

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

1978年·北京

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

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

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 1/32 印张: 24.375 字数: 537 千

1978年6月第1版

1978年6月第1版第1次印刷

印数: 0001—10,300册

统一书号: 15044·1604

定价: 2.90元

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

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在无产阶级文化大革命推动下，全国人民在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动中，取得了伟大胜利。公路战线上广大职工坚持党的基本路线，认真学习无产阶级专政理论，以阶级斗争为纲，贯彻执行毛主席的一系列重要指示和方针政策，促进社会主义农业、工业生产和整个国民经济的发展，也促进了公路事业的发展。为了适应形势的发展和满足公路战线上广大职工的需要，一些省、市及部直属公路建设部门和有关院校共同组成了《公路桥涵设计手册》编写组，在交通部公路局的领导下，在汇编建国以来我国实践经验的基础上，分别编写了公路工程中有关桥涵方面的《基本资料》、《桥位设计》、《梁式桥》、《墩台和基础》、《涵洞》和《拱桥》等册。

在编写过程中，各分册的编写组曾先后深入全国大部分省、市、自治区的有关公路建设单位及施工现场，进行了调查研究，组织了三结合的座谈会，广泛听取了有实践经验的工人、干部和技术人员的意见。在完成提纲或初稿后，又再次征求意见，最后由交通部公路规划设计院（前交通部第一公路工程局设计所）组织力量统一审查。

以上各分册提供了有关公路桥涵设计方面的标准、规范、常用的计算方法、公式、图表、参考数据及一些算例，以便从事公路建设工作的同志们查阅、使用，借以提高工作效率。

由于本手册的编写工作，是与《公路桥涵设计规范》的编制同时进行的，因此，书中有的与该规范规定和数据不一致的应以中华人民共和国交通部标准《公路桥涵设计规范》（试行）为准。

编写组的工作，得到许多省、市和交通部所属各有关单位的

大力支持与帮助，特别是山东省交通局、辽宁省交通局、交通部第二公路工程局和广东省公路运输管理局等单位的党政领导在各方面给予了亲切关怀和支援，谨在此表示衷心感谢。

由于我们学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想不够，技术水平有限，初次编写手册，缺乏经验，加之时间仓促，未能把已有的设计革命和技术革新成果汇辑完整，缺点和错误在所难免，希望广大革命读者提出批评和意见。

《公路桥涵设计手册》编写组

1975年

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规定	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 规定	425
三、墩、台位移的规定	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 圬工结构的材料强度、规格和有关计算 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 土的附加应力计算.....	693
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.....	748

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; $I_L > 1.0$, 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² 下土样的孔隙比;

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

(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;

Δ ——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:

目测鉴定地基土（粘性土、砂类土）类别的参考资料

表1-1-1

号数	土类名称	鉴定土的野外方法				搓成土条情况	含粘土百分数	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				含砂及粉土的百分数	其它
				干	塑				
1	砂	感到是砂粒	仅看到砂粒	散体	无塑性	搓不成土条	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	搓不成土条	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	搓不成土条	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	难搓成条，而成为直径3~5毫米的短条	8	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	用手揉搓时有干粉末感	砂少，粘土颗粒较多	无胶结性	流动的	土球经振动则成为饼状表面有毛细水析出，能搓成条	→	粉土较砂为多	粘结性小，含水饱和时易成流动状，干燥时呈尘土状

续上表

号数	土类名称	鉴定土的野外方法			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 干塑	搓成土条情况	含粘土百分数	含砂及粉土的百分数	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	需要用力米压碎	塑性和粘附性均小	搓不成长条	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	不能搓成长条，因为断成直径为3厘米的数段	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	干时，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	有塑性和粘附性，但程度较重	能搓成直径1~2厘米的长条，球压成饼时周边裂缝	砂较粉土多	塑性指数大于7，渗水性很不好，粘附性良好，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将大块打成碎块	塑性和粘附性大，易于涂污	能搓成直径小于1毫米的坚实的长条，易于团成球，压成饼，周边不裂缝	↓ 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 孔隙比 e_0	天 然 含水量 $W_0(\%)$	塑 限 含水量 $W_p(\%)$	容 重 γ (吨/米 ³)	计算的粘 聚力 c (吨/米 ²)	计算内 摩擦角 ϕ (度)	变形模 量 E (吨/米 ²)
砂 类 土	粗 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 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 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 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 性 土	粉质 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
	亚 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
	粘 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
	粘 土	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
	粘 土	0.7~0.8	26~29	18.5~22.4	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
	粘 土	0.6~0.7	23~25	22.4~26.4	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
	粘 土	0.9~1.0	35~40	26.5~30.4	1.80	1.0	15	900
		0.7~0.8	26~29		1.90	6.0	16	2800
		0.8~0.9	30~34		1.85	3.0	15	1600
	粘 土	0.9~1.1	35~40		1.75	2.5	14	1100
		0.8~0.9	30~34		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²，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²，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²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²，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²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