

建设工程 施工技术^与质量控制

蔡军兴 王宗昌 崔武文 编著

中国建材工业出版社

建设工程施工技术与质量控制

蔡军兴 王宗昌 崔武文 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建设工程施工技术与质量控制/蔡军兴,王宗昌,
崔武文编著. —北京:中国建材工业出版社,2018.6

ISBN 978-7-5160-2051-7

I. ①建… II. ①蔡… ②王… ③崔… III. ①建筑工
程—工程施工—工程技术②建筑工程—工程施工—质量控
制 IV. ①TU74②TU712

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第262165号

内 容 提 要

本书主要内容包括:建筑结构及优化设计、地基处理及地下工程、砌体结构工程、混凝土质量控制、建筑节能及保温工程、建筑防水设计施工及工程总承包运行模式等7个方面。

本书力求文字精练,通俗易懂,符合现行规范及工艺标准。可供建筑及结构设计人员,施工技术及现场管理人员,材料设备供应、工程监理、质量监督、工程经济人员及建筑专业院校师生学习参考。

建设工程施工技术与质量控制

蔡军兴 王宗昌 崔武文 编著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市海淀区三里河路1号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:24.75

字 数:620千字

版 次:2018年6月第1版

印 次:2018年6月第1次

定 价:98.00元

本社网址:www.jccbs.com 微信公众号:zgjcgychs

本书如出现印装质量问题,由我社市场营销部负责调换。联系电话:(010)88386906

前 言

建筑工程质量是建筑业参与各方及管理者追求的永恒主题,建筑质量涉及的范围极广,包括决策者、设计的构造措施、材料的材质选择及相互匹配、施工企业素质及操作人员技术修养和熟练程度、工程全过程监理和质量监督及试验检测的技术水平,因而是一个很庞大的系统工程,某一个方面的措施达不到质量标准,都会影响到预期目标的实现。为了给建设和使用者提供安全、可靠、耐久的各类建筑,建筑业多年来从国家到地方各级都制定了相应的规范标准和规程,如果切实执行对保证建设质量极其有效。

作者经历了30多年各类不同建设工程的现场实践,深切感受到由于建设工程参与人员素质的不同,应用规范和标准的力度和理解也存在较大差异。现在一些基层施工单位甚至连最基本的一些资料也不齐备,部分人员未经任何培训但仍然在进行施工操作,可见工程质量控制的难度很大。现代工程使用量最多最广泛的钢筋混凝土及钢结构混凝土已发展到高性能和高强度,其组合成分中外加剂和外掺合料普遍采用,集中搅拌的商品化和泵送技术的普及,从实际效果看结构裂缝的产生更加严重;一些中小型工程由于条件所限仍在现场搅拌混凝土,从原材料拌合料到入模过程控制不严;国家加大了对节能保温建筑材料的应用力度,并制定了相应的强制性技术措施,而围护结构的节能保温材料的应用还存在一些不规范问题,确保建筑节能达到50%~65%目标的实现还需不断努力。各种轻质材料制作的保温砌块的使用在一些地区并不普及,还需要加大推广力度;建筑、防腐、防水、装饰材料,保温材料的成品、半成品、劣质材料仍有一定市场,需要更进一步加大监督力度来规范建筑市场的不规范行为,使建筑产品质量符合现行质量标准。同时国家也必要及时地加大了对建筑工程验收的力度。

现在建筑现场的管理及技术人员,由于工作繁重没有时间和条件来学习不断修订的规范和相关规定,为了便于现场工程技术人员系统学习和掌握专业知识,作者在认真总结多年工程实践经验的基础上,深入学习和理解现行各种规范、规程和标准,写成相对独立性较强的章节供读者参考。

在本书出版之际,很欣慰能与指导老师王宗昌一起执笔共同完成此书,

同时感谢长期关心和支持的同事和朋友。由于作者在实践工作中受到地区建筑的局限性以及学识的浅薄,还会存在一些不足或需要探讨的问题,恳请广大读者同行热情批评指正;同时在写作中参考了大量的技术文献和资料,在此深表感谢。

编者
2017年11月

目 录

一、建筑结构设计及优化	1
1 框架-剪力墙结构概念设计应用分析	1
2 结构优化设计在应用中需注重的方面	5
3 建筑工程平面布置与风玫瑰的应用	10
4 建设工程设计和施工阶段的控制	14
5 框架-剪力墙设计与施工对裂缝的控制措施	24
6 工程框架结构中支撑形式的应用范围	27
7 框架结构抗震中楼梯震害分析及设计应用	31
8 建筑物栏杆的牢固与安全耐久性	35
9 改善和提高短柱的抗震技术措施	38
10 无梁楼板结构的抗震能力及应用效果	44
11 建筑框架-剪力墙结构梁柱节点施工质量控制	50
12 建筑玻璃幕墙设计施工质量控制	53
13 剪力墙在变形缝处模板施工控制	56
14 住宅建筑电气设计要重视安全性	61
15 建筑工程电气设计及施工的质量控制	64
16 建筑防火性能优化设计应用分析	67
二、地基处理及地下工程质量	72
1 建筑基础水文及工程地质勘察的必要性	72
2 水泥稳定碎石基层的施工质量控制	75
3 普通黄土地基工程质量的处理措施	79
4 条形基础及基础托换设计常见问题及对策	84
5 建筑物不良地基的处治与加强措施	91
6 地下工程混凝土裂缝的控制方法	95
7 建筑地下人防洞口常见质量问题及对策	99
8 建筑地基基础质量检测问题处理	102
三、砌体结构工程	107
1 民用建筑工程墙体的质量控制	107
2 砖石结构建筑物的应用研究分析	111
3 框架-剪力墙结构中填充墙的应用	114
4 混凝土装饰砌块墙砌筑施工质量控制	117

5	混凝土砌块强度偏低原因及预防	123
6	加气轻质砌块墙体抹灰裂缝施工控制	129
7	建筑用保温砂浆研制应用技术状况	134
8	提高砖混结构房屋抗震的技术措施	136
9	砌体结构抗震规范的改进与提高	143
10	提高混凝土空心砌块的应用水平	154
四、混凝土设计与施工质量控制		158
1	建筑混凝土结构设计中重视的一些问题	158
2	大体积水工混凝土抗裂设计及施工控制	161
3	大体积混凝土产生裂缝原因与施工控制	167
4	当前泵送混凝土裂缝产生及预防控制	171
5	泵送预拌混凝土堵塞原因及防治措施	174
6	混凝土工程中钢筋的施工质量控制	178
7	混凝土外观缺陷的原因与处理	182
8	混凝土结构裂缝综合修补技术应用	185
9	混凝土结构有害裂缝的成因及预防处理	189
10	建筑施工现场混凝土标养试件强度问题	193
11	混凝土同条件养护试件的强度问题	198
12	水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构	202
13	用点荷法检测混凝土抗压强度技术应用	207
14	掺合料在混凝土中的应用技术	210
15	后张法技术在体外预应力加固中的应用	213
16	提高盐渍土区域混凝土耐久性的原理及方法	218
五、建筑节能及遮阳技术		223
1	现代工程中低碳节能与绿色能源的应用	223
2	建筑外保温系统在节能中的质量问题分析	227
3	砂加气混凝土砌块优化保温技术措施	230
4	节能应贯穿于室内装修装饰中	235
5	节能建筑中窗户遮阳技术的应用	240
6	绿色建筑中暖通空调系统的节能	244
7	各类型电机房屋的建筑及节能改造处理	247
8	外墙外保温薄抹灰的节能设计构造重点	252
9	建筑节能型玻璃结构一体化的工程应用	257
10	建筑节能工程质量检测应重视的问题	261
11	屋面保温用泡沫混凝土应用施工控制	264
12	建筑遮阳技术在工程中的应用	267
13	外墙外保温系统防火的施工技术	270
14	建筑施工中消防质量与监理控制措施	274
15	气凝胶材料在建筑节能领域的应用分析	278

16 提高操作技能是外保温施工质量的重要保证	284
六、建筑防水设计施工技术应用	290
1 建筑防水理念的提升与新型材料的应用	290
2 建筑工程给排水设计的节能节水措施	294
3 房屋建筑雨水系统设计问题处理	298
4 新型屋面防水保温一体化施工技术	303
5 防水施工程序应具有科学易操作性	306
6 建筑外墙的质量与防渗漏预防控制	309
7 房屋建筑在多雨季节防渗漏施工的控制	313
8 屋面防水质量的通病及控制措施	316
9 房屋外墙窗洞口部位渗漏水现状及预防	320
10 提前对基础及后浇带进行防水预处理	322
11 膨润土防水毯(垫)在地下防水工程中的应用	326
12 密封材料在建筑防水工程中的应用	331
13 建筑物基础降水施工的一些技术措施	335
14 木材用于建筑的防潮湿技术控制措施	338
七、建设工程总承包模式及质量管理	343
1 以设计为主体的总承包安装工程现场质量控制	343
2 以设计为主导的 EPC 项目经营管理控制	346
3 项目管理在工程建设中的作用及影响	352
4 钢结构工程管理模式的应用	355
5 落实工程报验制是提高质量的保证	358
6 工程管理人员怎样审查施工组织设计	363
7 建筑结构损伤检测技术的应用与发展	367
8 埋地钢管道防腐补口的质量控制	371
9 直埋“钢套钢”蒸气管道施工质量过程控制	375
10 砖木结构加固改造修复技术措施	379
参考文献	384

一、建筑设计及优化

1 框架-剪力墙结构概念设计应用分析

框架-剪力墙结构是框架与剪力墙两种结构协同工作的结构体系,它具有良好的多道设防功能,并且抗震性能优良。同时该结构还具备平立面,从而可以灵活布置,除此之外它的刚度大及钢材用量较省也是框架-剪力墙的优点,适用于各类房屋。建筑工程中,由于地震的复杂性以及框架-剪力墙结构本身也具有复杂性,结构抗震设计存在着一些不确定性。这些不确定性并不能够通过设计规范完全得到考虑。20世纪70年代以来,经过大量总结和地震灾害的教训发现,对于结构抗震设计来说,概念设计与计算设计具有同等的重要性。在此从框剪结构的特点出发,分别从框架和剪力墙结构及其共同工作的方面,详细分析探讨框架剪力墙结构体系的概念设计中重点处理和解决的具体方面。

1.1 框架-剪力墙结构受力特点

框架-剪力墙结构由延性较好的框架、抗侧力刚度较大且带边框的剪力墙和具有优良耗能性的连梁所组成,具有多道防线。框架结构由框架和剪力墙两种不同的抗侧力结构组成,这两种结构的受力特点和变形性质不同。在水平作用下剪力墙是竖向悬臂弯曲结构,其变形曲线呈弯曲线(如图1-1中**b**曲线所示),楼层越高水平位移增长速度越快;框架在水平力作用下,其变形曲线为剪切型(如图1-1中**a**曲线所示),楼层越高水平位移越慢。框剪结构既有框架又有剪力墙,它们之间能过平面内刚度无限大的楼板在一起,在水平作用下使得水平位移协调性能好,不会各自自由变形,在不考虑扭转影响的情况下,在同一楼层的水平位移必须是相同的。因此,框剪结构在水平力作用下的变形曲线,呈反S的弯剪型位移曲线(如图1-1所示)。

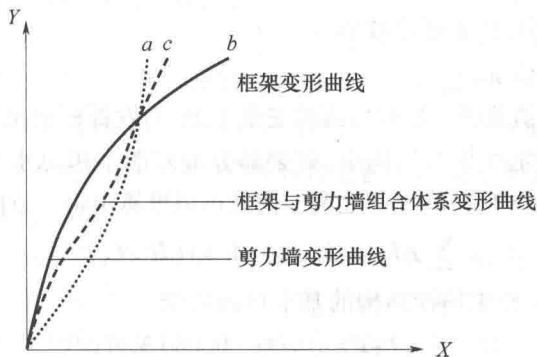


图 1-1 框架、剪力墙及框架-剪力墙结构体系变形曲线

框剪结构在水平力作用下,鉴于框架-剪力墙结构体系的侧向变形特点,由于框架与剪力墙能协同工作,在下部楼层因为剪力位移少,它拉着框架变形,使剪力墙承受了绝大部分剪力,在底部楼层剪力墙承担着总剪力的80%左右。上部楼层则是相反,剪力墙的位移越大,框架的变形反而越小。

在地震较多产生的作用下,考虑了几何非线性后的结构位移曲线和弹性位移曲线较为接近。随着荷载的不断增大,非线性位移曲线越来越偏离弹性位移曲线,这种现象在房屋的上部更加明显,表示在中等烈度地震及大地震作用下,结构非线性特点越来越明显。

1.2 框架-剪力墙结构中剪力墙设计

1.2.1 框架结构中剪力墙的数量及平面布置

在框架-剪力墙结构中,其结构设计应考虑布置成双向抗剪力体系,现行的《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)规范中对框架-剪力墙结构体系平面布置的各条款,目的之一,就是限制结构出现扭转效应,主要从两个方面采取限制措施,首先限制结构平面布置的不规则性,避免产生过大的偏心而导致结构产生较大的扭转效应,其次是限制结构的抗扭曲刚度不能太弱。抗震设计中应采取有效措施,使结构具有必须要的刚度,在此合理布置剪力墙就显得极其重要。具体的布置要求见现行《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)的相关条文要求,在此不再赘述。

在合理布置剪力墙的基础上,确定剪力墙的合理布置数量也是一个比较复杂的问题,在进行结构设计时,框架结构中剪力墙刚度的确定除了必须满足强度需求外,还必须使结构具有一定的侧向刚度,以免在地震作用下产生过大变形。因此,剪力墙刚度的大小会直接影响到结构的安全可靠性,也影响到工程造价。若结构刚度选择较小,会因结构产生过大变形而达不到使用要求;剪力墙刚度过大,则结构自振周期相应减小,地震荷载相应增大,在经济上造成浪费。

在方案设计阶段,作为一个初步估算的方法是按剪力墙的壁率确定。所谓壁率是单位面积上剪力墙的长度,壁率一般小于 $50\text{mm}/\text{m}^2$ 。另外剪力墙的初步布置还可以按剪力墙的面积率来确定,即同一层剪力墙的面积与楼层面积之比,一般认为剪力墙的面积率在2%~4%之间较为合适。随着高层剪力墙体系的应用越来越广泛,一些专家提出了多种确定剪力墙合理数量的估算方法。在现阶段采用较为普遍的方法是由水平位移确定剪力墙合理数量的方法,其主要步骤如下。

① 计算刚度特征值 λ 。

② 确定合理的 λ 值范围。从对抗震的安全考虑,为发挥框架抵抗水平荷载的作用,现行规程JGJ 3—2010规定在框架结构中,框架部分最好能承担总水平剪力的20%~40%。因此,比较合理的 λ 值介于1.1~2.2之间。由此可以推算出每一方向剪力墙的刚度:

$$\sum EI_w = (1.2 - 4.8)(H^2/C_f) \quad (1-1)$$

③ 复合顶点位移:首先估计结构的基本自振周期

$$T: T = (0.06 - 0.08)N \quad (1-2)$$

式中 N ——楼层数。

接下来计算地震作用下结构底部的总剪力:

$$F_{Ek} = a_1 G_{Eq} \quad (1-3)$$

式中 a_1 ——第一周期对应的地震影响系数;

G_{Eq} ——结构的等效总重力荷载。

然后按下式计算顶点位移 δ :

$$\delta = (2F_{Ek} H^3 / EI_w) \cdot (1/\lambda^2) \cdot [(sh\lambda/2\lambda - sh/\lambda^3 + 1/\lambda^2) + (1 - sh\lambda/\lambda)(1/2 - 1/\lambda^2) - 1/6] \quad (1-4)$$

如估算的顶点位移在规范允许范围以内,则可知剪力墙的数量基本符合要求。

1.2.2 框架-剪力墙结构中剪力墙设计一般要求

现行的抗震规范和高层建筑混凝土结构技术规程中对框剪结构剪力墙的设计与一般剪力墙结构是相同的,但是在构造上要求框剪结构的剪力墙周边应设置梁(或暗梁)和端柱,其中楼层处的梁只是作为构造要求的。剪力墙周边框架梁柱承受全部重力荷载,剪力墙受周边框架梁柱的约束,在侧向反复大的变形作用下只是承担剪力,墙板在楼层区格内产生斜向交叉裂缝,达到耗能作用,剪力墙周边框架梁柱仍然承受重力荷载,起到多重防线效果。为了避免裂缝通过楼层梁,梁截面应当满足受剪要求。剪力墙平面内的斜向压撑作用对端柱有较大的附加剪力,尤其是剪力墙底部。从这些浅要分析可以看出现行规范从构造要求设楼层梁或是暗梁,其目的主要是限制剪力墙产生裂缝的发展,剪力墙周边框架梁可以作为第二道防线。高层框剪结构的剪力墙如按一般剪力墙结构设计,不设楼层梁或是暗梁,应看到其不利的方面。

1.3 框架-剪力墙结构中框架部分概念设计

对于框架-剪力墙结构中框架部分的概念设计,主要是考虑框架-剪力墙结构中框架承担总剪力的调整。

剪力墙是框剪结构中的主要抗侧力构件,剪力墙刚度大幅度降低,必将引起整个结构总抗侧刚度的明显下降,从而使结构自振周期增大和结构所受的地震作用减小,进而引起框架-剪力墙结构总体抗侧刚度的大幅降低。由于在层间移位角 θ 达到 $1/550$ 时,剪力墙刚度已经大幅降低,然而此时框架刚度还处于弹性刚度,这就造成框架与剪力墙之间的刚度比值发生了显著变化,这也将对地震作用在框架和剪力墙之间的分配产生重大影响,一般使框架分配到地震剪力的会明显增大。

现行的规范和规程都是用一定比例的底部总剪力 V_b 来调整($V_f \geq 0.2V_b$, V_f 为对应于地震作用标准值且未经调整的各层或某一段内各层框架承担的地震总剪力),这种忽视各层剪力分布规律的做法显然不够合适,再用不大于各层框架分配的最大值 $V_{f,max}$ 的 1.5 倍进行双控,造成概念更加模糊。

国外有研究文献提出:在框剪结构中,框架应不考虑剪力墙,满足其单独承受各层侧力设计值的 25% 进行设计。框剪结构在侧力作用下的分析表明,邻近底部几乎全部楼层剪力都被剪力墙承受,框架则随楼层向上而担负得越来越多。接近高层建筑顶部,剪力墙的剪力可能与作用力的方向相同,也就是框架承受的力大于楼层剪力。按侧力设计值

的 25% 的要求,是为了保证底部柱有足够的刚度和强度,按侧力设计值的 25% 进行二次分析,主要对下部各层框架柱的设计起到控制作用。

1.4 框架-剪力墙结构的整体抗震设计

框架-剪力墙结构同时具有框架和剪力墙,在结构布置合理的情况下,可以同时发挥两者的优点进而互相制约另一方的不足,这种优势互补使得框剪结构更具较大整体抗侧刚度,侧向形变介于剪切变形之间,使层间相对位移变化较平稳,平面布置较易获得更大空间。两者的协调配合形成两道抗震防线。

(1)同单纯的框架相比,框剪结构对梁柱节点的要求较低。在框剪结构中由于剪力墙起主要作用,滞回曲线的捏缩现象是很不明显的,因此,对于梁纵筋在节点的锚固要求也不需像框架结构那样严格。地震是沿建筑物的两个主轴方向同时作用的,但是不一定同时达到最大值。正交作用主要对竖向抗震构件有影响,而对于框架结构,正交作用会使节点核心设置过多的钢筋。当框架结构有较多的剪力墙时,对于框架的设计一般可以不考虑正交作用。

(2)在抗震设计中沿着高度方向,结构超强的部位的存在会使结构的曲率延性集中于结构的较软弱部位,从而引起破坏。因为很大的非弹性形变将在该处发生,而框架的其余部位可能仍然处于弹性阶段,由此可知在框剪结构中要特别注意剪力墙高度的连续性。在进行承载力设计时要尽量保持截面设计承载力与地震反应的相互适应性。

(3)作为框架-剪力墙结构的抗震设计的第一道防线,剪力墙的延性设计是非常重要的,双肢剪力墙是一种延性优秀的抗震构造措施。由于各层连接梁形成大量塑性铰,可以有效地吸收能量,从而提高剪力墙的延性。

(4)在框架-剪力墙结构中,剪力较大的深连梁,其延性常常不能适应整体结构的延性需求。因此,按正常方式配筋的连梁,对剪力墙的延性要求应有一定的限制度,有时只有提高剪力墙的承载力,使其能在弹性阶段吸收大部分能量。这样处理是不经济的,因此,寻找一种新型的连梁方式对于改善连梁的设计构造极其重要。而双连梁在改善连梁的受力状态时具有较好的作用。考虑通过双连梁剪力墙和深连梁剪力墙的抗震性能进行有限元对比分析后,得出结论是:

首先,剪力墙深连梁剪切型脆性破坏,塑性铰不能首先在深连梁中形成,而双连梁可以承受较大的塑性极限转角,可以成为结构优良短肢剪力墙的耗地震构件。同时双连梁剪力墙结构屈服后仍然具有一定的抗侧变形能力,而深连梁剪力墙结构屈服后则迅速达到极限破坏。

其次,双连梁剪力墙整体结构的位移延性及耗能能力均优于深连梁剪力墙结构,但其极限承载力和抗侧刚度比深连梁剪力墙结构要低。

由此,当采用平常的连梁超筋处理方案时,不满足要求或连梁高度较大时,这时可以选择双连梁方案,使梁的刚度有大幅度的降低,并使截面所承受的弯矩和剪力也有一定的降低,从而改善连梁的受力性能,使连梁截面避免出现超筋现象。另外还可以将双连梁形式与其他不同连梁超筋处理方案相结合,在受剪面积不变的情况下,这会大大改善连梁与剪力墙的受力状态。

1.5 简要小结

在框架-剪力墙结构的抗震设计中,计算设计是一个重要环节,必不可少,但是概念设计是计算设计的前提和基础。随着计算机技术的完善和提高,结构设计中普遍采用的计算软件也大大加快了设计进度和计算量,但是采用不同的计算模型和基本假定,会造成计算结果的较大差异。人为的操作失误也会产生不利影响。因此,建筑结构设计人员必须遵循正确的抗震设计概念的基本精神,对计算机的设计结果应密切结合工程实际情况。从抗震概念设计的角度认真分析和判断,从根本上消除建筑抗震构造中的薄弱环节,以此为基础再辅以必要的计算和构造措施,只有这样才能够使设计出的建筑工程,具有优良的抗震性能和安全可靠度,从而为人民生命财产免遭巨大损失。

2 结构优化设计在应用中需注重的方面

结构优化的概念是用较低的投入获取结构使用的预期效果。其原则是通过优化结构使结构布置更加合理,功能更协调,成本更低,并且结构的安全耐久性满足设计要求。优化设计的重点主要是:科学合理的按照结构规范,强化结构设计人员前期主动全参与,密切地加强设计各专业的协调和配合,正确应用设计分析软件,从多个方案中比较与选择出最优的结构体系,充分挖掘基础的较大潜力,科学合理地构筑地下室建筑,优化结构构件布置,使结构件的截面与配筋设计达到更精细化的程度。结构优化设计应用的开展时间不长,是近些年才发展的设计新技术,使设计者能从被动的分析,校审转入主动设计,是结构设计上的重大转变。与应用了多年的传统设计相比,结构优化设计能够最合理地利用材料性能,使结构内部各单元得到最好的协调,并具备规范规定的安全可靠度,其耐久性也达到了设计规定年限。

2.1 结构优化设计原则

结构优化设计应该利用价值工程原理,从可行的结构设计系列方案中去寻找最佳方案。结构设计优化是追求最合理的利用材料性能,使各构件或者其他专业得到最好的协调。结构优化设计其实与传统的结构设计一样,完全符合相关规范规定,并且更具可靠性。

同时结构优化设计实际上是对结构进行更深设计、调整、改善与提高,也就是对结构进行更高质量的再深化过程。其设计优化并不是以损害结构安全度与抗震性能为代价而进行的优化节省,而是通过优化设计的工程,使得平面布局更合理,建筑与使用功能更协调,节省费用安全性更高。

2.2 结构设计规范是遵循的准则

从事工程项目设计的结构专业人员,既要在实践中积累大量结构应用经验,也要熟悉并掌握现行规范、规程强制性条文的要求,把结构设计规范作为设计的指导依据,不盲目照搬硬套条文。由于现行规范更多的是针对全国广大范围的各种不同类型工程,而且

有些条文偏于保守,如用于一些复杂特殊的工程设计时则可能出现不安全情况。因此,结构设计人员在做具体工程设计时,要有良好的专业知识与正确的理解和把握,科学合理地按结构设计原则要求进行控制,不断创新优化设计成果,并对规范的条文进行分析应用。

(1)对基础灌注桩的工作条件系数的正确取值 按照现行的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)中第8.5.9条的规定,工作条件系数 ψ ,即强度折减系数,取0.6~0.7,对于人工挖孔桩其取值显然偏安全,不能充分发挥桩身强度。设有混凝土护壁的人工挖孔桩质量可控性好,施工质量容易保证, ψ 宜取0.9~0.95。

(2)地下室结构迎水面保护层厚度的规定 根据现行《混凝土结构设计规范》第9.2.1条规定,地下室底板(有垫层)、外墙(设防水层)迎水面的钢筋保护层厚度取40mm即可;根据现行《地下工程防水技术规范》第4.1.6条规定,地下室迎水面的钢筋保护层厚度取50mm,如按50mm计算时,一方面混凝土的有效截面会减少,外墙、底板配筋会相应加大,另一方面混凝土保护层厚度过大,混凝土迎水面更易开裂,即使采取另设钢筋网措施,也会因为保护层钢筋锈蚀加速结构钢筋锈蚀的出现而产生不良后果。地下室底板、外墙基层常设计涂抹30mm厚的防水砂浆层,如此对钢筋有保护作用,因此,可考虑防水砂浆层的有利作用,地下室结构的迎水面混凝土保护层厚度取30mm时会更合理。

由此可见,两个规范的要求不一致。

(3)灌注桩桩顶箍筋加密区的合理确定 根据现行《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)中第4.1.1条的规定,“桩顶以下 $5d$ 范围内的箍筋应加密,间距不应大于100mm”;对于小直径灌注桩,此条规定是合理的,但对于大直径1000~2000mm的灌注桩,加密区的长度显然是偏大。同时由于高层建筑有、无地下室及地下室层数不同,因此桩顶承担的水平力也不一样,加密区长度也应有所区别。

2.3 强化结构设计师前期参与

强化结构工程师前期参与和主动参与,做好事前控制是整个结构成本控制的重中之重。根据国内现状,一般的建筑师很难对结构体系的受力特征进行准确分析,建筑师的结构设计思想无法替代结构工程师的工程设计理念、经验和判断力,也无法弥补结构与建筑专业技术共识的空白与理解差异,同时,有限的结构专业知识也制约着建筑设计的层次。既具有扎实的结构设计理论功底,又具有丰富工程实践经验的结构工程师,积极主动地参与前期方案设计,帮助建筑师构思与创新,才能创作出优秀的设计作品,更好地服务于社会与大众。

结构工程师前期参与的主要工作,一方面是选择合理的结构方案,确定最佳的受力特征;另一方面是控制平面的规则性(减少平面凹凸不平、减少平面长宽比以及优化楼板开洞尺寸等)与竖向的规则性(避免竖向薄弱层、消除或减少竖向构件不连续等)。在设计前期阶段,通过做好具体结构方案的比较,选出技术经济指标最好的方案,为后续的结构优化提供基础与保障。

2.4 加强各专业尤其是建筑与结构专业的协调配合

现代建筑是由建筑、结构与设备三大要素构成的综合产品,专业分工与合作是密切

相关且不可分割的环节,只有通过专业的良好协调与配合,才能创作出各个构成要素有机结合的完美作品,结构优化是一个系统的工作,需其他专业的协调与密切配合。

建筑设计与结构设计是整个建筑设计过程中最重要的两个环节,结构布置与建筑平面、立面设计密切相关,两者的协调与配合不但可以达到实用、美观、大方的效果,而且结构受力更合理、成本更低、施工更方便。在建筑设计中,一些建筑设计人员只强调方案创新的构思,不遵循建筑的基本力学规律,这样的方案往往会造成结构设计困难。比如在建筑师眼里,矩形平面的建筑物总是规则的,而实际上长宽比(L/B)大于6的矩形建筑物,在地震作用下,由于两端地震波输入有位相差,而容易产生因不规则振动而导致的较大震害,实际上属于不规则结构。还有少数建筑师在设计过程中往往忽视力学的基本规律,如将抗震设防区的高层建筑电梯或楼梯偏置在建筑物一侧,使得刚度中心与质量中心之间的偏心距过大,在水平荷载作用下产生较大的扭转效应。因此,在设计过程中建筑师与结构师需协调两个方面的工作。

首先是结构传力途径宜简单、直接、明确。选择合理的建筑形体与布置;沿建筑物高度方向布置的抗侧力构件(剪力墙、柱、支撑)宜均匀、连续,避免形成软弱层与传力途径的突变;宜使结构平面布置的正交抗侧力构件(剪力墙、柱及支撑)刚度中心和建筑物表面力(风力)作用中心、质量重心接近或者重合,以避免或者减少结构的扭转效应;楼板的设计应起到水平隔板的作用,避免楼板局部的不连续,以保证竖向构件的共同协调作用。其次是美观性与适用性、经济性应有有机统一。在不影响建筑美观与使用功能的前提下,平面布置尽量方正实用,空间尺度适当;建筑造型尽量简洁大方,不做过多的装饰构件,主要通过色彩搭配组合丰富建筑形象。

给排水设计方面:水泵房、消防水泵房以及水箱等,荷载较大,尤其是置于建筑物顶部的高位水箱对结构设计更为不利,因此,此类设施应优先置于地下室;给排水管道直径粗,数量多,竖向管道应集中于管道井内布置,后期封闭的管道处的楼板孔洞应适当加强;结构布置应为水平管网系统创造条件,避免绕梁或者绕柱,当消防栓需暗设于剪力墙内时,采取结构对该部位的加强措施。

电气设计方面:室内敷设,原则上应以导线在金属管或硬塑管中沿墙及楼板暗设,箱盒应避免过于集中设置,减少对剪力墙、柱等承重构件的削弱,当不可避免时,应采取加强措施,如表面敷设钢丝网片。

暖通设计方面:风管、空调机位、风井等通常在楼梯间、电梯间等集中布置,且因功能要求,需与给排水、电气布置在一起,应将各种功能用房与电气、给排水专业统筹安排,暖通管与给排水管可以布置于管道井内,电气管线必须单独设立,不要和暖通布置在一起。

2.5 正确地使用结构分析软件

在结构设计中普遍采用计算机技术。目前软件种类繁多,不同软件常常会导致不同的计算结果;同时在计算机辅助设计时,由于程序的某些假定与结构实际情况不符,或软件本身的缺陷,或人工选用的参数有误,常会导致错误的计算结果。因此,当应用结构分析软件进行内力分析时,应正确把握其基本理论假定、应用范围、限制条件以及设计参数的定义与选取。并要求对同一结构采用两个或两个以上不同力学模型的结构分析软件

进行整体计算,做互相比较和校核,并且从力学概念和工程经验方面对计算结果加以分析判断,确认其合理性和可靠性,以保证结构的安全性与经济性。

例如,支撑在剪力墙平面外的非框架梁,PKPM 程序默认其为固接,当不进行人工调整时,其计算结果异常;剪力墙支座部位的负筋很大,跨中受弯纵筋不足,既不经济也不安全。因此,当剪力墙的截面厚度不满足梁的纵筋锚固要求时,应按铰接处理;当剪力墙的截面厚度满足梁的纵筋锚固要求时,其支座处应加设暗柱,暗柱通过计算确定其配筋量。

随着城市化进程的快速发展,建筑规模越来越大,建筑形态也越来越复杂,现有的结构设计程序有时难以满足设计要求,例如某些力学模型或计算假定与结构的复杂受力不吻合、缺乏足够的计算功能处理复杂结构的计算等,因此需完善与提高计算程序的功能,并会更节省、更具安全可靠。

2.6 多种方案比较选择最佳结构体系

优秀的设计首先应选择一个经济合理的结构方案,方案中的结构体系应受力明确、传力简单,同一结构单元不宜混用不同结构体系,地震区应满足其相应的平面和竖向规则。不同结构体系的选择,直接关系到建筑平面布置、立面体形、楼层高度、机电管道布置、施工技术的要求、施工工期的长短及造价高低等问题,进行多结构方案的比较与计算分析,从而选择最佳结构体系。高层建筑结构设计 with 低层、多层建筑设计相比较,结构专业在各专业中占有更重要的地位。建筑结构体系可以分为水平分体系和竖向分体系,结构工程师必须综合考虑竖向分体系与水平分体系的最佳组合方式,这样才能充分发挥两者的最大潜力。对此,必须根据工程的特点与设计构造要求、地理环境、材料供应以及施工条件等情况进行综合分析,并与建筑、水、电、暖通等专业充分协商,在此基础上进行结构选型,最终确定结构方案。

例如,低层或多层别墅,相对框架结构、砖混结构等,采用异型柱框架结构更合理。对于 45m 以下的小高层住宅,采用异型柱框架-剪力墙结构往往不经济,而采用框架-剪力墙结构相对经济;底层为小商铺的高层住宅,采用框架-剪力墙结构或者剪力墙结构,综合考虑商铺开间与住宅功能用房的协调与统一,比采用部分框支剪力墙结构要经济一些。

2.7 充分挖掘基础设计的内在潜力

根据地质条件和建筑物的功能,合理确定基础的埋深。对于高宽比大的建筑,基础埋深要从严控制;高宽比小的建筑,基础埋深可适当放宽。岩石地基可不考虑埋置深度的要求。

复核基础荷载计算是否正确合理,应利用工程价值原理,做综合经济技术方案的比较,优先选择最佳基础方案。以高强预制管桩复合地基:某 26 层的高层住宅,采用剪力墙结构,该基础埋深部位标高以下 35 ~ 45m 的范围均为强风化砾岩,经浅层平板载荷试验,其天然地基承载力的特征值取为 350kPa,变形模量为 37.88MPa,上部结构荷载产生的基础底面平均压力值为 462kPa。如采用预应力高强度混凝土管桩基础,基础综合成

本约为 400 万元,经济性不好,无法利用天然地基本身较高的承载力。为充分利用地基土的原有承载力,设计采用复合地基来满足建筑物承载力和形变的要求。按照现行的《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)中规定,采用水泥粉煤灰碎石桩处理,经计算桩径 $D = 500\text{mm}$,桩距@ $1500\text{mm} \times 1500\text{mm}$,桩长约 18m,基础综合成本约为 350 万元,成本仍较高。为进一步优化设计,按现行的建筑桩基技术规范中第 5.2.5 条规定,考虑采用承台效应的复合基桩,即基桩采用预应力高强混凝土管桩,经试算桩径 $D = 400\text{mm}$,桩距@ $2400\text{mm} \times 2400\text{mm}$,桩长约 15m,地基处理费用约为 250 万元,基础综合成本大大降低,基础潜力得到充分发挥。

结合该领域的最新概念与发展,在可能的条件下,采用新技术、新材料、新工艺。如近年来被引进的液压振动锤击 PHC 桩施工,具有重锤低击,噪声低,穿透力强的优点,适用于局部含有强风化夹层的土层,及夹有较厚砂卵石的土层,灌注桩后注浆工法,能大幅度提高桩的承载力,减少桩基沉降,该施工工艺已成熟可靠。

根据受力特征,进行优化基础构件设计。如在剪力墙下布桩,应尽可能将桩布置在剪力墙下,设计时应考虑承台与剪力墙是否可以共同工作。有限元分析表明条形承台上满布剪力墙时,条形承台与剪力墙共同工作,宜按深受弯构件进行受弯及受剪承载力计算。

2.8 正确合理地设计地下室

认真分析地质勘察报告,加强与地勘技术人员的沟通,结合地层岩性及周围环境,合理确定地下室抗浮水位,地下水位对地下室梁、底板、外墙配筋影响均很大。同时严格控制地下室层高,在满足消防喷淋、风管与净高要求的前提下,尽可能降低地下室层高,一则可以大幅度减少墙体(外墙、人防墙)配筋,二则减少墙体混凝土、土方、防水等施工工作量。对可能选用的楼盖体系(单向板-梁楼盖、双向板-梁楼盖、双向密肋楼盖或预应力无梁楼盖)进行综合经济分析比较,选择合理的楼盖体系。

当地下室顶板覆土较厚时,约达 1200mm 时,不应直接记取《荷载规范》中荷载值,而应取考虑扩散后的折算荷载,同时合理确定柱网尺寸,确保经济性。此外,还应考虑竖向力的扩散,地下室底板、顶板、外墙的混凝土不宜采用 C35 以上强度等级的混凝土,一则节省成本、二则更有效地控制混凝土的裂缝。

对地下人防墙体设计应细化,如人防监控墙,它一般为三向固接、一向铰接,按不同跨度计算,可取得良好的经济效果。

2.9 优化结构构件布置

在结构设计优化中,竖向构件结构布置优化占据着决定性的地位,极大地影响建筑物的抗震性能、安全度及工程造价。首先强化建筑物最外围的阳角角部位置,建筑物的结构整体指标将会有良好的表现;其次强化建筑物最外围边界的竖向构件,该部位的重要性仅次于建筑物的外围阳角角部位置;第三是适宜地布置建筑物中间部位竖向构件,相对于外围构件,此部位的竖向构件主要承担竖向荷载,最后是均匀、对称地布置竖向构件,减少或避免结构扭转效应。