

9221/15

建筑结构知识丛书

房屋地基基础基本知识

郭继武 赵超燮 编

中国工业出版社



建筑結構知識叢書

房屋地基基礎基本知識

郭繼武 趙超燮 編

中國工業出版社

本书是建筑结构知識丛书之一。这套丛书主要供建筑工人、农村建設人員和基建部門一般干部閱讀。目的是使讀者对建筑結構有一些粗淺的理論知識。从书中除包括房屋地基基础、鋼筋混凝土結構、木結構、磚石結構、鋼結構、力学、建筑图七种基本知識小冊子外，还有叙述各类主要构件的构造和受力原理的专题性的小冊子。

本书着重介紹房屋地基基础方面的一般設計和計算原理。书中重点叙述了土的物理和力学性质、地基中应力和变形、按极限状态設計地基以及天然地基上的浅基础。同时，对人工加固地基、桩基础和黃土地基也作了簡要的介紹。本书列举了計算例題和簡單图表，可供設計房屋基础时查用。

建筑结构知識丛书
房屋地基基础基本知識
郭继武 赵超燮 編

建筑工程部图书編輯部編輯（北京西郊百万庄）

中国工业出版社出版（北京修鑄胡同10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $3\frac{1}{8}$ ·插頁1·字數85,000

1965年8月北京第一版·1965年8月北京第一次印刷

印數0001-27,120·定价(科二)0.34元

統一書号：15165·4096(建工-477)

目 录

一、为什么要学习地基基础·····	1
二、談談土的物理指标·····	3
三、地基土分为哪几类·····	7
四、土的現場鉴别法·····	11
五、怎样計算基础底面的应力·····	16
六、怎样計算地基中应力·····	21
七、地基按极限状态計算的基本原理·····	35
八、什么是压縮层·····	38
九、怎样計算基础的下沉·····	41
十、怎样确定土的变形模量·····	44
十一、天然地基上浅基础的設計步骤·····	47
十二、基础的类型·····	49
十三、基础应该埋多深·····	56
十四、地基計算强度的确定·····	62
十五、基础底面尺寸的确定·····	65
十六、基础剖面尺寸的确定·····	71
十七、地基变形的計算值超过极限值怎么办·····	75
十八、怎样看基础施工图·····	77
十九、如何防止流砂·····	79
二十、什么是人工地基·····	83
二十一、砂垫层的設計原理·····	86
二十二、什么是桩基础·····	90
二十三、一根桩能承受多大荷載·····	92
二十四、談談桩基础設計的基本原理·····	96
二十五、黃土地基应采取哪些措施·····	99

一、为什么要学习地基基础

万丈高楼平地起，任何建筑物都要建造在土层上面。大家都知道，土受力后发生压缩变形，其可压缩程度比其它建筑材料（如钢材、木材和钢筋混凝土等）大很多，为了控制建筑物的下沉和保证它的稳定，以期达到建筑物的正常使用，就需要将建筑物与土接触部分的尺寸适当扩大，也就是要比柱或墙身的截面尺寸大一些。我们将埋在地面以下的这一部分叫做**基础**；而承受由基础所传来荷载的土层叫做**地基**。

图1-1表示建筑物的荷载通过基础传给地基的示意图。从图上看，屋顶荷载由屋架传给墙，再传给基础；楼层荷载也由墙传给基础，最后都传给地基。

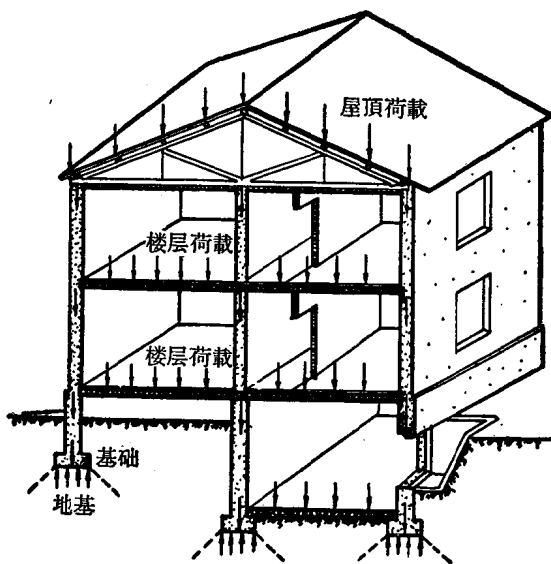


图 1-1 建筑物的荷载传递示意图

由上可知，基础是建筑物不可缺少的組成部分，所以，沒有一个坚固耐久的基础就不可能有完好的上部結構^①。因此，为了保証建筑物的安全及必需的使用年限，基础应当具有足够的强度和稳定。地基虽不是建筑物的組成部分，但是它的好坏却直接影响整个建筑物的安危。有一些工程由于在設計中对地基估計不足而发生事故，如对地基下沉和不均匀下沉問題沒有妥善解决，在建筑物建成以后，发生楼板或砖墙开裂現象；又如施工时对地基問題处理不当，在施工过程中发生倒坍事故，造成很大的浪费。因此，地基和基础的設計和处理对于建筑物是否坚固耐久有着重大的影响。

此外，在选择地基与基础时，除了保証工程质量外，还要合乎經濟的原則。同一类型建筑物采用不同的地基基础方案，其工程造价却相差很大，詳見下表。这就要求我們在設計地基基础时，很好地进行方案比較和調查研究。

地基基础方案	用工 (工)	每 m^2 造价 (元)
桩基础	2510	16
深埋老土	7740	24.5
砂垫层	5286	28.4

由上可見，在选择、設計和处理地基和基础的时候，一方面，必須搞清楚地基土质的好坏、承載能力的大小、地下水位的高低、土层的分布是否均匀、有无軟土层、有无暗浜、池塘、古墓等情况；这就要求我們在建筑場地进行工程地质勘察，掌握土的物理和力学性质，同时知道基础設計的基本知識。另一方面，要搞清楚建筑物的使用要求、荷載大小和分布情况，有无振动設備、振动大小以及建筑物的容許下沉量等。这就要我們在設計地

① 地面以上的建筑物部分通常叫做上部結構。

基基础前，应对建筑物进行深入地調查分析。然后根据这两方面的情况，考虑上部結構同地基的相互影响，进行全面分析，按照坚固适用与經濟合理的原则确定地基和基础的設計方案。

因此，我們从事基本建設的同志需要知道一些地基基础的知識，以便多快好省地完成国家的基本建設任务。这本小册子的目的就在于扼要地介紹地基基础方面的一般設計和計算原理。书中重点敘述了土的物理和力学性质，地基中应力和变形，按极限状态設計地基以及天然地基上的浅基础。同时，对人工加固地基、桩基础和黃土地基也作了簡要的介紹。为了帮助讀者更好地掌握这些基本知識，还由浅入深地选择了一些必要的計算例題和实用計算图表。

二、談談土的物理指标

任何建筑物都要建造在地基土上面，因此建筑物基础的設計是和地基土分不开的。由于土的种类很多，土层分布情况又十分复杂，在天然的土层中很难找到两处性质完全相同的土，所以設計一个建筑物基础时，就需要在建筑場地进行勘察，采取土样进行試驗来确定土的物理和力学性质，以期所設計的基础能滿足安全、經濟两方面的要求。

土不象其它建筑材料，不是一个坚固密实的整体，而是松散的物体。在土顆粒之間有很多孔隙，在这些孔隙中有空气也有水。所以，在一般情况下，土是由三部分組成，即固体的顆粒、水和空气。这三部分之間的比例不是固定不变的，而是随着周围的条件而变化。例如，当气温升高时，土內一部分水分就要蒸发，而使土內空气增加。土中的顆粒、水和空气相互間的比例不同，便反映着土处于各种不同的状态：干燥或潮湿、疏松或紧密，而它們对于評定土的物理和力学性质有很重要的意义。因此，为了研究土的物理性质，就要研究土的三个組成部分間的比例关系。

为了便于说明和计算, 用图 2-1 来表示土的三个组成部分, 并采用下列符号:

- g —— 土的总重量;
- $g_{\text{粒}}$ —— 土中颗粒的重量;
- $g_{\text{水}}$ —— 土中水的重量;
- V —— 土的总体积;
- $V_{\text{气}}$ —— 土中空气的体积;
- $V_{\text{粒}}$ —— 土中颗粒的体积;
- $V_{\text{隙}}$ —— 土中孔隙的体积;
- $V_{\text{水}}$ —— 土中水所占的体积。

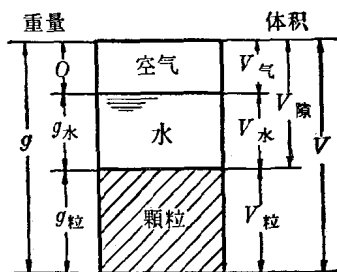


图 2-1 土的组成示意图

1. **天然容重** 土在天然状态下单位体积的重量, 用符号 γ 表示:

$$\gamma = \frac{g}{V}. \quad (2-1)$$

土的天然容重随着土的颗粒组成、孔隙多少和水分含量而不同, 一般土的天然容重约为每立方米 1.6~2.2 吨, 可写成 1.6~2.2 t/m³。

2. **含水量** 土中水的重量与颗粒重量的比的百分率, 用符号 w 表示:

$$w = \frac{g_{\text{水}}}{g_{\text{粒}}} \times 100\%. \quad (2-2)$$

例题 2-1 已知土样与铝盒 (在实验时, 盛土用的铝制小圆盒) 共重 28.40g^①, 在烘箱内烘干后, 干土和铝盒重 24.62g, 铝盒重 13.50g, 试求此土样的含水量。

解: 土样内水的重量 $g_{\text{水}} = 28.40 - 24.62 = 3.78g$;

干土重量 $g_{\text{粒}} = 24.62 - 13.50 = 11.12g$;

于是土的含水量

① 这里的符号 g 表示重量单位“克”。

$$w = \frac{3.78}{11.12} \times 100\% = 34\%.$$

3. 比重 土顆粒单位体积的重量, 用符号 γ_s 表示:

$$\gamma_s = \frac{g_{\text{粒}}}{V_{\text{粒}}}. \quad (2-3)$$

一般土的比重为 $2.65 \sim 2.75 g/cm^3$.

上面三个物理指标是直接利用实验方法测定的, 通常又叫做试验指标。如果已知这三个指标, 那么, 就可以用公式算出下面几个物理指标。

4. 干容重 单位体积内颗粒的重量, 用符号 γ_d 表示:

$$\gamma_d = \frac{g_{\text{粒}}}{V}. \quad (2-4)$$

干容重愈大, 表示土愈密实, 在填土夯实时, 常以土的干容重来控制土的夯实标准。例如, 采用 $1.6 g/cm^3$ 作为夯实标准。

如果已知土的容重 γ 和含水量 w , 就可以按下式算出干容重, 即:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}. \quad (2-5)$$

现将公式(2-5)推证如下:

$$\gamma_d = \frac{g_{\text{粒}}}{V} = \frac{g_{\text{粒}}g}{Vg} = \frac{\frac{g}{V}}{\frac{g}{g_{\text{粒}}}} = \frac{\gamma}{\frac{g_{\text{粒}} + g_{\text{水}}}{g_{\text{粒}}}} = \frac{\gamma}{1+w}.$$

5. 孔隙率 在土的总体积中, 孔隙体积所占的百分率, 用符号 n 表示:

$$n = \frac{V_{\text{隙}}}{V} \times 100\%. \quad (2-6)$$

孔隙率也可按下式计算:

$$n = \left[1 - \frac{\gamma}{\gamma_s(1+w)} \right] \times 100\%. \quad (2-7)$$

6. 孔隙比 土中孔隙体积与颗粒体积的比, 用符号 e 表示:

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{隙}}}{V_{\text{粒}}} \quad (2-8)$$

孔隙比与孔隙率有下列关系:

$$\varepsilon = \frac{n}{1-n}. \quad (2-9)$$

将公式(2-7)代入上式可以得到孔隙比的另一个表达式:

$$\varepsilon = \frac{\gamma_s(1+w)}{\gamma} - 1. \quad (2-10)$$

7. 饱和度 土中水的体积与孔隙体积的比, 用符号 G 表示:

$$G = \frac{V_{\text{水}}}{V_{\text{隙}}}. \quad (2-11)$$

饱和度是衡量地基土潮湿程度的一个指标。饱和度可按下式计算:

$$G = \frac{w\gamma_s}{\varepsilon}. \quad (2-12)$$

粘性土的含水量对土所处的状态影响很大, 随着含水量的增加, 土逐渐从固体状态经过塑性状态^①而变为流动状态。土所处的状态不同, 它的强度也就不同。所以我们就来研究不同状态转变时的含水量, 这个含水量也就是分界含水量。

8. 塑限 当土由固态变到塑性状态时的分界含水量叫做塑限, 用符号 w_p 表示。

塑限是这样测定的: 在土内加适量的水, 拌合均匀以后, 用手搓成土条, 当土条搓到 3 mm 时, 恰好开始断裂(图2-2), 这时土条的含水量就是塑限。

9. 液限 当土由塑性状态变到流动状态时的分界含水量叫做液限, 用符号 w_L 表示。

目前, 我国广泛地采用锥式液限仪(图2-3)来测定液限。

① 塑性状态是指这样一种状态: 土在外力的作用下, 可以变成任何一种形状而不产生裂纹, 当外力取消以后, 还能继续保持所得的形状。例如, 做面条时, 合好的白面就处于塑性状态; 玉米面就不具有塑性状态, 因为当做成一定形状时, 常出现裂纹。

測定時，先在杯內裝滿調成糊狀的土樣，刮平表面，將圓錐體放于土樣表面中心，讓它在自重作用下徐徐沉入土中，如果圓錐體恰好沉入土內 $10mm$ （也就是圓錐體上的刻線剛好與土樣表面齊平），這時土的含水量就是液限。

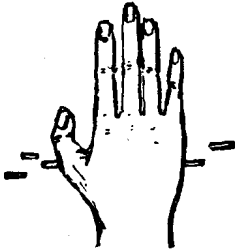


圖 2-2 塑限試驗

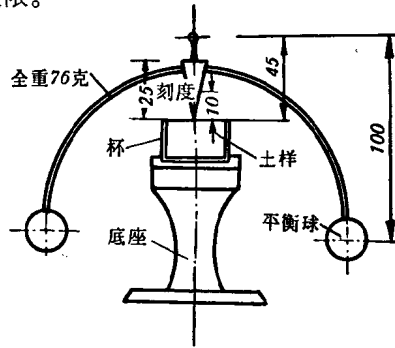


圖 2-3 錐式液限儀

10. 塑性指數 液限與塑限之差叫做塑性指數，用符號 w_n 表示，即：

$$w_n = w_L - w_P. \quad (2-13)$$

塑性指數以百分率的絕對數字來表示。

塑性指數的數值主要與土內所含粘土顆粒（土顆粒直徑小於或等於 $0.005mm$ 的，叫做粘土顆粒）的多少有關。如果土中含粘土顆粒愈多，則其塑性指數就愈大。土的塑性指數愈大，表示土處於塑性狀態的含水量範圍也就愈大。

上面所講的物理指標是土的最基本指標。只有知道了這些指標以後，才能決定地基土的承載能力，進而設計基礎的尺寸。因此要深入理解這些指標的意義。

三、地基土分為哪幾類

在設計建築物的基礎時，首先需要知道地基土的分類。

建築物地基土分為以下五大類：

1. 岩石類土——不可壓縮、抗水、結晶或膠結的岩石，在飽水

状态下的受压极限强度不小于 50kg/cm^2 (如花崗岩、閃长岩等)。

2. 半岩石类土——也是胶結的岩石，但是在飽水状态下的受压极限强度小于 50kg/cm^2 ；是可能壓縮的（如泥灰岩、頁岩）和可軟化的（軟化系数 $\textcircled{1} < 0.75$ ）以及可溶的（如石膏，石膏质砂岩等）。

3. 大块碎石类土——未胶結的散粒土，其中粒径大于 2mm 的結晶岩或沉积岩碎块的重量超过全重的50%。

大块碎石类土根据粒径大小和占全重的百分率不同，又分为**碎石**和**角礫**（見表3-1）。

4. 砂类土——干燥时呈松散状态，塑性指数小于1，粒径大于 2mm 的顆粒不到全重的50%。

砂类土根据粒径大小和占全重百分率的不同，又分为**礫砂**、**粗砂**、**中砂**、**細砂**和**粉砂**五种（見表3-1）。

5. 粘土类土——这类土的塑性指数 w_n 大于或等于1。

粘土类土根据塑性指数的大小，又分为**亚砂土**、**亚粘土**和**粘土**三种，見表3-2。

在表3-1中所指的土顆粒級配在干燥时占全部重量的百分率，是用篩分法并經計算得到的。所謂篩分法就是将所要分析的土样放进一套标准篩中（每套共計五个篩子，篩孔分別为10、2、0.5、0.25和 0.1mm ，另外有一个底盘），当篩子搖搅振动时，大小不同的土顆粒就被划分开来，直径大于 10mm 的留在最上面的篩子里。直径小于 0.1mm 的顆粒通过各层篩子，最后落到底盘里。留在每个篩子里的土重除以土的总重，再乘以100%，就得到各种直径的顆粒占全部土重的百分率。这里要注意，不能以每个篩里的顆粒占全土重的百分率来确定土的名称，因为在表3-1中，土的顆粒級配在干燥时占全部重量的%一栏內，指的是大于某种粒径的顆粒占全部土重的百分率，所以，还要算出大于某种粒径占全部土重的百分率。

$\textcircled{1}$ 軟化系数是指在飽水状态下的受压极限强度与未飽水前的受压极限强度的比值。

大块碎石类土和砂类土的分类

表 3-1

項 次	土 的 分 类 名 称	土的顆粒級配在干燥时占全部重量的 %
I. 大块碎石类土		
1	碎石(若圆颗粒较多时, 称为卵石)	直径大于10mm 的颗粒超过全重的 50%
2	角砾(若圆颗粒较多时, 称为圆砾)	直径大于 2 mm 的颗粒超过全重的 50%

II. 砂 类 土

3	砾 砂	直径大于 2 mm 的颗粒超过全重的 25%
4	粗 砂	直径大于0.5mm 的颗粒超过全重的 50%
5	中 砂	直径大于0.25mm 的颗粒超过全重的 50%
6	細 砂	直径大于0.1mm 的颗粒超过全重的 75%
7	粉 砂	直径大于0.1mm 的颗粒小于全重的 75%

附注: 确定土的名称时, 将土按粒径大小的重量百分率加以统计, 首先为大于10mm的颗粒含量, 其次为大于2mm的颗粒, 再其次为大于0.5mm的颗粒, 依此类推, 按表中排列的名称次序, 以最先适合的名称命名。

粘土类土的分类

表 3-2

項 次	土 的 分 类 名 称	塑 性 指 数 w_p
1	亚 砂 土	$1 \leq w_p \leq 7$
2	亚 粘 土	$7 < w_p \leq 17$
3	粘 土	$w_p > 17$

今以例题说明按表3-1确定土的名称的方法。

例题3-1 设取烘干后的砂类土 500g, 放进标准筛中, 筛分后, 留在每层筛子里面的重量及其占全部土重的百分率, 以及大

于10、2、0.5、0.25和0.1mm的粒径的颗粒占全部土重的百分率，均列于下表中。

筛孔直径 (mm)	10	2	0.5	0.25	0.1	<0.1 (底盘)	总计
留在每层筛上的土重(g)	0	40	70	150	190	50	500
留在每层筛上颗粒占全部土重的百分率(%)	0	8	14	30	38	10	100
大于某直径的颗粒占全部土重的百分率(%)	0	8	22	52	90	100	—

从表中看出，直径大于0.25mm的颗粒占全土重的百分率为52%，大于50%，同时，按表3-1排列的名称顺序又是第一个适合规定的条件，所以此土为中砂。

设计地基基础时，仅仅知道土的名称还不够，还要了解地基土所处的物理状态。例如，砂类土可从密实的到松散的，粘土类土可从坚硬的到流动的。土所处的物理状态不同，它的承载能力也就不同，所以，在这一讲的最后，还需要谈谈划分地基土所处的物理状态的标准。

对于地基土所处的物理状态，通常按下列标准划分：

1. 粘土类土——当天然含水量小于或等于液限(即 $w \leq w_L$)，且符合饱和度大于或等于0.8(即 $G \geq 0.8$)时，粘土类土的物理状态，可按天然含水量确定。这时，当

$w \leq 1.2w_p$ 时，为坚硬状态；

$w > 1.2w_p$ 时，为可塑状态。

2. 砂类土——砂类土按孔隙比 e 的数值分为密实的、中密的和松散的(见表3-3)；而按饱和度 G 划分为稍湿的、很湿的和饱和的(见表3-4)。

例题3-2 某土样经测定天然含水量 $w=21\%$ ，塑限 $w_p=20\%$ ，液限 $w_L=30\%$ ，饱和度 $G=0.85$ ，试确定此土的名称及其所处的物理状态。

砂类土的密实程度

表 3-3

砂类土的名称	密 实 程 度		
	密 实 的	中 密 的	松 散 的
砾砂、粗砂、中砂	$\epsilon < 0.55$	$0.55 \leq \epsilon \leq 0.65$	$\epsilon > 0.65$
细 砂	$\epsilon < 0.60$	$0.6 \leq \epsilon \leq 0.70$	$\epsilon > 0.70$
粉 砂	$\epsilon < 0.60$	$0.60 \leq \epsilon \leq 0.80$	$\epsilon > 0.80$

砂类土的潮湿程度

表 3-4

潮湿程度	稍 湿 的	很 湿 的	饱 和 的
饱和度 G	$0 < G \leq 0.5$	$0.5 < G \leq 0.8$	$0.8 < G \leq 1.0$

解：按公式（2-13）算出：

$$w_n = w_r - w_p = 30 - 20 = 10;$$

因为 $1.2w_p = 1.2 \times 20 = 24\% > w = 21\%$

和 $G = 0.85 > 0.8$.

所以，此土样为坚硬的亚粘土。

四、土的现场鉴别法

通常，土必须根据相应的试验结果来分类，当没有可能或没有必要进行试验，只需粗略地确定土的名称时，则可按表4-1、4-2和4-3所列任一方法对土进行分类。当采用一种方法不能确定土的类别时，则应采用其它几种方法进行综合验证，再来确定土的名称。

表 4-1

正常无粘性土的鉴别方法

鉴别方法	大块碎石类		砂					类		
	卵石(碎)石	角砾	砾	砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂	粉	砂
观察颗粒粗细	大部分(一半以上)颗粒超过 10 mm (蚕豆粒大小)	大部分(一半以上)颗粒超过 2mm (高粱粒大小)	约有四分之三以上的颗粒超过 2mm (高粱粒大小)	约有一半以上的颗粒超过 0.5mm (细小米粒大小)	约有一半以上的颗粒超过 0.25 mm (鸡冠花籽粒大小)	约有一半以上的颗粒超过 0.25 mm (鸡冠花籽粒大小)	颗粒粗细程度较精制食盐稍粗, 与粗玉米粉近似	颗粒粗细程度较精制食盐稍细, 与小米粉相似		
干燥时的状态及强度	颗粒完全分散	颗粒完全分散	颗粒完全分散	颗粒完全分散	颗粒基本分散, 但有局部胶结在一起(但一碰即散开)	颗粒大部分散, 少量胶结(胶结部分稍加碰撞即散)	颗粒小部分散, 大部分胶结在一起(稍加压力也可分散)			
湿润时用手拍击	表面无变化	表面无变化	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水印(翻浆)	表面有显著翻浆现象			
粘着程度	无粘着感觉	无粘着感觉	无粘着感觉	无粘着感觉	无粘着感觉	无粘着感觉	偶有轻微粘着感觉	有轻微粘着感觉		

附注: 在观察颗粒粗细进行分类时, 应将鉴别的土样从表中颗粒最粗类别逐级查对, 当首先符合某一类土的条件时, 即按该类土定名。

表 4-2 正 常 粘 土 类 土 鉴 别 法

鉴别方法	粘 土	亚 粘 土			亚 砂 土	
		重 的	中 的	轻 的	重 的	轻 的
用手捏摸时的感觉	湿土用手捏摸有滑腻感,当水分较大时极为粘手,但感觉不到有颗粒存在	仔细捏摸时稍感觉有极少的细颗粒存在,滑腻感比粘土差	仔细捏摸感觉有少量细颗粒,无滑腻感,仅稍有粘滞感觉	容易感觉到有颗粒存在,且数量较多,但仍然有粘滞感觉	用手捏摸很粗糙,类似粗面粉,感觉到细颗粒的存在,手捻时能听到声音	细砂粒特别多,很粗糙,颗粒不仅可以触觉,且能用眼识别出一部分,无粘滞感觉
湿土搓条情况	能搓成小于0.5 mm的土条(长度至少不短于手掌),手持一端不致断裂	能搓成0.5~1.0 mm的土条(长度至少5 cm),手持一端仍不断裂	能搓成1~2 mm的土条(长度较小),手持一端常会断裂	能搓成3 mm的土条(长度至少3 cm),手持一端常会断裂	能搓成3 mm的土条,但容易断裂,故土条很短	搓条很困难,但可勉强滚成3 mm的土条,很容易散裂
湿土用刀切	有明显的光滑面,对刀刀有粘滞阻力,切面非常规则	有光滑面,切面规则	无光滑面,但切面仍不平整	切面稍显粗糙	有显著的粗糙面	刀切即行碎裂,无粘滞阻力
天然土浸于水中	呈现一块滑腻的胶体,不易分散,土块表面的颗粒有少量分散,在水中呈悬浮状态,不能辨别出颗粒的存在	是一块胶体,用力攪拌后,部分分散,使水浑浊,仔细观察偶能辨别出个别颗粒	起初粘聚一起,但经历少許时间后略加攪拌即大部分分散,分散颗粒在水中有一部分可辨认	本来粘聚一起,但攪拌后即行分散,分散颗粒在水中大部分可以辨认	浸水后经历一定时间(约数分钟)自行分散,且超大部分颗粒沉于水底,颗粒的存在容易识别	浸水后立即自行分散,超大部分颗粒迅速沉于水底,颗粒的存在在极易辨认