

关于路桥过渡段路基路面的结构设计

戴露

湖北省交通规划设计院股份有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9286

[摘要] 路桥过渡段是公路桥梁与路基的连接区域,受自身结构和外部条件的影响,容易产生沉降、裂缝等病害,影响行车安全和舒适性。文章针对某高速公路互通立交工程,分析了路桥过渡段的工程概况和结构设计要点,包括地基处理、台背填筑、搭板铺设、路面结构、路基填筑以及排水防护等方面,并从设计和施工的角度提出了注意事项。研究成果可为路桥过渡段的结构设计提供参考。

[关键词] 路桥过渡段;路基路面;结构设计;互通立交

Structural Design of Roadbed and Pavement in the Transition Section of Road and Bridge

Dai Lu

Hubei Provincial Transportation Planning and Design Institute Co., Ltd.

[Abstract] The transition section of a road bridge is the connection area between the highway bridge and the roadbed. Due to the influence of its own structure and external conditions, it is prone to settlement, cracks, and other diseases, which affect driving safety and comfort. The article analyzes the engineering overview and structural design points of the transition section of a highway interchange project, including foundation treatment, abutment filling, slab laying, pavement structure, roadbed filling, and drainage protection. It also proposes precautions from the perspectives of design and construction. The research results can provide a reference for the structural design of road bridge transition sections.

[Keywords] road and bridge transition section; Roadbed and pavement; Structural design; Interchange interchange

引言:

路桥过渡段是指桥头桥尾与公路路基之间的连接与过渡区域,一般定义为桥台台背以外至路基变形值与桥台竖向位移值相近的一段路基范围^[1]。由于桥梁和路基的受力特点和变形性质不同,过渡段往往承受着巨大的动静荷载作用,再加上地基条件差异、排水不良、温差效应等因素影响,极易产生桥头跳车、沉陷、开裂等病害,给行车安全和舒适性带来隐患。因此,如何进行合理的路桥过渡段路基路面的结构设计,减缓刚度和变形的突变,提高过渡段耐久性,是道路桥梁工程的重要课题。

1 工程概况

某高速公路互通立交工程全长约 1.5km,桥隧比高,线

型复杂,共有 10 余座高低跨径不等的桥梁和 3 座短隧道。其中,跨河特大桥主桥长 912m,最大桥高 23m。互通区地形起伏较大,高差 30~50m,地层岩性复杂多变。场地主要由残坡积碎石土、冲洪积砂砾石组成,局部为全风化凝灰岩。地下水埋深 1.5~3.5m,对基础工程有一定影响。该互通是周边区域的重要交通枢纽,通车初期主线日交通量可达 5.5 万辆,远期更高。桥面宽分离式 32m,匝道单幅宽 9m。桥面、路面横坡 2%。抗震设防烈度为Ⅶ度。路桥过渡段长度一般为 20~30m,路基多为高填方路堤,填料以砂砾石、风化岩为主。受地形、地质、交通等诸多因素制约,过渡段设计难度大。为满足路桥的平顺性、安全性和耐久性要求,设计中需统筹考虑地基加固、台背回填、搭板布置、路面铺装、排水防护

等各环节的施工方案, 强化软硬结合部的处理。

2 过渡段结构设计要点

2.1 地基处理

根据本工程的地质条件和荷载特点, 设计采用强夯法对路基地基进行加固处理。根据工程地质勘察, 互通区地层以残坡积碎石土、冲洪积砂砾石为主, 分布不均, 局部夹有全风化凝灰岩, 岩土体的密实度和强度整体偏低, 压缩性较大, 地基承载力普遍不足。且该互通作为重要枢纽, 通车后将承受大流量重载交通, 路桥过渡段尤其容易发生不均匀沉降。因此, 采用强夯法对浅层土进行加固, 可通过夯击能量的集中作用, 快速提高地基的密实度与抗剪强度, 控制工后沉降。强夯法通过反复夯击地基, 使土粒重新排列组合, 提高土体密实度和抗剪强度, 从而有效增大地基承载力, 控制路堤的不均匀沉降。一般每个夯点需要夯击 8~12 遍, 夯击能量应根据地质情况和地基要求确定。对桥头路基持力层以下的软弱地层, 采用二次高压旋喷注浆工艺进行固结加固。高压旋喷注浆可将水泥浆液钻入土层中形成水泥土桩, 改善软土层的物理力学性质, 提高桥头地基的整体稳定性。旋喷桩的桩径设计为 800mm, 桩间距 1.2m, 桩长 10~15m, 以控制桩身及桩间土体变形。在旋喷桩施工完成后, 需在桩顶设置连梁, 增强桩体协同工作能力。桩间土采用中粗砂回填并分层夯实, 进一步提高桥头地基的密实度和均匀性。此外, 在桥头路堤基底铺设一层 6% 的水泥粉煤灰固化土, 作为地基土的补强层。水泥粉煤灰固化土具有质轻、强度高、变形小等特点, 能显著改善地基土的工程性能, 降低含水率, 提高承载力。通过上述地基加固处理措施, 桥头地基承载力可提升至 300kPa 以上, 满足路桥过渡段的荷载和变形要求, 为后续路基路面结构的修筑奠定了坚实基础^[1]。

2.2 台背回填

本工程台背回填采用分级铺填的方式, 下级选用中粗砂, 上级选用级配良好的碎石。中粗砂透水性好, 可加快台背填土的固结排水速率, 减小湿陷性沉降。下级中粗砂层厚 1.0m, 分层夯填, 夯实后压实系数达到 0.67, 以获得较高的地基承载力。上级采用级配碎石作为台背填料, 粒径控制在 100mm 以内, 可显著提高台背的抗变形能力和抗冲刷能力。碎石层分层夯填至压实度 0.96 以上, 确保台背结构的强度和稳定性。考虑到台背位置排水不畅可能引发的病害问题, 设计时将台背顶面高程抬高至搭板底面以上 20~30cm, 并设置 2% 的横向坡度, 有利于台背积水的排除。同时, 在台背顶面铺设透水性材料, 如透水土工布等, 既能加快雨水下渗, 又能

阻止土粒流失, 防止台背发生管涌。为进一步提高台背填土的整体稳定性, 设计采用钢塑土工格栅对台背进行加筋处理。所选土工格栅的断面抗拉强度应不低于 75kN/m, 沿桥向铺设, 上下层搭接长度不小于 80cm, 并与台身可靠连接, 共同受力。土工格栅可有效限制填土的水平位移, 提高台背的抗滑稳定性, 减小桥头差异沉降。在桥台背后修筑挡土墙, 用以支挡台背填土, 减轻桥台的土压力。挡土墙基础应埋置于冲刷线以下 1.5m, 采用 M7.5 浆砌片石或 C30 混凝土浇筑, 保证挡墙基础的承载和抗滑能力。在墙体内设置泄水孔, 利于排出渗水, 降低土压力。挡土墙背后回填粉质黏土, 分层夯实, 压实系数不低于 0.94。通过台背分级回填、加筋补强及挡墙支护等措施, 能够最大限度地削减桥头不均匀沉降, 维护路桥过渡段的平顺性和安全性。

2.3 搭板设置

为实现桥头段刚度和强度的平缓过渡, 本工程搭板采用分段设置的方案: 靠近桥台的 5m 范围内采用现浇钢筋混凝土空心板, 厚度 30cm; 外侧 5m 范围内采用预制钢筋混凝土板, 厚度 20cm。搭板宽度与桥面一致, 纵向长度则根据过渡段实际情况确定为 10m。为增强搭板的整体性和稳定性, 搭板底部铺设 20cm 厚的 C15 素混凝土垫层, 并预埋 $\phi 100\text{mm}$ 的 PVC 排水管, 以利于搭板底部水分的排除。考虑到温度变化、车载荷载等因素的影响, 在搭板与桥台间设置 50mm 宽的沥青麻絮板, 起到隔离缓冲和应力调节的作用。搭板表面铺装 SBS 改性沥青防水层, 厚度 4mm, 与桥面、路面的防水层可靠搭接, 搭接宽度不小于 10cm, 形成桥头防水的连续整体。在伸缩缝处嵌入钢边橡胶止水带, 并采用聚氨酯密封胶进行封闭, 防止雨水和杂物进入影响搭板的耐久性。搭板与路面的纵坡应相互协调, 高差控制在 2cm 以内, 以保证行车的平顺性和舒适性^[2]。

2.4 路面结构

根据交通量 and 环境条件的不同, 本工程对主线桥面和互通匝道路面采用了不同的铺装结构形式。主线桥面铺装采用“双层 SMA+高模量沥青混合料”的组合式结构, 上面层为厚 4cm 的 SMA-13 细粒式改性沥青混凝土, 下面层为厚 6cm 的 Sup-20 高粘度改性沥青混凝土, 基层则采用厚度 8cm 的高模量沥青混合料。这种路面结构具有高强度、高刚度、抗车辙和抗疲劳开裂的特点, 能够适应重载交通的需求。互通匝道路面结构自上而下依次为: 4cm 厚的 AC-13C 细粒式沥青砼面层、6cm 厚的 AC-20C 中粒式沥青砼下面层、8cm 厚的 SUP-25 高模量沥青混合料基层、36cm 厚的水泥稳定碎石底基层以及 15cm

厚的级配碎石垫层。考虑到主线与匝道之间路面结构的显著差异,过渡段的路面结构设计尤为重要。为确保行车舒适性和路面使用寿命,应当加强过渡段设计,采用渐变式结构,逐步过渡各层材料和厚度。这种做法可以有效减少应力集中,提高路面整体性能,确保车辆在不同路段间平稳过渡。在设计中,应充分考虑交通荷载、气候条件等因素,合理确定过渡段长度和结构组成,以实现路面结构的最优化设计。

2.5 路基填筑

互通区路堤填筑选用优质粉质黏土,土料最大粒径控制在100mm以内,含水率宜低于15%。施工采用分层碾压法,每层土料松铺厚度30cm,碾压后厚度24cm,压实度应达到0.96以上,确保路堤的强度和稳定性。为防治不均匀沉降,本工程采取了一系列措施:对于易发生不均匀沉降的桥头路基,设计采用预压处理技术,将路基填筑至设计高程后,在路基顶面上载2m厚的预压土,静载预压6个月,待土体固结沉降基本稳定后卸载。预压期间,超填土应做成1:1.5坡率并采用草皮护坡,防止坡面冲刷。此外,桥头路堤坡率由1:1.5调整为1:1.75,增加稳定性;坡面喷射C25混凝土进行防护,提高抗侵蚀能力;坡顶设置1.5m宽的马道便于养护,同时有利于减少沉降差异。路肩坡率采用1:3,与路堤边坡顺接,形成自然平顺的过渡,进一步减少不均匀沉降的影响。这些综合措施的实施,将有效控制路基沉降,确保路面长期平整和行车舒适性。

2.6 排水防护

桥头设置全断面边沟,断面尺寸为0.6m×0.8m(宽×高)。桥头路堤每隔20m设一道横向盲沟,沟底宽0.5m,坡度2%,内铺聚乙烯双向土工格栅并回填级配碎石,上铺无纺布。盲沟末端与纵向排水边沟相接。路堤边坡坡脚设排水沟,采用现浇C30混凝土矩形边沟,断面尺寸0.4m×0.6m。搭板上设 $\phi 80\text{mm}$ 的PVC泄水管,间距2m,长度贯穿搭板及防水层。泄水管出口标高应低于搭板底面标高。搭板横缝、纵缝内应嵌填沥青麻絮胎,并灌缝密封胶封堵。桥头锥坡采用M7.5浆砌片石压顶,厚30cm,随桥台台身一起浇筑。锥坡范围和高度根据桥台结构及周边地形确定。桥台两侧设置挡土墙,采用M7.5片石或C30混凝土重力式结构,墙身厚度0.6~1.0m。挡土墙基础埋置于冲刷线以下,并在迎水面铺设透水土工布。台背填土区设置排水盲沟,沟内铺设复合土工布,回填碎石并与桥面泄水系统相连通。

3 结构设计过程中的注意事项

(1) 加强地质勘察,全面了解桥位区地质情况,获取可靠的水文、地质参数,并预测软基沉降规律,评估边坡稳定性,论证地基加固方案的可行性^[3]。

(2) 过渡段纵断面设计应在总体上实现平顺衔接,避免陡坡、急坡。搭板横坡应与桥面、路面横坡一致。伸缩缝宜采用适应变形能力强的桥梁专用型式。

(3) 路堤填料选择应考虑强度、变形、排水等多方面因素。宜选用强度高、压缩性小、透水或难透水的粗粒土、砂砾石料、石灰或水泥稳定土等。路堤填筑应采取分层碾压、控制含水率等措施。

(4) 桥头搭板是连接桥梁和路基的关键部位,搭板的长度应大于桥台顺桥向水平位移量。现浇搭板应在桥台位移基本稳定后再浇筑。若采用预制搭板,应控制好板间错台量。

(5) 台背填土应分层夯实,控制压实度和含水率。台背顶面宜高于搭板底面,并设置横坡,铺设透水材料引排积水。必要时对台背填土采取加筋等措施。

(6) 采用圬工砌筑挡土墙时,应做好基槽排水,砂浆应饱满,勾缝应密实,在墙身背面做好防水。现浇挡墙混凝土应分层浇筑,控制温度裂缝,墙身背面涂刷防水层。

(7) 注重排水设计,完善地面和地下排水系统,疏导地表水和地下水,减小水对路基的不利影响。搭板上应设泄水孔并铺筑防水层。背回填应有排水措施。桥头路段排水沟应与主线排水系统相连通。

结语:

综上所述,路桥过渡段的结构设计需统筹考虑路桥地质条件、填料性质、施工工艺等因素,合理选择地基加固方式、台背回填材料、搭板布置方案、路面结构类型等,并做好排水防护设计。应加强施工过程控制,严把材料、工艺、质量关。只有设计、施工、监理、养护等多方通力合作,系统优化,因地制宜,才能从根本上提高路桥过渡段的耐久性和使用性能,确保路桥安全畅通。

[参考文献]

- [1]李凯.路桥过渡段路基路面结构设计分析[J].四川水泥,2022,(09):257-258+261.
- [2]赵春吉.路桥过渡段路基路面的结构设计[J].黑龙江交通科技,2020,43(09):42-43.
- [3]梁文江.路桥过渡段路基路面的结构设计研究[J].交通世界,2019,(27):52-53.