

混凝土结构设计原理课堂教学研究

成洁筠, 覃银辉

(中南林业科技大学 土木工程与力学学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:混凝土结构设计原理是土木工程专业的一门专业基础课程,该课程内容多、符号多、公式多,体系庞杂。笔者根据教学经验,结合不同知识点阐述了其采用的不同课堂教学方法,以此提高教学质量,帮助学生掌握学习的思路与方法。

关键词:混凝土结构设计原理;专业基础课程;课堂教学方法

中图分类号:G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2012)05-0093-04

混凝土结构设计原理作为土木工程专业的一门专业基础课程,对于构建学生的专业知识起着十分重要的作用。在课堂讲授时应注重讲透基本概念、基本原理和工程应用。在讲述课堂内容时应采用多种教学方法并举,对于材料性能的介绍、极限状态设计法介绍、公式推导、解题思路、结论总结等内容,宜采用传统授课方法(即黑板板书)更为有效,学生可主动思考、参与推导,有利于加深理解;而对于结构的材料试验、结构构造、钢筋的配置、构件的破坏过程、设计图纸介绍、结构裂缝和变形及工程实例展示等内容适宜用多媒体授课。

一、符号讲解的技巧

课程含有大量的符号,如果仅仅介绍名称,学生印象不深刻;若能把符号中的字母、数字所代表的含义解释详尽,学生理解将更为透彻。

比如:讲解热轧钢筋的级别时,应对其中的字母、数字进行解释(表1),使学生不仅掌握钢筋级别,而且对各个级别的异同点清晰明了。

表1 钢筋级别符号的讲解^[1-2]

HPB300	HRBF335	RRB400
生产工艺: hot rolled 表面形状: plain 钢筋: bar 屈服强度: f_{yk} HPB300	hot rolled ribbed bar 细晶粒 fine HRBF335	remained heat treatment ribbed bar RRB400

讲解材料强度时,应注意讲解下标字母所代表的含义(表2),这将对讲解构件的破坏形态有所帮助。

收稿日期:2012-01-12

基金项目:中南林业科技大学2010年度教学研究项目

作者简介:成洁筠(1981-),女,中南林业科技大学土木工程与力学学院讲师,主要从事土木工程研究,

(E-mail)lucy_cjy@126.com。

表2 材料强度符号的讲解

	下标含义	符号含义	备注
f_c	c - compressed stress	混凝土的抗压强度设计值	$f_{yk}、f_{ck}、f_{tk}$ 下标含有 k, k - characteristic value(标准值)
f_t	t - tensile stress	混凝土的抗拉强度设计值	
f_y	y - yield stress	钢筋的屈服强度设计值	

二、表格对比讲解破坏形态

课程中,各种受力构件的破坏形态是重点知识,需要讲解透彻。采用对比总结的方法可以加深学生对此知识点的理解。

第一步:分析各种受力状态下的裂缝形态,从而引出混凝土配置钢筋的作用。其一,当砼开裂退出工作后,原由它承担的应力转由钢筋承担,各种钢筋所能承担的内力是不同的;其二,与裂缝相交的钢筋能抑制与延缓裂缝的开展及构件挠度的增大,理论上钢筋的配置与裂缝垂直相交,此时的效果最佳。但考虑施工的方便往往保证可能出现的裂缝与钢筋

相交^[3](表3)。

第二步:分析配筋率对各种受力构件破坏类型的影响(表4)。

第三步:通过表格的形式从破坏特征、破坏性质、材料利用情况以及设计中如何考虑等方面加以总结。在讲解偏压构件的破坏形态时,应指出偏压构件是同时受到轴心压力和弯矩的构件,因此它的破坏形态应与受弯和轴心受压构件的破坏形态有联系,也有区别,回顾受弯构件和轴压构件的破坏形态,对照讲解。各种受力构件的破坏形态总结于表5-表8。

表3 裂缝形态与配筋形式

受力状态	裂缝形态	理论配筋形式	实际配筋形式
M	垂直裂缝	纵筋	纵筋 A_s
V	斜裂缝	弯起筋	箍筋 A_{sv} (不足时加配弯起钢筋 A_{sb})
T	空间螺旋状斜裂缝	空间螺旋状筋	纵筋 $A_{s,l}$ + 箍筋 $A_{sv,l}$

表4 配筋率对破坏类型的影响

受力状态	配筋率	破坏类型
M	纵筋配筋率 ρ_s	少筋破坏(瞬拉破坏)、适筋破坏(拉压破坏)、超筋破坏(受压破坏)
V	箍筋配筋率 ρ_{sv}	斜拉破坏(相当于少筋破坏)、剪压破坏(适筋破坏)、斜压破坏(超筋破坏)
T	受扭纵筋配筋率 $\rho_{s,l}$	少筋破坏、适筋破坏、超筋破坏、部分超筋破坏
	受扭箍筋配筋率 $\rho_{sv,l}$	

表5 受弯构件破坏形态

破坏特征	性质	材料利用	设计考虑
少筋破坏 (瞬拉破坏)	脆性	砼的 f_c 未充分利用	$\rho \geq \rho_{min}$
适筋破坏 (拉压破坏)	延性	纵筋的 f_y , 砼的 f_c 充分利用	$M \leq M_u$
超筋破坏 (受压破坏)	脆性	纵筋的 f_y 未充分利用	$x \leq x_b$

表6 受剪构件破坏形态

发生条件	破坏特征	性质	设计考虑
斜拉破坏 $\lambda > 3, \rho_{sv}$ 少	一裂即断	脆性	$\rho_{sv} \geq \rho_{sv,min}; d_{sv} \geq d_{sv,min}$ $s \leq s_{max}$
剪压破坏 $1 \leq \lambda \leq 3, \rho_{sv}$ 适中	受拉箍筋屈服 f_{yv} ; 剪压区砼压碎 f_c	脆性	$V \leq V_u$
斜压破坏 $\lambda < 1, \rho_{sv}$ 多	受拉箍筋未屈服 σ_{sv} ; 斜向受压砼压碎 f_c	脆性	$(b \times h)_{min}$

表7 偏压构件破坏形态

	发生条件	截面应力状态	破坏特征	破坏性质	类似破坏
大偏压破坏 (受拉破坏)	偏心距较大, 远侧 A_s 较少	部分受拉 部分受压	砼: f_c 、远侧 A_s : f_y 、 近侧 A_s : f_y	延性	双筋适筋梁破坏
小偏压破坏 (受压破坏)	偏心距较大, 远侧 A_s 较多	部分受拉 部分受压	砼: f_c 、远侧 A_s : ρ_s 、 近侧 A_s : f_y	脆性	双筋超筋梁破坏
	偏心距很小	全截面受压	砼: f_c 、远侧 A_s : σ_s 、 近侧 A_s : f_y	脆性	轴压破坏

备注:破坏特征一列中,材料应力为 f_c 表示砼压碎, f_y 表示钢筋屈服, σ_s 表示未屈服,上标有'为受压状态。

表8 受扭构件破坏形态

	发生条件	破坏特征	性质	设计考虑
少筋破坏	$\rho_{s,l}, \rho_{sv,l}$ 少	砼: f_t 、受扭纵筋: f_y 、 受扭箍筋: f_{yv}	脆性	$\rho_{sv} \geq \rho_{sv, \min}; d_{sv} \geq d_{sv, \min}$ $s \leq s_{\max}$
适筋破坏	$\rho_{s,l}, \rho_{sv,l}$ 适中	砼: f_c 、受扭纵筋: f_y 、 受扭箍筋: f_{yv}	延性	$T \leq T_u$
超筋破坏	$\rho_{s,l}, \rho_{sv,l}$ 多	砼: f_c 、受扭纵筋: σ_s 、 受扭箍筋: σ_{sv}	脆性	$(b \times h)_{\min}$
部分超筋破坏	$\rho_{s,l}, \rho_{sv,l}$ 其中一种过量	$\begin{cases} f_c, \sigma_s, f_{yv} \\ f_c, f_y, \sigma_{sv} \end{cases}$	非完全脆性	$0.6 \leq \xi \leq 1.7$

备注:破坏特征一列中,材料应力为 f_c 表示砼压碎, f_t 表示砼拉坏, f_y, f_{yv} 表示钢筋屈服, σ_s, σ_{sv} 表示未屈服。

三、深化公式记忆

由于钢筋混凝土结构是由混凝土和钢筋两种性能不同的材质组成,组成体是非均匀的非弹性体,因此大量的结论并不是单纯力学知识的简单推导,其中有相当一部分是通过大量的试验获得的一种半经验半理论的公式。常规讲解思路:试验情况→影响因素→公式讲解。可以反其道而行之:公式讲解→影响因素→试验情况。通过讲解公式中各参数的具体意义,引导学生思考影响参数的因素有哪些,这样效果更佳。

如在讲解受剪构件的影响因素时,可先把受剪承载力的公式提出来。对于矩形、T形和I形截面的一般受弯构件, V_u 应按下述公式计算^[4]。

$$V_u = V_{cs} + V_{sb} = 0.7f_tbh_0 + 1.0f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.8f_y A_{sb} \sin\alpha \quad (1)$$

对集中荷载作用下的矩形截面独立梁, V_u 应考虑剪跨比的影响。

$$V_u = V_{cs} + V_{sb} = \frac{1.75}{\lambda + 1.0} f_t bh_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 +$$

$$0.8f_y A_{sb} \sin\alpha \quad (2)$$

由此可以看出,影响受剪承载力的因素有:混凝土强度等级,影响参数 f_t , 混凝土强度等级越高, f_t 越大, V_u 越大;剪跨比 λ , 影响无筋混凝土所能承担的受剪承载力 V_c , V_c 随着剪跨比 λ 的增大而降低;腹筋的数量及强度,公式中对应的参数是 f_{yv}, A_{sv}, s 。通过分析可知: V_u 在剪压构件中随着配箍率 $\rho_{sv} = A_{sv}/(bs)$ 及箍筋强度 f_{yv} 的增大而增大;纵筋的配筋率,对应公式中的参数 A_{sb}, A_{sb} 越大, V_u 越大。通过这样的讲解,学生既掌握了影响因素,同时又通过公式知道因素具体如何影响承载力。同样的方法也可以应用于裂缝宽度知识点的讲解。

四、公式求解巧记忆

该课程的培养目标之一就是要求学生掌握配筋设计,学生在进行受弯构件、偏压构件、偏拉构件的配筋设计时,首先要求出混凝土受压区高度 x , x 的求解可通过力矩平衡方程式解一元二次方程得到,但如果每次都通过求解一元二次方程的方程根,则时间浪费严重,效率降低。通过让学生自行尝试求

解认识到方程根求解的繁杂性,再讲述巧法记忆方程根的方法(图1),这样既不会求解错误,又提高了学生的学习效率。各种受力构件混凝土受压区高度 x 的计算见表9。

$$x = h_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b h_0^2}} \right) \xrightarrow{\text{变化形式}} x = h_0 \left(1 - \sqrt{\frac{M}{M_0}} \right)$$

其中, M 表示力矩平衡方程中的常数项, M_0 表示通过图形记忆。

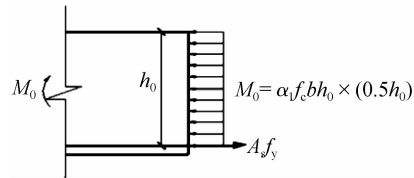


图1 巧记方程根

表9 混凝土受压区高度 x 的计算

力矩平衡方程	受压区高度 x
单筋矩形截面梁 $M = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$	$x = h_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b h_0^2}} \right]$
双筋矩形截面梁 $M = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s \left(h_0 - a'_s \right)$	$x = h_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2[M - f'_y A'_s (h_0 - a'_s)]}{\alpha_1 f_c b h_0^2}} \right]$
第一类T形截面梁 (单筋) $M = \alpha_1 f_c b'_f x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$	$x = h_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b'_f h_0^2}} \right]$
第二类T形截面梁 (单筋) $M = \alpha_1 f_c (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) + \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$	$x = h_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2[M - \alpha_1 f_c (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right)]}{\alpha_1 f_c b h_0^2}} \right]$
大偏压受力构件 (矩形截面) $Ne = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s \left(h_0 - a'_s \right)$	$x = h_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2[Ne - f'_y A'_s (h_0 - a'_s)]}{\alpha_1 f_c b h_0^2}} \right]$

五、结语

混凝土结构设计原理知识点多,在教学过程中应当根据不同知识点的特点,采取不同的教学方法,让学生充分理解,构建土木专业基础知识,更好地进行后续课程学习。

参考文献:

[1] 沈蒲生. 混凝土结构设计原理[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2011.

出版社, 2011.

[2] 东南大学, 天津大学, 同济大学合编. 混凝土结构设计原理[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.

[3] 徐有邻, 周氏. 混凝土结构设计规范理解与应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

[4] GB50010-2010 混凝土结构设计规范[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

Classroom teaching methods for design principle of concrete structure

CHENG Jieyun, QIN Yinhui

(School of Civil Engineering and Mechanic, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 41004, Hunan Province, P. R. China)

Abstract: Design principle of concrete structure is a foundation curriculum in the civil engineering specialty. It has many curriculum contents, marks, and formula. Its system is numerous and disorderly. Based on our teaching experience, we elaborated different teaching methods to improve the teaching quality.

Keywords: design principle of concrete structure; foundation curriculum; classroom teaching methods

(编辑 梁远华)