

铁路桥梁施工设计难点与应对策略研究

张朝朝

中交铁道设计研究总院

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10820

[摘要] 本文以某城际轨道交通连续梁桥工程为实例,分析了桥梁设计与施工中的主要技术挑战。文中系统归纳了梁端转角控制、连续梁徐变控制以及桥梁桩基沉降控制的难点,并提出了相应的设计与施工策略。特别地,探讨了桥梁结构与列车运行的耦合分析,以及连续梁体设计方案的优化措施。文章进一步通过稳定性验证,确保了设计的合理性和工程的长期安全性。

[关键词] 高速铁路; 桥梁设计; 施工技术; 结构安全

Research on Difficulties and Countermeasures in Railway Bridge Construction Design

Zhang Chaochao

China Communications Railway Design and Research Institute

[Abstract] This article takes a continuous beam bridge project of a certain intercity rail transit as an example to analyze the main technical challenges in bridge design and construction. The article systematically summarizes the difficulties of beam end angle control, continuous beam creep control, and bridge pile foundation settlement control, and proposes corresponding design and construction strategies. Specifically, the coupling analysis between bridge structure design and train operation, as well as optimization measures for continuous beam design schemes, were discussed. The article further ensures the rationality of the design and the long-term safety of the project through stability verification.

[Keywords] high-speed railway; Bridge design; Construction technology; Structural safety

一、项目概况

某城际轨道交通项目高架区间中,设置了一联 60.89m+100m+60.60m 的连续梁桥,桥梁总长为 221.49m,主梁采用悬臂浇筑施工工法。该连续梁设计为跨越某高速公路,桥下净空高度为 9.5m。线路位于直线段,与高速公路形成约 57° 22' 的斜交角。连续梁的两端分别连接 32.7m 的双线筒支梁。

二、铁路桥梁施工设计难点

1. 梁端转角控制难点

在构建城际轨道交通连续梁桥时,精确调整梁端角度是一项复杂的技术挑战。由于桥梁位于直线段且与高速公路形成约 57° 22' 的斜交角,项目团队必须在设计中精确调节梁端角度,以适应特殊的地形和施工条件。为应对这一挑战,采用了过渡梁结构,通过在连续梁的设计中引入双线筒支梁,优化了梁端的角度调节。此外,为避免角度偏差超出允许范围,设计中还采用了调整梁跨布置的策略,从而提高了桥梁整体的稳定性。利用此方法,有效减少了由于梁端角度变化而可能带来的结构应力和安全隐患。

2. 连续梁徐变控制难点

在中跨度的连续梁桥工程中,有效控制徐变是一项重要的技术难题。针对本项目中跨度为 100 米的连续梁桥,设计时必须严格控制截面的徐变,以确保结构的长期稳定性和安全性。通常,截面恒载引起的应力差需控制在 0 至 4 兆帕之

间,且截面最大应力不得超过 12 兆帕。

为控制徐变,可以采取多种措施,如适当增大跨中梁高度、减轻梁体重量,或通过优化等效跨径的设计来减小徐变的影响。在本项目中,优化了主梁的截面设计,以保证桥梁在恒载和活载作用下的应力控制在设计范围内,减少因徐变引起的应力变化。

在桥梁设计的初期阶段,需详细研究连续梁的徐变特性,并基于此优化设计方案。在施工过程中,实时监测桥梁的应力状态,确保徐变值始终保持在合理范围内,进而保障桥梁结构的长期稳定性和功能性。结合悬臂浇筑施工工法的特点,通过合理的张拉顺序和预应力布置,有效控制了连续梁的徐变效应。

3. 桥梁桩基沉降控制难点

控制桩基础的下沉是确保城际轨道交通连续梁桥稳定性的关键。在设计和施工阶段,项目团队需精确评估地质条件,并选择适合的地质层,同时采用高效的钻孔桩施工技术。为有效控制桩基沉降,本项目优先选用了压缩性较低的土层,确保桥梁桩基础在不同的地质环境下保持稳定性。针对跨越高速公路的特殊情况,设计中特别关注了软弱地层带来的挑战,通常将桩的长度设置在 40 至 50 米之间,以应对深厚软土层的沉降风险。

根据桥梁实际应用数据分析,桩基础的沉降主要在桥梁

完工后六个月至一年内完成,在较为坚实的土层中,沉降通常能达到70%至80%,而在软弱或饱和土层中,沉降率则为30%至40%。这种早期完成的沉降过程对确保桥梁整体稳定性十分重要。因此,在设计和施工的初始阶段,需详细计算桩基沉降的深度效应,尤其是在地基自重压力可能超过700千帕的情况下,采取相应的设计调整。

在施工过程中,项目团队必须严格监控桩基础的施工质量,确保所有技术措施均符合设计规范和标准。通过这些精准的控制和监督,可以显著降低因桩基础沉降引发的结构问题,从而延长桥梁的使用寿命,保障其在运营期间的安全性。

三、铁路桥梁施工设计策略方案

1. 结构与列车走行分析

项目团队对桥梁结构与列车运行之间的相互影响进行了深入研究,特别是在城际轨道交通连续梁桥施工设计中。由于桥梁跨越高速公路并与道路形成 $57^{\circ}22'$ 的斜交角,设计时重点考虑了列车运行过程中对桥梁产生的外部荷载。动态荷载使列车、轨道和桥梁之间产生耦合效应,这是设计中需要重点分析的因素。尤其是在连续梁跨度达到100米的情况下,耦合振动效应更加显著。

在项目设计阶段,团队详细审查了桥梁结构和列车运行的方案,进行了综合评估和分析。通过参考国内外类似的城际轨道交通连续梁桥案例,最终选择了具有良好抗振性能的混凝土箱梁结构,确保桥梁能够适应列车运行时的动态负荷条件,从而提高列车的行驶稳定性。

为了优化桥梁的结构性能,项目团队采用了空间梁单元技术对整个桥梁进行建模分析,以准确模拟桥梁的应力状态。通过分析桥梁在不同振动等级下的振动行为和固有频率,团队获取的数据将用于对桥梁结构设计的进一步优化。这种详尽的分析不仅确保了桥梁能够承受列车运行带来的动态负荷,还能够在长期使用中保持结构的稳定性和耐久性。

2. 连续梁体设计方案

为提升城际轨道交通列车的运行性能和乘坐舒适度,项目团队制定了连续梁体的设计方案。通过精确的结构设计,确保桥梁在列车平稳行驶和加速时具备足够的刚度,这直接影响到乘客的舒适体验和车辆的加速度表现。

在设计连续梁体时,重点考虑了梁体在纵向荷载环境下的性能,特别关注桥梁与轨道之间的相对位移。设计团队通过综合分析桥梁的动力响应结果,对连续梁进行了优化。考虑到不同列车速度可能导致的冲击系数变化,特别是在跨度为100米的连续梁中,重点监测了中跨区域的振动位移和加速度。通过模拟计算,团队详细评估了列车运行期间轨道与桥梁之间的相对位移状况,以优化设计。

根据项目的具体情况,由于桥梁跨度相对适中且线路位于直线段,与高速公路形成 $57^{\circ}22'$ 的斜交,项目组对梁体结构进行了相应的调整,确保在直线行驶条件下列车轮重减载率能够得到有效控制。最终设计方案使连续梁在桥梁与列车的动力响应方面满足技术规范要求,从而提高桥梁的结构稳定性和列车运行的舒适性。

3. 防渗加固设计措施

在城际轨道交通连续梁桥的设计中,防渗加固是确保工

程长期稳定性的重要手段之一。由于本项目桥梁跨越高速公路,桥下净空为9.5米,虽然不涉及水体穿越,但仍需要考虑地基稳定性和防渗措施,以保障桥梁在各种环境条件下的安全性。

设计团队首先对桥梁区域的地质条件进行详细评估,确保地基具备足够的抗渗性能。针对软弱土层可能存在的渗漏隐患,采取了多项防渗加固措施。防渗设计的核心是评估地基土体的渗透性,计算临界渗透坡降,确保土体在设计规范下不会发生渗透破坏。基于这些计算,团队设定了合理的安全系数,并根据土颗粒的比重和孔隙率,确定了允许的渗透坡降值,确保设计的精确性和可行性。

在实际施工中,为了进一步增强地基的稳定性,设计团队采用了深层搅拌桩技术,以提高土体的抗渗能力。这些加固措施不仅增强了地基的承载力,还减少了地下水渗透对桩基的潜在影响。为确保效果,团队在桥墩位置周围设置了防渗黏土环,厚度设计为2.0米,其底部比承台低0.5米,顶部比地表高出0.5米,形成一道有效的防渗屏障。通过这些精准的设计和施工手段,确保了桥梁地基的长期稳定性和安全性。

4. 稳定性验证

确保施工设计的合理性和安全性,桥梁整体稳定性的验证是关键步骤。针对本项目的城际轨道交通连续梁桥,项目团队通过严格的计算和分析,对桥梁的整体稳定性进行了评估。在此过程中,设计团队综合考虑了桥梁截面的具体数值、计算参数、边界条件等,并依据相关设计规范进行全面计算,以确保桥梁在各种工况下的稳定性符合技术要求。

尽管本项目不涉及水体穿越,但桥梁跨越高速公路,且需保证桥下净空为9.5米,因此抗滑稳定性和整体刚度是设计中的重点。团队利用专业分析软件进行了详尽的模拟,通过建立多个可能的失稳模式,验证桥梁在不同荷载条件下的安全性。分析过程中重点考虑了列车荷载、风荷载、地震作用等因素对桥梁的影响。

模拟结果显示,桥梁在列车正常行驶时的安全系数远超最低技术标准,并在极端情况下(如紧急制动或强风环境下)也保持稳定。施工期的分析表明,连续梁在各个施工阶段的稳定性均符合规范要求,安全系数较高,表明桥梁设计充分考虑了多种可能影响稳定性的因素。

四、结语

通过对某城际轨道交通连续梁桥工程的实例分析,本文深入探讨了梁端转角控制、连续梁徐变控制以及桥梁桩基沉降控制的难点,并提出了相应的设计与施工策略。在结构设计与列车运行分析中,强调了桥梁与列车间的耦合效应,通过优化连续梁体设计方案,提高了桥梁的稳定性和列车运行的舒适性。最后,通过详细的稳定性验证和防渗加固措施,确保了桥梁设计的合理性和长期安全性。

[参考文献]

[1]步文韬.高速公路上跨铁路桥梁设计研析讨论[J].工程建设与设计,2023,(02):93-95.

[2]薛红云.高速铁路桥梁设计中几个关键问题的探讨[J].铁道建筑技术,2021,(10):73-76.