

强夯法在湿陷性黄土地基中的应用

杨洪镛^{1,2}

(1. 太原市市政工程管理处; 2. 山西诚信市政建设有限公司, 山西 太原 030024)

摘要: 结合西长凤高速公路路基工程第六合同段的湿陷性黄土地基处理项目, 对强夯法处理湿陷性黄土地基处理施工当中的施工准备、试夯、确定强夯参数、结果检测和质量控制等过程进行了详细论述。

关键词: 湿陷性黄土; 地基处理; 强夯法; 不均匀沉降; 质量控制

中图分类号: U418

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2012)01-0015-04

The Application of the Dynamic Compaction in Collapsible Loess Foundations

Yang Hong-mei^{1,2}

(1. Municipal Engineering Administration Office in Taiyuan, 2. Shanxi Chengxin Construction Company Limited, Taiyuan 030024, China)

Abstract: With regard to the treatment of the loess foundation of the sixth contract part by Changfeng West Highway Embankment Construction, it discusses in detail the construction preparation and pre-consolidation to determine the compaction parameters. The dynamic compaction was applied in the treatment of collapsible loess foundations. The results of testing and quality control are presented.

Key words: collapsible loess; ground treatment; dynamic compaction; differential settlement; quality control

1 强夯法概述

强夯法是用机械(起重机或起重机配三脚架、龙门架)将8~40 t夯锤提吊到6~25 m高度后,自由下落对地基施加巨大的冲击能及冲击波,使土中出现很大的冲击力,土体产生瞬间变形,迫使土层空隙压缩,土体局部液化,在夯击点周围产生裂缝,形成良好的排水通道,孔隙水和气体逸出,使土粒重新排列,经时效压密达到固结,从而提高地基承载力,降低其压缩性,而且还能改善砂类土抵抗震动液化的能力^[1]。该方法对消除湿陷性黄土的湿陷性,是一种有效的地基加固方法。强夯法具有效果显著、设备简单、施工简便、适用范围广、经济易行和节约材料的优点。

2 工程概况

西长凤高速公路位于陕、甘、宁三省交界处,由西峰至长庆桥64 km、凤翔路口至长庆桥约13 km

两段组成。全线采用双向四车道标准建设,设计时速80 km/h。其中路基工程第六合同段的弃土场地段,地貌特征为冲沟多,整体为湿陷性黄土。此地段为平原微丘区,填土高度高,弃土全部为湿陷性黄土,遇水容易发生湿陷,并且压缩性大、均匀性差,因此必须对此段弃土场进行处理。然而一般的施工机械对这样的湿陷性黄土压实效果不明显,并且施工时间较长,没有沉降固结时间。采用强夯法处理能达到理想的效果,且周期短、见效快、在短时间内完成沉降,能使其强度均匀,并使弃土场在一定深度内的土体得到加固。

3 施工准备

3.1 现场准备

3.1.1 环境调查

地基处理前,应查明强夯范围内地下的构造物和各种地下管线的位置及标高等,以免因施工而造成损害,同时对路基范围内的洞穴、水井、废窑洞、墓

穴及平整土地中填埋的沟壕进行调查,采取切实可行的措施,消除可能产生的路基质量隐患,当强夯施工所产生的振动对临近的建筑物及建筑物内人员或设备可能产生有害的影响时,应设置监测点(当无测振装置时,可通过试验确定安全距离),采取挖减震沟等隔振防振措施^[2]。

3.1.2 清理表土

按照设计要求清理表层的草皮和腐殖土层(一般路段清表厚度不得小于30 cm),腐殖土层较厚以及附着有非适用材料的路段将其清除彻底,并挖除局部的淤泥,翻浆土层,有积水路段应排除积水并将土翻松晾晒。

3.1.3 修建临时排水设施

施工前组织工程技术人员排除和完善排水设施。施工时在强夯区四周设置临时排水沟,以便及时排除雨水或因其它途径带来的废水。若地面起伏不平应先进行必要的整平工作,以便强夯设备的进入和工作。

3.2 机械、人员的配备

1) 起重设备:强夯法的主要机械,采用履带式起重机。

2) 夯锤:夯锤的选择根据土质条件、设计要求和强夯能级决定,夯锤重一般为80~400 kN

设数个上下贯通的通气孔,夯锤的材质分为铸钢、铸铁或钢壳包混凝土等几种。其锤底形状多位圆形,锤底面又有平底、锅底、球形等。地面投影面积一般为4~8 m²。

3) 脱钩装置:有自动脱钩装置,保证强夯机在起落锤时不会发生倾覆,由带拉杆的吊钩和滑轮组成,配上牵引钢丝绳。当夯锤吊起到规定高度时能自动脱钩落锤。

4) 门架:由横梁和两个支腿组成,支腿的结构形式有格构式或管式。门架上部横梁中心铰接于吊杆顶部。

5) 推土机:强夯必不可少的辅助机械,作为场地整平压实之用。

6) 人员配置:起重机,1 000~2 000 kN·m配4人;3 000~4 000 kN·m配5~6人;5 000 kN·m配6~7人。填料工若干人;起重机司机2人;推土机司机1~2人;机修工3人;测量工1~2人。其他管理人员和工人依工程情况作必要的调整。

3.3 编制施工组织设计

强夯前应进行施工组织设计,内容包括:施工方法与施工工艺、机具选择、人员组织及施工总平面布

置、计划进度、质量员安全、环境与文明保护等^[3]。

4 试夯

采用强夯法处理不良基地,应先按照设计图纸采用不同的夯击能、夯击次数进行试验段施工。不同深度处原状土的天然密度(干密度)、天然含水量、地基承载力、湿陷性系数等参数^[4],在勘察单位提供的勘察报告中,一般都已提供,若有条件,可在现场不同深度取原状土重新测定,并做土的液塑限试验、夯前标准贯入试验及静力触探试验,以备在强夯处理完毕后质量检测时进行对比^[5]。

按不同夯击能,夯击处理地基6、8、10击后,分别取土样,完成固结试验、密实度试验及标准贯入试验,同时完成不同深度处地基承载力试验,根据设计要求的消除湿陷深度分别取样,夯击能1 200 kN·m,要求消除湿陷性4.0 m时,分别取原地面以下3.5、4.0、4.5 m 3个不同土层深度的土样。夯击能6 00 kN·m,要求消除湿陷性2.5 m时,分别取原地面以下2.0、2.5、3.0 m 3个不同土层深度的土样。通过检测不同的夯击能、夯击次数下不同深度处土的干密度、天然含水量、地基承载力、湿陷性系数、夯沉量确定夯锤落距。判定依据是湿陷是否消除或消除湿陷深度及地基承载力是否满足设计要求。同时控制最后两击夯沉量之和不大于15 cm,之差不大于8 cm。根据试验数据,判定达到要求湿陷处理深度时和夯击能所对应的最佳含水量、夯击量、干密度及承载力。以最佳夯击次数对应的夯沉量,干密度及承载力作为施工控制指标^[6]。

5 强夯施工参数的确定

强夯施工参数应依据工程场地的土质情况和具体工程质量要求以及试夯参数确定。主要参数有:强夯设备、夯锤与落距;夯点的布局与间距;有效加固深度;单点夯击数及夯击变数;夯击间歇时间^[7]。

6 施工程序及要点

1) 清理场地:强夯前,对施工场地进行清理整平。

2) 夯点布置及间距:主夯按夯点间距4~6 m正方形布置。副夯点穿插在主夯点位中间,仍按间距4~6 m布置满夯,夯点彼此搭接1/4连续夯击。夯点放样用石灰桩表明位置。每遍夯击前及夯击后均测量地面标高,计算下沉量。

3) 夯击就位,进行第一遍主夯夯击:夯锤采用圆柱形夯锤,夯锤直径 2.5 m,高 1.2 m,地面面积 4.9 m^2 ,锤重 16.12 t.主、副夯及满夯均用此锤.第一遍夯击落距采用 13.5 m.夯击能为 $2\ 133 \text{ kN}\cdot\text{m}$.夯击就位后,将夯锤按设计夯击能起吊至预定高度.脱钩下落,放下吊钩,测量锤底倾斜度.当倾斜度大于 30° 时,应将夯坑填平后再进行夯击,主夯夯击,每点夯击 4 击.按上述间距,正方形布置并做好详细记录^[8].

4) 移动位置,进行下一点夯击,直至完成第一遍夯击.

5) 主夯完成后,静置一周,待孔隙水压力消失后,推平夯坑,准备副夯.

6) 重新测量定位.按上述要点进行副夯施工.副夯每个点同样夯击 4 锤,夯击能与第一遍相同,夯完以后,间隔一周,推平夯坑准备满夯.

7) 满夯处理:满夯时夯锤落距为第一遍主夯时落距的一半,采用 6.7 m.夯击能力 $1\ 050 \text{ kN}\cdot\text{m}$.满夯时,夯点彼此搭接 $1/4$ (捶地面积),夯击测量标高.

8) 夯坑若有积水,应排除以后才能推平夯坑.

7 施工过程中质量控制要点

7.1 强夯施工中需要测定的数据

1) 夯前场地标高,各遍夯后平整标高.

2) 由各遍夯点最后三击的夯沉量,计算出夯坑的总下沉深度,各遍在整个夯区内均匀地选一定数量的点测每一击的下沉量,作为与试夯比较和检测的参考.满夯只在开始时,以贯入度控制,得到锤击数,以后以此数为准夯击^[9].

3) 强夯中若发现地面变化较大时,需做沉降观测.

4) 强夯形成的夯坑直径,主要在试夯时测定,作为计算土体压缩及填料量的参考.

5) 对有填料要求的强夯,需记录各夯的填料数量.

7.2 施工要求

1) 施工必须用仪器准确放出夯点中心位置,并划出圆圈,施夯时对点要准.

2) 必须按规定的起高度,锤击数和控制指标施工,不得随意改变.

3) 施工中发现偏锤,应重新对点.

4) 施工中如发现歪锤时,需要用填料(或土)将坑底填平,才能继续施夯.

5) 如夯锤气孔堵塞,应立即开通.

6) 表层过干(尤其是满夯)应采取增加含水量的措施.

7) 雨期施工,要防止雨水浸泡现场,夯坑内有积水应及时排除后方可施工.

8) 强夯中的满夯是重要的一环,必须精心施工,否则表层质量不好,将造成沉降过大和发生不均匀沉降.冬期施工,不宜进行满夯^[10].

7.3 施工注意事项

1) 采用强夯法时,土的含水量至关重要,土的天然含水量宜低于塑限含水量 $1\% \sim 3\%$ 或液限含水量的 0.6 倍.在拟夯实的土层内,当土的天然含水量低于 10% 时,其增湿值接近最佳含水量;当土的天然含水量大于塑限含水量 3% 以上时,应晾晒减小含水量.

2) 对于湿陷性黄土处于或略低于最佳含水量,空隙内一般不出现自由水,没夯完一遍不必等空隙水压力消散,可连续夯击,减少吊车移位,提高强夯施工效率,减低工程造价.

3) 要消除黄土层湿陷性的有效湿度,应根据试夯结果确定.在设计要求消除湿陷性的深度内,土的湿陷性系数均应小于 0.015.

4) 严格按照要求进行逐点夯击,每击一次,观测一次高程并记录.用同样的方法完成一个夯点的夯击,并观测此夯点的总沉降量和高程记录.发现因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时,应及时将夯坑底整平.

8 强夯处理的检测与效果

8.1 施工时现场检测控制指标

1) 夯沉量:每次夯击后观测记录,并计算最后两击夯沉之和不大于 15 cm ,之差不大于 8 cm .

2) 湿陷性系数:检测土的湿陷性系数是否小于 0.015.

3) 承载力:参考值大于天然地基承载力.

4) 干密度:参考值大于天然干密度.

8.2 强夯效果的检测数量与方法

质量检测的数量,应根据场地复杂程度和建筑物的重要性决定,对于简单场地上的一般建筑物,每个建筑物地基的检测点不应少于 3 处;对于复杂场地或重要建筑物地基应增加检测点数.检测深度应不小于设计处理的深度.

质量检测的方法,宜根据土性选用原位测试和室内土工试验,对于一般的工程应采取两种或两种

以上的方法进行检测;对于重要的工程项目应增加检测项目,也可做现场大压板载荷试验。

为了检验强夯的加固及处理液化效果,强夯后7天应选择有资质的检测单位对强夯区域进行平板载荷试验,土工取样试验,标准贯入试验,重型动力触探试验。

1) 平板载荷试验.

平板载荷试验是现场采用707 mm × 707 mm 压板,慢速维持荷载法,千斤顶分九级加荷,压板埋置深度在设计基础底板下约0.10 m,在荷载板上对称安置4个百分表观测地基土沉降量及各级荷载相对稳定情况.静载点主要布置于独立基础部分场地,共进行10个检测点荷载试验,以评价夯后地基的承载力。

2) 土工取样试验.

现场使用XY-1型工程钻机,采用 $\varnothing 110$ mm 钻具开钻,在设计处理深度范围内进行取芯钻进.在钻孔中采用重锤击入法采取原状土样送试验室试验.取样主要在填土中进行,测试指标主要有地基土的压缩模量、天然含水量、孔隙比、抗剪强度及浅层土的渗透系数等指标。

3) 重型动力触探试验.

现场使用XY-1型工程钻机,采用重型动力触探钻头,穿心锤重63.5 kg,自由落距76 cm.整个场地内均有布置.在夯前、夯后布置6个和12个检测点以评价地基土均匀性,并评价填土的承载力。

4) 标准贯入试验.

现场使用XY-1型工程钻机,采用标准贯入器,穿心锤重63.5 kg,自由落距76 cm,标准试验的实验间距为1.0 m.整个场地均有布置.评价夯前、夯后地基承载力等力学指标,并判断水下砂土的液化情况。

8.3 处理效果分析

据观测,强夯后地基平均下沉0.52 m,夯击点周围没有隆起现象,在夯击截面2 m范围内,标高都有下降.通过现场测试,地基承载力提高1~2倍.通过强夯,达到了预期效果和设计要求,效果显著。

9 总结

强夯法在处理湿陷性黄土时有下列一些特点^[11]。

9.1 优点

1) 施工快速,设备简单,工艺方便;2) 应用范围广,加固效果好;3) 需要人员少,施工速度快;4) 不消耗水泥、石灰、砂石料,节省投资。

9.2 缺点

1) 强夯理论不成熟,必须采用现场试夯才能确定强夯参数;2) 振动大,有噪音,在靠近建筑物、居民区处不宜采用;3) 强夯的振动对周围建筑物的影响研究不足。

参考文献:

- [1] 李长江, 范广平, 李加华. 关于湿陷性黄土路基强夯处理的探讨[J]. 吉林交通科技, 2004(3): 6-8.
- [2] 夏涛. 强夯试验在加固水电站砂卵石河床坝基中的应用[J]. 葛洲坝科技, 2010(6): 83-84.
- [3] 秦川, 刘琦, 秦燕. 采用孔内强夯法处理湿陷性地基[J]. 陕西建筑, 2008(2): 48-51.
- [4] 罗宇生. 夯实法处理湿陷性黄土地基的效果[J]. 陕西建筑, 2005(5): 19-22.
- [5] Gruber T R. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.
- [6] 魏会道. 强夯技术在高速公路路基施工中的应用[J]. 陕西水利, 2009 科技专刊: 50-51.
- [7] 韩正卿, 黄永东. 强夯法在湿陷性黄土路基施工中的应用[J]. 山西建筑, 2009(7): 299-300.
- [8] 赵庆彬. 强夯加固湿陷性黄土路基试验段的过程分析[J]. 中外公路, 2009(6): 32-35.
- [9] 曹学强. 强夯处理湿陷性黄土在离军高速公路中的应用[J]. 山西建筑, 2009(12): 301-302.
- [10] 马龙. 湿陷性黄土强夯处理在凤永高速公路中的应用[J]. 科技信息, 2009(29): 167.
- [11] 张国彬. 强夯法处理湿陷性黄土路基工程的评价[J]. 北方交通, 2009(9): 12-14.