

基于管桩的全装配式桥梁设计与应用研究

罗 刚

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司 安徽合肥 230093

摘 要: 在技术水平不断提升的背景下, 桥梁的装配程度不断上升, 将管桩应用在装配式桥梁中有利于提高桥梁施工质量, 因此利用分析法等方法对基于管桩的全装配式桥梁设计与应用进行了研究, 以期管桩的应用提供参考。在研究过程中简要分析了管桩与全装配式桥梁的内涵、基于管桩的桥梁设计要点及应用技术, 最后对某一案例进行了简要探讨。探究结果表明, 灵活应用管桩具有重要意义, 所以应提高对管桩的重视程度并结合全装配式桥梁的要求科学设计管桩并做好施工工作。

关键词: 管桩; 全装配式桥梁; 终锤贯入度

前言

管桩在建筑、水利等领域中的应用较为广泛, 在交通领域中的应用相对较少, 而将管桩与全装配式桥梁结合起来有利于促进交通领域向绿色环保方向发展。当前, 针对管桩与全装配式桥梁的研究相对较少, 无法为实际施工提供更多的参考, 为此应在现有研究结果的基础上综合分析如何将管桩应用在全装配式桥梁中。

一、基于管桩的全装配式桥梁设计要点

(一) 优化管桩设计

基于管桩的全装配式桥梁的重点在于管桩, 因此需根据实际情况优化管桩设计, 提高管桩的设计质量。

1. 优化管桩结构设计

为了形成完善的框架体系, 可以设计基于管桩的桩板桥结构, 并优化桩板桥的上部结构与下部结构设计。为了满足全装配式桥梁的要求, 可以将桩板桥的上部结构设计为先简支后形成连续钢构体系, 在主梁中设置 II 梁并利用 14 根钢束制成一片 T 肋, 在过渡墩中设置滑板支座。同时, 需要在下部结构中设计预制盖梁并在其中预留直径为 68cm 的楔形孔洞, 在其中插入 18 根连接钢筋并灌注一定量的钢纤维混凝土, 通过卯榫使管桩与盖梁以及后浇横梁形成一体。之后在基础埋入土体部分中应用预应力高强混凝土管桩并安装桩柱接头, 将预应力混合配筋高强混凝土管桩与预应力高强混凝土管桩基础焊接在一起。

2. 优化管桩受力设计

明确桩板桥结构的受力情况可以为管桩选型提供参

考, 因此需要利用“m”法进行受力分析, 且分析时需充分考虑土层竖向刚度的影响。从实际情况来看, 可以将土弹簧的水平刚度设计为 K_z , 将其竖向刚度设计为 K_u , 按照常规墩将管桩高度设计为 7m、长度设计为 22m、入土深度设计为 15m。在明确公式后选择合适的地质参数并利用有限元模型进行计算, 且计算时需要充分考虑桩板桥结构的一期自重、二期自重、汽车冲击力、温度荷载以及不均匀沉降等各种因素的影响, 增强计算结果的准确性。

$$K_z = mb_1 h_z z \quad (1)$$

$$K_u = \frac{0.67}{0.67l / (EA) + 1 / (C_0 A_0)} \quad (2)$$

公式 (1) 中的 b_1 为基桩的计算宽度、 h_z 为深度 z 处的土层厚度, 公式 (2) 中的 l 为桩埋入地面线或局部冲刷线以下的长度、 E 指的是桩基弹性模型、 A 指的是桩身的截面面积、 C_0 指的是桩底土竖向地基系数、 A_0 指的是桩底土的受压面积^[1]。

从管桩最大弯矩对应的轴力以及最大轴力对应的弯矩受力状态组合情况来看, 需要将基础部位的最大弯矩包络值设计为 338kN·m, 且需要将其设置在地面以下 2m 左右。同时, 管桩属于偏心受压构件, 所以其受力状况应满足相应的条件。需要根据公式 (3) 计算管桩的桩身横向受剪承载力, 完成设计工作后需要根据表 1 检验管桩力学性能。从受力分析结果来看, 除了卯榫这一部位, 管桩的最大弯矩都比开裂弯矩小, 所以利用 800AB 型预应力高强混凝土管桩、800B 型预应力混合配筋高强混凝土管桩符合要求。

$$V \leq \frac{tI}{S_0} \sqrt{(\sigma_{ce}) + 2\phi_l f_l)^2 - \sigma_{ce}^2} \quad (3)$$

公式(3)中的 V 指的是剪力设计值、 t 指的是管桩的壁厚、 I 指的是截面的惯性矩、 S_0 指的是半个管环截面对中心轴的面积矩、 σ_{ce} 指的是混凝土的有效预压应力、 ϕ_l 为系数(取0.7)、为混凝土抗拉强度设计值。

表1 管桩力学性能检验值

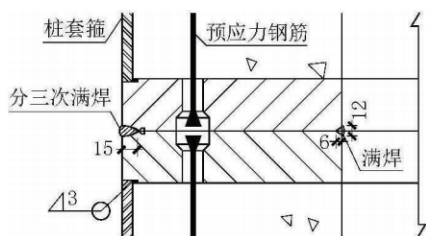
管桩型号	壁厚/ mm	抗弯承载 力/k·Nm	抗剪承 载力/kN	截面开裂弯 矩/k·Nm
800AB型预应力高强 混凝土管桩	110	575	402	469
800B型预应力混合配 筋高强混凝土管桩	110	940	412	519

3. 优化管桩柱-盖梁连接节点设计

在设计过程中也需要优化管桩柱-盖梁连接节点的设计工作并进行验算。管桩卯榫截面最大弯矩为780.34kN·m, 相应工况下截面所承受的轴力是1422.8kN。在分析管桩与盖梁之间最薄弱的截面时只考虑卯榫结构以及填芯混凝土这两部分, 所以需要对柱-盖梁连接薄弱截面在最不利受力状态下的受力情况进行验算。可以将卯榫截面的直径设计为580mm, 计算后发现截面最大纯压力是8800kN, 最大纯弯矩是650kN·m, 最不利的受力状态点在标准范围内, 所以卯榫位置符合受力要求。

4. 优化管桩-柱连接节点设计

为了增强全装配式桥梁的稳固性需要通过端板焊接法这种方法实现管桩-柱的连接(如图一所示), 在应用端板焊接法时需进行三层满焊并做好相应的防腐工作, 避免出现被腐蚀等问题。在验算截面的承载力时可将电弧焊焊条的外径设计为800mm、宽度设计为15mm、焊缝宽度设计为10.5mm。在验算后发现截面的最大纯压力是6000kN, 最大纯弯矩是1520k·Nm, 而桥梁下部结构桩基的最大弯矩是388k·Nm, 这就说明截面符合要求^[2]。同时, 管桩连接节点受耐久性与施工质量的影响相对较大, 基本不受静力荷载的影响。



图一 端板焊接

(二) 优化桥梁混凝土梁设计

混凝土梁是全装配式桥梁上部结构的关键组成部分, 在设计时需要充分考虑其承载能力的极限状态、正常施工与使用时的极限状态值, 确保其承载能力能够同时满足设计与施工要求。在这一过程中可以利用BIM技术进行混凝土梁的设计, 即通过BIM技术进行建模、演算与功能模拟, 从而选出最佳的参数。

(三) 优化桥梁预制构件与连接设计

全装配式桥梁的预制构件与连接设计至关重要, 在设计时需要合理控制各个构件之间的距离, 否则可能会导致构件产生碰撞问题。设计人员可以利用BIM技术进行可视化分析与模拟, 明确不同构件之间的连接方式以及距离, 增强设计的合理性。

(四) 优化桥梁附属设施设计

全装配式桥梁的附属设施也比较多, 如人行道、护栏、梯道等, 在设计过程中可以利用BIM技术优化附属设施的布局, 提高设计质量。例如, 可以利用BIM技术当中的Archi CAD这一软件对栏杆、梯道等附属设施进行规划与模拟, 即先将附属设施的参数输入到软件中, 之后利用软件进行可行性分析与工程量计算^[3]。

二、基于管桩的全装配式桥梁应用技术

管桩是全装配式桥梁的重点, 在应用时需要通过打入法这一施工技术将管桩打入到土体中, 从而为桥梁提供支撑, 而在应用打入法时需要合理估算相应的数值并明确一些注意事项, 增强施工的合理性与准确性。

(一) 合理估算单桩竖向承载力的标准值

打入法又被称之为锤击法, 指的是利用桩锤落到桩顶上的冲击力克服土产生的阻力, 从而使桩沉入土层当中, 具有施工速度快、机械化程度高、适用范围广等优势。在进行基于管桩的全装配式桥梁施工时应用打入法具有重要意义, 但需要先科学估算单桩竖向承载力标准值, 即根据公式(4)进行计算。

$$Q_{uk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} (A + \lambda_p A_{p1}) \quad (4)$$

公式(4)中的 Q_{uk} 指的是单桩竖向抗压承载力标准值, u 指的是桩身的外周长, q_{sik} 指的是管桩侧第 i 层土极限侧阻力标准值, q_{pk} 指的是极限端阻力标准值, λ_p 指的是桩端土塞效应修正系数, A_{p1} 指的是管桩空心部分的敞口面积^[4]。

(二) 合理估算终锤贯入度

在应用打入法时也需要估算终锤贯入度, 即根据公式(5)进行估算。

$$s = \sqrt{\frac{2E_{gmax}}{k_i} - \frac{c}{2}} \quad (5)$$

公式(5)中的 s 指的是终锤贯入度, E_{gmax} 指的是桩顶承受的锤击能量, k_i 即土的竖向刚度, c 为瞬时弹性变形值。

(三) 明确应用注意事项

在进行基于管桩的全装配式桥梁施工时需要明确一些注意事项, 提高施工质量。第一, 在施工前应做好岩土工程勘察工作, 根据勘察结果选择合适的试验位置并利用非工程桩进行试桩试验, 准确判断施工方案是否合理。同时, 在试桩之前需要严格按照要求开展静力触探测试并详细记录相应的参数。在测试时需严格把控测试点, 一般情况下每两跨至少设置1个测试点, 若地段处于地质变化区域就需要增加测试点, 且需要将触探孔的孔深控制在桩端下3m左右, 增强测试的准确性。第二, 需要根据设计人员提供的终锤贯入度标准以及桩长控制试桩施工并将试桩试验结果反馈给设计人员, 以便设计人员能够合理调整桩长, 之后再根据桩长以及贯入度终孔标准控制工程桩施工。第三, 在进行桩体打入施工时需要做好监控工作, 准确判断桩体的位置、桩身的垂直度与完整性、桩头的焊接质量、桩顶底的标高是否符合要求, 若不符合要求需及时调整。第四, 在将桩体打入到砂土或粉土层时可能会出现挤土效应, 在这种情况下桩身可能会上浮, 为此需要根据设计要求检测桩体的位移情况以及高程, 若桩体沉桩一个月后的上浮值超过1cm就需要重新进行复打。

三、基于管桩的全装配式桥梁设计与应用案例

某高速公路中有一段为桥梁, 采用全装配式桥梁, 且应用了基于管桩的桩板桥结构。第一, 设计。在设计时将桩板桥的桥跨设计为 $89 \times 13\text{m}$, 且在桩板桥的上部结构中应用了先张法直线束预制Ⅱ梁, 下部结构采用了

800AB型预应力高强混凝土管桩与800B型预应力混合配筋高强混凝土管桩, 在中支点处通过浇筑混凝土的方式将Ⅱ梁、盖梁与墩柱结合了起来。第二, 应用。在施工时综合分析了该工程的地质参数, 且根据14m桩长、6m柱高、2000kN桩顶力设计值对墩柱进行了估算, 计算得出单桩竖向承载力的特征值为2062kN, 超过了2000kN这一桩顶竖向力设计值。同时, 在施工时应用液压打桩机, 且计算出的终锤贯入度在10~16mm之间, 符合要求。

结语

在全装配式桥梁中应用管桩可以形成可靠的框架体系, 实现桥梁的标准化设计、工厂化生产以及装配化施工, 因此应提高对管桩的重视程度, 根据桥梁的设计要求优化管桩设计、混凝土梁设计等各个环节的设计工作, 也需要通过打入施工技术应用管桩, 并合理估算单桩竖向承载力的标准值以及终锤贯入度, 在提高施工效率的同时优化施工效果。

参考文献

- [1] 余建玉, 黄佩. BIM技术在装配式桥梁设计与施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2024, (19): 104-106.
- [2] 何力, 牛犇, 赵文锦. 关于临时措施的装配式设计在大跨度桥梁顶推施工中的应用[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册). 云南建投钢结构股份有限公司, 2024: 4.
- [3] 刘世辉, 吴奎, 陆文胜, 等. 装配式桥梁预制构件吊耳设计研究与应用[J]. 广州建筑, 2023, 51(04): 9-12.
- [4] 缪学勇. BIM技术在装配式桥梁设计与施工中的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(10): 179-181.