

《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010) 修订动态及主要内容分析

刘建鑫

(呼伦贝尔学院建筑工程学院 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要:我国2002年颁布的国家标准《混凝土结构设计规范》经历了近十年的实施,在实际的应用中也发现了诸多的不足之处。新国家标准《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)从我国工程现状出发,与国际主流规范靠近,在原规范基础上进行修订即将实施。新国家标准提高了结构设计安全设置水准,淘汰低强度钢筋,提倡高强钢筋的广泛应用,完善结构耐久性设计标准。

关键词:混凝土结构;整体稳固性;抗连续倒塌设计;结构抗震性能设计;间接作用分析

中图分类号:TU973⁺.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-4601(2011)01-0105-04

1. 引言

新规范的修订背景:首先,鉴于9.11事件中世贸大楼在遭到恐怖袭击后相继倒塌,提出结构的“整体稳固性”设计;其次,四川汶川、青海玉树大地震中,尤其是框架结构的破坏严重,究其原因,总结为有较多框架结构是强梁弱柱,因为整浇楼板对梁的刚度与强度贡献较大;再次,从2002年至今对混凝土结构的研究理论和成果;最后,从我国工程现状出发,与国际主流规范靠近。

新规范的修订主要内容是:结构设计构件应满足承载力极限状态计算和正常使用极限状态验算,提高结构安全度;调整部分混凝土结构构件设计计算公式及荷载组合方式;提高混凝土的耐久性;增加结构间接作用分析内容、结构抗倒塌设计和既有建筑的结构设计;提高钢筋的性能、结构缝的设置要求、混凝土构造要求也进行局部调整,对结构抗震性能设计及构造要求更严格。

2. 修订动态及主要内容分析

2.1 增加分析方法及计算理论

2.1.1 偏心受压构件的二阶效应

$P-\Delta$ 效应:竖向力在产生了侧移的结构中引起的附加侧移和附加内力(也称结构侧移引发的二阶效应),设计时用结构分析解决。常用的方法为有限元分析(计算机分析)和增大系数法。

$P-\delta$ 效应:轴压力在产生了挠曲的杆件中引起的附加挠度和附加内力(杆件自身挠曲引起的二阶效应)。

第一类:“使用构件折减刚度的考虑二阶效应的结构弹性分析方法”(亦称“考虑几何非线性弹性的弹性有限元法”);

第二类:“柱偏心距增大系数法”;

第三类:“层增大系数法”或“整体增大系数法”。

第一类方法:较全面合理;第二、三类方法:基本等效。

2.1.2 按“层增大系数法”或“整体增大系数法”计算后,是否需考虑 $P-\delta$ 效应?

最好的解决方法是两种二阶效应分开考虑(一些软件二者均考虑),计算 $P-\Delta$ 效应时用计

收稿日期:2010-12-22

作者简介:刘建鑫(1969-)男,汉族,呼伦贝尔学院建筑工程学院高级工程师。研究方向:高层建筑结构设计与施工。

算机计算“考虑几何非线性的弹性有限元法”，若手算采用“层增大系数法”或“整体增大系数法”。对于 P— δ 效应采用 $\eta-l_0$ 法（计算长度取支承长度）。

2.1.3 增加间接作用分析方法

针对目前工程中较多超长结构不设缝的实际需求，增补了间接作用效应分析原则，重点强调对收缩、徐变和温度作用的考虑。

间接作用范围：当混凝土的收缩、徐变以及温度等间接作用在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全或正常使用时，宜进行间接作用分析。

在结构使用期应考虑季节温差、外界气温、结构表面日照及内部使用环境温度等周期性影响等，其温度作用计算参数及周期变化过程应取自工程附近气象水文部门的实测资料。

间接作用分析方法：弹塑性分析方法，采用考虑裂缝开展使构件刚度降低后的刚度，按弹性分析方法近似计算。

2.2 调整部分计算公式与荷载组合方式

2.2.1 斜截面受剪承载力计算

现规范公式存在两个公式，国内外规范多数为一个公式，需统一。当集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的 75% 时，两个计算公式不连续，计算结果存在较大差异（最大差异 134%）。与国外规范相比，我国规范的受剪承载力计算值仍偏高（可靠度水平偏低）。

新规范对当仅配置箍筋时，矩形、T 形和 I 形截面受弯构件的斜截面受剪承载力计算公式，对混凝土截面受剪承载力系数进行调整，调整如下：对于一般受弯构件取 $\alpha=0.7$ ；对集中荷载作用下的独立梁，取 $\alpha=1.75/(1+\lambda)$ 。原公式中箍筋项前的系数由 1.25 改为 1.0；用钢量增加约 25%。

2.2.2 双向受剪框架柱斜截面受剪承载力计算

混凝土既在 X 向全部用来抵抗 X 向剪力，又在 Y 向全部用来抵抗 Y 向剪力，重复计算了混凝土在两个主轴方向上的受剪承载力，过高地估计了混凝土的抗剪作用。由于每个轴方向上的箍筋都可以用来抵抗相应方向上的剪力，其抗力不必折减。双向受剪框架柱斜截面受剪承载力计算对有腹筋混凝土框架柱承受斜向水平荷载，将斜向水平荷载正交分解后，按 X 向和 Y 向受剪进行设计，

重复计算了混凝土的受剪承载力，偏于不安全。

新规范增加了拉扭和拉、弯、剪、扭构件受扭及剪扭承载力的计算公式。

2.2.3 裂缝宽度计算

RC 结构中采用高强钢筋（HRB500，HRBF500），其用钢量一般由裂缝或变形控制，限制了高强钢筋的应用。

裂缝宽度计算对荷载效应取标准组合或准永久组合，并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度（mm）。新规范将原公式系数 α 由原来的 2.1 降低到 1.9；将标准组合改为准永久组合，裂缝宽度约减小 30%，可适应高强钢筋的应用。

2.2.4 修改了受冲切承载力计算公式

2002 年版本规范公式过于保守，新规范将部分系数调整后使其更趋于合理和安全。

2.2.5 挠度计算增加按荷载效应准永久组合时长期刚度的计算公式

标准组合一般用于不可逆正常使用极限状态；

频遇组合一般用于可逆正常使用极限状态；

准永久组合一般用在当长期效应是决定性因素时的正常使用极限状态。

2.3 增加“结构抗倒塌设计”和“既有结构设计”

为完善规范的完整性，以构件计算为主适当扩展到整体结构的设计，对结构方案设计增加了“结构抗倒塌设计”和“既有结构设计”。

结构方案设计包括：混凝土结构的选型及布置；结构缝设计原则；结构构件的连接和构造；建筑、抗震、耐久、抗灾、节能等。

2.3.1 结构抗倒塌设计

其设计表达式：混凝土结构在偶然作用下的防连续倒塌验算，应采用下列极限状态设计表达式：

$$S_{ad} \leq R_{ad}$$

S_{ad} ——偶然作用的效应组合设计值；

R_{ad} ——偶然作用下的结构防连续倒塌的承载力函数，根据结构的几何参数及材料强度标准值或平均值确定。

2.3.2 规定了楼盖竖向自振频率的限值

对大跨度混凝土楼盖结构，宜进行竖向自振频率验算，其自振频率不宜低于下列要求：住宅

和公寓 6Hz；办公楼和旅馆 5Hz；大跨度公共建筑 3.5Hz；工业建筑及有特殊要求建筑根据使用功能提出要求。

2.3.3 增加了既有结构再设计的基本规定

对下列情况的既有结构应进行相应的设计：延长使用年限；加固、改造、消除安全隐患；改变用途或使用环境；受损后的修复。

既有结构的设计原则：应按现行有关标准进行检测和可靠评估，确定相应设计参数；应根据使用要求确定结构继续使用的年限；必要时可对使用功能作相应的调整。

2.4 淘汰低强钢筋，纳入高强、高性能钢筋，提出钢筋延性的要求

钢筋修订时作下列改动：增加 500Mpa 级高强钢筋；列入 HRBF 系列细晶料钢筋；淘汰低强 HPB235 钢筋，代之以 HPB300 钢筋，并规定了过渡方法；列入中强钢丝以增加预应力筋品种，补充中强空档。

淘汰锚固性能差的刻痕钢丝；应用极少的热处理钢筋不再列入。当采用直径大于 40mm 的钢筋时，应经相应的试验检验或有可靠的工程经验。

2.5 调整混凝土结构设计构造要求

2.5.1 按应力限制钢筋间距的要求

裂缝宽度公式给出的是纵筋处的宽度，在较宽的梁中，两钢筋之间的裂缝最大。

对钢筋混凝土受弯构件及环境为一 a 类的预应力混凝土受弯构件，当钢筋净保护层厚度不大于 65mm 时，除计算最大裂缝宽度外，离构件受拉边最近的纵向带肋钢筋的最大间距应符合新规范规定。

当配置有粘结预应力筋，且在使用荷载下预应力筋的应力增量。

在 $160\sim 240\text{N/mm}^2$ ，有粘结预应力束的间距不应超过非预应力配允许的最大间距的 2/3。

2.5.2 适当调整了钢筋保护层厚度的规定

构件中普通钢筋及预应力筋的保护层厚度应满足下列要求：

1. 构件中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的直径。
2. 设计使用年限为 50 年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度不应小于规定数值的 1.4 倍（构造网片不考虑）。

参考耐久性设计规范、防腐蚀设计规范、国外相应规范标准的规定以及我国科研试验成果及耐久性调研结果，对保护层厚度作了较大调整：

1. 一般情况微调稍有加大，恶劣环境大幅增加；

2. 以最外层钢筋（包括箍筋、纵筋等，不包括构造网片）计算保护层厚度，实际值普遍加大：板类 6~8mm；杆类 10~12mm 左右；

3. 按杆件（梁柱）及平面（板墙壳）分为两类考虑；

4. 增加对外露金属件的耐久性要求。

2.5.3 钢筋锚固长度略有调整

受拉钢筋基本锚固长度应按原规范公式计算。受拉钢筋锚固长度 一般情况下受拉钢筋的锚固长度可取基本锚固长度；当采取不同的埋置方式和构造措施时，锚固长度应按公式计算后，且不应小于基本锚固长度的 0.6 倍和 200mm 的较大值。

2.5.4 纵向受力钢筋的最小配筋率

受压构件全部纵向钢筋最小配筋率调整为：0.60%和 $10f_c/f_{yz}$ 中的较大值。

2.5.5 提出了少筋混凝土配筋概念

截面厚度很大而内力较小的受弯构件，可按新规范公式计算截面的临界厚度及受拉钢筋的最小配筋面积，且按全截面计算的最小配筋率不小于 0.10%。

为节约钢筋，提出少筋混凝土配筋率的概念。由临界厚度计算配筋量，但仍需满足绝对配筋下限值，限制为一半及 0.1%。

2.5.6 表层钢筋设置

对纵筋直径大于 32mm 或混凝土保护层厚度大于 50mm 的梁，在平行和垂直于梁中受拉钢筋的两个方向均可布置表层钢筋。

表层钢筋的配置应符合下列规定：

1. 表面钢筋的直径不宜大于 8mm、间距不应大于 150mm；
2. 两个方向上表层钢筋的面积均不应小于 $0.01A_{c,ext}$ ，其中 $A_{c,ext}$ 为受力纵筋外受拉混凝土的面积。

2.5.7 在梁柱节点中引入钢筋机械锚固的形式
梁中钢筋在端部可加锚板锚固。

2.6 提高混凝土抗震计算要求和提高抗震性

能

新国家标准提高了一、二、三级抗震等级的各类框架的纵向受力钢筋的延性性能要求。

按一、二、三级设计的各类框架和斜撑构件(含梯段),其纵向受力应钢筋符合下列要求:钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值之比不应小于 1.25;钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值之比不应小于 1.30;钢筋最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

2.6.1 框架柱的计算修改按配筋特征值及绝对值双控钢筋的最小配筋率,稍有提高

对于采用 335Mpa 级纵向受力钢筋的柱,其最小配筋百分率的数值应采用括号内的数值;当混凝土强度等级高于 C60 时,按 C60 取值。

2.6.2 增加了四级抗震等级的各类结构的框架柱、框支柱的轴压比限值

一、二、三、四级抗震等级的各类结构的框架柱和框支柱,其轴压比不宜大于新规范规定的限值。对 IV 类场地上较高的高层建筑,柱轴压比限值应适当减少。

2.6.3 抗震受剪承载力计算扩大到三级抗震等级框架节点核心区

一、二、三级抗震等级的框架应进行节点核心区抗震受剪承载力计算。四级抗震等级的框架节点可不进行计算,但应符合抗震构造措施的要求。

2.6.4 增加了楼面梁与剪力墙平面连接时的相关规定

楼面梁与剪力墙墙肢在墙肢平面外方向连接时,如果楼面梁跨越墙肢,则可仅验算连接处墙肢的局部受压承载力;如果楼面梁仅在墙肢一侧与墙连接,应符合下列要求:

1. 楼面梁纵筋应满足锚固要求,直段锚固长度不宜小于 $0.4L_{aE}$;

2. 当楼面梁纵筋的直段锚固长度不满足相应计算公式或小于 $0.45 L_{aE}$ 时,应按验算平面外抗拉脱承载力。

当墙肢平面外承载力不满足时,可采取以下措施之一进行设计:

1. 沿楼面梁轴线方向设置剪力墙肢,梁纵筋伸入所增设的墙肢内锚固;

2. 当无法设置墙肢时,在剪力墙与梁相交处设置与剪力墙整浇的扶壁柱,扶壁柱的设计应符合新规范有关规定;

3. 当楼面梁纵筋满足锚固要求时,可在墙与楼面梁相交处沿竖向设置暗柱,暗柱的设计应符合新规范有关规定。

总结

国家标准新的《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)即将实施,更能体现出我国混凝土结构设计理论与国际接轨的严密性,建筑材料的节能性,结构计算理论的安全性、可靠性及合理性。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院编. 混凝土结构设计规范(GB50010-2002) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 中国建筑科学研究院编. 高层建筑混凝土结构技术规程(JGJ3-2002) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [3] 中国建筑科学研究院编. 建筑抗震设计规范(GB50011-2010) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [4] 中国建筑科学研究院编. 混凝土结构设计规范宣贯教材 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [5] 徐琳. 混凝土结构常见问题分析 [J]. 北京: 建筑设计研究院, 2010, (6).