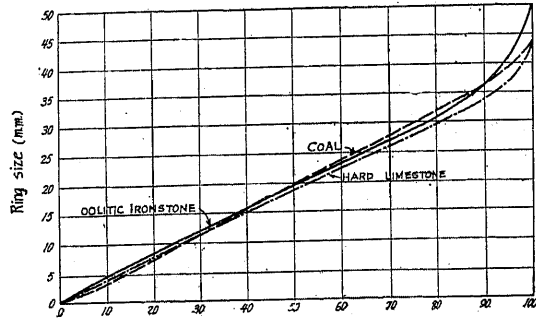
碎石したる容積は原

石に比し著しく増大し
割栗石を粒徑2吋以下
にすれば約12%増加
し更に再破碎すれば
8%内外を増大する。

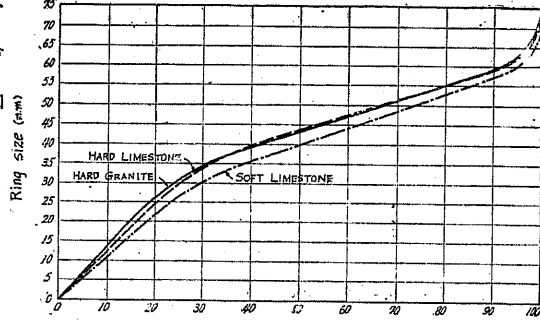
IV 碎石の寸法

碎石の寸法及其の割
合を測定したものは群
馬縣土合碎石工場の分
第74表米國碎石協會
のもの第75表の如
し。

第 9 圖
Roll-Jaw Crusher



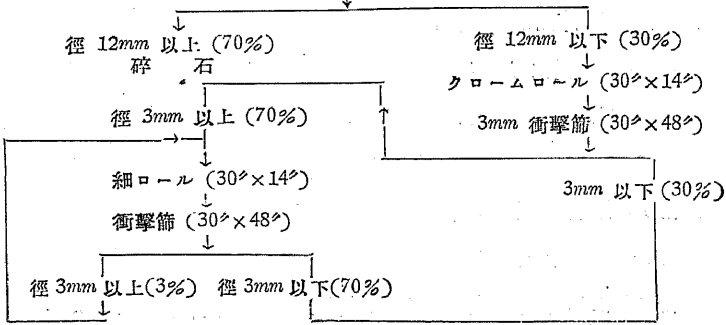
第 10 圖
Gyratory



第 74 表
15ton/時

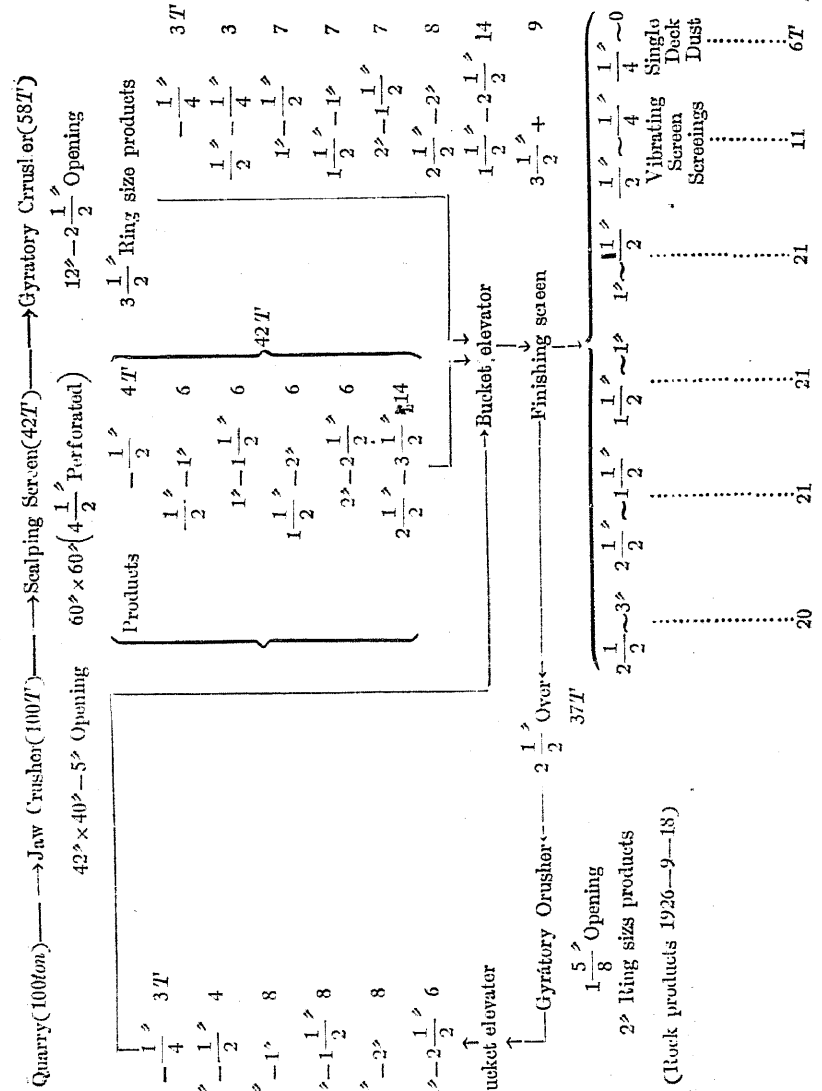
Gyratory 碎石機

2 圓筒篩(Trommel) 孔徑 12mm



砂分

第 75 表



米國碎石協會の標準規格は直線式方則に従ふものとして第 76 表の如く、工場篩のものと試験篩との關係は第 77 表の如く定めてゐる。

第 76 表

通過すべき篩孔徑(吋)	(%)	寸法(吋)	(%)
3	90	$4 \sim 2 \frac{1}{4}$	32.5
$2 \frac{1}{4}$	67.5	$2 \frac{1}{4} \sim 1 \frac{1}{4}$	30.0
$1 \frac{1}{4}$	37.5	$1 \frac{1}{4} \sim \frac{5}{8}$	14.2
$\frac{5}{8}$	23.3	$\frac{5}{8} \sim \frac{1}{4}$	13.9
$\frac{1}{4}$	9.4	$\frac{1}{4} \sim 0$	9.4

第 77 表

碎石粒度假標準規格
(Natural Crushed stone Association)

通過 (%)

碎石寸法

篩吋	$0 \sim \frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \sim \frac{5}{8}$	$\frac{5}{8} \sim 1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4} \sim 2 \frac{1}{4}$	$2 \frac{1}{4} \sim 3 \frac{3}{4}$
$\frac{1}{8}$	37~75	—	—	—	—
$\frac{1}{4}$	95~100	0~5	—	—	—
$\frac{7}{16}$	100	35~75	—	—	—
$\frac{5}{8}$	—	93~100	0~7	—	—
$\frac{15}{16}$	—	100	35~75	—	—
$1 \frac{1}{4}$	—	—	90~100	0~10	—
$1 \frac{3}{4}$	—	—	100	35~75	—
$2 \frac{1}{4}$	—	—	—	87~100	0~13
$\frac{3}{3}$	—	—	—	100	35~75
$3 \frac{3}{4}$	—	—	—	—	80~100
$\frac{5}{4}$	—	—	—	—	100

獨逸では碎石の大きさにより次の如く區別してゐる。

Schotter 徑 60~25mm

Splitt	徑 25~12	粗粒 25~18	細粒 18~12
Grus	12~5	粗粒 12~8	細粒 8~5
San.l	5~0.2	粗粒 5~2	中粒 2~0.5 細粒 0.5~0.2
Staub	0.2~0.1		

§ 34 砂 利 (Gravel)

砂利は岩石が天然崩壊を受け流水の影響を受けて磨耗を生じ丸味を有する粒状石材で砂より粗粒のものである、石質は給源の地質により異り關東地方ではその含有量により擧ぐれば次の順序である。

桂 川 硬砂岩石英岩閃綠岩 (砂岩の少量を含む)

多 摩 川 石英岩硬砂岩閃綠岩安山岩

相 摸 川 硬砂岩石英閃綠岩安山岩石英岩

鬼怒川砂 石英斑岩安山岩石英長石 (花崗岩雲母の少量を含む)

變質し易いものは分解して所謂死石と稱せられ強度小である、尙粘板岩及片岩類は扁平状をし砂岩及石灰岩は球形橢圓體多くその他は多くは硬質稜角質である。

本邦は主として川砂利で歐米では丘砂利を用ふる事が多い。

I 工學的性質

砂利はその用途に應じ清淨にして緻密堅硬で耐久性のものたるを要す。その清淨さ堅硬さ及耐久性に於ては完全なる試験法がないが凡そ次の如き方法がある。

(1) 清淨性に對しては、

(a) 沈土量 (粘土及游泥 Sand, Silt) の含有量を測定する。

(b) コンクリート骨材としては、有機物含有の程度を着色試験で行ふものであるが是等は主として砂に就て行ひ砂利では特殊の場合に行ふに過ぎない。

(c) 粒度試験で砂分の含有量を試験する。

(2) 硬度に就ては、米國コンクリート學會で次の如き方法をやつた、

(a) M. A. Rea 氏法は碎石に對するダブル試験に於て試料と同時に鐵球徑 4.76 cm のもの 6 個を入れて磨削試験を行ふものである。

(b) F. H. Jackson 氏衝擊試験法は個々の砂利粒に一定高より荷重を落下せしむるもので幾分苛酷にすぐる感がある。

(c) 加壓試験 (Iowa 州道路局規定) は始め肉眼鑑定により硬軟に分ち疑はしきものはダグラス試験機により加圧し之により破壊せる岩石の割合を測定するものである。

(d) エブラムス氏耐壓試験は砂利に壓力を加へて壓挫せしめ、之を篩分けて破碎せる程度と耐壓力とを測定するものである。

(3) 耐久性試験としては次の方法がある。

(a) F. O. Lang 法 (ミネソタ州道路局規定) は頁岩の % を検出するもので許容さるべき % は州により異りカンサス、アイオワ及ミネソタは 0.5%、ケツタツキーは頁岩と粘板岩を 1.0% 以下、ミンガンは頁岩その他の弱い岩石 3% 以下と規定してゐる。

(b) 比重試験は鹽化亞鉛 ($Zn\ Cl_2$) 又は醋酸鹽 (Lead acetate) の濃溶液に浸して比重小なるものは浮遊するからその % を測定す。

(c) 風化の程度を試験するものは硫酸ナトリウム試験を行ふ。

即以上述べたる試験に於て風化し易きものはまた冷凍作用の反覆試験、軟き片状粒は加壓及衝撃試験、輕き石粒は比重 2 の溶液で析出する。

本邦産砂利の試験結果 (内務省土木試験所報告) は第 78 表の如し。

第 78 表

項目	本邦の砂利の性質			
	比重	磨損率(%)	締合力	沈土量(%)
最大値	2.67	19.90	141	1.9
最小値	1.94	1.90	11	0.0
平均	2.46	7.10	63.2	0.82
試験數	42	41	41	5
多摩川中原砂利	2.58	3.60	23	0.1
相模川寒川砂利	2.67	6.50	48	0.0

多摩川砂利を石質に分類して試験せるものは第 79 表の如く更に上流より下流に至る間の品質の變化は第 80 表の如く死石を含みたる支流の合流點附近はその影響が明かであるがその部分で採取するから下流には影響少い。

砂利の見掛の比重はその寸法粒度に依り異なるが平均 1.66 を有す。之に對し火

山砂利は極めて輕量で 0.594—0.662 に過ぎず。茲に輕量骨材としての特質がある。

第 79 表

多摩川砂利の石質による性質の比較

石質	比重	磨損率(%)	石質	比重	磨損率(%)
硬砂岩	2.59	0.9	角石	2.59	2.3
粘板岩	2.72	4.0	死石	2.57	5.2

第 80 表

多摩川砂利の採取地別の性質

採取地	磨損率	性質
最上流小作村	3.7%	硬砂岩、角石、粘板岩、砂岩を含み幾分閃綠岩、片岩及石灰岩を含む
秋川合流地點	7.4	秋川は死石を多く含み丸味を有す
大神村	6.3	
淺川合流地點	4.8	淺川は硬砂岩、砂岩、粘板岩、頁岩を含み扁平稜角質である
下河原	3.3	之より以下石質大差なし
常久	3.4	
二子	4.0	
宮内(中原)	3.6	

川砂利を鐵道の道床用とする場合の磨損率及壓挫試験による空隙率と粒度率との減少を測定せる米國試験は第 81 表の如し。

第 81 表

鐵道川砂利ベラスト試験

産地	比重	吸水率(%)	ドラヴアル磨損率(%)	壓挫試験	
				粒度率減少	空隙率減少
Mississippi	2.46	1.75	2.0	1.30	37.2
Ohio	2.65	0.60	9.1	1.43	38.8
Illinois	2.69	1.51	3.2	1.62	40.1
New york	2.63	0.88	2.4	1.08	36.1
Texas	2.62	0.78	7.3	2.00	45.5
Wisconsin	2.72	0.94	1.8	1.16	35.0
Main	2.64	0.79	14.2	1.30	42.0
Ohio	2.60	1.71	8.4	1.73	48.6
Maryland	2.61	0.68	8.7	1.36	41.4

採取設備

砂利採取はその規模の大小及採取場の地況に應じ川取りの場合は鋤鏈を用ひ又は直に篩網を用ひ大規模にはバケツト式鋤鏈船ドラッグライン又はスチームショベル等を用ひ採取し水洗ひ及篩分装置を備へて行ふものであるが總て是等の設計は Double elevating を避くる事が必要である。

(Gravel plant—Rock products 1926—9 及 1927—6 と 9)

Ⅱ 粒度

砂利はその粒の最大寸法により名稱を附して次の如く分類する。

第 82 表

本 邦 砂 利 寸 法

徑(mm)	徑(mm)	徑(mm)
玉石 150~200	5~6寸 栗石 75~150	2.5~5寸 砂利 75~5 2.5~0.2寸

(土木學會標準示方書は最大寸法を重量にて骨材 95% が通過すべき篩目の空間隔を以て示してゐる)

砂利は最大徑により 75, 60, 50, 40, 30, 25, 12, 10 mm のものあり何れも 5mm 止りのもので用途により區別す。

荒砂利 75 mm 砂利より細粒砂利を篩出したる粗粒のみの砂利。

切込砂利 砂利と砂と混ぜる儘のもの、砂利の最小徑は採取地により異なるが通常 2 分、2.5 分、3 分止りである。

コンクリート標準示方書に於ては、本邦砂利に於て最大目の 1/2 目の篩を通過する量を 75~40% 以上、No. 4 篩を通過するもの 10% 以下と規定してゐるが、著者の試験せる結果に於ては前者即 1/2 篩を通過する量比較的多く 87% に達するものもあつたから檢收に當り注意すべきである。後者 No. 4 篩通過のものは採取方法如何により定まるが故に任意に支配し得べく、本邦にては 4~26% あつた。今相摸川産に就てその現場品を試験せるものは第 83 表の如く檢收に當り注意を要するものが多い。

第 83 表

寸 法	最大寸法以上のもの(%)	最大寸法の 1/2 目の篩通過量(%)	No. 4 通過量(%)
2 吋	15.5	51.86	4.16
1(切込)吋	0.75	66.94	54.04
1 吋	13.45	46.50	22.03
3/4 吋	8.96	22.34	8.09

同	22.60	54.50	25.80
同	24.80	49.50	14.90
1/2 吋	14.60	54.20	26.40
3/8 吋	1.40	55.80	17.00(No. 8)

獨逸の分類法は第 84 表の如くコンクリート用砂利及砂の各國規定は第 85 表の如し。

第 84 表

獨 逸 分 類 法 DIN 1171

種 別	Staub—	Mehl—	Fein—	Mittel—	Grub—
天然産砂(Sand)0~2	0~0.060	0.060~0.088	0.088~0.200	0.200~0.600	0.600~2
砂利(Kies)2~30	—	—	2~5	5~15	15~30
切込砂利(Kies sand)	—	—	0~5	0~15	0~30
玉石(Schotter)	—	—	30	40	50 60 65 70
碎石、鑛滓、砂(Sand)0~2	天然砂と同じ				
細碎石(Grus)2~12	—	—	2~5	5~8	8~12
粗碎石(Splitt)12~25	—	—	12~18	—	18~25
荒碎石(Schlag)	—	—	25~35	35~45	I 45~65

I 55~65(超碎石)
(65以上)

備考 Sand は、川産、海産、破碎せるも何も同一名稱で特殊の場合 Gruben sand, Fluss sand, See sand, Brech sand と稱す。

尙 Quetschsand, Schlacken sand, Bims sand と分ける事あり。

第 85 表

コ ン ク リ ー ト 用 砂 利 及 砂 の 規 定

規 定	砂(mm)	砂利(mm)
獨 逸 1925	5 以下	5~25
ス イ ス 1915	8 以下 0.5 以下 10% 以下	8~30
和 蘭 1918	5 以下	5~60
丁 抹 1921	5 以下	30
瑞 典 1924	7 以下	7~30 (特 75)
諾 威 1926	7 以下 0.3 以下 30% 以下	7~30
チエツコ 1922	7 以下	7~30
波 蘭 1923	—	30
シ ア 1921	5 以下 0.23 以下 10% 以下	5~25 (特 40)
伊 太 利 1927	—	30 (特 50)
ベルギー 1923	2 以下	4~20

英 國	1915	5 以下		5~19
米 國	1924	4.8 以下	85% 以下	13~76
		0.3 以下	10% 以下	
		沈土量	3% 以下	
カナダ	1923	6.4	0.5 以下 40% 以下	6.4~13 (特 38)

Lorenz Meyer die in und ausländische Eisenbetonbestimmung.

§ 35 砂 (Sand, Sabre)

砂は岩石の天然崩壊により生じたる細粒のもので単に粒形に對して附せる名稱に過ぎない。

I 工學的性質

砂利に準じて試験して決定するが細粒であるからその性質を明確にし得ない場合が多い故にその用途に應じセメントに對してはモルタルの性質を、瀝青混合物に對しては瀝青モルタルの性質を試験して砂の及ぼす影響を測定して定むる場合が多い、本邦産川砂の成績は第 86 表の如く多摩川砂の粒徑と比重との關係は第 87 表の如く粒徑小なるものは、分解せない硬質分が多いから比重大である。

第 86 表
本邦産川砂の性質

種 別	比 重		空隙率 (%)	沈土量 (%)	締合力
	真	見 掛			
最 大 量	2.71	1.75	54.9	3.8	135
最 小 量	2.44	1.19	33.7	0.6	22
平 均	2.64	1.58	39.95	1.62	69

第 87 表
多摩川砂の粒徑と比重

粒 度	1/4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 80	平均	
		~No. 10	~No. 20	~No. 40	~No. 80 以下		
比重	矢口村	2.628	2.632	2.638	2.644	—	2.636
	多摩村	2.632	2.634	2.644	2.676	2.680	2.653
	福生村	2.625	2.634	2.651	2.667	2.670	2.649
平 均		2.628	2.633	2.644	2.662	2.675	2.647

關東地方の川砂の粒徑は凡そ第 88 表の如く此内コンクリート用としては粗砂及中砂を用ひ瀝青混合物に對しては尙此外に細砂を必要とし是等の細砂の粒徑は

第 90 表の如し。

第 88 表
關東地方の川砂粒徑

篩 { 通 過 殘 留	No. 2 No. 4 No. 10 No. 20 No. 30 No. 40 No. 50 No. 80 No. 100 No. 200										
	No. 2	No. 4	No. 10	No. 20	No. 30	No. 40	No. 50	No. 80	No. 100	No. 200	
多摩川是政	—	—	7.85	6.57	10.87	13.60	31.51	15.49	8.52	4.20	1.39
調布	—	—	tr.	0.59	2.86	5.92	22.20	40.22	22.52	5.69	—
丸子	—	—	5.05	9.66	19.81	20.90	30.42	11.18	2.50	0.48	tr.
中原	—	—	7.48	10.89	15.64	12.92	31.29	17.68	3.41	0.69	〃
下河原	—	—	20.00	24.80	21.60	11.60	12.80	6.40	3.40	0.40	〃
入間川	1.76	2.42	5.01	13.79	26.70	16.65	15.93	10.00	5.15	1.95	0.64
的場	7.23	7.43	11.14	15.37	26.44	14.10	11.50	5.82	0.77	0.20	tr.
飯能	—	1.51	5.33	6.21	15.07	17.70	27.16	17.26	6.07	2.72	0.97
鬼怒川川島細	—	—	1.30	1.01	5.91	7.87	15.75	24.57	25.55	16.43	1.31
同 粗	—	—	0.55	2.75	21.22	27.42	31.44	10.85	4.02	1.75	tr.
石下	—	—	0.63	2.09	10.46	16.79	46.89	18.00	2.94	2.20	〃
江戸川篠崎	—	—	0.29	2.09	7.78	11.98	25.42	24.69	20.13	6.59	0.59
金町	—	—	0.90	2.70	11.26	16.67	30.63	22.97	11.26	3.61	tr.
同	—	—	0.95	11.34	17.76	12.50	11.18	28.95	11.19	2.63	〃
荒川 熊谷細	—	—	—	tr.	0.66	2.66	20.00	38.00	20.67	15.66	2.35
同 粗	—	—	—	1.00	8.50	12.50	32.50	27.00	18.00	5.00	1.00
馬入川平塚	—	—	2.38	3.57	11.90	14.29	29.76	25.00	9.52	3.58	tr.
渡良瀬足利	—	—	2.24	8.53	26.23	21.51	24.72	11.47	3.35	1.56	0.39
思川 乙女	—	—	5.31	9.74	17.47	24.42	26.61	13.33	2.51	0.44	0.17
鶴見 海砂	—	—	—	—	2.04	3.84	30.54	30.32	23.30	9.05	0.91

第 89 表
粗 砂 及 中 砂

	No. 4 以上 (%)	No. 50 通過 (%)	No. 100 通過 (%)	No. 200 通過 (%)	
					多摩川	矢口	—	24.0	1.0	0.0
	是政	—	29.6	4.2	1.39
	丸子	—	14.2	0.5	微量
	中原	—	21.5	0.7	同
	下河原	—	9.2	0.4	同
入間川	的場	14.66	6.8	0.2	—
	入間川	4.18	17.6	1.95	0.64

飯能	1.51	27.0	2.72	0.97
鬼怒川 川島	—	16.5	1.75	微量
石下	—	23.1	2.20	同
渡良瀬川	—	16.5	1.56	0.39
思 川 乙女	—	16.4	0.44	0.17

第 90 表

細 砂

	No.4 残留(%)	No.50 通過(%)	No.80 通過(%)	No.200 通過(%)
福島縣 小名濱	—	98.5	70.5	0.50
養老川 五井	—	80.0	40.0	1.00
鬼怒川 中妻	—	65.85	32.75	1.11
河島	—	75.05	31.35	0.41
利根川 取手(表面)	—	58.85	27.25	1.60
(内部)	—	67.41	24.96	0.61

砂はその給源の性質及採取方法により多少の不純物沈土量又は有機質を含有する事がある、沈土量は注瀉試験 (Decantation) により有機物質は有機不純物試験で測定するを要す。

I 分類

砂は用途により分ければ土木材料としての外にも極めて用途廣く次の如し。

(1) 粘土分を含有せざるもの

- 粒径の均一のもの 濾過用砂 (Filter sand) 径 2mm 以上 1% 以下径 1mm 以下 90% 以上、有効径 0.25~0.50mm 均等係数 1.5 以下、硝子用砂 (Glass sand) 硅酸分 95% 以上、鐵分 0.02~1.0%、噴射用砂 (Sand blast) 粒径 No. 4~No. 48 の丸味を有するもの、石鋸用砂 (Stone sawers sand) 稜角を有する No. 20~No. 60 のもの、研磨用砂 (Grinding and polishing) カーボランラム製造用砂、陶業用砂。
- 粒径の均一性を特に要せざるもの 鐵及化學用で粉碎用砂 (Pulverizing sand) Traction sand, Stucco sand.
- 粒径の均一ならざるもの Concrete sand, Asphalt pavement sand, Sand lime brick 用砂、Sandy road 用砂、Cushion sand.

(2) 粘土の存在量を限定するもの

粒径均一ならざるもの Mortor sand, Concrete sand, Furnace sand, Plaster sand.

(3) 粘土の存在するもの

Sandy clay road 用、Foundry sand.

§ 36 石粉及粉碎法 (Stone dust and grinding)

碎石は更に粉碎として石粉となし細骨材の空隙填充材として用ひらるゝが之は已に細骨材ではない。

I 粉碎機 (Grinder)

粉碎機は用途により種々あるが近年ポルトランドセメント製造工業の發達に伴ひ著しく進歩して微粉を得るに至つたその主なるもの次の如し。

- Fled mill 及 Edge runner は古くより用ひられ比較的粗粒の石粉を得る場合に用ふる。
- ボールミル (Ball mill) は始め 1898 年クルツプが造つたもので乾濕及硬軟石何れにも用ひらるゝが微粉は得られない。
- チューブミル (Tube mill) は圓筒形で一部にフリントボールを入れて粉碎するものである。その内部は Sillex 又は Ironite で裏張りしたものは耐久であり相當微粉となす事が出来る。
- Compeb mill はボールミルとチューブミルの二區間より成り廣く用ひ微粉となす事が出来る。後の仕上の區間は Concavex の鐵球を入れ凹面と凸面を有する鐵球の接觸面の大なるにより充分なる粉碎作用をなす事が出来る。
- Unidan mill は近年の發明で石粉工業では之を用ふるものなく主としてセメント工業に用ふるバーミルである。三區間に分け始めの區間は 3 吋鐵球、中の區間は $1\frac{7}{8}$ 吋球、後の區間は径 3/8 吋の圓形棒を有するものである。
- 以上の外更に各種の型があるが、尙是等により粉碎したものを Air separation にかけて微粉を得る方法を加味する場合がある。

粉碎作用に關する方則は Rittinger が求めた、次の如し。

(1) 粉碎して生ずる粒子の表面積の増大は粉碎に要する働に比例する、即

$$W = K(S_2 - S_1)$$

S_1 及 S_2 = 粉碎前及後の粒子の表面積

W = 粉碎作業働

K = 常數にして表面積の單位を平方呎、働を呎封度とし徑 18 吋のミルに於て鐵球徑 1 吋の場合は K が 60.9 である

(2) 粉碎作業により生ずる粒子數はその粒子徑の減少に伴ふて増加し、次の方則に従ふ。

$$N = ae^{-bx}$$

N = 粒徑 x の粒子數、 a 及 b = 常數、

之により粒子數の増大は次の如し。

$$\frac{dN}{dx} = abe^{-bx} = bN$$

即一定粒度の砂がその徑の減少と粒子數の増加との割合は元の粒度に比例する。

更に $\log_e N = \log_e a - bx$

N の對數と粒直徑とは直線式をなす。此式の實驗式は吋式では次の如し。

$$N = 144.73 e^{-0.8846 \times 10^{-4} x}$$

(3) 粉碎により生ずる粒子の平均形狀は粒の大小に係らず同一である、粒子をその大小により分けて徑、表面積、量重、粒子數を測定して得たる結果では、直徑 d とせば表面積は $2d^2$ であつた。球の πD^2 と平圓板の $\frac{\pi}{2} D$ との中間にある。

(4) 碎粉の粒度は均等であつて、粒子の徑と數とは如何に屢々粉碎するも急激なる變化をするものでない。

II 粒 度

石粉の如き細粉は之を篩分くべき篩を造る事困難なるを以て水簸法又は風力分離器 (Air separation) を用ひてその粒徑の大小を分つ、風力分離に關してはストークス氏の方則がある。次の如し。

$$V = -\frac{2}{9} r^2 \frac{d - d_1}{\eta} g$$

茲に V は速度、 r は半径、 d は比重、 d_1 は密度、 η は粘度であるが實驗的に求

めたるものは次の如し。

$$V = Kr^2 \tag{1}$$

風速 V と 落下又は浮遊し得べき限度の粒徑 r との関係常數 K は粒子の形狀性質その他により定まる常數である、粒子の寸法大となれば第一式は不安定となり次式をとる。

$$V = K(r - r_0)$$

茲に r_0 は他の常數である。

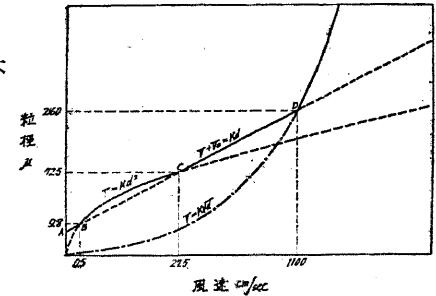
粒子徑が更に大とならば第二式が不安定となり、次式をとる。

$$V = K\sqrt{r}$$

即落下體の普通の場合と同様である。

是等の關係は第 11 圖の如し。

第 11 圖



第 91 表

方 則	風速 (cm/sec)	粒 子	
		徑 (mm)	重量 (gm)
$V = Kr^2$	0.5	9.8×10^{-3}	0.71×10^{-9}
	27.5	72.5×10^{-3}	287.0×10^{-9}
$V = K(d - d_0)$	1100.0	$2,160 \times 10^{-3}$	7.59×10^{-3}

第 92 表

標準篩を通過する粒子の大きさとストークス方則との關係

篩	U. S. B 標準	粒徑 (mm)	風速 (cm/sec)	粒 子	
				徑 (mm)	重量 (gm)
No.325		0.046	10	43.7×10^{-3}	6.28×10^{-3}
No.270		0.054	15	53.5×10^{-3}	11.50×10^{-3}
No.230		0.061	20	61.8×10^{-3}	17.80×10^{-3}
No.200		0.074	25	69.1×10^{-3}	24.8×10^{-3}

水簸法 (Elutriation) は材料によりその方法を異にしてゐるが石粉に用ひたる一法は圓筒形硝子容器に 600 cc を深さ 7 cm に入れ溫度を 20°C に保ち之に試料 5 gm を入れ 5 分間充分攪拌し 15 秒間放置し沈澱せるものと流出しない様にして上の部分のみ流出せしめ、更に之に不足の水を加へて 600 cc とし同様にして

60秒放置して同一の操作を行ひ順次放置時間を30分、2時間と延長し、是等の時間に沈澱せるものは乾燥して重量を測定してその%を求め、之により篩分し得ざる微粉の%を測定するものである。

是等の結果は第93表の如し。

水 篩 法 時 間	水 篩 (%)			
	福島三春石灰石粉	火山灰	珪藻土	セメント粉
15秒	58.68	62.75	67.17	86.4
60秒	45.20	43.47	56.44	66.3
30分	8.31	16.87	41.18	8.4
1時間	3.01	12.67	24.26	6.3
比重	2.72	2.63	2.20	2.72

II 工學的性質

石粉はその粒度殊に微粉を含有する事がその特質であつて今本邦産石粉に就てその他の性質を挙げれば第94表の如し。

項 目	寒水石粉					
	CO_3Ca	98.0	珪酸白土	粘土粉	煨石粉	雲母粉
化學成分%	SiO_2	69.20	72.10	48.20		
	Al_2O_3	14.32	16.68	44.10		
	Fe_2O_3	1.65	2.77	0.30		
	CaO	1.37	0.49	—		
	MgO	0.60	0.82	0.60		
	MnO_2	0.13	0.09	—		
	K_2O Na_2O	4.18	2.20	—		
	灼熱減	8.55	4.85	6.80		
比 重	2.703	2.272	2.543	2.82	2.99	
水 篩 法	15秒(%)	73.35	—	75.23	—	
粒 度	No.50通過	—	—	70%	65%	
	No.200通過	90.68	87.00	—	—	
吸濕性 %	7日	0.031	1.736	—	—	
	14日	0.031	1.880	—	—	

石粉はアスファルト混合材の填充材、コンクリートの防水材として用ひられ耐酸性アスファルトに對しては石灰石等のものを用ひ得ざるが故に蠟石その他を用

ふる。

§ 37 鑛 滓 (Slag)

熔鑛爐でその頂部から鑛石、コークス石灰石等を交互に入れ熔融せしむれば比重小なる部分は熔融金屬の上部に集り之を流出せしめたるものが鑛滓で、その冷却の遲速により性状を異にする、鑛石の種類に應じて鐵鑛滓と銅鑛滓とがある。

鑛滓は自然冷却により硬度大となるも熔融せる状態に於て水中に流出せしむれば浮石の如き性状を呈し水滓となるものである。

(1) 鐵鑛滓 製鐵所の副産物として銑鐵の70-75%を生じその利用の如何により製鐵工業に至大の影響を及ぼすものである、古來そのCaO含有量の異なる性質を利用して Fritz, Rielman は已に60年前に灰泥(Milky lime)と混じて混凝土をつくり Michaelis, Tetmayer は水滓に石灰、石膏、及ボートランドセメントを混じて別種のセメントを造り鑛滓セメント、高爐セメントとして用ひ、またその物理的性質を利用し砂利碎石と同様に骨材又はバラストに用ひ更に近年ウエツクベトンとしても用ひらるゝに至つた。

その化學成分は第95表の如し。

	鐵 鑛 滓		銅 鑛 滓	
	八 橋	日本鋼管	酸 性	鹽 基 性
CaO (%)	43.0	43.8	6.73	4.60
MgO	2.2	6.4	2.08	0.00
SiO ₂	38.5	23.7	40.53	29.97
Al ₂ O ₃	13.3	6.0	8.52	14.82
Fe ₂ O ₃	0.7	7.9	41.81	40.32
MnO ₂	1.2	0.0	—	—
P ₂ O ₅	—	1.1	—	—
Cu	—	—	0.34	1.32
S	—	—	—	1.20
ZnO	—	—	—	5.70

鹽基性鑛滓はCaOを多く含有し縮合力を有し珪酸礬土多く耐久性であり鐵筋を腐蝕せしむる虞なく、稜角質であるから骨材としての比重小く熱傳導率も小で

ある、然し CaO の 47% 以上のものは風化に弱い。

比重はその空隙率により異なるも一般に石灰石より大であつて基性岩石に類似す機械的作用に對する性質は第 96 表の如く、一般に石灰石に類する性質を有してゐる。

第 96 表

試料名	産地	比重	吸水率 (%)	磨損率 (%)	磨損係數	硬度	靱性	締合力	耐壓強度 (kg/cm^2)
銅 鑛滓	茨城縣日立鑛山	3.43	0.6	2.8	14.3	17.6	16	3	—
同	愛媛縣別子鑛山	3.29	0.2	2.4	16.7	18.8	38	4	—
同	秋田縣荒川鑛山	3.48	1.3	6.2	6.5	18.4	26	11	—
同	同 小坂鑛山	3.48	0.5	3.0	13.3	19.2	35	30	—
同	栃木縣足尾鑛山	3.58	0.7	2.3	17.4	18.7	45	5	—
平均		3.45	0.66	3.34	13.64	18.54	32.0	10.6	
鐵 鑛滓	福岡縣八幡製鐵所	2.61	1.5	3.2	12.4	—	—	50	—
同	同	2.84	1.1	3.3	12.1	—	—	73	—
同	岩手縣釜石鑛山	2.87	0.7	4.5	8.9	17.9	13	17	—
同	北海道輪西製鐵所	2.93	0.7	2.6	16.7	17.9	14	11	—
同	日本鋼管株式會社	3.06	1.7	6.3	6.3	—	—	40	—
同	淺野造船所製鐵部	2.56	1.7	7.8	5.1	17.9	14	228	1,361
同	同	2.84	0.6	2.2	18.1	18.1	20	291	—
同	同	2.51	1.9	3.2	12.4	15.1	11	27	1,119
同	同	3.20	1.5	11.4	3.5	18.0	11	500	1,209
平均		2.32	1.27	4.94	10.62	17.48	13.3	13.7	1,230

骨材としては $230^{\circ}\sim 240^{\circ}C$ から次第に冷却して得たるものを碎石機により所定の寸法に仕上げたるものを用ひ、碎石と同様の寸法により分類してゐる。尙八幡製鐵所に於てはターマックパラス (Tarmac ballast) としてターと混合したるものを供給してゐる。その寸法は 5~20, 20~35, 20~60, 35~80 mm の各種あり空

第 97 表

骨材としての鑛滓の見掛の比重

寸法 (mm)	鑛 滓	砂 利	石灰石碎石
6~12	1.13~1.44	1.60	1.49
12~20	1.18~1.42	1.64	1.52
20~25	1.18~1.44	1.67	1.51
25~40	1.09~1.42	1.66	1.59

隙大で軽量である。第 97 表の如し。

獨逸の高爐鑛滓利用研究委員會の示方書は次の如し。

- a. 安定度は石灰分解を紫外線で行ひ、鐵分解は 2 日浸水法による。
- b. 粒度 道路材料は第 98 表のもの及 5~15 mm, 3~7 mm, 0~3 mm のもの。

第 98 表

寸法 (mm)	許容範圍	
40~60	60~70 mm 10% 以下	40 mm 以下 10% 以下
20~40	40~50 mm 10% 以下	20 mm 以下 3% 以下
10~20	20~30 mm 10% 以下	10 mm 以下 10% 以下

- c. 吸水率 3% 以下。
- d. 抗壓力試験は 30~40, 40~50, 50~60 mm の等量を取り 3 kg とし深 150 mm 徑 170 mm の圓筒に入れ上部に荷重を加へ $1\sim 2\frac{1}{2}$ 分間に 40 ton に達せしめ後 10 mm 篩通過量を % で表し 35% 以下たるを要す。
- e. 衝撃試験は抗壓力と同様に装置し Föppl 衝撃試験機により 50 kg の錘を高 20 cm より 20 回落下せしめ 10 mm 篩通過量を測定し 20~60 mm のものは 22% 以下たるを要す。
- f. 單位重量は徑 30~60 mm のものは $1,250 kg/m^3$ 以上とす。

(2) 銅鑛滓 銅鑛滓は鐵鑛に比し比重大吸水率小磨損率小硬度靱性大であつて骨材殊に舗裝材料として優つてゐる。是等は多くアスファルトと混じアスファルトブロックとして用ひられてゐる。その成分及性質は第 96 表にある。

§ 38 粒度の測定 (Measurement of Grading)

粒度は篩を用ひ粒徑の大小に應じて篩別しその割合によりて定め骨材の性質を現すものである、篩は方形の網目を有する Sieve と圓形孔を有する Screen とがある。一般には Sieve を用ひ慣例によりコンクリート用骨材には Sieve, 舗裝材料には細骨材に Sieve, 粗骨材に Screen を用ふる。更にその大きさは吋式の米英法とメトリック式とがある。

(1) 米國に於ては A. S. T. M に於て標準篩を決定し E11~26 で之を發表してゐる第 99 表の如し。

第 99 表

米 國 標 準 篩

稱 號	篩番號	孔 徑		針金徑		孔徑の許容誤差(%)	針金徑の許容誤差(%)		孔徑の最大誤差(%)
		mm	in	mm	in		以下	以上	
4760micron	4	4.76	0.187	1.27	0.050	±3	15	30	10
4000	5	4.00	0.157	1.12	0.044	±3	15	30	10
3360	6	3.36	0.132	1.02	0.040	±3	15	30	10
2830	7	2.83	0.111	0.92	0.036	±3	15	30	10
2380	8	2.38	0.0937	0.84	0.0331	±3	15	30	10
2000	10	2.00	0.0787	0.76	0.0299	±3	15	30	10
1680	12	1.68	0.0661	0.69	0.0272	±3	15	30	10
1410	14	1.41	0.0555	0.61	0.0240	±3	15	30	10
1190	16	1.19	0.0469	0.54	0.0213	±3	15	30	10
1000	18	1.00	0.0394	0.48	0.0189	±3	15	30	10
840	20	0.84	0.0331	0.42	0.0165	±5	15	30	25
710	25	0.71	0.0280	0.37	0.0146	±5	15	30	25
590	30	0.59	0.0232	0.33	0.0130	±5	15	30	25
500	35	0.50	0.0197	0.29	0.0114	±5	15	30	25
420	40	0.42	0.0165	0.25	0.0098	±5	15	30	25
350	45	0.35	0.0138	0.22	0.0087	±5	15	30	25
297	50	0.297	0.0117	0.188	0.0074	±6	15	35	40
250	60	0.250	0.0098	0.162	0.0064	±6	15	35	40
210	70	0.210	0.0083	0.140	0.0055	±6	15	35	40
177	80	0.177	0.0070	0.119	0.0047	±6	15	35	40
149	100	0.149	0.0059	0.102	0.0040	±6	15	35	40
125	120	0.125	0.0049	0.086	0.0034	±6	15	35	40
105	140	0.105	0.0041	0.074	0.0029	±8	15	35	60
88	170	0.088	0.0035	0.063	0.0025	±8	15	35	60
74	200	0.074	0.0029	0.053	0.0021	±8	15	35	60
62	230	0.062	0.0024	0.046	0.0018	±8	15	35	90
53	270	0.053	0.0021	0.041	0.0016	±8	15	35	90
44	325	0.044	0.0017	0.036	0.0014	±8	15	35	90

米國はクリーブランドのタイラー會社及マルチメタル會社等に於て標準篩を作つて居り廣く用ひられてゐるが之には(1)孔徑の比を $\sqrt{2}$ 及 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ にしゐるものを組合せて番號を附してゐる、通常用ひらるゝ最も孔徑小なるNo.200篩

は毎平方時に 40,000 孔を有するもので一平方呎の針金の延長は 4,802 呎に達し約 1 哩に近いものである。

セメントコンクリートの骨材用としては角孔を有するものを用ひ第 100 表の如し。

第 100 表

セメントコンクリートの骨材試験篩

米 國 法		メトリック法	
篩(寸法又は番號)	孔徑(mm)	孔徑(mm)	篩番號
3	76.20	80	—
1- $\frac{1}{2}$ 吋	38.10	40	—
$\frac{3}{4}$	19.00	20	—
$\frac{3}{8}$	9.50	10	—
No.4	4.76	5	—
No.8	2.38	2	—
No.16	1.19	1.2	No.5
No.30	0.590	0.6	No.10
No.50	0.297	0.3	No.20
No.100	0.149	0.15	No.40

(備考 タイラー會社製は No.50, 30, 16 を各 No.48, 28, 14 としてゐる)

舗装用として粗細骨材に對しては第 101 表及第 102 表の篩を用ひてゐる。

第 101 表

舗 装 の 細 骨 材 用 篩

篩番號	孔 徑		針金徑		孔徑許容誤差(%)	針金徑許容誤差(%)		孔最大許容誤差%
	mm	in	mm	in		以下	以上	
10	2.00	0.0787	0.76	0.0299	±3	15	30	10
20	0.84	0.0331	0.42	0.0165	±5	15	30	25
30	0.59	0.0232	0.33	0.0130	±5	15	30	25
40	0.42	0.0165	0.25	0.0098	±5	15	30	25
50	0.297	0.0117	0.188	0.0074	±6	15	35	40
80	0.177	0.0070	0.119	0.0047	±6	15	35	40
100	0.149	0.0059	0.102	0.0040	±6	15	35	40
200	0.074	0.0029	0.053	0.0021	±8	15	35	60

第 102 表

舗装の粗骨材用篩(セメントコンクリート用を除く) D 18-16

圓形孔 徑		圓形孔 徑		圓形孔 徑		圓形孔 徑	
吋	cm	吋	cm	吋	cm	吋	cm
3 $\frac{1}{2}$	8.89	2	5.08	1	2.54	$\frac{1}{2}$	1.27
3	7.62	1 $\frac{1}{2}$	3.81	$\frac{3}{4}$	1.90	$\frac{1}{4}$	0.64
2 $\frac{1}{2}$	6.35	1 $\frac{1}{4}$	3.18				

(2) 獨逸は DIN (Deutsche ingeniere normen) No. 1171 に之を定めてゐる。

角孔の徑 l と針金徑 d との関係は全面積に對して孔の開きの面積を 36% 即 $l^2/(l+d)^2=0.36$ としてゐる、此 Prüfsiebe は第 103 表の如し Chemisches Laboratorium für Tonindustrie 及 Karl Harber で造つてゐる。

第 103 表

Gewebe.Nr	Maschenzahl je cm^2	Lichte l in mm	Maschenweite mm	Drahtdurchmesser d in mm
4	16	1.5	1.00	0.80
5	25	1.2	0.80	0.65
6	36	1.02	0.75	0.50
8	64	0.75	0.60	0.40
10	100	0.60	0.54	0.37
11	121	0.54	0.49	0.34
12	144	0.49	0.43	0.28
14	196	0.43	0.385	0.24
16	256	0.385	0.300	0.20
20	400	0.300	0.250	0.17
24	576	0.250	0.200	0.13
30	900	0.200	0.150	0.10
40	1,600	0.150	0.120	0.08
50	2,500	0.120	0.102	0.065
60	3,600	0.102	0.088	0.055
70	4,900	0.088	0.075	0.050
80	6,400	0.075	0.060	0.040
100	10,000	0.060		

更に圓孔徑を有するものは次の如く孔徑 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 mm のものがある。

(3) 英國は British Engineering Standard Association が 1931 年 No. 410 で制定し、細粒用は孔徑 0.0021~0.132 吋、中粒用 1/32~1/2 吋、粗粒用 1/2~2 吋

とし細粒用は第 104 表の如し。

第 104 表

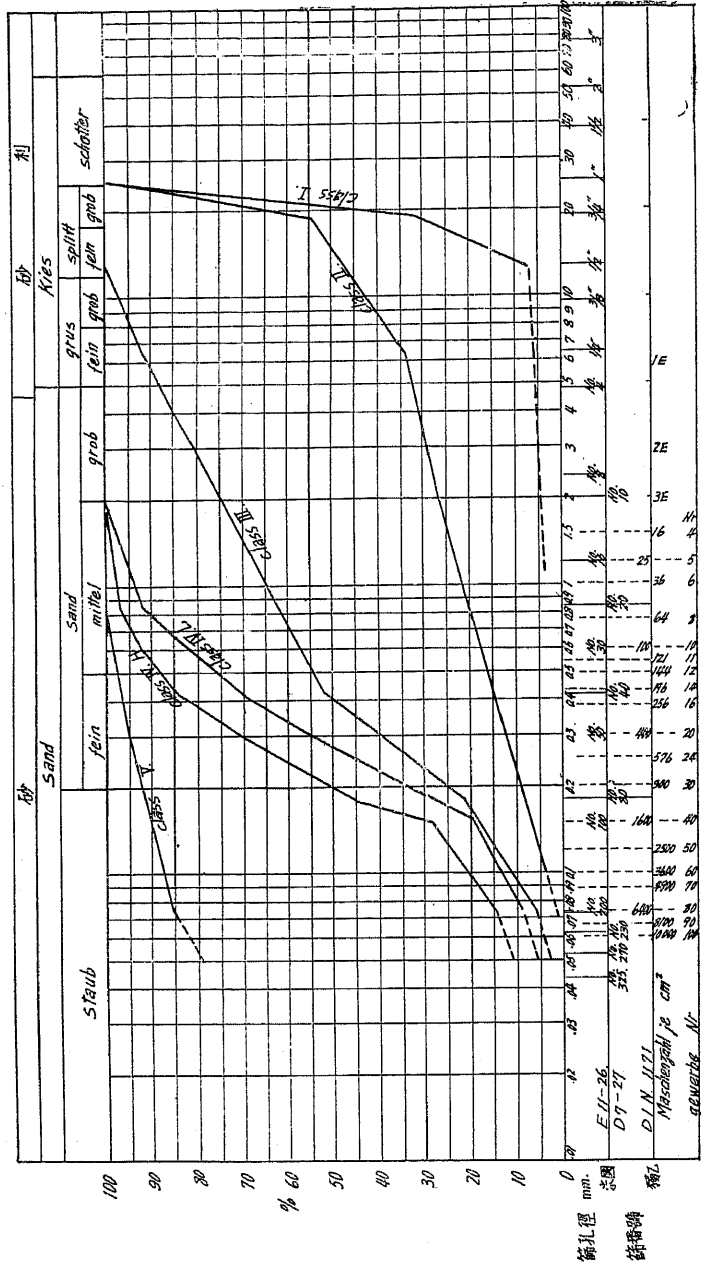
篩目 (No/吋)	孔徑 (吋)	針金徑 (吋)	S. W. G (No)	隙間面積 (%)
300	0.0021	0.0012	49	41
240	0.0026	0.0016	48	38
200	0.0030	0.0020	47	36
170	0.0035	0.0024	46	35
150	0.0041	0.0026	45 $\frac{1}{2}$	37
120	0.0049	0.0034	43 $\frac{1}{2}$	35
100	0.0060	0.0040	42	36
85	0.0070	0.0048	40	35
72	0.0083	0.0056	38 $\frac{1}{2}$	36
60	0.0099	0.0068	37	35
52	0.0116	0.0076	36	37
44	0.0139	0.0088	34 $\frac{1}{2}$	38
36	0.0166	0.0112	31 $\frac{1}{2}$	36
30	0.0197	0.0136	29	35
25	0.0236	0.0164	27	35
22	0.0275	0.0180	26	36
18	0.0336	0.0220	24	36
16	0.0395	0.0230	23 $\frac{1}{2}$	40
14	0.0474	0.0240	23	44
12	0.0553	0.0280	22	44
10	0.0660	0.0340	20 $\frac{1}{2}$	44
8	0.0810	0.0440	18 $\frac{1}{2}$	42
7	0.0949	0.0480	18	44
6	0.1107	0.0560	17	44
5	0.1320	0.0680	15 $\frac{1}{2}$	44

(4) 通常用ひらるゝ米國式と獨逸式との篩を比較すれば第 12 圖及第 13 圖の如し。

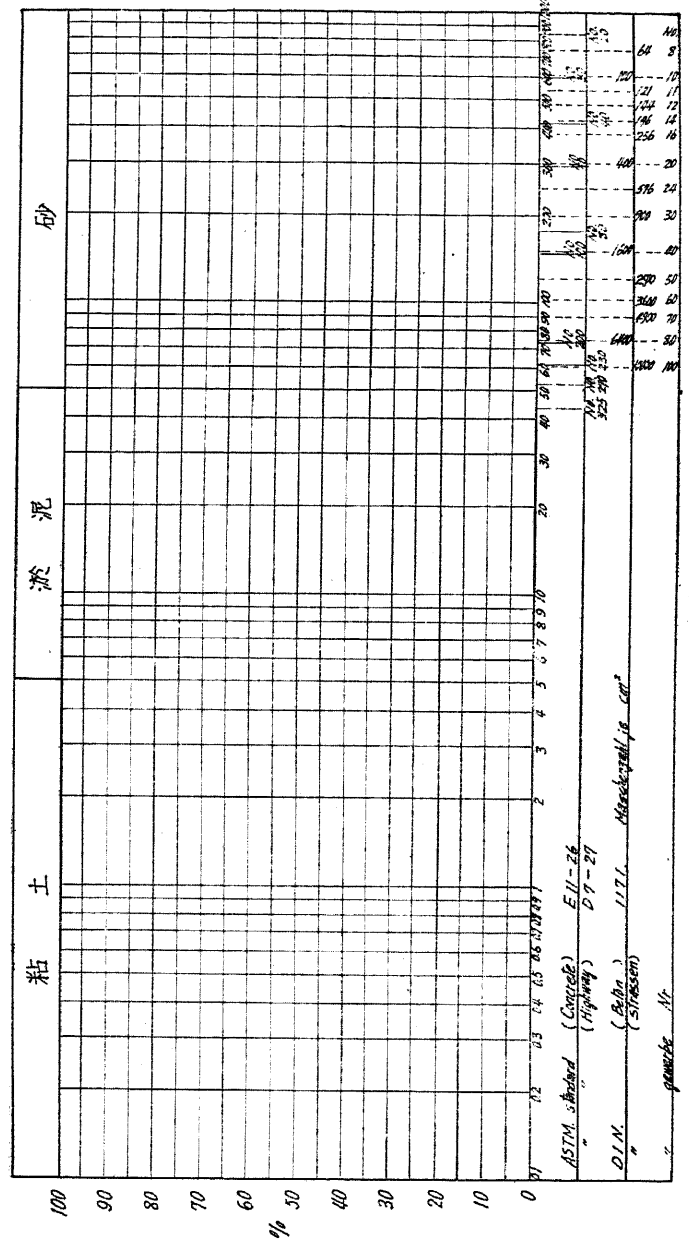
(5) 測定法 篩を用ひてその粒度を測定する場合に、その正確なる結果を求むるは極めて細心の注意を要する。

a. Hollnagel 及 Harty が ASTM proc. 1926 に發表せる結論では硬度を異

第 12 圖



第 13 圖



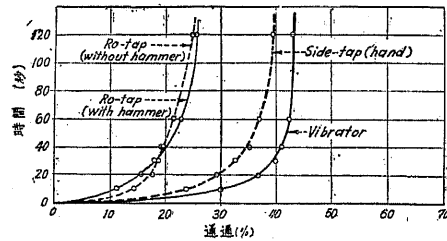
にする試料は篩分時間を著しく異にし篩の網目が損傷を受くるから正確なる結果を求むるには試験毎に網目を検査する事が必要だと論じてゐる。

b. 篩分を行ふ場合に (a) 振盪器 (Ro-tap) の側面を糯くか否か (b) 単に篩網の側面を手で糯くか (c) 振動器を用ふるかによつても異なる。第 14 圖に示すが如し。

第 14 圖

篩分方法の比較

(Chemical & metallurgical Eng. 1929 August.)



c. 角形孔を有する Maschensiebe の對角線の長と等しき徑を有する圓形孔篩 Lochsiebe とに就て篩分せる結果を比較すれば 5mm 角形孔篩は 7mm 徑の圓形篩に比し砂利の場合その通過量

4% 少く、碎石の場合 3% 少い程度である。是等の結果からまた粒子の形状を知る事が出来る。

§ 39 粒度の性質

粒度の物理的性質及其の力學的性質に及ぼす粒度示数は幾多の要素あるが何れも實驗的に定められたものである。

I 粒度率 (Fineness modulus)

D. Abrams がコンクリート配合に関する方則を發表した際に強度に及ぼす骨材

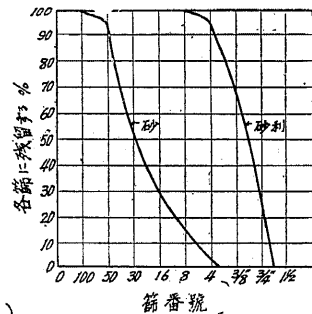
の性状を指示するものとして粒度率を定めた

第 100 表に示せる篩を用ひて骨材を篩分け、各篩に残留する % を求めて之を 100 除したる數値を粒度率と稱する。

第 105 表に示せる砂利及砂の粒度率は各 6.90 と 2.935 である。

$$\text{粒度率} = \frac{1}{100} (f_{100} + f_{50} + f_{30} + f_{10} + f_8 + f_4 + f_2 + f_1 + f_0)$$

第 15 圖



f_{100} は No. 100 篩に残留する % 以下之に準じ f_{20}, f_{10}, f_0 は各 $3/8, 3/4$ 及 $1\frac{1}{2}$ 吋目篩に残留する %

粒度率は何等物理的性質を有するものでなく單に粒度を示す曲線の包む面積を示すに過ぎないが多くの實驗はコンクリートの強度に及ぼす影響の著しきを示してゐる。

II 表面積及表面率

骨材の粒子の表面積は次の如くして算定し得られる。

$$V = \frac{1}{S} = K d^3 N \tag{1}$$

$$A = K' d^2 N \tag{2}$$

V = 容積 S = 比重 d = 邊長 N = 粒子數 A = 表面積

K 及 K' = 常數

之より $\frac{V}{A} = \frac{K}{K'} d$ 及 $d = \frac{K' V}{K A}$

従て $V = \frac{K'^3 V^3}{K^3 S^3} N$ (3)

$$A = \frac{K'}{K^{\frac{2}{3}}} \left(\frac{N}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}} = K_0 \left(\frac{N}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{4}$$

粒子が立方形の場合各粒の容積及表面積を V_0 及 A_0 とすれば骨材の表面積 A は次の如し。

$$V_0 = d^3 \quad \text{及} \quad A_0 = 6d^2$$

従つて $d^3 = \frac{1}{NS}$ 茲に N = 粒子數/gm

第 105 表

篩番號	各篩に残留する量 (%)	
	砂	砂利
No. 100	100	100
No. 50	94	100
No. 30	52	100
No. 16	29.5	100
No. 8	15	100
No. 4	3	95
$\frac{3}{8}$ 吋	0	67
$\frac{3}{4}$ 吋	0	28
$1\frac{1}{2}$ 吋	0	0
合計	293.5	690
粒度率	2.935	6.90

$$A = 6.7^2 N = 6N \left(\frac{1}{NS} \right)^{\frac{2}{3}} = 6 \left(\frac{N}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}} \text{cm}^2/\text{gm}$$

粒子が球形の場合は

$$V_0 = \frac{\pi}{6} d^3 \quad A_0 = \pi d^2$$

従つて $d^3 = \frac{6}{\pi} \frac{1}{NS}$

$$A = \pi d^2 N = \pi N \left(\frac{6}{\pi NS} \right)^{\frac{2}{3}} = (36\pi)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{N}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}} \\ = 4.85 \left(\frac{N}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}} \text{cm}^2/\text{gm}$$

邊長を l とする四面體 (Tetrahedron) の場合は次の如し。

$$V_0 = \frac{\sqrt{2}}{12} l^3 \quad A_0 = \sqrt{3} l^2$$

$$A = \sqrt{3} \left(\frac{12}{\sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} = 7.15 \left(\frac{N}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

今砂利及砂を球形とし碎石を立方形として比較すれば第 106, 107 表の如く、比面とは骨材の平均比重を 2.65 とし重量 1gm の立方形粒子の表面積 3.132cm² を単位として比較し、比粒は同様に 1gm の粒子 1 箇を単位とすれば第一列の

第 106 表

種別	篩(mm)		粒子数 (No./leg)	単粒體積 (cm ³)	平均徑 (mm)	單粒表面積 (cm ²)	表面積 (cm ² /leg)	比面	比粒
	通過	残留							
砂 利	50.8	38.2	9.46	39.80	42.4	56.38	527.02	0.168	1
	38.2	25.4	23.98	15.58	31.0	30.17	714.88	0.228	2.52
	25.4	19.1	84.27	4.41	20.4	13.12	1090.80	0.358	8.93
	19.1	12.7	220.68	1.67	14.7	6.81	1485.51	0.475	23.30
碎 石	12.7	4.76	821.84	0.45	9.5	2.85	2317.14	0.740	87.00
	50.8	38.2	14.74	25.45	42.4	56.16	818.10	0.262	1.56
	38.2	25.4	36.96	10.42	31.0	31.78	1160.89	0.372	4.16
	25.4	19.1	124.97	2.97	20.4	13.64	1684.28	0.540	13.20
	19.1	12.7	327.83	1.13	14.7	7.71	2496.32	0.798	34.60
	12.7	4.76	964.14	0.39	9.5	3.44	3281.89	1.050	102.00

第 107 表

篩番號		同寸法		粒子数 (gm)	單粒體積 (cm ³) 10 ⁻³	平均徑 (mm)	單粒表面積 (cm ²) 10 ⁻²	表面積 (cm ² /gm) 比面	比粒	
通過	残留	通過	残留							
No.4	No.8	4.76	2.38	14	27.203	3.73	43.74	6.12	1.96	1,480
No.8	No.10	2.38	2.00	55	6.925	2.36	17.57	9.66	3.09	5,810
No.10	No.20	2.00	0.84	350	1.089	1.28	5.12	17.92	5.80	37,000
No.20	No.30	0.84	0.59	1,500	0.254	0.785	1.94	29.09	9.30	158,000
No.30	No.40	0.59	0.42	4,800	0.0793	0.533	0.892	42.86	13.70	508,000
No.40	No.50	0.42	0.297	16,000	0.0238	0.358	0.400	64.01	20.50	1,690,000
No.50	No.80	0.297	0.177	40,000	0.00953	0.263	0.217	86.94	27.80	4,230,000
No.80	No.100	0.177	0.149	99,000	0.00385	0.161	0.121	120.28	38.50	10,450,000

粒子数と同一値なるが今 2 吋篩を通過し 1 $\frac{1}{2}$ 吋に残留する砂利の粒子を単位として考へその粒徑と粒子数との概念を得るに止めた、然し是等の數値は骨材の種類により相當廣き範圍に亘り變化あるは勿論である。

コンクリート骨材用篩はその相隣る篩の孔徑が 2:1 の比を有する様に選ばれて居る。之を用ひて今骨材の表面積及表面率を求むるに當り第 108 表の記號を用ふる。

第 108 表

篩	1 $\frac{1}{2}$ 吋	3 $\frac{3}{4}$ 吋	3 $\frac{3}{8}$ 吋	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100
孔徑 (mm)	38.2	19.1	9.50	4.76	2.38	1.19	0.597	0.297	0.149
各篩に止り且隣の大なる孔徑篩を通過する量%	P_0	P_1	P_2	P_4	P_8	P_{16}	P_{30}	P_{50}	P_{100}
同粒子数/gm	N_0	N_1	N_2	N_4	N_8	N_{16}	N_{30}	N_{50}	N_{100}
各篩に残留する總ての%	f_0	f_1	f_2	f_4	f_8	f_{16}	f_{30}	f_{50}	f_{100}

今篩の性質より $N_0 : N_1 = 1^3 : 2^3 = 1 : 8$ なる事を知る。

従つて $N_0 = N_0 = N_0 = \frac{1}{8^3} N_8 \quad N_1 = 8N_0 = 8N_0 = \frac{1}{8^2} N_8$

$N_2 = 8N_1 = 8^2 N_0 = \frac{1}{8^2} N_8 \quad N_4 = 8N_2 = 8^3 N_0 = \frac{1}{8} N_8$

$N_8 = 8N_4 = 8^4 N_0 = N_8 \quad N_{16} = 8N_8 = 8^5 N_0 = 8N_8$

$N_{30} = 8N_{16} = 8^6 N_0 = 8^2 N_8 \quad N_{50} = 8N_{30} = 8^7 N_0 = 8^3 N_8$

$$N_{100} = 8N_{50} = 8^2N_0 = 8^4N_8$$

表面積 A は先に求めたるが如く採れば次の如し。

$$A_8 = K \left(\frac{N_8}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$A_0 = K \left(\frac{N_0}{S} \right)^{\frac{1}{3}} = K \left(\frac{N_8}{8^4 S^2} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{K}{2^4} \left(\frac{N_8}{S^2} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2^4} A_8$$

同様に $A_0 = \frac{1}{16} A_8$ $A_1 = \frac{1}{8} A_8$

$$A_2 = \frac{1}{4} A_8$$

$$A_8 = A_8$$

$$A_{30} = 4A_8$$

$$A_{100} = 16A_8$$

従つて表面積は次式で表はし得。

$$\begin{aligned} A &= p_0 A_0 + p_1 A_1 + p_2 A_2 + p_4 A_4 + p_8 A_8 + p_{16} A_{16} \\ &\quad + p_{30} A_{30} + p_{50} A_{50} + p_{100} A_{100} \\ &= A_8 \left[\frac{p_0}{10} + \frac{p_1}{8} + \frac{p_2}{4} + \frac{p_4}{2} + p_8 + 2p_{16} + 4p_{30} + 8p_{50} + 16p_{100} \right] \\ &= A_8 M \end{aligned}$$

此括弧内の數値を表面率と稱し得る。

表面積は亦粒度率を求むる場合の篩分せる數値を採れば次の如くなる。

$$A = A_8 \left[16f_{100} - 8f_{50} - 4f_{30} - 2f_{15} - f_8 - \frac{f_4}{2} - \frac{f_2}{4} - \frac{f_1}{8} - \frac{f_0}{16} \right]$$

Ⅲ 最大密度曲線 (Max. density Curve)

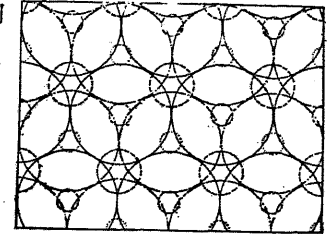
佛國フェレー (Feret) のモルタルに関する最大密度説から骨材配合の法則が立ち之に関する幾多の實驗が發表された。然し最大密度若くは最小空隙もその個々の空隙の大きさを考慮せずに單に全體としての空隙率の最小なるを目標としてゐる傾向があり、配合理論としては完璧でない、個々の空隙を小にし且全體として空隙率を少くし更に空隙が互に連続しない様な配合が必要である。換言すれば一箇の空隙には之を填充し得る最大徑の填充材を必要とし決して數個の異なる粒徑の填

充材を以てすべきでない。減じ得る空隙率は同一でもその力學的性質は著しき差庭があり茲に瀝青混合材に對する理論が存在すると思はれる。

粒子の形狀を球とし同一徑を有するものが最小空隙を得る様に配列されたる場合の空隙は $\left(1 - \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \right)$ であつて 26% を

第 16 圖

有し、徑の大小を論ぜず同一である、是等配列の空隙に内接し得る最大徑の填充球は二種あり、その内小なるもの半徑は $\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 = 0.22$ であり大なるものは $\sqrt{2} - 1 = 0.41$ である、第 16 圖第 109 表の如し。



第 109 表

項目	主球形	副球	副球	計
半徑	1.00	0.41	0.22	
粒の體積	4.170	0.2875	0.0442	
實容積	0.740	0.0443	0.0074	0.7916
配合%	93.6	5.6	1.0	
粒子徑 mm	60.	24.6	13.2	
例 mm	30.	12.3	6.6	
mm	20.	8.2	4.4	
mm	10.	4.1	2.2	
篩	No.10	No.20	No.40	
	No.40	No.100	No.200	

然し一般に粒子の形狀は極めて變化多く到底理論的に最大密度を求むる事が出来ない従つて實驗的に出されたもの多くその内有名なるものにフーラー氏曲線及グラーフ氏曲線等がある。

Fuller's max density Curve は次の如し。

$$d = p^2 M$$

d 篩の孔徑 p その篩を通過する % M 骨材の最大寸法

然るに碎石機に得たる碎石が直線式法則に従ふとすれば茲に寸法を異にする各種の碎石を配合し混合する必要がある。

IV 有効径及均等係數 (Effective size, Uniformity Coefficient)

是等は主として濾過用砂の規格として用ひられ有効径とは篩分析を行つて 10% が通過し 90% が残留する篩の孔径を測定し、之と等しき粒子を球状と考へたる場合の直径を mm で表はしたものである。

均等係數とは同様に篩分析の結果から 60% が通過し 40% が残留する篩の孔径を求め、之と等しき粒子を球状と考へたる場合の直径を mm にて表はし、之と有効径との比を云ふものである。

先に求めたる粒度率大なるものは、粗粒の % 大であり従つて表面率小となり有効径は大である、是等の數値は第 110 表の如し。

第 110 表
濾過用砂の性質

	比 重		空隙率	有効径	均等係數
	真	見掛			
最大値	2.78	1.84	0.480	0.90	2.78
最小値	2.49	1.34	0.300	0.25	1.21
平均値	2.61	1.51	0.418	0.439	1.759
規 格				0.63~0.42	2~2.5

V 粒子形状

現在粒度に関する研究は篩分析して粒径により分ちその混合割合及性状に關するに止り粒子の形状に及ばない、砂利と碎石及玉石と割栗石を單に外觀により判定し何等科學的基礎に立たないから實驗も多く一致しない。然るに形状の及ぼす影響は極めて著しく篩分の場合球形と稜角又は扁平状のものとは難易を異にし時間を異にする、先に述べたる篩分方法による相違を見るも明に知り得る。

碎石及砂利が骨材として性質を異にするは從來幾多の實驗があるが今同一配合水セメント比のもとで單に粗骨材の形状を異にするものを採り試験したるものは

第 111 表

九味川砂利 (扁平細長のものを破碎されたもの、ものを全く除去したもの)	スランプ (cm)	16.8
通常の川砂利	同	12.1
碎 石 石灰石	同	10.2
トラップ岩	同	5.7

第 111 表の如し。

天然川砂、石灰石砂及舊標準碎砂につき同一篩を通過せるものにつき性質を測定すれば第 112 表の如し。

第 112 表

項 目	石 英 質 碎 砂	石 灰 石 碎 石	川 砂
粒子の寸法篩	No.30~No.40	No.30~No.40	No.30~No.40
外 觀	立方形	稍扁平形	球 狀
粒 子 數/cc	4700	8100	9300
粒 子 數/gm	2750	2280	6360
空隙率(輕裝)	0.357	0.487	0.447
比 重 真	2.66	2.65	2.65
見 掛	1.70	1.36	1.46
息 角	36°	38°	33°
$\tan \theta$	0.73	0.78	0.65
No.30 篩分析その儘通過%	2.5	4	25.5
フローテーブルにて			
落下回数	5	12.0	45
	10	20.0	60
	15	27.0	70
	20	34.0	78
	30	46.0	86
	40	55.0	90
	50	62.0	95
合計	2,585	5.28	6,655
平均径 mm	0.515	0.40	0.39
稜角係數	5.41	2.72	1.34
不整形係數	3.56	4.40	1.57

不整形係數 (Irregularity Coefficient) は球形に對する粒形の扁平又は細長なるか否かを表すものと定めたもので石灰質砂の如き扁平形碎石は大であり石英砂の如き立方に近きもの之に次ぎ川砂が最も小であり丸味なるを示す。

稜角係數 (Angularity coefficient) は球形に對する粒形の稜角性を表はすものとして石英砂の如きものが大であり石灰石のもの之に次ぎ川砂は最も小である。

VI 含水膨脹 (Bulking)

之は骨材の本質的のものでなく単に使用に際し考慮すべき二次的性質である。主として細骨材に對する重要な性質で乾燥砂がその間隙に含水すれば表面張力により容積膨脹をなすが間隙の全部を水で充たさるれば空氣の代りに水で置換したに過ぎないから容積は變化しない。然し始めの状態は充分搗固めたる状態にあるべきで若し輕盛の状態では粒子が互に支持し空隙多く含水により是等粒子配列が異り締め固められた状態となり容積が減する事がある。

搗固めたる場合の含水容積膨脹は一定含水量で最大となり更に増せば容積減ず。最大膨脹を與ふる含水率の場合を飽和 (Saturated) と稱し總ての間隙に含水せる状態を溢水 (Inundation, flooding) と稱し通常含水率 20~30% の場合に起る、その含水性状は第 113 表の如し。

第 113 表

砂種	項目	締固めたる状態	輕盛の状態にて含水率 (%)								
			0	1	2-1/2	5	7-1/2	10	15	17-1/2	20
(2.65)	容積膨脹率%	0	8.5	18.2	30.3	41.8	35.2	33.9	26.6	0	—
	重量 kg/m³	1,840	1,700	1,580	1,460	1,370	1,470	1,520	1,680	2,170	—
	同乾燥せる砂の分	1,840	1,700	1,560	1,420	1,310	1,365	1,380	1,460	1,840	—
同 (2.30)	容積膨脹率%	0	5.82	15.2	34.5	43.3	41.0	38.6	24.6	—	2.3
	重量 kg/m³	1,730	1,630	1,510	1,325	1,270	1,320	1,380	1,600	—	2,015
	同乾燥せる砂の分	1,730	1,630	1,500	1,295	1,210	1,230	1,250	1,390	—	1,700

容積膨脹は粒子の大きさにより大に異り細粒のもの影響大である。第 113 表第 17 圖に示すが如し。

第 114 表

含水率%	容 積 膨 脹 率 (%)				
	粒 子 の 大 小				
	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100
2	7	9	12	28	38
5	7	10	13	45	58
10	6	8	14	52	60

之を最小自乗法を用ひ次の如く表はし得。

篩 No. 16 の砂 $b=5.900\{\omega+4.325-\sqrt{1.870+2.22\omega+1.257\omega^2}\}$

篩 No 30 $b=10.131\{\omega+6.826-\sqrt{46.60+7.13\omega+1.22\omega^2}\}$
 同 No. 50 $b=35.399\{-\omega-7.06+\sqrt{49.81+14.12\omega+0.738\omega^2}\}$
 同 No. 100 $b=7.092\{-\omega-2.08+\sqrt{4.34+48.16\omega-0.481\omega^2}\}$

b = 容積膨脹率 % ω = 含水量 %

骨材の含水量を實際に測定する方法は種々あるが、今一例を挙げれば次の如し。

p = 乾燥砂に對する含水

量の重量 %

V_w = 濕砂の排水量 cm^3

V_a = 乾燥砂の排水量 cm^3

W = 濕砂の重量 gm

W_a = 乾燥砂の重量 gm

之より $W = \left(1 + \frac{p}{100}\right) W_a$

W_a の乾燥砂の實容積

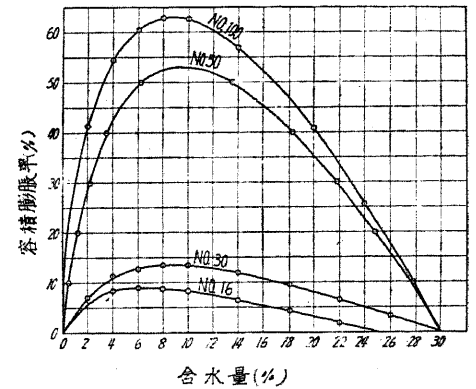
$= V_a \times \frac{W_a}{W}$

$V_w = V_a \frac{W_a}{W} + \frac{p}{100} W_a = W_a \left\{ \frac{V_a}{W} + \frac{p}{100} \right\}$

故に $V_w = \frac{W}{1 + \frac{p}{100}} \left\{ \frac{V_a}{W} + \frac{p}{100} \right\}$

之より $p = 100 \frac{V_w - V_a}{W - V_w}$

第 17 圖



第七章 石材試験法及其の意義

§ 40 概 説

石材とセメントは古來主要材料であるがその性質の研究試験は從來異なる進路をとりセメントは多年製造業者及使用者共に多大の關心を有し工學的價値を表示すべき方法に多くの考慮が拂はれ之が標準化され尙その結果を製法の改善と施工に

當りてもその性質に應じて使用すべき考慮に資するに至つた。

然るに石材試験は之と異り久しく満足なる方法を得なかつた。Gilmore の始めて行へる方法が今日も基礎となりその後物理的性質の試験は著しき進歩なく只力學的性質に関しては研究の範圍が廣くなりその内特に著しきは機械的作用に對する耐久性に關するもので主として鋪裝材料としての要求である。

近代交通の發達に伴ひ路面工法一新し、その材料の性質試験は特に技術家にとつては絶對的のものとなるに至つた。此の研究は始め佛國に始り同國では羅馬時代の道路が厚 50 cm の鋪裝を有し多く石塊鋪裝であつたが中世紀に全く顧みず 1775 年 Tresquet が碎石道を創案し厚 25 cm とし續て Telford 及 Mc Adam が改良を加へ厚 20 cm とし現代鋪裝の基を作り當時に於て道路問題を解決したと考へたが自動車の發明によりその破壊作用に耐へずして再び今日の困難なる路面問題が起り同時にその合理的工法と材料の研究とが強調さるゝに至つた。

道路材料試験は佛國に於て 1860 年頃より行はれ Ecole nationale de ponts et chaussées にてドウバル Deval が始めて 1878 年に磨削試験 (Abrasion test) を創定し、その結果に基き石質の種別を 20 に分ち、交通量と磨耗硬度との關係を研究し全國の道路も 20 級に分ち、路線に應じて使用すべき石質を定めた。

此種の試験設備は佛國に於て 1875 年頃から始めて行ひ獨逸に於ては 1884 年ミュンヘンに於ける試験方法統一に關する第一回會議に於て採用し、米國は 1893 年マツサチューセツト州道路局が Laurence scientific school of Harbard University に設備し 1900 年に至り Bureau of chemistry of department of agriculture が之を設備し 1905 年之を道路局に移管した、英國は Hornsey の縣技師 E. T. Lovegrove が佛國の試験方法と類似せる Rattler attrition test を行つて居たが 1911 年にロンドン郊外テツデングトンの國立理學試験所 (National physical laboratory) の工學部に是等の試験設備を行つた。

本邦に於ては 1922 年内務省土木試験所及東京市道路試験所を設立し、是等の試験設備を行つてゐる。

各國共に試験に關する標準方法を定めてゐるが本邦は内務省土木試験所報告

No. 8 に於て定められた。

然し是等の試験方法は工學的性質の一部を測定するに過ぎずして科學的性質を明かにするものでない。近年科學の發達に伴ひ更に進歩せる方法が考案さるべきである。従つて現在の試験に於てはその試験方法の意義を明にしその結果に就いて相當の考慮を必要とするものである。

試験は §4 に述べたる基本的性質に基きて行ひ次に二次的性質に及ぶべきである、試験項目は次の如きものがある。

- (1) 組成成分及組織 (a) 肉眼的顯微鏡的検査 (b) 化學組成成分
- (2) 密度 (a) 比重、眞及見掛 (b) 氣孔率
- (3) 物理的及化學的耐久性 (a) 吸水率 (b) 溫度係數 (c) 耐火及凍結反覆試験 (d) 化學的抵抗 (e) 褪色試験
- (4) 力學的性質 (a) 耐壓、抗張、抗曲、抗剪試験 (b) 彈性係數及ポアソン比
- (5) 機械的作用に對する耐久性 (a) 磨耗硬度 (b) 磨損率 (c) 靱性 (d) 締合力 (e) 反覆荷重試験
- (6) 可工性

試験方法は卷末にある標準方法に譲り、今主なるものにつき主としてその試験の意義を述べる。

試験結果は一般に一致せざるもの多いから、材質の一般的性質を表示するに足るべき代表的試料を採り、常に數個の數片につきて試験を行ふ事が必要である。これ工學的試験の特質である。

彈性限界を超えたる場合の性状は之を力學的に求むる事が困難であるから之を總て實驗數値に求め是等の關係を實驗式により歸納するは材料試験の原則と信ずるが多くの實驗は個々の場合の結果を擧ぐるに過ぎずして未だ實驗式を導き得ないものが多く將來研究の餘地の大なるものがある。

§41 岩石學的及物理的性質

組織及石理の肉眼又は顯微鏡による鑑別は組成礦物その性質粒子の大きさ緊合狀

態風化の程度等を知るに必要で石材としての總括的判斷の基礎となるものである。

化學成分の検査は鑑定の際疑問の鑛石を検出して鑑別に資し又風化を受け易き酸化鐵又は石灰分等の割合を知り更に特殊の成分の有無を知り得るものである。

物理的性質はその力學的性質及耐久性に及ぼす要素として考へらるゝものは重要であるが然らざるものは單に總括的概念を與ふるに過ぎない。色調は裝飾用材として重視すべくその時間的保存性は岩石學及物理化學的耐久性から考ふべく密度は總括的概念を與ふる重要な要素で次の方法で測定する。

(1) 見掛比重 (Apparent specific gravity) は石材の含水分を除き氣孔を有する儘の状態に測定す通常 $100^{\circ}C$ より幾分高き温度で重量の變化なき迄乾燥して行ふべく高温に過ぐれば石質を損する虞がある。

試料は空中及水中にて秤量し、次式から比重を算定する。

$$\text{比重} = \frac{W_a}{W_a - W_w}$$

W_a = 空中に於ける重量 W_w = 水中に於ての重量

此の場合正確を期する爲に試料の表面にパラフィンワックスの被膜を作り、之を是正して比重を算定する、本邦標準方法 (2) にある。

(2) 眞比重 (Specific gravity, true) 氣孔を含まざる岩石の比重は乾燥せる試料を粉碎して粉状となしルシヤテリー比重蠟等を用ひて測定する。之と見掛比重とから氣孔率を算定し得られる。

是等の試料の大きさは各國一定しないが、獨逸では 4 cm 立方又は碎石の如きものは 50 cc をとり、眞比重を求むるには 30 gm をとり 900 孔篩を通過するもので行つてゐる。

§ 42 力學的性質

構造物設計に用ふる主要要素で材料の選定寸法決定の基礎的條件である、一般に強度及弾性係數ポアソン比等を決定するが後者は設計に用ふる材料の二次的性質である。

(1) 耐壓強度

試験體は通常立方體又は圓筒形を用ふ、此種試験は各種の要素が加味されて材料本質の強度を表はさない場合が多い。試片の大きさに係らず強度は同一なるべきであるが一般に大なるものは荷重中心が偏倚し易く小なる試片が強度大なる結果を示す、第 115 表に示すが如し。従つて大きさを一定し本邦は 5 cm 立方獨逸は 6 cm 英國 4 吋立方を用ふ。

岩 石	石目に直角なる方向		石目に平行なる方向	
	5cm立方	20cm立方	5cm立方	20cm立方
片 磨 岩	1,395	821	1,096	985
砂 岩	721	540	565	315

試片の加壓を受くる上下両面の状態は強度に影響を及ぼし Foeppl の行へる試験では此の部分にステアリンワックスでグリーズして強度が著しく減じた。試片の表面の粗状に應ずる爲に木板を置いて壓力を分布せしむるも誤差多く石膏を塗布して比較的良成績を得てゐる。

試験は試片が荷重を受けて始めて裂目を生じたる際の強度と最後強度とを測定する。

荷重を受けたる場合の試片の内部に於ける剪力は $p_i = \frac{p \sin \theta}{2}$ である。茲に p は壓力強度、 θ はその面の水平となす角とする。従つて最大 p_i は θ が $\frac{\pi}{4}$ の場合であるが此面に於ける摩擦を考ふれば $\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$ である。茲に摩擦係数を μ とすれば $\tan \varphi = \mu$ である。故に破壊面を試片の高さの中に於て正しく生ぜしむる爲には、高さを幅以上とするを要する。

(2) 抗曲試験

石材に對しては耐壓強度に次ぎ重要で桁椽板石の如き抗曲材に對しては基本的性質で然らざるものも地震又は不均一なる沈下により抗曲強度の不足から破壊を生ずる場合が多い、従つて耐壓と同時に之を試験する。通常その面を小叩仕上とし試片の影響による結果の不同を避くべきである。

(3) 抗張試験

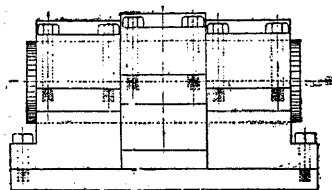
石材は耐壓強度が極めて大でその特質を現すが抗張強度は極めて少い、石材は常に耐壓材として使用するがその破壊の際の状態を考ふれば抗曲強度の小なるに起因する場合が極めて多い、故に抗曲強度を測定する前提として抗張強度の試験を行ふ。一般に張力のみが作

用し得る様に抗張材の頸部を狭くし此部分には水磨を行ひ張力試験機で行ふ。

(4) 抗剪強度

一般には第 19 圖の如き方法をとるも獨逸 Gaber が花崗岩で行へるものは第 20 圖の如くその加壓鐵板は何れも幅 3 cm を用ひた。

第 19 圖



抗剪試験

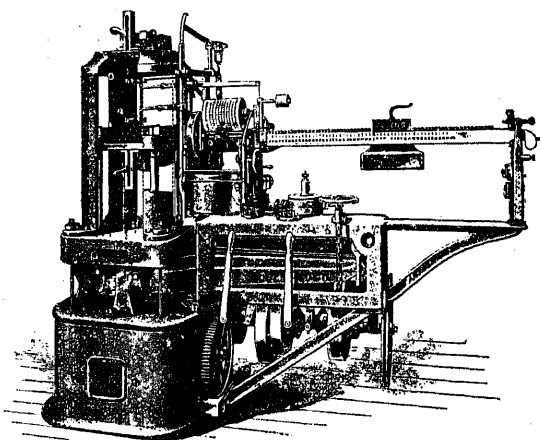
(5) 弾性係數

土木構造物の設計に用ふる基本的性質である、變形量の測定は Micrometer, Dialgauge を用ひ又はレバーを用ひて擴大して測定し若くは Mirror micrometer を用ふ是等の測定の正確さは將來材料研究に當り新しい生面と考へられ、各國共にその正確を得んと努力しつゝある。

耐壓試験の際の試片の變形量を測定する場合を考ふるに、強度大なる結果を示

第 18 圖

Universal Testing machine



す場合は試片の變形が各部分とも均一なる場合であり若し試片の一侧の變形量と他側のそれとの差が次第に増大するに至れば荷重はその試片の全斷面に均一に分布されざるを示し、強度の小なる結果を表すものであり、かゝる場合はその材料の強度を正しく示さずして只試片の形狀及試験の狀態が著しく影響するから單にその形狀を有する試片がその試験の際に有する強度である。従つて強度試験の正確を期するには常にその變形量を測定しなくてはならない。變形量を測定して弾性係數及び彈性限界を求むる事が出来る。

§ 43 物理的作用に對する耐久性

石材が受くる物理的性質の變化は主として氣象作用の影響によりて現はるゝものである、此作用に對する耐久性は次の如き方法によりて測定し得る。

(1) 吸水率

石材の吸水は、表面の間隙内部の氣孔の大きさ及びその配列が連続せるか否かにより異り更に水頭溫度その表面張力等により異なるものであるから、後者の外的水の力を一定に保つを要し、石材の氣孔の大きさその配置等が吸水性に對する抵抗力を知る爲に吸水率測定試験は標準方法 (2) に基き 3 日後の吸水率を規準とする。獨逸にては水を試料の高さの 1/2 迄入れ、2 時間後に 3/4 迄入れ、20 時間後に全部入れ、吸水量 (Wasseraufnahme) は始め 24 時間後及その後 24 時間毎に測定し試料の原重量に對する % 及同容積に對する % で表してゐる。

急速試験としては試料を入れたる水の表面張力を減ずる爲に之を沸騰點迄熱して 5 時間之を繼續して行ふ。

(2) 冷凍法 (Alternate freezing and thawing, Frostbeständigkeit)

吸水量が冬季に於て凍結する場合の及ぼす影響を直接に測定するもので試料を吸水飽和せしめた後に 0°C 以下の溫度にて冷凍し一定時間を経て取出し更に同様の操作を反覆して行ひ、一定回数後に重量の損失を測定し又は強度試験を行ひ強度の減少を測定するものである、英國にては -10°C ~ -20°C の溫度に 4 時間宛冷凍せしめ 10 回之を反覆し、獨逸にては 0°C にて 6 時間 -15°C にて 2 時間保ち、25 回之を反覆して行ふ。本邦は大藏省に於て 2.5 cm 立方體を -10°

〜 $-15^{\circ}C$ に 4 時間保ち之を $+15^{\circ}C$ の水中に 4 時間入れ、25 回反覆してその結果を觀測した。

(3) 溫度係數及耐火試驗

溫度係數の影響を考ふるに一日中及一年中の氣溫の變化に伴ひ常に石材組織をなす結晶粒の膨脹收縮をなし、その間の締合力を弛緩せしめ、遂に氣孔間隙を生じ吸水し凍結作用を受けて崩壊を促進するが故に物理的作用に對する耐久性を指示するものと考へらる。更に石材は高溫度に達すれば次第に變質し組織内の締合力を失ひ強度減少し、遂にシッター化し崩壊するに至る。

試料をマツフル内にて試料の内部と表面との溫度を可及的均一なる様に徐々に加熱し、石質の變化を刻々に検査し、必要を認むれば取出して他種の試験を行ふものである。

§ 44 化學的作用に對する耐久性

氣象作用及地下水、工場廢水等の含有する化學成分は § 21 に記述したが是等のものが土木材料に及ぼす影響は常に促進試験 (Accelerated test) によりてその主なる成分に就て行ふ、例示すれば次の如し。

(1) 炭酸

空中の炭酸瓦斯が石材を分解する程度を測定する方法で大工業地域に於て起り易き作用を見るものである、約 2.5 cm 立方形の試料を重量の變化なき迄乾燥した後冷却し炭酸を飽和したる氣筒の上に吊り下げその腐蝕作用を受けしめ 7 週間の後に取出し清水で洗滌して再び秤量し重量の損失を % で表示する。之にウイルバー (Wilbar) 氏法もある。

(2) 炭酸ナトリウム及鹽酸

骨材の如き試料に對しては 10 gm のもの 5 箇を選び、之を粉碎して篩 No. 80 を通過せしめ、之より 5 gm を重量の變化なき迄乾燥し之を 5% の Na_2CO_3 の溶液 100 cc に入れ、之を 30 分間加熱沸騰せしめ之を濾紙で濾過する、殘留したものは温水で洗滌し濾過したものは稀鹽酸を加へて酸性とし、之を加熱蒸發せしめ更に稀鹽酸を加へて後蒸發せしめ二回操作の後 $120^{\circ}C$ の溫度で約 1.5 時間

乾燥し之に清水 100 cc を加へよく攪拌して濾過しその殘留物を温水にて 5-6 回洗滌す。

濾紙上の殘留物は乾燥し之を秤量し原重量に對する % を求め之よりその損失 % を算出する。

(3) 褪色試験

石材が變色するは空中の酸素及各種の酸の作用により分解を受くるが爲で表装用切石に對し美觀を失ふ虞れあるものは是等の作用に對する直接試験を行ふ。即ち鹽酸硝酸その他の濃溶液を入れ密閉せる器中にその氣體を飽和せしめ試料を此中に支持し數週間その作用を受けしめ、變色の程度を觀測する。

§ 45 機械的作用に對する耐久性

交通車輛の車輪が路面に及ぼす作用は極めて苛酷であつて鋪裝材料の彈性限度を超ゆる場合多く従つてその受くる作用に對する抵抗性を比較する爲に特殊の試験を行つてゐる、即ち (1) 衝擊作用に對する抵抗性として靱性 (2) 磨耗作用に對する抵抗として硬度 (3) 骨材粒子の衝擊による磨損 (4) 骨材が粉碎されたる場合のその石粉の締合又は凝集力等を試験する、是等は何れも石質の彈性限界を超ゆる場合に於ける機械的作用に對する性状である。然るに是等の試験に於て受くる機械作用は車輪が路面に與ふる作用とはその質が軌を一にせず量に於ても著しく異なるから直接に路面材料としての實際的數値を示し得ず、單に總括的概念を與へ相關的數値を與へるに過ぎない。従つて實際車輪の作用に對する工學的價値を求める爲に模型道路試験機があり更に試験道路の工法が必要である。此爲に英國國立理學試驗所、獨逸スツツトガルト工科大学及米國アーリントン道路試験所及内務省土木試験所、大阪市工業研究所に Model road tester がある。

斯くの如き機械的作用に對する耐久性試験は其の試験の性質及意義を明かにして始めてその結果に對する正確なる判斷を得る事が出来る。

§ 46 硬 度 (Hardness)

硬度は次の如き測定法がある。

(1) 穿入 (Indentation) プリネル硬度

- (2) 引き掻き (Scratch) モース及ロツクウエル
- (3) 反撥 (Rebound) ショー
- (4) 摩擦 (Sliding)
- (5) 廻轉 (Dry rolling)

鋪装材料に對しては摩擦作用による磨耗性硬度 (Abrasive hardness) の測定法を用ひて居る。

I ドーリー硬度 (Dorry Hardness)

交通車輛の輪帶の磨耗作用を受けて路面の粒子が破壊し磨耗するに對する抵抗性を測定するものである、英國では Abrasion test と稱してゐる。標準試験方法 7 に則り、試験片を固定し磨耗作用を起す磨耗用石英砂が試片面で摩擦作用を行ひ砂自身も次第に粉碎さるゝも同時に試片もその面に於て磨耗を受け、一定量の摩擦働に對する磨耗量を測定して之から硬度を定めるものである。石材の磨耗は磨耗用砂粒が摩擦しつゝ石材面を運動するに伴ひ、その運動の勢力が一部摩擦に打克ち一部試片に熱として吸収され爲めに溫度昇り粒子が締合を緩められ剪斷され或は彎曲破碎されて磨耗を生ずるものである。従つて硬度に影響を及ぼす要素を一定條件に保つ爲に耗磨用砂の石質粒度を定め、與ふる働を一定にして結果を表示してゐる。

硬度は次式により定める。

$$H = 20 - \frac{W}{3}$$

W 標準試験機で 1,000 廻轉に於ける試片の磨耗量 gm H 硬度

此式に於て 20 は佛國に於て鋪装材料の品質を 20 等級に分てるを以て之より定め、W を 3 除せるは硬度數が負値をとらざる爲に定めたに過ぎない。

岩石の硬度はその組成礦物の硬度、粒形及大き配列及締合材により異り均齊でないから R. M. Raymond が行へる次の計算によりて之を計算し、是等とドーリー硬度とを比較すれば第 116, 117 表第 21, 22 圖の如し。

$$\text{硬度} = \frac{\sum(\text{各組成礦石の}\%) \times (\text{その礦石のモース硬度})}{100}$$

此硬度は含有珪酸分の % に伴ふて増減し、之とドーリー硬度は略比例す。鑛山

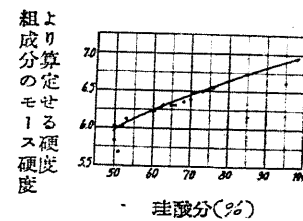
工學に於ては Raymond が之をまた鑿岩機の可工難易性を表すものとして求めてゐる。

第 116 表

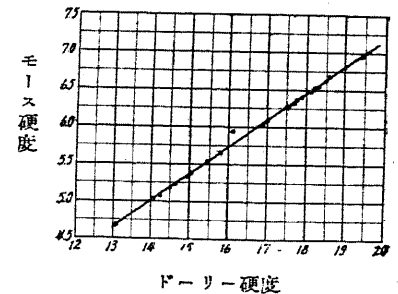
組成分と硬度

岩石	珪酸分(%)	組成分より計算せる硬度	岩石	珪酸分(%)	組成分より計算せる硬度
珪石	98	6.95	閃長片麻岩	66	6.31
石英岩	95	6.63	閃長岩	66	6.30
流紋岩	76	6.55	橄欖岩	42	6.28
花崗岩	74	6.54	閃綠岩	62	6.26
花崗片麻岩	73	6.51	輝石安山岩	60	6.25
黑雲母花崗岩	71	6.49	安山岩	62	6.17
閃綠岩	70	6.40	斑縞岩	53	6.14
石英モンゾナイト	68	6.37	砂岩	—	6.13
石英安山岩	69	6.35	閃綠片麻岩	58	6.11
粗面岩	65	6.33	長石質石英岩	—	6.10
石英閃綠岩	66	6.31	玄武岩	50	6.09
輝綠岩	52	6.04	黑雲母片麻岩	—	5.92
斑縞片麻岩	50	5.83	角閃片麻岩	—	5.80
輝岩	51	5.67	角閃片岩	—	5.60
黑雲母片岩	—	5.50	石灰質砂岩	—	5.41
雲母片岩	—	5.20	石灰岩	—	3.70
大理石	—	3.20			

第 21 圖



第 22 圖



II バウシinger (Bauschinger's abrasion and attrition test)

之はドーリー硬度と類似せる方法で磨耗量を測定するものである。試片は廻轉

第 117 表

岩 石	ドーリ -硬度	組成分硬度より計 算せるモース硬度	岩 石	ドーリ -硬度	組成分硬度より計 算せるモース硬度
珪 石	19.4	6.95	黒雲母花崗岩	17.9	6.41
石 英 岩	18.9	6.77	玄 武 岩	17.8	6.38
角閃花崗岩	18.6	6.67	花崗片麻岩	17.7	6.34
長石質石英岩	18.5	6.63	斑 糲 岩	17.7	6.34
流 紋 岩	18.3	6.55	角閃片麻岩	17.6	6.30
花 崗 岩	18.3	6.55	角 閃 石 岩	17.5	6.27
輝 綠 岩	18.3	6.55	安 山 岩	17.0	6.09
輝石閃長岩	18.3	6.55	角 閃 片 岩	17.0	6.09
閃 綠 岩	18.2	6.52	雲 母 片 岩	16.9	6.05
粗 面 岩	18.1	6.48	黒雲母片麻岩	16.1	5.95
閃 長 岩	18.0	6.45	石灰質砂岩	15.8	5.66
綠泥片岩	15.4	5.52	粘 板 岩	15.0	5.38
白 雲 石	14.9	5.34	長石質砂岩	14.6	5.23
砂 岩	14.4	5.16	橄 欖 岩	14.2	5.09
石 灰 石	14.1	5.05	大 理 石	13.1	4.69

する圓板上に於て 50 cm の半徑の部分に固定し、一定荷重で之に壓力を加へ、磨耗促進劑として (Abrasive charge) No. 3 エメリーを 1 廻轉毎に 2 gm 宛加へ、板は 20 廻轉/分 の速度で之を廻轉せしめるものである。

主としてモルタル板コンクリートに之を用ふ、結果はドーリーと略類似してゐる。

Ⅲ ラブグローブ氏法 (Lovegrove rattler test)

英國法で Deval に準じその磨耗率の關係は次式の如し。

$$\frac{40}{D_a} = \frac{75}{L_a} \quad \text{及び} \quad \frac{40}{D_w} = \frac{155}{L_w}$$

D_a, D_w ドウバル法の各乾燥及濕潤状態の磨耗率%

L_a, L_w ラブグローブ法の各乾燥及濕潤状態の磨耗率%

Ⅳ 噴砂法 (Sand blasting)

石造構造物の表面が磨耗を受くるは飛散せる砂の爲に起るが故に之を測定する爲に之と同様なる作用を與へるものとして噴砂法がある。

石材の面を水磨せるものにマツシューソン噴砂機を用ひて、一定距離 (10 cm とする) から、一定壓力を以て石英砂を噴射せしめ一定時間の後その面の磨耗量を測定するものである。之は通常石英砂 64 mesh/cm² のものを用ひ、5 分間之を行つてをる。Gary の行へるものは試片表面積 50 cm² 噴射口徑 6 mm のものである、第 118 表の如し。

第 118 表

ガーレー及噴射法による磨耗量

岩石	耐壓強度 (kg/cm ²)	磨耗量 (mm)		
		ガーレー法	噴 射 法	
		石目に直角 同平行		
玄武岩	2750	1.07	0.61	0.62
花崗岩	1510	1.04	0.94	1.32
片麻岩	1500	2.01	1.42	1.14
斑 岩	1260	1.72	1.17	0.91
硬砂岩	1115	2.16	1.50	1.47
砂 岩	470	3.40	3.95	2.98
粘板岩	528	5.95	1.85	2.08

§ 47 衝撃抵抗 (Impact resistance)

石材の衝撃作用に對する抵抗性を測定するは路面が鞍馬の蹄鐵及車輛の振動による不斷の打撃を受くる場合及岸壁隅石笠石等に對する抵抗性の相隨的數値を求むるものである。

衝撃抵抗の測定には常に杭打機と同じ工法により打撃を反覆して加へ、破壊するに至る迄行ふものである。

I 靱性 (Toughness)

石質の有する衝撃抵抗を測定するもので、各國共その標準方法を Page 衝撃試験機によつて測定し、米國では 1908 年 ASTM に於て採用した。

試片は徑 2.5 cm 高さ 2.5 cm の圓筒形で、重量 2 kg の錘を高 1 cm より始め順次 1 cm 宛増して落下せしめ遂に破壊さるゝ迄行ふもので、その破壊された際の高さで靱性數を表示するもので、高さの cm 數と落下の回数とは常に同一である。

靱性は衝撃作用によりて岩石の組成鑛石の相互の締合を失ひ、又は組成鑛石が破碎せらるゝ場合の抵抗を表示するものである。

各種岩石に就て行へる試験結果を磨損係数と共に擧ぐれば第119表の如し。

第 119 表

岩 石	靱性	靱性比	磨損係数比	岩 石	靱性	靱性比	磨損係数比
輝 綠 岩	25	2.8	2.28	石 英 岩	17	1.9	1.51
玄 武 岩	20	2.2	1.80	角 閃 片 岩	16	1.8	1.14
長石質石英岩	20	2.2	1.73	輝石閃長岩	15	1.7	1.51
輝石石英岩	19	2.1	1.73	斑 綱 岩	14	1.6	1.66
角 閃 岩	19	2.1	1.80	石灰質砂岩	14	1.6	1.20
分解輝綠岩	19	2.1	1.93	角 閃 片 岩	14	1.6	1.35
流 紋 岩	19	2.1	1.35	綠 泥 片 岩	14	1.6	1.16
安 山 岩	18	2.0	1.28	角閃花崗岩	13	1.4	1.31
分解玄武岩	18	2.0	1.66	長石質砂岩	13	1.4	0.81
閃 綠 岩	17	1.9	1.66	花 崗 岩	12	1.3	1.35
粘 板 岩	17	1.9	1.14	珪 岩	12	1.3	0.54
橄 欖 岩	11	1.2	1.25	黑雲母片岩	11	1.2	1.09
砂 岩	10	1.1	0.81	花崗片麻岩	10	1.1	1.10
雲母片岩	10	1.1	0.93	黑雲母花崗岩	9	1.1	0.93
石 灰 石	9	1.0	1.00	白 雲 石	9	1.0	0.91
黑雲母片麻岩	8	0.9	0.86	大 理 石	6	0.7	0.88

(備考 比は石灰石を單位とす)

II 衝撃抵抗

靱性の試験は單に石質に関する衝撃抵抗の相關的數値を測定するものであるが石材の大きさを考慮に入れば靱性の絶對的數値はまた工學的價值を異にする。故に石質の靱性値とその石材の大きさを考慮したる場合の衝撃抵抗を測定する事が必要である。

III 稜角衝撃抵抗 (Kantenstossfestigkeit)

獨逸法で磨削試験に準ずるものである、試料は徑 6 cm と 4 cm の圓孔の間のも 5 kg をとり之を長 600 mm 徑は夫々 250 及 187 mm のトロンメルに入れ 52 廻轉/分の速さで 30 分間廻轉し、その間に衝撃を與へしめ残留せるものを 7 mm 圓孔篩で篩分けて稜角衝撃抵抗とするものである。

§ 48 磨損率及磨損係数

鋪裝石材の代表的性質の一で衝撃と磨耗とを同時に與へて、その抵抗性を測定するものである。巴里 Ecole nationale de ponts et chaussees 第二材料試験所で Deval が創始し Deval 試験とも稱する。

可及的均一の立方形碎石を 50kg, 50 箇をとり、之を廻轉軸と 30° 角に取付けたる鑄鐵製圓筒に入れ、速度 30~33 廻轉/分で一萬廻轉行ひ、碎石が底より底へまた側壁に投出され、各粒子が衝突摩擦して衝撃磨耗を受けその間に生ずる磨耗量は 0.15 cm 以下のものを篩出して磨損率 % として求め、尙次式により、磨損 (耐久) 係数を算出する。

$$\text{磨損(耐久)係数} = 20 \times \frac{20}{W}$$

W は原重量 1 kg に對する磨損量 gm

磨損係数は一般に French coefficient of wear と稱せられ、佛國に於て試料 1 kg に當り磨損量 20 gm の石材を基準として之を佛國磨損係数 20 と定め、之よりある岩石の係数 w はその岩石 1 kg の磨損量 W と反此例して増減するものと定めたのに基く。而して佛國で基準石材を 20 と定めたのは、道路の交通量その他の關係から路面の等級を 20 に分ち、石材を 20 級に分ちて路線に應ずる石材の標準を定めたのに始まる。

上式はまた次の如く變形する事が出来る。

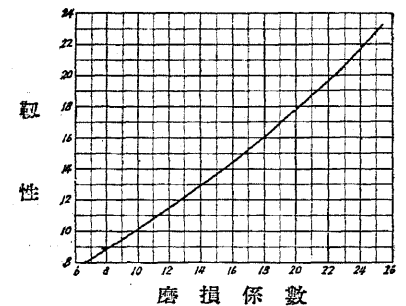
$$\text{磨損係数} = \frac{400}{W} = \frac{40}{w}$$

w は磨損率 %

磨損係数は衝撃抵抗と磨耗抵抗とを併せて表示するものであるが、今靱性との關係を求むれば第 23 圖の如し。

此試験に於て試片の形狀の一定せざる事と、石粉の掃作用の影響ある事及比重小なる石材は大なるものより衝撃小なる等幾多の缺點があり、鋪裝用として用ひらるゝ場合に車輪の及ぼす作

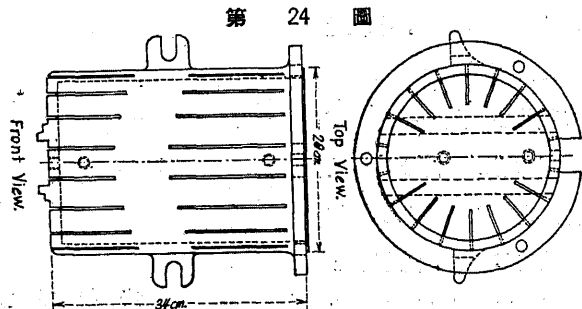
第 23 圖



用は常に變化なき事實に鑑み幾多の改良が施された。

(1) 試片の形状は立方形なるべきを規定してゐるが、各國共に素碎石より適當なる大き及重量のものを選ぶもの多きが故に此形状による影響が極めて大である。本邦に於ては人工破碎をなして立方形に造るが故に磨損率少く表はれ、英及佛國は素碎石より採りて結果の正確ならざる場合少くない。米國道路局では之を避くる爲にナイフェツデ上に石材を載せ 20,000 封度の錘を用ひて試片を立方形に切りて作る Former を用ひてゐる。

(2) 試料を入れたる圓筒形の廻轉に伴ひ次第に各粒子が衝撃及磨耗を受け石粉を生じ、之が衝撃に對する褥作用(Cushioning)をなし、次第に衝撃作用を遞減するに至る。殊にその影響は軟石に於て著しく第 120 表に示すが如し。従つて試験を通じて衝撃量を略一定に保つ爲に圓筒の側面に隙間(Slit)を作り、生ずる石粉を常に除去しつゝ行ふ方法は米國道路局試験所及ボストン市ワーレンブラザース會社のパーキンス氏によりて試みられ、後者は軟石に對しては常に此試験法を用ひてゐる。道路局試験所のもは第 24 圖の如く圓筒形の周側に幅 $\frac{1}{16}$ 吋の Slit を $1\frac{1}{2}$ 吋の間隔に設け隙間の長さは圓筒の全長に亘らないで最長 $5\frac{3}{4}$ 吋と最短 $2\frac{3}{4}$ 吋とに二つにした、ワーレンブラザース會社に於ては試料徑 1~ $1\frac{1}{2}$ 吋の試片 50 箇重量 1kg をとり、邊長 8 吋の立方形鋼鐵函に入れ、函の八隅に各 $\frac{1}{4}$ 吋の孔を穿ち、廻轉中生ずる石粉を除去し毎秒 1 廻轉の速度で 1,000 廻轉行つてゐる。此場合の磨損率は標準方法によるものよりも 3~6% 大である。



第 24 圖

第 120 表

種 別	准硬石	軟石	比
標準圓筒試験(10,000 廻轉)	5.28	10.3	1.95
同試験(各 1,000 廻轉毎に石粉を除去したる場合)	10.70	25.8	2.41

隙間入圓筒による試験は石粉の褥作用を除去するが故にその試験結果の均一性も得易く、誤差も少し第 121 表の如し。故に標準試験を用ひたる結果の判定に當りては是等をも考慮するの要がある。

第 121 表

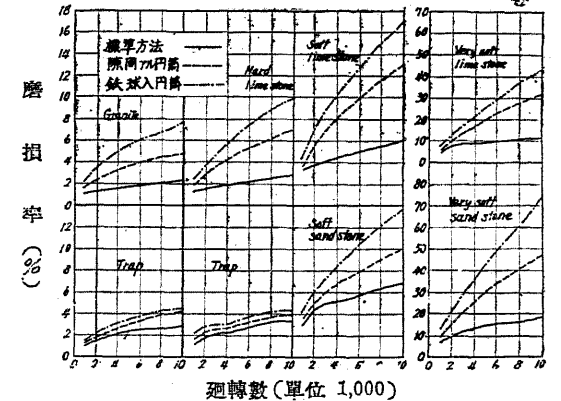
各種圓筒による磨損率(%)

種 別	標準圓筒法			隙間入圓筒法			各個試験結果による最大最小値の差	
	A	B	C	A	B	C	A	B
花崗岩	4.3	4.7	3.1	5.9	6.0	4.0	0.6	0.3
トラップ岩	2.4	2.7	—	3.1	4.2	—	0.7	0.3
石灰石	6.3	10.2	—	12.2	29.4	—	1.5	0.6
砂 岩	6.5	—	—	13.2	—	—	1.2	0.3
平 均							0.8	0.3

(A. S. T. M. Proc. 1920. P 279)

(3) 比重小なる石材は比重大なるものより相互の受くる衝撃量が小なるも交通荷重の及ぼす影響は是等に對して同一であるから此外力の條件を一定に保つ爲に圓筒形に鐵球を試料と共にに入れて試験を行ふ事がある。

第 25 圖



今是等の試験結果を比較すれば、第 25 圖の如し。第 122 表は徑 $1\frac{7}{8}$ 吋鑄鐵球 6 箇を入れて行へる試験結果である。一般交通の場合には碎石の種別に係らず、車輛の之に及ぼす外力は一定であるから、その標準試験による結果の判定はまた考慮すべき事である。一般に鐵球を入れたる場合軟石に對して特にその影響が著しいものがあるが概

算的に 20% の差を認める事が出来る。

第 122 表
磨 損 率 の 比 較

種 別	標準圓筒法		隙間入圓筒法	
	その儘	鐵球入	その儘	鐵球入
石 灰 石	3.6	4.8	11.0	11.8
鐵滓 粗 狀	16.6	18.0	29.8	40.8
同 密 狀	6.8	7.8	16.8	18.0
同 粗密混合	16.7	21.0	23.6	33.0
同 最緻密狀	5.6	6.0	9.0	10.2

(A.S.T.M. proc. 1918)

(4) 試料の寸法は立方形で 100 gm のものを標準としてゐるが、此種の試料が得られない場合、若くは碎石寸法の異なるものに對する磨損率を測定する爲に行つた結果は第 123 表の如し。

第 123 表

粒 形 吋	平均徑 cm	石灰石		輝石安山岩	
		磨損率	同係數	磨損率	同係數
2 $\frac{1}{2}$ ~ 2	57.5	3.88	10.3	2.30	17.3
1 $\frac{1}{2}$ ~ 1	33.0	3.30	12.1	1.76	22.7
1 ~ $\frac{3}{4}$	22.6	2.20	18.1	1.64	24.3
$\frac{3}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$	16.5	2.16	18.5	1.40	28.5
$\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$	10.5	1.76	22.7	1.10	34.4

此の結果から粒の寸法を異にするもの、磨損係數は次式で表す事が出来る。

$$F = F_0 + 16.9 \left(1 - \frac{d}{57.5}\right)^{1.40}$$

(安山岩の場合)

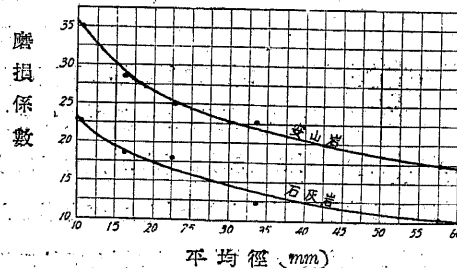
$$F = F_0 + 11.0 \left(1 - \frac{d}{57.5}\right)^{1.63}$$

(石灰石の場合)

F_0 標準方法による磨損係數

F 試料の平均寸法 d を有す

第 26 圖



るもの、磨損係數

是等の平均値は次式の如し。

$$F = F_0 + 13.95 \left(1 - \frac{d}{57.5}\right)^{1.53}$$

(5) 砂利に對して磨損率を測定する場合は Rea の方法によつて之を行ふ。骨材の性質として寸法を異にする粒より成るが故に試料は 2-1 $\frac{1}{2}$ -吋, 1- $\frac{1}{2}$ -吋, 1- $\frac{3}{4}$ -吋, $\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{2}$ -吋の四種のもの各 1.25 kg 合計 5 kg をとり、その形状が碎石よりも丸形であるから特に磨損を與ふる爲に鑄鐵球徑 1 $\frac{7}{8}$ 吋重量 0.43 kg のもの 6 箇を入れて磨削試験を行ふものである。

是等の試験結果は § 34 に之を擧げた。

(6) 鋪石に對しては煉瓦試験に行ふラトラー(Rattler) を用ひて試験する事がある。§ 31 にその測定結果を擧げた。その試験の性質は第六編に於て之を記述する。

§ 49 締合力 (Cementing Value)

締合力は石材の特殊なる性質で、機械的作用に對する耐久性よりも石質の基本性質に關するもので之を耐久性の見地から測定するものである。石材が交通車輛の磨耗作用を受けて粉末となりたる場合、是等の石粉が水と混じて互に締合する強度を測定する爲に衝撃を反覆作用せしめて行ふ方法である。主として水締マカダム鋪装を作る場合の石質の適否を定むるものである。

石材を粉砕し之に水を混じて粘稠なる Paste となし、一定壓力を加へて圓筒狀の試片をつくり、乾燥せしめた後に路面に於ける交通の状態と同様に一定量の衝撃を反覆して加へ、之が破碎するに至る迄行ふものである。標準方法 9 にその方法を述べてゐる。

締合力は石質が珪酸分 % 大なるものは小で化合作用による締合力大なるものは之に伴ふて締合力大であり、石材が風化したるものは殊に他の工學的性質劣るも締合力は増大する事に述べたるが如し。

§ 50 可工性 (Workability)

構造用石材は組成礦物の種類、性質、粒形及組織により可工性を異にするが之に關する試験方法は未だ一定せるものなく、何れも他の試験結果より相關的に之が概念を得るに過ぎない。次の如し。

(1) 切石を採石する場合は組織により概括的判斷をなすの外 Spalting machine により可工の難易性を判定し得べく、此場合は石目の有無がその難易を決定する主要なる要素である。

(2) 鑿岩の難易性は、磨耗硬度がその判斷の資となる。

(3) 研磨工に對する難易性は通常 Bohme の磨耗試験機を用ふるが之も磨耗硬度と同様の性質を與ふるものである。

第八章 石材保存法

§ 51 概 説

石材は土木材料中最も耐久なるものであるから、木材の如き有機物質のものや鐵材の如き酸化して錆を生じ易きものゝ如く、保存工若くは防錆工を施すの要はないが、英國の科學及工業研究委員會(a Committee of the Department of Scientific and Industrial research)では之を二方面より研究し1は石材崩壞の物理的及化學的變化の研究、2は細菌學的研究(Biological action)を行つてゐる、是等の結果は未だ廣く發表されてゐないが、前者に對しては Scott russel が石材を薄片となし此の氣象作用及化學的作用の影響を研究なしてゐる、後者に對しては調査の結果によれば砂岩の如きは各種のバクテリアを含有し、採石場にてはその表面より深2呎に於ても12種以上のバクテリアの存在を發見し、風化せる岩石には何れもバクテリア巢窟を發見されたと云はれてゐる。是等の例の特に著しきは海岸の岩石の蝕ばめられたるものゝ如きである。

然るに一般に是等腐蝕又は變質作用に抗するものゝ外、軟石又は氣孔多き石材に對しては美觀を加ふると同時に特殊の保存工を行つて風化作用を防ぐ事がある。

§ 52 保存方法

保存工として用ひらるゝ工法は次の如し。

(1) 研磨法 石材の表面を研磨すれば、水を湛へ保有する事少く又速かに乾燥するから風化作用を防止する事が出来る。然し研磨する前にピシヤン又は小叩仕上をなす際の毛狀龜裂を藏するから完全なる効果を擧げるには困難である。

(2) 保存劑塗布工

(a) ベンキ、アマニ油、水硝子塗布又はシルベスター法を用ふ、米國大統領官邸 White house は Virginia 州の砂岩に白ベンキを塗裝せるものである。

(b) 特殊保存劑 之はアルカリを用ひ表面を洗滌した後、珪酸ソーダを塗布し次に鹽化カルシウム溶液を塗布して珪酸カルシウムの薄膜を造り、分解を防ぐが如きもので特殊の保存劑がある。

石積工の繼目劑モルタルの影響を防ぐ爲に Stoncas, Stone coat 及 Concrete paint がある。

§ 53 石材ペイントの特質

石積工はその繼目に用ふるポートランドセメントの爲に表面はアルカリ性を呈してゐる、従つて之に用ふるペイントは木材鐵材のものとは異り、コンクリートペイントと同様なものが必要である。

コンクリートの表面は極めて粗狀で空隙もあるからペイントは吸収される事が多く、而して通常のペイントは植物油と顔料との物理的混合物であるから、その中の油分のみ吸収され顔料は表面に残り、従つて附着力弱く剥げ易くなり、且吸収されて内部に滲込める油分はセメントのアルカリ性の影響を受け硬化され、同時にまたコンクリートの表面はカルシウム鹽類その他の可鹽性物質が内部より滲出しペイントの被覆膜を破るから弱い。

従つて是等の影響に抵抗し得る性質と外觀とを考へて、コンクリートペイントは(1)アルカリに抵抗し、(2)内部に深く滲入しない吸収されないもの、(3)内部よりの滲出を防止し之に抵抗し得、(4)防水的、(5)耐火的、(6)美觀を有する等の條件を具備する事が必要である。

此の爲に各種の專賣品が造られ何れも植物油を精製してアルカリに抵抗性のも

のとなし、之に被膜強度強き抗アルカリ劑を混じたものである。

第 124 表

状 態	防水性	抗アルカリ性	浸水試験	耐火性
	吸水率%	7 日後	30 日後	
普通のまま	9.10	—	—	—
普通ペイント	2.50	剝離	膨脹剝離	瓦斯を發し引火す
石材ペイント	0.30	安全	安全	黒くこげる

第九章 規格及市場形

§ 54 規 格

I 構造用石材

(1) 日本標準規格 J.E.S. No. 8 類別 A7 石材規格は次の如し。耐壓強度 600 kg/cm^2 以上は硬石、200 kg/cm^2 以下を軟石と分類してゐる。

第一條 本規格ハ土木建築工事は用フル普通ノ石材ニ之ヲ適用ス

第二條 石材ハ其ノ形狀ニ依リ之ヲ次ノ3種ニ區分ス

一、角 石	單 位	cm
二、板 石	幅 厚 長	
三、間 知 石	14	
	21	
	28	15 60
	35	

第三條 石材ハ其ノ質ノ硬軟ニ依リ

之ヲ次表ノ通り區分ス

種 別	5cm.立方ノ供試體ノ耐壓力(越)	硬 石	單 位	cm
硬 石	15 以上	21	20	100
准 硬 石	15 未滿 5 以上	28	20	100
軟 石	5 未滿	35	20	100
		42	30	100
		49		

第四條 角石ノ標準寸法ハ右表ノ通

リニシテ仕上寸法トス	單 位	cm
荒角石ニ在リテハ幅、厚及長ニ於テ仕上ニ必要ナル延寸ヲ附ス	28	
	35	
	42	30 120
	49	
ルコトヲ要ス	12	
	18	
	24	30 100
	30	
	30	
	15	18 100
	21	24

第五條 板石ハ其ノ加工程度ニ依リ

之ヲ次ノ3種ニ區分ス

一、荒 板 各面ヲ加工セサルモノ

二、のみ切板 片面ヲのみ切ト

シ且四周ヲ相當程度ニ加工

シタルモノ

三、山 叩 板 片面ヲ稍平坦ニ

叩キ且四周ヲ相當程度ニ加

工シタルモノ

第六條 板石ノ標準寸法ハ右表ノ通

リトス

第七條 間知石ノ標準寸法ハ右表ノ

通リトス

表面ヨリ最小限控長ノ距

離ニ於ケル斷面積ハ表面ノ

面積ノ 1/16 以上ナルコト

ヲ要ス

(2) 市街地建築物法による規格は第 125 表の如し。

第 125 表
市街地建築物法による規格

種 別	重量 kg/m^3	強度 kg/m^2				
		耐壓	抗張	抗剪	抗曲	
石 材	花 崗 岩	2,500	110	—	15	
	硬質安山岩	—	80	—	9	
煉 瓦 積	1,900	22	—	—	—	
	コンクリート	1:2:4	2,300	45	4.5	4.5
鐵 材	1:3:6	2,300	30	3	3	
	軟鋼	7,850	1,150	1,150	750	1,150
	鍊鋼	—	850	850	550	850
木 材	鑄鐵	—	850	200	200	200
	樺栗	—	90	90	9	90
	松	570	75	75	7.5	75
	檜楮オレゴン松	460	65	65	6.5	65
	杉北海松	460	50	50	5	50

II 舗装用石材

(1) 英國の道路材料標準規格は 5 級に分ち第 126 表の如し。

第 126 表

英國標準舗装材料としての規格

英國規格	磨耗量%		靱性		磨損係數	締合力	吸水率%	耐壓強度 kg/cm ²
	乾燥	濕潤						
第一級	2 以下	2 以下	19 以上	19 以上	100 以上	0.06 以下	1,410 以上	
第二級	2.1~2.5	2.1~3.1	16~18	17~18.9	76~100	0.06~0.25	1,060~1,410	
第三級	2.6~3.1	3.2~4.0	13~15	16~16.9	26~75	0.26~0.60	705~1,060	
第四級	3.2~4.0	4.1~5.0	8~12	15~15.9	10~25	0.61~1.80	353~705	
第五級	4.0 以上	5.0 以上	8 以下	15 以下	10 以下	1.80 以上	353 以下	

(2) 米國道路局標準は石質に對して第 127 表の如く舗装種別に應じて第 128 表

第 127 表

米國道路材料標準規格

種 別	磨損率%	磨損係數	靱性	硬度	締合力	用途
弱きもの	—	—	—	—	10 以下	輕交通用
通常のもの	8~5	5~8	5~9	10~17	11~25	中交通用
良好のもの	5~2.7	8~15	10~18	17 以上	26~75	同
甚だ良好のもの	2.7 以下	15 以上	18 以上	17 以上	76~100	重交通用
最も優秀のもの					100 以上	同

第 128 表

路面構造	交通量	磨損係數	靱性	硬度
水縮マカダム (1)	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
同 塗 装 (2)	輕~中	5 以上	5 以上	
	中~重	7 以上	10 以上	
瀝青マカダム舗装	中~重	7 以上	10 以上	
瀝青コンクリート (2)	輕~中	7 以上	7 以上	
	中~重	10 以上	13 以上	
瀝青舗装中層 (2)		7 以上	6 以上	
コンクリート舗装 (2)	中~重		8 以上	16 以上
石塊舗装 (2)			9 以上	16 以上
割栗石基層		3 以上	3 以上	8 以上

備考 (1) 交通量の標準は 輕 100 臺/日 中 100~250 臺/日 重 250 以上
(2) 印は耐壓強度 1,410kg/cm² 以上のものをとる。

本表は Provost Hubbard 及 Jackson の定めた一般標準規格である。

表の如く定められてゐる。

III 粒度に関する規格

粒度の決定は用途により異り大凡第 129 表に示すが如く而して碎石工場の篩装置と試験室用篩(Laboratory screen)との關係は第 130 表の如し。

第 129 表

名 稱	粒 度	用 途
砂	No. 8~0	シートアスファルト、瀝青コンクリート、 漆喰、セメント乳、塊舗装継目
	No. 4~0	コンクリート、モルタル、舗装碎
砂 利	$\frac{1}{2}$ 吋~No. 4	瀝青マカダム、路面處理、鐵筋コンクリート
	$\frac{3}{4}$ 吋~No. 4	砂利道補修、鐵筋コンクリート
	1 吋~No. 4	コンクリート、道路
	$1\frac{1}{2}$ 吋~No. 4	コンクリート、道路、バラスト
	$2\frac{1}{2}$ 吋~No. 4	コンクリート、道路
	$2\frac{1}{2}$ 吋~ $\frac{3}{4}$ 吋	砂利道基層

第 130 表

碎石装置の附屬篩装置と試験用篩との關係

試験用篩通過量%

碎石装置附屬篩の寸法 (吋)

用 途	試験用篩通過量%				
	3	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
水縮マカダム 基 層	95 以上	15 以下	—	—	—
	表 層	—	95 以上	15 以下	—
粗粒瀝青コンクリート	粗骨材	—	—	95 以上	25~75 40~80
	細骨材	—	—	—	95 以上 15 以下
細粒瀝青コンクリート	—	—	—	95 以上	80 以下

備考 水縮マカダムに於ては最大と最小篩との中間の篩目を通過するもの 25~75%

粒度に関する規格は一般的に定むる事は何等意義なくその用途に應じて定むべきものである。今コンクリート、瀝青舗装及瀝過用砂につき例示すれば第 131 表乃至第 134 表の如し。

第 131 表

コンクリート用骨材

粗骨材		細骨材	
A. C. I.			
最大徑篩通過量	95%以上	No. 4 篩通過量	85%以上
最大徑の $\frac{1}{2}$ 篩	同 40~75%	No. 50 同	30%以下
No. 4 篩	残留量 90%以上	No. 100 同	10%以下
No. 8 篩	同 95%以上	沈土量	3%以下

第 132 表

瀝青コンクリート用骨材

中砂		細砂	
No. 10 篩通過	95%以上	No. 10 篩通過	100%以上
No. 40 同	40%以上	No. 80 同	40%以上
No. 80 同	10%以下	No. 200 同	5%以下
No. 200 同	3%以下	沈土量	5%以下
沈土量	5%以下	比重	2.4 以上
比重	2.5 以上		

第 133 表

瀝青舗装細粒材規格

篩	シートアスファルト%	細粒瀝青コンクリート%
$\frac{1}{2}$ 吋 ~ $\frac{1}{4}$ 吋		5~10
No. 4 ~ No. 10	0~3	10~20
No. 10 ~ No. 40	10~25	7~25
No. 40 ~ No. 80	20~25	11~36
No. 80 ~ No. 200	13~30	10~25
No. 200 以下	12~20	5~11

第 134 表

濾過用砂に関するパーカー規格

粒徑 mm	通過量%	備考
5.0	100	有効徑 0.36~0.42
1.0	70以上	均等係數 2~2.5
0.36	10以上	
0.27	10以下	
0.12	1以下	

石粉は従来總て No. 30 篩を通過するものとし No. 200 篩通過量 65% としたるが近來粉砕工業の發達に伴ひ次第に細粉を得られ No. 200 篩通過量 70% 以上とし、時として之を 85% と定むるものあり同時に No. 50 篩通過を規定するに至つた。

§ 55 市場形

採石場及岩石の性質に應じ採石し得べき石材の形狀寸法が定まる、大規模の工事では特殊注文により任意形狀寸法のものを探石せしむる事が出来るが、普通は石材及採石場の性質から考へ一般需要をも考慮して定めてある市場形、出來合品の形狀寸法のものを使用する事が經濟である。従つて設計に當りては是等市場形の形狀寸法を知りて之で設計しなければならない。

石材の市場形には次の如きものがある。

- (1) 切石、角石、角材 (Cut stone, Ashlar, Squared stone) 單位 m^3 , 切
- (2) 板石、鋪石 (Flagstone, Paving stone block) 單位 m^2 , 個、面坪
- (3) 粗石、割石、間知石、玉石、野面石 (Rubble, Cobble) 單位 m^2 , 個、面坪
- (4) 割栗石、栗石 (Broken stone, Cobble) 單位 m^3 , 立坪
- (5) 碎石 (Crushed stone) 單位 m^3 , 立坪
- (6) 砂利、砂 (Gravel, sand) 單位 m^3 , 立坪
- (7) 石粉 (Stone dust) 單位 kg, 貫

I 切石、板石及鋪石

切石は亂層 (Random) 整層 (Range) 不整層 (Broken range) の外何れにも用ふ。大塊より採石するを要し適當の可工性を必要とし取扱も鄭重を要するから比較的高價である。注文寸法 (Ordered size) のもの多いが市場形は石質の硬軟及採石場採石法により異つて居る、その寸法は常に正味を標準とし幾分大きくしてゐる。

花崗岩は長物は長 3 尺を標準とし 0.6×0.5 又は 0.6×0.7 尺等各種あり、角材は寸法一定せず注文寸法のもの多い、板石は厚 0.3 を標準とし長 3×幅 1.5~2.0 ~0.6~2.0 あり、鋪石は 0.5×0.5×0.5~1.0 小鋪石は各邊 0.28~0.33×0.23~0.33 のものである。

安山岩は古くより使用せられ古來幾多の名稱あつたが次第にすたれ、相州石では岩岐とは角材で長 1.5~2.0 幅 0.9~1.1 厚 0.4~0.5 尺、玄蕃とは板石で厚 0.2~0.3 幅 0.9~1.1 長 20~30 あつて長で名稱を異にす。柱には小形のものであるが是等は次第に用ひられなくなつた。

軟石は更に種類多く、砂岩は角材にも大物、小物、細物、薄物、幅物、長物、型物あり、張石用としてまた各種寸法あり、板石も同様である。

大谷石の如きは長き角材を一本として單位とす。通常長 3.0 尺とし断面寸法は寸を以て 5, 6, 7 等の名稱を付してゐる。

大理石の如き裝飾材は尺坪を單位として取扱つてゐる。

I 粗石、割石等

從來間知の名稱のもとに用ひられたが是等は裏面を有するを特質とし、面及控の間に一定の關係あつてその大きにより名稱を異にしてゐる。然しセメントの使用増加するに従つて空積工著しく減じ、之に伴ひ控及裏面を必要とせざるに至り、近來粗石、割石の名稱で用ひらるゝに至つた。是等は粗面を有し控長の短きもので常に練積工に用ひられてゐる。

玉石は徑 0.6 尺以上のもので天然に産し丸味を有するもの、栗石は同様で徑 0.3~0.5 位のもの、野面石は元來 Quarry-faced であるが玉石の大なるものを稱し、重量で之を稱してゐる。

割栗石は可工性なき岩石を破碎した不規則な形狀を有するもので徑 0.5~0.8 通常 0.6 程度のもが多い。

碎石及砂利は通常 0.25 即 75 mm 以下のものを稱してゐる。

第十章 本邦産石材

§ 56 花崗岩

花崗岩は本邦に於ては極めて豊富に産し、曾て浦鹽斯德方面へも輸出した程であつたが、内地に於ける採石費の昂騰に伴ひ青島、朝鮮、滿洲方面より輸入さるものあるに至つた。然し重量容積共に大なるが爲に主としてその採石地附近に

販路を有するが普通で、主なる産地は茨城縣筑波山の北西部一帯の稻田及小花崗石、愛知縣幡豆松平、岡山縣萬成、北木島、廣島縣倉橋島、山口縣徳山の三島が主なるものである。第 135 表 (1) (2) (3) に主なる産地及其の強度をあげた。是等は太藏省臨時議院建築局に於て調査せるもので、その後狀勢變化せるものもあると思はれる。

§ 57 安山岩及軟石類

本邦に於て産額豊富なる安山岩砂岩凝灰岩等の主なるものは第 136 表 (1) (2) (3) の如し。

§ 58 石灰石大理石類

石灰石、大理石その他之に類似のものは第 137 表 (1) (2) (3) (4) の如し。

第 134 表 花 崗 岩 試 驗 成 績 (1)

符 號	產 地	總 石 量	採 石 最 大 限		石				質		年 產 額	主 有	合 石 要 鑲
			角 材	長 材	組 織	色 調	風 化	石 目	用 途				
兵 庫 一	兵 庫 武 藏 郡 那 莊 吉 村	5,000,000	切	尺	粒 桃	桃	易	善	通	飾	5,000	黑 母 石 母	
兵 庫 二	同 縣 飾 磨 郡 家 島 村 宇 男 鹿 島	6,400,000	70	13 中	粒 薄 桃	桃	同	同	同	飾	40,000	黑 閃 雲	
岡 山 一	岡 山 縣 邑 久 郡 朝 日 村 宇 大 島	24,000,000	100	24 同	同	同	同	同	同	飾	36,000	黑 閃 雲	
岡 山 二	同 縣 同 郡 同 村 宇 西 片 岡	60,000,000	100	20 同	同	同	同	同	同	飾	1,000	同	
岡 山 三	同 縣 同 郡 大 野 村 大 安 寺	70,000,000	100	24 同	同	同	同	同	同	飾	100,000	同	
岡 山 四	同 縣 兒 島 郡 下 津 井 町 六 口 島	34,000,000	100	20 同	同	同	同	同	同	飾	20,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
岡 山 五	同 縣 津 野 郡 野 谷 村 吉 宗	2,400,000	25	20 中	粒 同	淡 灰	易	善	惡	造	400,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
岡 山 六	同 縣 小 田 郡 北 木 島 村	96,120,000	200	30 粗	粒 同	同	同	同	同	造	50,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
岡 山 七	同 縣 兒 島 郡 本 庄 村 鹽 生	4,800,000	20	10 同	粒 同	同	同	同	同	造	400,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
岡 山 八	同 縣 兒 島 郡 那 是 守 町 足 守	5,000,000	5	10 同	粒 同	同	同	同	同	造	50,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
廣 島 一	廣 島 縣 御 調 郡 向 島 東 村	2,730,000	50	20 中	粒 同	桃	同	同	同	造	50,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
廣 島 二	同 縣 沼 隈 郡 百 島 村	1,500,000	100	20 同	粒 同	同	同	同	同	造	20,000	同	
廣 島 三	同 縣 豐 田 郡 河 內 村	1,500,000	80	25 粗	粒 同	同	同	同	同	造	80,000	同	
廣 島 四	同 縣 加 茂 郡 廣 村 宇 吉 松	960,000	50	10 同	粒 同	同	同	同	同	造	20,000	同	
廣 島 五	同 縣 佐 伯 郡 東 能 美 島	14,200,000	100	25 同	粒 同	桃	同	同	同	造	80,000	同	
廣 島 六	同 縣 安 藝 郡 倉 橋 島	62,640,000	100	15 同	粒 同	同	同	同	同	造	100,000	同	
廣 島 七	同 縣 同 郡 同 村 宇 大 津 島	76,200,000	150	20 粗	粒 同	同	同	同	同	造	200,000	同	
山 口 一	同 縣 同 郡 同 村 宇 大 津 島 及 廣 島 島	1,600,000	15	6 中	粒 同	同	同	同	同	造	300,000	同	
山 口 二	同 縣 佐 波 郡 向 島 村 中 / 關	20,000,000	30	10 同	粒 同	同	同	同	同	造	100,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
山 口 三	同 縣 吉 敷 郡 秋 穗 村 大 海	4,550,000	100	13 細	粒 同	黑 桃	同	同	同	造	40,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
山 口 四	香 川 縣 小 田 郡 幸 禮 村 庵 治 村	12,950,000	70	13 中	粒 同	同	同	同	同	造	30,000	同	
香 川 一	同 縣 小 豆 郡 土 月 村	50,000,000	80	18 粗	粒 同	同	同	同	同	造	100,000	同	
香 川 二	同 縣 同 郡 北 浦 村	950,000	80	18 粗	粒 同	同	同	同	同	造	100,000	同	
香 川 三	同 縣 同 郡 大 部 村	65,000,000	80	13 同	粒 同	同	同	同	同	造	100,000	同	
香 川 四	同 縣 同 郡 福 田 村												

花 崗 岩 試 驗 成 績 (2)

符 號	產 地	總 石 量	採 石 最 大 限		石				質		年 產 額	主 有	合 石 要 鑲
			角 材	長 材	組 織	色 調	風 化	石 目	用 途				
香 川 七	同 縣 仲 多 度 郡 與 島 村 宇 與 島	11,000,000	切	尺	粒 淡 灰	淡 灰	易	善	通	飾	250,000	黑 雲 母	
香 川 八	同 縣 同 郡 廣 島 村	50,000,000	100	20 中	粒 同	同	同	同	同	飾	120,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
香 川 九	同 縣 香 川 郡 直 島 村 京 / 上 瀨	3,000,000	70	15 同	粒 同	同	同	同	同	飾	30,000	黑 雲 母	
愛 媛 一	愛 媛 縣 越 智 郡 宮 窪 村 宮 窪	20,000,000	80	15 微	粒 黑	同	同	同	同	飾	40,000	黑 雲 母 角 閃 石 母	
愛 媛 二	同 縣 同 郡 大 山 村 余 所 岡	30,000,000	100	18 中	粒 淡 灰	淡 灰	同	同	同	飾	100,000	同	
福 岡 一	福 岡 縣 遠 賀 郡 黑 崎 町 宇 河 頭	800,000	25	15 細	粒 同	同	同	同	同	飾	100,000	同	
福 岡 二	同 縣 嘉 穗 郡 穗 波 村 馬 敷	300,000	12	6 同	粒 同	同	同	同	同	飾	100,000	同	
福 岡 三	同 縣 筑 紫 郡 二 日 市 町	500,000	13	8 中	粒 同	同	同	同	同	飾	100,000	同	
福 岡 四	同 縣 錦 倉 郡 夜 須 村 會 根 田	300,000	20	10 細	粒 同	同	同	同	同	飾	100,000	同	
熊 本 一	熊 本 縣 玉 名 郡 月 瀨 村 附 近	100,000	10	6 中	粒 同	同	同	同	同	飾	4,000	角 閃 雲	
熊 本 二	同 縣 玉 名 郡 葦 木 村 久 重	500,000	20	10 同	粒 同	同	同	同	同	飾	10,000	黑 雲 母	
佐 賀 一	佐 賀 縣 神 崎 郡 仁 北 山 村 宇 藏 道	800,000	20	8 同	粒 同	同	同	同	同	飾	30,000	黑 雲 母	
岡 山 一	岡 山 縣 御 津 郡 平 津 村 官 部		30	10									
山 口 一	山 口 縣 美 禰 郡 共 和 村 石 見 堂												
香 川 一	香 川 縣 中 多 度 郡 本 島 村 登 島 浦												
福 岡 一	福 岡 縣 豐 前 郡 西 川 村 入 草												
佐 賀 一	佐 賀 縣 東 松 浦 郡 玉 島 村 南 山												
宮 崎 一	宮 崎 縣 東 白 村 那 北 川 村 內 名												
朝 鮮 一	朝 鮮 全 羅 北 道 益 山 郡 黃 登 山												
滿 洲 一	滿 洲 洲 龍 岩 城												
支 那 一	支 那 山 東 省 青 島 南 寧												
新 潟 一	新 潟 縣 中 浦 原 郡 川 東 村 馬 下												

花崗岩試驗成績續(3)

符號	耐壓強度 (kg/cm ²)										抗張強度 (kg/cm ²)										抗曲強度			
	天然の位置を水平に					天然の位置を垂直に					石目に並行					石目に垂直					最大		最小	
	最大		最小		平均	最大		最小		平均	最大		最小		平均	最大		最小		平均	最大		最小	
	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
茨城一	1,451	415	933	1,639	1,260	1,450	1,085	1,809	1,448	1,493	1,940	1,716	52.7	43.1	47.0	47.4	44.7	46.0	156	104	123			
茨城二	1,771	1,600	1,685	2,048	1,717	1,882	1,344	889	1,117	1,458	1,063	1,261	45.0	32.2	49.7	66.8	41.8	54.3	138	124	132			
茨城三	1,839	1,579	1,709	2,003	1,780	1,892	1,899	1,832	1,866	1,938	1,844	1,901	59.9	39.6	49.4	56.6	53.9	55.2	141	103	129			
茨城四	1,320	1,261	1,291	1,525	1,439	1,482	1,370	1,305	1,337	1,640	1,601	1,620	49.9	23.9	42.1	47.4	30.1	38.7	127	80	105			
茨城五	1,499	901	1,200	1,805	1,125	1,465	1,513	522	1,018	1,525	747	1,136	53.2	24.0	37.2	42.7	27.5	35.1	116	97	103			
茨城八	2,128	1,177	1,652	2,388	1,497	1,942	.....	.....	.....	.....	.....	74.8	64.6	70.0	.....	.....	.....	.....	144	122	132
茨城二	2,340	943	1,641	2,400	943	1,671	.....	.....	.....	.....	.....	54.4	19.2	29.5	.....	.....	.....	.....	150	104	127
福島三	2,216	1,834	1,775	2,306	1,656	1,981	.....	.....	.....	.....	.....	45.6	7.3	33.1	.....	.....	.....	.....	132	118	125
福島一	2,288	894	1,591	2,405	1,117	1,761	.....	.....	.....	.....	.....	108.8	67.1	94.4	.....	.....	.....	.....	220	191	205
宮城一	2,272	713	1,492	2,288	1,067	1,677	.....	.....	.....	.....	.....	71.4	55.2	63.9	.....	.....	.....	.....	145	133	139
山梨一	1,902	876	1,389	2,100	1,557	1,828	.....	.....	.....	.....	.....	47.9	17.2	33.3	.....	.....	.....	.....	106	103	105
長野二	1,988	1,326	1,657	1,988	1,350	1,669	.....	.....	.....	.....	.....	83.3	82.2	82.7	.....	.....	.....	.....	213	19	116
愛知二	1,992	1,112	1,552	2,269	1,399	1,834	.....	.....	.....	.....	.....	104.3	66.9	86.0	.....	.....	.....	.....	190	164	177
愛知三	1,768	1,048	1,408	2,047	1,538	1,793	.....	.....	.....	.....	.....	40.2	9.9	28.5	.....	.....	.....	.....	120	107	113
京都三	1,965	862	1,413	2,159	1,140	1,650	.....	.....	.....	.....	.....	53.5	36.5	46.6	.....	.....	.....	.....	125	119	122
京都四	1,403	1,297	1,350	1,675	1,501	1,588	1,727	1,655	1,691	1,821	1,778	1,799	98.1	46.2	58.0	83.3	82.5	82.9	187	134	163			
兵庫一	1,458	778	1,068	1,881	1,524	1,702	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50.6	28.7	40.2	.....	.....	.....	138	120	132
兵庫二	2,033	1,898	1,965	2,187	1,898	2,042	2,097	1,894	1,995	2,114	1,909	2,012	76.6	51.0	64.4	82.2	55.3	68.7	151	139	147			
岡山一	1,815	530	1,172	1,909	943	1,426	1,843	1,821	1,832	1,863	1,851	1,857	70.4	46.6	55.7	80.4	70.2	75.3	159	139	150			
岡山二	1,810	1,657	1,733	1,884	1,837	1,850	1,965	1,526	1,746	2,036	1,964	2,000	61.3	44.9	53.2	88.4	64.1	76.2	125	115	121			

花崗岩試驗成績續(4)

符號	耐壓強度 (kg/cm ²)										抗張強度 (kg/cm ²)										抗曲強度			
	天然の位置を水平に					天然の位置を垂直に					石目に並行					石目に垂直					最大		最小	
	最大		最小		平均	最大		最小		平均	最大		最小		平均	最大		最小		平均	最大		最小	
	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
岡山四	1,660	1,179	1,419	1,878	1,496	1,687	1,364	998	1,186	1,505	1,465	1,485	69.9	42.2	54.0	63.0	54.1	58.5	152	125	135			
岡山五	1,727	1,379	1,553	1,952	1,467	1,706	1,751	1,611	1,681	1,800	1,751	1,775	75.3	13.5	50.1	71.4	25.0	48.2	143	132	137			
岡山六	2,118	1,408	1,762	2,206	1,636	1,916	.....	.....	.....	.....	.....	.....	126.1	75.8	94.1	.....	.....	.....	193	73	150
岡山七	1,590	1,014	1,347	2,027	1,323	1,675	.....	.....	.....	.....	.....	.....	60.6	32.2	43.9	.....	.....	.....	149	142	145
岡山八	1,547	1,140	1,281	2,108	1,334	1,721	.....	.....	.....	.....	.....	.....	43.3	37.5	40.7	.....	.....	.....	143	138	140
岡山九	1,356	785	1,071	1,736	1,377	1,556	.....	.....	.....	.....	.....	.....	43.3	24.5	35.6	.....	.....	.....	161	133	144
廣島一	1,711	1,621	1,666	1,826	1,711	1,720	1,777	1,589	1,683	1,793	1,589	1,691	57.9	50.1	52.6	51.2	44.6	47.9	154	135	146			
廣島二	2,085	1,443	1,704	2,229	1,979	2,104	2,273	1,751	2,012	2,341	1,901	2,111	61.7	41.7	52.5	59.1	54.2	56.6	177	162	153			
廣島五	1,935	1,157	1,541	2,119	1,350	1,734	.....	.....	.....	.....	.....	.....	67.3	54.5	69.2	.....	.....	.....	166	147	156
山口一	1,488	1,101	1,295	1,879	1,585	1,732	1,800	1,551	1,676	2,369	1,833	2,096	64.3	8.1	36.3	.....	.....	.....	125	116	122
山口二	1,808	624	1,216	2,050	1,192	1,621	.....	.....	.....	.....	.....	.....	51.4	23.3	43.8	.....	.....	.....	158	125	143
山口三	1,412	432	922	2,223	1,461	1,842	.....	.....	.....	.....	.....	.....	58.8	41.6	50.7	.....	.....	.....	154	147	150
香川一	1,859	1,855	1,857	1,878	1,859	1,868	1,467	1,247	1,857	1,475	1,419	1,447	55.0	46.0	49.8	54.8	41.6	48.2	166	158	160			
香川三	1,568	984	1,276	1,698	1,200	1,449	1,660	1,131	1,395	1,695	1,403	1,549	49.2	17.5	35.5	41.9	26.5	34.1	117	98	108			
香川四	1,225	1,055	1,140	1,460	1,173	1,316	1,622	577	1,099	1,630	1,000	1,315	42.6	8.4	26.7	55.0	32.9	43.9	135	114	122			
香川七	1,709	1,568	1,638	1,804	1,709	1,758	1,773	1,685	1,729	1,899	1,685	1,792	77.0	54.4	64.5	55.4	50.2	52.8	143	132	137			
香川八	1,800	1,508	1,654	1,800	1,672	1,736	2,277	1,890	2,083	2,277	2,000	2,138	64.7	54.4	69.0	57.1	57.0	57.0	210	192	201			
愛媛一	1,973	773	1,373	2,145	1,210	1,678	91.5	60.1	69.2	
愛媛二	1,546	619	1,083	1,781	939	1,365	.....	.....	.....	.....	.....	.....	62.5	41.0	47.8	.....	.....	.....	161	152	155

名	産地	學名	石量	採石最		石		質		備考
				大	限	色調	組織	加工	用途	
野内	青森縣津輕郡野内村	輝石安山石	5,000,000	切	10	淡灰	堅(白ボサ)	硬	間知割栗板石	風化し易し
飛平	同	同	800,000	12	10	淡鐵の	堅	硬	間知割栗板石	同
院	同縣中津輕郡鶴越村	同	3,000,000	30	10	淡灰	緻	密	間知土臺	同
山	同縣山形郡下院内町	石英粗面岩質凝灰岩	10,000,000	50	20	淡白	緻	密	溝石土臺間知	同
大	同縣山形郡山寺町	輝石安山岩質凝灰岩	30,000,000	35	15	淡灰	緻	密	同	同
自	同縣東田郡屋代村	石英粗面岩質凝灰岩	1,000,000	15	15	淡灰	緻	密	下水布土臺石	同
須	同縣西白河郡西郷村	凝灰岩質安山岩	25,000,000	50	12	淡灰	緻	密	間知石垣等	同
鹿	同縣岩瀬郡須賀川町	同	20,000,000	20	10	淡灰	緻	密	石垣間地建築等	同
瀧	同縣上柳井郡東大芦村	凝灰岩	900,000	20	6	白	緻	密	石垣土臺等	同
瀧	同縣同郡落合村	同	500,000	25	15	淡綠	緻	密	石垣土臺彫刻	同
船	同縣下柳井郡船村	砂質凝灰角礫岩	10,000,000	20	20	淡綠	緻	密	石垣土臺彫刻	同
船	同縣下柳井郡高神村	砂	2,000,000	20	15	淡綠	緻	密	捨石割栗外観不美	同
州	同縣安房郡保田町	凝灰質砂岩	250,000,000	15	10	淡灰	緻	密	底布石間知割栗	同
湯	同縣更級郡鹽崎村	石英安山岩	10,000,000	30	20	淡灰	緻	密	石垣捨下下水	同
柴	同縣更級郡寺尾村	輝石安山岩及凝灰岩	5,000,000	25	10	淡灰	緻	密	石垣間知	同
山	同縣田方郡熱田町	雲門安山岩	400,000	45	12	淡灰	緻	密	土木工事用	同
三	同縣志太郡岡部町	安山岩質角礫岩	300,000	18	8	濃灰	緻	密	碑間知切石	同
鶴	同縣各務郡鶴沼町	砂	5,000,000	40	12	淡灰	緻	密	墓碑間知	同
水	福井縣足羽郡社村	凝灰岩	1,000,000	50	4	淡灰	緻	密	普通切石間知石垣	同
谷	同縣江沼郡香村	同	500,000	4	4	淡灰	緻	密	踏石間知白石	同
宇	京都府久世郡櫻島村	同	1,000,000	20	20	淡灰	緻	密	石垣墓間知板石	同
和	大阪府泉南郡淡輪村	凝灰岩	300,000	20	12	淡灰	緻	密	土木建築用	同
今	兵庫縣城崎郡城崎町内川	輝石安山岩	100,000,000	9×12	12	淡灰	緻	密	ケール用板石	同
鐵	長野縣諏訪郡上諏訪町	輝石安山岩	100,000,000	12	12	淡灰	緻	密	板取節理よ	同

名	産地	學名	總石量	採石最		石		質		備考
				大	限	色調	組織	加工	用途	
大	栃木縣河内郡城山村	凝灰岩	100,000,000	切	20	淡綠白	粗	易	外觀宜しからず石垣等	風化し難し
大	同上	同	500,000,000	200	30	淡白	粗	易	同	同
里	群馬縣那須郡里見村	輝石安山岩	10,000,000	25	15	淡灰	粗	難	構造用	同
山	同縣那須郡里見村	同	2,000,000	80	13	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
白	同縣那須郡吉澤村	同	8,000,000	20	13	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
崎	同縣那須郡吉澤村	同	3,000,000	60	14	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
濱	同縣那須郡吉澤村	同	1,000,000	60	13	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
新	同縣那須郡吉澤村	同	10,000,000	80	15	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
小	同縣那須郡吉澤村	同	2,000,000	25	10	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
松	同縣那須郡吉澤村	同	3,000,000	50	12	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
澤	同縣那須郡吉澤村	同	20,000,000	100	15	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
楓	同縣那須郡吉澤村	同	1,000,000	50	13	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
川	同縣那須郡吉澤村	同	1,250,000	40	10	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
本	同上	同	1,000,000	50	10	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
田	同縣那須郡吉澤村	同	3,000,000	20	10	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
安	同縣那須郡吉澤村	同	2,000,000	50	15	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
立	同縣那須郡吉澤村	同	10,000,000	60	13	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
澤	同縣那須郡吉澤村	同	2,000,000	30	10	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
小	同縣那須郡吉澤村	同	50,000,000	50	30	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
鹿	同縣那須郡吉澤村	同	1,000,000	30	12	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
島	同縣那須郡吉澤村	同	5,000,000	50	12	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
三	同縣那須郡吉澤村	同	2,000,000	50	15	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
日	同縣那須郡吉澤村	同	8,000,000	30	40	淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
多	同縣那須郡吉澤村	同		3		淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
佐	同縣那須郡吉澤村	同				淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
久	同縣那須郡吉澤村	同				淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
遠	同縣那須郡吉澤村	同				淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
藤	同縣那須郡吉澤村	同				淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同
敷	同縣那須郡吉澤村	同				淡灰	粗	難	外觀宜しからず石垣等	同

名	種	耐壓強度 (kg/cm ²)						抗張強度 (kg/cm ²)			抗曲強度 (kg/cm ²)			磨耗量 cc.
		磚		裂		塊		最大	最小	平均	最大	最小	平均	
		最大	最小	最大	最小	最大	最小								平均
大谷	石	107	61	84	107	86	12.6	7.2	8.8	24.5	21.7	23.1	14.92	
大谷	白砂	107	67	87	107	87	12.2	6.7	8.1	37.5	18.4	28.0	12.62	
大里	石	799	528	664	799	679	62.9	49.8	53.7	77.7	74.1	75.9	9.47	
山崎	石	2,216	1,013	1,614	2,357	1,657	145.1	116.4	136.2	201.4	193.7	197.6	2.75	
白丁	石	998	760	879	1,100	970	63.8	39.4	56.3	89.9	66.6	78.3	5.06	
大横	(赤)	681	459	570	681	590	38.9	20.8	30.0	55.2	35.1	45.2	6.62	
大横	(青)	1,031	693	862	1,102	929	71.1	46.2	55.7	79.5	78.9	79.2	4.31	
新小	石	1,163	801	982	1,342	990	43.0	28.5	35.7	87.4	84.1	85.3	6.44	
鬼松	石	1,514	317	915	1,681	775	80.2	61.1	70.4	92.1	83.8	88.8	4.69	
根澤	石	1,116	358	737	1,254	565	96.0	60.7	70.4	102.2	84.9	93.6	5.59	
田京	石	2,108	1,187	1,647	2,163	1,187	99.6	66.5	82.1	178.6	175.3	177.0	3.57	
月出	石	1,069	446	757	1,184	892	63.4	57.0	61.3	152.9	89.5	121.2	5.70	
峰ノ	石	1,237	669	953	1,289	896	50.2	38.9	43.1	100.5	75.0	87.8	8.83	
田本	石	1,322	702	1,012	1,322	984	33.6	23.1	27.6	104.7	28.5	101.6	6.16	
安良	石	869	669	769	869	769	99.6	64.3	72.8	125.3	87.9	106.6	9.29	
立棒	石	445	282	363	445	385	28.0	21.7	25.5	61.8	47.5	54.7	15.49	
澤田	石	426	318	372	426	372	37.5	33.9	35.2	65.1	55.4	60.3	13.32	
小川	石	1,237	974	1,105	1,333	1,057	88.8	72.4	77.9	86.9	67.6	78.3	3.76	

第137表 火理石試驗成績 (1)

符號	産地	通稱	總石量	採石最大角材長寸	質					
					組織	色調	風化			
美濃	岐阜縣不破郡赤澤町	霞	切 3,800,000	6寸 6級	淡	色	普通	普通	通	球磨
美濃	同	紅	切 150,000	25	上	紅	同上	同上	同上	同上
美濃	同	黒	切 9,700,000	60	上	黒	同上	同上	同上	同上
美濃	同	遠	切 4,700,000	60	上	白	同上	同上	同上	同上
美濃	同	本	切 6,500,000	50	角	黒	同上	同上	同上	同上
美濃	同	新	切 3,800,000	30	同	白	同上	同上	同上	同上
長門	山口縣美禰郡秋吉村	雲	切 1,300,000	40	8	白	同上	同上	同上	同上
長門	同	石	切 1,300,000	40	8	淡	同上	同上	同上	同上
肥後	熊本縣八代郡八代町	烏	切 55,000	60	10	上	同上	同上	同上	同上
肥後	同	烏	切 150,000	60	30	上	同上	同上	同上	同上
常陸	茨城縣多賀郡船川村	水	切 200,000	80	10	上	同上	同上	同上	同上
常陸	同	水	切 270,000	80	10	上	同上	同上	同上	同上
常陸	同	大理	切 270,000	100	10	上	同上	同上	同上	同上
常陸	同	上	切 270,000	100	10	上	同上	同上	同上	同上
常陸	同	上	切 270,000	100	10	上	同上	同上	同上	同上
常陸	同	水	切 1,080,000	60	8	粗	同上	同上	同上	同上
磐城	福島縣田村郡大越村	大理	切 810,000	12	7	粒	同上	同上	同上	同上
陸前	宮城縣本吉郡唐桑村	石	切 80,000	25	6	粒	同上	同上	同上	同上
陸前	岩手縣九戸郡大川日村	大理	切 80,000	60	6	上	同上	同上	同上	同上
陸中	青森縣三戸郡階上村	石	切 80,000	60	6	上	同上	同上	同上	同上
陸中	愛知縣温美郡田原町	石	切 600,000	5	3	級	同上	同上	同上	同上
三河	三重縣鹿野郡椿村	大理	切 50,000	10	5	級	同上	同上	同上	同上
伊勢	同	石	切 1,000,000	50	10	同	同上	同上	同上	同上
大和	奈良縣吉野郡天ノ川村	上	切 1,000,000	50	10	同	同上	同上	同上	同上

大理石試驗成績續(2)

符號	產地	通稱	積	總重量	採石最大角材長材	石質					
						組織	色調	風化石目			
紀伊	和歌山日高郡白崎村	石灰	石	800,000	切尺6	上白	及灰褐	同上	不	良	最良
越前	福井縣敦賀郡東浦村	大理	石	150,000	10	上白	白縞及鼠縞	同上	同上	同上	同上
岩手	福井縣越前郡宮川村	大理	石	1,000,000	100	結晶質中粒白	縞	普通	好	好	好良
越中	富山縣下新川郡下立村	オニツクスマール	石	300,000	20	同	密褐色木環状斑紋	難し	稍	不	最良
越中	同 愛本村	大理	石	500,000	100	同	粗粒白及白縞	普通	普通	普通	好良
阿波	徳島縣高賀郡加茂谷村	石灰	石	100,000	15	同	粗粒白及白縞	同上	不	良	同上
阿波	同 美馬郡一宇村	大理	石	80,000	9	同	中粒白及白縞	難し	普通	普通	最良
土佐	高知縣吾川郡小川村	同上	上	50,000	5	同	同上	同上	不	良	同上
伊豫	愛媛縣西宇和郡神松村	同上	上	2,000,000	7	同	同上	普通	同上	同上	同上
安藝	廣島縣豊田郡大崎中野村	同上	上	100,000	12	同	同上	同上	好	好	好良
出雲(石)	鳥根縣鏡川郡鷲鷲村	菅	岩	30,000	2	緻	密淡	難し	不	良	同上
武藏(蛇)	埼玉縣秩父郡國前村	蛇紋	岩	30,000	25	粗	粗青地に白の斑紋	同上	同上	同上	最良
越後(蛇)	新潟縣西頸城郡小瀨村	蛇紋	岩	1,000,000	18	同	同上	難し	不	良	不良
常陸(板)	茨城縣久慈郡河内村	マダラ石(竹葉石)	岩	81,000	90	同	同上	同上	同上	同上	好良
陸前(粒)	宮城縣牡鹿郡女川村	スレート	ト	2,700,000	200	緻密片状黒	同上	同上	好	良	同上
陸前(泥)	同 稻井村	非内石	石	8,000,000	2500	同上	同上	同上	同上	同上	同上
陸前(粘)	同 津生郡十五濱村	安晶石硬石スレート	ト	27,000,000	20	緻密板状黒	同上	同上	同上	同上	同上
長門(板)	山口縣厚狭郡厚西村	赤間ケ	石	1,000,000	2	緻	密赤	同上	同上	同上	同上
信濃(蛇)	長野縣上伊那郡美和村	蛇紋	岩	10,000	2	粗	粗青地に白の斑紋	同上	同上	同上	不良

大理石試驗成績續(3)

符號	通稱	耐壓強度 (kg/cm ²)			天然の位置を垂直に			天然の位置を水平に			抗張強度 (kg/cm ²)			抗曲強度 kg/cm ²	耐磨強 cc						
		天然の位置を垂直に			天然の位置を水平に			石目に並行			石目に垂直										
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均								
美濃一	段縞	1,733	402	1,068	1,911	824	1,367	1,367	1,379	1,191	1,285	66.3	24.8	51.4	70.1	33.8	52.4	34.0	12.4		
美濃二	紅縞	1,592	363	977	1,359	1,197	1,528	.....	.....	.....	.....	76.2	44.7	62.4	.....	.....	.....	126.0	3.0
美濃三	黒	1,947	1,377	1,662	2,168	2,116	2,142	2,023	1,190	1,607	2,219	1,238	1,728	97.9	65.4	86.6	75.2	68.7	71.5	36.0	3.5
美濃四	遠目	1,845	1,728	1,787	1,845	1,740	1,792	1,262	351	807	1,321	743	1,032	94.0	19.3	55.5	60.1	17.7	38.9	89.6	8.7
美濃五	本更紗	1,434	361	898	1,446	917	1,181	.....	.....	.....	.....	80.3	51.9	65.8	.....	.....	.....	79.9	3.1
美濃六	折更紗	1,062	711	887	1,380	1,018	1,199	1,226	960	1,093	1,440	1,433	1,436	51.6	27.5	38.5	71.0	21.6	46.3	85.3	10.1
美濃七	白縞	1,283	1,056	1,169	1,404	1,297	1,350	1,396	1,361	1,379	1,397	1,396	1,397	73.3	9.2	48.9	74.9	54.3	64.6	65.7	10.1
美濃八	花紋	1,986	316	1,151	2,391	1,680	2,035	.....	.....	.....	.....	87.4	26.0	60.1	.....	.....	.....	74.3	5.8
美濃九	鯨	1,557	290	923	2,091	1,240	1,665	.....	.....	.....	.....	77.9	51.5	66.0	.....	.....	.....	94.5	4.3
長門一	白縞	1,567	728	1,148	1,567	1,164	1,365	.....	.....	.....	.....	42.0	28.2	33.2	.....	.....	.....	122.1	3.0
長門二	薄雲	1,211	598	904	1,220	1,102	1,161	.....	.....	.....	.....	37.0	32.8	35.7	.....	.....	.....	132.4	4.0
肥後一	白鳥石	1,212	880	1,046	1,272	1,028	1,150	.....	.....	.....	.....	65.0	38.0	50.2	.....	.....	.....	61.7	3.0
肥後二	火鳥石	1,248	737	993	1,248	737	993	.....	.....	.....	.....	74.8	56.2	64.3	.....	.....	.....	138.8	2.1
常陸一	白雲水石	1,376	1,257	1,316	1,376	1,257	1,316	.....	.....	.....	.....	45.9	31.8	41.4	.....	.....	.....	32.5	6.0
常陸二	同	1,033	705	869	1,206	705	955	.....	.....	.....	.....	52.4	46.2	49.1	.....	.....	.....	127.3	20.8
常陸三甲	鼠雲水石	1,270	895	1,083	1,375	1,077	1,226	.....	.....	.....	.....	115.0	92.8	102.1	.....	.....	.....	222.8	5.1
常陸三乙	同	1,173	562	867	1,513	1,105	1,309	.....	.....	.....	.....	116.2	98.8	107.1	.....	.....	.....	216.2	12.1
陸中一	白大理石	965	637	801	965	876	921	.....	.....	.....	.....	39.1	32.2	35.6	.....	.....	.....	110.0	11.9
大和一	白	1,195	590	892	1,195	823	1,009	.....	.....	.....	.....	56.6	23.2	36.2	.....	.....	.....	68.9	32.3

大 理 石 試 驗 成 績 (4)

符 號	通 稱	耐 壓 強 度 (kg/cm ²)												抗 張 強 度 (kg/cm ²)				抗 曲 強 度 kg/cm ²	耐 磨 強 度 c.e		
		天然の位置を水平に						天然の位置を垂直に						石目に並行		石目に垂直					
		罅 裂		崩 壊		罅 裂		崩 壊		罅 裂		崩 壊		最大	平均	最小	最大			平均	最小
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大			最小	平均
大和	二白	粗	767	476	621	852	654	753	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	75.2	28.2
岩狹	一鼠	縞	713	287	500	996	519	757	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	62.7	43.2
岩狹	二白	縞	838	337	587	859	727	793	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	109.8	18.7
岩狹	三白	.....	779	205	492	826	730	778	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	92.8	23.6
岩狹	四ア	レ	708	469	589	712	588	650	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	82.9	22.2
越中	一	ラニ	1,238	952	1,095	1,406	1,095	1,250	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	72.1	8.8
越中	二	同	2,024	505	1,264	2,372	875	1,623	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	120.3	7.4
越中	三	粗	641	567	604	641	567	604	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	25.9	27.9
河波	一	淡	1,804	808	1,306	1,820	808	1,314	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	88.0	11.7
河波	二	黒	1,444	393	903	1,457	582	1,020	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	156.0	20.2
伊豫	一	白大理石	1,252	514	883	1,413	896	1,155	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	31.4	20.3
安藝	一	同	991	721	856	991	721	856	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	89.4	30.1
安藝	二	鼠	958	705	831	1,034	805	869	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	58.7	27.9
武藏	一	蛇紋石	1,140	581	860	1,200	737	969	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	271.7	1.0
越後	一	同	1,263	412	838	1,263	646	954	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	133.4	6.8
越後	二	同	1,571	807	1,221	1,571	882	1,226	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	129.0	2.8
常陸	一	マダラ石	1,171	624	897	1,171	751	961	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	167.5	1.7
常陸	二	竹葉石	1,642	521	1,081	1,642	1,414	1,528	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	486.1	0.9
陸前	一	押切石	1,760	1,082	1,421	2,212	1,562	1,887	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	531.3	2.7
陸前	二	女石	1,760	1,082	1,421	2,212	1,562	1,887	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	531.3	2.7
陸前	三	石	1,760	1,082	1,421	2,212	1,562	1,887	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	531.3	2.7