

强夯法加固河堤地基的效果分析

——以日东高速济宁西连接线为例

王超

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100)

摘要:以日东高速济宁西连接线 K11 段强夯为例,对强夯前后的河堤地基进行了对比勘察研究。结果表明,强夯后,地基土的密实度、重度及干重度增加,孔隙比、粘聚力、内摩擦角、压缩模量明显比强夯前减小,同一深度土层标贯击数有所增加,土的锥尖阻力和侧摩阻力也有不同程度的提高,对比不同深度孔隙比变化的幅度和强夯前后锥尖阻力和侧摩阻力变化曲线,得出了强夯的有效加固深度。

关键词:强夯;加固;效果分析;日东高速;济宁市

中图分类号:TU472

文献标识码:B

引文格式:王超.浅谈强夯法加固河堤地基的效果分析[J].山东国土资源,2015,31(12):62-65.WANG chao. Effect Analysis on Reinforcement of Dike Foundation in Jining City by Using Dynamic Compaction Method——Setting Connection Line in West of Jining City of Ridong High-speed as an Example[J].Shandong Land and Resources, 2015,31(12):62-65.

济宁市公路管理局拟建日东高速济宁西连接线,该连接线位于京杭运河东岸原河堤处,需对运河东岸河堤加宽至 27 m,连接线路基多数地段位于原河堤上,经现场勘察,河堤处地基浅部为厚度 5~8 m 的素填土,由于原河堤处属于多年未压实填土地段,经夯前勘察结果显示,地基土容许承载力、密实度等各项物理力学指标均不满足建设该道路的设计要求,为减小不均匀沉降等对道路的危害。建设方拟采用强夯的施工工艺对表层的素填土进行加固处理。对比 K11 段夯前夯后的岩土工程勘察资料,了解了强夯加固地基的效果,为该工程的设计、施工提供了技术依据。

1 强夯处理原理及场区技术参数

强夯法又叫动力固结法,是用起重机械将质量 8~30 t 的重锤(最重可达 200 t)起吊到 8~20 m 的高度(最高为 40 m)自由落下,给地基以强大的冲击能量,在土中产生瞬时冲击波和冲击应力,迫使土体的孔隙被压缩。土体在压缩过程中局部液化,在夯击点周围产生了裂隙,形成良好的排水通道,将孔隙

水和气体排出,使得土粒重新排列,经时效压密达到固结,降低土的压缩性,达到了加固地基的效果,从而提高了地基的承载力。强夯法是一种施工简单、技术上成熟、经济实用的地基处理方法,并得到广泛的应用^[1-6]。

建设方选择 K11 段作为试夯段,强夯施工设备采用带自动脱钩装置的履带式起重机,夯锤重为 25 t,落距为 12 m,其底面形式为圆形,强夯单击夯击能选用 1 500 kN·m,满夯单击夯击能为 800 kN·m,夯击 3 遍,前 2 遍为间隔点夯,为 5~6 击,最后一遍为满夯。锤底静压力值取 30 kPa,锤的底面宜对称设若干个与其顶面贯通的排气孔,孔径 250 mm,两遍夯击间隔时间不少于一周,使孔隙水消散达到 85%以上^[4]。强夯前及强夯后对相同的场地均进行了岩土工程勘察工作,通过钻探取土样进行室内土工试验^[6],对比强夯加固前后土的物理力学指标的变化来判断加固的效果;标准贯入试验用于确定地基的容许承载力及地基的物理力学性质变化情况,钻孔深度设计均为 15 m。静力触探试验用来对比地基土的强夯前后锥尖阻力及侧摩阻力的变化情

收稿日期:2015-03-03;修订日期:2015-04-11;编辑:曹丽丽

作者简介:王超(1979—),男,山东济宁人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:13953738216@163.com

况^[6]。

2 强夯前场地工程地质条件及地基土特性

场区处于汶河冲洪积平原区,为河谷微地貌单元,勘探深度内地层以素填土、亚粘土和粘土为主,河堤坝处表层为素填土,堤坝下为原土地层,地下水稳定水位埋深 3.30~8.80 m,其相应稳定水位标高约 34.15 m,钻探揭露深度内地层特征见表 1。

表 1 场区钻探揭露深度内地层厚度

层号	岩性	厚度 (m)			层底标高 (m)			埋深 (m)		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
①	素填土	5.5	8.2	6.4	32.44	33.32	32.95	5.5	8.2	6.4
②	粘土	0.3	1.9	1.04	32.80	33.64	33.14	3.9	9.8	6.8
③	亚粘土	2.1	3.2	2.6	30.05	31.2	30.65	6.0	12.3	9.2
④	亚粘土	1.0	2.9	1.9	27.78	29.66	28.76	7.5	13.7	10.7
⑤	亚粘土	0.8	2.0	1.5	28.30	29.5	29.0	12.5	13.4	13.0
⑥	粘土	未揭露								

(1)素填土(地层层号①)。灰黄色,黄褐色,稍湿,中密,含姜石结核及氧化条带,以粘土为主,土质不均,上部土质干,底部土质稍纯,系筑堤形成。

(2)粘土(地层层号②)。棕褐色,灰褐色,硬塑,含铁锰质结核及氧化条带,偶见贝壳及姜石结核,见灰色条带,干强度及韧性高,切面光滑,无摇振反应。

(3)亚粘土(地层层号③)。灰黄色,浅灰色,硬塑,含氧化铁及少量姜石结核,底部姜石富集,见灰色条带,干强度及韧性中等,稍具光泽,无摇振反应。

(4)亚粘土(地层层号④)。黄褐色,硬塑,含氧化铁条带及少量姜石结核,干强度及韧性中等,切面稍具光泽,无摇振反应。

(5)亚粘土(地层层号⑤)。褐黄色,硬塑,含云母片,偶见姜石结核,夹亚砂土及细砂薄层,干强度及韧性中等,稍具光泽,无摇振反应。

(6)粘土(地层代层⑥)。黄褐色,兰灰色,硬塑,含氧化铁及灰色条带,偶见姜石结核,局部夹亚粘土薄层,干强度及韧性高,切面光滑,无摇振反应。

通过强夯前的勘察和试验,场区地基土的基本特征是:①~③层地基承载力容许值 $[\sigma_0]$ 地基承载力低,在 120~140 kPa 之间。①~③为中低压缩性,不存在可液化地层。场地地基土在强夯影响深度内主要为素填土、粘土、亚粘土,其地层条件适合强夯法进行地基处理,且场地处于郊外,场地空旷,具备强夯施工的外部条件。

3 夯后效果检验

3.1 钻孔取样及室内试验

通过室内试验了解夯击前后土的物理力学性质指标的变化,以便判断强夯加固效果。测试项目包含土的含水率、比重、重度、干重度、孔隙比、液限、粘聚力、内摩擦角、压缩系数、压缩模量、前期固结压力。第①层素填土及第②层粘土物理力学性质指标变化情况见表 2、表 3。

表 2 第①层素填土物理力学性质指标变化情况

指标	W (%)	G _s	γ(kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	e	Sr (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p	I _L	C (kPa)	Φ (°)	a ₁₋₂ (MPa ⁻¹)	E _{s1-2} (MPa)	N (击)
夯前	19.8	2.75	19.0	15.8	0.712	79	41.4	20.4	21.0	<0	44.5	23.5	0.24	10.34	11
夯后	20.5	2.75	19.6	16.3	0.659	85	42.4	21.2	21.2	<0	57.2	27.3	0.16	12.08	13
提高率	3.5%	0	3.2%	3.2%	8.0%	7.6%	2.4%	3.9%	1.0%	0	28.5%	16.2%	50%	16.8%	18.2%

表 3 第②层粘土物理力学性质指标变化情况

指标	W/%	G _s	γ(kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	e	Sr (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p	I _L	C (kPa)	Φ (°)	a ₁₋₂ (MPa ⁻¹)	E _{s1-2} (MPa)	N (击)
夯前	40.4	2.76	17.5	12.3	1.214	96	77.5	31.5	46.1	0.19	44.6	12.1	0.36	6.43	6.8
夯后	40.7	2.76	17.5	12.3	1.209	96	87.9	36.6	51.2	0.20	44.9	13.6	0.36	8.01	6.8
提高率	0.7%	0	0	0	0.4%	0	13.4%	16.2%	11%	5.3%	0.7%	12.4%	0	24.6%	0

不同深度强夯前后孔隙比变换情况如图 1、图 2、图 3 所示,说明强夯的效果及加固深度。

本试验段位于原河堤处,河堤表层地基为堆填年代不详的未经压实素填土,上部 4 m 以内素填土含水量低,土质较硬,富含姜石结核,杂质含量较少,局部土质不均匀,为中—低压缩性土层。经过强夯

以后,从土样化验结果上看,地基土明显比夯前密实,重度及干重度增加,孔隙比、粘聚力、内摩擦角、压缩模量减小;土样的变化也从标贯击数上得到验证,夯后的同一土层的同一深度处标贯击数都有所增加。从不同深度试夯前后孔隙比变化图上看,强夯的冲击能到达 6.0 m 左右的深度时,孔隙比减少

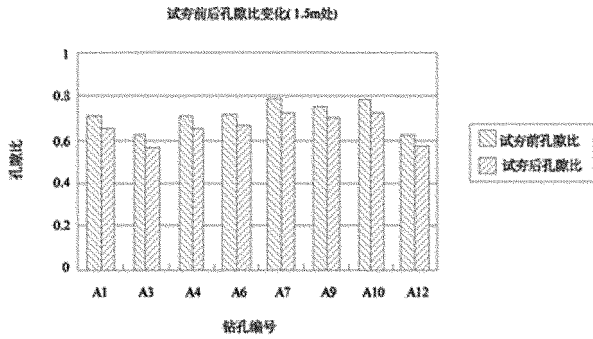


图 1 第①层 1.5m 处孔隙比变化

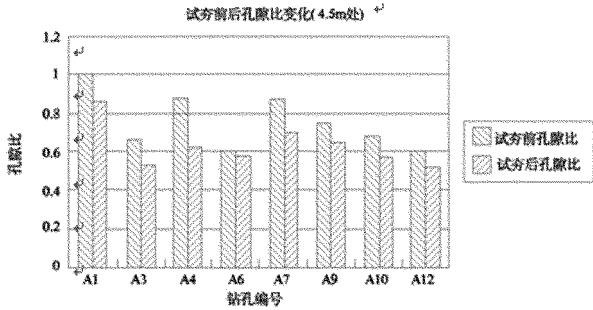


图 2 第②层 4.5m 处孔隙比变化

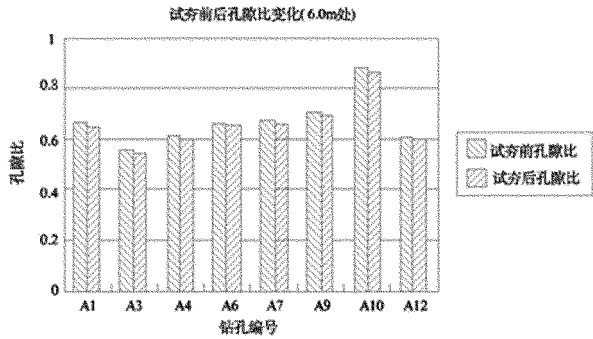


图 3 第③层 6.0m 处孔隙比变化

就非常有限了,因此,该次强夯的有效加固深度在 6.0m 左右^[5]。

3.2 静力触探试验

通过静力触探试验了解夯击前后土的锥尖阻力及侧摩阻力的变化,可以判断强夯加固效果^[6]。第①、②层强夯前后锥尖阻力及侧摩阻力变化见表 4、图 4、图 5、图 6。

表 4 A3, A9 钻孔第①、②层强夯前后锥尖阻力及侧摩阻力变化

钻孔		夯前数据			夯后数据		
		A3	A9	统计结果	A3	A9	统计结果
①层	qc (MPa)	1.215	1.510	1.371	1.458	1.801	1.654
	fs (kPa)	82.3	81.8	82.0	98.8	98.2	98.6
②层	qc (MPa)	0.584	0.535	0.562	0.585	0.534	0.562
	fs (kPa)	34.9	26.8	31.3	34.8	26.9	31.3

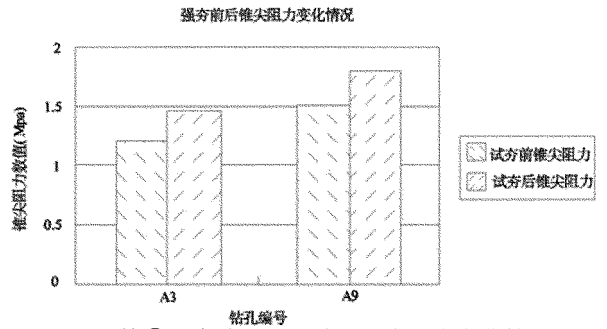


图 4 第①层素填土强夯前后锥尖阻力变化情况

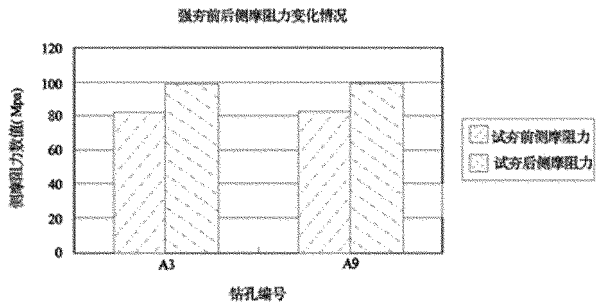


图 5 第①层素填土强夯前后侧摩阻力变化情况

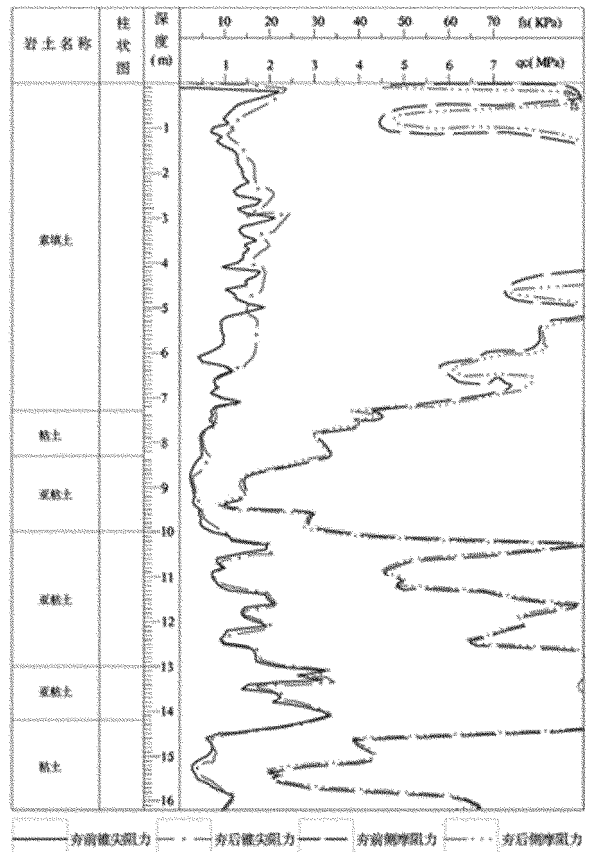


图 6 A3 钻孔夯前夯后锥尖及侧摩阻力变化曲线

从表 4 及图 4、图 5、图 6 看,该试验段强夯影响

层位为第①层素填土,影响深度约为 6.0 m 左右,夯后地基土在 6.0 m 以浅,锥尖阻力及侧摩阻力均得到了不同程度的提高^[5],而 6.0 m 以深锥尖阻力及侧摩阻力指标变化不大,因此本试验段的夯击能量传递到 6.0 m 后影响就很小了。

4 结语

场区通过强夯后,对比土工试验数据、标准贯入试验数据和静力触探试验数据,地基土同一深度处明显比强夯前更密实,重度及干重度大幅增加,孔隙比、粘聚力、内摩擦角、压缩模量不同程度的减小、同一深度处标贯击数都有所增加,土的锥尖阻力和侧摩阻力也不同程度的提高,对比不同深度孔隙比变化的幅度和强夯前后锥尖阻力和侧摩阻力变化曲线,提出了该次强夯的有效加固深度为 6.0 m。通过对地基土的强夯处理,大幅提高了上部地基土的容

许承载力加强了地基的均匀性,改善了地基土的物理力学性质,减小了路基范围内的不均匀沉降对道路造成的危害。

参考文献:

- [1] 朱宏光,杨辉.地基处理—强夯法施工方案浅谈[J].科技信息,2008,(35):577-578.
- [2] 李浩,刘东甲,侯超群.强夯法对杂填土地基处理效果的实例分析[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2012,(6):100-105.
- [3] 卢秋宏.强夯法地基加固处理案例分析[J].土木建筑学术文库,2012,(16):117-120.
- [4] 刘平.强夯加固技术在某河堤路基施工中的应用探讨[J].华东公路,2007,(6):75-77.
- [5] 叶观宝,陈望春,徐超.强夯法地基处理有效加固深度的分析研究[J].上海地质,2003,(3):26-29.
- [6] 王明星,文红霞.强夯法处理地基的检测方法分析研究[J].黑龙江科技信息,2013,(29):216-217.

Effect Analysis on Reinforcement of Dike Foundation in Jining City by Using Dynamic Compaction Method

——Setting Connection Line in West of Jining City of Ridong High-speed as an Example

WANG Chao

(Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: Setting segment consolidation of K11 section in Ridong high-speed connection line in west of Jining city as an example, the embankment foundation before and after the compaction has been surveyed and studied comparatively. It is showed that after dynamic compaction, soil compactness, severe and dry density have been increased, while void ratio, cohesion, friction angle and compression modulus have been decreased obviously. At the same soil depth, SPT blow count has been increased, soil cone tip resistance and side friction have been increased in certain level. Comparing amplitude variation at different depth, cone tip resistance and side friction drag resistance change curve after strong compaction, effective reinforcement depth of dynamic consolidation has been obtained.

Key words: Dynamic compaction; reinforcement; effect analysis; Ridong high-speed