



CECS 147 : 2016

中国工程建设协会标准

加筋水泥土桩锚技术规程

Technical specification for soil mass with reinforced
cement soil pile and anchors

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

加筋水泥土桩锚技术规程

Technical specification for soil mass with reinforced
cement soil pile and anchors

CECS 147 : 2016

主编单位：北 京 交 通 大 学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 6 年 1 0 月 1 日

中国计划出版社

2016 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 251 号

关于发布《加筋水泥土桩锚技术规程》 的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2013 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2013〕119 号)的要求,由北京交通大学等单位编制的《加筋水泥土桩锚技术规程》,经本协会地基基础专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 147 : 2016,自 2016 年 10 月 1 日起施行。原《加筋水泥土桩锚支护技术规程》CECS 147 : 2004 同时废止。

中国工程建设标准化协会
二〇一六年六月二十七日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2013 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2013〕119 号)的要求,规程编制组经过广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外标准,并在广泛征求意见的基础上,修订本规程。

本工程共分 7 章和 2 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、岩土工程勘察与环境调查、工程设计、工程施工和监测、工程验收等。

本规程修订的主要内容包括:①调整了相关术语;②修改了加筋水泥土桩锚支护安全等级和结构重要性系数;③补充完善了加筋水泥土桩锚在边坡工程、地下工程和地基处理中使用时的岩土勘查内容;④增加了扩大盘加筋水泥土承载桩和桩锚加筋体拆除回收的内容;⑤补充完善了加筋水泥土桩锚支护形式;⑥增加了加筋水泥土桩锚体质量检验判定标准。

本规程的某些内容可能涉及专利,涉及专利的具体技术问题,使用者可直接与专利持有人协商处理(珠海智顺岩土工程专利技术有限公司)。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理,由北京交通大学土木工程学院(地址:北京市海淀区西直门外上园村 3[#] 709 信箱,邮政编码:100044,联系电话:010—51685719)负责解释。在实施本规程过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见及有关资料径寄解释单位。

主 编 单 位: 北京交通大学

参 编 单 位: 珠海智顺岩土工程专利技术有限公司

北京市城建设计研究总院

国贸工程设计院(北京)
中国地质大学(北京)
中国建筑科学研究院
北京瑞腾基础工程技术有限公司
苏州市能工基础工程有限责任公司
宏扬建设有限公司
上海闸北城市建设有限公司
广东省珠海横琴新区管理委员会
广东省南海第二建筑工程有限公司
上海市政工程设计研究院

主要起草人：唐业清 崔江余 李宪奎 李 鹤 杨桂芹
许 丽 李启民 段启伟 叶 焱 周建明
鲁新荣 苏西民 朱道建 周 民 蔡凌燕
主要审查人：刘金砺 王新杰 高文生 贺长俊 杨 松
薛慧立 张千里 张天申 张钦喜

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	主要符号	(3)
3	基本规定	(8)
4	岩土工程勘察与环境调查	(11)
4.1	一般规定	(11)
4.2	勘察与测试	(12)
4.3	勘察成果	(13)
5	工程设计	(15)
5.1	一般规定	(15)
5.2	加筋水泥土桩锚支护	(19)
5.3	加筋水泥土水平超前预加固	(40)
5.4	扩大盘加筋水泥土承载桩	(45)
5.5	桩锚加筋材料拆除回收	(48)
6	工程施工和监测	(49)
6.1	一般规定	(49)
6.2	技术要求	(50)
6.3	工程监测	(51)
7	工程验收	(53)
7.1	一般规定	(53)
7.2	检验项目	(53)
7.3	合格判定	(55)
附录 A	加筋水泥土桩锚支护的应用范围	(56)

附录 B 加筋水泥土桩锚体质量检验标准	(57)
本规程用词说明	(59)
引用标准名录	(60)
附:条文说明	(61)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Main symbols	(3)
3	Basic requirements	(8)
4	Soil investigation and environmental survey	(11)
4.1	General requirements	(11)
4.2	Investigation and test	(12)
4.3	Survey results	(13)
5	Engineering design	(15)
5.1	General requirements	(15)
5.2	Retaining and protection with reinforced cement soil piles and anchors	(19)
5.3	The horizontal advance reinforcement of reinforced cement soil	(40)
5.4	Expand plate reinforced cement soil bearing pile	(45)
5.5	Demolition and recycling of reinforcement material	(48)
6	Construction and monitoring	(49)
6.1	General requirements	(49)
6.2	Technical requirements	(50)
6.3	Engineering monitoring	(51)
7	Engineering acceptance	(53)
7.1	General requirements	(53)
7.2	Inspection items	(53)

7.3 Qualification judgement	(5 5)
Appendix A Application range of retaining and protection with reinforced cement soil piles and anchors	(5 6)
Appendix B Quality inspection standards of reinforced cement soil piles and anchors	(5 7)
Explanation of wording in this specification	(5 9)
List of quoted standards	(6 0)
Addition;Explanation of provisions	(6 1)

1 总 则

1.0.1 为在建筑基坑工程、边坡工程、地下工程及地基处理工程中,合理采用加筋水泥土桩锚技术,做到技术先进、安全可靠、经济合理、因地制宜、确保质量、保护环境,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑、隧道、地下铁道、水利、港工、道路、机场等工程的基坑支护、边坡加固、隧道工程和地下工程超前加固、软弱地基处理等设计、施工和验收。

1.0.3 采用本规程的工程,应根据岩土工程勘察资料、工程特点、场地环境、使用要求、材料供应、施工条件等因素和有关规定,精心设计、精心施工,设计荷载应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

1.0.4 采用加筋水泥土桩锚技术的基坑工程、边坡工程、地下工程及地基处理工程除应符合本规程外,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 水泥土 cement soil

采用注浆法、喷搅法等方法将水泥浆或水泥和化学浆液注入土中,与土形成的复合土体或加固土体。

2.1.2 加筋水泥土 reinforced cement soil

插入金属或非金属材料等加劲体后形成的水泥土。

2.1.3 水泥土桩锚 cement soil pile and anchors

由水泥土形成竖向、水平向或其他方向的杆(或锚)状体。其中竖向称为桩体,其他方向称为锚体。

2.1.4 加筋水泥土桩锚支护 retaining and protection with reinforced cement soil piles and anchors

由加筋水泥土桩体和锚体(简称桩锚)构成的对土体的支护结构体系。

2.1.5 水泥土桩体 cement soil pile and wall

由水泥土桩相互咬合而形成的用于止水、挡土的连续体。

2.1.6 加筋水泥土桩体 reinforced cement soil pile and wall

由加筋水泥土组成的竖向复合加固体。

2.1.7 桩锚连梁 continous beam with piles and anchors

将加筋水泥土桩锚的顶部连成整体的钢筋混凝土结构。

2.1.8 旋喷搅拌 rotary-jet mixing

通过同步旋喷和搅拌形成水泥土加固体的施工工艺。

2.1.9 热熔锚具 hot melt anchorage

一种可以通过通电方式来解除锚具锁定状态的特制锚具。

2.1.10 可拆筋体 removable piles and anchors

完成使用功能后,筋体可以拆除、回收的水泥土桩锚结构。

2.1.11 拉力型锚体 tensioned grout anchor

锚体承受的外力首先由通过锚体与周围水泥砂浆握裹力砂浆锚固体中,然后通过砂浆锚固段与岩土体的粘结力传递到周围岩土体。

2.1.12 压力型锚体 pressured grout anchor

通常采用全长自由的无粘结预应力钢绞线,在锚体底端将钢绞线与承载体连接,当杆体受力时,拉力直接由无粘结钢绞线传至底端的承载体,通过底端的承载体对注浆体施加压应力,并依靠锚固体与岩土体界面的侧摩阻力提供抗拔力,锚固段浆体处于受压状态。

2.2 主要符号

A ——加筋水泥土锚体的截面面积;

A_m ——桩锚体端部锚定板面积;

A_s ——筋体的截面面积;

a_a 、 a_p ——分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力合力作用点至门架底端的距离;

a_G ——门架结构和核心土的重心至门架前排边缘的水平距离;

a_{mx} 、 a_{my} ——分别为第 m 根锚体与圆弧接触点到圆弧中心的水平距离和垂直距离;

a_R ——第 i 根加筋水泥土锚体作用点至门架前排边缘的水平距离;

B ——门架宽度;

b_j ——第 j 个土条宽度;

C ——支护结构水平位移、基坑周边建筑物和地面沉降的限值;

c 、 φ ——墙底以下土的粘聚力、内摩擦角;

c_j, φ_j ——分别为第 j 个土条滑弧面处的黏聚力、内摩擦角；
 d ——加筋水泥土锚体的截面直径或桩直径；
 $d_{j,i}$ ——第 j 层桩锚体在第 i 土层中的直径；
 E_{ak}, E_{pk} ——分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力标准值；
 E_s ——计算深度处，前后排桩间土的压缩模量；
 ΔE_{aj} ——作用在以 S_{xj}, S_{zj} 为边长的面积内的主动土压力标准值；
 f_c ——水泥土抗压强度平均值；
 f_{cu} ——水泥土 90d 龄期的立方体抗压强度平均值；
 f_{spk} ——加筋水泥土桩锚结构复合地基承载力特征值；
 f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值；
 f_t ——加筋水泥土筋体材料的抗拉强度标准值；
 f_{vz} ——抗剪强度设计值；
 f_y ——筋体抗拉强度设计值；
 G ——门架结构和核心土的自重；
 ΔG_j ——第 j 个土条重量；
 h ——计算深度；
 K ——安全系数；
 K_e ——嵌固稳定安全系数；
 K_{ov} ——抗倾覆安全系数；
 K_s ——后仰式加筋水泥土桩锚结构整体滑动稳定安全系数；
 $K_{s,i}$ ——第 i 个圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值；
 K_{sl} ——抗滑移安全系数；
 K_{st}, K_{sm}, K_{sz} ——分别为边坡土体、加筋水泥土桩锚体、止水帷幕产生的抗滑力矩与土体下滑力矩之比；

K_t ——桩锚结构抗拔安全系数；
 k ——土体渗透系数(s)；
 k_c ——桩间土的水平刚度系数；
 L_i ——第 j 层桩锚体在滑动面外第 i 土层中的长度；
 L_m ——筋体的锚固长度；
 L_{mi} ——桩锚体长度范围内第 i 层地基土的厚度；
 l ——加筋水泥土锚体的有效长度；
 l_a ——加筋水泥土锚体的锚固长度；
 l_d ——门架结构嵌入深度；
 l_j ——第 j 个土条的滑弧长度；
 m ——面积置换率；
 m_1 ——锚定板工作条件系数；
 m_2 ——共同作用时的组合系数；
 m_3 ——共同作用时的组合系数；
 N_k ——作用标准组合的桩锚结构轴向拉力值；
 $N_{k,j}$ ——第 j 层桩锚体的轴向拉力标准值；
 N_j ——相应于作用的基本组合时第 j 层桩锚体轴向抗力设计值；
 n ——土体的孔隙率；
 p_{ak} ——支护结构外侧第 i 层土中计算点的主动土压力强度标准值；
 $p_{ak,j}$ ——第 j 层桩锚体处的主动土压力强度标准值；
 p_c ——前后排桩间土对桩侧的压力；
 p_{c0} ——前后排桩间土对桩侧的初始压力；
 Q ——注浆量；
 q_j ——第 j 个土条上的附加分布荷载标准值；
 q_p ——未经修正的桩锚体端阻力特征值；
 q_{sk} ——加筋水泥土与土体间的侧阻力标准值；
 $q_{sk,i}$ ——第 j 层桩锚体与第 i 土层的极限粘结强度标准

值；

R ——注浆有效扩散半径；

R_a ——单根加筋水泥土桩锚体竖向承载力特征值；

R_d ——结构构件的抗力设计值；

R_k ——抗滑力、抗滑力矩、抗倾覆力矩、桩锚体的极限抗拔承载力等土的抗力标准值；

R_{ki} ——第 i 根加筋水泥土锚体的抗拔承载力标准值；

R_{km} ——第 m 根桩锚体在滑动面以外的极限抗拔承载力标准值；

$R_{k,j}$ ——第 j 层桩锚体的极限抗拔承载力标准值；

$R'_{k,k}$ ——第 k 层桩锚体在滑动面以外的极限抗拔承载力标准值；

r ——注浆管半径；

r_t 、 r_m 、 r_z ——分别为土体、加筋水泥土桩锚体、止水帷幕产生的抗滑力矩共同作用时的组合系数；

S_d ——作用基本组合的效应(轴力、弯矩等)设计值；

S_k ——作用标准组合的效应设计值；

$S_{x,j}$ 、 $S_{z,j}$ ——桩锚体的水平间距、垂直间距；

S_y ——前后桩排距；

t ——注浆时间；

u_m ——桩体周长；

U_m ——门架底面上的水压力；

Δv ——前后排桩水平位移差值；

v ——注浆对象的土量；

z_j ——第 j 层桩锚体至基坑顶面的垂直距离；

α ——计算系数；

α_m ——第 m 根锚体与水平面夹角；

α_p ——桩锚体端阻力发挥系数；

β ——基坑坡面与水平面的夹角；

- γ ——水泥土重度；
- γ_0 ——结构重要性系数；
- γ_F ——作用基本组合的综合分项系数；
- ξ ——基坑坡面倾斜时的主动土压力折减系数；
- η_j ——第 j 层桩锚体轴向拉力调整系数；
- η_a ——计算系数；
- η_b ——经验系数；
- η ——桩锚结构强度折减系数，可取 0.25；
- θ_i ——加筋水泥土锚体与水平面夹角；
- θ_j ——第 j 个土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角；
- θ_k ——滑弧面在第 k 层桩锚体处的法线与垂直面的夹角；
- λ ——经验系数；
- φ_m ——基坑底面以上各土层按厚度加权的等效内摩擦角平均值。

3 基本规定

3.0.1 采用加筋水泥土桩锚技术的基坑工程、边坡工程、地基处理工程及地下工程超前加固等,应按工程结构的临时性或永久性及其他客观条件,根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定确定正常使用期限。无特殊要求,支护工程正常使用期限不应小于一年。

3.0.2 加筋水泥土桩锚支护工程,应根据支护破坏可能造成的后果,按表 3.0.2 的规定确定其安全等级和结构重要性系数。

表 3.0.2 加筋水泥土桩锚支护安全等级和结构重要性系数

安全等级	破坏后果	支护和环境条件	结构重要性系数 γ_0
一级	很严重	重要工程或支护结构为主体结构的一部分	1.1
		在 3 倍开挖深度平面范围内有重要建(构)筑物、重要管线和道路等市政设施	
		在 1 倍开挖深度平面范围内有非嵌岩桩基础,且其建(构)筑物结构埋置深度小于基坑深	
		基坑开挖影响范围内有古建、文物、近代优秀建筑等	
		基坑位于地铁、隧道、地下商业街等大型地下设施安全保护区范围内	
二级	严重	除一级和三级以外的基坑工程	1.0

续表 3.0.2

安全等级	破坏后果	支护和环境条件	结构重要性系数 γ_0
三级	不严重	开挖深度不超过 5m,且在 3 倍开挖深度平面范围内无特殊要求保护的建(构)筑物和管线、道路等市政设施	0.9

注:1 同一个基坑的不同部位,可根据具体情况采用不同的安全等级;

2 很严重指支护结构失效、土体失稳或变形过大,对基坑安全、周边环境和地下主体结构施工安全影响很严重;严重指支护结构失效、土体失稳或变形过大,对基坑安全、周边环境和对地下主体结构施工安全影响严重;不严重指支护结构失效、土体变形过大,对基坑安全、周边环境和地下主体结构安全施工影响不严重。

3.0.3 加筋水泥土桩锚技术的支护结构,应根据场地条件、周边环境、工程地质与水文地质条件、基坑的具体情况、结构特点等,选择经济合理、安全可靠的单一式或组合式支护方案。可按本规程附录 A 确定。

3.0.4 加筋水泥土桩锚支护结构,应根据国家现行标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定,按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计计算。

3.0.5 采用加筋水泥土桩锚技术的基坑工程、边坡工程及地基处理工程及地下工程等,应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定进行工程施工监测、检测和试验。

3.0.6 采用加筋水泥土桩锚的工程应遵循动态设计与信息化施工相结合的原则,实行信息化动态设计与施工。根据检测与监测结果预估发生事故的可能,做好应急准备,确保工程安全。加筋水泥土桩锚支护工程的监测应符合下列规定:

1 对安全等级为一、二级,或对施工质量有疑问的三级支护结构应进行工程监测;

2 工程监测工作应由有资质的专业监测机构承担。监测工作应在整个基坑施工的全过程中进行。监测结果应及时通报给施工、监理、设计、业主等各方。

3.0.7 加筋水泥土桩锚设计应按下列要求设定位移控制值和周边环境的变形控制值：

1 对于基坑支护开挖范围有建筑物时，支护的水平位移、建筑物的沉降控制值应按不影响其正常使用的要求确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中对地基变形允许值的规定；

2 当用于边坡支护时，应针对边坡工程作为永久性或临时性要求，分别根据正常使用要求设置变形控制值；

3 当用于地下工程超前加固时，应根据地下工程特点、影响范围内的周边环境情况，在保证地下工程和周边环境正常使用前提下设计变形要求。

3.0.8 采用加筋水泥土支护结构时，应综合考虑基坑深度、土的形状、地下水条件、基坑周边环境对变形的承受能力及支护结构失效的后果、主体地下结构和基础形式及施工方法、基坑平面尺寸及形状、支护结构施工工艺的可行性、施工场地条件、施工季节、经济指标、环保性能、施工工期等。

3.0.9 在条件许可、安全可靠的前提下，对红线外的桩体、锚体的钢材宜予以回收，对红线以内的钢材应进行回收。

3.0.10 对采用加筋水泥土桩锚技术的工程设计、施工方案应根据工程特点、难点、重要性、复杂性和安全等级等组织业内专家评审。

4 岩土工程勘察与环境调查

4.1 一般规定

4.1.1 加筋水泥土桩锚工程设计前,应进行现场调查,收集岩土工程勘察报告与其他相关资料。原岩土工程勘察资料不能满足要求时,应进行补充勘察。

4.1.2 加筋水泥土桩锚工程勘察前,应取得下列资料:

1 附有坐标、用地红线、建(构)筑物轮廓线、周边环境、地形的总平面布置图;

2 场地内及周边地下管线、人防工程及其他地下构筑物的分布图;

3 场地周边既有建(构)筑物的状况,结构型式、基础类形及埋深、基坑开挖及降水等施工对其可能产生的影响或危害;

4 拟建工程荷载大小与性质、结构类型、基础形式、基坑深度或地基处理方法;

5 边坡高度、坡底高程及边坡平面尺寸;

6 当地常用的基坑支护方式、边坡支挡方式、地下水控制方法以及相关的当地经验。

4.1.3 加筋水泥土桩锚结构支护的基坑工程和地下工程,岩土工程勘察应重点查明下列内容:

1 周边道路(含地铁)和管线的走向、位置及重要性,地上、地下贮水设施的位置及渗漏情况,地面裂缝的分布、宽度及其发生的原因;

2 地质构造、岩土分布及其物理力学性质;

3 地下水埋藏条件,包括地下水类型、水位标高、补给与排泄条件、水位季节性变化幅度和土层的渗透性。

4.1.4 加筋水泥土桩锚结构支护的边坡工程,岩土工程勘察应重点查明下列内容:

- 1 地形地貌特征;
- 2 岩土类型、成因、性状、覆盖层厚度、基岩面产状、岩石风化程度、岩体完整程度;
- 3 岩土体的物理力学性质;
- 4 主要结构面的类型、产状、组合关系;
- 5 地下水埋藏条件,包括地下水类型、水位标高、补给与排泄条件、水位季节性变化幅度和土层的渗透性;
- 6 不良地质现象的范围和性质。

4.2 勘察与测试

4.2.1 加筋水泥土桩锚工程勘察范围应根据工程的重要性等级、复杂程度以及场地的工程地质条件与水文地质条件确定,勘探点布置应符合下列规定:

1 基坑工程勘察平面范围为边界外延基坑深度的1倍~2倍,必要时可适当扩大。勘探点应沿基坑周边布置,其间距宜取15m~25m。当地基土水平方向变化较大或存在软弱结构面时,应加密勘探点并查清其分布。勘察孔深度不宜小于基坑深度的2倍~3倍,当在此深度内存在中等风化及微风化基岩时,可根据基岩类别及支护要求适当减少勘察深度;

2 边坡工程勘探点应垂直边坡走向布置,勘探线间距宜取15m~35m,勘探点间距宜取10m~20m,且每一单独边坡段勘探线不宜少于2条,每条勘探线不应少于2个勘探孔。对于安全等级较高的边坡工程及有软弱夹层或不利结构面时应适当加密勘探点。勘探孔深度应穿过潜在滑动面并深入稳定层2m~5m;

3 加筋水泥土桩锚结构支护的隧道工程,其勘探点宜沿线路布置,勘探点的间距宜取10m~30m,复杂场地应适当加密。勘探孔深度进入结构底板以下不应小于3倍隧道直径(或宽度)或进入

结构底板以下中(微)风化基岩不应小于 5m。

4.2.2 岩土工程勘察取样数量应满足下列要求：

1 基坑工程和地下工程取样数量应满足每一主要岩土层的每一重点试验项目不少于 6 个数据的要求；

2 边坡工程中每层试样对于土层不应少于 6 件，对于岩层不应少于 9 件。

4.2.3 岩土工程勘探方法应满足下列要求：

1 基坑工程和地下工程以钻探为主，必要时以坑探和物探作补充。对于砂土宜做标准贯入试验，对于软土宜做十字板剪切试验，必要时可做旁压试验及平板载荷试验；

2 边坡工程宜采用钻探、坑(井)探、槽探、孔探等方法，必要时以物探作补充。

4.2.4 室内土工试验项目应包括一般物理力学性能测试和剪切试验。剪切试验的方法可采用三轴剪切试验或直接剪切试验，岩体和结构面的抗剪强度宜采用现场试验确定，试验的排水条件应根据设计要求确定。对砂土和粉土尚应做颗粒分析，对特殊性岩土应做专门试验。

4.2.5 勘察报告中应提供主要含水层的渗透系数。

4.2.6 勘探孔及探井等施工结束后，应及时夯实回填，回填质量应满足国家现行相关标准的规定。基坑内水位以下勘探孔的封孔材料宜采用粘土球。

4.3 勘察成果

4.3.1 岩土工程勘察报告应资料完整、数据准确、重点突出，并有明确的针对性。

4.3.2 岩土体的物理力学性能指标均应提供范围值、算术平均值、标准差、统计子样数及变异系数。承载能力极限状态计算所需要的岩土参数应提供参数标准值。

4.3.3 对砂土、碎石土和风化岩层的抗剪强度指标 c 、 φ 值，可根

据休止角及原位测试指标并结合野外描述综合分析确定。

4.3.4 岩土工程勘察报告应分析评价边坡整体稳定性,并提出相应防护和治理措施以及采用支护型式的建议。

4.3.5 岩土工程勘察报告除应满足一般要求外,尚应包括下列内容:

1 评价地下水对加筋水泥土桩锚结构的影响,并对施工降水或截水的可能性和必要性进行论证,提出地下水控制建议;

2 评价加筋水泥土桩锚工程与周边环境条件之间的影响关系,提出相关的注意事项和保护措施;

3 评价施工过程中发生流土、管涌及整体失稳现象的可能性,并提出预防措施的建议;

4 对具有膨胀性、崩解性、湿陷性、冻胀性和其他特殊性质岩石的场地,应论证其特殊性质对加筋水泥土桩锚工程的影响,并提出相应的设计与施工措施;

5 评价不良地质作用对加筋水泥土桩锚工程的危害程度,提出防护与治理措施的建议;

6 提出施工阶段的环保措施及监测建议。

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1 加筋水泥土桩锚结构可按竖向、水平向和斜向设置(图 5.1.1)形成加筋水泥土桩锚支护结构、水平咬合加筋水泥土拱棚支护结构、扩大盘加筋水泥土承载桩结构(图 A)。

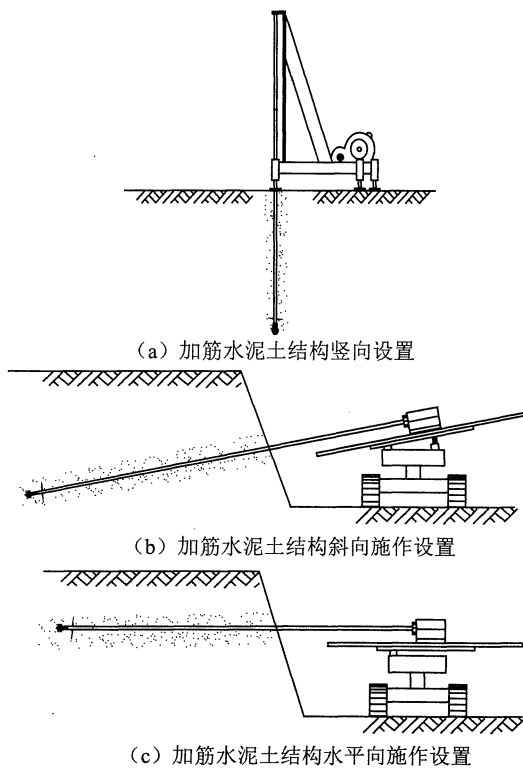


图 5.1.1 加筋水泥土桩锚施作型式

5.1.2 加筋水泥土桩锚的分类及适用条件可按表 5.1.2 确定。

表 5.1.2 加筋水泥土桩锚分类及适用条件

分类	结构分类	适用条件
成型方法	注浆搅拌	适用淤泥质土、松散粉细砂层、粉土及各类粘土层
	高压旋喷	适用于淤泥层、松散的砂砾层、密实粉细砂层及各类粘土层
	旋喷搅拌	适用于淤泥层、砂砾层、粉细砂层及粘土层等各类土层
	钢花管注浆	适用于软土厚度不大于 2m 或交互地层, 支护深度不宜大于 5m, 深厚淤层厚度不宜采用
受力形式	拉力型锚体	适用淤泥质土、松散粉细层、粉土及各类粘土层
	压力型锚体	粘性土、粉土等较好的土层
可否拆芯	可拆芯	适用中桩锚结构使用功能结束后不允许锚筋残留在土体中的情况
	不可拆芯	适用于对支护加筋体残留土体中无要求的工程及永久性支护结构
加筋水泥土桩锚支护型式	悬臂式	交互土层和砂性土层, 周边环境允许有软土水平位移, 深度不宜大于 5m
	人字形	适用于填土、砂土、粉土及粘性土层, 深度不宜大于 6m
	门架式	适用于填土、砂土、粉质粘土, 基坑深度宜为 6m~10m
	复合式支护	软土、填土、粉质粘土、砂土, 不宜大于 16m
	桩体与锚体	黏土层、砂层及淤泥土层的交互层, 开挖深度不宜大于 10m
	后仰式格构与多盘锚体	适用有较大位移但满足本规程第 3.0.2 条要求, 岩土条件较好, 地下水位以上为粘土、粉质粘土、粉土、砂土以及经降水或止水处理的土层, 开挖深度不宜大于 15m
	钢筋混凝土桩与多盘加筋水泥土锚体	边坡及基坑土体为可塑性软土、松散砂土, 以及填土等, 开挖深度一般不宜大于 10m

续表 5.1.2

分类	结构分类	适用条件
地下工程	加筋水泥土 水平超前 预加固	在地下工程穿越既有设施,对变形控制要求较严的地下工程(或隧道),水平旋喷超前预加固能防止隧道渗漏和坍塌,能有效控制地面沉降
地基处理	扩大盘加筋 水泥土桩	主要用于软弱土层的复合地基处理,适用于场地为软土、粘性土、粉土、砂土、填土等土层

注:1 可拆芯水泥土锚体在基坑支护工程中需留出足够的作业空间,且应分段、分层拔除,分段分层回填,确保施工人员安全;

2 不宜采用加筋水泥土桩锚的条件:周边无足够的施工场地;周边具有重要的建筑物、地下管线,要求严格控制基坑位移变形;墙深范围内存在较厚旧基础及对水泥土施工不便的地下障碍物。

5.1.3 加筋水泥土桩锚结构的设计内容宜包括方案比选、荷载计算、成型方式、桩锚体特征参数(直径、长度、间距、排距、倾角等)、加筋材料、隧道拱棚参数及地基处理参数等,并应符合下列规定:

1 加筋水泥土桩锚支护结构,宜采用重力墙式计算体系和桩锚支护体系进行计算设计;

2 对隧道与地下工程超前加固,应采用桩锚拱棚计算体系进行计算设计;

3 对扩大盘加筋水泥土承载桩,应采用复合地基计算理论进行计算设计。

5.1.4 在进行桩锚结构的筋体强度等承载力极限状态设计时,应满足下列公式的要求:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.4-1)$$

$$S_d = \gamma_F S_k \quad (5.1.4-2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,按本规程的具体规定采用;

S_d ——作用基本组合的效应(轴力、弯矩等)设计值;

R_d ——结构构件的抗力设计值;

γ_F ——作用基本组合的综合分项系数,对于临时性结构,综

合分项系数不应小于 1.25；对于永久性结构，由永久作用控制的基本组合，可采用简化规则，综合分项系数取 1.35；

S_k ——作用标准组合的效应设计值。

5.1.5 在进行基坑整体滑动、坑底隆起失稳、桩锚体拔动、支护结构倾覆与滑移、土体渗透破坏等稳定性的承载力极限状态设计时，应满足下式要求：

$$\frac{R_k}{S_k} \geq K \quad (5.1.5)$$

式中： R_k ——抗滑力、抗滑力矩、抗倾覆力矩、桩锚体的极限抗拔承载力等土的抗力标准值；

S_k ——滑动力、滑动力矩、倾覆力矩、桩锚体的拉力等作用标准值的效应；

K ——安全系数，按本规程各节的具体规定采用。

5.1.6 由桩锚体支护结构水平位移、基坑周边建筑物和地面沉降等控制的正常使用极限状态设计，应满足下式要求：

$$S_k \leq C \quad (5.1.6)$$

式中： S_k ——作用标准组合的效应（位移、沉降等）设计值；

C ——支护结构水平位移、基坑周边建筑物和地面沉降的限值。

5.1.7 加筋水泥土桩锚结构设计应满足相应的强度、刚度要求，对锚板、腰梁和地梁等特殊部位的连接应满足国家现行有关标准的要求。加筋水泥土桩锚应满足下列要求：

1 加筋水泥土锚体锚固段的上覆土层厚度不宜小于 4.0m；

2 锚固体的外露长度应满足腰梁、台座尺寸及张拉锁定的要求，锚筋应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定，钢筋杆体应选用预应力螺纹钢筋和 HRB400、HRB500 螺纹钢；

3 锚具应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定；

4 加筋水泥土支护腰梁可采用型钢组合梁或混凝土梁。腰梁应按受弯构件设计。腰梁的正截面、斜截面承载力,对混凝土腰梁应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定;型钢组合腰梁应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。当锚体锚固在混凝土冠梁上时,冠梁应按受弯构件设计;

5 锚体腰梁应根据实际约束条件按连续梁或简支梁计算。计算腰梁内力时,腰梁的荷载应取结构分析时得出的支点力设计值;

6 采用型钢组合腰梁时,腰梁应满足在锚杆集中荷载作用下的局部受压稳定与受扭稳定的构造要求。当需要增加局部受压和受扭稳定性时,可在型钢翼缘端口配置加劲肋板;

7 混凝土腰梁、冠梁宜采用斜面与锚体轴线垂直的梯形截面;腰梁、冠梁的混凝土强度等级不宜低于 C25。采用梯形截面时,截面的上边水平尺寸不宜小于 250mm;

8 当采用楔形钢垫块时,楔形钢垫块与挡土结构、腰梁的连接应满足受压稳定性和锚杆垂直分力作用下的受剪承载力要求。当采用混凝土楔形垫块时,其强度等级不宜低于 C25。

5.2 加筋水泥土桩锚支护

5.2.1 加筋水泥土桩锚支护结构应对下列工况进行结构分析:

1 基坑开挖至坑底时的状况;

2 对锚拉式和支撑式支挡结构,基坑开挖至各层锚体或支撑施工面时的状况;

3 在主体地下结构施工过程中需要以主体结构构件替换支撑或锚杆的状况。此时,主体结构构件应满足替换后各设计工况下的承载力、变形和稳定性要求;

4 采用悬挂式截水帷幕或坑底以下存在水头高于坑底的承压水层时,应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定对地下水渗透稳定性进行验算;

5 当有可靠经验时,可采用空间结构分析方法对支挡式结构进行整体分析或采用结构与土相互作用的分析方法对支挡式结构与基坑土体进行整体分析。

5.2.2 加筋水泥土桩锚支护结构桩体应根据支护(高)深度、支护结构土体情况、支护结构变形要求等情况,合理选择桩体结构、桩体插筋材料、桩体间距以及桩体插筋深度等。

5.2.3 加筋水泥土桩锚支护结构锚体长度,应按计算确定,且不宜小于 1.0 倍~1.5 倍基坑深度,锚体间距应按桩体间距的整倍数进行设计,不宜大于 3.0m,锚体直径宜为 0.2m~1.0m,两层以上锚体应尽可能按梅花形布置,锚体与水平面的夹角宜采用 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。

I 悬臂式加筋水泥土桩锚结构

5.2.4 悬臂式加筋水泥土桩体结构可用于交互出现的黏性土层和砂性土层,且基坑深度不宜大于 5m,基坑内墙脚处具备留土台的条件时,台阶高宽比应取 1~2,可采用悬臂式加筋(预应力或非预应力)水泥土桩锚支护结构(图 5.2.4)。

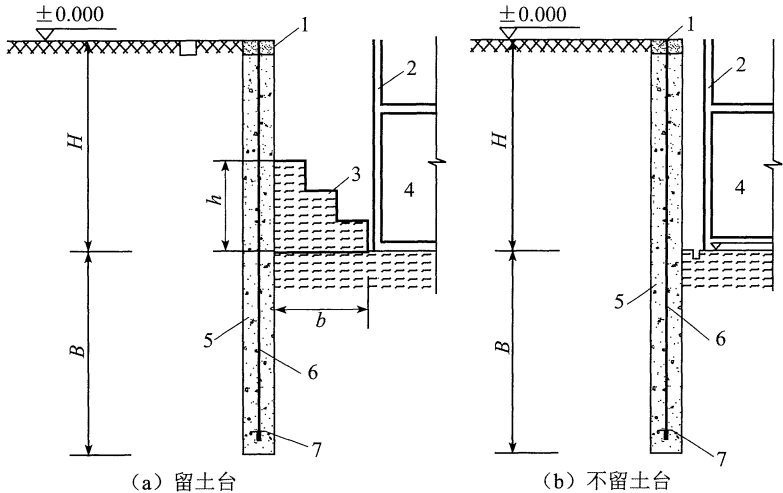


图 5.2.4 悬臂式加筋水泥土桩锚结构

1—压顶梁;2—外墙;3—土台;4—坑内;5—加筋水泥土桩墙;6—型钢或钢绞线;7—承压板

5.2.5 根据地质和场地条件以及基坑开挖深度等因素,可采用单排或多排咬合加筋水泥土桩锚支护结构,并应符合下列规定:

1 加筋水泥土桩体之间的咬合宽度应根据挡土和止水要求确定。当考虑止水时,咬合宽度不宜小于 150mm;当不考虑止水作用时,咬合宽度不宜小于 100mm;

2 当采用支护墙多排桩体时,排间距不宜大于 0.8 倍桩体直径;

3 悬臂式加筋水泥土桩体中宜采用 $\Phi 25 \sim \Phi 32$ 螺纹钢、I 10~I 16 工字钢或 $\Phi 40 \sim \Phi 57$ 钢管。插筋材料的插入深度应在计算弯矩反弯点 1m 以下;

4 当坑内留有土台时,台阶高宽比宜取 1~2,台面可布置土钉并挂网、喷射混凝土作为保护面层。悬臂式桩体的嵌入深度应由计算确定,宜为 1.2 倍~1.5 倍基坑深度;

5 当基坑周边地面一定范围以内无构筑物、坑内不具备留土台空间时,悬臂式桩体的嵌入深度应按计算确定,宜为基坑深度的 1.2 倍~2 倍,桩体中宜插入 I 10~I 16 型钢;

6 在基坑周边地面 5m 范围内采用厚度不小于 100mm 的硬化面层时,坑外和坑内应设降水井、排水管线和集水井。

5.2.6 悬臂式加筋水泥土桩锚支护结构应根据现场试验资料进行整体稳定性验算。当没有现场资料时,可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定进行验算。

II 人字形加筋水泥土桩锚结构

5.2.7 人字形加筋水泥土桩锚结构可用于场地为填土、砂土、粉土及黏性土层等,且基坑深度不宜大于 6m,基坑周围不具备放坡条件,且地下水位较高的情况(图 5.2.7)。

5.2.8 当人字形加筋水泥土桩锚支护结构具有挡土与止水的双重作用时,挡土结构可采用单排或多排咬合的加筋水泥土桩墙。

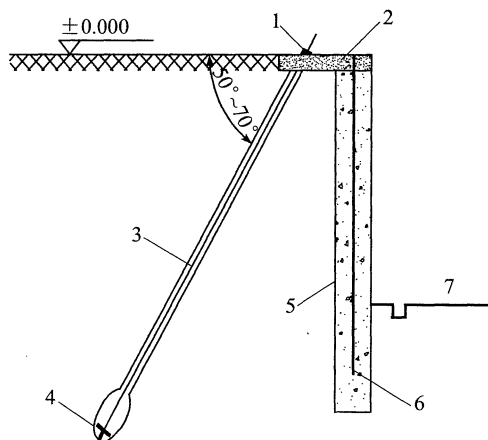


图 5.2.7 人字形加筋水泥土桩锚结构

1—锚座；2—连梁；3—加筋水泥土锚体；4—承压板；5—加筋水泥土桩体；
6—钢筋或型钢；7—基坑底

5.2.9 人字形加筋水泥土桩锚支护结构的设计应符合下列规定：

1 加筋水泥土桩体之间的咬合宽度应根据使用功能确定。当考虑止水作用时咬合宽度不宜小于 150mm，当不考虑止水作用时咬合宽度不宜小于 100mm；

2 当采用多排桩体时，排间距不宜大于 0.8 倍桩体的直径；

3 加筋量应根据计算确定，宜采用 $\Phi 25 \sim \Phi 32$ 粗钢筋，间距 0.5m 或采用 I 10~ I 16 工字钢，间距 1.0m。嵌固超过基坑底深 2.0m~3.0m；

4 在加筋水泥土桩墙的外侧设置斜向加筋水泥土锚体，锚体直径可采用 350mm~1000mm，倾角 $50^\circ \sim 70^\circ$ ，水平间距 1.0m~3.0m；

5 斜向加筋水泥土锚体的长度应根据计算确定，且宜大于基坑深度一倍。其加筋体可采用带刺钢筋或预应力钢绞线，根据需要也可施作多支盘水泥锚体；

6 在加筋水泥土桩体与斜向加筋水泥土锚体间应设置钢筋混凝土连梁,将两者可靠的连接,连接点应满足刚节点要求。

5.2.10 人字形加筋水泥土桩锚结构筋体材料的验算和桩锚体极限承载力应符合下列规定:

1 加筋材料宜选用钢绞线或高强钢丝。当水泥土桩锚结构所受的轴向拉力设计值小于 450kN,且长度小于 16m 时,可采用 $\Phi 36 \sim \Phi 42$ 的钢筋;

2 筋体的截面面积应满足下式要求:

$$\gamma_0 \gamma_F N_k \leq f_y A_s \quad (5.2.10-1)$$

式中: N_k ——作用标准组合的桩锚结构轴向拉力值(kN);

f_y ——筋体抗拉强度设计值(kPa);

A_s ——筋体的截面面积(m^2)。

3 筋体锁定值取轴向拉力设计值的 0.50 倍~0.85 倍,并应满足地层条件和支护结构的允许变形条件;

4 加筋水泥土锚体的极限抗拔承载力应根据加筋体与水泥土的握裹力,以及加筋水泥土与土的摩擦力确定,并可按下列两种情况确定,取较小值。

1) 当由锚体自重与土体的侧摩阻力确定时,其抗拔承载力标准值可按下式进行计算:

$$R_{ki} = (Al\gamma\sin\theta_i + \pi dl_a q_{sk})\lambda \quad (5.2.10-2)$$

式中: R_{ki} ——第 i 根加筋水泥土锚体的抗拔承载力标准值(kN);

A ——加筋水泥土锚体的截面面积(m^2);

l ——加筋水泥土锚体的有效长度(m);

γ ——水泥土重度(kN/m^3);

θ_i ——加筋水泥土锚体与水平面夹角($^\circ$);

d ——加筋水泥土锚体的截面直径(m);

l_a ——加筋水泥土锚体的锚固长度(m);

q_{sk} ——加筋水泥土与土体间的侧阻力标准值,可根据当地经验确定。当无经验时,可按现行行业标准《建筑基

坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定执行,基础安全等级相应取值;

λ ——经验系数。可根据当地经验取值,可取 0.6~1.0。

2) 当由加筋水泥土加筋体的强度确定时,其抗拔承载力标准值应按式(5.2.10-3)进行计算:

$$R_{ki} = \frac{1}{4} \pi d^2 f_t \quad (5.2.10-3)$$

式中: f_t ——加筋水泥土筋体材料的抗拉强度标准值。

Ⅲ 门架式加筋水泥土桩锚结构

5.2.11 门架式加筋水泥土桩锚结构可用于填土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土等,且基坑外有 2m~3m 施工空间,基坑深度宜为 6m~10m,基坑周边变形控制要求较高的工程,可采用门架式加筋水泥土桩锚支护结构(图 5.2.11)。

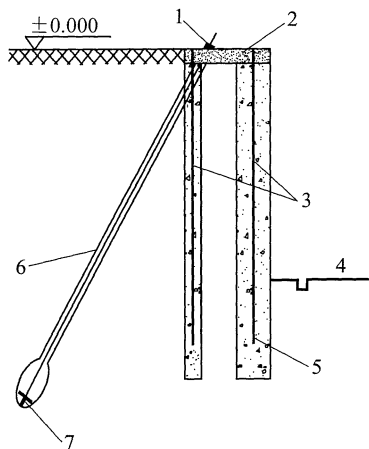


图 5.2.11 门架式加筋水泥土桩锚结构

1—锚座;2—连梁;3—钢筋或型钢;4—基坑底;5—加筋水泥土桩墙;

6—加筋水泥土锚体;7—承压板

5.2.12 根据基坑深度和土体性质,必要时可设置斜向加筋水泥土锚体其间距可取 1.5~2.0,锚体直径宜为 0.35m~0.80m。

5.2.13 门架式加筋水泥土桩锚结构的设计应符合下列规定：

1 门架式加筋水泥土桩锚支护桩墙的顶部应设置桩锚连梁，其截面尺寸可按计算确定或按经验选取，但截面最小尺寸不宜小于排桩直径。在平面上支护桩墙应外包桩群，每侧突出 50mm~100mm，桩中钢筋应伸入连梁，其长度不应小于 $5d$ (d 为钢筋直径)。其混凝土强度等级不宜低于 C20；

2 支护桩体墙的配筋量应根据计算确定。宜采用 $\Phi 25 \sim \Phi 32$ 钢筋，间距 0.5m 或采用 I 10~I 16 型钢，间距 1.0m。第二排可采用 $\Phi 15.2$ 钢绞线，宜施加预应力；

3 门架式加筋水泥土桩墙、斜向锚体的强度计算可按本规程第 5.1.4 条的有关规定进行。

5.2.14 门架式加筋水泥土桩支护结构设计应符合下列规定：

1 前后桩作为独立桩体时(图 5.2.14-1)，可按行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012 第 4.12 节双排桩设计的基本概念与锚杆共同作用进行计算，并应符合下列规定：

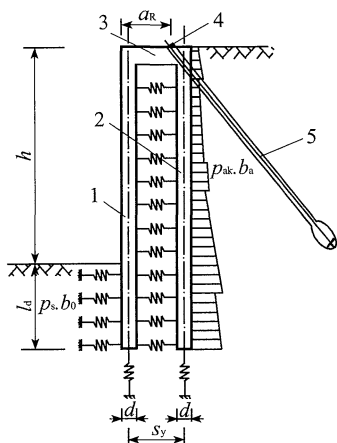


图 5.2.14-1 按双排桩计算

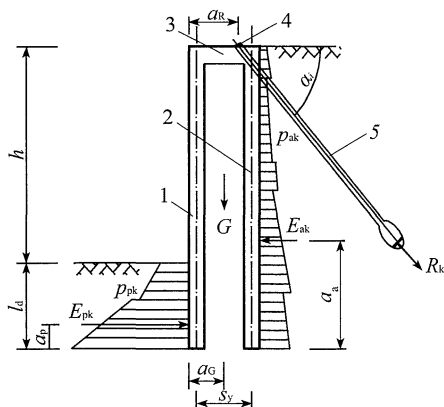


图 5.2.14-2 抗倾覆稳定性验算

1—前排桩；2—后排桩；3—刚架梁；4—锚座；5—斜向加筋水泥土锚体

1) 前、后排桩间土对桩侧的压力可按下式进行计算：

$$p_c = k_c \Delta v + p_{c0} \quad (5.2.14-1)$$

$$k_c = \frac{E_s}{s_y - d} \quad (5.2.14-2)$$

$$p_{c0} = (2\alpha - \alpha^2) p_{ak} \quad (5.2.14-3)$$

$$\alpha = \frac{s_y - d}{h \tan(45^\circ - \varphi_m/2)} \quad (5.2.14-4)$$

式中： p_c ——前后排桩间土对桩侧的压力(kPa)；可按作用在前后排桩上的压力相等考虑；

k_c ——桩间土的水平刚度系数(kN/m³)；

Δv ——前后排桩水平位移差值(m)；当其相对位移减少时为正值，当其相对位移增加时取 $\Delta v=0$ 。

E_s ——计算深度处，前后排桩间土的压缩模量(kPa)；

s_y ——前后桩排距(m)；

d ——桩直径(m)；

p_{c0} ——前后排桩间土对桩侧的初始压力(kPa)；

p_{ak} ——支护结构外侧第 i 层土中计算点的主动土压力强度标准值(kPa)；

h ——计算深度(m)；

φ_m ——基坑底面以上各土层按厚度加权的等效内摩擦角平均值(°)；

α ——计算系数，当计算的 $\alpha > 1$ 时，取 $\alpha = 1$ 。

2) 加筋水泥土桩体支护结构的嵌固深度应满足下式的要求：

$$\frac{E_{pk} a_p + G a_G + (h + l_d) R_{ki} \cos \alpha_i + a_R R_{ki} \sin \alpha_i}{E_{ak} a_a} \geq K_e \quad (5.2.14-5)$$

式中： K_e ——嵌固稳定安全系数；安全等级为一级、二级、三级的门架结构，分别取 1.25、1.20、1.15；

E_{ak} 、 E_{pk} ——分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力

标准值(kN)；

a_a 、 a_p ——分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力合力作用点至门架底端的距离(m)；

G ——门架结构和核心土的自重(kN)；

a_G ——门架结构和核心土的重心至门架前排边缘的水平距离(m)；

l_d ——门架结构嵌入深度(m)；

α_i ——第 i 根加筋水泥土锚体与水平面的夹角($^\circ$)；

a_R ——第 i 根加筋水泥土锚体作用点至门架前排边缘的水平距离(m)。

2 前后桩与门架中间土体(核心土)作为整体考虑时(图 5.2.14-2),可按行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012 第 6 章重力式水泥土墙与锚杆共同作用基本机理进行计算,并应符合下列规定:

1) 沿门架底面水平滑动稳定性[图 5.2.14-3(a)]应满足下式的要求:

$$\frac{E_{pk} + (G - U_m B + R_{ki} \sin \alpha_i) \tan \varphi + cB + R_{ki} \cos \alpha_i}{E_{ak}} \geq K_{sl} \quad (5.2.14-6)$$

式中: K_{sl} ——抗滑动安全系数,其值不应小于 1.2;

E_{ak} 、 E_{pk} ——分别为水泥土墙的主动土压力、被动土压力标准值(kN/m)；

G ——加筋水泥土与门架中间土自重；

U_m ——门架底面上的水压力(kPa),水泥土墙底位于含水层时,可取 $U_m = \gamma_m (h_{wa} + h_{wp})/2$,在地下水位以上时,取 $U_m = 0$ ；

c 、 φ ——墙底以下土的粘聚力(kPa)、内摩擦角；

B ——门架宽度(m)；

h_{wa} 、 h_{wp} ——分别为基坑外侧、基坑内测水泥土墙底处的压力水

头(m)。

- 2) 加筋水泥土墙的倾覆稳定性[图 5.2.14-3(b)]应满足下式的要求:

$$\frac{E_{pk}a_p + (G - U_m B)a_G + (h + l_d)R_{ki}\cos\alpha_i + a_R R_{ki}\sin\alpha_i}{E_{ak}a_a} \geq K_{ov} \quad (5.2.14-7)$$

式中: K_{ov} ——抗倾覆安全系数,其值不应小于 1.3。

- 3) 加筋水泥土墙圆弧滑动稳定性验算[图 5.2.14-3(c)]应满足下式的要求:

$$\min[K_{s,1}, K_{s,2}, \dots, K_{s,i}, \dots] \geq K_s$$

$$K_{s,i} = \frac{\sum \{c_j l_j + [(q_j b_j + \Delta G_j)\cos\theta_j - u_j l_j]\tan\varphi_j\} + \sum a_{mx} R_{km} \sin\alpha_m}{\sum [(q_j b_j + \Delta G_j)\sin\theta_j + \sum a_{my} R_{km} \cos\alpha_m]} \quad (5.2.14-8)$$

式中: K_s ——后仰式加筋水泥土桩锚结构整体滑动稳定安全系数,安全等级为一、二级、三级的基坑, K_s 分别不应小于 1.35、1.3、1.25;

$K_{s,i}$ ——第 i 圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值。抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定;

c_j 、 φ_j ——分别为第 j 个土条滑弧面处的粘聚力(kPa)、内摩擦角($^\circ$);

q_j ——第 j 个土条上的附加分布荷载标准值(kPa);

b_j ——第 j 个土条宽度(m);

l_j ——第 j 个土条的滑弧长度(m), $l_j = b_j / \cos\theta_j$;

ΔG_j ——第 j 个土条重量(kN);

θ_j ——第 j 个土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角($^\circ$);

R_{km} ——第 m 根桩锚体在滑动面以外的极限抗拔承载力标准值(kN),按本节上述的相关规定计算,桩锚体的长度

应取圆弧滑动面以外的长度；

α_m ——第 m 根锚体与水平面夹角($^\circ$)；

θ_k ——滑弧面在第 k 层桩锚体处的法线与垂直面的夹角($^\circ$)；

a_{mx} 、 a_{my} ——分别为第 m 根锚体与圆弧接触点到圆弧中心的水平距离和垂直距离(m)。

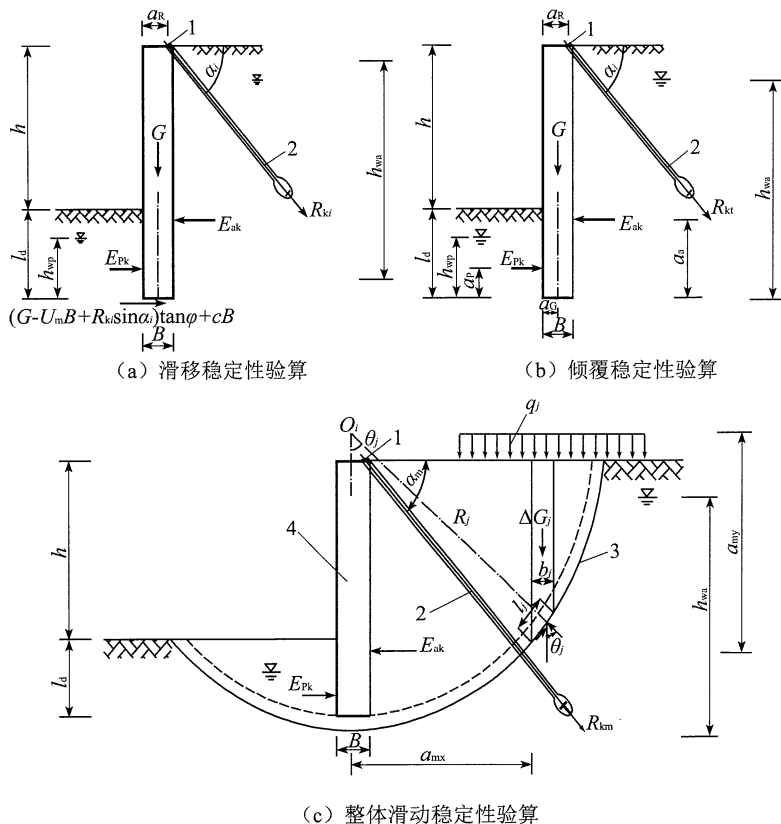


图 5.2.14-3 稳定性验算

1—锚座；2—斜向加筋混凝土锚体；3—滑动面；4—加筋混凝土桩墙

IV 加筋水泥土桩锚复合式结构

5.2.15 加筋水泥土桩锚复合式结构可用于黏土层、粉土层、砂层及夹软弱淤泥土层的混合层,基坑开挖深度不宜大于 10m。加筋水泥土桩锚复合式结构可结合土钉、锚杆与斜向加筋水泥土锚体及竖向加筋水泥土桩体相结合的形式(图 5.2.15)。

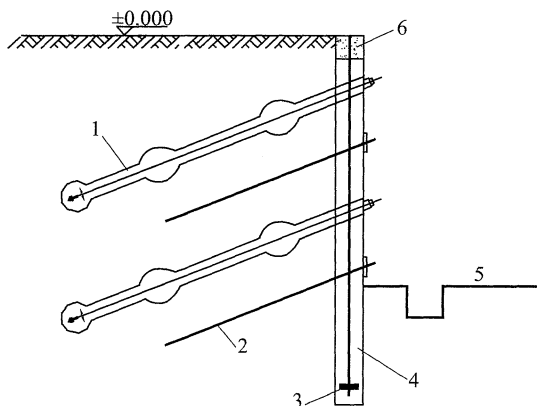


图 5.2.15 加筋水泥土桩锚复合式支护结构

1—加筋水泥土锚体;2—土钉;3—承压板;4—加筋水泥土桩墙;
5—基坑底;6—连梁

5.2.16 竖向加筋水泥土桩体的插筋可采用型钢、钢筋或非金属筋等。筋材可插入水泥土桩体中或桩体的内边侧。

5.2.17 根据工程具体情况和场地条件,可采用单排或多排咬合加筋水泥土桩体,并应符合下列规定:

1 加筋水泥土桩体的嵌入深度,对淤泥质土不宜小于 $1.2h$;对淤泥土不宜小于 $1.3h$;

2 当作为重力式水泥土墙体时,重力式墙体的宽度,对淤泥质土不宜小于 $0.7h$;对淤泥不宜小于 $0.8h$ (h 为基坑深度);

3 当采用格栅形式时,格栅的面积置换率,对淤泥质土不宜小于 0.7;对淤泥不宜小于 0.8;对一般粘性土、砂土不宜小于 0.6。格栅内侧的长宽比不宜大于 2;

4 当加筋水泥土桩体兼作截水帷幕时,相互搭接宽度不宜小于 150mm;

5 水泥土墙体的 28 天无侧限抗压强度不宜小于 0.8MPa。当需要增加墙体的抗拉性能时,可在水泥土桩内插入杆筋。杆筋可采用钢筋、钢管、钢绞线或毛竹。杆筋的插入深度宜大于基坑深度,杆筋应锚入面板内;

6 加筋水泥土顶面宜设置混凝土连接面板,面板厚度不宜小于 150mm,混凝土强度等级不宜低于 C15。

V 加筋水泥土桩体与多排锚体结构

5.2.18 加筋水泥土桩墙与多排桩锚体支护结构(图 5.2.18)可用于流塑状态的软土、填土、松散砂土、粉土及粘性土等,基坑开挖深度不宜大于 16m。

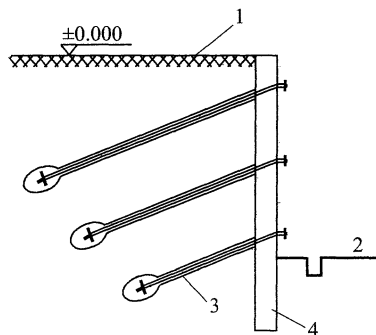


图 5.2.18 加筋水泥土桩墙与多排桩锚体支护结构

1—地面;2—基坑底;3—加筋水泥土锚体;4—加筋水泥土桩墙

5.2.19 斜向加筋水泥土锚体可根据需要设置扩大头或变截面体。

5.2.20 斜向加筋水泥土锚体直径可采用 0.3m~1.0m,锚头应与腰梁连接,并施加预应力,初始锁定值不宜超过加筋水泥土强度设计值。

5.2.21 水泥土桩墙的加筋材料可采用钢管、型钢、钢筋等,插入位

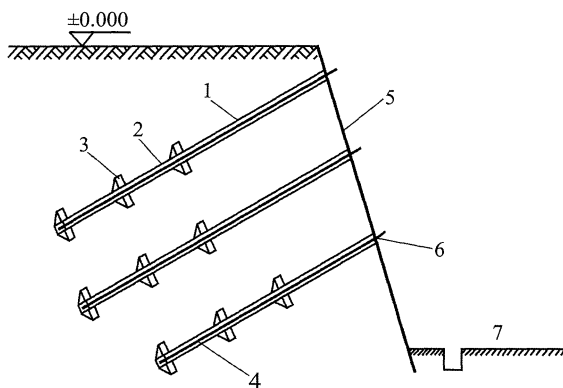
置可为桩墙中部或桩墙内侧。插入深度应满足计算和构造要求。

5.2.22 设计计算应包括下列内容：

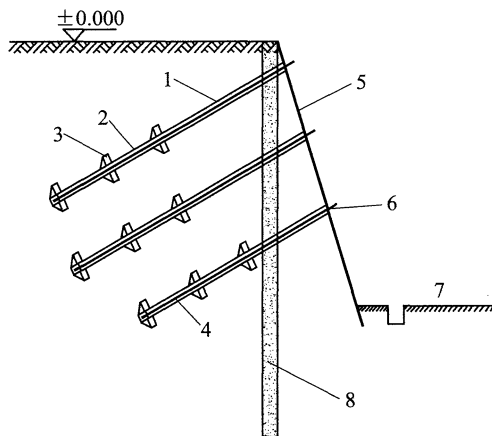
- 1 加筋水泥土桩墙的厚度、深度及加筋材料和尺寸；
- 2 斜向加筋水泥土锚体的直径、间距、长度、倾角及加筋材料；
- 3 腰梁的构造要求和材料、尺寸可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定执行；
- 4 开挖过程中支护结构的稳定性(内部稳定、外部稳定和整体稳定)可按本规程第Ⅵ种形式进行验算；
- 5 根据基坑底部地层情况及水文地质情况进行抗隆起、突涌、渗流破坏验算；
- 6 桩锚体连接部位锚头局部计算可按本规程第 5.1.7 条或现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定执行。

Ⅵ 后仰式加筋水泥土桩锚结构

5.2.23 后仰式加筋水泥土桩锚结构(图 5.2.23)可用于可塑~硬塑的粘性土、砂土以及填土等场地的基坑支护工程。当地下水位较高时,可在基坑顶面 2m 范围内增设止水帷幕。



(a) 无止水帷幕桩



(b) 有止水帷幕桩

图 5.2.23 后仰式加筋水泥土桩锚结构

- 1—自由段；2—锚固段；3—扩大盘；4—加筋水泥土锚体；
5—格构式梁柱；6—约束点；7—基坑底；
8—止水帷幕桩

5.2.24 后仰式加筋水泥土桩锚结构设计应符合下列规定：

1 钢格构仰角为 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ，水平间距应为 $1.5\text{m} \sim 2.0\text{m}$ ，格构件宜采用 $\Phi 89 \sim \Phi 146$ 钢管或 $\text{I} 10 \sim \text{I} 16$ 型钢，其截面根据计算具体确定。

2 桩锚结构锚固段直径宜为 $100\text{mm} \sim 150\text{mm}$ ，锚固段长度按本节计算确定，并应大于自由段长度。

3 扩孔桩锚结构的扩大盘应布置在锚固段的底部，扩大盘的直径宜为 $250\text{mm} \sim 300\text{mm}$ 。

5.2.25 多盘加筋水泥土桩锚结构(图 5.2.25)的扩大盘可横向或斜向设置。

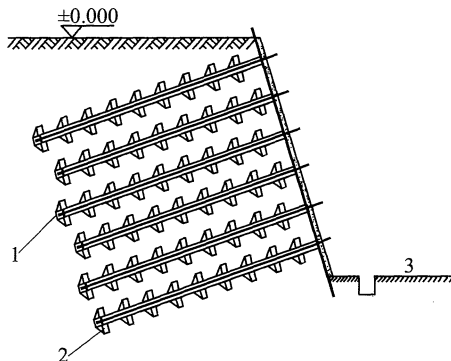


图 5.2.25 多盘加筋水泥土桩锚结构形式

1—扩大盘；2—加筋水泥土锚体；3—基坑底

5.2.26 多盘加筋水泥土桩锚结构盘厚宜为 0.5m，盘中心距可采用 1.5m~3.0m。

5.2.27 桩锚结构按梅花形布置，水平间距和竖向间距不宜小于 1.5m，长度按本节计算确定，并不宜小于基坑深度。

5.2.28 单根桩锚体的极限抗拔承载力应符合下式规定：

$$\frac{R_{k,j}}{N_{k,j}} \geq K_t \quad (5.2.28)$$

式中： K_t ——桩锚结构抗拔安全系数，安全等级为一、二、三级的桩锚支护结构， K_t 分别不应小于 1.7、1.5、1.3；

$N_{k,j}$ ——第 j 层桩锚体的轴向拉力标准值(kN)；

$R_{k,j}$ ——第 j 层桩锚体的极限抗拔承载力标准值(kN)。

5.2.29 单根桩锚体的轴向拉力标准值可按下式计算：

$$N_{k,j} = \frac{1}{\cos \alpha_j} \zeta \eta_j p_{ak,j} S_{x,j} S_{z,j} \quad (5.2.29)$$

式中： α_j ——第 j 层桩锚体的倾角(°)；

ζ ——基坑坡面倾斜时的主动土压力折减系数；

η_j ——第 j 层桩锚体轴向拉力调整系数；

$p_{ak,j}$ ——第 j 层桩锚体处的主动土压力强度标准值(kPa)；

$S_{x,j}$ ——桩锚体的水平间距(m);

$S_{z,j}$ ——桩锚体的垂直间距(m)。

5.2.30 坡面倾斜时主动土压力折减系数可按下列公式计算:

$$\zeta = \tan \frac{\beta - \varphi_m}{2} \left[\frac{1}{\tan \frac{\beta + \varphi_m}{2}} - \frac{1}{\tan \beta} \right] / \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_m}{2} \right) \quad (5.2.30)$$

式中: β ——基坑坡面与水平面的夹角($^\circ$);

φ_m ——基坑底面以上各土层按厚度加权的等效内摩擦角平均值($^\circ$)。

5.2.31 桩锚体轴向力调整系数应按下列公式计算:

$$\eta_j = \eta_a - (\eta_a - \eta_b) \frac{z_j}{h} \quad (5.2.31-1)$$

$$\eta_a = \frac{\sum (h - \eta_b z_j) \Delta E_{aj}}{\sum (h - z_j) \Delta E_{aj}} \quad (5.2.31-2)$$

式中: η_a ——计算系数;

η_b ——经验系数,可取 0.6~1.0(一般黏性土取 0.6,砂土、软土取 0.7,淤泥取 1.0);

z_j ——第 j 层桩锚体至基坑顶面的垂直距离(m);

h ——基坑深度(m);

ΔE_{aj} ——作用在以 $S_{x,j}$ 、 $S_{z,j}$ 为边长的面积内的主动土压力标准值(kN)。

5.2.32 单根桩锚体的极限抗拔承载力应按下列规定确定:

1 对安全等级为一、二级的基坑,单根桩锚体的极限抗拔承载力应通过抗拔试验确定;

2 对安全等级为三级的基坑,单根桩锚体的极限抗拔承载力标准值估算应满足下列要求;

1) 单根桩锚体的极限抗拔承载力标准值应根据桩锚体与孔壁界面岩土粘结强度按下式计算(图 5.2.32):

$$R_{k,j} = \pi \sum d_{j,i} q_{sk,i} L_i + \frac{\pi}{4} \gamma_c \sin \alpha_j \sum d_{j,i}^2 L_i \quad (5.2.32-1)$$

式中: $d_{j,i}$ ——第 j 层桩锚体在第 i 土层中的直径(m), 扩大盘桩锚体的直径取加权平均值;

$q_{sk,i}$ ——第 j 层桩锚体与第 i 土层的极限粘结强度标准值(kPa);

L_i ——第 j 层桩锚体在滑动面外第 i 土层中的长度(m), 直线滑动面与水平面的夹角取 $\frac{\beta + \varphi_m}{2}$;

γ_c ——水泥土桩锚结构重度(kN/m^3)。

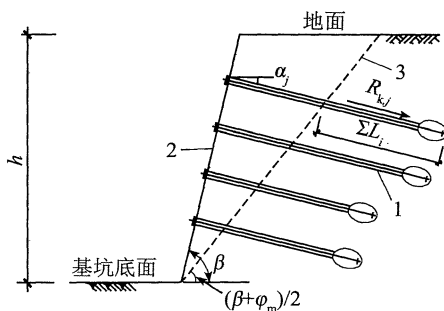


图 5.2.32 桩锚结构抗拔承载力计算简图

1—桩锚体; 2—喷射混凝土面层;

3—滑动面

2) 对于设置了套管的桩锚体, 单根抗拔承载力尚应根据水泥土抗压强度按下式进行验算:

$$R_{k,j} \leq m_1 A_m f_c \quad (5.2.32-2)$$

式中: A_m ——锚体端部锚定板面积(m^2);

f_c ——水泥土抗压强度平均值(kPa);

m_1 ——锚定板工作条件系数, 根据经验取 0.6~1.0。

3) 对于不设套管的锚体, 单根抗拔承载力尚应根据筋体与水泥土界面的粘结强度、水泥土抗压强度等按下式进行

验算：

$$R_{k,j} \leq m_2 \pi d_m q_{mk} L_m + m_3 A_m f_c \quad (5.2.32-3)$$

式中： d_m ——筋体直径(m)；

q_{mk} ——筋体与水泥土的极限粘结强度标准值(kPa)；

L_m ——筋体的锚固长度(m)；

m_2 ——共同作用时的组合系数，根据经验取 0.8~1.0；

m_3 ——共同作用时的组合系数，根据经验取 0.5~0.8。

5.2.33 桩锚体的筋体受拉承载力应满足下式的要求：

$$N_j \leq f_y A_s \quad (5.2.33)$$

式中： N_j ——相应于作用的基本组合时第 j 层桩锚体轴向抗力设计值(kN)。

5.2.34 后仰式加筋水泥土桩锚支护结构应采用圆弧滑动条分法对基坑开挖的各工况进行整体稳定性验算(图 5.2.34)，并应满足下列要求：

$$\min\{K_{s,1}, K_{s,2}, \dots, K_{s,i}, \dots\} \geq K_s \quad (5.2.34-1)$$

$$K_{s,i} = r_t K_{st} + r_m K_{sm} + r_z K_{sz} \quad (5.2.34-2)$$

式中： K_s ——后仰式加筋水泥土桩锚结构整体滑动稳定安全系数，安全等级为一、二、三级的基坑， K_s 分别不应小于 1.35、1.30、1.25；

$K_{s,i}$ ——第 i 个圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值。抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定；

K_{st} 、 K_{sm} 、 K_{sz} ——分别为边坡土体、加筋水泥土桩锚体、止水帷幕产生的抗滑力矩与土体滑动力矩之比，分别按公式(5.2.34-3)、(5.2.34-4)、(5.2.34-5)计算；

r_t 、 r_m 、 r_z ——分别为土体、加筋水泥土桩锚体、止水帷幕产生的抗滑力矩共同作用时的组合系数， $r_t=0.9\sim 1.0$ ， $r_m=0.8\sim 1.0$ ， $r_z=0.2\sim 0.5$ 。

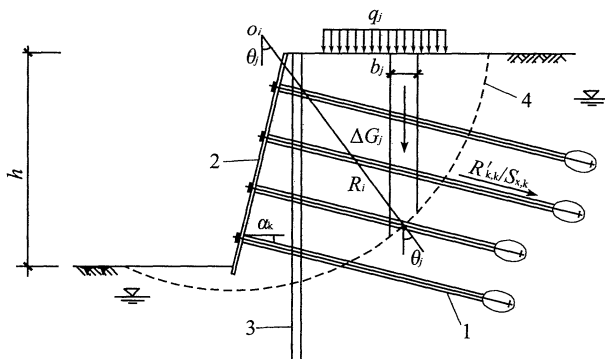


图 5.2.34 后仰式加筋水泥土桩锚支护结构整体滑动稳定性验算简图

1—桩锚体；2—钢格构；3—止水帷幕；4—滑动面

1 边坡土体产生的抗滑力矩与滑动力矩之比可按式计算：

$$K_{st} = \frac{\sum c_j L_j + \sum (q_j b_j + \Delta G_j) \cos \theta_j \tan \varphi_j}{\sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \quad (5.2.34-3)$$

式中： c_j 、 φ_j ——分别为第 j 个土条滑弧面处的黏聚力 (kPa)、内摩擦角 ($^\circ$)；

q_j ——第 j 个土条上的附加分布荷载标准值 (kPa)；

b_j ——第 j 个土条宽度 (m)；

L_j ——第 j 个土条的滑弧长度 (m)， $L_j = b_j / \cos \theta_j$ ；

ΔG_j ——第 j 个土条重量 (kN)；

θ_j ——第 j 个土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$)。

2 桩锚体产生的抗滑力矩与滑动力矩之比 K_{sm} 可按式计算：

$$K_{sm} = \frac{\sum R'_{k,k} \cos(\theta_k + \alpha_k) + \sum R'_{k,k} \sin(\theta_k + \alpha_k) \tan \varphi}{S_{x,k} \sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \quad (5.2.34-4)$$

式中： $R'_{k,k}$ ——第 k 层桩锚体在滑动面以外的极限抗拔承载力标

准值(kN),按本规程公式(5.2.32-1)进行计算,桩锚体的长度应取圆弧滑动面以外的长度;

α_k ——第 k 层桩锚体倾角($^\circ$);

θ_k ——滑弧面在第 k 层桩锚体处的法线与垂直面的夹角($^\circ$);

$S_{x,k}$ ——第 k 层桩锚体的水平间距(m);

φ ——第 k 层桩锚体与滑弧交点处土的内摩擦角($^\circ$)。

3 止水帷幕产生的抗滑力矩与滑动力矩之比 K_s ,可按下式计算:

$$K_{sz} = \frac{f_{vz} A}{\sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \quad (5.2.34-5)$$

式中: f_{vz} ——止水帷幕抗剪强度设计值(kPa);

A ——单位长度止水帷幕的截面积(m^2)。

Ⅶ 钢筋混凝土桩墙与多盘加筋水泥土锚体结构

5.2.35 钢筋混凝土桩墙与多盘加筋水泥土锚体结构(图 5.2.35)可适用于土体为可塑、流塑状淤泥和松散砂土等无法施作锚杆的地层中,基坑深度不宜大于 17m。钢筋混凝土桩墙体可采用型钢桩体、地连墙结构等。

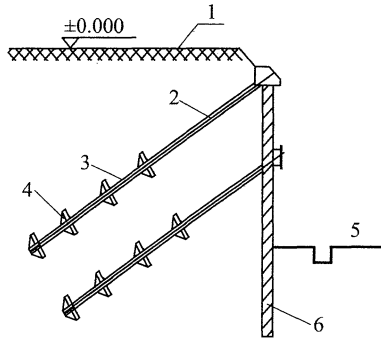


图 5.2.35 钢筋混凝土桩墙与多盘加筋水泥土锚体结构

1—地面;2—自由段;3—锚固段;4—扩大盘;

5—基坑底;6—钢筋或混凝土桩

5.2.36 锚体的倾角不宜小于 10° ，且不宜大于 25° 。

5.2.37 锚体可按梅花形布置，锚体间距不宜大于 2.5m，锚体长度不宜小于基坑深度。

5.2.38 淤泥层下部存在密实土层时，锚固端可设置于密实土层中，张拉设计为端承压型锚体。

5.3 加筋水泥土水平超前预加固

5.3.1 水泥土锚体适用于隧道穿越淤泥质粉砂层、围岩松散、自稳能力差、含水量高、地下水位高且透水性强、开挖过程极易引起涌水流砂现象等不良地层，也可适用于地下结构穿越既有设施，对变形要求严格的暗挖工程。

5.3.2 在隧道开挖周边的外侧采用水平旋喷(或注浆)水泥土桩锚加固，形成保护圈，当掌子面的土层难以稳定时，也可以在掌子面的前方进行水平旋喷加固改良土性[图 5.3.2(d)]。根据工程性质和土性特点可采用下列形式：

1 隧道穿越道路、桥梁和建筑物或各种市政管线等既有设施，对变形要求较严时，隧道上半拱采用水泥土锚体进行水平超前预加固[图 5.3.2(a)]；

2 市政过街通道暗挖施工时，为控制地面沉降，在平顶直墙 upper 部和两侧采用水平旋喷超前加固[图 5.3.2(b)]；

3 在高水量地层，隧道开挖时为保护水土流失引起地面变形，采用全断面高压水平旋喷桩超前加固，对变形要求较严的工程，可在拱顶水泥土锚体中范围插筋[图 5.3.2(c)]；

4 隧道开挖遇流塑状软土时，可在隧道掌子面前方梅花形布置水平高压旋喷加固土体[图 5.3.2(d)]。

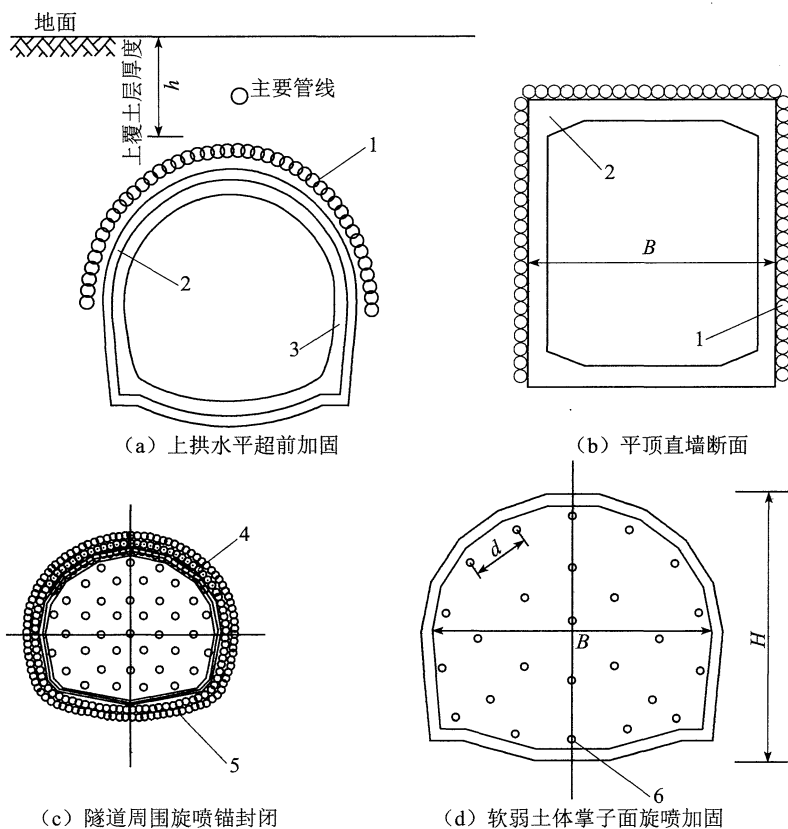


图 5.3.2 水平旋喷法超前加固

1—向外倾斜的旋喷桩体;2—内衬砌;3—喷射混凝土;4—筋体;

5—水泥土桩锚;6—水平旋喷桩

5.3.3 水平旋喷锚体在开挖轮廓外侧相互搭接形成拱棚体,根据不同工程需求可采取下列措施:

1 可在浆液中加适量速凝剂和硬化剂以便加速浆液和土粒的固结;

2 可在水平旋喷柱体内插入型材(钢筋、钢管或竹材等),以提高水平旋喷体的抗弯能力;

3 根据具体土层水量大小和土性,可采用单排或多排相互咬合的水平超前拱棚;

4 隧道加固段较长时,每步钻孔通常取 $10\text{m} \sim 30\text{m}$,分段施工上仰角度宜为 $3^\circ \sim 10^\circ$,每施工段拱棚搭接 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 。含水土层中桩体相互咬合量不宜小于 0.1m 。喷射压力宜为 $20\text{MPa} \sim 50\text{MPa}$,形成旋喷柱体直径宜为 $0.35\text{m} \sim 1.0\text{m}$;

5 隧道掌子面需要加固时,可采用梅花形布置,桩径宜为 $0.35\text{m} \sim 0.8\text{m}$,桩长不应大于 15m 。水泥用量不应少于 $50\text{kg/m} \sim 100\text{kg/m}$,水灰比宜为 $0.45 \sim 0.55$;

6 对于砂土类地层,固结体强度等级可比原来围岩提高 3 级~4 级,可达 $2\text{MPa} \sim 10\text{MPa}$,对粘土类围岩,固结体也比原来围岩提高 1 级~3 级,可达 $1\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 。

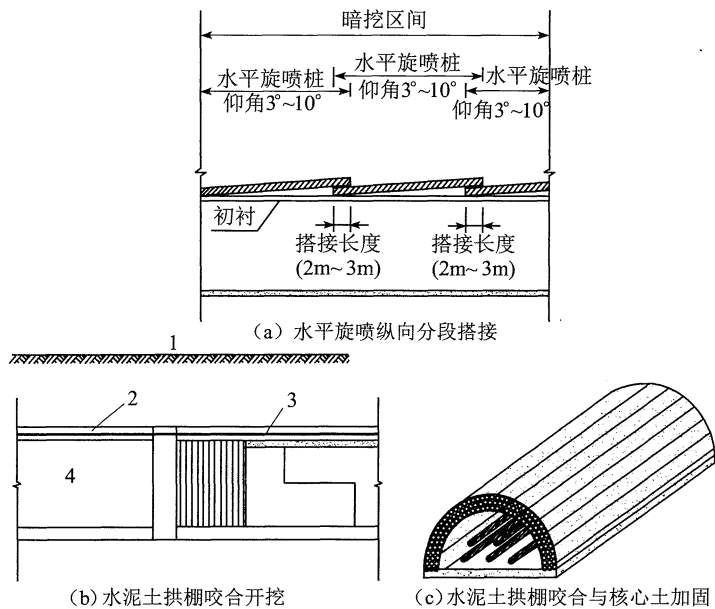


图 5.3.3 水泥土拱棚咬合与核心土加固

1—地面;2—加筋水泥土桩锚拱棚超前支护结构;3—筋体;4—土体

5.3.4 高压水平旋喷施工应符合下列规定：

1 水平旋喷桩应确定的参数主要有注浆半径、注浆压力、钻孔长度和旋喷长度、钻孔外扩角、注浆量、注浆配合比等。需经试验确定的其他参数有土体密度、孔隙率及土体渗透性等；

2 在旋喷注浆中宜采用球形扩散理论，注浆半径应按下式计算：

$$R = \sqrt[3]{\frac{3khr t}{\beta n}} \quad (5.3.4-1)$$

式中： R ——注浆有效扩散半径(mm)；

k ——土体渗透系数(mm/s)；

h ——注浆压力(以水头高度 mm 计算)；

r ——注浆管半径(mm)；

t ——注浆时间(s)；

β ——浆液粘度与水的粘度比。

n ——土体的孔隙率(%)。

3 旋喷注浆压力值应根据土的密度、强度和初始应力、钻孔深度、位置及注浆次序等通过现场试验确定；

4 钻孔和旋喷长度宜距孔口 1.0m~1.5m 范围不喷，以免破坏旋喷工作面。钻孔长度不宜太长，固结体端部不宜搭接成拱；

5 外扩角的选定应保证两旋喷段能搭接，为下一个旋喷工作面提供足够的机械活动空间；旋喷工作面的内轮廓(包括已喷成的旋喷拱及其内部做完初期支护后)应比旋喷机活动尺寸多一定的富余空间；

6 固结体的旋喷搭接注浆量可按下式计算：

$$Q = Kvn \quad (5.3.4-2)$$

式中： Q ——注浆量(m^3)；

K ——注浆量折减系数；

v ——注浆对象的土量(m^3)；

n ——土的孔隙率(%)。

7 浆液配合比应根据设计的强度、现场土性、浆液扩散效果及设备性能确定,宜采用现场试验确定合适的配合比。

5.3.5 水平旋喷施工准备应满足下列要求:

1 封闭上台阶和下台阶掌子面,喷混凝土厚度不宜小于20cm。精确测量中线、水平,搭设工作平台,平台上铺设竹夹板和枕木,将钻机、高压泵及其他机具一字排列就位。同时应设置临时边沟及废浆池;

2 浆液配制应严格按设计配合比配制,充分拌和均匀,拌和时间不小于3min,水泥浆从搅拌机倒入储浆桶前应经筛过滤,以防出浆口堵住;

3 钻孔及旋喷应按照先周边、后掌子面的顺序进行旋喷施工,周边应按每次间隔一孔,孔位从下到上,左右交替进行;

4 按设计外插角,分孔计算每根桩的偏角和仰角,利用三维坐标,使钻机精确定位;

5 开孔时慢进,钻至1m后按正常速度钻至设计深度,当浆液从喷嘴喷出并达到设计压力后开始旋喷,桩前端原地旋喷不小于30s;

6 采用复喷工艺,以提高固结体的增径效果及咬合率;

7 前端旋喷时应加大压力或降低喷嘴的旋转提升速度。当旋喷至孔口3m时停止,并立即退出钻杆,用棉纱塞堵孔口,以防浆液外泄;

8 冒浆量应小于注浆量的20%~30%,超过30%或完全不冒浆时,应查明原因并及时采取措施;

9 当旋喷流量不变而压力突然下降时,应检查各部位的泄漏情况,必要时拔出注浆管检查密封性能。出现不冒浆或断续冒浆时,若土质松散则视为正常现象,可适当进行复喷。若附近有空洞,可继续注浆或拔出注浆管待浆液凝固后重新注浆至冒浆为止,或采用速凝浆液使浆液在注浆管附近凝固;

10 应采用提高喷射压力(喷浆量不变)或适当缩小喷嘴直径(喷射压力不变),加快提升和旋转速度等措施。

5.3.6 施工质量控制应遵循下列原则:

1 选用水泥浆应在第二级或第三级搅拌过程中进行过筛,其细度应在标准筛(孔径 0.08mm)的筛余量不大于 15%,浆液搅拌后不得超过 4h,当超过时应经专门试验,证明其性能符合要求方可使用。在配浆过程中应考虑到施工过程中纯浆液易于沉淀,易造成泵体和管道堵塞,影响加固质量;

2 钻机就位后应进行水平、垂直校正,钻杆应与钻位吻合,偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 内;

3 施工中应严格控制高压泥浆泵的压力和排量,以及水泥浆的水灰比与搅拌时间;

4 水箱存水。在进行高压喷射注浆施工前必须将水箱蓄满,在施工过程中也必须保证水箱内有足够存水;

5 高压喷射注浆施工时,先用清水代替浆液进行高压射水,在确保设备各管路畅通后,方可进行水泥浆注浆施工。高压喷射注浆开始后,应先喷浆,后旋转和提升,防止注浆管扭断。施工中高压喷射注浆钻杆的旋喷和提升必须连续不中断。高压喷射注浆桩的起始和终止坐标严格按照设计图纸要求执行;

6 施工中途如机械发生故障,应停止钻进和旋喷,以防止桩体中断,并应立即检查,排除故障;

7 在施工中应按照设计和施工参数要求进行施工;

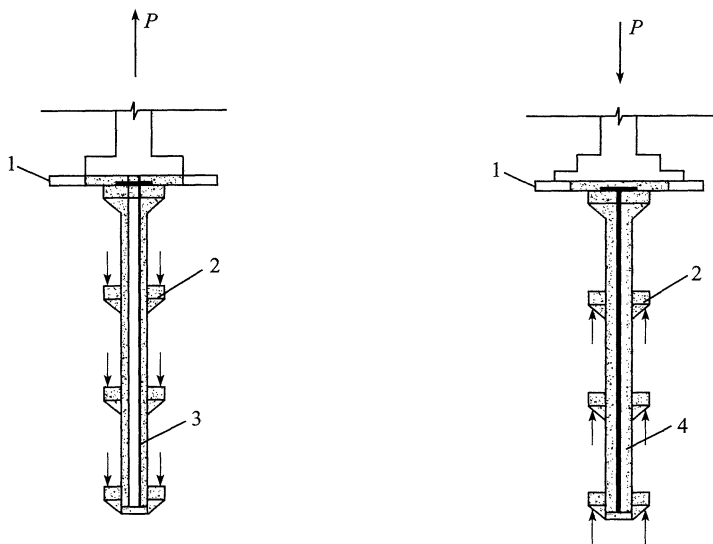
8 施工中,应指定专人做好施工记录并签字、归档;

9 全套施工机械,应由专人负责使用和维护保养,尤其是高压浆泵应由专人操作。

5.4 扩大盘加筋水泥土承载桩

5.4.1 压拔型扩大盘加筋水泥土桩结构(图 5.4.1)可用于地基处理,也可作为抗浮设计中的抗拔桩和多层结构承载桩,适用于场

地为软土、黏性土、粉土、砂土、填土等土层。



(a) 扩大盘水泥土加筋抗拔桩

(b) 扩大盘水泥土加筋抗压桩

图 5.4.1 压拔型扩大盘加筋水泥土桩结构

1—褥垫层；2—扩大盘；3—钢筋或钢绞线；4—钢桩或混凝土桩

5.4.2 桩体结构尺寸、桩长及间距等可根据计算或当地成熟经验确定。压拔型扩大盘加筋水泥土桩体直径宜为 0.5m~1.2m, 扩大盘直径至少为桩径两倍, 盘厚不应小于 2m, 盘间净距不应小于 3m。

5.4.3 扩大盘加筋水泥土桩体结构扩大盘设置于中、低压缩性的土层时, 可按承压桩和抗拔桩设计计算, 单桩承载力特征值应按现场试验结果确定。

5.4.4 扩大盘加筋水泥土桩体结构置于深厚淤泥质土等高压缩性土层时, 应减小桩间间距, 增大桩体直径, 对软土地基进行加固处理。处理后的复合地基承载力特征值应根据现场荷载试验确定。

5.4.5 初步设计时,可采用公式法对加筋水泥土桩结构复合地基进行估算,并应符合下列规定:

1 加筋水泥土桩结构复合地基应按下式估算:

$$f_{\text{spk}} = m \frac{R_a}{A_m} + \beta(1 - m)f_{\text{sk}} \quad (5.4.5-1)$$

$$m = A_m/A \quad (5.4.5-2)$$

式中: f_{spk} ——加筋水泥土桩结构复合地基承载力特征值(kPa);

m ——面积置换率;

A_m ——计算面积范围内加筋水泥土桩结构截面面积之和(m^2),扩大盘加筋水泥土桩锚结构的计算直径可取加权平均直径;

A ——复合地基计算面积(m^2);

R_a ——单根加筋水泥土桩体竖向承载力特征值(kN);

β ——桩间土承载力发挥系数,软土时可取 0.1~0.4;对于其他地基土场地,不带扩大盘的加筋水泥土桩结构可取 0.4~0.8,扩大盘加筋水泥土桩结构可取 0.6~0.9;

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值(kPa)。

2 单根加筋水泥土桩体竖向承载力特征值可按下式估算:

$$R_a = u_m \sum q_{si} L_{mi} + \alpha_p q_p A_p \quad (5.4.5-3)$$

式中: u_m ——桩体周长(m);

q_{si} ——桩周第 i 层地基土的侧阻力特征值(kPa),可按地区经验确定;

L_{mi} ——桩体长度范围内第 i 层地基土的厚度(m);

α_p ——桩体端阻力发挥系数,可取 0.4~0.6;

q_p ——未经修正的桩体端阻力特征值(kPa),可按地区经验确定;

A_p ——桩结构的截面积(m^2)。

3 单根扩大盘加筋水泥土桩锚体竖向承载力特征值可按

式估算：

$$R_a = \pi \sum q_{si} L_{mi} d_{mi} + \sum \alpha_{pi} q_{pi} A_{pi} \quad (5.4.5-4)$$

式中： d_{mi} ——第 i 层地基土中桩体直径的加权平均值(m)；

α_{pi} ——桩体端阻力发挥系数，中间盘取 0.25~0.6，底盘取 0.7~0.9；

q_{pi} ——第 i 层地基土未经修正的桩体端阻力特征值，可按地区经验确定(kPa)；

A_{pi} ——第 i 层地基土中扩大盘的竖向投影面积(m²)。

4 加筋水泥土桩结构竖向承载力特征值尚应满足下式要求，使由桩结构自身材料确定的单桩承载力不应小于由桩周土和桩端土的抗力所提供的单桩承载力。

$$R_a = \eta f_{cu} A_m \quad (5.4.5-5)$$

式中： η ——桩结构强度折减系数，可取 0.25；

f_{cu} ——水泥土 90d 龄期的立方体抗压强度平均值(kPa)。

5.4.6 扩大盘加筋水泥土桩锚结构的抗拔承载力应通过现场试验确定。

5.5 桩锚加筋材料拆除回收

5.5.1 加筋水泥土桩锚支护结构有条件时可将桩锚加筋体设计为可回收型。竖向加筋体采用的型钢及腰梁均可实施回收。

5.5.2 可拆回收型桩锚加筋体应全长使用无粘结筋体。

5.5.3 可拆回收型桩锚加筋体应有合适的施作空间和安全措施。

5.5.4 筋体的回收实施应有完善的设计施工方案。

5.5.5 筋体的回收可使用 U 型回收技术或热熔锚具拆除回收技术。

6 工程施工和监测

6.1 一般规定

6.1.1 加筋水泥土桩锚结构工程施工前,业主、施工单位、监理单位应会同设计单位进行设计图纸会审和技术交底。

6.1.2 由施工单位根据设计施工图、地质勘察资料和周边环境条件编制施工组织设计,经会审后实施。重要或复杂的工程应通过有关专家论证。

6.1.3 加筋水泥土桩锚结构工程施工组织设计的内容应包括工程概况、编制依据、施工组织管理、施工准备、施工部署、施工方案、施工计划、质量、安全保证体系和措施、施工监测安排、文明施工、环境保护、应急预案等。

6.1.4 土方开挖前,加筋水泥土桩及锚杆支护结构应已达到设计强度,并宜分层分段开挖,严禁超挖,开挖与支护结构施工须密切配合。

6.1.5 在软土层和对变形要求较严格的地段,应采用分区、分段、分层、跳挖、留土护壁和对称平衡的开挖方法,严禁超挖。

6.1.6 工程施工中,机具和设备应停放平稳,位置合理,大、中型施工机具至坑口边缘的距离、行走路线以及停机操作场地应根据设备重量、振动状况、土质情况等确定。施工前应做好施工机具的安装和调试。超载不得超过设计要求。

6.1.7 采用机械开挖土方时,应在基坑底及坑壁留 300mm 厚土层,严禁碰撞围护结构和损坏止水帷幕。

6.1.8 土层存在滞水时,基坑开挖应采用有效的降水、排水措施。

6.1.9 基坑或边坡顶部周边地面应进行硬化和防、排水处理。

6.1.10 工程实施过程中,应根据工程的特定环境和作业条件等

制定相应的安全应急预案。

6.1.11 开挖完成后,应及时清底验槽,防止暴晒、雨水浸刷和人工扰动破坏。

6.1.12 基坑验槽后,应及时施作垫层封闭基底。

6.1.13 加筋水泥土桩锚结构用于基坑支护时,有效使用年限应满足设计要求,当超过设计使用期限时,应按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定采取相应的措施满足使用要求。

6.2 技术要求

6.2.1 加筋水泥土桩锚结构工程的施工场地宜先平整,清除地下障碍物。当场地低洼时,宜回填黏性土。当地表较软弱时,应采取防止施工机械失稳的措施。在边坡附近施工时,应考虑施工对边坡的影响,并采取相应的安全措施。

6.2.2 咬合加筋水泥土桩体应连续施工,相邻桩体施工的时间间隔不宜超过水泥土的终凝期或 24h。当无法保证时,应采取相应措施。

6.2.3 加筋水泥土桩体预搅下沉时不宜采用冲水法,当遇较硬土层而下沉较慢时,可适量冲水,但应冲水下沉对桩身承载力的不利影响。

6.2.4 加筋水泥土桩锚结构注浆材料宜选用普通硅酸盐水泥浆,且可根据需要在浆液中加入外加剂。水泥浆应搅拌均匀,并在初凝前完成注浆。

6.2.5 加筋水泥土锚体结构的施工,采用钻进、喷搅、插筋一次形成锚体。送浆泵的压力宜大于 20MPa,喷搅钻进速度不宜大于 0.45m/min。采用进退同步喷搅工艺。

6.2.6 钢材回收应编制回收方案,明确回收前提条件并符合设计工况要求。

6.2.7 加筋水泥土桩锚支护工程施工中的下列隐蔽作业,应及时

进行检查并做好记录：

- 1 桩体和锚体的位置、直径、长度、垂直度和倾斜角度；
- 2 桩体和锚体的注浆压力、水泥用量、水灰比和注浆量等；
- 3 加筋体的位置、材料、长度和数量等；
- 4 加筋体连接接头的外观质量；
- 5 桩锚体间的连接构造(包括焊缝长度、高度和外观质量等)；
- 6 桩锚体预应力张拉锁定力。

6.3 工程监测

6.3.1 加筋水泥土桩锚结构工程施工前应根据工程特点和场地条件编制工程监测方案。

6.3.2 加筋水泥土桩锚结构工程的监测应包括下列内容和方法：

- 1 现场监测对象：桩体和锚杆结构支护体，周边环境及土体，地下水位及其他应监测的对象等，具体监测内容可参考相关监测技术标准；

- 2 现场监测应委托有资质的第三方进行监测，并应以仪器监测(或采用机器人监制技术)为主，结合目测观察；

- 3 锚体的抗拔力检测可按照现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 有关规定执行。

6.3.3 施工或监测方应有专人负责监测工作，做好工程实施与监测的配合。工程施工期间，应加强保护监测基准点及监测点，并按监测频率要求进行监测和巡视。

6.3.4 应做好监测数据记录，并及时整理分析。当监测数据超过报警值时，应及时通报有关单位，同时采取有效的应急处理措施。

6.3.5 施工或监测方应根据设计要求提交阶段检测报告和终结监测报告。监测报告应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 监测项目；

- 3 测点平立面布置图；
- 4 仪器设备和监测方法；
- 5 监测数据处理方法和结果；
- 6 结论。

7 工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 加筋水泥土桩锚结构工程的验收应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定执行。

7.1.2 加筋水泥土桩锚结构工程的验收应分为中间验收及竣工验收两个阶段进行。

7.2 检验项目

7.2.1 加筋水泥土桩锚结构工程检验的主控项目应符合下列规定：

- 1 锚体的拉拔力应符合设计要求和本规程的规定；
- 2 桩锚体的注浆量不应小于设计值；
- 3 桩锚体的位移、结构内力及周边地表沉降等应满足设计要求和本规程附录 B 的要求。

7.2.2 加筋水泥土桩锚结构工程检验的一般项目应符合下列规定：

- 1 水泥、钢材等原材料的技术性能应具有出场合格证书和标定证书；
- 2 钢筋、型钢、钢管连接接头的质量应符合国家现行有关标准的规定；
- 3 桩间咬合应达到设计要求，桩体不得漏水；
- 4 桩及锚体的几何尺寸和平面位置允许偏差应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 锚体的几何尺寸和平面位置允许偏差

项 目	允 许 偏 差
桩锚体直径(mm)	±50
桩锚体及加筋体长度(mm)	±100
加筋体倾斜度(°)	±3
加筋体平面位置(mm)	±50
锚体锁定力(KN)	按设计要求
锚体倾斜度(°)	±3
水泥浆液配合比、水泥用量(m³)	按设计要求
桩锚体抗拉力(KN)	按设计要求

7.2.3 加筋水泥土锚体质量检验标准应符合本规程附录 B 表 B.0.1 的规定，加筋水泥土桩体质量检验标准应符合本规程附表 B.0.2 的规定。

7.2.4 扩大盘加筋水泥土承载桩结构工程检验的一般项目应符合下列规定：

1 水泥、钢筋、型钢、钢管等原材料的技术性能应具有出场合格证书和标定证书；

2 桩间咬合应达到设计要求，桩体不得漏水；

3 桩的几何尺寸和平面位置应符合表 7.2.4 的规定；

4 用于刚性桩时单桩承载力应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行；

5 用复合地基时承载力应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行。

表 7.2.4 扩大盘加筋水泥土承载桩的几何尺寸和平面位置允许偏差

项 目	允 许 偏 差
桩直径(mm)	±50
桩及加筋体长度(mm)	±100
加筋体倾斜度(°)	±3

续表 7.2.4

项 目	允 许 偏 差
加筋体平面位置(mm)	±50
水泥浆液配合比、水泥用量(m ³)	按设计要求
桩抗拉力(KN)	按设计要求

7.3 合格判定

7.3.1 当各检测点的质量符合下列条件时,该检验应判定为合格:

- 1 每一检测点的主控项目全部满足验收标准;
- 2 每一检测点的一般项目不少于 80%满足验收标准。

7.3.2 当分项工程中各检验点的质量均合格时,该分项工程应判定为合格。

7.3.3 当检验质量判定为不合格时,应按下列情况分别处理:

- 1 当主控项目不满足验收标准时,应立即处理直至符合要求,否则不得投入使用;
- 2 当一般项目不满足验收标准时,应采取技术措施使其符合要求后,方可投入使用。

7.3.4 加筋水泥土桩锚结构施作完成后,应提交有关工程记录和检验资料进行中间验收,待工程完工后,再进行最后竣工验收。

7.3.5 工程竣工验收应提供下列资料:

- 1 工程施工设计;
- 2 施工组织设计;
- 3 阶段性和最终监测报告;
- 4 施工记录;
- 5 其他相关资料。

附录 A 加筋水泥土桩锚支护的应用范围

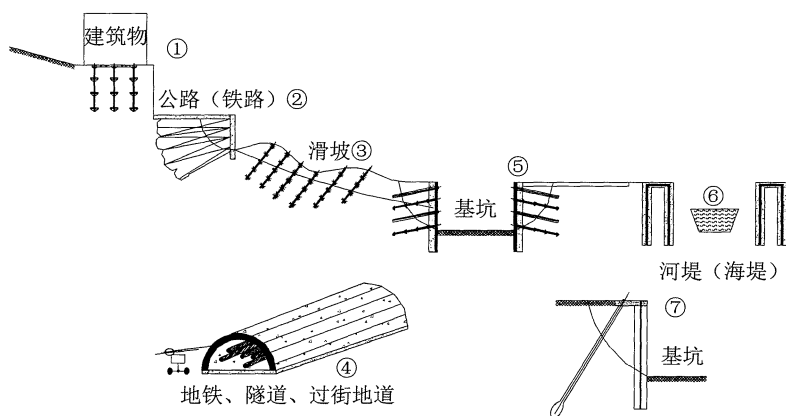


图 A 加筋水泥土桩锚支护的应用范围

- ①扩大头多支盘加筋水泥土桩体加固地基；②水平向、斜向加筋水泥土锚体加固土体；
 ③抗滑水泥土锚体加固；④水平咬合加筋水泥土拱棚支护；
 ⑤加筋水泥土桩墙及斜向水泥土锚体支护；⑥门架式加筋水泥土桩锚支护；
 ⑦人字形加筋水泥土桩锚支护

附录 B 加筋水泥土桩锚体质量检验标准

B.0.1 加筋水泥土锚体质量检验标准应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 加筋水泥土锚体质量检验标准

项	检查项目	允许值	允许偏差	检查方法和检测数量
主控项目	锚体承载力(kN)	设计值	—	按规定方法,检测数量为锚体总数的 3%~5%
	锚体(索)锚固长度(mm)	设计值	±50	用钢尺量(差值法), 每孔测 1 点
	喷锚混凝土强度(MPa)	设计值	—	按规定方法
	预应力锚杆(索)的张拉力、锚固力(kN)	设计值	—	按规定方法,检测数量为锚杆总数的 3%~5%
一般项目	锚孔位置(mm)	—	±20	用钢尺量;每孔测 1 点
	锚孔孔径(mm)	—	+10	用钢尺量;每孔测 1 点
	锚孔倾角(°)	—	±1	导杆法量;每孔测 1 点
	锚孔深度(mm)	—	+100	用钢尺量;每孔测 1 点
	锚体(索)长度(mm)	设计值	±50	用钢尺量;每孔测 1 点
	预应力锚杆(索)张拉伸长(%)	设计值	±6	按规定方法
	锚固段注浆体强度(MPa)	设计值	—	按规定方法
	泄水孔直径、孔深(mm)	设计值	±3	用钢尺量
	预应力锚杆(索)锚固后的外露长度(mm)	≥30	—	用钢尺量
	钢束断丝滑丝数(%)	—	≤1	目测、用钢尺量

B.0.2 加筋水泥土桩体质量检验标准应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 加筋水泥土桩体质量检验标准

项	检查项目	允许值	允许偏差	检查方法
主控项目	复合地基承载力(kN)	设计值	—	按规定方法
	单桩承载力(kN)	设计值	—	按规定方法
	水泥用量(t)	设计值	—	查看流量表
	孔深(mm)	设计值	± 200	用钢尺量
一般项目	水灰比	设计值	—	按规定方法
	钻孔位置(mm)	—	≤ 50	用钢尺量
	钻孔垂直度(%)	≤ 1.0	—	经纬仪测钻杆或实测
	桩位(mm)	—	$\leq 0.2D$	开挖后桩顶下 500mm 处用钢尺量, D 为桩径
	桩径(mm)	设计值	≤ 50	开挖后用钢尺量或井径仪
	施工桩顶标高(mm)	设计桩顶标高 +1000	± 200	用水准仪量
	注浆压力(MPa)	设计值	—	查看压力表
	提升速度(m/s)	设计值	—	量机头上升距离及时间
	旋转速度(m/s)	设计值	—	按规定方法
	褥垫层夯填度	≤ 0.9	—	用钢尺量

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

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《钢结构设计规范》GB 50017
- 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

中国工程建设协会标准

加筋水泥土桩锚技术规程

CECS 147 : 2016

条文说明

目 次

1	总 则	(65)
2	术语和符号	(66)
2.1	术语	(66)
3	基本规定	(67)
4	岩土工程勘察与环境调查	(70)
4.1	一般规定	(70)
4.2	勘察与测试	(70)
4.3	勘察成果	(71)
5	工程设计	(72)
5.1	一般规定	(72)
5.2	加筋水泥土桩锚支护	(73)
5.3	加筋水泥土水平超前预加固	(83)
5.4	扩大盘加筋水泥土承载桩	(84)
5.5	桩锚加筋材料拆除回收	(85)
6	工程施工和监测	(86)
6.1	一般规定	(86)
6.2	技术要求	(86)
6.3	工程监测	(87)
7	工程验收	(88)
7.1	一般规定	(88)
7.2	检验项目	(88)
7.3	合格判定	(89)

1 总 则

1.0.2 加筋水泥土桩锚支护技术适用于砂土、粉土、黏性土、填土、黄土、淤泥及淤泥质土等土层。对于淤泥软土地基的基坑支护、地下工程防塌陷支护、超前支护预加固、淤泥软土地段路基加固以及条件合适的建筑软基处理等都很有效。

加筋水泥土桩锚技术的特点是集旋喷与搅拌技术于一体,使成孔、注浆、搅拌和加筋等程序一次完成。孔径可达 20cm~100cm,加固深度可达 30m 以上。它既可有常规断面又有扩大头;既可竖直又可水平或任意倾斜成桩;既可代替常规锚杆、土钉,又可作为挡土、挡水的支护结构;既可用于软弱路基、地基处理,又可用于隧道施工的超前水平土体拱棚支护,确保地下工程开挖断面的规则、稳定,地面不塌陷。

1.0.4 本规程是国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 和《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 等有关标准的补充。工程验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定。工程监测尚应符合国家现行有关的规定。

本规程在加筋水泥土桩锚支护加固技术的设计计算、参数选用等方面未做详尽的规定,可按国家现行有关标准的规定执行。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.3 采用专门机具施作,加筋水泥土桩锚可形成较大直径,一般直径可达 20cm~100cm,可施做成水平向、斜向、竖向的等截面、变截面或有扩大头的桩锚体。为统一本规程术语,正文中将加筋水泥土形成竖向的称桩体;将加筋水泥土形成其他方向的称为锚体。

3 基本规定

3.0.1 地下结构超前预加固、支护结构通常为临时结构,使用期限指基坑开挖完成后的暴露时间。在此期间,应保证支护结构本身和支护周边环境的安全,为主体结构施工提供正常的、安全的施工空间和环境。一般一年的使用期限能满足施工要求,并且一年期限包括了春、夏、秋、冬四个不同的季节,所以在基坑结构设计时考虑了季节的变换影响。当加筋水泥土桩锚结构用于永久结构时,如边坡工程、地基处理工程等应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行。

支护工程使用期内,有可能遇到不可避免的台风、暴雨等自然灾害的,应在确定支护设计参数、施工组织设计时予以考虑。

3.0.2 建筑基坑侧壁的安全等级系按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定列出,又根据加筋水泥土桩锚支护的工程实践经验做了“基坑和环境条件”的限制。确定基坑安全等级时从一级开始,向二、三级确定,以最先满足为准。

3.0.3 本规程附录 A 列出了常用加筋水泥土桩锚支护结构的适用范围。采用附录 A 时,尚应结合具体工程实际情况、地区经验选取。

3.0.4 加筋水泥土桩锚支护结构,应结合基坑工程自身的特殊性,参考国家现行标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 对承载能力极限状态与正常使用极限状态在基坑支护中的表现形式进行的分类,使工程技术人员能够对基坑支护各类结构的各种破坏形式有一个总体认识,设计时对各种破坏模式和影响正常使用状态进行控制。

3.0.5 本条所列加筋水泥土桩锚支护结构的设计、施工内容,系

根据国家现行有关标准、规程和加筋水泥土桩锚支护工程的实践经验提出,工程设计和施工时,还应遵照本规程有关章节的具体规定。

由于本规程涉及的基坑支护、地下工程和地基处理技术是一项技术复杂、风险大的系统工程,使用本规程有关设计、施工人员,不但应具备丰富的岩土工程理论知识,还应具备有多年的实践经验及熟悉专利的特殊施工工艺,才能确保工程质量安全,因此对采用本规程的设计、施工、监理人员宜先进行学习、培训考核。

3.0.6 当主体结构工程要求对工程进行风险评估时。应根据需要,对加筋水泥土桩锚支护工程进行相应的风险评估,并对风险较大的关键控制部位实施重点监测和自动化监测,以便实时反馈指导工程实践,真正做到信息化施工。

3.0.7、3.0.8 加筋水泥土支护结构应综合考虑各种影响因素,防止设计的盲目性,支护设计应根据具体情况选择合理的方案,基坑支护结构的变形和地下水控制方法、基坑周边建筑物、地下管线、道路的变形要求进行控制,基坑周边建筑物、地下管线、道路、施工荷载对支护结构产生的附加荷载、对施工的不利影响等因素要在设计时仔细地加以考虑。设计中应明确基坑周边限值、地下水和地表水控制等基坑使用要求,这些设计条件和基坑使用要求应作为重要内容在设计文件中明确体现,在支护结构设计总平面图、剖面图上准确标出,设计说明中写明施工注意事项,以防止在支护结构施工和使用期间导致实际状况超过这些条件,造成安全事故。对于地下工程、边坡工程和地基处理应参照国内现有标准建议的变形控制值执行。

3.0.9 目前在城市地下工程建设中,经常需要对侵入红线外的桩体、锚体的钢材进行回收,对一些临时支护结构的钢材也可进行回收,一方面保证后期其他工程建设时不受影响,另一方面也可节省材料、重复利用。

加筋水泥土桩锚工程的钢材有钢筋、钢绞线、型钢等用在锚

桩、锚体、腰梁等部位。采用可拆回收型桩锚技术,可回收大量钢材,能重复利用,节省钢材(资金)。同时解决了地下污染(地下残留施做桩锚的钢材)、钢材出红线影响后续工程建设的难题。目前,针对锚体(杆)有多种回收技术,如 U 型钢绞线回收技术、热熔锚具回收技术等,设计时可参考相应国家现行有关标准。

3.0.10 加筋水泥土桩锚技术是最近几年工程上使用的一种新技术,计算理论和施工工法仍处于研究发展阶段,我国各地地质情况变化很大,因此加筋水泥土桩锚工程设计、施工方案应组织有经验的业内专家进行评审,并针对各地具体情况选取有经验的专业队伍进行施工、监测和检测。一方面是保证工程安全正常进行,另一方面是保证正确理解应用加筋水泥土桩锚技术,使该技术更好地服务于土木工程领域。

4 岩土工程勘察与环境调查

4.1 一般规定

4.1.1、4.1.2 由于加筋水泥土桩锚工程的特殊性,一些环境条件复杂、规模较大的基坑工程、边坡工程以及地下工程,如果主体建(构)筑物岩土工程勘察报告不能完全满足设计需要时,应针对加筋水泥土桩锚工程进行补充勘察。

4.1.3、4.1.4 为了使基坑工程、边坡工程和地下工程的岩土勘察工作目标明确,根据加筋水泥土桩锚结构特点,条文对岩土工程勘察作了基本规定,对特殊工程则应进行专门研究。例如,由于砂对水泥土的强度影响较大,岩土工程勘察时,对含砂的场地宜分析土体的含砂量。

4.2 勘察与测试

4.2.1 基坑失稳范围一般为基坑深度的1倍左右,考虑到加筋水泥土桩锚结构失稳影响范围较大,根据需要宜适当扩大勘探点布置范围。由于深基坑多在城市,建筑物密集,对所有工程都要求扩大勘察范围的可操作性不强,所以在开挖边界以外无法布置勘探点时,可通过调查和搜集相关资料并结合基坑范围内勘探结果进行综合分析评价。地层简单时,勘探点间距可取大值,地层复杂时,可根据情况采用小值或适当加密勘探点。

4.2.4 加筋水泥土桩锚工程尽可能采用原位测试方法取得岩土参数,确保设计安全可靠、经济合理。

4.2.6 为防止地表水沿勘探孔下渗或承压水沿勘探孔上升,给工程施工带来不良影响,本条规定勘探工作结束后,应及时按要求夯实回填勘探孔。

4.3 勘察成果

4.3.1、4.3.2 岩土体的物理力学性能指标是设计和施工的重要参数,应按场地的工程地质单元和层位分别统计。由于抗剪强度测试方法不同,指标的变异性和离散性都有较大差异,所以当抗剪强度指标离散性较大时,宜剔除最大、最小值后再进行统计。

4.3.3 砂土、碎石土、风化岩及杂填土都难以采取不扰动土样进行室内试验,对一般的基坑工程、边坡工程和地下工程,砂土的抗剪强度指标 c 、 φ 值,可根据休止角确定,碎石土、风化岩及杂填土可根据原位测试指标并结合野外描述和工程经验综合分析确定。对重大工程,则宜通过现场直接剪切试验确定。

4.3.5 由于各基坑工程、边坡工程和地下工程的规模大小、工程特点、水文地质条件、工程地质条件、环境条件等差别较大,因此,本条所列勘察报告的内容仅是一般要求,如有特殊要求时则应增加相应的内容。基坑工程岩土勘察与主体建(构)筑物工程岩土勘察同时进行时,报告中应有专门章节对加筋水泥土桩锚支护工程进行论述和评价,其内容应满足本条要求。

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 应用加筋水泥土桩锚技术时,可根据工程的实际需要采用不同的组合形式,详细分类见表 5.1.2。本章对表中各种形式分别进行了介绍。主要对悬臂式加筋水泥土桩锚支护结构、人字形加筋水泥土桩锚支护结构、门架式加筋水泥土桩锚支护结构、复合式支护结构、加筋水泥土桩墙与多排加筋水泥土桩锚支护结构、后仰式锚拉钢桩支护结构、钢筋混凝土桩与多盘加筋水泥土锚体、加筋水泥土水平超前预加固、多支盘加筋水泥土桩锚地基加固等进行了论述。

根据工程的具体要求和目的,可将加筋水泥土施做成任意方向的桩锚体。竖向主要用于加固地基,提高地基的承载力,也可形成竖向挡土、止水桩墙;斜向和水平向主要用于加固土体、取代锚杆、土钉。加筋水泥土桩锚体的成形方法主要有钢花管注浆加筋法、注浆搅拌加筋法、高压旋喷注浆加筋法,将钻孔、注浆、搅拌及加筋等工序一次完成,形成加筋水泥土桩锚支护结构。其中,高压旋喷法工艺复杂、造价高;搅拌法加固深度有限,在一些硬土层中难以施工。斜向桩锚体的倾角一般采用 $15^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。加筋水泥土桩锚体可进入强风化岩 1.5m。

5.1.3 本条主要针对加筋水泥土桩锚结构在不同领域应用时的一些计算原则进行了规定,主要涉及支护体系、地下工程超前加固体系和地基处理体系。针对这三类技术国内已有相应的规程和规范,设计和施工时可参考国家现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 等的有关规定。

1 加筋水泥土桩锚支护结构参考土钉墙计算时,由于土钉墙没有完整的适用结构分析软件,面层结构只能通过构造要求解决,本规程结合加筋水泥土桩锚的特点,建立了一套计算分析方法,可参见后面各种支护形式的分析理论。由于加筋水泥土位移计算没有得到根本解决,因此本规程借鉴土钉墙和桩锚支护的作用机理,从工程经验上对稳定性和验算进行了总结介绍。

2 加筋水泥土锚体应用于隧道与地下工程超前加固,是一种隧道超前预支护的措施,采用这种方法的地层,一般都是软弱、破碎,如不采取措施,开挖时工作面极易坍塌,同时导管和管棚是主要的受力构件,因此,纵向管棚之间应采取一定的搭接长度,具体设计计算见本规程第 5.3 节。

3 复合地基计算理论目前计算较为成熟,只要将加筋水泥土取代土层中的加筋体,按照复合地基理论计算即可。

5.1.4~5.1.6 在进行桩锚结构的筋体强度等由材料强度控制的承载力极限状态设计时,作用的基本组合效应按临时性结构和永久性结构两种情况有区别地考虑。对于永久性结构,本条规定由永久作用控制的基本组合,可采用简化计算。但是,有时会出现可变荷载起控制作用的情况,对于由可变荷载控制的基本组合效应,应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定进行计算。

5.1.7 本条规定了加筋水泥土桩锚结构设计时除应满足相应的强度、刚度要求外,一些特殊部位的连接如锚板、腰梁、地连梁、锚固段、锚具、型钢组合和楔形钢垫块等也应符合相关规定。限于篇幅,在本规程后面各种支护形式中涉及这些特殊部位就不一一介绍,可按本章规定执行,或按国家现行有关标准的规定执行。

5.2 加筋水泥土桩锚支护

5.2.1 采用加筋水泥土桩锚支护结构具有较大灵活性,可根据实际情况选择一种、两种或三种以上支护形式联合形成有效的支护

体系,达到既经济又安全的目的。

选择经济合理的加筋水泥土桩锚支护体系,除考虑工程和基坑的环境条件外,还应考虑工程场地的土层条件、施工的机具设备、工期条件等,其中场地的土层条件是关键。加筋水泥土桩锚支护对各类土层的适应情况如下:

(1)黏性土基坑的支护形式:根据黏土遇水具有可塑性,失水会变坚硬的特点,在该土层可选择无腰梁螺纹钢筋加筋水泥土桩锚支护挂网喷射混凝土的支护形式,若最上层是回填土层,可按一定坡比放坡,做土钉挂网,并与基坑四周挂网连接好后全面喷射混凝土使其成为一体。

(2)砂土类基坑的支护形式:砂类土的砾砂、中沙、细沙都有一定空隙,砂粒间黏着力差。根据此情况,基坑支护可选择高压旋喷预应力桩锚、插入 H 型钢桩、挂网喷锚及设有腰梁的支护形式。桩锚体底部扩孔直径 1.0m~1.5m 形成扩大头。

在粉细砂层和流砂层内选择支护形式要慎重。因为砂土遇水极易流动,当此土层地下水很丰富时,选择支护形式一定要考虑设置帷幕止水的问题,应选择深层搅拌插筋、压力注浆预应力加筋水泥土桩锚支护的形式。若地表有回填土。可做土钉挂网喷射混凝土,挂网要与基坑四周的冠梁连接好,也要喷射混凝土。

(3)淤泥土类基坑的支护形式:根据淤泥土遇到水后具有可塑性的特点,可选择多层竖向、斜向深层搅拌加筋水泥土预应力桩锚体并与土钉相结合的支护形式。若地表下有回填土层可以按一定坡比放坡,做土钉挂网喷射混凝土,挂网要与基坑周围的冠梁联成一体。

(4)混合类型土基坑的支护形式:这类土是指包括人工回填土、黏性土、砂性土、淤泥土等的混杂土。这类土层中,基坑支护方法主要采用深层搅拌水泥土桩墙与插入 H 型钢的预应力桩锚共同工作。当砂层较厚时可用高压注浆配合,以改变砂层土的物理和化学性能。

(5)碎石土类基坑的支护形式:这种土层采用深层搅拌法难度大,尤其是当碎石较多粒径较大时深层搅拌无法进行。这时宜采用高压旋喷形成加筋水泥土墙并与墙后侧采用高压注浆的预应力桩锚体锁定。通过加筋旋喷和注浆能很好地胶结,并通过桩锚体使其联合为共同作用的整体。

(6)松散土类型基坑的支护形式:这类土基坑地下水位较高,土层处于饱和状态。这类基坑支护施工中要解决两个问题:一是止水帷幕,二是防坑底隆起。采取的支护形式是设置双层或三至四层深层搅拌插筋挡土桩墙与预应力桩锚体插 H 型钢。若地下水量较大,可在墙后侧进行压密注浆(掺入水玻璃的水泥浆),对饱和的松散土实行胶结。为解决坑底隆起问题,主要是采用台阶式深层搅拌,超过坑底的深度至少基坑深度的一半,同时还要对基坑底注浆加固。

在岩土工程的其他方面加筋水泥土桩锚支护主要适用松散软土江堤、海堤、公路铁路路基、山体边坡、地铁、水库大堤、地下人防工程、建筑物深基坑的支护及对各种岩土体滑坡、基坑坍塌的抢救。

5.2.2、5.2.3 桩体插筋可采用一桩一插筋或隔一桩一插筋,插筋桩筋桩体间距不宜大于 1.8m,插筋体深度宜深于基坑支护深度 2m~3m,淤泥质土层中不宜小于支护深度 2.0 倍,坑底为深厚淤泥土体时,筋体插入深度不宜小于基坑深度 2.5 倍,且应对被动区土体进行加固处理。

锚体处于粉土、粉砂土体中,长度可取下限较小数值;黏土、较软土层取中间数值,淤泥土、软弱淤泥土层则取大值。

I 悬臂式加筋水泥土桩锚结构

5.2.4 当场地和基坑深度符合本条规定时,可采用悬臂式加筋(预应力或非预应力)水泥土桩锚支护结构,悬臂式桩锚体的嵌入深度由计算确定,一般为 1 倍~2 倍的基坑深度。钢筋或型钢的插入深度根据计算确定。需要时也可在基坑底部和桩墙背后注浆

加固土体,以增强土体抗力。在加筋水泥土桩体的顶部是否加压顶梁,可根据基坑开挖深度确定。

5.2.5 根据工程具体情况,可选用单排或多排咬合加筋水泥土桩锚支护结构。可采用搅拌法或旋喷法形成任意方向的加筋水泥土桩锚体,在抢险工程中,水泥浆搅拌时可适当添加速凝剂或早强剂。对于土质较差的基坑支护,可在被动区进行注浆加固或在坑内留土台。

5.2.6 悬臂式加筋水泥土桩锚支护结构应验算整体稳定性,包括:抗倾覆和抗水平滑移,基底隆起和抗渗流稳定等,计算方法可按本章其他形式或国家现行的《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 规定执行。

II 人字形加筋水泥土桩锚结构

5.2.7 当场地为软土、素填土、各类砂性土以及地下水位较高,采用悬臂式支护结构不能满足要求时,可采用人字形加筋水泥土桩锚支护结构。即在悬臂桩锚支护结构的背后施作一定角度的斜向加筋水泥土锚体,并与悬臂桩体之间用连梁连接,如图 5.2.7 所示。在基坑背后形成空间支护结构,增加了墙后土体的整体稳定性,能很好地控制基坑变形。

5.2.8 当加筋水泥土桩锚支护结构具有挡土与止水的双重作用时,竖向桩体可形成单排或多排咬合的加筋水泥土桩墙,而任意角度的倾斜锚体可采用直径较大的加筋水泥土锚体。

5.2.9 加筋水泥土桩锚支护结构的设计,应根据地质及场地条件选取单排或多排咬合的加筋水泥土桩墙,从而形成 0.5m~1.2m 厚的加筋水泥土地下连续墙。在水泥土未凝固时,及时在加筋水泥土墙的坑边侧插入刚性筋,要求插筋超过基坑深度 2.0m~3.0m。然后紧靠水泥土墙后,从地表施作较大直径加筋水泥土桩体,一般要求墙身厚度与桩体直径一致。加筋水泥土桩墙埋深应进入不渗水的黏土层。桩体中加筋与墙中插筋的顶部应互相连接。设置桩顶连梁的厚度不少于 0.2m~0.3m,宽带不少于 2m。

斜向加筋水泥土锚体长度一般应大于基坑深度一倍,锚筋可采用带刺的钢筋也可采用预应力钢绞线,根据需要也可施作多支盘水泥锚体。

5.2.10 本条规定了桩锚体材料应满足抗拔力要求和桩锚体的承载力要求,必要时应做现场抗拔试验。

加筋水泥土桩锚结构的计算应综合考虑水泥土强度、加筋体强度及锚板强度等,抗拔力应由加筋体的强度、锚体与土体的侧摩阻力和锚板强度三者之一确定,由于锚体通常直径较大,所以计算时考虑了水泥土自重对抗拔力的作用,在稳定土层中主要考虑侧摩阻力的作用, λ 取值在粉土、粉砂层中可取 1.0,软弱淤泥中宜取 0.6,软土及粉层可取 0.6~1.0 之间数值。

加筋水泥土桩锚结构的加筋体强度可通过室内实验和现场实验确定。由于水泥土与加筋体之间的粘结强度小于混凝土与钢筋之间的粘结强度,从偏安全考虑,可认为桩锚体的侧压力由加筋体单独承担。加筋水泥土桩墙主要用于抗渗止水,当有工程经验时,可适当考虑水泥土的抗侧压力作用,大量资料表明,水泥土对加筋体的作用可从以下方面考虑:

(1)水泥土对加筋体的握裹作用,提高了加筋材料的刚度,可减少位移。

(2)水泥土的套箍作用可防止筋材失稳,当为 H 型钢时还可防止翼缘失稳。

(3)加筋水泥土桩锚体的抗弯刚度较未插入筋材的抗弯强度提高 20%左右。

III 门架式加筋水泥土桩锚结构

5.2.11、5.2.12 在基坑内施作桩锚会使土方开挖不能一次到位和减少桩锚施工造成不利影响时,可采用门架式支护结构,支护结构的施工全部在地表面完成。门架式支护结构一般采用两排水泥土桩锚连续墙,地面施作的桩锚连梁混凝土和加筋水泥土桩体的水泥含量参数及成桩要求与人字形支护结构的要求相同。

先在地面测量放线,确定分离的门架式加筋水泥土连墙位置,按测量准确的位置首先是施作垂直间隔分离式的两排加筋水泥土桩墙,水泥土在未凝固之前可采取静压振动挤压法或锤击法插入钢筋或型钢,接着在地表面施作大直径斜向加筋水泥土锚体支护,锚筋与三角形支护的材料相同,门架式水泥土桩墙及斜桩锚体等要求同本规程第 5.2 节“字形加筋水泥土桩锚结构”。

5.2.14 本条对于门架式加筋水泥土桩支护结构的设计进行了规定,本条主要参考了现行行业标准《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120 的有关规定,对双排桩设计基本概念与锚杆共同作用进行计算规定,同时考虑加筋水泥土桩锚的作用。

本条参考国内现行有关标准对双排桩计算进行了补充。在一些特殊情况下,双排桩钢结构是一种可供选择的基坑支护形式,与常规支护型式(单排悬臂桩、锚拉式、支撑式)相比具有以下特点:

(1)抗侧移刚度远大于单排悬臂桩结构,其内力分布明显优于悬臂结构,在相同的材料消耗下,双排桩钢架结构的桩顶位移明显小于单排悬臂桩,其安全可靠、经济合理性优于单排悬臂桩;

(2)与支撑式结构相比,由于基坑内不设支撑,不影响基坑开挖、地下结构施工,同时省去设置、拆除内支撑工序,大大缩短了工期;

(3)双排桩具有施工工艺简单、不与土方开挖交叉作业、工期短等优势。

目前双排桩还没有成熟的双排桩结构计算方法,一些设计人员对如何设计双排桩还处于一种模糊状态,根据以往的双排桩工程实例总结及通过模型试验与工程测试研究,现行行业标准《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120—2012 提出了一种双排桩的设计计算的简化实用方法。该标准所提分析模型,作用在结构两侧的荷载与单排桩相同,不同的是如何确定夹在前后排桩之间土体的反力与变形关系,这是解决双排桩计算模式的关键,该模型采用土的侧限压缩假定,认为桩间土对前后排桩的土反力与桩间土的压缩

变形有关,将桩间土看作水平向单向压缩体,按土的压缩模量水平刚度系数,同时考虑基坑开挖后桩间土应力释放后仍存在一定的初始压力,计算土反力时应反映其影响,该模型初始压力按桩间土自重占滑动体自重的比值关系确定。按上述假定和结构模型,经计算分析的内力与位移随各种计算参数变化的规律较好,与工程实测的结果也吻合。

双排桩的嵌固稳定性验算与单排悬壁桩类似,应满足作用在后排桩上的主动土压力与作用在前排桩嵌固段上的被动土压力的力矩平衡条件。双排桩的排距、刚架梁的高度是双排桩设计的重要参数。排距过小受力不合理,排距过大刚架效果减弱,排距合理范围为 $2d \sim 5d$ 。刚架梁高度不宜小于 $0.8d$,且刚架梁高度与双排桩排距的比值取 $1/6 \sim 1/3$ 为宜。

双排桩的桩身内力有弯矩、剪力、轴力,因此需按偏心受压、偏心受拉构件进行设计。桩顶与钢梁的连接按完全刚接考虑,其受力特点类似于钢筋混凝土结构中的框架顶层,因此,该处的连接构造应符合框架顶层端节点的有关规定。

加筋水泥土双排桩结构计算主要从两方面考虑:

(1)前后桩作为独立桩体考虑,分别按前、后排桩间土对桩侧的压力进行计算;

(2)前后桩与门架中间土体(核心土)作为整体考虑,按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012 重力式水泥土墙与锚杆共同作用基本机理进行计算,但应考虑加筋水泥土锚体的作用。

IV 加筋水泥土桩锚复合式结构

5.2.15、5.2.16 加筋水泥土桩锚复合式支护结构是指由土钉、锚杆与加筋水泥土桩锚支护桩墙形成的复合式支护体系,可潜挖、钻孔桩等支护体系,同时也省去喷锚支护的面层,当竖向水泥土桩出现分叉等质量问题时,可采取人工抹面及挂网喷射混凝土的补救措施,而典型的支护结构一般不在加筋水泥土墙面上施作挂网及

喷射混凝土。

插入钢管、型钢等刚性筋时,宜采用静压、振动法和锤击法,竖直向插入的钢管和型钢可在基坑使用期满足作用后回收,插入筋或型钢要求进入基坑底 $1.0\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 。

斜向的土钉及锚杆布置,按 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 或 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 梅花形布置,土钉长度应超过破裂面的 $1/2$,锚杆长度大于破裂线的 $1/3$ 。有条件时,可采用扩大头的土钉及锚杆,这样既可提供抗拔力,又可减少土钉和锚杆的长度。

采用槽钢或工字钢作锚杆腰梁,土钉腰梁可采用型钢。

5.2.17 加筋水泥土墙的结构设计与本规程第 5.2 节第 II 部分相同。土钉、锚杆的设计、施工、验收参考了现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

如基坑顶部有条件放坡,可放 $1.0\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 坡,以减少基坑深度及土的侧压力,基坑上方开挖时,应先挖墙边土再挖中间土,墙边土宽度为 $4\text{m} \sim 6\text{m}$,以便于土钉、锚杆施工,这样可形成挖土施工与桩锚施工同步进行,基坑土方开挖前应先在坑中设降水井或明沟排水,做到先降水后开挖土方。

可将搅拌桩体、桩锚和土体视为一个刚体,进行下列三方面验算:

(1) 滑移稳定验算:沿支护体底面滑动;

(2) 倾覆稳定验算,绕支护面层低端(墙趾)O 点倾覆,或支护底面产生较大的竖向压力,超过地基土的承载力;

(3) 整体稳定验算,连同周围和基底深部土体滑动。

第(1)、(2)种情况与重力式挡墙在主动土压力作用下的失稳相同,入土深度较大时,可考虑主、被动土压力的共同作用,可参考相关规范进行验算。第(3)种情况,沿深部圆弧面滑动破坏只可能发生在基底为软弱土体的情况,可参考边坡稳定的计算方法进行验算。

V 加筋水泥土桩体与多排锚体结构

5.2.18~5.2.21 基坑周围不具备放坡条件,且基坑深度较大,基

坑外地下空间允许桩锚施作时,可采用此种支护结构形式,它适用于基坑周边软弱土体的加固。这是不同于锚杆或土钉的支护结构。加筋水泥土桩锚支护是以直径大、较密排列的水平向、斜向多排加筋水泥土锚体与土体、加筋水泥土桩体共同工作,形成补强加固复合土体,对软弱土体进行加固补强,达到稳定边坡的目的。

大直径加筋水泥土桩锚支护的加筋体可以是粗钢筋,也可以是钢绞线,底部最好是带有扩大头或多支盘状的加筋水泥土桩锚体。

竖直向的水泥土地下连续墙除插入钢绞线和粗钢筋外,还可插入其他型钢。此时,可根据需要插在水泥土中或水泥土桩墙的外侧,与水泥土桩墙相贴紧靠。

竖直向插入的粗钢筋或型钢,可以在支护结构失去作用后回收。斜向多排桩锚体的加筋可以采用金属筋,也可以采用非金属筋,金属筋在回填土后可以回收。水泥土桩墙的插筋应在桩顶搅拌完成后及时进行。

5.2.22 在工程设计前应查明场地周围已有建筑物、埋设物、道路交通、工程范围内的土层分布,土性指标及地下水位变化等情况,以判断采用本法的实用性。

在深厚的淤泥,含水量丰富的各类砂土体中,加筋水泥土桩锚支护的间距不应大于 1.5m,直径不应小于 0.35m,长度不应小于基坑的深度。严禁在软弱松散的土体中采用锚杆及土钉。

Ⅵ 后仰式加筋水泥土桩锚结构

5.2.23 采用后仰式桩锚支护结构时,应先放坡开挖土体,坡度 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$,再施工桩锚体。桩锚体间距一般为 1.5m~2.0m,梅花形布置孔位,并适时安装后仰式钢格构,桩锚体与型钢腰梁采用预应力锁定。

桩锚体施工时先行钻孔,孔内清理干净后,再放入液压挤压扩孔器,并先行孔底扩孔。非锚固段一般不注浆,仅用塑料套管保护。

5.2.25~5.2.27 基坑土体为可塑、流塑状软土、松散砂土、填土等,水平施作距离受限不能提供足够锚固力时,可采用多盘加筋水泥土桩锚结构。施工时应分层开挖,分层施作。

5.2.32 桩锚体的直径较大,所以单根桩锚体的极限抗拔承载力标准值计算考虑了桩锚体与孔壁摩阻力,以及桩锚体自重两个作用。桩锚体带有扩大盘时,直径取以长度为权数的加权平均值。

为了减小对周围岩土环境的影响,便于筋体的回收再利用,一些施工单位采取在锚体上设置套管的方式进行拆芯。

5.2.34 加筋水泥土桩锚结构的稳定性有局部稳定性,内部整体稳定性和外部整体稳定性。局部稳定性即按主动土压力极限平衡法计算出桩锚结构的抗拔力;内部整体稳定性是指破裂面全部或部分穿过加固土体内部时的土坡稳定性;外部整体稳定性是指将加筋水泥土桩锚结构加固的土体作为重力式挡墙计算其稳定性。本规程采用局部稳定性和内部整体稳定性两个方面验算加筋水泥土桩锚结构的稳定性,桩锚结构长度应同时满足局部稳定性和内部整体稳定性。

加筋水泥土桩锚结构内部整体稳定性分析采用边坡稳定概念,并作如下简化:只考虑桩锚结构拉力作用,不考虑剪力等其他作用,破坏时桩锚结构的最大拉力产生在破裂面处,破坏时土体抗剪强度沿着破裂面全部发挥,桩锚结构拉力全部发挥,在预应力的作用下,桩锚结构的法向分力和切向分力可同时达到极限值;止水帷幕不能与桩锚结构同时达到极限平衡状态,组合应用时应予以折减,抗剪强度越高,折减越大;滑移面穿越止水帷幕时,剪切面平行于桩的正截面。

瑞典条分法计算结果一般偏于保守,尽管其假定条件与边坡实际状态并不完全一致,但其计算结果与工程实践较吻合,可用于设计验算,不宜用于优化设计。就单根桩锚结构计算长度来说,整体稳定分析计算出来的桩锚结构长度较局部稳定计算出的桩锚结构长度更接近实际。

桩锚结构的实际受力状态非常复杂,一般情况下,桩锚结构中产生拉应力、剪应力和弯矩,并对加筋水泥土桩锚结构稳定性起作用。桩锚结构的抗拉作用是桩锚结构所有内力中最重要的作用力,仅考虑桩锚结构的抗拉作用可以使分析计算简化。忽略桩锚结构剪应力和弯矩作用使计算结果略显保守,但可以被工程接受。

预应力提前施加改变了加筋水泥土桩锚结构应力的分布,减小了边坡的水平位移,延缓或阻止了破裂面的贯通及出现,增加了边坡的稳定性。

Ⅶ 钢筋混凝土桩墙与多盘加筋水泥土锚体结构

5.2.35~5.2.38 当基坑较深,基坑周边放坡条件受限,水平桩锚施作条件相对宽松时,可采用刚性桩(型钢桩、钢管桩、混凝土桩、地连墙等)与多盘加筋水泥土锚体结构相结合组成复合支护体系。

5.3 加筋水泥土水平超前预加固

5.3.1~5.3.5 加筋水泥土水平超前预加固兼用静压注浆法和旋喷搅拌法,又互相搭接咬合形成一个起止水帷幕作用的外壳,避免了采用其他方法注浆时无法相互搭接,又容易造成涌砂灌水的缺点,使隧道结构在掘进之前就形成了一个由旋喷搅拌加筋水泥土锚体咬合而构成的支护外壳。开挖时采取短进尺、勤支护、步步稳进的办法,可确保工程顺利进行。

管棚在钻设过程中,由于水平施工很难控制精度,所以应严格控制钻杆的钻设角度。隧道开挖时均承受地层压力,特别是管棚的钢管,为增加其强度和刚度并加固周围的土层,一般都应注浆,为保证注浆质量防止漏浆,导管的尾部需设置封堵孔。

注浆应根据注浆目的、地质等情况选用适当浆液,这不仅对取得满意的效果至关重要,而且还直接影响造价,因此在隧道工程注浆中,常采用颗粒浆材先堵塞大的孔隙,再注入化学浆液,这样既

经济又起到注浆效果。

注浆孔距、排距根据注浆加固厚度和浆液扩散半径计算初步确定,由于地质原因,还得通过实际试验段进行验证,以校正正确施工参数。高压喷射注浆一般分为定向喷射和旋转喷射两种注浆形式。定向喷射时,要一边喷一边旋转后退,其方向不变,使固结体形成壁状;旋喷时一边喷射一边旋转后退,固结体形成柱状。

注浆压力应能克服浆液在注浆管内的阻力,把浆液压入隧道周边地层中,如有地下水时,其浆液压力尚应高于地层中的水压,但压力太高,因扰动围岩,浆液就会溢出地表或其有效范围之外,给周边结构带来不利影响,所以应严格控制注浆压力。

5.3.6 本条规定了施工质量控制的基本原则。由于定量上判断注浆效果在技术上是很困难的,所以可采用开挖取样和贯入试验等判断注浆效果。

隧道顶面建筑物较多,交通繁忙,地下各种管线纵横交错,一旦浆液溢出地面和有效注浆范围,就会危及建筑物或地下管线的安全,因此,注浆过程中,应经常观测,出现异常情况,应采取措施。

5.4 扩大盘加筋水泥土承载桩

5.4.1 扩大盘加筋水泥土桩锚结构复合地基是一种新的复合地基处理方法,首先是充分发挥桩间土的承载力,不足的部分由桩锚结构来承担。在水泥土桩锚结构施工时,在地下合适的土层中设置扩大盘,目的是充分利用桩间土的承载力形成桩土共同作用。由于扩大盘的设置,桩间土的承载力的发挥由不加盘的 15%~30%提高到 90%。本方法的优点是可以充分利用天然地基的承载力,且施工简便,无污染,无噪声。

5.4.5 单根扩大盘加筋水泥土桩锚结构竖向承载力特征值计算中,中间盘的竖向投影面积不包括桩体面积,即为圆环面积;底盘的竖向投影面积包括桩体面积,即为圆面积。

5.5 桩锚加筋材料拆除回收

5.5.1~5.5.5 对于支护工程使用寿命完成后,根据要求锚体中加筋体不允许留存在土体中时,可将锚体加筋体设计为无粘结承压型可回收锚杆,宜选用经检测检验的成熟技术。如热熔锚技术、U型锚索技术等,完成临时支护功能后即可将加筋体回收。

6 工程施工和监测

6.1 一般规定

6.1.13 本条考虑土层蠕变、预应力损失等因素,基坑支护有效使用年限不应超过设计要求,当超过设计使用期限时,应根据评估意见采取相应的措施。

6.2 技术要求

6.2.3 加筋水泥土桩锚支护工程施工时,相邻场地不得进行抽水作业。对砂土、粉土、黏性土,在水泥土桩锚施工完成 3d 后,方可进行抽水作业。对淤泥或淤泥质土,在水泥土桩锚施工完成 4d 后,方可进行抽水作业。需提前抽水作业或在有动水压力情况下施工的工程,注浆时应掺入速凝剂或早强剂。

6.2.4 可根据下列情况分别选用水泥掺量(按被加固土体质量计):

(1)当水泥土桩锚用于止水时,对粉砂、中砂、粗砂、松散砾砂和填土层,水泥掺量宜为 12%~15%;对可塑~流塑淤泥黏性土和粉土层,水泥掺量宜为 12%~13%。

(2)水泥土桩锚用于挡土时,对粉砂、中砂、粗砂或松散砾砂和填土层,水泥掺量宜为 12%~14%;对粉土、粉质黏土层水泥掺量宜为 13%~14%;对流塑可塑淤泥、淤泥质土层水泥掺量宜为 15%~18%。

(3)水泥土 28 天龄期的单轴无侧限抗压强度设计值应经试验确定。当无试验数据时,对水泥掺量为 15%的水泥土,可参照下列经验数据取值:砂土为 1.1MPa~2.0MPa;粉土为 0.6MPa~1.1MPa;黏性土为 0.5MPa~1.0MPa;淤泥质土为 0.4MPa~0.7MPa;

淤泥为 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 。

6.2.5 在水泥土初凝前,应及时按设计要求插筋。当插入钢管、型钢等刚性筋时,宜采用静压、振动挤压法和锤击法施工。

当采用门架式加筋水泥土桩锚支护结构时,应按测量的准确位置先施作竖向加筋水泥土桩墙,其次施作斜向加筋水泥土桩锚,最后施作桩锚连梁。

对水平咬合加筋水泥土拱棚结构,当采用旋喷法施工时,压力宜为 $20\text{MPa}\sim 30\text{MPa}$;当采用搅拌法施工时,压力宜为 $0.6\text{MPa}\sim 1.5\text{MPa}$ 。进退速度宜为 $0.45\text{m}/\text{min}$ 。

6.3 工程监测

6.3.2 筋水泥土桩锚结构工程的监测应注意下列事项:

(1)应检查支护结构的开裂及变形情况重点检查支护桩侧、支护墙面、主要支撑、连接点等关键部位情况及支护结构漏水情况。

(2)支护结构顶部的水平位移和垂直位移观测点应沿基坑周边布置,一般每边的中部和端部均应布置观测点,且观测点间距不宜大于 20m 。

(3)距基坑边不超过 $3H$ (H 为基坑开挖深度)的建(构)筑物,应观测其变位。

(4)围护结构、支撑或锚体的应力应变观测和轴力观测点应布置在受力较大且具有代表性的部位,观测点数量视具体情况而定。

(5)基坑周围地表沉降、地下水位、墙背土体深层位移、墙背土体的土压力和孔隙水压力的观测点等。应视工程具体情况确定观测点的数量。

(6)沉降观测基准点应设在基坑工程影响范围以外,一般距基坑周边不应少于 $5H$,也不应少于 $30\text{m}\sim 50\text{m}$,且数量不应少于 2 点。

7 工程验收

7.1 一般规定

7.1.1、7.1.2 加筋水泥土桩锚结构工程的验收按中间验收和竣工验收两个阶段进行。其中：

(1)加筋水泥土桩锚结构工程的中间验收一般包括以下文件：

1)水泥、钢筋、型钢、钢管、钢绞线等原材料的出厂合格证书、检测报告和进场验收记录；

2)水泥土试块，钢筋、型钢、钢管连接接头试件的检测报告；

3)钢绞线、锚具、夹具、千斤顶等机具的出厂合格证书和标定证书；

4)水泥土、加筋水泥土桩锚支护工程的施工作业记录(包括桩锚体位置、直径、长度、垂直度等几何尺寸记录，焊缝高度、长度、外观质量记录，加筋体数量、位置记录、节点制作记录等)和检验证书；

5)工程的阶段性监测报告；

6)工程重大问题处理记录。

(2)加筋水泥土桩锚结构工程的竣工验收，一般包括以下文件：

1)支护工程设计图纸和说明书，工程图纸会审记录，工程设计变更文件和签证书；

2)工程施工方案和施工组织设计文件及变更文件和签证书；

3)工程竣工图和竣工报告；

4)工程监理报告。

7.2 检验项目

7.2.1 本条规定了加筋水泥土桩锚结构工程检验的三个主控项

目。主控项目的检验是桩锚结构质量起决定性影响的检查项目。因此必须全部符合规定的工程验收标准。

(1)锚体的拉拔力是直接关系到工程安全十分重要检验项目,检验方法和抽样数量可按照现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 锚杆试验要点执行。

这项检验工作一般在桩锚结构正式施工之前进行,若检测结果与设计要求不符,按实际检测结果重新调整设计。

(2)桩锚体的注浆量同样也是重要的检验项目,如果注浆量不足将严重影响桩锚结构的自身强度以及与土体间的侧向摩阻力。检验方法为抽查水泥用量、注浆记录、注浆压力、水灰比。

(3)桩锚体的位移、结构内力及周边地表沉降是关系到桩锚结构工程实际效果的重要检验项目。检验内容包括位移、沉降和表面效果等。检验标准按国家现行标准、地方标准和建设方的特殊要求执行。

7.2.2 本条给出了加筋水泥土桩锚结构工程检验的一般项目的规定。水泥土加筋桩锚结构工程施工质量检查还包括其他内容:

(1)钢筋、钢绞线、型钢等品种、规格;焊缝长度和高度、焊缝外观和质量;桩位、孔深、孔径、垂直度;钢材安放位置等分项隐蔽工程应按国家现行有关标准进行检查验收和签证;

(2)各种节点构造、焊缝长度和高度,应符合国家现行有关标准和设计要求;

(3)锚具、夹具、千斤顶等机具出厂合格证书及机具标定证明书;

(4)水泥土桩、加筋水泥土桩锚支护、钢材等施工作业记录和检查证书;

(5)动态监测、钻芯取样等检测和试验记录。

7.3 合格判定

7.3.3 主控项目直接关系到桩锚结构的工程质量,如有不合格必

须逐个处理直至完全满足要求。一旦出现可能危及安全而无法挽救的严重情况,应果断采取有效措施处理。

一般项目不合格时,也要针对具体情况进行处理,直至达到80%以上满足要求。

7.3.4、7.3.5 条文提出了加筋水泥土桩锚结构施作完成后的具体验收要求和所要提交的资料。