

沉桩施工挤土效应的监测与评估方法研究

韩旭

天津市勘察设计院集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2029

[摘要] 近年来,为了进一步开发和完善土地资源的利用率,人们越来越多地利用地下空间资源来加以完善,而在这样的发展当中,使得基坑施工数量日渐增多,并且在大量地下工程的开挖和土方量等方面处理时,会对土壤及孔隙水压有很大的影响,从而使施工所在区域发生沉降和裂缝现象,与此同时也会对附近建筑或建筑设施引起不稳定和故障风险。本文主要是对此施工过程中的土壤及孔隙水压变化规律作出研究,从而全面综合分析,更好地理解其在不同的土壤条件下的压力情况。

[关键词] 沉桩施工; 挤土效应; 监测; 评估方法

中图分类号: TE42 文献标识码: A

Research on Monitoring and Evaluation Method of Soil Squeezing Effect in Pile Driving Construction

Xu Han

Tianjin Survey and Design Institute Group Co., Ltd.

[Abstract] In recent years, in order to further develop and improve the utilization rate of land resources, people have increasingly utilized underground space resources to improve them. However, such development will lead to more construction of foundation pits, that is, the excavation and earthwork volume of a large number of underground projects will have a significant impact on soil and pore water pressure, causing settlement and cracking in the construction area. At the same time, it will also cause instability and failure risks to nearby buildings or building facilities. This article mainly studies the changes in soil and pore water pressure during the construction process, in order to comprehensively analyze and better understand the pressure situation under different soil conditions.

[Key words] pile driving construction; Soil squeezing effect; monitor; Evaluation method

引言

长期以来,基坑施工监测主要采用现场地表沉降和局部土体位移监测手段,一种监测方法所得到的成果无法较全面地反映基坑施工引起的土体影响。而施工作业的孔隙水压力在施工过程中将与土体相互影响,在垂直方向和径向的传递差异性较大,因此单独运用传统手段常不能反映压力场在空间分布上和时域上的变化过程。近年来,随着沉桩施工方式的发展以及土体力学分析理论的发展,土体力学中针对孔隙水压力和土压力的监测也取得了较大发展^[1]。诸多学者通过孔隙水压力响应与土体应力响应关系的研究表明,由于土层赋存状况、桩基施工方式以及施工中引起的土体变化影响,沉桩施工中造成的孔隙水压力响应与土体应力响应关系不同。通过对土体和孔隙水压力进行空间分布和扩散规律研究不仅有利于施工方案的优化,提高施工效率,还可为今后类似工程施工提供更加科学的安全监测、预警手段。

1 沉桩施工挤土效应的产生机理

沉桩施工是一种常用的地基施工方法,常用来增强建筑物基础的承载力。沉桩施工过程中桩体的下沉会造成沉桩周围土体的挤压作用,进而产生“挤土效应”。这一效应不仅会对沉桩周围的土体产生一定的影响,还会引起周围建筑物、地下构筑物等的沉降、开裂现象,因此分析沉桩施工“挤土效应”的成因对于对其进行有效的控制至关重要。桩体的垂直沉入地面是沉桩施工的主要环节,当桩体垂直下沉时,由于桩体本身无发生体积改变现象,而其周围的土壤会发生位移^[2]。

土体由于沉桩所产生的变形一般分为弹性变形和塑性变形。对于弹性变形而言,在受到外部一定的压力的情况下所产生的土体形变,等到外部压力被撤除之后,土体会慢慢回到原状。至于塑性变形而言,在受到的压力超过土体的抗压极限时所产生的变形,这类土体形变为永久性形变,而在上部土层和下部土层所产生的形变有所不同,一般下部土层所发生的塑性形变远大于上部土层,由此则对周围的土层有着较为明显的位移影响。如

果在软土、黏土等性质较软的土层,那么塑性形变就更为严重,由此产生的挤土效应则更为强烈。

2 沉桩施工挤土效应的监测与评估方法的案例分析

2.1 案例背景

天津某物流中心项目坐落于天津市滨海新区天津港北疆港区,建筑面积42691.30m²,其中地上建筑面积42484.5m²,地下室建筑面积206.8m²,主要结构形式为钢结构,单体最大建筑面积为17209m²,建筑单体最高高度为12.94m。工程桩包括地坪桩、承台桩和坡道桩共施工约3500根桩,桩径为300mm~350mm,桩长24m~30m。该工程地址位于滨海新区,地基土质及地质较特殊,施工中易发生沉桩挤土效应,造成邻近桩基周边土体及建筑物不稳定。结合项目实际,工程团队详细编审监测方案,对桩基工程沉桩施工过程中土壤压力、孔隙水压力和沉降、位移等监测数据进行动态管控,结合数据分析及时调整施工方案,控制工程对周边环境及建筑物产生影响。

2.2 监测体系构建。

2.2.1 桩周孔隙水压力监测。天津某物流中心场地选取沉桩范围内的多层位孔隙水压力计,监测土体在孔隙水压力受到沉桩施工影响后的变化。其中,多层次孔隙水压力计放置在仓库3施工现场范围内的4个桩区(1个桩区1个监测断面),孔隙水压力计置入深度分别为8m、12m、18m、24m。以全面了解土体不同深度部位孔隙水压力在整个施工阶段发生的突变。监测区划分图如图1所示。

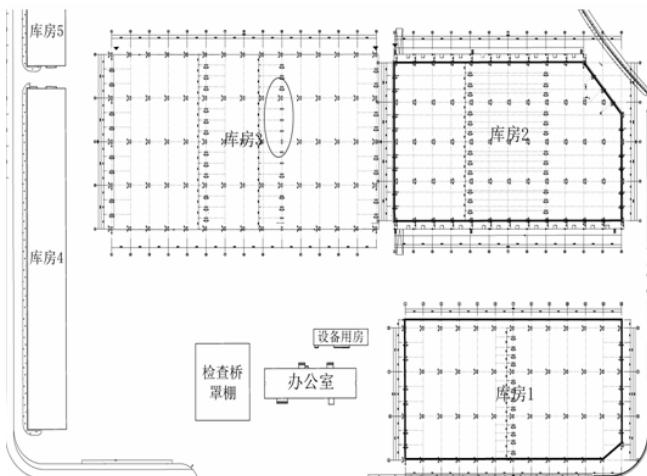


图1 监测区域划分

为确保监测成果数据的精度,在测点布置时,兼顾桩身土体的构成和水文特性。结合施工作业进展,在沉桩初期阶段监测频次为1次/d;到达施工作业附近敏感点后提高至1次/12h;后续作业完成后的10d以内减为1次/d,之后按照土体压力逐渐稳定情况,提高观测频次。采用“阶段性”、“动态监测方案”捕捉土体水压力在施工作业过程中的变化规律,以及施工结束后的监测跟踪规律,为施工结束后的土体变形评价和建筑物沉降控制提供一定的支撑依据。

2.2.2 桩周深层水平位移监测。为了掌握桩周土体深层水平

位移的变化情况,天津项目在施工区域布设了多个深层水平位移监测孔点,所设深层水平位移监测点设置在库房3施工区域内各4个桩区(D194、D196、D404、D406),深度为31m,可以将土体深层结构覆盖。深层水平位移监测在确定沉桩过程中的不均匀沉降和土体的滑动过程中具有关键作用。天津项目在监测时将桩周水平位移的变化量与孔隙水压力、土压力的变化量相互关联分析以确定土体的固结性能与沉桩过程中的挤土效应。

2.2.3 桩周土压力监测。土压力是挤土效应产生的直接效应。天津项目的沉桩过程通过埋设土压力计对沉桩前后周围的土体土压力变化进行监测,监测点位位于库房3施工区域的4个桩区交界(桩区D194、D196、D404、D406)的不同时刻(8m、12m、18m、24m)布置测点,可实现对沉桩过程的全过程、全方位掌握周围的土体压力变化以及沉桩过程周边的环境影响变化。

2.2.4 桩顶位移监测。在天津物流中心项目的沉桩施工中,在桩顶部位设置位移测点,在库房3施工的桩顶设置了5个桩顶位移监测点,该位置的测点主要记录桩顶的垂直沉降和侧向位移,以及获取桩体的施工期间的桩顶位移,判断桩体发生较大的变形情况。根据实际沉桩数据可知,桩顶位移在沉桩过程中一般是在不断增大的过程中,当桩体施工遇到较大的阻力或桩位土壤较坚硬时,桩顶的桩位位移数据较大,利用准确的桩顶位移检测,发现桩位发生过大的变形情况或桩体的变形不均匀情况,可以及时采取相应的改善措施,如加大桩的击打力度,或者调整桩体施工布置等,有效提高工程施工期间桩体的稳定性,为后期对桩基的质量检测提供数据支持。

2.3 监测参数设置

根据本项目的施工时序、施工影响范围及对周边设施、土体及桩体的安全控制要求,合理布置该项目的监测项指标及频次,实现施工期间周边建筑物、土体及桩体安全的动态控制。

库房地坪桩施工至西侧三排桩时,为更紧密地监测施工对周围的影响,将监测的频率提高到12h/次。库房施工完成后的10d以内,考虑施工延续性因素的影响,将监测频率调整至2d/次。对其他影响如沉桩桩周孔隙水压力、土体深层水平位移和土压力的监测频率也按此原则调整。施工的早期每天测一次,当施工到关键点(如D279附近)时将频率调整到12h/次,确保对施工周围土体的影响能够及时做出反应。在桩顶位移监测中监测频率在桩顶位移监测点布置结束后的15d内将监测频率调整至12h/次,确保位移动态得到有效的反映。

2.4 监测结果

2.4.1 单桩应力纵向分布。测点KY1(距施工桩位约5.2m)是施工后10min的读数,反映的是沉桩施工时孔压的变化,8m、12m、24m处孔隙水压力和土压力的变化量大,约为30%,而18m处变化量小,约为3%。土的层差对孔隙水压力和土压力的变化量影响较大。在8m、12m、24m处,超孔隙水压力随深度而线性递增,集聚能力较强,而18m处,粉砂粉土夹层透水性强,超孔隙水压力集聚能力大大减弱。如图2(a)~图2(d)。

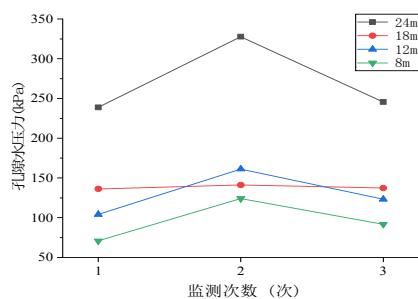


图2(a) KY8不同深度孔压随时间变化

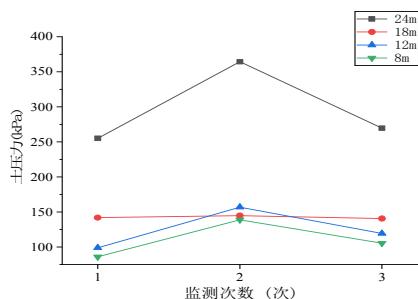


图2(b) TY8不同深度土压随时间变化

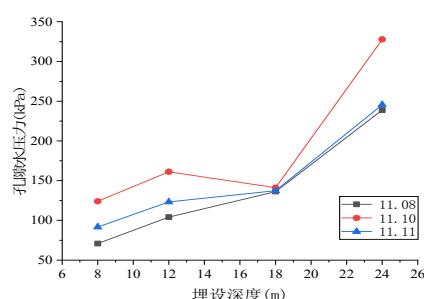


图2(c) KY8孔压随深度变化图

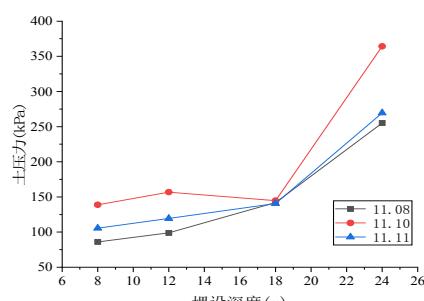


图2(d) TY8土压随深度变化图

2.4.2 应力径向空间变化。为探讨孔隙水压力在径向空间的变化, 分析了不同测点的数据, 结果为: KY13(0.6m)、KY9、(2.45m)、KY12(3.43m)、KY8(4.36m)和KY11(9.3m)。在距离桩位最近的KY13处, 孔隙水压力变化显著, 8m、12m、24m处分别上升110kPa、190kPa和110kPa, 而18m处孔隙水压力仅上升46kPa。这表明沉桩挤土的径向应力随着距离桩位的增大呈对数形式衰减。桩距9.3m的KY11, 8m、12m、18m、24m处孔隙水压力上升分

别为2.03kPa、3.57kPa、2.46kPa和11.9kPa, 最大值未超过12kPa, 判断沉桩的影响半径约为12m, 约为桩径的21倍。

2.4.3 应力消散规律。应力消散规律研究也显示, 沉桩完成后, 8m、12m位置的应力快速消散, 24小时内消散了80%左右; 18m位置由于应力上升较少, 从1997kPa增加到2007kPa~2052kPa, 并且消散速度也比较慢, 对工程没有较大影响^[3]。虽然孔压、土压变化趋势是一致的, 但是消散速度以及24小时消散率没有较大差异, 说明土体没有出现水裂等地表。

2.4.4 区域密集施工沉桩挤土效应。随着群桩施工的进行, 孔压逐渐上升, 但始终不会超过峰值。这一现象表明群桩施工不会引起孔压的二次大幅增加, 主要因最近桩位施工后孔压迅速消散, 而后续桩位施工引起的孔压增幅较小。

2.4.5 土体深层水平位移监测。土体的最大水平位移约为18.4mm, 主要发生在近地表位置。土体水平位移的分布呈“上大下小”形式, 符合上软下硬土层的特征。由于表层土层流动性强, 桩体贯入时容易造成隆起, 导致上部土层变形较大, 而下部较硬土层抗压性强, 变形较小。

2.4.6 应力释放孔作用研究。针对设置应力释放孔区域, KY3—KY5间孔隙水压力增加幅度不大, 说明其应力释放效果不佳; KY4—KY6间由于距离桩位较近并有2排15m深的应力释放孔, 其8、12m处均达到较好的应力释放效果, 孔隙水压力增加幅度较未设置孔隙水压力释放孔处减少了30%。但由于18m处的粉砂粉土夹层透水性好, 其应力释放效果不佳, 同时24m处由于测点深度大其应力释放效果不足。

3 结论

本文主要基于施工期间的土壤及孔隙水压力变化进行了相关的分析与研究, 通过分析不同测点的压力增长和压力消退的速率比较, 从而得出土和水压在各个施工阶段的土压力和水压的反应与消退速率规律。同时通过分析大量数据采集分析, 进一步形成了土体及水压在施工阶段中不同时间段及不同类型对压力消退的影响, 此外并给出了不同位深及不同测点之间对压力的变化情况, 从而形成通过虚拟的数据反映在施工设计与工程监测的一种方法, 并为后期施工设计及工程监测提出了较合理的有效方案。同时通过分析土壤和孔隙水压力的变化规律, 进而为土建工程在该施工条件下施工风险评估与安全施工监测提供了实践资料。

参考文献

[1] 王卿, 盖永斌, 李瑜, 等. 洞庭湖区高速公路桥梁PHC管桩适应性研究[J]. 公路交通科技, 2023, 40(9):99–105.

[2] 张涛, 蔡敏, 孙闻. 膨胀土硬质层振动载荷沉桩的挤土效应[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2024, 43(4):425–433.

[3] 刘忠臣. 基于CEL方法的静压桩沉桩挤土效应数值模拟[J]. 江西建材, 2023(11):181–183.

作者简介:

韩旭(1988--), 男, 汉族, 天津市宁河区人, 吉林大学工程地质专业本科, 中级职称(工程勘察), 初级职称(工程勘测), 于天津市勘察设计院集团有限公司从事工程勘察、桩基检测、基坑监测工作。