

文章编号:1005-0523(2003)02-0025-04

铁路独柱支承弯梁桥扭矩调整

李建慧, 宋旭明

(中南大学铁道校区土木建筑学院, 湖南 长沙 410075)

摘要:利用空间有限元分析方法,对预应力等代荷载采用一种比较近似、简单、有效的处理,旨在通过合理的调整预应力束来调整扭矩.最后通过实桥模型试验对预应力束配置做出调整,并对结果做了相应的分析.

关键词:独柱支承;扭矩

中图分类号:TP391.6

文献标识码:A

0 前言

在城市立交桥和高架桥中通常多采用全部为扭转固定线形支承的曲线连续梁.但当桥面宽度不很大时,除了由于施工条件的需要(如考虑顶推法或悬臂法施工),往往倾向于采用独柱式桥墩的点支承曲线连续梁.采用独柱式桥墩点铰中间支承的优点是:在多层跨越的复杂立交桥中便于墩位布置,可提供良好的视野和桥下空间,减少地下构筑物和桥梁基础之间的矛盾,增加了桥型的美观.如果独柱墩断面做成圆形,又可使复杂的斜桥化为正桥.

与连续直线箱梁相比,由于弯扭的耦合作用,加上超静定结构中受预应力径向力产生的扭矩及其收缩徐变所引起结构次内力的影响,连续弯箱梁的受力状况要复杂的多.对于独柱支撑预应力连续曲线箱梁这种比较特殊的结构体系,荷载及预应力径向力产生的扭矩不能通过中间支承传至基础,而只能通过端桥的抗扭线性支承来传递.在此情况下,上部结构的全长将成为桥梁的受扭跨度,特别对于大曲率曲线桥会造成上部结构产生过大扭矩.

对于独柱支预边缘弯梁桥的扭矩调整,比较有效的方法是通过在中间支承设置抗扭线性支承来

缩短桥梁的受扭跨度.但这样做会失去独柱式点支承曲线桥在结构布局 and 美观的许多优点.另外比较常用的方法还有相关的许多文献中采用的对独柱支承预设偏心值来调整主梁扭矩,能取得良好的效果,但随着空间有限元分析程序在混凝土预应力弯箱梁桥中的运用,在能满足工程精度要求的基础上,对预应力等代荷载在程序中的处理方法越来越多,同时由于支承不大的预偏心并不明显影响到由预应力产生的内力,因此完全可以通过预应力筋的径向偏心距来消除曲梁内某些截面过大的扭矩,改善主梁的受力状态.

本文对预应力等代荷载采用一种比较近似、简单、有效的处理,旨在通过合理的调整预应力束来调整扭矩.最后通过实桥模型试验对预应力束配置做出调整,并对结果做了相应的分析,其处理方法和分析过程可供设计人员参考.

1 预应力荷载计算

1.1 预应力荷载的处理

本文的分析中,采用了平面杆系分析程序和SAP5程序相结合的方式对空间梁单元进行结构内力计算,即根据平面杆系程序计算出的单元上预应力产生的内力,将其进行处理、变换、化做空间梁单

收稿日期:2002-06-21

作者简介:李建慧(1976-),男,山西洪洞人,在读硕士研究生.

元上的预应力等代荷载,从而求得预应力产生的空间内力.针对曲线半径不十分小以及空间梁预应力计算手段还不十分完善的情况下,对预应力荷载的计算做了如下的近似处理:忽略了由于梁弯曲而产生的扭矩.忽略了由于平面曲线引起的预应力损失.

1.1.1 平面内预应力等代荷载

e 平面内预应力荷载可由 Q_e 、 N_e 、 M_e 等代(如图1所示).应用该单元的平衡方程可求得其上的等代荷载:

$$Q_e = (Q_i - Q_j)/L \quad N_e = (N_i - N_j)/L$$

$$M_e = (M_i - M_j)/L + (Q_i + Q_j)L/2$$

式中: Q_e ——单元 e 上竖向等代分布力;

N_e ——单元 e 上轴向等代分布力;

M_e ——单元 e 上等代分布力矩;

L ——单元 e 的长度.

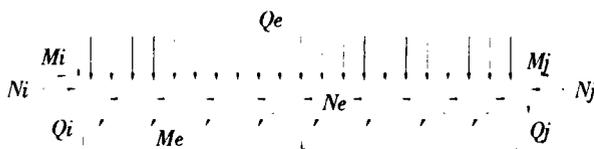


图1 平面内预应力等代荷载

1.1.2 平面外预应力等代荷载

空间梁单元平面外的预应力等代荷载由 Q_h 和 T_e 等代.(如图2所示).

$$Q_h = (N_i + N_j)/(2R) \quad T_e = Q_h \cdot Z$$

式中: Q_h ——水平径向等代分布力;

T_e ——等代分布扭力矩;

Z ——预应力中心与剪切中心间距.

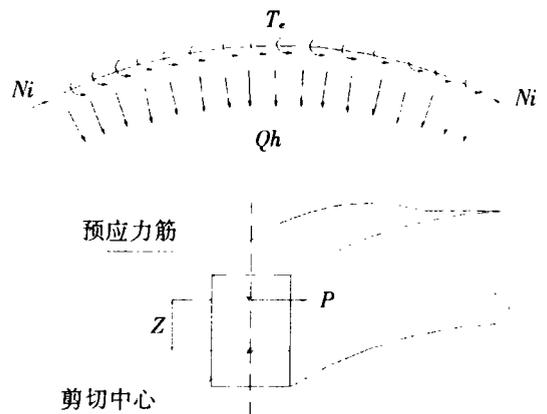


图2 平面外预应力等代荷载

2 模型试验

2.1 模型简介及钢筋布置图

模型以洛阳至湛江铁路通道益阳至永州段上 30+45+30 m 独柱支承预应力混凝土连续弯梁为原形,按 1:5 比例缩尺进行设计.模型梁长度为 6.09+9+6.09=21.18 m,梁高 0.6 m,箱梁顶板宽 1.4 m,单箱单室截面,梁体曲线半径为 120 m.模型梁细部尺寸根据几何相似原则及施工需要进行设计.支座间距为 6+9+6 m,中间支座为独柱点铰支承,梁端为双支座线性支承.模型梁中普通钢筋采用 $\Phi 8$ 钢筋.预应力钢筋采用 1 $\Phi 12.25$ 钢绞线.预应力束纵向布置如图3所示,预应力束横断面及支座布置图4所示.

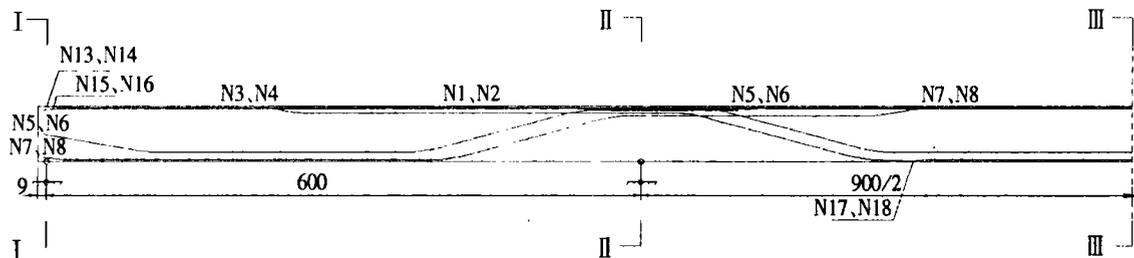


图3 预应力束纵向布置图

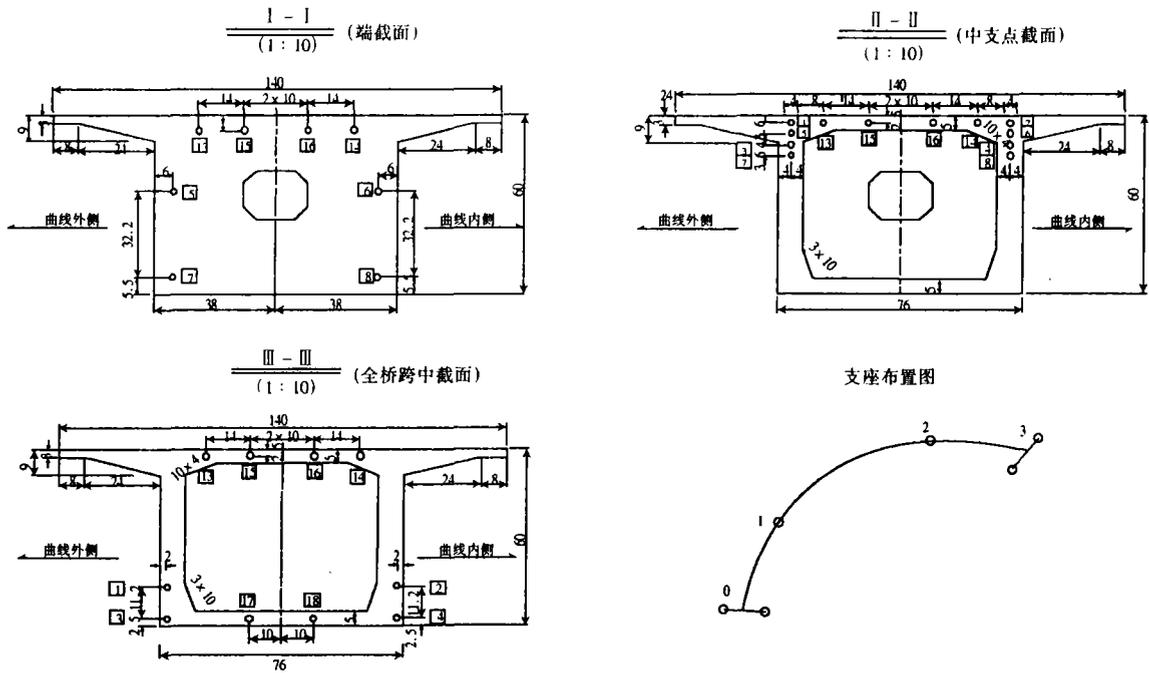


图 4 预应力束横向及支座布置图

3 扭矩调整

3.1 预应力对弯梁桥扭矩影响及扭矩分布特点

在曲线梁中预应力束与曲线梁的相互作用形成了一个空间受力体系. 预应力钢束对主梁竖向和水平面方向的作用力可简化为两种: 一种为轴向压力; 另一种是曲线形钢束对主梁的横向均布力. 曲线梁桥的预应力钢束不仅有平面弯曲同时还有沿高度方向的竖向弯曲, 这样预应力钢束径向力的作用点总是沿梁高度方向在变化, 当其作用点位于截面剪切中心以上或以下时, 钢束径向力就会对主梁产生扭转作用. 位于截面剪切中心以上的钢束径向力产生的扭矩与位于截面剪切中心以下的钢束径向力产生的扭矩方向是相反的, 两者之和构成了预应力钢束对曲线梁的整体扭矩作用.

在预应力连续梁中, 预应力钢筋的设置首先应满足桥梁受弯的要求, 而对于连续曲线梁桥而言, 由其弯矩图可知正弯矩区域远大于负弯矩区域, 因此位于截面剪切中心以下的钢束相对多一些, 所以预应力曲线连续梁往往产生向外偏转的情况, 这是由其结构特点造成的.

3.2 扭矩调整及结果对比分析

为调整扭矩分布, 对预应力束的处理方法有两种, 第一种方法: 调整曲线梁轴线两侧预应力钢束的根数, 使曲线梁外侧的预应力束多于内侧, 构成

预应力根数的偏心, 使预应力等代荷载形成的内扭矩消减弯梁在自重、二恒作用下产生的扭矩, 来达到扭矩调整的目的; 第二种方法: 在曲线梁轴线两侧采用不同的预应力钢束及锚下控制应力, 构成预应力束应力的偏心, 形成内扭矩来调整曲线梁扭矩分布. 由于第一种方法中预应力索道不是对称设置, 不利于施工, 所以本文采用第二种方法对预应力束做出调整.

采用上述计算图式及预应力加载方式, 首先利用平面杆系程序和 SAP5 空间有限元分析程序, 分别算出自重加二恒以及预应力束单独作用下的全桥扭矩分布, 再比较二者扭矩分布的不同, 相应地对预应力束做出调整. 经比较拟定的调整方案为: 曲线内侧的 5 号、1 号以及相对称的钢绞线采用 $1\Phi 15.24$, 张拉控制应力为 1395 MPa 其余钢筋仍采用 $1\Phi 12.25$ 钢绞线, 张拉控制应力 1 250 MPa. 为方便对比分别计算了自重加二恒以及预应力束单独作用下全桥扭矩, 其分布规律如图 5 所示, 由图可知, 在预应力连续弯梁桥中预应力产生的扭矩分布与自重、二恒作用下的扭矩分布规律有着较大的区别, 这也为调整预应力束来消减扭矩峰值创造了条件. 表 1 列出了在恒载和预应力共同作用下在支座及全桥跨中调整前与调整后的扭矩值, 图 6 给出调整前后全桥扭矩分布图, 调整后比调整前全桥扭矩分布更趋均匀, 在其峰值处降低了近 35%, 全桥处于较佳受力状态.

表1 恒载和预应力束共同作用下调整前、后全桥扭矩分布列表

方案	位置	0号支座	1号支座	全桥跨中	2号支座	3号支座
调整前		0.557E+04	-0.159E+04	0.582E-01	0.163E+04	-0.554E+04
调整后		0.657E+04	-0.523E+04	0.520E-02	0.525E+04	-0.647E+04

附注:1. 表中的扭矩单位为 N·m; 2. 根据相似原则,实桥的扭矩约为模型扭矩的 25 倍; 3. 支座编号见图 4

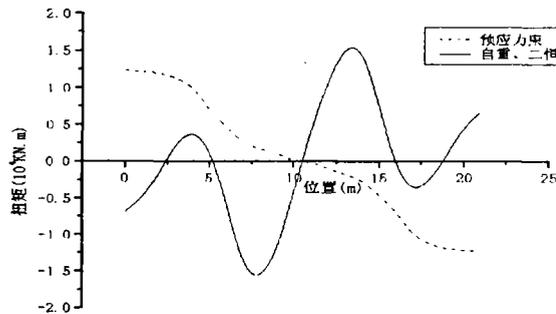


图5 自重加二恒与预应力单独作用下扭矩分布对比图

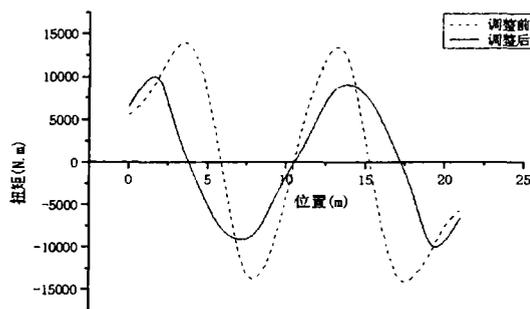


图6 调整前与调整后全桥扭矩分布对比图

使其在根数方面构成偏心,或者在曲线两侧,采用不同的预应力束,通过控制预应力束锚下应力,可以比较方便的调整曲梁内某些截面过大的扭矩,使主梁处于良好的受力状态。

2) 必须指出,相关文献中设置支承预偏心是一种很好的调整扭矩的方法,但由于支承不大的预偏心并不明显影响到由预应力产生的内力,因此在分析时,预应力筋的径向偏心与支承偏心可以分开进行计算,最后将它们的结果叠加。

3) 由于预应力混凝土曲线梁的扭矩分布与预应力筋的布置有关,目前,精确的优化设计还比较困难,因此应针对具体情况对预应力束做出调整。本文采用的预应力处理方法以及分析过程可供设计人员参考。

参考文献:

- [1] 邵容光,夏淦. 混凝土弯梁桥[M]. 北京:人民交通出版社,1994.
- [2] 姚玲森. 曲线梁[M]. 北京:人民交通出版社,1989.
- [3] 黄剑源. 薄壁结构的扭转分析[M]. 北京:中国铁道出版社,1983.

4 结论

- 1) 合理增加或减少曲线两侧预应力筋的根数,

The Adjustment of Torsion Moment for Railway Single-column Supported Beam Bridge

LI Jian-hui, SONG Xu-ming

(Civil Architectural Engineering College, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: In this paper, a comparatively simple and effective approximate calculation method of prestressed wire was adopted. The adjustment of torsion moment for the single supporting curved girder bridge was made by proper arrangement of prestressed wire to lower the climax torsion moment of the main beam. At last, with a model experiment, the adjustment results was analysed.

Key word: single-column supported; torsion moment