

高等學校交流講義

# 道路建築材料

清華大學工程材料教研組編

(內部交流 \* 僅供參考)

中華人民共和國高等教育部教材編審處

# 道路建築材料

實驗 一	石料基本性質試驗	1
實驗 二	石料磨耗試驗	5
實驗 三	石料磨擦硬度試驗	7
實驗 四	石料黏結性試驗	9
實驗 五	石料韌度試驗	11
實驗 六	碎石耐固性(持久性)試驗	13
實驗 七	鋪路試驗磚	16
實驗 八	水泥物理性質試驗	19
實驗 九	普通混凝土設計用天然砂的試驗	24
實驗 十	普通混凝土所用碎石的試驗	28
實驗 十一	混凝土絕對體積配合法試驗	31
實驗 十二	木材實習及試驗	34
實驗 十三	木材的顯微組織及木材的疵病檢查	38
實驗 十四	金屬合金的顯微構造	40
I	有機膠結材料試驗	44
II	有機膠結材料混凝土試驗	71
	有機膠結材料	81
	有機膠結材料混凝土	115

## 實驗一 石料基本性質試驗

### 1. 目的：

- 一求石料的比重；
- 二求石料的單位重；
- 三求石料的孔隙率；
- 四求石料的吸水性；
- 五求石料的極限抗壓強度；
- 六求石料的軟化係數；

### 2. 步驟：

#### (一) 求石料的比重

① 將石料磨成細粉，并使通過900孔1平方公分的標準篩，然後將石粉烘乾備用。（這項由試驗室預先準備好）。

② 在比重瓶中盛入煤油使液面到0處。

③ 稱石粉30克到50克，實際重量用 $G$ 表示，準確度到1克，將稱好的石粉用漏斗慢慢地倒入比重瓶內，直到比重瓶裡面的煤油表面被排昇到約20立方公分刻劃為止，被排昇的煤油體積用 $V$ 表示。

④ 稱剩餘石粉重量 $G_1$ 。

⑤ 石料的比重可用下式計算

$$\gamma = \frac{G - G_1}{V}$$

其中 $G$ 為取作試驗的石粉重，單位為克。

$G_1$ 為試驗後剩餘石粉重，單位為克。

$V$ 為被石粉排昇的油的體積，單位為立方公分。

按標準規定此試驗應作三次，所得比重值的差額應在0.5%以內，同學每組可僅作一次，另參考本班他組同學所得結果加以比較。

#### (二) 求石料的單位重

① 取形狀整齊的石塊（密緻的岩石取大於 $4 \times 4 \times 4$ 公分的石塊，多孔隙的岩石取大於 $10 \times 10 \times 10$ 公分的石塊），每面用尺量度三次，準確度到0.1公厘，取三次量度的平均值計算石塊的體積 $V$ 。

② 稱石塊的重量 $G$ 。

③ 計算石料單位重  $\gamma = \frac{G}{V}$

④與本班他組同學所得結果比較

(三)求石料的空隙率( $P_o$ ) 石料的空隙率可用下述公式求得：

$$P_o = 1 - \frac{\rho_o}{\rho}$$

(四)吸水性試驗

①取洗淨烘乾之樣品稱重 $G$ 後，放在容器內稍墊高底部使水分與底部有充分接觸的機會。

②在容器內加水  $\frac{1}{4}$  試件高處，隔兩小時後加水到  $\frac{1}{2}$  試件高處，在隔 3—4 小時加水到  $\frac{3}{4}$  試件高處，再隔 2 小時使水淹沒試件，靜放 24 小時後，用濕布輕輕擦乾試件後，稱試件重。

③試件再放在水中 24 小時後稱其重量，重覆這種過程直到石塊重量不再增加為止，重為 $G_1$ 。

④按體積計算石料的吸水性： $B_{ob} = \frac{G_1 - G}{V} 100\%$

⑤按重量計算石料的吸水性： $B_{bec} = \frac{G_1 - G}{G} 100\%$

(五)石料壓力試驗

①製好試件，用卡尺量受壓面之兩邊各三次，取其平均值計算受壓面積。

②將試件放在壓力機機頭壓板中心，慢慢加荷重。

③當加荷重時，注視試件，當發現第一裂縫時，記錄其荷重當視件破壞時記錄其荷重。

④計算發現第一裂縫時材料之壓力強度，並計算試件破壞時之壓力強度，即極限抗压強度 $R_{乾}$ 。

(六)求石料之軟化係數

①取做吸水性試驗之飽和試件作壓力試驗求得其極限抗压強度

$R_{飽水}$

②用乾試件之極限抗压強度 $R_{乾}$ 除 $R_{飽水}$ 即得石料之軟化係數 $K$ 。

$$K = \frac{R_{飽水}}{R_{乾}}$$

石料試驗計算表格

班號 組別:

姓名:

試驗日期:

輔導員簽名:

石料種類:

石料產源:

(一) 比重試驗記錄表格

試驗次數	石粉原重 G 克	石粉餘量 G <sub>1</sub> 克	排水 V 毫升	比重 $\rho = \frac{G-G_1}{V}$	比重值差額
1					
2					
3					

(二) 單位重試驗記錄表格

試件重 G 克	試件尺寸 長×寬×高 公分	試件體積 V 毫升	單位重 克/立方公分

(三) 孔隙率計算表格

石料比重 $\rho$	石料單位重 $\rho_0$	石料孔隙率 $(1 - \frac{\rho_0}{\rho})$

(四) 吸水性計算表格

試件乾重 G 克	試件飽合重 G <sub>1</sub> 克	試件橫體 V 立方公分	按體積計吸水性 B <sub>05</sub>	按重量計吸水性 B <sub>05c</sub>

(五) 压力試驗記錄表格

試件號數	試件尺寸 長×寬×高公分	受压面積 平方公分	第一裂縫時 之荷重公斤	破壞時之 荷重公斤	第一裂縫時 之強度公斤/平方公分	破壞時之 強度公斤/平方公分

(六) 石料軟化係數計算表格

乾試件之極限压力 強度公斤/平方公分	飽和試件之極限压力 強度公斤/平方公分	軟化係數

## 討論

- 一 作石料比重試驗時為何要將石塊磨成細粉？
- 二 作石料比重試驗是否可以水代替煤油？
- 三 作石料吸水性試驗時為何要將試件墊高并分層加水？

## 實驗二 石料磨耗試驗

### 一 試驗意義：

碎石抵抗撞擊、剪力及磨擦三種聯合作用的性能稱作磨耗強度。這種性能決定於石料的品質、碎石的形狀大小及粗細程度。

建築路面用的碎石通常要作抗磨耗強度試驗。

石料的抗磨耗強度是以碎石在標準磨耗機內轉10000轉後的重量損失百分數表示。

### 二 儀器：

(1) 磨耗機一有兩個內直徑為20公分，深為34公分圓筒。圓筒的軸與該機的旋轉軸成 $30^\circ$ 傾角。磨耗機旋轉速度為30轉/每分鐘。

(2) 2公厘、50公厘和75公厘篩孔的篩子各一個。

(3) ( $105^\circ$ — $110^\circ$ ) 烘箱

(4) 小磅秤

### 三 試驗步驟：

#### (1) 製備試樣

(甲) 用碎石機或手錘將大塊石料打成碎石。最好是採用實際築路工程中現成的碎石。用75公厘和50公厘的篩子篩分，選取75公厘與50公厘之間的石塊（每塊約重100克）共約10餘公斤（100餘塊）。

(乙) 用水沖洗碎石，然後放烘箱內，用 $105^\circ$ 至 $110^\circ$ 溫度烘乾至恒重。由其中選擇二批碎石樣品，每批重約5公斤，碎石塊數每批為 $50 \pm 2$ 塊。將重量稱出，準確至10克。塊數數出。

#### (2) 進行試驗

(甲) 用布將磨耗機圓筒揩淨。

(乙) 分別將兩批碎石裝入磨耗機的每個圓筒內，把蓋闔緊。

(丙) 記錄磨耗機轉數計讀數或將其轉動至零。

(丁) 開動馬達，使圓筒旋轉，共轉10000轉（轉速30轉/分鐘）開蓋取出碎石樣品。

(戊)用2公厘的篩子篩分，將停留在篩子上的碎石再用水沖洗沖洗後放烘箱內烘乾，稱其重量，準確至10克。

(己)計算重量損失百分數，兩圓筒內試驗結果的平均值即為該石料的抗磨耗強度。

(3)試驗記錄及計算結果

1	石料名稱及產源		
2	試樣編號		
3	圓筒編號		
4	碎石外觀 特徵		
5	採用石塊數目		
6	烘乾後石塊重		
7	磨耗機停止後轉數計讀數		
8	磨耗機開始旋轉時轉數計讀數		
9	共旋轉次數		
10	試驗後停留在2公厘篩上碎石重		
11	碎石重量損失		
12	碎石重量損失百分數		

$$\text{抗磨耗強度} = \frac{1}{2} (\quad + \quad) =$$



### 實驗三 石料磨擦硬度試驗

#### 一、試驗意義：

石料的磨擦硬度的大小不僅決定於礦物的硬度，也與岩石的組織有關。在圓盤硬度機上測定石料的磨擦硬度。

#### 二、儀器：

- (1) 金鋼鑽石機，金鋼鋸石機，磨擦盤。
- (2) 圓盤硬度機。
- (3) 烘箱 ( $105^{\circ}-110^{\circ}$ )。
- (4) 天平

#### 三、試驗所需材料：

- (1) 0.30—0.60公厘的石英砂。
- (2) 各種大小尺寸的鋼珠或鐵砂。

#### 四、試驗步驟：

##### (1) 製備試樣

(甲) 用金鋼鑽石機在石料中鑽取圓柱形試樣兩個，直徑為2.5公厘，高為5—8公分。在鋸石機上將圓柱兩端鋸平。

(乙) 將試樣放烘箱內烘乾，再放乾燥器內冷卻。

(丙) 將已冷卻之試樣放在握筒（握持試樣的圓筒）內突出握筒至 $\frac{1}{2}$ 公分，將握筒裝在硬度機上。

(丁) 沙斗內裝沙，由小孔流至圓盤上，開動馬達，使試樣在圓盤上磨擦，約100—200轉（這樣可以使試樣底部與圓盤完全接觸），將試樣取出，刷去石粉，稱試樣重，準確至0.01克。量試樣之高度與直徑準確到0.5公厘。

(戊) 將試樣與握筒並加鋼珠使總重為1250克。

##### (2) 進行試驗：

(甲) 將試樣及握筒裝在硬度機上，鋼珠放在握筒頂上（共重1250克）共轉1000轉，轉速每分鐘33轉。使沙斗內沙子在1000轉中共流出2.5公斤。將試樣取出，稱其重量。

(乙)可按上法重復試驗兩次至三次

(丙)按下列公式計算磨擦硬度指數：

$$R_{\text{ИСТ}} = \frac{g}{\gamma_0 S}$$

式中  $R_{\text{ИСТ}}$  — 磨擦硬度 以 立方公分/平方公分表示之

$g$  — 試樣轉1000轉後損失的重量克數

$\gamma_0$  — 單位重以克/立方公分表示之。

$S$  — 試樣受磨擦的面積以平方公分表示之。

或

$$R_{\text{ИСТ}} = \frac{g}{S} \text{ 克/平方公分}$$

或用係數  $K$  表示磨擦硬度

$$K = 20 - \frac{a}{3}$$

式中  $a$  — 一個試樣轉1000轉後損失的重量克數

兩次試驗的平均值作為試驗的結果

(丁)試驗記錄及計算結果

1	石料名稱及產源		
2	試樣編號		
3	旋轉前試樣重克		
4	旋轉1000轉後試樣重克		
5	旋轉2000轉後試樣重克		
6	旋轉3000轉後試樣重克		
7	1000轉平均損失重量克		
8	磨擦硬度 $R_{\text{ИСТ}} = \frac{g}{S}$		
	磨擦硬度係數 $K = 20 - \frac{a}{3}$		

五 討論

## 實驗四 石料黏結性試驗

### 一試驗意義：

石料的細粉加水作成的漿體在壓緊並乾燥後，能夠變硬並獲得一定強度的性能稱為石料的黏結性。建築碎石路面所用的碎石要作黏結性的試驗。該性能是以規定荷重的錘（1公斤重）在一定高度（1公分高）下落打擊石粉漿試樣至破裂時的次數表示。

### 二儀器：

- (1) 球磨機—將石料磨成細粉用
- (2) 製模機—將石粉漿製成標準試樣
- (3) 天平（準至0.5克）烘箱（105—110°），乾燥器，100立方公分量筒，鋼尺，篩子。
- (4) 黏結性試驗機

### 三試驗步驟：

#### (1) 製備試樣

- (甲) 將小塊碎石樣品磨細成小於0.2公厘的石粉。
- (乙) 稱取0.5公斤石粉加蒸餾水90立方公分，拌合之。
- (丙) 用所製得之石粉漿在製模機上壓製試樣，使所得之試樣尺寸直徑為2.5公厘，長為2.5公厘之圓柱。最初取石粉漿約28克置製模機內，用132公斤/平方公分的壓力壓成之。如所製得之試樣長於或短於2.5公厘時，再另酌量減少或增加石粉漿數量，重新壓製之，使能合於2.5公厘之長度，得出結果後照樣製取試樣六個。
- (丁) 試樣製成後在室溫內乾燥24小時，然後放在105°—110°烘箱內4小時。由烘箱取出試樣放乾燥器內冷卻20分鐘，然後進行作試驗。

#### (2) 進行試驗

- (甲) 在開始試驗之前，須校正黏結性試驗機，使1公斤重錘的落下高度為1公分。

(乙)由乾燥器內取出試樣放在試驗機鐵站上，用彈簧壓住或用一滴膠水黏住。試樣上下面如不平行且與高度不垂直時，可用細砂紙將其上下面磨平。

(丙)開動馬達使1公斤重錘在1公分高度每秒下落一次，繼續打擊試樣，至錘裂為止，錘擊的次數即為該石料的黏結性。

(丁)取六個試樣試驗結果的平均數作為該材料的黏結性。

四 試驗記錄及計算結果：

石料名稱及產地						
石粉重量克						
用水量立方公分						
試樣編號	1	2	3	4	5	6
置在室溫內小時數						
置在(105±10)烘箱內小時數						
置在乾燥器內分鐘數						
黏結性						
黏結性平均值						

五 附註： (1)蘇聯標準規定：

最好的黏結性 75以上

中等的黏結性 75-25

不好的黏結性 25以下

(2)一般水結碎石路所用的碎石的黏結性須大於25。

六 討論：

## 實驗五. 石料韌度試驗

### 一試驗意義：

石料在動力荷載下能承受大的變形而不破壞的性質稱為韌性(脆性與韌性正好相反)。韌性最大的有普通角閃石及普通閃石等(脆性最大的有石英岩，玻璃狀結構新火山岩等)。石料韌度的大小用標準試樣在韌度機上抗撞擊(至破裂前)的次數來表示。

### 二儀器：

- (1)金鋼鑽石機
- (2)金鋼鋸石機及磨石機
- (3)韌度機—上附一落錘，能自動上升並下落，每次下落的高度比前一次都高1公分。
- (4)烘箱(105°-110°)，尺。

### 三試驗步驟：

#### (1)準備試樣

- (甲)用鑽石機鑽取2.5公分直徑的圓柱(石塊的長，寬至少為15公分厚至少為10公分並須不帶因開採而發生的裂縫)。
- (乙)用鋸石機將圓柱鋸成稍高於2.5公分的圓柱，再在磨石機上將上下磨平，使高為2.5公分。
- (丙)至少作試樣三個。
- (丁)將試樣放在烘箱內烘乾至恒重

#### (2)進行試驗

- (甲)將試樣裝在韌度機的座上。
- (乙)校正落錘使第一次下落高度為1公分。
- (丙)開動馬達使鐵錘撞擊試樣直到破裂為止，記取試樣在破裂前一共被撞擊的次數或讀取當破裂時落錘所升達的高度公分數。
- (丁)三個試樣試驗結果的平均數即該石料的韌度。

### 四試驗結果：

石料名稱及產源				
試樣編號		1	2	3
報 度				
	平均值			

## (五) 討論

## 實驗六. 碎石耐固性(持久性)試驗

### 一. 試驗意義：

耐固性試驗是將試樣浸在硫酸鈉溶液內，然後再烘乾這樣反覆作一定次數，最後檢查試樣破壞的程度，藉以推算石料的耐固性。這個方法也叫作硫酸鈉溶液試驗法。

這個試驗方法主要是由於硫酸鈉溶液浸入石料孔隙內，當烘乾時石料孔隙內的硫酸鈉發生結晶，因為晶體體積增大，這樣軟弱的岩石就會被破壞掉。

由於這個試驗方法（和凍融試驗法比較）不很複雜，所需時間不長，因而在道路試驗室內廣泛應用，特別是宜於作為野外估定石料抗風化作用的穩定性。在若干情況下可代替比較費時較長的凍融試驗法。但在有的情形下，如用硫酸鈉法試驗的結果很壞時（即石料在試驗後破壞很大時）則仍須進行凍融試驗法，以凍融試驗法的結果作為最後參考的結果。

### 二. 儀器：

- (1) 瓷質或玻璃質盛器五個。
- (2) 5, 15, 25, 35, 50, 75公厘篩子各一個
- (3) 天平，準至1克。
- (4) 烘箱（105°-110°）
- (5) 放大鏡一個，試管一個。

### 材料：

- (1) 硫酸鈉  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (結晶狀) 或  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (粉狀)
- (2) 氯化銀

### 三. 試驗步驟：

- (1) 硫酸鈉溶液的製備：取蒸餾水1公升，溫度為25°-30°將700-800克的  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (帶10個結晶水的) 或400克  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (無結晶水的)，逐漸放入水中，放入時加以攪拌，然後在室溫室內放兩晝夜（48小時）。

(2) 氯化銀溶液的製備：將氯化銀溶解於蒸餾水中，氯化銀含量約 10%

(3) 試樣的製備：準備 6 公斤乾燥的碎石，顆粒大小與組成重量要合於下面五級的規定：—

75—50 公厘	——	2000 克
50—35 "	——	1500 "
35—25 "	——	1250 "
25—15 "	——	1000 "
15—5 "	——	250 "

以上的 6 公斤試樣用所公厘的篩子來篩分求得之。在篩分前先將石料沖洗烘乾。

(4) 進行試驗：

(甲) 將五級顆粒不同的樣品分別裝在五個盛器內，再將硫酸鈉溶液傾入使約高過試樣 1.5 公分，用蓋蓋住，在室溫內放置 18 小時。

(乙) 18 小時後，將試樣由盛器內取出，放入烘箱內烘四小時取出使放冷後再置入硫酸鈉溶液內。

(丙) 如此循環共作五次。

(丁) 最後循環完畢後，用熱蒸餾水沖洗樣品，使石塊內的  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  除去。方法是將樣品浸入熱的蒸餾水中約一小時後，將水傾去，如此重複數次，至洗後之蒸餾水與氯化銀溶液相混後不出現白色沉澱為止。

(戊) 將樣品放烘箱內烤乾。

(己) 將五級顆粒分別稱重，計算其重量損失百分數。同時用放大鏡觀察石塊破壞外部特徵，記入報告內。

四試驗結果及計算：

顆粒大小	試驗結果				附註
	試驗前重量(克)	試驗後重(克)	重量損失(克)	重量損失%	



45-50	2000				
50-55	1500				
55-60	1250				
60-65	1000				
65-70	250				

(五) 討論