

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.02.014

欢迎按以下格式引用:刘月飞,樊学平.问题导向与成果导向相融合的钢筋混凝土结构设计原理课程教案设计[J].高等建筑教育,2024,33(2):104-109.

问题导向与成果导向相融合的钢筋混凝土结构设计原理课程教案设计

刘月飞,樊学平

(兰州大学 土木工程与力学学院,甘肃 兰州 730000)

摘要:综合考虑钢筋混凝土结构设计原理课程章节内容较多的问题,进行合理的课程教案设计是目前较好地教授这门课的方法之一。首先,基于问题导向,总结各章节教学内容需要解决的关键问题;然后,基于成果导向,以问题导向中的各个关键问题为教学成果,开展各个章节的教案设计;最后,将钢筋混凝土结构设计原理课程中的主要章节内容整理成易于教学的教案,从而提升教师的教学能力和提高学生接受知识的能力。问题导向与成果导向相融合的教案设计方法可为土木工程专业其他相关课程的教案设计提供参考。

关键词:问题导向;成果导向;钢筋混凝土结构设计原理;教案设计

中图分类号:G642.0;TU375 文献标志码:A 文章编号:1005-2909(2024)02-0104-06

一、问题导向与成果导向的基本概念与关系

所谓成果导向,就是要求得到有形或无形的输出物;所谓问题导向,就是要求以成果导向为目标,发现、研究以及解决可能遇到的问题。坚持成果导向,实质上就是要求不忘既定成果,始终坚持向预计的输出物(成果)努力奋斗。坚持问题导向,要以成果导向为依据,实质上是一个及时发现問題、科学分析问题、着力解决问题的过程,这正是马克思主义方法论的优良传统和鲜明特征。

钢筋混凝土结构设计原理课程以理论力学、材料力学、弹塑性力学、结构力学、概率论与数理统计及土木工程材料等基础课程理论为基础,综合利用力学基本理论、结构设计基本知识和方法,通过建立合理的力学模型进行详细准确的计算分析,完成对结构体系和构件的设计并通过图纸表现出来。该课程是后续专业课程的基础^[1-7]。将成果导向和问题导向融合起来进行钢筋混凝土结构设计原理课程的教案设计,其基本思路为:各章节首先以预计达到的总教学目标为成果导向;接着以成果导向为依据,以预计遇到的教学问题为问题导向;然后又以各个教学问题为成果导向,逐一

修回日期:2021-11-08

基金项目:兰州大学中央高校基金科研业务费专项资金资助(lzujbky-2022-43);兰州大学混凝土结构设计原理教学改革示范课程建设项目

作者简介:刘月飞(1982—),女,兰州大学土木工程与力学学院副教授,主要从事桥梁工程与结构健康监测研究,(E-mail)yfliu@lzu.edu.cn。

解决;最后达到各章节教学方案的合理设计。流程如图1所示。

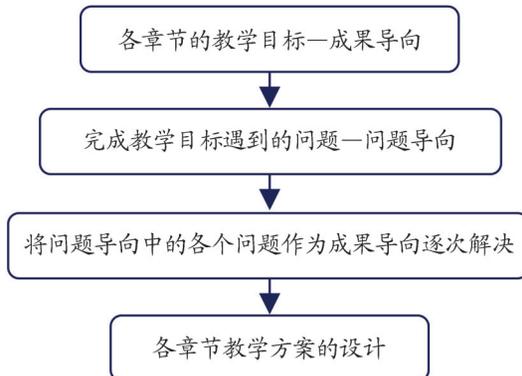


图1 教学方案的设计流程图

结合图1,重点分析受弯矩形截面梁正截面承载能力计算、受弯构件(矩形截面)斜截面承载能力计算和受扭构件(矩形截面)承载能力计算三部分的教案设计。

二、受弯矩形截面梁正截面承载能力计算的教案设计思路

受弯矩形截面梁正截面承载能力计算的成果导向为根据已知截面弯矩设计值 M ,计算纵向受力钢筋的面积。可能遇到的问题导向包括:(1)通过试验现象详细了解正截面受弯构件极限状态的破坏特征;(2)基于极限状态破坏特征的矩形截面梁受弯承载能力简化计算方法。

(一) 受弯矩形截面梁正截面极限破坏状态特征

通过试验现象,如图2所示^[1],结合材料力学中的应力和主应力分析方法,可以得到适筋梁、超筋梁及少筋梁的极限破坏特征。(a)适筋梁的极限破坏特征:受拉钢筋屈服和受压边缘混凝土压碎,整个梁发生延性破坏,因而它的极限状态由钢筋的屈服强度和混凝土的抗压强度决定;(b)超筋梁的极限破坏特征:受拉钢筋不屈服,但受压边缘混凝土压碎,整个梁发生脆性破坏,因而它的极限状态由混凝土的抗压强度决定;(c)少筋梁的极限破坏特征:受拉边缘混凝土,一旦开裂,钢筋较快屈服,整个梁发生瞬间脆性破坏,因而它的破坏由混凝土抗拉强度决定。

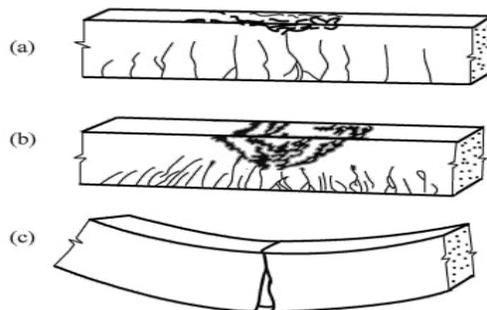


图2 适筋梁、超筋梁以及少筋梁的极限破坏状态

(二) 基于极限状态破坏特征的矩形截面梁承载能力简化计算思路

本部分内容主要针对适筋梁展开分析。基于极限状态破坏特征进行矩形截面梁的承载能力计算需要深入理解和解决以下关键问题:(1)影响正截面受弯承载能力的各因素之间是相互独立的;(2)梁在弯矩作用下产生竖向裂缝,主要原因是截面只有正应力,因而主拉应力与正应力同向,主压

应力与裂缝同向,均垂直于主拉应力;(3)混凝土和钢筋两种材料的力学性能,适筋梁受弯极限状态受压区混凝土的压应力曲线近似于混凝土应力应变曲线的上升段,且受压边缘的混凝土达到抗压强度,受拉区钢筋达到屈服强度,不考虑混凝土的抗拉强度,主要用于安全储备;(4)混凝土受弯梁的极限状态设计方法,尤其是混凝土结构极限状态的概念;(5)混凝土结构承载能力计算的基本假定,如截面应变的平截面假定要以应变检测时的标距足够大为前提,不考虑作为安全储备的混凝土抗拉强度,混凝土和钢筋的应力应变本构曲线采用混凝土结构设计规范提供的保守曲线^[8],为确保极限应变值过大梁的适用性满足要求,固受拉钢筋的极限拉应变取0.1;(6)将受压区混凝土的曲线应力图等效为矩形应力图,等效满足压应力的大小和作用点不变;(7)按照等效矩形应力图、钢筋的应力以及设计弯矩,得到力的平衡方程和弯矩的平衡方程。基于两个平衡方程,可以实现矩形截面受弯适筋梁的配筋计算,计算过程中通过配筋率避免发生少筋破坏和超筋破坏。

融合上述矩形截面受弯梁极限破坏特征和受弯承载能力设计方法得到的教案设计,有利于教师形成较好的教学思路,便于学生掌握相关知识。在教学过程中要注意避免教师传授知识和学生吸收知识的负杠杆效应,努力使两者形成正杠杆效应,即:教师传授知识越多,学生吸收的知识就越多。

三、受弯矩形截面梁斜截面承载能力计算的教案设计思路

受弯矩形截面梁斜截面承载能力计算的教学目的,即成果导向,主要为按受剪计算截面的剪力设计值 V ,计算确定箍筋和弯起钢筋的数量。要达到教学目的,可能遇到的问题:(1)通过试验现象详细了解受剪矩形截面(无/有腹筋梁)极限破坏状态;(2)基于极限状态破坏特征的矩形截面(无/有腹筋)梁受剪承载能力简化计算思路。

(一) 受剪矩形截面梁(无/有腹筋梁)极限破坏状态的特征

通过试验现象,如图3所示^[1],结合材料力学中的应力、主应力分析方法和剪力的传递机制,包括靠拉力或压力传递剪力的梁机制(截面完好)、靠截面内力臂变化传递剪力的拱机制及两者相融合的剪力传递机制,可得到无腹筋梁在斜压破坏、剪压破坏和斜拉破坏三种情况下的极限破坏特征。(a)无腹筋梁的斜压破坏:剪力主要通过拱机制传递,因剪跨比较小,拱角(主压应力角度)较大,则拱作用较大,又因较小的剪跨比使得截面弯矩产生的边缘正应力较小,剪力产生的中间切应力较大,则斜裂缝会从截面中性轴附近迅速向两端斜向展开,进而形成较多斜向混凝土柱,剪力传递的梁机制迅速消失,最后在斜向压力的作用下发生混凝土压碎的现象。可见无腹筋梁斜压破坏的极限状态主要取决于混凝土的抗压强度,且破坏是脆性的。(b)无腹筋梁的剪压破坏:因剪跨比适中,斜裂缝发展不是迅速完成的,剪力传递机制包含梁机制和拱机制,最后剪压区的混凝土在剪力和压力的共同作用下压碎,破坏是脆性的,可见无腹筋梁剪压破坏的极限状态主要取决于混凝土复合应力下的剪压强度。(c)无腹筋梁的斜拉破坏:剪力主要通过梁机制传递,因剪跨比较大,拱角(主压应力角度)较小,则拱作用较小,又因较大的剪跨比使截面的平均正应力远大于平均切应力,则斜裂缝会从截面底部迅速沿斜向压力作用线展开,破坏迅速完成,剪力传递的拱机制较微弱,可见无腹筋梁斜拉破坏的极限状态主要取决于受拉区混凝土的抗拉强度,且破坏是脆性的。无腹筋梁的三种破坏中,剪压破坏的脆性最弱,因而后续的有腹筋梁的设计主要以剪压破坏的极限状态为准。

有腹筋梁的剪压破坏,极限状态为腹筋屈服,剪压区混凝土压碎。因而它的极限状态主要取决于腹筋的屈服强度和混凝土的抗压强度。

(二) 基于极限状态破坏特征的矩形截面梁(无/有腹筋梁)受剪承载力简化计算思路

主要针对发生剪压破坏的无腹筋梁和有腹筋梁受剪承载力进行分析。基于剪压破坏的极限状态破坏特征计算无/有腹筋矩形截面梁的受剪承载力,需深入理解和解决以下关键问题:(1)为了便于分析,假定影响受剪承载力的各因素之间相互独立;(2)梁在剪力作用下产生斜裂缝的原因;(3)梁的剪力传递机制;(4)斜裂缝产生后,梁中的受力状况;(5)可提高斜截面受剪承载力的配筋方法;(6)分析无/有腹筋梁斜截面受剪性能的方法;(7)配筋率对有腹筋梁受剪性能的影响;(8)建立无/有腹筋梁斜截面承载力计算方法。

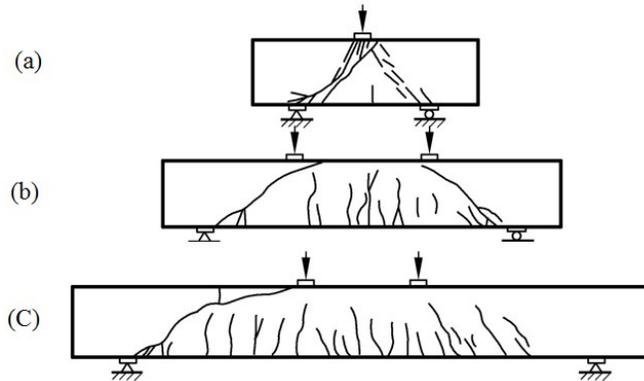


图3 无腹筋梁斜压破坏、剪压破坏以及斜拉破坏的极限破坏状态

上述9个问题的解决,有益于实现无/有腹筋梁受剪承载力的简化计算。对于问题(2),考虑截面存在切应力,主拉应力迹线方向为斜向,主压应力迹线与裂缝同向,均垂直于主拉应力迹线,因而造成斜向裂缝;对于问题(3),考虑梁开裂前后剪力传递机制的变化,开裂前主要为依靠截面拉应力或压应力的变化传递剪力的梁机制,开裂后主要为依靠截面内力臂的变化传递剪力的拱机制;对于问题(4),考虑到受拉区混凝土开裂后退出工作,使受拉钢筋应力发生变化,进而造成截面应力状态的变化;对于问题(5),考虑到腹筋一般沿着主拉应力方向配置,因受施工影响,抗剪钢筋主要有箍筋和弯起钢筋两种腹筋;问题(6)中无腹筋梁的受剪性能主要是利用单因子分析方法,研究剪跨比、混凝土强度、纵筋配筋率、截面形状以及截面尺寸对无腹筋梁抗剪性能的影响规律,为后续无腹筋梁受剪承载力的计算提供基础。有腹筋梁的受剪性能是在无腹筋梁的受剪性能基础上,添加腹筋的受剪性能;问题(7)主要考虑腹筋在少筋状况下一般会使有腹筋梁产生斜拉破坏,超筋一般会使有腹筋梁产生斜压破坏,适筋一般会使有腹筋梁产生剪压破坏,可见配筋率影响梁的受剪性能;问题(8)中无腹筋梁的受剪承载力计算公式是在各影响因素相互独立的情况下保守相乘得出,有腹筋梁的受剪承载力计算公式是在无腹筋梁的计算公式基础上添加箍筋和弯起筋的受剪承载力计算公式得出,在计算过程中,通过控制配筋率和截面尺寸分别防止发生斜拉破坏和斜压破坏。

融合上述受剪矩形截面梁极限破坏特征和受剪承载力设计思路得到的教案,有利于教师形成较好的教学思路,便于学生接纳知识,但是在教学过程中注意避免教师传授知识和学生掌握知识的负杠杆效应,努力使两者形成正杠杆效应。

四、受扭矩形截面梁承载力计算的教案设计思路

受扭矩形截面构件斜截面承载力计算的教学目的,即成果导向,为按受扭计算截面的扭矩设计值 T ,计算确定受扭箍筋和受扭纵筋的数量。要达到教学目的,可能遇到的问题导向:(1)通过试

验现象详细了解受扭矩形截面梁(无/有受扭钢筋)极限破坏状态;(2)基于极限状态破坏特征的矩形截面梁(无/有受扭钢筋)受扭承载能力简化计算思路。

(一) 受扭矩形截面梁(无/有受扭钢筋)极限状态破坏特征

通过素混凝土受扭梁纯扭破坏图,如图4所示,结合材料力学中的切应力和主应力分析方法,可知素混凝土梁主压应力迹线为螺旋形,如图5所示,从而受扭破坏裂缝呈螺旋状,破坏面为三面受拉、一面受压^[1]。素混凝土受扭梁的极限破坏状态主要由混凝土抗拉强度决定。

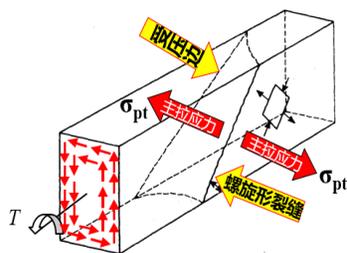


图4 无受扭钢筋梁纯扭破坏

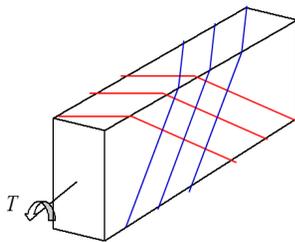


图5 无受扭钢筋梁主应力迹线

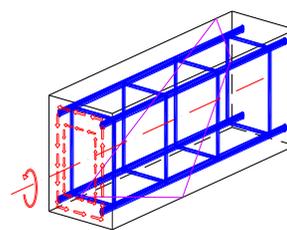


图6 受扭箍筋和受扭纵筋布置

由图4和图5可知,受扭钢筋最合理的布置方式是按照主拉应力迹线布置,即沿着垂直于螺旋形裂缝的方向布置受扭钢筋。考虑到施工的影响,采用图6的受扭钢筋布置形式较为合理,图中受扭钢筋包括受扭箍筋和受扭纵筋。

按照受扭钢筋配筋率的大小,可得有受扭钢筋纯扭梁的极限状态破坏,包括少筋破坏、适筋破坏和超筋破坏。其中,少筋破坏的极限状态为受拉区混凝土受拉破坏,钢筋拉断,主要取决于混凝土的抗拉强度;超筋破坏的极限状态为受压区混凝土压碎,钢筋不屈服,主要取决于混凝土的抗压强度;适筋破坏的极限状态是受压区混凝土压碎,钢筋屈服,主要取决于混凝土的抗压强度和钢筋的屈服强度。少筋破坏和超筋破坏是脆性的,适筋破坏是延性的,从而受扭梁按适筋梁设计。

(二) 基于极限状态破坏特征的矩形截面梁受扭承载能力简化计算思路

本部分主要对基于适筋破坏的矩形截面梁受扭承载能力展开分析。基于适筋破坏的极限状态破坏特征进行矩形截面梁无腹筋梁和有腹筋梁两种状态的受扭承载能力计算,需深入理解和解决以下关键问题:(1)前提假设:影响受扭承载能力的各因素之间相互独立;(2)钢筋混凝土梁的受扭承载能力的计算分析;(3)钢筋混凝土梁的受扭承载能力上限和下限的计算分析;(4)弯剪扭共同作用下,钢筋混凝土梁的钢筋配置。

问题(2)考虑到钢筋混凝土梁的受扭承载能力包括素混凝土梁的受扭承载能力和受扭钢筋的受扭承载能力两部分,受扭钢筋按图6配置。其中,素混凝土梁的受扭承载能力可基于弹性力学和塑性力学理论近似获取,钢筋的受扭承载能力可参考混凝土结构设计规范获取^[8];问题(3)钢筋混凝土梁受扭承载能力上/下限分别指超筋梁和少筋梁的受扭承载能力,一般通过控制配筋率和截面尺寸分别防止发生少筋破坏和超筋破坏;问题(4)分别计算受弯纵筋、受剪箍筋、受扭箍筋及受扭纵筋,并将其叠加,即可实现弯剪扭作用下钢筋混凝土梁的钢筋配置。钢筋混凝土梁的受扭承载能力计算公式是在素混凝土梁的受扭承载能力计算公式基础上叠加受扭箍筋和受扭纵筋受剪承载能力计算公式得到,并通过控制配筋率和截面尺寸分别防止发生少筋破坏和超筋破坏。

融合上述矩形截面受扭梁极限破坏特征和受扭承载能力设计思路得到的教案设计,有利于教师形成较好的教学思路,便于学生吸收知识。教学过程中需避免教师传授知识和学生吸收知识的负杠杆效应,努力形成正杠杆效应。

五、结语

钢筋混凝土结构设计原理课程的教案设计影响教师的教学水平和学生吸收知识的效果。将问题导向和成果导向结合起来,进行课程主要章节的教案设计,给出简明的教学思路。可提高学生对相关知识的掌握程度,达到教师和学生之间教学相长的正杠杆效应,一定程度上减弱负杠杆效应。本文的教案设计方法以及思路,可为土木工程专业的相关课程提供一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 叶列平. 混凝土结构-上册[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] 许英,汪宏. 钢筋混凝土结构设计原理课程教学探讨[J]. 高等建筑教育,2010,19(6):81-83.
- [3] 李志强,唐艳娟,夏多田. 钢筋混凝土结构设计原理教学研究I: 双筋矩形截面正截面承载能力计算[J]. 教育教学论坛, 2015,14:160-161.
- [4] 李志强,唐艳娟,夏多田. 钢筋混凝土结构设计原理教学研究II:T形截面正截面承载力计算[J]. 教育教学论坛, 2015(12):192-193.
- [5] 薛维培. 《钢筋混凝土结构设计基本原理》课程教学改革探讨[J]. 教育教学论坛,2019(33):118-119.
- [6] 宋征. 道桥专业混凝土结构设计原理课程项目模块教学探索[J]. 高等建筑教育,2017,26(2):62-65.
- [7] 王秋萍,李宏伟. 混凝土结构课程的教学方法初探[J]. 高等建筑教育,2005,14(1):59-61.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 混凝土结构设计规范:GB 50010—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.

Teaching plan design based on the fusion of problem orientation and result orientation: taking Reinforced concrete structure design principles course as an example

LIU Yuefei, FAN Xueping

(School of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: There are many chapters and contents in the course of reinforced concrete structure design principles. How to reasonably design the teaching plans has become one of the main problems in well teaching this course. First, based on the problem orientation, the key problems for the teaching contents of each chapter are summarized. Then, based on the result orientation, the teaching results are all the key problems in the problem orientation, and the reasonable teaching plan design of each chapter is carried out. Finally, the main chapters for the course of reinforced concrete structure design principles are sorted into teaching plans which are easy to teach. It is expected that teachers' teaching ability and students' ability to accept knowledge will be improved. The teaching plan design method which combines the problem orientation and the result orientation proposed in this paper will provide reference for the teaching plan design of the other related courses in civil engineering.

Key words: Problem orientation; Result orientation; Reinforced concrete structure design principles; Teaching plan design

(责任编辑 邓云)