

鐵路工程地質工作經驗

(16)

建築材料的調查與勘探

鐵道部基本建設總局編



人民鐵道出版社



鐵路工程地質工作經驗
(16)

建築材料的調查與勘探

鐵道部基本建設總局編
人民鐵道出版社出版
(北京市觀音廟17號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新華書店發行
人民鐵道出版社印刷廠印

書號1461 開本 787×1092 1/32 印張叁插頁1 字數14千

1959年7月第1版

1959年7月第1版第1次印刷

印數 0,001—1,100冊

統一書號: 15043·1013 定價(8)0.13元

建築材料的調查與勘探

一、引言

本文所論建築材料，系指砂、卵石及料石而言。這些材料在鐵路建築上占着很重要的地位，沒有它，鐵路便無法修建；有了它，仍須考慮到儲量的多寡和質量的優劣以及運輸距離的遠近，因為這些因素不但會影響到建築物的造價，而且也會影響到建築物的質量。因此，在新綫踏勘時便需進行建築材料產地的普查與選擇。

二、建築材料產地的普查與選擇

普查工作是隨着綫路草測工作的進展而進行的，以找出沿綫可能開采砂石等材料的地段，盡量利用天然露頭或少量的挖探，必要時採取代表性試樣進行物理力學試驗，用極簡單的方法進行儲量計算，達到C₂級標準。

產地的選擇，當然是以距綫路愈近愈好，地形愈簡單愈好，但必須結合到產量、質量來考慮。在一般情況下，砂、卵石的產地多在河灘、河口或河灣的凸岸；料石的產地則多在山坡或溝谷中。

三、初步設計時建築材料之調查與勘探

初步設計決定着施工的可能性，因此初步設計時建築材料的調查與勘探，必須在普查的基礎上作進一步的詳查，要達到B級標準，即初步設計階段儲量計算的誤差不能超過普查時總儲量的20~40%。詳查時必須考慮到：運輸的最大距離，礦體的最大厚度，剝土與礦體的最大厚度之比和地下水的埋藏條件。因為這些因素會決定着開采的價值，當決定有開采的價值後，便可按B級儲量計算標準來進行勘探。茲將勘探過程概述如下：

（一）勘探綫的布置

砂、卵石產地勘探綫的布置應與河流垂直，勘探綫的多少視河灘長短而定。勘探綫上的試坑或鑽孔通常是相間的，但也須根據具體情況靈活掌握。在一般情況下，產地長度為0.5~1.0公里時，勘探綫的距離為100~200公尺；如果產地長度大於1公里，勘探綫的距離可增長到300公尺。每一條勘探綫上的試坑或鑽孔，其間距也是100~200公尺或300公尺，在尖滅或凸鏡體的產地上試坑或鑽孔的布置要稍為多一些。

河滩上的台地寬达 100 公尺时，布置 1~2 个勘探点；寬度为 300 公尺时，布置 3~4 个勘探点（試坑和鑽孔应适当間隔分布）。第一个勘探点的布置距台地边缘 10~20 公尺，如果台地很陡，可用清除表土作勘探点，台地上的勘探綫要与河滩上的勘探綫取得联系。勘探綫的布置如图 1。

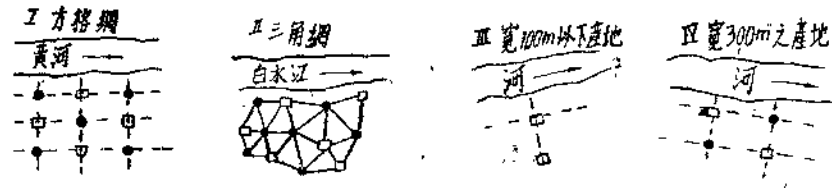


图 1 砂、卵石产地勘探綫布置示意图

料石場一般是不作勘探的，主要是根据地质調查的結果进行对岩性岩相的分析，有时为了解复土的厚度，可布置少数試坑，如果必要作鑽探时，勘探綫的布置是和砂、卵石相类似，但鑽孔的数量可視具体情况酌量減少。

(二) 勘探方法

勘探綫布置后便可开始勘探，勘探的基本方法有：試坑、鑽孔、导洞和探槽四种，但一般常用的只有試坑和鑽孔两种。下面介紹一些勘探經驗。

1. 試坑开挖工作

砂、卵石多分布在河滩上，因此試坑开挖很可能遇到地下水，由于地层松散和渗流压力的影响，常有坍塌現象，一般是采用支撑来加固坑壁，支撑的类型通常为倒塔式（图 2）。

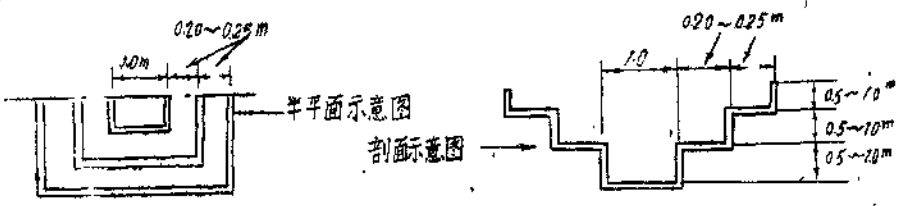


图 2 試坑支撑示意图

該支撑为正方形木框所組成，形似倒立之宝塔，从上而下，由大到小，分层收縮（每层收縮 0.20~0.25 公尺），試坑底部之截面一般不小于 1×1 公尺，故試坑开口之寬度应根据試坑深度及試坑縮小的层数来推算。試坑中的地下水，应根据涌水量的大小选择适当的抽水机进行排水（涌水量的大小是大略估計的），在均一的砂层中，开挖工作比較順利，但遇含有大卵石或漂石时，往往会发生流砂現象，于是試坑的开挖工作便需要采用特殊的方法来处理。遇漂石时，可用三脚架置滑車利用繩索吊起，或用爆炸方法炸碎，試坑开采工作的优点是截面面积大，可以清楚观察地层情况，不会破坏其天然級配，可以提供准确的資料，而且工作較簡便。铁道部第三設計院在华北一带勘探砂、卵石材料产地时，試坑开挖工作与一般綫路試坑开

挖工作无多大区别，其口径为1.5×1.2公尺，坑壁坡度为60~80度，一坡到底，深度视水文地质情况而定，一般挖到水位下0.5~1.0公尺；在建筑材料很缺少的地区，也有挖到水位下1.5公尺的。

2. 鑽探工作

砂、卵石材料之勘探，套管直径为4 $\frac{1}{2}$ ~ 6吋，这样能保证提取大量的样品，以便于分析。勘探常用的方法有下列几种：

(1) 鑽杆迴轉式鑽进（通常称推磨式鑽进），鑽头为勺鑽及盘式。

(2) 大錘冲击式鑽进，用卡簧鑽头为最适宜，在顆粒小于150公厘的地层中鑽探最有效。

(3) 鑽杆冲击式鑽进，用十字形、工字形或活門鑽头等。

(4) 鋼片冲击式鑽进，使用活門鑽头（鑽砂层中常用之）。

鑽探的优点是能在水下进行，而且能鑽深孔，但会破坏粒徑。过去铁道部第三設計院常用迴轉式鑽进，鑽孔內徑为108公厘，鑽头为管鑽、勺鑽、冲鑽，相互配合使用。岩心采取率要在70%以上方为有效。

四、技术設計或施工設計时建筑材料之調查与勘探

技术設計或施工設計时建筑材料之調查与勘探，是在初步設計已作过的地区内挑选一些具有使用价值的产地，在已有勘探綫之間又平行地插入一些新的勘探綫，使新旧勘探綫之間的距离縮小了一倍。根据以前勘探（初测）和加密后（定测）的勘探，求出两者平均厚度的比值，若不超过10~15%，即合于A₁級的标准，也就是合于技术設計或施工設計的要求。若超出此数字，那么勘探綫还应加密。

例如：我們在某地选择一条勘探綫，其岩层平均厚度为 $(0.3+0.3+1.1) \div 3 = 0.57$ 公尺，当加密一倍勘探綫之后，岩层平均厚度則为 $(0.3+2.0+0.3+1.6+1.1) \div 6 = 1.07$ 公尺，两者之比值为 $0.57 : 1.07 = 0.57$ 公尺。所得結果已超出10~15%，故勘探綫还应加密。（图3）。

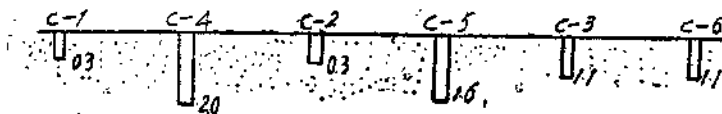


图3 勘探綫加密示意图

料石之調查及勘探，也是在初步設計已作好的基础上作进一步的詳細勘探，一般有两种情况：

1. 初测已鑽孔者，定测复查无异时，一般情况是不再鑽探，只精确核對計算儲量即可，但对地层（岩性、厚度等）了解不够时可酌情补孔。

2. 初测未鑽孔者，为了确定地层厚度、岩石性質等，必須鑽探。

料石鑽探須用大徑鑽頭，保證岩心大於60公厘，以供試驗。茲將工作中一些点滴經驗介紹如下：

在噴出岩地區作料石勘探時，必需鑽探。因為噴出岩往往是會厚層的（尤其是第三紀噴出之玄武岩），而且噴出又多是間歇性的，因此中間便常有松散土層沉積。例如集二綫溫都爾廟石場，表面是玄武岩，質地很好，可作料石，但因未鑽探，到開采時發現岩層太薄且中間又夾粘土，不宜採用。

博南綫某處有寒武紀之石灰岩，表面看來也很好，認為可用，初測未鑽孔，但到定測勘探時，發現內部有鐵質膠結物，不能用。

五、記錄、取樣與化驗

建築材料之勘探，不論鑽孔或試坑，均應填寫鑽探日誌。在岩石名稱及特征一欄中應描述：

1. 砂、卵石應說明：（1）名稱，（2）顏色，（3）粒徑，（4）濕度，（5）密實度，（6）含塵量，（7）其他夾雜物（如鹽、鐵、鈣等），（8）砂、圓砾、卵石及夾雜物之百分比，（9）岩石成份，（10）層理，（11）工程等級。

2. 料石應說明：（1）名稱，（2）顏色，（3）結構，（4）構造，（5）產狀，（6）風化程度，（7）節理情況。

若是火成岩須補充說明：（1）結晶之程度，（2）晶粒大小及形狀。

若是水成岩須補充說明：（1）層次及層厚，（2）顆粒之大小、形狀、成份、量比及排列，（3）層理發育情況及層面接觸關係等。

若是變質岩應補充說明：（1）晶粒大小、形狀及排列，（2）變質之深淺程度。

建築材料取樣與化驗的目的在於：確定其適用程度，作出全面的評價，不論在整個產地上或區段產地上，它的質量都要確定出來。在這裡只談一些取樣應注意的事項，至於化驗所需樣品之多少與化驗應作之項目以及一些有關技術檢算的規定，均另列表於後，以供參考。

選擇試件最主要的是能反映出被開采地層的全部岩石特征。松散岩層通常用下列兩種方法取樣：

（1）刻槽取樣法

在試筑變化最大的一面，挖一刻槽，斷面 20×15 公分，深度要達到預定開采的深度，將刻槽的全部數量挖出，放在帆布上，均勻地混合，用四分法分開，並縮減至所需的數量。

（2）全坑取樣法

開采試坑以後以一鑊取樣，例如決定在第五鑊為取樣，則以後每隔五鑊必須以最後一鑊為取樣，挖出的樣品仍需放在帆布上，挖完後將其均勻地混合，用四分法分開，縮減至所需數量。

料石取样一般是取未經风化的或风化輕微的（需要在化驗单上注明它是代表未經风化的还是代表风化輕微的）。

关于取样之数量及尺寸，可參看附表 1。

六、儲量的計算

在进行儲量計算之前，首先必須把范圍确定，然后根据勘探綫的形状按不同类型的計算方法求出。茲分述如下：

（一）計算范圍的确定

計算范圍也就是开采范圍，在布置勘探綫时已在工地大致决定，待測繪完毕即可根据平面图及断面图結合下列因素正式决定計算范圍。

1. 水位以上和水位以下的必須分开計算，因为开采方法与单价都不相同。
2. 复土很厚（一般为大于1:1，但产量不足时例外）或开采有特殊困难时不予計算。
3. 不同岩层要分开計算（如石灰岩、砂岩）。
4. 如石場受洪水影响，則計算至最高洪水位为止。
5. 石場往往高出地面，一般計算至与地面平为宜。
6. 如修岔綫时，应将綫路所占面积除去，但高出路基部份仍須計算。

（二）計算方法

計算的方法很多，然而一般常用的却只有下列几种：

1. 平行断面法

这是一个最通常用的計算方法，只要把相邻断面的面积求出，取其平均值再乘上两断面之距离即得出，如附图中的“平行断面計算埋藏量資料表”所示。

2. 三角形法

这个方法便于計算石場产地的儲量，是按鑽孔将产地划成大小不同的若干个小三角形，将各个小三角形的平均厚度求出，面积求出，按下式計算：

$$m_{c,p} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}, \quad F = \frac{b \times h}{2}, \quad V = F \times m_{c,p}$$

式中 $m_{c,p}$ ——三角形的平均厚度；

m_1, m_2, m_3 ——三角形各点厚度；

b ——三角形底边长度；

h ——三角形高度；

F ——三角形面积；

V ——三角形体积。

如图4所示，則其儲量为：

$$V = \left(\frac{2.0 + 2.1 + 2.5}{3} \right) \left(\frac{40 \times 20}{2} \right) = 880 \text{ 公尺}^3$$

計算儲量时应注意除去复土厚度。

3. 算术平均法

此法較簡單，首先將产地之平均厚度求出，面积求出，两者之积即为儲量（总面积上可以划分为若干个三角形、或长方形、或梯形等），如图5。

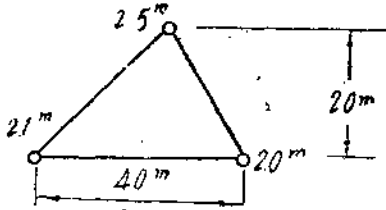


图 4

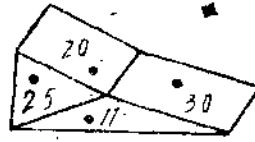


图 5

$$\text{产地平均厚度} = \frac{1.7 + 2.0 + 2.5 + 3.0}{4} = 2.3 \text{ 公尺}$$

$$\text{产地面积} = 294 + 221 + 183 + 188.5 = 786.5 \text{ 公尺}^2$$

$$\text{儲量} = 786.5 \times 2.3 = 1080.95 \text{ 公尺}^3$$

4. 求积仪法

用求积仪求出产地总面积，乘上其平均厚度即为儲量。例如某地共挖了四个坑，其平均深度为 2.5 公尺，产地面积 4000 公尺²，則其儲量为 4000 × 2.5 = 10000 公尺³。

(三) 各計算方法的比較

1. 平行断面法应用最广，計算也較簡單，是铁道部第三設計院常用的一种計算方法，尤其是对松散岩层之勘探，更为普遍采用。

2. 三角形法，如有精确之勘探網，这种方法便于計算不規則产地且厚度变化較大的儲量，一般石場产地儲量計算多用此法。

3. 算术平均法，一般为普查时近似估計儲量的一种方法。

4. 求积仪法，一般不常用，因为当儲量过少时精确程度显著降低。

(四) 儲藏量的等級及其精确度

儲藏量共分五个等級，即：C₂級、C₁級、B級、A₂級和A₁級。草測时要求达到C₂級标准，初測时要求达到B級标准，定測时要求达到A₂級标准。茲分述于下：

C₂級：儲量是預查的，可以根据个别試样确定其質量，当沒有疑問时，也可以与已經化驗的同类矿产相比而确定其質量。

这一級的标准，只可作为地質勘探远景规划之根据。

C₁級：儲量是估計的，其精确度为产地总儲量的10~50%，取样一两个作物理学化驗，根据化驗結果确定矿产質量。

B級：勘探時酌量布置鑽孔或試坑，計算儲量誤差不得超過產地總儲量的20~40%，必須取樣化驗，確定礦產的有用程度，但對開采的技術條件及剝土厚度尚未十分清楚。

A₂級：用鑽孔或試坑詳細勘探，計算儲量誤差不得超過產地總儲量的10~15%，必須取樣化驗了解岩石抗壓強度或顆粒百分比，同時還應了解水文地質及開采的技術條件以及剝表厚度等。

A₁級：儲量、質量已完全了解，必須詳細敘述產地情況及開采技術條件，可作為生產計劃的根據。

七、報告的編制

根據資料簡化精神，一般建築材料產地不寫說明書，只填寫砂、卵石產地一覽表和石材產地一覽表，但遇產地情況複雜，一覽表不能說明具體情況時則例外，通常在下列情況之下要寫說明書。

- (1) 修有岔綫之永久石場；
- (2) 有地下水活動時；
- (3) 同一石場開采方法有顯著不同時；
- (4) 地質複雜、石材用途各異時；
- (5) 其他說明表內不能說明的問題。

說明書應包括下列內容：

- (1) 產地之地形、地貌及水文地理（地表水的描述）；
- (2) 水文地質（地下水之埋藏深度、來源、涌水量、變化情況以及對開采的關係）；
- (3) 地質構造（斷層、折皺、產狀、風化程度以及節理情況等）；
- (4) 用途說明（供道渣、塊石、片石、料石等用）；
- (5) 開采方法說明（用大錘楔子開采或爆炸開采，由何處先行開采最適宜）；
- (6) 其他有關事項的建議。

八、交出的資料

1. 建築材料產地圖，用透明紙繪制（內容見附圖）。
2. 報告一份，其中包括下列內容：
 - (1) 說明書（特殊情況時才作）；
 - (2) 鑽探日誌；
 - (3) 試驗報告；
 - (4) 調查表（砂、卵石、石材產地一覽表）。

附 表

混凝土用粗集料及建筑料石試驗所需样品数量表

表 1

試驗項目	材料名称	砂	卵 石	碎 石	料 石
顆 粒 分 析					
含 泥 量					
粘 土 含 量					
有 机 物 含 量					
SO ₃ 含 量		5~10kg	30~50kg	30~50kg	
云 母 含 量					
空 隙 率					
單 位 容 重					
吸 水 率					
比 重					
抗 压 强 度		—	—	—	6×6×6公分或10×10×10公分, 或高与直徑相等之圓柱体至少三块
吸 水 率		—	—	—	6×6×6公分 或高与直徑相等之圓柱体至少三块
耐 冻 性		—	—	—	同 上

道渣及底渣各項試驗所需样品数量表

表 2

試驗項目	磨損率	粗 度	吸水性 耐冻性	單位 重量	石灰 鐵質 分 解性	測定 模量	顆粒分析	內部 結構 鑑定	全 項
碎石道渣	50~60mm 块石20公斤	φ 与高 均應25	6×6×6 公分 ³ 六块	—	—	—	50公斤	—	50公斤
矿滓道渣	40mm 块石20公斤	公厘圓 柱体或	6×6×6 公分 ³ 五块	50公分 ³ 三块	共 10公斤	2公斤	200~300公斤	10公斤	不少于 300公斤
篩 选 卵 石 道 渣	10~40mm 卵石20公斤	4×4× 4 公分	—	—	—	—	50公斤以上	—	50公斤以上
天然級配 卵石道渣	—	長方三 块	—	—	—	—	—	—	—
砂粒道渣	—	—	—	—	—	—	含卵石 5 公斤 不含卵石 2.5 公斤	—	5 公斤
石屑底渣	—	—	—	—	—	—	5 公斤以上	—	5 公斤以上
中 粗 砂 卵 石 底 渣	—	—	—	—	—	—	含卵石 5 公斤 不含卵石 2.5 公斤	—	—
煤滓底渣	—	—	—	—	—	—	20 公斤以上	—	20 公斤以上

混凝土用卵石的技术条件表

表 3—1

混凝土工程情况 碎石技术条件		为水饱和的混凝土		不为水饱和的混凝土	
		遭受冻害的	不遭受冻害的	混凝土标号	混凝土标号
※ 空隙率 %		< 45			
顆粒級配		碎石篩分曲綫須处于斜綫的阴影範圍內			
碎石强度	石料試件(为水飽和状态)强度高出混凝土标号的百分数	不小于200	不 小 于 150	不作規定	
	碎石混凝土試件强度高出混凝土标号的百分数 ※	不作規定	不小于 150	不 小 于 120	
吸水率 (重量%計)		不大于 3	不大于 5	不 作 規 定	
有害物質含量	硫酸盐含量(以SO ₃ 計)	1			
	※粘土、泥質、有机物等	不得有			
耐 冻 性		經試驗合格的顆粒，不得小于全部顆粒总重的90%。			
注:		表中注有※号者，系由矿山开采需加工之碎石，不作試驗，但在矿山廢品中选取混凝土用碎石时則需作各該項試驗			

混凝土用卵石的技术条件表

表 3—2

項 目	混凝土的結構情况		
	为水飽和且遭受冻害的混凝土或标号等于或高于 150 号的混凝土	不为水飽和且标高低于 150 号混凝土	
空 隙 率 (%)	不小于45	不小于45	
顆 粒 級 配	一般篩分曲綫須处于图的阴影範圍內		
卵石混凝土試件强度(按特定手續試驗)高出混凝土所标号的%	不小于150	不小于120	
軟弱顆粒含量 (重量%)	对于100 [#] 或高于100 [#] 的右不得大于10%，对低于100 [#] 右不得大于20%		
針狀和片狀顆粒含量(重量%)	不大于15	不作規定	
有害物質含量	粘土泥灰含量(冲洗法)	2	
	硫酸盐含量(SO ₃)	1	
	有 机 物 含 量	比色試驗結果試液顏色不得深于标准色	
耐 冻 性		試驗合格的顆粒不得少于总重量90%	
單位体积重量(公斤/公分 ³)		不宜小于1450	不宜小于1000

混凝土用砂的技术条件表

表 4

项 目	混 凝 土 结 构 情 况	
	为水飽和且遭受冻害的混凝土或 标号高于或等于 150 号的混凝土	不为水飽和且标号等 于或低于 150 号混凝土
單位体积重(公斤/公分 ³)	1550	1400
空 隙 率 (%)	37	4
顆 粒 級 配	筛分曲线須处于图的斜线阴影內	
小于0.15公厘的泥質含量 (冲洗法)	<5%	<5%
小于 0.005 公厘粘土顆粒 含量(膨脹法)	<5%	<5%
硫酸盐和硫化物(SO ₃) 含 量	<1%	<1
云 母 含 量	<0.5%	<0.5%
大于 5 公厘顆粒含量	<1%	—
有 机 物 含 量	比色試驗試液顏色不得深于标准顏色	
平 均 粒 徑	粗 中 細 0.50 砂不小于 0.35 公厘者 0.25	同 左
細 度 模 量	約处于 2.5~3.5 之間, 最小者也不得小于 2	

表 5

道 造 磚 瓦 材 料 規 格 簡 表

道 造 磚 瓦 材 料 名 稱	顆 粒	標 准 尺 寸 (公 厘)		全 部 尺 寸 重 量 占 最 大 尺 寸 重 量 的 百 分 數	容 許 尺 寸 最 大 尺 寸	按 重 量 所 占 的 百 分 數		潔 淨 度	磨 耗 %		48 小 時 吸 水 度	耐 凍 性	分 解		模 量	內 部 結 構	備 注
		由	至			大 于 標 准 尺 寸	小 于 標 准 尺 寸		德 法 爾	落 彩 機			石 灰 質	鐵 質			
硬 質 碎 石 或 溶 爐 碎 渣	標 准 的	25	70	90	100	5	5	潔 淨 的 不 應 有 泥 污 及 石 屑 未 得 超 出 1.0%	<30	<7	<1.5	經 過 25 次 15° 的 凍 融 而 不 破 壞	礦 質 經 分 解 試 驗 不 合 格 者 不 得 鋪 用	礦 質 應 該 是 酸 性 的 礦 質 鋪 用 (M=1) 在 堆 積 三 年 後 無 可 鋪 用 者	礦 質 應 具 有 細 結 晶 的 實 體 中 性 礦 質 及 空 隙 率 不 得 超 出 重 量 的 50%	在 特 別 情 形 下 經 鐵 道 部 批 准 後 可 用	
	中 破	7	50	90	100	5	5										
軟 質 碎 石 或 溶 爐 碎 渣	細 破	7	25	90	100	5	5										
		25	70	90	100	5	5		<45	<10							
標 准 卵 石	人 體	3	40	90	60	5	5	<0.1 公 厘 者 不 得 超 出 1%	<30	<15	同 上	同 上					
含 砂 卵 石		3	60	50~80	100	20	5	<0.1 公 厘 者 不 得 超 出 5% 其 中 粘 土 不 得 超 出 1%									
		1	3	750	60	<50	<50	<0.01 公 厘 者 不 得 超 出 10% 其 中 粘 土 不 得 超 出 2%									
砂	粗 砂	0.5	1	750	60	<50	<50										在 卵 石 砂 中 3~60 公 厘 的 卵 石 需 要 小 于 50%
砂	中 砂																

篩 選 卵 石 應 視 其 中 20~40 公 厘 顆 粒 的 含 量 參 入 3~40 公 厘 碎 卵 石 (用 大 于 40 公 厘 的 卵 石 篩 篩) 其 參 入 量 如 下 表:

20~40 公 厘 顆 粒 占 全 部 卵 石 %	6~20	30	40	50	60	70	80	90
參 入 3~40 公 厘 碎 卵 石 占 全 部 卵 石 %	20	25	30	40	55	70	85	100

参 考 书 目

1. 新建铁路道砟规格及道砟施工规则初步修订稿 1953年
2. 建筑材料勘探工作 建筑工程部编
3. 工程地质简讯 铁道部第四设计院1956年第三期、第七期
4. 设计通讯42期 铁道部设计总局编
5. 彼得罗夫专家关于建筑材料方面的报告
6. 新线铁路工程地质勘测细则

本册主编：杨耀坤

编者：陆维善、王希哲、袁绍武、贾顺安、于家鼎、王宇丰、徐过平、
孙玉峯、谢明浓、唐荣金