

2006

土力学教育与教学

—— 第一届全国土力学教学研讨会论文集

● 李广信 杜修力 主编

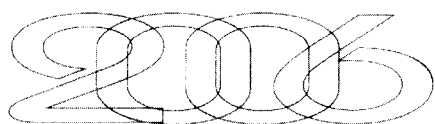


人民交通出版社
China Communications Press

TU43-53

2

:2006



土力学教育与教学

—— 第一届全国土力学教学研讨会论文集

● 李广信 杜修力 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本论文集共收录了土力学教学论文 99 篇,内容包括专题报告、教学改革与教学研究、课程建设、教学法、实践教学、研究生教学、教学中的土力学问题,共 7 个部分。

本论文集反映了近年来土力学教学工作的进展,可供高等院校土力学及相关专业的教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学教育与教学:第一届全国土力学教学研讨会论文集 / 李广信,杜修力主编. —北京:人民交通出版社, 2006.7

ISBN 7-114-06078-5

I.土… II.①李…②杜… III.土力学-教学研究-高等学校-学术会议-文集 IV.TU43-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078506 号

书 名:土力学教育与教学——第一届全国土力学教学研讨会论文集

著 译 者:李广信 杜修力

责任编辑:王霞

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010) 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:31

字 数:734 千

版 次:2006 年 8 月 第 1 版

印 次:2006 年 8 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN7-114-06078-5

印 数:0001~1500 册

定 价:80.00 元

(如有印刷、装订质量问题的由本社负责调换)

第一届全国土力学教学研讨会

The First Symposium on Education of Soil Mechanics, CISMGE

会议时间：2006年8月12~13日

会议地点：北京市西郊宾馆

主办单位 中国土木工程学会土力学及岩土工程分会

承办单位 清华大学岩土工程研究所

协办单位(以汉语拼音为序)

北京工业大学

北京航空航天大学

北京交通大学

人民交通出版社

顾问委员会

主任：高大钊

委员：陈环 陈肇元 陈仲颐 陈祖煜 丁金粟 龚晓南 顾晓鲁 侯学渊 李焯芬 刘祖德
沈珠江 孙钧 唐业清 王正宏 谢定义 殷宗泽 曾国熙 郑颖人 周景星

组织委员会

主任：李广信

副主任：姚仰平 张鸿儒 陶连金 张丙印 于玉贞

委员：吴文经 陈立宏 罗汀 宋二祥 胡黎明 温庆博 刘华北 张嘎 张其光 吕禾
孙逊 王东华

秘书长：陈轮

副秘书长：介玉新 张建红

技术委员会

主任：张在明

副主任：张建民 杜修力

委员(以汉语拼音为序)：

白晓红 陈津民 陈龙珠 陈云敏 陈正汉 郭院成 郭增玉 何满潮 黄伟 黄茂松 黄质宏
简文彬 李光范 李俊才 李术才 梁波 廖红建 刘春原 刘汉龙 刘明振 刘松玉 吕爱钟
栾茂田 罗书学 马芹永 米海珍 乔兰 施建勇 宋剑波 王钊 王复明 王广国 王青
王晓谋 吴宏伟 夏元友 谢康和 邢纪波 徐东强 徐学燕 闫澍旺 杨敏 杨广庆 杨锡武
殷建华 于广明 岳中琦 宰金珉 张钦喜 张信贵 张永兴 赵成刚 赵明华 张建海 郑刚
郑俊杰 周小文

论文编辑委员会

主任：李广信

副主任：杜修力

随着我国国民经济持续发展,大规模的土木工程建设推动了我国的土力学及其相关课程的教学工作,而严峻的环境问题也给岩土工程教育提出了新的任务与要求。

相对于本学科频繁召开的各类科研学术会议,20多年来土力学的教学会议、教学期刊和教学论文基本上是空白,这不利于土力学教学工作的交流与发展。目前土力学的教学改革、学科建设和教学方法已经发生很大变化。一些重点大学的研究生总数已经超过本科生,岩土工程研究生教学成为不可忽视的部分;而随着与生态环境、地质灾害、岩土资源等有关的课程不断开设,土力学逐渐扩展为岩土工程系列课。我国实行岩土工程工程师的注册考试制度给从业人员提出了继续教育的问题,也引起了工程师们对土力学及其基础理论概念的重视。

目前年轻教师成为土力学教学的主力,老一辈教师陆续退出教学第一线,教师队伍在年龄结构上的断层,使继承和发扬我国土力学界在教学工作中的优秀传统和经验成为迫在眉睫的问题;不少留学归国的教师在国外了解和熟悉国外的土力学教学情况,借鉴、吸取和推广国外的先进经验也是十分必要的。科技的发展推动了教学手段的进步,各种多媒体、网络等先进教学工具不可避免地促进了教学工作,也提出一些新的课题。

土力学是一门实践性很强的课程,课程包含了理论、试验和工程应用三个部分。理论与实践结合,课堂内外结合,培养学生分析和解决工程实际问题的能力,是土力学教学和学习的关键问题。

中国土木工程学会土力学及岩土工程分会主办第一届全国土力学教学研讨会,新老教师集聚一堂,回顾历史,继承传统,交流经验,互相学习,提高水平,展望未来,必将提升我国的土力学教学水平。本次会议得到北京工业大学和清华大学欧盟亚洲联系项目办公室“环境岩土工程学术交流与科研合作项目[EU Asia-Link Programme: GEO-ENVIRONMENTAL ENGINEERING TRAINING PROGRAMME IN CHINA, CN/ASIA-LINK/010(94-556)]”的资助,对此表示感谢。同时希望定期召开这样的会议,成为同行互相交流和学习的园地。

土木工程学会土力学及岩土工程分会

常务副理事长 李广信

二〇〇六年五月九日

目录

Contents

第一部分 专 题

从学生到优秀的岩土工程师·····	张在明(3)
土力学教学与土木工程通才教育·····	高大钊(16)
教学感悟片语·····	王正宏(22)
土力学的学科特点和教学方法·····	李广信(27)
土力学学科特点及对教学的影响·····	龚晓南(33)
岩土学英文授课自然图像思维法·····	岳中琦(38)
土力学课程建设与教学体会·····	卢廷浩 施建勇 高玉峰(42)
土力学标准化试题库建设与自动出题软件 Soil-TK·····	杨 敏 熊巨华 王瑞祥(46)
土力学教学和创新人才的培养·····	陈云敏 陈仁朋(52)
国外岩土工程教学概览·····	刘松玉 易耀林(56)
精心投入才能出精品——谈北航土力学精品课建设·····	姚仰平 罗 汀 杨鹏鸣(65)
清华大学土力学精品课建设 ·····	于玉贞 李广信 张建民 张丙印 张建红 陈 轮 介玉新 胡黎明(75)

第二部分 教学改革与教学研究

岩土工程的理论与实践及相关的教学问题——学习论文集《岩土工程教育与培训》的体会 ·····	张在明(85)
提高教师队伍实践教育能力的理念与实践·····	张建民(95)
关于土力学课程成绩测评方法的思考与实践·····	张丙印 于玉贞 胡黎明(101)
实施分层次教学,创建岩土工程特色课程体系·····	王娟娣 姜 珂(107)
新世纪开拓创新型人才培养的思考——以土力学基础工程教学为例 ·····	张钦喜 姚爱军 张在明 吴文经(112)
《土力学》的教学模式与方法的研讨·····	邵生俊(118)
大众教育阶段土力学教学实践的思考和探讨 ·····	梁庆国 张永谋 严松宏 丁 立(124)
土力学与基础工程课程教学改革与实践·····	胡岱文 吴曙光(130)
“土力学”课程的教学改革实践与体会·····	雷学文 俞 晓 郭方胜 汤 斌 刘吉兰(134)
土力学教学改革的实践与思考·····	张 荫 王平安(137)
独立学院地基基础课程教学改革与实践·····	方鹏飞 朱向荣 王娟娣(141)

对《土力学》教学中若干问题的思考·····	童小东	邱洪兴(145)
《土力学》系列课程体系与实践教学的改革与探讨·····	李萍 李辉山	乔雄(149)
加强考试环节在土力学课程教学中的主导作用·····		陈轮(154)
基于学科建设的土力学课程教学与人才培养模式研究 ·····	于广明 路世豹 章伟 左宏伟	张拥军(158)
应用教育统计与测量学的基本理论指导教学实践·····	刘润	闫澍旺(163)
浅谈素质教育下的考试创新·····		梅国雄(168)
一般工科院校新建土木工程专业土力学教学探索与实践·····	谢胜华	黄伟(172)
土力学课程教学的几点建议·····		刘莹(176)
土木工程本科土力学教与学点滴体会·····	刘滔 刘明振	罗云(179)
新世纪土力学教学的探索与实践·····		黄志军(183)
关于土力学教学和土工试验的几点思考·····	雷华阳	郑刚(188)
应用型高校土力学教学的体会·····	胡燕妮	米海珍(191)
专业课教学的思考与实践·····		高华东(195)
土力学教学的几点探讨·····	刘加才 韩爱民 戚科骏	汪中卫(199)
德国大学土力学课程的教学内容和特点·····		李涛(203)

第三部分 课程建设

介绍美国的一本土力学教材·····		史佩栋(211)
《Soil Mechanics》编写的几点体会·····	《Soil Mechanics》编写组	(217)
《土力学》教材建设中的思路·····		郭莹(222)
国外优秀教材的引进与应用·····		罗汀(227)
《基础工程》课程的CAI系统总体结构设计·····	俞晓	张宗安(230)
精雕细琢出精品 谱写课程建设新篇章——基础工程网络课程建设探究 ·····	徐新生 赵玉玲	刘召国(234)
关于“土力学”双语教学实践与思考·····	刘松玉	易耀林(237)
浅论土力学教学中的双语教学·····		张建红(242)
岩土与地下工程方向的设置及课程优化·····	齐加连 胡庆立	王伟(244)
全面深化教学创新 努力打造课程精品——《土质学土力学》课程建设的探索与实践 ·····	蒋刚 王旭东 陈国兴 韩爱民	陈新民(248)
提高工程地质教学效果实现与土力学等课程的有效结合·····		朱建明(252)
环境岩土工程的教学实践·····	胡黎明 张丙印	于玉贞(255)
《城市地下工程》课程建设改革与研究型本科教学的探讨·····	刘波	陶龙光(259)
建设《土力学》精品课程的探索与实践·····	刘辉 柳厚祥 王桂尧 吴从师 黄生文	陈文胜(263)

第四部分 教学法

趣味土力学·····		李广信(269)
岩土力学情境化教学方法探讨·····	姚爱军	张钦喜(276)
以案例法为中心的《地基处理》课立体化教学模式的研究与应用		

.....	章伟 时伟 张明义 于广明(281)
全局与细节并重的土力学教学法.....	于玉贞 张建红 胡黎明 张丙印(285)
互动式教学在土力学教学中的应用.....	袁俊平 卢廷浩(290)
关于《土力学》教学的探讨.....	王丽琴 栾红(295)
基于现代教育技术的土力学教学模式初探.....	王有凯 张敏霞 徐平(299)
结合现代教学手段探讨土力学教学方式.....	李镜培 高大钊 梁发云(305)
土力学课程多媒体教学研究.....	陈亮 卢廷浩 袁俊平(311)
《地基处理技术》课程教学方法探讨.....	郑俊杰 龚文惠 刘尚蔚(315)
论土力学教学内容的关联性.....	李愿军(319)
土力学课程教学方法探讨.....	郭抗美(322)
土力学课程教学方法与教学效果探讨.....	顾长存 陈永辉(326)
土力学与基础工程教学实践与探讨.....	黄仙枝 阎凤翔(329)
土力学课程教学初探.....	李嘉 蔡迎春(333)
青年教师在土力学与地基基础工程教学中的几点体会.....	王忠涛(337)
土力学教学中的几点体会——抛砖引玉与同行切磋.....	张建红(340)
关于土力学与基础工程教学的体会.....	介玉新(345)

第五部分 实践教学

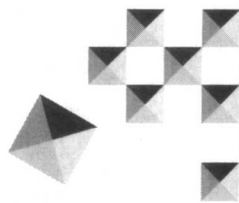
土力学多媒体试验教学软件.....	吕禾(351)
港大土木本科生三轴测试实习.....	杨德忠 李启光 区兆光 苏子颂 刘媛媛(355)
《土力学》实验课开放式教学的改革与探索.....	时伟 章伟 董攀 杨春燕(358)
《冻土变形与稳定性》课程实验教学研究.....	邱明国 徐学燕 徐春华(362)
土力学实践教学与学生能力培养模式的探索	孙世国 高振林 谭亮 姚爱敏 冯少杰 段伟国(365)
在实践环节中强化概念和知识整合.....	齐加连(368)
结合工程实际,对《土力学》实施多媒体实验教学的探索.....	赵玉玲 徐新生 赵军(372)
注册土木工程师(岩土)专业考试与土力学教学	刘春原 徐东强 王贵君 刘照媛 韩红霞(376)
从注册岩土工程师考试看本科生土力学教学.....	陈轮(380)
土力学基本原理的深入教学实践.....	潘健(383)

第六部分 研究生教学

《高等土力学》教材与教学.....	李广信(391)
《高等土力学》启发式教学探讨.....	奥村运明 王复明 乐金朝(395)
硕士研究生土力学课程教学探索与实践.....	黄茂松 钱建固 李镜培(398)
岩土工程硕士学位课程《基础工程》的教学探讨.....	刘增荣(401)
学位制度的改革与岩土工程研究生培养.....	白冰 赵成刚 李涛 吴刚(404)

第七部分 教学中的土力学问题

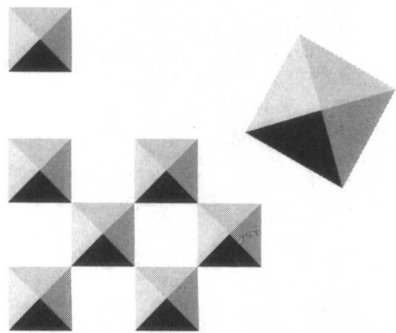
地基附加应力计算的 Excel 电子表格法	韩晓雷(411)
条形面积三角形荷载附加应力的另一种推导	张永谋 闫强刚(418)
地基变形计算方法分析与变形计算的 Excel 电子表格法	韩晓雷(422)
摩尔-库仑强度理论课堂教学浅析	胡庆立 齐加连 张克绪(428)
关于挡土墙土压力的一些基本概念探讨	赵尚毅 郑颖人(432)
用 σ_1 - σ_3 应力平面探讨 Rankine 土压力理论	商翔宇 周国庆 赵光思 梁恒昌(441)
极限平衡理论在建筑地基治理中的应用	王 钊(446)
条分法土坡稳定分析中若干问题的讨论	李守德 王保田 王成龙 何 斌(450)
地基基础设计中的荷载效应问题	吴文经(454)
软弱地基的深层混合处理工法的施工效果	李光范 卫 宏 肖天崆(457)
基础工程学中的线性方程及其快速求解	罗 汀(464)
有限元编程和计算中的若干问题探讨	介玉新(469)
土力学中几个问题的探讨	孔思丽 曹小兵(475)
关于岩土工程中名词术语的一些混乱现象和思考	郭 莹(479)



第一部分

专题

DIYIBUFEN ZHUANTI



从学生到优秀的岩土工程师

张在明

(北京工业大学 北京市勘察设计研究院)

【摘要】 从学生到一个优秀的工程师,需要走一段很长的路,岩土工程专业的同学尤其如此。本文首先讨论终生学习的必要性。这种必要性来自于工程设计要求的不断提高,同时,每个人的知识结构也需要不断更新。只有正确把握不同工程的特点和要求、深入认识材料性质和工程分析方法的优势和局限性,积累系统的、特别是理性的工程经验,才能形成正确的工程判断能力。

【关键词】 岩土工程 岩土特性 数值分析 工程经验 工程判断

1 前言——为什么提出这样一个题目

任何专业的学士、硕士和博士都会面临两个问题:第一,如何尽快地转变角色,担当起工作重任;第二,从参加工作开始就要有终生学习的准备。

岩土工程专业的毕业生遇到的情况有一定的特殊性,工作性质和特点要求我们的同行成为学习型、甚至学者型的工程师。

(1)工作对象方面,泥巴、石头与理想化的单元体之间的差别比起其他学科的设计图纸与材料、产品之间的差别要大许多,走上工作岗位的学生需要对工程对象和工程材料几乎是从头的认知。

(2)工作方法方面,“土力学是一门很土的力学”,或者说,是一门实验学科,没有一种理论和模型能够十分完美地描述岩土方方面面的性状。岩土工程的工作方法强调在理论和经验基础上形成的工程判断(engineering judgment)。这一工作要求与学校学到的理论和知识之间存在一段需要用工作积累填补的空白。

(3)工作特点方面,其他专业强调对工作对象共性规律的理解和掌握,比如IT行业的标准和机械专业的互换性。而岩土工程的每项工程、每个任务都有各自的个性。即便是修建与图纸完全相同的结构物,由于地点、地形地貌和工程环境的不同,工程面临的主要挑战可能完全不同。岩土工程师的一生几乎不会处理两项完全相同的任务,需要对工程特点、要害和关键技术进行具有预见性的把握。

(4) 岩土工程性质方面,工程往往是建于地下,具有目标产品的不可见性、产品疵病的难以修复性和一旦失效、后果的极其严重性。岩土工程师的工作压力比一般行业要大。不幸的是,走上工作岗位,经过实习之后,大家面临的任務,不是生产线上的某个环节,而是承担整项任务,新参加工作的学生,常常思想准备不足。

(5) 我国现行技术规范的体制,包括它的结构、导向和严格的强制性质,固然有其产生背景和现时存在的合理性,但可能使我们的工程师变成“查表工程师”,妨碍了他们的创造性的发挥和工程处理能力的不断提高。

(6) 由于近年来计算机技术、数值分析技术的发展,使我们的工作方式出现了新的转机。同时,建设工程专业学科的分工,像其他领域一样,正在经历着一个深化、扩展和融合的过程。不仅在特定的领域形成新的分支学科,在专业边界扩展的过程中,也必然与相邻专业领域在研究和实践空间相互融合。环境岩土工程、岩土地震工程得到公认和发展,便是很好的例证(张在明,2003年)。这更要求我们的岩土工程师,特别是技术负责人终生不断学习,成为学者型的工程师。

对这些问题,我们在下面还要作进一步的讨论,重要的是使我们的同学在毕业前有一个初步的认识和准备。

2 我国现行岩土工程工作模式的特点—存在的合理性和消极作用

这是毕业生首先遇到的问题,所以要先作交代。

首先,我们的行业的发端,也就是工作的定位和西方不一样。

西方是以咨询为核心发端的。从20世纪20年代开始,在土木工程中从事土工咨询的人首先跨入并创造了这个领域。当时,无论是 Terzaghi 还是 Casagrande 以及其他人之所以创造了这个新专业,是由于他们认识到,土木工程当中有关土和基础工程的问题,需要用不同于一般土木工程的理论和方法专门研究,从而形成了一个学科,以咨询为核心发端,形成工作体系(张在明,2005)。我们国家在20世纪50年代学习当时的苏联,是以一种“线性”的形式发端的。二战以后,前苏联进入了大规模的恢复建设时期,形成了“勘察—设计—施工”的工作体系或者叫工作链,勘察是为设计服务,设计是为施工服务,勘察更多的是提供基础资料。发端的不同,形成了我们在专业定位、工作方法和理念上都不一样。我们行业的基因和西方不一样,造成了现在的局面,自然会影晌人才的知识结构和工程处理能力。

与此有关的,是规范体系不同。一本岩土工程规范大体有三方面的元素构成,即基本原理(fundamental principles)、应用规则(application rules)和工程数据(engineering parameters)。先进国家或者经济联合体的规范,基本上都是强调对基本原理的规定和把握;应用规则是对基本原则的实施说明,至多是推荐一些公认公式,与一般教科书没有大的出入;很少向规范使用者提供具体的工程参数取值(张在明,2003年)。我们国家从20世纪50年代起,开始大规模的基本建设,要建设146个大项目。那时候的勘察工程师们都是从其他行业转过来的,或者是刚刚毕业的大学生、中专生们,理论准备和经验准备都不足。为了在全国不同的地区用同一方式处理工程问题,不出大的差错,需要有统一的、具体的规范,也就是要用规格统一的、有具体的参数规定的“拐棍”。这样做的优点是在这样大的国土上,勘察工程师们都是按着这样严格统一的标准工作,不至于因为个人判断的错误和处理失当,造成大的问题。我们应该充分肯定

这种做法在当时、甚至目前的积极作用;但这种做法是有短处的,它的根本缺点就是这种类型的规范本身就不符合岩土工程规律。在这种规范体制下,不论水平高低,大家都在统一的、具体的规定之下运转和工作,长期形成了一种惯性,这种惯性使我们在向新的领域迈进时就没有了创新动力。加上我国现行的岩土工程规程、规范明显受到行政体系变化的影响,又囿于过去技术队伍构成的客观要求,所带来得某些特征可能并不反映岩土工程本身所固有的特点,体系也过于庞杂,因而不利于技术的进一步发展和人员素质的提高,难以满足长远发展的需要。

新毕业的同学如果缺乏对这种工作模式和规范体系的比较全面的认识,只见今日,不想明天,就会落入得过且过,不进则退的境地。

3 工程对技术需求的不断提高与继续学习基本理论的必要性

Morgenstern(2000)对 20 世纪 100 年间岩土工程逐步形成的基本业务范围、知识领域和工作方法进行了归纳。他认为,过去若干年中,岩土工程涉及的业务主要包括:(1)地面结构支撑体系;(2)流体控制;(3)地下结构;(4)地面土工结构;(5)地基处理五个方面。欧洲科学研究和发展理事会一个分支机构 2002 年出版的《高等数值分析指南》中,将在传统工程分析和设计中需要满足的条件归纳为:(1)平衡条件(equilibrium);(2)相容条件(compatibility);(3)材料的本构性状(material constitutive behavior);(4)边界条件——力与变形条件(boundary conditions-force and displacement)。此后,这篇《指南》用很大的篇幅强调了当前工程的某些新的特点和需求,指出,“由于城市建设变得越来越复杂,与城市规划和土建相关的各学科都面临巨大的挑战。表现在技术层面、经济层面和环境层面”。该文举例说,城市的地下空间正在大规模地开发利用,主要是隧道类工程和地下室。遇到与已有建筑和设施的相互影响问题,把相互作用分析提到相当的高度。文中举了几个例子,如图 1 至图 3 所示。

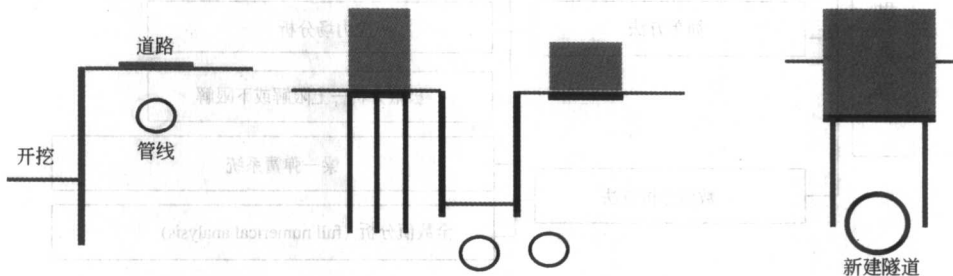


图1 地下室施工

图2 在城市环境中的地下室施工

图3 新建隧道施工

图 1 表示一种常见的情况,拟建建筑的地下室与道路毗邻,道路下还有管线。设计中必须考虑地下室的开挖对相邻管线或隧道的影响。图 2 所示的情况就更加复杂一些。地下室的开挖可能造成对临近建筑基础和其下的隧道的影响。施工可能造成土体位移,过大的变形可能影响建筑物安全,使建筑结构开裂,也可能使地下铁的列车与侧壁摩擦。更严重的情况是使隧道的衬砌过载(overstressed),或者使建筑基础的承载力降低。图 3 中不管是建筑物或者隧道已经存在,后来的建设都会对已有的建构筑物产生影响。对于这些问题,常规方法只能得到非常粗略(crude)的估计,因而必须进行非常有效(extremely powerful)的土与结构的相互作用分析。

我国城市化的进程正在加速,城市地下工程建设中已经遇到了类似的问题,甚至出现了事故。上海地铁联络线和北京地铁京广中心附近的事故便是其中的例子。

当然岩土工程包含的范围要广得多,各类工程对技术能力新的需求远远不仅于此,仅就工程分析而言,还有高层和超高层建筑高低层之间的沉降协调分析,疏桩沉降控制分析等等。

尽管该《指南》没有强调地下水和孔隙水压力分布对工程设计的需求,我们同样不能忽视。而文中提到的,“对地下水的变化也应进行调查,在世界上很多大城市,地下水位正在上升”。这方面的影响也应该引起我们的高度重视。

提到基本理论,同样包含方方面面的内容。这里主要说对自己掌握的和需要继续学习的工程分析方法的认知。

土力学本身的特点,可能使其系统性不如其他力学学科。比如在本科、甚至部分研究生教材中,承载力问题、沉降问题、土压力问题和稳定问题似乎各是各的事。近年来很多文献,试图从更广泛一点的角度,对分析方法进行分类。图4仅仅是其中一个例子,也许会有不同的看法,但无论如何,我们看到,对于毕业生来说,对一些基本方法还有不断学习的必要。图中用较粗的线条框出的方法,也许是在学校学习过的,对于一般的同学来说,也许所谓的“简单方法”也有再学习的必要,否则便难以完成上面列举的工程分析。

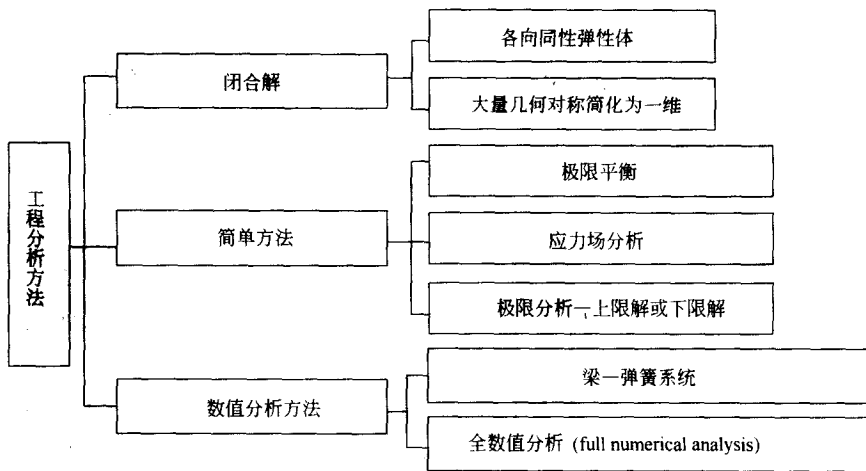


图4 岩土工程的分析方法

1 努力学习和正确把握数值分析方法

4.1 为什么要作数值分析

在激烈的市场竞争环境中,一个岩土工程企业,要强调自主创新,建立技术比较优势,需要有自己的D & R体系,制定并实行技术发展规划;每个人也会有自我设计,需要不断进行自己的知识扩展与更新。与上面对知识结构认知有关的一个重要的方面,就是在积累实践能力和经验的基础上,不断增强分析能力。这个趋势,在国内外,越来越得到认同。于是,数值分析和并行的本构模型的应用也越来越受到重视。

在国内,目前主要应用在以下几个方面:(1)重大和复杂工程的分析;(2)工程事故的分析;(3)参数反分析;(4)课题研究和规范制定中对某些问题的探讨;(5)工程创优。其中,在一些单位,利用简单模型进行工程分析,如地基与基础的协同作用分析、疏桩沉降控制分析及基坑支护分析中,数值分析已经成为常规的工程分析手段。

在学校中,在当今的硕士和博士学位论文中,几乎没有不涉及数值分析的。

由于各种商业化分析软件的极大推广,不管做工程分析还是做论文,似乎拿起来就可以用。殊不知用得不对,常常是垃圾进垃圾出,反而起到误导的作用。因此,在工程师们长期的进修的学习中,有必要重视这方面的问题,有一个正确的认识。

对于数值分析在专业中的作用,不妨借用一句话,“数值分析不是万能的,没有数值分析也是不行的”。

对数值分析的必要性,专家们也有一个认识过程。Casagrande 在整理 Terzaghi 最后 5 年的著作时,认为他最后几年中,最重要的观点之一便是这样的信念,即“土力学或岩体力学中未解决的大部分问题,与其依靠理论研究或室内试验来解决,还不如在野外现场通过精细的观察和调查,获得解决”。对此,Peck 在写《工程实践中的土力学(Soil Mechanics in Engineering Practice)》第三版的绪言的时候,用较大的篇幅对 Terzaghi 上面的理念提出了自己的看法。Peck 认为,一方面,半个世纪以来,人们坚持不懈地进行了关于取土和试验技术的研究,对于土的基本性质和对土性的概化方法取得了很大的进展;另一方面,由于计算机技术的应用,使得解决包括复杂边界条件和地层条件的问题成为可能。

为什么要采用数值分析及与之平行发展的本构模型,其实道理也很简单:一方面确实有必要;另一方面,已经有了实用的可能性。

从最一般的力学的眼光看,平衡方程式和相容方程联立,可以给出 3 个平衡方程和 6 个相容条件,而未知量却有 15 个之多(6 个应力量、6 个应变量和 3 个变形量),如果不用本构关系得到其余的约束,除了简单问题,只能通过大量的假定来解决。闭合解和前面所谓的“简单方法”都是如此。没有任何的“简单方法”可以满足所有的求解要求,所以它们得不到精确的理论解,都属于近似方法。这样,也许对于同一问题得到很多不同的解答。尽管“简单方法”仍然是工程师手中得力的工具,如果应用得当,可以解决很多岩土工程设计问题,但是对于像土与结构相互作用这样更加复杂的问题,简单方法就难以进行可靠的分析了。

4.2 采用的数值分析的复杂程度要与工程需要相对应

这一段要说的意思是,数值分析和本构模型,要从“时髦”到实用。

欧洲科学技术与发展理事会在上述的文章中,将到目前为止的本构模型分为三代(图 5),比较中肯地分析了这些模型的优点和局限性,应该有参考价值。

第一代本构模型的时间从 1773 年的 Coulomb 模型直到计算机和有限元已经得到应用的 20 世纪 60~70 年代。早期解决的问题主要有两方面,一是在设计荷载作用下的地面变形(主要是竖向沉降);二是导致失效的荷载。值得注意的是,该文对非线性弹性模型给了比较好的评价。这种模型一般采用描述剪切性状的双曲线模型与压缩模型相结合,常常是将非线性弹性剪切模型与线弹性的压缩模型相耦合,后者由不变的体积模量来控制。其缺点主要有:(1)不可在试验范围之外随便进行外延;(2)主要用来描述土的单一特性——应力—应变关系,未

考虑其他方面的因素,如不同应力路径的影响、剪切过程中的体积变化等等;(3)具有线弹性模量的一些同样的缺陷,如在周期荷载作用下不考虑滞回影响;(4)比起线弹性、非线性弹性模型缺乏坚实的理论背景。

理想塑性模型是传统土力学中应用很广的概念和模型,基于这种模型的边坡稳定分析理论、承载力理论和土压力理论一直沿用至今。尽管存在若干缺陷,如:不能考虑变形历史;不能辨识在破坏面内的初始加载、卸载或者再加载;可能导致计算得到的深基开挖和隧道开挖造成的底面隆起过大;在弹性阶段仅能考虑压缩等等,弹性-理想塑性本构模型仍然得到广泛的应用,特别是如果非线性弹性来改进,在模拟单调应力-应变路径达到极限应力状态的问题中,结果可以令人满意。

作为欧洲研究机构编写的指南,对第二代模型,主要是对修正的剑桥模型作了充分的肯定,比如,数学结构比较简单;可以找到理论支撑;材料参数比较少。甚至认为它是本构模型中划时代的进展等等。但是对于某些趋于复杂化的改进,如为克服 K_0 各向异性而引入的非关联流动规则,并没有给予方程积极的评价,认为可适用的土类非常有限。

《指南》认为第三代模型距实际应用还有相当的距离,先进的模型从理论上说,可以描述土的若干复杂的现象,如周期荷载下的反应、各向异性等等,但是在对工程性状的预测上,常常是顾此失彼。土的模型越复杂,其实际应用就越受到限制。

4.3 选用的模型要与土工试验的能力相匹配

表 1 是 Kullhawy(1990)在《基础设计中土性确定手册》中提出的各种模型对土工试验的要求。虽然在模型的分类上与我们在上面引述的分类不尽一致,但不同模型对试验的要求是明确的。

模型与土工参数的匹配(Kullhawy,1990)

表 1

	模 型	对土工参数
1	非常先进 非线性,弹塑性,考虑时间效应,考虑各向异性等	非常复杂 各种应力路径的考虑+土的性状的详细模拟
2	先进 非线性、弹塑性	较高水平的 CIUC + 极限条件描述
3	简单 弹性	常规 CIUC

也许 Pack 的有关论述作为本段的小结非常合适。他说,在分析过程中,正确地选择土的特性参数十分重要,而这种选择必须建立在对土的性状正确理解的基础上。在通用程序的选

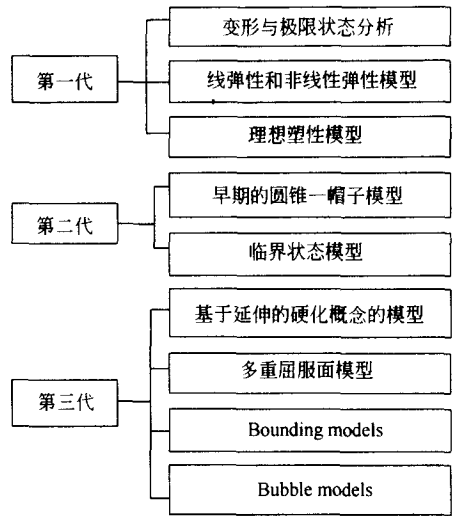


图 5 本构模型的发展(据 Guidelines for the use of advanced numerical analysis 整理)