

强夯联合塑料插板堆载预压法在陈海公路中段软基处理中的应用

朱兆勇 陶伟 赵永强

(上海科达市政交通设计院, 上海 200030)

摘 要 现场实测数据和检测结果表明:强夯联合塑料插板堆载预压法是软基处理中比较好的方法,有重要的工程价值和推广意义。

关键词 强夯 堆载预压 软土地基

1 前言

在软土地基修筑高等级公路,技术关键是控制路堤的工后沉降满足规范要求,尤其在桥坡交界处为了减轻或者消除桥头跳车的影响,在工程实践中应用了多种地基加固技术和方法,这些方法有些是以时间为代价,有些则是以投入大量的资金为前提。随着我国近年来高等级公路建设的蓬勃发展和全面兴建,很有必要寻找一种施工周期短、投资少、见效快、质量高的软弱地基加固技术。本文结合陈海公路中段的工程实践,对软土强夯联合塑料插板堆载预压法加固软土地基的技术进行介绍和分析,以期对软土地区建设高等级公路提供一些有益的经验。

2 强夯联合塑料插板堆载预压法加固软基原理

软土强夯联合塑料插板堆载预压是针对软土的工程特性,综合强夯法、塑料插板堆载预压法而形成的一种加固软土地基新技术。其加固原理是:以强夯动力在影响深度范围内的土中产生附加应力,同时在粘性土产生水平向微裂缝,强夯期间给以充分的排水时间,让土中超静压孔隙水得以沿人为设置的以竖向排水系统和土中的微裂缝中排出;强夯结束后进行路堤堆载预压,加速深层软土的排水固结,使深层软土的压缩性降低、强度增加。因此经过加固后整个地基土在浅部一定范围内形成承载能力较高、压缩性较低的硬壳层,同时深层软土也得到了有效的加固。

在施工周期方面,软土强夯法每遍加固间歇时间是以软土中超静压孔隙水的排出为依据,其施工周期较通常的软基加固方法都要短,尤其在人为设置了排水体的情况下,一般 5-6 遍的强夯时间仅为一个半月;同时,强夯后浅层土形成厚硬壳层,由于其强度大、稳定性高,可以大大增加每次堆载的高度和堆载的速度、缩短堆载预压的时间。

综上所述,软土强夯联合塑料插板堆载预压法加固软基具有施工周期短、见效快、造价低等特点。

3 工程应用及结果

3.1 试验桥坡概况

所选试验段位于陈海公路中段 k19 + 100 ~ k19 + 240,总长约 130m,路基地面宽 40.8m,上宽 26.7m,桥台处的最大填土高度为 4.5m,设计坡面 1: 1.5。

3.2 试验桥坡地质条件

试验区内土层自上而下为:②₁层粉质粘土、②₃₋₁层淤泥质粉质粘土夹砂、②₃₋₂层砂质粉土夹粘土、②₃₋₃砂质粉土、⑤₁层粘土。试验场区典型静力触探见图 1,各层土的物理力学性质指标如表 1 所示:

收稿日期:2004-02-09

第一作者简介:朱兆勇(1970-),男,工程师,毕业于中国地质大学(武汉),现在上海市科达市政交通设计院主要从事岩土工程勘察工作。

表 1 土层物理力学性质指标表

Tab.1 Natural characteristics of subsoils at the field site

土层编号	土层名称	含水量	孔隙比	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量
② ₁	粉质粘土	32.6	0.92	15.9	0.68	0.45	4.22
② ₃₋₁	淤泥质粉质粘土夹砂	37.7	1.17	14.3	1.15	0.72	3.10
② ₃₋₂	砂质粉土夹粘	34.1	0.95			0.36	5.42
② ₃₋₃	砂质粉土	30.8	0.90			0.27	7.17
⑤	粘土	42.6	1.20	17.9	1.11	0.78	2.87

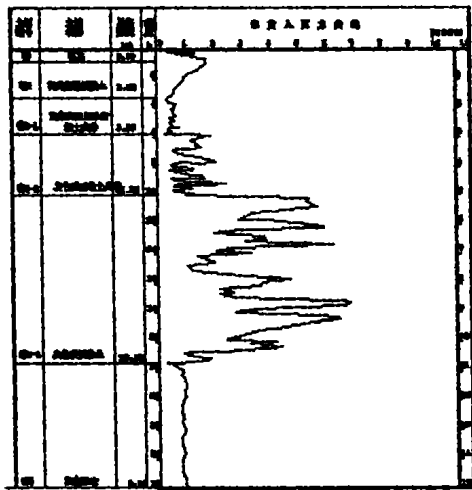


图 1 试验区静力触探曲线图

Fig.1 CPTcurve in the site

3.3 试验桥坡加固方案

为能有效加固浅层土,形成较密实的硬壳持力层,在后续路堤荷载下,深厚软土迅速固结稳定,以满足规范对工后沉降量的要求,同时要降低造价,确定采用软土强夯法联合堆载预压的加固方法,其设计方案如下:

1. 在人工填土表面铺设 50cm ~ 60cm 砂石垫层。

2. 设置水平排水系统:道路中心设纵向盲沟,横向每 25m 设置横向盲沟一条,沿纵向盲沟每隔 50m 设一口集水井,用抽水机抽排水,盲沟采用渗滤土工布包裹级配碎石。

3. 设置垂直排水系统:在铺设完的砂石垫层,按等边三角形布置打设塑料插板,插板间距为 1.0m,插板穿透所要处理的软土层,上端高出排水砂垫层 20cm,塑料插板长 10m ~ 12m。

4. 强夯工艺:根据 Menard 公式设计了重 150KN 的外包钢板钢筋混凝土夯锤,采用落高 12m、最大夯击能量 1800KN · m 的夯击方式,夯击遍数为 3 ~ 4

遍,每遍约 1 ~ 3 击,采取由轻到重、少击多遍、循序渐进的施工工艺。

5. 监测孔隙水压力的消散情况,以超孔隙水压力基本消除为依据确定强夯的间歇时间。

4. 强夯结束后,进行路堤的堆筑,并保证一定的预压时间。

3.4 现场监测结果及加固地基沉降规律

3.4.1 桥坡地基地面点沉降

从 2003 年 11 月 2 日至 2004 年 6 月 19 日,最大地面点沉降—时间关系曲线如图 2 所示。同时根据 2004 年 4 月 3 日现场钻探取土和室内土工试验得出的土性指标进行估算,强夯联合堆载作用下的桥坡地基沉降量为 752mm,从图 2 可以得出,道路施工期间(2003 年 11 月至 2004 年 6 月),最大沉降点的沉降量为 685mm,占估算最终沉降量的 91.1%。由此可以看出,经强夯加固后,经过约半年的堆载预压,地基土约 90% 以上的沉降都在道路施工期间完成。而经过计算分析,若对同一地基土采用纯堆载预压法,在相同塑料排水板间距、深度条件下,地基土欲达到 90% 的固结度则需要至少 540 天 ~ 600 天的时间。所以桥坡地基经过软土强夯联合堆载处理后,其固结过程完成周期是相当短的,完全可以满足规范规定的工后沉降的要求。

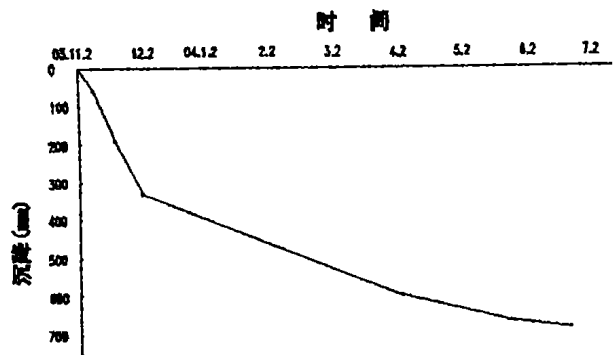


图 2 最大地面点沉降—时间曲线

Fig.2 The maximum ground sefflement vs time curve

3.4.2 桥坡地基沉降速率

表2 沉降速率与时间关系表

Tab.2 The relationships between the speed of settlement and the time

施工时间	天数	沉降量 (mm)	沉降速率 (mm/d)
2003.11.2 - 11.9	7	57.8	8.26
2003.11.9 - 11.19	10	133.1	13.31
2003.11.19 - 12.2	13	138.5	10.65
2003.12.2 - 2004.4.3	123	270	2.20
2004.4.3 - 5.20	47	68	1.45
2004.5.20 - 6.19	30	18	0.60

试验区地面最大沉降点的沉降速率——时间关系如表2所示。从图上可以看出,强夯加固期间地基土的沉降速率较大,第二遍强夯时地基土的沉降速率为8.26mm/d,第三遍强夯时地基土的沉降速率为13.31mm/d,第四遍强夯时地基土的沉降速率为10.65mm/d,但在填筑土路基期间沉降速率明显

减为2.2mm/d,并且随着时间很快趋于稳定,至2004年6月19日沉降速率降至0.25mm/d。

由此可以看出经过强夯对地基的加固,地基土在填土荷载作用下沉降速率值较小,(平均约1.8mm/d),并且经过近半年左右的时间,沉降即趋于稳定,这是单纯堆载预压作用所无法比拟的。这也充分体现了软土强夯处理软土地基在缩短工期方面的优势。

3.4 加固后土性指标的改善

从强夯前后土样的物理力学性质指标可知(表3),试验区12m深度范围内土的指标都有所改善,软土地基主要压缩层②₃₋₁层淤泥质粉质粘土夹砂的压缩模量平均值从夯前的3.10Mpa提高至3.82Mpa,提高了23.2%,②₃₋₂层砂质粉土夹粘的压缩模量平均值从夯前的5.40Mpa提高至8.69Mpa,提高了60.9%,②₃₋₃层砂质粉土的压缩模量平均值从夯前的7.17Mpa提高至9.75Mpa,提高了36%。

表3 强夯前后土工指标比较表

Tab.3 Comparison of the subsoils characteristics before and after Dynamic Consolidation

土层	含水量(%)		孔隙比e		压缩模量 EsMPa		粘聚力 Ck(kPa)	
	夯前	夯后	夯前	夯后	夯前	夯后	夯前	夯后
② ₃₋₁	37.7	35.1	1.23	1.08	3.82	3.10	12	14.5
② ₃₋₂	34.1	30.1	1.05	0.95	8.69	5.40	5.5	7.5
② ₃₋₃	30.8	29.3	0.94	0.92	9.75	7.17	3	4

3.5 加固后土的抗液化性能的改善

试验场区强夯加固前②₃₋₂在Ⅶ度地震烈度下具有液化可能性,图3显示强夯前后在地面以下6m~10m范围内标准贯入试验击数平均值从5.7增加到了10.3,增加了82.5%,根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011-2001,消除了Ⅶ度地震烈度下的液化势。

4 结论

(1)软土强夯法被证明是符合软土特性的有效的软土地基加固方法,本试验所用施工参数基本合理,未造成地基的结构破坏,同时大大加速了土体固结过程,使有效加固深度范围内土体的压缩性明显改善,土体的强度有一定增长。

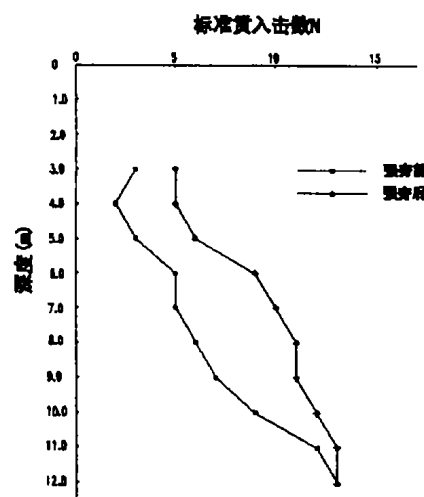


图3 试验区标准贯入试验成果

Fig.3 The testing results of the site by SPT

(2)强夯联合塑板堆载,可使浅层土迅速固结、

压密,提高了土体的强度,确保了堆载稳定性,可加快路堤填筑速度。

(3)利用本方法和工艺,在地面以下 12m 深度范围内地基土的物理力学指标均有所改善,消除了

VII度地震烈度下饱和粉土的液化可能性。

(4)软土强夯联合塑料插板堆载预压法对于高等级公路软土地基加固时间短、费用低、效果明显,具有很好的应用前景和经济社会效益。

Application of Soft Foundation Treatment by Dynamic Consolidation Combination with Prefabricated Vertical Drians and Preloading in Chenghai Road(middle part)

Zhu Zhao - yong Tao Wei Zhao Yong - qiang
(Shanghai Keda Municipal & Traffic Design Institute Shanghai 200030)

Abstract: The field detective results and the laboratory testing results show that Dynamic Consolidation Combination with Prefabricated Vertical Drians and Preloading is a good method in soft foundation treatment and it has a momentous engineering value and will be in good use in the soft foundation treatment.

Key words: dynamic consolidation, prefabricated vertical drians, preloading soft foundation

(上接 25 页)

4 结论

通过加固机理的分析以及其在实际工程中的应用,得到如下结论:

1)利用真空 - 复水联合预压对吹填土及软土地基进行大面积加固效果良好,抽真空 76 天,地基承载力特征值超过 80KPa,承载力增长幅度接近 600% ,场地平均固结度 83. 1% ,工后沉降 6. 3cm,

加固效果明显的深度为 4m。

2)利用覆水进行联合堆载预压,节约了堆载预压材料,降低了工程成本。

参考文献

- [1]邓龙照,柯朝晖. 大面积真空预压在南沙一期工程中的成功应用[J]. 水运工程,2004 .3
- [2]曾国熙,卢肇钧,蒋国澄等. 地基处理手册[M]. 中国建筑工业出版社,1988

Application of vacuum preloading in large and super soft foundation

Shi lingli Qiao jianming
(Shanghai geology and mineral resources exploration CO. , LTD ,Shanghai,200072)

Lu yuling
(Hehai university ,Nanjing,210098)

Abstract: This research analyzed the reinforcing mechanism of vacuum combined surcharge preloading for soft foundations and compared it with vacuum preloading and surcharge preloading. The effect of the method was studied through field observed data and field test by the applying of Suzhou wuyulingxiu practical engineering. The result shows this method is effective in improving the bearing capacity of large and super soft building the foundation.

Key words: vacuum preloading, super soft foundation, improvement effect