

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.06.024

考虑行车安全性的桥梁竖向涡振限值计算

陈尚烽

(湖南华罡规划设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410076)

摘要:目前对于涡激振动的限值主要考虑行人行车舒适性以及结构疲劳的影响,而针对行车安全性影响的研究相对较少,该文通过建立考虑行车安全性的涡振限值计算模型,采用迭代方法进行求解,与规范采用的方法及其限值进行比较,求解得到的涡振限值小于规范值,并通过迭代结果拟合得到了其近似计算公式。

关键词:桥梁工程; 涡振限值; 行车安全性; 几何模型; 迭代

1 引言

进入21世纪,中国现代桥梁正向着大跨度及超大跨度发展,伴随着桥梁跨度的增加,桥梁长、细、轻、柔与低阻尼的特点愈加突出,其风振问题也日益凸显,涡激振动便是其中之一。涡激振动是大跨度桥梁在低风速下出现的一种复杂的风致振动,其发生频次较高,严重时可能引起构件裂纹或结构疲劳损伤,影响行车的舒适性和安全性。

中国JTG/T 3360-01-2018《公路桥梁抗风设计规范》、《日本公路抗风设计指南》以及《桥梁空气动力学设计法则》均对主梁涡振限值做了直接规定,其中中国和日本采用的是规定主梁涡振振幅容许值,而英国则采用动力敏感参数来评价涡振的影响,对于涡激振动的限值主要考虑的行人行车舒适性以及结构疲劳的影响。中国新版JTG/T 3360-01-2018《公路桥

梁抗风设计规范》虽然在涡振振幅限值计算条文说明中给出了考虑行车安全的涡振振幅参考限值0.35 m,参考限值来源于文献[8],但文献[8]采用的是一种近似求解的方法,且涡振对行车视线影响的最不利位置取在驻点位置,仍有待进一步改善,因此有必要进行相应研究。

图1为某大桥发生涡振时,在桥塔附近观测点记录的不同时刻的两张图片,图片中白色电箱位于桥梁跨中附近,其在同一观测点的竖向相对位置发生了明显变化。由此可见,当振幅达到一定程度时,其波形曲线可能对驾驶员视线形成干扰,从而对行车安全构成威胁。JTG B01-2014《公路工程技术标准》规定了高速公路和一级公路不同设计车速下的停车视距要求限值以及相应的竖曲线半径和长度极限值,但是在发生涡激振动的情况下,仅考虑这两者的要求是不够的,还应考虑涡激振动对于行车视线的影响。

分水平推力及水平位移,对基础有利,并有效减小自身及斜腿弯矩,从而可以降低边斜杆及斜腿结构的工程数量,降低全桥的工程造价。斜腿基脚处设置成铰接,斜腿基脚处弯矩大幅度释放,构件以受压为主,并使整体结构刚度减小,结构偏柔,对主梁受力有利。

参考文献:

[1] 陈宝春,付鑫,庄一舟.中国无伸缩缝桥梁应用现状与发展对策[J].中外公路,2018(1).

[2] 尚刚.无桥台斜腿刚架桥台后土沉陷及防治对策[J].土木工程与管理学报,2018(4).

[3] JTG D63-2007 公路桥涵地基与基础设计规范[S].

[4] 蒋翔,彭冉.基于m法的桩基分析程序开发[J].中外公路,2017(1).

[5] 吴小云,卢红.无桥台斜腿刚架桥的受力分析及体会[J].工程建设与设计,2016(13).

[6] 杨兴,武电坤.短边跨连续梁设计理论与创新技术研究[J].中外公路,2017(1).

收稿日期:2019-07-18(修改稿)

作者简介:陈尚烽,男,大学本科,工程师.E-mail:21361627@qq.com

3 涡振限值求解

文献[8]将对行车视线影响的最不利位置取在驻点位置 B_2 , 采用了辅助线法, 利用辅助直线 A_4B_1 与视线和振型曲线切线 A_1B_1 的斜率近似相等的方法, 假定 A_1A_4 之间的距离为 $\Delta h_1 \approx 0.35$ m, 进而求得 h_a 的近似解, 见式(11)。JTG D20—2017《公路路线设计规范》规定: 停车视距计算中的目高和物高分别为 1.2 m 和 0.1 m。若取驾驶人的目高 $h_1 = 1.2$ m, 障碍物高 $h_3 = 0.1$ m (驻点 B_2 位置), 可得涡振振幅限值近似解 $h_a \approx 0.35$ m。文献方法计算简洁, 可快速获得涡振振幅限值, 但等式的成立依赖于两个前提假设: ① 辅助直线与切线的斜率近似相等; ② $\Delta h_1 \approx 0$ 而实际上这两个条件并不完全满足, 由此可能给计算结果带来一定误差。

$$\frac{h_1 - 2h_a - h_3 - \Delta h_1}{L_1} \approx \frac{h_1 - h_a - h_3}{(3/2)L_1} \quad (10)$$

$$h_a = \frac{h_1 + 2h_3 - 3\Delta h_1}{4} = \frac{h_1 + 2h_3 - \Delta h}{4} \approx 0.25h_1 + 0.5h_3 \quad (11)$$

一般小汽车, 驾驶员视线高度为 1.1~1.3 m, 通过式(4)迭代 h_a 和 L_1 可计算出切点 T_1 的坐标 (x_1, y_1) , 从而根据式(9)可计算出相应的 h_2 , 当迭代结果收敛于 h_2 附近时的 h_a 取值即为考虑行车安全性的涡振振幅限值近似解, 计算结果如表 1 所示。从表 1 可以看出: h_a 的计算值仅与 h_1, h_2 有关, 与 L_1 无关。按文献[8]将最不利位置取在驻点位置 B_2 处时, 即驾驶人的目高 $h_1 = 1.2$ m, 障碍物高 $h_3 = 0.1$ m, 可得涡振振幅限值近似解 $h_a \approx 0.316 4$ m。按该文方法将最不利位置取在切点位置 T_2 处时, 即取障碍物高 $h_2 = 0.1$ m, 可得涡振振幅限值近似解 $h_a \approx 0.276 3$ m。两者计算结果均比式(11)的计算结果小。部分迭代计算的结果如图 3 所示。

从图 3 可以看出 h_a 与 h_1, h_2 均近似呈线性关系, 因此可假定:

$$h_a = ah_1 + bh_2 + c \quad (12)$$

对迭代计算结果的 h_a, h_1, h_2 进行拟合可得:

$$a = 0.192 7, b = 0.465 9, c = -0.004 2$$

即可得:

$$h_a = 0.192 7h_1 + 0.465 9h_2 - 0.004 2 \quad (13)$$

表 1 不同 h_1, h_2 计算的 h_a 值

$(h_3 = h_2/2)/$ m	$h_2/$ m	不同 h_1 (m) 时的 h_a /m				
		1.10	1.15	1.20	1.25	1.30
0.005	0.01	0.206 5	0.215 4	0.224 4	0.233 4	0.242 3
0.010	0.02	0.214 5	0.223 6	0.232 7	0.241 8	0.250 8
0.015	0.03	0.221 3	0.230 5	0.239 7	0.248 8	0.258 0
0.020	0.04	0.227 4	0.236 7	0.245 9	0.255 2	0.264 4
0.025	0.05	0.233 0	0.242 3	0.251 7	0.261 0	0.270 3
0.030	0.06	0.238 2	0.247 6	0.257 0	0.266 4	0.275 8
0.035	0.07	0.243 2	0.252 7	0.262 1	0.271 6	0.281 0
0.040	0.08	0.247 9	0.257 5	0.267 0	0.276 6	0.286 1
0.045	0.09	0.252 5	0.262 1	0.271 7	0.281 3	0.290 9
0.050	0.10	0.256 9	0.266 6	0.276 3	0.285 9	0.295 5
0.055	0.11	0.261 2	0.271 0	0.280 7	0.290 4	0.300 1
0.060	0.12	0.265 4	0.275 2	0.285 0	0.294 7	0.304 5
0.065	0.13	0.269 5	0.279 4	0.289 2	0.299 0	0.308 8
0.070	0.14	0.273 5	0.283 4	0.293 3	0.303 1	0.313 0
0.075	0.15	0.277 5	0.287 4	0.297 3	0.307 2	0.317 1
0.080	0.16	0.281 3	0.291 3	0.301 3	0.311 2	0.321 1
0.085	0.17	0.285 1	0.295 1	0.305 1	0.315 1	0.325 1
0.090	0.18	0.288 8	0.298 9	0.309 0	0.319 0	0.329 0
0.095	0.19	0.292 5	0.302 6	0.312 7	0.322 8	0.332 8
0.010	0.20	0.296 1	0.306 3	0.316 4	0.326 5	0.336 6

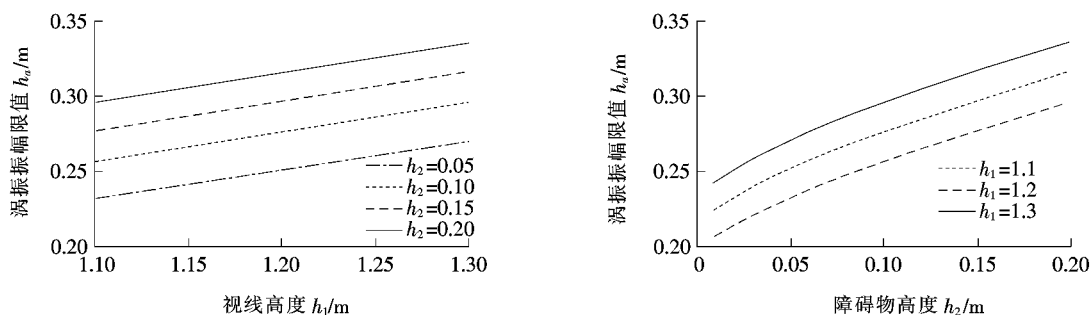


图3 部分迭代计算结果

图4为文献[1]方法、拟合公式法计算值与迭代法计算结果误差的分布。

由图4可知:拟合公式法计算结果与迭代法计算值误差基本在5%以内,较文献[1]方法误差有所减小,且误差随 h_1 、 h_2 的波动较小,具有较好的准确性,因此式(13)可用于考虑行车安全的涡振振幅限值近似求解。

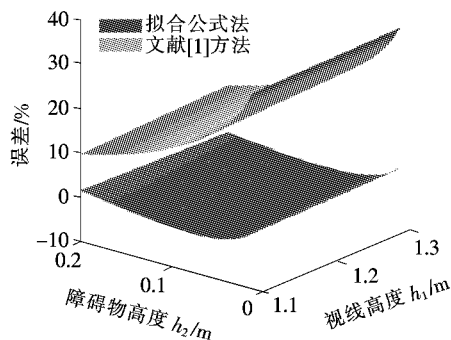


图4 文献[1]方法、拟合公式法与迭代法计算值误差

4 结论

在建立考虑行车安全的涡振限值计算模型的基础上,采用迭代方法对模型各参数的几何关系进行求解,得到以下结论:

(1) 考虑行车安全的涡振限值仅与驾驶人的目高、障碍物高相关,与半波长无关。

(2) 采用迭代方法对模型进行求解,当最不利位置取在驻点位置处时,涡振振幅限值近似解为0.316 4 m,当最不利位置取在切点位置处时,涡振振幅限值近似解为0.276 3 m,两者均小于规范值0.35 m。

(3) 对迭代结果进行数值拟合,获得了考虑行车安全的涡振限值近似计算公式,拟合公式法计算结果

与迭代法计算值误差基本在5%以内。

参考文献:

- [1] Svend Ole Hansen, Robin George Srouji, Bjorn Isaksen, et al. Vortex-Induced Vibrations of Streamlined Single Box Girder Bridge Decks[C]. 14th International Conference on Wind Engineering, 2015.
- [2] 葛耀君, 陈政清, 李惠, 等. 大跨桥梁的风致灾变[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [3] Q. Zhu, Y. L. Xu, L. D. Zhu, H. Li. Vortex-Induced Vibration Analysis of Long-Span Bridges with Twin-Box Decks under Non-Uniformly Distributed Turbulent Winds[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2018, 172: 31-41.
- [4] JTG/T 3360-01-2018 公路桥梁抗风设计规范[S].
- [5] SATO H. Wind Resistant Design Manual for Highway Bridges in Japan[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2003, 91(12): 1499-1509.
- [6] BD 49/01, Design Rules for Aerodynamic Effects on Bridges [S].
- [7] 李惠, 鲍跃全, 李顺龙, 等. 结构健康监测数据科学与工程[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [8] 陈政清, 黄智文. 大跨度桥梁竖弯涡振限值的主要影响因素分析[J]. 中国公路学报, 2015(9).
- [9] 殷新锋, 李莱, 刘扬, 等. 风环境下高墩大跨连续刚构桥的行车安全性分析[J]. 中外公路, 2016(6).
- [10] 张翼, 李永乐, 汪斌, 等. 大跨度板桁加劲梁悬索桥自振频率参数敏感性分析[J]. 中外公路, 2019(3).
- [11] 陈林强, 王立彬, 李立斌. 基于振动特性的三塔悬索桥主缆损伤识别研究[J]. 中外公路, 2018(4).
- [12] 吕建根, 王荣辉. 结构参数对大跨度缆索参数振动的影响[J]. 中外公路, 2016(3).
- [13] 陈凯, 赵利红, 韩艳. 山区窄幅悬索桥静风稳定影响参数分析[J]. 中外公路, 2018(3).