



国家示范（骨干）高职院校建筑工程技术重点建设专业成果教材

地基与基础工程施工

■ 主 编 谭正清 夏念恩 贾海艳



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



国家示范（骨干）高职院校建筑工程技术重点建设专业成果教材

地基与基础工程施工

■ 主 编 谭正清 夏念恩 贾海艳

■ 副主编 熊 熙 於重任 张红兵

常州大学图书馆
藏书章



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础工程施工/谭正清,夏念恩,贾海艳主编. —武汉:武汉大学出版社,2013.6

国家示范(骨干)高职院校建筑工程技术重点建设专业成果教材

ISBN 978-7-307-10468-6

I. 地… II. ①谭… ②夏… ③贾… III. ①地基—工程施工—高等职业教育—教材 ②基础(工程)—工程施工—高等职业教育—教材
IV. ①TU47 ②TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 027832 号

责任编辑:胡 艳 责任校对:王 建 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北民政印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:383千字 插页:1

版次:2013年6月第1版 2013年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-10468-6/TU·117 定价:33.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

本书是按照“基于工作过程”的教学模式开发的项目化教材,以满足高等职业技术学院建筑工程技术、工程监理、工程造价等专业培养技能型人才的需求。通过国家骨干院校重点专业建设,深入开展建筑工程技术行业岗位(群)调查,融入最新职业资格标准,即《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》(JGJT250—2011),加强关键能力和职业迁移能力的培养。本书共开发了土工试验与工程地质勘察报告阅读、土方工程施工、深基坑工程施工、特殊(软弱)地基处理工程施工、浅基础工程施工、桩基础工程施工六个学习情境。每个学习情境又分为若干项目来编写,结合具体的工程实践项目,注重对学生专业技能的训练,更容易培养职业素养。本书具有较强的针对性、实用性和通用性,可作为高职高专院校建筑工程技术、工程监理、道桥、工程造价等专业的课程教材,也可作为在建筑工程施工技术人员的岗位培训及广大建筑工程管理人员自学的参考书籍。

本书学习情境一土工试验与工程地质勘察报告阅读和学习情境四特殊(软弱)地基处理工程施工由贾海艳老师编写,学习情境二土方工程施工由於重任老师编写,学习情境三深基坑工程施工由夏念恩老师编写,学习情境五浅基础工程施工由熊熙老师编写,学习情境六桩基础工程施工由谭正清老师编写。全书由谭正清老师、夏念恩老师补充并统稿。在此特别感谢刘晓敏院长,提出很多宝贵的指导性意见;感谢夏念恩老师提供和编辑大量工程实践项目;感谢贾海艳、熊熙老师提供很多素材。

本书编写的主要依据是《地基基础工程施工课程标准》,同时参考了《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》、《建筑施工手册》(第四版)、《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(独立基础、条形基础、筏形基础及桩基承台)》、建筑工程相关规范、标准以及其他大量出版文献及资料。

由于编写时间及编者水平有限,教材中不足及疏漏之处在所难免,敬请广大读者、同行和专家批评指正。

编 者

2013年1月

目 录

绪 论	1
学习情境一 土工试验与工程地质勘察报告阅读	8
项目一 土的物理性质指标的测定	8
项目二 土的物理状态指标的测定	20
项目三 土的工程分类与鉴别	26
项目四 土的压缩性指标测定	28
项目五 土的抗剪强度指标测定	36
项目六 岩土工程勘察报告及应用	40
实训任务一 $\times\times$ 工程土的室内物理力学性质指标的测定	45
实训任务二 《 $\times\times$ 市 $\times\times$ 职业中等专业学校地质勘察报告》阅读和使用	45
学习情境二 土方工程施工	47
项目一 土方施工基础知识	47
项目二 土方工程量计算	49
项目三 施工准备与辅助工作	57
项目四 土方机械化施工	62
项目五 填土与压实	66
实训任务 $\times\times$ 工程土方工程量计算	68
学习情境三 深基坑工程施工	69
项目一 深基坑的认知	69
项目二 支护结构上的荷载及土压力计算	78
项目三 支护结构计算	81
实训任务 《 $\times\times$ 市 $\times\times$ 开发区基坑支护施工方案》阅读和使用	97
学习情境四 特殊(软弱)地基处理工程施工	98
项目一 换填地基工程施工	98
项目二 夯实地基工程施工	107
项目三 挤密桩地基工程施工	118
实训任务一 换填砂石法地基处理施工方案编制	131
实训任务二 灰土挤密桩地基处理施工方案编制	132

学习情境五	浅基础工程施工	134
项目一	浅基础认知	134
项目二	砖砌大放脚基础施工	138
项目三	钢筋混凝土独立基础工程施工	148
项目四	墙下钢筋混凝土条形基础工程施工	160
项目五	筏板基础施工	167
项目六	基础平面表示法识图	175
实训任务	××办公楼工程基础识图及钢筋下料单计算	175
学习情境六	桩基础工程施工	178
项目一	桩基础认知	178
项目二	单桩的设计	184
项目三	灌注桩基础工程施工	189
项目四	预制桩基础工程施工	200
实训任务一	××工程预制管桩施工专项方案阅读和使用	207
实训任务二	××综合楼人工挖孔桩施工方案编制	207
附录一	××市××职业中等专业学校岩土工程勘察报告	210
附录二	××市××开发区基坑支护施工方案	220
附录三	××市××小区 6#楼静压预制管桩基础专项施工方案	236
参考文献		249

绪 论

一、“地基与基础工程施工”学习领域发展进程

国家教育部、高职高专教育司于2006年启动实施“国家示范性高等职业院校建设计划”以来,推进教学改革的思想,高职院校积极探索校企合作、工学结合,主动服务社会,精神面貌焕然一新,突破传统本科压缩饼干教学模式,确定了校企合作、工学结合人才培养模式的改革方向;强化实践教学,通过生产性实训和顶岗实习增强学生就业能力,提高了毕业生就业率和企业的认可度;强化“以服务为宗旨、以就业为导向”的办学理念,提升了服务社会的能力和水平;服务于国家战略实施全局,服务于区域经济。为了服务区域经济,“地基与基础工程施工”学习领域的开发和整合变得更有意义。

“地基与基础工程施工”要解决所有的地基基础工程施工问题,我们开发该学习领域思路就是开发学习情境、项目和任务,设计教学,改变学生传统学习理念和模式,符合高职高专学生本身的基础情况的一种新的教学模式。

黄冈职业技术学院建筑工程技术专业为湖北省教学改革试点专业,“地基与基础工程施工”学习领域是建筑工程技术专业的主干课,也是该专业的核心领域之一。

“地基与基础工程施工”课程是由学科体系下“土力学地基基础”、“建筑施工”、“高层结构施工”三门课程整合而成,在课程整合过程中紧紧围绕建筑工程专业人才培养目标,突出技能性、应用性、实践性,精心构建课程结构、课程内容,明确课程的教育目标以及知识、能力、素质结构,融合了近年来的课程改革和建设中的新思想、新观念。

1985—2003年,早期的课程采用本科院校的课程体系,是按学科建立的,有关地基基础方面的知识讲授的是《土力学地基基础》、《建筑施工》中的土方工程施工,知识结构松散,学生学的东西不能马上用于实践,感觉太抽象。

2003—2006年,随着现在建筑工程地上、地下发展趋势,加入“高层结构施工”课程,里面涉及地基基础的章节有“基坑支护”、“基坑降水”、“地基处理技术”。

2006—2009年,黄冈职业技术学院在全国土建教学指导委员会多次探讨研究下,建工专业积极推动教学改革,旧的教学模式和课程体系已经不能符合高职高专人才培养的需要,我们将“土力学地基基础”、“建筑施工”和“高层结构施工”中与地基基础相关的章节按照工作过程整合成“地基与基础工程施工”学习领域。在整合过程中,我们不断探索研究,2006年,我们最初开始教学改革时,“地基与基础工程施工”只讲施工方面的知识,学生对土力学一点不知道,到工作岗位上去后,简单的工程问题都不会分析,有很大的盲区;2007年,我们重新整合了课程,加入基础平法图纸识读、基础钢筋下料单的计算、土力学和基础设计的知识,学生的拓展能力得到了很大的提高;2009年,我们又结合实际施工工作过程,引入塔吊基础设计;经过几年的努力,形成了目前的“地基与基础工程

施工”学习领域。

二、“地基与基础工程施工”学习领域开发设计

(一)“地基与基础工程施工”学习领域设计与开发过程

以面向建筑企业一线从事技术管理工作的施工员岗位为出发点,从职业岗位的现状和发展趋势入手,开展职业岗位的职责、任务、工作过程调研和分析,确定典型工作任务,归纳行动领域,将其转换成学习领域,并以施工过程为导向,按照典型工作任务设置课程,构建符合工作过程系统化的课程体系;然后针对每一学习领域设计学习情境,编制教学资料。学习情境是一个案例化的学习单元,它把理论知识、实践技能与实际应用环境结合在一起。学习情境设计应根据完整思维及职业特征分解,每个学习情境都应是完整的工作过程。

新的课程体系以新的教学组织方式实现其培养目标。“行动导向”教学通过完整的实际工作过程训练,使得学生掌握职业能力,获得实际工作经验,有利于培养学生针对工作任务具备独立计划、独立实施和独立评价的能力;有利于使学科体系与行动体系相互结合,各职业学院可以因地制宜,采取相应的个性化措施,通过不同的教学方法来实现。

“行动导向”的教学设计应重点体现以下内容:

(1)以典型的实际施工任务为载体组织教学内容,体现教学内容与工作内容一致的原则;

(2)整个行动过程从资讯、计划、决策、实施、检查到评估,均以学生独立工作为主;

(3)整个行动过程应有明确的学习目标、学习内容、典型工作任务、工作方法要求和完成时间要求。

“地基与基础工程施工”学习领域将使学生掌握地基基础施工所需的基本理论知识(包括增加的土力学知识、基础设计知识、基础平法识图知识和基础钢筋下料知识)、地基基础施工的基本操作技能、质量标准和质量检验的基本方法;具备正确选择地基基础施工材料、施工工艺、施工方法和施工机具,编制施工方案,在保证环境和安全(特别是用电安全)的条件下组织施工、进行施工质量检查验收、编制施工技术文件并进行归档的能力。整个学习领域开发了六个学习情境:土工试验与工程地质勘察报告阅读、土方工程施工、深基坑工程施工、特殊(软弱)地基处理工程施工、浅基础工程施工、桩基础工程施工。学习领域开发和教学坚持“工学结合”、“工学交替”的教学模式,按照“行动导向”六步法开发情境、项目、任务和执行教学任务,其创新之处体现在以下几个方面:

1. 学习情境一:土工试验与工程地质勘察报告阅读

共开发了六个项目:土的物理性质指标的测定、土的物理状态指标的测定、土的工程分类与鉴别、土的压缩性指标测定、土的抗剪强度指标测定、岩土工程勘察报告及应用。学习情境和项目设计符合工程地质勘察报告阅读的基本程序,符合工程建设程序,跟实际施工更接近,符合事物认知基本规律;而且,将土力学中土的压缩性和土的抗剪强度理论整合到课程中来了。

2. 学习情境三:深基坑工程施工

按照行动导向教学思想,开发具体深基坑支护设计方案项目,增加深基坑支护设计计

算的内容,将土力学中的郎肯土压力、库仑土压力理论和规范法计算土压力整合到课程中来了。

3. 学习情境五:浅基础工程施工

按照行动导向教学思想,开发刚性基础设计项目,增加了基础设计计算、基础结构施工图绘制的内容;开发扩展基础设计项目,同样增加了基础设计计算、基础结构施工图绘制的内容。同时,补充开发项目——基础平法表示图纸识读。

4. 学习情境六:灌注桩基础工程施工和预制桩基础工程施工

根据工程施工实际情况,在桩基础中补充项目塔吊基础施工和设计。

(二)“地基与基础工程施工”学习领域教学资源丰富

1. 视频动画、工程图片及照片资料

为了更形象地展现项目教学内容,将一些施工工艺制成 flash 动画,甚至工地现场录像,拍照,在网上下载典型施工图片、照片做成项目完成辅助资料。

2. 工程图纸

根据开发项目,准备施工图纸,完成识图、施工方案设计、施工的技术交底和质量检测、控制工作。

3. 国家、地方标准规范

为了配合学生项目完成,提供整个建筑工程结构设计规范、建筑施工手册、建筑质量验收统一标准。

4. 国家和地方标准图集

提供地基基础相关平法图集,如筏基、条基、独基及桩基承台平法图集及基础钢筋排布与构造详图。

(三)学生的学习方法

我们推行的是行动导向教学模式中的项目教学,将一个相对独立的项目交由学生自己处理,从信息的收集、方案的设计、项目的实施到最终的评价,都由学生自己负责。教师是组织者、主持者和伴随者,而不是单一的知识传授者。教师负责教学的组织,根据实际情况开发学习领域,选择好项目,布置教学任务,在整个过程中,教师并不处于教学的核心地位,而是让学生自行探索、发现。在试图解决问题的过程中,教师要允许学生走弯路、错路,只有在学生难以进展、出现过程障碍时,才给予适当的指导和鼓励。学生在实际或模拟的专业环境中,参与设计、实施、检查和评价职业活动的过程,发现、探讨和解决职业活动中出现的问题,体验并反思学习行动,最终获得完成相关职业活动所需要的知识和能力。学生完成整个项目过程中的每一环节,自己动手解决问题,学生的各项能力在完成项目过程中都会得到提高。行动导向教学模式是基于工作过程的教学方法,设计为六步教学法,即资讯、计划、决策、实施、检查、评估。在教学中,教师与学生互动,师生共同确定的行动项目,学生通过主动和全面的学习,独立地获取信息、独立地制订计划、独立地实施计划、独立地评估计划,掌握职业技能、学习专业知识,从而构建属于自己的经验、知识体系及各项能力。

在教学改革过程中,我们建工专业教师一直参与全国建筑院校学习领域体系开发研讨,取得很多的教学成果;我们在教学实施过程中意识到,如果学生的思想认识跟不上,没有认真领会到这种教学方法的精髓,就不会主动解决项目任务,而停留在传统学习习惯

和模式上,缺乏主动学习和自主学习能力,教学效果也会不好。于是,我们从行动导向教学模式完整的“行动”过程来探讨学生应怎样改变角色,改变传统的学习方式、方法,使学生跟上改革的步伐,提高教学效果,使其到工作岗位上能够真正解决工作中的实际问题,实现“零距离”上岗。行动导向完整工作过程的结构即是获取信息、制订计划、做出决策、实施计划、检查控制、评估反馈。

(1)首先要改变学习方法,学生不是像传统的教育那样老老实实坐在教室听就行,一定要学会主动学习,完成角色的转变。“地基与基础工程施工”学习领域实践性强,所需知识量大,学生首先要经常复习以往所学的制图与识图(特别是平法)、建筑构造、建筑结构。

(2)准备好要用的参考资料,我们所选的教材只是其中一本参考书籍,对于不清楚的东西,学生要多查找资料。

(3)学生一定要把教师布置的任务独立完成,而且要按时按量地完成,要当成自己的事去做,转换了思想,就会有激情和动力了。

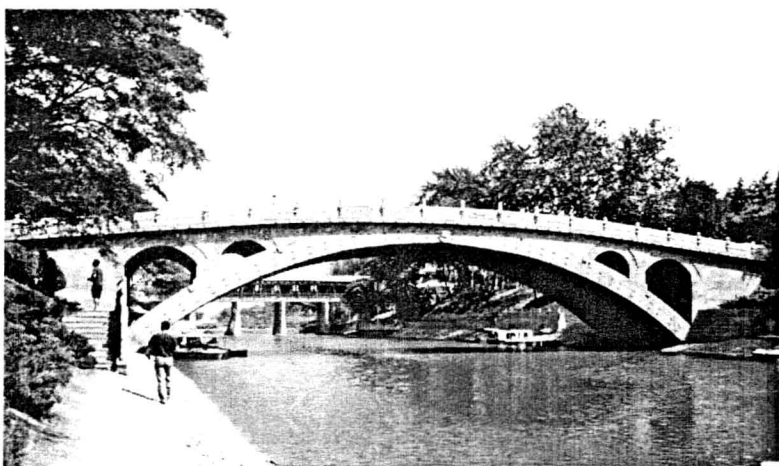
(4)学生要学会解决疑难问题,可以向教师咨询,或者自己查资料,对于施工中不懂的问题可以到工地去实践。

三、“地基与基础工程施工”学习领域工程实践应用

(一)赵州桥

赵州桥(图0-1),又名安济桥(宋哲宗赐名,意为“安渡济民”),位于河北赵县洨河上,由著名匠师李春设计和建造。它是世界上现存最早、保存最好的巨大石拱桥,被誉为“华北四宝之一”,建于隋大业年间(公元605—618年),桥长64.40米、跨径37.02米、券高7.23米,是当今世界上跨径最大、建造最早的单孔敞肩型石拱桥。因桥两端肩部各有两个小孔,不是实的,故称敞肩型,这是世界造桥史的一个创造(没有小拱的肩部称为满肩或实肩型)。赵州桥1961年被国务院列为第一批全国重点文物保护单位。1991年,美国土木工程师学会将安济桥选定为第12个“国际历史土木工程的里程碑”,并在桥北端东侧建造了“国际历史土木工程古迹”铜牌纪念碑。赵州桥的施工方案的科学巧妙。拱洞有两种砌筑法,一种是横向联式砌筑法,另一种是纵向并列式砌筑法。横向联式砌筑的拱洞是一个整体,比较结实,但这种砌筑法要搭大木架,而且必须整个拱洞竣工才能拆除木架,施工期较长。纵向并列砌筑法是把整个大桥沿宽度方向用28道独立拱券并列组合起来。每道拱券单独砌筑,合龙后自成一体。这样,砌完一道拱后,移动承受拱券重量的木架,再砌相邻的一道拱,一道一道地砌筑。这种砌筑法优点是,既节省搭木架的材料,又便于移动木架分别施工,并且以后也容易维修。因为每道拱券都能独立承受重压,28个拱券拼成一个大拱券,如果某一道拱券损坏了,可以部分施工维修,不影响整个桥身安全。但是,利用纵向并列砌筑法,并列的拱券之间缺乏联系,整体结构并不结实。李春建造赵州桥的时候,大胆采用纵向并列砌筑法,是由于他充分考虑到洨河水文情况和施工进度之间的矛盾。在当时的生产水平条件下,建造这座大石桥不可能短期竣工,而洨河冬枯夏涨,如果采取横向联式砌筑法,工程进行到一半,遇上洪水,木架和已砌成的部分就要被冲毁,但如果采取纵向并列砌筑法,即使遇上洪水,也不会太受影响。李春为了克服纵向并列砌筑法整体结为不结实的缺点,先用9条两端带帽头的铁梁横贯拱背,串连住28道

拱券,加强横向联系,再把两块毗邻的拱石用双银锭形的腰铁卡住,然后在桥的两侧各有6块长1.8米、外头向下延伸5厘米的钩石钩住主拱券,拱券外还有护拱石,这样,整个桥身便结合在一起。他还利用拱脚比拱顶宽0.6米的少量“收分”来防止拱券倾斜。经过1350多年的考验,证明这种施工方案是极其科学、极有成效的。



0-1 赵州桥

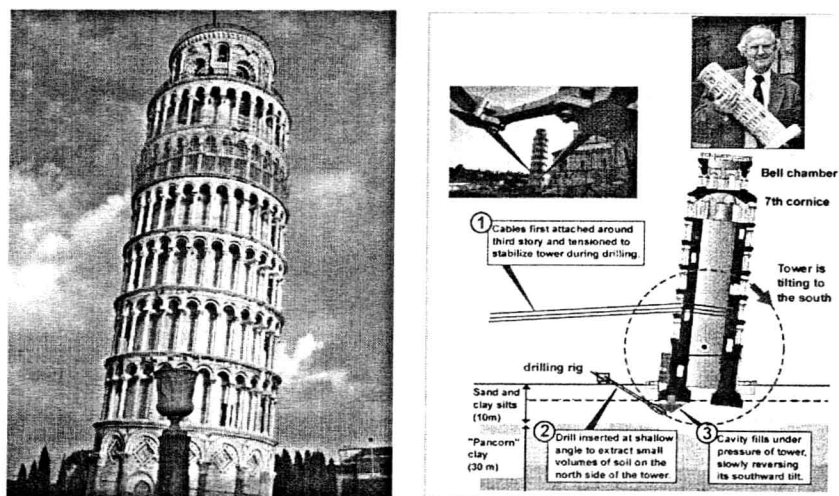
(二)意大利比萨斜塔

比萨斜塔(意大利语 Torre pendente di Pisa 或 Torre di Pisa, 图 0-2)是意大利比萨城大教堂的独立式钟楼,位于比萨大教堂的后面,是奇迹广场的三大建筑之一。钟楼始建于1173年,其设计为垂直建造,但是在工程开始后不久,便由于地基不均匀和土层松软而倾斜,1372年完工,塔身倾斜向东南。比萨斜塔是比萨城的标志,1987年,因其对11世纪至14世纪意大利建筑艺术的巨大影响,被联合国教育科学文化组织评选为世界遗产。比萨大教堂钟楼的建造开始于1173年8月,工程曾间断了两次很长的时间,历经约200年才完工。它的建造完全遵循了最初的设计,但它的设计者至今未知。比萨斜塔之所以会倾斜,是由于它地基下面土层的特殊性造成的。比萨斜塔下有好几层不同材质的土层,由各种软质粉土的沉淀物和非常软的黏土相间形成,而在深约一米的地方则是地下水层。这个结论是在对地基土层成分进行观测后得出的。最新的挖掘表明,它建造在了古代的海岸边缘,因此土质在建造时便已经沙化和下沉。随着时间的推移,斜塔倾斜角度的逐渐加大,到20世纪90年代,已濒于倒塌。1990年1月7日意大利政府关闭对游人的开放,1992年成立比萨斜塔拯救委员会,向全球征集解决方案。从1990年至2001年,持续了11年的修复工作帮助比萨斜塔稳住了倾斜度,塔身倾斜度从原来的5.5度挺直为现在的3.99度。

最终拯救比萨斜塔的是一项看似简单的新技术——地基应力解除法,其原理是:在斜塔倾斜的反方向(北侧)塔基下面掏土,利用地基的沉降,使塔体的重心后移,从而减小倾斜幅度。该方法于1962年由意大利工程师 Terracina 针对比萨斜塔的倾斜恶化问题提出,当时称为“掏土法”,由于显得不够深奥而遭到长期搁置,直到该法在墨西哥城主教

堂的纠偏中成功应用,才又被重新得到认识和采纳。比萨斜塔拯救工程于1999年10月开始,采用斜向钻孔方式,从斜塔北侧的地基下缓慢向外抽取土壤,使北侧地基高度下降,斜塔重心在重力的作用下逐渐向北侧移动。2001年6月,倾斜角度回到安全范围之内。

比萨斜塔的拯救,作为经典范例,使地基应力解除法摆脱了偏见,得到了一致认可和广泛应用,目前这种方法已成为建筑界最常规的纠偏方法。在比萨斜塔的拯救过程中,我国建筑专家刘祖德教授曾多次向比萨斜塔拯救委员会建议采用地基应力解除法,起到了积极的作用。刘祖德在1989年用地基应力解除法成功“移动”汉口取水楼长航宿舍的8层楼房:倾斜率从1.3%降为0.63%,沉降速度减慢一半。刘祖德教授和他的课题组用地基应力解除法成功地使149座高楼纠偏扶正,其足迹踏遍湖北、广东等全国15个省市,仅武汉地区被纠偏的楼房就有80多座,为国家挽回经济损失近5亿元。



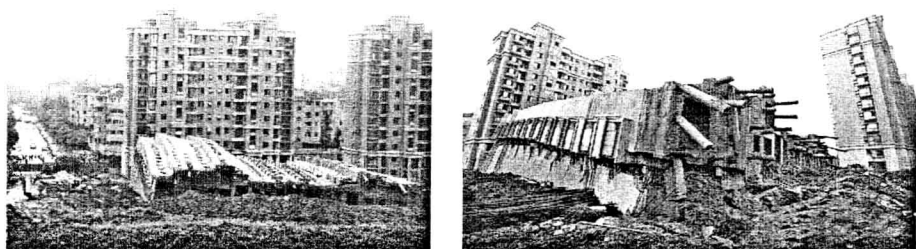
0-2 意大利比萨斜塔

(三) 上海“楼脆脆”事件

2009年6月27日清晨5时30分左右,上海闵行区莲花南路、罗阳路口西侧莲花河畔景苑小区,一栋在建的13层住宅楼(图0-3)全部倒塌,由于倒塌的高楼尚未竣工交付使用,所以事故并没有酿成特大居民伤亡事故,但是造成一名施工人员死亡。

上海市政府公布倒楼事件调查结果称,房屋倾斜的主要原因是大楼两侧的水平力超过了桩基的抗侧能力,导致房屋倾斜。原勘测报告经现场补充勘测和复核,符合规范要求;大楼所用PHC管柱经检测质量符合规范要求。房屋倒塌的主要原因是房屋的北侧堆土过高,而南侧地下车库在开挖,楼房两侧压力差过大。专家组认为事故主要原因是施工不当。倒覆大楼的一侧有近10米高的土方堆起,对大楼地基形成压迫力,再加上大楼的另一侧在开挖基坑(地下车库),由于基坑围护措施不到位,在双重作用力的作用下大楼倒塌。

地基与基础属于隐蔽工程,其施工技术要求很高,因此,对其勘察设计及施工要给予充分的重视,因为一旦出问题,很难补救,损失巨大。一般地基基础的工程造价约占土建



0-3 上海市“楼脆脆”事件

总造价 20%，甚至更大，所以，我们要科学严谨地学习相关知识，为今后规范施工打下基础。

学习情境一 土工试验与工程地质勘察报告阅读

【学习目标】 会进行土工室内试验操作检测；能够根据土工试验结果判断土的种类、名称及土的分类；能够进行土的压缩性指标测定；能够进行土的抗剪强度指标测定；能阅读和运用工程地质勘察报告。

【主要内容】 土的物理性质指标测定，土的工程分类与鉴别，土的压缩性指标测定，土的抗剪强度指标测定，岩土工程勘察报告及应用。

【学习重点】 土的物理性质指标测定，岩土工程勘察报告及应用。

【学习难点】 阅读和运用工程地质勘察报告。

项目一 土的物理性质指标的测定

一、土的三相组成

土是由固相、液相、气相组成的三相分散系。

固相：包括多种矿物成分组成土的骨架，骨架间的空隙为液相和气相填满，这些空隙是相互连通的，形成多孔介质；

液相：主要是水（溶解有少量的可溶盐类）；

气相：主要是空气、水蒸气，有时还有沼气等。

（一）土的固相

1. 土的矿物成分和土中的有机质

土的固相物质分无机矿物颗粒和有机质，构成土的骨架。

（1）原生矿物和次生矿物。矿物颗粒由原生矿物和次生矿物组成。原生矿物是岩石经物理风化作用后破碎形成的矿物颗粒，与母岩的矿物成分是相同的，常见有石英、长石和云母等。次生矿物是岩石经化学风化作用后发生化学变化而形成新的矿物颗粒，常见有高岭石、伊利石（水云母）和蒙脱石（微晶高岭石）三大黏土矿物。另外，还有一类易溶于水的次生矿物，称为水溶盐。水溶盐的矿物种类很多，按其溶解度可分为难溶盐、中溶盐和易溶盐三类。难溶盐主要是碳酸钙（ CaCO_3 ），中溶盐常见的是石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），易溶盐常见的是各种氯化物（如 NaCl 、 KCl 、 CaCl ）以及易溶的钾与钠的硫酸盐和碳酸盐等。

（2）土中的有机质。土中的有机质是动植物的残骸及其分解物质经生物化学作用生成的物质，其颗粒极细，粒径小于 0.1m ，其成分比较复杂，主要是植物残骸、未完全分解的泥炭和完全分解的腐殖质。当有机质含量超过 5% 时，称为有机土。

2. 土的粒组划分

颗粒的大小及其含量直接影响着土的工程性质，例如，颗粒较粗的卵石、砾石和砂粒

为两部分, 大于 0.075mm 的土样用筛分法进行分析, 小于 0.075mm 的土样用密度计法进行分析, 然后将两种试验成果组合在一起。

2) 颗粒级配表达方式

以小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比为纵坐标, 以粒径的对数为横坐标, 绘制的反映颗粒大小分布的曲线, 称为土的颗粒级配曲线。

颗粒级配曲线能表示土的粒径范围和各粒组的含量。若级配曲线平缓, 表示土中各种粒径的土粒都有, 颗粒不均匀, 级配良好; 若曲线陡峻, 则表示土粒均匀, 级配不好。如图 1-1 所示, 表示 a、b 两种土样的颗粒级配曲线, 图中曲线 b 较平缓, 故土样 b 的级配较土样 a 的级配好。

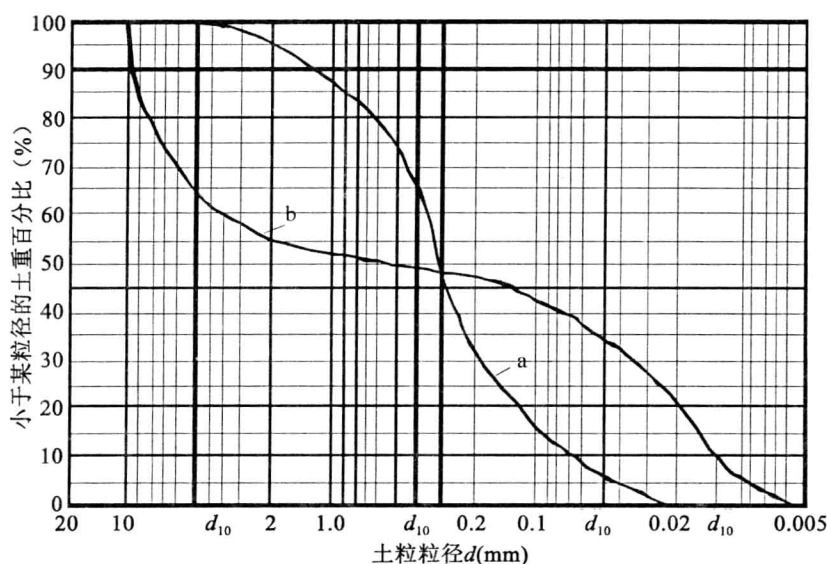


图 1-1 颗粒级配曲线

级配良好的土, 粗细颗粒搭配较好, 粗颗粒间的孔隙有细颗粒填充, 易被压实到较高的密度, 因而渗透性和压缩性较小, 强度较大, 所以颗粒级配常作为选择筑填土料的依据。

如果曲线的坡度是渐变的, 则表示土的颗粒大小分布是连续的, 称为连续级配; 如果曲线中出现水平段, 则表示土中缺乏某些粒径的土粒, 这样的级配称为不连续级配。

3) 级配指标

在颗粒级配曲线上, 可根据土粒的分布情况, 定性地判别土的均匀程度或级配情况。为了能定量地衡量土的颗粒级配是否良好, 常用不均匀系数 c_u 和曲率系数 c_c 。

(1) 不均匀系数 c_u , 按下式计算:

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

式中: c_u ——不均匀系数;

d_{60} ——限制粒径, 颗粒级配曲线上的某粒径小于该粒径的土含量占总质量的 60%;

d_{10} ——有效粒径，颗粒级配曲线上的某粒径小于该粒径的土含量占总质量的 10%。

不均匀系数 c_u 是反映级配曲线坡度和颗粒大小不均匀程度的指标， c_u 值越大，表示颗粒级配曲线的坡度就越平缓，土粒粒径的变化范围越大，土粒就越不均匀；反之， c_u 值越小，表示曲线的坡度就越陡，土粒粒径的变化范围越小，土粒也就越均匀。工程上常将 $c_u < 5$ 的土视为均匀土，其级配不好；将 $c_u \geq 10$ 的土视为不均匀土，其级配良好。

(2) 曲率系数 c_c ，按下式计算：

$$c_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} \quad (1-2)$$

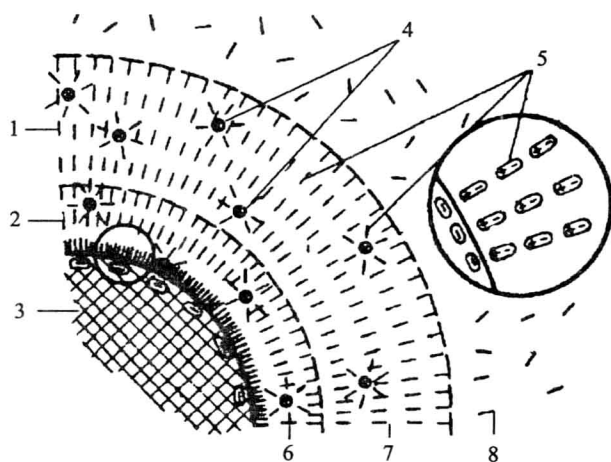
式中： c_c ——曲率系数；

d_{30} ——颗粒级配曲线上的某粒径小于该粒径的土含量占总质量的 30%。

曲率系数 c_c 描述的是累积曲线的分布范围，反映曲线的整体形状。一般认为， $c_u \geq 5$ ，且 $c_c = 1 \sim 3$ 的土称为级配良好的土。

(二) 土中的水

由于土的颗粒表面通常带有负电荷，因此水在带电固体颗粒之间受到表面电荷电场的作用，水分子和水化阳离子就会向颗粒周围聚集，如图 1-2 所示。根据受颗粒表面静电引力作用的强弱，土孔隙中的水可以划分为结合水和自由水两种。



1—扩散层；2—固定层；3—矿物颗粒；4—阳离子；
5—水分子；6—强结合水；7—弱结合水；8—自由水

图 1-2 结合水形成的一般图示

1. 结合水

研究表明，大多数黏土颗粒表面带有负电荷，因而围绕土粒周围形成了一定强度的电场，使孔隙中的水分子极化，这些极化后的极性水分子和水溶液中所含的阳离子（如钾、钠、钙、镁等阳离子）在电场力的作用下，定向地吸附在土颗粒周围，形成一层不可自由移动的水膜，该水膜称为结合水。

(1) 强结合水：是指被强电场力紧紧地吸附在土粒表面附近的结合水膜。这部分水膜