

从简支梁桥弯矩图谈桥梁结构体系的演变

周水兴, 张敏, 周翔海

(重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074)

摘要:桥梁结构体系是桥梁工程中的重要教学内容。常规教学方法是根据教材内容,逐一讲解结构体系,不仅效果差,而且缺乏系统性和内在连贯性。文章从简支梁桥弯矩图出发,围绕如何减小梁内弯矩、增大桥梁跨度,推演出桥梁工程中所有的结构体系。

关键词:桥梁工程;结构体系;简支梁桥;弯矩图

中图分类号:TU311

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2012)01-0084-03

随着科学技术的快速发展,桥梁工程新结构、新体系不断涌现,有限的教学学时和不断增多的教学内容之间的矛盾更加突出,如何改进教学方法和教学内容已成为桥梁工程课程面临的共同问题。

桥梁结构体系是桥梁工程课程的重要内容,现有的桥梁工程通常将桥梁结构体系分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、缆索体系桥和组合体系桥5种^[1]。在日常教学中常常将这5种体系单独介绍,不仅教学内容缺乏系统性和内在连贯性,学生理解困难,而且教学用时多、教学效果差。

目前,国内对桥梁工程教学改革大多集中在培养方案、课程体系和毕业设计方面^[2-4],而对具体教学内容和教学方法的研究相对较少。笔者曾从三跨连续梁桥自重作用下的弯矩图出发^[5],利用连续梁桥自重作用下的弯矩图弯矩零点,演变出梁式桥的3种结构静力体系,但没有进一步将几种基本体系有机地结合起来。

文中从简支梁桥自重作用下的弯矩图出发,围绕如何减小梁内弯矩、增大桥梁跨度,巧妙地将桥梁工程中的各种结构体系结合在一起,概念明确,有利于引导学生从力学原理学习桥梁工程基础知识。通过学校几届本科教学实践表明,学生普遍反映良好,可缩短50%以上的教学用时。

一、简支梁桥自重作用下的弯矩图

简支梁桥是桥梁工程中出现最早、应用最广的桥梁结构之一。简支梁桥由自重产生的截面弯矩分布如图1b所示。

收稿日期:2011-11-28

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究项目(103140);中国交通教育研究会教育科学研究课题(交教研1002-93)

作者简介:周水兴(1967-),男,重庆交通大学土木建筑学院教授,博士,主要从事桥梁工程教学和大跨度桥梁非线性分析研究,(E-mail)zhoushuixing@126.com。

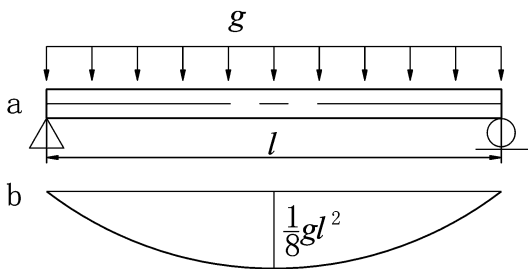


图1 简支梁桥弯矩图

从图1可以看出,简支梁桥主梁各截面均承受正弯矩,最大弯矩出现在跨中部位:

$$M = \frac{1}{8}gl^2. \quad (1)$$

根据结构设计原理,跨中截面弯矩值将控制整个简支梁桥的设计,并且要求主梁材料能够承受较大的弯曲拉应力,因此,工程上只能选用钢筋混凝土、预应力混凝土或钢材等材料。

式(1)表明,随着计算跨度 l 的增大,弯矩值将以跨径 l 的平方增加。为抵抗由跨度增大而增加的弯矩值,则必须增大截面尺寸,而增大截面又会导致自重 g 的增大,可见简支梁桥的跨度不能无限增大。

然而在实际工程中,往往需要更大跨径的梁桥,以跨越河流、山谷和不良地质带,因此,需要在简支梁桥的基础上演变出新的桥梁结构体系。

二、桥梁结构体系的演变

(一) 悬臂梁桥和连续梁桥

从式(1)看出,增大桥梁跨度的关键在于如何减小梁内弯矩。对此,可以将简支梁向两支承点外悬臂伸出,做成悬臂梁(如图2a所示),悬臂梁在其自重作用下的弯矩分布如图2b所示。

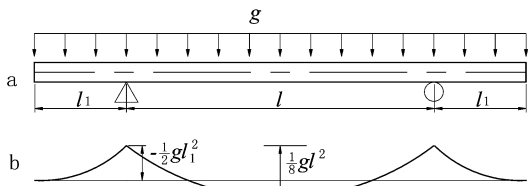


图2 悬臂梁桥

图2b表明,悬臂梁使支点截面产生负弯矩,削弱了跨中截面的正弯矩,梁体内正弯矩大为减小,相应的截面尺寸也可减小;在保持简支梁桥相同截面尺寸的前提下,可以达到增大桥梁跨度的目的。

由于悬臂梁桥的悬臂端转角位移大,导致桥面不平顺、舒适性较差,不利于高速行驶。为解决此问题可在两悬臂端处增设支点做成连续梁桥(如图3所示)。

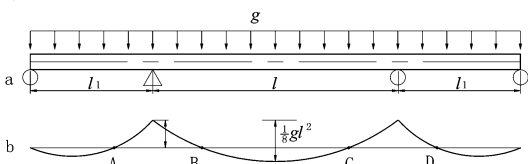


图3 连续梁桥

如利用图3b中的A,B,C,D 4个弯矩零点,还可推演出悬臂梁桥、T型刚构桥和连续刚构桥等桥型^[5]。

(二) 缆索承重桥

图3所示的连续梁桥是在悬臂梁两端增设刚性支承,除此之外还可以设置弹性支承。图4所示是在图1的简支梁梁体上设置若干弹性支承点,即在梁体上设置拉索,由单跨简支梁变成多点弹性支承梁,进而达到减小梁体跨度和减小弯矩的目的。当拉索呈斜向布置时即为斜拉桥(如图4a所示),当拉索竖向布置时就为悬索桥(如图4b所示),也可将斜向拉索和竖向拉索组合,图4c为斜拉-悬索组合体系的概念图。

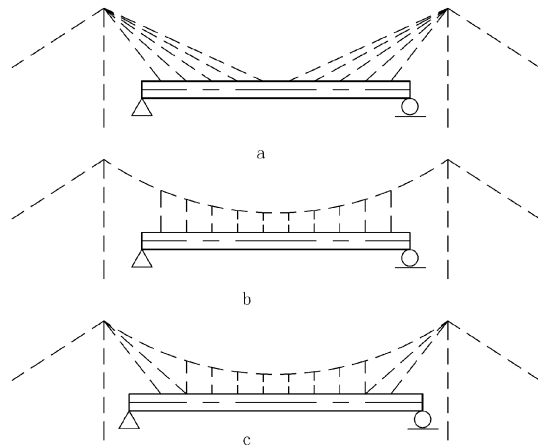


图4 斜拉桥与悬索桥概念图

图4所示为斜拉桥、悬索桥及其体系组合的演变概念图,实际工程中需将主梁向两边跨延伸,做成单塔双跨斜拉桥或双塔三跨斜拉桥(如图5所示)。图4b所示为常见的单跨悬索桥,将加劲梁向两边跨延伸就为三跨悬索桥。根据主缆锚固方式不同,演变出图6所示的地锚式悬索桥和自锚式悬索桥。图7为斜拉-悬索组合体系桥,这种桥梁结构是今后3 000 m以上跨径的唯一桥型。

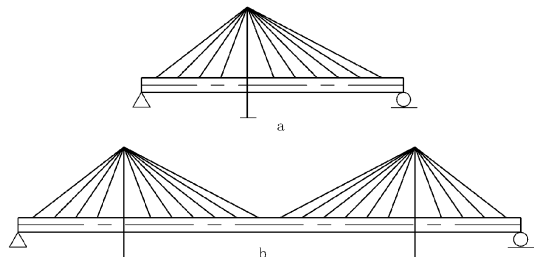


图5 常见的斜拉桥结构体系

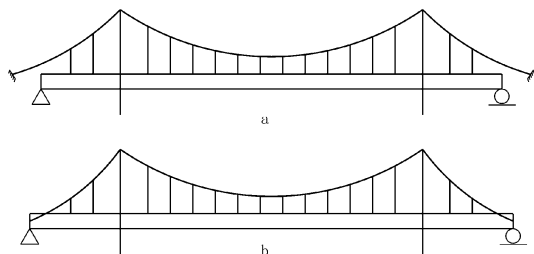


图6 地锚式悬索桥和自锚式悬索桥

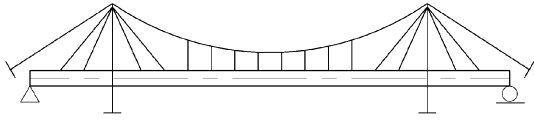


图7 斜拉-悬索组合体系桥

(三) 拱式桥

在上述桥梁结构体系中,承受弯矩的主梁均为直梁,荷载与梁轴线垂直,导致梁体内产生的弯矩最大。如将主梁弯曲做成曲梁,即成为拱。拱是一种以受压为主的结构,在竖向荷载作用下,拱脚支承处除产生竖向反力外,还会产生水平推力,而水平推力使曲梁(主拱)截面弯矩减小,截面内力由简支梁的受弯为主转变为拱的受压为主,达到减小截面弯矩的目的。

由于汽车不能在曲线的拱圈上行驶,必须在桥面与主拱之间设置拱上建筑,如图8中的阴影部分,通过变化阴影部分的构造,可以设计成不同构造形式的拱桥,如实腹式拱桥、空腹式拱桥,拱式腹孔、梁式腹孔,桁架拱、刚架拱,拱片桥等等。

当变换桥面系与主拱之间的相对位置时,可做成中承式拱和下承式拱。

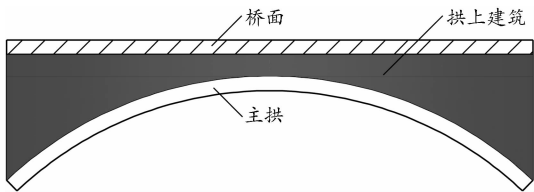


图8 拱桥

(四) 刚架桥

上述桥梁形式中,主梁与桥墩之间未形成固结,主梁通过支座将其自重和外荷载传递到下部结构中,如将图1a中的简支梁与桥墩固结,即可做成图9所示的刚架桥。

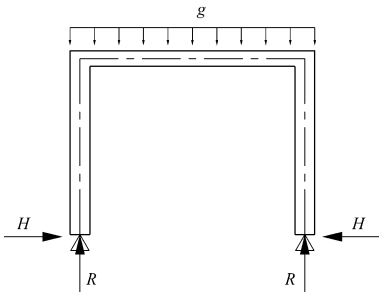


图9 刚架桥

On bridge structural system evolution from moment diagram of simple-supported beam bridge

ZHOU Shui-xing, ZHANG Min, ZHOU Xiang-hai

(School of Civil Engineering and Architecture, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, P. R. China)

Abstract: Teaching contents of bridge structural systems are very important in bridge engineering course. Of the traditional teaching method, the structural systems are independently explained according to the text content. The teaching effect is poor, non-systematic, and inconsistent. Starting from the moment diagram of the simple-supported beam bridge, we presented how to reduce the bending moment of beam and performed evolution of all bridge engineering structural systems.

Keywords: bridge engineering; structural system; simple-supported beam bridge; moment diagram

(编辑 周沫)

刚架桥是一种在竖向荷载作用下由水平反力产生的结构,因此,与同等跨径的简支梁桥相比,其梁内的弯矩要比简支梁桥小,同样可达到减小弯矩、增大跨度的目的。

由刚架桥的主梁与桥墩固结思路可以进一步推广到其他桥型或结构体系中,如下承式拱桥与桥墩固结,形成下承式刚架拱桥(如图10所示)。

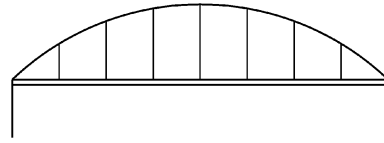


图10 下承式刚架拱桥

桥梁工程中桥墩与桥跨结构固结是一种经常被采用的方式,也是创造桥梁新体系的重要途径,如连续梁桥与桥墩固结,便为连续刚构桥。

三、结语

桥梁结构体系创新是未来桥梁发展的一个重要方向。近年来,国内提出了不少新型的桥梁结构体系,如连续刚构桥与拱桥组合体系、斜拉桥与T构组合体系,连续梁桥与连续刚构桥组合体系。这些组合体系桥梁对推动桥梁工程发展起着积极作用,但也有些组合体系桥梁,如斜拉桥与拱桥组合、自锚式悬索桥与上承式拱桥组合,是否合理还有待商榷。

桥梁工程中可以开展教学内容和教学方法改革之处还很多,也只有开展教育教学改革,才能提高教学水平,培养出会思考、善分析、具有创新能力的高级专门人才。

参考文献:

- [1] 周水兴. 桥梁工程[M]. 2版. 重庆:重庆大学出版社, 2011.
- [2] 李国强,陈以一,朱合华,等. 土木工程专业结构工程课程体系与教学内容改革总体方案[J]. 高等建筑教育, 2006(2):53-54.
- [3] 邹昀,王中华,华渊. 土木工程专业课程体系的改革和实践[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(3):72-74.
- [4] 李学文,颜东煌. 桥梁工程专业毕业设计教学改革和实践[J]. 交通高教研究, 2002(4):75-76.
- [5] 周水兴,田维锋,张敏. “梁式桥静力体系划分”教学案例分析[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(6):43-45.