



建筑工程简明计算手册丛书

土方与地基

基础工程计算手册

TU Fang Yu Di Ji
Ji Chu Gong Cheng Ji Suan Shou Ce

梁敦维 谢珍兰 编

山西科学技术出版社

SHANXI SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

· 建筑工程简明计算手册丛书 ·

土方与地基基础 工程计算手册

梁敦维 谢珍兰 编

山西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

土方与地基基础工程计算手册 / 梁敦维, 谢珍兰编. —太原:
山西科学技术出版社, 2006. 1

(建筑工程简明计算手册丛书)

ISBN 7-5377-2591-8

I. 土... II. ①梁... ②谢... III. ①土方工程—工程计算—技术手册 ②地基—基础工程—工程计算—技术手册 IV. ①TU751-62
②TU47-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 125312 号

·建筑工程简明计算手册丛书·

土方与地基基础工程计算手册

梁敦维 谢珍兰 编

*

山西科学技术出版社出版 (太原建设南路 15 号)

新华书店经销 太原兴晋科技印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 5 字数: 145 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月太原第 1 次印刷

印数: 1-3000 册

*

ISBN 7-5377-2591-8

T·401 定价: 15.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与印厂联系调换。

前 言

《建筑工程简明计算手册丛书》是从建筑工程施工现场工程技术人员及技术人员实际操作人员实际工作需要出发，本着简明、实用、够用和好用的原则，紧扣现行标准、规范和规程，经优化筛选，将施工现场最常用、最基本的施工计算汇编成册，便于工程技术人员及技术人员查阅使用。

丛书包括《土方与地基基础工程计算手册》、《混凝土工程计算手册》、《结构吊装工程计算手册》、《建筑施工组织设计计算手册》、《建筑工程预算计算手册》等五本。

《土方与地基基础工程计算手册》编入了土方与地基基础工程施工常用的计算资料，内容包括：施工基本计算、土方工程、排水与降水工程、基坑工程、地基处理、桩基础工程、民用建筑施工测量、土方工程冬期施工等。

本书内容精炼，是建筑工程施工的常用工具书，在进行施工准备、编制施工方案、处理技术问题及制定安全技术措施、对工程质量和操作安全进行有效控制等各项计算工作中应用广泛。

目 录

一、施工基本计算	(1)
(一) 土的分类及性质	(1)
(二) 几何基本图形计算	(7)
二、土方工程	(13)
(一) 场地平整土方量计算	(13)
(二) 土方平衡与调配计算	(22)
(三) 土方机械施工计算	(24)
(四) 填土压实计算	(26)
三、排水与降水工程	(29)
(一) 场地排水计算	(29)
(二) 基坑明沟排水计算	(34)
(三) 土的渗透系数计算	(35)
(四) 基坑涌水量计算	(37)
(五) 井点、管井降水计算	(40)
(六) 截水计算	(44)
四、基坑工程	(45)
(一) 基坑放坡开挖计算	(46)

(二) 基坑 (槽) 土方工程量计算	(48)
(三) 基坑 (槽) 开挖最小深度验算	(49)
(四) 基坑 (槽) 和管沟支撑计算	(50)
(五) 支护结构计算	(59)
五、地基处理	(75)
(一) 换填垫层法	(75)
(二) 强夯法和强夯置换法	(79)
(三) 灰土挤密桩法和土挤密桩法	(82)
(四) 砂石桩法	(84)
(五) 振冲法	(87)
(六) 水泥粉煤灰碎石桩法	(89)
(七) 单液硅化法和碱液法	(91)
(八) 预压法	(94)
(九) 地基承载力、变形和稳定性计算	(102)
六、桩基础工程	(112)
(一) 预制桩沉桩施工控制计算	(112)
(二) 爆扩桩扩大头直径及人工挖孔桩护壁厚度计算	(115)
(三) 单桩竖向极限承载力标准值计算	(118)
(四) 特殊条件下桩基竖向承载力验算	(127)
七、民用建筑施工测量	(134)
(一) 距离测量计算	(134)
(二) 标高测设计算	(140)
(三) 水平角测设计算	(144)

八、土方工程冬期施工	(147)
(一) 土的冻结深度计算	(147)
(二) 保温材料防冻覆盖层厚度计算	(148)
(三) 冻胀性地基容许受冻深度计算	(149)
(四) 冻土融解的循环针法计算	(150)

一、施工基本计算

(一)土的分类及性质

1. 土的工程分类

表 1-1

土的分类	土的级别	土 的 名 称	坚实系数 f	密度 (t/m^3)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.5~0.6	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;粉土混卵(碎)石;种植土、填土	0.6~0.8	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实粘土;重粉质粘土、砾石土;干黄土、含碎石卵石的黄土、粉质粘土;压实的填土	0.8~1.0	1.75~1.9	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (沙砾坚土)	IV	坚硬密实的粘性土或黄土;含碎石卵石的中等密实的粘性土或黄土;粗卵石;天然级配砂石;软泥灰岩	1.0~1.5	1.9	整个先用镐、撬棍,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤

续 表

土的分类	土的 级别	土 的 名 称	坚实系数 f	密度 (t/m^3)	开挖方法 及工具
五类土 (软石)	V ~ VI	硬质粘土;中密的页岩、泥灰岩、白垩土;胶结不紧的砾岩;软石灰及贝壳石灰石	1.5 ~ 4.0	1.1 ~ 2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VII ~ IX	泥岩、砂岩、砾岩;坚实的页岩、泥灰岩,密实的石灰岩;风化花岗岩、片麻岩及正长岩	4.0 ~ 10.0	2.2 ~ 2.9	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	X ~ X III	大理石;辉绿岩;玢岩;粗、中粒花岗岩;坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩;微风化安山岩;玄武岩	10.0 ~ 18.0	2.5 ~ 3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV ~ XVI	安山岩;玄武岩;花岗片麻岩;坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩、角闪岩	18.0 ~ 25.0 以上	2.7 ~ 3.3	用爆破方法开挖

注:1. 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别;

2. 坚实系数 f 为相当于普氏岩石强度系数。

2. 土的野外鉴别方法

表 1-2

土的名称	湿润时 用刀切	湿土用手捻 摸时的感觉	土的状态		湿土搓 条情况
			干土	湿土	
粘土	切面光滑、有粘阻力	有滑腻感,感觉不到有砂粒,水分较大时很粘手	土块坚硬,用锤才能打碎	易粘着物体,干燥后不易剥去	塑性大,能搓成直径小于 0.5mm 的长条(长度不短于手掌);手持一端不易断裂
粉质粘土	稍有光滑面,切面平整	稍有滑腻感,有粘滞感,感觉到有少量砂粒	土块用力可压碎	能粘着物体,干燥后较易剥去	有塑性,能搓成直径为 0.5 ~ 2mm 的土条
粉土	无光滑面,切面粗糙	有轻微粘滞感或无粘滞感,感觉到砂粒较多、粗糙	土块用手捏或抛扔时易碎	不易粘着物体,干燥后一碰就掉	塑性小,能搓成直径为 2 ~ 3mm 的短条
砂土	无光滑面,切面粗糙	无粘滞感,感觉到全是砂粒、粗糙	松散	不能粘着物体	无塑性,不能搓成土条

3. 土的基本物理性质指标

表 1-3

指标名称	符号	基本表达式	常用换算公式	附注
天然密度	ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho = \rho_d(1 + w)$	一般粘性土: 1.8 ~ 2.0g/cm ³ ; 砂土: 1.6 ~ 2.0g/cm ³
干密度	ρ_d	$\rho_d = \frac{m_s}{V}$	$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}$	一般土的干密度: 1.3 ~ 1.8g/cm ³
重度	γ	$\gamma = \rho g$		kN/m ³ , $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

指标名称	符号	基本表达式	常用换算公式	附 注
天然含水量	w	$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$	$w = \frac{\rho}{\rho_d} - 1$	土的含水量一般有 20% ~ 60%
孔隙比	e	$e = \frac{V_v}{V_s}$	$e = \frac{n}{1-n}$	一般粘性土: 0.4 ~ 1.2; 砂石: 0.3 ~ 0.9
孔隙度 (孔隙率)	n	$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$	$n = \frac{e}{1+e} \times 100\%$	一般粘性土: 30% ~ 60% 砂土: 25% ~ 45%
饱和度	S_r	$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$	$S_r = \frac{w\rho_d}{n};$ $S_r = \frac{\rho - \rho_d}{n}$	孔隙全部为水所充填 $S_r = 100\%$ 的土称饱和土; $S_r \geq 80\%$ 的土可认为是饱和的
饱和密度	ρ_{sat}	$\rho_{sat} = \frac{m_s + V_v \rho_w}{V}$	$\rho_{sat} = \rho_d + \frac{e}{1+e}$	一般土的饱和密度: 1.8 ~ 2.3 g/cm ³

4. 土的工程性质

(1) 土的可松性: 是指自然状态下的土经开挖以后, 其体积因松散而增加, 以后虽经回填压实, 仍不能恢复成原来的体积的性质。土的可松性的大小用可松性系数表示, 即最初可松性系数 K_p ; 最终可松性系数 K'_p 。

$$K_p = \frac{V_2}{V_1}; K'_p = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-1)$$

式中 V_1 ——土的自然状态的体积;

V_2 ——土经开挖后呈松散状态的体积;

V_3 ——土经回填压实后的体积。

各种土的可松性参考数值

表 1-4

土的种类	体积增加百分比		可松性系数	
	最初	最终	K_p	K'_p
一、种植土除外	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一、植物性土、泥炭	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二、	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三、	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四、泥灰炭、蛋白石除外	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四、泥灰岩、蛋白石	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七、	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八、	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

注:最初体积增加百分比 = $\frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$; 最后体积增加百分比 = $\frac{V_3 - V_1}{V_1} \times 100\%$ 。

(2) 土的压缩性: 松土经填压以后, 均会压缩, 其压缩性以压缩率表示,

$$\text{即土的压缩率} \quad K = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 ρ ——土压实后的干密度;

ρ_d ——原状土的干密度。

土的压缩率 K 的参考值

表 1-5

土的类别	土的名称	土的压缩率	每立方米松散土压实后的体积(m^3)	土的类别	土的名称	土的压缩率	每立方米松散土压实后的体积(m^3)
一~二类土	种植土	20%	0.80	三类土	天然湿度黄土	2%~17%	0.85
	一般土	10%	0.90		一般土	5%	0.95
	砂土	5%	0.95		干燥坚实黄土	5%~7%	0.94

(3) 原地面经机械压实后的沉降量 S , 一般在 30~300mm 之间。

5. 土的力学性质

(1) 压缩系数、压缩模量是表示土的压缩性的指标。

土的压缩系数为：

$$a = 1000 \times \frac{e_1 + e_2}{P_2 + P_1} \quad (1-3)$$

式中 a ——土的压缩系数 (MPa^{-1})；

P_1, P_2 ——固结压力 (kPa)；

e_1, e_2 ——对应于 P_1, P_2 的孔隙比。

评价地基土压缩性时，通常采用压力间隔由 $P_1 = 100\text{kPa}$ 增加到 $P_2 = 200\text{kPa}$ 时所得的压缩系数 a_{1-2} 表示。

当 $a_{1-2} < 0.1$ 时，属低压缩性土； $0.1 \leq a_{1-2} < 0.5$ 时，属中压缩性土； $a_{1-2} \geq 0.5$ 时，属高压缩性土。

土的压缩模量为：

$$E_s = \frac{1 + e_0}{a} \quad (1-4)$$

式中 E_s ——土的压缩模量 (MPa)；

e_0 ——土的天然孔隙比；

a ——土的压缩系数 (MPa^{-1})。

地基土按 E_s 值划分压缩性等级的规定

表 1-6

室内压缩模量 E_s (MPa)	2 ~ 4	4.1 ~ 7.5	7.6 ~ 11	11.1 ~ 15	> 15
压缩性等级	高压缩性	中高压缩性	中压缩性	中低压缩性	低压缩性

(2) 抗剪强度是土在外力作用下抵抗剪切滑动的极限强度。一般在室内用快剪、固结快剪和慢剪三种试验方法测定。

土的抗剪强度为：

$$\tau = P \cdot \tan \varphi + C \quad (1-5)$$

式中 τ ——土的抗剪强度 (MPa)；

P ——土承受的垂直压力 (MPa)；

φ ——土的内摩擦角 ($^\circ$)；

C ——土的内聚力 (MPa)，砂类土为 0。

(二) 几何基本图形计算

1. 求平面图形面积

表 1-7

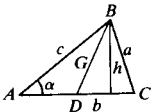
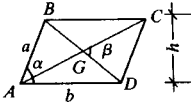
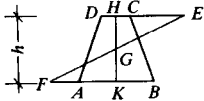
图 形	尺寸符号	面 积(A)	重心(G)
正 方 形	 a —边长 d —对角线	$A = a^2$ $a = \sqrt{A}$ $= 0.707d$ $d = 1.414a$ $= 1.414\sqrt{A}$	在对角线交点上
长 方 形	 a —短边 b —长边 d —对角线	$A = a \cdot b$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$	在对角线交点上
三 角 形	 h —高 l —1/2 周长 a, b, c —对应角 A, B, C 的边长	$A = \frac{bh}{2}$ $= \frac{1}{2}absinC$ $l = \frac{a+b+c}{2}$	$GD = \frac{1}{3}BD$ $CD = DA$
平 行 四 边 形	 a, b —邻边 h —对边间的距离	$A = b \cdot h$ $= a \cdot bsin\alpha$ $= \frac{AC \cdot BD}{2} \cdot sin\beta$	在对角线交点上
梯 形	 $CE = AB$ $AF = CD$ $a = CD$ (上底边) $b = AB$ (下底边) h —高	$A = \frac{a+b}{2} \cdot h$	$HG = \frac{h}{3} \cdot \frac{a+2b}{a+b}$ $KG = \frac{h}{3} \cdot \frac{2a+b}{a+b}$

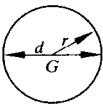
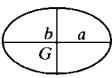
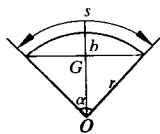
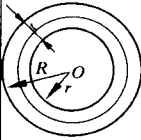
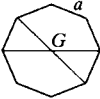
图 形	尺寸符号	面 积(A)	重心(G)
圆 形	 r—半径 d—直径 p—圆周长	$A = \pi r^2$ $= \frac{1}{4} \pi d^2$ $= 0.785 d^2$ $= 0.07958 p^2$ $p = \pi d$	在圆心上
椭圆形	 a, b—主轴	$A = \frac{\pi}{4} a \cdot b$	在主轴交点 G 上
扇 形	 r—半径 s—弧长 α—弧 s 的对应中心角	$A = \frac{1}{2} r \cdot s$ $= \frac{\alpha}{360} \pi r^2$ $s = \frac{\alpha \pi}{180} r$	$GO = \frac{2}{3} \cdot \frac{rb}{s}$ 当 $\alpha = 90^\circ$ 时 $GO = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi} r$ $\approx 0.6r$
圆 环	 R—外半径 r—内半径 D—外直径 d—内直径 t—环宽 D_{pj}—平均直径	$A = \pi (R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ $= \pi \cdot D_{pj} \cdot t$	在圆心 O

图 形	尺寸符号	面 积(A)	重心(G)
等 边 多 边 形	 a —边长 K_i —系数, i 指 多 边 形 的 边 数	$A = K \cdot a^2$ 三边形 $K_3 = 0.433$ 四边形 $K_4 = 1.000$ 五边形 $K_5 = 1.720$ 六边形 $K_6 = 2.598$ 七边形 $K_7 = 3.614$ 八边形 $K_8 = 4.828$ 九边形 $K_9 = 6.182$ 十边形 $K_{10} = 7.694$	在内、外接圆 心处

2. 求多面体的体积和表面积

表 1-8

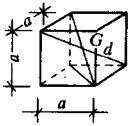
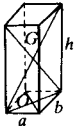
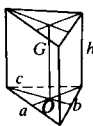
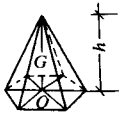
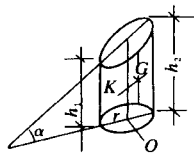
图 形	尺寸符号	体积(V) 底面积(A) 表面积(S) 侧表面积(S_1)	重心(G)
立 方 体 	a —棱 d —对角线	$V = a^3$ $S = 6a^2$ $S_1 = 4a^2$	在对角线交 点上

图 形	尺寸符号	体积(V) 底面积(A) 表面积(S) 侧表面积 S_1	重心(G)
长方体(棱柱) 	a, b, h —边长 O —底面对角线 交点	$V = a \cdot b \cdot h$ $S = 2(a \cdot b + a \cdot h + b \cdot h)$ $S_1 = 2h(a + b)$	$GO = \frac{h}{2}$
三棱柱 	a, b, c —边长 h —高 O —底面中线的 交点	$V = A \cdot h$ $S = (a + b + c) \cdot h + 2A$ $S_1 = (a + b + c) \cdot h$	$GO = \frac{h}{2}$
棱 锥 	f —一个组合三 角形的面积 n —组合三角形 的个数 O —锥底各对 角线交点	$V = \frac{1}{3}A \cdot h$ $S = n \cdot f + A$ $S_1 = n \cdot f$	$GO = \frac{h}{4}$
斜 截 直 圆 柱 	h_1 —最小高度 h_2 —最大高度 r —底面半径	$V = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2}$ $S = \pi r(h_1 + h_2) + \pi r^2(1 + \frac{1}{\cos \alpha})$ $S_1 = \pi r(h_1 + h_2)$	$GO = \frac{h_1 + h_2}{4} + \frac{r^2 \tan^2 \alpha}{4(h_1 + h_2)}$ $GK = \frac{1}{2} \cdot \frac{r^2}{h_1 + h_2} \tan \alpha$