

填海区采用强夯处理抛石地基建成大型储罐

徐至钧

(北京恒富房地产开发公司 100070)

(Beijing Hengfu Estate Development CO., LTD.)

摘要 本文介绍采用中等能量级的强夯,处理抛石填海地基上建造 5万 m³ 大型储罐,经 4~5年的长期监测,基础沉降和倾斜均满足了生产使用的要求。

关键词 抛石填海 强夯 大型储罐

ABSTRACT This paper introduces us to use middle-class power heavy-tamping method to deal with the throwing-stone foundations in sea-filling up areas to build 50,000 cubic-metre storage tanks. This paper also says that after 4 to 5 years monitoring, it has been found that the degree of the subsidence and inclining of the foundation can meet the demands of the production use.

KEYWORDS Throwing-stone sea-filling up Heavy-tamping Large scale storage tank

概述

强夯法由于在工程实践中具有加固效果显著、适用土类广、设备简单、施工方便、建设周期短、节约材料和工程造价低等优点,很快得到世界各地推广应用。我国于 1978年开始进行试验,80年代初在取得强夯试验较好的加固效果后,迅速在全国各地推广应用。

石化系统也是在这个时期推广应用了强夯法加固地基。但在填海区采用大块抛石填海,经强夯处理后的地基建造成大型储罐,这是近几年才发展起来的一项工程实践。

本文介绍大连某石化企业,为了解决原油储存问题,从 1990年起至 1992年,陆续在南侧接陆海域填海造地,并在其上建成 5万 m³ 大型原油储罐 4座,其编号为 21[#]、22[#]、23[#]、24[#]。罐体直径 60m,高 18m,设计要求地基承载力标准值为 250kPa,罐基沉降差要求小于 0.004D即 24cm,基础设计为钢筋混凝土环墙式,平面布置见图 1

一、场地工程地质条件

罐区地形由原堤岸向海湾深处倾斜延伸,标高由沿岸的 4.0~5.0m下降了 10~

12m,即基岩标高 -6~-7m,设计最高潮位标高为 3.25m,罐区内有 0.7~2.5m厚的淤

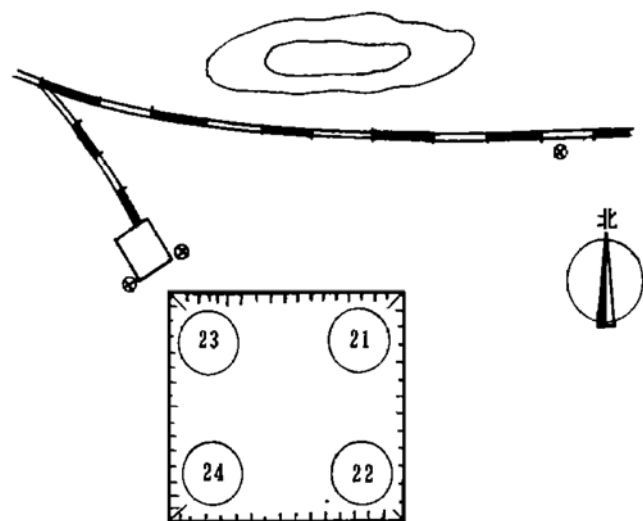


图 1 储罐平面布置图

泥层和 0.5~1.2m厚含碎石粘土层,再下为风化石灰岩。罐区的钻孔平面及柱状图见图 2 罐区填石层厚为 10~12m,堆填材料主要用开山爆破后的块石所组成,块石粒径不等,最大的粒径约 50~60cm,个别块石的尺度达 1m左右,由自卸卡车运往现场,倾倒入堆填而成。由于块石粒径大,级配差,堆填层又厚,所以整个场地的地基非常疏松,且极不均匀。而新建大型储罐对地基沉降与不均匀沉

降要求严格,因此,采用何种方法处理地基就成为该项目建设中的首要问题

二、抛石填海地基上的强夯试验

根据该厂 1989 年在二催化、气分、烷基化和 1 万 m^3 及 2 万 m^3 油罐的成功经验,浅海回填抛石地基上采用强夯试验,强夯面积达 10 万多 m^2 ,通过现场强夯试验,要求提出工程用各项强夯设计参数,探讨采用中等夯击能量,是否能达到有效

的加固深度,并验证经强夯处理后的抛石地基承载力能否达到 250kPa,基础不均匀沉降小于 4/1000 的要求

试验由中国建筑科学研究院地基所参加,试验区长 80m,宽 20m,试验场地全部是抛石填海的大块石,块石粒径相差很大,试验采用中等能量级 3000kN·m 的夯击能,夯锤重 15t 直径 2.3m 落距 20m 试验内容包括:单点夯击、不同强夯方法的比较、有效加固深度、地基土的水平位移、夯坑周围地表变形、地基土的承载力和变形模量的确定等。

为比较夯击遍数的加固效果,试验区分为:第 1 试验区夯 3 遍,地面夯沉量为 112.7cm;第 2 试验区夯 2 遍,夯沉量为 94cm 和第 3 试验区夯 1 遍,夯沉量为 98.1cm,平均夯沉量是 101.6cm,这说明夯前场地很疏松,同时说明三者的加固效果显著。

抛石填海地基,无法取得土的代表性的物理力学指标,来确定地基的承载力,只能通过现场载荷试验,为此,强夯后在第 1 3 试验区内及第 1 试验区南侧,未经强夯的抛石地基上分别进行了大型载荷试验,压板面积为

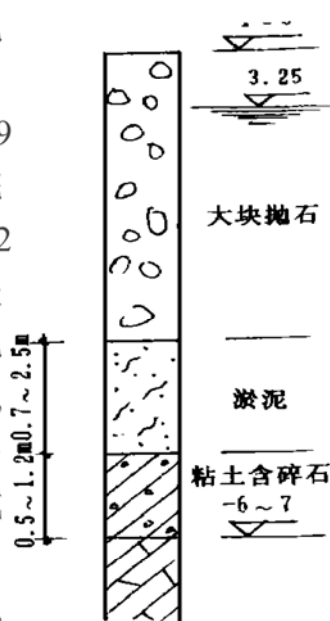


图 2 地基柱状图

$3 \times 3m^2$,用废钢锭加载。在强夯加固地基上最大加载到 4500kN,底板压力为 500kPa,沉降仅 2~2.5cm;在未加固地基上进行载荷试验,最大加载到 2250kN,底板压力为 250kPa,沉降达 10.6cm,两者承载力仅差 1 倍而沉降仅差 4~5 倍。而强夯加固后的 P~S 曲线几乎呈直线状,未出现明显拐点,且压板的差异沉降分别为 0.87cm 和 0.41cm,变形模量分别为 64.3MPa 和 50MPa;而未加固区的试验,压板差异沉降达 6.9cm 静载荷试验的 P~S 曲线见图 3

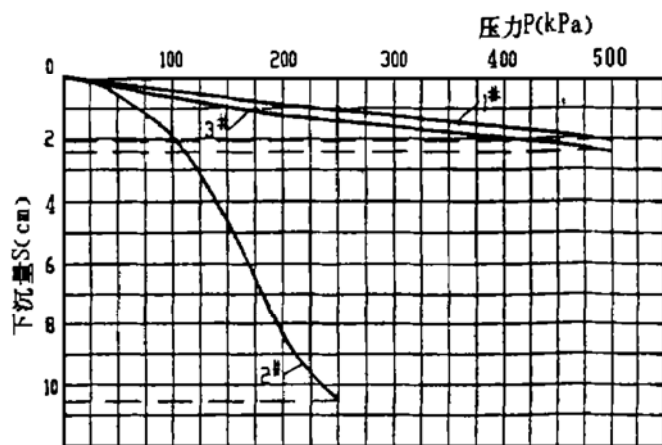


图 3 静载荷试验 P~S 曲线

在块石抛填地基中,怎样来确定强夯后的有效加固深度,这是一个比较难的问题,不能应用目前强夯工程中常用公式来估算。但对抛石填海地基如何确定修正系数,也尚无经验可借鉴。经现场采用美国进口的桑达克斯沉降仪 (SINCO),进行深层变形测管的实测,其结果在深度 6.8m 的地基变形值为 3.8cm (见图 4),单点夯击区在深度 6.2m 处的变形值为 1.8cm,说明强夯的有效加固深度可以满足工作要求。

为监测强夯施工对原海堤有无影响,在距强夯试验区边缘 2m 5m 10m 18m 20m 处分别埋设测斜管,实测结果见图 5,在离强夯试验区边缘 2m 处,其最大水平位移值为 3.3cm; 5m 处最大水平位移为 1.4cm; 10m, 18m, 20m 处,地基均未发生水平位移。由此可见,强夯施工造成的地基水平位移在抛石地区影响范围很小。

三、设计与施工要求

根据试验区强夯试验情况,说明抛石填海

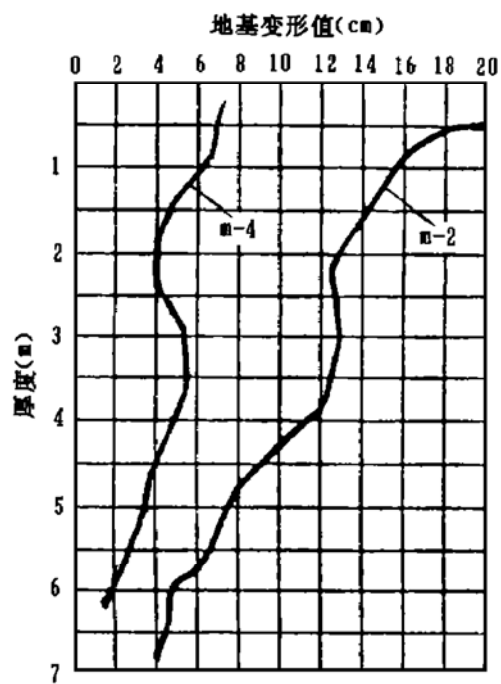


图 4 实测不同深度地基变形值

地基经强夯处理后效果较好,为了优化选择夯击能,对夯击能大小与工程造价进行了分析,发现当单击夯击能从 $3000\text{kN}\cdot\text{m}$ 提高到 $4000\text{kN}\cdot\text{m}$ 时,施工费

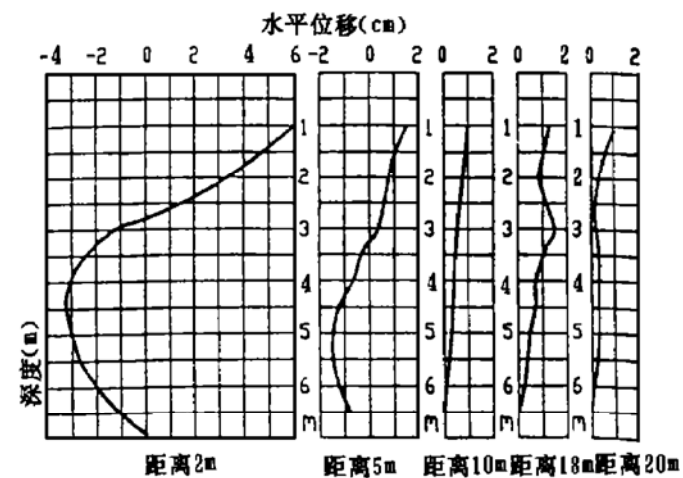


图 5 离强夯试验区不同距离处地基土的水平位移

但由于强夯处理地基的施工费主要为机械台班费,所以选择合理的强夯机械是降低施工费的主要措施。但对大块抛石地基的处理如采用较低的夯击能加固效果就不明显,根据强夯试验区的试夯,储罐区采用了 20t 夯锤,落距为 15m ,并采用一台 K-1252 履带吊和一台“布尼茶”电吊,强夯普遍采用 $3000\text{kN}\cdot\text{m}$ 夯击能强夯 2 遍,最后再以低能量满夯 1 遍,考虑大块石地基渗透很好,故每遍夯击间不留时间间隔,采用连续夯击施工方法。

强夯施工的质量关系到工程的安全可靠性,因此必须严格按照设计要求和施工规程进行施工,不得任意减少夯锤击数和降低落锤高度。每遍夯完后,应用推土机及时整平或填料填平场地,方可进行下一遍的测量放线及强夯施工。夯点间距为 4.5m ,为保证整个储罐地基的稳定,在储罐基础边缘外 $3.5\sim 4\text{m}$ 范围布置了一圈夯点,控制最后 2 击的平均夯沉量不大于 10cm 。

四、工程应用实例的监测

在抛石填海地基上,经过强夯处理,建设 4 台 5万 m^3 大型储罐,为了检验加固地基的施工质量,首先对第一批建成的 21 号、23 号储罐进行了充水试压监测(见图 6)。从图中可见,储罐在充水预压期间,最大沉降不到 5cm ,说明强夯加固抛石填海地基效果较好。并对投产使用后的 4 台储罐进行了长期监测,并及时取得了每台储罐基础上设置的 $38\sim 40$ 个测量标志上的所有观测数据来进行计算和分析,并定期向有关部门反馈了信息,保证了生产的正常进行。

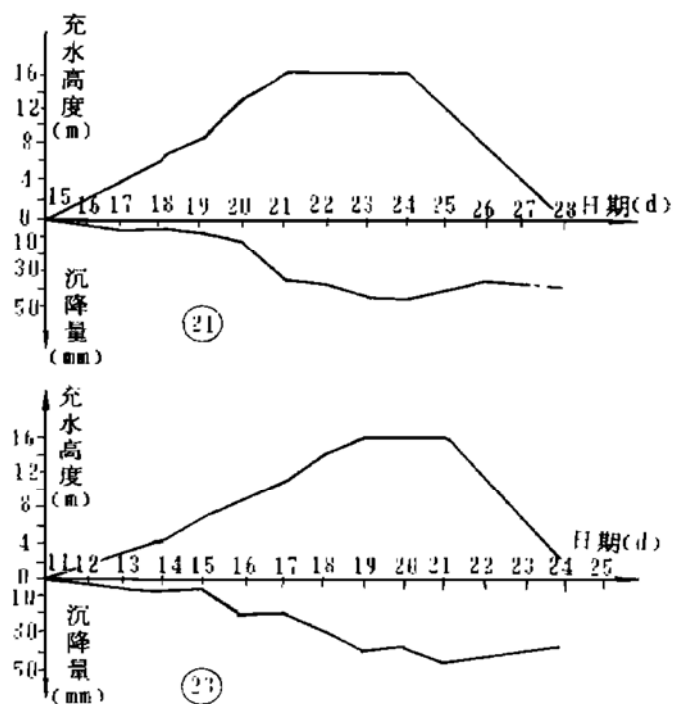


图 6 21 号、23 号储罐充水预压期间沉降~时间曲线

4 台储罐 (21 号~ 24 号) 从投产使用至 1995 年 4 月,坚持 $4\sim 5$ 年的长期观测各观

测点的沉降展开曲线见图 7 从图中可见 21 号、23号、24号 3台储罐基础的不均匀沉降较小,最大达 30~ 40mm; 22号储罐的不均匀沉降较大也只有 45mm

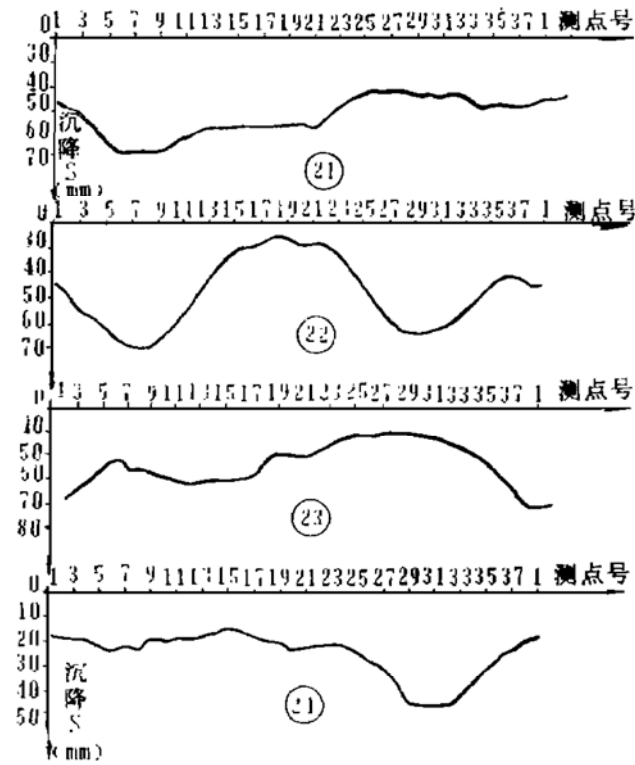


图 7 21号~ 24号储罐各观测点的沉降展开曲线图

另外,将 4台储罐 5年来的长期实测沉降绘制成图 8的曲线。从图 8可见,4台储罐的最大沉降量是 7.87cm,最小沉降量是 1.38cm 而平均沉降量为 21~ 23号储罐是 5.21~ 5.68cm; 24号储罐的沉降量为 2.44cm 基础倾斜最大的是 22号储罐,为 0.73/1000, 21号、23号、24号储罐为 0.41/1000~ 0.52/1000(见表 1)均小于规范的要求,说明填海区采用了强夯处理抛石地基施工质量符合设计和生产的要求。

21号~ 24号储罐基础实测沉降与倾斜表 表 1

序号	储罐编号	观测日期(年、月)	基础沉降 (cm)			基础倾斜(‰)
			最大	最小	平均	
1	21号	91.6 ~ 95.4	6.66	4.23	5.21	0.41
2	22号	92.11 ~ 95.4	7.87	3.48	5.68	0.73
3	23号	91.10 ~ 95.4	7.03	4.06	5.30	0.49
4	24号	92.9 ~ 95.4	4.47	1.38	2.44	0.52

五、小结

大型储罐地基处理,国内外方法很多而

且尚在不断发展之中,每一种处理方法都有各自的适用范围和一定的局限性。在抛石填海地基上采用中等能量级强夯,建成 5万 m³大型储罐,成功地解决了储罐基础的沉降和不均匀沉降问题,取得了良好的工程效果。

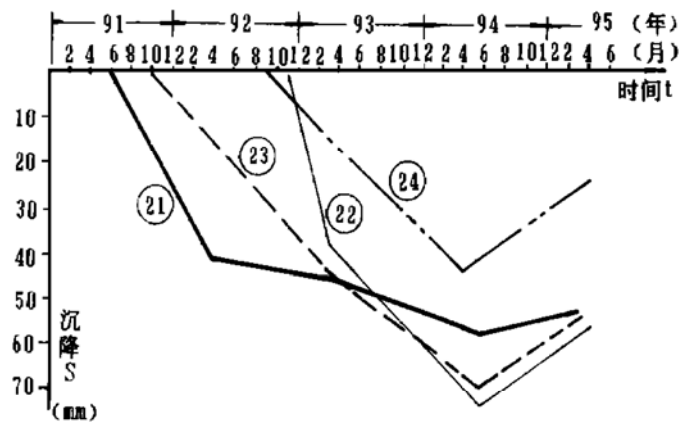


图 8 21号~ 24号储罐历年沉降实测图

今后,对一个具体的储罐基础工程,究竟采取什么样的地基处理方案,要做具体分析。应该在掌握了场地的工程地质报告以及相关调查资料后,明确地基处理的目的,处理后要求达到的技术经济指标,并考虑上部储罐结构型式、基础和地基的共同作用,选出几种可供考虑的地基处理方案,进行技术经济分析对比,最后确定一种或多种最佳地基处理方案。切勿在对场地土质情况不明的条件下,盲目推广采用某种地基处理技术或片面追求技术经济指标,结果出现工程质量事故或造成建设资金的浪费。

强夯处理抛石填海地基上建成大型储罐的实例,再次说明在市场竞争机制中,强夯处理大块抛石地基必将以其独特的优点和经济效益领先于其他传统的地基处理方法。

(本文有关基础沉降的实测数据,全部由大连石化公司设计院测量组提供,表示感谢。)

参考文献

- [1]徐至钧,许朝铨,沈珠江,大型储罐基础设计与地基处理,中国石化出版社,1999年1月
- [2]张永钧,平涌潮,孔繁峰,张峰,强夯法处理大块抛石地基的试验研究,第三届全国地基处理学术讨论会论文集,1992年
- [3]行业标准,石油化工钢储罐地基处理技术规范(SH/T3083-1997),中国石油化工总公司,1999年发布
- [4]徐至钧,采用大夯击能强夯处理大块抛石地基,石油工程建设,1997年第1期