

浅谈市政道路路基填筑质量控制

罗明军

中国水利水电第五工程局有限公司 四川 成都 610200

摘要：随着国家经济建设的持续推进，城镇化进程不断加快，市政道路作为城市基础设施的核心组成部分，其建设质量直接关系到城市交通运行效率与市民出行安全。路基作为市政道路工程的承载基础，其压实度是衡量路基质量的关键指标。若压实度不满足设计要求，后期道路易因路基不均匀沉降产生反射裂缝，进而引发路面破损、平整度下降等问题，严重影响道路使用寿命与通行体验。本文以信臣南一路市政道路跨铁路桥两端引坡路基填筑工程为实际案例，聚焦粉砂土这一特殊填筑材料，深入分析粉砂土路基填筑过程中存在的工程特性难题，系统阐述施工全流程中保证路基填筑压实度的技术措施，并总结粉砂土路基压实度控制的核心要点，为同类粉砂土地区市政道路路基施工提供可借鉴的实践经验与技术参考。

关键词：粉砂土；路基填筑；压实度；措施

1 工程概况

信臣南一路道路工程位于南阳市城区，是连接区域核心商圈与交通枢纽的重要市政道路，工程建设对完善城市路网结构、提升区域交通通行能力具有重要意义。该道路设计全长2.3km，道路等级为城市次干路，设计行车速度40km/h，设计荷载等级为城市-A级，其中路基土方填筑量约5万立方米，是整个道路工程的关键施工环节。

1.1 工程地质条件

为科学制定路基填筑方案，项目前期通过现场地质调绘、钻孔勘探等手段，对拟建道路范围内的地层分布进行了详细勘察。勘察结果显示，沿线地层主要由第四系松散堆积层构成，自上而下依次为：

- 第四系全新统人工堆积层（Q4me）：主要分布于道路起点段，由填筑土、杂填土组成，土质成分复杂，含建筑垃圾、生活垃圾及植物根茎，工程性质较差，不宜直接作为路基填料，需进行换填处理^[1]。

- 第四系全新统湖积层（Q4l）：分布于道路中段低洼区域，为淤泥层，呈灰黑色，具有高含水量、高压缩性、高强度的特点，承载力极低，若直接作为路基持力层，易导致路基后期沉降，需采用抛石挤淤或水泥搅拌桩进行加固处理。

- 第四系全新统风积层（Q4eol）：为本次路基填筑的主要候选材料，广泛分布于道路沿线，岩性为粉砂，颗粒组成以粉粒（粒径0.005-0.075mm）为主，含量占比70%-80%，粘粒（粒径<0.005mm）含量不足5%，土质均匀，级配较差。

- 第四系全新统冲积层（Q4al）：分布于道路终点段

靠近河流区域，由粉土、粉质黏土、细砂组成，其中粉质黏土可作为路基下路床填料，但分布范围较窄，储量有限。

1.2 填料选择的技术经济性分析

路基填料的选择需兼顾技术可行性与经济合理性，项目团队针对“就地取材”与“外购填料”两种方案进行了对比分析。综合考虑工程成本、工期要求及地质条件，最终确定采用“就地取材+技术优化”的方案，以风积粉砂土作为主要路基填料，并针对其工程特性制定专项压实度控制措施。

2 设计对路基填筑材料的要求

根据信臣南一路路基工程设计图纸对填筑材料要求：路基（床）填料不得使用淤泥、沼泽土、泥炭土、冻土、有机土、膨胀土以及含生活垃圾的土。对液限大于50%、塑性指数大于26的土，未经处理不得用作路基填料。路基重型压实度指标为：上路床 $\geq 94\%$ ，下路床 $\geq 94\%$ ，质量验收标准符合设计图纸及《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1-2008）等相关要求^[2]。

3 粉砂土路基填筑相关检测

3.1 界限含水率检测

从现场取3组具有代表性的粉砂土样进行界限含水率检测，检测方法为液限和塑限联合测定法，检测结果如下图：

由上述测试可知液限 $w_L = 31.5\%$ ；塑限 $w_P = 15.1\%$ ；塑性指数 $IP = w_L - w_P = 31.5\% - 15.1\% = 16.4$ ，该土样为黏性粉砂土（黏土质砂）。其液限（31.5%）小于50%，塑性指数（16.4）小于26，满足设计对路基填料的性能要求，可用于路基填筑，但需注意其粘粒含量低、水稳定性。

差的特性，在施工中加强含水率控制。

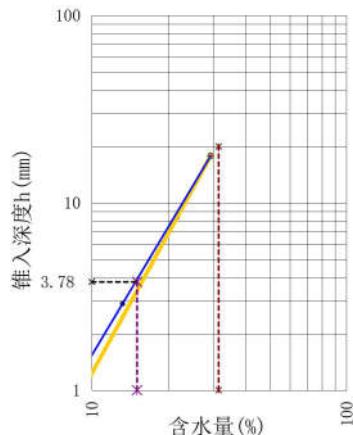


图1 锥入深度与含水率($h-w$)关系图

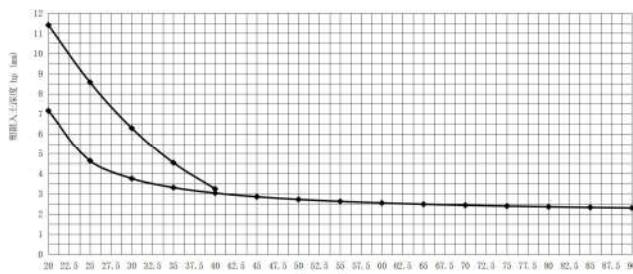
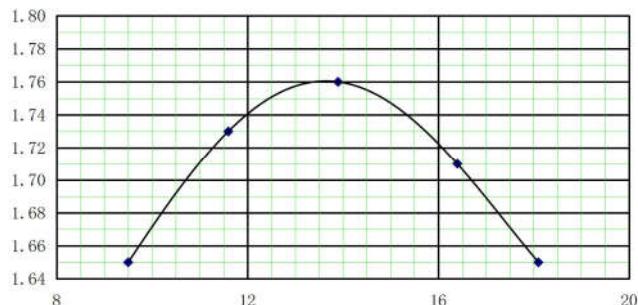


图2 塑限入土深度与液限关系图

3.2 击实试验

击实试验是确定土的最大干密度和最优含水率的核心试验，其结果是评价路基压实度的重要依据，从现场取具有代表性土样进行击实试验，通过试验确定土样的最大干密度和最优含水量。所测含水量-干密度曲线如图所示。



通过“含水量-干密度关系曲线”可知，曲线峰值对应的含水量为最优含水量为13.9%，对应的干密度为最大干密度 $1.76 g/cm^3$ 。这一结果表明，当粉砂土的含水量控制在13.9%左右时，土颗粒之间的孔隙最小，压实效果最佳，可达到最大干密度；若含水量低于或高于最优含水量，土的干密度都会下降。在后续路基填筑施工中，需将粉砂土的现场含水率控制在最优含水率 $\pm 2\%$ （即11.9%-15.9%）范围内，确保压实度满足设计要求^[3]。

4 粉砂土路基填筑压实度控制

粉砂土的工程特性决定了其压实难度远大于普通黏性土或砂砾土，需从碾压特性分析、含水率控制、现场检测验证等方面入手，制定针对性的压实度控制措施。

4.1 粉砂土填筑路基碾压特性

粉砂土粉粒含量高，粒径比较均匀，粘土颗粒含量极少，塑性指数低，毛细管发育，水稳定性差，常规的压实方法和工艺难以压实。

4.2 含水率对压实度的影响

含水率是影响压实度的重要因素，对于粉砂土来说，含水率对其影响尤为重要。粉砂土对水的敏感性强，保水性差，雨水容易形成流沙现象。含水率过低，容易出现表层扬尘，按照规范碾压后，土层表面会出现鳞片状，会导致路基表面强度不足，路基各层之间结合强度不足；含水率过高会发生翻浆，严重影响工程质量。由于粉砂土的上述不足，因此粉砂土的填筑施工难度较大，需要采取相应的措施保证路基填筑压实度。

4.3 现场压实度检测

为验证粉砂土路基填筑方案的可行性，确定最优碾压参数，在信臣南一路选择长度20m、宽度12m的路基作为试验段，进行现场压实度检测试验。根据设计要求及粉砂土特性，确定摊铺厚度为20cm（松铺厚度25cm，压实系数0.8），采用平地机进行精确摊铺，确保摊铺厚度均匀，表面平整。选用22t振动压路机（配备弱振、强振模式）和26t胶轮压路机联合压实。主要施工工序为放线、现场摊铺；控制厚度及含水量、碾压压实、压实度检测。

现场压实度检测方法选择罐砂法，检测点数为6个点，检测结果如下表：

编号	湿土质量 (g)	试坑体积 (cm^3)	含水率 (%)	干密度 (g/cm^3)	压实度 (%)
1	5860	3520	13.5	1.66	94.3
2	5920	3520	13.8	1.68	95.5
3	5880	3520	13.6	1.67	94.9
4	5950	3520	13.7	1.69	96.0
5	5850	3520	13.4	1.66	94.3
6	5870	3520	13.5	1.67	94.9

由上表可知，6个检测点的干密度均小于最大干密度 $1.76 g/cm^3$ ，压实度在94.3%-96.0%之间，平均压实度为95%，满足设计要求的“压实度 $\geq 94\%$ ”，且单点压实度均不低于设计值的94%，合格率100%，验证了该碾压参数的可行性，可作为后续大规模路基填筑的施工依据。

4.4 现场弯沉检测

弯沉值是反映路基承载能力的重要指标，若路基压实度不足，承载能力低，弯沉值会超过设计限值，后期易导致路面结构破坏。本次试验段采用“贝克曼梁法”

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
弯沉值 (0.01mm)	230	234	232	245	235	234	233	236	228	238	236	234	238	235	232	232

由上表结果可算出，弯沉平均值234.50 (0.01mm)，标准差3.86 (0.01mm)，弯沉代表值238.86 (0.01mm)，远小于设计限值301.0 (0.01mm) 的要求，表明试验段路基承载能力满足要求，进一步验证了压实度控制措施的有效性，压实度合格的路基，其承载能力也能达到设计标准^[4]。

5 粉砂土路基填筑施工质量控制

5.1 质量保证措施

(1) 放线：放出路基中心线，20m一个木桩；然后根据标高放出每层粉质砂土的边线。

(2) 摊铺厚度：粉砂土施工时要严格控制含水量，在最佳含水量条件下，压路机碾压次数达到规范要求时，即能保证压实度满足规范要求。碾压遍数过少或者过多都不可取，过少导致压实度不足，碾压遍数过多仍会导致粉砂土松散，压实度降低。根据设计要求摊铺厚度不超过30cm。

(3) 控制高程：粉砂土填筑过程中，施工单位应对每层摊铺高程进行测量，保证摊铺厚度满足要求，同时保证中线偏位满足规范要求。

(4) 粉砂土用量及车辆安排：根据摊铺段的长宽高计算填料的体积，确定填料的用量。根据每车的运量计算出车辆数，根据作业面确定每个断面的车辆数及车距。保证施工时安排合理有序，进而保证施工质量。

(5) 碾压方法：采用22t以上振动压路机稳压1遍，弱振碾压1遍，强振碾压1遍，胶轮(26t)碾压5遍。当填筑高度达到1m左右，再用冲击压路机进行冲击碾压15遍进行补压；碾压表层20cm需用光轮压路机进行再次补压。

(6) 平整度及含水量控制：摊铺首先进行粗平，并及时洒水，然后用机械进行精确修整。洒水过程中，应注意出水量必须得到控制，相应的设施应配套，洒水应该分层进行，禁止一次浇水过多，导致路基含水过多强度下降，每次洒水应均匀。当含水率满足要求时，应当采用合适规格的振动压路机由低到高，由外至内进行压实，同时注意错轮压实，当碾压痕迹较明显时应当采用压路机等进行压实。

5.2 压实度控制要点归纳

(1) 土层之间粘结不良：粉砂土的表面水分很容易

进行弯沉检测。

在试验段内均匀布置16个检测点，覆盖整个试验段宽度。弯沉值检测结果如下表：

散失，使得路基表层变得松散，在下一层施工之前如果不及时处理，会导致压实度不满足要求，难以保证施工质量。因此在施工之前，应当补洒一部分水，并进行补压。

(2) 水分不易排出：粉砂土由于渗水性和保水性都较强，导致粉砂土含水量大且有可能引发液化现象，因此应该做好防隔排水措施。

(3) 粉砂土干燥扬尘：粉砂土在干燥状态下容易产生扬尘，施工时应当注意及时洒水，避免对环境产生污染。

(4) 粉砂土匀质性：如果夹杂淤泥或者粘土等杂质，在压实过程中杂质会随着碾压的进行而移动，并且这一部分土保水性好，水分很难散发出去，碾压过程中很容易产生弹簧效应，因而压实度不能满足。

(5) 雨水冲刷：由于粉质土的特殊性，在受到雨水冲刷时，极易造成破坏，因而当路基坡度较陡或者高度较高时，应用性质良好的土包边，并及时排水，保证排水系统通畅。

6 结语

市政道路路基作为道路工程的承载基础，其质量直接决定了道路的使用寿命与通行安全性。粉砂土作为一种特殊的路基填料，因具有粉粒含量高、粘粒含量低、水稳定性差、压实敏感性强等特性，其填筑压实度控制一直是市政道路施工的技术难点。

实践表明，只要针对粉砂土的工程特性，制定科学的填筑方案，优化压实参数，加强全流程质量控制，就能有效解决粉砂土路基压实度不足的问题，确保路基质量满足设计要求。本文的研究成果可为同类粉砂土地区市政道路路基施工提供参考，对推动粉砂土路基施工技术的发展具有一定的实践意义。

参考文献

- [1] 李鸿志,李光远.砂性土路基填筑施工技术及工艺[J].黑龙江交通科技,2009,32(12):35-36.
- [2] 姚振宇,砂性土路基压实度控制[J].交通建设与管理,2014(8):109-110.
- [3] 交通部第二公路工程局.公路路基施工技术规范[M].人民交通出版社,1987.
- [4] 交通部公路科学研究所.公路路基路面现场测试规程[M].人民交通出版社,1995.