

《混凝土结构设计规范》修订简介(五)

——试设计

徐有邻

(中国建筑科学研究院,北京 100013)

[摘要] 介绍了根据修订的《混凝土结构设计规范》(送审稿)进行试设计的结果。7个设计单位对6种结构类型的10个典型工程进行了多方案的试设计。试设计重点为:对比修订规范与原规范的差别;采用高强材料以后的实际效果;进一步分析修订引起变化的原因。可以帮助设计人员深入理解规范的修订,并了解今后设计的变化趋势。

[关键词] 混凝土结构;设计规范;试设计

中图分类号:TU318.4 文献标识码:A 文章编号:1002-848X(2011)06-0141-05

Intoduction of revision of *Code for design of concrete structures part V*: Trial design

Xu Youlin

(China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

Abstract: The design of concrete structures according to the revision of *Code for design of concrete structures* was introduced in order to compare the design results. Trial design on six kinds of structure types of 10 typical engineerings was performed by seven design institutes. The key points of the trial design are as followings, comparion the difference of the revision code with the original code, the actual effect of high-strength material and the reason of the change caused by the revision.

Keywords: concrete structure; design code; trial design

1 概述

1.1 试设计概况

《混凝土结构设计规范》修订期间,中国建筑科学研究院软件工程部派人参加修订工作,并全程跟踪进行设计程序的修改。2009年10月在规范送审稿形成的同时,由软件工程部提供程序,组织参加修订的7个单位对6种结构形式的10个已建工程,按修订规范进行多方案的试设计,并与原设计进行了分析、对比。参与试设计的单位、负责人及结构形式如下:中国建筑建筑设计研究院范重:剪力墙结构(高层住宅);北京市建筑设计研究院柯长华:框架-筒体结构(办公楼);华东建筑设计研究院有限公司张风新:框架-剪力墙结构(办公楼);中国建筑西南设计研究院有限公司吴小宾:框架结构(办公楼);中国航空规划建设发展有限公司贾洁:框架-剪力墙结构(多层厂房)、排架结构(单层厂房);南京市建筑设计研究院有限责任公司左江:板柱结构;郑州大学综合设计研究院谢丽丽、刘立新:框架结构(教学楼)、框架-剪力墙结构(商住楼)、剪力墙结构(商住楼)。

1.2 试设计原则

试设计原则如下:1)选择多种结构形式由多个设计单位进行试设计,使结果具有广泛的代表性;2)试设计项目选自已经完成的既有结构工程,使其具有实际的工程背景;3)反映相关标准修订的变

化,荷载效应的计算按最新版本的荷载规范进行;4)统一提供原有设计程序及按送审稿编制的新程序(草案)计算,以便进行对比;5)严格按提供的程序计算,不考虑设计习惯及技术措施,以客观反映规范修订的变化;6)考虑发展趋势,尽量采用高强材料(400,500MPa级钢筋等)并进行材料用量比较;7)要求介绍工程的基本参数及按构件(板、梁、柱、墙等)计算结果的详细比较;8)报告要求进行试设计结果对比,并对变化原因提出意见和建议,供规范修订参考。

1.3 试设计结果

根据修订规范(送审稿)进行各类结构试设计的报告内容丰富,限于篇幅难以详述。文中仅就规范修订以及采用高强钢筋的实际效果定量对比进行分析,并得出相应结论。目的是检验修订规范的适用性,并预测未来混凝土结构的发展趋势。下面分类进行介绍。

2 框架结构

2.1 例一:教学楼

(1)工程概况 郑州某中学教学楼,地下1层,地上5层,房屋总高20.80m,建筑面积8000m²。钢筋混凝土梁-板式筏板基础,现浇整体式钢筋混凝土

作者简介:徐有邻,工学博士,研究员。

框架。混凝土强度等级:基础及底层为 C35 ,层 2 及以上为 C30。抗震设防烈度为 7 度,地震加速度值 0.15g,建筑场地 II 类。

(2)设计方案 方案 1 按原规范计算,梁柱主筋 HRB400 级,箍筋及板 HRB335 级钢筋;方案 2 按送审稿计算,配筋强度等级相同;方案 3 按送审稿计算,梁柱主筋 HRB500 级,箍筋及板 HRB335 级钢筋。

(3)比较及分析 方案 2 与 1 比较:在钢筋强度等级相同条件下,按送审稿用钢量为 229.73 t,按原规范用钢量为 231.13t,基本持平。其中梁纵筋(HRB400 级)用量因裂缝宽度计算公式改变而减少;箍筋(HRB335 级)因受剪计算改变而增加;板的配筋受最小配筋率控制,基本无变化;柱的钢筋用量略有增加。

方案 3 与 1 比较:按送审稿计算,梁、柱纵筋改为 HRB500 级,钢筋用量为 217.35 t,比原规范的 231.13 t 减少约 6%。其中梁箍筋用量增加而梁受力主筋明显减少,用钢量总计减少约 10.9%。板和柱的钢筋用量受最小配筋率控制,变化不大。

方案 3 与 2 比较:均按送审稿计算,梁柱纵筋用 HRB400 级时钢筋用量 229.73 t,改用 HRB500 级后钢筋用量 217.35 t,减少约 5.4%。可见采用高强钢筋有显著的节材效果。

2.2 例二:办公楼

(1)工程简介 四川某县医院办公楼,3 层现浇框架结构。层 1 为库房,层 2、3 为办公和会议室,总高 12.55m。柱网尺寸 6.9m × 6.9m,6.4m × 6.9m,层 3 局部 14.7m × 15.6m 井字梁楼盖。页岩空心砖砌体填充墙,雪压 0.10kN/m²,风压 0.30kN/m²。抗震设防烈度 7 度,地震加速度 0.10g,设计地震第三组,建筑场地 II 类。

(2)板的配筋 用 HPB300 级代替 HPB235 级钢筋,由最小配筋率控制的配筋省钢 21%,限于最小间距及最小直径,实际省钢 15%。对由承载力计算确定配筋的板,省钢 22%。在钢筋等级相同(HRB335 级)情况下,因验算荷载由标准组合改为准永久组合,构件受力特征系数 α_{cr} 由 2.1 改为 1.9,按送审稿计算的裂缝宽度较原规范减小 11% ~ 40%,效果显著。

(3)次梁配筋 由于保护层加厚,有效高度 h_0 减小,纵筋稍有增加(0.6% ~ 1.2%)。但计算裂缝宽度减小,取决于荷载的比例:屋面影响小于楼面,可变荷载较大时效果显著。对由裂缝控制配筋的情况,高强钢筋并不能减少配筋。箍筋多由最小配筋率决定,同样影响不大。

(4)框架梁柱配筋 框架梁计算结果与次梁情况类似。受保护层厚度变化影响,框架柱在弯矩较大时纵筋增加 4.6%;由轴力控制配筋的情况无差别。柱箍筋多由最小配箍率控制,由于最小体积配箍率改由强度设计值计算,HPB300 级代替 HPB235 级,用钢量减少 28.6%。

(5)强震区框架结构配筋 提高算例抗震设防烈度为 8 度,地震加速度 0.20g;设计地震第一组;建筑场地 II 类。框架抗震等级一级;周期折减系数 0.8;考虑偶然偏心及双向地震;中梁刚度增大系数 2;梁端弯矩调幅系数 0.85;梁扭矩折减系数 0.40。计算结果对比如表 1 所示。表 1 比较了在采用不同设计规范、不同强度等级钢筋的用钢量,可供参考。

抗震等级一级框架原规范与送审稿用钢量对比/t 表 1

规范	原规范		修订规范(送审稿)			
	HRB335/ HPB235	HRB400/ HPB235	HRB335/ HPB300	HRB400/ HPB300	HRB500/ HPB300	
梁	箍筋	22	23	21	22	23
	纵筋	54	48	56	49	44
	合计	76	71	77	71	67
柱	箍筋	17	16	15	14	14
	纵筋	20	18	21	18	16
	合计	37	34	36	32	30
框架总计	113	105	113	103	97	

3 框架-剪力墙结构

3.1 例三:办公楼

(1)工程概况 上海某大学办公楼,现浇框架-剪力墙结构。地下设备层高 4.8m,地上层 1、2 层高 4.8m,层 3 ~ 13 层高 3.9m,总高 53.1m。长方形平面,横向柱距 9.6、7.8m,纵向柱距 7.0、8.1m。利用楼梯、电梯间均匀布置封闭剪力墙作为抗侧力体系。楼板厚 110 ~ 180mm,柱断面 900 × 900 ~ 600 × 600。混凝土强度等级:楼板 C30,剪力墙和柱 C40, C30。抗震设防烈度 7 度,地震加速度 0.10g,设计地震第一组,特征周期 0.90s,场地 IV 类。框架抗震三级,剪力墙抗震二级。风压 0.55kPa,雪压 0.20kPa。

(2)设计方案 选择不同强度等级的钢筋,形成不同组合的 5 种设计方案如表 2 所示。

采用不同强度等级钢筋的设计方案/MPa 表 2

配筋方案	原规范		修订规范(送审稿)		
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
梁柱箍筋	235	235	300	300	335
梁柱主筋	335	400	335	400	500
墙分布筋	335	335	335	335	335
墙暗柱主筋	335	400	335	400	500
楼板钢筋	235	235	300	300	300

(3)材料造价对比 由于强度等级未变化,故

混凝土用量相同(13 890t)。用钢量比较如表 3 所示。可以看出,采用高强钢筋可以减少用钢量,降低造价,有明显的社会-经济效益。

各方案用钢量/造价对比 表 3

配筋方案	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
梁/t/万元	356/168	324/159	353/167	313/153	280/143
柱/t/万元	154/72	146/70	139/65	130/62	128/64
板/t/万元	151/69	151/69	113/51	1 130/51	113/51
墙/t/万元	189/88	186/88	172/81	168/80	158/77
合计/t/万元	850/397	808/385	778/364	724/347	678/335
比值	1.000	0.950/0.970	0.915/0.917	0.852/0.874	0.798/0.844

3.2 例四:商业-住宅楼

(1)工程概况 郑州某 12 层住宅,地下层 1 为附建式人防-停车场,地上层 1、2 为商场,层 3 及以上为公寓式住宅。建筑高度 40.30m,总面积 14 300 m²。梁板式筏板基础,现浇框架-剪力墙结构。基础及层 3 以下 C35 混凝土,层 3 以上 C30。抗震设防烈度为 7 度,地震加速度 0.15g,建筑场地 III 类。

(2)设计工况 方案 1 按原规范计算,梁、板、柱、墙 HRB400 级钢筋,箍筋 HRB335 级,墙构造筋 HPB235 级;方案 2 按送审稿计算,梁、板、柱、墙 HRB400 级钢筋,箍筋 HRB335 级,墙构造筋 HPB300 级;方案 3 按送审稿计算,梁、板、柱、墙 HRB500 级钢筋,梁箍筋 HRB335 级,柱箍筋 HRB500 级,墙构造筋 HPB300 级。

(3)比较及分析 方案 2 与 1 比较:配筋级别相同,按规范送审稿计算用钢量 519.45t,比原规范 535.31t 减少约 3%。其中因受剪公式改变,梁箍筋(HRB335 级)增加;而裂缝宽度计算改变,纵筋(HRB400 级)明显减少;板钢筋用量也因同样理由减少;柱和墙的用钢量受最小配筋率控制,变化不大。

方案 3 与 1 比较:按规范送审稿计算,纵筋改为 HRB500 级。用钢量 513.23t,比原规范 535.31t 减少 4.1%。其中梁箍筋用量有所增加,梁纵筋减少 7.9%;板钢筋用量也减少;柱和墙的钢筋用量变化不大。

方案 3 与 2 比较:均按送审稿计算,受力主筋改为 HRB500 级。钢筋总用量 513.23t,比 HRB400 级 519.45t 减少 1.2%。

3.3 例五:多层厂房

(1)工程简介 北京某 3 层框架-剪力墙工业厂房,层 1、2、3 层高分别为 8.0、7.2、6.2m,建筑高度 21.4m。设备技术夹层位于 4.8m 高处,层 2、3 夹层位于各层上 3.6、3.5m 高处。柱网尺寸(8.5+8.5+9.0)m×8m,总平面尺寸 26m×120m。梁、板混

凝土 C30;柱、墙 C40、C30。抗震设防烈度 8 度,地震加速度 0.20g,地震第一组,场地类别 III 类。抗震设防丙类。抗震等级:框架三级,剪力墙二级。风压 0.45kPa,雪压 0.40kPa,恒载 8.0kPa,活载 3.5kPa,活载准永久系数 0.6。

(2)试设计方案 方案 1 按原规范计算,主筋 HRB400 级、箍筋 HPB235 级,保护层厚梁 25mm、柱 30mm、板 15mm。方案 2 按送审稿计算,配筋与方案 1 相同,至外层钢筋的保护层厚:梁 20mm、柱 20mm、板 15mm。方案 3 按送审稿计算:主筋 HRB500、箍筋 HRB400 级,至外层钢筋的保护层厚:梁 20mm、柱 20mm、板 15mm。

(3)材料造价对比 混凝土用量:楼板(C30) 1 257m³;梁(C30) 1 093m³;柱 440m³(C30),299m³(C40);剪力墙 342m³(C30),263m³(C40)。按各方案设计的钢筋用量对比如表 4 所示。分析表明,如果材料强度不变,规范修订后总用钢量基本持平;如采用 HRB500 级(主筋)、HRB400 级(箍)代替 HRB400、HPB235,总体可节省用钢量 15%,效果显著。

各方案设计钢筋用量/t 表 4

方案	梁	柱(不含边框柱)		柱(含边框柱)	墙	板	总用钢量/比值
		箍筋	纵筋				
1	267	34	35	115	115	94	592/1.000
2	271	35	34	111	112	94	588/0.993
3	226	31	33	92	97	81	496/0.838

(4)原因分析 梁:刚度放大系数减小使配筋减小,保护层厚度增加使配筋增加,大致持平;裂缝控制放松使配筋有所减小;采用高强钢筋用钢量可减少 15.4%。柱:纵筋及箍筋均构造配置,规范修订相差不大;采用高强钢筋由于强度提高,配筋减少 7.2%。剪力墙:按构造配筋,由于强度提高减小配筋 13%。板:按弹性计算,跨中及厚板构造配筋 HRB400 级与 HRB500 级差别不大;支座及薄板按受力配筋,用钢量可减少 14.1%。

(5)修订规范适用性评价 对于排架和多层框剪结构工业厂房,修订规范与原规范材料用量基本相当。由于裂缝验算放松,采用高强钢筋(HRB500 级)时主筋用量降低 15%。但因尚无疲劳应力幅数据,吊车梁未作比较。总之,试设计表明规范修订适用于实际工程。

4 框架-筒体结构(例六:办公楼)

(1)工程概况 某办公楼全现浇框架-核心筒结构。正方形平面,两个方向柱网尺寸皆 3m×9m,核心筒墙 11m×11m。地面以上 28 层,总高 99m,首层高 4.5m,其余层高 3.5m。柱截面:角柱、边柱

1300 × 1300 ~ 1100 × 1100; 墙截面 500 ~ 400mm; 楼板厚 200mm。墙、柱混凝土 C45 ~ C60; 梁、板 C35。抗震设防烈度 8 度, 地震加速度 0.2g, 抗震设防丙类, 场地 II 类, 设计地震第一组。风压 0.50kPa, 雪压 0.40kPa。

(2) 对比方案 分别对按原规范及修订规范(送审稿), 以及是否采用高强钢筋进行对比, 并对楼板、梁、柱、墙主筋及箍筋各种配筋方案进行比较。然后按 3 种方案对比总用钢量; 方案 1 按原规范常规配筋; 方案 2 按送审稿常规配筋; 方案 3 按送审稿采用高强钢筋。

(3) 楼板钢筋对比 当采用相同钢筋时, 送审稿的用钢量与原规范基本相当, 但略有下降。当采用高强钢筋时, 用钢量明显减少。楼板钢筋用量对比见表 5。

楼板钢筋用量对比 表 5

设计依据	原规范			修订规范(送审稿)				
	HPB235	HRB335	HRB400	HPB235	HRB335	HRB400	HPB300	HRB500
钢筋/kg	478	348	312	469	334	298	342	289

(4) 梁、柱、墙钢筋对比 梁、柱、墙采用的钢筋及用量如表 6 所示。

梁、柱、墙钢筋用钢量 /t 表 6

设计依据	原规范				修订规范(送审稿)					
	HRB335	HRB400	HRB400	HRB400	HRB335	HRB335	HRB400	HRB400	HRB500	HRB500
主筋钢种	HRB335	HRB400	HRB400	HRB400	HRB335	HRB335	HRB400	HRB400	HRB500	HRB500
梁	355	390	249	249	390	415	259	259	218	218
柱	197	338	139	137	201	353	139	139	126	126
墙	151	460	272	272	149	441	268	268	147	272
总重	703	1 189	659	658	740	1 209	666	666	490	616
箍筋钢种	HPB235	HRB335	HPB235	HRB335	HPB235	HRB335	HPB235	HRB335	HPB300	HRB400
梁	36	—	85	85	25	—	90	90	78	78
柱	171	—	207	206	179	—	207	191	218	192
墙	381	—	251	185	358	—	229	169	249	142
总重	588	—	543	477	561	—	525	450	545	412

(5) 总用钢量比较 按 3 种方案进行试设计的总用钢量对比如表 7 所示。方案 1 2 3 总用钢量分别为 1 677, 1 661, 1 318t。

5 剪力墙结构

5.1 例七: 商业-住宅楼

(1) 工程概况 郑州某商住楼高 86.80m, 面积 14 000m²。地下 1 层, 地上 29 层, 层 1 为商业用房, 其余为住宅。CFG 桩处理后复合地基, 平板式筏基础, 上部剪力墙结构。抗震设防烈度 7 度(0.15g), 场地 II 类, 剪力墙及柱、梁、板混凝土强度等级: 标高 17.350m 以下 C35, 以上 C30。

(2) 设计方案 方案 1 按原规范计算, 梁、柱、墙主筋 HRB400 级, 箍筋及板 HRB335 级钢筋。方案 2 按送审稿计算, 配筋与方案 1 相同。方案 3 按送审稿计算, 梁、柱、墙主筋 HRB500 级, 箍筋、构造筋及板 HRB335 级。

板、梁、柱、墙钢筋用钢量对比 /t 表 7

方案	板	梁		柱		墙	
	钢筋	主筋	箍筋	主筋	箍筋	主筋	分布筋
1	HPB235	HRB400	HPB235	HRB400	HPB235	HRB400	HPB235
	474	249	85	139	207	272	251
2	HPB235	HRB400	HPB235	HRB400	HPB235	HRB400	HPB235
	469	259	90	139	207	268	229
3	HRB500	HRB500	HRB400	HRB500	HRB400	HRB500	HRB400
	289	218	78	126	192	272	142

(3) 比较及分析 方案 2 与 1 比较: 钢筋强度相同, 按送审稿用钢量 748.84 t, 按原规范 747.83 t, 基本持平。其中梁纵筋(HRB400 级)因裂缝宽度计算改变而减少; 箍筋(HRB335 级)因受剪公式改变而增加; 板、墙的钢筋用量受最小配筋率控制, 基本无变化。

方案 3 与 1 比较: 按送审稿计算, 梁中箍筋改 HRB400 级, 梁、板和墙受力主筋改 HRB500 级。用钢量 742.23 t 与按原规范的 747.83 t 基本持平而略有减少。其中梁箍筋用量略增加而纵筋明显减少, 总计减少 5.6%。板、墙的用钢量受最小配筋率控制, 变化不大。

方案 3 与 2 比较: 均按送审稿计算, 但提高了钢筋强度等级。两种方案总用量基本相同, 因板、墙的用钢量受最小配筋率控制变化不大, 而梁中箍筋和纵筋则稍有减少。

5.2 例八: 高层住宅

(1) 工程简介 北京某 24 层高层住宅, 现浇剪力墙结构。首层层高 3.25m, 标准层层高 2.75m, 层 25 电梯房高 3.00m, 层 26 水箱间高 4.5m, 总高 74.0m。层 1 ~ 4 墙厚 200mm, 其余 180mm。中硬场地土, 场地类别 II 类。风压 0.5kPa, 抗震设防烈度 8 度, 加速度 0.20g, 剪力墙抗震二级, 设计地震第一组。

(2) 修订的分析比较 设计计算: 计算公式基本无变化。构造要求: 边缘构件几何尺寸相同, 配箍特征值略有调整, 最小配筋量增大; 底部加强区范围有所减小; 连梁、剪力墙水平和竖向分布钢筋的配筋率、间距与直径要求、墙体厚度等与原规范相同。材料比较: 取消 HPB235 级新增 HPB300, HRB500 级钢筋, 随强度提高整体用钢量减少。保护层厚度比较: 从最外层钢筋算起, 保护层厚度稍有增加, 用钢量稍有变化但不明显。剪力墙设计比较: 抗震等级

划分细化,底部加强区范围有所减小,墙体用钢量有所减少。配筋率比较:采用高强钢筋配筋,用钢量稍有减少但不明显。

(3)用钢量变化 当采用高强钢筋时,不同构件用钢量减少情况如下:楼板 11.53%、墙体 1.98%、连梁 6.14%。对于整体剪力墙结构用钢量减少 4.42%。

6 排架结构(例九:单层厂房)

(1)工程简介 天津某单层排架厂房跨度 24m,柱距 6m,总长 114m,在 66m 处设伸缩缝。柱顶标高 13.30m。1 台 A6 中级工作制 10t 吊车。预应力大型屋面板,钢屋架-天窗架,钢筋混凝土吊车梁。抗震设防烈度 7 度,地震加速度 0.15g,设计地震第一组,场地Ⅲ类,抗震设防丙类,抗震等级三级。风压 0.55kPa,雪压 0.40kPa。

(2)材料耗量对比分析 箍筋均为构造配置,用钢 0.94t。排架柱用 HRB400 级钢筋 6.80t,改用 HRB500 级后 5.77t,节省 1.03t,合 14kg/m²。裂缝验算由标准组合改为准永久组合后,吊车梁验算裂缝宽度下降 42%。但因疲劳应力幅值限值控制,并未节省钢筋。由于没有 HRB500 级钢筋的疲劳应力幅设计参数,试设计无法反映钢筋强度提高的效果。

7 板柱结构(例十:多层无梁板柱结构)

(1)工程简介 5 层无梁板柱结构高 22.0m。 X 向柱网为 5m×9m, Y 向柱网为 4m+4×9m+4m。

抗震设防烈度 7 度,地震加速度 0.10g,设计地震第一组,Ⅱ类场地,活荷载 10.0kPa。混凝土强度等级 C40。梁 400mm×900mm。除少量底柱为 900mm×900mm 外,其余均为 800mm×800mm。大跨粗柱处托板柱帽 1900mm×1900mm。

(2)设计计算 输出竖向荷载和水平地震作用,各工况内力分配比例如表 8 所示。试设计包括梁上板带、柱上板带、边框架、柱的计算。

(3)用钢量比较 采用送审稿,由于配筋率及抗震构造要求加严,梁、板用钢量增加 16%,柱 10%,总计约 15%。但采用高强钢筋后总用钢量下降 7%~16%,可基本持平或有所下降。

(4)板柱结构适用性评价 板柱结构具有汽车库、仓库、商场等在功能上布置灵活、空间开阔等优点,是市场需求的适用结构体系,有很好的应用前景。试设计表明,框架-板柱结构体系适用于高度不超过 24m 的情况。设计满足有关的抗震措施,加强柱的刚度及强度,就可避免强梁弱柱,符合抗震要求。框架-板柱体系经济性尚可,建议规范可以采用。但今后还应重点研究板柱节点的抗震问题,使

垂直荷载工况下分配给柱上及跨中板带的内力比例 表 8

截面位置		柱上板带	跨中板带
端跨	边支座截面负弯矩	0.90	0.10
	跨中正弯矩	0.55	0.45
	第一内支座截面负弯矩	0.75	0.25
内跨	支座截面负弯矩	0.75	0.25
	跨中正弯矩	0.55	0.45

其更加合理、安全。

8 试设计结论

(1)修订规范与原规范比较,在适当提高安全度的条件下,混凝土用量无明显变化,钢筋用量稍有波动,但基本持平。

(2)修订规范须增加配筋的因素有:箍筋因抗剪承载力计算公式修改,用钢量增加;保护层厚度加大,有效高度减小对垂直截面承载力的影响;高强钢筋带来锚固、搭接长度增加;最小配筋率调整;抗震构造措施加严。

(3)修订规范可减少配筋的因素有:正常使用状态改用准永久荷载组合;裂缝宽度控制大幅度减少,受力纵筋用量减小;抗震柱箍筋体积配箍率改为以抗拉强度计算;采用机械锚固、机械连接等手段缩短锚固长度。

(4)未来结构的主力配筋为 400、500MPa 级钢筋及各种预应力筋,300MPa 级作辅助配筋。同时应发展钢筋机械锚固、各类接头形式以及专业加工配送,推进建筑产业化进程。

(5)采用高强-高性能钢筋取代低强钢筋,钢筋用量明显减少。但对于不同情况差异较大:荷载及内力很大,由承载力确定配筋的情况效果明显;对于荷载内力不大,由最小配筋率确定截面配筋的情况效果并不明显。

(6)板柱结构在限制高度,采取必要的措施满足抗震要求的情况下,用钢量增加,但采用高强钢筋后,可以持平或稍有减少。

(7)综上所述,修订规范的工程适用性较好。在适当提高安全储备、抗灾能力、耐久性的情况下,通过技术进步和采用高强钢筋,总用钢量下降约 10%,有效地落实了节材、减耗、环保的目标。

9 结语

应该强调,上述试设计是根据修订规范的送审稿而进行的。虽然与最终规范的形式已非常接近,但仍存在微小差别,可能对设计结果造成影响。因此仅供设计人员参考。

致谢:对所有参与试设计的单位、人员和程序的编制者表示感谢。