

桥梁连接处及伸缩缝设计问题研究

Study on the design of bridge joints and expansion joints

张建强

Zhang Jianqiang

(中国华西工程设计建设有限公司 610031)

(China West China Engineering Design and Construction Co., Ltd. 610031)

摘要: 随着我国基建事业的快速发展,桥梁作为基础交通设施中不可或缺的构筑物,其结构设计的合理性和稳定性得到了人们的广泛关注,本文讨论了桥梁的连接处及伸缩缝存在的问题,并依次通过对桥梁连接处和伸缩缝的相关设计情况进行研究,并通过工程实例进行深度数据分析以提高桥梁设计时的合理性,以此提供系统化的桥梁结构设计,提高现有桥梁连接处及伸缩缝的施工质量。

Abstract: With the rapid development of infrastructure in China, bridges as an indispensable structure in basic transportation facilities, the rationality and stability of its structural design have been widely concerned, this paper discusses the problems existing in the connection and expansion joints of bridges, and in turn studies the relevant design of bridge connections and expansion joints, and conducts in-depth data analysis through engineering examples to improve the rationality of bridge design, so as to provide systematic bridge structure design. Improve the construction quality of existing bridge joints and expansion joints.

关键词: 桥梁; 连接处; 伸缩缝; 沉降; 温度;

Keywords: bridge; Junctions; Expansion joint; Sedimentation; Temperature;

1. 引言

桥梁是基础交通设施的一个重要组成部分,承载着道路、铁路等交通运输方式的通行,具有关乎公共安全和经济发展的重要性^[1]。在桥梁设计中,连接处及伸缩缝的设计是其中至关重要的一环。连接处承担着桥梁结构的受力传递和稳定性^[2]。而伸缩缝作为桥梁一个重要的附属结构,能够调节因温度变化、混凝土属性变化等因素导致的上、下部结构间的位移和联结,减轻其对整体结构的影响^[3]。随着交通运输需求的增加和各种环境因素的考虑,桥梁连接处及伸缩缝的设计面临着诸多挑战和问题。不同类型的桥梁连接处需要满足不同的受力特点和使用环境。而合理选择和设计连接方式以及伸缩缝的尺寸与材料,直接影响着桥梁的整体性能和使用寿命^[4]。本文旨在深入研究桥梁连接处及伸缩缝设计问题,并探讨解决方案。以期为桥梁工程设计提供更科学、高效、安全的解决方案,推动我国桥梁建设的可持续发展。

2、桥梁连接处存在问题及设计情况

2.1 连接处存在问题情况

2.1.1 沉降不均: 连接处出现沉降不均的原因可以是多方面的影响。因土壤的不均匀性很容易导致桥梁的连接处出现问题,例如土层的差异性、土质的松散程度不一致等。同时地基沉降速率的差异也可能导致连接处的沉降不均,这可能与地下水位变化、土壤湿度差异以及地基工程施工质量有关。此外,在连接处的施工过程中,如果没有严格控制填充物的压实程度和均匀性,也可能导致沉降不均。沉降不均会导致公路与桥梁之间出现高低差,增加车辆通过时的冲击力和颠簸感^[5]。这不仅会给驾驶员带来不适,还会对车辆的稳定性和安全性产生负面影响,在严重时可能引发跳车事故。

2.1.2 路基沉降: 连接处的路基沉降问题中水分是一个重要的因素。在连接处的桥台和路堤接缝部位,如果存在渗水问题,会导致建筑材料逐渐腐蚀、变形,进而引起路基沉降^[6]。同时,

地基的不稳定性也是路基沉降的常见原因,可能与土层的承载力不足、地下水位变化等因素有关。路基沉降会导致公路和桥梁之间的错位,造成道路凹陷或突出。这将给车辆通行带来困难和危险,增加驾驶员的操作难度,甚至损坏车辆底盘和悬挂系统。

2.1.3 施工质量问题: 连接处使用低质量的建筑材料可能会直接影响连接处的稳定性和耐久性。这可能包括强度不足的混凝土、质量不合格的钢材等。其次,施工过程中的不规范操作也可能导致质量问题,如施工时未能确保充分密实的填充物、未按照设计要求进行正确的连接和固定等^[7]。质量问题会使连接处的结构强度不足,容易受到外部力的影响而产生破损、裂缝或变形。这不仅增加了连接处出现问题的风险,还可能导致公路和桥梁的寿命缩短,增加维修和修复的成本。

2.1.4 管理和维护不足: 连接处问题的管理和维护不足主要涉及两个方面。一方面,缺乏定期检查和维护工作,没有建立完善的监测体系,无法及时发现连接处存在的问题。另一方面,管理责任不明确,导致对连接处的维护和修复工作缺乏有效的组织和执行。未及时发现和处理连接处存在的问题会使其逐渐恶化。连接处的缺陷可能逐渐扩大,导致车辆行驶时的风险明显增加。如果不进行及时的维修和修复,连接处的问题可能会进一步恶化,增加了修复的难度和成本。(如图2)

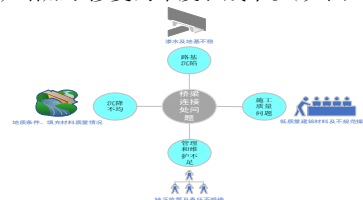


图1 桥梁连接处存在问题

2.2 连接处设计

当进行连接处设计时,需要考虑以下几个基本条件。首先,

根据我国公路设计标准，一般路段的允许沉降范围为 30 cm 以内，而连接处的沉降应控制在 10 cm 以内。此外，虽然桥梁和其连接的道路在外观上是两个不同的结构，但在连接处两侧的一定范围内应将其作为一个整体来进行设计。因此为了优化连接处的设计，可以从以下几个方面入手：

2.2.1 设计搭板：搭板的设置旨在增加柔性路面的沉降程度，使其逐步过渡到桥台上，从而消除连接处的高度差异，避免在该处发生跳车现象。搭板可以采用柔性材料或可调节高度的结构，以确保平稳过渡。此举不仅可以解决跳车问题，还具备施工简便和成本较低的优势。

2.2.2 台背回填：台背回填是利用优质填料对桥台背部进行回填，从而达到提升桥台稳定性的效果，以减少沉降问题的发生。一般情况下，常用的填料包括岩渣、砾石和砂砾等材料，这些材料具有良好的透水性、摩擦角和强度特性^[8]。能够在桥台沉降问题上产生有效的缓解作用，预防跳车事故的发生。

2.2.3 提高施工质量：提高施工质量是解决连接处问题的关键。按照国家标准控制回填土层的厚度，确保其符合规定的 20 cm 要求。并选用性能可靠的材料进行回填，以避免路面断裂和积水等问题的出现。同时采用适宜的碾压设备进行施工，最大限度地降低错台高度。

在连接处设计时，应综合考虑公路和桥梁的整体性，并根据相应的标准规范和施工要求进行合理的设计和施工，以确保连接处的稳定性、平顺性和安全性。此外，定期检查和维修也是保障连接处良好运行的重要环节，及时修复和处理存在的问题，确保公路和桥梁的连接处始终处于良好状态。通过以上优化设计措施和维护管理措施的综合应用，可以有效解决连接处存在的问题，提升交通运输的安全性和舒适性。

3、桥梁伸缩缝存在问题及设计情况

3.1 伸缩缝存在问题

3.1.1 温度变化对伸缩缝性能有重要影响。桥梁受到温度变化的作用时，不同部位的结构会发生不同程度的伸缩变形（如图 1）。伸缩缝必须能够适应这种变形，否则可能导致伸缩缝失效或结构破坏。温度变化通常是线性的，因此伸缩缝的设计和选择需要考虑到桥梁各部位的温度变化情况。



图 2 伸缩缝局部结构变形

3.1.2 混凝土的收缩和徐变也对伸缩缝性能产生影响。混凝土的收缩和徐变是随机变化且极易造成收缩缝两侧混凝土结构损坏，但其具有难以精确预测的特点（如图 2）。而控制水灰比、相对湿度、配合比、坍落度、水泥品质和温度等因素可以在一定程度上控制混凝土的收缩和徐变^[9]。因此在设置伸缩缝时，需要考虑混凝土的收缩和徐变量，利用调整其影响因素来进行调整控制，确保伸缩缝能够容纳这些变形。



图 3 伸缩缝两侧混凝土损坏

3.1.3 除了温度和混凝土，还有其他因素可能对伸缩缝性能产生影响。例如，纵向坡度、桥梁抗度和地震等因素都可能引起伸缩缝水平、垂直和角度变位（如图 3）。如果桥梁结构较高，还可能引起振动。需要注意的是，地震是一种无法预测且破坏性较大的外部因素，通常在伸缩缝的设计中不予考虑。



图 4 地震导致桥梁伸缩缝处开裂

3.2 伸缩缝设计

伸缩缝设计的关键在于选择适当的伸缩缝类型。不同类型的伸缩缝具有不同的使用条件和性能特点。板式伸缩缝由钢板和橡胶组成，适用于伸缩量不超过 60 mm 的桥梁。组合式伸缩缝则由刚托板和橡胶板组合而成，适用于伸缩量不超过 120 mm 的桥梁。模数式伸缩缝具有强大的性能，在各种环境下都能使用，并可以通过组合不同的模数，从单缝到多缝，满足 80 ~ 1,200 mm 范围内的伸缩需求（如表 1）。

表 1 各类型伸缩缝情况

伸缩缝类型	组成构件	适用条件	性能特点
板式伸缩缝	角钢或钢板+橡胶板	桥梁伸缩量 ≤ 60mm	施工简单，造价成本低；
组合式伸缩缝	钢托板+橡胶板	桥梁伸缩量 ≤ 120mm	能够承受较大变形量，锚固系统强大；
模数式伸缩缝	边梁+中梁+横梁+位移控制系统+密封橡胶	桥梁伸缩量 80 ~ 1,200 mm	整体性好，抗弯抗压强度高；

除了伸缩缝类型的选择，裂缝宽度的确定也是伸缩缝设计的重要考虑因素。裂缝宽度需要综合考虑多个因素，过大或过小都会对伸缩缝产生负面影响。特别是对于板式伸缩缝来说，过大的裂缝容易导致其受损。在宋述评等^[10]的研究中采用了一种解决方法是在桥面上进行切割，并设置接缝来吸收裂缝。该方法能够有效降低裂缝对伸缩缝造成的损害。另外，在 Song P 等^[11]的研究中指出在纵坡较大的情况下，沿桥面纵向布置伸缩缝可能会增加桥梁的挠度差。为此在其研究中具体举出一种应对方法即可以通过加强梁体与伸缩缝的结合来提高整体性能。

在设计非模数式伸缩缝时，需要特别加强固定和结合效果，以确保其稳定性能。由于非模数式伸缩缝的特点，固定和结合效果通常不够理想，因此在设计过程中应该给予更多关注。另外，为了防止雨水渗入伸缩缝中，需要在配合部位采取一定的防水措施。可以考虑设置挡水装置或直接注入防水材料，以确保伸缩缝的长期使用性能^[12]。综上所述，伸缩缝设计涉及伸缩缝类型选择、裂缝宽度确定、纵向布置对挠度差的影响、非模数式伸缩缝固定和结合效果的加强，以及防水措施等多个方面。通过综合考虑这些因素并采取相应的措施，可以确保伸缩缝在桥梁结构中发挥有效的功能。

4、实例分析

当涉及到伸缩缝和连接处的设计问题时，通过实例进行深入分析可以帮助我们更好地理解。在某地高速一个桥梁工程施工项目中，桥梁跨径组合为（4*30）m+（3*20）m，设计交角

105°，桥梁总长度为185米，上部结构为混凝土装配式箱形梁，下部为柱式墩台、桩基础。设计师在设计伸缩缝宽度时应注意伸缩缝的影响因素，以便在不同的影响条件下伸缩缝均能起到允许结构的伸缩变形的作用。然而，有时设计者会出现疏忽，错误地将构造梁板理论长度与实际长度的差异视为伸缩缝的宽度。这种不合理设计很可能导致不必要的成本增加和施工量增加。在本项目中，在进行伸缩缝设计过程中，由于上述设计失误情况，部分设计人员会得出在30m的简支梁的两端分别设置20毫米伸缩缝的设计结果。然而，这样的设计是不准确的，并且可能导致结构性能和寿命的损失。

准确来说在设计时，桥梁的实际伸缩量需要在考虑以下多种影响因素的情况下进行计算：

$$\textcircled{1} \text{温度因素: } \Delta Lh = L \times (T_{\max} - T_{\min}) \times \alpha_1 \quad (1)$$

α_1 —混凝土线膨胀系数; T_{\max} —最热温度; T_{\min} —最低温度; L —桥梁长度。

$$\text{实际温度安装的伸长量: } Lh^+ = L \times (T_{\max} - T_{\text{set}}) \times \alpha_1 \quad (2)$$

T_{set} —伸缩缝安装温度值。

$$\text{实际温度安装后的收缩量: } \Delta Lh^- = L \times (T_{\text{set}} - T_{\min}) \times \alpha_1 \quad (3)$$

$\textcircled{2}$ 混凝土形变:

混凝土收缩形变量

$$\Delta Lg^- = \theta \times L \quad (4)$$

其中： θ —混凝土收缩应变终极系数。

混凝土徐变形变量

$$\Delta Lb^- = \psi \times (\sigma_n / E_p) \times L \quad (5)$$

其中： σ_n —由预应力产生的平均轴向应力; E_p —混凝土的弹性模量; ψ —混凝土徐变系数。

桥梁收缩缝总形变量计算:

伸缩缝安装后的闭口量:

$$K^+ = \beta \times \Delta Lh^+ \quad (6)$$

伸缩缝安装后的开口量:

$$K^- = \beta \times (\Delta Lg^- + \Delta Lb^-) + \Delta Lh^- \quad (7)$$

其中： β —伸缩量增大系数。

根据相关系数的计算并综合温度、混凝土等影响因素的影响，我们可以得知在54℃（-15℃至39℃）的温差条件下，伸长量为5.7毫米，整体总伸缩量为17.55毫米，可以视作初始压缩量仅为17.55毫米，即达不到20毫米。因此，只需在简支梁的其中一端设置一个20毫米的伸缩缝就可以满足要求，而不必在两端都设置一个20毫米的伸缩缝。

本实例清楚地展示了伸缩缝设计中的关键问题。设计师在设计桥梁伸缩缝是需要以实际情况为基础，并综合考虑温度变化、材料性质和结构长度等因素。准确计算伸缩量并合理控制伸缩缝的宽度是确保伸缩缝性能和寿命的关键。因此，在伸缩缝设计过程中，建议依靠经验丰富且考虑全面的专业结构工程师，以确保结构的安全可靠性。

通过以上实例分析，我们可以得出结论：伸缩缝设计需要综合考虑多个因素，避免简单地将理论长度差异作为伸缩缝宽

度的基础。只有通过合理的计算和准确的设计，才能确保结构在不同温度条件下的安全运行。

5、结论

通过对连接处设计原理和要求的讨论分析以及工程实例连接处设计的可行性和优劣评估，可以得出以下结论。在连接处设计中，设计师应避免简单地将构造梁板理论长度与实际长度的差异作为确定伸缩缝宽度的依据，而应根据实际情况进行计算，并综合考虑材料的膨胀系数、温度变化、结构长度等因素。同时合理控制伸缩缝的宽度是确保伸缩缝性能和寿命的关键，预留适当的空间，使伸缩缝能够自由伸缩，以满足不同温度下的变形需求。而从工程实例的角度来看，准确计算伸缩量并合理控制伸缩缝宽度的设计方案被证明是可行且具有优势的。在前述实例中，仅在简支梁的一段设置20毫米的伸缩缝就能满足设计要求，有效降低了成本和施工量，并保证了结构的性能和寿命。此外，深入研究不同材料和结构类型下的连接处设计问题，提高结构的耐久性和性能，也是可行的研究方向。综上所述，通过对连接处设计原理和要求的讨论分析，并基于实际工程实例对设计方案的评估，认为桥梁连接处设计应考虑实际情况，合理计算伸缩量并控制伸缩缝的宽度，以确保结构的安全运行。未来的研究将进一步推动连接处设计方法和技术的发展，以满足日益复杂和要求严格的工程需求。

参考文献:

- [1]莫延英.道路与桥梁基础施工技术研究——评《道路与桥梁施工技术》[J].工业建筑, 2021, 51(1):1.
- [2]邹宇,徐栋,宋冰泉,等.预制节段桥梁钢榫键连接缝受力特性[J].同济大学学报:自然科学版, 2021, 49(7):9.
- [3]冯玉林,蒋丽忠,陈梦成,等.连续梁桥边墩不均匀沉降下轨道层间变形协调关系及动力学应用[J].工程力学, 2021, 38(4):179-190.
- [4]温巍,杨化奎.新农村建设中道路桥梁路基不均匀沉降的处理方法——评《路桥养护技术》[J].热带作物学报, 2020, 41(10):217-217.
- [5]刘允中.公路桥梁隧道工程施工中难点及改进——评《公路隧道施工》[J].环境工程, 2021, 39(9):1.
- [6]张森.基于结构化方法的公路桥梁设计策略探析[J].公路工程, 2019, 44(5):5.
- [7]董利,张一,李松辉.新型贯通性桥台搭板连接构造车辆荷载拟静力试验[J].科学技术与工程, 2020, 20(8):7.
- [8]王永宝,廖平,贾毅,等.钢筋混凝土梁非均匀收缩徐变自应力分析[J].铁道学报, 2019, 41(2):9.
- [9]张鹏辉,冯睿为,周连绪,等.采用拉索模数伸缩缝的斜交桥地震易损性分析[J].同济大学学报:自然科学版, 2021, 49(6):9.
- [10]宋述评.道路桥梁工程中的伸缩缝施工技术分析[J].黑龙江科学, 2021, 12(4):2.
- [11] Song P, Jiang S, Wang T, et al. Synthetic aperture ptychography: coded sensor translation for joint spatial-Fourier bandwidth expansion[J]. Photonics Research, 2022, 10(7):1624.
- [12]张勇,刘志,赵微微,等.浅谈铁路混凝土桥梁用聚氨酯弹性体梁端防水装置[J].聚氨酯工业, 2020, 35(6):4.