

公路桥梁沉降段不良地基处理方法研究

刘焕兴

(大城县交通运输局公路管理站,河北省廊坊市,065900)

摘要 道路桥梁沉降段不良地基处理是保障路桥衔接平顺、避免“跳车”等病害的关键手段。本文对公路桥梁沉降段不良地基常见的排水固结法、灰土垫层法、强夯法和复合地基法进行了总结和分析。实践应用结果表明,每种处理方式各有优势,应用的地质条件也有所不同,在实际应用过程中,需要根据项目的实际情况,选择合理的地基处理方法,有效减少竣工后早期病害的出现。

关键词 公路桥梁;沉降段;地基;处理方法

中图分类号:U416.1 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)04-0066-02

道路桥梁作为国家综合立体交通网的核心骨架,建设质量直接关系到交通运输安全与效率。然而,路桥衔接区域的沉降段因地基条件差异、荷载分布不均及填筑工艺的复杂性,常成为工程病害的“高发区”,不仅严重影响行车舒适性与安全性,更会加速桥台、路面结构的疲劳损伤,缩短工程使用寿命^[1-2]。传统单一的地基处理或填筑工艺已难以满足高等级路桥工程的需求。因此,对公路桥梁沉降段地基处理方法及应用进行总结和分析具有重要的意义。

1 排水固结法

排水固结法是针对饱和软黏土、淤泥质土等渗透性差、压缩性高的软土地基,通过改善排水条件加速土体固结,从而有效减少工后沉降的一类地基处理技术。其核心原理是利用人工设置的排水通道,缩短土体中孔隙水的排出路径,使附加应力作用下产生的超静孔隙水压力快速消散,有效应力逐步增加,促使土体颗粒重新排列、压缩密实,最终达到提高地基承载力、控制沉降的目的。

排水固结法通常需配合堆载预压或真空预压来实施。堆载预压通过在地基表面堆放砂石、土料或其他重物,施加超过设计使用荷载的附加应力;

真空预压则通过在砂垫层中埋设抽真空管,利用负压加速孔隙水排出。排水系统一般由厚30~50cm的砂垫层和砂井或塑料排水板组成,砂井可采用直径30~50cm,间距2~4m的普通砂井或直径7~10cm,间距1.0~1.5m的袋装砂井;塑料排水板则以PVC或HDPE为材料,具有抗剪性强、不易淤堵的优势,打设深度需穿透软弱土层至持力层5~20m。

施工中需严格控制排水板打设垂直度(偏差 $\leq 1.5\%$)、砂井密实度(灌砂率 $\geq 95\%$),并根据土层性质通过沉降监测动态调整预压期,通常为3~12个月,直至日沉降速率小于1mm/d且连续7天无显著变化,方可卸除预压荷载。该技术因操作相对简便、成本适中,应用广泛,尤其对厚度10~20m的中厚软土效果显著,但对厚度大于20cm的超厚软土常需结合水泥搅拌桩、CFG桩等复合地基进一步加固。

2 灰土垫层法

灰土垫层法是一种以石灰与黏性土按一定比例混合,经分层压实形成的地基处理结构层,广泛应用于湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土等不良地基的浅层加固方法,是传统且经济的地基处理技术之一。其核心原理是利用石灰的胶结与离子交换作用,改善土体的物理力学性能,生石灰(CaO)遇水消解生成氢氧化钙(Ca(OH)₂),通过吸收土中水分并释放热量,促使土颗粒表面的硅铝质成分发生火山灰反应,形成稳定的胶结物质^[3];同时,石灰的强碱性环境可降低土的亲水性,减少毛细水上升,有效抑制湿陷性黄土的遇水沉陷特性。

施工中需严格控制关键参数。灰土配比需通

作者简介:刘焕兴(1981~),男,河北大城人,大专在读,助理工程师,研究方向:路桥施工及养护。

过试验确定最佳比例;土料宜选用塑性指数12~20的黏性土,避免使用有机质含量大于8%或硫酸盐含量大于0.8%的劣质土;拌合需均匀,石灰与土充分融合,无素土夹层;含水量控制在最优含水量 $\pm 2\%$,以保障压实效果;分层厚度一般为15~25cm,机械压实小于25cm,人工夯实小于20cm,压实度需大于95%,可通过环刀法或灌砂法检测;垫层厚度通常0.5~1.5m,顶部可设置1%~2%横坡以利排水。

灰土垫层的优势在于材料易得。石灰与土均为本地资源、成本低廉、施工简便,且固化后强度可达1.5~3.0MPa,水稳性显著提升。但其加固深度有限,仅能处理浅层地基,对深层软土或高压缩性土需结合排水固结法或复合地基使用;此外,灰土早期强度增长需7~14d养生,施工后需避免过早堆载。通过合理设计与施工,灰土垫层可有效提高地基承载力,减少工后沉降。

3 强夯法

强夯法是一种利用重锤自由下落产生的巨大冲击能与振动效应,强制加固地基土的动力固结技术,广泛应用于碎石土、砂土、粉土、湿陷性黄土及人工填土地基的加固处理。其核心原理是通过重锤从6~30m高度自由下落到地基表面,瞬间释放的冲击能使土体产生强烈的压缩、剪切与振动,促使孔隙压缩、颗粒重新排列,同时加速孔隙水排出,实现“动力密实”“动力固结”与“动力置换”的多重加固效果,对非饱和土主要通过颗粒挤密提高承载力;对湿陷性黄土则消除湿陷性;对松散填土可减少后期沉降。

施工中需严格控制关键参数,夯点按正方形或梅花形布置,间距一般为锤径的2~3倍;夯击次数依设计要求确定,通常3~10击,以最后两击平均沉降量小于5cm为停锤标准;对黏性土等渗透性差的土层,需设置1~4周间歇时间待孔隙水压力消散后再补夯,避免“橡皮土”现象。此外,施工前需清除地表耕植土、杂物,夯击过程同步监测夯沉量与周边地表变形,确保安全与加固质量。

强夯法具有设备简单、施工速度快、成本低等优势,对厚度10~20m的填土、湿陷性黄土效果显著,但对淤泥等高灵敏度软土需谨慎采用,避免土体结

构破坏。通过合理设计夯击能力、间距与遍数,可有效将地基承载力从50~100kPa提升至200~300kPa,工后沉降控制在30cm以内,是性价比突出的地基加固技术。

4 复合地基法

复合地基法通过设置桩体、垫层等增强体,与土体形成“桩-土-垫层”共同承载体系,显著提高承载力、控制沉降。其核心是利用桩体强度与土体侧向约束,通过桩侧摩阻力、桩端阻力及土体应力扩散实现荷载分担。按增强体类型,主要包括水泥粉煤灰碎石桩(CFG)、水泥搅拌桩、砂石桩等。CFG桩采用长螺旋钻孔、管内泵压成桩,桩体由水泥、粉煤灰、碎石构成,强度C15~C30,兼具端承与摩阻作用,适用于中粗砂、粉土、黏性土等。水泥搅拌桩通过深层搅拌机将水泥浆与原位土强制搅拌,形成水泥土桩体,适用于淤泥质土、粉土等软土地基,可消除湿陷性、提高抗剪性能。

施工中需严格控制桩长(穿透软弱层5~20m)、桩径(CFG桩400~600mm,搅拌桩500~800mm)及桩间距(桩径3~5倍),确保桩土荷载合理分配。通过低应变检测、静载试验及复合地基载荷试验验证承载力。该法兼具桩体高效承载与土体经济利用优势,在软土、湿陷性黄土等不良地质中较传统方法显著减少沉降,是地基加固主流技术。

5 结语

综上所述,道路桥梁沉降段路基施工需遵循“地基先行、填筑从严、结构优化、监测闭环”的原则,通过针对性的地基处理、严格的填筑控制、合理的过渡段结构设计及全周期沉降监测,有效控制差异沉降,确保路桥衔接平顺、运营安全。

参考文献

- [1] 游洪臣.公路桥梁工程软土地基加固施工技术的研究与应用[J].工程机械与维修,2025,(04):95-97.
- [2] 黎鼎康.公路桥梁软土地基加固技术分析与应用[J].交通科技与管理,2025,6(05):88-90.
- [3] 杨可,张天宇.灰土垫层换填在施工中的应用[J].广东建材,2023,39(06):81-83.
- [4] 田晓亮.公路软基粉喷桩复合地基处治效果分析[J].北方交通,2025,(05):31-34.