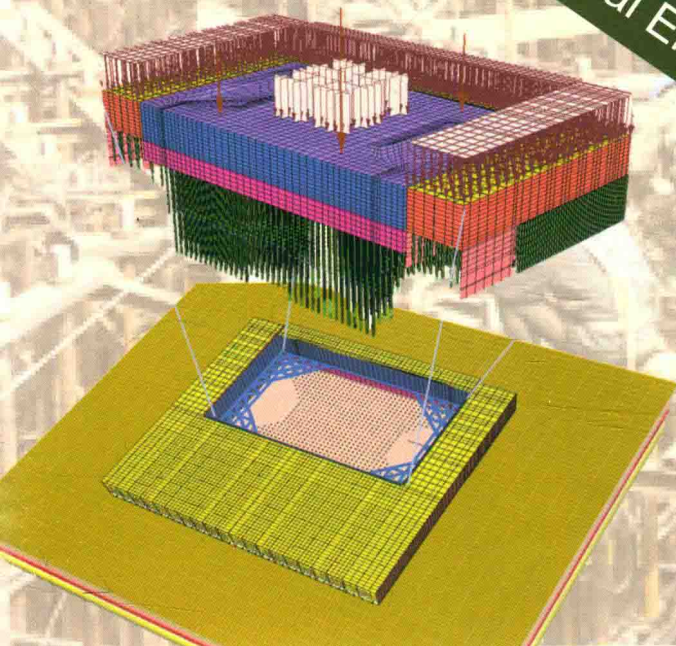


岩土工程进展与实践案例选编

孙宏伟 主编

Geotechnical Engineering Practices



中国建筑工业出版社

岩土工程进展与 实践案例选编

孙宏伟 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程进展与实践案例选编/孙宏伟主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2016.9
ISBN 978-7-112-19713-2

I. ①岩… II. ①孙… III. ①岩土工程-文集
IV. ①TU4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 198952 号

本书主要有两个部分,上篇是岩土工程的大师学者对我国岩土工程和体制发展过程中一些问题的思考和总结;下篇汇集了国内岩土工程勘察与地基基础设计实践的精品论文,涉及超深大基础实践、复杂地质条件分析、基于变形控制的基础设计案例等诸多热点和难点。

本书适合从事岩土工程的相关技术人员和科研人员学习参考。

责任编辑:刘瑞霞 杨 允

责任校对:李欣慰 张 颖

岩土工程进展与实践案例选编

孙宏伟 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:21 $\frac{3}{4}$ 字数:540千字

2016年9月第一版 2016年9月第一次印刷

定价:50.00元

ISBN 978-7-112-19713-2
(29263)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

岩土工程是土木工程的重要分支。岩土工程（geotechnical engineering, geotechnique, geotechnics）是一门实践科学。岩土工程的理论基础主要是工程地质学、岩石力学、土力学和基础工程学，其研究内容涉及岩土体作为工程的承载体、作为工程荷载、作为工程材料、作为传导介质或环境介质等诸多方面及领域，工作内容包括岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程施工、岩土工程检测、岩土工程监测、岩土工程咨询和岩土工程管理等。工程建设过程中需要解决岩土体的利用、改良或治理的工程问题，可以大致归为五类：地基岩土工程、边坡岩土工程、洞室岩土工程、支挡岩土工程、环境岩土工程，水使得上述问题更为复杂。

我们国家的岩土工程体制改革始于 1980 年前后，至今已经过了三十六年。1980 年 7 月国家建筑工程总局印发了《关于改革现行工程地质勘察体制为岩土工程体制的建议》，从 1980 年下半年到 1981 年初，《工程勘察》期刊发表了一系列的文章和工程勘察体制讨论意见的综述，揭开了工程地质勘察改革的序幕。1986 年国家计委发文《关于工程勘察单位进一步推行岩土工程的几点意见》要求“要提高对岩土工程的认识，充分发挥岩土工程的综合功能，把岩土工程作为基本建设中的一个重要组成部分，作为一个重点专业加以发展和提高”。

今年恰逢国家计委 1986 年发文历经三十年，改革工程地质勘察与推进岩土工程的技术体制，当年老前辈们的真知灼见，对行业发展产生了深远的影响，经过三十余年努力，行业技术体制已然发生了深刻的变化。高大钊教授在“展望我国岩土工程回归世界技术体系之路”文中所指出“三十年前，国家计委颁发了关于我国岩土工程体制改革的文件，这个文件是我国老一代岩土工程专家积极推动体制改革的结果，体现了我国工程界和学术界对岩土工程体制改革的关切，也为我国岩土工程的改革之路提供了基本思路和探索的方向。对比 30 年来我国岩土工程的发展状况，我国的业界发生了很大的变化，但距岩土工程体制改革的目标还有很漫长的路要走。但无论如何，这个时间节点是值得纪念的。”

1985 年赴美岩土工程考察，卞兆庆先生所著考察报告系统详细地叙述了当年美国几大著名的岩土工程咨询公司的组织机构、经营管理、钻探机械与工艺、试验设备、资料整理、岩土工程评价、施工监测等一整套有关岩土工程工作内容，不仅当年得以看到了国际上先进的岩土工程模式，看到了发展的目标和方向，时至今日，对开展岩土工程业务仍有非常重要的参考价值。

曾经的工程地质勘察体制是按照“苏联模式”建立的，是与计划经济体制相适应的模式，与欧美国家的岩土工程体制有着很大的不同，勘察与设计截然分开，造成双方都存在局限性和盲目性，对重大工程和复杂工程，尤为不利。

值得深思的是，时至今日，岩土工程勘察与地基基础设计的分离，未能根本性解决，矛盾与脱节仍困扰着行业技术发展，这是当前岩土工程体制上的最大问题，当然这并不是一个单纯的专业技术体制的问题，而涉及更广泛、更深刻的社会经济领域，涉及社会经济

的方方面面，并且应当结合市场经济转型的大背景加以审视与思考。

顾宝和先生曾经指出“认识改革的复杂性和长期性，并不是说只能听之任之，无可作为了。岩土工程的问题还得岩土工程界自己解决。目前，至少有这些事可以做：一是充分认识当前岩土工程行业存在的体制性矛盾，并在实际工作中尽量化解矛盾，减小其影响；二是勘察人员与设计人员之间要更多沟通，更多了解和理解对方，共同解决结合部位上的问题，而不要机械地划线；三是不要再出台强化勘察与设计分离的政策和措施，要促进勘察与设计相互间的融合；四是要促进咨询业的发展，咨询业是知识经济的载体；五是促进工程建设设计体制的改革。”

密切勘察与设计相互间的联系、加强勘察与设计相互间的沟通、增进勘察与设计相互间的合作，正是编著本文集的初衷，本文集分为上下两篇，上篇主题为岩土工程进展回顾思考与展望，下篇为实践案例选编。

上篇包括：顾宝和先生（勘察大师）、高大钊先生（同济大学教授）、李广信先生（清华大学教授）、张旷成先生（勘察大师）的撰文，并且全文收录了卞兆庆先生（勘察大师）的“赴美岩土工程考察报告”。

下篇“实践案例选编”涉及了多项代表性超高层建筑岩土工程实践案例，包括：深圳平安金融中心、南京紫峰大厦、北京丽泽 SOHO、西安国际金融中心、北京雪莲大厦、唐山新世界中心、长沙北辰 A1 写字楼、北京中国尊大厦等，涉及了超长桩、超大墩基的承载力变形性状研究分析、桩土相互作用、地基-桩-结构协同作用与桩筏基础协同设计等地基基础领域很多热点、难点工程问题。

下篇中收录了南京紫峰大厦的人工挖孔嵌岩桩自平衡法静载试验成果资料、京津沪代表性超高层建筑（北京中国尊大厦、上海中心大厦、天津 117 大厦等）的超长钻孔灌注桩的单桩静载试验数据对比分析、软岩桩基静载试验成果资料、西安地区超高层建筑桩型比选与试验桩成果资料等重要的实际工程资料。

- 深圳平安金融中心超深超大基础岩土工程实践
- 南京紫峰大厦嵌岩桩静载试验工程
- 成都卵石地基锤击 PHC 管桩竖向承载力研究
- 京津沪超高层超长钻孔灌注桩单桩静载试验数据对比分析
- 北京 Z15 地块超高层建筑桩筏基础的数值分析
- 北京丽泽 SOHO 桩筏基础设计与沉降分析
- 北京雪莲大厦桩筏基础与地基土相互作用分析
- 西安国际金融中心超高层建筑桩型比选与试验桩设计分析
- 唐山岩溶地区桩基工程问题分析与设计要点

岩石地基是岩体地基的习惯称谓。由于岩石地基的承载力和变形模量比土质（土体）地基往往高得多，作为一般建（构）筑物的天然地基，通常有相当大的裕度，因而对于深入研究岩石地基的问题，重视不够，甚至容易忽视。对于劣质岩（问题岩），不仅需要在岩土工程勘察时予以重点评价，更重要的是在地基基础设计时正确认识和把握工程特性。劣质岩（问题岩），皆有可能成为有问题的岩石地基，其可按地质成因和成分进行分类，也可按工程特性分类，因此既是地质学学者所关注的，更是工程地质界与土木工程界所高度重视的。收录了与软岩地基与山区填土地基的论文包括：

- 劣质岩问题岩的类型及其工程特性
- 成都地区泥质软岩地基主要工程特性及利用研究
- 南宁佳得鑫广场软岩桩基静载试验工程
- 长沙北辰项目高层建筑软岩地基工程特性分析
- 软岩地质嵌岩桩工程应用研究现状
- 填土地基桩基负侧摩阻力设计计算方法试验研究

选编《平均剪切波速 v_{sm} 与等效剪切波速 v_{se} 对建筑场地类别划分的影响》论文，是为帮助年轻工程师了解建筑抗震设计规范的发展变化。国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 自 2001 版开始采用等效剪切波速 v_{se} 和场地覆盖层厚度来确定建筑场地的类别，等效剪切波速 v_{se} 与此前所采用的平均剪切波速 v_{sm} 的计算方法不同，论文作者依据所掌握的北京城区资料，开展了对比分析，指出了这两种计算方法对场地类别划分的影响。

面对日益复杂工况条件以及变形控制的严格要求甚至是“苛刻”限值，数值分析将发挥越来越重要的作用，成为工程师在设计分析过程中进行综合判断的重要依据之一。需要说明的是，深基坑工程数值分析尚与监测相结合，不断提高计算模型参数合理性，目前深基坑工程按变形设计经验仍不如地基设计丰富，更亟待提高，需要岩土工程界长期不懈艰苦努力

- 北京地区复杂环境条件下超深基坑开挖影响数值分析
- 邻近深基坑开挖对既有地铁的影响计算分析

复杂地基与基础设计，愈发需要完成更加精细、可信的数值分析，模型参数确定是其中的关键问题。下文结合多个实际工程，对不同地基类型，包括天然地基、人工地基（CFG 桩复合地基和桩筏基础），采用了有限元数值分析软件进行地基基础沉降变形计算，沉降变形的计算值与实测数据进行了比对分析，证实数值软件在地基设计方案中的使用可得到较为可靠的结果，能够对实际工程分析判断有较明确的指导意义。需要说明的是，定量分析与定性分析相结合，顾宝和大师主张“不求计算精确，只求判断正确”，强调综合判断。数值分析结果是工程师在设计分析过程中进行综合判断的重要依据之一。数值分析实践案例请参阅：

- 数值软件在地基基础沉降变形计算中的应用与实例
- 北京丽泽 SOHO 桩筏基础设计与沉降分析
- 厚层黏性土地基上某超高层建筑桩筏基础三维数值分析
- 某工程大面积地下室与多高层主楼连成一体的地基基础设计及沉降控制
- CFG 桩复合地基增强体偏位影响分析

地基与基础设计始终要把工程在不同工况条件下的差异变形的控制与协调作为解决地基基础工程问题的总目标，并以“差异变形控制”核心，以基于相互作用原理的地基与结构协同设计为技术保证。地基与结构协同设计的原理、方法与实践案例请参阅：

- 基于变形控制的高层建筑与低层裙楼基础联合设计案例分析
- 北京 Z15 地块超高层建筑桩筏基础的数值分析
- 北京丽泽 SOHO 桩筏基础设计与沉降分析

北京银河 SOHO 由已故国际知名女建筑师 Zaha Hadid 设计，为典型的大底盘多塔连体结构，塔楼核心筒与中庭荷载差异显著。为更好地解决差异沉降问题，在地基基础设计

过程中,结构工程师与岩土工程师密切合作比选分析了不同基础形式与不同地基类型组合方式,基础形式包括梁板式筏基、平板式筏基,地基类型包括天然地基和人工地基(钻孔灌注桩、CFG 桩复合地基),并通过合理调整筏板基础及上部结构的刚度,同时优化地基支承刚度,经过反复计算与分析论证,最终采用天然地基与局部增强 CFG 桩复合地基的地基设计方案,有效地解决了差异沉降控制与协调问题,优化了地基基础设计方案,节约了造价。经过沉降实试验证,地基基础设计方案科学合理、安全可靠。北京银河 SOHO 地基与结构协同设计,即岩土工程师与结构工程师协作团队工作模式(team work),有助于推动岩土工程(geotechnical engineering)发展。

受编著者水平所限、时间精力所限,选编的实践案例不求涵盖全部岩土工程领域,更侧重于地基基础工程勘察设计,目的是为了促进勘察与设计相互间的融合,勘察人员与设计人员相互间要更多沟通,更多了解和理解对方,共同解决专业结合部位上的问题,更好地解决地基基础工程问题,共同推动行业技术进步。

选编工作得到了顾宝和先生(勘察大师)、高大钊先生(同济大学教授)、李广信先生(清华大学教授)、张旷成先生(勘察大师)、康景文总工、丘建金总工的大力支持。北京院我的同事方云飞、李伟强、王媛、卢萍珍、朱国祥、宋闪闪、宋捷、杨爻等积极参与文献选编工作,硕士研究生魏钱钰、孙冶默认真完成文字录入校对工作,在此一并表示衷心感谢!

疏误之处在所难免,敬请读者和专家不吝批评指正。

孙宏伟
北京·土力学斋
2016 年 8 月

目 录

上篇 岩土工程进展回顾	(1)
岩土工程体制的发展历程	顾宝和 (3)
展望我国岩土工程回归世界技术体系之路	高大钊 (17)
试论岩土工程师技术职责和与结构工程师的密切联系	张旷成 (24)
土的本构关系研究与工程应用	李广信 (30)
赴美岩土工程考察报告	卞昭庆 (33)
地基承载力表的来龙去脉	顾宝和 (63)
下篇 工程实践案例选编	(71)
深圳平安金融中心超深超大基础岩土工程实践	丘建金等 (73)
南京紫峰大厦嵌岩桩静载试验工程	龚维明等 (87)
成都卵石地基锤击 PHC 管桩竖向承载力研究	康景文等 (92)
京津沪超高层超长钻孔灌注桩单桩静载试验数据对比分析	孙宏伟 (99)
北京 Z15 地块超高层建筑桩筏基础的数值分析	王 媛等 (110)
北京丽泽 SOHO 桩筏基础设计与沉降分析	王 媛等 (119)
北京雪莲大厦桩筏基础与地基土相互作用分析	阚敦莉等 (135)
西安国际金融中心超高层建筑桩型比选与试验桩设计分析	方云飞等 (143)
唐山岩溶地区桩基工程问题分析与设计要点	方云飞等 (154)
劣质岩 (问题岩) 的类型及其工程特性	顾宝和等 (161)
成都地区泥质软岩地基主要工程特性及利用研究	康景文等 (171)
南宁佳得鑫广场软岩桩基静载试验工程	龚维明等 (186)
长沙北辰项目高层建筑软岩地基工程特性分析	方云飞等 (191)
软岩地质嵌岩桩工程应用研究现状	卢萍珍等 (200)
填土场地桩基负侧摩阻力设计计算方法试验研究	康景文等 (210)
现行不同规范中标贯法液化判别结果的对比分析	朱国祥等 (217)
平均剪切波速 v_{sm} 与等效剪切波速 v_{sc} 对建筑场地类别划分的影响 ...	朱国祥等 (225)
北京地区复杂环境条件下超深基坑开挖影响数值分析	李伟强等 (229)
邻近深基坑开挖对既有地铁的影响计算分析	李伟强等 (236)

基于变形控制的高层建筑与低层裙楼基础联合设计案例分析 孙宏伟 (241)

数值软件在地基基础沉降变形计算中的应用与实例 王 媛等 (280)

北京银河搜候 (SOHO) 中心地基与基础设计分析 方云飞等 (288)

厚层黏性土地基上某超高层建筑桩筏基础三维数值分析 王 媛等 (296)

某工程大面积地下室与多高层主楼连成一体的地基基础设计及沉降
控制 韩 玲等 (304)

CFG 桩复合地基增强体偏位影响分析 卢萍珍等 (310)

两本规范中桩基沉降计算深度的对比分析 朱国祥等 (321)

北京地下工程事故原因司法鉴定实例分析 方云飞等 (328)

附录：关于工程勘察单位进一步推行岩土工程的几点意见 (335)

编后记 (338)

上篇 岩土工程进展回顾

岩土工程体制的发展历程

顾宝和

(建设综合勘察研究设计院)

从1986年国家计委发出推行岩土工程体制的文件到今天,已经整整30年了。如果从1980年国家建工总局发文算起,已经有了36个年头。这些年里,岩土工程的专业体制经历了很大变化,专业技术得到了显著进步,回顾和反思这些年的历史,有着非常重要的现实意义。对于这段过程,各人有不同的经历,不同的体会,本文记述的仅为笔者的经历,并从个人一隅的视角,谈一些初浅想法,请大家批评指正。

1 学习苏联

新中国成立之初学习苏联,影响我国方方面面,既有正面影响,也有负面影响,从体制到技术,无不打上苏联的烙印,勘察与设计分离的专业体制就是其中之一。

新中国成立前我国虽然有过一些工程建设,但数量少、规模小,基本按欧美模式设计和施工,没有勘察。地基基础设计完全依赖设计师的经验,如上海的“老八吨”(即地基承载力取80kPa)。1952年开始大规模经济建设,目标是以重工业为重点,实现国家工业化。所谓“大规模”,是相对于当时的历史环境,不能与现在的建设规模相提并论。那时的勘察设计单位也很少,且绝大部分集中在国务院直属部委,属于地方的极少,好像只有北京有北京市设计院和北京市规划局地形地质勘察处(现北京市勘察设计研究院有限公司)。

请来了大批苏联专家(当然主要是由于当时的政治背景),在极度缺乏经验的情况下学习苏联,单纯从技术角度看也实属必要。按照苏联的经济体制,勘察设计属于建设前期,由国家统一拨款,勘察设计单位是事业单位,义务承担勘察设计项目,一律不收费。施工是企业单位,按工程量根据国家规定的统一价格收费。按照苏联的专业技术体制,勘察属于工程地质专业,负责为设计提供资料;设计属于土木工程中的建筑、结构、路桥、水利等专业,以勘察报告及其他有关文件为依据,进行设计。在苏联,勘察和设计大部分在一个单位,如俄罗斯加盟共和国建设部第一设计院(列宁格勒)、第二设计院(莫斯科)、基础工程设计院(莫斯科)等,设计院里有一个勘察室;独立的勘察单位不多,如莫斯科市勘察公司。我国初期也大体如此,后来一些设计院的领导觉得,勘察有大量野外工作,有各种机械设备,有大批工人,不同于设计,觉得管理不便,逐渐将勘察分离出去,成了独立的单位。在苏联,勘察报告只提供资料,建议很少,也很笼统,由于地基承载力属于设计范畴,所以勘察报告不提地基承载力的建议。按照苏联模式,我国也大体如此。但根据苏联专家意见,勘察报告要提出地基承载力的建议,设计单位也很赞成,一直沿袭到今天。

苏联的技术方法与西方国家也有所不同,苏联工程勘察只做直剪,只有高校和研究单

位做三轴剪；苏联没有标准贯入试验，十分重视动力触探，后来又大力发展静力触探；苏联沉降计算不用室内压缩试验参数，用浅层和深层载荷试验的变形模量；苏联有强大的研究机构，从事研究开发和制订规范；所有规范都是强制性，规范就是法律；勘察设计单位不从事研究，只按规范执行。

苏联专家在中国，角色相当于“顾问”，只提意见，不在技术文件上签字负责。由于当时的社会环境，对苏联专家的意见都十分尊重，一般都按苏联专家的建议执行。那时以工业建筑为主，民用建筑很简单，办公楼一般不超过8层，住宅不超过6层，基本上都是砖混结构。但勘察工作做得很认真，每个钻孔均须留岩芯盒，项目负责人必须逐孔、按岩芯盒核对野外记录；严禁钻孔中加水，更不许用泥浆钻进；每个钻孔测初见水位和稳定水位，较大的工程完工后统一测水位，绘制地下水位等高线图；项目负责人要将土工试验成果与野外纪录对比，有问题时到试验室核查；柱状图、剖面图、试验报告、勘察报告的内容和格式，都是在苏联专家指导下规范化的。我去苏联实习时发现，苏联勘察工作做得比我国还要认真、严格和细致。

苏联勘察设计模式最大的问题是勘察与设计分离。那时工程规模较小，难度不大，这个问题还不突出。较为简单的工程，设计院根据勘察报告地基承载力的建议就可以确定基础尺寸，有问题时由勘察设计双方协商解决。但有时也会遇到难以处理的问题，有两种解决方式：一是由上级单位召集勘察设计双方共同协商解决；二是由上级单位召开专家会议解决。下面举两个例子说明：

第一个例子——洛阳拖拉机厂，是我国“一五”计划的重大工程，有湿陷性黄土，又埋藏着很多古墓，设计院提请当时的建筑工程部设计总局召开专家会议审查和论证。设计总局邀请了中苏两国专家数十人（中国专家中有清华大学陈梁生教授），先由设计院提出方案，再请中国专家和苏联专家评议。基础工程问题不大，一致同意采用天然地基。麻烦的是古墓开挖处理后的回填问题（深度三四米、七八米不等），提了多种方案，某施工单位用现场试验数据论证素土分层碾压最有效，最经济，与会专家一致赞同。那时施工非常认真，对质量一丝不苟，实施后检测效果很好。第二个例子——邯郸水泥厂，建在丘陵山坡，勘察时无地下水，整平场地开挖基坑时发现裂隙水，设计院向上级单位请示解决办法，设计总局施嘉干总工程师召集勘察设计双方，一起会商解决。那时会后都不签署会议纪要之类的书面文件，在当时的管理体制下似乎没有什么问题。

关于中国科技人员与苏联专家的关系，现在的年轻一代不了解，以为在那时的政治条件下，对苏联专家意见必须像圣旨一样绝对服从，否则就会被打成右派。其实并非都是如此，因反对苏联专家而打成右派或受到严厉批评的事件有，也并非个别，但多数情况下，对技术问题还是可以自由讨论的。出于对专家的尊重，不采纳时一定要再三斟酌，请示领导决定。对专家不正确、不全面的意见，科技人员中也常有议论，只要不带攻击性，也不会被扣上反苏的政治帽子。与苏联专家交流要通过翻译，难免有时会发生误解。记得一位同事孙培清给我讲过这么一个故事：苏联专家多尔基赫来到他所在的山区水文地质勘察工地，专家问“这是什么岩石？”孙答“是凝灰岩”。凝灰岩俄语是 $\text{Ty}\phi$ ，泥炭俄语是 $\text{Top}\phi$ ，语音相近。大概翻译没有说准，专家误以为“泥炭”，勃然大怒，“泥炭怎么跑到山上去了？”孙想“凝灰岩怎么不能在山上？”就顶了一句，“这是北京地质学院某教授鉴定的，确实是凝灰岩，没有错”。专家更生气了，“你自己看看，这样硬的石头，会是泥炭吗？这

是砂岩”。凝灰岩和砂岩肉眼很难区分，专家虽错，也不能说他没水平，但孙很不服气，又不好发作，各自憋了一肚子气。直到我向他说明，他才明白过来，还说“好像语音和豆腐差不多”。1959年下半年，中苏关系开始恶化，苏联专家撤走，不再提学习苏联了。但苏联模式，包括勘察设计分离的专业体制模式和依赖规范的技术工作模式，已经打上了深深的烙印。

2 岩土工程体制的引进

1979年底，改革开放刚刚开始，国家建工总局派代表团赴加拿大考察，代表团主要成员来自建工总局建研院勘察技术研究所（现建设综合勘察设计研究院有限公司），他们是：何祥（团长，时任建研院副院长）、李明清（建工总局设计局）、王钟琦（勘察技术研究所）、林在贯（西北勘察院）、严人觉（冶金建筑研究院，后调综合勘察院）五人。考察最重要的收获是带回了市场经济国家的岩土工程体制。笔者知道后非常兴奋，深信岩土工程体制可以极大地推动行业的技术进步，可以为国家做更大贡献。便向赴加拿大代表团成员设计局李明清处长建议办研究班，推动专业体制改革。李处长也有意开展这项工作，便邀请建工总局下属勘察单位选派技术骨干组成研究班。成员有：西北勘察院林在贯（召集人，后为勘察大师）、上海勘察院袁雅康（后任院长）、西南勘察院张绳先（后任院长）、中南勘察院李受祉（后任院总工程师）、同济大学朱小林（教授），笔者所在单位有本人和卢万燮（后任副院长）。李明清、王钟琦（后为勘察大师）常来参加讨论，并参与了总结报告的起草。人数不多，但研究得很深入、很细致。1980年4月26日开始，同年6月18日结束，历时两个半月。期间听取了7位专家的出国考察报告，搜集了大量欧美国家的岩土工程规范、标准、咨询报告和其他技术资料，边阅读、边翻译、边讨论，与部分勘察、设计、研究单位和高校的专业人员座谈，结合笔者负责的一个工程试点（太阳宫饭店，涉外工程，后因投资者的原因未建），编写了《关于改革现行工程地质勘察体制为岩土工程体制的建议》（以下简称《改革建议》）。1980年7月11日以国家建工总局的名义发到全国，标志着岩土工程专业体制改革的启动。

《改革建议》的第一部分是“推行岩土工程体制是改进基本建设工作，更好为四化服务的重要一环”。主要介绍了国际上岩土工程体制的形成和发展，我国推行岩土工程体制的必要性。

《改革建议》的第二部分是“我国岩土技术的现状”。着重指出我国仍按苏联五十年代的模式，勘察、设计、施工三方面分担岩土工程的技术工作，“警察站岗，各管一段”，并从勘察、设计、施工三方面分析了这种体制带来的问题，只有改革才能促进技术的加速发展。

《改革建议》的第三部分是“关于在我国推行岩土工程体制的一些设想”。提出近几年实现6个目标：一是建立一支从事岩土工程的专业队伍；二是岩土工程单位不仅提供资料，还要进行岩土工程分析，提出可行方案，直至参与部分施工实践；三是岩土工程师应提出基础工程方案的有关基准，但不代替结构工程师做基础结构计算和设计；四是岩土工程师参与基础工程施工与地基改良，但不代替具体施工；五是把施工和使用期间地基基础的变形监测作为业务内容之一，必要时提出预防和补救措施；六是改革为岩土工程的勘察

单位，应逐步改变现在的专业设置，补充力量，发展成岩土工程咨询公司或以岩土工程为主要业务的单位，承担项目也不一定限于建筑工程。

《改革建议》的第四部分是“几点措施”。包括：同济大学和建工总局下属的 5 所高校设立岩土工程专业，并对课程设置提出了建议（后作为研究生专业）；办半年至一年的技术骨干训练班，学成后推动本单位的岩土工程工作（后由同济大学办了 10 期，每期半年）；参加研究班的几个建工总局下属勘察单位首先试点，调整内部机构，成立岩土工程室，分设钻探队、测试队等；整合现有分散的研究力量，更好地分工合作，形成我国的岩土工程研究体制。

时隔 36 年回顾这段历史，确实具有里程碑意义。36 年来基本上按这条路线发展，在 6 个目标中只有最后一个（岩土工程咨询公司），由于深层次的原因，至今未能实现。

岩土工程体制改革（从那时起常用这种提法）的倡议，很快得到了冶金、机械、煤炭、国防等工业部门勘察单位的积极响应，形成了一股岩土工程体制改革的热潮。1986 年，国家计委印发《关于加强工程勘察工作的几点意见》，同年又发《关于工程勘察单位进一步推行岩土工程的几点意见》，在全国范围内推行岩土工程体制。1992 年，建设部发布《工程勘察单位承担岩土工程任务有关问题的暂行规定》，使岩土工程的操作进一步具体化。

勘察单位推行岩土工程体制，虽然得到勘察界的一致响应，但一开始就有不同意见。他们认为，岩土工程属于土木建筑，勘察单位的科技人员学的主要是地质，缺乏做工程设计的数学力学基础和工程知识。到今天仍有人认为，推行岩土工程体制是做了一锅夹生饭，还影响了勘察工作的质量和技术进步。其实，当初倡导者并非没有注意到这个问题，相反，一开始就提出教育优先，先办学习班对现有技术骨干进行半年至一年的训练，再从高校培养专业人员，逐步改善科技人员的结构。后来未能按理想推进的原因很复杂，深层次的原因可能与我国的政治经济体制和社会背景有关。至于勘察工作的质量和技术进步问题，则主要由于无序竞争，市场混乱，不靠技术靠低价，不宜归罪于勘察单位的业务拓展。

3 欧美国家岩土工程体制的考察

继 1979 年国家建工总局代表团赴加拿大考察之后，国务院部委直属勘察设计单位先后多次派代表团到欧美国家考察，带回的信息基本一致。1981 年 1 月，国家建工总局派代表团赴墨西哥考察软土，笔者任团长，顺便注意了墨西哥的岩土工程体制。可以归纳为两点：一是墨西哥的岩土工程师基本上都在咨询公司服务；二是咨询公司的业务范围没有行业之分，建筑、道路、航运、机场、水利、水工都做。咨询公司是知识高度密集的机构，犹如岩土工程的“首脑”，除兼做部分测试外，主要是分析、归纳、决策、技术方案和技术要求的提出、实施质量的监督（监理）等，引领和统筹项目的总体和全过程；而钻探公司、测试公司、施工公司等犹如行业的“五官”和“手足”，或提供信息，或负责工程实施，但一切听令于咨询公司，保证按岩土工程师的要求实施。国际上的市场经济国家基本都是如此，包括我国的香港和台湾（香港称顾问公司），这就形成了当时笔者心目中岩土工程专业体制的目标模式。

在墨西哥，研究工作都在高等院校，如墨西哥自治大学，规模很大，在校学生达 30

万，学校设有一个实力很强的岩土工程研究所，从事土力学理论研究和实验研究，桩基、地基处理、特种基础等工程技术研究，场地地震效应和液化研究等，研究成果的水平相当高，在国际上有相当大的影响。

墨西哥高等院校的本科不设岩土工程专业，只有土木系。他们说，大学专业的设置有个从宽到窄，再从窄到宽的过程。由于分工越来越细，技术越来越复杂，大学专业设置由粗到细，由宽到窄。但后来发现，专业划分过细不利于就业，大学毕业后改行的很多。于是专业划分又由细变粗，由窄变宽。大学本科主要是打好理论基础和技术基础，参加工作后再明确方向，或建筑结构，或路桥，或水利，或岩土工程。岩土工程师的继续教育已经形成制度，有专门的继续教育学院。在继续教育学院里，岩土工程师可以学到抽水试验、压水试验、钻井工程、注浆技术、沉井工程等，每期约半年。

当时欧美国家的岩土工程机构大体有三种形式：第一种是独立的专门从事岩土工程的咨询公司，如美国的 Woodward 公司、岩土试验服务公司（STS）、加拿大的 EBA 岩土咨询公司等。第二种是在一般咨询公司内设有岩土工程部，如加拿大的爱克斯国际工程咨询公司岩土工程部。第三种是承揽全部土建业务托拉斯中的岩土工程机构，如日本的大成建设集团、熊谷组等。此外，还有研制和生产室内外土工试验仪器的公司也从事岩土工程业务，如英国的 ELE 工程试验设备公司、法国的梅纳（Menard）公司、加拿大的岩石试验公司（Rocktest）等。欧美国家的岩土咨询公司里除了主体岩土工程师外，还根据需要，聘用工程地质师、测试、物探、生态等方面的科技人员。工程中遇到复杂地质问题时，由工程地质师到现场调查，提出咨询意见。下面，以加拿大 EBA 岩土咨询公司为例，对咨询公司业务作进一步说明：

该公司总人数仅 100 余人，但经营的项目很多，有场地选择、现场勘察、场地与地基评价、地基设计、地基处理、基础工程、边坡工程、锚杆设计、振动分析、工程降水、压桩试验、地基热力分析、地基冻结工程、近海工程、隧道工程、线路勘测、路面设计、废弃物处理、施工监测、长期监测等。咨询公司提出的咨询意见具有法律效力，设计者一般只在咨询报告基础上行事，否则岩土工程师对后果不负经济责任。

以上是 20 世纪 80 年代初的情况，经 30 多年的发展和变迁，现在情况会有所不同，新生代应当很了解，笔者孤陋寡闻，不谈了。

当时很多专家以岩土工程咨询公司为目标模式，是基于以下考虑：

（1）岩土工程设计对勘察资料的依赖性很强，但在勘察与设计分离的条件下，无论勘察单位还是设计单位，均难以对关键技术问题单独决策。道理很简单，勘察人员不了解设计意图，不清楚设计分析计算的需要，使勘察工作存在很大程度的盲目性；设计人员不掌握勘察测试的要求，不了解现场情况，勘察所提的数据未必符合设计需要，因而做出的设计未必切合实际。而专业咨询可将勘察与设计的结合部整合，解决勘察与设计脱节的结构矛盾。岩土工程师既是勘察、施工、检验、监测要求的制定者，勘察、检验、监测成果的分析者，又是工程设计的决策者。钻探单位只提交钻孔柱状图、岩芯盒土样照片，送土试样，不进行分析评价，他们的职责是保证现场资料的真实和可靠。试验室对样品负责，保证按岩土工程师的要求完成试验任务。一项工程多专业、多程序配合协作，岩土工程师负责协调和整合，是技术方面总的牵头人，对有关问题有处置权和决策权，权力集中，责任明确。

(2) 岩土工程情况复杂多变、不确定因素多、单纯计算不可靠、对经验的依赖性强、注重综合判断、决策有时缺乏唯一性。为了保证工程的安全和经济,按发达国家的经验,专业咨询是最好的经济运行模式。而把岩土工程的核心技术分为勘察与设计两段的体制,不利于全面考虑各种因素,综合决策。

(3) 咨询内容灵活多样,既可根据上部结构的要求,结合荷载、刚度分布等情况,确定采用地基基础设计方案和设计准则、确定地基承载力、计算沉降,并在工作过程中与结构工程师密切配合,不断优化;也可只做单项岩土工程中的某一专题,分工合作。可综合性,也可专题性,针对性很强,便于切中工程的关键问题。

(4) 有助于通过市场机制解决原始数据的质量和造假问题。由于咨询公司要对工程的成败负责,负有法律和经济责任,出于自身的利益,必然要派员认真监督,确保数据可靠;而钻探、施工、试验、检测、监测等单位,则专注于自身技术的提高,以赢得市场信誉。从而使政府可以腾出手来,专注于涉及国家利益、公众利益、长期利益方面的管理。

4 岩土工程实践

倡导岩土工程体制之时,恰逢我国经济大发展之机,大量高层建筑拔地而起,为岩土工程师提供了大显身手的舞台。由于勘察与设计分离的体制尚存,故岩土工程师介入基础工程的案例不多,仅限于少数几个实力较强的单位和特别重大的工程。介入较多的是地基处理和基坑工程,原因大概是这两块与上部结构关联不甚密切,易于作为独立的任务委托,又是结构工程师感到难做,风险较大,愿意交给岩土工程师的领域。20世纪90年代后,边坡工程、围海造陆、高填方工程、地铁等城市地下工程、地质灾害治理、环境工程等也逐渐展开。这些情况不是本文所要阐述的内容,但为了说明与外国岩土工程师的关系、与结构工程师的关系,简要介绍倡导岩土工程之初本人参与的两个案例。

第一个案例是前面已经提到的太阳宫饭店。

1980年时国门刚刚打开,大批港台和外国客人来到北京,饭店极度紧张,太阳宫饭店就在这个时机由香港商人投资筹建。投资者邀请美国 Dames & Moore 公司新加坡办事处担任岩土工程咨询,勘察工作由笔者所在单位承担,并由笔者任项目负责人。为该工程, Dames & Moore 公司岩土工程师罗美邦三次来到北京,与笔者商讨岩土工程勘察事宜,达成了共识,合作得很好。虽因投资者另建丽都饭店,该工程未能实施,但使我们通过实际工程了解到国际通行的岩土工程做法,也积累了国际合作的经验。为了既符合我国规范,又满足对方要求,使双方都有分析评价的基础,液限试验用了锥式和碟式两种方法,土的分类用了我国规范分类和美国 Casagrande 分类 (ASTM) 两套方法,压缩试验成果既给出了压缩系数和压缩模量,又给出了压缩指数、再压缩指数和前期固结压力。在提供详细场地地基条件及柱状图、剖面图、试验成果的基础上,对地基基础方案进行了具体分析,提出了建议。罗美邦观察了现场钻探和取样,参观了现场试验室,考察了试验仪器、试验操作、试验过程和试验成果,表示满意和理解。

中外合作是否顺利,贵在互相理解。规范标准不同、习惯做法不同、积累经验不同、发展水平不同,有不同意见是正常的。我方对外国的规范和习惯还有一些了解,相比之下,外方对中方就更不了解,所以我方要更主动。既要努力理解对方,还要努力使对方理