

城市地下既有建筑物桩基探查与评价技术研究

邱志华^{1,2}, 陈林平^{1,2}, 郭朝旭^{3,4,5}, 张雄水^{1,2}, 梁曦^{1,2}, 曾文^{1,2}

(1. 福建省建筑科学研究院有限责任公司, 福建 福州 350108; 2. 福建省绿色建筑技术重点实验室, 福建 福州 350108;
3. 福建省地质工程勘察院, 福建 福州 350002; 4. 福建省地质灾害重点实验室, 福建 福州 350002;
5. 自然资源部丘陵山地地质灾害防治重点实验室, 福建 福州 350002)

摘要: 随着城市建设不断发展,既有建筑物在计划重建或续建时需对既有桩基础进行有效探查,以寻可否再利用、降低功能使用或进行既有桩基清除。依托实际工程案例,对既有桩基探查评估技术进行分析研究,通过对场地进行补充勘探直接获取桩周土层参数,开展钻芯法试验验证桩身混凝土强度;开展磁测井法试验判定基桩钢筋笼长度;基于补充勘探地层参数并结合原位静力触探法与经验参数法,估算静力触探孔附近的冲孔灌注桩的单桩极限承载力;通过自动化监测技术对大厦拆建过程中地基的沉降变化规律进行了研究,实现了自动化监测技术在既有地下室结构的成功应用。通过分析研究,初步形成成套既有建筑桩基整体评估技术,可为今后类似工程提供指导和借鉴。

关键词: 既有桩基;原位取样;磁测井法;钻芯法;原位触探;自动化监测

中图分类号: TU473

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2023)04—0201—08

Pile Foundation Exploration and Evaluation Technology for Urban Underground Existing Buildings

QIU Zhihua^{1,2}, CHEN Linping^{1,2}, GUO Chaoxu^{3,4,5}, ZHANG Xiongshui^{1,2}, LIANG Xi^{1,2}, ZENG Wen^{1,2}

(1. Fujian Building Research Institute Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350108, China;

2. Fujian Key Laboratory of Green Building Technology, Fuzhou, Fujian 350108, China;

3. Fujian Geological Engineering Survey Institute, Fuzhou, Fujian 350002, China;

4. Fujian Key Laboratory of Geohazard Prevention, Fuzhou, Fujian 350002, China;

5. Key Laboratory of Geohazard Prevention of Hilly Mountains, Ministry of Natural Resources, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: With the continuous development of urban construction, it is often necessary to effectively explore the existing pile foundation during the planned reconstruction or continuation to find out whether it can be reused, reduce the function or remove the existing pile foundation. Based on actual engineering cases, this work analyzed the existing pile foundation exploration and evaluation technology, and directly obtained the soil layer parameters around the pile through supplementary inspection of the site, and conducted core drilling method tests to verify the concrete strength of the pile body. Magnetic well testing was conducted to determine the length of the foundation pile reinforcement cage. Based on supplementary investigation of geological parameters and combined with in-situ static penetration method and empirical parameter method, the ultimate bearing capacity of a single pile near the static penetration hole is estimated. Through the use of automated monitoring technology, the settlement changes of the foundation during the demolition and construction process of the building were analyzed, and the successful application of automated monitoring technology in existing basement structures was achieved. Finally, a comprehensive evaluation technology for existing building pile foundations has been preliminarily formed, which can provide guidance and reference for similar projects in the future.

Keywords: existing pile foundation; in situ sampling; magnetic logging method; core drilling method; in situ penetration; automated monitoring

随着国民经济的飞速发展,人们对物质文化的需求日益增长,城市建设压力也越来越大,既有建筑物的续建改造愈发普遍,城市既有建筑地下空间的开发与利用是当前城市建设的一大趋势^[1]。但遗留在土体中的既有桩基往往成为既有建筑地下空间工程施工处理的棘手难题,处理不当或造成改线改址、或重新设计、或施工半途而废,进而直接影响工程的施工进度与质量。因此,利用及发展既有建筑地基基础加固改造技术,在保留或改造原有结构的同时,可以改善或提升既有建筑的功能或性能,对于缓解城市土地供给日益紧张的矛盾意义重大,同时也会产生显著的社会经济效益。而摸清既有建筑地基土的工作性状又是地基基础加固设计的基础^[2]。由于既有桩基础自身的复杂性和独特性,目前工程界尚未有成熟的技术手段。如何对既有桩基进行有效探查并加以充分利用,已然成为越来越多工程人需要面对的难题。

近年来,国内学者们更多对新建地基基础的处理分析研究,对既有旧建筑地基基础鲜有报道。Billfinger W 等^[3]提出了对桩基安全性评估的新方法。王龙胜等^[4]结合桩基的耐久性评定与桩基承载力评定进行了既有桩基再利用的综合研究。张振拴等^[5-6]通过既有地基基础载荷、原位取样及沉降观测等技术研究,证明了这些测试技术具有很好的适用性和可靠性,对既有建筑地基基础系统的检测与评定进行了有效尝试。邱金环等^[7]直接利用勘察设计、施工等资料和间接方法相结合对既有建筑物桩基可靠性进行了评价。徐志华等^[8]对既有建筑桩基检测技术的发展进行了探讨,对既有建筑物桩基质量安全性检测评价方法进行了归纳总结。

因此,对既有桩基的探查、评价及再利用,不仅能够大幅降低建筑物续建成本,又可避免资源浪费,提高资源利用率,符合我国绿色可持续发展战略要求。本文依托实际工程案例,综合钻芯法、磁测井法、原位测试等技术方法以及全过程自动化监测等详细介绍了既有桩基探查评估技术,并对既有地基基础的可靠性作出较为准确的评价,有一定的推广意义,可为今后类似工程提供借鉴。

1 工程概况

福州商贸大厦位于福州市,该项目于 1995 年动工建设,1996 年因建设资金缺乏项目搁浅,现该项目为停建二十多年的“烂尾楼”项目。原设计方案为地下 2 层、地上 17 层。目前规划拆除上部结构,保留既有地下室结构及地基基础,续建后继续使用。

续建后,整体建筑层数由 17 层调整为 12 层,其中 1~5 层为集中式商业,6~12 层为办公,建筑高度由 58 m 调整为 51 m。因建筑层数降低,调整续建后上部荷载减少,拆除过程及竣工后结构有可能发生上浮,且由于烂尾时间太长,既有地基基础的承载能力及完整性存在不确定性,为探查评估既有地下室地基基础工作现状,采用自动化监测技术进行全过程高频实时监测,并通过一定的检测技术手段对既有地基基础进行探查评估。

通过调查发现,该项目桩基础采用冲孔灌注桩,设计桩长约 45 m,设计桩径分别为 600 mm、800 mm、1 000 mm,总桩数为 236 根,桩身混凝土强度为 C30,单桩竖向抗压承载力特征值分别为 2 500 kN、3 500 kN、4 500 kN,桩端持力层为残积砂质黏性土层。大厦现状及地下室结构如图 1—图 3。



图 1 福州商贸大厦



图 2 福州商贸大厦地下室

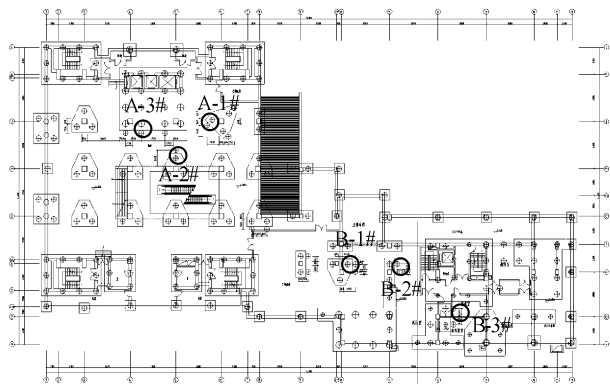


图 3 福州商贸大厦地下室平面图

2 既有桩基探查

为全面了解既有桩基工作现状,通过勘察、原位测试及物探等手段结合经验公式对桩周土层、桩基桩长、桩身混凝土强度、单桩竖向极限承载力等进行判定。

2.1 原位取样

既有建筑地基基础以及上部结构的安全大部分都是由土体物理力学特点进行确定的,而明确既有建筑地基土物理力学指标常规是在建筑物基础原位直接选择样本进行土工试验,可集中在基础中间以及周围进行选样,以探讨基础下以及基础外地基物理力学指标的变化。本文基于原有岩土工程勘察资料,结合现场实际条件对设备进行改造加工,选择靠近桩基础并具备条件的勘探点进行勘探取样,对原地层分布及现状进行补充验证。原位取样如图 4 所示。

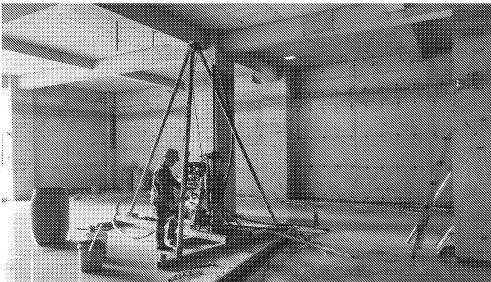


图 4 原位取样

补充勘探点共完成钻孔 6 个,编号为 ZK-A-1#、ZK-A-2#、ZK-A-3#、ZK-B-1#、ZK-B-2#、ZK-B-3#,

取样结果表明:桩周土层自上而下:①杂填土、②粉质黏土、③淤泥质土、④粉质黏土、⑤砂质黏土、⑥粉质黏土、⑦残积砂质黏性土,土层分布情况与原化学工业部福州地质工程勘察院出具的《工程地质勘察报告》中描述的土层情况基本相吻合。勘探典型芯样如图 5,勘探点典型地质剖面如图 6,获取的岩土体主要物理力学参数如表 1。



图 5 勘探典型芯样

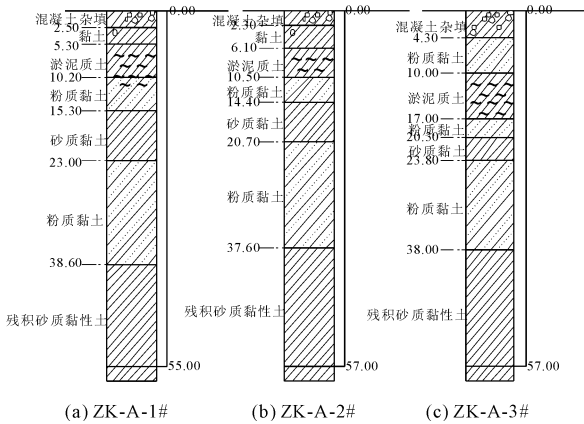


图 6 勘探点典型地质剖面图

表 1 岩土体物理力学参数

层号	岩土名称	天然重度 γ /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	压缩模量 $E_{s0.1-0.2}$ /MPa	承载力特征值 f_{ak} /kPa	直接快剪		固结快剪		冲(钻)孔灌注桩	
					黏聚力 c /kPa	内摩擦角 φ /($^{\circ}$)	黏聚力 c /kPa	内摩擦角 φ /($^{\circ}$)	极限侧阻力 标准值 q_{sk} /kPa	极限端阻力 标准值 q_{pk} /kPa
① ₋₁	杂填土	18.8	4.5	100	8.0	10.0	9.0	12.0	30	—
① ₋₂	淤泥质填土	18.0	3.0	70	6.0	6.0	6.0	8.0	20	—
②	黏土	18.5	6.0	120	25.8	11.5	29.2	13.1	35	—
③	淤泥	16.0	1.6	40	6.1	3.5	12.4	8.9	16	—
④	黏土	18.7	5.8	160	38.3	11.1	46.9	14.9	35	—
⑤	淤泥质土	17.2	2.9	55	13.7	6.9	18.5	12.1	22	—
⑥	黏土	18.4	5.9	180	36.8	14.5	39.6	17.0	40	—
⑦	淤泥	16.3	2.3	40	9.7	5.3	13.5	10.5	18	—
⑧	粉质黏土	18.7	5.2	180	19.0	13.8	30.0	14.1	40	—
⑨	残积砂质 标贯 <50 击	18.5	6.5	240	22.6	21.0	—	—	70	2000
	黏性土 标贯 >50 击	19.8	10.0	320	30.0	25.0	—	—	85	3000

2.2 灌注桩旁孔磁测井法测试基桩钢筋笼长度

由于既有桩基由于年代久远,工程资料部分缺失,无法确定其桩长,为能够获取既有桩基长度,采用磁测井法对原有基桩的钢筋笼长度进行验证。磁测井法^[9]是以不同磁性体的不同磁性特征为物理基础,通过仪器测试孔周围的磁性体磁场,研究磁性体周围磁场变化的空间分布特征和分布规律,对磁性体空间分布做出解释。地球磁场近似为一个均匀磁化球体磁场,地磁场分为背景场和异常场,钢筋笼等铁磁性物质周围均形成很强的局部磁异常场。通过铁磁性物质内部或附近测试孔测量磁场垂直分量沿深度变化规律,结合一定的数据分析及处理方法,可以对钢筋笼等铁磁性物质的埋设深度、长度进行判定。本文通过钻孔并预埋 PVC 管,测试孔位于灌注桩桩身外。磁测井法现场布置及试验如图 7、图 8。

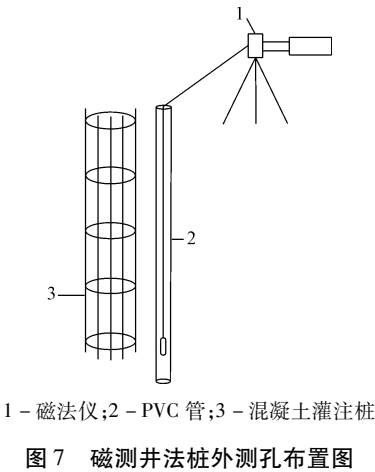


图 8 磁测井法现场测试

对编号为 CC-A-1#、CC-A-2#、CC-A-3#、CC-B-1#、CC-B-2#、CC-B-3# 的 6 根基桩进行磁测井法测试钢筋笼长度。从 CC-B-2# 孔磁梯度值判断,钢筋笼顶部为孔口下 6 m 处,钢筋笼底部为孔口以下 46.3 m 处,根据规范^[10]可推算该基桩的实际钢筋笼长度为 40.3 m,满足设计要求。限于篇幅,其余基桩此处不再展开。测试结果表明:编号为

CC-A-1#、CC-A-2#、CC-A-3#、CC-B-1#、CC-B-2#、CC-B-3# 的 5 根基桩的钢筋笼长度均与原由中建七局三公司一处出具的《福州商贸大厦桩基工程竣工图》中记录的桩长基本相吻合。测试结果也进一步表明在灌注桩旁引孔进行磁测井法测试灌注桩的钢筋笼长度的方法是有效可靠的。结合原位取样结果,可以判定既有桩基持力层为残积砂质黏性土,符合原地质勘察报告对桩基持力层的判定。磁梯度随深度变化曲线如图 9,磁测井法测试基桩钢筋笼长度的检测结果如表 2。

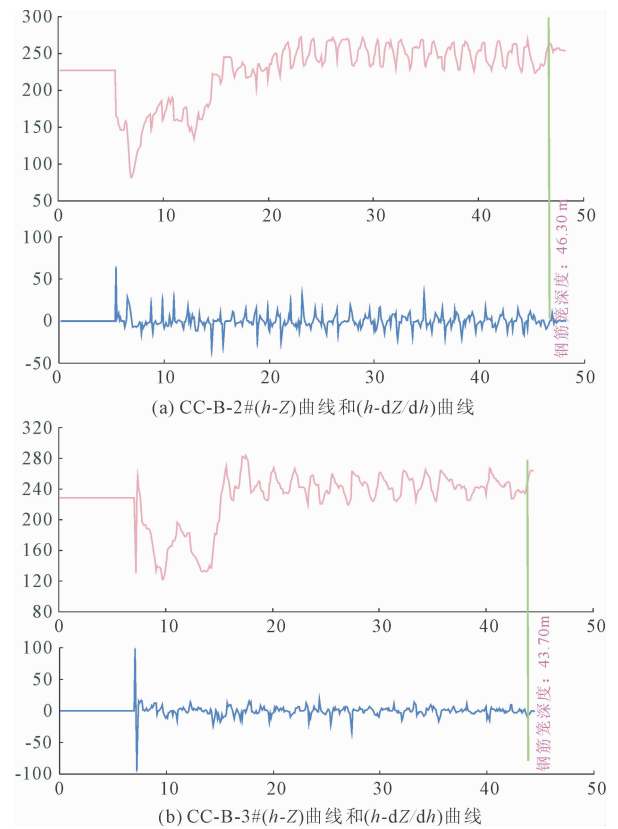


图 9 磁测井法典型测试曲线

表 2 磁测井法测试基桩钢筋笼长度的检测结果

桩号	桩位	钢筋笼底面位置深度 H_0 /m	测试时桩顶面位置深度 H_1 /m	钢筋笼测试长度 L /m	《竣工图》记录桩长 l /m
CC-A-1#	(6)-(J)	40.7	6.0	37.7	38.18
CC-A-2#	(5)-(H)	44.0	6.0	38.0	38.30
CC-A-3#	(4)-(J)	44.3	6.0	38.3	38.10
CC-B-1#	(10)-(D)	46.4	6.0	40.4	39.58
CC-B-2#	(11)-(C)	46.3	6.0	40.3	39.98
CC-B-3#	(12)-(B)	43.7	6.0	37.7	37.00

2.3 基于原位取样的经验参数法估算单桩承载力

基于原位取样结合磁测井法测试结果,按国家

现行规范,根据岩土体物理指标与承载力参数之间的经验关系估算单桩竖向极限抗压承载力,计算公式如下:

$$Q_{uk} = q_{sik} \cdot A_p + U_p \sum q_{sk} \cdot L_i$$

式中: Q_{uk} 为单桩竖向极限承载力特征值,kPa; q_{sk} 为第*i*层土的极限侧阻力标准值,kPa; q_{sik} 为极限桩端阻力标准值,kPa; A_p 为桩底端横截面积,m²; U_p 为桩身周长,m; L_i 为第*i*层土层的厚度,m。

根据经验参数法的单桩竖向极限承载力标准值估算值如表3。从A-1#可以看出,估算出该桩侧极限摩阻力为6 744.72 kN,桩端极限端阻力为2 355.0 kN,单桩竖向抗压极限承载力标准值为4 549.86 kN。由此可初步判断,经验参数法预估的单桩承载力能够满足设计要求。

表3 经验参数法预估单桩承载力结果

桩号	桩径 <i>d</i> /mm	桩长 <i>l</i> /m	侧阻力 极限值 <i>q_{sk}</i> /kN	端阻力 极限值 <i>q_{pk}</i> /kN	承载力 极限值 <i>Q_{uk}</i> /kN
A-1#	1000	37.7	6744.72	2355.00	9099.72
A-2#	800	38.0	6185.80	1507.20	7693.00
A-3#	800	38.3	6394.30	1507.20	7901.50
B-1#	800	40.4	7176.78	1507.20	8683.98
B-2#	800	40.3	7016.02	1507.20	8523.22
B-3#	600	37.7	4936.08	847.80	5783.88

2.4 钻芯法推定混凝土强度

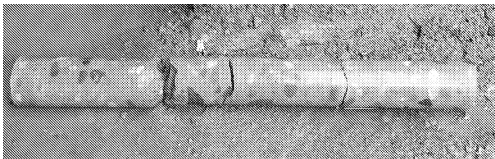
根据现场实际条件,开挖与既有桩基础同等环境条件下的塔吊基桩采用钻芯法并进行横向钻孔取芯,以验证桩身混凝土强度。钻芯法现场如图10,钻孔芯样如图11。



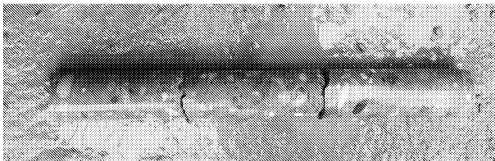
图10 钻芯法测试

每个钻孔选取3个试件进行抗压强度检测,芯样抗压强度检测结果详见表4。结果表明,按国家现行规范^[11]基桩芯样抗压强度推定值分别为45.1 MPa、46.1 MPa,均大于C30的强度等级,与原由福州市建筑工程质量监督站出具的《福州商贸大厦冲

孔灌注桩钻芯检测报告》结果基本相吻合,能够满足设计强度要求。



(a) 1#孔



(b) 2#孔

图11 芯样

表4 混凝土芯样试件抗压强度

孔号	试件编号	试件抗压 强度值 <i>f_{cor}</i> /MPa	试件抗压 强度值推 定值/MPa	《原报告》混 凝土抗压强 度平均值/MPa
1#	1#-1	49.6		31.63
	1#-2	43.7	45.1	
	1#-3	42.0		
2#	2#-1	49.0		46.1
	2#-2	36.4	46.1	
	2#-3	52.9		

2.5 基于静力触探原位指标的承载力预测

在无法具备直接方法即载荷试验时,采用原位测试手段测试土体原位状态的性质,进而估算桩基承载力是比较可靠的方法^[12]。静力触探是用静力将探头以一定的速率压入土中,利用探头内的力传感器,通过电子量测器将探头受到的贯入阻力记录下来。由于贯入阻力的大小与土层的性质有关,通过贯入阻力的变化情况,可以达了解土层工程性质的目的。静力触探试验如图12所示。

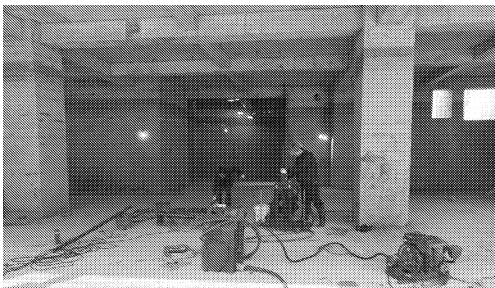


图12 静力触探试验

本次试验贯入系统采用液压机;探头:双桥探头锥头面积15 cm²;采集系统:KE-U2103型静探微

机,反力装置为地锚反力。试验过程严格遵循规范^[13]规定,保证贯入的垂直度在误差允许范围之内,贯入速率按 $20 \pm 5 \text{ mm/s}$ 进行,按照规范并结合经验参数法客观推定桩侧阻力和桩端阻力,进而估算单桩竖向抗压承载力极限值^[14],对地基基础承载力进行评价。

对编号为 JT-A-1#、JT-A-2#、JT-A-3#、JT-B-1#、JT-B-2#、JT-B-3# 的 6 个点进行静力触探法试验。各土层物理参数静力触探试验结果如表 5。

表 5 各土层物理参数静力触探试验结果

孔号	层底深度 /m	层厚 /m	地层名称	土层的探头平均侧阻力 f_{sk}/kPa	桩端平面探头阻力 q_{c}/kPa	压缩模量 E_{s}/MPa
JT-A-1#	4.0	4.0	杂填土	0.37	0.1	2.0
	6.2	2.2	黏土	43.30	1.0	4.4
	10.6	4.4	淤泥质土	19.82	0.8	3.7
	16.1	5.5	黏土	64.65	2.0	6.9
JT-A-2#	4.2	4.2	杂填土	3.69	0.1	2.1
	6.8	2.6	黏土	38.25	1.4	5.5
	10.6	3.8	淤泥质土	16.18	0.9	4.1
	15.0	4.4	黏土	69.61	2.2	7.3
JT-A-3#	3.9	3.9	杂填土	0.03	0.0	2.2
	7.0	3.1	黏土	35.17	1.2	4.9
	16.6	9.6	淤泥质土	19.46	1.1	4.6
	18.1	1.5	黏土	82.32	2.0	6.9
JT-B-1#	4.0	4.0	杂填土	4.05	0.4	0.0
	6.8	2.8	黏土	33.44	1.1	4.6
	14.0	7.2	淤泥质土	14.28	0.9	4.1
	17.1	3.1	黏土	97.79	2.3	7.6
JT-B-2#	3.9	3.9	杂填土	5.58	0.3	2.0
	7.2	3.3	黏土	38.97	1.1	4.6
	15.2	8.0	淤泥质土	13.82	0.9	4.1
	18.6	3.4	黏土	94.46	2.3	7.6
JT-B-3#	4.1	4.1	杂填土	44.62	2.8	2.1
	6.9	2.8	黏土	38.61	1.2	4.9
	11.7	4.8	淤泥质土	14.15	0.8	3.7
	15.4	3.7	黏土	78.56	2.2	7.3

按国家现行规范^[15]规定结合双桥探头静力触探资料确定单桩竖向极限承载力时,本工程可按下式进行估算:

$$Q_{\text{uk}} = Q_{\text{sk}} + Q_{\text{pk}} = u \sum l_i \cdot \beta_i \cdot f_{\text{si}} + \alpha \cdot q_{\text{c}} \cdot A_{\text{p}}$$

式中: f_{si} 为第 i 层土的探头平均阻力, kPa ; q_{c} 为桩端平面上、下探头阻力,取桩端平面以上 $4d$ (d 为桩的直径或边长) 范围内按土层厚度的探头阻力加权平

均值, kPa ; 然后再和桩端平面以下 $1d$ 范围内的探头阻力进行平均; α 为桩端阻力修正系数,对于黏性土、粉土取 $2/3$,饱和砂土取 $1/2$; β_i 为第 i 层土桩侧阻力综合修正系数,黏性土、粉土: $\beta_i = 10.04(f_{\text{si}})^{-0.55}$; 砂土: $\beta_i = 5.05(f_{\text{si}})^{-0.45}$ 。

单桩承载力估算结果详如表 6。由上式及表 6 的数值,可估算出该场地 JT-A-2 按规范规定计算的桩侧极限摩阻力为 $6\,057.93 \text{ kN}$,桩端极限端阻力为 $1\,507.96 \text{ kN}$,单桩竖向抗压极限承载力标准值为 $3\,782.945 \text{ kN}$ 。根据原福州市建筑设计院出具的《福州商贸大厦桩基静载荷试验及电阻应变片测试报告》静载荷试验结果,单桩竖向极限承载力标准值为 $3\,500 \text{ kN}$ 。两个数值相比较可以看出,按规范规定由静力触探法估算单桩极限承载力的计算结果与静载荷试验的结果相差 8.1% ,同时与经验参数的估算结果相差 2.6% ,较为接近,且偏于安全,也说明利用静力触探估算单桩极限承载力是合理可靠的,也进一步说明采用经验参数法估算单桩承载力的有效性,但均与直接方法存在一定误差,因此,也要求学者在具体工程应用非直接方法时应充分结合当地经验加以修正。限于篇幅,其余孔此处不再展开。数据结果表明,预估的单桩承载力结果满足设计要求。

表 6 静力触探法预估单桩承载力结果

孔号	桩径 d /mm	桩长 l /m	侧阻力极限值 q_{sk}/kN	端阻力极限值 q_{pk}/kN	承载力极限值 Q_{uk}/kN
JT-A-1#	1000	38.00	7730.10	2356.19	10086.29
JT-A-2#	800	37.93	6057.93	1507.96	7565.89
JT-A-3#	800	38.00	6412.61	1507.96	7920.57
JT-B-1#	800	39.98	7586.55	1507.96	9094.52
JT-B-2#	800	40.30	7577.15	1507.96	9085.12
JT-B-3#	600	33.00	4597.41	848.23	5445.64

3 建筑沉降观测分析及安全性判断

沉降观测数据是建筑结构安全的重要依据。本文在既有地下室布置测点,应用沉降观测技术评价既有建筑地下结构的安全性,确定既有建筑物在不同阶段下的沉降变形、变化状态及特征,同时也为后续续建设计提供可靠的数据资料及相应的沉降参数,从沉降数据变化探查既有地基基础的变化状态。鉴于本工程自拆除开始监测,综合考虑人员及结构的安全性,采用二维面阵无线激光位移计,利用激光光束传递监测点与基准点的沉降和位移变化,结合机械传动技术与自平衡校正功能来实现高频高精度

自动化监测。自动化监测可通过调整监测频率,使得监测数据可覆盖整个施工过程,保证了监测数据在各种特殊环境条件下的及时有效。

根据现场实际条件和国家现行规范^[16]要求,本次共布置沉降观测点 15 个,监测现场及点位布置如图 13、图 14 所示。首期自 2021 年 11 月 24 日开始至 2022 年 8 月 24 日止,期间在采集频率为 30 min 采集 1 次的条件下自动采集观测数据,沉降观测累计沉降量如图 15,沉降速率曲线如图 16。

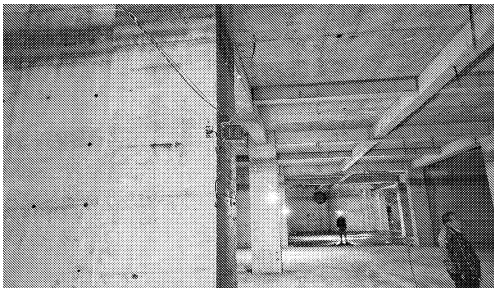


图 13 自动化监测

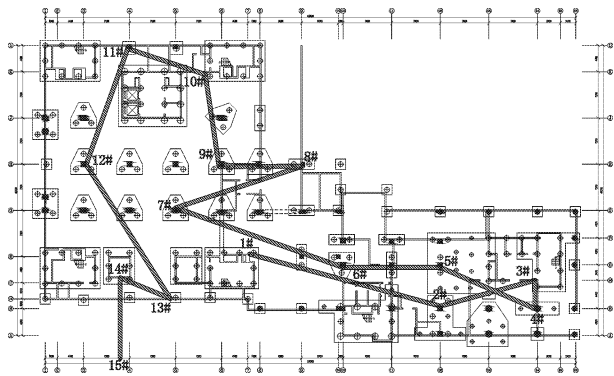


图 14 监测点位布置

从图 15、图 16 可以看出对于地下室结构监测点的沉降过程大致上可划分为 3 个阶段:第一阶段,拆除前期(2021-11-24—2021-12-03),未开始大面积施工,累计沉降值较小,在 $\pm 1\text{ mm}$ 左右波动,沉降累计曲线较平缓。第二阶段,大厦开始全面拆除期间(2021-12-04—2022-01-10),随着上部层数逐层降低,荷载减小,累计沉降位移变化速率变大,局部存在沉降不均匀现象,原因在于施工现场建筑垃圾未及时运输清理,上部荷载减小的同时造成荷载不均匀重新分布。第三阶段,在上部结构基本拆除完成(2022-01-11—2022-08-24),监测数据逐渐趋于稳定,此时沉降曲线虽有微小起伏,但变化不大,累计沉降量表现为在某个值附近平缓波动,这也说明此时地基土体重新处在稳定状态。

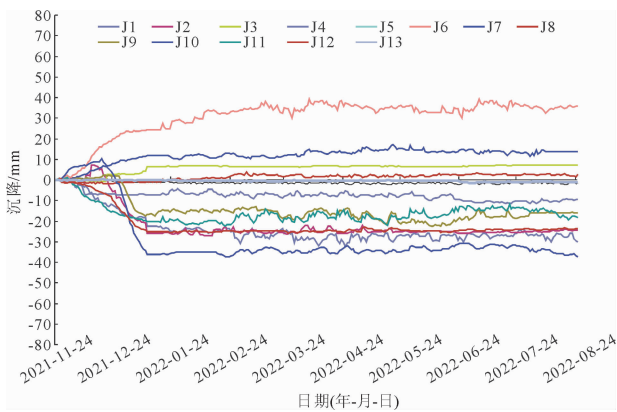


图 15 累计沉降曲线

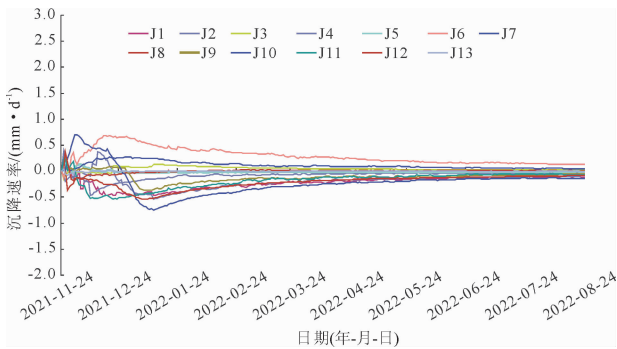


图 16 沉降速率曲线

J1#~J13#观测点观测周期内平均沉降速率范围在 $-0.031\text{ mm/d}\sim 0.019\text{ mm/d}$,平均沉降速率均小于 0.04 mm/d 的限值要求^[16],在整个观测过程中大厦沉降相对稳定,沉降变形速率呈现明显的收敛性,地下结构未出现明显的不均匀沉降现象,地基变形趋于稳定,说明此时地下结构是趋于安全的。也进一步说明在既有建筑物续建或改造过程中,对建筑物进行沉降观测是验证地基基础是否处于安全状态的可靠手段。

综合上述的桩基桩长、桩端持力层探查、桩身混凝土强度验证、单桩竖向承载力估算、地基变形监测结果,大厦既有桩基工程基本能满足结构安全要求,可为后期续建提供重要参考依据,以保证后续基础设计和施工的顺利进行。

4 结 论

以实际工程案例为依托,针对既有建筑物桩基探查开展一系列试验研究并自动化实时监测了大厦拆除过程地下室结构沉降变化,并对获取的相关数据进行了分析研究,可得到如下主要结论:

(1) 开展原位取样,可直接获取土层物理力学参数,得到原位测试数据,揭示的土层分布情况。

(2) 开展磁测井法试验判定基桩钢筋笼长度。结果表明基桩钢筋笼长度与原施工记录的桩长基本相吻合,可进一步验证桩端持力层性状符合设计要求。结合原位测试数据结果,可初步估算单桩极限承载力。

(3) 开展钻芯法试验,可得到桩身混凝土强度,通过观测芯样以评价桩身质量能够满足要求。

(4) 基于补充勘验地层参数并结合原位静力触探法与经验参数法,可估算静力触探孔附近的冲孔灌注桩的单桩极限承载力,说明其能够满足设计要求。但同时要求在采用非直接方法时应结合当地工程经验或运用其它直接方法获取的数据加以修正,以建立该地区岩土体物理指标与桩极限侧、端阻力经验关系。建议多种测试方法并举,并将数据对比分析,以提高检测判定的准确性。

(5) 通过自动化监测技术对大厦拆建过程中地基的沉降变化规律进行了研究,实现了自动化监测技术在既有地下室结构的成功应用;观测结果也说明在既有建筑续建或改造时,对建筑物进行沉降观测,是验证既有建筑地基基础是否处于安全状态的一种行之有效的办法。

参考文献:

- [1] 滕延京,宫剑飞,李建民. 基础工程技术发展综述[J]. 土木工程学报,2012,45(5):126-140,161.
- [2] 高文生,王 涛. 地基基础技术创新与发展[J]. 建筑科学,2018,34(9):66-75.
- [3] Bilfinger W, Santons M S, Hachich W. Improved safety assessment of pile foundation using field control method [C]//Proceedings of the 18th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering. Pairs, 2013(4):2687-2690.
- [4] 王龙胜,衣倩倩,张 斌,等. 既有桩基耐久性评估及再利用分析研究[J]. 工程建设,2017,49(5):25-28.
- [5] 张振拴,李春占,张宗会. 既有建筑物地基基础检测技术探讨[J]. 建筑科学,2011,27(S1):98-100.
- [6] 张振拴,崔 峰,刘 波,等. 既有建筑物地基基础检测与评定技术的研究[J]. 建筑科学,2011,27(S1):163-166.
- [7] 邱金环,叶增平,纪维亮,等. 既有建筑桩基工程可靠性评价[C]//2011 年建筑结构学术会议,2011.
- [8] 徐志华,李志强,荣 耀. 既有建筑桩基检测技术的发展及探讨[J]. 南昌工程学院学报,2017,36(6):67-70.
- [9] 伍卓鹤,张秀顺,刘辉东,等. 利用磁测井法检测灌注桩钢筋笼长度[J]. 工程地球物理学报,2013,10(5):693-699.
- [10] 福建省磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术规程: DBJ/T 13-235—2016[S]. 2016.
- [11] 吴江斌,凌 造,王卫东,等. 基于静力触探试验指标的静钻根植桩承载力计算方法[J]. 建筑结构,2023,53(8):137-142.
- [12] 建筑基桩检测技术规范:JGJ 106—2014[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [13] 建筑地基检测技术规范:JGJ 340—2015[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [14] 赵春风,蒋东海,崔海勇. 单桩极限承载力的静力触探估算法研究[J]. 岩土力学,2003,24(S2):408-410.
- [15] 建筑桩基技术规范:JGJ 94—2008[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [16] 既有建筑地基可靠性鉴定标准:JGJ 404—2018[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2018.