

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2013.04.015

2010版《混凝土结构设计规范》与混凝土结构课程教学内容的调整

王立成

(大连理工大学 土木工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要:钢筋混凝土结构是土木、水利类专业的一门重要技术基础课程。《混凝土结构设计规范》对混凝土结构设计、施工、监理等工作的基本理论、技能和方法作了规范要求。随着《混凝土结构设计规范》(2010版)的修订出版,急需依照新规范的要求对教学内容进行调整和更新。文章通过新旧规范的对比分析,准确把握规范的修订背景和原则,并详细列举了对课程学习和工程设计有重要影响且需要调整的教学内容,对准确理解和贯彻规范要求,具有一定的指导意义。

关键词:钢筋混凝土结构;设计规范;教学内容

中图分类号:G423.04

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2013)04-0055-04

钢筋混凝土结构从19世纪中叶开始采用以来,发展极为迅速。特别是近20年来,随着高强度钢筋、高强度高性能混凝土(强度达到 100 N/mm^2)以及高性能外加剂和混合材料的研制使用,高强高性能混凝土的应用范围不断扩大,混凝土结构的应用范围也在拓展,已从工业与民用建筑、交通设施、水利水电建筑和基础工程扩大到近海工程、海底建筑、地下建筑、核电站安全壳等领域,甚至已开始构思和实验用于月面建筑。随着轻质高强度材料的使用,在大跨度、高层建筑中的混凝土结构将越来越多^[1]。

钢筋混凝土结构是土木、水利类专业的一门重要技术基础课程。学习该课程的主要目的是,掌握钢筋混凝土结构构件设计计算的基本理论和构造知识,为学习有关专业课程和从事钢筋混凝土建筑物的结构设计打下牢固的基础^[2]。《混凝土结构设计规范》(以下简称《规范》)是对混凝土结构设计、施工、监理等工作的基本理论、技能和方法的规范要求。钢筋混凝土结构课程应对《规范》作全面准确的讲解,根据技术、经济条件的发展,《规范》也会经常被修订和调整。因此,要学好这门课程,必须紧密结合《规范》内容,了解《规范》修订的背景和原则,掌握修订、增加的内容,才能在以后的工作中更好地执行。2011年7月最新的《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)开始执行。本文通过新旧《规范》的对比分析,准确把握《规范》的修订背景和原则,详细列举对课程学习和工程设计有重要影响和需要调整的教学内容,对准确理解和贯彻《规范》要求具有一定的指导意义。

收稿日期:2013-03-03

基金项目:大连理工大学教学改革基金课题(2012)

作者简介:王立成(1975-),男,大连理工大学土木工程学院副教授,博士,博士生导师,主要从事钢筋混凝土结构基本理论研究,(E-mail) wanglicheng2000@163.com。

一、2010版《混凝土结构设计规范》修订背景及原则

为落实“以人为本,安全第一”的结构设计原则以及“节能、降耗、减排、环保”的基本国策,实现资源、能源的可持续发展,经过4年修订,《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010)^[3]于2011年7月开始执行。本次《规范》的修订主要有以下背景值得关注:(1)中国正处于经济高速发展时期,基础建设规模宏大,混凝土结构在建筑业中所占比重极大;(2)混凝土结构需要消耗大量的钢筋和水泥,而这些材料会大量消耗资源和能源,并引起环境污染等问题;(3)从“四节一环保”的角度,必须尽快解决上述问题,而其唯一出路是使用高强—高性能的材料;(4)为提高建筑的安全性和防灾能力,根据“以人为本”的原则,拟提高结构的安全度设置水平及抗灾能力;(5)为保证可持续发展,需要提高混凝土结构的耐久性及既有结构的使用率。2010版《规范》,反映了近年来混凝土结构的科研成果、技术发展以及工程经验,适当提高了结构的安全水平与抗御灾害的能力,强化了结构的耐久性,提高了材料的利用效率。

2010版《规范》修订的基本原则是“补充,完善,提高,不做大的改动”^[4]。因此,2010版《规范》的理论体系和基本框架与上一版保持一致,只是在结构设计方案、材料级别、设计规定等方面进行了补充和调整。这一点对学习和掌握2010版《规范》是非常重要的。

二、根据2010版《规范》所调整的课程内容

通过对比2010版和2002版《规范》,2010版《规范》对钢筋混凝土结构基本理论有重要影响的主要内容有如下六个方面,需要在教学中进行修订和调整。

(1)增强规范的完整性,从以构件计算为主适当扩展到整体结构的设计,强调结构方案的重要性,增加“结构防连续抗倒塌设计”的原则。2002版《规范》偏重截面配筋计算和构件设计,而完整的设计应包括结构方案、内力分析、截面计算、构造措施四个层次,它们对结构安全的影响是依次递减的关系。2010版《规范》特别增加了“结构方案”一节,由“构件计算”扩展到“结构设计”。强调结构选型、体系组构、构件布置、均匀规则、传力途径、冗余约束、缝的分割、连接构造、方便施工、综合功能等要求。同时强调结构整体稳固性或鲁棒性(Robustness)的重要性。该项修订内容对转变设计理念,即从传统强调构件设计甚至截面设计向结构设计的转变,起到了重要的推动作用。然而由于历史的原因,过去的

规范缺少对这方面内容的强调。在高等学校的钢筋混凝土结构课程教学中,应进行这一观念的教育和灌输,提高和加强学生对结构安全的认识。

传统设计只考虑“三正常”(正常设计、正常施工、正常使用)条件下,以构件截面钢筋屈服或混凝土压碎作为破坏标志,实际上这只是单一构件的“强度问题”,属于结构安全的较低层次。近年来发生的天灾(地震、洪水、台风、冰灾等)、人祸(爆炸、撞击、火灾等)偶然作用引起的构件解体、结构倾覆、建筑倒塌等造成巨大的生命、财产损失,这才是威胁结构安全的最大隐患^[4],应引起重视。图1即为网上流传的上海某小区新建住宅楼由于桩基折断造成整栋楼倾覆的照片。



图1 上海新建住宅楼由于桩基折断造成整栋楼倾覆



图2 严重锈蚀的钢筋混凝土柱

(2)完善耐久性设计,调整钢筋保护层厚度。耐久性设计按正常使用极限状态控制,表现为:钢筋混凝土构件表面出现锈渍或锈胀裂缝;预应力筋开始锈蚀;结构表面混凝土出现可见的耐久性损伤(酥裂、粉化等)。图2为一锈蚀严重的钢筋混凝土柱。由于影响混凝土结构材料性能劣化的因素复杂,规律不确定性很大,目前一般建筑结构的耐久性设计只能用经验性的方法来解决。2010版《规范》对影响混凝土结构耐久性的环境类别进行了更为详尽的

分类。环境对混凝土结构耐久性的影响分为：正常环境、干湿交替、冻融循环、氯盐腐蚀四种；对应此四种影响，2010 版《规范》提出了控制混凝土水胶比、强度等级、氯离子含量和含碱量的要求，删去了 2002 版《规范》中对于最小水泥用量的限制，这是由于近年来胶凝材料及配合比设计的不确定性变化太大，故不再作统一要求；耐久性设计对服役期房屋建筑的使用提出要求，即按规定的功能正常使用，并经常维修，定期检测，这是保证混凝土结构耐久性及其应有功能的必要条件。

2010 版《规范》以耐久性要求定义混凝土保护层，特别是最小保护层厚度确定原则的重要变化，必须要在教学中体现和重点强调。如果仍然按照原规范、旧教材进行授课，将给学生带来错误的概念。2010 版《规范》规定最小保护层厚度是从最外层钢筋（箍筋、构造筋等）计算，而原《规范》则是从纵向受力钢筋计算，这可以说是钢筋混凝土结构设计中的一次重大变化。

关于混凝土保护层厚度的作用，主要体现在以下三个方面：①锚固作用，握裹钢筋，实现钢筋与混凝土的变形协调；②保护作用，保护钢筋免遭水、氧气、酸性物质、氯离子等有害物质的腐蚀；③耐火作用，延长钢筋的耐火时间。在设计中，按锚固、保护、耐火要求，混凝土保护层厚度越大越好，但保护层厚度增大，截面有效高度减小，构件的承载力降低，裂缝宽度也将加大，可见这是一对矛盾。因此，2010 版《规范》根据环境类别、构件类型，适当提高了混凝土保护层的最小厚度。环境分三类五档，构件分面（板、墙）、线（梁、柱、斜撑）两类，面构件保护层厚度小，线构件保护层厚度大。

(3) 斜截面抗剪承载力计算公式的调整。2002 版《规范》的受剪承载力设计公式分为集中荷载独立梁和一般受弯构件两种情况，较国外多数国家的规范繁琐，且两个公式在临近集中荷载为主的情况附近计算值不协调，且有较大差异，见图 3 所示的两条虚线。因此，2010 版《规范》将两个公式改为一个公式。但考虑到中国的国情和规范的设计习惯，且过去规范的受剪承载力设计公式分两种情况用于设计也是可行的，此次修订实质上仍保留了受剪承载力计算的两种形式，只是在原有受弯构件两个斜截面承载力计算公式的基础上进行了改整。具体做法是混凝土项系数不变，仅对一般受弯构件公式的箍筋项系数进行了调整，由 1.25 改为 1.0。这意味着若要保持相同的抗剪承载力，需要增加配箍量。试验研究和调查对比都表明，中国规范中的抗剪承载力

安全度设置水平偏低。因此，对影响安全的短板适当加长，可以提高结构的整体安全度水平。

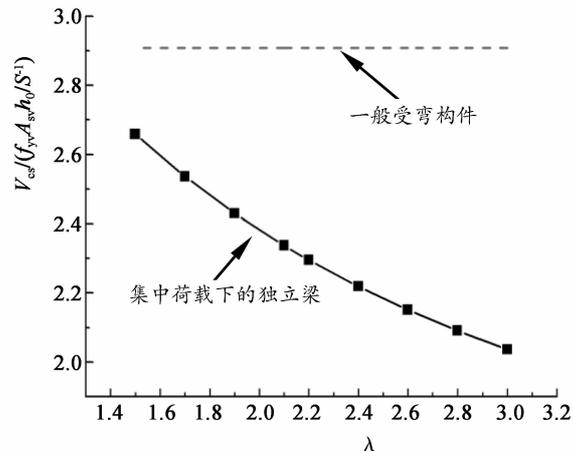


图3 受剪公式对两种受力情况梁的对比

(4) 完善受压构件自身受压挠曲弯矩增大的二阶效应($P - \delta$)的计算方法。2010 版《规范》将原《规范》的偏心距增大系数方法($1 - e_i$)改成现在的弯矩增大系数法($1 + \eta e_i$),即通过考虑受压构件端弯矩增大的方法考虑构件的挠曲二阶效应。这种修改对偏心受压构件的承载力计算造成较大的影响，并引起配筋的较大变化。考虑二阶效应的条件是：当偏心受压构件两端弯矩比及轴压比都不大于 0.9，且其长细比也不大时，构件的自身挠曲不可能很大，可以不考虑自身挠曲二阶效应，否则就应考虑二阶效应产生附加弯矩的影响，《规范》对此作了具体的规定。因此，2010 版《规范》关于受压构件承载力计算的内容，必须进行全面调整，原《钢筋混凝土结构》教材中关于偏心受压构件的内容以及例题和习题都需要重新编写。

(5) 2010 版《规范》强调应用高强材料。这种材料能够显著提高构件的承载力，但会对正常使用极限状态的验算带来一些问题。比如受弯构件挠度的增加，混凝土裂缝宽度的加大，甚至会变成结构设计控制因素，成为高强钢筋应用的最大障碍。因此，裂缝宽度的验算是本次修订的重点和必须解决的关键问题。经过对国内外规范标准的分析对比，以及对采用 400 MPa、500 MPa 级高强钢筋配筋构件的系统试验研究，2010 版《规范》修订采用了以准永久组合降低荷载效应和修改计算公式调整系数取值的两条途径解决上述问题。对裂缝控制等级为三级的钢筋混凝土构件，选荷载的准永久组合进行裂缝宽度和挠度验算，而预应力混凝土构件未变。裂缝宽度计算公式也进行了调整，钢筋混凝土受弯和偏心受压构件的构件受力特征系数由 2.1 调整为 1.9。

(6) 根据节材、减耗及性能的要求，2010 版《规

范》淘汰了低强钢筋,强调应用高强、高性能钢筋。并根据混凝土构件对受力的性能要求,说明了各种牌号钢筋的用途。根据国家的技术政策,增加 500 MPa 级钢筋的使用;推荐 400 MPa、500 MPa 级高强钢筋作为受力的主导钢筋;限制并准备淘汰 335 MPa 级钢筋;淘汰低强的 235 MPa 级钢筋,代之以 300 MPa 级光圆钢筋。另外,2010 版《规范》明确规定,梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋,梁、柱纵向钢筋不能采用 HRB335 级钢筋。因此,教材中大量采用 HRB335 级钢筋的例题和习题都需要进行重新设计和调整。

三、结语

针对 2010 版《规范》的修订内容和修订背景,笔者在教学中,以 2010 版《规范》为指导,重点增加了结构整体性和防连续倒塌设计、结构耐久性设计、斜

截面抗剪承载力计算公式、受压构件挠曲二阶效应、裂缝宽度验算调整和高强材料的推广等内容,以便准确把握和贯彻 2010 版《规范》要求,确保学生的学习效果。

参考文献:

- [1] 东南大学,天津大学,同济大学. 混凝土结构:上册—混凝土结构设计原理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [2] 王立成,刘毅. 专业课程教学中创新思维的培养途径研究[J]. 大连理工大学学报:社会科学版,2009,30(S2): 22-24.
- [3] GB 50010—2010. 混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [4] 徐有邻. 混凝土结构设计原理及修订规范的应用[M]. 北京:清华大学出版社,2012.

Analysis on the teaching contents of reinforced concrete structure based on the code for design of concrete structures 2010

WANG Licheng

(School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, P. R. China)

Abstract: Reinforced concrete structure is one of the most important technical courses for the majors of civil engineering and hydraulic engineering. This subject is closely associated with the design code for reinforced concrete structures, which will provide some basic fundamentals and skills for the students in their careers after graduating. However, due to the revision of the design code for reinforced concrete structures, the teaching contents of this subject are required to adjusted and updated. By comparing the old and new codes, this paper listed the revised contents within the newly published design code which may have significant effect on the study and project design of students. It will help the students understand the theoretical background of the design code of reinforced concrete structures and follow the tracks of development of reinforced concrete structures.

Keywords: reinforced concrete structures; design code; teaching content

(编辑 王 宣)