

砖石结构

(论文集)



煤炭工业出版社

磚 石 結 構

(論 文 集)

梁 宗 哲 譯

建筑工程出版社出版

• 1957 •

內容提要 本書是全蘇建築科學研究所近年來在磚石結構研究方面的幾篇科學報告。書內共包括 九篇論文，較詳盡地介紹了莫斯科鑲面石灰石、克里米亞介壳石灰石、紅磚和配筋石棉水泥等材料 and 結構的最新研究成就；闡明了磚石材料的建築性質、吸水作用、砌體強度和抗凍性等方面的若干理論問題，以及試驗的基本原則和方法。

本書可供有關建築工程部門施工、設計人員和科學研究工作參考之用。

原本說明

書 名 ИССЛЕДОВАНИЯ КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

編 著 者 С.А. Семенов и др.

出版者 Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре

出版地点 及 年 份 Москва—1955

磚 石 結 構 (論 文 集)

梁 宗 哲 譯

*

建築工程出版社出版 (北京市學廠門外南池土路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 052 號)

建築工程出版社印刷廠印刷。新華書店發行。

書號 073 187 千字 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 6 $\frac{3}{4}$

1957 年 10 月第 1 版 1957 年 10 月第 1 次印刷

印數：1—1,700 冊 定價 (11) 1.70 元

目 录

序 言.....	全苏建筑科学研究所理事会...	4
莫斯科鑲面石灰石的建筑性質.....	C. A. 西門佐夫...	5
克里米亞介壳石灰石的建筑性質.....	M. H. 苏波特金...	49
建筑石料耐久性的提高.....	M. H. 苏波特金 T. H. 李伏查克	75
普通粘土磚(紅磚)的吸水作用及其測定		
方法.....	C. A. 西門佐夫 T. H. 李伏查克	94
黄色介壳石灰石砌体强度的研究.....	H. П. 厄捷列夫...	105
配筋石棉水泥.....	Л. H. 正茲刻尔...	140
关于測定建筑石料抗冻性的几項		
原則.....	Б. Б. 札列斯基 К. П. 伏罗連斯基	176
天然石料的抗冻性.....	M. H. 苏波特金 T. H. 李伏查克	193
关于石料在冰冻作用下的破損特征		
和抗冻試驗方法的几个問題.....	C. A. 西門佐夫...	203

序 言

本集論述了苏联建造部全苏建筑科学研究所磚石材料和結構,以及石棉水泥結構方面研究工作的成果。

集中汇列了研究天然石料(克里米亞介壳石灰石、克里米亞和莫斯科鑲面石灰石)各項性質的論文多篇,并刊列了普通粘土磚吸水試驗研究的各項总结。

石灰石的研究結果,列于 C. A. 西門佐夫所著“莫斯科鑲面石灰石的建筑性質”和 M. И. 苏波特金所著“克里米亞介壳石灰石的建筑性質”的兩篇論文中。在这些論文中,除有关石灰石性質的实际資料外,并包括石場含水量对石灰石抗冻性的影响、石料憎水化作用的效果和試驗方法等方面的叙述。关于最后一个問題的資料,在 C. A. 西門佐夫和 T. H. 李伏查克專事研究磚的吸水作用的論文中,亦有闡述。

在 H. П. 厄捷列夫磚石結構研究的論文中,列举了脆弱的介壳石灰石砌体强度的試驗結果,此种石料广泛应用于 苏联南部各区域。

Л. H. 丕茲刻尔的論文,叙述配筋 石棉水泥結構的理論和实验的研究。

Б. В. 札利斯基、К. П. 伏罗連斯基(苏联科学院地質研究所), M. И. 苏波特金和 T. H. 李伏查克的論文,是这些著者在建筑科学研究所于 1951 年举行的會議上提出的報告書,是对混凝土和石料耐久性等問題的研究。C. A. 西門佐夫关于石料抗冻性的論文,就是根据上述會議的材料和最近的研究結果写成的。

本集所刊载的各篇論文,对我国实地建筑工程,主要在合理使用石料方面,是有用处的。

全蘇建筑科學研究所理事會

莫斯科鑲面石灰石的建筑性質^①

斯大林獎金獲得者 C. A. 西門佐夫
技術科學副博士

前 言

數百年以來，莫斯科石灰石是用作莫斯科市內建築物的主要鑲面材料。例如，近年用此項石料全部或局部鑲面的計有：肉類市場的辦公樓（用普羅托波波夫石灰石）、富爾卡索夫橫街的高層房屋（用普羅托波波夫和科羅卜切夫石灰石）、伏龍芝學院、喀山車站、莫斯科蘇維埃等建築物，以及用此項石料局部鑲面的計有：卡蘭切夫廣場的高層房屋（用科羅卜切夫石灰石）、司夫則峽谷的綜合醫院，地下鐵道的進出口（用溫訥夫石灰石）、紅門附近的高層建築物等。

1950～1951年，莫斯科建築上所用的鑲面石灰石，來自下列三個礦區：科羅卜切夫礦區——在莫斯科省果盧特溫城附近；別羅卜洛德礦區——在莫斯科省斯涂品諾車站附近，以及溫訥夫礦區——在土爾省溫訥夫城附近。

目前僅開采科羅卜切夫和溫訥夫兩個礦區，因為別羅卜洛德礦區內最優良的石灰石，已基本上采空。

科羅卜切夫石灰石，由於其石質較佳，蘊藏豐富，開采方便，以及靠近莫斯科河（石料沿河運輸方便），在莫斯科的建築上具有很大的發展前途。故對於科羅卜切夫礦區所產石灰石，必須較為詳盡地探究其各項性質。本文著者曾協同技術科學副博士 H. П. 厄捷列夫和工程師 H. B. 抹爾尼科瓦雅從事這些石灰石的各項研究工作。

由於各項研究的結果確定了科羅卜切夫礦區所產石灰石的各

① 根據科羅卜切夫礦所區產石灰石的 research 結果。

种物理力学特性，以及适用于大部分莫斯科石灰石的其他各项資料，例如其不均匀性、石試样加工質量对其强度的影响等等。

科罗卜切夫矿区概述

科罗卜切夫矿区位于莫斯科石灰石的苗奇科夫层，此岩层在地面上有許多便于开采的露头(在科隆姆那区、戈盧特温、苗奇科夫、齐托夫、禹苏波夫等城)。科罗卜切夫矿区属于苗奇科夫层的科隆門矿床組，在莫斯科省科罗卜切夫区域俄喀河的左岸，靠近莫斯科河河口，距戈盧特温城7公里。

早在革命以前，該地已用原始方式在露天和地下坑道开采石料。但所采石料数量极少，仅供建筑物上較少部分的鑲砌，或用作勒脚和細琢的建筑細部，以及墓地紀念碑等。例如，莫斯科河对岸科罗卜切夫村对面的頓河修道院(修建于十六世紀伊凡雷帝时期)，即由科罗卜切夫石灰石作牆壁的勒脚。1930年以后，莫斯科市內某些建筑物所用鑲砌石料的开采数量較少，但至1946年莫斯科市执行委员会开始有系統地开采石料，于是在俄喀河畔开拓采石場一处。但在1951年以前，該場除間或供应莫斯科鑲面用石料外，几乎仅供应毛石。

由于莫斯科市內各建筑物对鑲面石灰石应用的迅速增長，1950年又在科罗卜切夫开拓两个采石場。在1951年鑲面石料的开采急激增加。

科罗卜切夫矿区有三层鑲面石料，每层厚度为45~80公分不等。每层的厚度及其埋藏深度，在矿区各个地段內均不同。目前即开采三层以供应莫斯科建設的需要，亦是上述各項研究的对象。

科罗卜切夫石灰石鑲砌建筑物的現狀

伏龙芝学院 此建筑物的正面和正面的兩側均鑲砌。鑲砌的表面有凹凸刻痕。沒有因石料抗冻性不良而致鑲砌有任何破損的跡象。唯一的缺点，就是溫度縫附近有个別石块呈現裂縫，以及由于飞簷的一点錯縫和雨水自屋頂流下鑲砌而产生污痕。用了約已

20年的鑲砌一般認為很好。

富爾卡索夫橫街的建築物鑲砌半圓雙壁柱。建築物于1929年修成。個別石板表面毀損(生孔),即生凹窩,直徑達10~15公分,深度達3~5公分,又生髮縫。有些壁柱中石板毀損達10~15%,但鑲砌的上述缺點,尚非顯著,使用經20年之久,其情況可稱滿意。

喀山車站建築物(圖1a和6)1923年按照A.B.士瑟夫院士的設計,用科羅卜切夫石進行部分鑲砌的。大量鑲砌截面異常複雜的建築細部(窗口附近的鑲砌及圓塔裝飾等)。同時,略成水平之處和各種曲面,並無任何防護,使其得以免于積雪或受雨雪劇烈的濕潤作用。制成此等細部的一些石料,其稜綫已略為變鈍,另一些石料沿生成層次起層裂。

少數石料產生所謂“孔穴”——由于石料軟弱的包裹體的破損,或砌築前原有的凹陷,用某種膠漿填補,隨後脫落。但有一點肯定的事實必須指出,即孔穴的邊緣堅實無恙,因而靠近此等“孔穴”的石料,其耐久性并無疑問。

調查喀山車站建築物時,曾企圖用各種強度的標準石筆刻划石塊的方法,約略測定石料的強度。結果即使採用600號石料所制成的石筆,亦未在鑲面石料上留有痕跡。但其原因并非由于石料原來的强度高,而是由于石面上隨後形成的一層外殼。實際上,在層裂石塊的一個裸露內表面上,用300號的標準筆刻划時亦現痕跡。

喀山車站,其鑲砌表面刻痕,得以掩飾其一些微細的瑕疵。

鑲砌的整個狀態頗稱良好。一般具有重大瑕疵(裂縫、層裂)的石塊總數不超過3%。

莫斯科蘇維埃大廈(圖2)鑲砌包括整幅外牆四周至底層的高度;通往高爾基街的正面進口大門;通往庭院的一個門口;金屬圍欄的門柱和磚墩。鑲砌基本上在1945~1946年完成,在庭院一側的鑲砌,其個別部分完成較遲(約在1951年)。鑲砌的主要部分,表面刻痕;外表平滑的鑲砌,僅用于圍欄的門柱和磚墩,并局部用于

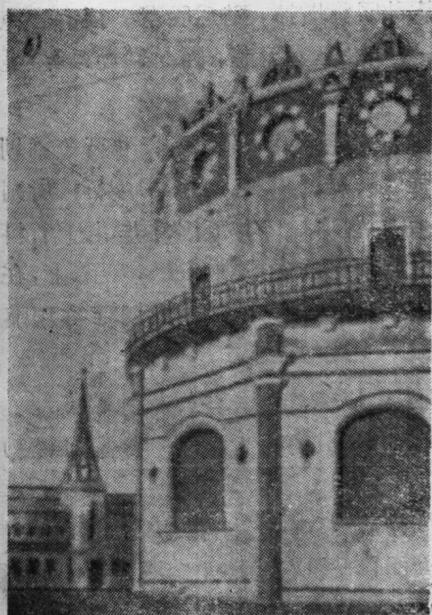
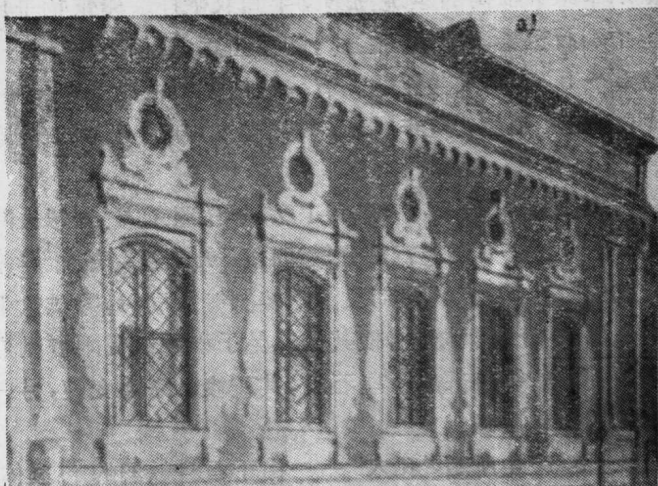


图 1 莫斯科喀山車站的科罗卜切夫石灰石鑲砌
a—側面；b—塔

进口的大門。

在正面的鑲砌上，个别石块（約为总数的 3 %）有裂縫和层脫等瑕疵。在圍柵的門柱和支墩，以及花崗石鑲面的勒脚上，即离地約 1 公尺之处，其下面兩行石灰石石板，約有 25 % 的石块帶暗灰色斑点（痘痕）或成片剝落。显然因为支墩中并无防湿层，于是磚砌体經鑲面石灰石吸上水分。含有各种鹽类的水分 不断侵入，以致石料表面逐漸破損。

正面鑲砌的整个状态，頗称良好。同时，外表不平的鑲砌具有显著的优点，在石料上各别的斑点或粗糙等瑕疵完全不显露，而此等瑕疵在平滑的外表上，即极为 醒目。門柱的 状态不能 令人滿意。

莫斯科市基輔区联共区委大厦前的圍柵（图 3）是由科罗卜切夫石灰石做成。柵欄图案复杂，是由 12 幅 2.5×1.2 公尺整块石板开琢而成的。此圍柵約于 80 年前修成，由于不均匀沉陷而致有个別裂縫。

未发现因耐久性不良而有任何破損，这就是說，圍柵是在极好的状态下。

調查科罗卜切夫石灰石鑲砌的各个建筑物，得出下列結論：

- （1） 用科罗卜切夫石灰石的鑲砌，耐久而外形优美；
- （2） 鑲砌的整个状态虽然良好，但因为此种石灰石极 不均匀，以致有裂縫和层裂等瑕疵。不过此等石块的数量，平均不超过鑲砌中石块总数的 3 ~ 5 %，因而此等瑕疵并不影响鑲砌的裝飾性質。

建筑物的个别部分中，具有瑕疵的石块数目达 10 ~ 30 %，远在上述平均数之上，因为此部分所采用的石块較为軟弱 或帶有采石場的含水量，或者因为鑲砌在構造上不够正确（例如，未有防湿层、錨釘銹蝕、未防护水平面受湿等）；

- （3） 石料表面刻痕（外表粗糙），較之平滑者具有重大的优点，因为在此等外表下，能妥善的保持石料的裝飾性質；

- （4） 細小軟弱的包裹体和“洞穴”，并未使整块石料逐漸破

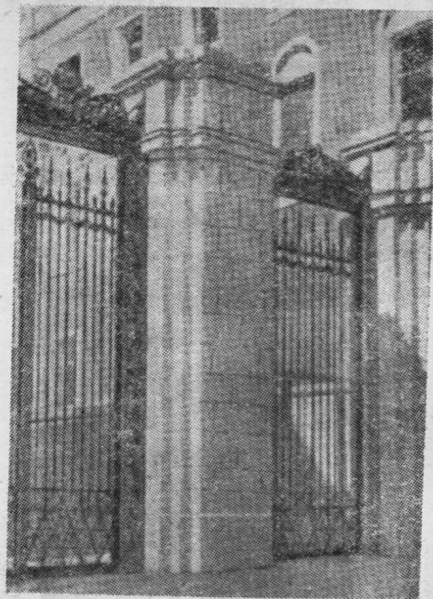


图 2 莫斯科苏维埃大厦的科罗卜切夫石灰石鑲面門柱

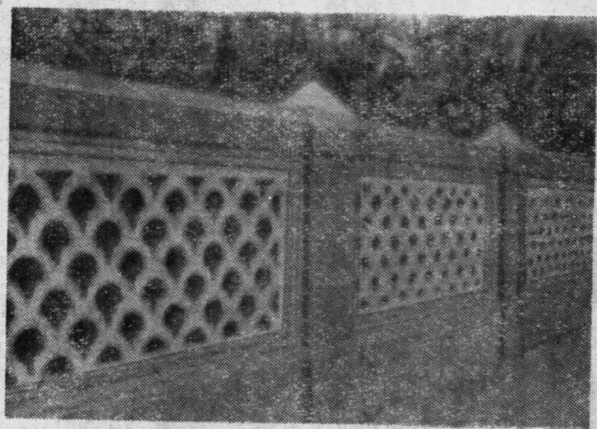


图 3 莫斯科基輔区联共区委会大厦的科罗卜切夫石灰石圍柵

損,而此等瑕疵不多時,實際上未影響鑲砌的裝飾性質。

試樣的試驗方法和說明

此次所作科羅卜切夫礦區所產石灰石的各項試驗,按其目的分為八類。每類試驗的目的和實驗試樣數目,如表1所示。

試驗分類		表 1
類別	試驗分類的目的	實驗試樣個數
I	石料的物理技術特性.....	428
II	石料的化學成分.....	15
III	采石場的含水量對石料抗凍性的影響.....	100
IV	高溫干燥對石料物理技術性質的影響.....	30
V	石料的均勻性.....	193
VI	試樣表面加工質量對其強度的影響.....	20
VII	試驗方法對石料吸水數量和吸水速度的影響.....	40
VIII	莫斯科和克里米亞石灰石抗凍性的比較.....	196
總 計		1022

同一試樣的試驗結果,有時可以用于兩三類,故製備和實驗的試樣總數,少于表1所列分類試樣的合計數,而約等于600個。

大部分的研究採用下列的試驗方法:

各試樣的尺寸為5×5×5公分的立方體。

抗壓強度是以三個干至恒重的試樣和三個在飽和狀態的試樣所作試驗而定。飽和方法是將試樣浸水72小時,並在最初24小時內,將試樣浸沒其高度1/3,以後24小時,再浸沒其高度2/3,而最後24小時,則完全浸入水中。

經上述潤濕期間後,求出試樣在飽水狀態作強度試驗和抗凍試驗前,以其重量的百分率表示的吸水率。容重是由三個干至恒重試樣的平均重量來測定。用三個試樣按上述方法飽水後作抗凍試驗,每次凍融試驗共需四小時,在溫度為-17°C下凍結2小時,而融解亦為2小時,融解時水的最初溫度為+20°C,而最後溫度不低于+10°C。以上所稱試樣個數,是指每種料樣的試樣數目。

此种潤湿和抗冻試驗方法,以后在本篇內特称为“基本”方法,因为絕大部分試样均依此方法潤湿和試驗。

試样所以認為能抵禦抗冻試驗的冻融次数,是指經冻融以后,未发现:(1)試样有稜面层脫或貫通(即穿过兩稜綫的)裂縫;(2)石料稜角大大散脫,此項散脫依照大約計算,不得超过試样体积的1%。

上述抗冻性标准相当严格。不貫通的裂縫,如实验所示,并非不耐冻的指标。此等裂縫,絕不常見,实为石料內局部空孔和局部应力的結果;在此种情况下,試样仅經几次冻结后,其表面即呈現不貫通的髮縫;此种裂縫,在以后的試驗中,几未見扩展,甚至經25次或25次以上的冻融試驗,亦未貫穿整个稜面。反之,另一种裂縫,立即或极快扩展,并貫通兩稜綫,此即表示石料已沿其层次而破損,并表示其不耐冻性。

在石灰石的試样上,虽然散脫不多,但亦常发现有肉眼可見的稜角散脫現象。因此,在不同試驗室中,可随时凭“肉眼可見”的散脫征象鑑定其抗冻性。

为了进行研究,必須訂定一个簡明但又相当准确的标准,由量度試样散脫部分的体积,以測定其体积的損失,現定体积損失不应超过1%。在国定全苏标准5219-50“海上水工構築物所用天然石料”容許損失2%,又国定全苏标准“水工混凝土”則为5%,特列出以供比較。此次采用远为严格的要求,是因为1%的重量損失已有相当多的稜綫散脫(約沿其全長2公厘)。

根据“磚石和配筋磚石構結設計标准”(H 7-49/重工业企业建造部)試样經抗冻試驗后,其强度不得低于未經冻结的同一試样强度的0.75。关于此問題,本篇以后根据試驗結果而有較為詳尽的分析。

在有些試驗中,为結合某項研究任务而采用特殊的試驗方法。試样的分組,試样的个数和試驗的方法(如与上述方法不同时),詳見下文每类試样研究的叙述中。

第 I 类試样的試驗确定石料的物理技术特性

由采石的三个岩层共取料样 27 种,各种料样均采自同一采石場,但亦可作科罗卜切夫矿区其他段落的代表。其中有 10 种取自第一层,7 种取自第二层,而 5 种則取自第三层。此外,尚有 5 种料样,并非取自采石場,而系得自巴布什金城的石料加工廠,石块已由科罗卜切夫运至該处;此 5 种試样中有 1 种属于第三层,其余 4 种則不詳。

以下为每組及每項試驗中 几个試样試驗結果的平均数值(每組最少三个)。第 1 类共試驗試样 428 个。

抗压极限强度石試样干至恒重时,試驗所得抗压极限强度的綜合資料,列于表 2。

表 2 所列石料在干燥状态时的极限强度,可以归納如下:

第一层——585、215、286、227、396、208、527、646、569、655、385 公斤/平方公分,平均 427 公斤/平方公分;

第二层——565、329、557、240、314、480、606 公斤/平方公分,平均 441 公斤/平方公分;

第三层——478、420、700、800、651 公斤/平方公分,平均 610 公斤/平方公分。

从而可以得出結論:第一、第二层科罗卜切夫石灰石,其极限强度介于 200~650 公斤/平方公分。第三层的极限强度高于第一、二层,而自 420~800 公斤/平方公分;此值仅由五种料样测出,但五种料样却取自采石場的不同地点。

由所有采石場的 三个岩层 所得各料样,依其强度,可划分如下:

极限强度(公斤/平方公分)	600~800	400~599	250~399	200~250
料样數量	7	9	7	4

由此可見,石料强度以 250~600 公斤/平方公分最为普通。个别料样(約占 15%)的强度低于 250 公斤/平方公分,但仍在 200 公斤

石料的抗压极限强度①

表 2

料樣 號別	所屬 岩層	試樣的平均極限強度 (公斤/平方公分)			相 對 強 度		
		干燥時 R_1	飽水時 R_2	凍結后 R_3	$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{R_3}{R_1}$	$\frac{R_3}{R_2}$
1	I	585	533	373	0.91	0.64	0.70
2	II	565	572	443	1.01	0.79	0.78
3	III	478	409	633	0.86	1.33	1.55
4	I	215	138	260	0.64	1.21	1.88
5	II	329	298	326	0.91	0.99	1.09
6	III	420	338	369	0.81	0.88	1.09
7	II	557	269	400	0.48	0.72	1.49
8	I	286	219	222	0.77	0.78	1.01
9	II	240	168	—	0.70	—	—
10	—	336	317	314	0.97	0.97	0.99
11	II	314	143	285	0.46	0.84	1.85
12	I	227	—	—	—	—	—
13	I	396	322	231	0.81	0.58	0.72
14	II	450	417	335	0.87	0.70	0.80
15	III	700	515	416	0.74	0.60	0.81
17	I	208	181	—	0.87	—	—
18	I	527	412	476	0.78	0.90	1.16
19	III	800	484	549	0.61	0.69	1.14
20	I	646	—	—	—	—	—
21	I	569	—	428	—	0.75	—
22	—	655	—	—	—	—	—
23	—	532	—	360	—	0.68	—
24	—	613	—	379	—	0.62	—
25	—	390	—	309	—	0.79	—
26	I	385	—	310	—	0.80	—
27	II	606	—	378	—	0.63	—
28	III	651	—	368	—	0.56	—

附註：第1~9、11~20、22和26~28各號料樣取自采石場，第21、23、24和25各號料樣取自石料加工廠。

/平方公分以上。

25%以上的料樣，其極限強度高于600公斤/平方公分。采石場的特点，就是石料極不均勻，即使在同一料樣所取各個試樣的試驗中，亦可發現。圖4表示每種料樣的平均強度定為100%，料樣內各個試樣對平均強度的最大和最小偏差。27種料樣內僅得6種，其中兩個立方體的強度對平均強度的偏差在10%以內。其餘21種的偏差在±15%~±40%，而有6種更超過此值，達±60%。料樣內各個試樣的極限強度，對各種料樣的平均強度，其均方差為

① 本表原缺第16號料樣的資料。又第10號料樣，原表附註未說明出處，按理亦系取自石料加工廠——譯者。

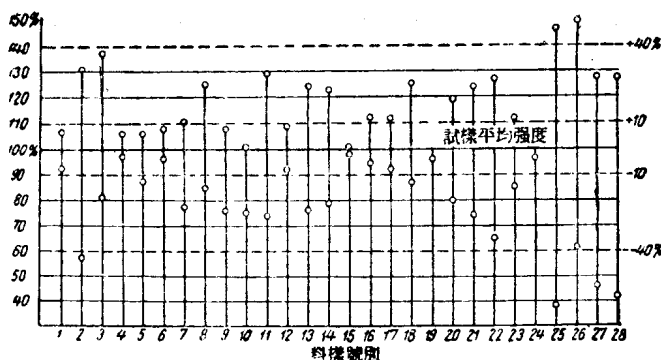


图 4 每种石料样内各试样的极限强度对其平均强度的最大和最小离差,其平均强度取为100%

21.5%,这就是說此值很大。

每种石料样的各试样,在饱水状态(潤湿三天)时作試驗,其平均极限强度見表 2,同表又列出其軟化系数(即饱水試样的极限强度与干燥試样的极限强度之比)。根据表 2,其軟化系数的数值如下:

軟化系数	0.90以上	0.80~0.89	0.65~0.79	0.60~0.64	0.50~0.59	0.45~0.49
試樣數目	4	5	4	2	—	2

由此可見,經測定軟化系数的17种料样中,有15种料样的軟化系数,其值超过0.60。但是必須注意在測定軟化系数时,难免有个别的偶然結果,因为并非以同一試样,而是用不同的試样,在干燥和饱水状态下进行試驗。这里 特別將 第 4、7、11 和 19 号料样的軟化系数(其值小于0.65)列入偶然結果之类。此等系数的偶然性,由下列事实可以証明:因为同上述料样的各試样,經冻结 25 次后,在饱水状态时作試驗,比之未經抗冻試驗,而在饱水状态时作試驗的各試样,其强度較高。假定由曾經冻结的試样以測定其軟化系数,則此四組的軟化系数,將远高于0.65。

上面已列出的資料,說明了在同一料样中的石料极不均匀。假定三个試样干至恒重以作試驗,在同一含水量下,其平均强度比之

在飽水狀態下以作試驗的三个試样平均强度为高,則由于石料的此种不均匀性,其軟化系数的測定为不正确,已毫無疑問。

容重表 3 和图 5 表示全部料样干至恒重后,其石料的容重,又在同一状态下的石料抗压 极限强度,由此而得石料的强度与其容重的关系。

干燥石料的容重及其抗压极限强度

表 3

料 樣 號 別	容 重 (噸/立方公尺)	極限强度 (公斤/立方公分)	料 樣 號 別	容 量 (噸/立方公尺)	極限强度 (公斤/立方公分)
1	2.50	585	15	2.42	700
2	2.47	565	17	2.15	208
3	2.45	478	18	2.23	527
4	2.14	215	19	2.39	800
5	2.36	329	20	2.37	646
6	2.37	420	21	2.42	569
8	2.12	286	22	2.22	655
9	2.06	240	23	2.32	532
10	2.28	326	24	2.36	613
11	2.18	314	25	2.28	390
12	2.12	227	26	2.22	385
13	2.06	396	27	2.40	606
14	2.17	480	28	2.34	651
平 均			2.27 450		

因此科 罗卜 切夫石料的容重,同其强度一样,变动极大,自 2.05~2.5吨/立方公尺。还应指出,个别石試样的容重小于1.9吨/立方公尺。石料的平均容重为2.27吨/立方公尺,而大于2.15吨/立方公尺的占77%。当石料容重大于2.15吨/立方公尺时,其强度总在250公斤/平方公分以上。

由图 5 可見:石料的 极限强度与其容重的关系极不一致。因为此种关系不仅因石料孔隙的数量,并因其大小,再結晶程度等而定。图 5 又列出石料强度与容重間的曲綫关系,用以求出毛石的极限强度約数^①。此曲綫依下列公式繪成:

① Л.И. 奥尼西克:“碑石結構”國立建筑書籍出版社,1939,第19頁。