

填土地基强夯试验监测研究

叶建辉 黄蓬源

(福建地震地质工程勘察院厦门分院)

摘 要

本文简要介绍福建漳州某地填土地基强夯试验监测项目,利用钻探、原位测试及孔隙水压力、水平位移、螺旋沉降、磁性分层沉降、水位及沉降标观测等试验监测手段,对强夯加固填土地基试验进行监测研究,并对强夯效果作出评价。

关键词:强夯,填土地基,监测试验。

一、前 言

自从六十年代末由法国 Menard 技术公司首创强夯法加固地基以来,强夯法加固软土、填土地基的应用在我国得到迅速发展,本工程利用开山料填海,形成较厚层的填土地基,本项强夯试验监测工程,利用一系列监测、检测手段,对试验区进行强夯监测,并对加固效果作出评价,在此简要介绍以供参考,并求赐宝贵意见。

二、强夯试验概况

强夯试验区面积为 $20 \times 20 = 400\text{m}^2$,试验区已填方整平,自地面以下地基土自上而下分为四层:

1)层人工填土,岩性居分系开山料,上部由粘性土夹碎石,块石组成,中下部由碎石,块石,大块石夹粘性土组成。块石最大粒径 $0.60 - 0.70\text{m}$,花岗岩成分,层厚 $12.2 - 17.40\text{m}$ 。

2)层残积砂质粘土,系花岗岩风化而成,夹少量的砂及砾砂,可塑-硬塑状态,厚度较薄,仅 $0.20 - 0.70\text{m}$ 。

3)层强风化混合花岗岩,灰黄色,褐黄色,厚度 $0.40 - 1.20\text{m}$ 。

4)层中风化混合花岗岩,灰黄色,褐黄色,该层未揭穿。

强夯设计要求场地回填土层加固后压缩模量 $E_s \geq 12.0\text{MPa}$,承载力标准值 $f_k \geq 250\text{KPa}$,压实系数 ≥ 0.97 ,强夯影响深度 $\geq 8.0\text{m}$ 。强夯试验采用 400KN 重的吊锤,吊车采用自动脱锤装置,夯点间距为 4.0m ,正方形布置。强夯分二遍夯,第一遍夯分三次,第一次(夯点为 $1 \sim 15$)、第二次(夯点为 $16 \sim 30$)为间隔跳打,每夯点击数为 10 击,第三次(夯点为 $1 \sim 30$)夯至最后两击平均夯沉量 $\geq 50\text{mm}$,单夯击能均为 $4000\text{KN} \cdot \text{m}$;第二遍夯为普夯,单夯击能为 $1000\text{KN} \cdot \text{m}$,每点 2 次。夯点布置详见附图 1。

三、强夯监测项目布置

试验区监测项目的布置见图 1。



图 1 强夯试验区监测项目及夯序布置图

(一) 钻探取土试验及原位测试

通过在试验前、试验后分别钻探取土进行土工试验取得物理力学指标变化,来判断加固效果。

利用标贯试验和超重型动务触探试验来确定强夯加固后的地基承载力,检验强夯加固效果。

(二) 9m² 平板载荷试验

采用快速法进行试验,试验加荷按附表 1 进行,以承载力标准值 250KPa 所对应的极限荷载 4500KN 为最大试验荷载,或以试验达到破坏标准即终止加载。

表 1 试验加载表

载荷板面积 (m ²)	最大试验荷载 (KN)	第 1 级荷载 (KN)	第 2 级荷载 (KN)	第 3 级荷载 (KN)	第 4 级荷载 (KN)	第 5 级荷载 (KN)	第 6 级荷载 (KN)	第 7 级荷载 (KN)	第 8 级荷载 (KN)	第 9 级荷载 (KN)
9	4500	900	1350	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500

(三) 孔隙水压力观测及水平位移观测

孔隙水压力计分别埋设于地面下 3.0、4.5、6.0、7.5、9.0、11.0 米位置,在强夯过程中,各夯点每夯 5 次,各测量 1 次。

采用 CX-01 型测斜仪进行水平位移观测,测斜管埋设深度 12.0m,在强夯过程中,

各夯点每夯5次,各测量水平位移值1次。

(四)磁性分层沉降观测

采用分层沉降仪进行沉降观测,分层沉降管理埋设深度12.0m,每隔2.0m处固定1只磁性环,在强夯过程中,各夯点每夯5次,各测量沉降值1次。

(五)螺旋沉降观测

分别于3.0、5.0、7.0、9.0m的深度埋设螺旋沉降杆和螺旋沉降杆护管,采用水准仪进行沉降观测,在强夯过程中,各夯点每夯5次,各测量沉降值1次。

(六)水位观测及沉降标准观测

分别在观测点埋设花管及沉降标(间距1.0m),花管埋设深度8.0m,采用水位计进行观测,采用水准仪进行沉降观测,在强夯过程中,各夯点每夯5次,各测量水位及沉降标准起值1次。

四、强夯效果分析

根据以上监测项目布置所取得的资料,简要介绍试验区强夯的效果及监测成果分析。

(一)钻探取土试验及原位测试

根据强夯前、后土的物理学性质指标测试成果表明,干重度、孔隙比、压缩性指标等大多均有所改善,尤其以压缩性指标最为显著,但因回填土质的不匀性,导致部分指标离散性较大,详见附表2。

表2 土的物理力学性质指标对比表

土样编号	取样深度	干重度 γ_a	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩系数 a_{1-2}	压缩模量 E_{S1-2}	备注
6-1	2.30-2.50	16.4	0.60	12.3	-0.13	0.19	9.00	夯前
6-2	4.60-4.80	17.8	0.48	14.8	-0.38	0.18	9.40	夯前
13-1	1.90-2620	17.50	0.52	14.9	-0.52	0.10	15.9	夯后
13-2	4.00-4.20	17.3	0.53	13.8	-0.54	0.12	13.1	夯后
9-1	1.30-1.50	17.1	0.54	12.7	-0.56	0.10	16.4	夯后
9-2	3.00-3.20	16.3	0.62	14.7	-0.45	0.12	13.9	夯后

原位测试成果表明,夯后回填层的标贯击数和超重型动力触探贯入击数均有所提高,但离散性亦较大。据有关规范确定的地基标准承载力 f_k 达300KPa,压缩模量 E_s 标准值达到15.0MPa,均超过强夯设计要求($f_k \geq 250$ KPa, $E_s \geq 12.0$ MPa)。

(二)9m²平板载荷试验

试验最大荷载为4500KN,两个试验点最大沉降分别为30.14,33.23mm,残余沉降分别为25.28,28.54mm,地基极限承载力均不小于500KPa,变形模量平均为38.0MPa。

(三)孔隙水压力观测及水平位移观测

为获取较完整资料,强夯作业夯击顺序原则上由远到近,但当夯击到测点附近时,由

于强夯使土体产生较大的侧向位移和很大的垂向沉降,最终导致观测设备的破坏,无法取得完整的资料。据观测成果,强夯对孔隙水压力和超静孔隙水压力的影响为:水位以下观测值变化较大,孔隙水压力值在 16.80~61.18KPa,超静孔隙水压力值在 0~9.48KPa。强夯对超静孔隙水压力的影响:垂向上,影响深度达 11.0m 以上,6.0~9.0m 深度范围内变化最明显;水平方向上,夯点距测点距离超过 10.0m 时,观测值几乎不受影响。孔隙水压力消散情况,在几小时后已大部分消散,不影响遍与遍间的连续夯击施工。

强夯对水平位移的影响:最大水平位移在地表,两个测点的观测值分别为 86.69, 110.97mm,最大影响范围约 6.0m;垂向上,侧向位移影响深度在 9.0m 以内。

(四)磁性分层沉降观测

由于强夯使土体产生较大的侧向位移和很大的垂向沉降,在夯击中导致测管被挤断,无法取得完整的资料,据观测资料,埋深 8.0m 处沉降 3mm,埋深 10.0m 处无沉降,即影响深度为 8.0~10.0m;水平方向上,影响范围达 6.0m 以上。

(五)螺旋沉降观测

由于强夯使土体产生较大的侧向位移,在夯击中导致螺旋沉降测杆被挤断,无法取得完整的资料,据破坏前的观测成果,强夯对螺旋沉降的影响深度超过 9.0m,观测到的沉降值在 5~111mm;水平方向上影响范围约 8.0m,在 2.0m 范围内,影响最大。

(六)水位观测及沉降标观测

据观测资料,水位主要受海潮影响,强夯对水位的影响相对很小,试验期间水位变幅最大达 3.52m。

沉降标的隆起观测最终成果表明,最大隆起值产生在试验区边缘观测点,两侧最大隆起值分别为 53mm,157mm,往外围方向逐渐递减,影响范围约 5.0~6.0m。详见附表 3。

综合以上孔隙水压力,水平位移,分层沉降,螺旋沉降,及沉降标的监测成果分析,强夯有效影响深度可达 9.0m,有效影响半径在 4.0~6.0m,根据钻探试验及原位测试成果,试验区强夯加固效果满足设计要求。

表 3 沉降标 $S_{u1} - S_{u14}$ 隆起值一览表

S_{u1}	S_{u2}	S_{u3}	S_{u4}	S_{u5}	S_{u6}	S_{u7}
53	21	8	6	2	0	0
S_{u8}	S_{u9}	S_{u10}	S_{u11}	S_{u12}	S_{u13}	S_{u14}
157	22	6	3	2	1	0

为强夯结束后最终隆起值

五、存在问题及不足之处

1. 在钻探施工中发现,回填土大部分系开山料,成分不一,夹有碎石,块石,大块石,最大粒径 0.60~0.70m,差异较大,造成土工试验及原位测试成果离散性较大,该试验检测手段具有一定的局限性。

2. 因场地系填海而成,地下水位变化主要为海潮影响所致,强夯试验中水位的观测

未能反映强夯对水位的影响,该试验监测手段基本没达到目的,除非在试验前先取得海潮对地下水的周期影响变化成果,而在强夯试验中采用自动水位计进行水位监测才可剔除海潮影响。

3. 在孔隙水压力,水平位移,磁性分层沉降及螺旋沉降观测试验中,因土层岩性成分差异太大,造成在强夯中土体产生了过大的侧向位移及挤压沉降,使试验监测设备遭到破坏,未能取得圆满完整的观测资料,应在填土过程中加强对填料的筛选工作,以利后续工程的顺利施作。

4. 从本次的强夯监测试验成果可知,监测试验成功与否关键在于监测点位置的布置及结合监测项目进行强夯夯序的正确安排上。

参考文献

- [1]地基处理技术,冶金工业出版社,1989。
- [2]岩土工程手册,中国建筑工业出版社,1994。

Monitoring Research of Strong Punning test on Ground Fill foundation

Ye Jianhui Huan Pengyuan

(Xiamen sectional institute, Institute of Fujian Seismogeology Engineering Prospecting)

Abstract

In this paper, we introduced the monitoring project of strong punning test on the ground fill foundation in Zhanzhou, Fujian province. Using the monitoring means such as prospection drilling, testing in original site, pore water pressure, houizontal displacement, helical sinking, magneto-layer sinking, water level as well as sinking mark observation etc., we carried out the monitoring research on the test of using strong punning so as to reinforce ground fill foundation and evaluated the results of strong punning.

Keywords: Strong punning; soil-filled ground base; Monitoring testing.