

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.06.031

单跨大跨度现浇刚构人行桥舒适度分析

卜江峰

(中铁上海设计院集团有限公司, 上海市 200000)

摘要: 刚构桥是桥梁设计中较为成熟、应用比较广泛的桥型,但一般情况下,大跨度刚构桥以车行桥为主,很少对人行工况下的舒适度进行验算。目前在城市建设中的大跨度人行桥大多采用钢结构或组合结构桥梁,但是在一些特殊的情况下,现浇结构有其不可替代的优势。以单跨50 m刚构桥为例,介绍了单跨大跨度现浇刚构人行桥的舒适度验算方法,为类似工程提供经验参考。

关键词: 刚构桥;大跨度;舒适度;人行桥

中图分类号: U448.23

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)06-0115-03

0 引言

为方便行人出行,会在某些重点位置建设人行桥,综合施工、造价、周边环境等各种因素,单跨大跨度现浇梁桥成为相对合适的方案,但桥梁自振频率往往小于3 Hz要求。根据国内外设计经验和规范要求,可以对桥梁舒适度进行分析,以评价桥梁方案是否满足人行要求。

韩智强等^[1]对大跨弯连续刚构桥自振频率计算公式进行了研究和分析。李艺林^[2]对考虑桩土效应的刚构桥高墩稳定性和动力特性进行了研究。马信欣^[3]对人行天桥舒适度和减振控制进行了分析。

上述文献对刚构桥自振频率、钢结构人行桥舒适度做出了详细的阐述和研究,笔者将以实际工程为例,对现浇混凝土大跨度刚构人行桥的舒适度进行分析,总结计算方法和要点,研究结论可为类似项目提供参考。

1 工程概况

如图1所示,拟建桥梁采用1~50 m现浇预应力混凝土门式刚构桥跨越现状V级航道,通航净空为45 m×5 m,主梁总长度50.7 m,计算长度48.65 m,单箱单室直腹板箱梁,主梁桥面总宽4.5 m,净宽3.5 m,梁高2.5 m,两侧横梁宽2.05 m。跨中腹板宽0.45 m,端部腹板宽0.9 m,跨中顶板厚0.2 m,底板厚0.22 m,主梁布置钢束为12-Φ15.2 mm预应力

钢绞线,腹板钢束合计为12束,底板为2束。

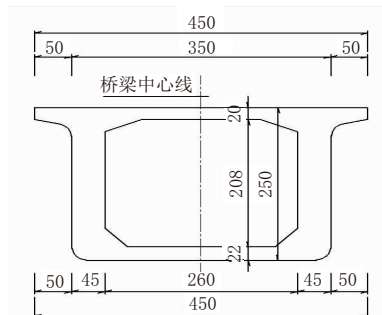
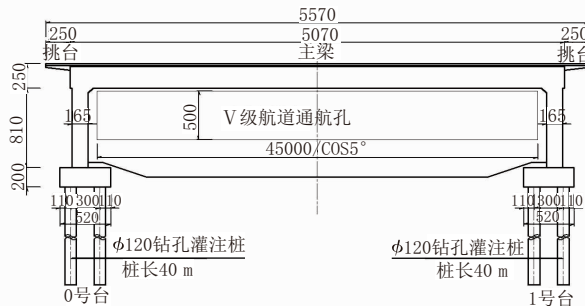


图1 桥梁构造图

桥墩采用矩形实体截面桥墩,桥墩高8.1 m,截面尺寸为1.65 m(纵)×3.5 m(横),承台采用矩形实体承台,桩基采用直径Φ1.2 m钻孔灌注桩,每个承台下布置6根桩,桩基间距均为3.0 m。

2 桥梁舒适度分析基本方法

人行桥舒适度主要从两个方向分析,即人行荷载的激励作用和结构自身的动力响应。

首先通过对行人慢走、正常步行到慢跑、跑步的单足落地曲线进行研究,对单足曲线进行周期性叠加,建立连续行走荷载曲线,并利用傅里叶级数的形式对曲线函数化,具体表达式为:

收稿日期: 2022-08-12

作者简介: 卜江峰(1988—),男,本科,工程师,从事道路桥梁设计工作。

$$F(t) = P[1 + \sum \delta_i \cos(2\pi f_s t + \Phi_i)]$$

式中: P 为人的自重; δ_i 为第*i*阶荷载谐的动载因子; i 指第*i*阶荷载谐波($i=1, 2, 3 \dots$); f_s 为步频; t 为时间; Φ_i 为相位角。

对于桥梁结构竖向的人行激励,研究表明第一荷载谐波对桥梁的影响占主要部分,对以上公式进行简化后,得出一阶人群荷载谐波余弦函数表达式为:

$$P(t) = P \cdot \cos(2\pi f_s t) \cdot n' \cdot \Psi$$

式中: P 为单个人以 f_s 步频行走产生的力的分量; n' 为加载面积为 S 的行人流等效人数; Ψ 为落脚频率接近结构固有频率的概率折减系数。

将行人连续脚步荷载按以上公式展开后,可知人行桥竖向自振频率的敏感范围为1.25~3.0 Hz,侧向为0.5~1.2 Hz。故对结构自身的动力响应进行分析后,对于常规桥梁可采用避开结构敏感频率的方法进行设计。但对于大跨度人行桥的自振频率往往落在敏感区间,应从加速度的角度,对人致振动舒适度进行评价。

3 刚构桥舒适度验算

采用Midas建立实体模型,全桥共建立单元182个,桩基按实际桩长13 m建立,桩底固结,桩基采用等代土弹簧模拟,桩与桥梁承台固结,薄壁墩与主梁和承台固结。

刚构人行桥建立实体模型后,对桥梁自振频率进行验算。一阶振形为侧向平动,频率为2.427 Hz,避开了侧向敏感区间0.5~1.2 Hz,横向振动满足舒适度要求。二阶振形为竖向振动,频率为2.9 Hz,位于规范允许的敏感区间1.25~3 Hz内(见图2)。根据规范要求,需对刚构桥进行人致振动舒适度验算,本次人行桥舒适度评价等级按CL1等级控制,即人行舒适度达到最佳。

3.1 人行荷载模型确定

通过国内外对行人交通级别和行人密度的研究和总结(见表1),人行桥舒适度验算时,交通级别按D级设计,人群密度 $d=1.5$ 人/m²,即达到行走不舒适,变得拥挤,行人不能自由地选择步伐的特点。

本次桥梁人行通道净宽3.5 m,桥梁全长50.7 m,桥面面积 $S=177.45$ m²,桥上总人数 $n=d \times S=266.175$ 人,行人流等效人数 $n'=1.85\sqrt{n}/S=0.17$,人的自重 $P=280$ N, $f_s=2.9$ Hz。

通过插值,竖向折减系数 $\Psi=0.143$ (见图3)。

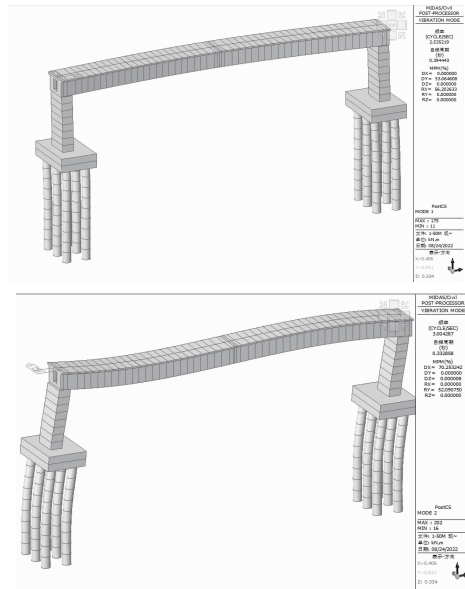
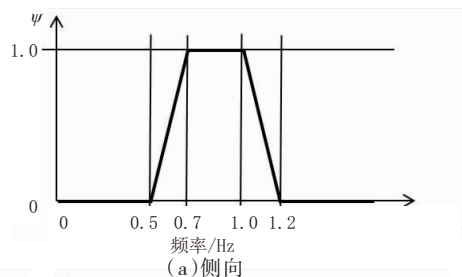


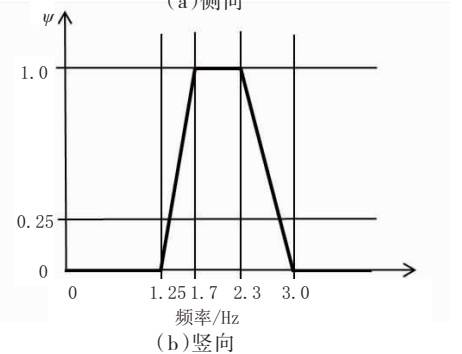
图2 一、二阶振动模式

表1 行人交通级别和行人密度

交通级别	行人密度 d / (人·m ⁻²)	描述	特点
A	0.2	交通十分稀少	舒适而自由地行走,可快步行走,单个行人能够自由选择步伐
B	0.5	交通正常	行走依然不受限制,快步行走有时可能被限制
C	1.0	交通繁忙	行走自由受限,快步行走不可能
D	1.5	交通十分繁忙	行走不舒适,变得拥挤。行人不能自由选择步伐
E	4.6	交通异常繁忙	行人十分拥挤,难以行走,但可原地踏步



(a)侧向



(b)竖向

图3 折减系数 Ψ

对以上数据进行代入,并简化公式进行处理后,本次刚构桥桥梁单位面积行人流荷载函数为:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= P \cdot \cos(2\pi f_s t) \cdot n' \cdot \Psi \\
 &= 280 \times \cos(2\pi \times 2.9 \times t) \times 0.143 \times 0.17 \\
 &= 6.807 \times \cos(5.8\pi \times t)。
 \end{aligned}$$

3.2 桥梁舒适度验算

舒适度分析一般为小变形分析,桥梁整体结构处于弹性范围内,因此可以按线性时程分析的方法

进行模拟。分析方法采用直接积分法,时程采用瞬态类型,分析时间步长按 0.01 s,分析时间采用 50 s。阻尼计算方法采用质量和刚度因子,阻尼比采用 0.01,通过计算桥梁竖向加速度为 0.024 1 m/s²,满足规范中[0,0.25·f^{0.78})的要求,满足舒适度 CL1 级的设计要求。

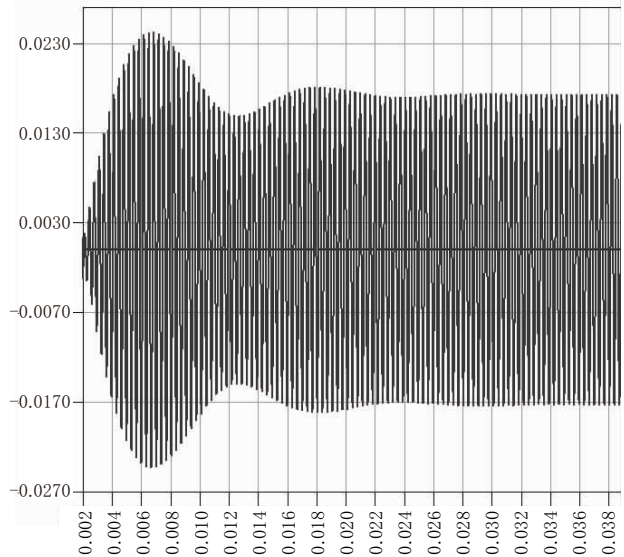
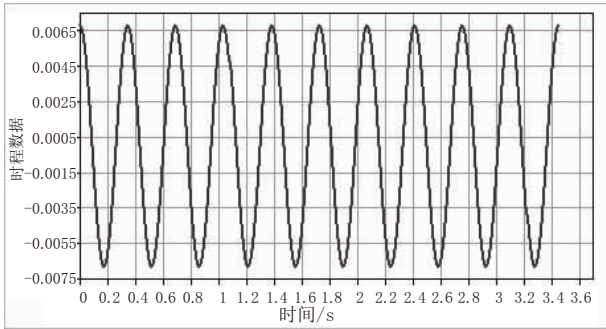


图4 时间函数曲线及加速度时程表的参考意义。

4 结语

对大跨度刚构人行桥的舒适度研究表明,在满足结构受力的前提下,桥梁的舒适度也满足规范要求。在类似工程中,可运用舒适度验算的方法对桥梁结构进行验算,与避让敏感频率的设计方法相比更加科学,更能在一定程度上减少工程造价,具有一定

参考文献:

- [1] 韩智强,刘世忠,周勇军,等.大跨弯连续刚构桥自振频率计算公式[J].太原科技大学学报,2021(4):288-291,295.
- [2] 李艺林.考虑桩土效应的刚构桥高墩稳定性及动力特性研究[D].西安:长安大学,2018.
- [3] 马信欣.人行天桥舒适度与减振控制[D].贵阳:贵州大学,2020.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com