

跨进

设计院

系列丛书

建筑结构 设计快速入门

(第2版)

刘 铮 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

跨进

设计院

系列丛书

建筑结构 设计快速入门

(第2版)

刘 铮 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书针对刚跨进设计院的年轻结构设计人员,不仅明确了年轻工程师必备的基本功和基本概念,还提供了结构设计人员在设计中需要记忆的一些数据和内在规律,以及记忆这些数据的方法与窍门。通过类比和实例,提供了各类混凝土构件(梁、板、柱、各类基础)的简化手算方法,同时笔者还增补了“快速提高部分”作为概念设计的深化与规范的延伸以及细化。考虑到目前由于市场原因,结构加固改造工程日益增多,“似是而非”的错误加固做法泛滥,于是笔者有意增加了一章节的比重,着力讲述了如混凝土梁、柱扩大截面法中最可靠、最禁得起实践考验和反复推敲的设计方法,以及加层工程中增设楼层梁典型的可靠做法——支座侧面“槽键连接法”与“围套法”等正确做法,用以纠正目前泛滥已久的动辄“植筋”加固等错误做法。

本书适用于刚跨进结构设计这一行的结构设计人员和一些在读的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构设计快速入门/刘铮编著. —2版. —北京:中国电力出版社,2010.11

(跨进设计院系列丛书)

ISBN 978-7-5123-1125-1

I. ①建… II. ①刘… III. ①建筑结构-结构设计
IV. ①TU318

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第227528号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:梁瑶 联系电话:010-63412605

联系方式: yao-liang@ydm.com.cn

责任印制:蔺义舟 责任校对:郝军燕

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2007年8月第1版 2011年3月第2版·2011年8月第5次印刷

700mm×1000mm 1/16 21.75印张 412千字 2插页

定价:48.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

——结构设计“必有捷径”、“终有捷径”

真诚感谢广大读者一直以来对《建筑结构设计快速入门》的关注和支持，自2007年3月第1次出版，本书深受读者欢迎是笔者与编辑最初构思此书时始料未及的。

为了回报读者长期以来的支持，应读者的普遍要求，为了强调和灌输结构的“概念”设计，本书进行了改版，第2版中占用了近70%的篇幅，着力新增了很多结构设计的“新观点”，如结构加固改造设计的新观念和新措施、单跨框架并非都被禁用、“短柱未必都可怕”、各类结构基础选型、“短连梁构造”的新措施等章节作为快速提高部分，用以深化“概念”设计与延伸及细化目前的现行结构规范。

此外，为了能让刚跨入设计院的年轻结构设计人员坚定设计信心，充分认识：结构设计对于不同起点的人都能胜任，并非有些设计院宣传的那么“深不可测”和“高不可攀”，结构设计其实只要有个计算器，做几个加减乘除的线性计算就能很快结束。

于是笔者于本书中提供了较多不同于规范方法的简化手算方法和经验公式，其源于结构设计前辈们或笔者的推导，是多年来工程设计经验的提炼和总结。这些简算方法主动快捷，不被动依赖电算，力求读者读后能够“速成”为一个概念清晰、思路敏捷，对大小结构问题敢于且善于拍板的高水平结构设计师。

同时笔者一直认为，规范是用来不断“突破”的，而不是用来“机械执行”的，只要有充分的科学依据。当然，对于现行规范中大部分正确合理的条文，执行，显然是设计师的天职。

但是对于个别错误条文，也包括个别强制性条文，不识别、不分析就教条的“抱残守缺”，肯定不是结构师的本分和水平。只有“善于突破规范”，技术才能不断进步，僵化教条的“恪守规范”肯定会约束科技的发展。

北京市建筑设计研究院（全国设计大师）程懋堃总工程师的观点是“工程是千变万化的，一个规范实施一两年后都是落后的”，规范依据的是过去的科研成果，但科学技术是不断进步的，用过去的规范，约束将来的发展是不正确的。笔者理解为，永远是先有实实在在的工程实践，然后才会有对应的规范面世。“工程本身永远先于规范。”

由于水平和精力的限制，不能穷尽所有的设计失误，笔者会在后续的著作中加以补充，力求完善。

编著者

第 1 版前言

这本书旨在说明有关结构设计的三点内容：

第一，结构设计是“平民”设计，不是高学历者垄断着的设计，笔者虽然也是结构专业的工学硕士，但实在感到对于结构设计，任何一个中专生、高中生都能胜任。如果同年开始做设计，只要认真做每一个工程，不断总结和记忆有用的经验数据，做到善于积累，低学历不一定就比高学历差，因为真正设计实用的计算方法，只要有个计算器，加减乘除就能完成。

第二，结构设计，不是多神秘的设计，多年来由于同行业的竞争，结构设计工作经常被有些设计院有意无意地神化，好像是多么高不可攀，一般人不能胜任。本书旨在逐层剥开结构设计的神秘“面纱”，如果读完这本书，觉得结构设计只不过就是在正确的概念设计指导下作的加减乘除的线性运算，那么本书的目的就达到了。

第三，结构设计，也更不是教科书中步骤繁琐复杂的设计作业，因为复杂繁琐的方法永远是短命的东西，总会有简化了的手算方法替代常规教科书中的理论算法，有时也能完全替代精确的电算方法，笔者将几年来本人或前人归纳提炼的简化手算方法或公式，单独提出来，呈现给刚参加工作的年轻结构设计人员，使之感到结构设计终有捷径，并非教科书中那样繁琐复杂，令人望而生畏。

本书特色：

针对刚跨入设计大门的结构设计人员，本书力求把复杂的概念设计，深入浅出，通过类比和实例，说深讲透。

本书大部分算法和公式不同于规范方法的简化手算法和公式，而是经过笔者或结构设计前辈较严谨的推导，是多年来工程设计经验的提炼和总结。算法和公式简单实用，易于操作，化繁为简，一步到位。简化手算法不被动依赖电算，主动快捷。

本书定位为设计院入门丛书，力求读者读后能速成为一个概念设计清晰，思路敏捷，对大小结构问题敢于且善于拍板的高水平结构设计师。

编著者

目 录

前言

第1版前言

第1章 结构设计人员所必须具备的基本功和所必须掌握的基本概念	1
1.1 年轻结构设计人员所必须具备的基本功和所必须掌握的基本概念	1
1.1.1 重点阅读勘察报告	1
1.1.2 如何配合建筑专业拟订结构布置方案	15
1.1.3 如何初估各种结构构件的截面尺寸	24
1.1.4 熟记民用建筑设计荷载	26
1.1.5 熟记各种钢筋以及多根同规格钢筋的总截面面积和助记技巧	31
1.1.6 熟记常用到的不同梁宽单排最多能放置各种规格钢筋的总根数	33
1.1.7 熟记常用到的混凝土强度设计值和记忆方法	33
1.1.8 学会利用计算手册的结论,提高设计效率	34
1.2 结构设计师所必须掌握的基本概念	34
1.2.1 结构或构件尽可能拉结成整体,不宜“各自为政”	34
1.2.2 有关钢筋锚固的构造原则——优先采用平直段锚固,并且构件优先自锚	39
1.2.3 “次要让位于主要”的原则——明确哪些钢筋的位置 对结构设计来说更重要	41
1.2.4 混合结构未必都可采用	44
1.2.5 钢筋和混凝土强度等级何处用高,何处用低	45
1.2.6 结构设计(特别是基础设计时)何时用荷载设计值,何时用标准值	46
1.2.7 结构设计中哪些构件适合手算,哪些适合电算	48
1.3 快速提高部分——概念设计的深化与规范的延伸以及细化	49
1.3.1 钢筋的三种连接方式——焊接、搭接、机械连接“孰优孰劣”	49
1.3.2 伸缩缝与解决结构裂缝问题的深入理解与具体措施	51
1.3.3 关于纵向受力钢筋最小配筋率问题的新观点	53
1.3.4 关于框架柱轴压比限值的深入理解	53
1.3.5 改进规范“框架结构适用高度及抗震等级”问题的新观点和深入理解	55
1.3.6 为避免形成短柱,地震区目前要求楼梯折板(休息板) 不宜支承在半楼层高处的小梁上	56
1.3.7 框架结构中被“轻视”的砌体填充墙震害问题的深入理解	57
1.3.8 “短柱未必都可怕”的观点	59
1.3.9 框架结构中“小梁高”观点的设计依据和实践检验	62
1.3.10 “梁柱节点区混凝土强度可随梁的低强度等级浇筑”的新观点	64

1.3.11	单跨框架并非都被禁用	67
1.3.12	“凡是框架柱,就放大底层柱底的截面弯矩”的错误观点	67
1.3.13	“梁上开洞高度不应大于梁高的 1/3 的要求”是无充分依据的	69
1.3.14	“梁上洞口四角要求加斜钢筋的构造”并无必要	69
1.3.15	“柱箍筋构造可适度放松”的新观点与“梁纵筋在柱节点外连接”的 构造探索与实践检验	69
1.3.16	“短肢剪力墙较多的剪力墙结构”的定义和新观点	72
1.3.17	剪力墙上开洞大小,对墙肢受力的“质”和“量”的影响	75
1.3.18	“《高规》位移限值可适度放松”的新观点	76
1.3.19	剪力墙“约束边缘构件”的要求	77
1.3.20	多、高层剪力墙结构的剪力墙构造边缘构件的要求	80
1.3.21	“短连梁构造”的新观点	82
1.3.22	剪力墙“错洞处连梁纵筋及箍筋”的构造建议	84
1.3.23	“少墙框架结构”的观点和实践检验	87
1.3.24	框剪结构之剪力墙设置“边框”的必要性	88
1.3.25	框剪结构嵌固部位的构造措施	88
1.3.26	框剪结构中楼梯的构造措施	89
1.3.27	“少量框架的剪力墙结构”的设计观点	89
1.3.28	有关基础埋深的新观点	89
1.3.29	各类结构基础选型的新观点	92
1.3.30	筏板基础设计的新观点	94
1.3.31	柱下条形基础的简化设计	100
1.3.32	高层建筑与裙房之间不设沉降缝的措施	101
第 2 章	结构加固改造设计方法	104
2.1	加固改造设计中,应掌握的基本概念和基本知识	105
2.1.1	检测与鉴定的必要性	105
2.1.2	改造、加层、加固设计的责任归属、设计依据、加固后使用年限、 设计原则与要点	105
2.1.3	材料和施工	107
2.2	混凝土板典型的加固改造方法——叠合层法	108
2.2.1	叠合层法的实质与设计要点	109
2.2.2	叠合层法的工程实例	110
2.3	目前混凝土梁、柱扩大截面法中最可靠、最禁得起实践考验和 反复推敲的设计方法	119
2.4	加层工程中增设楼层梁的典型的可靠做法——支座侧面 “槽键连接法”与“围套法”	122
2.5	加层工程中增设剪力墙的典型的可靠做法	127
2.6	原有剪力墙上开洞的可靠做法	128

2.7 加固改造设计中的常见失误与正解	129
2.7.1 不区分情况,加固设计中一律采用粘钢	129
2.7.2 原砌体结构承重墙后开门洞,采用粘钢的错误方法	131
2.7.3 头脑中没有“多与原结构拉结”、对原结构“多保留少破坏” 的设计概念和原则	133
2.7.4 后作梁与原结构剪力墙横剖面节点设计构造和施工做法	137
第3章 混凝土结构中板的简化算法	140
3.1 板的结构分类及工程设计要点	140
3.1.1 单向板板厚尺寸的经验确定	140
3.1.2 板支座嵌固度的经验确定	141
3.1.3 楼梯梯板配筋的简化算法以及配筋经验图表	142
3.2 双向板配筋的算法	142
3.2.1 一般双向板板厚的经验确定和不需要设次梁最大板块经验尺寸	142
3.2.2 一般双向板配筋的计算方法	143
3.2.3 异形双向板等效为规则双向板的经验方法	143
3.2.4 异形双向板配筋的工程算例	144
3.3 挑板配筋的简化手算法和经验配筋图表	146
3.3.1 挑板板厚的经验确定和可不设置挑梁的挑板最大悬挑尺寸的经验确定	146
3.3.2 挑板配筋的简化手算法和构造要求及其经验配筋表格	146
3.4 新规范板配筋的构造要求变化后设计应注意的要点	147
第4章 混凝土结构中梁的简化算法	148
4.1 板向梁导荷载的简化手算法	148
4.1.1 单向板向梁导荷载的简化手算法和算例	148
4.1.2 双向板向梁导荷的简化手算法和算例	148
4.2 梁配筋的简化算法及适用条件	149
4.2.1 梁截面最小尺寸的经验确定以及支座嵌固度的经验确定	149
4.2.2 单跨梁配筋的简化手算方法	151
4.2.3 单跨梁配筋的算法	151
4.2.4 各跨度不等的多跨梁配筋的简化手算方法	152
4.3 挑梁配筋的简化手算法和经验配筋率	152
4.3.1 挑梁截面尺寸的经验确定和构造要求	152
4.3.2 挑梁配筋的简化手算法	153
4.3.3 挑梁的工程算例	153
4.4 新规范梁配筋的构造要求变化后设计应注意的要点	153
4.5 梁设计时考虑施工质量和效率的若干建议	154
第5章 各类混凝土结构中柱的简化设计方法	155
5.1 柱轴压力(板梁向柱导荷载)的简化手算法	155
5.2 柱截面尺寸的简化手算确定方法(手算一般从中柱开始)	155

5.3 柱配筋的经验算法和构造要求	156
5.4 混凝土柱的工程算例	157
第6章 各类基础的实用简化算法	158
6.1 单独柱基及柱基间拉梁的实用简化算法	158
6.1.1 单独柱基尺寸初估的实用经验算法	158
6.1.2 单独柱基底板配筋的两种不同于规范的简化算法及其适用条件	163
6.1.3 单独柱基间拉梁的实用简化设计	165
6.2 筏板基础(梁板式)的简化手算方法	169
6.2.1 梁板式筏板基础中板的简化算法	169
6.2.2 梁板式筏板基础中地梁的简化算法	173
6.3 各类条形基础的简化手算方法	176
6.3.1 条形基础的结构分类及工程设计的要点	176
6.3.2 各类条形基础的简化手算方法	176
6.3.3 混凝土墙——柱下混合条形基础的简化手算方法	183
第7章 学会编制正确、完整的结构设计总说明	186
7.1 钢筋混凝土结构设计总说明之可共用说明	186
7.1.1 结构概述和设计标准	186
7.1.2 绘图说明与 03G101-1 图集增补、改进内容	194
7.1.3 主要材料	197
7.1.4 钢筋混凝土结构一般构造要求	198
7.1.5 地基基础设计施工要求	200
7.1.6 框架—剪力墙结构构造要求	203
7.1.7 人防部分的特殊要求	210
7.1.8 非承重构件	211
7.1.9 一般混凝土结构施工要求	212
7.2 框架—剪力墙结构设计总说明示例	214
7.2.1 工程概况	214
7.2.2 建筑结构的安全等级、设计使用年限等结构设计标准	214
7.2.3 自然条件与抗震设防有关参数	214
7.2.4 本工程相对标高±0.000 相当的绝对标高	215
7.2.5 本工程设计遵循的标准、规范、规程	215
7.2.6 本工程设计计算所采用的计算程序	215
7.2.7 设计采用的均布活荷载标准值见表 7-13	215
7.2.8 地基基础	215
7.2.9 主要结构材料	217
7.2.10 钢筋混凝土结构构造	218
7.2.11 其他注意事项	223
7.2.12 构件代号	224

7.3 砌体结构设计总说明之可共用说明	230
7.3.1 结构概述和设计标准	230
7.3.2 绘图说明	234
7.3.3 主要材料	234
7.3.4 钢筋的连接与锚固	236
7.3.5 地基基础设计施工要求	236
7.3.6 混凝土楼屋面板、梁的构造要求	239
7.3.7 构造柱与圈梁、过梁	244
7.3.8 楼梯间构造要求	245
7.3.9 小砌块房屋的芯柱与灌孔要求	245
7.3.10 小砌块承重墙体的设计与施工要求	246
7.3.11 砖砌体承重墙的设计与施工要求	246
7.3.12 填充墙	247
7.3.13 幕墙	248
7.3.14 女儿墙	248
7.3.15 一般施工要求	248
7.3.16 构件代号	249
7.4 砌体结构设计总说明示例	249
7.4.1 结构概述和设计标准	249
7.4.2 绘图说明	253
7.4.3 主要材料	253
7.4.4 钢筋的连接与锚固	255
7.4.5 基槽开挖的施工要求	255
7.4.6 混凝土楼屋面板、梁的构造要求	256
7.4.7 构造柱与圈梁、过梁	258
7.4.8 楼梯间构造要求	259
7.4.9 承重墙的设计与施工要求	259
7.4.10 填充墙	259
7.4.11 幕墙	260
7.4.12 女儿墙	260
7.4.13 一般施工要求	260
7.4.14 构件代号	260
7.5 多、高层钢结构设计总说明之可共用说明	260
7.5.1 结构概述和设计标准	260
7.5.2 绘图说明	262
7.5.3 主要材料	262
7.5.4 钢结构的制造	264
7.5.5 构件连接	265

7.5.6	焊缝连接	266
7.5.7	螺栓的连接与固定	267
7.5.8	钢结构的安装	267
7.5.9	钢结构防腐要求	268
7.5.10	钢结构防火要求	268
7.5.11	填充墙	269
7.5.12	构件代号	269
7.6	多、高层钢结构设计总说明示例	269
7.6.1	结构概述和设计标准	269
7.6.2	绘图说明	272
7.6.3	主要材料	273
7.6.4	钢结构的制造	274
7.6.5	构件连接	274
7.6.6	焊缝连接	274
7.6.7	螺栓的连接与固定	274
7.6.8	钢结构的安装	274
7.6.9	钢结构防腐要求	275
7.6.10	钢结构防火要求	275
7.6.11	填充墙	275
7.6.12	构件代号	276
附录 A	深受弯构件承载力表	277
A.1	深受弯构件正截面受弯承载力表	277
A.2	深受弯构件斜截面受剪配筋表	301
附录 B	楼梯	309
B.1	现浇钢筋混凝土板式楼梯配筋表	309
B.2	现浇钢筋混凝土梁式楼梯配筋表	313
附录 C	预埋件	320
C.1	预埋件受弯剪承载力表	320
C.2	预埋件受拉弯剪承载力表	322
参考文献		335

第 1 章 结构设计人员所必须具备的基本功和所必须掌握的基本概念

1.1 年轻结构设计人员所必须具备的基本功和所必须掌握的基本概念

行行都有基本功，建筑设计也不例外。基本功是内功，是自己的东西。有基本功在身，就能熟练、快速地进行计算和设计，下面谈的内容对电算、手算工作都很重要。不仅包含一些基本要求，还提出了一些年轻设计师在设计中需要记忆的一些数据（包括记忆这些数据的方法和窍门）和应该了解其中的规律。基本功内容不胜枚举，下面有选择地罗列几条笔者认为较重要的基本功，作为示意。

1.1.1 重点阅读勘察报告

对刚跨进设计院的年轻结构设计师，当开始第一次独立担任专业负责人或者设计人时，按照施工顺序，首先要完成的施工图就是基础施工图。而进行基础设计时惟一有效的基础资料或法律依据，就是勘察单位提供给我们勘察报告。勘察单位对勘察报告负全部责任，设计单位的责任就是采用和正确运用这些数据进行合理、安全、经济的基础设计。勘察报告主要是科学详尽地分析工程所在场地的地基情况。这里说的地基，通俗地说，地基其实就是土，这是个重要概念，话虽“粗糙”，但是硬道理，以后还要在 CFG 桩复合地基的基本概念里展开叙述，由于篇幅原因，这里不再赘述。

基础是上部结构的落脚点，而地基（或土）又是基础的落脚点，换句话说，土是“基础”的基础。所以刚开始进行结构设计的工程师，要想把结构弄明白，必须先把土弄清楚。幸运的是，对于这部分工作，勘察单位为我们承担了绝大部分的基础工作，他们也提供了结构设计所必需的基础参数和数据，比如持力层的地基承载力和地下水位标高等。设计师只需要会看会用这些基础资料，就可以迈出基础设计的第一步，这也是最关键的一步。

但这也非易事。现在的勘察报告，越做越厚。年轻工程师第一次接触到勘察报告，第一句话就是“这么厚，看什么，怎么看呀！”第二句话则是“要全看完了，得看到什么时候呀？”笔者 5 年前接触到的勘察报告还只是几页，最近看到的某些勘察单位出具的几份三四层框架—剪力墙结构小楼的勘察报告，动辄就有

二十多页，而对基础设计实际有用的基本内容还是那么多。笔者原因分析有两条：①GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》的出台严格界定了勘察单位与设计单位的责任和义务，以强制性条文的形式明确或增加了一些必须由勘察单位提供的勘察内容和基础数据。例如，规定对饱和砂土和饱和粉土（不含黄土）的地基，除了6度设防外，应进行液化判别；存在液化土层的地基，应根据建筑的抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况建议采取相应的措施以及评价场地稳定性和抗震效应等，这当然是勘察报告内容和页数增加的合理原因。②这是勘察市场放开后，竞争的结果，一些小勘察单位为了体现自己的工作量和认真态度，对自己的报告进行了细腻的“精装修”，笔者2003年看到一份外地某个小勘察单位出具的3层框架—剪力墙结构小楼的勘察报告，里面又是彩图又是勘察原理和方法，使得一份本来6~7页就可以表达清晰的报告“加肥加大”到17页。笔者对这种做法不做评论，只是建议初搞结构设计的设计师两点：①切忌一看到“体重肥胖”的勘察报告就晕，没耐心也没信心看了。②也别逐字逐句，从头到尾，一字不漏地阅读，这样非但浪费宝贵的设计时间和精力（设计任务往往时间紧迫，争分夺秒），还会造成抓不住重点，“稀汤喝了不少，干的没吃到就撑饱了”的恶果。以上两种极端和误区，一定要避免。笔者鉴于此，下文就逐条展开说一下。刚跨进设计院的年轻结构师该有选择有重点地看哪些内容和数据，次要地看哪些东西，少看甚至根本不看哪些东西。

1. 有选择有重点地看哪些内容和数据

(1) 直接看结束语和建议中的持力层土质、地基承载力特征值和地基类型以及基础砌筑标高。

持力层，顾名思义是支持全部上部结构的受力土层，该名字就形象地表达了其土层的重要性。没有了持力层，全部结构就没有了落脚点。地基承载力肯定是持力层提供的承载力，一般用千帕（kPa）为单位，特别指出千帕和吨的换算关系式， $10\text{kPa}\approx 1\text{t}/\text{m}^2$ ，比如地基承载力为180kPa（千帕），实际上就是我们一些工作时间长的同志所说的 $18\text{t}/\text{m}^2$ ，这不是叫法的区别，而是概念的不同。往往刚跨进设计院，一般年轻设计人员都会有老同志“传帮带”，同他们沟通的一个前提就是将学校教材里的法定计量单位，及时换算成老同志常说的他们熟知的单位。举个例子，老工程师常说：“楼面活载取200kg”，实际就是法定计量单位制的活荷载取 $2\text{kN}/\text{m}^2$ （这里切记 $1\text{kN}\approx 100\text{kg}$ 的换算公式）。年轻结构设计人员不会熟练迅速的换算这些单位，就很难与有经验的老同志顺畅交流，迅速成长为结构设计的“业内”人士。

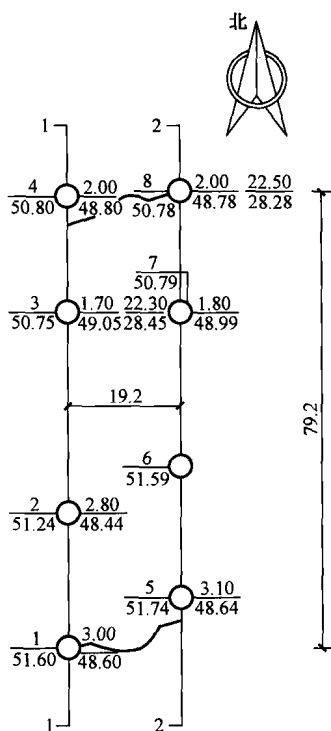
从持力层土质提供的承载力特征值大小可以初步判断该土质的好坏。一般认为持力层土质提供的承载力特征值不小于180kPa（即18t）的为好土，低于180kPa的土可认为土质不好。一般情况下，按照地基承载力由大到小排序为，

稳定岩石、碎石土>密实或中密砂>稍密黏性土>粉质黏土>回填土和淤泥质土。此外,北京地区土质较好,而且北京西部比东部土质更好一些。希望在北京进行工程结构设计的设计师,应牢记这个规律和经验。例如一幢22层左右的建筑建在西部,则一般天然地基就可以满足要求,但若建在东部,由于此地区一般为黏质粉土或粉质黏土,而且相对地下水位较高,所以天然地基一般不能满足承载力的要求,故北京常采用CFG桩复合地基,这是一种用桩挤密和加固地基而形成复合地基土的地基处理技术和方法。经过处理后的复合地基承载力特征值可达到600~700kPa(即60~70t),笔者曾设计的地上30层地下2层的建筑地基处理就是采用了CFG桩复合地基。土质的好坏往往关系到基础形式的确定。

举个工程实例,笔者曾设计过一个地下1层,地上局部3层和4层,大部分为两层的框架一剪力墙结构的基础,由于勘察报告提供的持力层土质的承载力特征值为150kPa(即15t),因为150kPa小于180kPa,不算好土,于是考虑到基础面积需要大些,故此基础类型就选择了筏形基础(反梁板式),而没有选择勘察报告建议的单独柱基加防水板(顺便解释一下,有地下室时一般加防水板,是让它作为地下室地面,如果不设地下室就会从地面向上渗漏水,若本工程没有地下室只做单独柱基就可以了)。当然不是说做成单独柱基加防水板就绝对不可以,只是考虑到土质不好,选择单独柱基时基础面积会比较大,单独柱基底板配筋也会跟着加大,另外防水板构造的最小厚度也需200~250mm,其构造的最小配筋也不会小。而选择筏形基础底板厚度按照经验估计3~4层的房子不会超过300mm,事后计算250mm已经就满足设计要求了,于是分析后觉得选择筏形基础也许更经济,至少不会亏损。这样经过综合考虑,无论是从土质好坏的结论分析,还是从经济角度对比,选择筏形基础比单独柱基要合理些。

说到承载力有必要记住一个常识性的数据,即回填土的承载力特征值。回填土,也就是老工程师们所常说的“虚土”,承载力特征值一般为60~80kPa(即6~8t)。虽然任何勘察报告都不会建议持力层选择在回填土上,但往往一些层数低矮的丙丁类建筑物,例如单层的砖房住宅、单层大门、荷载比较小的临时建筑或构筑物,基础往往没必要挖得很深。持力层落在回填土上,也是允许的。设计这些基础的时候,需要牢记住回填土的承载力特征值,很必要,因为这些不算重要的或荷载很小的建筑物,一般不要求写出正规的勘察报告。

最后再看勘察单位所建议的基础砌筑标高,也即确定埋深。勘察方一般建议一个大致标高,例如“基础砌筑标高建议43.7m或以下”,有个大的原则性规定即可。具体数值还要由设计人员结合工程实际情况确定。在不危及安全的前提下,基础尽量要浅埋。这可能是从经济的角度考虑,因为基础开挖得越深,土方量就越



图例: 钻探点号 孔口标高 水位深度 水位标高

图 1-1 现场实测钻探点建筑平面配置图

大, 人工费也就越高, 工期拖的时间就越长。依据经济专业测算, 地下部分所占的造价一般是工程总造价的30%~50%, 这笔费用也很可观。

除了浅埋外, 还有埋深的上限, 那就是基础至少不得埋在冻土深度范围内, 否则基础就会受到冰反复胀缩的破坏性影响。这里应记住常用数据, 即北京地区市区内或其近郊区冻土深度一般为 0.8m, 远郊区冻土深度为 1m (顺便插一句, 我们的结构施工图按照中华人民共和国住房和城乡建设部规定进行图样外审时, “基础的冰冻深度和±0.000的绝对标高”两项一般要求明确书写在结构总说明的基础一般说明中, 做到审查时对基础概况一目了然)。

在不违反上面两大规定的前提下, 下面具体分析一下怎样结合现场实测钻探点建筑平面配置图 (图 1-1) 以及钻探点号对应的地质剖面图 (图 1-2), 共同确定埋深的具体标高。

(2) 怎么结合钻探点号看懂地质剖面图, 并一次确定基础埋置标高。

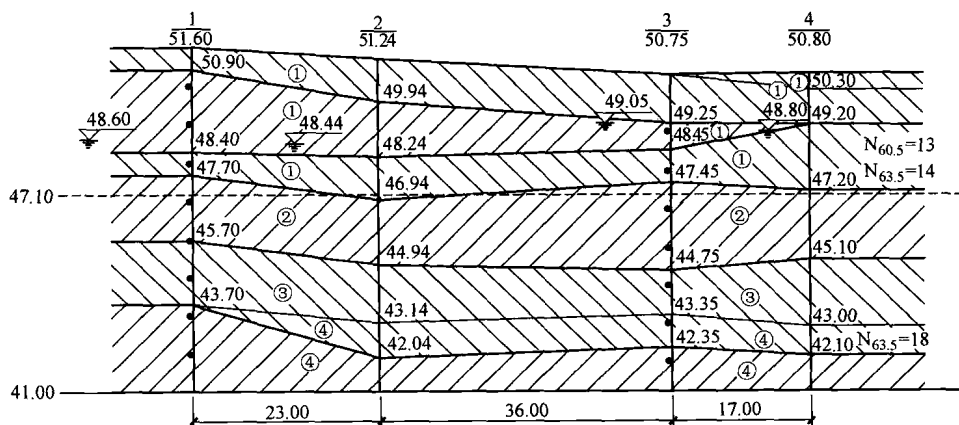


图 1-2 钻孔点所对应的各层土质 1—1 竖向剖面图

一般勘察单位会在工程所在地现场选取有限的几个有代表性的点,通过钻孔深入探察各点的竖向各层土质,然后将所选取的钻探点号的各层土质情况通过连线段的方式绘制一张地质剖面图(图1-2)。这张剖面图则是设计师确定基础埋置标高的关键图。

确定方法:设计人员第一步应该以报告中建议的最高埋深为起点(用铅笔),画一条水平线从左向右贯穿剖面图(图1-2中水平虚线),看看此水平线是否绝大部分落在了报告所建议的持力层土质标号层(如粉质黏土②层)范围之内,这时一般有3种情况:①此水平线完全落在了报告所建议的持力层土质标号层范围之内,这是最好的结果,那么可以直接判定建议标高适合作为基础埋置标高。②此水平线绝大部分落在了报告所建议的持力层土质标号层范围之内,极小的一部分(小于5%)落在了建议持力层土质标号层之上一邻层,即进入了不太有利的土质上,这时本着基础宜浅埋的经济原则,仍然可以判定建议标高适合作为基础埋置标高,但日后与勘察单位一起现场验槽时,必然要共同配合,采取有效的措施处理这局部的不利软土层,目的是使得软土变硬些,一般处理措施是局部换填或是局部清掉,视具体情况加豆石混凝土或素混凝土替换。③此水平线绝大部分并非落在了报告所建议的持力层土质标号层范围之内,而是大部分进入到了持力层之上一邻层,这说明建议标高不适合作为基础埋置标高,须进一步降低该标高,直到以降后的标高为起点所绘制的水平线绝大部分或完全落在了持力层土质标号层范围之内为止。

举个工程实例,图1-1是××大学生公寓勘探点在建筑物平面中的配置图,图1-2是勘探点(钻孔点)所对应的土质1—1竖向剖面图,勘察报告中提供的建议基础埋置标高为47.1m及以下,持力层土质为粉质黏土②层,持力层土质的承载力特征值为160kPa,地层土质概述中提及回填土①层为粉质黏土、粉土。

下面运用上述方法判定报告建议标高是否作为最终基础埋置标高。按照上述步骤,在1—1竖向剖面图中用铅笔以47.1m为起点绘制一条水平线段,左右贯穿剖面图(如图1-2中水平虚线所示),应注意到此水平线绝大部分落在了粉质黏土②层范围之内,仅仅一小部分进入了持力层之上一邻层,即①层回填土,符合上述的第二种情况,可直接判定建议标高47.1m适合做基础埋置标高,对于局部未进入持力层的小部分回填土,后来在与勘察单位一起现场验槽时,我们共同协商,采取了有效的措施,视现场具体情况,采取局部清除,用级配砂石或豆石混凝土替换掉小部分回填土的方法进行处理。

(3) 重点看结语或建议中对存在饱和砂土和饱和粉土(即饱和软土,但不含黄土)的地基,是否有液化判别。

饱和和软土在地震强度的作用下的液化判别现其重要性已上升为抗震规范中的

一条强制性规范,过去一段时间勘察单位出具的勘察报告中往往不太重视饱和和软土在地震作用下的液化判别,大部分报告不明确提供液化判别,也许是因为提供此液化判别,就要相应作大量细致的技术工作,另外提供准确了当然没问题,提供不准确要冒一定风险,也要承担责任,所以干脆就不提及这部分内容。但在现在肯定不行,既然抗震规范中已经将它明确为强制性内容,就意味着没有突破的余地。我们的设计人员如果发现没有饱和和软土液化判别的勘察报告,完全有权力退回报告,让勘察设计院重新补充且明确液化判别,这样做会保护设计人员自己,万一由于土质液化问题而造成了工程震害或工程事故,设计院将会不承担任何责任。

为什么液化判别如此受到重视,下面展开来说一下饱和和软土的液化问题对建筑物地震时的破坏性影响。一般来说,高宽比再大的高层钢筋混凝土结构建筑,在强震时,往往不会发生整体倾覆,这是个重要工程经验,要切记。有过这方面的计算结果表明,8度地震区,二类场地土,钢筋混凝土建筑的高厚比假定为5,在常遇地震时地面处的倾覆安全系数为3,安全储备相当大。估计是因为地震震动的反复性,当震动经历第一个半周期时,建筑物竖向一侧假定被拉屈,而经历了第2个半周期时,这一侧又被压实,如此反复循环,所以不会整体倾倒。实际上即使遭遇到罕遇地震时,建筑物一般也是坍塌而不会倾覆,唐山大地震震害也印证了这个观点。但对液化地基上的建筑倾斜或是倾倒却是很可能的,这是因为平时地基土中的水分同土“紧密团结”为一体,与土共同承托支持整个建筑物的重量,这时土中水分是有利的。而当地震时,地基土会被振实下沉,而水分会漂上来,基础原来是坐落在坚实的地基上,而此时却落脚在含水量急剧加大后的地基上,类似完全漂浮在水上,可想而知,泡了水的地基土承载力会大幅度丧失,于是漂浮在水中的建筑物会整体倾斜甚至倾倒在水中。

综上所述,我们可形象地理解饱和和软土的液化判别对地基来说是至关重要的一项技术指标,必须要求明确提供,责任重大,不得含糊。

(4) 重点看两个水位——历年来地下水的最高水位和抗浮水位。

现在的报告一般要提供几个水位,其中有2个对设计来说是必要的水位,一个是历年来地下水的最高水位,比如某勘察报告这样写:“历年来地下水的最高水位:1959年、1971~1973年水位接近自然地面。”一般设计地下构件如地下混凝土外墙配筋时,要使用这个水位,来计算外墙受到的水压力。

另外一个抗浮水位,抗浮水位顾名思义是对于地下室层数较多,地下水的浮力对建筑物较大,而地上层数少的竖向荷载小的低矮建筑物,为了防止建筑物施工完成后活荷载未施加(通俗地说人还没踩到楼地面上去)时,在水浮力的作用下,“漂浮”起来的设计水位。当估计建筑物有可能抵抗浮力不满足要求时,一般设计院会要求勘察单位提供明确的抗浮水位。抗浮水位一般要比历年来地下