

重庆市工程建设标准

浆固散体材料桩复合地基技术规程

Technical Specification for Grouted Granular
Material Pile Composite Foundation

DBJ50/T-215-2015

主编单位:重 庆 大 学

中建三局集团有限公司

批准部门:重庆市城乡建设委员会

施行日期:2015年8月1日

2015 重 庆

重庆工程建设

重庆市城乡建设委员会文件

渝建发[2015]39 号

重庆市城乡建设委员会 关于发布《浆固散体材料桩复合地基 技术规程》的通知

各区县(自治县)城乡建委,两江新区、北部新区、经开区、高新区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《浆固散体材料桩复合地基技术规程》为我市工程建设推荐性标准,编号为:DBJ50/T-215-2015,自 2015 年 8 月 1 日起施行。

本规程由重庆市城乡建设委员会负责管理,重庆大学负责具体技术内容解释。

重庆市城乡建设委员会

二〇一五年四月二十九日

重庆工程建设

关于同意重庆市《浆固散体材料桩复合地基技术规程》等三项地方标准备案的函

建标标备〔2015〕105号

重庆市城乡建设委员会：

你委《关于工程建设地方标准〈浆固散体材料桩复合地基技术规程〉备案的请示》、《关于工程建设地方标准〈建筑施工轮盘插销式钢管模板支撑架安全技术规范〉备案的请示》、《关于工程建设地方标准〈装配式住宅部品标准〉备案的请示》，收悉。经研究，同意该三项标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号为：

浆固散体材料桩复合地基技术规程 J13060-2015

建筑施工轮盘插销式钢管模板支撑架安全技术规范
J13061-2015

装配式住宅部品标准 J13062-2015

该三项标准的备案号，将刊登在国家工程建设标准化信息网和近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

住房和城乡建设部标准定额司

二〇一五年五月十八日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市城乡建设委员会《关于下达 2014 年度重庆市工程建设标准制定项目计划(第一批)的通知》(渝建[2014]259 号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考相关行业标准及我市相关规定,结合我市地方特色,并在广泛征求意见的基础上,编制本规程。

本规程的主要技术内容是:总则、术语和符号、设计、施工、检查与验收及附录等。

本规程由重庆市城乡建设委员会负责管理,重庆大学负责具体技术内容的解释。在执行本规程过程中如有意见和建议,请及时反馈至规程编制组(地址:重庆市沙坪坝区沙北街 83 号重庆大学土木工程学院;邮编:400045;Email:dxmhhu@163.com),以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人、审查人员

主 编 单 位:重庆大学

中建三局集团有限公司

参 编 单 位:重庆建工第十一建筑工程有限责任公司

中铁第四勘察设计院集团有限公司

浙江省地矿建设有限公司

河海大学

重庆重大建设工程质量检测有限公司

主要起草人:刘汉龙 任志平 孙宏林 丁选明 汪晓亮

高 峰 赵汉金 华建民 陈永辉 马卫华

肖 杨 田光盛 孔纲强 朱连根 江 伟

戴 超 卢 凉 李 平 黄定西

审 查 人 员:王梦恕 梁文灏 钱力航 顾湘生 刘东燕

冯永能 孔凡林 张洪明 于海祥

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	设计	5
3.1	一般规定	5
3.2	材料	6
3.3	构造	7
3.4	浆固散体材料桩设计	7
3.5	浆固散体材料桩复合地基设计	9
4	施 工	13
4.1	施工准备	13
4.2	浆固散体材料桩施工	14
4.3	浆固散体材料桩复合地基施工	16
5	检查与验收	17
5.1	成桩质量检查	17
5.2	桩身质量检测	18
5.3	工程质量验收	18
	附录 A 浆固散体材料桩施工原始记录	20
	本规程用词说明	21
	引用标准名录	22
	条文说明	23

重庆工程建设

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Design	5
3.1	General requirements	5
3.2	Material	6
3.3	Structure	7
3.4	Design of grouted granular material pile	7
3.5	Design of grouted granular material pile composite foundation	9
4	Construction	13
4.1	Construction preparation	13
4.2	Construction of grouted granular material pile	14
4.3	Construction of grouted granular material pile composite foundation	16
5	Check and acceptance	17
5.1	Piling quality inspection	17
5.2	Pile quality detection	18
5.3	Acceptance of construction quality	18
Appendix A	Construction original record of grouted granular material pile	20
	Explanation of wording in this specification	21
	List of quoted standards	22
	Explanation of provisions	23

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为规范浆固散体材料桩复合地基的技术要求,在设计和施工中做到安全可靠、适用经济、保证质量、保护环境、技术先进,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑、公路、轨道交通、港口及市政等工程中以浆固散体材料桩为增强体的复合地基设计、施工和质量检验,尤其适用于施工场地空间受限、贴近周边建筑物场地的地基处理。

1.0.3 浆固散体材料桩复合地基设计应综合分析地基土层性质、地下水埋藏条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征和施工技术等因素,就地取材,因地制宜,优化布桩,节约资源。

1.0.4 浆固散体材料桩复合地基的设计、施工和质量检验除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 浆固散体材料桩 grouted-granular material pile

利用钻机成孔,在孔内放置注浆管,投入碎石或建筑废弃粗粒料等散体材料后注入水泥浆液固结形成的桩。当采用的粗骨料为碎石时,又可称为浆固碎石桩。

2.1.2 浆固散体材料桩复合地基 grouted granular material pile composite foundation

以浆固散体材料桩作为竖向增强体的复合地基。

2.1.3 单桩竖向极限承载力 ultimate vertical bearing capacity of single pile

单桩在竖向荷载作用下到达破坏状态前所能稳定承受的或出现不适于继续承载的变形时所对应的最大荷载。

2.1.4 单桩竖向承载力特征值 characteristic value of the vertical bearing capacity of single pile

单桩竖向极限承载力标准值除以安全系数后的承载力值。

2.1.5 桩侧阻力 shaft resistance of pile

桩顶在竖向荷载作用下,桩身侧表面所发生的岩土阻力。

2.1.6 桩端阻力 tip resistance of pile

在竖向荷载作用下,桩端所受到的岩土阻力。

2.1.7 地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值,其最大值为比例界限值。

2.1.8 褥垫层 cushion

设置于基础和复合地基之间用以调整桩土应力分担比、减小桩土不均匀沉降的传力层。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

- p_0 对应于荷载效应准永久组合时的基础底面处的附加压力；
 p_b 作用在下卧层顶面的荷载；
 s 浆固散体材料桩复合地基的沉降量；
 s_1 浆固散体材料桩处理深度内复合加固层的沉降量；
 s_2 下卧层的沉降量。

2.2.2 抗力和材料性能

- E_{si} 基础底面下第 i 层天然地基的压缩模量；
 f_{cu} 边长 150mm 立方体试块标准养护 28d 的抗压强度平均值；
 f_{pk} 桩体单位截面积承载力特征值；
 f_{sk} 桩间土承载力特征值；
 f_{spk} 复合地基承载力特征值；
 q_{pk} 极限桩端阻力标准值；
 q_{sik} 桩周土第 i 层土的极限桩侧阻力标准值；
 R_a 单桩竖向承载力特征值；
 μ 泊松比。

2.2.3 几何参数

- A 桩身截面面积；
 a 复合地基上荷载作用宽度；
 b 复合地基上荷载作用长度；
 d 桩身直径；
 d_e 一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径；

- h 复合地基加固区厚度；
 m 面积置换率；
 n 桩长范围内所划分的土层数；
 u 桩身周长；
 θ_0 复合地基压力扩散角。

2.2.4 计算参数

- β_1 考虑注浆作用的侧阻力提高系数；
 β_2 桩间土的承载力折减系数；
 β_3 考虑浆液扩散的桩周土承载力提高系数；
 ψ_s 沉降计算经验系数；
 ξ_p 桩端阻力修正系数。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 浆固散体材料桩复合地基适用于黏性土、粉土、松散或稍密砂土及人工填土等地基处理。对厚度较大、灵敏度较高的淤泥和流塑状态的黏性土等软弱土层,应按地区经验或现场试验确定其适用性。

3.1.2 浆固散体材料桩复合地基设计应具备下列资料:

1 岩土工程勘察资料:

1) 场地工程钻孔位置图、地质剖面图;对于填土,应注明填土材料的构成、厚度及填筑时间;

2) 场地各层土物理力学指标、承载力特征值和压缩曲线;

3) 标准贯入试验、静力或动力触探试验等原位测试资料;

4) 根据相关试验分析提供各土层桩端阻力、桩侧阻力特征值;

5) 水文地质资料,包括地下水类型、水位标高或埋深、地下水是否对填充料具有腐蚀性等;

6) 抗震设防区应按设防烈度提供拟建场地的抗震设计条件,包括场地土的类型、建筑场地类别、地基土有无液化等的判定。

2 工程场地与环境条件的有关资料:

1) 工程场地的现状平面图,包括交通设施、高压架空线、地下管线和地下构筑物等的分布;

2) 相邻建筑物安全等级、基础形式及埋置深度;

3) 周围建筑物的防振、防噪音的要求;

4) 附近类似工程地质条件场地的桩基工程试桩资料和单桩承载力设计参数;

- 5) 泥浆排放、弃土条件；
 - 6) 建筑物所在地区的抗震设防烈度和建筑场地类别。
- 3 建设工程的有关资料：
- 1) 工程总平面布置图；
 - 2) 工程基础平面图和剖面图；
 - 3) 设计要求的承载力和变形控制值；
 - 4) 工程的结构类型、荷载，工程的使用条件和设备对基础竖向及水平位移的要求；
 - 5) 对应于荷载效应标准组合时的基底压力 and 对应于荷载效应永久组合时的基底压力；
 - 6) 工程的安全等级。
- 4 施工条件的有关资料：
- 1) 既有障碍物状况；
 - 2) 施工机械设备条件，动力条件以及对地质条件的适应性；
 - 3) 水、电及有关建筑材料的供应条件；
 - 4) 施工机械设备的进出场及现场运行条件。
- 3.1.3 浆固散体材料桩复合地基设计应进行下列计算和验算：
- 1 复合地基承载力计算；
 - 2 复合地基沉降计算；
 - 3 复合地基软弱下卧层承载力和沉降验算；
 - 4 桩身强度验算；
 - 5 坡地或软弱地基基底倾斜时，应进行整体稳定性验算。
- 3.1.4 采用浆固散体材料桩复合地基的建设工程，应按国家现行有关标准规定进行变形监测。

3.2 材 料

- 3.2.1 浆固散体材料桩填充料宜采用粒径为 16mm—32.5mm

的不连续级配的骨料。骨料可采用碎石或建筑废弃粗粒料等。

3.2.2 散体材料中的泥块、淤泥、细屑、硫酸盐、硫化物和有机杂质含量应符合现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T14685 的规定。

3.2.3 桩顶褥垫层材料宜采用无机稳定材料、中砂、粗砂、级配砂石或碎石等,级配砂石最大粒径不宜大于 30mm,夯填度不得大于 0.9。褥垫层设置范围宜大于基础范围,垫层顶面边缘至基础底面边缘的距离宜为 200mm~500mm。

3.2.4 加筋材料可选用土工格栅、钢塑格栅、土工编织物等,加筋材料双向极限抗拉强度不宜小于 50kN/m,伸长率不宜大于 5%。

3.2.5 胶结料宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥。

3.3 构造

3.3.1 浆固散体材料桩的直径宜为 300mm~800mm,桩长不宜大于 35m。

3.3.2 浆固散体材料桩的桩顶应设置强度等级不低于 C20 的混凝土桩帽,桩帽宜为正方形或圆形,厚度不宜小于 200mm,边长或直径不宜小于 1000mm。

3.3.3 桩顶和基础之间应设置褥垫层,褥垫层的厚度宜为 300mm~500mm,当桩距大时褥垫层厚度宜取高值。

3.3.4 褥垫层内宜设置一层或多层加筋材料。当加筋材料为一层时,可设置在垫层的中部;当加筋材料为多层时,首层距垫层顶面的距离宜为垫层厚度的 30%,加筋材料层的间距宜为垫层厚度的 30%~50%。

3.4 浆固散体材料桩设计

3.4.1 浆固散体材料桩宜在基础范围内布桩,边桩轴线至基础

边缘的距离不应小于 1 倍桩径。

3.4.2 浆固散体材料桩的桩长应根据承载力和沉降要求确定，桩端宜位于承载力较高或压缩性较低的土层中。

3.4.3 浆固散体材料桩单桩竖向承载力特征值的取值，应符合下列规定：

1 当采用单桩静载荷试验时，应按单桩竖向极限承载力的 0.5 倍取值；

2 当无单桩载荷试验资料时，对于初步设计可按下列公式估算：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (4.3.3-1)$$

$$Q_{uk} = u \sum_{i=1}^n \beta_{li} q_{sik} l_i + \xi_p q_{pk} A_{ps} \quad (4.3.3-2)$$

式中： R_a 单桩竖向承载力特征值(kN)；

Q_{uk} 单桩竖向极限承载力标准值(kN)；

K 安全系数，宜取 $K=2$ ；

u 桩身外周长(m)；

n 桩长范围内所划分的土层数；

ξ_p 端阻力修正系数，与注浆量、注浆压力、持力层厚度、土的性质、桩长和截面尺寸等因素有关，可取 0.9~1.0，桩端土为高压缩性土层时取低值，低压缩性土层时取高值；

q_{sik} 第 i 层土的极限桩侧阻力标准值(kPa)；当无当地经验时，可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 关于泥浆护壁钻孔桩的规定取值；

q_{pk} 极限桩端阻力标准值(kPa)；当无当地经验时，可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 关于泥浆护壁钻孔桩的规定取值；

l_i 桩穿过的第 i 层土的厚度(m)；

β_{li} 考虑注浆作用的第 i 层土桩侧阻力提高系数，宜根据

工程经验取 1.0~1.2,土层渗透系数较小时取低值,渗透系数较大时取高值。

3.4.4 桩身强度应符合式(3.4.4-1)要求。当复合地基承载力进行基础埋深的深度修正时,增强体桩身强度应满足式(3.4.4-2)的要求。

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda R_a}{A_{ps}} \quad (3.4.4-1)$$

$$f_{cu} \geq 4 \frac{\lambda R_a}{A_{ps}} \left[1 + \frac{\gamma_m (d - 0.5)}{f_{spk}} \right] \quad (3.4.4-2)$$

式中: f_{cu} 浆固散体材料试块(边长 150mm 立方体)标准养护 28d 立方体抗压强度平均值(kPa)。

γ_m 基础底面以上土的加权平均重度,地下水位以下取有效重度(kN/m³)。

d 基础埋置深度(m)。

λ 单桩承载力发挥系数,可按地区经验取值。

f_{spk} 深度修正后的复合地基承载力特征值(kPa)。

3.5 浆固散体材料桩复合地基设计

3.5.1 浆固散体材料桩复合地基可采用梅花形或方形布桩,桩间距应根据基础形式、复合地基承载力、土性、周边环境条件等综合确定。

3.5.2 浆固散体材料桩复合地基承载力特征值应通过现场单桩复合地基载荷试验确定。初步设计时也可按下列公式估算:

$$f_{spk} = m \frac{R_a}{A_{ps}} + \beta_2 \beta_3 (1 - m) f_{sk} \quad (3.5.2-1)$$

$$m = d^2 / d_e^2 \quad (3.5.2-2)$$

式中: f_{spk} 复合地基承载力特征值(kPa);

m 桩土面积置换率;

d 桩径(m);

d_e 一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径(m),按等边三角形布桩时, d_e 可按 $1.05d_0$ 取值;正方形布桩时, d_e 可按 $1.13d_0$ 取值;矩形布桩时, d_e 可按 $1.13\sqrt{d_1d_2}$ 取值; d_0 、 d_1 、 d_2 分别为桩间距、纵向间距和横向间距(m);

β_z 桩间土承载力发挥系数,宜按地区经验取值,无地区经验时,可取0.75~0.95,天然地基承载力较高时取大值;

β_s 考虑浆液扩散的桩周土承载力提高系数,宜取1.0~1.05,土层渗透系数较小时取低值,渗透系数较大时取高值。

f_{sk} 处理后桩间土承载力特征值(kPa),宜按当地经验取值,如无地区经验时,可取天然地基承载力特征值。

3.5.3 浆固散体材料桩复合地基沉降量应按下列公式计算:

$$s = s_1 + s_2 \quad (3.5.3-1)$$

$$s_1 = \phi_s s'_1 \quad (3.5.3-2)$$

$$s'_1 = \sum_{i=1}^n \frac{p_0}{\xi E_{si}} (z_i a_i - z_{i-1} a_{i-1}) \quad (3.5.3-3)$$

$$\xi = \frac{f_{spk}}{f_{ak}} \quad (3.5.3-4)$$

$$E_s = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{E_{si}}} \quad (3.5.3-5)$$

式中: s 浆固散体材料桩复合地基的沉降量(mm);

s_1 浆固散体材料桩处理深度内复合加固层的沉降量(mm);

s_2 加固区下卧层的沉降量(mm),按分层总和法计算,作用在下卧层土体上荷载按式(3.5.3-6)计算。

s'_1 按分层总和法计算的复合加固层沉降量(mm);

ϕ_s 沉降计算经验系数,根据地区沉降观测资料及经验

确定;无地区经验时,可按表 3.5.3 的规定取用;

p_0 对应于荷载效应准永久组合时的基础底面处的附加压力(kPa);

z_i, z_{i-1} 基础底面计算点至第 i 层土、 $i-1$ 层土底面的距离(m);

a_i, a_{i-1} 基础底面计算点至第 i 层土、第 $i-1$ 层土底面范围内平均附加应力系数,可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的规定取值;

E_{si} 基础底面下第 i 层天然地基的压缩模量(MPa);

ξ 基础底面下地基压缩模量提高系数;

f_{ak} 基础底面下天然地基承载力特征值(kPa);

E_s 沉降计算深度范围内压缩模量的当量值(MPa);

E_{si} 基础底面下第 i 层土的计算压缩模量(MPa),桩长范围内的复合土层按复合土层压缩模量取值;

A_i 第 i 层土附加应力面积(kPa·m)。

表 3.5.3 沉降计算经验系数 ψ_s

$\bar{E}_s$ (MPa)	2.5	4.0	7.0	15.0	20.0
ψ_s	1.1	1.0	0.7	0.4	0.2

计算下卧层的沉降量时,作用在下卧层顶面的荷载可按下式计算:

$$p_b = \frac{BDp_0}{(B + 2htg\theta_0)(D + 2htg\theta_0)} \quad (3.5.3-6)$$

式中: p_b 作用在下卧层顶面的荷载(kPa);

B 复合地基上荷载作用宽度(m);

D 复合地基上荷载作用长度(m);

h 复合地基加固区厚度(m);

θ_0 复合地基压力扩散角,可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 和重庆市工程建设标准《建

筑地基基础设计规范》DBJ50-047 的规定取值(rad)。

3.5.4 地基沉降计算深度应大于复合土层的厚度,并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 关于地基沉降计算深度的有关规定。

3.5.5 当地基受力层范围内存在软弱下卧层时,应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定验算下卧层承载力。

3.5.6 复合地基载荷试验应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79 的规定。

4 施 工

4.1 施工准备

4.1.1 浆固散体材料桩复合地基施工前应准备下列资料：

- 1 工程地质勘察报告。
- 2 施工设计图纸。
- 3 总平面图或桩基的平面控制图。
- 4 施工现场的地理位置及相邻建筑、道路、管线、高压输电线、构筑物、边坡等相关资料。

4.1.2 施工场地条件应符合下列规定：

- 1 施工现场三通一平。
- 2 施工场地的平整，场地地基承载力应满足桩机施工的要求。
- 3 落实与场地相邻的建筑物、道路、管线、高压输电线、构筑物、边坡等的保护措施。

4.1.3 编制施工方案或施工组织设计应符合下列规定：

- 1 应根据施工图纸、工程地质勘察报告、场地环境等编制施工方案或施工组织设计。
- 2 施工方案或施工组织设计应经审核确认。
- 3 应对施工人员进行技术交底，落实施工方案或施工组织设计的施工技术措施。

4.1.4 施工工艺参数试验应符合下列规定：

- 1 在正式施工前应施工试验桩，并根据设计要求的数量进行施工工艺参数试验。
- 2 试验桩的规格、长度、数量及地质条件应具有代表性，试验桩与工程桩的条件应一致。

3 应根据试验桩的参数调整设计、并相应调整施工方案或施工组织设计。

4.1.5 施工机械的选择应符合下列规定：

1 成孔设备选择应满足工程地质条件及设计图纸要求。成孔设备净高应满足施工场地条件，宜选择旋挖取土机械，在不良地质条件下可采用回旋成孔钻机。

2 注浆设备应选择高压注浆泵，注浆设备最大额定注浆压力不宜小于 8MPa，流量宜为 $6\text{m}^3/\text{h}\sim 15\text{m}^3/\text{h}$ 。连接注浆泵的管路宜采用高压柔管，并安装自动灌浆记录仪。

3 施工机械选定后应核实现场地基承载能力是否满足桩机施工的要求，当不满足时，应采取相应处理措施。

4.2 浆固散体材料桩施工

4.2.1 浆固散体材料桩的施工步骤宜包括：施工准备、场地平整、定位放线、成孔设备就位、成孔、护筒埋设、下注浆管、投放散体材料、洗孔、压力注浆、桩头振捣等。

4.2.2 浆固散体材料桩成孔应符合下列规定：

1 成孔工艺宜选择旋挖取土工艺，成孔孔壁不稳定地层也可采用回旋钻进工艺。

2 开孔应采用慢速钻进，钻头中心位置对准桩位中心、钻杆保持垂直稳固。

3 钻进过程中应及时清理孔口积土和地面散落土，防止掉落孔内；发生孔内坍塌后应停止钻孔，查明部位后及时回填粘土并捣实后重新成孔。

4 钻进至设计深度后进行清孔并检查孔底，清孔后泥浆比重应小于 1.05。

4.2.3 浆固散体材料桩注浆管放置应符合下列规定：

1 注浆管宜采用直径不小于 25mm 的镀锌管，采取丝扣连

接分段下放；

2 安装注浆管前应清除管内杂物，防止堵塞，注浆管底部与孔底之间的距离不宜大于 300mm；

3 注浆管下放到位后，应在管内注清水进行洗孔。

4.2.4 投放散体材料时，孔口应放置投料漏斗，散体材料应填满桩孔。

4.2.5 浆固散体材料桩注浆应符合下列规定：

1 施工前应做好水泥砂浆的配合比试验。

2 宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，严禁使用过期或受潮的水泥；砂子应采用细砂。

3 注浆前应对注浆泵、灰浆搅拌和注浆管线进行检查，使其处于完好状态。

4 拌制水泥砂浆必须采取计量投料。

5 注浆前先拌制 $0.3\text{m}^3 \sim 0.5\text{m}^3$ 纯水泥浓浆注入孔内，充填孔底骨料间隙，充填桩孔长度不宜小于 2m，并润滑注浆管道。

6 注浆应连续进行，因故中断时应立即处理，尽快恢复注浆。

7 注浆压力宜为 2MPa~5MPa，注浆时应做好注浆压力、注浆量、注浆时间及其它异常情况的记录工作，发现问题及时分析处理。

8 应根据实际注浆量计算注浆面升高高度，应及时提升注浆管，但应保证提升后注浆管埋深不小于 3m。

9 在压浆过程中应逐步补填碎石到桩顶。

10 当水泥砂浆充分溢出孔口后应停止注浆，并应预留 3m 注浆管在孔内，待 30min~60min 后进行二次补浆，拔出注浆管，最后用插入式振捣器插入桩体进行振捣，使桩顶浆液充填密实，振捣器插入深度不应小于 1.5m。

11 当出现穿孔导致砂浆大量流失时，可采用跳孔施工或间歇施工等措施。

4.2.6 浆固散体材料桩作为复合地基使用时，应在桩顶铺设褥

垫层。

4.2.7 在施工过程中应按本规程附录 A 表 A 的要求做好记录,及时汇总并办理验交、签证等手续。

4.2.8 施工安全生产应符合国家现行有关安全生产标准的规定,并应符合下列规定:

1 施工作业应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46 的规定执行。

2 施工作业人员必须接受安全教育后才能上岗,特殊工种必须持证上岗。

3 施工现场应做到三通一平,做好施工场地排水、排污工作。

4 钻机操作时应注意加杆和提钻的安全,统一指挥,密切配合,防止机械伤人和物体打击。

5 每台桩机应设置一只配电箱,做到一机一闸一漏保确保用电安全。

4.3 浆固散体材料桩复合地基施工

4.3.1 浆固散体材料桩施工后桩顶标高于设计标高时应进行桩头清理。挖土和截桩时应保护桩身及桩间土,不得造成桩身开裂、桩间土扰动等。

4.3.2 浆固散体材料桩桩顶宜设置混凝土桩帽,桩帽宜现浇。桩帽高出地表时,桩帽之间应采用砂土、石屑等回填。

4.3.3 褥垫层的施工应符合现行国家标准《复合地基技术规范》GB/T 50783 的规定。

4.3.4 加筋层之上铺设的垫层应选用较高强度的碎石、卵砾石等填料,不得混有泥土和石屑,碎石最小粒径应大于加筋材料孔径尺寸,应铺设平整。当铺设厚度小于或等于 30cm 时,可不碾压,大于 30cm 时应分层静压压实。

4.3.5 填土应分层压实填筑,并达到规定压实度。

5 检查与验收

5.1 成桩质量检查

5.1.1 浆固散体材料桩的成桩质量检查应包括成孔、散体材料投放及注浆等工序过程的质量检查,并按表 5.1.1 的规定填写相应的质量检查记录。

5.1.2 浆固散体材料桩桩位、桩径、垂直度偏差应按表 5.1.1 的规定检查。

表 5.1.1 质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩长	mm	+100	查施工记录或抽检
	2	散体材料质量	粒径不大于 32.5mm, 含泥量不大于 5%		每 400m ³ 进行筛分试验和含泥量试验
	3	注浆量	设计要求		查施工记录或抽检
	4	范围、数量、布置形式和施工工艺	设计要求		观察和丈量
	5	承载力	设计要求		载荷试验
一般项目	1	桩位	mm	100	开挖后量桩中心
	2	垂直度	<1%		测成孔垂直度
	3	桩径	mm	-50	开挖后实测桩头直径
	4	桩顶标高	mm	+100,0	需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体
	5	拔管速度	m/min	0.3—0.5	根据注浆量,查施工记录或抽检
	6	泥浆比重		<1.05	查施工记录或抽检
	7	注浆压力	MPa	2.0—5.0	查施工记录或抽检
	8	成孔至投放散体材料时间	min	<30	查施工记录或抽检
	9	投料量	设计要求		查施工记录或抽检

5.2 桩身质量检测

5.2.1 桩施工后,应在成桩 14d 后现场开挖检查桩身质量,开挖深度不宜小于 1m。检查数量宜为总桩数的 0.2%~0.5%,且每个单项工程不得少于 3 根。

5.2.2 桩身完整性应采用低应变法检测,检测方法应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 和重庆市工程建设标准《建筑地基基础检测技术规范》DBJ50/T-136 的有关规定执行。对设计等级为甲级或地质条件复杂、成桩质量可靠性低的工程桩,抽检数量不得少于总数的 30%,其它情况下不得少于总数的 10%。

5.2.3 对于一般工程的工程桩,可在桩身强度满足加载要求后进行单桩静载荷试验。单桩载荷试验数量宜为总桩数的 0.2%~0.5%,且不应少于 3 根。对设计等级为甲级或地质条件复杂、成桩质量可靠性低的工程桩,应采用单桩和复合地基静载荷试验方法进行检测,检测数量宜为总桩数的 0.2%~0.5%,且不应少于 3 根。

5.2.4 对软土地区桩长大于 10m 的浆固散体材料桩宜采用钻芯取样的方法进行桩身质量检测,检测数量不宜小于总桩数的 0.2%。

5.3 工程质量验收

5.3.1 当桩顶设计标高与施工场地标高相近时,桩基工程验收应在桩身质量检测完毕后进行;当桩顶设计标高低于施工场地标高时,桩基工程验收应在开挖至设计标高后进行验收。

5.3.2 验收应在施工单位自检合格的基础上进行,应具备下列验收资料:

1 岩土工程勘察报告、桩基施工图、图纸会审及设计交底纪要、设计变更等；

2 原材料的质量合格证和复验报告；

3 桩位测量放线图，包括工程桩位线复核签证单；

4 施工记录及检验记录；

5 桩体质量检测报告；

6 复合地基和单桩承载力检测报告；

7 基础开挖至设计标高的桩尺寸和成型情况检查记录、桩竣工平面图；

8 工程质量事故及事故调查处理资料。

5.3.3 分项工程质量“验收合格”应符合下列要求：

1 原材料质量合格；

2 各检验批工程质量验收合格；

3 应有完整的质量验收文件；

4 低应变检测结果合格，复合地基载荷板试验或单桩静载荷试验检测结果符合设计要求。

附录 A 浆固散体材料桩施工原始记录

表 A 浆固散体材料桩施工原始记录表

施工单位: _____ 监理单位: _____ 合同号: _____ 里程桩号: _____
 桩 径: _____ 钻机型号: _____ 施工日期: _____ 砂浆配合比(重量比):水泥:细砂:水:减水剂= _____

桩号	设计 桩长 (m)	实际 桩长 (m)	成孔时间		清孔 时间 (min)	沉渣 厚度 (cm)	泥浆 比重	投料 数量 (t)	砂浆 稠度 (mm)	砂浆注 入量 (m³)	注浆时间		备 注
			开始	结束							开始	结束	
自检意见:						监理员意见:							
监理员			施工负责人								施工员		

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T14685
- 2 国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007
- 3 国家标准《复合地基技术规范》GB/T 50783
- 4 行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46
- 5 行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79
- 6 行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94
- 7 行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106
- 8 重庆市工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DBJ50-047
- 9 重庆市工程建设标准《建筑地基基础检测技术规范》DBJ50/T -136

重庆市工程建设标准

浆固散体材料桩复合地基技术规程

DBJ50/T-215-2015

条文说明

2015 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	27
2	术语和符号	28
3	设计	29
4	施工	32
5	检查与验收	37

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 在地基处理施工中,经常会遇到施工场地上方有高压电线或者高架路桥等施工机械限高(既有障碍物),临近既有建筑物,也会遇到施工场地周围空间狭小、存在精密仪器等复杂施工环境,常规施工机械和方法无法进场施工,在这种情况下,需要研发新的地基加固。浆固散体材料桩复合地基技术是为了满足既有障碍物环境下建筑、公路、轨道、港口和市政等工程地基加固而研发的一种新型地基加固技术。该技术具有适应复杂施工环境,挤土小,无噪音,施工方便快捷及工程造价低等技术经济优点。目前已经在京沪高速铁路、沪宁高速铁路、沿海高速铁路及高速公路等地基处理工程中推广应用,取得了良好的社会效益和经济效益。为了在今后工程中更好地推广应用,为设计、施工、监理、检验及工程验收提供依据,使设计做得更加合理,质量更加可靠,经过多年的应用和实践研究总结,编制本规程。一般施工场地上部净高在 6 米以上皆可实施。目前桩径可控制在 300mm~800mm 之间。

1.0.2 本规程适用于施工场地空间受限条件下建筑、公路、轨道(包括铁路、城市地铁等)、机场、市政(包括道路、煤气柜、油罐、水池等)等工程地基处理。

施工场地空间受限是指施工场地上方存在高压电线、高架桥等既有障碍物,施工场地狭小(长度和宽度在 3m 以下),施工场地周围有重要建筑物,施工场地附近交通不便使大型设备和材料难以进场等情况。

1.0.4 目前桩基复合地基的设计、施工和验收相关的规范有国家标准《复合地基技术规范》GB/T 50783 和行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79 等,但这些规范均无针对浆固散体材料桩的相关条文。对于本规程做出规定的,宜按本规程执行,本规程未作规定的按相关规范执行。

2 术语和符号

2.1.1 浆固散体材料桩桩身可根据设计要求形成不同强度的浆固材料。散体材料指的是复合一定级配要求的碎石、卵石、废弃钢渣、城市废弃建筑砖石等,既保证了工程实施,又节约材料,保护了环境。浆固散体材料桩直径一般为 300mm~800mm。

浆固散体材料桩主要针对施工场地上方存在既有障碍物而研发。典型工程应用如沪宁城际铁路以路基型式下穿既有道路立交、高压线 25 处,而通过区域广泛分布的淤泥及淤泥质黏土等软弱土层,工程性质不良,地基承载力低,沉降量大,需要采取适当的加固措施后,才能满足建(构)筑物使用要求。由于受到场地限制以及既有设施安全使用的要求,常规的软基处理方法难以满足施工安全,而采用钻孔桩则造价太高。为了提高地基土承载力、控制工后沉降,在调研分析论证的基础上,经多方案比较,采用浆固碎石桩新技术有效地解决了特殊施工环境条件下深厚层软土地基加固的难题。通过对沪宁城际铁路 27 个路基工点的应用,累计完成浆固碎石桩 28.6 万延米,经过质检全部合格,工后沉降控制满足铺设无砟轨道要求,满足高速列车舒适运营的要求,取得了良好的技术、经济及社会效益。自 2010 年竣工通车以来,路基稳定。

2.1.2 复合地基最初是指采用碎石桩加固后形成的人工地基。近年来复合地基技术在我国工程建设中的推广应用已得到了很大的发展。随着水泥土搅拌桩加固技术在工程中的应用,发展了水泥土桩复合地基的概念。碎石桩是散体材料桩,水泥搅拌桩是粘结材料桩。水泥土桩复合地基的应用促进了柔性桩复合地基理论的发展。随着高强度桩、CFG 桩复合地基等新技术的应用,形成了刚性桩复合地基的概念。

3 设计

3.1.1 对于处于欠固结状态的人工填土地基,应通过计算确定其适用性。

3.1.2 浆固散体材料桩复合地基目前已在公路和铁路等路基工程中得到应用。由于不同的工程对地质条件有着不同的具体要求,所以在进行岩土工程勘察时,除遵守本规程外,尚需符合国家及其他现行有关标准、规范的规定。

3.2.1 填充料目前应用较多的是碎石、鹅卵石,也可采用建筑垃圾、矿渣等材料。散体材料的粒径不得小于 16mm,粒径过小会造成孔隙率小影响砂浆流动使得砂浆充填不密实,影响桩体胶结质量。

3.2.3 夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚铺厚度的比值,为保证密实度,一般不大于 0.9。

3.2.5 水泥宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,可根据水泥掺入量的多少、水灰比等形成不同强度的桩体材料。

3.3.3 褥垫层设置在桩顶和基础之间,是浆固散体材料桩复合地基的关键技术之一,是保证桩、土共同作用的核心内容。根据大量的工程实践总结,褥垫层的厚度取 300mm~500mm,该厚度不包括盖板的厚度,一般上部填土较高时取高值,桩间距大或桩间土较软时取高值。

3.4.3 由于压力注浆作用,浆液向桩周土扩散,改善了桩周土的性质,同时也使桩土接触面的性质得到改善,因此考虑了侧摩阻力提高系数。根据国内外研究成果资料,工程上应用较多的钻孔灌注桩桩底容易沉渣和桩侧泥膜的存在,从而导致桩端阻力和桩侧摩阻力显著降低。而对于浆固碎石桩,通过注浆可以消除这些隐患;浆液渗透到桩底虚土中,通过压密、固结、填充、置换等作用

改善其物理化学性质;浆液可以充填桩壁与周围土层接触不好的地方,从而使桩侧与桩周土体接触良好;同时在水泥浆的水解、水化作用,粘土颗粒与水泥水化物的作用、碳酸化作用下,更能增强桩体与其桩周土之间的胶结力,从而提高桩侧摩阻力。根据本规程编制组的研究成果,由于注浆作用引起的桩侧阻力提高可达30%以上,本规程为偏于保守,侧阻力提高系数取1.0~1.2。

3.4.4 试块应在注浆完成后及时预留。

3.5.1 通过现场试验,综合考虑浆固散体材料所形成不同桩体强度的桩型,以及复合地基承载力、土性、位置和施工工艺等因素,浆固散体材料桩间距宜为2.5~5.0倍桩径(d),桩径大时宜取小值。

3.5.2 浆液扩散范围与土体渗透系数有着密切的关系。研究表明,砂土中浆固碎石桩注浆对桩周土的改善主要以渗透后胶结为主。粘性土中浆固碎石桩注浆对桩周土的改善主要以挤密为主。通过原位测试及前人研究成果确定了浆固区内土体的性质,在此浆固区内,土体的强度大于原状土而小于桩体。经浆固碎石桩处理后的地基桩间土的强度一般会提高10%~30%。本规程为保守起见,将桩周土承载力提高系数上限设置为5%。

3.5.3 桩身加固层内的沉降,一般按照复合模量法进行计算,对于碎石桩、水泥土搅拌桩这类柔性桩来说,由于桩土应力比较低,故按照复合模量法计算结果较合理。但对于桩土应力比较大的刚性桩来说,复合模量法计算得出的沉降仅在毫米量级,与现场实测的结果严重不符。研究结果表明,采用 Boussinesq 应力解与 Mindlin 应力解联合求解地基中的附加应力,然后用分层总和法计算基础沉降的方法较为合理。本规程浆固散体材料桩复合地基的沉降计算参照现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79中水泥粉煤灰碎石桩复合地基沉降计算方法和现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行。沉降计算经验系数 ψ_s 应结合地方经验和工程实际情况取值,本规程表 3.5.3

参照现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79。下卧层的沉降按分层总和法计算,作用在下卧层顶面的荷载按应力扩散法(图1)计算。

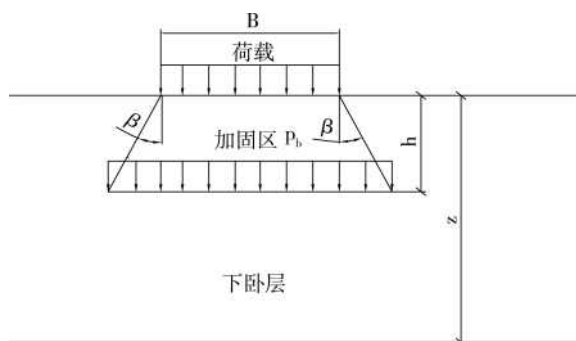


图1 应力扩散法计算示意图

将复合地基视为双层地基,由加固区土层和下卧层土层组成,复合地基范围内作用荷载 p ,通过加固区土层,压力扩散角为 β ,作用在下卧层上的荷载 p_b 计算式如下式所示:

$$p_b = \frac{BDp}{(B + 2htg\beta)(D + 2htg\beta)} \quad (1)$$

式中: B 复合地基上荷载作用宽度;

D 复合地基上荷载作用长度;

h 复合地基加固区厚度。

对平面应变情况,上式可改写为:

$$p_b = \frac{Bp}{(B + 2htg\beta)} \quad (2)$$

4 施 工

4.1.1 场地岩土工程勘察报告是地基处理设计方案与施工的依据。当场地地质情况较复杂时,应做必要的补充勘察,以便调整设计。为防止意外事故发生,施工前必须查清地上、地下管线及障碍物并进行妥善处理。

4.1.5 成桩所使用的机械已有专业的生产厂家生产,选择合格的施工设备是保证施工质量的关键。施工机械应向智能化、标准化、科技创新技术方向发展。浆固散体材料桩机具设备表见表 1。

表 1 机具设备表

序号	设备名称	型号及规格	数量	用途
1	成孔设备(钻机或桩机)	SJ-55/GPS-10/XY-4	1	成孔施工
2	灰浆高速搅拌机	16m ³ /h	1	水泥浆搅拌
3	注浆泵	SGE6-10/BW-250	2	压力注浆
4	灌浆自动记录仪	GJY	2	灌浆记录
5	比重计		2	测比重
6	潜水泵	1KW	1	供水
7	汽车	5t	1	材料运输
8	吊车	16t	1	重物吊装
9	千斤顶	25t	4	施工安装
10	全站仪	TC1800	1	测量
11	水准仪	S3	1	测量

成孔设备宜选择 SJ-55 型旋挖取土机械,在不良地质条件下可采用 GPS-10 型回旋成孔钻机,其技术参数应符合表 2 的规定。

表 2 成孔机械性能参数

设备名称	型号	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	主机功率 (kW)	钻杆转速 (r/min)	扭矩 (kN·m)
旋挖取土机	SJ-55	300~800	55	30	20	15
回旋成孔 钻机	GPS-10	300~800	60	30	44/77/139	6
	XY-4	300~800	60	30	135~1588	5

注浆设备宜采用 SGB6-10 型或 BW-250 型注浆泵,其技术参数应符合表 3 的规定。水泥砂浆搅拌机宜采用高速搅拌机,水泥砂浆储浆宜采用低速搅拌机。

表 3 注浆泵性能参数

设备名称	型号	额定压力(MPa)	流量(m ³ /h)	电机功率(kW)
注浆泵	SGB6-10	10	6	18.5
注浆泵	BW-250	8	15	15

4.2.1 浆固散体材料桩的施工工艺(如图 2 和图 3)包括以下步骤:

1 施工准备

根据设计要求和地质条件,设定施工工艺参数,并确定施工方案或施工组织设计。人员、设备、材料进场,组织施工技术与安全交底。

2 场地平整

根据现场情况,将场地进行平整,清除表面障碍物。如遇软土地基无法承受桩机设备,应先将土层表面用碎石、宕渣铺垫,以便施工设备就位及灵活移机。

3 定位放线

根据设计图,确定桩位轴线和桩位点,用 $\phi 12$ 钢筋插在桩位中心点上,并撒上白灰做明显标记。桩位偏差小于 $\pm 2\text{mm}$ 。

4 成孔设备就位、成孔

成孔可以采用钻机或桩机。设备进场后,按照装配图纸进行组装。

根据上述桩位点,进行成孔设备就位。成孔设备就位后应调整平稳,施工作业人员应从成孔设备正面与侧面两个相互垂直方向,采用吊锥线或利用成孔设备平台用水平尺进行垂直检查,及时调整成孔设备位置,保证机具垂直,并将对准桩位中心点。

成孔开始时,先慢后快,同时检查成孔的偏差并及时纠正。在成孔过程中发现机具摇晃或难进时,应放慢进尺,防止桩孔偏斜、位移和机具损坏。

成孔时作业人员应随时检查机具成孔时的垂直度,发现偏斜及时进行调整,以保证桩孔的垂直度。成孔深度应满足设计要求,可利用在成孔设备立柱上施划尺寸标记或其它方法进行施工深度控制。对成孔时出土及时清理,以保证场地道路通畅、平整。

一般用钻机成孔,自然造浆护壁;在孔壁不易保持的情况下,采用人工造浆护壁。在工程应用中采用膨润土加碱进行人工造浆护壁,泥浆的比重控制在一定的范围内。

5 护筒埋设

防止成孔、投石过程中孔口发生坍塌,同时,防止注浆过程中浆液流失。

6 下注浆管

成孔后,下注浆管。

7 投石、洗孔

钻孔完成后,分两次进行洗孔。第一次洗孔在钻孔结束后,投放骨料前进行。第二次洗孔在投放骨料过程中进行即边投放骨料边洗孔,两次洗孔分别用不同的泥浆比重作为完成标准。在投放骨料的过程中,为防止骨料碰撞孔壁引起塌孔,设置专用投料导向器来引导骨料,其作用是防止其它杂物落入钻孔中并使骨料垂直落入孔底。

8 压力注浆

水泥采用强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥,砂为细砂。浆液参数主要包括浆液的配合比,水灰比。水泥砂浆的水灰比控制在 0.5—0.6,并适当使用减水剂等外加剂以及粉煤灰等掺合料。浆液参数由设计(施工前的室内试验)确定。

浆固桩的注浆首先要使浆液充满于孔内骨料的空隙,以便固结成桩。其次一部分浆液向周围土体扩散,对桩周土体进行注浆加固,提高天然地基土的强度。可以以注浆量来控制注浆过程,并且采用边拔(管)边注浆的方法。

9 移机就位

一根桩施工完成后,转移钻机到下一桩位。桩机移机至下一桩位施工时,应根据轴线或周围桩的位置对需施工的桩位进行复核,保证桩位正确。



图 2 浆固散体材料桩施工流程

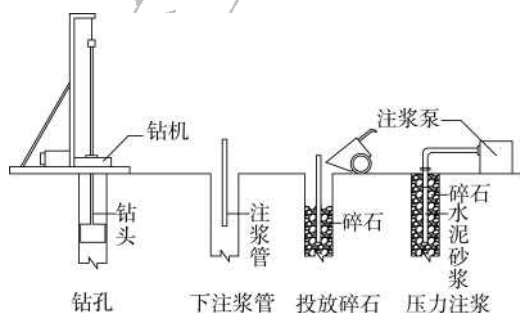


图 3 浆固散体材料桩施工工艺示意图

4.2.2 成孔工艺选择旋挖取土工艺,主要是减少泥浆对环境的污染及提高注浆成桩质量,施工设备建议采用 S-55 型、GPS-10 型或 XY-4 型简易取土桩机。在粉砂、粉土地层常采用泥浆护壁回

旋钻进成孔工艺。当桩孔间距较小或易发生串孔、串浆时应采取隔孔跳打方式施工。钻孔完成必须进行清孔,投料前检查泥浆比重须小于 1.05,否则粗骨料孔隙不通畅影响水泥砂浆注入量及固结强度。

4.2.3 为防止注浆管被堵,注浆管底应采用胶带封堵,同时注浆管径不宜过小,宜采用镀锌管和钢制管材,不宜采用 PVC 管。

4.2.5 孔内碎石下沉后须及时补料,以免桩顶标高不够。水泥砂浆注浆量根据设计钻孔体积及碎石的孔隙率及孔的充盈系数计算注入量,并结合试桩情况确定施工参数。应认真做好二次补浆工序,并用振捣器对桩顶进行振捣,使桩顶密实。由于注浆过程中引起振动,孔口部分碎石有一定的下沉,故在压浆过程中应逐步补填碎石到桩顶。

4.2.6 复合地基的桩顶应铺设褥垫层。铺设褥垫层的目的是为了调整桩土应力比,减少桩头应力集中,利于桩间土承载力的发挥。褥垫层铺设宜分层进行,每层铺设应均匀,最终厚度允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ 。

5 检查与验收

5.2.1 桩身质量与基桩承载力密切相关,桩身质量有时会严重影响基桩承载力。浆固散体材料桩可通过现场开挖桩头来观察桩的成形。

5.2.2 低应变反射波法主要是用来检测浆固散体材料桩的桩身完整性和成桩填充料的质量。

5.3.3 浆固散体材料桩施工结束后,应根据施工单位提供的全部竣工资料和现场检查情况,应由甲方组织有关单位对工程进行验收,验收合格后,签署工程验收报告,作为施工转序的证明。