

TUGONG SHIYAN SHIXUN JIAOCHENG

土工试验 实训教程

卢军燕 主编



黄河水利出版社

TU41
20

土工试验实训教程

主 编 卢军燕
副主编 杨泽华

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书依据现有规范、标准及工程技术动态,以实用为原则进行编写,内容结合实际,可操作性强。主要内容包括:土样的采集和管理、土样的制备、土工室内试验、现场原位试验、基桩静载试验、土工综合技能训练及良好职业道德的培养等。

本书为土木工程、道路与铁道工程、工程监理等专业的本科、专科生的试验教学用书,也可供工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

土工试验实训教程/卢军燕主编. —郑州:黄河水利出版社,2013. 12

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0650 - 1

I. ①土… II. ①卢… III. ①土工试验 IV. ①TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 297711 号

策划编辑:王志宽 电话:0371 - 66024331 E-mail:wangzhikuan83@126.com

出版社:黄河水利出版社

网址:www. yrcp. com

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:郑州海华印务有限公司

开本:787mm × 1 092 mm 1/16

印张:10.5

字数:243 千字

印数:1—3 100

版次:2013 年 12 月第 1 版

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

定价:30.00 元

前 言

土力学是一门实践性很强的专业技术基础课程,它是利用力学知识和土工试验技术来研究土的强度、变形、渗透等规律性的一门学科。土工试验是土力学理论教学的重要实践教学环节。本书主要依据中华人民共和国行业标准《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)和《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999),并结合工程实践经验和教材特点编写而成。本书首先从土工实验室质量控制着手,使大家了解实验室质量控制的操作要点。其次,详细讲解了土样的采集和管理,对于土工试验而言,土样的采集和管理对试验过程和试验数据的准确性起着至关重要的作用。此外,本书还对土工室内试验和室外试验进行了具体而细致的讲解。土工室内试验主要包括土的基本指标的检测、颗粒分析试验、土的物理状态指标的测定、土的最大干密度和最优含水率的确定、压缩性指标和抗剪强度指标的测定。土工室外试验部分主要针对目前工程中常用的现场原位测试和基桩静载试验进行了全面细致的讲解。通过上述试验,可以使学生熟悉各种仪器设备在试验项目中的使用方法,加深同学们对理论知识及土工试验原理的理解,掌握土工试验操作技能,同时提高学生的动手能力及分析问题、解决问题的能力,为今后实际工程的设计和施工奠定坚实的基础。

本书最后谈到了土工综合技能训练的相关内容,该内容首次与职业道德内容联系在一起,对学生进行了职业道德修养方面的相关教育,这样不仅能帮助学生加快校园生活到工作的过渡,而且能为实现角色的成功转变起到良好的推动作用。

本书由河南理工大学万方科技学院卢军燕编写第一章、第二章和第四章第二~六节,由郑州职业技术学院杨泽华编写第三章和第四章第一节,由黄河水利职业技术学院王玉珏编写第五章和第六章,由黄河水利职业技术学院李丹编写第七章。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 10 月

目 录

前 言	
第一章 绪 论	(1)
第一节 土工试验的意义	(1)
第二节 土工试验项目	(2)
第二章 土样的采集和管理	(4)
第一节 工程勘察知识	(4)
第二节 土的野外定名及描述	(9)
第三节 土样的包装与运输	(17)
第四节 土样的管理	(18)
第五节 仪器设备的管理要求	(19)
第六节 试验资料的整理与管理	(19)
第三章 土样的制备	(21)
第一节 概 述	(21)
第二节 扰动土样的制备	(22)
第三节 扰动土样试件制备程序	(23)
第四节 原状土试件制备	(23)
第五节 试件饱和	(24)
第六节 化学试验土样制备	(25)
第七节 结果整理	(25)
第四章 土工室内试验	(27)
第一节 土的基本指标的检测	(27)
第二节 颗粒分析试验及土的工程分类	(42)
第三节 土的物理状态指标的测定	(52)
第四节 确定土的最大干密度和最优含水率	(59)
第五节 确定土的压缩指标	(64)
第六节 抗剪强度指标的确定	(68)
第五章 现场原位试验	(84)
第一节 压实度试验	(84)
第二节 标准贯入试验	(89)
第三节 十字板剪切试验	(92)
第四节 静力触探试验	(96)
第五节 动力触探试验	(100)
第六节 载荷试验	(105)

第七节 旁压试验	(112)
第八节 现场直接剪切试验	(119)
第九节 现场渗透试验	(123)
第十节 波速试验	(125)
第六章 基桩静载试验	(132)
第一节 单桩竖向抗压静载试验	(132)
第二节 单桩竖向抗拔静载试验	(138)
第三节 单桩水平静载试验	(142)
第七章 土工综合技能训练及良好职业道德的培养	(149)
第一节 良好职业道德及行业道德规范	(149)
第二节 职业道德与个人发展	(151)
第三节 土工综合技能训练	(154)
参考文献	(159)

第一章 绪 论

第一节 土工试验的意义

土是与各种工程建筑关系密切,而且地壳上分布较为广泛的建筑材料。土可以作为建筑物的天然地基和介质。土力学是一门实践性很强的专业基础课程,是从力学与工程的角度研究土的性质的一门学科,即土力学是利用力学知识和土工试验技术,研究土的物理、化学和力学性质及土体在荷载、水、温度等外界因素作用下的工程性质的应用科学。在工程实践,比如堤坝、桥梁、斜坡路基、港口码头等各类工程的兴建过程中,涉及许多岩土问题。合理地解决这些问题需要科学的程序,即勘测与测试、试验与分析、利用土力学的理论设计计算、施工并对施工过程及使用时期进行监测,用监测数据反过来指导设计计算。如果各项岩土参数测试不正确,那么不管设计理论和方法如何先进、合理,工程的精度仍然得不到保证,所以土工试验是从根本上保证岩土工程设计的精确性及经济合理的手段,也是岩土工程规划和设计的前期工作。

土工试验是土力学课程学习的重要环节,也是今后从事岩土工程设计、研究以及工程施工不可缺少的环节,岩土工程设计所需要的参数是由设计合理、条件相似、方法和操作正确的土工试验所提供的。土工试验不仅在岩土工程中起着十分重要的作用,而且在土力学理论的研究和发展过程中起着决定性的作用。例如摩尔-库仑强度理论、达西定律、土的压实理论等土力学理论都是在试验基础上得出的结果;通过试验建立起来的土的非线性应力-应变关系及应力路径的描述,又使岩土工程性质的分析工作得以提高到新的水平。可以说,土工试验在工程实践中是以土力学理论为指导的,而土力学理论的研究又是以土工试验为依据而得以发展的。

土工试验的意义就在于正确取得土和岩石的物理、力学性质指标,以供设计计算、施工时使用。但是,由于土是由土粒、水和气体三相组成的复杂材料,其性质受到土的密度、含水率、颗粒大小及孔隙水中的化学成分等多种因素的影响。当土体与建筑物共同作用时,其力学性质又因受力状态、应力历史、加荷速率和排水条件的不同而变得更加复杂。目前,在解决土工问题时,尚不能像其他力学学科一样具备系统的理论和严密的数学公式,而必须借助经验、现场试验及室内试验辅以理论计算。在试验时,若要考虑所有因素的影响是有一定困难的,因此必须抓住主要因素加以简化,并依此建立试验原理。

根据试验原理设计试验方法时,试验方法往往有许多,例如土的强度试验、土的压缩试验。究竟采用何种试验方法,必须根据工程实际情况、土的受力条件、土的性质确定,否则,就会由于试验方法不当而使试验指标出现误差。试验时又由于试样的数量有限不能完全代表土的性质、在取样和运输过程中土样的扰动、试验时的条件简化、试验人员的熟练程度不同等情况,使试验结果与工程实际有一定的偏差。

因此,为了达到试验本身的意义,正确取得土的物理、力学性质指标,使土工试验能够比较正确地反映实际土的性质,试验人员必须掌握土工试验基本理论、基本知识和基本技能。

第二节 土工试验项目

土工试验大致分为两大部分,分别是现场采取土样送至实验室做的室内试验和在现场直接测定的原位测试试验。本书将对这两部分内容进行详细介绍。

一、室内土工试验

室内土工试验分为土的物理性试验和力学性试验两大类。

(一) 土的物理性试验

土的物理性试验包括含水率试验、密度试验、比重试验、相对密度试验、颗粒分析试验等。这些试验主要用于土的工程分类及对土的状态的判断(见表 1-1)。

表 1-1 土的物理性试验

种类	试验项目	试验结果	成果的应用
土的物理性 试验	含水率试验	含水率(ω)	计算土的基本物理性质指标
	界限含水率试验 液限试验 塑限试验 收缩试验	液限(ω_L) 塑限(ω_P) 塑性指数(I_P) 液性指数(I_L) 缩限(ω_s) 收缩比 体缩 线缩	利用塑性图进行土的工程 分类,判定土的状态
	密度试验	土的密度 土的干密度	计算土的基本物理性质指标及 土的压实性
	比重试验	土粒比重	计算土的基本物理性质指标
	相对密度试验 最大孔隙比 最小孔隙比	相对密度 最小干密度 最大干密度	判定砂砾土的状态
	颗粒分析试验 筛分析 沉淀法分析	颗粒大小分布曲线 有效粒径 不均匀系数 曲率系数	用于土的工程分类及 作为材料的标准

(二) 土的力学性试验

土的力学性试验包括击实试验、压缩固结试验、直接剪切试验、无侧限抗压强度试验和三轴剪切试验等,主要是为工程直接提供设计参数(见表 1-2)。

表 1-2 土的力学性试验

种类	试验项目	试验结果	成果的应用
土的力学性试验	击实试验 CBR 试验	含水率与干密度曲线 最大干密度 最优含水率 CBR 值	用于填土工程施工方法的选择和质量控制 用于路面设计
	压缩固结试验 剪切试验 直接剪切试验 无侧限抗压强度试验 三轴剪切试验	孔隙比与压力曲线: 压缩系数, 体积压缩系数, 压缩指数, 回弹指数, 先期压力 时间与压缩曲线: 固结系数, 抗剪强度参数, 内摩擦角, 黏聚力 抗压强度: 灵敏度 应力—应变关系: 内摩擦角, 黏聚力, 孔隙水压力系数	计算黏性土体的沉降量 计算黏性土体的沉降速率 计算地基、斜坡、挡土墙的稳定性的

二、现场原位试验

现场原位试验是指在实际建筑工程场地的原位应力条件下,对土体的特性进行现场测试的方法。原位试验主要分为压实体试验、标准贯入试验、十字板剪切试验、静力触探试验、动力触探试验、载荷试验和旁压试验等。

第二章 土样的采集和管理

第一节 工程勘察知识

工程勘察是根据建设工程的要求,查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和土的工程条件,编制勘察文件的活动。它具有明确的工程针对性。其中,地质、环境特征和岩土工程条件是勘察工作的对象,主要指土的分布和工程特征、地下水的储存及其变化、不良地质作用和地质灾害等。勘察工作的任务是查明情况、提供数据、分析评价和提出处理建议,以保证工程安全,提高投资效益。因此,各项工程建设在设计和施工之前,必须按基本建设程序进行工程勘察。

一、工程勘察阶段的划分

场地是指工程建筑所处的和直接使用的土地,而地基则是指场地范围内直接承载建筑物基础的土体。建筑物的工程勘察宜分阶段进行,一般划分为:

(1)可行性研究勘察(或称选择场址勘察)。应符合选择场地方案的要求,对拟建场地的稳定性或适宜性作出评价。

(2)初步勘察。应符合初步设计的要求,对场地内拟建建筑地段的稳定性作出评价。

(3)详细勘察。应符合施工图设计的要求,对建筑地基作出岩土工程评价。

(4)施工勘察。对场地条件复杂或有特殊要求的工程宜进行施工勘察,以解决施工中的工程地质问题。

场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当建筑物平面布置已经确定且场地或其附近已有岩土工程资料时,可根据实际情况直接进行详细勘察。

各勘察阶段的任务、要求、勘察方法以及具体细则,如勘探线、勘探点的布置、勘探孔的深度、取样数量等,详见《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009版)。

二、工程勘察等级

工程建设项目的岩土工程勘察任务、工作内容、勘察方法、工作量的大小等,取决于工程的技术要求和规模、工程的重要性、建筑场地和地基的复杂程度等因素。

(1)根据工程的规模和特征以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果,可分为三个工程重要性等级。

①一级工程:重要工程,后果很严重。

②二级工程:一般工程,后果严重。

③三级工程:次要工程,后果不严重。

(2)根据场地复杂程度,可分为三个场地等级。

①一级工程(复杂场地)。

②二级工程(中等复杂场地)。

③三级工程(简单场地)。

(3)根据地基复杂程度,可分为三个地基等级。

①一级地基(复杂地基)。

②二级地基(中等复杂地基)。

③三级地基(简单地基)。

(4)《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009版)根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级,按下列条件划分岩土工程勘察等级。

①甲级。在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中有一项或多项为一级。

②乙级。除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目。

③丙级。工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级。

另外,建筑在岩质地基上的一级工程,当场地复杂程度等级和地基复杂程度等级均为三级时,岩土工程勘察等级可定为乙级。

三、地基勘察方法

岩土工程勘察中,可采取的勘察方法有工程地质测绘与调查、勘探、原位测试与室内试验等。《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)对不同地基基础设计等级建筑物的地基勘察方法、测试内容提出了不同的要求:设计等级为甲级的建筑物应提供载荷试验指标、抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料;设计等级为乙级的建筑物应提供抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料;设计等级为丙级的建筑物应提供触探及必要的钻探和土工试验资料。

(一)工程地质测绘与调查

工程地质测绘与调查的目的是通过对场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水与地表水、不良地质现象等进行调查研究与必要的测绘工作,为评价场地工程条件及合理确定勘探工作提供依据。对建筑场地的稳定性和适宜性进行研究是工程地质调查和测绘的重点问题。

工程地质测绘与调查宜在可行性研究或初步勘察阶段进行。在可行性研究阶段收集资料时,宜包括航空照片、卫星相片的翻译结果。详细勘察时,可在初步勘察测绘和调查的基础上对某些专门地质问题(如滑坡、断裂等)作必要的补充调查。

(二)勘探

勘探是地基勘察过程中查明地质情况的一种必要手段,它是在工程地质测绘和调查的基础上,进一步对场地的工程地质条件进行定量的评价。常用的勘探方法有坑探、钻探、触探和地球物理勘探等。

1. 坑探

坑探是在建筑物场地挖深井(槽)以取得直观资料和原状土样,这是一种不必使用专门机具的常用的勘探方法。当场地的地质条件比较复杂时,利用坑探能直接观察地层的结构变化,但坑探可达的深度较浅。探井的平面形状为矩形或圆形。探井的深度不宜超

过地下水位,一般为3~4 m。较深的探坑应支护坑壁以保证安全。图2-1为坑探示意图。

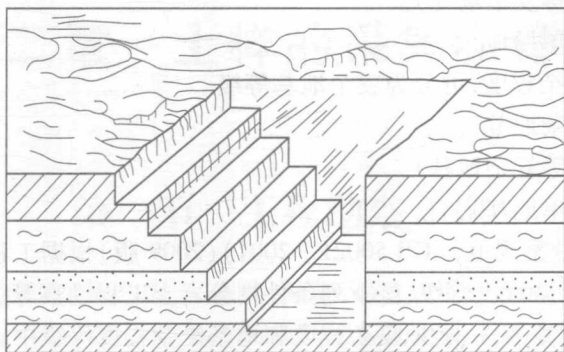


图2-1 坑探示意图

2. 钻探

钻探是用钻机在地层中钻孔,以鉴别和划分地层,观测地下水位,并可沿孔深取样,用以测定岩石和土层的物理力学性质。此外,土的某些性质也可直接在孔内进行原位测试。

钻探方法一般分回转式、冲击式、振动式和冲洗式四种。回转式是利用钻机的回转器带动钻具旋转,磨削孔底地层而钻进。通常使用管状钻具,能取柱状岩芯标本。冲击式是利用钻具的重力和向下冲击力使钻头击碎孔底地层形成钻孔后以抽筒提取岩石碎块或扰动土样。振动式是将振动器高速振动所产生的振动力,通过连接杆及钻具传到圆筒形钻头周围土中,使钻头依靠钻具和振动器的重量进入土层。冲洗式则是在回转钻进和冲击钻进的过程中使用了冲洗液。《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009版)根据岩土类别和勘察要求给出了各种钻探方法的适用范围。

另外,对浅部土层的勘探可采用人力钻,如小口径麻花钻(或提土钻)、小口径勺形钻、洛阳铲等。

3. 触探

触探是通过探杆用静力或动力将金属探头贯入土层,并量测能表征土对触探头贯入的阻抗能力的指标,从而间接地判断土层及其性质的一类勘探方法和原位测试技术。作为勘探手段,触探可用于划分土层,了解地层的均匀性,但应与钻探等其他勘探方法配合使用,以取得良好的效果;作为测试技术,则可估计地基承载力和土的变形指标。

触探分为静力触探和动力触探。

1) 静力触探

静力触探试验是用静力匀速将标准规格的探头压入土中,利用电测技术同时量测探头阻力,测定土的力学特性,具有勘探和测试双重功能。它适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土。

静力触探设备的核心部分是触探头。探头按结构分为单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头。触探杆将探头匀速贯入土层时,探头通过安装在其上的电阻应变片可以测定土层作用于探头的锥尖阻力和侧壁阻力。

单桥探头所测到的是包括锥尖阻力和侧壁阻力在内的总贯入阻力 Q (kN),通常用比贯入阻力 p_s (kPa)表示,即

$$p_s = \frac{Q}{A} \quad (2-1)$$

式中 A ——探头截面面积, m^2 。

双桥探头则可同时分别测出锥尖总阻力 Q_c (kN) 和侧壁总摩阻力 Q_s (kN), 通常以锥尖阻力 q_c (kPa) 和侧壁摩阻力 f_s (kPa) 表示, 即

$$q_c = \frac{Q_c}{A} \quad (2-2)$$

$$f_s = \frac{Q_s}{S} \quad (2-3)$$

式中 S ——锥头侧壁摩擦筒的表面积, m^2 。

根据锥尖阻力 q_c 和侧壁摩阻力 f_s 可计算同一深度处的摩阻比 R_f 如下:

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \times 100\% \quad (2-4)$$

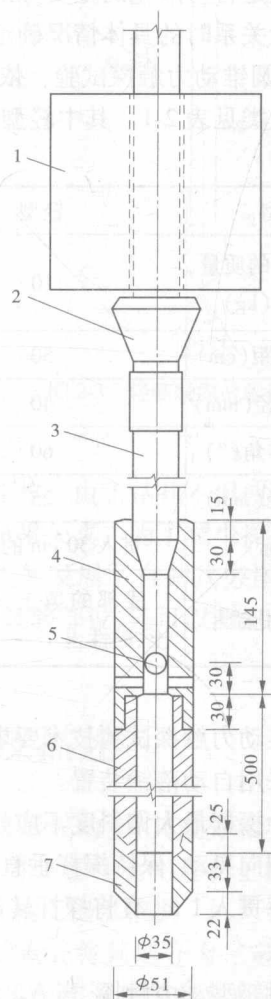
根据静力触探试验资料, 可绘制深度 z 与各种阻力的关系曲线(贯入曲线), 包括 p_s-z 曲线、 q_c-z 曲线、 f_s-z 曲线、 R_f-z 曲线。根据贯入曲线的线型特征, 结合相邻钻孔资料和地区经验, 可划分土层和判定土类; 计算各土层静力触探有关试验数据的平均值, 或对数据进行统计分析, 提供静力触探数据的空间变化规律。另外, 根据静力触探资料, 利用地区经验, 还可进行力学分层, 估算土的塑性状态或密实度、强度、压缩性、地基承载力、单桩承载力、沉桩阻力, 进行液化判别等。

2) 动力触探

动力触探是将一定质量的穿心锤, 以一定高度自由下落, 将探头贯入土中, 然后记录贯入一定深度的锤击次数, 以此判别土的性质。动力触探设备主要由触探头、触探杆和穿心锤三部分组成。根据探头的形式不同, 分为标准贯入试验和圆锥动力触探试验两种类型。

(1) 标准贯入试验。标准贯入试验应与钻探工作相配合。其设备是在钻机的钻杆下端连接标准贯入器, 将质量为 63.5 kg 的穿心锤套在钻杆上端组成的, 如图 2-2 所示。

试验时, 穿心锤以 76 cm 的落距自由下落, 将贯入器垂直打入土层中 15 cm (此时不计锤击数), 随后打入土层 30 cm 的锤击数即为标准贯入试验锤击



1—穿心锤; 2—锤垫; 3—触探杆;
4—贯入器头; 5—出水孔; 6—由两半圆形管合成的贯入器身; 7—贯入器靴

图 2-2 标准贯入试验设备

数 N 。当锤击数已达 50 击,而贯入深度未达 30 cm 时,可记录 50 击的实际贯入深度,按下式换算成相当于 30 cm 的标准贯入试验锤击数 N ,并终止试验。

$$N = 30 \times \frac{50}{\Delta s} \tag{2-5}$$

式中 Δs ——50 击时的贯入度,cm。

试验后拔出贯入器,取出其中的土样进行鉴别描述。根据标准贯入试验锤击数 N ,可对砂土、粉土和一般黏性土的物理状态、土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力、成桩的可能性等作出评价。在《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)中,以它作为判定砂土和粉土是否可液化的主要方法。但需指出,应用 N 值时是否修正和如何修正,应根据建立统计关系时的具体情况确定。

(2)圆锥动力触探试验。依据锤击能量的不同分为轻型、重型和超重型三种,其规格和适用土类见表 2-1。其中轻型圆锥动力触探也称作轻便触探,其设备如图 2-3 所示。

表 2-1 圆锥动力触探类型

类型		轻型	重型	超重型
落锤	锤的质量 (kg)	10	63.5	120
	落距 (cm)	50	76	100
探头	直径 (mm)	40	74	74
	锥角 (°)	60	60	60
探杆直径 (mm)		25	42	50~60
指标		贯入 30 cm 的读数 N_{10}	贯入 10 cm 的读数 $N_{63.5}$	贯入 10 cm 的读数 N_{120}
主要适用岩土		浅部的填土、砂土、粉土、黏性土	砂土、中密以下的碎石土、极软岩	密实和很密的碎石土、软岩、极软岩

圆锥动力触探试验技术要求应符合下列规定:

- ①采用自动落锤装置。
- ②触探杆最大偏斜度不应超过 2%,锤击贯入应连续进行;同时防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动,保持探杆垂直度;锤击速率每分钟宜为 15~30 击。
- ③每贯入 1 m,宜将探杆转动一圈半;当贯入深度超过 10 cm 时,每贯入 20 cm 宜转动探杆一次。
- ④对轻型动力触探,当 $N_{10} > 100$ 或贯入 15 cm 锤击数超过 50 时,可停止试验;对重型动力触探,当连续三次 $N_{63.5} > 50$ 时,可停止试验或改用超重型动力触探。

根据圆锥动力触探试验指标和地区经验,可进行力学分层,评定土的均匀性和物理性质(状态、密实度)、土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力,查明土洞、滑动面、软硬土层界面,检测地基处理效果等。其中,轻型动力触探试验由于设备简单轻便、操作方便,在工程中广为应用。

同样需指出,应用试验成果时是否修正或如何修正,应根据建立统计关系时的具体情况确定。

(三)室内试验与原位测试

在土工实验室或现场原位进行测试工作,可以取得土和岩石的物理力学性质和地下水的水质等技术指标。

室内试验项目应根据岩土类别、工程类别、工程分析计算要求确定。如对黏性土、粉土一般应进行天然密度、天然含水量、土粒相对密度、液限、塑限、压缩系数及抗剪强度(采用三轴仪或直剪仪)试验。

原位测试包括静载荷试验、旁压试验、十字板剪切试验、土的现场直接剪切试验、地基土的动参数测定、触探试验等。有时还要进行地下水位变化和抽水试验等测试工作。一般来说,原位测试能在现场条件下直接测定土的性质,避免试样在取样、运输以及室内试验操作过程中被扰动后导致测定结果的失真,因而其结果较为可靠。其中,旁压试验是利用放置在钻孔内的一个可扩张的圆柱形旁压器,通过控制装置对孔壁施加压力,测得土体的横向应力—应变关系曲线,从而得到较深处土层的变形模量和承载力。它实际上是在钻孔内进行的横向载荷试验。

在已钻成的钻孔内进行试验的旁压仪称为预钻式旁压仪。由于钻孔不但使孔壁土体受扰动,同时也改变了孔壁土体的应力状态,使旁压试验结果失真。为了减少探头插入过程对土的扰动,保持土体的天然应力状态,20 世纪 70 年代又发展了自钻式旁压仪,就是在测试段的下部带有钻孔切削和冲洗设备,可以自行钻到试验部位,还可以测定土中的孔隙水压力,使旁压试验更趋完善。

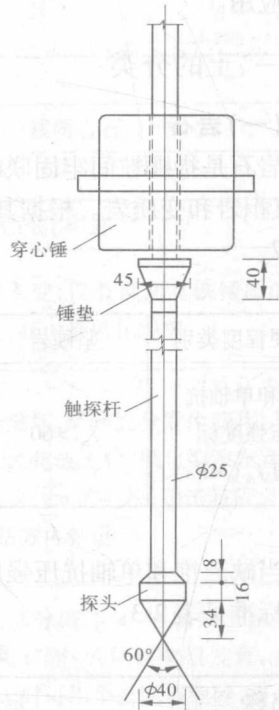


图 2-3 轻便触探试验设备

第二节 土的野外定名及描述

在实际工程中,往往会遇到各种各样的土,不同的环境形成的土,其成分和工程性质差异很大。对土进行分类的目的就是根据工程实践经验,将工程性质相近的土归成一类并予以定名,以便于对其性质进行深入研究,为工程设计和施工提供依据。

地基土的工程分类是根据分类用途和土的各种性质的差异将其划分为一定的类别。其意义在于根据分类名称可以大致判断土的工程特性,评价土作为建筑材料的适宜性以及结合其他指标来确定地基的承载力等。

地基土的分类方法很多,我国不同行业根据其用途对土采用各自的分类方法。作为建筑地基的岩土,可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土六大类。

土的工程分类方法适用于各类工程用土,包括一般土和特殊土,不适用于混凝土所用砂、石料和有机土。因为混凝土中采用的砂、石料有其特殊要求,有机土一般不允许在工

程中应用。

一、土的分类

(一)岩石

岩石是指颗粒间牢固联结,形成整体或具有节理裂隙的岩体。根据其成因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。根据其坚硬程度划分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩,见表 2-2。

表 2-2 岩石坚硬程度的划分标准

坚硬程度类别	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk} (MPa)	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

当缺乏饱和单轴抗压强度资料或不能进行该项试验时,可在现场通过观察定性划分,划分标准见表 2-3。

表 2-3 岩石坚硬程度的定性划分标准

名称	定性鉴定	代表性岩石
硬质岩 坚硬岩	锤击声清脆,有回弹,震手,难击碎; 基本无吸水反应	未风化 - 微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、硅质砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
较硬岩	锤击声较清脆,有轻微回弹,稍震手, 较难击碎;有轻微吸水反应	1. 微风化的坚硬岩 2. 未风化 - 微风化的大理岩、板岩、石灰岩、钙质砂岩等
软质岩 较软岩	锤击声不清脆,无回弹,较易击碎;指甲可刻出印痕	1. 中风化的坚硬岩和较硬岩 2. 未风化 - 微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩等
软岩	锤击声哑,无回弹,有凹痕,易击碎; 浸水后可捏成团	1. 强风化的坚硬岩和较硬岩 2. 中风化的较软岩 3. 未风化 - 微风化的泥质砂岩、泥岩等
极软岩	锤击声哑,无回弹,有较深凹痕,手可捏碎;浸水后可捏成团	1. 风化的软岩 2. 全风化的各种岩石 3. 各种半成岩

岩石根据风化程度分为未风化、微风化、中等风化、强风化和全风化,见表 2-4。微风化的硬质岩石为最优良的地基。强风化的软质岩石工程性质差,这类地基的承载力不如

一般卵石地基承载力高。

表 2-4 岩石按风化程度分类

风化程度	坚硬程度分类	
	硬质岩石	软质岩石
	野外特征	
未风化	岩质新鲜,未见风化痕迹	岩质新鲜,未见风化痕迹
微风化	组织结构基本未变,仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色,有少量风化裂隙	组织结构基本未变,仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色,有少量风化裂隙
中等风化	组织结构部分破坏,矿物成分基本未变化,仅沿节理面出现次生矿物;风化裂隙发育,岩体被切割成 20 ~ 50 cm 的岩块;锤击声脆,且不易击碎;不能用镐挖掘,用岩芯钻方可钻进	组织结构部分破坏,矿物成分发生变化,节理面附近的矿物已风化成土状,风化裂隙发育,岩体被切割成 20 ~ 50 cm 的岩块;锤击易碎,用镐难挖掘,用岩芯钻方可钻进
强风化	组织结构已大部分破坏,矿物成分已显著变化,长石、云母已风化成次生矿物;裂隙很发育,岩体破碎,岩体被切割成 2 ~ 20 cm 的岩块,可用手折断,用镐可挖掘,干钻不易钻进	组织结构已大部分破坏,矿物成分已显著变化,含大量黏土质矿物;风化裂隙很发育,岩体被切割成碎块;干时可用手折断或捏碎,浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解;用镐或锹可挖掘,干钻可钻进
全风化	组织结构已基本破坏,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	组织结构已基本破坏,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

(二) 碎石土

碎石土是指粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过总质量 50% 的土。

碎石土根据土的粒径级配中各粒组含量和颗粒形状分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾,见表 2-5。

表 2-5 碎石土的分类

土的名称	颗粒形状	粒组含量
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	