

地

基

地基基础按变形控制设计的理论与实践

DIJI JICHU
AN BIANXING KONGZHI SHEJI
DE
LILUN
YU
SHIJIAN

黄熙龄 主 编

基

武汉理工大学出版社

础



WUTP

责任编辑：王建华

封面设计：杨 涛

ISBN 7-5629-1660-8



9 787562 916604 >

ISBN 7-5629-1660-8
TU · 171 定价：60.00 元

中国建筑学会地基基础分会 2000 年学术年会论文集

地基基础按变形控制设计的理论与实践

(武汉·2000 年 12 月 17 日~20 日)

主 编 黄熙龄

副主编 滕延京

王铁宏

袁内镇

武汉理工大学出版社

内容提要

地基基础按变形控制设计,我国学术界和工程界在设计理论和工程实践中作了大量的工作,并取得了丰富的科研成果。为了推动地基基础设计、施工、检测技术的发展,中国建筑学会地基基础分会2000年学术年会对这个主题进行了学术交流。本书收集了该领域有代表性的论文45篇,内容包括:(1)地基基础按变形控制设计10篇;(2)复合地基的变形控制与工程实践9篇;(3)支挡结构的变形与压力8篇;(4)桩基础按变形控制设计5篇;(5)纠偏工程的变形控制6篇;(6)其他7篇。本书内容反映了该领域的最新科研成果。

本书可供从事地基基础工程的科研、设计、施工及教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地基基础按变形控制设计的理论与实践/黄熙龄主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2001.1
ISBN 7-5629-1660-8

I. 地…

II. 黄…

III. 地基基础-按变形控制设计-文集

N. TU470

武汉理工大学出版社出版发行

(武昌珞珈路122号 邮政编码430070)

武汉理工大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:408千字

2001年1月第1版 2001年1月第1次印刷

印数:1~700册

定价:60元

中国建筑学会地基基础分会 2000 年学术年会论文集

地基基础按变形控制设计的理论与实践

(武汉·2000 年 12 月 17 日~20 日)

主办单位:中国建筑学会地基基础分会
湖北省土木建筑学会土工专业委员会
承办单位:华中科技大学土木工程学院
协办单位:武汉金石建筑科技有限公司
武汉立兴岩土工程技术有限公司
中国科学院武汉岩土力学研究所
武汉理工大学
武汉丰达地质工程勘察公司
中路集团公路二局一处
中港二航局五公司
总参工程兵科研三所

会议组织委员会

主 任:黄熙龄(院士)

副主任:滕延京 刘祖德 白世伟 袁内镇 陈传尧

委 员:王铁宏 钱力航 陶 玲 王靖涛 王元汉 卫 军
卢哲安 张季如 王 军 贾 燎 冯晓腊 杨应科
王贤成 李欢秋 郑俊杰

论文编辑委员会

主 编:黄熙龄(院士)

副主编:滕延京 王铁宏 袁内镇

编 委:(排名不分先后)

张永钧 顾晓鲁 侯光瑜 顾宝和 李广信 潘秋元
陈如桂 唐杰康 杨 敏 黄求顺 黄绍铭 白世伟
刘祖德 王靖涛 王元汉 卫 军 袁海庆 霍凯成
贾 燎 郑俊杰

目 录

一、地基基础按变形控制设计

关于地基基础规范若干问题的讨论	王铁宏(1)
地基基础按变形控制设计与工程实践	滕延京(8)
高层建筑天然地基变形特点和分析方法	张乃瑞(13)
超载预压法的变形控制设计原理与应用	朱向荣 潘秋元(20)
筏板基础的沉降控制设计法研讨	林本海 刘玉树(24)
浅基础及桩基础在高层建筑中的联合应用	韦 宏(30)
CFG 桩复合地基在大底盘高层建筑应用实例	
..... 阎明礼 张东刚 马 骥 张 震 刘彦生(34)	
北京城乡贸易中心(二期)工程地基与基础协同作用分析	
..... 沈 滨 张乃瑞 张凤林 于 玮(42)	
二元联立方程组法在减少沉降量桩基中的应用研究	
..... 朱向荣 余 钢 冯军洪 林 柏(48)	
考虑上部结构刚度的基础沉降分析	白永宏(52)

二、复合地基的变形控制与工程实践

CFG 桩复合地基在华亭嘉园超高层建筑中的应用	
..... 张东刚 马 骥 阎明礼 张 震 王全久(60)	
强夯技术在“九五”重大工程项目中的应用实例分析	
..... 王亚凌 吴延炜 王铁宏 吴春林 蔡梓林(70)	
素混凝土桩复合地基试验研究及应用分析	吴永红 刘秀凤 刘 梅 刘俊卫(76)
望京新城 A4 区 I 组团 6 栋高层建筑地基处理	
..... 张震 马骥 张东刚 王全久 阎明礼 杨俊霞 张雷 张剑锋 李洪伟(81)	
望京小区高层住宅地基基础设计与沉降观测	张国庆(89)
碎石桩处理软土地基的沉降分析	徐池明 郑俊杰(96)
大连市国际网球中心网球馆基础设计研究	王立长 尚春雨(99)
变长度高压旋喷桩复合地基在高层建筑中的研究应用	陶建强 张季超 陈一平(105)
多元复合地基按沉降控制理论设计在软土地基处理中的应用	
..... 李俊 王瑜 王林 贾燎(110)	

三、支挡结构的变形与压力

伴随基坑挡墙共同变形土压力分析方法探讨·····	钱建国	高广运	吴世明	程鸿鑫(114)
支护桩结构同步优化研究·····	莫海鸿	周汉香	陈尤雯(120)	
桩锚支挡结构体系·····	黄求顺	胡岱文	黄漫(128)	
软土基坑排桩支护受力与变形特征·····			吴铭炳(133)	
双排桩基坑支护结构的时空性状分析·····	暴雨		顾晓鲁(138)	
喷锚网在深基坑支护工程中的应用·····	王勇		郑俊杰(145)	
基坑支护变形与信息施工·····			马驯(149)	
预应力钢管锚杆承载力计算方法及在武汉国际会展中心深基坑围护加固中的应用·····	何新	谭先康	李欢秋	张向阳(153)

四、桩基础按变形控制设计

桩基础变形控制设计中的软件技术与应用·····	杨敏	熊巨华	王瑞祥	冯又全(158)
高层建筑复合桩基原位试验研究分析·····			倪士坎	冯军洪(164)
大直径灌注桩高压注浆效果的检验·····				刘锡安(170)
陡倾斜薄层软弱岩层嵌岩桩承载力的试验研究·····	彭涛	顾宝和	武威	葛少亭
·····	丁陈建	马金荣(180)		
短桩一筏基中短桩承载力计算方法探讨·····	彭小荣		郑俊杰(191)	

五、纠偏工程的变形控制

软土地基上某综合楼纠偏工程实录·····	韩选江	李延和	任亚平(194)	
某油库工程油罐倾斜原因分析·····		唐孟雄	陈如桂(200)	
静压注浆法在某住宅楼加固纠偏中的应用·····	唐明辉	李国生	杨魁(205)	
复合地基处理某商住楼桩基础工程质量问题及监理·····	彭惠刚	张季超	李健强(208)	
特殊条件下建筑物的托换技术·····	郑俊杰	贾燎	袁内镇	李猛(212)
托换技术控制既有建筑变形的应用探讨·····	邓能兵	张杰	张名利	毕琦(214)

六、其他

静压预制桩挤土效应的预估与防治·····	王伟堂	裘华君	詹红琴(218)	
考虑变形条件下埋管管道上作用土压力的计算·····	刘全林	杨敏	周质炎(224)	
加筋路堤软基变形有限元分析·····	张曙光	谢新宇	谢康和	潘秋元(229)
下卧软土层承载力的试验分析·····			蔡来炳	施峰(236)
水泥土的电阻率特性研究·····	刘松玉		于小军	缪林昌(241)
珠江三角洲地区某软基试验段次固结变形分析·····			邵俊江	冯晓腊(246)
新二管法在抛石地层防渗处理中的应用·····	苏学灵	姚顺章	张震	查振衡(251)

关于地基基础规范若干问题的讨论

王铁宏

(中国建筑科学研究院 北京 100013)

摘 要 本文从规范修编背景、地基承载力极限状态表达式的讨论、分项系数的分析对比,包括结构和地基可靠度的讨论,与国外有关规范的对比等方面对《建筑地基基础设计规范》中的若干问题进行了讨论。

关键词 地基 基础 承载力 分项系数 设计

1 对地基基础规范中关于承载力问题的讨论

根据建设部标准定额司的要求,《建筑地基基础设计规范》与《建筑结构设计统一标准》、《混凝土结构设计规范》等重要工程建设标准规范均被列入本次全面修订计划,这是地基规范 89 版实施 10 年来第一次全面修订。《建筑地基基础设计规范》属强制性标准。为充分做好本次规范的全面修订工作,主编单位中国建筑科学研究院已会同有关单位的专家学者进行了多种方式的探讨、研究,政府主管部门已组织规范主编单位对包括北京、上海、天津、福建、浙江等地进行了 89 版实施状况的调研。通过调研证明,89 版规范在 74 版基础上进行了改进,提高了层次,思路清晰、编排简明、实用方便,对地方标准的编制工作起到了一定的指导作用,成为编制地方标准的重要依据,同时在工作建设中发挥出一定的经济、社会效益,工程实践中经得起检验,没有出现不符合规范的要求而建筑物破坏的实例。调研同时表明,目前在向统一标准靠拢的过程中,出现了各规范之间基本规定不尽相同,设计表达式和术语不统一的情况。随着工程的大规模开展,新技术不断涌现,某些成熟的技术、方法应考虑纳入规范。

本次规范全面修订,拟定的主要内容包括:对基本规定、地基基础设计的表达式、山区地基、软弱地基、深基坑支护、地基处理、筏式基础等进行修订和补充,进一步完善向可靠度过渡中有关技术探讨,促进与相关规范的协调。修订工作中需要研究、探讨的课题很多,有些甚至是学术界探讨多年的,如地基基础荷载组合和分项系数,承载能力极限状态和正常使用极限状态表达方式,地基参数基本值、标准值、设计值的确定,统计方法、变异系数,此外与相关规范如桩基、勘察规范及地方标准规范之间的关系。简而言之,规范的修订,主要目标不外乎三条:①通过系统控制避免严重误差;②通过选择最合理的计算模型及公式消除系统误差;③通过“以分项系数表达的以概率理论为基础的极限状态设计方法”进一步减小可能存在的随机误差。

参加本规范全面修订工作的专家学者来自全国各主要科研、教学、勘察、设计、施工单位,代表了不同的地区。本着既要考虑国际接轨,又要依据地域广阔,地基条件十分复杂的实际情况,实事求是,提出具有适应国情的解决办法的原则和既要先进,又要合理的原则进行规范的修订工作。

1.1 89 版规范颁布执行后的基本情况

89 版规范在 74 版基础上经过专题研究,调查总结当时国内的科研成果和工程实践经验,

进行了九个方面内容的修订:①根据《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84的要求,规定了设计原则和计算方法,根据《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ 83—85的规定,修改了符号、计量单位和基本术语;②对土的分类和描述作了部分修订,规定了砂土的下限,增加了粉土一类,修订了红粘土的定义;③增加用岩石单轴抗压强度确定岩石地基承载力的方法,取消老粘土和新近沉积粘性土的承载力表,增加粉土承载力表,修订了红粘土承载力表,采用数理统计方法确定的工程特性指标;④修订中国季节性冻土标准冻深线图,补充了不同冻胀类型地基防冻害措施;⑤验算软弱下卧层采取上、下土的压缩模量之比确定压力扩散角;⑥补充建筑物的地基变形允许值,修正沉降计算深度的确定方法,调整沉降计算经验系数;⑦修订挡土墙主动土压力的计算方法;⑧补充高杯口基础设计,增加柱下条基和墙下筏基的内容;⑨补充扩底桩,增加桩基嵌岩时的承载力计算,修订桩基承台抗弯计算。

规范管理组于1995年11月提出局部修订建议方案,对89版规范多处内容,包括一些表达式和术语的统一提出局部修订建议。

89版规范颁布执行以后正是以“八五”计划、“九五”计划为标志,国民经济迅猛发展,工程建设方兴未艾的时期,是74版至89版规范15年间无法比拟的,工程建设中提出了大量的新课题、新技术,有些早已突破规范的内容,有些已明显反映了规范内容存在的时间局限性。如高层建筑经过短短几年,我国已建成了最高建筑达420.5m的金茂大厦,在世界最高建筑中排名第三,还有最深基坑达-23.76m的京城大厦,在世界100栋最高建筑中所占比例,我国的排名已属前列。高层建筑提出了许多新的地基基础问题,核心的是承载能力极限状态和正常使用极限状态表达式,和原有半经验公式的适用性,此外还包括抗倾覆破坏,沉降-回弹计算,风荷载所产生的重心偏移影响,桩基与桩土共同作用,深基坑支护及其土压力计算等;又如沿海软土地区正成为建设热点地区,软基、非均匀地基的处理问题日益突出;一些新工艺、新技术应运而生,有些工程项目的处理面积多达几十万、几百万平米,规范的指导意义非常重要;再如各地在89版规范基础上陆续编制了地方标准,如上海、天津、北京、广东、福建、浙江、重庆以及深圳、南京、沈阳等,有些有影响的行业标准也已颁布执行,如《建筑桩基技术规范》、《建筑地基处理技术规范》,以及其他行业标准如港口地基基础规范、油罐地基基础规范等,与89版规范配套的勘察规范、施工验收规范等。89版规范与这些规范以及这些规范之间已经出现了一些不协调现象,如表达式、术语等,容易造成设计人员误解甚至设计混乱,通过这次全面修订,89版规范应负起示范和带动作用,对地方标准、行业标准起指导、协调作用。

1.2 对国内外规范的分析比较

1.2.1 国外规范

经对欧洲地基基础规范(Eurocode 7,由欧共体18国共同编制),美国ACI《钢筋混凝土房屋建筑规范》318M—89、前苏联建筑法规《房屋及建筑物地基》СНП2.02.01—83等国外主要规范所做的综合分析比较,不难看出我国89规范与这些主要规范的总体水平是一致的。在结合国情方面,89规范更为实用。

首先分析对照Eurocode 7,该规范关于地基承载力计算仍然采用解析解公式和半经验公式同时给出的办法,并不规定何种情况下用解析解,何种情况下用半经验公式,交由设计人员具体掌握,或由欧共体各国规范再行规定。但通过分析德国规范DIN4017、英国规范BSI—BS8004—1986看出,也基本如此。解析解又称直接法,是用计算模型、作用效应的设计参数和地基参数对各种极限状态进行分析。当检验承载能力极限状态时,设计计算应尽可能准确地模

拟破坏时的力学关系,这里所采用的基本公式仍为汉森承载力公式。但承载力系数 N_r 进行了改进,仍考虑形状和荷载倾斜,但不考虑地面和基底倾斜,且关于倾斜系数亦不同于汉森(1968)式。其实汉森公式本身与 Terzaghi、Vesic 公式一样都是在 Prandtl 原理基础上发展起来的近似公式,故其近似概率分析只能采用分项系数法,称为“以分项系数表达的以概率理论为基础的极限状态设计方法”,包括作用效应的分项系数 γ_F ,对于永久作用效应取 $\gamma_F=1.0$,可变作用效应原取 $\gamma_F=1.3$ 。后经改动分成三种情况对应地基承载力计算,永久荷载仍为 $\gamma_F=1.0$,材料特性分项系数 $\gamma_{m, \text{土}}=1.25$ (原为 $1.2 \sim 1.25$), $\gamma_{mc}=1.6$, $\gamma_{mcu}=1.4$,地基抗压强度分项系数 $\gamma_{mqc}=1.4$,三种状况不得混用,即将适用于一种状况的分项系数应用于另一种状况。情形 1 对应地基基础的抗浮稳定计算。情形 2 对应由于地基过大沉降差引起的结构杆件单元失效,仅涉及基础本身的计算和支护结构本身的计算。情形 3 对应由于地基抗剪强度失效而引起的整体失效包括地基承载力失效,指整体失稳、倾覆的承载能力极限状态,包括深基坑支护结构的计算,如 Schulz 失效模型, Gaessler 失效模型,这两种模型均为力平衡模型,是抗滑破坏计算依据,与结构杆件单元强度指标无关。因此,情形 3 应当是我们重点研究的内容。

分项系数的制定原则是:①土的抗剪强度参数是具有最重要的概率密度;②土自身的不变荷载作用效应是次要的随机变量;③几何尺寸一般是影响不大的随机变量,除个别情况以外,如基坑开挖一旦超挖影响特别巨大;④荷载作用效应应根据不同情况而定。

欧洲规范中地基承载力解析解计算针对不排水条件(饱和土)和排水条件两种情况半经验公式仍为 89 版公式,参数 K 作了适当调整。半经验法又称假定土反力法,根据可资比较的经验,现场原位观测试验或室内土工试验及选择对应的极限状态的作用荷载,以确定是否满足极限状态的要求。

美国 ACI 和前苏联规范基本采用的是 Vesic 解。浙江、福建、广东、深圳、沈阳等地标准仍与国标 89 版保持一致,即 Terzaghi 解,参数和系数上略有调整。北京采用 Terzaghi 公式但引入 De-Beer-Vesic 基础形状系数,亦可称为 Vesic 解。

值得作一简单介绍的是某行业标准(征求意见稿),其原规范地基承载力计算为汉森公式,曾拟改用 Sokolovski 滑移线法,目的在于直接引入近似概率法,因为索氏解是一纯理论解,不再含有经验或简化成份,该规范(征求意见稿)所采用的近似概率法认为与 c, φ 相关,正态分布,但如何考虑地基空间场效应,尚属岩土工程之极其重大研究课题。若仅与样本数有关,与场地尺寸、空间场距离无关,将岩土问题按结构问题考虑势必产生歧义。一般认为,地基基础能否引入近似概率方法解决参数的空间场问题至关重要,未考虑地基参数空间场影响的近似概率方法还有待进一步证实。在这方面的明显超前,甚至走到结构规范的前面,目前还缺乏充足的理论和实践。该规范亦同时将 89 版规范的半经验公式列入附录中,笔者认为其目的是要让设计人员便于计算。

1.2.2 各种计算方法的分析对比

汉森公式(1968)适用范围广泛,可用于条形、矩形、圆形地基承载力验算,包括垂直荷载、倾斜荷载、地面倾斜等情况。汉森公式的五个特点:①承载力系数 N_c, N_q 是 Prandtl 无重土的理论解;②倾斜系数 i_c, i_q 是在用极限平衡概念求得的倾斜荷载作用下无重土滑动面基础上的理论解;③汉森对倾斜系数 i_c, i_q 修正的目的是试图以更简化的形式使汉森接近 Sokolovski 的理论解 $1.5(N_q-1)\tan\varphi$;④ N_r 是在分析了 Meyerhof 公式和 Lundgren、Mortensen 等的解的基础上,找出的一种介于二者之间的经验公式;⑤汉森给出半经验公式 $i_q^2 =$

$\left(1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi}\right)^4$ 后, 又根据 Odgaard 和 N H Christensen 的计算成果于 1968 年修正

为 $i_s^* = \left(1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi}\right)^5$, 汉森公式最初是建立在无粘性土基础上, 而对于粘性土来说, 则存在一定差异。

由于汉森公式中含有半经验性和近似简化的参数, 直接推行标准化, 引入近似概率方法尚有难处, 故 Eurocode 7 采用的是“以分项系数表达的以概率理论为基础的极限状态设计方法”。

汉森公式中, 当 $\varphi > 0$ 时, 深度修正系数的概念是由于基础埋深部分(覆盖层)的抗剪强度发挥作用而引起的承载力增加, 与 D 和 B 有关, 这种影响对浅基础是有限的, 故 Vesic 公式中关于浅基础承载力不考虑深度系数, Eurocode 7 未引入深度修正系数, 而仅仅考虑了基底以上覆盖层的重量(q)引起的承载力增大, 去掉了原公式中的深度修正系数(d_s, d_c)。

对于各土层抗剪强度指标相差不大的多层土地基, 需求得加权平均 c, φ, γ , 才能计算地基的极限承载力, 而求加权平均 c, φ, γ , 需已知地基的最大滑动面深度。

各种极限承载力公式, 都是采用假定滑动面的方法并根据塑性体的静力平衡条件, 分别求出由于粘聚力 c , 超载 q 和土的自重 γ 所引起的承载力, 然后进行叠加得到总的承载力公式, 因此, 各个承载力公式中由于 c, q 和 γ 所组成的每一项实际上并非同一滑动面的情况下得到的, 而且在求解过程中都将滑动土体当作不变形的刚塑性体来考虑。实际上, 土体在荷载作用下, 不但会产生压缩变形而且也将发生剪切变形, 这就是目前各种承载力公式中共同存在的主要问题以及难以真实地反映实际情况的主要原因之一。

在滑动面的假设上, 各公式基本上都是由基础下的三角楔形体、辐射向剪切区和朗肯被动区所组成。但是由于各公式对基础底面的粗糙程度所做的假设以及滑动面形状大小的不同, 使得承载力有着明显的差别, Meyerhof 公式考虑到基础两侧超载土抗剪强度的影响, 其值最大; Terzaghi 和 Vesic 次之, 汉森公式所得结果最小, Vesic 和汉森分别用深度系数以考虑超载土抗剪强度的影响, 但仍小于 Meyerhof 计算值。

Meyerhof 公式由于考虑了基础两侧超载土的抗剪强度的影响, 在理论上是较为合理的, 但计算极为复杂。Terzaghi、汉森、Vesic 公式都是在 Prandtl 的原理上发展起来的近似公式。Terzaghi 公式仅适用于中心荷载, 对于局部剪切破坏的情况, 其建议用降低强度指标的办法加以修正, 因此对于疏松或易压缩的软土地基也能适用。汉森公式对中心荷载的极限承载力公式进行了各种修正, 适用于中心倾斜荷载, 并以成层土当强度指标相差不太悬殊的情况提出了近似的计算方法, 但对于可能产生局部剪切破坏的松软地基承载力的计算并未提出建议。Vesic 公式对中心荷载极限承载力进行了更全面的修正, 同样适用于中心近似荷载, 此外其用刚度指标来判别地基的破坏对承载力的影响, 又对双层地基的承载力提出了合理的建议。

从承载力公式中可知, 由土重 γ 所引起的承载力, 不仅取决于土的物理力学性质, 而且随着基础宽度的增大而增加, 因此, 在工程实践中, 当遇到地基不能满足承载力要求时, 常常采用加大基础宽度来提高其承载能力。Vesic 指出, 在一定 φ 值时, 承载力 N_r 不是常量而是随基础尺寸增大而减小, 因此, 不能通过任意加大基础宽度来提高地基承载力, 否则将会达不到应有的效果。另外, 增加基础宽度, 反而增加了受压层的范围, 加大了基础的沉降, 影响到建筑物的正常使用和安全。

正如规范管理组在其一份调查资料“地基基础设计中按承载能力极限状态时的分项系数

和理论计算公式”中所指出的,“由于天然地基性质从其组成、沉积时间、历史、初始应力状态等来说,都极其错综复杂,很难用相应的力学模型加以模拟”,用一个能适用于各种土层分布,各种应力状态的理论公式求解地基基础问题几乎是不可能的,只能在一些假定条件下通过简化而推出理论公式,并根据实际工程经验进行某种修正,用于解决实际工程问题。所分析比较的各种理论公式中,系数 N_s 、 N_q 差异不大, N_r 的计算确有实质性区别。如果能够认识趋同,选择或提出一个适用范围较广的理论公式,则必须将计算结果与现有方法的结果对照,从而为确定较为合适的抗力分项系数的范围做准备。

1.3 对规范修编的几点建议

目前在尚不能全面应用概率极限状态设计方法之前,在形式上要确定既能与上部结构计算配套,又能顾及已有的工程经验和设计方法的合理性,而设计水准又和现状比较符合、以分项系数表达的地基基础设计表达式,处理好这个问题,也便于和地方标准进行协调。

鉴于规范全面修订中应考虑增加必要的内容,按照成熟一条,修订一条的原则进行较全面修订,建议做如下工作:

(1)进一步明确地基基础设计中承载力极限状态和正常使用极限状态的基本原则,给出两种极限状态下荷载组合原则,荷载分项系数和抗力分项系数,给出承载力计算、沉降计算、整体稳定计算中分项系数表达式。也可考虑采用解析解和半经验公式同时给出的办法,对于特别重要的建筑,可采用两种方法计算,对于一般建筑仍采用方便实用的半经验公式。如列入地基极限承载力理论公式,采用以分项系数表达的以概率理论为基础的极限状态设计方法,但分项系数暂不明确规定,有待今后研究确定或各地标准补充。该半经验公式是根据大量载荷试验数据和建筑物实际观测资料统计整理提出,充分强调直接检测手段具有无可争议的实用意义。

(2)对土(岩)分类中,岩石、粉土的划分范围和状态描述要充实、完善,对土性指标的试验方法,数据统计等进一步确认。

(3)对于高层建筑的基础埋深、地下水的影响、冻土地基的基础埋深及处理等,要结合工程实践增补内容。后者要与冻土规范协调。

(4)应考虑增加基坑支护设计的基本原则,如主动土压力和被动土压力的计算等。在挡土墙计算中补充被动土压力系数,以反映山区地基的建筑经验。

(5)在沉降计算公式中补充回弹再压缩量计算。

(6)应考虑列入地基处理新方法、新技术、设计原则等。

(7)适当修改补充扩展基础、增加箱基、柱下筏板基础。

(8)充实完善桩基础部分,为桩基等规范与本规范的原则一致作准备。

(9)建筑的安全等级及有关设计原则可进一步充实和说明。

(10)基础构造可进一步充实,锚固长度项规定应与正在全面修订的规范协调一致。

考虑到本规范的作用,应控制住重大安全的问题,在基本原则、概念、术语使用上力求统一,土性参数上以地方经验为主,强调地方规范的作用。规范全面修订中,应考虑国内国际的实际水平。

规范全面修订过程中,要做好与相关规范,如岩土工程勘察规范、地基处理规范、桩基规范、施工验收规范等的协调工作,使规范之间并行不悖,方便设计人员使用。

另外,关于地基基础规范中的分项系数的规定,本文作者将专题介绍。

2 近期围绕可靠度问题的纷争

2.1 问题的提出^[1]

1984年编制的《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84,采用了以概率可靠度为基础的极限状态设计方法,即在概率基础上统一设计方法,用失效概率度量结构的可靠性(通称可靠度),抗力与荷载效应相互独立,随机过程化为随机变量,以经验为校准点。但是,结构的可靠度的计算至今尚有三个约束条件未突破,除去抗力和荷载效应相分离及随机过程化为随机变量以外,对结构可靠度而言,目前仅能计算构件截面可靠度。因此目前计算出的可靠度并不能直接换算成结构的破坏概率,它与结构的整体倒更无可比性。它只是一个指标,作为工程决策的依据。关于可靠指标 β ,只是构件截面可靠度的一种简化形式,也是为了给工程师做决策提供依据。事实上,工程界还有其他一些指标系统,如 D (损伤程度), K (安全系数)。它们也可以容纳一些统计参数,也可以帮助工程师决策。但是,应该肯定,以概率可靠度为基础的极限状态设计方法是一个方向。同时,也应当理解,在一些重要参数可统计性很差时,有一些部门还需采取另外的形式。此外,基于结构功能的设计方法,考虑可修性的设计原则已开始开展。

从我国结构设计规范的发展历史来看。50年代,内地经济从一个贫困落后的水平艰难起步,结构设计规范是照搬前苏联的,而前苏联与西方相比当时的结构安全水平也是低的。70年代对结构设计规范的修订,未从本质上改变结构的安全水平;而现行的结构设计规范中的可靠指标,基本上是根据80年代以前的实践水平通过校准法确定的。从结构学科的发展、社会经济条件的转变看来,现在的结构设计存在以下几个不足:

(1)设计结构时未考虑结构的全生命周期的总费用。结构的生命周期可分为三个阶段:建造阶段、正常使用阶段和老化阶段。在这三个阶段中,结构面临着不同原因引起的风险,平均风险率也不同。

(2)目前结构安全水平与国民生产总值增长的形势不相吻合。尤其是近20年来,经济增长迅速,城市化程度也越来越高,城市里积累的财富越来越多。据统计,我国1960年的国内生产总值为427.70亿美元,到1999年,国内生产总值超过1万亿美元。但这么多年来,结构的安全水平却没有本质的更改和提高。这样下去,任何地区一旦遇到如地震、洪水、台风等自然灾害的袭击,由于结构失效引起的各种损失将是巨大的。

(3)而结构的安全水平未适应建筑商品化的要求。商品化要求建设项目通过招、投标进行建设。在建设项目招、投标时,并非报价越低越好。今后,人们只有到房地产市场买房,那么房屋的质量状况将是人们买房时进行选择的重要参考,只有高质量的房屋才会使得业主的投资取得最佳效果,才会是人们的首选。人们可以轻易地发现:由于提高安全水平而增加的工程造价,在总造价中所占比例越来越小。

2.2 研讨的实质内容

建设工程结构设计可靠度水平的确定,是建设工程经济技术政策的课题,是强制性标准规范的核心。必须从实际国情出发,在多年技术研究的基础上,比照国外经济发达国家强制性标准规范,来选择和确定建设工程结构强制性规范的可靠度水平。

作者所在单位承担着300多项建设工程标准规范的编制工作,理应积极参与这一课题的

研讨,以期尽快完成新版结构标准规范的修订工作并使其颁布执行,以促进我国建设事业发展。强制性规范是技术立法,应当有广泛的专家学者和工程技术人员共同参与。

近期开展的关于可靠度分析的讨论,对促进科技进步,使标准规范编制更加合理、准确地适应经济技术的发展,是非常必要和及时的。笔者认为,讨论的结果归纳起来有以下四个层次:

第一层次,强制性标准规范作为技术法规,在进入 WTO 以后,其维护国家主权和民族工业利益的功能将日渐突显,应当保持规范的特点,慎重研究“接轨”问题。

第二层次,标准规范是普遍性遵守原则,并非最先进技术,在从计划经济向市场经济的转型过程中,工程技术人员的观念转变十分重要。一方面,设计、施工人员应当明白,在投资主体多元化以后,强制性标准规范是共同遵守的底线,高出底线一些甚至更多,是经济问题。另一方面,编制者也要转变观念,切忌把编制规范当成为了个人搞科研,急于将自己的成果融于规范,满足于成果推广的成就感,更不能把规范当成一部分学术观点的推行措施,切忌把规范当成指南,当成手册,事必躬亲,越俎代庖。这样做既不利于技术创新,也不利于发挥工程技术人员的智慧和才干。

第三层次,误差分为三个等级:随机误差、系统误差、严重误差。规范是在正常使用状态下,正常设计、正常施工的技术规范,其功能在于研究随机误差并通过选择合理的公式、合理的参数、合理的施工措施、合理的监理监测来消除随机误差。强制性标准规范是在此基础上,通过 20 余年的研究积累和工程实践所总结的,是与当前的经济技术发展水平相适应的,与各国规范比较也是适度的,并已被工程实践所证实。随着经济技术发展,人民生活水平提高,投资主体多元化,适当调整可靠度水平也是必要的。我们不能同意某些观点,如要规范解决非正常使用、非正常设计、非正常施工的系统误差和严重误差问题,任何的技术法规都承担不了这样的功能,而只能通过行政法规来解决。

第四层次,适当调整可靠度水平,必须考虑到目前经济发展阶段的特点,因为尚有很大比例的政府投资项目,必须测算出由于此项调整会使政府增大投资的总体情况。这已是一个经济政策研讨问题了,是一个更深的层面,决非工程技术专业可以解决的。通俗一点说,我们只解决为什么可以调整一点可靠度以及调整后测算其影响工程造价增减幅度的技术问题。

参考文献

- 1 刘西拉、蒲德群,再论“必须提高我国结构安全设置水平”,建筑科学,1999,15(5)

地基基础按变形控制设计与工程实践

滕延京

(中国建筑科学研究院地基基础研究所 北京 100013)

摘 要 笔者根据近年参加《建筑地基基础设计规范》编制工作及自己的工作体会,指出地基基础按变形控制设计,首先要控制地基基础的绝对变形和差异变形量,其次要根据地基基础的变形特征确定基础设计的计算方法。

关键词 地基 基础 变形 设计

1 前言

众所周知,地基基础设计应该满足上部结构对地基承载力、变形和整体稳定要求。地基承载力确定是在满足地基变形和稳定性要求条件下,地基基础设计满足建筑物使用功能时允许采用的数值,当满足这一特征时,在场地土层倾斜值不大情况下,工程建筑大部分均能满足稳定性要求。对于特殊场地、坡地上的建筑物的稳定计算,规范中已作了专门规定。所以地基基础设计在满足稳定要求前提下的主要工作,一是要控制地基基础的绝对变形量和差异变形量,满足建筑物使用功能要求;二是应根据地基基础的变形特征,合理确定基础结构的设计计算值,满足基础结构安全性要求。

近年来,随着地下空间的开发利用以及建筑功能设计的要求,主裙楼一体的结构,大底盘基础上多塔主体结构等新的结构型式,对地基基础设计提出了新的要求,按变形控制设计显得更为重要了。

本文通过作者参加规范编制工作的体会,针对地基基础设计规范对按变形控制设计思想的体现以及需解决的问题谈谈自己的看法。

2 地基基础按变形控制设计

2.1 应该考虑上部结构—基础—地基相互作用的影响进行地基基础变形和差异沉降计算

众所周知,不同的上部结构、基础与地基的相对刚度,决定了基础变形特征,如图1所示,绝对柔性基础无调整变形能力,当荷载均匀时,基础呈“盆形”沉降,而绝对刚性基础,基础不产生相对挠曲,基础沉降均匀,而对于上部结构、基础刚度与地基刚度有一定比值时,基础具有一定的调整变形的能力。目前地基基础规范的变形计算,是按一定的地基反力分布,按自由沉降计算原则计算沉降,没有考虑上部结构和基础刚度的影响。为了考虑计算模型对地基变形计算的影响,通过工程实测资料统计,确定了地基沉降计算的修正系数。当由地区沉降观测资料统计确定修正系数时,使地基最大变形计算值与实测值接近、满足工程设计要求。对于相对柔性结构,例如单层工业厂房排架结构独立基础,上部结构对地基变形的调整能力很小,或者对高层建筑,框架、框剪、框筒结构由于刚度相对较大,地基计算主要控制其最大变形量以及倾斜

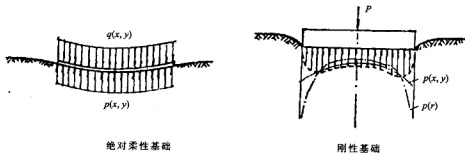


图1 基础刚度对地基变形的影响

值,按目前规范的沉降计算方法,可以满足设计要求。但对于多层框架结构,主裙楼一体结构,大底盘多塔结构,不仅要控制最大沉降量,而且要控制差异沉降量,必须考虑上部结构、基础、地基相互作用影响,进行地基变形计算。工程实测与数值分析的结果,考虑上部结构刚度及不考虑地基变形特点如图2所示。考虑上部结构和基础刚度后,基础最大沉降减少,相对弯曲减少,但边缘沉降值大于自由沉降计算值,图3所示几个工程的实测与是否考虑结构刚度影响的计算值的比较,可以看出考虑上部结构、基础刚度后的计算结果与实测更接近、更合理。

前面谈到,目前地基基础设计规范规定的沉降计算方法,当有可靠地区经验确定沉降计算修正系数后,最大沉降量的计算可以满足工程设计要求,对于差异沉降计算,虽然也是安全的(因为其计算的差异沉降大于考虑上部结构刚度影响的计算值与实测值),但不是合理的。近几年的科研工作与工程实践总结,使考虑上部结构、基础刚度影响的沉降计算方法,逐渐进入实用化,相信这些成果会进一步提高地基变形计算的可靠性、合理性、安全性。

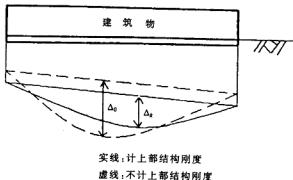


图2 考虑上部结构刚度与不考虑的地基变形特征

2.2 必须考虑地基变形特征,确定基础结构内力计算方法

考虑地基变形特征,确定基础结构内力计算方法实际上就是考虑上部结构、基础和地基相互作用,确定内力计算方法,这在规范的具体条文中已有了多处体现。例如:

对条形基础:

在比较均匀的地基上,上部结构刚度较好,荷载分布较均匀,且条形基础梁的高度大于1/6柱距时,地基反力可按直线分布。条形基础梁的内力可按连续梁计算。

对于箱形基础:

当地基压缩层深度范围内的土层在竖向和水平方向较均匀,且上部结构为平立面布置较

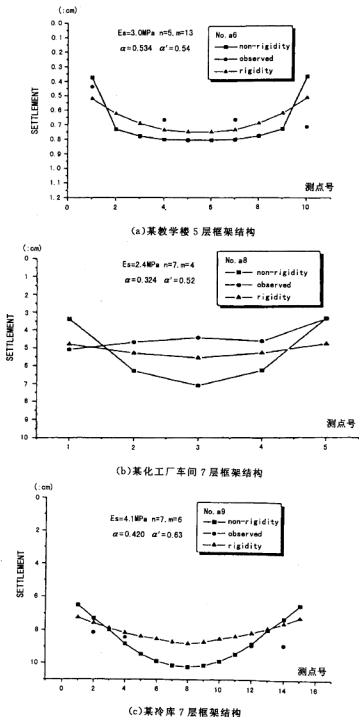


图 3 是否考虑上部结构刚度沉降计算值与实测值