

混凝土结构设计原理教学探讨

陈友杰, 罗素蓉, 上官萍

(福州大学 土木工程学院, 福建 福州 350002)

摘要:文章针对新的土木工程专业混凝土结构设计规范和公路桥涵设计规范, 比较了两本规范在作用效应组合、材料性能、钢筋混凝土构件和预应力混凝土构件设计计算等方面的异同, 并据此探讨了混凝土结构设计原理这门专业基础课的教学方法。

关键词:混凝土结构; 设计原理; 设计规范; 教学方法; 土木工程

中图分类号: TU37-4

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2007)02-0082-08

为使专业学科的划分更科学, 教育部于1998年下达了新的专业目录。据此我校设置了新的土木工程专业, 该专业设置建筑工程和交通土建工程两个方向。新的土木工程专业以及新的《混凝土结构设计规范(GB50010-2002)》(以下简称《混凝土规范》)^[1]和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(JTG D62-2004)》(以下简称《桥规》)^[2]的正式颁布实施, 对混凝土结构设计原理这门专业基础课影响极大。当前的教材都是以各自规范为依据编写的, 所以对这2本新规范以及2本新教材^[3,4]进行比较, 从而透彻掌握该课程的内容是当前该课程教学的一件紧要任务。

一、两本规范、教材的比较

为有利于同时透彻掌握两个专业方向的教材, 笔者对《混凝土规范》与《桥规》, 以及基于这两本新规范所编写的两本教材的主要内容作一比较。

(一) 作用效应组合

两规范作用效应组合的对应关系及比较见表1。

表1 作用效应组合比较表

规范名称	承载能力极限状态	正常使用极限状态		
《混凝土规范》	作用效应的基本组合及偶然组合	作用效应的标准组合	作用效应的频遇组合	作用效应的准永久组合
《桥规》		无对应组合		作用效应的长期组合

由表1可见, 两规范作用效应组合的采用基本一致, 但《桥规》中没有作用效应的标准组合。《混凝土规范》在验算一般情况下构件的挠度、抗裂和裂缝宽度等正常使用极限状态问题时采用作用效应的标准组合, 此类计算在《桥规》中采用作用效应的频遇组合, 这是因为其考虑到按正常使用极限状态进行结构设计时可靠度要比承载能力极限状态的较低较多, 取可变荷载的标准值(该值为结

收稿日期: 2007-04-20

作者简介: 陈友杰(1971-), 男, 福建福州人, 福州大学林工程学院副教授, 主要从事桥梁结构研究。

构使用期内的最大值)为其代表值偏大,在调查了桥梁主要可变荷载频遇值的基础上采用作用效应的频遇组合。

另外《桥规》在进行弹性阶段结构强度(应力)计算时采用单独的作用效应组合(该组合分项系数及组合系数均取为1.0),实际上是桥梁设计按惯例采用以容许应力法为基础的旧规范所进行的补充计算。

(二) 材料性能

《桥规》对混凝土强度等级的评定与《混凝土规范》一致,都采用国标(GB/J81-85)。但两规范对钢筋和混凝土设计强度的符号有一些差异,其比较见表2。

表2 钢筋和混凝土强度符号比较表

规范名称	钢筋		混凝土	
	抗拉设计值	抗压设计值	抗压设计值	抗拉设计值
《混凝土规范》	f_y	f'_y	f_c	f_t
《桥规》	f_{sd}	f'_{sd}	f_{cd}	f_{td}

另外,两规范关于承载能力极限状态各分项系数的取值也不一样,其比较见表3。

表3 承载能力极限状态分项系数比较表

分项系数	《混凝土规范》	《桥规》
混凝土材料分项 γ_c	1.40	1.45
钢筋材料分项 γ_s	1.10	1.20

由表3可见,《桥规》中的材料分项系数取值稍大于《混凝土规范》,由此造成前者的钢筋和混凝土的抗压和抗拉设计值的取值较后者小。

(三) 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算

两规范对几种截面形式的正截面承载力计算的基本原理、公式、适用条件等方面均一致。对于《混凝土规范》中矩形应力图受压区高度 x 与中和轴高度 x_c 的比值 β_1 ,与《桥规》中的 β 完全对等,取值完全一样;但对于等效矩形压应力图的应力值《混凝土规范》取 $\alpha_1 f_c$,《桥规》取 f_{cd} ,前者多考虑了一个系数 α_1 ;还有,对于结构受力主筋的最小配筋率、环境类别的区分、混凝土保护层最小厚度 c 和相对界限受压区高度的取值两规范也不一致。

(四) 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算

受弯构件的斜截面承载力的计算是两规范最明显区别之一,《混凝土规范》的计算公式按均布荷载作用和集中荷载作用区分为如下两个计算公式,其中集中力作用下的独立梁的公式考虑了剪跨比的影响。

均布荷载作用下:

$$V_u = 0.7f_t b h_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.8f_y A_{sb} \sin\alpha$$

集中力作用下的独立梁:

$$V_u = \frac{1.75}{\lambda + 1} f_t b h_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.8f_y A_{sb} \sin\alpha$$

《桥规》采用一个半经验半理论的公式:

$$V_u = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 (0.45 \times 10^{-3} b h_0 \sqrt{(2 + 0.6p) \sqrt{f_{cu,k} \rho_{sv} f_{sv}} + (0.75 \times 10^{-3}) f_{sd} A_{sb} \sin\alpha}$$

与《混凝土规范》的公式比较,公式中混凝土主要参数采用混凝土立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k}$,而《混凝土规范》为抗拉强度 f_t ;公式中引入了系数 α_1 为考虑连续梁中常见的异号弯矩对其抗剪能力降低的影响,而系数 α_3 是考虑到桥梁实际构件中 T 型截面或带翼缘的箱形截面梁较多,其受压翼缘对提高构件的抗剪承载力的影响;参数 p 为考虑纵筋配筋率对构件抗剪承载力的影响;公式中弯起钢筋所承担的剪力设计值的公式系数为 0.75,与《混凝土规范》的 0.8 比较保守。另一方面,考虑到桥梁实际的受荷及构件情况,该公式未引入剪跨比 λ 的影响。另外,《桥规》还根据试验中混凝土和箍筋共同的抗剪作用效果好于弯起钢筋的情况规定:主梁设计时,混凝土和箍筋共同承担不小于 60% 的截面计算总剪力,而弯起钢筋承担不超过 40% 的截面计算总剪力。对于构件抗剪承载力的上(下)限值、斜截面抗剪承载力验算位置、设计方法和构造要求等,两规范的规定均不大一样。

(五) 钢筋混凝土受压构件截面承载力计算

对于受压构件的分类、受力特点、构造要求、大小偏心受压的概念及判别方法、破坏机理、设计计算原理和公式等均较为一致。但应注意,桥梁中圆截面受压构件较为常见(如,圆柱墩、圆截面钻孔灌注桩等),故文献^[4]编写了将圆形截面偏心受压构件的设计计算。

(六) 预应力混凝土构件计算

该部分内容较多,两规范在预应力混凝土的基本概念、施工方法及控制、材料要求、传递长度、局部承压、预应力损失计算原理、承载力计算以及正常使用阶段验算等方面均大同小异。较明显的区别有:针对混凝土收缩和徐变的损失计算所采用的公式不同;针对先张法构件混凝土弹性压缩引起的混凝土应力的减小,《桥规》中计为预应力损失,而《混凝土规范》则在构件的施工阶段计算中将其计入;针对后张构件混凝土弹性压缩引起混凝土应力的减小,由于桥梁中普遍存在分批张拉预应力钢筋的情况,所以《桥规》和文献^[4]对后张拉钢筋所产生的混凝土弹性压缩造成的先张拉钢筋的预应力损失计算有详细叙述,并细化到针对各种配筋情况进行计算,而《混凝土规范》较略;针对预应力混凝土构件的抗裂、裂缝宽度和挠度验算,如前文所述《混凝土规范》采用作用效应的标准组合,《桥规》采用作用效应的频遇

组合;此外,按照以往公路桥梁设计惯例,考虑到预应力混凝土构件由于施加预应力以后截面应力状态较为复杂,《桥规》另外还采用弹性阶段结构强度(应力)计算时的作用效应组合进行了持久状况的截面混凝土的法向压应力、钢筋的拉应力和斜截面混凝土的主压应力等验算(其实质是构件的强度计算,是对构件承载力计算的补充)。当然在两规范的预应力混凝土构件计算的内容中,各种符号繁多,差别也很大。

其他对于钢筋混凝土受拉(扭)构件计算以及其他构件的变形、裂缝及混凝土结构的耐久性等方面有的较一致,有的差别明显。教师在课程教学中可作进一步的详细比较,以利于学生学习。

二、教学方法的探讨

专业合并后的混凝土结构设计原理课程总学时仅72学时,课时较短,但却要求学生在掌握基本原理的同时,掌握两个专业方向不同的规范、不同的结构构造和不同结构设计方法等,故在教方法上也面临新的难题。教学思路,让学生在重点掌握其中一种教材的基础上,再学习另一教材。实际教学中,学生在学习另一教材时,经常将前一教材中的符号、公式等想当然地应用于另一规范的计算中。教师授课时要特别注重对两本教材的异同进行比较,相同之处简略叙述,不同之处则重点学习,并多做习题练习。这样做既可在较短的时间内学完另一教材,又有利于同时掌握两本教材,而不致混淆。笔者根据以上教学思路,采用CAI课件等其他的教学手段^[5],在本校03级和04级土木工程专业的教学中取得了良好效果,学生反映经过对比学习对两本规范的符号、公式和计算方法等有了较为清晰的掌握。另外,

由于课时较紧,可充分利用本课程的课程设计的作用,根据专业方向的不同,将两专业中重点的、需要深入学习掌握的内容(如桥规中预应力构件的设计等)安排在课程设计环节中深入学习,以加深理解并熟练掌握。当然,也可根据各校专业情况采用不同的教学方法,但进行两规范比较学习是不可或缺的。教学中一定要从混凝土结构设计的共性技术问题出发,学习其一般原理、公式等,从而掌握各个规范的设计方法。

三、结语

土木工程专业是一个新专业,目前尚没有统一教材。笔者比较了土木工程专业混凝土结构设计原理课程的两本规范及两本教材在作用上的效应组合、材料性能、钢筋混凝土受弯构件正(斜)截面承载力计算、钢筋混凝土受压构件截面承载力计算和预应力混凝土构件计算等方面的异同,并据此提出了有效的教学方法,希望有助于提高课程教学质量,实现土木工程专业宽基础、宽口径的目标。

参考文献:

- [1] 国家标准. 混凝土结构设计规范(GB/50010-2002)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 国家标准. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(JTG/D62-2004)[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [3] 东南大学,天津大学,同济大学. 混凝土结构设计原理(3版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [4] 叶见曙. 结构设计原理(2版)[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [5] 欧智著. 谈精品课程在本科教育中的作用[J]. 高等建筑教育,2005(增刊):11-12.

Discussion about the Teaching of the Course of the Concrete Structure Design Principle

CHEN You-jie, LUO Su-rong, SHANG Guan-ping

(College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Based on the comparison between the Code for Design of Concrete Structures and the Code for Design of Highway Reinforced Concrete and Prestressed Concrete Bridges and Culverts of the combination for action effects, the characteristic of material, the calculation of the reinforced concrete structure and the prestressed concrete structure, this paper discusses about the teaching approach of the course of the concrete structure design principle which is the basal lesson in the major of civil engineering.

Key words: the design theory for concrete structure; code for design; teaching approach; civil engineering

(编辑 胡志平)