

#### 4.5 实施主体赋能：提升参与能力与责任意识

为系统性提升农村危房改造工程的质量管控水平，需构建多方协同参与的治理机制，重点强化农户、施工主体及监管部门三类核心主体的作用效能。在农户参与层面，通过实施“改造政策下乡入户”宣讲工程，采用典型案例解析、建造成本对比等可视化手段，系统培育农户的质量监督意识，明确其在建材验收、施工巡查等关键环节的监督权利；同步建立“农户监督员”选聘制度，按每行政村2-3名的标准遴选改造户代表，授予质量核查权限并给予每日50元的专项补贴，形成群众性监督网络。施工主体培育方面，推行“施工企业资质分级认证”制度，要求参与改造的施工企业须具备3年以上农村建房经验，且持证技术人员占比不低于50%；建立“优质施工企业动态名录库”，对连续三年质量达标企业给予项目优先承接权，对违规企业实施全省通报并纳入黑名单管理，形成优胜劣汰的市场化选择机制。监管能力强化方面，采用政府购买服务模式引入第三方专业检测机构开展飞行检查，弥补基层监管力量不足；为镇级质量管理单位配备钢筋扫描仪、混凝土回弹仪等便携式检测设备，实现隐蔽工程验收、结构安全鉴定等关键工序的100%现场

检测，构建技术支撑型监管体系。

## 5 结语

综上所述，在新农村建设过程中，我国政府对农村危房改造工作加大重视程度，并为相关改造工程的实施出台相应的支持政策，要求从危房改造项目的前期调查、改造实施以及质量检验等方面加强管理工作。相关施工企业需要合理完善质量管理体系，并对质量管理机制进行有效落实，从而使农村危房改造建设水平得到提升，确保危房改造质量管理工作能够得到有效开展。相关部门一方面需要充分考虑农村居住环境改造要求，另一方面还应分析危房建造质量标准，从而对优化质量管理平台进行搭建，全面保证危房改造工程建设质量。

### 参考文献：

- [1] 王敬.分析农村危房改造的质量管理措施[J].建材与装饰,2019,17(28):189-190.
- [2] 董瑞玉.浅谈农村危房改造质量管理措施[J].居业,2019,24(08):149+151.
- [3] 李兵.浅谈农村危房改造质量管理措施[J].建材与装饰,2019,14(24):131-132.

# Construction and Effect Analysis of Subgrade Reinforcement in Soft Soil Area

Cong Yu

CCTC Third Harbor Engineering Bureau Ninth Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

## Abstract

This study investigates the optimization and application effects of reinforcement construction techniques for soft soil areas characterized by high groundwater levels, strong soil compressibility, and low shear strength. Through comparative analysis of three primary reinforcement methods—cement mixing piles, CFG piles composite foundation, and vacuum preloading—the “CFG piles + graded sand and gravel cushion layer” combination was selected for its superior reinforcement effectiveness, construction efficiency, and cost-effectiveness. Utilizing laboratory geotechnical tests, on-site static load tests, and Midas GTS/NX numerical simulations, the research comprehensively analyzes the improvement patterns of subgrade mechanical properties and long-term deformation characteristics after reinforcement. Key construction techniques and quality control measures are systematically outlined. Results demonstrate that the optimized construction scheme increases the bearing capacity of soft soil subgrades by 1.8 to 2.3 times, with post-construction settlement controlled within 15mm. The long-term stability meets operational requirements for transportation engineering, providing technical references for subgrade reinforcement in soft soil and high groundwater environment conditions.

## Keywords

soft soil area; subgrade reinforcement; construction technology; effect analysis; bearing capacity; long-term stability

## 软土地区路基加固施工及效果分析

余聪

中交三航局第九工程有限公司, 中国 · 重庆 400000

## 摘要

针对软土地带呈现出的高地下水位、土层压缩性较强、抗剪强度偏低的典型工程特性, 结合工程施工实践, 开展加固施工技术优化及应用效果探究。通过对比水泥搅拌桩、CFG桩复合地基和真空预压三种主要加固技术的适配状况, 从加固成效、施工效能以及经济性方面优化得到“CFG桩+级配砂石褥垫层”组合施工方案。借助室内土工试验、现场静载试验与Midas GTS/NX数值模拟, 全面剖析加固后路基力学性能的提升规律与长期变形特性, 重点阐述施工关键技术要点与质量控制措施。结果表明, 优化施工方案可令软土路基承载力增长1.8至2.3倍, 施工完成后的沉降量被控制在15mm以内, 长期稳定性契合交通工程运营要求, 研究成果为软土、高地下水位状况下的路基加固施工提供了技术借鉴。

## 关键词

软土地区; 路基加固; 施工技术; 效果分析; 承载力; 长期稳定性

## 1 引言

路基作为交通工程的关键承载构造, 其稳定性直接关乎工程运营的安全性, 若软土地基处理欠佳, 容易诱发路基不均匀下沉、裂缝乃至失稳等病害, 极大损害通行质量与工程耐久性<sup>[1]</sup>。软土地区路基传统加固施工举措存在针对性欠缺、承载能力提升受限、长期稳固性欠佳等状况。目前软土路基加固施工手段已发展出水泥搅拌桩、CFG桩、真空预压等多种工艺, 不同方案在高地下水位软土区域的适用性差别明显<sup>[2]</sup>。本文针对软土工程特性展开研究, 着重聚焦加固施工方案的优化筛选, 细化施工操作流程与质量管控要点,

利用试验分析与数值模拟, 探寻优化方案下路基承载力的长期稳定性状况, 为同类工程施工提供科学凭据。

## 2 软土地区工程地质特性分析

### 2.1 软土物理力学性质

参考软土地区路基工程地质勘察资料, 该地区软土以第四系全新统冲淤积粉质黏土为主, 厚度在3.5~8.2m之间分布, 其物理力学指标如下: 天然含水量处于32%~45%范围, 孔隙比率处于1.05~1.38范围, 压缩系数 $a_{1-2}$ 取值为0.65~0.98MPa<sup>-1</sup>, 内摩擦角在8°至12°这个范围, 黏聚强度为12~18kPa, 渗透系数为 $1.2 \times 10^{-7}$ 至 $3.5 \times 10^{-6}$ cm/s。此种软土的颗粒细微、透水性较差, 受高地下水水位的作用, 水分难以排出, 土体有效应力变低, 更进一步提升了路基沉降的风险<sup>[3]</sup>。软土的强压缩特性使得路基在承受上部结构荷载时容

【作者简介】余聪(1991-), 男, 中国陕西安康人, 本科, 工程师, 从事路桥工程研究。

易出现较大的工后沉降，进而对路基平顺性产生影响，给施工质量控制带来极大挑战。

### 2.2 高地下水位影响

区域地下水位受季节性降水影响明显，丰水期地下水位埋藏深度可降低至 0.8-1.2m，枯水期处于 1.5~2.0m，全部处于路基影响范围中。高地下水位不仅提升了软土的天然含水量，削弱土体强度，而且有引发基坑涌水、边坡失稳等施工难题的可能性。地下水长时间的渗流效应会干扰固结材料的水化反应成效，降低加固体与土体的附着强度，对路基承载力的长期稳定性造成潜在隐患<sup>[3]</sup>。因此，选择加固施工方案时，要全面考量高地下水位给加固效果带来的负面效应，选取抗水稳定性佳、施工适配性好的技术方案，同时制定针对性的施工排水措施。

## 3 软土地区路基加固施工方案

### 3.1 施工方案选择

结合工程施工实况，选择三种常用的软土路基加固施工方案开展对比分析（见表 1），具体如下：

表 1 三种软土路基加固方案综合性能对比表

对比指标	水泥搅拌桩加固	真空预压加固	CFG 桩 + 级配砂石褥垫层加固
承载力提升幅度	1.3~1.6 倍	1.2~1.5 倍	1.8~2.3 倍
适用软土厚度	≤5m	3~10m	3~12m
施工周期（1km 路基）	45~60 天	90~180 天	30~40 天
工程造价（元 / m <sup>2</sup> ）	180~220	150~190	200~240
高地下水位适应性	较差（水泥浆易稀释）	中等（需做好排水防护）	良好（桩体抗水稳定性强）
工后沉降控制	20~35mm	15~25mm	8~15mm
施工质量可控性	中等	较低	较高

### 3.2 施工参数确定

综合加固成效、施工时长、经济性以及施工质量可控性等多方面考量，选定“CFG 桩 + 级配砂石褥垫层”作为优化加固施工方案。结合工程施工经验与地质条件，确定核心施工参数如下：

CFG 桩直径为 500mm，桩体长度处于 8-12m 范围，桩间距为 1.5m × 1.5m，按正方形形式排列；桩体混合料的配合比例为水泥 : 粉煤灰 : 碎石 : 水 = 1:0.5:4.5:0.6，预设强度等级 C20；桩位偏差控制在 ≤50mm，桩身垂直度偏差 ≤1%，桩顶标高允许偏差 ± 50mm。

褥垫层采用粒径在 5~31.5mm 的级配砂石，含泥量 ≤5%，厚度为 30cm，压实度需达到 ≥95%；褥垫层设置于 CFG 桩顶，铺设时采用分层摊铺压实工艺，每层摊铺厚度控制在 15cm 以内，确保铺设均匀性。

该方案借助 CFG 桩承载主要负荷，褥垫层发挥应力弥散与变形协同作用，可大幅增强地基承载能力，同时契合高地下水位状况下的施工需求。相较于传统水泥搅拌桩方案，优化方案的承载力提升程度增加了 40% 以上，施工时长缩短 30%；和真空预压方案对比，工程建设造价降低 25%，且施工进度易把控，更具技术经济优势。

水泥搅拌桩加固施工借助深层搅拌设备把水泥浆和软土强行搅拌，造就水泥土桩复合地基。该工艺具备施工技术成熟、操作简便且成本不高的优势，但在地下水位较高的情形下，水泥浆易遭地下水稀释，造成加固体强度提升迟缓，而且桩体完整性难以保障，施工质量波动较大，适用于软土厚度较薄（≤5m）的区域。

真空预压加固施工借助真空泵形成负压，加快软土中水分的排出，助力土体固结。该方案无需运用大型机械设备，对生态环境的干扰程度低，然而加固周期较长，而且对施工场地的平整度状况要求较高，需要长时间维持真空度，难以满足交通工程快速施工的进度需求<sup>[4]</sup>。

CFG 桩 + 级配砂石褥垫层加固施工，CFG 桩由水泥、粉煤灰、碎石等混合材料制作而成，桩体呈现出较高的强度，和褥垫层配合起来可有效扩散上部的荷载，降低桩土应力比值，可应用于高地下水位、厚层软土地区。该方案施工流程简便、机械化程度高、强化成效突出，同时对地下水适应性能佳，施工质量易于控制。

### 3.3 关键施工要点控制

施工前清理场地杂物，平整场地，按施工桩位采用 GPS 定位放线，做好桩位标记；检查打桩机设备性能，确保液压步履式打桩机运行正常；拌制混合料时严格按配合比计量，搅拌时间不少于 90s，确保混合料坍落度控制在 160~200mm 之间。采用长螺旋钻孔压灌成桩工艺，钻孔速度控制在 1.5~2.0m/min，钻进过程中实时监测垂直度；当钻孔至既定深度后，匀速提升钻杆，同时压灌混合料，提升速度与压灌速度匹配，避免出现断桩、缩颈等质量问题；桩顶超灌高度控制在 500mm，确保桩顶强度。CFG 桩施工完成后，养护 7 天以上方可进行桩头处理，采用机械切割去除超灌部分，确保桩头平整，无松散层。

褥垫层施工前，级配砂石进场时需查验质量证明文件，进行颗粒级配、含泥量等指标检测，合格后方可使用。采用推土机摊铺、平地机整平，摊铺过程中控制虚铺厚度；使用振动压路机碾压，碾压次数不少于 4 遍，碾压顺序从两侧向中间推进，确保压实度达标；压实后采用灌砂法检测压实度，不合格区域及时补压。

### 3.4 施工质量控制

建立原材料进场检验制度，水泥、粉煤灰、碎石等原