

软土路基强夯法施工技术应用研究

李世兴¹ 孙淑光²

(1. 临沂市正阳照明工程有限公司, 山东 临沂 276000;
2. 青岛飞扬人力资源开发有限公司, 山东 青岛 266000)

【摘要】现阶段, 由于经济和社会的迅速发展, 各类工程的规模和数量都在不断增加。随着我国城市化进程的加快, 我国的城市路网也在逐步的健全, 给人民的生活提供了很大的方便。在城市公路建设中, 需要对软弱地基进行有效的加固, 以保证工程建设的质量, 而强夯地基是目前被普遍采用的一种方法。通过对强夯施工工艺的研究, 探索其在工程实践中的关键环节和质量控制方法, 从而使软土路基加固工程得到更好的发展, 确保城市公路的安全和稳固。本文主要对公路工程项目中软土路基强夯法施工技术的运用进行了分析和研究, 借此希望为相关人员提供参考。

【关键词】软土路基; 强夯法施工技术; 应用

引言:

目前, 我国公路项目的数目与规模都在逐年增加。在公路建设过程中, 地基处理的好坏直接关系到整条公路的运营稳定, 其建设非常困难, 需要根据地基特性、水文特性等因素选择合适的施工工艺。强夯在城市公路建设中广泛使用, 其作用是通过对外部施加巨大的冲击来提高土壤的压实度, 因而迫切需要对其在城市公路建设中的推广应用展开研究。

一、强夯法概述

(一) 强夯法概念与特点

强夯法就是利用一定的配重锤, 对公路项目路基结构土体进行锤打工作, 以达到加固公路软土路基的目的。在采用这种方法进行实践时, 施工人员一般都是采用起重装置将 25 吨以下的重锤举至某一点, 然后松开, 使得重锤作自由落体工作。通常情况下, 这种方法可以保证沉重的锤子在一定程度上对软土路基进行压实。该技术因其操作简单、高效、无环境污染等优点, 在砂性土和软弱地基中得到了广泛应用。

(二) 强夯法的施工优势

通过对工程实例的调研可知, 对于城市公路软土地基, 采用强夯法进行加固具有非常显著的优越性。对这一问题作了概括, 主要有以下几点。这种方法采用的施工机械相对简单, 仅需吊装设备和重锤法就能完成压实工作; 同时, 该方法具有操作简便、处理方便等优点。同时, 利用强夯法对城市公路软土路基进行加固, 可以大大加快城市公路建设进度, 节约建设成本。在以往的工程实践中, 对于砂土和砂砾层等工程场地, 多采用强夯法。但是, 最近几年, 由于施工工艺的进步和发展, 强夯的使用越来越广泛, 已经被广泛地用于各种恶劣的土壤, 已经是一个很重要的工程项目。

二、强夯法加固路基原理概述

(一) 动力密实原理

动力密实原理是在工程实践中, 利用相应的机械手段, 对具有较大粒径的土质进行强夯加固。通常, 在公路施工时采用以上的措施, 可以保证公路软土路基的间隙进一步减小, 从而使地基的强度得到改善, 使地基变得更致密。实际上, 层状结构基础上常常也会出现局部层状结构。在这种土质土层中, 土壤颗粒在较高的荷载条件下会产生一定的变形, 从而增大颗粒间的接触面, 从而提高地基的承载力。

(二) 动力固结原理

对于细粒饱和土壤, 建设单位常将动态固结理论应用于工程实践。基于此理论, 在工作中使用重锤等机械对基础进行瞬间撞击, 导致基础内部的土体结构受到一定的损伤, 从而导致部分土体的液化和开裂。一般来说, 采用这种方法可以更好地促使排水管道的产生, 并以此作为地基把渗透到地基中的水分排出去。另外, 孔隙水应力消除后, 土壤将发生固结, 从而使地基的压实度和承载力得以改善。当前, 国内外关于强夯机理的研究大致可归纳为静力固结和动力固结两大类。关于这两大理论的对比, 具体内容见表 1。

表 1 静力固结理论与动力固结理论对比

	静力固结理论	动力固结理论
1	可压缩的液体	含少量气泡的可压缩液体
2	固结时液体排出所通过的小孔, 其孔径不变	固结时液体排出所通过的小孔, 其孔径是可变的
3	弹簧刚度是常数	弹簧刚度为变数
4	活塞无摩阻力	活塞有摩阻力

(三) 动力置换原理

动力置换的基本原则有两种: 整体置换和桩型置换。在此基础上, 提出了一种新的方法, 即在施工过程中, 利用强夯作用, 使破碎的岩石进入松软的地基中, 从而达到增强地基的密实度和承载力的目的。

利用桩替代理论进行相应的作业时，要求工程人员向软弱土层中填充碎石，促使碎石桩和碎石墩的成型，从而增强地基的稳定与完整性，从而增强地基的承载力。它可以促进碎石桩和碎石墩的成型，从而增强地基的稳定与完整性，从而增强地基的承载力。

三、道路软土路基处理中强夯法施工技术的应用

(一) 工程建设概述

本文对这一工程的构造方式进行了探讨，并结合某省的一条公路工程进行了详细的阐述。道路长 2.28 公里，红线宽度为 35 米，本工程为现有道路拓宽改造工程，拓宽部分大部分为虾池，鱼塘等淤泥质土质，软土厚度为 3-6 米不等，根据不同土质和厚度，结合短工期施工部署，设计采取不同地基处理方式。K0+000-K1+770 水塘段采用抛石挤淤 + 强夯满夯处理方式；K1+770-K2+288 软土段采用强夯置换 + 强夯满夯处理方式。

(二) 工程设计

沟塘区抛石挤淤至设计标高 3.3 后，进行一遍点夯，点夯完成进行推平，填筑 50cm 石渣，然后满夯一遍。水深超过 5m 的水池，点夯夯击能为 3000KN·M，夯锤重 20T，锤底直径 D=1.5m，起夯高度 15m；水深小于 3m 的虾池、塘点夯夯击能为 1200KN·M，夯锤重 10T，锤底直径 D=1.5m，起夯高度 15m；满夯单击夯击能 1000KN·M，夯锤重 10T，锤底直径 2m，起夯高度 10m，夯击次数为 3 次。点夯：根据设计要求点位，每点夯击三次，夯击两遍。满夯：根据设计要求，需做试验段，夯锤搭接 50cm。最后两击沉降差不大于 5cm。

(三) 强夯技术的施工工艺

1. 机械设备选择。使用强夯的施工企业要利用铸造的圆形夯锤、自动脱钩装置、压路机、推土机、自卸汽车、装载机等设备来完成强夯有关的作业。

序号	名称	型号	数量	单位
1	挖掘机	PC300	2	台
2	推土机	D60	1	台
3	压路机	18t	1	台
4	运输车	16m³	9	辆
5	水准仪	DS2	1	套

2. 工艺流程：整修便道→清除表层→清表报验→抛石挤淤→挖机整平→强夯点夯→回填 50cm 石渣→满夯→整平压实→地基承载力检测→路基石渣分层填筑。点夯夯点放线后可直接进行夯击，满夯需进行试验段，确定夯击参数，满夯最后两击沉降不大于 5cm。

3. 抛石挤淤。利用回填成型的便道，挖运软泥和回填片石，碾压路基，减少工后沉降。先将原状路基的坡脚进行挖除，将大块石回填到坡脚处，从现状

路向外侧挤淤泥，一次性抛石挤淤成型；从现状路面往东进行抛石挤淤，将淤泥挤出路基范围。抛石挤淤填筑至设计标高，平整灌缝细料石屑，然后平整碾压，进行下道工序（强夯）。

4. 强夯点夯。强夯施工前，在施工现场有代表性场地选取（K0+600-K0+800 段）进行试夯。每个试验区面积不小于 20m×20m。强夯施工时，采用圆形重锤，直径 2m，质量 10T，起夯高度 12m，强夯夯击数为 1 击，能量等级 1200KN·m，夯锤边缘间距 0.5m，正方形排夯，顺序由中间向两侧夯击。

5. 满夯。满夯时要求锤印搭接，顺序由中间向两侧夯击。满夯施工前，在施工现场有代表性的场地（k0+580-k0+800）进行试夯。本次实施满夯夯击数为 3 击，能量等级 600KN·m，搭夯 50cm，夯锤质量 10T，起夯高度 6m。

6. 质量检测。强夯完后，对表面凹凸进行整平和振动压路机碾压 2 遍。测量强夯前的高程和强夯后平整高程，计算强夯的沉降差。最后两击的平均夯沉量不大于 5cm。满夯处理完成后要求地基承载力标准值 $\geq 150\text{kPa}$ ，经过相关部门检测及分部验收合格后，方可进行下一阶段施工。

7. 施工参数及技术要求。（1）采用履带式起重机作为强夯吊车，主夯夯锤采用铸钢夯锤，锤底面直径 2m，夯锤底面按照等边三角形布置 3 个与顶面贯通的排气孔。（2）满夯试验区点夯夯击能按设计要求采用 1200KN·m。（3）夯击方法：一遍强夯。（4）夯击次数：单点夯击按设计要求为 3 击，并满足下列条件：①最后两击平均夯沉量不大于 50mm，水准仪及时观测。②夯坑周围地面不应发生过大的隆起。③不应夯坑过深而发生提锤困难。

四、强夯法施工技术应用

(一) 施工技术和材料标准

1. 抛石挤淤：现场水塘采取填筑围堰，抽降水处理，部分杂草段清除杂草及树根。采用倾斜式抛石法填筑片石，填筑至设计抛石顶标高。用推土机推平灌缝平整石渣至设计要求平整标高，采用压路机进行碾压。

抛填石料使用不易风化且遇海水不易崩解的石料，以花岗岩材质石料为宜，膨胀性岩石、易溶性岩石、崩解性岩石和盐化岩石等均不得用于路堤填筑。抛石挤淤的石料粒径在 5cm-40cm 之间，片石浸水强度 $\geq 20\text{MPa}$ 。

2. 强夯：采用圆形重锤，强夯夯击数 1 击，夯击能量等级 1200KN·m，夯点边缘间距 50cm，夯锤质量 12t，起夯高度 10m，正方形排夯。强夯期间做好周边降排水处理。李王路强夯由现状路边向东侧强夯，春阳路强夯由中间向两侧进行。

3. 满夯：强夯结束进行整平后，回填 50cm 粗石渣，平整后进行满夯作业。满夯夯击数为 3 击，夯击能量等级 600KN·m，夯锤锤印搭接 50cm，李王

路强夯由现状路边向内侧强夯，春阳路强夯由中间向两侧进行。夯击过程不应发生过大隆起，不应发生夯坑过深提锤困难。最后两击平均夯沉量小于5cm。满夯结束后，平整场地碾压后，完成地基处理。

（二）设备确定与场地处理

夯锤的选用，一般依据场地的土壤类型而定，外形也大都以稍凸的圆弧形为主。此外，锤子底部的区域尺寸还取决于锤子的质量以及中心点的高度。一般的夯锤都是铸造的，也可以是生铁，因为它的中心比较高，所以在打实的时候，不会引起震动，也不容易塌陷。通常，按夯锤敲击地表时所发出的击锤能量进行分类，在土壤质地优良的地区，使用轻重量的夯锤；而土质比较粗糙的地区则使用重锤。每个夯锤上都有通风孔，以减小冲击时的阻力。在进行打夯场之前，应对较强的撞击力对场地造成的作用进行分析。所以在进行工程建设前，要先找平现场，确定好地面的高度。尽可能地不让自己的力量对周围的建筑造成太大的伤害。在施工过程中，应密切关注地下水位分布，及早进行监控，以防止在施工过程中出现积水。首先要组建一支高素质的建筑队，建筑队的组建要仔细考虑专业和工种之间的合理配合，技工和工人的比例要达到合理的工作结构，并且要按照流水施工组织模式的规定，来决定组建一支施工队。组织施工人员，组织施工人员进场，对施工组织设计、施工计划及技术说明进行施工组织设计。施工组织设计、计划及技术说明的目标，就是要详细地对施工团队和施工人员解释和解释所提出的设计内容、施工计划和施工技术的要求。在接到施工组织设计、计划和技术交底之后，团队和工人要对施工组织设计、计划和技术交底进行仔细的剖析和研究，了解关键部位，质量标准，安全措施和工作要点。在需要的时候，要有演示，要有具体的工作，要有具体的工作职责，要有具体的工作职责，要有相应的保障。

（三）参数精测与确定

现场技术人员对施工过程及检测数据进行记录，做好施工资料的整理与归档。

经过试验路段施工，经过围堰降排水，清理地表杂物，抛石挤淤至设计标高，采用强夯（1200kn.m）1击、整平振动压路机碾压2遍、满夯（600KN.m）3击，整平振动压路机碾压2遍整个施工工艺。

该路段，检测地基承载力9点，检测结果为170-240kpa，符合设计要求不小于150kpa的承载力要求，经检验评定，本段施工参数作为后续同类地基处理的施工依据。

（四）质量保证措施

1. 施工前应检查夯锤重量、尺寸、落锤控制手段、排水设施。

2. 施工中应检查落距、夯击遍数、夯点位置、夯击范围。

3. 起锤至预定标高下落锤击：落锤要求保持平

稳，夯位应准确，夯击坑内积水应及时排除。若发现坑底倾斜而造成夯锤歪斜时，应及时将坑底整平。

4. 详细做好现场施工记录，包括夯击能量、夯击前后高程、夯击次数及特殊情况。

5. 为了保证试验段的连续性，本次试验段准备两台强夯机，一台作为备用，如发生机械故障，无法作业，可随时补充进行强夯。

（五）强夯技术加固市政道路路基的注意事项

将强夯技术用于城市公路地基处理时，要考虑到如下问题：1. 强夯施工前，要结合工地的实际情况，在场地上标明地下管道和构筑物的坐标和标高，并采取适当的防护措施，避免强夯施工对其产生损害；2. 在进行强夯作业时，要指定专人进行下列工作；3. 在开夯前，应先进行试夯，并对夯锤的重数和落数进行检验，确保每一次夯击所产生的能量均满足工程设计的需要；4. 第二次夯击前，要对夯击点进行定位，然后再对夯坑进行定位，若有漏夯、有偏移等情况，要立即进行处理；5. 夯打时，要对所有的参数和工作状态进行详尽的记载；6. 强夯在进行强夯时，会发出大量的噪声及震动波，这些噪声会干扰到附近的正常居住，而由于地震波波长长、振幅大，沿地面传输时，会引起地面前后、左右摆动，破坏力极强，而且，在强夯的基础上，将由源向外逐步向外扩展，虽然越远效果越小，但对周边已有建筑物的影响却很大，所以，在强夯施工时，必须先修建噪声隔离墙，再对强夯的振动加载进行严格的控制，保证其在振动加速度小于0.1g时，不会对邻近的建筑物构成威胁。

结语：

总之，随着我国社会和经济的持续发展，对公路的需求越来越高，公路工程的建设和建设也越来越大。目前，我国城市公路建设普遍采用了强夯加固方法，将其推广到城市公路软土路基上，为软土路基加固提供了新的思路和方法。在今后的发展过程中，要大力推广强夯的施工工艺，加强强夯加固的施工工艺，以确保公路建设的质量与安全性，推动城镇化的发展。

参考文献：

- [1] 黄世泰. 浅析强夯法处理软土地基的方法[J]. 建工论坛·科技向导, 2016, 26: 171~173.
- [2] 鹿馨月, 陈洪平. 强夯法施工技术在市政道路软土路基处理中的应用[J]. 科技与企业, 2013(04):189-190.
- [3] 赵星. 浅谈市政道路工程中的软土路基处理技术[J]. 中小企业管理与科技旬刊, 2012(33):14-15.
- [4] 王达义. 浅析强夯法处理软土地基的方法[J]. 建工论坛·科技向导, 2012, 32: 159.
- [5] 袁景富. 强夯法在软土路基施工中的运用研究[J]. 黑龙江交通科技, 2014(06):69-70.
- [6] 蒋鹏, 郑伟锋. 某沿海软基处理工程中强夯工艺分析及优化[J]. 建筑结构, 2010:45~46.