

冲击碾压技术在工业厂房地基处理中的应用

陈赛塘, 黄金波, 马越, 刘帮豹, 刘义双

(浙江省建工集团有限责任公司, 浙江 杭州 310012)

摘要: 为了在较短时间内加速软土地基的次固结沉降, 采用冲击碾压施工技术, 对场地平整后的地基进行冲击压实处理以加固土体, 冲击碾压技术主要包括冲击、振动、压实等施工工艺, 相对传统的地基压实工艺具有操作简便、速度快、工期短、效率高的优点。根据工后监测数据可知, 本文采用的冲击碾压施工技术可有效减少地基施工后沉降, 提高地基承载力。

关键词: 工业厂房; 地基处理; 次固结; 软土地基

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)04-0330-05

Impact rolling technology in foundation treatment of industrial buildings

CHEN Sai-yong, HUANG Jin-bo, MA Yue, LIU Bang-bao, LIU Yi-shuang

(Zhejiang Construction Engineering Group Co., Ltd., Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to accelerate the secondary consolidation and settlement of the soft soil foundation in a short time, the impact rolling technology is adopted to reinforced soil of foundation by impact compaction after ground leveling. Impact rolling technology mainly includes impact, vibration, compaction and other construction technologies. Compared with traditional foundation compaction technology, it has the advantages of simple operation, fast speed, short construction period and high efficiency. According to the post-construction monitoring data, the impact rolling construction technology adopted in this paper can effectively reduce the settlement of the foundation after construction and improve the bearing capacity of the foundation.

Key Words: industrial buildings; foundation treatment; secondary consolidation; soft soil foundation

0 引言

地基处理使地基土体未来的沉降量在冲击、振动、压实过程中提前实现, 达到土体加固的效果, 提高地基土的承载力、降低地基土的压缩性、保证地基的稳定, 减少建筑物的沉降或不均匀沉降。参考文献及相关规范及资料研究了冲击碾压路基压实施工中的应用, 提高路基的压实度和整体强度, 避免了公路病害的产生。冲击碾压工艺通常应用于路基压实处理, 本工程将冲击碾压处理首次应用于工业厂房地基处理。相对传统建筑物地基压实工艺具有非常独特的优势, 操作简便、速度快、工期短、效率高、能够在降低工成本的基础上, 提高施工的质量。

1 冲击碾压技术原理

冲击碾压是岩土工程压实技术的最新发展。冲击压路机由牵引车带动非圆形轮滚动, 多变形滚轮的大小半径产生位能落差与行驶的动能相结合沿地面对土石材料进行静压、搓揉、冲击的连续冲击碾压作业, 其高振幅、低频率的冲击碾压使工作面下深层土石的密实度不断增加。与一般压路机相比, 其压实土石的效率提高了 3~4 倍。

冲击碾压适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、深陷性黄土、素填土和杂填土等地基的填前碾压, 填方达到标高后的追密压实, 土石混填、填石路堤分层夯等等。

冲击压实也称非圆碾压, 是将传统振动压实的

高频率小振幅改为低频率大振幅,是一种冲击和揉搓作用相结合的全新压实方法,能在压实作业中较大地增加对土石体的压实能量。冲击压实机适合深层岩土及含水量较高的黏性土体压实。它将能量以冲击波方式传递于路基土体,改善土体的原状结构,使土体孔隙率减小,土的黏聚力 c 和内摩擦角值 φ 增大,抗剪能力提高,将土体未来的沉降量在冲击、振动、压实过程中提前实现,达到土体加固的效果。

2 冲击碾压技术应用

2.1 工程概况

本项目主要由3幢厂房A1~A3和动力中心、配套楼、门卫等附属设施组成。本次进行冲击碾压处理的主要为3幢厂房A1~A3及其中间道路区域。3幢厂房A1~A3占地面积约为54 303 m²,冲击碾压处理范围至厂房基础外边线外扩4.5 m,处理面积为60 102 m²,冲击碾压处理范围见图1。

拟建场地地貌单元属冲海积平原,场地空旷,地形较平坦。原场地标高根据实测绝对大部分区域在6~6.2 m。场地内表层杂草以及存在掩埋的树根、杂物,挖除场地范围内的有机土、腐质土、垃圾土、塘泥等,厚度约300 mm,需进行清表处理。按地勘报告,设计要求处理至①素填土层底部(标高约5.0~5.5 m),即②₁砂质粉土层顶面,处理深度约1 m。

地基处理检测合格标准:压实系数不小于0.94;压实后的回填土承载力特征值不小于120 kPa,压实模量不小于5 MPa。

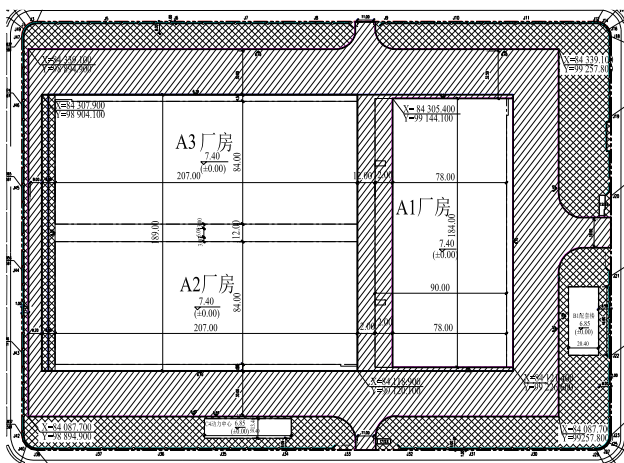


图1 冲击碾压处理范围

Fig. 1 Range of impact rolling treatment

2.2 技术要求

冲击碾压的设备为冲击压路机,是由3~5瓣凸轮构成的轮式压路机,由配套的重型工业拖车牵

引或装载机牵引。冲击碾压之前,应进行碾压工艺性试验,取得碾压的深度、遍数、速度等施工参数,同时应考虑冲击可能对相邻建筑物带来的影响,并采取相应的隔振预防措施。

冲击压路机以非圆形轮进行原位静压、揉搓、冲击的周期性连续作业,产生强烈的冲击波,对地基进行冲击碾压。冲击压实工艺参数一般为冲击压路机工作质量15 600 kg、冲击轮质量2×5 680 kg。冲击轮形式为三边形凸轮、最大瞬间冲击力大于250 t、最佳工作速度为10~15 km/h、冲击能量25 kJ、压实宽度2×900 mm、牵引车功率不小于132 kW、冲击频率60~110次/min、填土层厚50~80 cm、最大爬坡坡度20°。行驶2次完成1遍压实,每遍第2次的单轮由第1次两轮内边距中央通过,间隙双边各0.13 m,当第2遍的第1次向内移动0.2 m冲碾后,即将第1遍的间隙全部碾压,压实宽度为4 m。

2.3 施工工艺

(1) 施工工艺流程

测量放样→场地清表→排水沟开挖→装载机整平、光面压路机静压→碾压前压实度、高程测量记录→冲击碾压6~8遍(时速10~15 km/h)→装载机整平、光面压路机静压→沉降观测、压实度检查→继续第12~16、第18~24遍并进行相应的沉降检测、压实度检测→过程检测符合设计值进入下道工序(低于设计值增加冲击遍数)。

冲击碾压完成后,使用推土机将表层30 cm表层土翻晒,并用振动压路机压实。

(2) 测放冲击碾压行走轨迹

根据厂房宽度,确定循环冲击碾压的轮迹走向,用灰线撒出,之后用冲击式压实机进行冲击碾压,从厂房的一侧向另一侧冲碾,冲碾顺序应符合“先两边、后中间”的次序,以轮迹搭接但不重叠铺盖整个地基表面为冲碾一遍(碾压轨迹及碾压带设置见图2)。

(3) 设备就位碾压

由装载机拖动冲击碾,在缓冲区加速行驶,通过施工区时确保行驶速度不小于10 km/h,碾压采用排压法。在横向移位时,冲击压路机双轮各宽0.9 m,两轮边距1.17 m,行驶2次为1遍,形成4 m宽碾压带,其中每遍第2次的单轮由第1次两轮内边距中央通过,形成理论冲碾间隙双边各0.13 m,当第2遍的第1次向内移动0.2 m冲碾后,将第1遍的间隙全部碾压;第3遍再回复到第1遍的位置冲碾;第4遍再回复到第2遍的位置冲碾。每遍纵向

相错 1/6 的轮周距进行碾压, 在碾压 3 或 4 遍完成后, 回复到第 1 遍位置开始第 2 轮 3 或 4 遍碾压, 依次从一侧向另一侧推移完成全部碾压遍数。

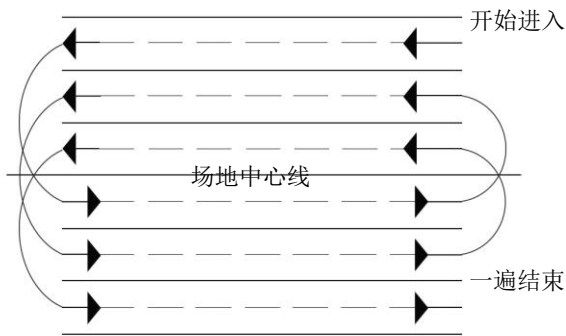


图 2 碾压轨迹及碾压带设置图

Fig. 2 Diagram of rolling track and rolling belt

(4) 冲击碾压过程中, 如因轮迹过深而影响压实机的行进速度, 可用装载机整平后再继续冲碾。

(5) 若冲击碾压过程中地基表面扬尘, 可用洒水车适量洒水后继续冲碾; 在碾压过程中当土壤中含水量不够时, 洒水进行调整; 当土壤中含水量较大时, 应降排水进行调整(如开挖排水沟, 布置管井井点等措施), 使其达到最佳含水率。每冲击碾压 6~8 遍后, 进行沉降观测、含水量及压实度检测。

(6) 按第(3)条及第(4)条连续冲击碾压, 至最后 6~8 遍的沉降量不大于 2 cm 时, 进行设计要求的项目检测。

(7) 若未能达到设计规定的施工质量要求, 则重复(3)~(5)条项目, 直至到达设计要求为止。

2.4 技术施工要点

(1) 该地基属于原场地素填土压实地段, 地势平缓, 冲击碾压施工前要做好清表, 范围要依据边线放样进行。冲击碾压的压实深度和压实影响深度应根据现场冲击碾压试验或当地经验确定。在地基冲击碾压前应避免先开挖结构物基础、管涵等, 待冲击碾压完成后再进行构造物基础开挖。

(2) 冲击碾压前, 记录好清表前地面高程、水准点和中桩位置原始资料, 以便以后用前后数据进行对比以确定冲击压实后的沉降量。冲击碾压时, 压实轮外缘应与填层边缘保持不小于 1 m 的安全间距, 工作前方如有结构物应及时调头, 安全距离不小于 5 m。先用压路机将原地表压实。前 6~8 遍采用低速冲碾, 以避免冲击坑太深, 机械行驶困

难, 冲碾不均匀, 影响碾压效果。每碾压 6~8 遍, 用装载机整平, 光轮压路机静碾, 以消除地表松散土层。先碾压 6~8 遍后, 之后每遍碾压均以大于 10 km/h 的速度碾压, 施工现场照片见图 3。



图 3 冲击碾压施工图

Fig. 3 Construction of impact rolling

(3) 施工过程中, 如果因轮迹过深而影响压实机的行进速度, 采用推土机平整后再继续冲碾; 冲击碾压若干遍后, 地面成波浪状, 严重时会产生跳车现象, 继而影响车速和冲击效果, 应及时进行整平处理, 表面干燥时要适量洒水, 防止表面粉尘化, 影响能量向深层传递。在碾压过程中当土壤中含水量不够时, 洒水进行调整, 使其达到最佳含水量 $\pm 3\%$ 。

(4) 冲击碾压宽度不宜小于 6 m, 牵引式冲击压路机单块施工面积不宜小于 1 500 m², 工作面较窄时需设置转弯车道, 冲击碾压最短直线距离不宜小于 150 m。冲击碾压行驶速度以 10~12 km/h。冲击碾压机械图如图 4。



图 4 冲击碾压机械图

Fig. 4 Construction machine of impact rolling

(5) 施工中出现“橡皮土”现象时应暂停施工, 这时应将“橡皮土”挖出, 填筑含水率在设计控制范围内的砂土后, 重新碾压。

2.5 质量控制措施

(1) 开始施工前, 首先对施工班组或施工队、

施工管理人员等进行技术交底,将有关施工图纸、技术参数和设计要求、技术规范等讲解说明。

(2) 机械操作人员必须经过培训,持证上岗,压路机的行驶速度控制在 10~15 km/h,如工作面起伏较大应停止冲压工作,对工作面进行平整后再继续工作。

(3) 施工过程中严格控制土的含水量,避免冲击碾压时形成弹簧土而无法压实,若出现“弹簧土”现象,应暂停施工,将“弹簧土”挖除,回填符合要求的新土整平后继续施工。

(4) 高程监控测点平面位置应保持不变,在施工过程中,应保持测点位置固定(拟采用Ⅱ级钢筋制作)。

(5) 冲击碾压最后五遍沉降量小于 2 cm,压实度系数不小于 0.94。若检测结果达不到设计要求时,应采取补压措施,直至达到设计要求为止。

(6) 以施工工艺、沉降量指标控制为主,结合压实度等指标进行控制。

(7) 每一冲击工作段完成后,进行数据采集,将检测结果分析整理,合格后进入下道工序,不合格继续碾压到合格,并做为工程质检资料的一部分进行保存归档。

2.6 数据采集流程

关键数据采集流程详见图 5。

3 冲击碾压技术处理结果

冲击碾压施工后,我方委托专业检测单位对场地进行压实系数、承载力特征值及压缩模量的检测,地基土原土物理力学参数如表 1。

检验数量:压实系数每 1 000 m² 布置 1 个测点,承载力检测每个单体取 3 个测点。

检测报告如表 2~表 3。

检测结论:经过对本工程的 4 个试验点进行地基土静载荷试验,结果表明:(1) A3 厂房 1 试验点地基土承载力极限值为 240 kPa,地基压缩模量

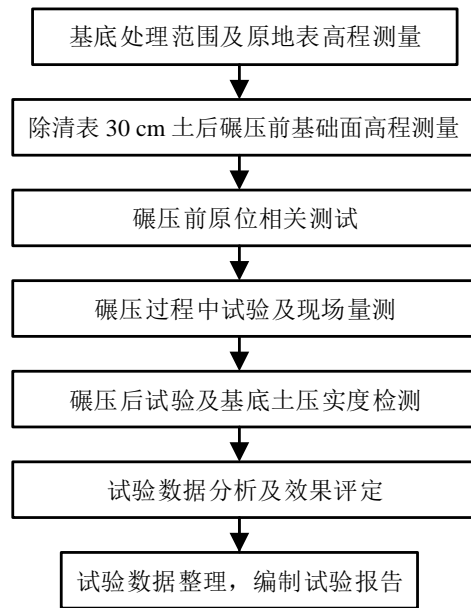


图 5 数据采集流程图

Fig. 5 Flow chart of data acquisition

9.20 MPa; (2) A3 厂房 2 试验点地基土承载力极限值为 240 kPa,地基压缩模量 9.40 MPa; (3) A3 厂房 3 试验点地基土承载力极限值为 240 kPa,地基压缩模量 7.99 MPa; (4) 道路 1 试验点地基土承载力极限值为 240 kPa,地基压缩模量 8.16 MPa。

经检测,满足设计要求压实系数不小于 0.94,承载力特征值不小于 120 kPa,压实模量不小于 5 MPa,检测合格,采用冲击碾压地基处理方法满足设计及规范要求。

4 总 结

冲击碾压工艺在公路路基及旧路处理中应用较多,但在大规模的工业厂房地基处理中极少应用。本次采用该工艺在 60 000 m² 的粉砂土地基处理,不但取得了良好的压实效果,且在工期上具有较大的优势,尤其是设备需用量少,经济效果好。在本工程中,仅适用 1 台冲击碾压设备即可满足施工需求,为类似工程提供了一些可借鉴的经验。

表 1 地基土物理力学参数

Tab. 1 Physical and mechanical parameters of soil layers

层号	岩土名称	层厚/m	天然含水量/%	土的重度/(kN/m ³)	天然孔隙比	压缩系数/MPa ⁻¹	直接快剪		标贯击数/N	压缩模量/MPa	地基土承载力特征值/kPa
							c/kPa	φ/°			
① ₁	素填土	0.50~2.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
② ₁	砂质粉土	3.30~6.20	28.5	18.2	0.869	0.19	10.1	28.8	7.6	10.0	120
② ₂	砂质粉土	4.40~8.30	24.8	18.6	0.777	0.17	7.0	29.2	11.0	12.0	160

表2 密度检测报告
Tab. 2 Test report of density

检测项目: 回填土干密度、 压实系数			土样类别: 粉质砂土				最大干密度/(g/cm ³)				
试样 编号	取样日期	取样部位	试样体 积/cm ³	试样湿质 量/g	试样湿质 量/g	试样含水 率/%	干密度/(g/cm ³)		压实系数		结果 判定
							单个值	平均值	设计值	实测值	
1-1	2020-03-19	A1 厂房	60	104.9	91.8	14.3	1.53	1.53	0.94	0.96	符合要求
1-2		1-2/1-B 轴		104.9	91.8	14.3	1.53				符合要求
2-1	2020-03-19	A1 厂房	60	105.5	91.9	14.8	1.53	1.53	0.94	0.96	符合要求
2-2		1-4/1-C 轴		104.8	91.7	14.2	1.53				符合要求
3-1	2020-03-19	A1 厂房	60	105.1	92.9	13.2	1.55	1.54	0.94	0.96	符合要求
3-2		1-7/1-B 轴		105.0	91.9	14.2	1.53				符合要求
4-1	2020-03-19	A1 厂房	60	105.1	93.4	12.6	1.56	1.55	0.94	0.97	符合要求
4-2		1-7/1-D 轴		104.6	92.6	12.9	1.54				符合要求

检测依据:《土工试验方法标准》(GB/T 50123-2019)

表3 地基承载力检测报告
Tab. 3 Test report of bearing capacity of foundation

试验点号	最大加载压力/ kPa	最大沉降量/ mm	最大回弹量/ mm	回弹率/ %	地基土承载力极限值/ kPa	终止加载原因
A3 厂房 1	240	20.28	4.79	23.6	≥240	满足设计要求
A2 厂房 2	240	19.84	5.54	27.9	≥240	满足设计要求
A3 厂房 3	240	23.33	5.48	23.5	≥240	满足设计要求
道路 1	240	22.87	5.97	26.1	≥240	满足设计要求

参考文献

- 技术规范: JGJ 79-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [1] 张兵, 张超. 浅谈冲击碾压在施工中的应用[J]. 科技信息, 2010(8): 313-314.
- [2] 陆新. 冲击碾压技术在填土地基处理中的应用[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(5): 990-994.
LU Xin. Application of impact roller in the improvement of mountain area fill[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2010, 6(5): 990-994.
- [3] 交通部公路科学研究院. 公路冲击碾压应用技术指南[M]. 南京: 南京出版社, 2006.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基处理
- [5] 龚晓南. 地基处理手册(第3版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 建筑地基基础工程施工质量验收标准: GB50202-2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [7] 中华人民共和国建设部. 工程测量规范: GB 50026-2007[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑机械使用安全技术规程: JGJ 33-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.