工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

# 公路桥头过渡段差异沉降控制技术分析

赵坤
重庆交通建设（集团）有限责任公司

DOI：10.32629/ems.v8i10.22604

［摘　要］桥头过渡段连接刚度较大的桥梁结构与变形较明显的路基，运营后容易因沉降不协调出现桥头跳车。围绕这一病害，文章从结构刚度、台背填土、地基条件及水分变化四个方面分析差异沉降的形成过程，进一步讨论软弱地基加固、回填材料选择、分层压实、桥头搭板设置及排水防渗等技术措施。通过明确压实度、填层厚度、搭板尺寸等常用控制参数，结合差异沉降与干密度计算关系，说明桥头路基平顺过渡所需的质量控制环节。

［关键词］桥头过渡段；差异沉降；台背回填；软弱地基；桥头搭板

公路桥梁建设中，桥台通常由桩基础或其他承载能力较高的基础支承，台后路堤则主要依靠填土与地基共同承受车辆荷载。两者在材料性质、施工时间及变形速度上存在区别，路面虽然在交工时保持平整，使用一段时间后仍可能出现桥头下沉。软土较厚或台背空间不足时，沉降变化更易集中在桥头附近。要使路面纵向线形保持连续，需要先辨明沉降发生的位置及原因，再根据地基承载条件、填土高度和排水环境选择控制技术，不能仅以提高表层强度代替深部变形治理。

## 一、公路桥头过渡段差异沉降形成机理

1.桥台刚度突变引起的变形差异

桥台与台后路基的受力基础不同。桥台荷载可通过桩基传至较深的持力层，台后填土的自重及车辆荷载则沿路堤向地基扩散。在相同车辆作用下，桥梁端部位移通常较小，填土路基还会随压密过程继续下沉，因而两者交界处容易形成纵向折角。评价这一变化时，宜在相同观测基准及时间条件下分别记录桥台端部与邻近路基的竖向沉降，按式（1）求取差异沉降。观测期间两侧测点宜采用同一水准基点，尽量排除不同测量时段和施工扰动造成的误差：

$$\Delta s = |s_r - s_b| \quad (1)$$

式中，$\Delta s$为两测点沉降差的绝对值，单位为 mm；$s_r$为路基测点竖向沉降量，单位为 mm；$s_b$为桥台端测点竖向沉降量，单位为 mm。式（1）用于辨别变形差异，不能单独反映过渡段的行车平顺性，还需结合测点间距考察坡差。由于折角集中于搭板末端或桥台背后，车辆荷载反复作用时，该处面层更容易出现接缝破损及局部凹陷。若路基一侧沉降沿路线缓慢增加，行车感受并不明显；沉降差集中在短距离内时，即使绝对沉降量不大，也容易产生较强的车轮冲击。

2.台背填土压缩变形

桥台背后常有翼墙、承台及其他构造物限制压路机作业，局部回填区与一般路堤的压实条件并不相同。若较厚填层一次摊铺，压实能量难以传至层底，留下的孔隙会在自重和行车荷载作用下逐渐缩小。含细粒较多的填料遇水后结构容易发生变化，填土压缩还伴随湿化变形。台背施工通常晚于主体路堤，填筑完成至铺筑路面的间隔较短，部分沉降只能在通车后释放。填土高度增加时，土体自重应力相应增大；台阶结合部未处理密实时，上下填层会出现不同程度的局部压缩，沉陷范围也会沿纵向向一般路基扩展。压实后的填料受干湿循环影响仍继续压密。若台背与一般路堤交界处填料级配不同，相同碾压遍数也可能产生不同密实程度，后续车辆作用下容易沿施工接缝形成沉陷。

3.地基不均匀沉降

路基底部软弱土层是形成持续沉降的另一重要来源。饱和软黏土排水缓慢，填土荷载施加后，土骨架有效应力逐渐增加，深部软土仍继续压缩。桥台桩基穿越软弱层而台后路堤直接建于其上时，两侧沉降差更为明显。软土层厚度沿路线变化、地基处理深度不足或处理区边界突然终止，都会扩

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

大纵向变形梯度。交通荷载反复作用还会引起累积塑性变形，废旧轮胎加筋可在一定程度上限制土体侧向扩展，布设层数与筋材刚度则影响加固效果。加筋后的桥头路基抵抗沉降的能力有显著提高,且随着筋材模量的增大,效果更明显[1]。软基路段的沉降不能仅根据路床检测结果判断。高填方路堤还可能发生侧向位移，地表沉降应结合深层位移观测，防止漏判坡脚挤出。

4.水分作用下的路基变形

水分改变填料强度的同时也影响台背土体的压缩过程。桥面径流沿伸缩缝及搭板边缘进入回填区，边坡渗水则从路堤侧部补给，形成局部含水率偏高的软化带。级配不良或排水出口不畅时，水流在桥台背后滞留，车辆荷载使细颗粒迁移，接缝附近逐步出现松散空隙。对于冻融地区，水分积聚还会带来融沉；在地下水位较高的路段，长期浸水会削弱部分填料的支承能力。若上部路面已经封闭，表层病害往往滞后于内部含水状态变化，单纯补铺面层不能消除下部湿陷及冲刷条件，排水设施需要与回填结构同步考虑。尤其是搭板端部与桥台翼墙附近的接缝，表面较小的渗漏可能长期补给回填体，因此不能只检查路面是否积水。

**二、公路桥头过渡段差异沉降控制关键技术**

1.桥头软弱地基加固处理技术

桥头地基处理方案取决于软土层厚度、填土高度及可利用的施工时间。浅层软弱土可以开挖换填碎石土或级配砂砾，换填底面应达到稳定持力层，避免新的刚度突变。软土较深时，可考虑水泥搅拌桩、CFG 桩复合地基或排水固结处理。CFG 桩常用桩径约 0.4～0.6m，初步布桩间距可按 1.2～2.0m 比选，最终由荷载、桩土应力分担及沉降计算确定。处理区宜从桥台向一般路基合理延伸，桩长及桩距可结合沉降计算逐步调整。桩顶褥垫层保持连续，厚度可按 0.30～0.50m 比选，并复核桩顶应力集中。深厚软基采用 CFG 桩配合泡沫轻质土时，地基承载能力得到提高，填筑附加荷载也随之减小。在联合处治的模拟工况中，桥台近区沉降较小，曲线过渡平缓。这种刚柔协调的变形特性，显著改善了路桥过渡段的受力与变形状态，从而有效抑制了差异沉降的发展[2]。对已经回填、不宜大范围开挖的软弱区，可在查明土层空隙及地下水条件后考虑预埋柔性管分层注浆。注浆压力与单孔用量需通过试注调整。在压力注浆施工过程中，应派专人对注浆区域巡视、观察和记录[3]，出现窜浆或地面抬动时还应及时减压处置。

2.台背回填材料优化技术

回填材料决定台后路基的压缩性及排水条件，选料时应核对填高、浸水范围及机具条件。一般桥头可采用级配良好的碎石、砂砾等透水性填料，减少易软化细粒成分；浸水部位的粒料可按细粒含量小于 5%进行控制，并用现场筛分结果复核。粒径过大容易在狭窄区域形成架空，最大粒径应与填层厚度及机具能力匹配。软土地基上的高填方需要减轻附加荷载时，轻质材料具有应用空间。轻质泡沫土是一种现场制备的材料，由水泥、发泡剂、水混合而成[4]。其湿密度及强度由结构计算与试配确定，不宜沿用普通路堤参数；施工中按设计分层浇筑，达到规定强度后再铺设上部结构。粉煤灰基泡沫轻质土可作为材料比选方案，其变形效果还应考虑具体地基条件[5]。材料进场后需核查成型强度及离析、泌水情况，层间质量应逐层检验。

3.台背填土分层压实技术

填土压实的关键是让桥台邻近区与一般路堤获得接近的密实状态。施工前先清除基底松土及积水，并将已填路堤端部挖成向内倾斜的台阶，使新旧填层形成稳定衔接。压实层厚须通过试验段确定，桥台近侧使用小型夯实设备时，松铺厚度通常宜控制在 15～20cm；可进入压路机的外侧区域，采用 20～30cm 松铺厚度进行试压，再按检测结果调整。大型机械与桥台之间应预留安全距离，台背角部改用小型振动夯逐层补压，不能用增加表面碾压遍数弥补下层漏压。压实度是评价填料密实状况的基本指标，按现场干密度与室内最大干密度之比计算，见式（2）：

$$K = \frac{\rho_d}{\rho_{d,max}} \times 100\% \quad (2)$$


Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

式中，$K$为压实度，单位为%；$\rho_d$为现场干密度，单位为 g/cm³；$\rho_{d,max}$为相同材料经相应击实试验确定的最大干密度，单位为 g/cm³。对桥头过渡段常用粒料填筑，$K$通常不低于 96%；该指标需在每一压实层检测，不能以某层的合格结果代替整个断面。桥台两侧的检测点应覆盖近墙薄弱区，测点位置不能全部集中在大型压路机容易到达的外侧位置。填料发生明显变化后应重新开展击实试验，避免沿用原最大干密度使检测结果失真。靠近桥台处还应核查实际压实厚度及轮迹覆盖情况，发现低值点应返工补压，复检合格后再铺上一层。

4.桥头搭板结构优化技术

地基与回填质量得到控制后，桥台及路基仍会发生少量残余变形，桥头搭板可分散局部位移差。搭板长度需根据台后填土高度、预计工后沉降及路面纵坡确定，通常不宜短于 5m；桥台高度达到 5m 及以上时，可按不短于 8m 布置。搭板厚度不宜小于 0.25m,长度达到 6m 及以上时不宜小于 0.30m，具体仍需复核弯矩、挠度与端部支承。搭板宽度应覆盖行车道，横向边缘与路面结构平顺衔接。桥台一端可利用牛腿支承，路基一端须夯实支承面，必要时布置枕梁，防止板端脱空。搭板尺寸过大回使末端弯矩集中，故长度、厚度需协调比选。搭板厚度和长度存在最优尺寸，当搭板长度为 10m时，最佳厚度为 0.35~0.45m,当搭板厚度为 0.35m时,最佳长度为 8m[6]。深埋搭板及合理连接有助于改善受力。施工时还需控制板底平整度、接缝填料及混凝土养护，避免过早开放交通导致端部开裂。

5.过渡段排水防渗技术

桥头过渡段的排水需要兼顾路表入渗与路基内部渗流。桥面与路基连接位置应保证纵横坡连续，伸缩缝周围不得留下积水凹槽；搭板接缝采用具有变形适应性的密封材料，施工后检查是否存在贯通缝隙。台背填料为透水性较好的砂砾时，可在适当位置布置反滤层和纵向渗沟，将渗水引至边沟或其他可靠排水出口，出口标高应低于集水部位，避免形成倒坡。反滤材料既要保证透水，也要限制相邻细粒土迁移，不能用单一粗碎石直接包裹细粒土。桥台附近若设横向排水管，管口应具备防堵措施，并保证检修通道畅通。施工阶段的临时截水沟需先于台背填筑完成，雨后应检查坡面冲刷及基底积水;入冬前还应复查有冻融风险地段的沟底淤塞情况。排水系统验收不宜只检查外观，应沿实际汇水方向进行通水检查，确认边沟、渗沟与出口之间没有阻断。路肩附近可留检查口，便于运营期清理渗沟淤堵。检查口宜布置在容易集水的部位附近，检修时还需核对出水口是否被淤泥覆盖，防止排水路径局部失效。

**结语**

桥头过渡段差异沉降由结构刚度差异、填土压缩、地基固结及水分变化共同作用形成，病害位置可能随填土高度与软土分布发生变化。控制工作应从地基条件出发，先减小可能发生的深部沉降，再利用适宜填料及分层压实限制台背变形，搭板与排水设施则承担平顺衔接和长期防护作用。施工中既要核实过渡段压实度控制要求，也要结合现场试验确定填层厚度、桩间距及搭板尺寸。桥台邻近区的沉降记录还能用于识别局部变形，为后续养护提供依据。

**[参考文献]**

[1]王凤池,范戎,马鸣远.废弃橡胶轮胎在路桥过渡段沉降影响因素研究[J].广西大学学报(自然科学版),2024,49(5):954-963.

[2]阮国华.泡沫轻质土联合 CFG 桩处治桥头软基技术[J].福建交通科技,2025(12):52-57.

[3]牛倩,侯佳琪,朱颖杰.预埋柔性管压力注浆技术在桥涵台背路基工程中的应用[J].山东交通科技,2025(4):10-12,23.

[4]植家斌.软土路基过渡段轻质土回填的应用及变形研究[J].公路与汽运,2024,40(6):66-70.

[5]陈朋,陈俊玮,牛立可,等.粉煤灰基泡沫轻质土桥头台背填筑变形特征研究[J].公路与汽运,2025,41(1):46-49.

[6]肖凯,崔伟,黄伟,等.高速公路路-桥过渡段桥头搭板受力研究[J].山东建筑大学学报,2024,39(4):66-72.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.