

市政道路路基压实施工关键技术及影响因素分析

纪杰城 何炜森 苏丹萍

晋江艺森建筑工程有限公司 福建 泉州 362200

【摘要】：路基压实是市政道路工程的核心工序，压实质量直接决定路基强度与长期沉降稳定性，是路面结构安全服役的基础保障。福州地处闽江冲淤积平原，广泛分布高含水率、高压缩性淤泥质软土层，路基压实施工易出现弹簧土、压实度不足、工后沉降过大等问题。本文结合福州仓山区某市政次干路工程实践，系统分析土质属性、含水率、碾压工艺、环境条件四大类核心影响因素，从填料改良、分层碾压、特殊部位补强、质量检测四个维度总结适配软土地区的路基压实关键技术，并通过现场试验验证效果。结果表明，石灰改良土结合分层梯度碾压方案可将路基压实度合格率提升至98%以上，工后沉降控制在规范允许范围内，可为福州及同类沿海软土地区路基施工提供参考。

【关键词】：市政道路；路基压实；影响因素；软土地基；施工技术

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.066

引言

随着福州城市更新以及三江口、滨海新城等片区的开发加快，市政道路建设规模也越来越大。路基是道路结构的承重层，压实质量好坏直接影响到路面平整度、耐久性以及抗沉降能力。工程实践证明，约60%的路面早期损坏是由于路基压实不合格，压实不足会造成路面开裂、不均匀沉降、井周塌陷等病害，大幅缩短道路使用寿命。

福州地处闽江下游冲积平原，城区普遍存在厚度为3-10m的淤泥质软土层，土体天然含水率高达45%到65%，承载能力只有60到80kPa，路基填筑容易出现弹簧土、压实度不够等现象，再加上雨季长、台风暴雨频繁，地下水位偏高，压实控制更难。传统的通用压实工艺不能适应福州特殊的地质条件，容易造成返工和质量隐患。因此，根据地域特点分析路基压实影响因素，总结出适合福州市政道路建设的技术要点，对提高福州市政道路建设品质有重要的工程意义^[1]。

1 路基压实施工的核心影响因素分析

路基压实效果受土体自身性质、施工工艺参数、外部环境条件三类因素的影响，结合福州软土广布、多雨高湿的地域特点，各因素的控制重点不同。

1.1 土体自身属性因素

土的种类和级配是影响压实效果的内在原因。砂性土透水性强，振动压实效率高但是黏聚力弱；黏性土颗粒细密，压实后整体性和水稳性好，但是对含水率变化非常敏感。福州地区普遍存在淤泥质软土，孔隙比大、有机质含量高，天然含水率远大于最佳值，直接碾压容易产生弹簧土，严禁直接用于填筑，施工时应优先选用级配良好的碎石土、砂砾土，从源头上降低管控难度^[2]。

含水率是决定压实效果的主要因素。最佳含水率时土颗粒的摩擦力和黏聚力达到最优化，同样的碾压功可以获得最大的干密度；含水率太低干密度提高缓慢，含水率过高会抵消压实功，容易出现翻浆、弹簧病害。福州地下水位偏高，雨季填料含水率常常超过最佳值的20%以上，是压实质量波动的主要原因^[3]。

下卧软基强度属于福州独有的影响因素。未加固的软土层在碾压过程中会产生剪切变形，抵消上部碾压所做功，造成表层达标而底层沉降的现象，通车后工后沉降很容易超标。因此软土路段必须先进行地基预处理并验收合格后才能进行上层路基填筑。

1.2 施工工艺参数因素

松铺厚度影响到碾压能量的传递深度和均匀程度。常规重型振动压路机有效压实深度为25~30cm，松铺过厚会造成底部压实不足形成薄弱层，松铺过薄会降低施工效率，市政道路一般将松铺厚度控制在30cm以内，福州软基路段还要进一步从严控制^[4]。

碾压设备和作业参数都会影响压实效果。振动压路机的压实效率远大于静压设备，但是软土路段强振容易引起土体液化，从而降低地基强度。碾压遍数有边际效应，4~5遍后密实度提高趋于平缓，碾压过大会破坏土体结构；碾压行驶速度应控制在2~4km/h，施工时应按“先轻后重、先静后振、先慢后快”的顺序进行。

1.3 外部环境条件因素

福州属于亚热带海洋性季风气候，年降水量超过1300mm，雨季长达5个月，降雨会使填料含水率迅速升高，产生弹簧、翻浆病害；已压实路基在雨水浸泡之后强度会明显下降。城区

地下水位普遍偏高，路基底部长期受水浸泡，土体有效应力降低，实际压实度不足，容易造成后期沉降。施工应设置完善的临时排水系统，工期尽量避开雨天施工，降雨后复测填料含水率，达标后方可继续施工。

2 路基压实施工关键技术

根据福州软土广布、多雨高湿的特点，从填料改良、分层碾压、特殊部位补强、动态检测四个方面建立压实技术体系，保证路基压实质量。

2.1 填料改良与含水率调控技术

采用物理和化学改良相结合的方法改善填料性能。含水率略超标的素土用翻松晾晒法降低含水率，摊铺厚度控制在 20cm 以内，检测接近最佳含水率后立即碾压。雨季晾晒效率低时，掺入 5%~8% 生石灰粉进行改良，石灰水化吸收水分，同时产生胶凝物质提高土体强度，改良后闷料 24h 以上再摊铺碾压，可使最佳含水率提高 3~5 个百分点，大大降低压实难度。优先采用级配良好的碎石土、砂砾作填料，不得使用淤泥、腐殖土，不同性质的填料分层填筑，防止混填不均^[5]。

2.2 分层梯度碾压施工技术

严格按分层填筑、分层碾压、分层检测的原则进行施工。20t 以上的重型振动压路机松铺厚度不大于 30cm，每层设置高程控制点，挂线施工保证厚度均匀。采用先静压、后振压、再静压收面的三段式流程，初压静压 1 遍稳压，速度 2~3km/h；复振动压 3~4 遍，速度 3~4km/h，是压实度提高的关键工序；终压静压收面 1~2 遍，消除轮迹。碾压由路边向路中进行，轮迹重叠 1/3 轮宽，保证不漏压、不过压。软基路段初始两层采用弱振或者静压，随着填筑层数的增加逐渐增大振动强度，防止软土液化隆起。

2.3 特殊部位压实补强技术

台背、检查井周围、管线沟槽为压实薄弱处，应做专项补强。台背用级配碎石或者石灰改良土分层填筑，松铺厚度不大于 20cm，小型振动夯配合冲击夯补强，衔接处开挖 1m 宽台阶搭接，消除差异沉降。检查井周围 1.5m 范围内用 5% 水泥稳定碎石回填，管顶 50cm 内人工配合小型机具夯实，严禁重型机械直接碾压，防止管线破损和井体偏移。

2.4 压实质量动态检测技术

采用分层验收和过程控制相结合的方式进行双控。用灌砂法作为压实度主检方法，每层碾压完成后按规范频率抽检，合格后方可填筑上一层。采用配合落锤式弯沉仪进行整体承载力快速检测。在软基路面上设沉降板、位移桩等沉降观测点，沉降板、位移桩处设位移传感器，随时观测沉降量及侧向位移，

保证路基稳定。

3 工程案例应用分析

3.1 项目概况

以福州仓山区某市政次干路工程为依托，道路全长 1.8km，红线宽度 30m，双向四车道，路床压实度设计标准≥93%（重型击实）。项目场地为闽江冲积地貌，表层下有 4~6m 厚的淤泥质软土层，天然含水率 48%~58%，地基承载力小于 70kPa。路基填料为本地黏土，天然含水率 25%~28%，远大于最佳含水率 18%~20%。

项目初期用常规素土碾压工艺，首段试验段压实度合格率只有 78%，多处出现弹簧翻浆。项目部优化方案，用石灰改良填料加分层梯度碾压的方法，经过试验段的确定后，使压实质量达到全面达标。

3.2 试验段参数优化

选取 200m 典型路段开展对比试验，验证素土碾压与 6% 石灰改良土在不同碾压遍数下的效果，结果如表 1 所示。

表 1 不同施工方案压实效果对比

施工方案	碾压组合（静压+振压+静压）	平均压实度	点位合格率	现场外观情况
素土直接碾压	1+3+1	91.2%	72%	多处弹簧、轮迹深
素土直接碾压	1+5+1	92.8%	78%	局部弹簧、沉降偏大
6%石灰改良土	1+2+1	94.1%	89%	表面平整、无弹簧
6%石灰改良土	1+3+1	96.3%	100%	表面平整、轮迹轻微
6%石灰改良土	1+4+1	96.7%	100%	表面平整、无明显轮迹

表明，素土碾压即使增加遍数也难以达标，且易出现弹簧病害；6%石灰改良后，“1 遍静压+3 遍振压+1 遍静压”即可实现压实度 96%以上、合格率 100%，继续增加遍数提升有限。最终全线采用该参数组合，同步对下卧软基采用水泥搅拌桩预处理，待承载力达标后再填筑路基。

3.3 应用效果

经过上述路基压实关键技术的项目中全部实施以后,路基实体质量及施工效率都有了明显的改善。全线布置压实度抽检点位326个,检测结果表明路基平均压实度达到96.1%,点位合格率为98.8%,施工全过程没有出现弹簧土、翻浆等软土地区典型路基病害,路基整体承载能力和均匀性完全满足设计要求。

路基竣工后进行了6个月的工后沉降连续观测,得到路基累计最大沉降量为22mm,断面不均匀沉降差小于8mm,两项指标都远小于规范限值,从根本上杜绝了后期路面沉降开裂、井周跳车等常见的质量病害。同时填料改良和标准化碾压工艺大大减少了返工次数,施工效率比优化前提高了25%,累计减少返工处理成本约18万元,质量可靠性和经济合理性得到统一,取得了较好的工程综合效益。

4 结论

路基压实施工属于市政道路工程质量控制的重要环节,它同道路结构的承载能力、抗沉降情况以及长期使用时间有着直接联系,是保证路面结构安全稳定运转的基本条件。压实质量受土质性质、含水率、施工工艺、环境条件等因素的共同作用而产生,不同地质气候条件下压实机理和管控难点存在较大差异,不能依靠一个通用的施工工艺来适应所有的工程场合,必须根据地域工程特点来制定有针对性的技术管控方案。

福州闽江冲积平原软土分布广、土体天然含水率高、雨季和台风天气频繁,常规通用施工工艺很难达到预期的压实效果,在施工过程中容易出现弹簧土、压实度不够、工后沉降过大等常见质量通病。因此要冲破常规工艺的束缚,创建契合软土地区特点的专项路基压实技术体系,用石灰填料改良改善土体压实性能,从源头解决高含水率填料压实难的问题,采用分层梯度碾压保证全深度压实均匀,避免分层压实不均造成的薄弱层隐患,针对台背、井周等特殊部位采取专项补强措施消除质量短板,削减差异沉降风险,借助动态检测全程把控压实进程,达成质量隐患早发觉、早处置,从根子上化解软土地区路基施工的关键质量痛点。

工程实践证明,石灰改良土配合分层梯度碾压技术方案可以很好地解决福州地区路基压实难、沉降控制难的问题。项目实施之后,路基压实度合格率和工后沉降控制效果均满足甚至超过规范要求,实体质量稳定可靠,施工返工损耗小,质量可靠、经济合理,有较好的区域工程推广价值。

后续可以继续对智能压实技术在福州软土地区应用进行深入的研究,利用物联网、大数据等数字化手段来实现碾压过程参数的实时监控、压实质量的动态反馈和施工参数的自适应调整,不断改善路基施工的智能化控制水平和质量稳定性,给沿海软土地区市政基础设施高质量建设提供有力的技术支持和实践借鉴。

参考文献:

- [1] 施玉珍.市政道路路基压实质量控制施工技术研究[C]//中国国土经济学会.2026中国国土经济学会会议—智慧城市建设与创新 发展论坛论文集.[出版者不详],2025:70-73.
- [2] 赵志明.市政道路施工中路基路面压实技术探讨[J].新发现,2025,(20):82-84.
- [3] 王蒙.市政道路关键施工技术分析及质量检测评价[J].北方建筑,2025,10(2):91-95.
- [4] 祝君.市政道路施工中路基路面压实技术[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集 (一).[出版者不详],2025:1025-1028.
- [5] 陈缘缘.市政道路施工中的路基路面压实技术研究[J].工程技术研究,2024,9(17):55-57.