

静压注浆法在既有构筑物地基加固中的应用

陈松¹, 张树胜²

(1. 山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253015; 2. 德州市建筑规划勘察设计研究院, 山东 德州 253000)

摘要:通过对中石油天津分公司塘沽油库4[#]储油罐工程沉降超限原因的分析, 找出了引起桩基础沉降的主要原因, 从而采用静压注浆的地基处理方法, 有效地改善桩间土的水理性质, 提高了桩间土摩擦阻力, 地基的加固缓解和消除了既有构筑物的沉降问题。

关键词:构筑物; 地基加固; 沉降变形; 冲填土; 淤泥质土; 静压注浆; 软土地区

中图分类号: TU433 **文献标识码:** A

在沿海地区软土分布较广, 土的物理力学性质极差, 地基处理方案缺陷与施工管理的欠缺, 往往引起构筑物基础过量沉降变形或不均匀沉降, 使构筑物不能正常使用。该文对施工方案、方法进行了详细介绍, 并对地基加固效果的检验进行了客观分析, 认为应用该方法是解决软土地区已建构筑物的过量沉降问题行之有效的方法, 类似工程值得借鉴^①。

1 工程概况

中石油天津分公司塘沽油库, 于2002年7月竣工完成了多座成品储油罐, 在储罐满荷载试载时, 发现4[#]储油罐产生不均匀沉降, 最大沉降量40 cm, 并发生倾斜, 倾斜值严重超出设计范围, 致使储罐不能正常使用并危及周边储罐的安全。该公司为彻底消除安全隐患和正常使用该储罐, 于2003年8月委托山东省鲁北地质工程勘察院对该储罐进行地基加固处理。

4[#]储油罐直径为24 m, 钻孔灌注桩板梁基础, 桩基为桩径600 mm, 桩身强度C20, 桩长36 m, 施工采用正循环工艺, 现场搅拌混凝土、水下砼灌注。场地自上至下土层为: 钢渣垫层, 厚度2.5 m; 冲填土、淤泥层, 挖海造陆产物, 主要是海相淤泥, 厚度8~8.5 m; 淤泥质粉质黏土土层, 厚度8~12 m; 黏土层, 硬塑, 厚度2 m; 粉质黏土, 厚度12 m; 粉细砂层,

中密厚度大于10 m, 是良好的桩端持力层。地下水位埋深1.5 m。

2 不均匀沉降原因分析

由于该工程在桩基施工完成后未对桩进行检测, 储罐现状条件下又无法进行补测, 根据勘测结果对产生不均匀沉降的原因进行如下分析:

(1) 桩基础设计缺陷。在桩基设计时未充分考虑冲填土、淤泥层和淤泥质粉质黏土土层厚度变化, 造成局部桩负摩阻取值偏小, 造成桩承载力不足, 产生不均匀沉降发生倾斜。

(2) 桩基施工缺陷。局部桩可能存在严重缩径或断桩, 使桩减少或失去承载效率。由于场地冲填土、淤泥层力学性质差异性大, 施工时砼的水、灰比与塌落度指标达不到设计要求, 加之施工技术方面控制不到位, 极易造成缩径或断桩。

(3) 施工管理缺陷。现场管理、监理不到位, 可能造成个别桩长达不到设计要求或沉渣过多, 完工后又未进行检测致使产生不均匀沉降。

3 处理方法

3.1 加固方案

基于上述分析, 由于罐体已建成, 无法进行加

* 收稿日期: 2009-07-07; 修订日期: 2010-01-05; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 陈松(1961—), 男, 河北三河市人, 高级工程师, 主要从事岩土勘察与岩土施工工作; E-mail: chensong-61@163.com。

①中石油天津分公司, 塘沽油库储油罐地基加固竣工报告, 2003年。

桩,同时考虑场地地层情况,应以减少上部冲填土与淤泥及淤泥土层对桩的负摩阻力,提高桩的基承载力为目的,为此决定采用静压注浆法加固地基。通过注浆压力填充和挤密冲填土与淤泥及淤泥土层中的空隙,使桩间土固结,土体强度增加,达到减少或消除土体固结沉降对桩产生的负摩阻力,同时使缺陷桩的缺陷部位形成密致胶结物达到增强桩身强度目的,使桩基承载力满足上部荷载和沉降要求^[1-6]。

3.2 注浆工艺流程

依据场地工程地质条件,选用袖阀式静压灌浆工艺^[1],其工艺流程:设计→定孔→凿孔→下注浆管→制浆→一次灌浆→浆管清理→循环灌浆→封孔结束。

(1)注浆孔设计。由于施工只能在灌体的周边进行,为此首先设计一组垂直孔起到帷幕墙的作用^[7,8],孔距1 m,孔深20 m左右(达到淤泥质土层底界为原则),然后在垂直孔间设计3个斜孔和垂直孔形成一组合,3个斜孔分别与水平夹角为30°,45°,60°,要求斜孔垂向深度不小于淤泥质土层底界,水平方向长度不小于15 m。施工要求是先施工垂直孔待帷幕墙形成闭合后再施工斜孔,以防止浆液过多外渗造成浆液流失,以保证地基处理范围内注浆效果;斜孔以30°,45°,60°孔为施工顺序,按顺时针隔2组跳步施工。

(2)注浆孔施工。依据施工设计要求,沿成品储油罐基础外侧确定孔位,采用XY-2, GJ 150 钻机,泥浆固壁钻进工艺,凿孔口径89 mm 钻至孔底下入注浆外管,外管采用直径60 mm 管,每米为一注浆段,经验收合格后灌注封闭泥浆,进入下道工序。

(3)制浆。浆液的质量直接关系到灌浆量、灌浆进度和地基加固的程度,制浆采用LJ 200 立式双筒搅拌机连续制浆,使用淡水和强度32.5 MPa 矿渣水泥,浆液密度控制在不小于1.60 g/cm³,水灰比0.50~0.75。

(4)灌浆。按设计要求的孔深,下入底部带有止浆塞的注浆内管,采用HB-80/10 灌浆泵灌浆,自下而上以米为单位逐段注浆。注浆压力在0.1~0.4 MPa 间(依岩性和注浆深度确定具体灌浆压力),注浆过程中应随时观察地面及管口的情况,当发现有冒浆时,应及时停止注浆查找原因采取措施。

每米每次注浆量不超过0.15 m³,在浆液终凝前进行2~3次循环灌浆,在每次灌浆间用清水冲洗管路保证畅通,灌浆流量控制在10~30 L/min,随着灌浆量和灌浆频次的增加,地层土体孔隙水压力升高,土层孔隙水压力消散较慢,应根据灌浆过程中基础沉降情况调整灌量,每个注浆段的终止条件为注浆量小于1~2 L/min时,结束此段注浆。

3.3 质量控制与特殊情况的处理

(1)严格按施工设计和建筑地基处理规范进行。

(2)静压注浆压力控制。需根据不同的土质条件及注浆深度进行注浆压力设计和调整。静压注浆开始时采用较稀的浆液和较低的注浆压力,随后逐渐增加浆液浓度及加大注浆压力,直至达到设计注浆量和注浆压力为止。

(3)冒浆、串浆。注浆过程中有时会产生孔口冒浆和孔与孔间的串浆情况,出现该情况时应首先分析原因,对于孔口冒浆可采用黏土掺入少量水泥封堵;若出现相邻2孔或其他孔冒浆,说明孔间土层已劈裂,除采用上述方法外应将冒浆孔并联一同灌浆。

(4)地面隆起。注浆期间建立地面沉降监测系统,一旦发现地面隆起现象,说明在注浆压力作用下,对地层产生抬动或土体变形,在这种情况下,应调整施工方案,采取限压降压、限流措施,增加注浆频次。

(5)封孔。待每个孔注浆结束后,需对孔口进行封闭处理,防止浆液流出或出现冒浆,进行管路注浆,并采用细石砼进行封孔。

3.4 地基加固效果

3.4.1 建立监测信息系统

为掌握罐体地基加固前沉降倾斜情况,同时为地基加固施工过程中的设计调整及检验地基加固最终效果,在罐体基础外沿建立12个沉降监测点,使加固工程出现的各种变化完全在信息掌控之中,从而正确地调节施工设计参数,并为施工效果检验提供了初始和地基加固后试压的最终沉降数据(表1)。

3.4.2 检验方法

由于罐体已建成,地基加固效果检验无法使用规范规定的静载试验方法,因此该工程采用了施工过程中质量控制和罐体注水试载沉降控制法进行地基

加固效果的检验。一是注浆施工中严格“自检→互检→专检→监理”检查验收制度,在整个地基加固过程中,对注浆孔施工及灌浆进行了记录,每天利用AT-G2精密水准仪对罐体基础进行沉降观测;二是运用总沉降法检验地基加固效果^[9,10],施工完成后28天,对罐体进行逐级试压,直至满荷载,计算各观测点总沉降值(表2),试验结束。

表1 不同岩性的每延米平均灌量与灌压关系

岩性名称	灌压 MPa	90°孔 m ³	30°孔 m ³	45°孔 m ³	60°孔 m ³
钢渣垫层	0.1~0.15	0.45	0.30	0.25	0.15
冲填土	0.2	0.20	0.20	0.20	0.15
淤泥	0.2~0.3	0.20	0.15	0.15	0.15
淤泥质土层	0.25~0.4	0.35	0.30	0.20	0.20

表2 储罐边沿沉降点观测数据(mm)

观测点号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
注浆后沉降量 (相对注浆加固前)	3	8	8	3	4	2	3	7	9	15	15	14
满荷载试压沉降量 (相对注浆加固后)	-6	-6	-5	-6	-4	-6	-10	-8	-8	-10	-7	
累计沉降量 (相对注浆加固前)	2	2	-2	-2	-2	-3	-3	1	7	5	7	
6个月后沉降量	2	2	-3	-2	-2	-2	-3	0	4	4	5	

注:1号观测点注浆破坏,停止观测。

3.4.3 地基加固效果分析

(1)注浆压力变化。随着岩性密实程度的差异性和土层孔隙水压力的升高,为充填空隙和克服孔隙水压力,注浆压力也随岩性变化和加固深度适当增大。

(2)注浆量。不同岩性随着注浆深度的不断增加,灌量减少,除受孔隙水压力影响外,也说明上部地层孔隙度较大需要的水泥灌量大,下部孔隙度相对较小需要的水泥灌量小,这与提供的地层资料相吻合。

(3)静压注浆的劈裂作用。同一种岩性随着施工顺序的先后,在压入土中的水泥浆液不断增多的情况下,后序孔较前序孔多呈递减趋势,符合补强灌浆的一般规律。说明劈裂注浆起到了作用,使基土空隙得到了一定的充填密实。由于冲填土固结程度太差,其灌量基本保持稳定。

(4)注浆效果明显。从沉降观测资料分析,灌浆后罐体基础较地基加固前均有不同程度的升高,说明土层产生的孔隙水压力还未完全消散,但上升的幅度均在规范和设计的范围之内。从施工完成

28天后满荷载试验情况来看,通过注浆加固,增加了桩间土体的密实度,从而改善了基土的结构,增强了基土的强度,减少或消除了冲填土、淤泥和淤泥质土的负摩阻力,提高了桩基承载力,罐体的不均匀下沉得到有效抑制。

(5)罐体使用效果。注浆完毕后的6个月沉降观测结果表明,加固地基的沉降已经趋于稳定,充分说明注浆效果好,达到了提高桩基承载力的要求,罐体沉降已经得到很好的控制,于2006年进行了回访罐体沉降基本保持了上述结果,罐体正常使用。

4 结论

(1)该工程使用静压注浆法加固桩间土,克服了桩基础负摩阻力和弥补了桩基施工缺陷,达到了预期目的,有效地解决桩基础过量沉降,是既有建筑物地基加固行之有效的方法。

(2)在既有建筑物的地基加固过程中必须建立沉降观测信息系统,随时监控建筑物的沉降情况,可及时调整灌浆方案和灌浆压力,安全可靠地达到加固目的,同时建立的初始信息也为加固工程效果的检验提供了科学依据。

(3)通过注浆加固,增加了桩间土体的密实度,从而改善了基土的结构,增强了基土的强度,减少或消除了冲填土、淤泥和淤泥质土的负摩阻力。为同类地质条件地区提高单桩基承载力提供了经验,值得借鉴。

参考文献:

- [1] 梁炯鑫. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京:中国电力出版社, 1999.
- [2] 林明. 注浆技术在处理钻孔灌注桩混凝土桩身缺陷中的应用[J]. 探矿工程, 2005, 32(9): 15-16.
- [3] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005.
- [4] 王胜岭, 宋波, 王德生, 等. 德州市临盘采油区地面沉降监测[J]. 山东国土资源, 2009, 25(1): 25-27.
- [5] JGJ79-2002. 建筑地基处理技术规范[S].
- [6] 工程地质手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007.
- [7] 彭振斌. 注浆工程设计计算与施工[M]. 北京:中国地质大学出版社, 1997.
- [8] YBJ 44-92. 注浆技术规程[S].
- [9] GB50202-2002. 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].
- [10] 程晓, 张凤祥. 土灌浆施工与效果检验[M]. 上海:同济大学出版社, 1998.

Application of Static Pressure Grouting Method in Foundation Reinforcement of the Existing Buildings

CHEN Song¹, ZHANG Shusheng²

(1. Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China; 2. Dezhou Architecture Planning and Designing Institute, Shandong Dezhou 253000, China)

Abstract: Through analysis on No. 4 tank project overrun subsidence of Tianjin Branch Company attached to China Oil Limited Corporation, main reasons caused the subsidence of piles foundation are found. By using static pressure grouting treatment method, water physical property between piles has been improved, the friction between piles have been increased. Foundation reinforcement can relieve and eliminate the subsidence problems occurred in existing buildings.

Key words: Subsidence and deformation; filling soil; muddy soil; static pressure grouting method