



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 土木工程 施工

(下册) 第二版

■ 应惠清 曾进伦  
谈至明 魏红一

编著



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS



土  
木  
工  
程  
系  
列  
丛  
书



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 土木工程 施工

(下册) 第二版

■ 应惠清 曾进伦  
谈至明 魏红一

编著



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS



## 内 容 提 要

本教材分上、下两册。上册主要讲述土方工程、桩基础工程、混凝土工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、钢结构工程、脚手架工程、结构安装工程、防水和装饰工程以及流水施工原理、网络计划技术和施工组织设计等；下册内容包括：房屋建筑工程、地下工程、桥梁工程和道路工程的施工技术及其原理。

本教材是根据 21 世纪土木工程专业人才培养目标于 2002 年前后编写的，2007 年被教育部评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。本版在第一版的基础上作了全面修订，根据我国土木工程的发展水平和新的技术规范，增添和调整了教材内容。

本书可作为高等院校土木工程专业、建筑工程管理专业、房地产专业及其他相关专业的教材，也可供土木类科研、设计、施工和管理等技术人员学习和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工.下册/应惠清等编著.—2版.—上海:同济大学出版社,2009.9

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5608-4106-9

I. 土… II. 应… III. 土木工程—工程施工—高等学校—教材 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 107909 号

---

---

## 土木工程施工(下册)第二版

应惠清 曾进伦 谈至明 魏红一 编著

责任编辑 杨宁霞 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 27.5

字 数 680000

印 数 1—5100

版 次 2009 年 9 月第 2 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4106-9

---

定 价 42.00 元

---

# 第2版 前言

“土木工程施工”是土木工程专业一门主要的专业课,它在培养学生独立分析和解决土木工程施工中有关施工技术与组织计划的基本能力方面起着重要作用。

本教材是在土木类专业调整及课程体系改革的基础上,根据21世纪土木工程专业人才培养目标于2002年前后编写的。作为本科教学用书,经过多年的应用,得到了广大师生的好评,并在2007年被教育部评为“普通高等院校‘十一五’国家级规划教材”。本版在第一版的基础上作了修订,增添了近年土木工程施工领域内新技术、新工艺、新材料、新设备方面的内容,删除或调整了较为陈旧的内容或被国家列为限制与淘汰的技术。在总体编排上则增加了一些工程照片,加强了理论与实际工程的联系,便于学生更好地进行课程内容的学习和理解。

“土木工程施工”主要是研究土木工程施工中主要工种工程的施工技术与组织计划基本规律,以及各专业方向(包括:建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程、水利工程、井港工程等)的专业施工技术的学科。按照专业指导委员会对课程设置的意见,编写中将教材分为上、下两册。上册主要研究土木工程施工中的具有共性的基本理论与规律;下册主要研究土木工程各专业方向上具有个性的施工技术及其原理。

“土木工程施工”主要具有涉及面广、实践性强、发展迅速等特点,因此在教学时间有限的条件下,为提高本课程的教学质量,必须结合工程实践,综合运用本专业的基础理论,有重点地讲述基本的重要内容,对一些操作性较强的内容,则主要通过生产实习、现场参观等教学环节进行,有关现代施工技术和特殊的施工技术则可通过开设选修课进行教学。

作者在编写中力求综合运用有关学科的基本理论与知识,做到理论联系实际;反映土木工程施工的先进水平;编写内容贯彻最新工程设计及施工规范、规程与标准,以利学生的综合能力和工程概念的培养,熟悉相关标准的技术要求。同时,努力做到图文并茂、深入浅出、通俗易懂,并在每章后面附有思考题,便于组织教学和学生自学。

本书下册第一篇(房屋建筑工程施工)由应惠清编写;第二篇(地下工程施工)由曾进伦、曾毅编写;第三篇(桥梁工程施工)由魏红一编写;第四篇(道路工程施工)由谈至明编写。本教材插图由周太震负责绘制。全书最后由应惠清进行了审校和统一加工。

由于土木工程技术的发展日新月异,又因编者的水平有限,教材内容滞后,编写不足之处在所难免,诚挚地希望读者提出宝贵意见、予以赐教。

编者

2009年7月

# 第 1 版 前 言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门主要的专业课。它在培养学生独立分析和解决土木工程施工中有关施工技术与组织计划的基本能力方面起着重要作用。

本教材是在土木类专业调整及课程体系改革的基础上,根据 21 世纪土木工程专业人才培养目标组织编写的。按照专业指导委员会对课程设置的意见以及本课程教学大纲的要求,本教材分为上、下两册,上册主要研究土木工程施工中的具有共性的基本理论与规律,在教学中可作为土木工程专业基础平台课全面讲述;下册主要研究土木工程各专业方向上具有个性的施工技术及其原理,在教学中则可作为专业课讲述。

《土木工程施工》下册分为四篇,分别讨论房屋建筑工程、地下工程、桥梁工程、道路工程的施工技术、施工工艺原理及有关机械设备。它与上册相互补充,构成土木工程施工学完整的教学内容。下册内容在教学中可采取较灵活的讲授计划,根据各专业方向的教学要求及课时安排,重点讲述其中相关篇章,同时兼顾其他篇章,或选择部分内容作为专题讲授。通过教学使学生在土木工程施工方面得到较系统的知识与全面的能力培养,以适应 21 世纪土木工程专业人才的要求及实际工程的需求。

本教材在编写过程中力求理论联系实际,编写内容符合现行设计施工的规范、规程与标准,努力做到图文并茂、深入浅出、通俗易懂,并在每章后面附有思考题,便于组织教学和自学。本教材较全面地反映了当今土木工程施工的先进水平及科技成果,对土木工程专业的工程技术人员也是一本有益的参考书。

本书下册第一篇(房屋建筑工程施工)由应惠清编写;第二篇(地下工程施工)由曾进伦、曾毅、姚坚及沈水龙编写;第三篇(桥梁工程施工)由魏红一编写;第四篇(道路工程施工)由谈至明、李立寒、朱剑豪编写。本书插图由周太震负责绘制。全书最后由应惠清进行了审校和统一加工。

我国建设事业的发展迅猛,土木工程施工技术日新月异,需要我们不断学习,乃至用毕生精力去进行求索。本书的编写限于编者的水平,不足之处难免,诚挚地希望读者提出宝贵意见,不吝赐教。

编 者

2003 年 5 月

# 目 录

第2版前言

第1版前言

## 第一篇 房屋建筑工程施工

第一章 多层混合结构施工	(3)
第一节 多层房屋地基处理	(3)
一、水泥土搅拌桩复合地基(3)    二、沉降控制复合桩基(6)    三、注浆法(8)	
第二节 浅埋条形(片筏)基础施工	(11)
一、建筑定位与放线(11)    二、土方开挖(13)    三、基槽(坑)验收(13)    四、基础施工(14)	
五、回填土(14)	
第三节 主体结构施工	(15)
一、施工流程(15)    二、施工方法(15)	
第四节 脚手架与垂直运输设备	(17)
一、脚手架(17)    二、垂直运输设备(19)	
思考题	(21)
第二章 单层大跨结构施工	(22)
第一节 吊装前的准备工作	(22)
一、计算结构构件吊装工作量(23)    二、构件的检查和弹线(23)	
三、构件的吊装验算及临时加固(23)    四、基础准备(29)	
第二节 一般单层厂房施工	(31)
一、结构吊装(31)    二、围护结构与屋面防水施工(42)	
第三节 单层轻钢结构安装	(43)
一、单层轻钢结构的特点(43)    二、单层轻钢结构的构造(43)    三、单层轻钢结构施工(43)	
第四节 网架结构施工	(49)
一、网架的制作与拼装(49)    二、网架的安装施工(50)	
思考题	(54)
第三章 高层建筑施工	(56)
第一节 施工控制网	(56)
一、平面控制网(56)    二、高程控制网(57)	
第二节 桩基工程施工	(58)
一、施工前的准备工作(58)    二、成桩方法选择(59)    三、桩机(钻机)及其选择(60)	
第三节 基坑工程施工	(65)
一、概述(66)    二、基坑支护结构选型(66)	
第四节 地下室结构施工	(75)
一、地下室底板施工(75)    二、地下室墙及楼(顶)板的施工(80)	

第五节 起重运输设备 .....	(81)	
一、高层建筑施工运输体系(81)	二、塔式起重机(82)	三、施工电梯(86)
四、混凝土泵和泵车(88)		
第六节 现浇混凝土结构施工 .....	(90)	
一、爬升模板(91)	二、滑升模板(93)	三、楼盖结构施工(97)
第七节 装配式结构施工 .....	(99)	
一、钢筋混凝土全装配式框架结构施工(100)	二、钢筋混凝土装配-整体式框架结构施工(103)	三、装配板式结构施工(104)
思考题 .....	(114)	

## 第二篇 地下工程施工

第一章 地下连续墙施工 .....	(117)	
第一节 概 述 .....	(117)	
一、地下连续墙施工概要(117)	二、地下连续墙的施工方法简述(117)	三、地下连续墙的施工工艺流程(117)
第二节 施工机具设备 .....	(118)	
第三节 地下连续墙成槽 .....	(120)	
一、导墙施工(120)	二、护壁泥浆(121)	三、成槽施工(128)
第四节 钢筋笼施工 .....	(130)	
一、钢筋笼加工(130)	二、钢筋笼吊放(131)	
第五节 混凝土水下浇筑 .....	(131)	
一、地下连续墙对混凝土的要求(131)	二、混凝土浇灌前的准备工作(131)	三、槽段内混凝土浇灌(132)
第六节 地下连续墙接头 .....	(132)	
一、接头形式(133)	二、地下连续墙接头施工(133)	三、结构接头(136)
思考题 .....	(137)	
第二章 地下建筑逆作法施工 .....	(138)	
第一节 概 述 .....	(138)	
一、逆作法概要(138)	二、逆作法的特点(138)	三、逆作法施工的适用范围(139)
第二节 逆作法施工 .....	(139)	
一、逆作法施工顺序与工艺流程(139)	二、逆作法施工(140)	
思考题 .....	(144)	
第三章 沉井施工 .....	(146)	
第一节 概 述 .....	(146)	
第二节 沉井施工准备 .....	(147)	
一、地质勘查和制定施工方案(147)	二、沉井制作准备(147)	三、测量控制和沉降观察(149)
第三节 沉井制作 .....	(149)	
一、刃脚支设(149)	二、沉井制作(150)	三、单节式沉井混凝土浇筑(151)
四、多节式沉井混凝土浇筑(151)		

第四节 沉井下沉	(152)
一、制作与下沉顺序(152)	
二、承垫木拆除(152)	
三、下沉方法选择(153)	
四、下沉挖土方法(154)	
五、测量控制与观测(157)	
第五节 沉井封底	(158)
一、排水封底(158)	
二、不排水封底(159)	
思考题	(159)
第四章 盾构法隧道施工	(160)
第一节 概述	(160)
一、盾构法施工概要(160)	
二、盾构法施工的特点(161)	
三、盾构法的主要施工程序(161)	
第二节 盾构法隧道施工准备工作	(162)
一、盾构选型(162)	
二、盾构拼装和拆卸井(164)	
三、盾构基座(166)	
四、盾构进出洞方法(166)	
第三节 盾构推进与衬砌拼装	(168)
一、盾构开挖方法(168)	
二、盾构纠偏与操纵(170)	
三、隧道衬砌拼装(171)	
四、衬砌壁后压浆(172)	
五、盾构法施工中的运输、供电、通风和排水(173)	
第四节 盾构掘进中的辅助施工法	(174)
一、稳定开挖面的辅助施工法(174)	
二、盾构进出洞的辅助施工法(174)	
三、特殊情况下的辅助施工法(175)	
第五节 盾构隧道衬砌与防水	(175)
一、衬砌断面的形式与选型(175)	
二、衬砌分类(176)	
三、衬砌防水(176)	
思考题	(178)
第五章 顶管法管道施工	(179)
第一节 顶管法施工准备	(180)
一、工程地质与环境调查(180)	
二、工具管的形式与选型(180)	
三、工作井的设置(183)	
四、顶力计算(186)	
五、后背墙(187)	
第二节 普通顶管法管道施工	(188)
一、主要施工机具设备(188)	
二、挖土与顶进(189)	
三、测量与纠偏(191)	
第三节 顶管法施工技术措施	(192)
一、穿墙管与止水(192)	
二、管段接口处理(193)	
三、触变泥浆减阻(193)	
四、中继环(194)	
五、顶管法施工的主要技术(195)	
思考题	(195)
第六章 沉管法隧道施工	(197)
第一节 概述	(197)
一、沉管隧道的定义(197)	
二、沉管隧道的特点(198)	
三、沉管截面类型(198)	
四、沉管隧道施工流程(199)	
第二节 管段制作	(199)
一、临时干坞(199)	
二、管段制作(202)	
三、管段防水与接缝处理(203)	
第三节 管段浮运与沉放	(205)
一、浮力设计(205)	
二、管段浮运(205)	
三、管段沉放(206)	
四、管段水下连接(209)	
第四节 基槽浚挖与基础处理	(211)



一、沉管基槽断面(211)	二、基槽浚挖方式(211)	三、基槽回填(212)	
四、沉管基础特点(212)	五、基础处理主要方法(213)		
思考题			(214)
<b>第七章 箱涵施工</b>			(215)
第一节 概 述			(215)
一、箱涵施工概要(215)	二、箱涵顶进工法施工流程(216)		
第二节 箱涵顶进前期施工			(217)
一、工作坑(217)	二、滑板(217)	三、后背(218)	四、箱涵制作(220)
第三节 箱涵顶进			(222)
一、顶进设备(222)	二、顶进与纠偏(223)		
第四节 箱涵顶进辅助施工方法			(224)
一、气垫法(224)	二、线路加固方法(225)		
思考题			(227)

### 第三篇 桥梁工程施工

<b>概 述</b>			(231)
一、桥梁施工方法概述(231)	二、施工方法的选择(233)		
<b>第一章 桥梁基础施工</b>			(234)
第一节 基础施工			(234)
一、桩基础施工(234)	二、锁口钢管桩基础(234)	三、重力式深水基础(235)	
第二节 墩台施工			(235)
一、现浇钢筋混凝土桥墩施工(235)	二、装配式墩台施工(238)	三、V型墩施工(240)	
<b>第二章 梁式桥施工</b>			(241)
第一节 概 述			(241)
第二节 固定支架整体就地浇筑施工法			(243)
一、支架和模板的分类(244)	二、支架、模板的设计(245)	三、施工要点(246)	
第三节 预制安装施工法			(249)
一、预制构件的划分和预测(249)	二、预制梁的安装(250)	三、结构的连接措施(254)	
第四节 悬臂施工法			(254)
一、墩顶梁段(#0块)的施工(255)	二、悬臂拼装法(257)		
第五节 逐孔施工法			(266)
一、预制节段逐孔组拼施工(266)	二、逐孔现浇施工(移动模架法)(270)		
第六节 顶推施工法			(271)
一、顶推施工设备(272)	二、顶推设备和顶推力的确定(275)	三、顶推施工法工艺(276)	
<b>第三章 拱桥的施工</b>			(280)
第一节 概 述			(280)
第二节 拱桥的有支架就地砌筑、浇筑施工			(280)
一、拱架的类型(280)	二、预拱度设置(281)	三、拱桥的砌筑施工(282)	
四、拱桥的就地浇筑施工(285)	五、劲性骨架施工法(285)		
第三节 预制安装施工法			(287)

一、装配式钢筋混凝土拱桥的缆索吊装施工(287) 二、桁架拱桥的施工(289)  
 三、钢管混凝土拱桥的施工(291)  
 第四节 悬臂施工法..... (292)  
 一、塔架斜拉索法(292) 二、斜吊桁架式悬浇法(292) 三、斜压桁架式悬拼法(293)  
 四、桁架桥悬拼施工(293)  
 第五节 转体施工法..... (293)  
 一、有平衡重平面转体施工(294) 二、无平衡重平面转体施工(298)  
 三、竖直转体施工(301)

**第四章 斜拉桥和悬索桥的施工..... (303)**

第一节 斜拉桥的施工要点..... (303)  
 一、主塔施工(303) 二、主梁施工(304) 三、斜拉索的制造与安装(305)  
 四、斜拉桥的施工控制(307)  
 第二节 悬索桥的施工要点..... (307)  
 一、鞍座(308) 二、猫道(309) 三、主缆架设(309) 四、加劲梁架设(311)  
 五、悬索桥的施工控制(311)

**第五章 桥梁支座和伸缩缝施工..... (312)**

第一节 桥梁支座..... (312)  
 一、支座的类型(312) 二、支座的安装施工要点(312)  
 第二节 桥梁伸缩缝..... (314)  
 一、伸缩缝类型(314) 二、伸缩缝的安装施工(314)

**第四篇 道路工程施工**

**第一章 一般路基..... (319)**

第一节 土质路堤与路堑..... (319)  
 一、路堤(319) 二、路堑(324)  
 第二节 石质路堤与路堑..... (328)  
 一、石质路堤(328) 二、石质路堑(329)  
 第三节 路基压实..... (331)  
 一、影响压实的主要因素(331) 二、压实度标准(333) 三、压实前准备(333)  
 四、压实工艺(334)  
 第四节 冬季与雨季的路基施工..... (335)  
 一、冬季路基施工(335) 二、雨季路基施工(336)  
 思考题..... (336)

**第二章 特殊路基..... (337)**

第一节 高路堤..... (337)  
 一、高路堤的工程特征(337) 二、高路堤填筑要点(337)  
 第二节 特殊土质路基..... (338)  
 一、盐渍土路基(338) 二、黄土路基(338) 三、膨胀土路基(339)  
 四、杂填土路基(340) 五、粉煤灰路基(340)

第三节 软土路基和软基处理	342
一、软土路基的工程特征(342)	
二、软土路基施工要点(342)	
三、软基处理措施(342)	
四、主要软基处理措施的施工要点(343)	
第四节 特殊地区路基	346
一、水网和水稻田地区路基(346)	
二、沿河和过水路基(346)	
三、岩溶地区路基(347)	
四、崩塌与岩堆地段路基(347)	
五、滑坡地段路基(348)	
六、冻土地基路基(348)	
七、风沙地区路基(349)	
思考题	350
第三章 路基排水和防护加固	351
第一节 路界地表排水	351
一、地表排水的组成(351)	
二、排水结构物(352)	
三、施工技术要点(355)	
第二节 地下排水	356
一、地下水排水方式(356)	
二、地下水排水设施(356)	
三、施工技术要点(359)	
第三节 坡面防护	359
一、植物防护(359)	
二、工程防护(360)	
第四节 冲刷防护	362
一、直接防护(362)	
二、导流构造物(363)	
第五节 加筋土挡土墙	364
一、加筋土挡土墙的组成和工作原理(364)	
二、施工技术(365)	
思考题	367
第四章 路面基层	368
第一节 半刚性基层	368
一、半刚性材料分类(368)	
二、半刚性基层混合料组成材料的技术要求(368)	
三、半刚性材料的配合比设计(369)	
四、施工准备(371)	
五、路拌法施工工艺(371)	
六、厂拌法施工(373)	
七、接缝处理与养生(375)	
第二节 柔性基层	376
一、柔性基层材料类型(376)	
二、材料的基本要求(377)	
三、级配碎(砾)石基层的施工技术(377)	
四、填隙碎石基(垫)层的施工技术(379)	
第三节 刚性基层	380
一、刚性基层材料类型(380)	
二、配合比设计要求(380)	
第四节 基层的施工质量控制	381
一、事先控制(381)	
二、施工过程控制(381)	
三、检查验收(382)	
思考题	382
第五章 沥青路面	383
第一节 热拌热铺沥青混合料路面	383
一、沥青混合料分类(383)	
二、沥青混合料的材料要求(384)	
三、沥青混合料组成设计(385)	
四、普通热拌沥青混合料路面的施工技术(386)	
五、改性沥青混合料路面的施工特点(392)	
第二节 其他类型沥青路面	394
一、沥青表面处治路面(394)	
二、沥青贯入式路面(396)	

三、乳化沥青碎石混合料路面(398)	
第三节 封层	(400)
一、稀浆封层与微表处(400)	二、雾状封层(402)
第四节 透层、黏层	(402)
一、透层(402)	二、黏层(403)
第五节 沥青路面的质量控制	(404)
一、施工准备阶段质量控制内容(404)	二、施工过程中的质量检查及控制(405)
思考题	(405)
<b>第六章 水泥混凝土路面</b>	<b>(407)</b>
第一节 普通混凝土路面	(407)
一、铺筑方法和特点(407)	二、施工准备(408)
三、模板或基准线设置(408)	四、混凝土的拌和和运输(409)
五、混凝土摊铺、振捣和表面整修(409)	六、接缝施工(414)
七、养生和早期裂缝的防止(415)	八、高温、低温和雨季的施工(416)
九、真空脱水工艺(417)	
第二节 水泥混凝土块料路面	(417)
一、块料路面的特点和用途(417)	二、连锁块路面(417)
三、独立块路面(419)	
第三节 其他混凝土路面	(419)
一、钢筋混凝土路面(419)	二、连续配筋混凝土路面(420)
三、钢纤维混凝土路面(420)	四、碾压混凝土路面(421)
五、复合式混凝土路面(421)	
第四节 质量控制和检验	(422)
一、施工过程的检验(422)	二、成品质量的检验(422)
思考题	(422)
<b>参考文献</b>	<b>(424)</b>

# 第一篇

## 房屋建筑工程施工

- 第一章 多层混合结构施工
- 第二章 单层大跨结构施工
- 第三章 高层建筑施工



# 第一章 多层混合结构施工

混合结构是指以砖、石或砌块等砌体作为承重墙体的建筑材料，而楼板、圈梁等则采用钢筋混凝土的房屋结构。由于混合结构取材方便、施工简单、成本低廉，因此，一般多层住宅、学校、办公楼等结构选型大多为混合结构。

砖石结构在我国有悠久的历史，“秦砖汉瓦”在我国建筑历史上曾闪烁过灿烂的光辉。然而，这种结构其施工仍以手工操作为主，劳动强度大、生产效率低，而且，烧制黏土砖还大量占用可耕地，因而开发应用新型墙体材料，是混合结构及施工工艺改革的主要方向。

混合结构施工是一个综合施工过程，它包括砂浆制备、材料运输、脚手架搭设、墙体砌筑、钢筋混凝土构件的浇筑、水电设备安装等，其中墙体砌筑与钢筋混凝土构件浇筑是混合结构施工的主导工程。施工中应注意各施工过程的相互协调与配合。

混合结构的建造过程分为三个阶段：

第一阶段 基础施工阶段。基础施工包括地基处理、土方开挖、基础施工、回填土等。

第二阶段 主体结构施工阶段。它包括砌筑工程、构造柱与圈梁施工、吊装或现浇楼板、屋面板、楼梯等。

第三阶段 屋面及装饰工程阶段。它包括屋面防水工程施工、楼地面工程、内外抹灰施工、门窗及粉刷油漆工程等。

在整个施工过程中，应注意适时地穿插进行水、电、暖等安装工程的施工。

## 第一节 多层房屋地基处理

多层混合结构一般采用浅埋条形基础或筏板基础，当遇到地基承载力不足或设计沉降量较大，或局部土质较差等情况时，通常采用地基处理的方法。

多层建筑施工中，对大面积软弱地基处理常常采用搅拌桩复合地基或用预制小方桩进行地基加固，而对于局部土质较差或暗浜、洞穴等则多用注浆法或换填法。此外，强夯法、碎石桩法等也有应用。

### 一、水泥土搅拌桩复合地基

水泥土搅拌桩复合地基是通过水泥加固土(搅拌桩)与桩间土共同承载，由于水泥加固土的无侧限抗压强度比原状土大大提高，水泥掺量12%~18%的水泥土，无侧限抗压强度能提高几十倍乃至几百倍，因此，复合地基承载力也相应有所提高，通常可提高30%~50%。

水泥土搅拌法适用于处理淤泥、淤泥质土、地基承载力不大于120kPa的黏性土和粉性土地基。当场地内地下水具有侵蚀性时，应通过试验确定其适用性。

#### (一) 水泥土搅拌桩复合地基的设计

水泥土搅拌桩复合地基的设计主要是确定置换率、桩长和选择水泥掺入比。承重水泥土桩设计时应使土对桩的支承力与桩身强度所确定的承载力相近，并使后者略大于前者最为

适宜。

承重水泥土桩平面布置可根据上部建筑对地基承载力和变形的要求及上部结构特点,采用柱状、壁状、格栅状或块状等加固形式(图 1-1-1),桩可只在基础平面范围内布置。桩的长度应根据建(构)筑物对变形要求及地层结构等因素考虑。

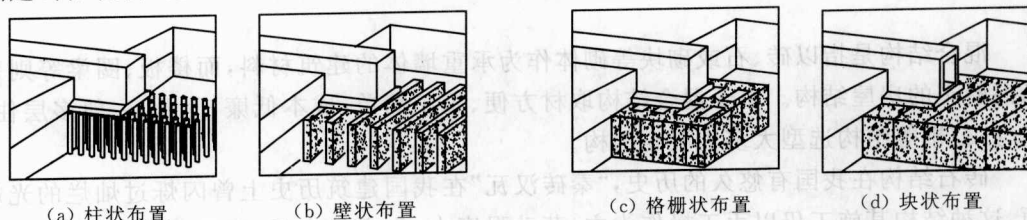


图 1-1-1 水泥土桩平面布置

设计计算的内容如下:

### 1. 单桩容许承载力

承重水泥土桩的单桩容许承载力宜通过单桩载荷试验确定,也可按式(1-1-1)和式(1-1-2)估算,并取其中小值:

$$P_a = \eta f_{cu} A_p \quad (1-1-1)$$

或

$$P_a = U_p \sum q_{si} l_i + \alpha A_p q_p \quad (1-1-2)$$

式中  $P_a$ ——单桩容许承载力(kN);

$f_{cu}$ ——与桩身水泥土配方相同的室内水泥土试块(边长为 70.7mm 的立方体),在标准养护条件下,90d 龄期的抗压强度平均值(kPa);

$A_p$ ——桩的截面积( $m^2$ );

$\eta$ ——桩身强度折减系数,可取 0.3~0.4;

$U_p$ ——桩的周长(m);

$q_{si}$ ——桩周第  $i$  层土的容许摩阻力,对淤泥可取 5~8kPa;对淤泥质土可取 8~12kPa;对黏性土可取 12~15kPa;

$l_i$ ——桩周第  $i$  层土的厚度(m);

$q_p$ ——桩端天然地基土的承载力(kPa);

$\alpha$ ——桩端天然地基土的承载力折减系数,可取 0.4~0.6。

### 2. 复合地基承载力

承重水泥土桩复合地基承载力宜通过复合地基载荷试验确定,也可按式(1-1-3)估算:

$$f_{sp} = \frac{m P_a}{A_p} + \beta(1-m) f_s \quad (1-1-3)$$

式中  $f_{sp}$ ——复合地基容许承载力(kPa);

$f_s$ ——桩间天然地基土容许承载力(kPa);

$m$ ——桩土面积置换率;

$\beta$ ——桩间土承载力折减系数,当桩端为软土时,可取 0.5~1.0;当桩端为硬土时,可取 0.1~0.4。

工程中常根据要求达到的复合地基容许承载力,反算桩面积置换率:



$$m = \frac{f_{sp} - \beta f_s}{\frac{P_a}{A_p} - \beta f_s} \quad (1-1-4)$$

### 3. 下卧层地基强度验算

当承重水泥土桩的置换率较大( $m > 20\%$ )且非单行排列时,应将水泥土桩的桩群体与桩间土视为一个假想的实体基础(图 1-1-2),按式(1-1-5)进行下卧层地基强度的验算:

$$f' = \frac{f_{sp} A + G - \bar{q}_s A_s - f_s (A - A_1)}{A_1} < f \quad (1-1-5)$$

式中  $f'$ ——假想实体基础底面压力(kPa);  
 $G$ ——假想实体基础的自重(kN);  
 $A_s$ ——假想实体基础侧表面积( $m^2$ );  
 $\bar{q}_s$ ——假想实体基础侧表面平均摩阻力(kPa);  
 $f_s$ ——假想实体基础边缘地基土的容许承载力(kPa);  
 $A$ ——基础底面积( $m^2$ );  
 $A_1$ ——假想实体基础底面积( $m^2$ );  
 $f$ ——假想实体基础底面经修正后的地基容许承载力(kPa)。

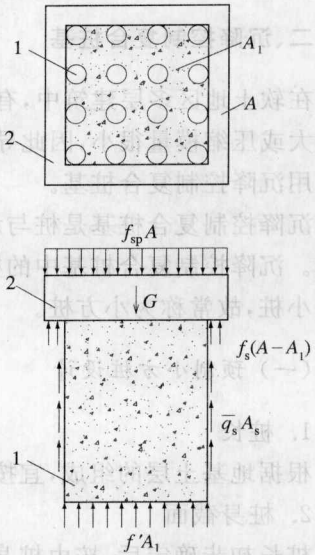


图 1-1-2 下卧层地基强度验算

### 4. 沉降计算

承重水泥土桩复合地基的变形计算应包括水泥土桩群体的压缩变形和桩端下未加固土层的压缩变形之和。其中桩群体的压缩变形值可根据上部结构、桩长、桩身强度等因素按经验取 20~40mm。桩端以下未加固土层的压缩变形值可按分层总和法计算。

## (二) 搅拌桩复合地基施工

### 1. 准备工作

施工现场事先应予平整,清除地上和地下的一切障碍物。遇明浜、塘及场地低洼时应抽水 and 清淤,分层夯实回填黏性土料,不得回填杂填土或生活垃圾。开机前必须调试,检查桩机运转和输料管畅通情况。

### 2. 施工要点

搅拌桩复合地基中承重搅拌桩的施工工艺与重力式支护结构搅拌桩基本相同,但施工中还应注意:

- ① 水泥土桩停浆面一般应高出基础底面标高 300~500mm,在开挖基坑时,应将该施工质量较差段挖去。
- ② 为保证水泥土桩的垂直度,要注意起吊设备的平整度和导向架的垂直度,水泥土桩的垂直偏差不得超过 1.0%,桩位偏差不得大于 50mm,桩径偏差不得大于 4%。
- ③ 施工前应根据设计要求通过成桩试验,确定搅拌桩的配合比等参数和施工工艺。
- ④ 确定搅拌机械的灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提