

岩土工程勘察设计与施工技术丛书

岩土工程勘察与评价

高金川 杜广印

中国地质大学出版社

岩土工程勘察设计与施工技术丛书

岩土工程勘察与评价

高金川 杜广印

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程勘察与评价/高金川, 杜广印. —武汉: 中国地质大学出版社, 2003. 9
ISBN 7-5625-1784-3

I. 岩…
II. ①高…②杜…
III. 勘察-评价-岩土工程
IV. TU4

岩土工程勘察与评价

高金川 杜广印

责任编辑: 方菊

责任校对: 张咏梅

出版发行: 中国地质大学出版社 (武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮编: 430074

电话: (027) 87482760

传真: 87481537 E-mail: cbo@cug.edu.cn

经 销: 全国新华书店

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

字数: 440 千字 印张 17

版次: 2003 年 9 月第 1 版

印次: 2003 年 9 月第 1 次印刷

印刷: 武汉市教文印刷厂

印数: 1—1 000 册

ISBN 7-5625-1784-3/TU·29

定价: 32.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

《岩土工程勘察与评价》是在中国地质大学1999年校内教材《岩土工程勘察技术方法》的基础上扩展整理编写而成的。该书集编者近20年从事岩土工程勘察评价的经验和岩土工程方面的科研、教学成果,以我国现行最新国标和行业规范为依据,系统地对岩土工程勘察的基本理论、技术方法进行了归纳总结,收集了近年来岩土工程勘察领域的新技术、新方法,贯入了岩土工程勘察与评价的新理念。希望本书能成为广大岩土工程师的益友和在校地质工程专业学生的良师。

随着我国经济建设的繁荣,工程建设场地已并非有较多的选择空间,大多数情况下,只能通过岩土工程勘察查明拟建场地及其周边地区的水文地质、工程地质条件,在对现有场地进行可行性和稳定性论证的基础上,对场地岩土体进行整治、改造再利用,这也是当今岩土工程勘察面临的新形势。我国经济繁荣的特征之一就是城市建设的快速发展,大中城市建筑用地越来越少,在向城郊发展“卫星”城市的同时,房屋建筑物逐渐向空中和地下发展,超过50层的高楼、超过6层的地下室已不再是建筑新闻。南水北调、北煤南运、西气东送等蓝图工程正在成为现实,高楼林立、高速公路四通八达,随之而来的地基沉降、基坑变形、人工边坡崩塌和滑坡等各种岩土工程问题也日益突出,由此要求岩土工程的基础环节——岩土工程勘察必须提供更详细、更具体、更可靠的有关岩土体整治、改造和工程设计、施工的地质资料,对可能出现或隐伏的岩土工程问题进行分析评价,提出有效的预防和治理措施,以便于在工程建设中,及时发现,实时预报,及早预防和治理,把经济损失降到最小。故全书贯穿着岩土工程勘察服务于工程建设全过程的思想。

本书初稿于2001年完成,其间几经修改,经过资深专家审稿后终于定稿。本书第一、二、三章由东南大学的杜广印副教授编写,第四、五、六、七、八、九章由中国地质大学的高金川副教授编写,并由高金川统稿。在此期间,中国地质大学工程学院的领导非常重视,唐辉明教授、程新文教授、孟高头教授均给予了大力支持,蔡建平副教授提出了许多真诚的建议。在此向所有支持和鼓励本书整理编写的专家、领导及同事表示诚挚的感谢!愿《岩土工程勘察与评价》一书能给我国岩土工程事业尽一份力量!

本书和岩土工程勘察实际联系紧密,基础理论和基本原理阐述清楚,易于掌握;勘察技术方法介绍详略得当,可以作为地质工程专业学生学习岩土工程勘察技术方法的教材,也可作为岩土工程技术人员的参考用书,并可作为相关专业工程硕士生的自学教材。

由于编者能力有限,问题在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2003年9月

目 录

1 岩土分类与地下水	(1)
1.1 岩石的分类	(1)
1.1.1 按成因分类	(1)
1.1.2 按坚硬程度分类	(2)
1.1.3 按风化程度分类	(3)
1.1.4 按软化系数分类	(3)
1.1.5 特殊分类	(3)
1.1.6 岩体分类	(3)
1.2 土的分类	(5)
1.2.1 按堆积年代分类	(5)
1.2.2 按地质成因分类	(6)
1.2.3 按颗粒级配或塑性指数分类	(7)
1.2.4 按有机质含量分类	(9)
1.2.5 特殊性土的分类	(9)
1.2.6 按不同行业、部门分类	(11)
1.2.7 国外分类	(11)
1.3 地下水	(16)
1.3.1 按含水层埋藏条件划分地下水类型	(16)
1.3.2 地下水的腐蚀性评价	(17)
2 岩土工程勘察的基本要求及主要类别	(20)
2.1 岩土工程勘察级别	(20)
2.1.1 工程重要性等级	(20)
2.1.2 场地复杂程度等级	(21)
2.1.3 地基复杂程度等级	(22)
2.1.4 岩土工程勘察等级	(23)
2.2 岩土工程勘察阶段的划分	(23)
2.2.1 可行性研究勘察阶段(选址勘察)	(24)
2.2.2 初步勘察阶段	(24)
2.2.3 详细勘察阶段	(25)
2.3 岩土工程勘察纲要	(26)
2.4 岩土工程勘察的主要类别及要求	(28)
2.4.1 房屋建筑与构筑物岩土工程勘察	(28)
2.4.2 地下洞室岩土工程勘察	(32)

2.4.3	岸边工程的岩土工程勘察	(34)
2.4.4	基坑工程的岩土工程勘察	(35)
2.4.5	边坡工程的岩土工程勘察	(36)
2.4.6	管道和架空线路的岩土工程勘察	(38)
2.4.7	桩基础岩土工程勘察	(41)
2.4.8	废弃物处理工程的岩土工程勘察	(41)
2.4.9	桥涵岩土工程勘察	(43)
2.4.10	水利水电岩土工程勘察	(44)
2.4.11	不良地质作用和地质灾害的岩土工程勘察	(46)
3	工程地质测绘和调查	(48)
3.1	工程地质测绘和调查的范围、比例尺、精度	(48)
3.1.1	工程地质测绘和调查的范围	(48)
3.1.2	工程地质测绘和调查的比例尺	(49)
3.1.3	工程地质测绘和调查的精度	(49)
3.2	工程地质测绘和调查的内容	(50)
3.2.1	地形、地貌	(50)
3.2.2	地层岩性	(51)
3.2.3	地质构造	(51)
3.2.4	水文地质条件	(52)
3.2.5	不良地质作用	(52)
3.2.6	人类工程活动	(52)
3.2.7	对已有建筑物的调查	(53)
3.3	工程地质测绘和调查的方法、程序	(54)
3.3.1	工程地质测绘和调查的方法	(54)
3.3.2	工程地质测绘和调查的程序	(56)
3.4	遥感影像在工程地质测绘和调查中的应用	(56)
3.4.1	遥感技术在工程地质测绘和调查中应用的目的、任务和要求	(57)
3.4.2	遥感影像判释的原理及标志	(57)
3.4.3	遥感影像判释的工作程序	(58)
3.4.4	遥感判释的主要内容	(59)
4	工程勘探与取样	(63)
4.1	钻探	(63)
4.1.1	钻探方法的分类与选择	(63)
4.1.2	常用钻探机械设备	(68)
4.1.3	复杂地层钻探	(69)
4.1.4	钻探成果资料	(71)
4.2	井探、槽探、洞探	(72)
4.2.1	井探、槽探、洞探的特点及适用条件	(72)
4.2.2	观察、描述、编录	(73)
4.3	取样技术	(74)

4.3.1	钻孔取土器的设计要求	(74)
4.3.2	钻孔取土器类型	(74)
4.3.3	不扰动土样的采取方法	(79)
4.3.4	复杂或特殊岩土层取样方法	(80)
4.3.5	取样质量要求	(81)
4.4	工程物探	(83)
4.4.1	工程物探的分类及应用	(83)
4.4.2	直流电阻率法	(84)
4.4.3	地震勘探	(87)
4.4.4	电视测井	(89)
4.4.5	地质雷达	(90)
4.4.6	综合物探	(91)
4.5	岩土野外鉴别与现场描述	(92)
4.5.1	碎石土和砂土的现场鉴别	(92)
4.5.2	粉土及粘性土的现场鉴别	(92)
4.5.3	土现场描述的内容	(93)
5	室内岩土试验	(96)
5.1	土的物理性质试验	(96)
5.1.1	颗粒分析试验	(96)
5.1.2	含水量试验	(98)
5.1.3	比重试验	(98)
5.1.4	密度试验	(99)
5.1.5	液、塑限试验	(99)
5.1.6	有机质试验	(101)
5.1.7	渗透试验	(101)
5.1.8	击实试验	(103)
5.2	土的压缩-固结试验	(105)
5.2.1	试验原理	(106)
5.2.2	试验方法及适用范围	(107)
5.2.3	主要试验成果及整理	(107)
5.3	土的抗剪强度试验	(109)
5.3.1	直接剪切试验	(109)
5.3.2	三轴剪切试验	(111)
5.3.3	反复直剪强度试验	(113)
5.3.4	无侧限抗压强度试验	(114)
5.4	土的动力性质试验	(116)
5.4.1	振动三轴试验	(116)
5.4.2	共振柱试验	(119)
5.5	岩石的力学性质试验	(122)
5.5.1	单轴压缩变形试验	(122)

5.5.2	单轴抗压强度试验	(123)
5.5.3	抗拉强度试验	(123)
5.5.4	直剪试验	(123)
6	原位测试	(125)
6.1	载荷试验	(126)
6.1.1	平板载荷试验	(126)
6.1.2	螺旋板载荷试验	(131)
6.2	静力触探试验	(133)
6.2.1	试验仪器设备	(133)
6.2.2	试验要点	(135)
6.2.3	资料整理	(135)
6.2.4	测试成果应用	(137)
6.3	圆锥动力触探和标准贯入试验	(141)
6.3.1	圆锥动力触探	(141)
6.3.2	标准贯入试验	(144)
6.4	旁压试验	(146)
6.4.1	预钻式旁压试验	(146)
6.4.2	自钻式旁压试验	(151)
6.5	十字板剪切试验	(152)
6.5.1	试验仪器设备	(152)
6.5.2	电测式十字板剪切试验主要操作步骤	(154)
6.5.3	电测式十字板剪切试验的资料整理和成果应用	(154)
6.6	抽、注水试验	(155)
6.6.1	抽水试验	(156)
6.6.2	注水试验	(159)
6.7	波速试验	(160)
6.7.1	试验仪器设备	(161)
6.7.2	试验要点	(161)
6.7.3	资料整理及成果应用	(162)
6.8	岩体变形试验	(164)
6.8.1	承压板法	(164)
6.8.2	狭缝法	(167)
7	特殊性岩土及其岩土工程勘察评价	(169)
7.1	湿陷性黄土	(169)
7.1.1	湿陷发生的原因及其影响因素	(170)
7.1.2	湿陷性黄土的判别	(170)
7.1.3	湿陷性黄土的勘察评价要点	(173)
7.2	膨胀岩土	(175)
7.2.1	膨胀土的物质成分和构造特征	(176)
7.2.2	膨胀土的工程性质	(176)

7.2.3	膨胀土地基的评判	(179)
7.2.4	膨胀岩土的工程性质	(180)
7.3	软土	(181)
7.3.1	软土的成因	(182)
7.3.2	软土的工程性质	(182)
7.3.3	软土的勘察评价要点	(183)
7.4	填土	(185)
7.4.1	填土的分类	(185)
7.4.2	填土的工程性质	(186)
7.4.3	填土的勘察评价要点	(187)
7.5	红粘土	(188)
7.5.1	红粘土的物质成分和结构构造	(188)
7.5.2	红粘土的分类	(188)
7.5.3	红粘土的工程性质	(189)
7.5.4	红粘土勘察评价要点	(191)
7.6	多年冻土	(191)
7.6.1	多年冻土的一般性质	(191)
7.6.2	多年冻土的冻胀性和融陷性	(192)
7.6.3	多年冻土的不良地质现象	(193)
7.6.4	多年冻土的勘察评价要点	(194)
7.7	盐渍岩土	(196)
7.7.1	盐渍岩土的分类	(196)
7.7.2	盐渍岩土的工程性质	(197)
7.7.3	盐渍岩土融陷性、盐胀性、腐蚀性评价	(199)
7.7.4	盐渍岩土的勘察评价要点	(201)
7.8	风化岩与残积土	(202)
7.8.1	风化岩与残积土分类及其野外特征	(203)
7.8.2	风化岩与残积土的勘察评价要点	(203)
8	不良地质作用和地质灾害及其勘察评价	(206)
8.1	岩溶	(206)
8.1.1	岩溶类型	(206)
8.1.2	岩溶形态与岩溶塌陷	(207)
8.1.3	岩溶场地勘察要点	(207)
8.1.4	岩溶场地稳定性评价	(208)
8.1.5	岩溶场地的工程防治措施	(210)
8.2	滑坡	(211)
8.2.1	滑坡分类	(211)
8.2.2	滑坡勘察要点	(212)
8.2.3	滑坡稳定性计算	(214)
8.2.4	滑坡稳定性评价	(218)

8.2.5	滑坡的治理措施	(218)
8.3	危岩和崩塌	(219)
8.3.1	危岩和崩塌的形成条件	(219)
8.3.2	危岩和崩塌的分类	(220)
8.3.3	危岩和崩塌的勘察要点	(221)
8.3.4	危岩和崩塌的稳定性分析评价	(222)
8.3.5	崩塌的治理措施	(223)
8.4	泥石流	(223)
8.4.1	泥石流的形成条件	(223)
8.4.2	泥石流的分类	(224)
8.4.3	泥石流的勘察要点	(226)
8.4.4	泥石流地区工程建设适宜性评价	(227)
8.4.5	泥石流防治措施	(227)
8.5	地面沉降	(228)
8.5.1	抽水——地面沉降机理及沉降计算	(228)
8.5.2	地面沉降的勘察要点	(230)
8.5.3	地面沉降治理与控制的对策和措施	(231)
8.6	场地和地基的地震效应	(232)
8.6.1	场地和地基地震效应勘察的主要任务	(233)
8.6.2	勘探工作量布置要求	(233)
8.6.3	地震液化的机理分析	(234)
8.6.4	地震液化的形成条件	(235)
8.6.5	地震液化的判别	(236)
8.6.6	评价液化等级	(239)
8.6.7	抗液化措施	(239)
9	岩土工程分析评价及成果报告	(241)
9.1	岩土工程分析评价的内容与方法	(241)
9.1.1	岩土工程分析评价的主要内容和要求	(241)
9.1.2	岩土工程分析评价的方法	(242)
9.2	(岩)土工程参数的分析与选取	(243)
9.2.1	(岩)土工程参数的可靠性和适用性分析	(243)
9.2.2	(岩)土工程参数的选取	(244)
9.3	地基承载力的确定	(247)
9.3.1	理论计算	(247)
9.3.2	现场原位测试方法	(250)
9.3.3	按室内土工试验结果查表法	(250)
9.4	地基沉降变形计算	(252)
9.4.1	分层总和法计算	(253)
9.4.2	固结沉降法计算	(254)
9.4.3	用变形模量计算	(254)

9.5 地理信息系统(GIS)在岩土工程勘察中的应用	(256)
9.6 编制岩土工程勘察报告	(257)
9.6.1 岩土工程勘察报告的主要内容	(257)
9.6.2 岩土工程勘察报告的质量要求	(258)
参考文献	(260)

1 岩土分类与地下水

人类的工程活动基本上在地表一定深度范围之内进行,作为地表主要物质基础的岩土体与人类的工程活动密切相关。岩土体可以作为工程建筑的地基,也可以作为工程建设的环境介质和工程建筑材料,因此,岩土的工程分类非常重要。根据成因、形成年代及结构构造特征进行岩土分类的标准比较一致,但结合工程目的、研究方向、岩土体特征、地区建筑经验的分类标准则不完全一致。在实际应用时,应根据工程性质有选择地采用分类方法。

1.1 岩石的分类

岩石是天然形成的,由一种或多种矿物组成的具有一定结构构造的集合体。岩石作为工程地基和环境介质,可按下列原则分类。

1.1.1 按成因分类

可分为岩浆岩(火成岩)、沉积岩(水成岩)和变质岩三大类。

1. 岩浆岩

岩浆在向地表上升过程中,由于热量散失,逐渐经过分异等作用冷凝而成岩浆岩。在地表下冷凝的称侵入岩,喷出地表冷凝的称喷出岩。侵入岩按距地表的深浅程度又分为深成岩和浅成岩。岩浆岩分类见表1-1。

表 1-1 岩浆岩的分类

颜 色		浅 色 (浅灰、浅红、红色、黄色)			深 色 (深灰、绿色、黑色)		产 状
		含正长石		含斜长石	不含长石		
矿 物 成 分		石英云母	黑云母	角闪石	辉石	辉石	成 因 及 结 构
		角闪石	角闪石 辉石	辉石 黑云母	角闪石 橄榄石	橄榄石 角闪石	
深成的	等粒状,有时为斑粒状,所有矿物皆能用肉眼鉴别	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩 辉岩	基岩
浅成的	斑状(斑晶较大,且可分辨出矿物名称)	花岗斑岩	正长斑岩	玢岩	辉绿岩	苦橄橄榄岩(少见)	岩脉 岩枝 岩盘
喷出的	玻璃状,有时为细粒斑状,矿物难用肉眼鉴别	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	苦橄橄榄岩(少见) 金伯利岩	熔岩流
	玻璃状或碎屑状	黑曜岩、浮岩、火山凝灰岩、火山碎屑岩、火山玻璃					火山喷出的堆积物

2. 沉积岩

沉积岩是由岩石、矿物在内外动力地质作用下破碎成碎屑物质后,再经水流、风和冰川等的搬运,堆积在大陆低洼地带或海洋,再经胶结、压密等成岩作用而成的岩石。沉积岩分类见表1-2。

表1-2 沉积岩的分类

物质成分 沉积类型	硅质的	泥质的	石灰质的	其他成分
碎屑沉积	石英砾岩、石英角砾岩、燧石角砾岩、砂岩、粗砂岩、硬砂岩、石英岩	泥岩、页岩、粘土岩	石灰砾岩、石灰角砾岩、多种石灰岩	集块岩
化学沉积	硅华、燧石、石髓岩	泥铁石	石笋、石钟乳、石灰华、白云岩、石灰岩、泥灰岩	岩盐、石膏、硬石膏、硝石
生物沉积	硅藻土	油页岩	白垩、白云岩、珊瑚石灰岩	煤炭、油砂、某种磷酸盐岩石

3. 变质岩

变质岩是岩浆岩或沉积岩在高温、高压或其他因素作用下,经变质所形成的岩石。原来母岩经变质作用后,不仅矿物重新结晶或生成新矿物,岩石的结构、构造亦得到变化;但一般情况下,仍保存原岩的产状。

大多数变质岩具有片麻状、片状或片理,有的有变质矿物产生。变质岩分类见表1-3。

表1-3 变质岩的分类

岩石类别	岩石名称	主要矿物成分	鉴别特征
片状类	片麻岩	石英、长石、云母	片麻状构造,浅色长石带和深色云母带互相交错,结晶粒状或斑状结构
	云母片岩	云母、石英	具有薄片理,片理上有强的丝绸光泽,石英凭肉眼常看不到
	绿泥石片岩	绿泥石	绿色,常为鳞片状或叶片状的绿泥石块
	滑石片岩	滑石	鳞片状或叶片状的滑石块,用指甲可刻划,有高度的滑感
	角闪石片岩	普通角闪石、石英	片理常常表现不明显,坚硬
	千枚岩、板岩	云母、石英等	具有片理,肉眼不易识别矿物,锤击有清脆声,并具有丝绸光泽,千枚岩表现得很明显
块状类	大理岩	方解石、少量白云岩	结晶粒状结构,遇盐酸起泡
	石英岩	石英	致密的、细粒的块体,坚硬,硬度值近7,玻璃光泽,断口呈贝壳状或次贝壳状

1.1.2 按坚硬程度分类

岩石坚硬程度分类见表1-4所示。

表 1-4 岩石坚硬程度分类

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 f_r (MPa)	$f_r > 60$	$60 \geq f_r > 30$	$30 \geq f_r > 15$	$15 \geq f_r > 5$	$f_r < 5$

注：①当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按现行国家标准《工程岩体分级标准》(GB50218)执行；②当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

1.1.3 按风化程度分类

岩石按风化程度分类见表 1-5。

表 1-5 岩石按风化程度分类

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有铁渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩心钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，并且有微弱的残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2~0.4	—
残积土	组织结构全部破坏，已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	<0.2	—

注：①波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波之比；②风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比；③花岗岩类岩石，用标贯击数 N 划分风化程度。当 $N \geq 50$ 为强风化； $30 \leq N < 50$ 为全风化； $N < 30$ 为残积土。

1.1.4 按软化系数分类

软化系数 (K_R) 为饱和状态与风干状态的岩石单轴极限抗压强度之比。

当 $K_R \leq 0.75$ 时，为软化岩石；

当 $K_R > 0.75$ 时，为不软化岩石。

1.1.5 特殊分类

当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石、盐渍化岩石等。

1.1.6 岩体分类

岩体是指包括各种结构面的原位岩石的综合体。

1. 按岩体完整程度分类

按岩体完整程度分类见表 1-6。

表 1-6 岩体完整程度分类

完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性指数	>0.75	0.75~0.55	0.55~0.35	0.35~0.15	<0.15

注：完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时，应注意其代表性。

2. 按岩体基本质量等级分类

按岩体基本质量等级分类见表 1-7。

表 1-7 岩体基本质量等级分类

完整程度 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	I	II	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

3. 按岩体结构类型分类

按岩体结构类型分类见表 1-8。

表 1-8 岩体按结构类型分类

岩体结构类型	岩体地质类型	结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	巨块状岩浆岩和变质岩, 巨厚层沉积岩	巨块状	以层面和原生构造节理为主, 多呈闭合型, 间距大于 1.5m, 一般为 1~2 组, 无危险结构	岩体稳定, 可视为均质弹性各向同性体	局部滑动或坍塌, 深埋洞室要注意岩爆
块状结构	厚层状沉积岩、块状岩浆岩和变质岩	块状柱状	有少量贯穿性节理裂隙, 结构面间距 0.7~1.5m, 一般为 2~3 组, 有少量分离体	结构面相互牵制, 岩体基本稳定, 接近弹性各向同性体	
层状结构	多韵律薄层、中厚层状沉积岩, 副变质岩	层状板状	有层理、片理、节理, 常有层间错动	变形和强度特征受层面控制, 可视为各向异性弹塑性体, 稳定性较差	可沿结构面滑动, 软沿可产生塑性变形
碎裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、节理、片理、层理发育, 结构面间距 0.25~0.5m, 一般在 3 组以上, 有许多分离体	整体强度很低, 并受软弱结构面控制, 呈弹塑性体, 稳定性很差	发生规模较大的岩体失稳, 要特别注意地下水加剧岩体失稳的不良作用
散体状结构	断层破碎带、强风化及全风化带	碎屑状	构造和风化裂隙密集, 结构面错综复杂, 多充填粘性土, 形成无序小块和碎屑	完整性遭到极大破坏, 稳定性极差, 接近松散体介质	

4. 按岩层厚度分类

按岩层厚度分类见表 1-9。

表 1-9 按岩层厚度分类

层厚分类	单层厚度 h (m)
巨厚层	$h > 1.0$
厚层	$0.5 < h \leq 1.0$
中厚层	$0.1 < h \leq 0.5$
薄层	$h \leq 0.1$

1.2 土的分类

土是连续、坚固的岩石在机械风化、物理风化、化学风化等一系列风化下形成的大小悬殊的颗粒,经过不同的搬运方式,在各种自然环境中沉积生成的松散沉积物。土在形成过程中,由于形成年代、物质成分、结构构造和堆积环境的不同而具有不同的工程特征,可依据不同的标准划分为不同类型的土。

1.2.1 按堆积年代分类

可以分为老粘性土、一般粘性土和新近堆积的粘性土。

1. 老粘性土

老粘性土是指第四纪晚更新世(Q_3)及其以前堆积的土。它是一种堆积年代久、工程性质较好的土,一般具有较高强度和较低压缩性。主要指广泛分布于长江中下游的晚更新世下蜀系粘土(Q_3)、湖南湘江两岸的网纹状粘性土(Q_3)和内蒙古包头地区的下亚层土(Q_3)。

2. 一般粘性土

一般粘性土是指第四纪全新世(Q_4 文化期以前)堆积的粘性土。其分布面积广,工程性质变化很大,是经常遇见的岩土工程勘察对象。其压缩模量 E_s 一般小于15MPa;标准贯入锤击数 N 多小于15击;多属于中等压缩性。其他物理力学性质指标则变化较大。粘粒($d < 0.005\text{mm}$)含量一般达15%以上,透水性低,而灵敏度高,作为建筑物的天然地基应注意其可能会产生不均匀沉降。

3. 新近堆积的粘性土

新近堆积的粘性土是指文化期以来堆积的粘性土,一般为欠固结,强度低。野外鉴别方法见表 1-10。

表 1-10 新近堆积粘性土的野外鉴别方法

沉积环境	颜色	结构性	包含物
河漫滩和山前洪、冲积扇(锥)的表层,古河道,已填塞的湖塘、沟、谷,河道泛滥区	颜色较深而暗,呈褐、暗黄或灰色,含有机质较多时带灰黑色	结构性差,用手扰动原状土时,极易变软,塑性较低的土还有振动水析现象	在完整的剖面中无原生的粒状结构体,但可能含有圆形及亚圆形的钙质结核体(如姜结石)或贝壳等;在城镇附近可能含有少量碎砖、瓦片、陶瓷、铜币或朽木等人类活动的遗物

1.2.2 按地质成因分类

可以分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土和风积土。

1. 残积土(Q^{cl})

残积土是岩石经风化破碎后残留在原地的一种碎屑堆积物。它的分布主要受地形控制。由于山区原始地形变化较大,且岩石风化程度不一,往往在很小范围内,残积土层厚度变化就很大。在宽广的分水岭上,由雨水产生的地表径流速度很小,风化产物易于保留,残积土层较厚;在平缓的山坡上也常有残积土覆盖,但较薄。

残积土颗粒未经磨圆或分选,没有层理构造,均质性差,因而土的物理力学性质很不一致,同时多为棱角状的粗颗粒土,其孔隙度较大,作为建筑物地基容易产生不均匀沉降。

2. 坡积土(Q^{dl})

坡积土是在重力作用下,高处的风化物被雨水或雪水搬运到较平缓的山坡地带而形成的山坡堆积物。它一般分布在坡腰或坡脚下,其上部与残积土相接。

坡积土随斜坡自上而下呈现由粗而细的分选现象。其矿物成分与下卧基岩没有直接关系,这是它与残积土明显的区别。

由于坡积土形成于山坡,故常发生沿下卧基岩倾斜面滑动的现象。另外,坡积土由于组成物质粗细颗粒混杂,土质不均匀,厚度变化大(上部有时不足1m,下部可达几十米)。新近堆积的坡积土,土质疏松,压缩性较高。

3. 洪积土(Q^{pl})

洪积土是由山区暴雨和临时性的洪水作用,在山前形成的堆积物。

山洪流出沟谷口后,由于流速骤减,被搬运的粗碎屑物质(如块石、砾石、粗砂等)首先大量堆积下来,离山渐远,洪积物颗粒随之变细,其分布范围也逐渐扩大。其地貌特征,靠山近处窄而陡,离山较远处宽而缓,形成锥体,故称为洪积扇。

洪积物的颗粒虽因搬运过程中的分选作用而呈现随离山远近而变化的现象,但由于搬运距离短,颗粒的磨圆度仍不佳。此外,山洪是周期性产生的,每次的规模大小不尽相同,堆积下来的物质也不一样。因此,洪积土常呈现不规则的交错层理构造,如具有夹层、尖灭或透镜体等产状。靠近山地的洪积土颗粒较粗,地下水位埋藏较深,土的承载力一般较高,常为良好的天然地基;离山较远地段颗粒较细,土质均匀、密实,厚度较大,通常也是良好的天然地基。但在上述两部分的过渡地带,常常由于地下水溢出地表而造成宽广的沼泽地带,因此此地段土质软弱而承载力较低。

4. 冲积土(Q^{al})

冲积土是由河流流水作用在平原河谷或山区河谷中形成的沉积物。其特点是呈现明显的层理构造。由于搬运作用显著,碎屑物质是由带棱角的颗粒(块石、碎石及角砾)经滚磨、碰撞逐渐形成的亚圆形或圆形颗粒(漂石、卵石、圆砾)。其搬运距离越长,则沉积物质越细。所以,冲积土具明显的分选性,层理清晰,常为砂与粘性土的交错层理,亦存在砾石层,故常为理想的天然地基。

5. 淤积土(Q^{m+1})

淤积土是在静水或缓慢水流环境下所形成的沉积物。包括海相沉积土和湖泊沉积土两大类。

海相沉积土与海洋分区相对应分为: