

宁波某厂房室内地坪沉降原因分析及处理措施

李 钢

(上海市徐汇区民防管理所, 上海 200030)

摘要:针对宁波市宁海县宁东区块某厂房室内地坪沉降现象,在分析沉降原因和沉降趋势的基础上,结合本工程的具体条件对几种加固方法进行了对比,确定采用锚杆桩+梁板结构加固方式对地坪进行处理。研制了多功能小型静力压桩机,采用了小创面多级挤扩贯穿排障法等解决了施工中的难题,实现了复杂环境条件的特种专业工程的顺利施工。治理效果良好。

关键词:地坪沉降;沉降处理;自配重锚杆压桩机;结构加固法

中图分类号:TU472 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)03-0065-04

Analysis on the Causes of Indoor Ground Slab Settlement of a Workshop in Ningbo and the Treatment Methods/
LI Gang (Civil Defense Offices of Xuhui District, Shanghai 200030, China)

Abstract: According to a workshop indoor ground slab settlement in Ningbo, based on the analysis on the settlement reasons and trend, the comparison is made on several reinforcement methods by considering the special conditions of this project, anchor pile + beam-slab structure is determined to be adopted to deal with the indoor ground slab settlement. A multifunctional small static pile driver is developed, multi-stage extrusion and expansion thorough backfill method is used with small ground surface damage to solve the construction difficulties and realize the smooth construction of special engineering project in complex environment conditions. This project treatment has achieved good effects.

Key words: ground slab settlement; settlement treatment; self-weight anchor pile driver; structure reinforcement method

1 工程概况

宁波市宁海县宁东区块某厂房,总用地面积约7万 m^2 ,总建筑面积约6.55万 m^2 ,由21幢1~5层框架结构厂房、2个单层配电房等组成,均无地下室,为框架结构,基本柱网尺寸为6 m \times 12 m,采用桩基础,建成于2012年。

本场地存在软弱地基,厂房建设前,从经济角度考虑及使用需求的不同,厂房地坪没有采取处理措施,因建筑场地整体回填杂填土厚约2.5 m,外加下部为软弱地基,导致当前设备尚未安装就位,厂房室内素混凝土地坪便产生了明显的盆形沉降。地面沉降在柱网中心区域明显增大,严重处室内混凝土地坪已同地基脱开。由于沉降变形会影响到厂房的正常使用,因而需采取必要的加固处理措施控制沉降。

2 场地工程地质条件

2.1 地形地貌

场地地面高程在3.18~1.56 m之间。场地地貌属宁波滨海淤积平原,地貌单一,地势平坦。

2.2 地层结构及物理力学参数

根据原勘察报告,在勘探最大深度31.50 m范围内,各地基土层均为第四系全新统和中、上更新统沉积,一般具有水平成层分布特点。根据地基土形成时代、成因、物理及力学指标特性,共可分成5个工程地质层及6个工程地质亚层组成,该场地工程地质情况如表1所示。

2.3 地下水

场地浅部地下水为孔隙潜水,含水介质为淤泥,因渗透性差,入渗量微弱,富水性差,水量较贫乏。场地下部地下水 ⑥_2 层含粘性土角砾为弱承压水,水头埋深约10 m。

3 沉降原因分析及沉降计算

3.1 引起室内地面沉降和不均匀沉降的主要原因

(1)原地坪下仅有厚1.2 m左右的硬壳层(①_2 粘土层,压缩模量4.5 MPa),其下卧层则是厚达11.3~17.7 m的软弱土层(② 淤泥质粘土层,压缩模量1.6 MPa),其强度很低、压缩性较高、含水量

收稿日期:2016-05-11; 修回日期:2016-09-12

作者简介:李钢,男,汉族,1982年生,副所长,工程师,硕士,从事民防工程管理、修复、改造等工作,上海市徐汇区番禺路1150号徐汇民防管理所306室,ypligang@163.com。

表1 场地工程地质情况

层号	岩土名称	层顶标高/ m	层厚/ m	部分物理力学指标				建议值			
				W/ %	E/c	γ/φ	$a_{1-2}/$ MPa ⁻¹	$E_s /$ MPa	$f_{ak}/$ kPa	预制桩	
										$q_{sia}/$ kPa	$q_{pa}/$ kPa
① ₁	杂填土	3.04~2.06	1.1~0.3								
① ₂	粘土	3.18~1.56	2.1~0.4	29.7	1.628/30.7	19.2/19.1	0.41	4.5	65	14	
②	淤泥质粘土	1.61~0.35	17.7~11.3	58.4	1.628/9.2	16.6/9.6	1.78	1.6	45	7	
③ _a	含粘性土角砾	-13.71~-15.58	2~0.7					10	130	28	
③	粘土	-10.25~-16.92	9~1.3	29.7	0.82/33.8	19.5/20.1	0.24	7	120	27	800
④	粉质粘土	-12.52~-22.73	6.4~0.6	35.3	1.014/23.7	18.8/16.3		6	100	23	700
⑥ ₁	粉质粘土	-14.75~-21.46	7.2~0.5	29.9	0.814/24.2	19.5/17.6		6.5	120	26	900
⑥ ₂	含粘性土角砾	-18.05~-24.24	未揭穿					15	180	32	1800

大、渗透性很小、灵敏度高,该层在较大的附加荷载作用下最终沉降一般为0.2~0.5 m,且固结速率很慢、沉降延续时间很长,因而是主要的压缩层,必然会产生较大的沉降变形;而局部地段,硬壳层(①₂层)更薄,沉降更大。

(2)厂房地面回填杂填土厚达2.5 m,回填土一般须经数年的有效固结后方可与硬壳层一起承担上部结构荷载,因而,初期回填土实为软弱下卧层的荷载(约50 kPa),下卧层必然产生压缩变形,其中心部位变形最先产生且变形量最大,地面形成盆形沉降。

(3)结构因素:本厂房采用桩基础,承台间有地梁,原地坪四周搁置于承台和地梁上,因而盆形沉降发生时,室内混凝土地坪局部同地基脱空,严重影响厂房的正常使用。

3.2 地坪不处理最终沉降结果分析

利用有限元的方法,借助midasGTS软件,分析了原场地在不做地基处理时地表的沉降结果。

3.2.1 模型建立

基于平面有限元思路,计算深度取至淤泥层底,宽度取60 m,土体本构采用摩尔-库伦模型,单元形式为平面应变单元;外荷载均布,强度为10 kN/m,填土为后期覆盖,模型中将其简化成30 kN/m的均布荷载,所以计算所用荷载为40 kN/m;地基加固采用高压旋喷桩,桩径600 mm,桩长10 m,桩间距1.8 m,满堂布置,计算中采用摩尔-库伦本构。

地基土计算参数见表2。模型见图1、图2。

表2 地基土参数取值

土层	重度/(kN·m ⁻³)	厚度/m	压缩模量/MPa
填土	20	1.5	5
粘土	19.2	1.0	4.5
淤泥	16.6	18	1.6

3.2.2 计算结果

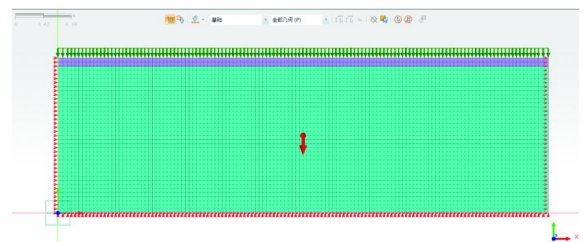


图1 场地模型(未处理)

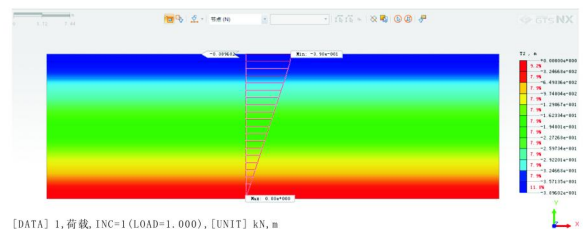


图2 沉降云图(未处理)

分析计算结果,地表最大沉降(不处理)39.00 cm。

从沉降原因和沉降趋势计算结果来看,如果不进行深层地基处理,未来总沉降量会非常大。

4 处理方案比选

4.1 处理思路

要解决厂房地坪的沉降问题,主要考虑2方面:

- (1)地基加固法:对下卧软弱地基进行加固处理,提高承载力,减少和消除地基的残余沉降和变形;
- (2)结构加固法:采用桩基础+梁板结构,使上部使用荷载通过梁板结构传递给桩基础,软弱地基的变形和沉降对厂房地坪不产生影响。

4.2 地基加固法简介

软弱地基的加固处理方法,国内外已达四五十种之多,各种加固方法都有一定的适用条件,其作用效果也不尽相同,通常要根据建筑物场地的地质条件、结构条件、设计施工条件、环境条件以及加固效果等因素来综合考虑,选用合理的加固方法。

针对本工程,综合考虑场地工程地质和水文地质条件、使用要求、建筑结构和基础形式、周围环境条件、施工条件、建设工期等因素,能适应本厂房地基处理的方法有:注浆加固法、高压旋喷桩地基处理。

(1)注浆加固法,通过注入水泥浆液或化学浆液的措施,使土粒胶结,用以提高地基承载力,减小沉降,增加稳定性,防止渗漏。土体间隙比越大,加固效果越好;土体间隙比小的地点加固效果差。

另外,离注入孔越远,浆液的压力越小,浆液充入细小间隙越困难,土体加固效果越差;当注入间隙比相同时,土中细颗粒越多加固效果越好,然而,通常粒径越小,浆液取代间隙水越难。

因软弱下卧层为淤泥质土层,其渗透性小,即使小心谨慎地按注入计划施工,也会经常出现其注入效果达不到预期目标的情形,因而,此层不宜采用注浆方案加固。

总之,地层的加固效果是不均匀的,既存在超过要求加固值的部位,也存在不能满足要求加固值的部位。

由于软弱下卧层厚度大、固结速率很慢、沉降延续时间很长,因而,若设备基础就位后造成地面荷载不均匀,易造成地面产生新的不均匀沉降和局部倾斜。因此建议对设备尽量考虑均衡分布,降低地基应力差异。还应对设备与基础的连接加以考虑,便于发生倾斜时调整设备垂直度。此外,对室内地坪分块浇筑并设置分隔缝,有利于防止不均匀沉降造成地面裂缝。

当设备分布不能避免造成较大的荷载差异时,不建议采用此方案。

(2)高压旋喷桩施工机械较矮小,适宜于高度受限的场地使用。软弱土层处理后,为复合地基,可减少沉降。旋喷桩加固法是通过高压喷射流切割土体并使水泥与土搅拌混合,形成水泥土体加固地基,其主要优点:

受土层、土的粒度、土的密度、硬化剂粘性、硬化剂硬化时间的影响较小,可广泛适用于淤泥、软弱粘性土、砂土甚至砂卵石等多种土质;

可采用价格便宜的水泥并掺入粉煤灰作为主要硬化剂,加固体的强度较高,根据土质不同,加固体强度可为1.5~5 MPa;

可以有计划地在预定的范围内注入必要的浆液,形成一定间距的桩,加固深度可自由调节;

可作为永久建筑物的地基加固,尤其是在对已有建筑物地基补强时,这种方法能发挥其特殊作用。

4.3 结构加固法简介

该方法采用桩基础+梁板结构的加固方式,使用荷载传递直观明确,不受软土层的影响,能控制沉降,但受场地大小、净空高度等影响,大型桩基设备无法就位,该方法常不被采用。

自配重锚杆压桩机适用于室内锚杆桩的施工,该桩机为新型桩机,宽度约4 m,工作高度可小于4 m,采用步履式,机械化程度高,具有移动灵活、压桩效率高、施工安全性好、无需提供反力、自由配重等优点,在地坪加固领域具有广阔应用前景。

4.4 方案比选

经过分析比较,注浆加固、高压旋喷桩地基处理和结构加固法的使用范围、施工可操作性都能满足本工程的要求。注浆法和高压旋喷桩地基处理加固软弱土层后,虽然承载力提高、变形减小,但其残余沉降和变形相对要大于采用桩+梁板结构,且施工过程中会产生挤土效应。

考虑本厂房已建成,底层层高仅4.5 m,厂房主大门宽4 m,中间柱网较密等特点,当前厂房还未投入使用,不存在腾空转移设备等问题。处理方案的桩基础采用锚杆桩,压桩设备选用自配重锚杆压桩机,同时解决了厂房净高不足及常规锚杆桩机的无反力问题。结构加固法成为本厂房地坪处理的首选方法。

5 处理方案设计和施工

该厂区21幢厂房,全部选用锚杆桩+梁板结构加固方式对地坪进行处理,地坪面积4.66万 m^2 ,共布锚杆桩3883根。

5.1 锚杆桩+梁板结构设计参数

(1)桩采用250 mm \times 250 mm预制方桩,桩长18 m(桩尖3 m+桩段3 m \times 5节),进 $\textcircled{3}$ 层0.5 m,以压桩力和进入持力层深度 \leq 0.5 m双重控制,压桩力 \leq 350 kN。

(2)预制方桩混凝土强度C30,焊接接桩,锚杆桩结构详见《锚杆静压桩》(2004浙G28)标准图集。

(3)方桩布置间距:3000 mm \times 4000 mm。

(4)相对原室内地坪(\pm 0.000),加固桩顶标高-0.200,单桩竖向承载力特征值200 kN。

(5)梁、板混凝土强度C30,梁截面250 mm \times 400 mm,配筋上下各3 \O 20,箍筋 \O 8@200。板厚

150 mm,配筋 $\Phi 12@150$ 双层双向。

5.2 施工情况

本工程设计方案付诸实施的主要难点有3个:

(1)不具备锚杆静压桩施工反力;

(2)受室内净高控制,现有成套压桩设备不能选用;

(3)抛弃大型传统设备和现有工法解决贯穿3 m厚抛石层的压桩难题。

针对(1)、(2)两个难点,比较了2个解决方案(表3),最终采用了方案2。

针对难点(3),也比较了2个解决方案(表4),最终采用了方案2。

表3 针对难点(1)、(2)施工方案对比

序号	方案名称	简介	方案特点	不足
1	型钢底盘+配重	采用工字型钢梁做成2 m×8 m的底盘,中间2 m×1 m区域安装锚杆静压桩桩架,桩架两侧底盘上2 m×3.5 m的区域对称码放锚杆桩,分别可以码放3 m段长200 mm×200 mm锚杆桩80根,总配重为:3×0.2×0.2×80×2×24=460 kN,满足压桩反力要求	(1)该方案底盘现成,有在数个项目中的使用经验; (2)施工过程需要叉车配合; (3)适用于用桩量不大的零星项目	(1)移位费时、机动性差; (2)施工效率低; (3)辅助时间长、施工成本高
2	研制多功能小型静力压桩机	参照现有液压步履式静力压桩机,以及挖掘机的360°旋转原理,进行针对本工程专门研究定制,满足以下要求: (1)能纵横行走+360°旋转灵活机动; (2)能灵活堆载,满足最大堆载600 kN; (3)采用抱压工艺,降低结构重心和最大限度有效利用现有空间; (4)结合厂房室内净高4.5~8 m的特点,采用可伸缩式喂桩主塔,最小总高度4.2 m,伸展后全高度6 m。 通过自主研究和生产厂商协同,耗时25天完成了此自行多功能小型静力压桩机的定制	(1)没有现成设备,需要专门定制,一次性投入大; (2)自动化程度高,移位、吊桩自行完成,只需2人即可完成吊装、压桩、整机移位; (3)施工效率高,单机日成桩量是传统工艺工效的3倍以上	受底盘尺寸限制,布在建筑物角落的桩该设备不能按设计位置就位

表4 针对难点(3)施工方案对比

序号	方案名称	简介	方案特点	不足
1	开挖换填排障法	根据布桩特点,沿布桩轴线开挖宽约1 m的沟渠,剔除大块石,回填细石渣,并对开挖区进行平整碾压,便于设备行走作业	简单可靠	(1)需要大面积破挖,文明施工难度大; (2)不具创新性
2	小创面多级挤扩贯穿排障法	参照现有液压破碎锤破岩原理,选用一款挖掘机,针对此挖掘机定制不同围度、长度、形状的镐头进行逐级破碎挤扩贯穿回填层。主要实施步骤: (1)首先采用常用镐头机在设计桩位原地破碎块体; (2)然后采用加长镐头进一步破碎至回填层底部; (3)继而采用底部带小葫芦头的加长镐头进行一级挤扩; (4)重复步骤(2); (5)最后采用底部带大葫芦头的加长镐头进行二级挤扩; (6)回填层贯通并能顺利进出二级加长挤扩镐头时,该孔位排障完成,否则重复步骤(2)~(5)	(1)利用现成设备,小创面排障; (2)排障过程没有翻挖地基,施工影响小; (3)排障过程的多次反复破碎挤扩有利于回填层的密实,改善了回填层的密实度	施工过程噪声大

通过施工方案的精心定制,实现了本复杂环境条件的特种专业工程的顺利施工。地坪处理施工于2015年1月开始,工期8个月,2015年9月完工。经过1年多的跟踪观测,地坪沉降已稳定,目前大部分厂房已投入使用。

6 结语

采用锚杆桩+梁板结构的地坪处理方式,解决了室内地坪沉降处理的问题,对以后的类似问题提供了经验。

本工程中采用的自配重锚杆压桩机,不仅解决了厂房净高不足,同时还解决了常规锚杆桩机的无反力的问题,在地坪加固领域具有广阔应用前景,值得推广。

得推广。

参考文献:

- [1] 陈芳芝. 谈仓库地面沉降后的地基加固处理方法[J]. 建设科技, 2013, (22): 81-83.
- [2] 梁小松. 探讨室内厚回填土下沉的原因分析与措施[J]. 科技与企业, 2014, (15): 202-203.
- [3] 朱明, 范建华. 浅谈软土地基处理方法及施工工艺[J]. 西部探矿工程, 2009, 21(1): 26-28.
- [4] JGJ 79—2012, 建筑地基处理技术规范[S].
- [5] JGJ 123—2012, 既有建筑地基基础加固技术规范[S].
- [6] 李吉林, 李志亮. 采用注浆加固法处理盐渍土地区建筑物回填土沉降[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(3): 65-68.
- [7] 陶彦. 大连滨海软土地基处理方法及评价[D]. 辽宁阜新: 辽宁工程技术大学, 2012.
- [8] 吴雪婷. 温州浅滩软土工程特性及固结沉降规律研究[D]. 湖北武汉: 中国地质大学, 2010.