

# 基于结构参数的新型组合桥梁结构受力性能研究

李自林<sup>1,2</sup>, 薛江<sup>1</sup>, 张锴锋<sup>2</sup>

(1. 天津大学建筑工程学院, 天津 3000721;

2. 天津城市建设学院, 天津市软土特性与工程环境重点实验室, 天津 300384)

**摘要:**组合桥梁结构型式多种多样,但仍然不能够满足当代重要工程结构建设的需要.在组合桥梁结构发展中,需要提出新型的组合桥梁结构型式,提出一种新型组合桥梁结构——钢管混凝土桁架与预应力混凝土上下翼缘板组合箱梁桥.针对该新型组合桥梁结构在设计方面资料缺失的问题,通过建立 ANSYS 有限元模型,研究节间高宽比和腹杆刚度这些结构参数对整体桥梁结构受力性能的影响规律.结论表明,随着节间高宽比或腹杆刚度的增加,新型组合桥梁结构跨中最大挠度非线性减小,当节间高宽比大于 1.2 时,梁体最大挠度变化接近零;随着节间高宽比或腹杆刚度的增加,新型组合桥梁结构的顶板和底板的受压部分的压应力逐渐变小,底板受拉部分的拉应力逐渐增大;随着节间高宽比的增加,腹杆最大轴向拉力非线性减小,腹杆最大轴向压力非线性减小,当节间高宽比大于 1.2 后,腹杆最大轴向拉力变化接近零.这些结论可以为该类组合桥梁结构的设计提供重要的理论参考.

**关键词:**钢管混凝土;桁腹式;设计参数;模型研究;受力性能

**中图分类号:**U24

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-7930(2013)04-0463-07

随着科技的发展以及新材料的出现,作为单一材料的构件越来越受到自身的局限性.钢与混凝土的组合结构从 19 世纪就开始进行探索,通过对构件的科学分析,将钢与混凝土结合起来,充分发挥不同材料的优越性,提高结构构件受力的合理性<sup>[1-5]</sup>.在施工方面以及经济方面,这两种材料的组合结构都比单一材料结构更加科学、合理<sup>[6]</sup>.在近些年来,随着施工技术的不断向前发展,以及一些高强度、高性能、轻质混凝土的研究和应用,一些新型组合结构体系也不断涌现.

20 世纪 80 年代中期,为解决传统预应力混凝土箱梁桥自重大等问题,法国学者首次提出了钢桁腹式混凝土组合结构桥梁,该种桥梁结构的混凝土上顶板、下底板部分参与桁架的受剪,从而改善了桁架受力的情况,较大程度的减小了整体桥梁的截面尺寸,节省了钢材的用量,有效减轻了桥梁上部结构的自重<sup>[7]</sup>.随着桥梁事业的发展,对桥梁的跨径的要求越来越大,这样,对作为桁腹杆材料的钢管在抗压能力方面有了更高的要求,根据这一要求,本文提出用钢管混凝土来代替钢管的钢管混凝土桁腹式 PC 组合结构桥梁.

由于钢管混凝土桁腹式 PC 组合结构梁桥具有明显的空腹特征,另外在整体构造层次上也比较复杂,这样就使得其受力特性较实腹式箱梁桥有很大的不同<sup>[8]</sup>.在桁腹式组合结构梁桥中上下混凝土板的厚度对于整个组合梁截面的高度来说是非常薄,而中间腹杆桁架占了整个组合梁截面的绝大部分,所以节间高宽比对整体受力影响会比较大;另外中间桁架腹杆的刚度非常大,各个腹杆的强度和截面尺寸的大小也决定了桥梁结构力的分配,所以中间腹杆桁架的刚度也会是影响桁腹式组合结构梁桥受力特性的主要因素.就目前内外对于桁腹式组合结构的研究成果来看,节间高宽比和中间桁腹杆的刚度对整个桁腹式组合结构梁的挠度、应力的影响一直是桥梁设计中十分关注的问题<sup>[9-11]</sup>.

在参考国内外的一些既有桁腹式组合结构桥梁的合理的设计尺寸和参数<sup>[12-13]</sup>的基础上,本文提出的一种新型组合桥梁结构——钢管混凝土桁架与预应力混凝土上下翼缘板箱梁桥,该结构是用钢管混

收稿日期:2013-02-15 修改稿日期:2013-07-20

基金项目:国家自然科学基金项目(51208337);天津市自然科学基金项目(13JCYBJC19600)

作者简介:李自林(1953-),男,河北成安人,教授,博导,主要从事桥梁结构稳定与振动方面研究

凝土桁架代替预应力混凝土箱梁中的混凝土腹板形成钢-混凝土组合断面的梁,受压区桁架腹杆采用钢管混凝土构件,能提高受压腹杆的抗压能力;同时对受拉钢管混凝土腹杆施加预应力,以降低其拉应力,甚至可使之维持在压应力状态.其基本设计参数和尺寸见图 1 和图 2.

本文通过建立新型钢管混凝土桁腹式 PC 组合结构桥梁——钢管混凝土桁架与预应力混凝土上下翼缘板箱梁桥的有限元模型,对结构在自重和标准车道荷载共同作用下的受力性能进行分析,讨论其节间高宽比和腹杆刚度对主梁竖向挠度、腹杆轴力和混凝土板应力的影响,得出影响规律,为该结构的设计提供可供参考的理论依据.

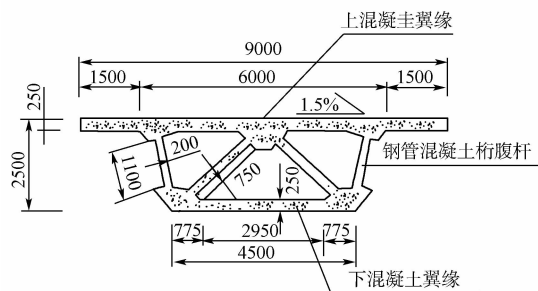


图 1 横截面尺寸(单位:mm)

Fig. 1 Cross section dimension(unit: mm)

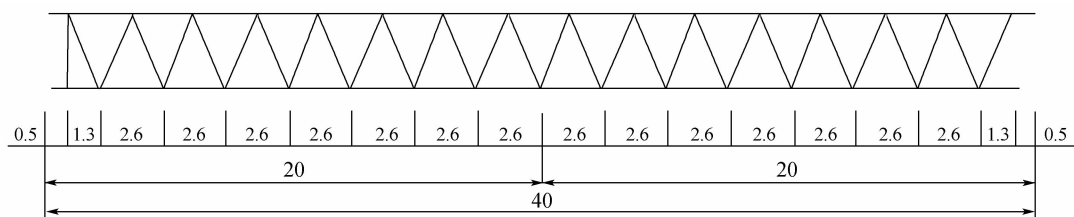


图 2 顺桥向截面尺寸示意图(单位:m)

Fig. 2 Schematic diagram of longitudinal dimension for bridge(unit: m)

## 1 有限元分析模型

### 1.1 模型参数选取

有限元数值模拟材料参数选取见表 1.

表 1 桥梁中主要构件的力学性能指标

Tab. 1 Mechanical property Index of main member of bridge

序号	材料名称	类型	弹性模量 / $\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$	泊松比	容量	抗压强度设计值 /MPa	抗拉强度设计值 /MPa
1	桥面板 C50 混凝土	混凝土	$3.45\text{E}+07$	0.2	26.5	20.50	1.74
2	腹杆灌 C60	钢管混凝土	$6.52\text{E}+07$	0.2	32.1	75.09	34.7
3	下底板 C50 混凝土	混凝土	$3.45\text{E}+07$	0.2	26.5	20.50	1.74

### 1.2 有限元模型

对桁腹式板桁组合结构桥梁,本文通过空间板梁法将其划分为板壳单元以及空间梁单元的混合体单元.在整体空间中,桁腹式组合结构桥梁的上顶板,以及下底板采用空间板壳单元进行模拟,而中间腹杆以及上、下板上的纵(横)向加劲梁则用空间梁单元来模拟,这样整体的有限元模型就被离散为空间的板梁.

这种空间的有限元板梁单元模型可以较准确的反映出桥梁整体结构的空问效应,所体现出的空问刚度关系与实际情况非常接近,适合于整体结构的空问受力性能分析以及全桥杆件的验算<sup>[14]</sup>.另外空问板梁单元有限元模型可以较好的分析整体结构空问受力情况以及混凝土上顶板、下底板的应力问题,可以较顺利的求解出对应于每根

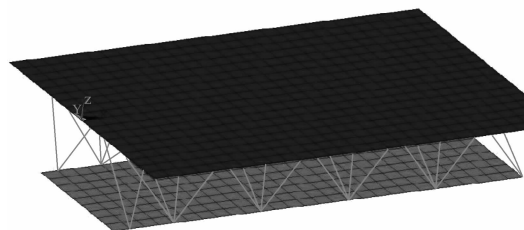


图 3 ANSYS 有限元模型(局部)

Fig. 3 ANSYS finite element model(part)

杆件的最不利内力值,从而能对各腹杆的验算和设计提供可供参考的基础数据。

根据本文提出的新型桁腹式板桁组合结构桥梁,运用通用软件 ANSYS 将不同的构件进行离散:上、下板采用空间板壳单元 shell63,中间桁腹杆采用空间 beam188 单元,对于预应力的模拟采用等效荷载方法,而钢管混凝土的模拟采用整体式统一理论来模拟。

## 2 分析计算过程中的相关说明

在本文中所建立的有限元模型的坐标原点位于上桥面板左端中间位置,以  $X$  方向为桥梁的纵向方向, $Y$  方向为桥梁的横向, $Z$  方向为桥梁的竖向方向,在对桥梁进行分析时,为了较准确的说明和方便查阅,本章对于桥梁的坐标将有以下规定:

(1)在本章中的图与表所涉及的坐标为顺桥向为  $X$  轴,横桥向为  $Y$  轴,竖向为  $Z$  轴, $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  符合右手定则,对于上顶板和下底板分别有不同的坐标系统来表示,具体的坐标标示见图 4 和图 5。

(2)位移以坐标轴正向为正,反向为负;应力以拉应力为正,压应力为负。

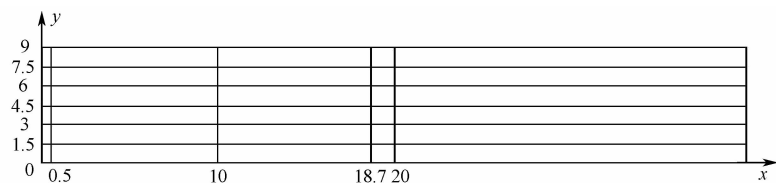


图 4 上顶板在分析过程中采用的坐标标示示意图

Fig. 4 Schematic diagram of coordinate of roof

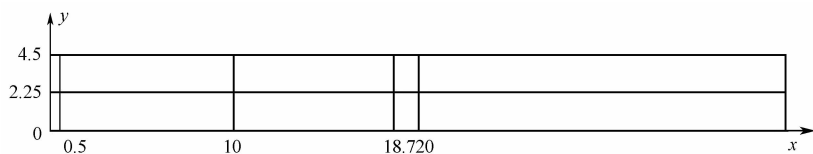


图 5 下底板在分析过程中采用的坐标标示示意图

Fig. 5 Schematic diagram of coordinate of floor

## 3 节间高宽比对受力性能的影响

节间高宽比是指整体截面高度与横桥向上两排节点之间的距离的比值,在桁腹式组合结构梁中节间高宽比是影响整体桥梁受力的一个重要参数,另外高宽比对桁腹式组合结构的经济性指标也有较大的影响.本节在前面建立的模型基础上分别把节间高宽比调整为:0.8、1、1.2、1.4 和 1.6,对在这五种不同的节间高宽比下的钢管混凝土桁腹式 PC 组合结构梁桥进行分析,以得出节间高宽比对于整体结构受力性能的影响以及规律。

### 3.1 节间高宽比对竖向挠度的影响

对不同节间高宽比的新型组合桥梁结构在自重和车道荷载共同作用下的最大竖向挠度进行数值计算得到图 6,通过对该计算结果进行分析可以知道:

(1)该桥梁结构的最大竖向位移与节间高宽比呈非线性关系,并且有随着节间高宽比的增大而逐渐变小的趋势。

(2)当节间高度比在 0.8~1.2 之间时,随着节间高宽比的增大,最大竖向挠度减小的趋势比较明显。

(3)当节间高度比大于 1.2 时,随着节间高宽比的增大,最大竖向挠度减小的趋势减缓,并逐渐趋于常数。

### 3.2 节间高宽比对腹杆轴力的影响

对不同节间高宽比的新型组合桥梁结构在自重和车道荷载共同作用下的腹杆的内力进行数值计算得到图 7 和图 8,通过对该计算结果进行分析可以知道:

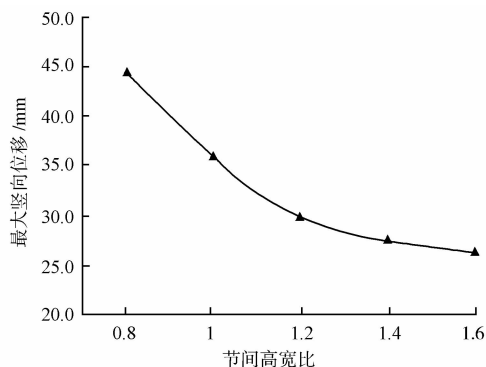


图 6 不同高宽比下的最大竖向挠度变化曲线

Fig. 6 The relation curves between the different the aspect ratio of internode and the maximum vertical displacement

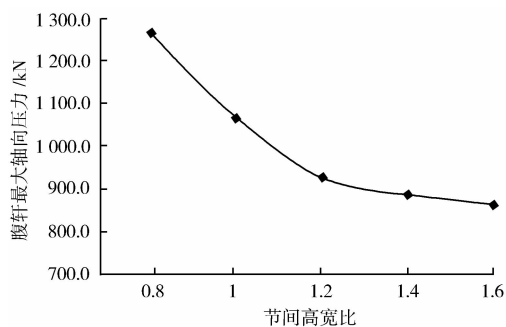


图 7 最大轴向拉力与节间高宽比关系曲线

Fig. 7 The relation curves between the different the aspect ratio of internode and the maximum axial tension

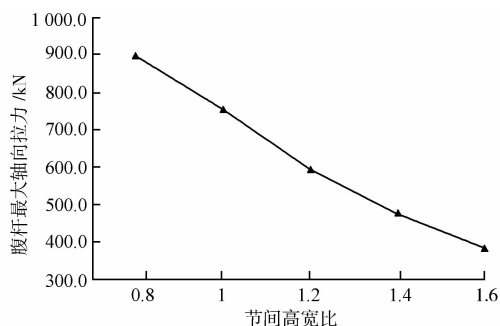


图 8 最大轴向压力与节间高宽比关系曲线

Fig. 8 The relation curves between the different the aspect ratio of internode and the maximum axial pressure

(1) 该桥梁结构的腹杆最大轴向拉力与节间高宽比呈非线性关系,并且有随着节间高宽比的增大而逐渐变小的趋势。

(2) 当节间高度比在 0.8~1.2 之间时,随着节间高宽比的增大,腹杆最大轴向拉力减小的趋势比较明显;当节间高度比大于 1.2 时,随着节间高宽比的增大,腹杆最大轴向拉力减小的趋势变小。

(3) 该桥梁结构的腹杆最大轴向压力与节间高宽比基本呈线性关系,并且随着节间高宽比的增大而逐渐变小。

### 3.3 节间高宽比对混凝土板应力的影响

对不同节间高宽比的新型组合桥梁结构在自重和车道荷载共同作用下的混凝土上顶板以及下底板的应力曲线进行数值计算得到图 9~图 12,通过对该计算结果进行分析可以知道:

(1) 由图 9 可知,不同节间高宽比的新型组合桥梁结构在上顶板边缘处(即  $y=0$ )应力均呈抛物线变化,即跨中应力最大,支座处应力最小;相同截面处的应力,随着节间高宽比的增加,而逐渐减小;在靠近支座处,上顶板应力会有微小突变,随着节间高宽比的增加,突变趋势会增大。

(2) 由图 10 和图 11 可知,新型组合桥梁结构上顶板在横向 1/6 和 1/2 处截面,应力大小相当,整体均大致呈周期性正弦曲线波动,正弦曲线平衡点呈凹曲线变化;相同截面处的应力,随着节间高宽比的增加,而逐渐减小。

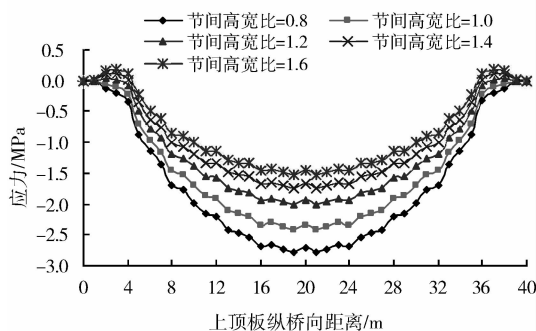
图 9 上顶板  $y=0$  截面应力变化曲线

Fig. 9 The curves of stress of  $y=0$  section on the roof

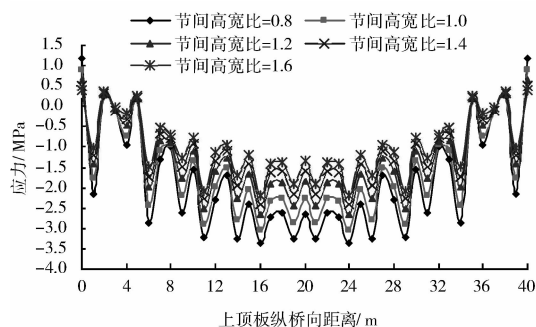
图 10 上顶板  $y=1.5$  截面应力变化曲线

Fig. 10 The curves of stress of  $y=1.5$  section on the roof

(3) 由图 12 可知,新型组合桥梁结构在下底板应力曲线,在支座附近即  $0 < x < l/10$  和  $9l/10 < x < l$  ( $l$  为桥梁跨径)范围内呈凹曲线变化,  $l/10 \leq x \leq 9l/10$  范围内呈凸曲线变化;在凹曲线部分,随着节间高宽比的增加,相同截面处的应力逐渐增大;在凸曲线部分,随着节间高宽比的增加,凸曲线逐渐变坦,相同截面处的应力逐渐减小。

(4)由图7~图12可知,随着腹杆节间高宽比的变化,上、下混凝土桥板中的应力均很小(最大不超过6 MPa),但腹杆中内力却很大(最大超过1 000 kN)。这是因为上、下预应力混凝土桥板除了受到自重和标准车道荷载作用外,还受到预应力荷载的作用,预应力荷载可以降低该预应力混凝土截面的拉应力,使截面最大应力不超过6 MPa;而腹杆受到的荷载为自重和标准车道荷载,对于整桥来说,当梁体高度不变时,节间高宽比越小,则表示腹杆数越少,腹杆间距越大,每个腹杆承受的荷载也就越大,受力最大的腹杆内力会超过1 000 kN。

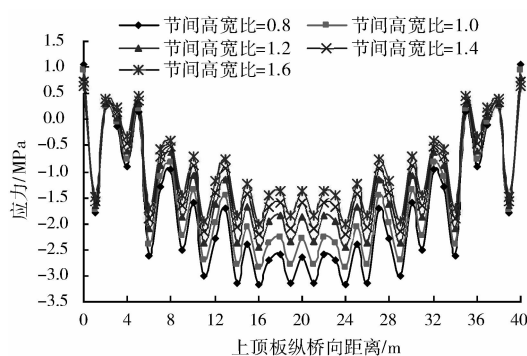


图11 上顶板  $y=4.5$  截面应力变化曲线

Fig. 11 The curves of stress of  $y=4.5$  section on the roof

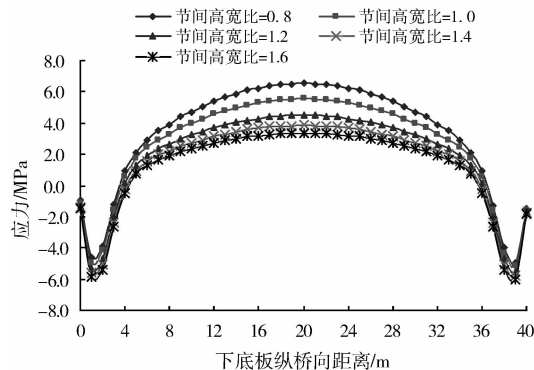


图12 下底板  $y=2.25$  截面  $x$  向应力变化曲线

Fig. 12 The curves of stress of  $y=2.25$  section on the floor

## 4 腹杆刚度对受力性能的影响

钢管混凝土桁腹式PC组合结构桥梁上下混凝土板的厚度相对于整个组合结构梁截面的高度来说很薄,中间桁腹杆占了整个组合梁截面的相当大的一部分,两外中间桁架自身的刚度很大,所以中间桁腹杆的刚度是影响整个桥梁刚度的重要部分。另外腹杆的抗压刚度  $EA$  与截面面积成正比,为了分析腹杆刚度对于整体结构桥梁的影响,将基本设计参数中的桁架刚度设为  $EA$ ,分别取标准参照模型中腹杆直径的0.5倍、0.8倍、1.1倍、1.4倍和1.7倍,则相对应的刚度为:0.25  $EA$ 、0.64  $EA$ 、1.21  $EA$ 、1.96  $EA$  和 2.89  $EA$ ,对这五种不同腹杆刚度的新型组合桥梁结构进行研究,分析腹杆刚度对于整体桥梁受力的影响。

### 4.1 腹杆刚度对竖向位移的影响

对不同刚度腹杆新型组合桥梁结构的最大竖向挠度进行数值计算得到图13,通过该计算结果进行分析可以知道:

(1)该桥梁结构的最大竖向位移与腹杆刚度呈非线性关系,并且有随着腹杆刚度的增大而逐渐变小的趋势。

(2)当腹杆刚度在0.25~0.64  $EA$  之间时,随着腹杆刚度的增大,最大竖向挠度减小的趋势比较明显。

(3)当腹杆刚度大于0.64  $EA$  时,随着节间高宽比的增大,最大竖向挠度减小的趋势减缓,并逐渐趋于常数。

### 4.2 腹杆刚度对混凝土板应力的影响

对不同刚度腹杆新型组合桥梁结构的混凝土上顶板以及下底板的应力曲线进行数值计算得到图14~图17,通过该计算结果进行分析可以知道:

(1)由图14可知,不同刚度腹杆的新型组合桥梁结构在上顶板边缘处(即  $y=0$ )应力均呈抛物线变化,即跨中应力最大,支座处应力最小;相同截面处的应力,随着腹杆刚度的增加,而逐渐减小;在靠近支

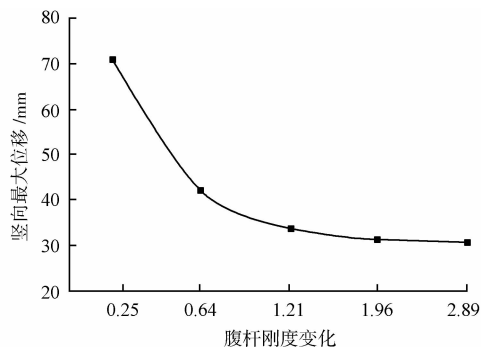


图13 最大竖向位移与腹杆刚度的关系曲线

Fig. 13 The relation curves between the different the stiffness of web member and the maximum vertical displacement

座处,上顶板应力会有微小突变,随着腹杆刚度的增加,突变趋势会增大。

(2)由图15和图16可知,新型组合桥梁结构上顶板在横向1/6和1/2处截面,应力大小相当,整体均大致呈周期性正弦曲线波动,正弦曲线平衡点呈凹曲线变化;在纵桥向相同截面处的应力,随着腹杆刚度的增加,而逐渐增大。

(3)由图17可知,新型组合桥梁结构在下底板应力曲线,在支座附近即 $0 < x < l/10$ 和 $9l/10 < x < l$ ( $l$ 为桥梁跨径)范围内呈凹曲线变化, $l/10 \leq x \leq 9l/10$ 范围内呈凸曲线变化;在凹曲线部分,随着腹杆刚度的增加,相同截面处的应力逐渐减小;在凸曲线部分,随着腹杆刚度的增加,凸曲线逐渐变坦,相同截面处的应力逐渐增大。

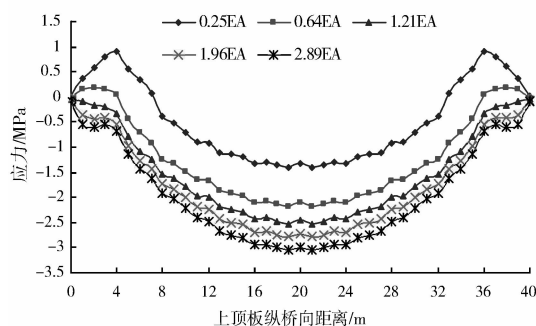


图14 上顶板  $y=0$  截面  $x$  向应力曲线图

Fig. 14 The curves of stress of  $y=0$  section in the roof

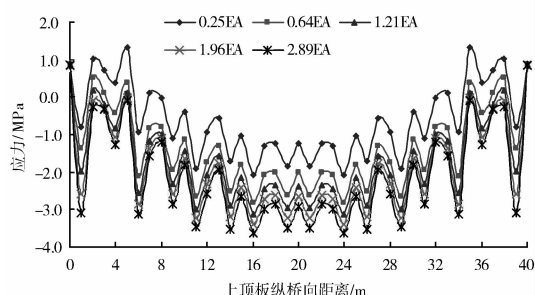


图15 上顶板  $y=1.5$  截面  $x$  向应力曲线

Fig. 15 The curves of stress of  $y=1.5$  section on the roof

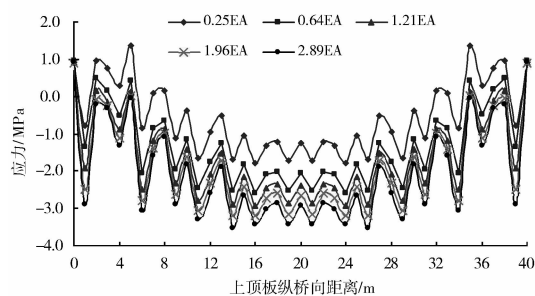


图16 上顶板  $y=4.5$  截面应力曲线

Fig. 16 The curves of stress of  $y=4.5$  section on the roof

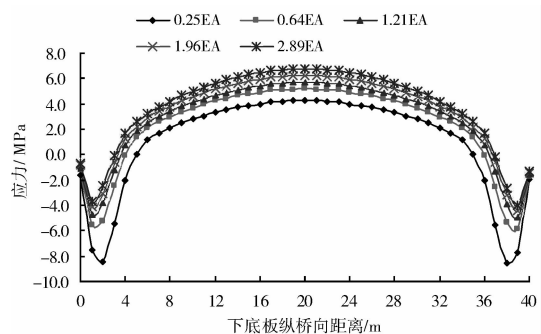


图17 下底板  $y=2.25$  截面  $x$  向应力曲线

Fig. 17 The curves of stress of  $y=2.25$  section on the floor

## 5 结 论

本文主要是对影响钢管混凝土桁架与预应力混凝土上下翼缘板箱梁桥的两个主要的敏感参数节间高宽比和腹杆刚度进行分析和研究,通过计算结果可以清楚的得到它们对整体桥梁结构的影响,并得到了有价值的结论:

(1)该新型组合桥梁结构跨中最大竖向挠度与节间高宽比和腹杆刚度均呈非线性关系,当节间高宽比或腹杆刚度增大时,最大竖向挠度逐渐变小,并趋近于常数.因此,在进行该种桥梁设计时,可以通过调节节间高宽比或腹杆刚度来控制最大竖向位移。

(2)该新型组合桥梁结构腹杆最大轴向拉力与节间高宽比呈非线性关系,最大轴向压力与节间高宽比基本呈线性关系,随着节间高宽比的增大而腹杆最大轴向拉力和压力均逐渐减小,其中腹杆的最大轴向拉力减小的趋势比较大,而当节间高宽比大于1.2后,最大轴向拉力随着节间高宽比的增大逐渐趋于一条直线.在进行该种桥梁设计时,要充分考虑到这一规律,调整好腹杆的轴向力,以免造成桥梁局部破坏。

(3)该新型组合桥梁结构上顶板在横向1/6和1/2截面处,应力大致呈周期性正弦曲线波动;在纵

桥向相同截面处,节间高宽比和腹杆刚度对上顶板应力变化的影响是相反的,因此在设计时应当结合实际情况予以考虑。

(4)该新型组合桥梁结构下底板应力,随节间高宽比和腹杆刚度的变化规律是相反和不同的; $1/10l \leq x \leq 9/10l$ 范围内的凸曲线部分,节间高宽比对曲线的曲率影响较大,随着节间高宽比的增加,凸曲线逐渐变坦,而腹杆刚度对曲线的曲率影响不明显。

## 参考文献 References

- [1] 蔡绍怀. 我国钢管混凝土结构技术的最新进展[J]. 土木工程学报, 1999(4): 16-26.  
CAI Shao-huai. Recent development of steel tube-confined concrete structures in China [J]. China civil engineering journal, 1999(4): 16-26.
- [2] TITA V, CARVALHO J de, LIRANI J. Theoretical and experimental dynamic analysis of fiber reinforced composite beams[C]. Presented at COBEM 99-15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, 2003, (3): 306-310.
- [3] 刘玉擎. 组合结构桥梁[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 20-45.  
LIU Yu-qin. Composite bridge[M]. Beijing: People's Communications Press, 2005: 20-45.
- [4] 卢伟煌. 跨度 35m 的预应力钢-混凝土组合箱梁的结构设计研究[J]. 建筑结构, 2004, 34(1): 27-30.  
LU Wei-huang. Research of design method about the prestressed steel-concrete composite beam with 35m span[J]. Building Structure, 2004, 34(1): 27-30.
- [5] 王建超, 赵君黎, 贡金鑫. 钢-混凝土组合桥梁承载力可靠度分析[J]. 中国公路学报, 2009, 22(3): 76-82.  
WANG Jian-chao, ZHAO Jun-li, GONG Jin-xin. Bearing Capacity Reliability Analysis of Steel-concrete Composite Bridge[J]. China Journal of Highway and Transport, 2009, 22(3): 76-82.
- [6] 欧阳平, 李成林, 杨红成. 钢桁式腹板组合截面在桥梁工程中的应用[J]. 现代交通技术, 2005(5): 39-42.  
OUYANG Ping, LI Cheng-lin, YANG Hong-cheng. Application of steel truss web composite structure in bridge construction[J]. Modern Transportation Technology, 2005(5): 39-42.
- [7] 田其轩. 日本钢-混凝土组合桥的发展趋势[J]. 公路交通技术, 2000(3): 64-70.  
TIAN Qi-xuan. Trends of Japan steel-composite bridges[J]. Technology of Highway and Transport, 2000(3): 64-70.
- [8] 李晓莉, 胡志坚. 葡萄牙欧罗巴大桥的概念和结构设计[J]. 世界桥梁, 2005(4): 21-24.  
LI Xiao-li, HU Zhi-jian. The concept and structure design of Portugal Europa Bridge[J]. World Bridge, 2005(4): 21-24.
- [9] 贺君, 刘玉擎, 陈艾荣. 折腹式组合箱梁桥设计要点及结构分析[J]. 桥梁建设, 2008(2): 52-56.  
HE Jun, LIU Yu-qing, CHEN Ai-rong. Design Outline and Structural Analysis of Composite Box Girder Bridge with Corrugated Webs[J]. Bridge Construction, 2008(2): 52-56.
- [10] 黄文金, 陈宝春. 腹杆形式对钢管混凝土桁梁受力性能影响的研究[J]. 建筑结构学报, 2009, 30(1): 55-61.  
HUANG Wen-jin, CHEN Bao-chun. Research on influence of web member on mechanical behavior of CFST truss girders[J]. Journal of Building Structures, 2009, 30(1): 55-61.
- [11] 李德. 新型钢-混凝土组合桁架铁路桥梁的力学特性研究[J]. 兰州交通大学学报, 2010, 29(6): 86-29.  
LI De. Mechanical Behavior of a New Type of Steel Concrete Composite Truss Railway Bridge[J]. Journal of Lanzhou Jiaotong University, 2010, 29(6): 86-29.
- [12] 韦建刚, 牟廷敏, 缪锋. 钢腹杆-混凝土新型组合箱拱桥试设计[J]. 交通科学与工程, 2009, 25(2): 40-45.  
WEI Jian-gang, MU Ting-min, MIAO Feng. Trial-design on new-type composite box arch bridge with steel truss webs and concrete flanges[J]. Journal of Transport Science and Engineering, 2009, 25(2): 40-45.
- [13] 严国敏. 西欧结合梁桥的现在发展水平[J]. 国外桥梁, 1992(4): 1-7.  
YAN Guo-min. The Modern development of the combined beam bridges[J]. Foreign Bridges, 1992(4): 1-7.
- [14] 吴嘉蒙, 刘见华, 金咸定. 非标准交接板梁组合结构的有限元建模新方法[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(11): 1621-1625.  
WU Jia-meng, LIU Jian-hua, JIN Xian-ding. A New Finite Element Model for Plate-Beam Combined Structures with Non-standard Connection[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2002, 36(11): 1621-1625.

(下转第 478 页)

The ratio of residual strength after exposure to fire to ultimate strength at normal room temperature of steel reinforced concrete beams is defined as residual load bearing capacity influence coefficient  $k$ . Results from numerical simulation show that shear span ratio, steel ratio, and temperature elevating time all have remarkable influence on  $k$ . The simplified calculating formula for  $k$  is put forward by regression method on the basis of numerical simulation results, and the calculating results from formula are shown to be in agreement with the results from numerical simulation.

**Key words:** *post-fire; steel reinforced concrete beams; temperature field; residual load bearing capacity; numerical simulation*

---

**Biography:** LI Jun-hua, Professor, Ph. D., Ningbo 315211, P. R. China, Tel:0086-13738871866, E-mail:lijunhua@nbu.edu.cn

---

(上接第 469 页)

## Study on the mechanical performance for a new-type composite bridge structure base on structure parameters

LI Zi-lin<sup>1,2</sup>, XUE Jiang<sup>1</sup>, ZHANG Kai-feng<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Soft Soil Characteristics and Engineering Environment, Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** Though types of composite bridge structures are many, they still can't meet the needs of the construction of contemporary and important engineering structures. In the development of the composite bridge structure, it is necessary to put forward new-type composite bridge structures. This paper puts forward a new-type of composite bridge structure i. e. concrete filled steel truss and prestressed concrete top and seat flange plate composite box girder bridge. To solve the problem that the material is deficient in design, the influence law of such structure parameters as the aspect ratio, stiffness of web member on the entire structure is studied through building ANSYS finite element model in this article. Results show that with the increase of the ratio of internode or stiffness of web member, the maximum deflection coefficients of bridge structure is reduced nonlinearly; when the ratio of internode is more than 1.2, the change of the maximum deflection coefficients is close to zero; with the increase of the ratio of internode or stiffness of web member, the compressive section of roof and floor of new-type composite bridge structure is reduced gradually, and the tensile section of floor is increased gradually. With the increase of the ratio of internode, the maximum axial tension is reduced nonlinearly, and the axial pressure is reduced linearly. When the ratio of internode is more than 1.2, the change of the maximum axial tension is close to zero. Those results provide theoretical reference for design of those similar composite bridge structures.

**Key words:** *concrete filled steel tube; web member; parameter Analysis; model study; mechanical characteristics*

---

**Biography:** LI Zi-lin, Professor, Tianjin 300072, P. R. China, Tel:0086-22-23085298, E-mail:hebeigaomuying@163.com