

# 混凝土结构设计原理教学细节探讨

丁永刚

(河南工业大学 土木建筑学院,河南 郑州 450001)

**摘要:**混凝土结构设计原理课程是土木工程专业必修的一门专业基础课,在课程体系中居于重要地位。文章从课程的特点及实际课堂教学经验出发,梳理和剖析教学中需要注意的若干细节问题,旨在带动学生的学习热情,确保课堂教学质量与效果,提高学生的专业素养,为其进一步的学习和工作奠定基础。

**关键词:**混凝土结构设计原理;课程教学;教学探讨

中图分类号:G642;TU37-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2014)04-0088-04

混凝土结构设计原理课程是土木工程专业必修的一门专业基础课,它具有很强的实践性,与现行的规范、规程密切相关;同时,它又是学习混凝土结构设计、抗震结构设计、高层建筑结构等后续专业课程的基础,对于学生毕业后的工作有深远的影响。因此,该课程在土木工程专业课程体系中占有举足轻重的地位<sup>[1-2]</sup>。

混凝土结构设计原理课程的课堂教学一般在60学时左右,具有信息量大、符号多、概念多、计算公式多、构造要求多等显著特点<sup>[3]</sup>。因此,注重关键细节,精心组织好课堂教学,使学生尽快掌握相关知识,建立相应的知识构架体系尤为重要。笔者结合自身的课堂教学经验,对教学中应注意的若干细节进行了梳理和剖析,以求提高教学质量与效果。

## 一、非中文字符的识别与学习

混凝土结构设计原理课程中有大量的非中文字符,这是由于土木工程学科的来源及科学表达的通用性要求,使得各类字符形成课程学习的基本文字,公式成为课程的语句,公式推导成为逻辑演练和论述的形式表达,因而熟悉课程中的非中文字符对于课程的学习和概念理解影响较大。

总的来说,课程中出现的非中文字符以英文字母和希腊字母居多。对于希腊字母,学生在学习该课程前也遇到过一些,但根据实际经验,多数学生对其不是“真认识”,存在读音不准、书写不规范等问题,甚至有些学生还会把部分希腊字母和英文字母搞混淆。在结构设计方法课程授课之初,可抽出专门时间,采用多媒体辅助教学,教学生正确书写、准确发音,并将其牢固掌握。

对于以英文来表达的字符,在课堂授课时将英文全称及意义告诉学生,这

样既可以帮助学生理解记忆,也有助于学生下一步学习专业英语,提高利用外文文献资料获取专业知识的能力。解释公式中出现的字符,可帮助学生理解和掌握公式,调节课堂气氛,提高课堂教学效果。课程相关字符的英文意义整理如下。

### (一)材料名称与性能指标

钢筋牌号中的3-4个大写英文字母给出了钢筋的生产工艺、表面形状等信息,HPB表示热轧光圆钢筋(hot-rolled plain bar);HRB表示热轧带肋钢筋(hot-rolled ribbed bar);HRBF表示细晶粒热轧带肋钢筋(hot-rolled ribbed bar of fine grains);RRB表示余热处理带肋钢筋(remained heat treatment hot-rolled ribbed bar)。

弹性模量符号 $E_c$ 、 $E_s$ 及面积符号 $A_c$ 、 $A_s$ 中,下标c表示混凝土(concrete),s表示钢筋(steel reinforcement)。

钢筋与混凝土的强度指标 $f_c$ 、 $f_t$ 、 $f_y$ 中,下标c表示受压(compressive),t表示受拉(tensile),y表示屈服(yield);混凝土的立方体抗压强度 $f_{cu}$ 中,下标cu表示立方体(cube);混凝土强度等级(如C30)中的大写字母C表示混凝土(concrete)。

### (二)公式中的下标符号

各种承载力设计值符号,如 $M_u$ 、 $N_u$ 等,其下标u为英文单词ultimate的首字母。界限破坏(平衡破坏)时的相关参数 $x_b$ 、 $\xi_b$ 、 $\rho_b$ 等中的下标b为英文balanced failure的首字母<sup>[4]</sup>。

T形与I形截面承载力计算中要用到翼缘的截面尺寸 $b_f$ 、 $h_f$ 、 $b'f$ 、 $h'f$ 等,下标f为英文单词flange的首字母;附加偏心距 $e_a$ 的英文表述为accidental eccentricity,初始偏心距 $e_i$ 的英文表述为initial eccentricity。

在受扭构件承载力计算一章中,很多符号都含有下标t,如 $W_t$ 、 $\beta_t$ 等。此处t为英文单词torsion的首字母;开裂扭矩 $T_{cr}$ 中的下标cr为英文单词crack的开头两个字母。

裂缝宽度符号 $w$ 为英文单词width的首字母;保护层厚度符号 $c$ 为英文单词cover的首字母。

在预应力混凝土构件一章中,很多符号都含有下标p,如 $A_p$ 、 $\sigma_{pc}$ 、 $\sigma_{pe}$ 等。此处p为英文单词prestress的首字母;张拉控制应力符号 $\sigma_{con}$ 中的下标con为英文单词controlling的开头三个字母。预应力损失 $\sigma_l$ 中的下标l为英文单词loss的首字母。

另外,有些文献中把钢筋混凝土结构简写为RC结构,把预应力混凝土结构简写为PC结构,在授课时可向学生提及讲明RC结构是reinforced concrete structure的缩写,PC结构是prestressed concrete structure的缩写。

## 二、与其他课程叫法不同的专业名词或符号表达

混凝土结构设计原理课程的学习要以材料力学、结构力学等先修课程为基础,同时对其他后续相关专业课程学习方法的形成起着引领的作用。但是,在当前的相关教材中,有些重要专业名词的叫法或符号表达是不一致的,这将会使部分初学者产生困惑。主讲教师应明确说明两者表达的意义相同,今后应逐步习惯混凝土结构课程体系的叫法和符号表达。笔者对此类名词和符号梳理如下。

### (一)强度与承载力

强度与承载力的英文都可写作strength,在材料力学等基础课程及专业课程钢结构中,构件或截面的安全性是通过应力形式给出的强度条件保证的,在这些课程中,无论对于材料本身还是构件或截面,都以“强度”一词表述<sup>[5-6]</sup>。而在混凝土结构设计原理课程中,对于材料的物理力学性能亦使用“强度”一词,而对于构件或截面及结构的性能,其设计计算基本公式则通过静力平衡条件以内力形式给出,因此使用“承载力”一词<sup>[4]</sup>。应该指出,在一些早期的混凝土结构教材及专业文献中都称为强度,这种叫法不够确切。

### (二)偏心受压构件与压弯构件,偏心受拉构件与拉弯构件

图1(a)所示的轴心压力 $N$ 与弯矩 $M$ 共同作用的正截面与图1(b)所示的偏心距为 $e_0 = M/N$ 的偏心受压正截面是等效的。在混凝土结构理论体系中,其承载力计算公式是按后者建立的,因而称为偏心受压构件<sup>[7]</sup>;而在钢结构理论体系中,其强度计算公式是按前者建立的,从而称为压弯构件<sup>[8]</sup>。同样,当轴向力为拉力时,混凝土结构理论体系中称为偏心受拉构件,而钢结构理论体系中称为拉弯构件。课堂教学中,宜引导学生建立两种结构理论体系不同的思维习惯。

### (三)中和轴与中性轴

在受弯构件及偏心受压构件等正截面承载力计算中,其正应力的符号可能会发生变化,即正截面上

有些区域受拉,有些区域受压,两者之间的过渡轴在混凝土结构设计原理课程中称作“中和轴”,而在材料力学等基础课程中则称作“中性轴”,在课堂教学中应向学生说明两者意义相同。

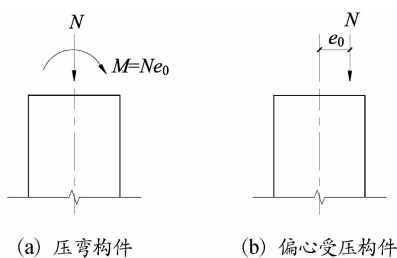


图1 压弯构件与偏心受压构件

#### (四) 内力符号

对于轴力、剪力、弯矩和扭矩等内力表示符号,混凝土结构设计原理课程教材一般按照《混凝土结构设计规范》<sup>[7]</sup>组织编写,与先修课程材料力学和结构力学则不尽相同<sup>[9-10]</sup>,详见表1。课堂上应向学生指出,在混凝土结构设计原理课程之后的专业课,如混凝土结构设计、钢结构、抗震结构设计、高层建筑结构等课程,都与混凝土结构设计原理课程的表示方法相同,作为土木工程专业学生今后应更多地习惯专业表示方法。

表1 不同课程的内力表示符号

课程名称	轴力	剪力	弯矩	扭矩
材料力学	$F_N$	$F_S$	$M$	$T$
结构力学	$F_N$	$F_Q$	$M$	$M_t$
混凝土结构设计原理	$N$	$V$	$M$	$T$

### 三、例题讲解

混凝土结构设计原理课程教学的最终目标是让学生掌握混凝土结构构件的设计计算方法,通过解答具体题目来体现。然而,课程涉及的材料性能复杂、知识点琐碎,学生在短时间内难以掌握。此时,任课教师要教学生学会删繁就简、抓住主线,在清晰的思路指导下展开学习。例如,正截面承载力计算均符合平截面假定,只要在概念上清楚达到承载能力极限状态时构件截面上钢筋和混凝土的应力分布情况,绘制截面受力状态图,根据平衡关系很容易写出正截面承载力计算公式,切忌死记硬背。例题讲解特别重要,它使得学生能够及时掌握相关内容,建立学习自信心。

在讲授完相关理论知识后,任课教师可给出设计计算的流程框图,进而结合理论知识和流程框图,

讲解相应的例题。要对每一类题目的解答步骤做系统梳理总结,大致可分为以下几步。

一是资料整理。将解答该题目所需的基本参数数据一一列出,如混凝土强度等级与设计强度、钢筋级别与设计强度,截面有效高度,相对界限受压区高度。

二是必要的讨论与判别。这一步视题目的具体情况而定,如受弯构件正截面承载力设计计算时判别单筋是否可行,即有无必要采用双筋截面;T形截面受弯构件的截面类型判别;偏心受压构件正截面承载力设计计算时大、小偏心受压破坏的初步判别等。判别结果不同,对应的基本公式亦不同。

三是计算求解。按照前述方法,写出承载力计算基本公式,将资料整理中所列基本数据代入计算求解。此时,一定要强调注意验算公式的适用条件。

四是选配钢筋。根据计算求解结果,查钢筋表选配钢筋。此时,提醒学生注意满足相关的构造要求。

上述求解步骤,任课教师需带领学生完整地地完成一次训练,特别是第一次接触计算例题。整个解答思路与过程要让学生清晰,混凝土、钢筋强度取值和钢筋表等要结合授课所用教材带领学生翻阅,让学生一开始就对此印象深刻,养成规范的设计计算习惯,做到早日熟练掌握。其中,承载力计算基本公式的列出是关键,在学生还不够熟练时,可教导其先写出基本公式,再根据基本公式里的具体参数整理相关数据。

另外,从教学方法上,还可考虑结合课程习题课,让学生在黑板上实战训练,其他学生在下面同步练习。最后,任课教师带领大家一起查看黑板上学生的解答情况并进行讲解。这样做针对性强,学生印象深刻,会收到事半功倍的效果。

### 四、结语

由于课程内容体系的特点,混凝土结构设计原理课程教学中容易产生教师难教和学生难学的问题。然而,“细节决定成败”,只要任课教师以积极主动的心态对待,注重相关的细节,不断探索适宜的教学模式和教学方法,用心做事、尽职尽责,就会使得课堂充满活力,让学生充分热情,确保学生对于本课程知识内容的理解和掌握,提高学生的专业素养,从而为后续专业课程的学习及相关的课程设计和毕业设计,乃至毕业后的工作奠定坚实基础。

- 参考文献:
- [1] 高等学校土木工程专业指导委员会. 高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲[M]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2002.
- [2] 高等学校土木工程学科专业指导委员会. 高等学校土木工程本科指导性专业规范[M]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2011.
- [3] 潘颖. 提高混凝土结构原理课程教学质量的思考[J]. 高等建筑教育,2011,20(4):74-77.
- [4] 叶列平. 混凝土结构:上册[M]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2012.
- [5] 孙训方,方孝淑,关来泰. 材料力学I[M]. 5版. 北京:高等教育出版社,2009.
- [6] 陈绍蕃,顾强. 钢结构:上册——钢结构基础[M]. 2版. 北京:中国建筑工程工业出版社,2007.
- [7] GB50010—2010 混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2011.
- [8] GB50017—2003 钢结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2003.
- [9] 龙驭球,包世华,匡文起,等. 结构力学I——基本教程[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 龙驭球,包世华,匡文起,等. 结构力学II——专题教程[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2006.

## Discussion on some details in the teaching of design principles for concrete structures

DING Yonggang

(School of Civil Engineering and Architecture, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, P. R. China)

**Abstract:** The course of design principles for concrete structures is one of the basic compulsory courses for the major of civil engineering, and it is in an important position in the curriculum system. In this paper, some details that should be paid attention in the teaching of the course are combed and analyzed in combination with the characteristics of the course and the practical teaching experience. The discussion aims to stimulate the enthusiasm of the students, to ensure the classroom teaching quality and effect, and to improve the students' professional accomplishment, which lays a foundation for their further study and work.

**Keywords:** concrete structures design principles; course teaching; teaching discussion

(编辑 梁远华)