

建设工程施工新技术典型案例分析丛书

地基与基础工程 施工新技术典型案例与分析

FOUNDATION AND FOUNDATION ENGINEERING TYPICAL
CASES AND POINTS OF CONSTRUCTION NEW TECHNOLOGY

《施工技术》杂志社 主编



中国建筑工业出版社

建设工程施工新技术典型案例分析丛书

地基与基础工程 施工新技术典型案例与分析

《施工技术》杂志社 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地基与基础工程施工新技术典型案例与分析/《施工技术》杂志社主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2019. 4

(建设工程施工新技术典型案例分析丛书)

ISBN 978-7-112-23257-4

I. ①地… II. ①施… III. ①地基-工程施工-案例
②基础(工程)-工程施工-案例 IV. ①TU47②TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 024164 号

责任编辑: 张礼庆

责任校对: 王宇枢

建设工程施工新技术典型案例分析丛书
地基与基础工程施工新技术典型案例与分析
《施工技术》杂志社 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京佳捷真科技发展有限公司制版
天津翔远印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14 $\frac{3}{4}$ 字数: 357 千字
2019年8月第一版 2019年8月第一次印刷

定价: 47.00 元(含增值服务)

ISBN 978-7-112-23257-4

(33560)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《建设工程施工新技术典型案例分析丛书》 编写委员会

主任 毛志兵：中国建筑股份有限公司总工程师

张可文：《施工技术》杂志社社长、主编

副主任（按姓氏笔画排序）

王清勤：中国建筑科学研究院有限公司副总经理

尹伯悦：中国城市科学研究会秘书长助理

叶浩文：中建股份助理总经理、副总工程师，中建科技集团董事长

冯跃：北京市工程建设质量管理协会会长，北京建工集团有限责任公司总工程师

李清旭：中国施工企业管理协会副会长

杨健康：北京住总集团有限责任公司总工程师

吴飞：浙江省建设投资集团股份有限公司副总经理

张同波：青建集团股份公司副总裁

张晋勳：北京城建集团有限责任公司总工程师

郝玉柱：山西交通控股集团有限公司总经理

胡德均：天津建工集团原总工程师

郭彦林：清华大学教授

梅阳：《施工技术》杂志社副社长、执行主编

龚剑：上海建工集团股份有限公司总工程师

景万：中国建筑业协会副秘书长

薛永武：陕西省土木建筑学会理事长

委员（按姓氏笔画排序）

王军	王胜	王伟	王存贵	王海云	王爱勋	王迎春	邓明胜
叶重农	令狐延	曲慧	曲成平	冯大阔	田万义	刘杨	刘明生
刘洪亮	刘爱玲	刘新玉	关军	林冰	闫永茂	许曙东	安占法
朱建潮	李宏伟	李娟	李铁良	李晨光	李景芳	杨煜	杨存成
杨晓毅	肖星	肖玉明	汪道金	宋伟俊	张文岭	张云富	张太清
张琨	张静	张礼庆	张志明	张其林	陈春雷	陈国栋	陈浩
陈德刚	陈春明	邵凯平	何纯涛	余地华	余流	邹厚存	范重
金振	金睿	郑勇	周桂云	赵林	赵福明	胡正华	郝绍金
段洪涛	侯玉杰	贾洪	郭正兴	郭海山	钱增志	高秋利	周予启
黄刚	尉家鑫	蒋立红	蒋金生	彭明祥	焦安亮	葛兴杰	韩宇峰
欧亚明	谭立新	薛刚	霍文营				

本套丛书编写人员名单

主编：张可文

副主编：梅阳

参编：王露 李松山 焦军灵 王晓彤 徐颖

前 言

近二十年来，随着我国经济建设的高速发展，各地尤其是沿海经济较发达城市兴建了大量的各类建筑。大规模的高层建筑地下室、地下商场的建设和大规模的市政工程如地下停车场、大型地铁车站、地下变电站、大型排水及污水处理系统等的施工都涉及地基与基础工程。由于功能要求日益复杂、支护体系种类繁多、各种施工工艺的联合使用，其复杂程度对地基与基础工程的理论研究、设计与施工均提出了诸多挑战性问题。我国地基与基础工程领域的工程技术人员面临这些挑战开展了相关的理论、设计、施工装备和施工技术研究，开发出了一系列新技术，为各类地基与基础工程的施工提供了有效的技术手段。伴随着一系列规模庞大、复杂度大、难度高的工程顺利实施，我国地基与基础工程的设计和施工技术水平都取得了长足的进步。地基处理技术的发展是岩土工程界最为活跃的领域之一，体现出了“百花齐放、百家争鸣”的局面。

近几年来地基处理发展的一个典型趋势就是在既有的地基处理方法基础上，不断发展新的地基处理方法，特别是将多种地基处理方法进行综合使用，形成了极富特色的复合加固技术。深基坑工程是一门涉及工程地质、土力学、结构力学、施工技术、施工装备等多科学的综合学科。虽然多年来我国在深基坑工程的建设中积累了许多宝贵的经验，其理论和技术水平得到了长足的进步，但仍然不能满足基坑工程的技术要求。随着基坑工程进一步向大深度、大面积、周边环境更加复杂的方向发展，工程中会不断出现新的挑战。

本书结合地基处理、基坑施工技术、土方开挖施工技术、桩基工程施工技术等几个方面的新进展重点介绍了若干技术，包括复合地基处理技术、分层强夯地基加固关键技术、支护结构与主体结构相结合技术、节能降耗的基坑支护技术、复杂环境条件下的软土深基坑变形控制技术、基坑绿色施工与信息化技术、超深基坑降水技术、深基坑顺逆结合施工技术、超深地下连续墙技术、软土地区非对称深大基坑同步开挖施工技术、垂直爆破开挖技术、水力冲挖技术、复杂地质条件下的钻孔灌注桩施工技术、嵌岩桩施工技术、复杂地层与周边环境下的冲孔灌注桩施工技术等，并结合包括上海中心、广州周大福金融中心、天津高银 117 大厦、武汉绿地中心、天津周大福金融中心、深圳平安金融中心、重庆来福士广场、九寨黄龙机场等重大工程在内的具体项目案例阐述这些技术在工程中的应用，以期望对大家的工程施工有所帮助。如果在阅读相关技术案例后尚不能解决您的疑惑，您可以通过每一个案例专家所留 Email 给专家发电子邮件交流，还可以扫描封底二维码加入到“新技术圈”与同行和专家进行交流，希望大家在施工中更加顺利。

本书在编写过程中依托《施工技术》杂志近十年来的专业技术文章，在此对引用的文章作者和专家表示感谢，我们还将根据行业技术发展和读者需要继续编辑出版更新技术应用案例，希望大家扫描封底二维码进入“新技术圈”多交流，并将其作为自己的平台，发布更多新技术，期待大家加入，共同打造“新技术圈”。

目 录

第一章 地基与基础工程概述	1
第一节 术语	1
第二节 基本规定	3
第三节 施工简介	3
第二章 地基处理施工技术案例分析	6
第一节 水泥土插芯组合桩复合地基案例分析	6
第二节 SDDC 桩结合灌注桩的垃圾填埋场地基处理案例分析	10
第三节 超高填方地基分层回填强夯加固关键技术	14
第四节 分层强夯法在沙漠松散地基处理中的应用	18
第五节 沉井振冲式钢筋混凝土桩复合地基施工技术	21
第三章 基坑工程施工技术案例分析	25
第一节 基坑支护施工技术	25
第二节 基坑降水技术	54
第三节 基坑监测	71
第四节 基坑施工	105
第五节 基坑变形分析与控制	130
第六节 基坑绿色施工技术	145
第七节 基坑信息化施工	150
第四章 土方开挖施工技术案例分析	156
第一节 滨海软土非对称深大基坑同步开挖施工技术	156
第二节 城市中心紧邻地铁软土深基坑土方开挖设计与施工	164
第三节 垂直爆破开挖技术在狭小区域深基坑施工中的应用	170
第四节 超深基坑土方开挖	173
第五节 全逆作深基坑土方开挖关键技术	178
第六节 水力冲挖技术在海相软土场地中的应用	183
第五章 桩基工程施工技术案例分析	188
第一节 钻孔灌注桩施工技术	188
第二节 嵌岩桩施工技术	206
第三节 冲孔灌注桩施工技术	216
第四节 人工挖孔桩施工技术	221

第一章 地基与基础工程概述

地基基础工程是建筑工程中重要的分部工程，地基基础工程施工是建筑工程施工中重要的组成部分，地基基础施工始终是房屋建筑施工难点之一。一方面，因为地基基础在房屋建筑中占据着重要地位；另一方面，地基基础施工工艺较为复杂，一旦施工不当，不单是地基基础受到损坏，甚至房屋建筑主体也会随之受到影响。地基基础工程质量的优劣直接影响到整体工程质量优劣，甚至影响其使用寿命。“万丈高楼平地起”，在房屋建筑施工中抓好地基基础工程是抓好整个建筑工程的关键，所以一定要做好地基基础的施工管理与质量控制。

第一节 术 语

1. 地基

支承基础的土体或岩体。

2. 基础

将上部结构荷载传递到地基上的结构。

3. 复合地基

部分地基土被增强或被置换增强后与周围地基土共同承担荷载的地基。

4. 桩基础

由置入地基中的桩和连接于桩顶的承台共同组成的基础。

5. 强夯置换

将重锤提到高处使其自由落下，在地面形成夯坑，反复交替夯击填入夯坑内的砂石、钢渣等粒料，使其形成密实墩体的地基处理方法。

6. 注浆法

利用液压、气压或电化学原理，把浆液注入土体空隙中，将松散的土粒或裂隙胶结成一个整体的处理方法。

7. 预压法

对地基进行堆载或真空预压，加速地基土固结的地基处理方法。

8. 振冲法

在振冲器水平振动和高压水的共同作用下使松砂土层振密，或在软弱土层中成孔后回填碎石形成桩柱，与桩周土组成复合地基的地基处理方法。

9. 桩端后注浆灌注桩

通过预设于桩身内的注浆管和桩端注浆器对成桩后的桩端进行高压注浆的灌注桩。

10. 基坑工程

为建立地下结构的施工空间而围护、支撑、降水、加固、挖土和回填等工程的总称。

11. 基坑支护结构

由围护墙、隔水帷幕、支撑、立柱等系统组成的结构体系。

12. 咬合桩

后施工的灌注桩与先施工的灌注桩相互搭接、相互切割形成的连续排桩墙。

13. 型钢水泥土搅拌墙

在连续搭接的水泥土搅拌桩内插入型钢形成的挡土隔水墙体。

14. 地下连续墙

经机械成槽后放入钢筋笼、浇灌混凝土或放入预制钢筋混凝土板墙形成的地下墙体。

15. 铣接头

利用铣槽机切削先行槽段混凝土而形成的地下连续墙接头。

16. 接头管（箱）

使单元槽段间形成地下连续墙接头而采用的临时钢管（箱）。

17. 水泥土重力式挡墙

由水泥土搅拌桩相互搭接形成的格栅状的重力式支护与挡水结构。

18. 土钉墙

采用土钉加固的基坑侧壁土体与护面等组成的支护结构。

19. 逆作法

自上而下施工建造地下室结构，并在此过程中将地下室结构兼作基坑支护体系的一种施工方法。

20. 沉井

在地面完成井的制作，然后从井内取土，使井下沉至预定标高的结构。

21. 气压沉箱

在地面完成箱体结构的制作，然后运用气压从箱体内取土，使箱体下沉至预定标高的箱形结构。

22. 地下水控制

在基坑工程中，为了减少施工对周边环境的影响而采取的排水、降水、隔水和回灌等措施。

23. 隔水帷幕

用于阻隔或减少地下水通过基坑侧壁与基底流入基坑而设置的幕墙状竖向截水体。

24. 无筋扩展基础

由砖、毛石、混凝土或毛石混凝土、灰土和三合土等材料组成的，且不需配置钢筋的墙下条形基础或柱下独立基础。

25. 盆式开挖

在坑内周边留土，先挖除基坑中部的土方，形成类似盆形土体，在基坑中部支撑形成后再挖除基坑周边土方的开挖方法。

26. 岛式开挖

在有围护结构的基坑工程中，先挖除基坑内周边的土方，形成类似岛状土体，然后再挖除基坑中部土方的开挖方法。

27. 土层锚杆

在土中钻孔，插入钢筋或钢索，并在锚固段灌注水泥浆，使其形成一端与围护墙体相连，另一端固定于稳定土层内的受拉杆体。

28. 坡率法

通过调整、控制边坡坡度和采取构造措施保证边坡稳定的施工方法。

第二节 基本规定

(1) 地基基础工程施工所使用的材料、制品等质量的检验项目和方法，应符合设计要求和现行国家标准的规定。

(2) 地基基础工程施工前，应具备下列资料：

- 1) 施工区域内拟建工程的岩土工程勘察资料。
- 2) 地基基础工程施工所需的设计文件。
- 3) 拟建工程施工影响范围内的建（构）筑物、地下管线和障碍物等资料。
- 4) 施工组织设计和专项施工方案。

(3) 地基基础工程施工的轴线定位点和高程水准基点，经复核后应妥善保护，并定期复测。

(4) 基坑工程施工前应做好准备工作，掌握和分析工程现场的工程水文地质条件、邻近市政管线与地下设施、周围建（构）筑物及地下障碍物等情况。

(5) 地基基础工程施工应控制地下水和地表水对施工的影响。

(6) 地基基础工程在冬期施工时，应采取防冻措施，并依据地区气候特点编制冬期施工专项方案。

(7) 开挖基坑（槽）时应符合下列要求：

1) 基坑（槽）周边、放坡平台的施工荷载应按设计要求进行控制，开挖的土方不应在邻近建筑、基坑（槽）周边影响范围内堆放。

2) 基坑（槽）开挖宜采用全面分层开挖或台阶式分层开挖的方式，开挖过程中分层厚度及临时边坡坡度应根据土质情况计算确定。

(8) 施工过程中出现异常情况时，应及时采取应急措施。

(9) 对于涉及安全、劳动保护、环境保护及特种作业的施工，应按有关规定执行。

(10) 地基基础工程施工中，如发现有文物、古迹遗址或化石等，应立即停止施工，并报请有关部门处理后，方可继续施工。

第三节 施工简介

1. 地基工程施工

地基是支承由基础传递的上部结构荷载的土（岩）体。

(1) 为了保证建（构）筑物的安全和正常使用，必须满足以下要求：

- 1) 地基在荷载作用下不致产生破坏；
- 2) 组成地基的土层，因某些原因产生的变形（例如冻胀、湿陷、膨胀收缩和压缩等）

不能过大，否则将会使建筑物遭受破坏，从而无法满足使用要求。

(2) 地基工程

地基工程是对地基进行处理，即对地基内的主要受力层采取物理或化学的技术措施，以改善其工程性质，达到建筑物地基的设计要求。

(3) 地基工程类型

地基工程类型包括素土、灰土地基、砂和砂石地基、粉煤灰地基、强夯地基、注浆加固地基、预压地基、振冲地基、高压喷射注浆地基、水泥土搅拌桩地基、土和灰土挤密桩复合地基、水泥粉煤灰碎石桩复合地基、夯实水泥土桩复合地基、砂石桩复合地基、湿陷性黄土地基、冻土地基、膨胀土地基等。

2. 基础工程施工

(1) 基础

工程结构物地面以下的部分结构构件，用来将上部结构荷载传递给地基，是房屋、桥梁、码头及其他构筑物的重要组成部分。

(2) 基础类型

按基础变形特征分为：柔性基础、刚性基础。

按结构形式分为：独立基础、壳形基础、联合基础、条形基础、片筏基础、箱形基础、桩基础、管柱基础、沉井基础和沉箱基础。按建筑材料分为：无筋扩展基础、钢筋混凝土扩展基础、钢筋混凝土预制桩基础、泥浆护壁成孔灌注桩、长螺旋钻孔压灌桩、沉管灌注桩、干作业成孔灌注桩、钢桩、锚杆静压桩、岩石锚杆基础等。

3. 基坑工程施工

(1) 基坑支护结构类型

灌注桩排桩围护墙、板桩围护墙、咬合桩围护墙、型钢水泥土搅拌墙、地下连续墙、水泥土重力式挡墙、土钉墙或复合土钉墙、内支撑、锚杆（索）、地下连续墙与主体结构相结合（两墙合一）的基坑支护。

(2) 地下水控制

集水明排：由集水井和排水沟组成的地表排水系统。

降水：轻型井点、电渗井点、多级轻型井点、喷射井点、降水管井、真空降水管井。

截水帷幕：水泥土搅拌桩、高压喷射注浆、地下连续墙、小齿口钢板桩、地层冻结技术（冻结法）等阻隔地下水。

回灌：当基坑内外地下水位落差过大引发险情时，或基坑施工引起邻近建筑物开裂及倾斜事故时，可选择向坑内回灌降低坑内外水位差。

(3) 土方工程

1) 土方工程分类：不分层分段开挖、分层分块开挖、盆式开挖、岛式开挖、狭长形基坑开挖、岩石基坑开挖。

2) 顺作法、逆作法、明挖法、盖挖法的施工方法

顺作法是在基坑土方开挖至坑底以后，再从下往上开始施工主体结构。

逆作法是先施工地下一层的主体结构，而后逐层往下施工至基坑底板的施工工法。

明挖法：自上向下开挖土方的方法。

盖挖法：在完成地下一层的主体结构后向下开挖土方的方法。

3) 土方堆放与运输

开挖的土方不应在邻近建筑及基坑周边影响范围内堆放，当需堆放时应进行承载力和相关稳定性验算。

土方的运输应确保基坑内外施工道路和栈桥道路及栈桥平台的安全，严禁超载运输。

4) 土方回填

主要有人工回填、机械回填两种方法。土方回填应符合设计要求，回填土方中不得含有杂物，回填土方的含水率应符合相关要求；回填土方区域的基底应排除积水；回填土方应分层夯实，其密实度应检测，并应符合相关要求。

第二章 地基处理施工技术案例分析

第一节 水泥土插芯组合桩复合地基案例分析

(一) 概述

水泥土插芯组合桩是一种芯桩与水泥土共同工作、承受荷载的复合材料新桩型,既能有效提高地基土的承载力,减小沉降,又能充分发挥材料本身的强度,是一种经济有效的地基处理方法。水泥土插芯组合桩是一种刚性桩,能够通过调整水泥土和芯桩尺寸匹配、水泥掺量、芯桩类型来调节其与地基土的变形耦合,由该桩型组成的复合地基能够使桩土共同变形,以达到共同发挥承载力的作用。水泥土插芯组合桩适用于素填土、粉土、黏性土、松散砂土、稍密砂土、中密砂土等土层,由水泥土插芯组合桩组成的复合地基同样适用于上述地层,其他地层条件应通过现场和室内试验确定其适用性。本文结合山东聊城某工程实例,介绍了水泥土插芯组合桩复合地基的设计与施工情况,并通过应用效果分析验证了该技术的安全性、经济性与先进性。

(二) 典型案例

技术名称	水泥土插芯组合桩复合地基
工程名称	山东省聊城市某工程
工程概况	聊城市某工程 21, 23 号高层住宅楼均为主体地上 19 层、地下 2 层, ±0.000 相当于绝对标高 32.200m, 基底相对标高为 -6.700m, 剪力墙结构。21 号住宅楼平面尺寸为东西长 48.96m, 南北宽 12.6m; 23 号住宅楼平面尺寸为东西长 48.36m, 南北宽 12.2m。本工程原设计采用预应力管桩-筏板基础, 但该桩型单位承载力造价高, 而水泥土插芯组合桩兼具管桩与水泥土桩的优点, 具有造价低、承载力高等特点, 因此将原设计方案改为水泥土插芯组合桩复合地基, 21 号楼布桩 169 棵, 23 号楼布桩 166 棵。根据设计参数, 本工程采用的水泥土插芯组合桩构造如图 2-1 所示。建设场地所处地貌类型为鲁西黄河冲积平原, 自然地面相对标高约 -0.500m, 地基土自上而下分布有: ①杂填土; ②粉土; ③粉质黏土; ④粉土; ⑤粉质黏土; ⑥粉土; ⑦粉质黏土; ⑧粉细砂。在勘探深度内, 地层均为第四系冲积相堆积物和湖积相堆积物, 物理力学指标如表 2-1 所示。地下水类型为第四系孔隙潜水, 埋深 4.000m

各层土物理力学指标

表 2-1

层号	名称	含水率 $\omega/\%$	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	孔隙比 e	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	E_s /MPa	承载力特征值 /kPa
②	粉土	24.5	18.4	0.786	10	36.5	8.53	130
③	粉质黏土	32.0	18.1	0.938	31	18.7	4.99	120
④	粉土	26.8	18.9	0.777	9	39.5	8.1	130

续表

层号	名称	含水率 $\omega/\%$	重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	孔隙比 e	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	E_s /MPa	承载力特征值 /kPa
⑤	粉质黏土	32.9	18.3	0.933	32	17.4	4.57	130
⑥	粉土	28.1	19.0	0.782	10	37.5	8.48	130
⑦	粉质黏土	32.9	18.5	0.911	31	17.5	4.95	130
⑧	粉细砂	—	—	—	—	—	—	200

【施工要点】

1. 施工准备

水泥土插芯组合桩施工机械有组合式与一体式 2 种,本工程采用组合式施工机械,包括水泥土桩施工机械和管桩施工机械。其中水泥土桩施工机械由三轴搅拌桩机改造而成。为了确保成桩直径,使土体切削搅拌更加均匀,在钻杆上设置了外径为 700mm 的断续螺旋片式搅拌翅,在钻杆底端设置了带有 6 片搅拌翅并具有喷射功能的特制钻头。

后台布置采用布局合理、节省空间、相互协调、操作简便的原则,其中水泥土罐布置在下风口,并采取扬尘遮挡措施,搅拌桶靠近水泥土罐,储浆池紧挨搅拌桶,泥浆泵布置在清水池和储浆池之间,以便向水泥土桩机中泵入浆液和清洗管路,如图 2-2 所示。

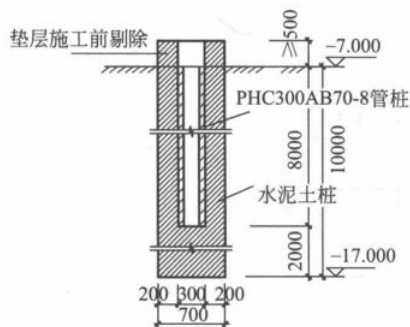


图 2-1 水泥土插芯组合桩结构

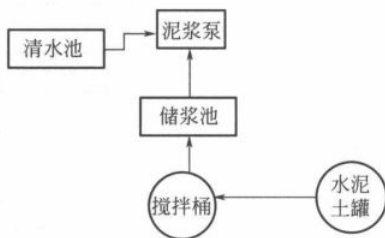


图 2-2 后台布置平面

2. 施工参数 (表 2-2)

施工参数

表 2-2

序号	参数名称	单位	数值
1	水泥浆压力	MPa	0.4~0.6
2	钻杆旋转速度	r/min	20
3	钻杆下沉速度	cm/min	150
4	钻杆提升速度	cm/min	150
5	水灰比	—	1.0
6	水泥浆流量	L/min	55
7	喷浆搅拌工艺	—	四喷四搅

制桩质量的优劣直接关系到地基处理的效果。水泥土桩施工应确保加固深度范围内土体的任何一点均能经过 20 次以上的搅拌，并且施工中应严格控制喷浆提升速度，按照下列公式分别对每遍搅拌次数和喷浆提升速度验算。

$$N = \frac{h \cos \beta \sum Z}{V} n \quad (1)$$

$$V = \frac{\gamma_d Q}{F \gamma \alpha_w (1 + \alpha_c)} \quad (2)$$

式中： h 为搅拌叶片的宽度，取 0.3m； β 为搅拌叶片与搅拌轴的垂直夹角，取 45° ； $\sum Z$ 为搅拌叶片的总枚数； n 为搅拌头的回转数； γ_d 、 γ 分别为水泥浆和土的重度，取 15，18.6kN/m³； Q 为灰浆泵的排量； α_w 为水泥掺入比； α_c 为水灰比； F 为桩身截面积。

采用四喷四搅工艺，每点搅拌次数为 $4N$ ，每遍水泥掺入比为 3.75%。经计算得到 $4N=67.89>20$ ， $V=1.5\text{m}/\text{min}$ ，采用上述参数进行施工是合理的。

3. 施工工艺

由三轴搅拌桩机升级改造而成的水泥土桩施工机械具有施工速度快、钻头故障率低等优点。根据该型机械的特点形成了适用于其施工的工艺，具体施工工艺如图 2-3 所示。在水泥土初凝前沉管桩，送桩至设计标高，施工工艺如图 2-4 所示。

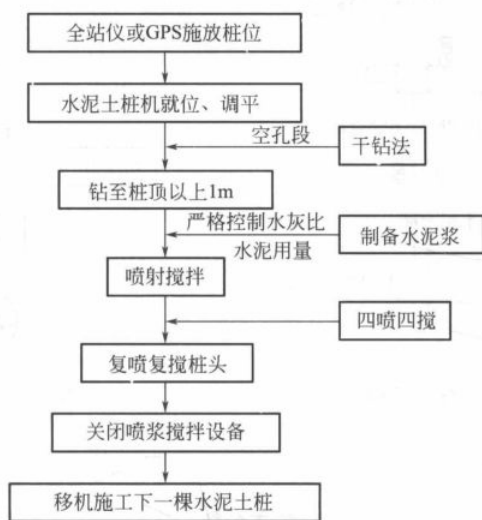


图 2-3 水泥土桩施工工艺

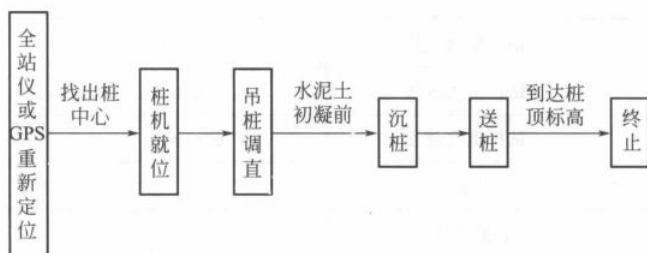


图 2-4 管桩施工工艺

采用上述工艺施工时,水泥土桩平均施工效率为0.75h/棵,返土约 1m^3 ,返土量为钻孔体积的15.3%,返土较干燥,无泥浆污染,该施工工艺合理。

4. 技术难点及处理措施

水泥土桩机在施工中遇到的问题主要有如下几个方面。

1) 随着施工桩数的增加,螺旋片上携带的水泥土越来越多,若长时间不清理,螺旋片会被完全包裹,形成一个等同于螺旋片外径的圆柱状结构。

2) 钻杆由于重力作用自由下垂,碰到较硬地层容易跑偏,造成水泥土桩与管桩不同心。

3) 地层中有砂层,钻头磨损较快,钻进能力下降。

针对上述问题,结合工程实际,采用如下处理措施。

1) 开始一棵水泥土桩施工时,随着钻进深度增加,采用人工方式及时清理螺旋片上的水泥土,可以每天清理一次,水泥土在螺旋片上就不会累加。

2) 遇到较硬地层时,可以多钻进几遍,经过钻头的多次切割,可以将钻杆调直,确保水泥土桩的垂直度。

3) 钻头磨损2~3cm、当天施工任务完成后及时在钻头上补焊耐磨金属。

【效果检测】

1. 成桩质量

成桩质量对于水泥土插芯组合桩复合地基来说,水泥土桩与管桩是否同心是决定桩基承载力的重要因素。管桩施工前若发现明显的不同心现象,采取措施纠正。本工程严格按照工艺要求及技术难点处理措施把控质量,水泥土插芯组合桩同心效果良好。对水泥土插芯组合桩复合地基质量影响较大的另一个因素为水泥土搅拌均匀程度。为了判断搅拌的均匀程度,可通过观察返土颗粒均匀性、返土中无大的土块来判断。实际情况证明,返土颗粒均匀,无大的土块,搅拌效果良好。采用软取芯法检验水泥土强度,在标准养护条件下28d龄期的立方体抗压强度均大于 3.5MPa ,满足设计要求。测量桩位偏差 $<110\text{mm}$,桩径 $>700\text{mm}$,满足JGJ79—2012《建筑地基处理技术规范》要求。

2. 静载试验

每栋楼选取3点做单桩复合地基静荷载试验,选取1点做复合地基增强体单桩竖向抗压静荷载试验,其中21-055、23-069号桩做单桩静荷载试验。进行单桩复合地基静荷载试验时,选用方形承压板,承压板边长为2.1m,在承压板底面以下铺设粗砂垫层,垫层厚度为100mm。单桩复合地基静荷载试验压力-沉降曲线是平缓的光滑曲线。当 $s/b=0.008$ 即沉降量为16.0mm时,对应的荷载值为487.7~660kPa,且按相对变形值确定的承载力特征值不应大于最大加载压力的一半,因此复合地基承载力特征值为330kPa。根据单桩竖向抗压静载试验结果,桩顶总沉降量 $s<40\text{mm}$,因此取最大加载量的一半为单桩承载力特征值,即单桩承载力特征值为1050kN,满足设计要求。

【专家提示】

★ 水泥土插芯组合桩复合地基相比原设计的预应力管桩-筏板基础具有明显的技术优势与经济优势,节约资金12.7%~14.5%。水泥土插芯组合桩复合地基施工机械具有施工速度快、钻头故障率低等优点,根据该机械特点形成的施工工艺能够较好地指导施工。水泥土插芯组合桩复合地基存在螺旋片夹泥、水泥土桩与管桩不同心、钻头磨损等技术难

点,根据其施工特点,提出了相应的处理措施。

★经检验,水泥石插芯组合桩成桩质量好,单桩复合地基承载力特征值与单桩承载力特征值均满足设计与规范要求,水泥石插芯组合桩复合地基取得了良好的应用效果。

专家简介:

宋义仲,山东省建筑科学研究院院长, E-mail: syzsdjky@sina.com

第二节 SDDC 桩结合灌注桩的垃圾填埋场地基处理案例分析

(一) 概述

中国除县城之外的 668 个城市中,有 2/3 的城市处于垃圾包围之中,全国城市垃圾堆存累计侵占土地超过 5 亿 m^2 。垃圾填埋场地基具有性质复杂、厚度变化大、强度较低、压缩系数大、腐蚀性和污染性强等特点,因此在服务期内和封顶后都会产生大幅度的沉降,且在填埋场封顶后,填埋体的沉降将持续二三十年甚至更长时间。

(二) 典型案例

技术名称	SDDC 桩结合灌注桩地基处理技术
工程名称	西安市某拟建场地地基处理
工程概况	西安市某拟建场地位于西安市东郊浐河东岸,南临已建 4 号路,西临浐河东路。该场地主要以垃圾填埋杂填土为主,填埋深度 2~5m,场地地形起伏较大。拟建场地占地面积约 16807 m^2 ,并局部设有地下 1 层,其建筑占地面积 679.44 m^2 ,地上建筑占地面积 4728 m^2 。拟建场地采用 SDDC 桩结合灌注桩对垃圾填埋杂填土进行处理。首先,对于非地下室区域,采用直径 1600mm SDDC 桩处理,桩长 7.5m,布桩采用等边三角形布置,桩间距 2.8m;其次,开挖地下一层区域,并对该区域采用 1600mm SDDC 桩处理,桩长 3.5m,布桩采用等边三角形布置,桩间距 2.8m;然后非地下室区域与地下一层区域分别采用桩长 9.0m,直径 600mm 灌注桩。

【施工难点】

- 1) 本工程中垃圾填埋杂填土,由于堆积时间、形成条件不相同,且厚度变化不均一等原因,导致其工程性质复杂、厚度变化大。
- 2) 垃圾填埋杂填土组分复杂,堆积年限差异大,垃圾种类多,堆填方式随意,导致孔隙较大,压缩性大而强度低。与相同干密度的天然土相比,垃圾填埋杂填土的压缩性比天然土要高得多,变形模量一般都在 6MPa 以下,其地基承载力一般为 60~120kPa。
- 3) 垃圾填埋杂填土是一种欠压密土,土质疏松,孔隙率高,一般具有较高的压缩性。

【机械设备和工艺】

1. 机械设备

(1) SDDC 桩夯锤

1) 目前夯锤可用铸钢(铁)或混凝土作为材料,其作用机理基本相同。由铸钢(铁)制作的夯锤重心较低,冲击晃动较小,夯孔较稳定,夯坑开口易控制,但是在夯孔较深时,容易发生起锤困难。由混凝土制作的夯锤则相反,目前不被普遍采用。

2) 夯锤形状有圆形和方形。圆形夯锤目前被普遍采用,这是由于方形夯锤落地方位易发生变化,与夯孔形状不完全重合,影响对桩的夯击效果。

3) 夯锤底面积的选取一般取决于锤重,若夯击能加大,则锤重加大,静压力值相应加大。

4) 夯锤宜设若干排气孔,用于排除瞬时孔压,孔径宜取 250~500mm,孔径过小容易堵孔,丧失作用。根据拟建场地工程地质条件和设计施工要求,选用 400 履带式强夯机,吊臂高 27.5m,起吊 1200mm,长 3.2m,重 10t 的桩锤冲击成孔,桩锤为铸钢材料,锤头成圆弧形。针对本工程场地内存在大量垃圾填埋土,不能直接使用夯锤开孔,只能先借助旋挖钻机开孔后再利用夯锤分层填土强夯。

(2) 灌注桩成孔机具

灌注桩施工的关键是成孔,而成孔后的浇筑工艺则比较简单。灌注桩成孔主要采用机械成孔,便于提高施工效率。采用机械成孔主要有挤土成孔和取土成孔 2 种方法。

1) 挤土成孔 打、拔钢管通常采用振动锤,一般采取边拔管边灌注混凝土的方法进行施工,从而大大提高了灌注桩的质量。采用挤土的方法一般只适于直径在 500mm 以下的桩,对于大直径桩只能采用取土成孔的方法进行施工。

2) 取土成孔 取土成孔可分为全套管法、回转斗钻孔法、螺旋钻孔法和反循环法。根据拟建场地工程地质条件和施工设计要求,选择回转斗钻孔法,采用 SR150C 型旋挖钻机进行取土成孔,其原理是钻斗为一个直径与桩径相同的圆斗,斗底装有切土刀,斗内可容纳一定量的土,斗底刀刃切土,并将土装入斗内,装满后提起钻斗把土卸出,再行落下钻土、提土。

2. 施工工艺

在对拟建场地进行 SDDC 桩处理的基础上,按照上部建筑结构荷载要求,在建筑物的承重部位进行钻孔灌注桩设计,以确保处理后可以满足上部结构的要求。SDDC 桩采用“隔行跳打”的原则施工,施工工序如图 2-5 所示,首先施工 Aa、Ab、Ac、Ad、A1、A2、A3、A4,然后施工 C1、C2、C3、C4、Ca、Cb、Cc、Cd,最后施工 Ba、Bb、Bc、Bd、B1、B2、B3、B4。

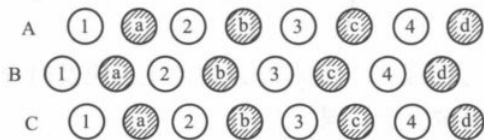


图 2-5 SDDC 桩施工工序

【施工要点】

1. SDDC 桩施工流程及要点

(1) 施工工艺流程(图 2-6)

(2) 施工要点

1) 平整场地、清除障碍物,为机械作业提供场地条件。对于施工深度较大、柱锤长度不够的情况,可采取先取部分土后冲扩施工。

2) 施工时桩位放线时,为保证桩点的醒目、持久,以防漏掉,采用在场地纵横向撒