

简支斜 T 梁桥荷载横向分布研究

刘迪爱¹, 袁建伟¹, 万航²

(1.长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.湖南省第六工程有限公司, 湖南 长沙 410015)

摘要:以一座五梁式简支斜梁桥为研究对象,采用有限元软件 MIDAS/Civil 建立有限元分析模型求解单位荷载作用下跨中截面的荷载横向分布影响线,得到斜梁桥的跨中荷载横向分布系数,并与比拟正交异性板(G-M)修正法、广义梁格法及刚性横梁法 3 种常用斜梁桥荷载横向分布系数计算方法的结果进行对比分析。结果表明,G-M 修正法、广义梁格法的计算结果与数值模型的计算结果偏差较小,采用梁格法建立数值模型分析简支斜 T 梁桥荷载横向分布可行。

关键词:桥梁;简支斜 T 梁桥;荷载横向分布;数值模拟;梁格法

中图分类号:U446.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)01-0133-03

公路桥梁荷载横向分布计算作为桥梁空间内力计算的一种近似计算方法,是桥梁设计计算的重要组成部分,斜交梁桥的荷载横向分布计算由于斜交角度的存在而不同于正交梁桥。国外学者于 20 世纪初开始对斜交桥梁进行分析研究并取得了相关成果:Bakht B.采用半连续梁法对斜梁桥进行了简化计算分析;Ghali 采用有限差分法对双 T 形和箱形截面斜梁桥进行研究,得到了影响系数的计算表格;Ghali 和 Brown 采用有限条法分析简支斜板桥,成功解决了其弯曲问题并应用于斜交箱梁桥中;Harry W. Shenton 研究了斜钢板桥的荷载横向分布。国内学者在 20 世纪 80 年代开始对斜梁桥进行研究:席振坤提出采用有限元方法对横向铰结斜梁(板)桥进行分析;杨高中等提出了适用于主梁横梁正交处理的窄斜梁桥跨中荷载横向分布系数计算的刚性横梁法;郑振飞、吴庆雄提出了充分考虑因弯扭耦合作用产生的主梁挠曲变形、扭转变形和横梁变形的广义梁格分析法;刘金玺运用 MIDAS/Civil 分别建立不同斜交角、不同跨径和不同支承刚度的斜交连续小箱梁桥空间有限元模型,分析得到了斜交连续小箱梁桥的反力、弯矩、位移和横向分布等受力特性随上述因素的变化规律;杨丙文等采用 ANSYS 对不同斜交角的七梁式斜交 T 梁桥横向分布进行计算分析,得出了其横向分布规律。目前国内斜梁桥研究尚未达到完全实用的阶段,对其设计中的一些关键问题的认识还不够清楚,研究斜交 T 梁桥荷载横向分布具有一定工程实际意义。该文以广东某高速公路上一座简支斜 T 梁桥为研究对象,建立 MIDAS/Civil 数值模型求解其跨中截面荷载横向分

布系数,并与常用斜梁桥荷载横向分布系数计算方法的结果进行对比分析。

1 工程概况

广东某高速公路上一座五梁式简支斜梁桥,采用装配式后张法预应力砼简支 T 形梁结构,标准跨径 30 m,计算跨径 28.92 m,斜交角 30°。共布置 5 片主梁、5 道横隔梁,横隔梁与主梁采用正交模式;纵横梁及虚拟横梁(虚拟横梁不计重量)采用 C50 砼,弹性模量为 3.45×10^4 MPa,泊松比为 0.166 7;预应力钢束采用标准强度为 1 860 MPa 的 $\phi 15.2$ 高强度低松弛钢绞线;桥面铺装为 10 cm 现浇 C50 砼+10 cm 现浇沥青砼;汽车荷载等级为公路—I 级;结构重要性系数为 1.1;桥梁全宽 12 m,其中两侧为 0.5 m 宽防撞护栏(见图 1~2)。

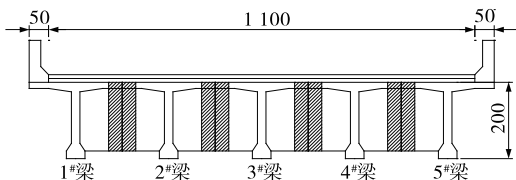


图 1 某斜梁桥典型横截面布置示意图(单位:cm)

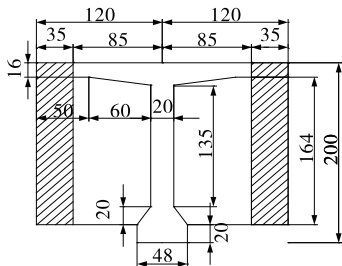


图 2 某斜梁桥 T 梁截面尺寸示意图(单位:cm)

2 T梁截面几何特性计算

求解截面几何特性的方法有:

(1) 采用纯理论公式计算,该方法由于截面规则度不够造成计算量太大,不便采用。

(2) 通过 CAD 软件中的 REGION、MASSPROP 等命令求解 T 梁截面特性。

(3) 通过 MIDAS/Civil 软件中的截面特性计算器进行求解。

该桥 T 梁截面几何特性采用第 3 种方法进行计算,计算结果见表 1。

表 1 T 梁截面几何特性值

| 项目 | 计算结果 |
|---|---------|
| 主梁抗弯刚度 I_x/m^4 | 0.429 3 |
| 主梁比拟单宽抗弯惯性矩 J_x/m^3 | 0.178 9 |
| 横梁抗弯刚度 I_y/m^4 | 0.094 1 |
| 横梁比拟单宽抗弯惯性矩 J_y/m^3 | 0.015 7 |
| 主梁和横梁单宽抗扭惯性矩 $J_{Tx}+J_{Ty}/\text{m}^3$ | 0.031 6 |

3 荷载横向分布系数计算结果

梁格划分时该桥纵向梁格可直接采用与实际结构纵向 T 梁中心线相重合的梁格纵向构件来模拟,横向梁格包括真实的横向联结(即有横隔梁的部位)和虚拟横梁联结两种,虚拟横梁采用矩形截面,宽度 1.0 m,高度取 T 梁悬臂板厚度的平均值。梁格数值模型见图 3。

通过建立辅助条件建立模型的梁端约束情况,桥梁支座均采用普通板式橡胶支座,一端为固定支座、另一端为滑动支座。

分别使用单位力作用在 1[#]、2[#]、3[#] 梁跨中截面位置,通过数值模型计算单位荷载作用下斜梁桥各片 T 形主梁的位移及其荷载横向分布影响线。作为

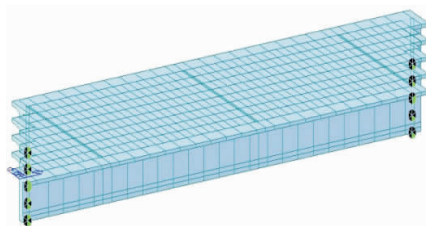
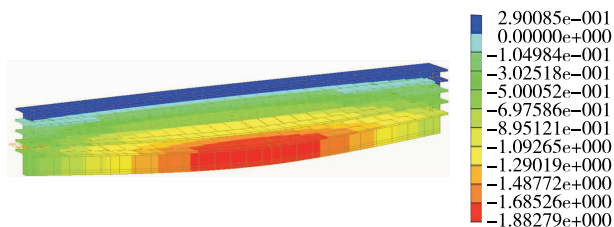
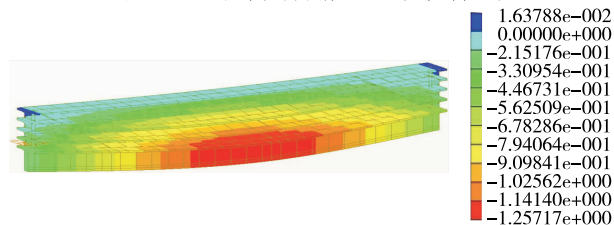


图 3 斜 T 梁桥数值模型

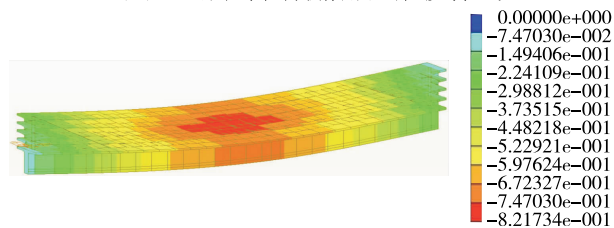
对照,分别采用比拟正交异性板(G—M)修正法、广义梁格法及刚性横梁法求解各主梁荷载横向分布影响线。数值模型计算的各主梁在单位荷载作用下的位移等值线见图 4;4 种方法求得的主梁在各荷载横向位置的荷载横向分布影响线竖标值见表 2~4 和图 5~7,各主梁跨中截面荷载横向分布系数见表 5 和图 8。



(a) 1[#]主梁在单位荷载作用下的位移等值线



(b) 2[#]主梁在单位荷载作用下的位移等值线



(c) 3[#]主梁在单位荷载作用下的位移等值线

图 4 梁格法数值模型位移等值线云图(单位:cm)

表 2 1[#]边梁各荷载作用位置的影响线竖标值

| 计算方法 | 各荷载作用位置的影响线竖标值 | | | | | 与数值方法计算结果的差值/% | | | | |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 [#] 梁 | 2 [#] 梁 | 3 [#] 梁 | 4 [#] 梁 | 5 [#] 梁 | 1 [#] 梁 | 2 [#] 梁 | 3 [#] 梁 | 4 [#] 梁 | 5 [#] 梁 |
| 数值方法 | 0.492 | 0.321 | 0.189 | 0.053 | -0.056 | — | — | — | — | — |
| G—M 修正法 | 0.508 | 0.328 | 0.170 | 0.063 | -0.077 | 3.25 | 2.18 | -10.05 | 18.87 | 37.50 |
| 广义梁格法 | 0.489 | 0.330 | 0.185 | 0.049 | -0.067 | -0.61 | 2.80 | -2.12 | -1.89 | 1.79 |
| 刚性横梁法 | 0.579 | 0.387 | 0.208 | 0.018 | -0.172 | 17.68 | 20.56 | 10.05 | -66.04 | 207.14 |

表 3 2# 次边梁各荷载作用位置的影响线竖标值

| 计算方法 | 各荷载作用位置的影响线竖标值 | | | | | 与数值方法计算结果的差值/% | | | | |
|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|--------|--------|
| | 1# 梁 | 2# 梁 | 3# 梁 | 4# 梁 | 5# 梁 | 1# 梁 | 2# 梁 | 3# 梁 | 4# 梁 | 5# 梁 |
| 数值方法 | 0.321 | 0.300 | 0.207 | 0.126 | 0.046 | — | — | — | — | — |
| G—M 修正法 | 0.345 | 0.280 | 0.205 | 0.122 | 0.041 | 7.48 | -6.67 | -0.97 | -3.17 | -10.87 |
| 广义梁格法 | 0.331 | 0.280 | 0.217 | 0.118 | 0.043 | 3.12 | -8.33 | 0.00 | 1.59 | -6.52 |
| 刚性横梁法 | 0.375 | 0.287 | 0.193 | 0.112 | 0.013 | 16.82 | -4.33 | -6.76 | -11.11 | -71.74 |

表 4 3# 中梁各荷载作用位置的影响线竖标值

| 计算方法 | 各荷载作用位置的影响线竖标值 | | | | | 与数值方法计算结果的差值/% | | | | |
|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|--------|-------|-------|
| | 1# 梁 | 2# 梁 | 3# 梁 | 4# 梁 | 5# 梁 | 1# 梁 | 2# 梁 | 3# 梁 | 4# 梁 | 5# 梁 |
| 数值方法 | 0.180 | 0.202 | 0.236 | 0.202 | 0.180 | — | — | — | — | — |
| G—M 修正法 | 0.189 | 0.223 | 0.247 | 0.223 | 0.189 | 5.00 | 10.40 | 4.66 | 10.40 | 5.00 |
| 广义梁格法 | 0.167 | 0.216 | 0.241 | 0.216 | 0.167 | -6.11 | 1.98 | 1.27 | 1.98 | -6.11 |
| 刚性横梁法 | 0.194 | 0.194 | 0.194 | 0.194 | 0.194 | 7.78 | -3.96 | -17.80 | -3.96 | 7.78 |

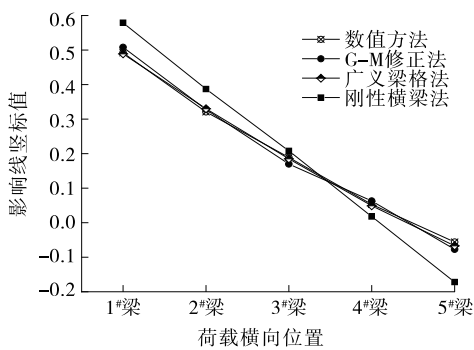


图 5 各方法计算的 1# 边梁荷载横向分布影响线对比

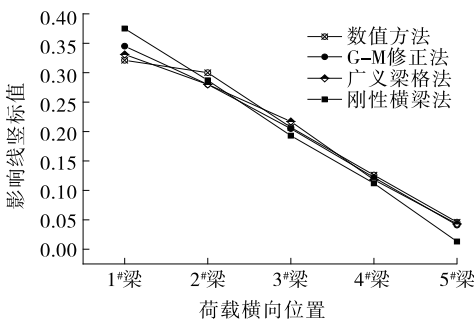


图 6 各方法计算的 2# 次边梁荷载横向分布影响线对比

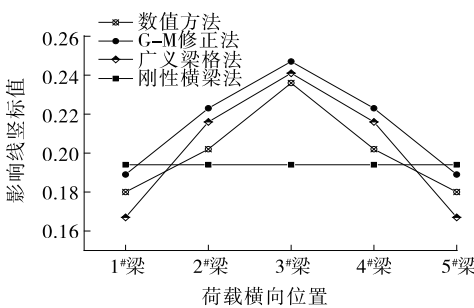


图 7 各方法计算的 3# 中梁荷载横向分布影响线对比

表 5 各方法求得的主梁跨中截面荷载横向分布系数

| 计算方法 | 各主梁荷载横向分布系数 | | | 与数值方法计算结果的差值/% | | |
|---------|-------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | 1# | 2# | 3# | 1# | 2# | 3# |
| 数值方法 | 0.760 | 0.697 | 0.616 | — | — | — |
| G—M 修正法 | 0.683 | 0.640 | 0.629 | -10.13 | -8.18 | -2.07 |
| 广义梁格法 | 0.776 | 0.688 | 0.617 | 2.11 | -1.29 | 0.16 |
| 刚性横梁法 | 0.847 | 0.701 | 0.582 | 11.45 | 4.88 | -7.47 |

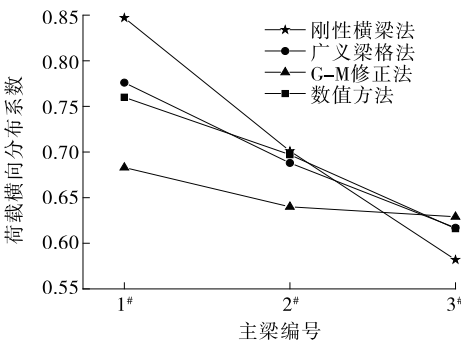


图 8 各方法计算的主梁跨中荷载横向分布系数对比

4 结论

(1) 采用数值方法计算的斜梁桥各主梁跨中及支点横向分布系数与 G—M 修正法、广义梁格法、刚性横梁法 3 种理论简化方法的求解结果基本一致,证明梁格数值模型合理、准确。

(2) G—M 修正法计算的跨中截面荷载横向分布系数偏小;刚性横梁法的计算结果偏大,但其对设

(下转第 139 页)

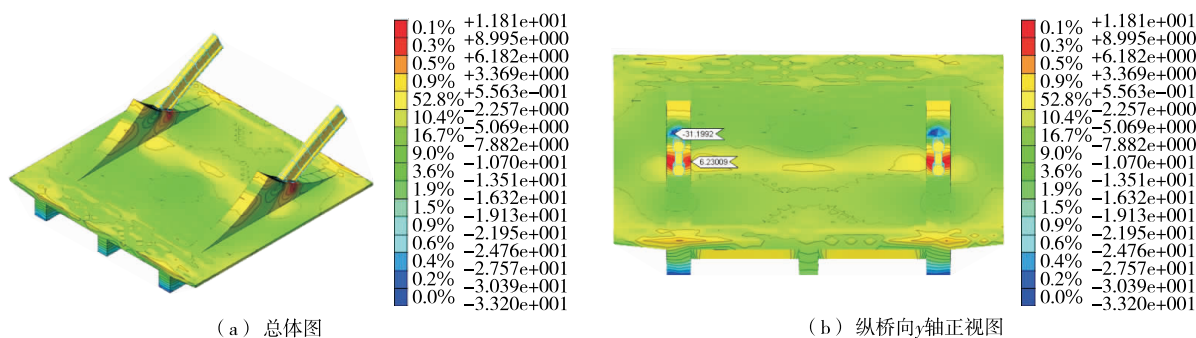


图7 工况Ⅲ下模型正应力分布等值线图(单位:MPa)

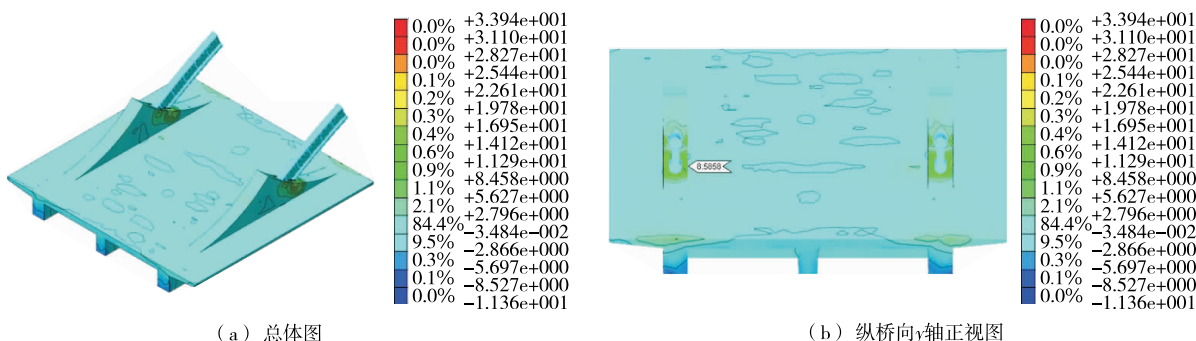


图8 工况Ⅳ下模型主拉应力分布等值线图(单位:MPa)

筋,设计中应对拱脚处拱座锚下设置钢筋网片,并加大预应力钢束锚固端头周围钢筋布置密度,以分散预应力锚固端过大的局部应力。

对于拱座大桩号侧三角形曲面上拱肋下钢管拱脚右侧出现的最大主拉应力,可在拱肋拱脚处设置缀板,增强拱肋拱脚连接的可靠性并改善拱脚与基座连接处的应力状态,缀板应在主梁预应力钢束张拉完及主梁支架拆除后与拱肋焊接,避免缀板产生初始应力。同时在拱脚端面上设置切向钢板,在拱肋拱脚内部砼中布置一定数量钢筋伸入拱座中。

参考文献:

- [1] 孙树礼.青藏铁路拉萨河大桥[M].北京:中国铁道出版社,2009.
- [2] 关伟.丞相河特大桥0#块空间应力分析[J].山东交通科技,2016(3).
- [3] 王志刚,王志海.三连拱主拱拱脚的局部受力分析[J].武汉理工大学学报,2011,33(10).

收稿日期:2018-07-27

(上接第135页)

计施工有较大的安全储备;相比于刚性横梁法,广义梁格法由于不再假定横梁刚度无穷大,转而考虑了因弯扭耦合作用产生的主梁实际挠曲变形和扭转变形,其计算结果与梁格法数值模型相差不大。

参考文献:

- [1] 黄平明.混凝土斜梁桥[M].北京:人民交通出版社,1999.
- [2] Bakht B. Analysis of some skew bridges as right bridges [J]. Journal of Structural Engineering, 1988, 114(10).
- [3] Scordelis A C. Structural behavior of a skew two span reinforced concrete box girder bridge model [R]. Uni-

versity of California, Berkeley, 1980.

- [4] Mohammad A Khaleel, Rafik Y Itani. Live-load moments for continuous skew bridges [J]. Journal of Structural Engineering, 1990, 116(9).
- [5] 席振坤.横向铰结斜梁(板)桥实用算法[M].北京:人民交通出版社,1991.
- [6] 杨高中.梁桥荷载横向分布偏心受压法的统一公式及应用[A].桥梁设计计算及施工资料专集[C].1985.
- [7] 刘金玺.斜交连续小箱梁桥静力特性分析[D].西安:长安大学,2013.
- [8] 杨美良,石恩崇.先简支后连续斜交小箱梁桥荷载横向分布研究[J].中外公路,2014,34(5).

收稿日期:2018-03-14