

农田水利干部培训班讲义

土与岩石

武汉水利电力学院编

水利电力出版社

全国地质部地质研究所编

土与岩石

地质部地质研究所编

地质部地质研究所

土与岩石

武汉水利电力学院编

*

1962S572

水利电力出版社出版 (北京西郊科学路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 2 $\frac{1}{8}$ 印張 * 49千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—3,580册)

統一書号: T15143·361 定价(第8类)0.22元

前 言

我院接受湖北省水利厅的委托，于1958年5月27日至8月19日开办了一期农田水利干部培训班。学员共75人，多系湖北省专、县两级的水利行政干部、文化程度自初小至高中不等。在开始的时候，部分学员对学习缺乏信心，但到后来，总的效果是好的。在结业的时候，89%的学员达到了优良成绩。

这本小册子，就是当时的讲义整理而成的。由于我院开办这样的培训班还是初次，没有经验，讲义是临时由几位教师赶写出来的，难免有许多不妥当的地方，希望读者指正。

武汉水利电力学院

1959年1月

目 录

第一章 土	3
一、为什么要学一些土的基本知識	3
二、若干值得注意的經驗教訓	4
三、什么叫做土	6
四、土是怎样生成的	7
五、土的組成	8
六、土在水利工程中的用途	10
七、土的基本性質和这些性質的測定方法	11
八、土的分类	20
九、土質改良	22
第二章 岩石	25
一、岩石的成因、类型和变化	25
二、地下水	40
三、自然地質現象	46
四、野外工作法	52
五、选择水工建筑物的地質条件	57

第一章 土

一、为什么要学一些土的基本知識

为了适应工农业的需要，必須讓水听人的使喚。要它灌溉，它就灌溉；要它发电，它就发电。要做到这一点，就要做水利工程，这些工程就是：堤、坝、閘、渠道，等等。它們有一个总的名称，就叫水工建筑物。

不管做閘也好，修堤做坝也好，这些水工建筑物必須修在土上。这样就产生了这么一个問題：怎样的土上才更适合修筑水工建筑物？大家知道，土这个东西，这个地方的和另一个地方的土，在性質上有很大的不同。即使在同一地方，土質也很不相同。而且上面一层土，和下面一层土，在性質上又有了很大的变化。这就叫做土的性質不均匀性。

了解到这一点，大有好处。假若一个閘，修筑在两种或几种性質完全不同的土上面，有的坚硬些，有的松软些，如果不采取一些工程技术措施，那么这个閘就可能出毛病，甚至会遭到破坏。

还有一点也要說明的。不論做閘修坝，一定要看修在什么地区，修什么样式的。就拿作坝来講，多数是就地取材，可能是土坝，也可能是堆石坝；也就是說，所用的建筑材料是很不相同的。在湖北，有的是山区，如均县、恩施；也有的是丘陵和平原地区，如枣阳、谷城。山区石头多，粘土少，做堆石坝就方便些，經濟些。丘陵和平原地区，則恰好相反，做土坝就方便些。因此，也必須知道粘土及石头的性質，所以做水利工

4

程的，也一定要懂一点关于土的基本知識。

我們这里要講的是土的性質怎样、成分是什么，土具有那些性質，不同的土是怎样分布的，土的性質受到外力作用会发生那些变化。所有这些，都是与工程有关的土的知識。这方面的工作，属于勘察工作中一种，它也属于工程地質勘察的一部分。

水工建筑物土的勘察的基本目的，就是为了提供設計的資料，使得我們做的水利工程，合乎多、快、好、省的精神。

土的勘察要求，一般地說，是随着設計各个阶段和工程建筑物重要性的不同而不同。但无论如何，設計施工以前，必須設法尽可能地了解土質的情况。

二、若干值得注意的經驗教訓

过去，我們在一些水利工程中，曾經或多或少地出过一点毛病。其所以产生这些毛病，一則因为做水利工作，對我們許多干部來講，是件新工作，沒有經驗；二則因为工程多，技术力量不足，照管不了，特別是沒有把技术交給羣众，才产生了这些毛病。

根据下面列举的一些例子，很好地說明了工程毛病的产生多半是由于对工程地質及土質方面缺乏应有的了解所造成的。

襄陽梅鋪土坝，这是一个小型水庫，从1954年建成以来，連續三年都往下沉，一次下沉竟达一公尺之多。后来了解到，这个土坝原来是修建在淤泥层上面，淤泥是很松軟的一种土，受不了多大重量，就要向旁边挤出。事实証明也正是这样。当梅鋪土坝修好以后，坝下淤泥便向两边挤出，現在到那里还可以看到土坝两旁还有两座小土堆，这就是由于土坝自身的重量，把坝下淤泥挤出地面而形成的。因土坝不大，經当地羣众发现

土坝下沉现象后，立即在坝上加土填高，经过三年时间，现在已把坝下淤泥基本上全部挤出，坝底已坐落在比较坚硬的土层上，土坝便不再下沉了（见图1-1）。

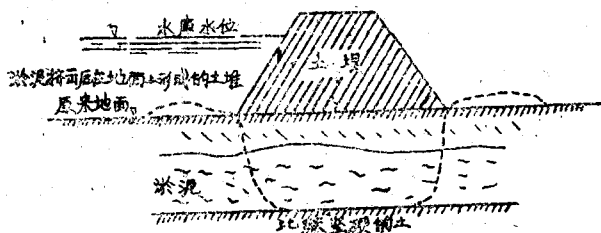


图 1-1 梅铺水库土坝地基示意图

襄阳石河口水库的输水管（进水管）建后不久，即发生裂缝，并且漏水严重。采取技术措施后，才把裂缝堵住。后来查明，该进水管发生裂缝的基本原因，是将它放在不均匀的地层上，因地基下沉不均匀的原故而引起的。

修建水库，原是为蓄水用的。可是有些水库花了劳动力、物力和财力，却不能收到这种效果，其原因也是由于事先没有作过必要的勘察工作，以致发生严重漏水现象。陕西某一小水库，因雨蓄满一库水，但一个昼夜便漏光了，群众把它叫做“太阳库”，因为它不能蓄水。这种情况在湖北也曾有过，图1-2

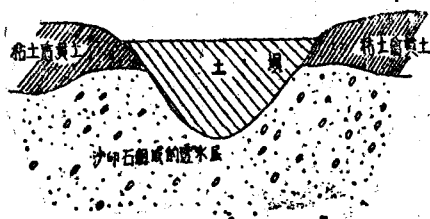


图 1-2 陕西盘屋楼观台水库剖面示意图

就是陝西整屋樓觀台水庫的剖面圖，這個水庫是修在一個沙卵石組成的透水層上，修成以後，漏水嚴重，無法蓄水。

圖 1-3 是陝西郿縣境內洪河及李家河會合處的埧址剖面，圖的左面是洪河，右面是李家河。岩石是石英片岩。中間分水嶺下部為砂卵石層，上部為粘土質黃土。在任何一个河上作埧，蓄水後，水都可以通過砂卵石層漏走。

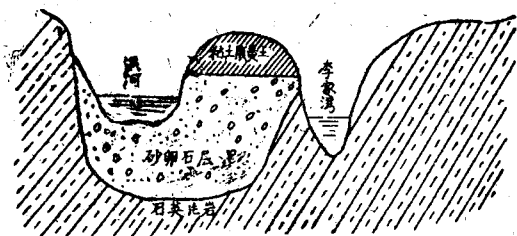


圖 1-3 陝西郿縣洪河及李家河埧址剖面圖

從上面列舉的這些例子可以看出，如果事先進行一定的勘察工作，我們的工程將會作的更好些。由於沒有經驗，沒有把技術交給羣眾從而產生這些缺點，但在我們全部工作中這只占很小的一部分。所以作為例子引証出來，只是為了總結經驗，使我們在以後的工程中有所幫助，使我們的工程作得更多、更快、更好、更省。

三、什麼叫做土

在沒有講到土的性質之前，我們說一說什麼叫做土？因為，關於土這一名詞，在工程上和在農業上以及普通所說的土的概念，是有區別的。

在農業上，土是與能否生長作物分不開的，也就是說，土必須有一定的肥沃。因此，在農業上把具有肥沃性的土叫做土壤。

在日常生活中所說的土，指的概念并不明确，主要是指带有粘性的土，砂与石子不属于土的概念内。

在工程上则不同，工程上所用的“土”这一名词，在意义上比前面所說的土，要广泛的多，不仅包括了农业上的土壤，而且还包括砂、石子及整块岩石。有时，在实际中把砾石、砂子和粘土統称为松散土，而把整块岩石簡称为岩石，在以后的講述中，我們主要說的松散土。

四、土是怎样生成的

松散土的生成，基本上是在两种作用下发生的。这两种作用就是：风化作用及剝蝕作用。

不論由于什么原因(温度变化，植物根系的作用，水的浸蝕作用等)，能够把整块的岩石破碎成为松散的岩块及顆粒的作用，便叫做风化作用。而这些破碎了的岩块及顆粒，就叫做风化产物。而把原来的整块岩石叫做母岩或基岩。

把这些风化产生搬运到别的地方去，而能再堆起来的作用，叫做剝蝕作用。搬运风化产物的，有水流，风等。

根据风化作用与剝蝕作用的不同情况，可以把土层分为几种主要类型：

1. 殘积层 它們是没有經過搬运的风化产物，就存在原来整块岩石的地方。这种土层的特点是：顆粒具有棱角状，不同大小的顆粒夹杂在一起。这种殘积土层在性質方面是不均匀的。

2. 沉积层 如果风化产物不是停留在原来整块岩石的地方，而是被水流、风力等把它們搬到别的地方去了，再堆积起来，这种堆积物便叫做沉积层。

根据不同的生成条件，沉积层可以分为很多种：

風化產物沒有搬的很遠，就滑落在基岩的坡腳下堆積起來，這時，岩塊和顆粒的大小不均勻，很松散，容易發生滑塌現象，厚度也不相等，愈在坡的下面愈厚愈大，這種土層我們叫做坡積層。

也有這種情況，風化產物搬到很遠的地方去了，經過風力搬運後而堆積起來叫做風積層，我國西北的黃土，一般多風積層。這種土層的特点是，顆粒比較細小，顆粒大小也很均勻，沒有層理。因而土層在性質上變化不大，比較均勻。

如果是水流搬運的，便叫做沖積層，它和風積層在性質有很大差別。它具有很明顯的層理，常常是砂層和粘土層交互成層，同時具有礫石層。湖北許多地區就都是沖積層。

關於土的生成，我們在這裡只作了非常簡單的介紹。從這些介紹中，可以得出這樣的結論，就是：土的性質與土的生成過程，具有很重要的關係。絕對不能脫離土的生成條件來談土的性質，否則就要犯機械論的錯誤。指出這一點是有重要意義的，這是蘇聯與英美學者在研究土的問題上的主要分歧。這種分歧，實際上是兩種對立的世界觀的反映。蘇聯學者是以辯證唯物主義作為自己的指導思想，從土的历史發展，而不是割斷土的历史來研究土的現狀。英美學者則相反，他們是用形而上學的观点作指導的。不考慮土的生成及發展情況，孤立地把土當作靜止東西來研究，因而曾經出現過一些非常荒謬的“理論”。這些“理論”受到了蘇聯學者嚴正的批判。

五、土的組成

我們在上面已經談到，土是整塊岩石的風化產物。它可能有粗大的碎塊；可能有比較細小的或很細的顆粒。在這些碎塊和顆粒之間，存在着空隙。在這些空隙里面，可能被水或被水

和空气所充滿。因此，土是由固体(矿物顆粒)、液体(主要是水)及空气三个部分組成的。这三种組成部分的性質、体积、形状和它們在土中的数量比例关系以及它們之間的相互作用，就决定着土的性質。

現在分別說一說这三种組成部分。

土中的固体部分，指的是矿物顆粒。它的大小是由几公分到几百分之一和几千分之一公厘的細微顆粒。固体顆粒的性質，决定于它們的顆粒大小和矿物成分。

表 1-1 所列各种顆粒的分界，是根据顆粒的大小而分的，不同的顆粒所表現的性質就不相同。

表 1-1

顆 粒 名 称	顆 粒 大 小 (公厘)
砾 石 顆 粒	大于20
砂 砾 顆 粒	20~2
砂 粒: (1)粗 粒	2~0.5
(2)中 粒	0.5~0.25
(3)細 粒	0.25~0.05
粉 土 顆 粒: (1)粗 粒	0.05~0.01
(2)細 粒	0.01~0.005
粘 土 顆 粒	小于 0.005

如果土是由粗的砂顆粒及砾石顆粒所組成，則透水性很大，沒有粘性；而当顆粒变小为粉土顆粒时，則透水性就大大减小，而且出現顆粒之間的粘聚性；当顆粒再变小为粘土顆粒时，則几乎是不透水的，粘聚性則大大增加了。这种顆粒大小方面数量的变化，引起了土的質的变化，是自然界的辯証法的例子之一。

顆粒的矿物成分不同，对土的性質的影响也是很大的。組成粘土的基本矿物中，有一种叫做高岭土，还有一种叫做蒙脱土。这两种矿物不同，对它們所組成的粘土的性質大有影响。高岭土浸水后膨脹性小，而蒙脱土浸水后的膨脹性要比高岭土大的多得多。这种特征，当然就会影响粘土的性質。

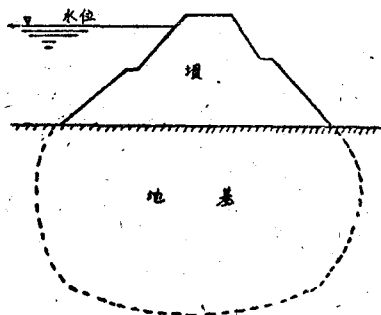
土中的水，对土的性質的影响也是很明显的，特別对于粘土。干燥的粘土很坚实，要用工具才能把它捶成粉末；而浸水后，却变成了泥浆。浸水不太多时可以做成任意的形状，因此，研究土中的水对土的性質的影响是非常必要的。

至于土中的空气，对土的性質也不是沒有影响的，但比之土中的固体部分和土中的水来講，这种影响只占有次要的地位。在这里便不作較多的說明了。

六、土在水利工程中的用途

土在水利工程中的用途，主要有下列几种：

1. 作为建筑物的地基 我們都知道有这么句話：“万丈高楼从地起”，就是說，不管是修工厂、盖学校、造水电站、或者作堤做坝……等等，沒有一个工程不是修在土面上的。



在建筑物下面土的一定範圍內，由于建筑物傳来力的作用，土的自然状态受到了改变，在这个範圍內，就叫做地基。簡單地說，地基就是由于建筑物的作用而受到影响的土层範圍，这个範圍內的土叫做基土（見圖1-4）。

图 1-4 地基示意图

2. 作为建筑材料 做工程都需用材料，为了使造价低，应尽可能采用当地材料。我們做水利工程的，由于建筑材料需要量很大，最方便、最经济的材料就是用土。做填、修堤，少了土是不行的。

由于土是在一定的自然环境下形成的，如果经过扰动（如挖松、加水等），土的性质就会变坏，有时这种改变可能是很厉害的。我們把土作为建筑材料时，当然土就在挖、运、堆填、压实的过程中受到扰动。因而即使同样是一种土，但它在被用作地基或被用作材料时，性质就会有大的差异，这是应该注意的。

3. 作为建筑物的介质 在我們小型水庫工程中，常常把水庫的进水管（輸入管）埋在土填底下，这种管子中所受的水压力，便通过管壁傳到四周的土上去。在这种情况下，管子四周的土，便叫做介质，作为介质的土的性质，对管子有很大的影响。

七、土的基本性质和这些性质的测定方法

前面已经说过，土是由固体（矿物颗粒）、水和空气三部分组成的，土中的固体部分，只占全部土的体积的一部分，所以土的基本特征就是具有孔隙。

需要说明一下，在后面的叙述中，我們经常使用“土粒”这一名词来表示土的固体颗粒。而“土”这一名词指的则是具有孔隙的土粒、液体、空气的松散集合体。

作为松散土的主要特征，是它们的孔隙，因此，土粒本身所能承受的力，比起土（土粒、液体和空气松散集合体）所能承受的力要大的多。这是因为，土粒间的联系是不及土粒本身坚固，受到相当大的力作用时，土粒间的联系便被破坏，亦即土

被破坏，而土粒在此时并不一定就受到破坏。

在天然土中，經常在土的孔隙中，部分地或全部地为水所占据。这些水对于土粒间的联系，有着重要的影响，因此，天然水的含水量的多少，也是松散土的一个重要特征。

当然，土的性质也与它的矿物成分有密切的联系，在数量上，可以用土粒的比重来表示矿物成分的影响，所谓比重，就是在物理学上说的，土粒的重量与同体积的水的重量在摄氏 4°C 时之比。

因此，表明土的基本物理特征的指标有三：

1. 土的比重；
2. 土的含水量；
3. 土的容重（与土的孔隙多少有关，孔隙越多，容重就越小）。

为了在工程设计中进行计算方便起见，有必要说明确定这三个指标值的原理。

我们引用一个立方体的图形来说明土的三个组成部分之间的关系。图 1-5 (甲) 是一个立方土体，土的三种组成部分在此土体内是相互混杂在一起的。为了便于说明起见，把它改造一下成为图 1-5 (乙) 的样子。这时，我们假想把土粒集合在一起成为一点空隙也没有的一个整体；同样也把水和空气

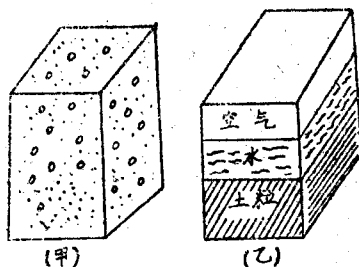


图 1-5 土的三个组成部分示意图

分别集中在一起。于是分别得到三个组成部分，当然每一部分都占一定的体积和重量。其中，空气部分的重量很轻可以不计，但须注意，空气所占的体积也可能很

大，故不能不計算。

下面我們敘述一些土的物理性質指标的計算值，这些值在工程設計及掌握土方施工質量时，都将会碰到的。

1. 土的单位体积中的重量，簡称容重公式如下：

$$\text{土的容重} = \frac{\text{土的重量}}{\text{土的体积}} = \frac{\text{土粒重量} + \text{水的重量} + \text{空气重量}}{\text{土粒体积} + \text{水的体积} + \text{空气体积}}$$

前面已說过，空气重量实际上可以不計算，因为它很輕。

土的容重，通常用环刀法来求得，方法是这样：在天然土中用一定体积的环刀切取出土块，称得它的重量，利用上面公式，即可得出土的容重值。

在工程中，常会用到干容重这个指标。干容重就是土中完全沒有水的时候（水的重量为零）的容重。

2. 土粒的比重，它在数值上等于土粒的容重，公式如下：

$$\text{土粒比重} = \frac{\text{土粒重量}}{\text{土粒体积}}$$

各种土粒的比重見表1-2。

表 1-2

土 的 名 称		土 粒 比 重
砂	土	2.66
砂 壤	土	2.70
壤	土	2.71
粘	土	2.74

3. 土的含水量，一般用重量来表示土中含水的多少。也就是在单位体积中，土中水的重量和土粒的重量的比值，用百分率表示：

$$\text{土的含水量} = \frac{\text{土中水的重量}}{\text{土粒的重量}} \times 100\%.$$

土的含水量对某种土說来不是固定不变的，它与地区的气候、雨量及地下水位等情况有关。而土的含水量变化，又影响到土的性質，对粘性土就更是这样。

粘性土含水很多时，便成为泥浆，在泥浆上面，粘性土当然不能承受力，而且可以流动。可是当含水量减少到一定程度时，土便不是可以流动的泥浆，而能用手搓成土条并不发生裂縫。这时的含水量，叫做流性界限含水量，简称流限。

粘性土的含水量再减少到某一定值时，如用手将土搓成一定尺寸(3公厘直径)的土条就有困难，不是搓不成条，就是搓成条后出現很多裂縫。这时土变得坚硬些，也就是說，土进入半固体状态。这时的含水量，叫做塑性界限含水量，简称塑限。

流限和塑限都以含水量的百分数的值表示，如塑性界限含水量为13%，它的塑限就是13，余类推。

在流限与塑限之間的任何含水量，土可以被搓成大于3公厘直径的土条而不发生裂縫，这就叫做塑性状态。流限与塑限相差越大，粘性土的塑性状态范围也越大。所谓塑性，在力学上就是当物体受力时，形状发生改变，而体积的大小不变，将作用力取消后土的形状也不会复原。土有无塑性和土的塑限状态范围大小，对土的性質有重大影响；例如砂没有塑性，故其性質与粘土就不大相同。

我們用塑性指数来表示塑性状态，它等于流限与塑限之差，可用下列公式表示。这个值可用作粘性土分类的指标。

例如：某种土的流限是38，塑性是19，則塑性指数是 $38 - 19 = 19$ 。由表3可知，这种土叫作粘土，表1-3中土的名称，就