

深层搅拌桩复合地基工程质量分析

夏才安¹, 卢鹏程², 黄亮¹

(1. 浙江工业大学 建筑工程学院, 浙江 杭州 310032; 2. 丽水学院, 浙江 丽水 323000)

摘要: 主要论述深层水泥搅拌桩复合地基工程地质条件的适用性, 质量验收的可靠性与实用性, 设计理念的合理性, 施工工艺的合理性与实用性。并对提高深层搅拌桩复合地基工程质量提出改进措施。

关键词: 桩间土折减系数; 水泥搅拌桩复合地基; 复打段; 有机土; 欠固结土

中图分类号: TU472

文献标识码: A

文章编号: 1006-4303(2005)01-0013-03

Study on engineering quality of composite foundation with deep mixing pile

XIA Cai-an¹, LU Peng-cheng², HUANG Liang¹

(1. College of Architecture & Civil Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China; 2. Lishui University, Lishui 323000, China)

Abstract: The applicable engineering geological conditions of the composite foundation with deep-cement-mixing pile, the applicability and reliability of the acceptance of quality, the reasonableness of the design philosophy, the reasonableness and applicability of the construction techniques were briefly introduced in the paper. Some measures were proposed to improve the engineering quality of the composite foundation with deep mixing pile.

Key words: reduction factor of the soil between piles; composite foundation with DCM pile; redriving part; organic soil; underconsolidated soil

1 工程地质及水文地质适用条件选择

JGJ79-91 中规定^[1]深层搅拌桩法适用于处理淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高且地基承载力标准值不大于 120 kPa 的粘性土等地基。当用于处理泥炭土或地下水具侵蚀性时宜通过试验确定其适用性。而该方法用于房屋建筑做复合地基时, 遇到了条文规定以外的工程地质与水文地质条件, 此外对淤泥土与淤泥的处理, 条文中也缺乏可靠的指标和处理方案。而且工程实践中已暴露出以下几方面的问题。

1.1 有机土影响

杭州钱江南岸某工程采用深层搅拌桩复合地基加固地基。由于在地面以下 2~3 m 处存在一层厚度为 0.8~1.5 m 厚的泥炭夹层(腐植土层), 设计

单桩承载力设计值为 100 kN, 经静载试验单桩承载力实测值仅 24 kN~38 kN, 开挖后发现腐植土层中桩身强度明显降低且连续性差。其物理、力学性能见表 1, 2, 反映出腐植土 pH 值接近中性, 性能有改进。

表 1 腐植土的物理性能试验

土类别	pH	ω_o /%	e_o /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	γ_o	水泥掺入比 α_w /%
棕褐色腐植土	5.1~5.3	50~58	1.69	14.8	14.4
灰褐色腐植土	5.3~5.6	46~49	1.61	16.1	14.4
褐灰色腐植土	5.5~5.9	43~45	1.48	16.9	14.4

表 2 腐植土的力学性能试验

土类别	pH	α^{1-2} /MPa ⁻¹	E_s /MPa	q_u /MPa	水泥掺入比 α_w /%
棕褐色腐植土	5.1~5.3	1.21	2.00	0.033	14.4
灰褐色腐植土	5.3~5.6	0.94	2.64	0.049	14.4
褐灰色腐植土	5.5~5.9	0.76	2.82	0.072	14.4

收稿日期: 2004-05-25

作者简介: 夏才安(1964—), 男, 浙江杭州人, 副教授, 主要从事施工技术与项目管理研究。

1.2 上部复打段存在欠固结土

杭州城西某工程 1993 年建造 6 层宿舍楼,为砖混结构、片筏基础,采用深层水泥搅拌桩复合地基,桩长 13.5 m, $\Phi 500$ mm,上部复打段有 1.5~3.5 m 厚的块石杂填土,大块石达 20%~30%,为便于水泥搅拌桩施工,施工前将块石杂填土全部翻土一遍挖除块石,使复合地上部形成 1~2 m 厚的欠固结土,其下有存在淤泥夹层,中、下部为淤泥质粘土层。上部水泥搅拌桩复打段存在欠固结土与淤泥夹层,严重影响桩身上部质量,此外,搅拌桩复合地基仅用小应变动测资料作为桩身质量检测唯一依据,即进行房屋建造。1993 年 9 月 15 日,房屋结顶时最大沉降西北角 502 mm、东北角 269 mm,沉降差达 233 mm。至 1995 年 5 月 9 日最大沉降已达 862 mm、最小沉降 587 mm;1996 年 4 月 1 日,最大沉降已达 1183 mm、最小沉降 789 mm。直至 1998 年 8 月后,经加固纠倾后,建筑物才得以正常使用。造成事故的原因主要是复打段存在欠固结土及淤泥夹层,对桩的上部造成严重影响,导致单桩承载力大幅度下降,此外,桩身与复合地基无可靠检测方法,掩盖了桩身质量的严重失控。

1.3 环境水文地质条件影响

某工程采用水泥搅拌桩加固地基,桩长 9.5 m,水位为 -0.3 m,土质以淤泥质粘土为主夹粘质粉土夹层,相距 100 m 处有砖瓦厂挖土形成深达 30 m 左右的深坑。由于底部长期抽水形成降水漏斗,按基础影响较大的 15 m 深度至坑底,可形成 $i=0.14$ 以上的水力坡度使降水漏斗上部增大了复合地基的整体沉降量(见图 1)。

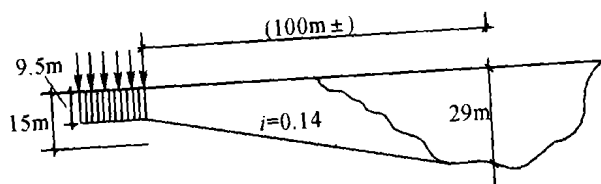


图 1 环境水文地质条件对复合地基的影响示意图

1.4 复打段存在瓦砾杂填土层

杭州城北某工程位于旧城区,为六层砖混结构,上部地层存在一层瓦砾含量高达 20% 以上的瓦砾杂填土层,厚达 2~2.5 m,瓦砾分布不均匀,下部均为深厚淤泥质粘土层。采用水泥搅拌桩复合地基加固后,经静载荷试验复合地基承载力偏低,开挖后发现瓦砾层严重影响桩身质量,成型也差。后采用 C10 混凝土接桩,静载荷试验结构满足设计要求(见图 2 所示)。

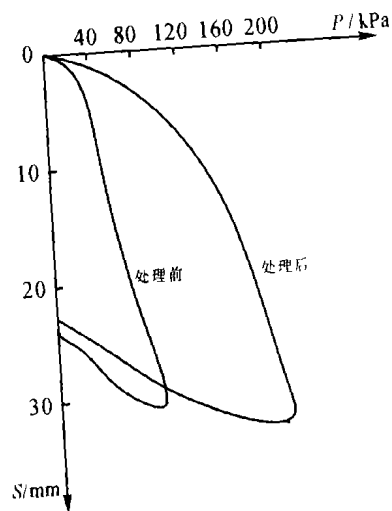


图 2 瓦砾层处理前、后静载试验对比图

2 深层水泥搅拌桩质量检测

水泥搅拌桩复合地基的质量检测可靠性是确保正常、安全使用的前提,很多失败工程不仅是对适用条件未掌握,更主要的是未经可靠的质量验证或以偏代全,往往用小应变作为唯一检测手段,结果造成严重后果。

2.1 低应变动测法不宜作为检测手段

由于水泥搅拌桩采用变掺量施工,沿桩身轴向方向形成多段不均桩身,造成不均匀分界面,增加了反射界面。而水泥搅拌桩本身反射信号很弱,很难判别,结果会导致桩长与波速判断失误。因此不宜作为主要的检测手段。

2.2 轻便静力触探有助于了解桩身复打段质量

桩身上部复打段桩身质量检测十分重要^[2],轻便静力触探可有效进行检测,但应注意以下几点:

(1) 试验时限的代表性:一般均 7 d 后进行,也便于对比。

(2) 试验数及部位应具代表性:一般应挖除桩顶 0.5 m 左右预留较差桩段,且不宜在桩心试验,应选择靠近桩周 $1/4 \sim 1/5D$ 处试验。

(3) 静载荷试验:对水泥搅拌桩复合地基,最可靠的检测方法是对复合地基进行静载荷试验^[3]。改进静载荷试验设备和方法,可通过对比试验采用 7 d 或 15 d 的测试结果取代 28 d 的结果,可使工期得到保证。

3 设计理念的影响

3.1 适用范围的判别

深厚软土地区往往是有机质土分布较多或者水

质和水文地质条件不利地区,已往在采用水泥搅拌桩复合地基时常忽视了这点而引发事故,因此不宜采用此地基处理方法处理。此外,对天然水质量分数 $\omega_w > 60\%$ 的淤泥或淤泥质粘土,除增大水泥掺量至 $18\% \sim 20\%$,如具备其他的施工条件时应改用其他方法。任何的地基处理方法都不可能是万能的,关键的因素是符合适用条件,充分发挥其潜力。

3.2 作用机理的认识

3.2.1 对 β 值的质疑

复合地基加固软土的作用机理是通过提高桩身部分土的强度与桩间土形成复合层共同承担上部荷载^[4],并以下式表示: $f_{pk} = m \frac{R_k}{A_p} + \beta(1 - m)f_{sk}$

β 为桩间土折减系数,当桩端为软土时 β 取 $0.5 \sim 1.0$,当桩端为硬土时,可取 $1.0 \sim 0.4$ 。当不考虑桩间软土的作用时可取零。作者认为:由于搅拌桩沿轴向为变掺量施工,越往下桩身强度与桩身质量均匀性越减弱,一般最广泛施用的深厚软土区,只适合于桩端为软土的这一模式。实际桩身取芯结果也表明,水泥搅拌桩(变掺量施工)在 8 m 以下桩身均匀性较差, 10 m 以下基本不连续,因而 β 值取值应十分慎重。

3.2.2 基础形式

基础宜选用筏基;筏基能较好地协调与柔性桩复合地基的共同作用。

4 施工机具、施工工艺及施工管理

4.1 施工机具的改进

喷浆口与搅拌叶的合理配置。尤其是双头搅拌机,喷浆口不能喷至孔底,桩底实际只进行了搅拌,反而破坏了土的原状结构,大大减弱了桩底作用。单轴搅拌头如采用上提时喷浆,也存在类似情况。改进叶片形状、尺寸、间距使水泥搅拌更均匀,这对改进桩端作用十分重要。此外,扩大搅拌深度与半径仍无明显进展。

4.2 施工工艺

(1) 深层搅拌桩施工工艺中,应严格控制不同土质的软土中的提升速度与喷浆量的协调,是保证桩身质量之前提,尤其是喷浆量控制的自动化,并随深度不同、侧压不同自动调节喷浆压力。

(2) 桩身沿轴向为变掺量施工,按目前桩长 15 m 为例,可分三段实施复喷: 5 m 段为三次喷浆, $5 \sim 10\text{ m}$ 段为二次喷浆, 10 m 以下段为一次喷浆。也可

视工程需要对 $5 \sim 15\text{ m}$ 段采用二次喷浆。

4.3 施工管理

已往出现工程质量事故,少部分属于选用范围判断失误,绝大多数为缺乏严格的施工管理,最严重的是偷工减料及缺乏可靠的质量检测控制。往往只对桩身进行小应变动测后即进行基础与上部结构的施工。有的建筑屋物施工过程中已出现明显下沉,并造成各种不同程度的危害。在目前条件下进一步改进完善管理制度,必将为这种方法提供一个良好的生存机会。

5 结束语

作者认为前一时期不少地区全面否定深层水泥搅拌桩复合地基对深厚软土的加固作用具有片面性,实际上在我国沿海一带及其它深厚软土分布区,绝大多数 $4 \sim 6$ 层的房屋建筑的地基处理采用此方法是成功的。在浙江椒江地区 $4 \sim 6$ 层的房屋建筑建成后总沉降均在 $3 \sim 4\text{ cm}$ 左右,尚无失败的工程。深层水泥搅拌桩法引入我国还不足 40 年,而复合地基用于房屋建筑方面所出现的工程质量问题,在已完成的工程中仍属少数,而造成的原因主要在于施工管理严重失责,以及部分工程在适用条件上的失误。而这些情况在沉管灌注桩的施用过程中同样存在,尤其是施工工艺失误造成断桩、离析十分严重,有些城市曾禁止使用,但后来较严格控制了施工工艺,原来禁用的城市也允许其施用。这也说明新机具、新工艺是需要不断完善的,尤其施工管理的规范化也会使深层搅拌桩法获得新生。而更重要的是它对深厚软土地区多层建筑的地基处理确实有独特优势,也适合我国城镇及乡村建设的需求。而且在浙江省软土地区均有很多成功的实例。此外,深层搅拌桩法仍在其它方面被广泛采用也从另一侧面反映出它的生命力。经过努力,这种方法会逐渐完善并发挥应有的效益。

参考文献:

- [1] JGJ79—91, 建筑地基处理技术规范[S].
- [2] 龚晓南. 深层搅拌法设计与施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 1, 2.
- [3] 卞守中. 深层搅拌法设计与施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 222-224.
- [4] GB5007-2002, 建筑地基基础设计规范[S].

(责任编辑: 陈石平)