

强夯置换法加固公路盐渍化软土路基

虞海珍^{1,2}, 赵怀义³

(1. 华中科技大学土木工程与力学学院, 武汉 430074; 2. 华中科技大学控制结构湖北省重点实验室, 武汉 430074;

3. 新疆公路规划勘察设计研究院, 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 国道 314 线焉耆段广泛分布着盐渍化软土, 存在路基沉陷、翻浆及路面破坏等多种病害, 须加固治理。在分析盐渍化软土工程特性和强夯置换法加固软土路基机理的基础上, 首次选用强夯置换法加固本路段盐渍化软土路基, 并介绍了强夯置换法的设计、施工及检测方法。现场载荷试验、重型动力触探试验和面波检测结果表明强夯置换法加固盐渍化软土路基后, 地基土承载力均在 250~ 300 kPa 以上, 地基土达到了密实~ 中密状态, 加固效果良好。

关键词: 盐渍化软土, 加固, 强夯置换, 载荷试验, 动力触探试验

中图分类号: TU472 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-3152(2007)06-0072-04

1 盐渍化软土

盐渍土是不同程度盐碱化土的总称, 在公路工程中, 系指地表下 1.0 m 内易溶性盐含量平均大于或等于 0.3% 的土^[1,2]。由于盐渍土具有吸湿、膨胀、淋溶、沉陷等特性, 对其上的建(构)筑物有着很大的危害。盐渍土地区公路病害主要有盐胀、翻浆、溶陷和腐蚀等类型^[3]。

国道 314 线焉耆段地下水埋深浅, 地表排水条件差, 广泛分布着盐渍土, 盐渍化程度为弱~ 过盐渍土以上, 天然含水量为 27.4~ 39.8%, 液限为 28.1~ 39.1, 孔隙比为 0.74~ 1.07, 压缩系数为 0.24~ 0.43, 这几项标志性指标已接近或部分达到软土的标准, 这样的土称为盐渍化软土^[4]。该土具有中、高压缩性, 盐渍化的程度高, 以亚氯盐、硫酸盐为主, 多为过、强盐渍土, 属河流冲积相、湖泊相软弱土。特殊的水文及工程地质条件, 致使该路段发生了路基沉陷、翻浆及路面破坏等多种病害, 影响了公路的正常使用, 必须进行加固治理。

盐渍化软土路基常见的处理方法有: 提高路基法、隔断层处理法、强夯法、浸水预溶加强夯法、半刚性基层、挤密桩加固法、二灰稳定法、换填法、化学处置等^[5~8]。考虑到本路段特殊的盐渍化软土工程特性, 综合比较后采用强夯置换法进行加固处理。

2 强夯置换法的选择

强夯法处理地基是由法国 Menard 技术公司于 60 年代创用, 强夯法又称动力固结法(Dynamic Consolidation、Heavy Tamping、Dynamic Compaction), 是法国 Menard 公司于 1969 年首创的一种地基加固方法, 它通常以 10~ 40 t 的重锤(最高可达 200 t)从 10~ 40 m 的高处自由落下, 夯击地基, 给地基以强大的冲击力和振动力, 从而提高地基土强度、降低地基土压缩性。我国于 70 年代末开始试验研究和工程应用, 1997 年强夯法列入国家行业标准 5 建筑地基处理技术规范(JGJ79- 97), 新的 5 建筑地基处理技术规范(JGJ79- 2002)增加了强夯置换法。

强夯置换法是近年来从强夯法发展起来的一种地基处理方法, 主要用于加固软粘土地基。该方法与强夯法不同之处主要是在夯坑内填入块石等硬质材料, 用高而直径较小的夯锤, 依靠夯锤的冲切作用, 将硬质材料击入软土地基中, 形成一定高度和直径的密实的碎石桩, 置换同体积地基土; 在形成密实夯桩的同时把同体积的地基土挤向四周, 挤密桩周土体; 并且夯锤在夯密桩体的过程中, 强大的冲击力和振动力通过桩体传向地基土, 对地层可起到振密作用; 密实的碎石桩体本身是一个很好的排水通道, 地基土孔隙水在挤密振密的作用下, 向桩体消散, 可

收稿日期: 200709225

作者简介: 虞海珍, 女, 1973 年生, 博士, 讲师。现在华中科技大学土木工程与力学学院道路与桥梁工程系从事道路工程、岩土工程方面的教学与科研工作。

加快地基土的排水固结。从而达到提高地基承载力,减少地基沉降的目的。

在地下水位较高的软土及盐渍化软弱土地区,地基土处于饱和或接近饱和状态,排水条件差,用强夯处理起锤困难,不易施工,且由于处理后的地基排水条件差、没有良好的排水通道而造成固结慢,强度恢复期长。所以,在这样的地质条件下使用强夯法就受到限制,而强夯置换可以不受地下水位的影响,可以在地基加固的同时形成排水通道,加速土体的固结。故本路段盐渍化软土地基采用强夯置换加固处理,硬质材料采用天然级配砾石,要求天然级配砾石中 20~ 40 mm 颗粒含量占 60% 以上。采用天然砾石,可以阻断毛细水上升,防止路基的盐胀及盐对路面结构层的腐蚀;同时砾石材料本身 also 具有良好的耐腐蚀性,特别适用于盐渍化软弱土地区的地基处理。

3 盐渍化软弱土强夯置换加固设计

根据现场的工程地质条件和工程使用要求,合理确定强夯置换参数,是保证地基加固质量,提高综合效益的关键。强夯置换施工的主要参数有夯击能、夯点布置、夯击遍数、相邻两遍夯击间的间歇时间、加固范围等。

(1) 夯击能量
强夯的单位夯击能量,应根据地基土类别、结构类型、荷载大小和要求处理的深度等综合考虑,并通过现场试夯确定。

当单击夯击能满足有效加固深度的要求时,有效加固深度会在一定范围内随单位夯击能的增加而增大。

单位夯击能过大,不仅无助于提高加固效果,对饱和和粘性土来说,强度反而会降低。

在一般情况下,对于粗颗粒土可取 1000~ 3000 kNm/m²,细颗粒土可取 1500~ 4000 kNm/m² 根据试夯结果确定单点夯能 2000 kNm/m²。

(2) 夯点布置
夯点间距 3.2 m 或 3.5 m,平面呈正三角形布设,如图 1 所示。

(3) 夯击次数
强夯加固效果一般随夯击遍数的增加而提高,但实际工程考虑经济效益,在满足加固效果的情况下,就尽可能采用较少的夯击遍数。夯击次数按现场试夯得到的夯击次数和夯沉量关系曲线确定,一般情况下粘性土夯 2~ 4 遍。最后两击的平均夯沉

量不大于 50 mm,当单击夯击能量较大时不大于 100 mm;夯坑周围地面不应发生过大的隆起;不因夯坑过深而发生起锤困难。

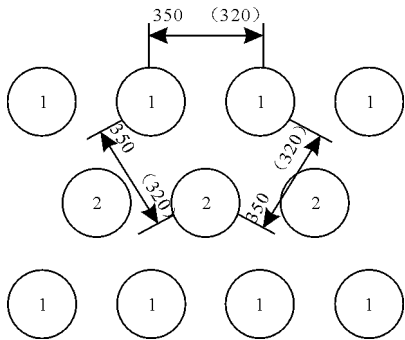


图 1 夯点平面布设图

(4) 加固范围
加固范围应超出路基坡脚外 3.0 m。

(5) 间歇时间
两次点夯之间施工间歇时间是保证强夯置换效果一个重要的施工参数,它取决于前一遍夯击后土中孔隙水压力的消散时间,根据孔隙水压力变化的观测,确定两次点夯间隔时间至少 7 d。

4 强夯置换施工

强夯置换施工的主要机具有起重机、夯锤、脱钩装置等。强夯施工采用带自动脱钩装置的履带式起重机或其它专用设备。采用履带式起重机,在臂杆端部设置辅助门架,防止落锤时机架倾覆。强夯施工前,当地下水位较高,夯坑底积水影响施工时,宜采用人工降低地下水位或铺填一定厚度的松散性材料。夯坑内或场地积水应及时排除;应查明场地内的地下构筑物和各种地下管线的位置及标高等,并采取必要的措施,以免因强夯施工而造成破坏;当强夯施工所产生的振动,对邻近建筑物或设备产生有害的影响时,应采取防振或隔振措施。

强夯置换的工序包括:进场 y 平整场地 y 单点夯 y 第一遍夯、填料整平 y 停歇 y 第二遍夯、填料整平 y 停歇 y 满夯、填料整平 y 清场。

在正式施工前,必须做好试夯工作,检验处理效果,如达不到设计要求的承载力,应调整施工参数或修改设计。

5 强夯置换法的加固效果

经对孔隙水压力的观测表明,强夯施工结束一

周后,孔隙水压力恢复正常,所以检测工作在施工结束后一周开始。检测方法有载荷试验、重型动力触探试验和面波检测。

5.1 载荷试验

强夯置换法处理后的地基承载力,目前仍无可靠的计算方法,必须通过现场荷载试验确定。夯点载荷实验的数量每公里不少于3处;对于复合地基承载力检测数量,应视不同的夯击能、夯点间距划分场地,每场地不少于3处。

现场荷载试验检验点4处,为获得较大的影响深度,采用0.25 m²和0.5 m²两种荷载板,分14级加载。检测结果见图2,由图2的现场荷载试验曲线可见,经强夯处理后的地基土承载力均在250~300 kPa以上,满足公路地基土强度的要求。

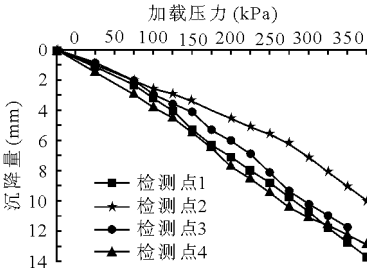


图2 现场荷载试验曲线

5.2 重型动力触探(0型)试验

重型动力触探检测深度5.2~5.9 m,自地面开始连续贯入,检测深度大于强夯影响深度,检测置换厚度大于2.0 m,典型的检测结果如图3所示,N_{63.5}每10 cm贯入击数均大于5击,地基土达到了密实~中密状态。

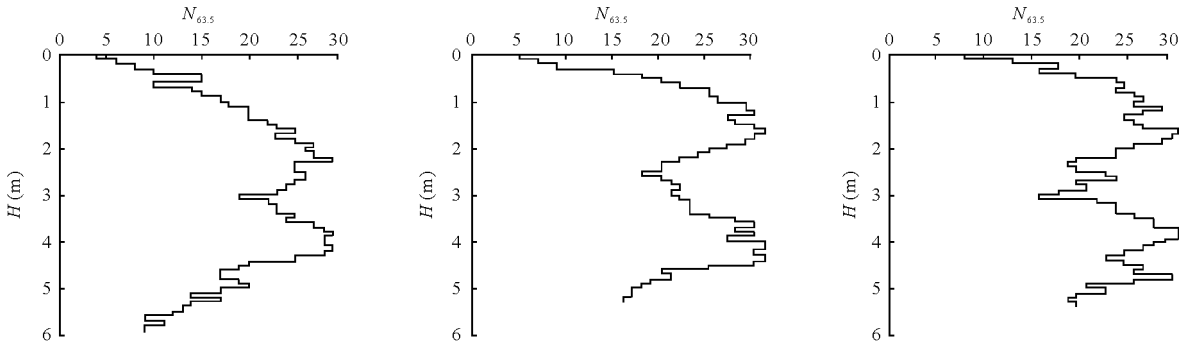


图3 动力触探检测曲线

5.3 面波检测

采用SWS-3型面波仪,对强夯置换施工前及施工后30天地基土的强度进行了检测对比。图4是强夯前的面波速度印象图,可以看出表层面波速度80< Vr<110 m/s,在面波速度 Vr<120 m/s(低速带)的范围内,厚度3.1~6.9 m。图5为相同地段在强夯后的面波速度印象图,可以看出表层面波速度89< Vr<120 m/s,在面波速度 Vr<120 m/s(低速带)的范围内,厚度0~6.8 m。

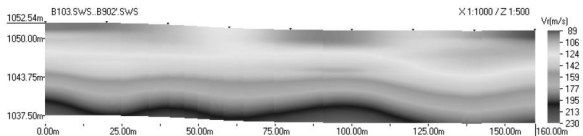


图5 强夯后的面波速度印象图

通过强夯前后面波速度印象图的对比,发现强夯后,表层的面波速度提高了,低速带(0~6.9 m)范围面波速度也提高了,说明此路段整体的强度变大了。

6 结语

国道314线焉耆段广泛分布着盐渍化软土,发生了路基沉陷、翻浆及路面破坏等多种病害,影响公路的正常使用,必须进行加固治理。

在本路段地下水位较高的盐渍化软弱土地区,

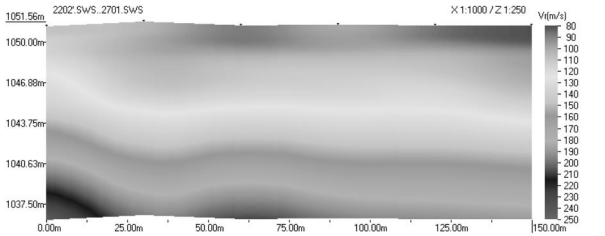


图4 强夯前的面波速度印象图

地基土处于饱和或接近饱和状态, 排水条件差, 不适用于强夯法处理。强夯置换法施工简单, 不受地下水位的影响, 可以在地基加固的同时形成排水通道, 加速土体的固结, 适用于盐渍化软弱土地区的地基处理。强夯置换法的硬质材料采用天然级配砾石, 天然砾石可以阻断毛细水上升, 防止路基的盐胀及盐对路面结构层的腐蚀, 同时材料本身也具有良好的耐腐蚀性, 特别适用于盐渍化软弱土地区的地基处理。现场载荷试验、重型动力触探试验和面波检测结果表明强夯置换法加固本路段盐渍化软土路基效果良好。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国建设部. 岩土工程勘察规范 (GB500212-

2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
[2] 徐攸在等. 盐渍土地基[M]. 中国建筑工业出版社, 1993
[3] 张立华. 盐渍土路基病害与防治[J]. 城市道桥与防洪, 2006. 11 (6)
[4] 赵怀义. 新疆地区盐渍化软弱土路基处治技术研究[硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2006
[5] 卢刚, 林学玮, 姚杰. 高等级公路盐渍土地基处治[J]. 辽宁交通科技, 2003. 8(4)
[6] 黄晓波, 周立新, 何淑军等. 浸水预溶强夯法处理盐渍土地基试验研究[J]. 岩土力学, 2006. 11, 27(11)
[7] 刘付华, 柴寿喜, 张学兵等. 二灰固化滨海盐渍土抗压强度的影响因素[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2006. 6, 28(2)
[8] 郑明权, 李志农, 付军锋. 利用强夯法加固盐渍土老路路基的试验研究[J]. 公路交通科技, 2005. 9, 22(9)

Salinized Soft Soil Subgrade Reinforced by Forced Tamping Replacement

YU Hai zhen^{1,2}, ZHAO Huai yi³

- (1. School of Civil Engineering & Mechanics, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074;
2. Hubei Key Laboratory of Control Structure, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074;
3. Xinjiann Highway Planning, Survey and Design Institute, Wulumuqi 830000, China)

Abstract Salinized soft soil is wildly distributed in National Highway NO. 314 which must be treated because of the harmful caused by salinized soft soil such as subgrade settlement, frost boiling and pavement damage. Based on the analyse of salinized soft soil's engineering characteristics and the mechanic of forced tamping replacement, forced tamping replacement is firstly used to reinforced in this highway. The design, construction and detection of this method are introduced. The result of loading test in site and heavy dynamic penetration test indicate that the foundation soil can reach dense2medium dense state and the soil's bearing capacity is increased.

Key words salinized soft soil, reinforcement, forced tamping replacement, loading test, dynamic penetration test