

某建筑深基坑施工过程监测及变形规律研究

宋忆祖

大连市建筑工程质量检测中心有限公司 辽宁 大连 116021

【摘要】：文章以某建筑工程深基坑项目为研究背景，对基坑结构状态监测方法进行了分析研究。针对基坑采取的支护措施制定了围护桩顶、边坡顶的桩顶竖向位移和水平位移、基坑周边地表沉降监测、基坑周边管线位移监测、基坑立柱位移监测、基坑临近建筑位移监测、支护结构内力监测方案，各监测点数据均未超过预警值，基坑支护结构状态稳定。

【关键词】：深基坑；基坑支护；变形监测

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.021

1 引言

随着近年来各地建设工程的不断推进，城市中各种形式的复杂大深度、高风险基坑工程也开始不断出现，同时国内外的科研人员与工程技术人员都将深基坑工程列为重要的研究内容^[1,2]。在深基坑工程建设过程中，伴随着开挖深度增加，侧壁承受的地质压力更大，稳定性更难保证，易诱发周边建筑物沉降、支护结构变形等风险，不仅会严重威胁现场作业人员的生命安全，导致伤亡风险，还会严重危及工程自身及周边建筑及地下管线等社会公共安全。

为保障工程期间安全施工及城市稳定运行，需实时分析处理监测数据；一旦数据超过预警值，必须立即采取加固等措施，从而同时保障支护结构和施工作业的安全。对支护结构开展监测，能有效排查安全隐患，为施工安全提供重要支撑^[3,4]。

2 工程案例

某建筑工程项目拟建三层地下室，采用混凝土内支撑的支护形式。拟建场地基坑坑顶标高 5.0m，坑底标高-8.1m，基坑内侧边线周长约为 624m，基坑开挖深度约为 12.60-13.70m。

(1) 工程地质情况

根据本项目的《工程勘察报告》可知，待建场地在所钻探到的岩土层自上至下依次为：第四系全新统人工堆积层①素填土、第四系全新统海相沉积层②淤泥质粉质粘土、震旦系五行山群长岭子组板岩③1 全风化板岩③2 强风化板岩③3 中风化板岩③4 中风化板岩、④1 全风化辉绿岩④2 强风化辉绿岩④3 中风化辉绿岩，具体岩土层及对应的物理力学参数见表 1。

表 1 项目场地岩土层及对应的物理力学参数

土层名称	重度 γ (kN/m ³)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (°)
①素填土	18	5	12
②淤泥质粉质粘土	18	15	5
③1 全风化板岩	20	28	16
③2 强风化板岩	23	38	22
③3 中风化板岩	25	50	28
③4 中风化板岩	27	70	30

④1 全风化辉绿岩	20	26	15
④2 强风化辉绿岩	23	35	20
④3 中风化辉绿岩	27	65	30

(2) 水文地质情况

勘察场地所有钻孔均见有地下水，地下水赋存类型有两种：其一赋存于素填土、淤泥质粉质粘土层中的孔隙潜水，水量丰富，主要补给来源为大气降水及场地北部的海水；其二，赋存于基岩裂隙中的基岩裂隙水，属弱富水，补给来源为大气降水及海水。场地地下水与海水联系密切，地下水受海水潮汐影响较大，勘察期间观测场地地下水水位变幅 0.5~1.0m，地下水水位埋深为 3.60~5.80m，标高为-1.10~1.47m。

3 基坑监测

3.1 监测方案

施工期间，要对支护结构本身，以及受基坑变形影响的周边地表等进行实时监测。按照基坑支护设计要求，监测项目及监测内容主要包括：围护桩顶、边坡顶的桩顶竖向位移和水平位移、基坑周边地表沉降监测、基坑周边管线位移监测、基坑立柱位移监测、基坑临近建筑位移监测、支护结构内力监测。通过对支护结构、以及周边土体等监测数据分析、整理，了解各个监测对象的实际变形情况以及施工对周边环境的影响程度，从而能第一时间发现问题并及时处理，杜绝各类不必要的损失^[5,6]。

3.2 监测点布设及分析

变形观测点应设立在能反映监测体变形特征的位置或监测断面上，监测断面应分为关键断面、重要断面和一般断面。还埋设应力、应变传感器。基坑边坡顶部的水平位移和竖向位移监测点应沿基坑周边中部、阳角处或冠梁周边、阳角处。监测点间距不宜大于 20m。该项目共布置监测基准点为 3 个，按照现场情况布设，桩顶竖向位移和水平位移监测点 30 个，周边地表沉降 20 个，管线位移监测点 27 个，立柱位移监测点 6 个，临近建筑位移监测点 11 个，支护结构内力监测点若干。

监测基准点布设在基坑影响范围之外的稳定区域，作为整个监测系统的绝对参考系。为所有位移、沉降观测提供基准数

据, 确保长期监测结果的准确性和可靠性^[7]。

桩顶竖向位移和水平位移监测点直接反映支护结构的稳定性。其中, 竖向位移用于监测桩顶下沉或上浮, 水平位移用于监测桩顶向坑内或坑外的侧向移动。

管线位移监测点专门监测基坑施工影响范围内地下管线的沉降和水平位移。管线是维持城市运转的关键设施, 容许变形值极小, 旨在严防管线断裂引发次生灾害。

立柱位移监测点位用于监测基坑内临时立柱的竖向和水平位移。立柱承受来自混凝土支撑或栈桥的竖向荷载及侧向力, 其位移过大会引起坑内作业平台坍塌。

临近建筑位移监测点位用于监测基坑周边既有建筑物的沉降、倾斜及水平位移。其作用是保护周边建筑安全, 防止因基坑施工引起墙体开裂、基础不均匀沉降甚至倒塌。

支护结构内力监测点通过在围护桩、支撑、锚杆等构件内部埋设应力传感器, 直接测量其受力大小及变化规律。当内力超过设计值时, 需立即采取加固或卸荷措施。

本工程的监测点位布设方案体现了“全面覆盖、重点突出”的原则。整套体系既能满足国家标准对深基坑监测的基本要求, 又针对管线、立柱、临近建筑等关键对象进行了加密或专项布点。从基坑施工到地下结构完成的全部过程中, 监测工作都要同步进行, 基坑项目监测频率如表2所示。

表2 基坑各监测项目的监测频率

基坑安全等级	施工进度		监测频率
一级	开挖深度 h	$\leq H/3$	1次/(2~3d)
		$H/3 \sim 2H/3$	1次/(1~2d)
		$2H/3 \sim H$	(1~2)次/d
	地板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1次/d
		7~14	1次/3d
		14~28	1次/5d
		>28	1次/7d

3.3 监测预警、异常及危险情况下的监测措施

基坑工程监测工作贯穿施工全过程。监测过程中出现下列情况之一时, 应立即启动报警程序; 若情况较为严重, 应立即停止施工, 并采取相应的应急措施: (1) 支护结构水平位移大于 30mm, 或水平位移速率已连续三天大于 3mm/d; (2) 边坡底部或周围土体出现可能导致剪切破坏的迹象, 或其他可能影响基坑安全的征兆, 如涌土、隆起、陷落等; (3) 场地周围地面出现宽度大于 10mm 的裂缝, 且裂缝有继续发展的趋势; (4) 基坑底部或侧壁出现管涌、渗漏或流砂等现象。(5) 基坑及周边出现大量积水、长时间连续降雨, 或市政管道发生泄漏。(6) 基坑存在超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况的施工行为。

施工前, 依据监测方案布设监测点, 并落实监测点的保护工作。施工过程中, 按规定频率开展监测, 以指导施工。当施工中出現变形速率超过预警值的情况时, 应进一步加强监测, 缩短监测时间间隔, 为调整施工方案和实施变形控制措施提供必要的实测数据。

4 基坑监测结果分析

在本基坑监测中, 基坑桩顶水平位移监测、基坑桩顶竖向位移监测与周边地表沉降监测是最重要的三项。这三项分别从支护结构稳定性、坑底隆起与地下水影响、施工对周边环境扰动等为基坑安全评估提供了基础判据。本节将围绕这三项监测内容, 从各监测项目中分别选取了变形最为显著的 3 个样本点作为典型代表, 对其近一个月的监测数据进行数据整理与分析。

4.1 桩顶水平位移

随着基坑向下开挖, 坑内不断卸载, 围护桩顶、边坡顶的桩顶便开始承受桩后岩土体的主动土压力, 进而导致桩身向基坑内部发生侧向水平位移。水平位移值的大小能反映出桩后主动土压力的高低。若位移值过大会让基坑面临巨大的安全风险, 甚至可能引发倒塌事故。

由图1监测数据显示, 在近一个月的观测周期内, 各桩顶水平位移监测点的位移量并未持续增大, 而是均在某一固定区间内上下波动, 呈现典型的动态平衡特征。表明其支护结构受力稳定, 桩体未发生塑性累积变形, 基坑安全储备充足, 且位移波动控制在预警值 30mm 以内。

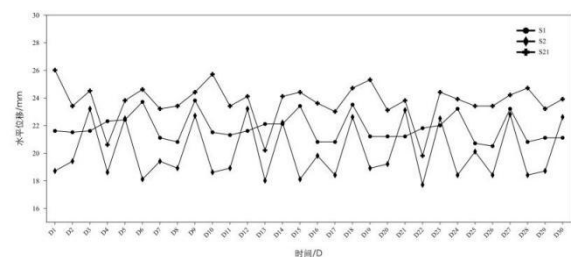


图1 近一个月基坑桩顶水平位移图

4.2 桩顶竖向位移

随着基坑向下开挖, 坑内土体被逐步卸除, 原先作用在坑底的上覆压力减小, 导致坑底土体产生弹性或塑性回弹。这种回弹会通过桩侧摩阻力传递到桩上, 使得桩身被向上顶起, 表现为桩顶竖向位移。回弹量越大, 通常说明开挖深度大、释重作用明显。

由图2监测数据显示, 在近一个月的观测周期内, 各桩顶竖向位移呈现动态平衡特征, 表明在当前施工阶段坑底土体回弹与桩身荷载作用已基本达到稳定状态, 未出现持续上抬或下

沉的趋势，且位移波动控制在预警值 30mm 以内。

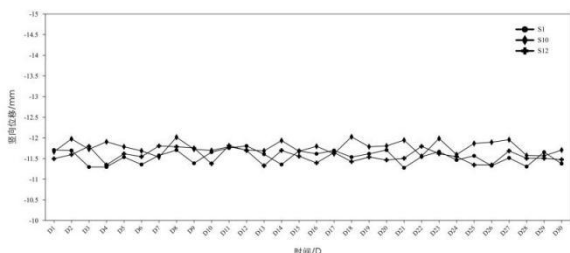


图 2 近一个月基坑桩顶竖向位移图

4.3 基坑周边地表沉降

基坑地面沉降不光发生在坑后土体上，还会导致附近道路因为沉降不均而变形甚至开裂，地下管线的变形程度也随地表沉降量大小有直接关系，因此需要控制好基坑周边的地表竖向沉降。

由图 2 监测数据显示，在近一个月的观测周期内，基坑周边地表土体的扰动已基本呈稳定态势，沉降速率与支护结构的侧向变形、地下水位的波动之间形成了暂时稳定的关系。表明支护体系有效限制了坑后土体的侧向位移，从而抑制了地表持续沉降的发展，且位移波动控制在预警值 30mm 以内。

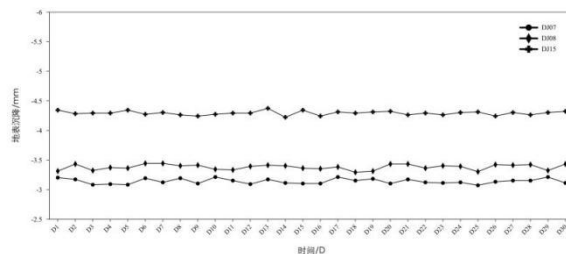


图 3 近一个月基坑周边地表沉降图

5 结论

依托于本建筑工程项目，梳理了深基坑检测中的关键点，并且对围护桩顶、边坡顶的桩顶竖向位移和水平位移、基坑周边地表沉降监测等监测数据进行了整理与分析。选取的样本点水平位移最大值为 26mm、竖向位移最大值为-12.02mm、基坑周边地表沉降最大值为-4.37mm，均在预警值范围内，表明在本次基坑施工中围护桩与坡顶桩有效控制了基坑的变形。

深基坑开挖的安全，受土层参数、支护方式、开挖顺序等多个因素共同制约，同时也受基坑内部和外部条件共同作用。因此需要根据不同工程的具体地质条件和基坑特点，设计出合理的支护方案，才能保证施工安全。在施工全过程中，必须实施动态监测，第一时间获取基坑内外结构的变形受力数据，并以此为依据动态调整施工措施，从而维持基坑的稳定状态。

参考文献:

[1] Moormann C. Analysis of wall and ground movements due to deep excavations in soft soil based on a new worldwide data-base[J]. Soils and Foundations, 2004, 44(1): 87-98.

[2] 张超翔, 张志强. 深基坑桩锚支护结构位移分析及数值模拟[J]. 科学技术与工程, 2022(18): 8022-8029.

[3] 叶帅华, 李德鹏. 复杂环境下深大基坑开挖监测与数值模拟分析[J]. 土木工程学报, 2019(S2): 117-126.

[4] 羊逸君. 地铁隧道深基坑支护体系及开挖方案研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.

[5] 肖金鑫, 庞立军, 王辉, 等. 天津软土地区深基坑变形监测点优化布置研究[J]. 现代隧道技术, 2025, 62(S1): 748-753. [6] 高如, 赵翌博, 曹文昱, 等. 城市更新深基坑工程动态监测及变形预测研究综述[J]. 水利水电技术(中英文), 2025, 56(S2): 15-17.

[7] 刘玉森, 朱梦洁, 张鹏飞. 变形监测装置在深基坑开挖过程中的应用与研究[J]. 人民黄河, 2024, 46(S2): 98-99.