

公路设计手册

# 墩台和基础

人民交通出版社

公路设计手册

# 墩台和基础

《公路桥涵设计手册》编写组

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书汇集公路桥梁墩台和基础方面的设计计算资料,主要包括:常见几种地基土的承载能力和土压力计算公式资料;天然浅基础、沉井基础、桩基础的设计和计算资料,并附有计算实例。常见的几种类型桥墩(台)的设计和计算资料,也附有计算实例。本书可供公路桥涵设计人员及有关院校师生使用参考。

### 主持和参加本书的编写单位

交通部第一公路勘察设计院(主持单位)  
西安公路学院(主持单位)  
陕西省交通局公路设计院  
湖北省公路局  
西安公路科学研究所  
黑龙江省交通设计院  
交通部第二公路工程局  
新疆交通设计院  
四川省交通设计院  
重庆建筑工程学院

## 公路设计手册

### 墩 台 和 基 础

《公路桥涵设计手册》编写组

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 850×1168  $\frac{1}{32}$  印张: 24.25 字数: 537千

1978年6月 第1版

1987年7月 第1版 第4次印刷

印数: 21,751—36,300册 定价: 6.10元

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一章 地基与基础             | 1   |
| 第一节 地基的容许承载力          | 1   |
| 一、地基土的分类及其物理力学性质指标    | 1   |
| 二、地基土的承载力             | 9   |
| 三、地基土容许承载力的提高         | 19  |
| 第二节 土压力               | 20  |
| 一、土压力公式及其用表           | 20  |
| 二、挡土墙土压力计算            | 51  |
| 三、地震地区土压力计算           | 52  |
| 四、几种其他情况土压力的计算        | 57  |
| 第三节 天然地基上的浅基础(明挖基础)设计 | 59  |
| 一、基础埋置深度              | 59  |
| 二、基础尺寸的确定             | 62  |
| 三、地基与基础的验算            | 63  |
| 四、人工地基                | 83  |
| 五、湿陷性黄土地基             | 86  |
| 六、多年冻土地基              | 90  |
| 七、冻土地基冻拔力(冻胀力)计算      | 96  |
| 第四节 桩基础               | 99  |
| 一、一般构造                | 99  |
| 二、低桩承台和高桩承台的判别        | 109 |
| 三、打入桩计算               | 110 |
| 四、钻(挖)孔桩及 $m$ 值法计算    | 166 |
| 五、管柱基础计算              | 308 |
| 第五节 沉井基础              | 334 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 一、概述及一般构造·····                   | 334 |
| 二、沉井的计算·····                     | 343 |
| 三、沉井基础计算实例·····                  | 360 |
| 第六节 基础施工设计有关资料·····              | 374 |
| 一、基坑围堰及排水·····                   | 374 |
| 二、沉井基础施工设计有关资料·····              | 389 |
| 三、桩基础有关资料·····                   | 397 |
| 第二章 墩台的一般构造及有关規定·····            | 406 |
| 第一节 墩台的一般构造·····                 | 406 |
| 一、墩台帽尺寸的拟定·····                  | 406 |
| 二、支承垫石·····                      | 408 |
| 三、防撞击设置及温度变化伸缩钢筋网·····           | 413 |
| 第二节 墩台设计的有关规定·····               | 413 |
| 一、计算荷载及外力的组合·····                | 413 |
| 二、截面偏心距的限制及墩、台身按稳定验算的<br>規定····· | 425 |
| 三、墩、台位移的規定·····                  | 426 |
| 第三节 破冰体、防震措施、锥坡及其他·····          | 429 |
| 一、破冰体·····                       | 429 |
| 二、防震措施·····                      | 430 |
| 三、锥体护坡及溜坡·····                   | 433 |
| 四、桥台防水·····                      | 435 |
| 第三章 桥墩·····                      | 435 |
| 第一节 实体(重力式)桥墩·····               | 435 |
| 一、一般构造·····                      | 435 |
| 二、设计及计算·····                     | 445 |
| 三、天然地基挑臂式桥墩计算实例·····             | 447 |
| 第二节 柱式桥墩·····                    | 472 |
| 一、一般构造·····                      | 472 |
| 二、设计及计算·····                     | 475 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 三、钻孔桩、双柱式墩计算实例 (按 K 值法) ..... | 477 |
| 第三节 柔性排架桩墩 .....              | 511 |
| 一、型式、适用条件及一般构造 .....          | 511 |
| 二、设计及计算 .....                 | 512 |
| 三、计算实例 .....                  | 517 |
| 第四节 轻型桥墩 .....                | 529 |
| 一、一般构造 .....                  | 529 |
| 二、设计及计算 .....                 | 532 |
| 三、天然地基轻型桥墩计算实例 .....          | 537 |
| 第四章 桥 台 .....                 | 552 |
| 第一节 轻型桥台 .....                | 552 |
| 一、一般构造 .....                  | 552 |
| 二、设计及计算 .....                 | 558 |
| 三、天然地基轻型桥台 (一字型) 计算实例 .....   | 562 |
| 第二节 实体 (重力式) 桥台 .....         | 580 |
| 一、一般构造 .....                  | 580 |
| 二、设计及计算 .....                 | 585 |
| 三、计算实例 .....                  | 587 |
| 第三节 框架式桥台 .....               | 627 |
| 一、一般构造 .....                  | 627 |
| 二、设计及计算 .....                 | 628 |
| 三、墙式框架台计算实例 .....             | 630 |
| 附录一 土的物理力学性质指标及换算公式 .....     | 660 |
| 附录二 常用材料容重表 .....             | 661 |
| 附录三 计算钢筋混凝土矩形截面系数表 .....      | 663 |
| 附录四 轻型桥台用的双曲线函数值表 .....       | 667 |
| 附录五 各式桥墩地震力的计算 .....          | 670 |

|     |                                                       |     |
|-----|-------------------------------------------------------|-----|
| 附录六 | 有关桥梁墩台基础钢筋混凝土结构及其它<br>圬工结构的材料强度、规格和有关计算<br>公式的规定..... | 677 |
| 附录七 | 台背填土对砂砾垫层底面或桩基的桩尖处<br>土的附加应力计算.....                   | 692 |
| 附录八 | 锥体护坡体积计算.....                                         | 696 |
| 附录九 | 轻型桥台设计资料表.....                                        | 698 |
| 附录十 | 钻孔桩双柱式桥墩桥台设计资料表.....                                  | 718 |

# 第一章 地基与基础

## 第一节 地基的容许承载力

### 一、地基土的分类及其物理力学性质指标

根据《公路桥涵设计规范》规定，公路桥涵地基土分为粘性土、砂类土、碎卵石类土、岩石、黄土及冻土等六类。其他在局部地区分布的土类，如碳酸盐类岩石风化而成的残积土，花岗岩、页岩、沙岩等风化残积土等，根据它们结构、物理力学性质也归入以上各类土中。

#### (一)粘性土

##### 1.粘性土的分类

土的塑性指数  $I_P > 1$  的为粘性土。

$$I_P = W_L - W_P \quad (1-1-1)$$

式中：  $W_L$ ——粘性土的液限含水量（%），简称液限，是粘性土塑体状态与流体状态的分界含水量，用土工试验方法测定；

$W_P$ ——粘性土的塑限含水量（%），简称塑限，是粘性土塑体状态与半固体状态的分界含水量，用土工试验方法测定。

粘性土根据其塑性指数  $I_P$  分为：

- 1) 轻亚粘土  $1 < I_P \leq 7$ ;
- 2) 亚粘土  $7 < I_P \leq 17$ ;
- 3) 粘土  $I_P > 17$ 。

淤泥一般含有有机质，呈极软状态的粘性土，其天然含水量接近或大于液限。对于孔隙比大于 1 的轻亚粘土或者亚粘土及孔隙比大于 1.5 的粘土均称为淤泥。一般情况下不经人工处理的淤



泥层不能作为桥涵地基。

## 2. 有关的物理力学指标

1) 粘性土地基的含水状态和软硬程度以液性指数 (稠度指数)  $I_L$  表示, 并按  $I_L$  值分为四级。

$$I_L = \frac{W_0 - W_P}{W_L - W_P} \quad (1-1-2)$$

式中:  $W_0$ ——土的天然含水量;

$W_L$ 、 $W_P$ ——意义同前。

当  $I_L < 0$  时, 为坚硬, 半坚硬状态;  $0 \leq I_L < 0.5$ , 为硬塑状态;  $0.5 \leq I_L < 1.0$  为软塑状态;  $I_L \geq 1.0$ , 为极软状态。

2) 硬粘性 & 残积粘性土地基的强度, 可由原状土在室内进行压缩试验所得的压缩模量  $E_s$  来确定。

$$E_s = \frac{1 + e_1}{a_{1-2}} \quad (1-1-3)$$

式中:  $e_1$ ——相应于在压力 1 公斤/厘米<sup>2</sup> 下土样的孔隙比;

$a_{1-2}$ ——对应于 1~2 公斤/厘米<sup>2</sup> 压力段的土样压缩系数 (公斤/厘米<sup>2</sup>)。

## (二) 砂类土

### 1. 砂类土的分类

土干燥时呈松散状态, 无塑性 ( $I_P \leq 1$ ), 粒径大于 2 毫米的颗粒含量  $\leq$  全重的 50% 的为砂性土。此类土, 按照土颗粒大小的成分 (以干燥时重量计算) 可分为:

1) 砾砂, 粒径大于 2 毫米的颗粒占总重 25% 以上, 但不超过 50%;

2) 粗砂, 粒径大于 0.5 毫米的颗粒占总重 50% 以上;

3) 中砂, 粒径大于 0.25 毫米的颗粒占总重 50% 以上;

4) 细砂, 粒径大于 0.1 毫米的颗粒占总重 75% 以上;

5) 粉砂, 粒径大于 0.1 毫米的颗粒占总重 75% 以下。

应根据筛分结果按砾、粗、中、细、粉砂顺序分类, 如土样满足砾砂分类条件, 即不再考虑粗砂等。

## 2. 有关的物理力学指标

1) 砂类土地基的密实程度以相对密度  $D$  或标准贯入试验 (锤重63.5公斤, 落距76厘米, 贯入度30厘米) 的锤击数  $N$  确定。

$$D = \frac{e_{\max} - e_0}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (1-1-4a)$$

式中:  $e_{\max}, e_{\min}$ ——砂性土的最大, 最小空隙比;

当  $0.67 \leq D < 1.00$  或  $N = 30 \sim 50$ , 为密实;

$0.33 < D < 0.67$  或  $N = 10 \sim 29$ , 为中密;

$0.2 \leq D \leq 0.33$  或  $N = 5 \sim 9$ , 为稍松。

## 2) 砂类土的饱和度 $S_r$

土中孔隙被水填充的部分体积称为土的饱和度  $S_r$ , 按下式确定:

$$S_r = \frac{W_0}{e_0} \Delta \quad (1-1-4b)$$

式中:  $W_0$ ——土的天然含水量, 用小数表示;

$\Delta$ ——土的比重;

$e_0$ ——土的天然空隙比。

砂类土按饱和度  $S_r$  划分为:

$S_r \leq 0.5$  为稍湿;

$0.5 < S_r \leq 0.8$  为潮湿;

$S_r > 0.8$  为饱和。

目测鉴定地基土 (粘性土及部分砂类土) 类别的参考资料见表1-1-1, 地基土 (粘性土, 砂类土) 物理力学性质指标的参考数值见表1-1-2。

## (三) 碎、卵石类土

### 1. 碎、卵石类土的分类

非胶结性土, 所含粒径大于2毫米的岩块, 其干燥时的重量超过总重的50%的为碎、卵石类土。以占主要成分的颗粒大小及重量可再细分为:

表1-1-1

自测定地基土(粘性土、砂类土)类别的参考资料

| 号数 | 土类名称 | 鉴定土的野外方法        |              |                  | 搓成土条情况 | 概略物理机械性质 |                   |                            |
|----|------|-----------------|--------------|------------------|--------|----------|-------------------|----------------------------|
|    |      | 在手中搓捻时的感觉       | 用放大镜及肉眼看时的情况 | 土的情况<br>干 体      |        | 含粘土百分数   | 含砂及粉土的百分数         | 其它                         |
| 1  | 砂    | 感到是砂粒           | 仅看到砂粒        | 散体               | 无塑性    | 0        | 粉土少于15%           | 无塑性, 粘结性小, 渗水性很好           |
| 2  | 粉砂土  | 在手掌上搓捻时沾有很多粉土颗粒 | 可以看到砂较粉土多    | 散体               | 无塑性    | 3        | 粉土15~50%          | 无塑性, 粘结性小, 渗水性良好           |
| 3  | 轻亚粘土 | 含有粗砂颗粒较多        | 砂粒较粘土多       | 土块用手挤压以及在铲上抛掷时易碎 | 无塑性    | 8        | 2~0.25毫米的砂粒占50%以上 | 塑性指数小于7, 渗水性良好; 雨天不粘, 很快即干 |
| 4  | 细亚粘土 | 含有细砂颗粒较多        | 砂粒较粘土多       | 无胶结性             | 无塑性    |          | 2~0.25毫米的砂粒占50%以下 | 塑性指数小于7, 渗水性良好             |
| 5  | 粉土   | 用手揉捻时有干粉末感      | 砂少, 粘土颗粒较多   | 无胶结性             | 流动的    |          | 粉土较砂为多            | 粘结性小, 含水饱和和时易成流动状, 干燥时呈尘土状 |

续上表

| 号数 | 土类名称  | 鉴定土的方法                  |                        |                     | 概略物理机械性质      |            |                           |
|----|-------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------|------------|---------------------------|
|    |       | 在手中搓捻时的感觉               | 用放大镜看及用眼看时的情况          | 土的情况                | 搓成土条情况        | 含粘土百分数     | 其它                        |
| 6  | 亚粘土   | 用手揉搓时感到砂粒，土块易于压碎        | 明显看出细粒，粉末中有砂粒          | 需要用力来压碎             | 塑性均小          | 砂较粉土多      | 塑性指数大于7，渗水性不良，有粘性         |
| 7  | 粉质亚粘土 | 揉搓时感到砂粒很少，土块易于压碎        | 可以看到细粉土颗粒              | 有土块，但不坚硬，用锤敲时易成细块   | 有塑性和粘附性       | 粉土较砂土为多    | 塑性指数大于7，渗水性很不好            |
| 8  | 重亚粘土  | 平时，手揉搓时感到粘土中有砂粒存在，土块难压碎 | 可以看到细粉土颗粒              | 有土块，但不坚硬，用锤敲时易成细块   | 有塑性，但粘附性，程度较重 | 砂较粉土多      | 塑性指数大于7，渗水性很不好，粘性好，坚实     |
| 9  | 粘土    | 潮湿状态用手揉搓时不感到有砂粒，土块难压碎   | 同类的粘土细粒，不含有大于0.25毫米的颗粒 | 很坚实用锤敲打时可以压碎，大块打成碎块 | 塑性和粘附性大，易于涂污  | 25 及 25 以上 | 塑性指数大于17，不渗水，干燥时很坚硬，承载力很大 |

地基土(粘性土、砂性土)物理力学指标参考数据 表1-1-2

| 土 类         |             | 天 然<br>孔隙比<br>$e_0$ | 天 然<br>含水量<br>$W_0(\%)$ | 塑 限<br>含水量<br>$W_p(\%)$ | 容 重<br>$\gamma$<br>(吨/米 <sup>3</sup> ) | 计算的粘<br>聚力 $c$<br>(吨/米 <sup>2</sup> ) | 计算内<br>摩擦角<br>$\phi$ (度) | 变形模<br>量 $E$<br>(吨/米 <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 砂<br>类<br>土 | 粗<br>砂      | 0.4~0.5             | 15~18                   |                         | 2.05                                   | 0                                     | 40                       | 4600                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 1.95                                   | 0                                     | 38                       | 4000                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.90                                   | 0                                     | 36                       | 3300                                |
|             | 中<br>砂      | 0.4~0.5             | 15~18                   |                         | 2.05                                   | 0                                     | 38                       | 4600                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 1.95                                   | 0                                     | 36                       | 4000                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.90                                   | 0                                     | 33                       | 3300                                |
|             | 细<br>砂      | 0.4~0.5             | 15~18                   |                         | 2.05                                   | 0                                     | 36                       | 3700                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 1.95                                   | 0                                     | 34                       | 2800                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.90                                   | 0                                     | 30                       | 2400                                |
|             | 粉<br>砂      | 0.5~0.6             | 15~18                   |                         | 2.05                                   | 0.5                                   | 34                       | 1400                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 19~22                   |                         | 1.95                                   | 0.3                                   | 32                       | 1200                                |
|             |             | 0.7~0.8             | 23~25                   |                         | 1.90                                   | 0.2                                   | 26                       | 1000                                |
| 粘<br>性<br>土 | 粉质<br>粘土    | 0.4~0.5             | 15~18                   | <9.4                    | 2.10                                   | 0.6                                   | 28                       | 1800                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 2.00                                   | 0.5                                   | 26                       | 1400                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.95                                   | 0.2                                   | 25                       | 1100                                |
|             | 轻亚<br>粘土    | 0.4~0.5             | 15~18                   | 9.5~12.4                | 2.10                                   | 0.7                                   | 23                       | 2300                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 2.00                                   | 0.5                                   | 22                       | 1600                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.95                                   | 0.3                                   | 21                       | 1300                                |
|             | 亚<br>粘<br>土 | 0.4~0.5             | 15~18                   | 12.5~15.4               | 2.10                                   | 2.5                                   | 22                       | 4500                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 2.00                                   | 1.5                                   | 21                       | 2100                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.95                                   | 1.0                                   | 20                       | 1500                                |
|             |             | 0.7~0.8             | 26~29                   | 15.5~18.4               | 1.90                                   | 0.5                                   | 19                       | 1200                                |
|             |             | 0.5~0.6             | 19~22                   |                         | 2.00                                   | 3.5                                   | 20                       | 3900                                |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   |                         | 1.95                                   | 1.5                                   | 19                       | 1800                                |
|             |             | 0.7~0.8             | 26~29                   |                         | 1.90                                   | 1.0                                   | 18                       | 1500                                |
|             |             | 0.8~0.9             | 30~34                   |                         | 1.85                                   | 0.8                                   | 17                       | 1300                                |
|             |             | 0.9~1.0             | 35~40                   |                         | 1.80                                   | 0.5                                   | 16                       | 800                                 |
|             |             | 0.6~0.7             | 23~25                   | 18.5~22.4               | 1.95                                   | 4.0                                   | 18                       | 3300                                |
|             |             | 0.7~0.8             | 26~29                   |                         | 1.90                                   | 2.5                                   | 17                       | 1900                                |
|             |             | 0.8~0.9             | 30~34                   |                         | 1.85                                   | 2.0                                   | 16                       | 1300                                |
|             |             | 0.9~1.0             | 35~40                   |                         | 1.80                                   | 1.0                                   | 15                       | 900                                 |
|             | 土           | 0.7~0.8             | 26~29                   | 22.4~26.4               | 1.90                                   | 6.0                                   | 16                       | 2800                                |
|             |             | 0.8~0.9             | 30~34                   |                         | 1.85                                   | 3.0                                   | 15                       | 1600                                |
|             |             | 0.9~1.1             | 35~40                   |                         | 1.75                                   | 2.5                                   | 14                       | 1100                                |
|             |             | 0.8~0.9             | 30~34                   | 26.5~30.4               | 1.85                                   | 6.5                                   | 14                       | 2400                                |
|             |             | 0.9~1.1             | 35~40                   |                         | 1.75                                   | 3.5                                   | 13                       | 1400                                |

注: ① 平均比重采用: 砂土2.44, 轻亚粘土2.70, 亚粘土2.71, 粘土2.74, 表内容重按水占孔隙的90%计算。

② 表内所列粗砂和中砂的  $E$  值为不均匀系数  $K = \frac{d_{40}}{d_{10}} = 3$  时的变形模量;

当  $K > 5$  时,  $E$  值应按表值减少  $2/3$ ;  $K = 3 \sim 5$  之间的  $E$  值按内插法确定。 $d_{60}$  及  $d_{10}$  为相应于60%和10%颗粒含量小于该直径的颗粒直径, 可以自砂土类土样筛分试验得出的粒径~含量百分数曲线得到。

### 1)卵石、碎石

粒径大于20毫米的颗粒，其干燥时重量超过总重50%（其中圆粒状颗粒占多数称为卵石，碎粒状颗粒占多数时称碎石）为卵石、碎石。

### 2)圆砾、角砾

粒径大于2毫米的颗粒，其干燥时重量超过总重50%，而不能定为卵石，碎石的（其中颗粒以圆粒状占多数的称为圆砾，否则称角砾）则为圆砾、角砾。

## 2. 密实度

碎、卵石类土地基的密实程度根据坑壁、天然陡坎站立情况，骨架颗粒与填充物结构、挖掘或钻探情况分为密实，中密，松散三种。其野外鉴定方法可参照表1-1-3。

### (四)岩石

#### 1. 岩石的分类

颗粒间具有牢固联结的岩浆岩，变质岩和沉积岩，其产状成整体或有裂隙的为岩石，按其强度性能分为：

1)硬质岩，饱和湿度下岩石试件的单轴极限抗压强度（试件直径为7~10厘米，高度与其直径相同）大于300公斤/厘米<sup>2</sup>，如花岗岩、闪长岩、玄武岩等岩浆岩，硅质、钙质胶结的砾岩、砂岩、石灰岩、泥质灰岩、白云岩等沉积岩；片麻岩、石英岩、大理岩、板岩等变质岩。

2)软质岩，天然湿度下岩石试件的单轴极限抗压强度为50~300公斤/厘米<sup>2</sup>，如凝灰岩、浮石等岩浆岩；泥砾岩、泥质页岩、泥质砂岩、炭质页岩、泥灰岩、泥岩以及因风化而强度降低至50~300公斤/厘米<sup>2</sup>的硬质岩。

3)极软岩，天然湿度下岩石试件的单轴极限抗压强度小于50公斤/厘米<sup>2</sup>，如粘土岩、煤等沉积岩；云母片岩或千枚岩等变质岩；以及因风化而强度降低至50公斤/厘米<sup>2</sup>以下的其它岩石。

#### 2. 产状

各类岩石组成的岩体按其破碎程度分为三类：大块状（岩体

碎(卵)石密实程度野外鉴定表

表1-1-3

|        | 天然陡坎坑壁情况                                     | 骨架和填充物                                                | 挖掘情况                        | 钻探情况                   |
|--------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 密<br>实 | 天然陡坎较稳定,能陡立,坎下堆积物较少<br>坑壁稳定,无掉块现象            | 骨架颗粒互相交错紧贴,孔隙填满,密实,坚硬,掏取大颗粒后,填充物大部能成窝形。不易掉落           | 用镐挖掘费力,个别需要撬棍或放炮。用手掏取大颗粒较困难 | 钻进甚感困难,冲击钻探时,钻杆及吊锤跳动剧烈 |
| 中<br>密 | 天然坎坡不易陡立或陡坎下堆积物较多。自然坡大于粗颗粒的安息角<br>坑壁容易发生局部掉块 | 骨架颗粒疏密不均,部分不连续。<br>空隙填满,填充砂土时,掏取大颗粒后,填充物难成窝形;填充硬塑的粘性土 | 用镐开挖用手可掏取大颗粒                | (参考密实和松散的内容)           |
| 松<br>散 | 不能形成陡坎,自然坡接近于粗颗粒的安息角。坑壁不稳定容易发生坍塌             | 多数骨架颗粒接触不连续,而被填充物包裹,填充砂土时,掏取大颗粒后砂随陡即坍塌;填充软塑的粘性土       | 用镐易刨开,手镐轻击引起部分塌落            | 钻进较容易,冲击钻探时钻杆虽有跳动但不甚厉害 |

注: ① 按本表内容分级时应综合考虑各项特征;

② 本表未包括半胶结的碎卵石;

③ 未考虑风化及地下水的影响。

多数分割成40厘米以上的岩块);块碎状(岩体多数分割成20~40厘米的岩块);碎石状(岩体多数分割成2~20厘米的岩块)。

岩石因风化,颗粒间只有微弱联结而成为土、砂、砾状的,统称为风化残积物。

#### (五)黄土

黄土分布在我国山西、陕西、甘肃大部分地区,河南、宁夏、青海、河北部分地区,新疆、山东、辽宁等地的局部地区。它主要特征有:具有大孔性(用肉眼可以看得出,其中比骨架颗粒大的多的孔隙);土层中常含有礓石,没有微细的层理;在天然

含水量时，土呈浅或深的褐黄色或微红以及棕黄色；干燥时能维持很陡的边坡；颗粒组成以粉土（0.05~0.005 毫米）为主，有部分粘土颗粒，一般不含有大于中砂（0.25毫米）的颗粒。黄土地基的承载力与黄土层的生成地质年代有较明显的关系。黄土按其生成的地质年代可分为新黄土（现代黄土—— $Q_4$ 全新世；新第四纪黄土—— $Q_3$ 晚更新世）；老黄土（中第四纪黄土—— $Q_2^+$ 、 $Q_2^-$ 中更新世；老第四纪黄土—— $Q_1$ 早更新世）。各类黄土工程地质特性见表1-1-4。

湿陷性黄土的工程地质特性见本章第三节。

#### （六）冻土

土温等于或低于 $0^{\circ}\text{C}$ 的，且含有冰的非岩石的土称为冻土。保持二年或二年以上不融化的冻土称为多年冻土；受季节影响气温低时冻结，气温高时融化的冻土称为季节冻土。

##### 1. 季节冻土的冻胀性分类

季节冻土按照土的颗粒成分，天然含水量及土层与地下水位的关系分为不冻胀，和冻胀二类，见表1-1-5。

##### 2. 多年冻土的分类

多年冻土根据融化时的下沉情况分为不融沉、弱融沉、融沉和强融沉四类，见表1-1-6。

多年冻土有关规定见本章第三节内多年冻土地区地基部分。

## 二、地基土的承载力

在研究确定地基土的承载力时，应该深入实际进行调查和试验，详细占有第一手资料，结合当地群众的建筑经验，根据当地的工程地质条件，桥梁结构特点全面分析，加以确定。

对于地质条件简单，地层均匀的一般桥涵地基，当基础最小边宽度 $b \leq 2$ 米，基底埋置深度 $h \leq 3$ 米时，各类地基土的基本承载力，可根据《公路桥涵设计规范》规定的各条有关表提供的的数据确定。如桥涵地基在进行了专门的调查试验研究工作（包括野外荷载试验、触探试验，取样室内试验，邻近旧桥调查对比，



表1-1-4

各类黄土主要特征表

| 特征<br>年代    | 颜色         | 结 构                | 礫 石 含 量                           | 古 土 层      | 湿 陷 性       | 开 挖 情 况  | 物理性质指标                                                              |
|-------------|------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------|----------|---------------------------------------------------------------------|
| 新<br>黄<br>土 | 浅、褐黄<br>等  | 具有大孔，疏松~中密、不均匀     | 少量或无礫石                            | 无          | 有           | 铣挖容易     | $\gamma = 1.4 \sim 1.7$<br>$W_L = 24 \sim 32$<br>$e = 0.9 \sim 1.3$ |
|             | 浅、深褐<br>黄等 | 具有大孔，中密、较均匀，具有柱状节理 | 少量或无，零星分布，古土壤下姜石粒径1~3厘米，不成层分布     | 常见一层多至二、三层 | 随深度增加而减少或消失 | 铣、镐开挖不费劲 |                                                                     |
| 老<br>黄<br>土 | 深、棕黄<br>等  | 少孔、较紧密、具块状节理       | 少而小，零星分布，古土壤层下姜石粒径5~10厘米，成层分布     | 可有数层       | 一般无，或表层有    | 铣、镐开挖费劲  | $\gamma = 1.7 \sim 2.1$<br>$W_L = 32$ 以上<br>$e = 0.6 \sim 0.9$      |
|             | 深、棕、微红等    | 少孔或无，紧密，柱状节理发育     | 大而多，零星分布，粒径10~20厘米，古土壤下成层分布或是钙质胶结 | 可有十余层      | 无           | 镐开挖费劲    |                                                                     |
|             | 微红、棕红等     | 少孔或无，紧密坚硬，柱状节理发育   | 零星或成层分布，粒径1~3厘米                   | 很少         | 无           | 镐，钎开挖很费劲 |                                                                     |

注：表中 $\gamma$ ——土的容重（吨/米<sup>3</sup>）； $W_L$ ， $e$ ，意义同前。