

广 东 省 标 准

地下连续墙结构设计规程

Specification For Structure
Design of Diaphragm Walls

DBJ/T15—13—95

1995 广 州

广东省标准

地下连续墙结构设计规程

Specification For Structure Design of Diaphragm Walls

DBJ/T15--13--95

主编单位：华南理工大学

批准部门：广东省建设委员会

施行日期：1995年7月1日

1995 广 州

关于发布广东省标准 《地下连续墙结构设计规程》的通知

粤建定字 [1995] 031 号

各市建委（建设局），省直有关单位：

根据省建委粤建函 [1990] 122 号通知要求，华南理工大学会同有关单位编制的《地下连续墙结构设计规程》，经有关单位和专家会审通过。现批准《地下连续墙结构设计规程》为广东省标准，编号为 DBJ/T15—13—95，并就实施的有关问题通知如下：

一、本规程为推荐性地方标准，我省的地下连续墙工程设计均可执行。

二、本规程自一九九五年七月一日试行。试行过程中如有问题和意见，请函告省建委建筑经济处。

广东省建设委员会

1995 年 4 月 3 日

目 录

1	总则	(1)
2	主要符号	(2)
3	基本规定	(5)
3.1	功能要求与安全等级	(5)
3.2	岩土工程条件	(6)
3.3	材料	(8)
3.4	设计原则	(10)
3.5	检测与监测	(13)
4	侧向承载墙的结构设计	(15)
4.1	一般规定	(15)
4.2	侧向承载的计算	(20)
4.3	地下连续墙的连接	(26)
4.4	构造规定	(35)
5	竖向承载墙的结构设计	(37)
5.1	一般规定	(37)
5.2	竖向承载力计算	(39)
5.3	构造规定	(43)
6	地下连续墙的防渗设计	(46)
附录	本规程用词说明	(49)
附加说明		(50)
附件	广东省标准《地下连续墙结构设计规程》 DBJ/T15—13—95 条文说明	(51)

1 总 则

1.0.1 为了适应广东地区工程建设的需要,并在地下连续墙(以下简称地下墙)结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全适用、经济合理和技术先进,特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于现浇混凝土地下墙结构的设计。地下墙的宽(厚)度为600mm~1200mm,深度在50m以内,用作永久性挡土结构、临时性挡土结构、防渗墙、深基础或其它地下结构。

1.0.3 本规程是根据国家标准《建筑结构设计统一标准》GBJ68—84规定的原则制定的。符号、计量单位和基本术语按国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83—85的有关规定采用。

1.0.4 设计地下墙时,除应符合本规程外,尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GBJ9—87、《混凝土结构设计规范》GBJ10—89、《钢结构设计规范》GBJ17—88,以及广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15—3—91和《建筑地基基础施工及验收规程》DBJ15—201—91的有关规定。

2 主要符号

2.0.1 本规程采用的岩土参数、荷载、几何参数和计算系数等主要符号如下。

A_w — 地下墙墙体横截面面积(m^2);
 b — 墙截面宽(厚)度(mm);
 b_r — 矩形基坑的宽度(m);
 c — 土的粘聚力(kPa);
 c_k — 土的粘聚力标准值(kPa);
 c_u — 土的不排水抗剪强度标准值(kPa);
 d — 墙体深(高)度(m);
 d_0 — 基坑开挖深度(m);
 d_b — 地下墙入土深度($d_b = d - d_0$)(m);
 E — 材料的弹性模量(MPa);
 f_r — 岩石单轴抗压强度(MPa);
 G — 材料的剪切模量(MPa);
 h — 土层的厚度(m);
 h_r — 墙端嵌入基岩的深度(m);
 h_w — 地下水位至其下方某一点的深度(m);
 H — 地下墙墙体所承受的水头(m);
 i — 水力坡度;
 $[i]$ — 地下墙墙体的允许水力坡度;
 κ_w — 地下墙墙体渗透系数(m/y);
 K_a — 主动土压力系数;
 K_0 — 静止土压力系数;

K_p — 被动土压力系数;
 K_s — 基坑稳定安全系数;
 l — 地下墙长度(m);
 l_r — 矩形基坑的长边(m);
 N — 标准贯入试验锤击数标准值;
 N_c — 土体稳定系数;
 p_a — 主动土压力强度(kPa);
 p_0 — 静止土压力强度(kPa);
 p_p — 被动土压力强度(kPa);
 p_w — 静水压力(kPa);
 q — 地面均布荷载设计值(kPa);
 q_w — 墙端土(岩)承载力标准值(kPa);
 q_s — 墙侧土(岩)摩擦力标准值(kPa);
 Q — 墙顶所受的轴向力设计值(MN);
 R — 墙体竖向承载力设计值(MN);
 u_w — 墙体横截面周长(m);
 γ — 土的天然重度(kN/m^3);
 γ_0 — 基坑开挖深度 d_0 范围内土的加权平均重度(kN/m^3);
 γ_{sat} — 土的饱和重度(kN/m^3);
 γ_w — 水的重度(kN/m^3);
 γ' — 土的有效重度(kN/m^3);
 ν — 材料的泊松比;
 ξ_{rb} — 嵌岩墙的墙端承载力计算系数;
 ξ_{rs} — 嵌岩墙的墙侧承载力计算系数;
 φ — 土的内摩擦角($^\circ$);

φ —土的内摩擦角标准值(°);

φ' —土的有效内摩擦角(°)。

3 基本规定

3.1 功能要求与安全等级

3.1.1 按功能要求,地下墙可作为下列一种或兼作多种结构使用。

临时性挡土结构——在建筑物施工期间起挡土作用;

永久性挡土结构——在建筑物使用期间起挡土作用;

防渗结构——用以隔阻渗透水流、将水力梯度和渗流量控制在允许值之内;

竖向承载结构——用作深基础;

其它地下结构。

用作侧向承载结构的地下墙,称为侧向承载墙;用作竖向承载结构的地下墙,称为竖向承载墙;用作防渗工程的地下墙,称为防渗墙。

3.1.2 为满足功能要求,地下墙设计应具备下列基本资料。

3.1.2.1 建筑总平面图。图中应标明地下墙的拟建位置。

3.1.2.2 工程项目的基本情况。包括结构类型和布置,荷载的大小、分布和性质,使用功能或生产工艺的要求等。

3.1.2.3 工程地质勘察资料。所提供的地质勘察资料应符合本规程 3.2.3 条规定。

3.1.2.4 地震设防烈度。应按国家规定的权限审批颁发的文件(或图件)确定。

3.1.2.5 建筑场地与环境条件。包括原有地下管线、地下

构筑物 and 邻近建筑物、设备以及水电源、泥浆排泄条件等各种可能影响施工或受到本工程影响的情况。

3.1.3 各类工程建设中的永久性地下墙的安全等级应与其主体结构相一致。临时性挡土或处于临时挡土期间的永久性地下墙的安全等级，可按其重要性，使用期限和破坏所造成后果的严重程度，考虑是否适当降低其安全等级。

3.1.4 用作地下室（洞）外墙的地下墙，墙体的防渗要求应优先采用密实混凝土自防渗方案，并根据允许水力梯度确定混凝土抗渗标号。

3.1.5 对有抗震设防要求的地下墙，应按地震设防烈度进行抗震设计，并在执行本规程 4~6 各条的有关规定时，考虑地震作用的影响。

3.1.6 用于人防工程的地下墙（地下室外墙）的设计，应根据所要求的人防等级，采用有关规范的规定，并在执行本规程 4~6 各条的有关规定时，考虑爆炸作用的影响。

3.2 岩土工程条件

3.2.1 根据建筑场地特征与地基岩土特征进行场地条件和地基岩土条件类别的划分，应按广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15—3—91 表 2.0.2 执行。

3.2.2 地基岩土的分类和特性，应按广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15—3—91 的规定执行。

3.2.3 在地下墙设计之前，应根据其功能要求、安全等级和

设计阶段的需要，明确提出岩土工程勘察的要求，勘察要求应符合下列规定。

3.2.3.1 钻孔的数量和深度。应沿地下墙的主要轴线和结构的重要部位布置技术钻孔或其它钻孔，钻孔的深度应满足本规程 5.1.3~5.1.6 条选择墙体入土深度或墙端持力层的要求。

3.2.3.2 地基岩土计算参数应按下列要求确定。

(1) 对安全等级为一、二级的建筑物，同一土、岩层的原状试样各不应少于 6 组（个），每项原位测试的数据各不应少于 6 个，并应对某些重要指标和计算参数进行统计计算，以确定其平均值和标准值。

(2) 岩石地基应进行岩石单轴抗压强度试验。其试验方法应按照国家标准《建筑地基基础设计规范》GBJ7—89 附录九执行，试件直径为 50mm，高度为 100mm，但试件可采用天然湿度的岩样。

(3) 确定土的抗剪强度指标的试验方法。对砂土应进行标准贯入试验，并根据标准贯入试验锤击数的标准值 N_k 估计其密实度和内摩擦角；对饱和粘性土和粉土，应根据土层的固结排水条件，采用无侧限抗压强度试验或三轴仪不固结不排水试验、十字板剪切试验，以确定其不排水抗剪强度标准值 c_u ，或采用直剪仪固结快剪试验（或三轴仪固结不排水剪切试验），以确定其内摩擦角标准值 φ_k 和粘聚力标准值 c_k 。必要时则应确定其有效内摩擦角标准值 φ' 和有效粘聚力标准值 c' 。

(4) 当工程的分析和设计需要时，尚应进行土的静止侧

压力系数、土的应力—应变关系、土的侧向或竖向压力—位移关系比例系数（水平或竖向基床系数）等项目的试验。

3.2.3.3 有关地下埋藏条件的资料和水质化学分析报告。

3.2.3.3 当建筑物场地存在厚度较大的软弱土层时，为改善土质条件，提高土的抗剪强度，增加土体稳定性，宜考虑采用有效、经济的方法对软弱土层进行处理。

3.3 材料

3.3.1 地下墙墙体混凝土的强度应满足设计要求，并应根据地下墙的使用功能和所处的环境条件，分别满足抗渗性和抗侵蚀性的要求。

3.3.1.1 墙体混凝土的强度等级不应低于 C20，必要时可采用较高的强度等级。施工时混凝土的强度应提高一级配制，但临时性挡土墙可不受此限制。

3.3.1.2 混凝土的强度设计值应按照国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 执行。

3.3.1.3 混凝土抗渗和抗侵蚀性的要求，可按 6.0.5 条执行。

注：用于水工、港工的地下墙，其混凝土强度设计值以及抗渗和抗侵蚀性要求，尚应分别符合水工、水运专业混凝土结构设计规范的要求。

3.3.1.4 当地下水具有侵蚀性时，应选用合适的抗侵蚀性水泥；如所采用的水泥不能满足抗侵蚀性要求，则应进行专

门的试验并采用有效的抗侵蚀防护措施。

3.3.2 地下墙的混凝土拌和物质应符合下列规定。

3.3.2.1 水泥宜选用普通硅酸盐水泥或矿渣水泥，其用量不宜少于 $370\text{kg}/\text{m}^3$ 。但用作临时性挡土结构时可不受此限制。

3.3.2.2 粗骨料的粒径不得大于 30mm；细骨料宜采用级配良好的中砂至粗砂。

3.3.2.3 水灰比不得大于 0.6。

3.3.2.4 坍落度宜为 180~210mm。

3.3.3 混凝土采用外加剂时，应根据试验确定其适用性能和掺入量，并应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ119—88 的规定。如采用木质素作外加剂，其掺入量可为 0.1~0.2%。

3.3.4 混凝土地下墙的受力钢筋宜采用带肋钢筋，钢筋的强度设计值应按照国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 执行。

3.3.5 永久性混凝土地下墙的竖向带肋钢筋，其握裹力设计值可取混凝土 28d 龄期立方体抗压强度标准值的 7.5%，光圆钢筋的握裹力设计值可取混凝土该立方体抗压强度标准值的 4%，临时性地下墙的混凝土钢筋握裹力可取永久性地下墙相应值的 1.5 倍。

3.3.6 地下墙的钢筋笼和预埋钢件的焊接应符合国家标准《钢结构设计规范》GBJ17—88 和行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18—84 的有关规定。

3.4 设计原则

3.4.1 地下墙的设计方案,应尽可能具备多种使用功能,并经技术经济比较确定,以达到合理设计和降低工程总造价的要求。

3.4.2 地下墙结构设计应采用极限状态设计方法,并应满足下列要求。

3.4.2.1 地基承载力和稳定性应符合下列规定。

(1)如侧向承载墙所产生的侧向位移不受严格限制时,可允许墙侧部分土体到达极限平衡状态。

(2)在基坑开挖期间,对于防止基坑土体剪切破坏和丧失稳定性方面,应具有足够的安全性。

(3)侧向承载墙应具有抗倾覆和抗滑动的稳定性。

(4)在基坑开挖期间,应满足抗渗稳定性要求,防止流砂或管涌等现象发生。

(5)竖向承载墙应进行地基承载力验算。

3.4.2.2 地基变形应符合下列规定。

(1)侧向承载墙的侧向位移不超过该项工程所要求的限定值。同时作为竖向承载墙或墙外有重要地下设施的地下墙,宜进行墙体侧向位移的计算和监测,以免影响墙体的竖向承载能力和周围环境;

(2)当地基持力层为强风化软质岩石层时,竖向承载墙应进行地基沉降计算,以免影响房屋或结构物的使用功能和

外观。

3.4.2.3 墙体和支撑(或锚定、下同)构件的强度和刚度应符合下列规定。

(1)地下墙墙体对于所承受的侧向荷载和竖向荷载,必须具有足够的强度和刚度,必要时尚应进行墙体抗裂度和裂缝宽度的验算。

(2)地下墙的支撑体系,应进行合理的布置,支撑构件应具有足够的强度和刚度。

3.4.3 地下墙墙体的结构设计,应根据其安全等级、场地条件和地基岩土条件的类别、结构特点和功能要求,确定其结构型式、平面布置、墙体宽度和埋置深度以及单元(槽段)形状和长度,并按各施工阶段和使用阶段实际情况,分别对下列有关项目进行相应的计算。

3.4.3.1 荷载及其组合。

3.4.3.2 墙体和支撑构件的内力及其强度。

3.4.3.3 墙体和支撑构件的变形。

3.4.3.4 基坑土体的稳定性。

3.4.3.5 地基的承载力和稳定性。

3.4.3.6 墙体沉降。

3.4.3.7 抗渗、抗侵蚀等其它项目。

3.4.4 作用在地下墙墙体上的荷载应按下列要求进行组合。

3.4.4.1 施工期间组合:采用施工期间地下墙所承受的重力、基坑开挖各阶段的土压力、水压力和其它在施工期间出现的可变荷载进行组合。

3.4.4.2 使用期间基本组合:采用使用期间出现的永久荷

载（包括墙体所受的重力、上部荷载、土压力、水压力、扬压力）和其它较常出现的可变荷载进行组合，作为永久性地下墙的设计依据。

3.4.4.3 偶然组合：确定作用于地下墙的偶然荷载，进行荷载效应的偶然组合，作为设计校核的依据。

3.4.5 计算土体和水体的重力设计值时，取分项系数为1.0。

3.4.6 地下墙的入土深度（从开挖面以下算起）应同时满足下列可能出现的各项要求。

3.4.6.1 满足墙体平衡条件的需要，防止墙体产生整体倾覆、滑动而丧失稳定性。

3.4.6.2 防止基坑底部土体丧失其整体稳定性，并防止地基土体产生流砂或管涌等事故。

3.4.6.3 符合作为竖向承载结构的墙端持力层的需要，以满足地基承载力验算和变形验算条件。

3.4.6.4 满足抗渗稳定性条件。

3.4.6.5 满足使用等其它要求。

3.4.7 根据工程的特点和要求，在地下墙的结构设计中应选用合理的槽段连接（接头）形式和墙体与主体结构构件的连接形式。

3.4.8 兼作多种功能使用的地下墙，应同时按本规程4~6各条的相应规定进行设计。

3.4.9 在地下墙结构设计中应考虑地下墙工程在施工期间和使用期间与场地周围和环境条件的相互影响，防止影响施工作业或危害邻近建筑（包括地下结构、地下管线等设施）事

故的发生。

3.5 检测与监测

3.5.1 地下墙工程的施工质量应符合广东省标准《建筑地基基础施工及验收规程》DBJ15—201—91的规定，对所用的原材料、钢筋笼制作、混凝土配制和灌注、预埋件设置以及对墙顶中心线、墙体侧面平整性和垂直度、槽段接缝质量等方面均应进行常规检查。留置的混凝土试块的强度应按本规程3.3.1.1条规定的强度等级进行合格性评定；成墙后的混凝土强度，应达到相应的设计强度。

3.5.2 用作永久性挡土、临时性挡土或同时兼作竖向承载结构的地下墙，在基坑开挖期间，一般应进行墙顶侧向位移的监测和开挖过程挠曲情况的常规检查，防止墙体的变形超过限定值。对于安全等级为一级、场地条件或地基岩土条件属一类的地下墙工程、或设计对墙体位移、内力有严格要求（包括环保要求）的地下墙工程，应对墙体进行认真检测或监测，并根据检测或监测资料，考虑重新进行分析与验算，或采取必要的工程措施。墙体、支撑和土体的检测工作应包括以下各项内容。

3.5.2.1 墙侧土压力的大小和分布。

3.5.2.2 墙体的侧向位移和支撑的变形。

3.5.2.3 墙体和支撑的应力。

3.5.2.4 土体的位移（基坑外的地面沉降，分层土体沉

降、坑底土体的回弹以及对坑底土体丧失整体稳定性的预测)。

必要时,尚应对可能受到影响的邻近建筑或地下设施进行观测。

3.5.3 竖向承载墙的墙体完整性、强度(或弹性模量)和槽底沉碴,可采用钻孔取芯、埋管超声波或其它有效方法进行检测。检测点的数量和部位应由建设、设计、施工及质检(质监)等单位共同研究确定。设计时可对成墙后的墙端沉碴量提出明确要求(浇灌混凝土前的槽底沉碴不得大于100mm),以作为按检测结果评价槽段施工质量的依据。

3.5.4 当必须确切评价墙体的承载力或变形特性时,应进行现场墙体竖向或侧向静载荷试验。

3.5.5 竖向承载墙应在施工期间和使用期间进行沉降观测。设计时应提出包括沉降观测点布置、观测次数和时间间隔等内容的观测要求。

3.5.6 用于地下墙工程检测和监测的仪器设备和测试方法应力求系统、可靠和完整,以便对各项测试成果进行校核与验证。所有测试工作和成果应达到设计要求的精度。

4 侧向承载墙的结构设计

4.1 一般规定

4.1.1 地下墙的厚(宽)度,除应满足强度条件外,尚应考虑施工条件和地基岩土特性等因素的影响,一般可采用600~1200mm。

4.1.2 地下墙的平面布置可采用直线形、折线形和多边形等形状。

4.1.3 地下墙单元墙段(槽段)的形状,应根据整体平面布置、受力特点、地基条件和施工要求等因素确定。常用的槽段平面形状有一字形、L形和T形等。

4.1.4 地下墙单元墙段的长度,应根据墙体布置、结构型式、埋置深度、地基和地下水条件以及施工因素(吊运的钢筋笼重量和刚度、混凝土供应能力及其浇灌连续性等)综合确定。单元槽段的长度,一般可采用4m~6m,条件较好者可取7m。但对可能坍塌的高含水量的淤泥、细砂等地基,其长度则应适当减少。

4.1.5 当地下水位变动频繁或槽孔可能发生坍塌时,应对槽壁进行稳定性验算,必要时尚应进行成槽试验。

4.1.6 用作永久性或临时性挡土结构的地下墙,可采用不同的结构型式。按其受力和支承情况,可分为悬臂式(自立式)、支撑式(图4.1.6—1)、锚定式(图4.1.6—2)、格形重力式(图4.1.6—3)和竖井式地下墙;按其与主体结构结合的方式

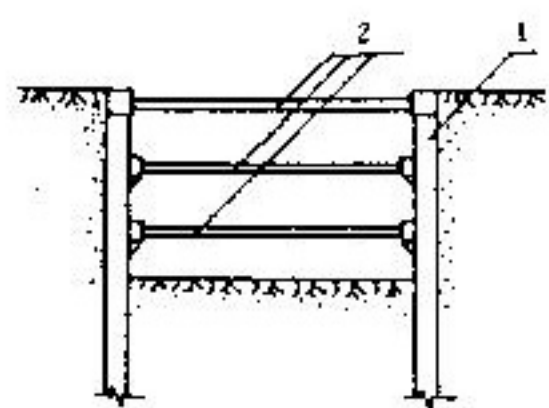
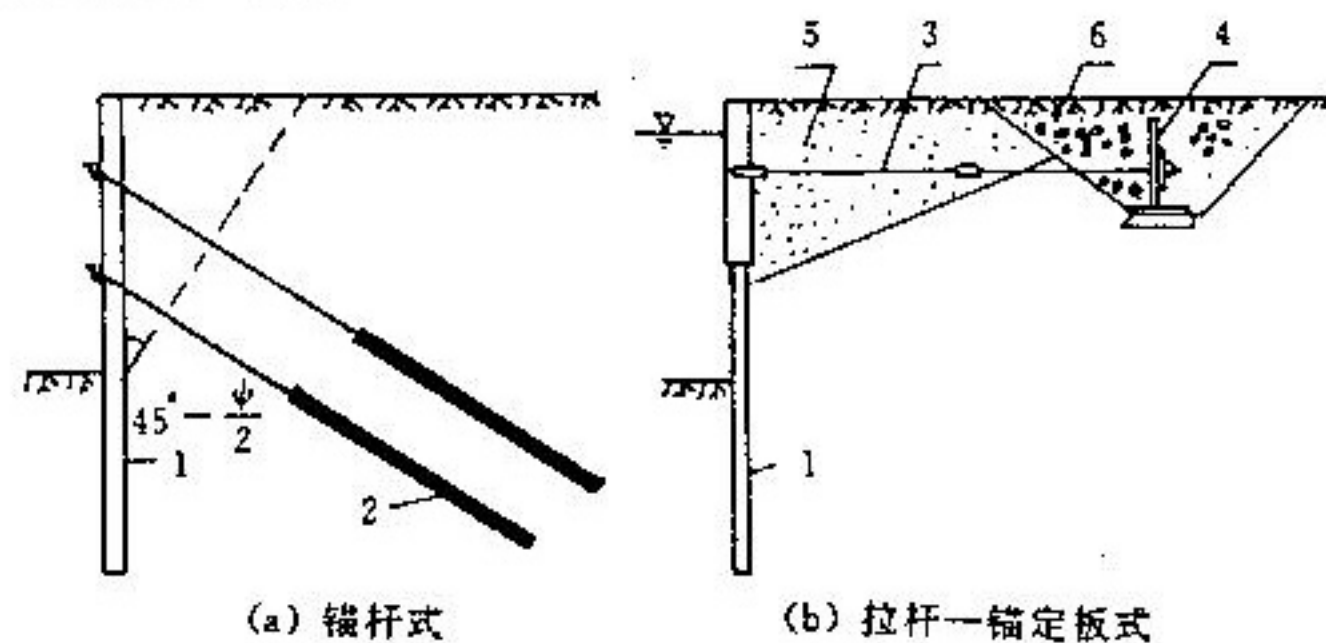


图 4.1.6—1 支撑式地下墙

1—地下墙；2—支撑

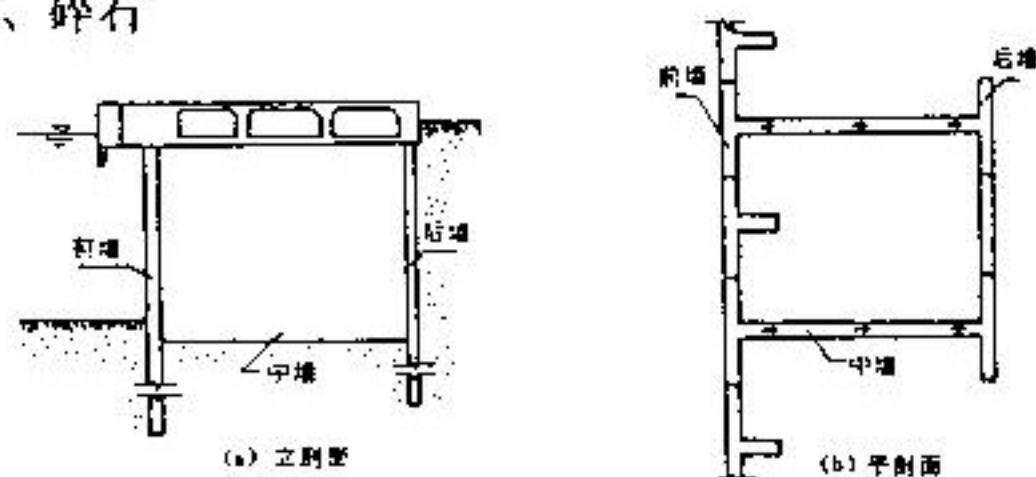


(a) 锚杆式

(b) 拉杆—锚定板式

图 4.1.6—2 锚定式地下墙

1—地下墙；2—锚杆；3—拉杆；4—锚定板；5—中粗砂填料；6—块石、碎石

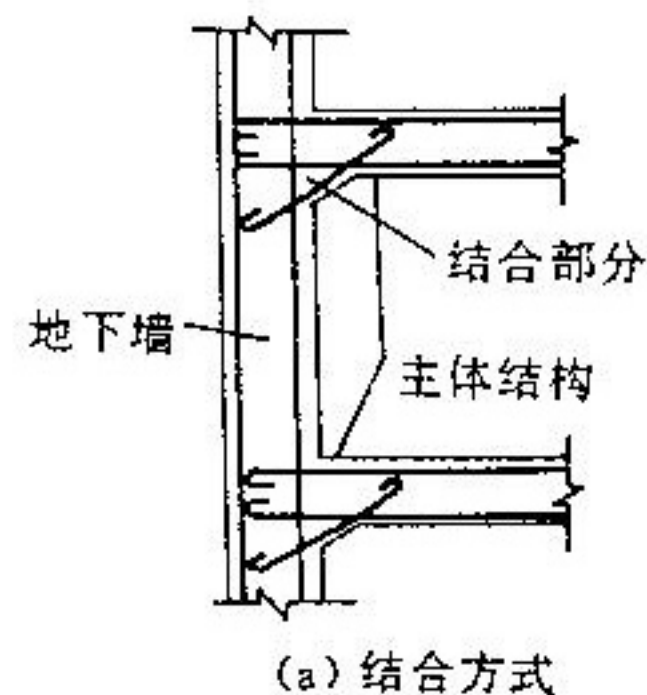


(a) 立面图

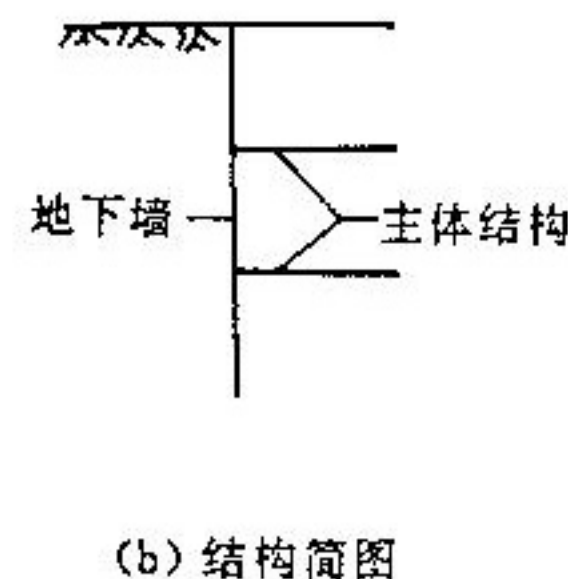
(b) 平面图

图 4.1.6—3 格形重力式地下墙

式，可分为单层式（图 4.1.6—4）、分离式（图 4.1.6—5）、叠合式（图 4.1.6—6）和复合式地下墙（图 4.1.6—7）。

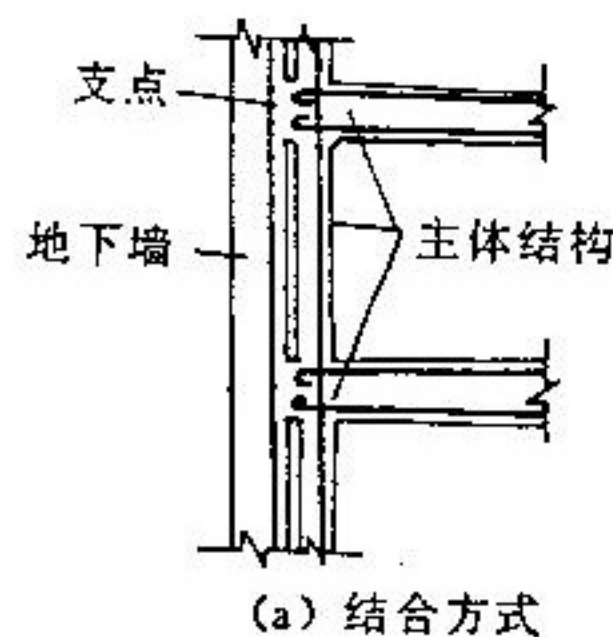


(a) 结合方式

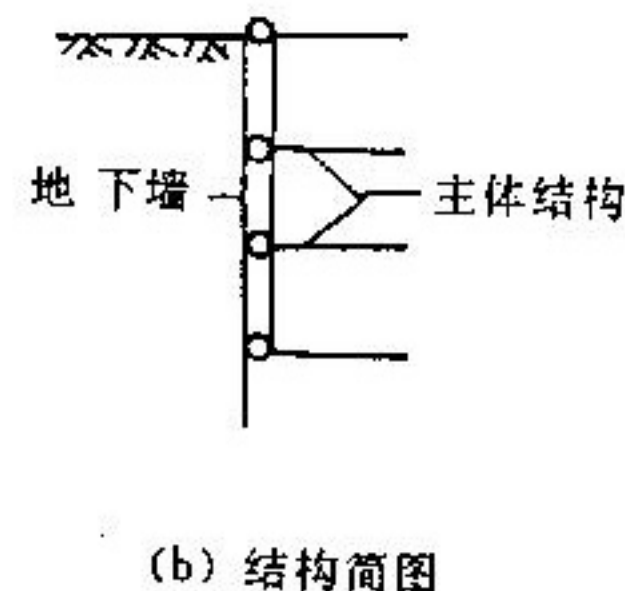


(b) 结构简图

图 4.1.6—4 单层式地下墙



(a) 结合方式



(b) 结构简图

图 4.1.6—5 分离式地下墙

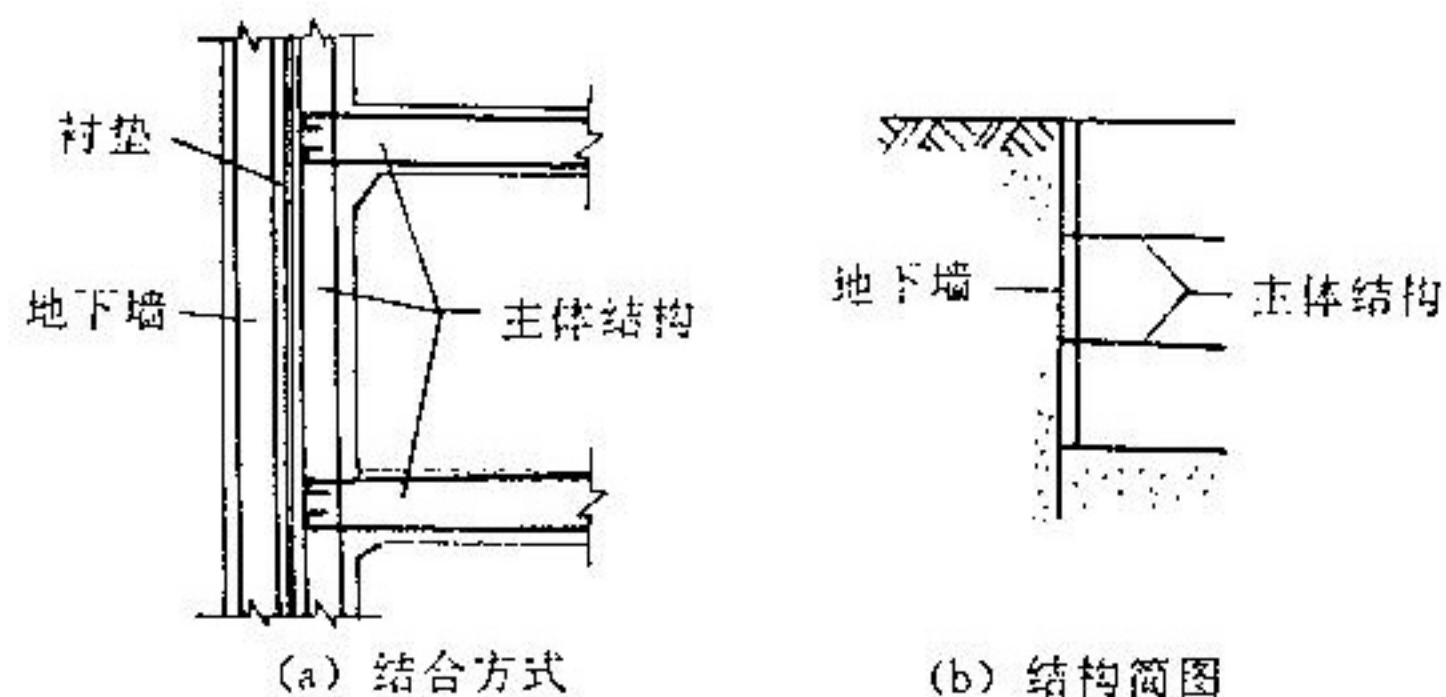


图 4.1.6—6 叠合式地下墙

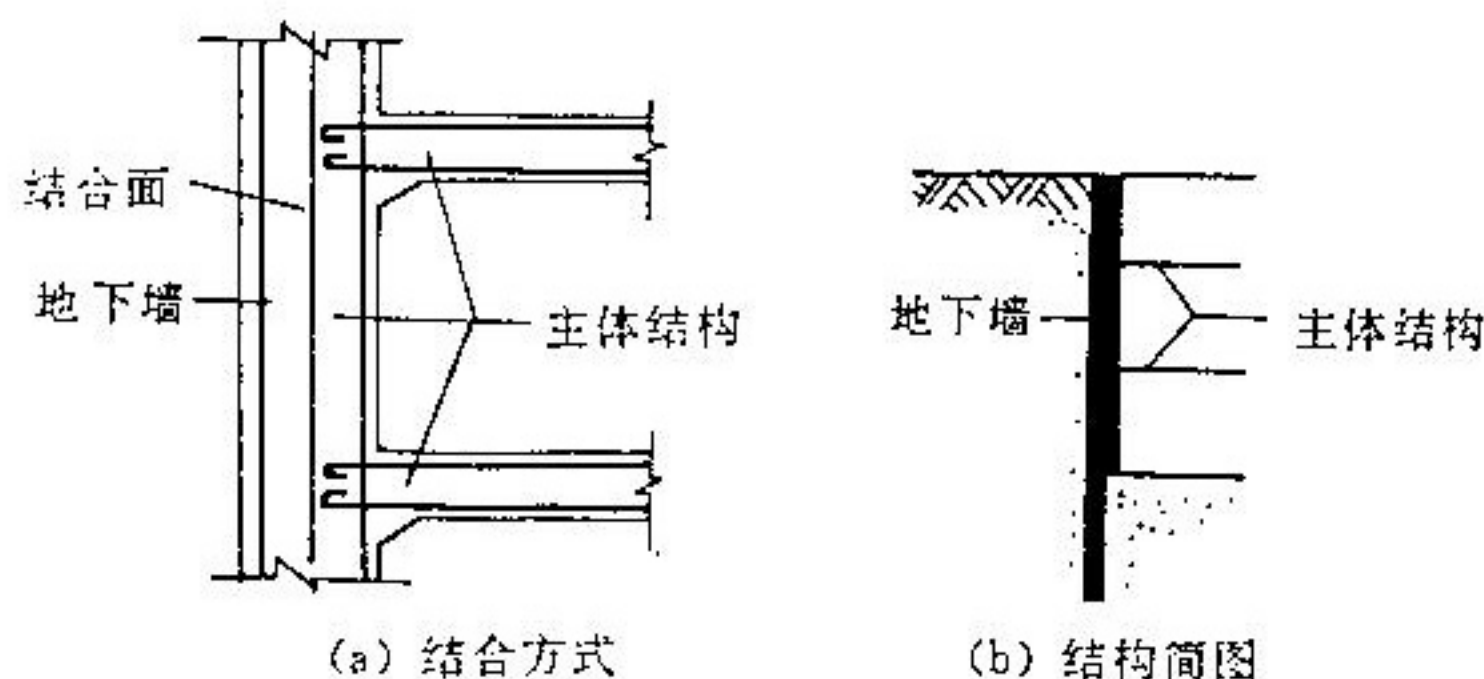


图 4.1.6—7 复合式地下墙

4.1.7 支撑式地下墙的支撑数量和位置应通过计算确定。在基坑开挖过程中，应及时设置支撑，并注意其工作状态，防止支撑过量变形或丧失稳定。当墙侧存在高含水量且层厚大的淤泥和淤泥质土时，应加强墙体顶部支撑和以下各道支撑的刚度，以减少墙体在整个开挖过程的侧向位移及对邻近建筑和地下设施的不利影响。

4.1.8 锚定式地下墙可采用锚杆或锚定板加以锚定，锚杆和锚定板的布置和尺寸应通过计算确定。设计时应考虑锚杆设置过程和使用期间锚拉力的变化和墙体的变形。施工时作用于锚杆的预应力应通过实测确定，以免锚拉力不足或过大而使墙体过分内倾或外移。如基坑敞露时间较长、锚拉力损失较多时，可对锚杆进行第二次张拉。

4.1.9 单层式地下墙与主体结构的结合应牢固，其连接处的受力钢筋应有效锚固，混凝土应密实，以防止接头部分强度降低或漏水。必要时尚应验算地下墙传递主体结构荷载的能力。

4.1.10 分离式地下墙的外壁（地下墙）可不考虑承受主体结构荷载的作用，其与主体结构结合处可作为地下墙的支撑点。

4.1.11 叠合式地下墙的外壁（地下墙）与主体结构侧墙（内壁）之间应平整贴合，贴合面可填衬垫材料，贴合处不考虑传递剪力。内外壁的内力可按其截面（刚度）的比例进行分配。

4.1.12 当复合式地下墙的内外壁结合成整体、且能传递剪

力时,墙体计算厚度取内外壁之和,并对整体结构进行内力计算。如内外墙结合的性能或施工质量达不到要求时,可将外壁厚度以及整体厚度折减,再进行内力计算。

4.1.13 挡土地下墙应按本规程 3.4.1、3.4.2 和 3.4.3 条的规定,分别对施工过程中各个阶段和使用期间进行相应项目的分析或计算,并根据给出的墙体内力包络图验算墙体承载力。

4.2 侧向承载的计算

4.2.1 作用在地下墙上的侧向荷载,可取每延长米或一个槽段作为计算单元,并根据各施工阶段和使用期间可能同时出现的最不利情况,按本规程 3.4.4 条要求进行施工期间组合、使用期间基本组合和偶然组合的计算。

4.2.2 地下墙上的侧向荷载应包括土压力和水压力等。计算时应根据各不同期间墙体和土体位移的可能情况、支撑体系的布置与刚度以及施工程序,确定土压力的计算图式。作用于墙侧的静止土压力、主动(或被动)土压力可分别按本规程 4.2.3 和 4.2.4 条的规定计算不同土层的各点土压力强度,并沿高度计算其土压力。当土压力的计算图式难以确定时,可通过土—地下墙的相互作用分析(满足平衡条件和变形协调条件)解决。

4.2.3 静止土压力的计算方法和适用条件应符合下列规定。

4.2.3.1 墙侧静止土压力强度可按式(4.2.3—1)计算。

$$p_0 = K_0 q + K_0 \sum \gamma' h \quad (4.2.3-1)$$

式中 p_0 —计算点处的静止土压力强度(kPa);

K_0 —相应土层的静止土压力系数,宜由试验直接测定。无试验资料时,可按经验公式 $K_0 = 1 - \sin \phi$ 计算;

ϕ —土的有效内摩擦角($^\circ$);

q —地面均布荷载(kPa);

γ' —计算点以上各土层的有效重度(kN/m³);

h —计算点以上各土层的厚度(m);

4.2.3.2 符合下列情况之一时,墙侧土压力应按静止土压力考虑。

(1) 处于基坑开挖初始状态的地下墙。

(2) 按市政环境要求,必须严格控制侧向位移的地下墙;或在基坑开挖过程中已采取了有效的加强措施,能够严格控制侧向位移的地下墙。

(3) 墙侧为高含水量淤泥和淤泥质土的地下墙(临时性的悬臂式地下墙除外)。

(4) 结构的整体刚度大且平面呈封闭状(格形重力式或圆环式、竖井式等)的地下墙。

(5) 建筑物使用期间的外围地下墙。

4.2.4 地下墙墙侧主动土压力与被动土压力的计算方法和适用条件应符合下列规定。

4.2.4.1 墙侧主动土压力强度与被动土压力强度可分别按式(4.2.4—1)与(4.2.4—2)计算:

$$p_a = qK_a + (\sum \gamma h)K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (4.2.4-1)$$

$$p_p = qK_p + (\sum \gamma h)K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (4.2.4-2)$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (4.2.4-3)$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2) \quad (4.2.4-4)$$

式中 p_a —计算点处的主动土压力强度(kPa),在基坑开挖深度范围内,如 $p_a < 0$ 时,取 $p_a = 0$;

p_p —计算点处的被动土压力强度(kPa);

K_a —相应土层的主动土压力系数;

K_p —相应土层的被动土压力系数;

c —相应土层的粘聚力(kPa),对无粘性土,取 $c = 0$;

φ —相应土层的内摩擦角($^\circ$)。

4.2.4.2 当允许墙体和土体向开挖面(划临空面)产生侧向位移时,墙背土压力可按主动土压力考虑;只有当墙体位移量足够大时,墙体前的土体抗力才能按被动土压力考虑。

4.2.5 当无渗流时,静水压力强度可按式(4.2.5)计算:

$$p_w = \gamma_w h_w \quad (4.2.5)$$

式中 p_w —计算点处的静水压力强度(kPa);

γ_w —水的重度,可取 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$;

h_w —地下水位至计算点处的深度(m)。

注:当有渗流时,尚应计算渗透水压力。

4.2.6 地下墙墙体和支撑的内力、位移的分析与计算,应根据地下墙结构型式、支承条件、受力状态和地基岩土特性,按下列方法之一进行计算。

4.2.6.1 简化法。计算墙后主动土压力和开挖面以下的墙前被动土压力,视支撑为不动铰支座,并在开挖面以下按经

验确定零弯矩点位置或设置墙体假想支点,根据静力平衡条件,对某一开挖阶段进行分析,解出所需的地下墙的入土深度、墙体(竖向梁)和支撑的内力。简化法仅适用于初步选择墙体和支撑的截面。

4.2.6.2 基床系数法。根据墙体可能产生侧向位移的性质和大小,确定墙侧土压力的计算图式,并按本规程4.2.3和4.2.4条规定计算开挖深度范围内的墙后土体和水体压力。墙体入土深度部分则采用水平基床系数表达墙体与土相互作用下土的侧向位移与侧压力的关系。考虑支撑刚度的影响和各阶段开挖后墙体已发生的位移解出各阶段墙体的位移和内力。这类方法可用于一般地下墙工程的结构分析。

4.2.6.3 其它分析法。以某种应力—应变关系反映土(岩)体的力学性状,将墙体(梁、板、壳)和土(岩)体视作连续体或加以离散化,考虑墙体与土(岩)体的相互作用和支撑刚度的影响,从初始(静止)应力状态出发,模拟基坑开挖过程,逐步解出墙体和土(岩)体各阶段的位移和应力。这类方法可用于复杂地下墙工程的结构分析和估计地下墙工程对周围环境的影响。

4.2.7 悬臂式挡土墙应按本规程3.4.3至3.4.6条中有关规定进行计算。进行墙体内力和位移计算时,应根据侧向位移的可能情况确定开挖面(或临空面)以上的墙背土压力的计算图式。开挖面以下的墙侧土压力可按基床系数法计算;当初步确定墙体内力时也可按简化法计算。根据对墙体承载力和刚度的验算以校核所确定的墙体入土深度。

4.2.8 支撑式或锚定式地下墙应按本规程3.4.3至3.4.6

条中有关规定分别按施工阶段和使用期间（永久性挡土结构）采用基床系数法进行计算。

4.2.9 格形重力式和竖井式地下墙应按本规程 3.4.3 至 3.4.6 条中有关规定进行计算。墙体内力可按线弹性地基中的空间结构采用基床系数法计算。此外，尚应验算各单元墙段竖直刚性接头的强度。

4.2.10 地下墙与主体结构结合成整体时，可根据地下墙与主体结构结合的性能进行内力计算，地下墙墙体所能承受的剪力可按式（4.2.10）计算。

$$V_{wi} = \frac{D_{wi}}{\sum D_t + \sum D_w + \sum D_{inrw}} V \quad (4.2.10)$$

式中 V_{wi} —所计算的地下墙墙体承受的剪力设计值；

V —作用在各地下墙与主体结构的总剪力设计值；

D_{wi} —所计算的地下墙墙体沿剪力作用方向的抗剪刚度；

D_t —主体框架结构的抗剪刚度；

D_w —各地下墙沿剪力作用方向的抗剪刚度；

D_{inrw} —主体内墙结构沿剪力作用方向的抗剪刚度；

4.2.11 地下墙的墙体强度计算，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 执行。

注：用于水工、港工的地下墙，墙体强度计算应分别符合水工、水运专业混凝土结构设计规范要求。

4.2.12 处于侵蚀性和温度升降变化剧烈环境的地下墙，当使用期间不允许出现裂缝或限制裂缝开展时，应进行抗裂或裂缝宽度的计算。裂缝开展宽度的允许值应根据结构物的等

级确定。

4.2.13 地下墙墙端的入土深度（从开挖面算起）应同时满足下列要求。

4.2.13.1 墙体抗倾覆的稳定性验算。验算时应根据地下墙的不同结构型式采用合理的计算方法，或根据本规程 4.2.7 或 4.2.8、4.2.9 条的计算结果确定墙端入土是否满足稳定性和变形的要求

4.2.13.2 设置单道或多道水平支撑的地下墙，当基坑开挖至饱和粘性土或粉土时，基坑的整体稳定性可按式（4.2.13—1）进行验算：

$$K_s = \frac{c_u(N_c + 2ad_b/b_r)}{\gamma_0 d_0 + q} \quad (4.2.13-1)$$

式中 K_s —基坑稳定安全系数，一般取 1.1~1.2；

c_u —不排水抗剪强度（kPa）；

α —附着力系数，对软土取 1.0；

γ_0 —基坑开挖深度内各土层的加权平均重度（kN/m³），地下水位以下取饱和重度；

d_0 —基坑开挖深度（m）；

d_b —墙端入土深度（m）；

q —地面均布荷载（kPa）；

b_r —基坑底面宽度（m）；

N_c —基坑土体稳定系数，与墙深（ $d=d_0+d_b$ ）、基坑宽度 b_r 和基坑平面形状有关，可按图 4.2.13 确定。当基坑平面呈矩形（长边为 l ）时， N_c 按下式取值：

$$N_{c, \text{矩形}} = (0.84 + 0.16 \frac{b_r}{l}) N_{c, \text{方形}} \quad (4.2.13-2)$$

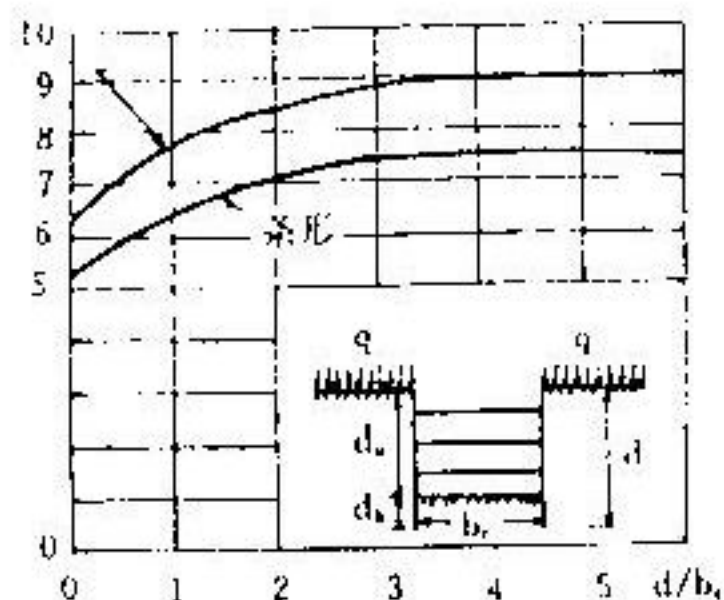


图 4.2.13 基坑土体稳定系数

4.2.14 地下墙的抗渗稳定性验算可参照本规程 6.0.5 条的规定进行。

4.3 地下连续墙的连接

I 槽段的接头

4.3.1 地下墙各单元墙（槽）段可采用竖直非刚性接头或刚性接头连接。非刚性接头适用于地下墙段之间的非整体式连接，而刚性接头则将各单元墙段连接成整体。地下墙设计时应根据墙体受力、变形和防渗等要求以及工程地质条件与施工条件确定单元墙段的接头型式。

4.3.2 非刚性接头不传递墙体内力，可兼作沉降缝或伸缩缝。成墙时的接头可采用接头管（铰接型）、双反弧接头段

（榫接型，图 4.3.2）或打接头段（搭接型）等型式进行。

地下墙的非刚性接头，可在两个相邻墙段的接头部位设置竖直止水带等装置，以满足接头处止水防渗的要求。

4.3.3 采用竖直非刚性接头连接的地下墙，应在墙顶处设置现浇钢筋混凝土顶梁与墙体顶部连接。顶梁高度不宜小于

500mm，宽度应大于或等于墙厚。顶梁的水平钢筋应通长配置，直径不宜小于 16mm，箍筋直径不宜小于 10mm。地下墙的竖直钢筋应按锚固要求伸入顶梁内。

4.3.4 地下墙各单元墙段（槽段）之间必须传递部分和全部内力时，应设置刚性接头。常用的刚性接头型式有十字型穿孔钢板接头（图 4.3.5）和带单侧 U 型锚筋的 I 型钢板接头（图 4.3.6）等。

4.3.5 十字型穿孔钢板的抗剪承载力设计值，可按式（4.3.5--1~3）计算：

$$V < 0.902V'_e \exp(-0.3293T/V) \quad (4.3.5-1)$$

$$V'_e = 126.5A + 1.045f_c A' \quad (4.3.5-2)$$

$$V \leq A_0 f_c \quad (4.3.5-3)$$

式中 V — 接头的受剪承载力设计值 (MN)，对抗裂设计或极限设计应分别具有相当于安全系数为 3 或 2 的安全储备；

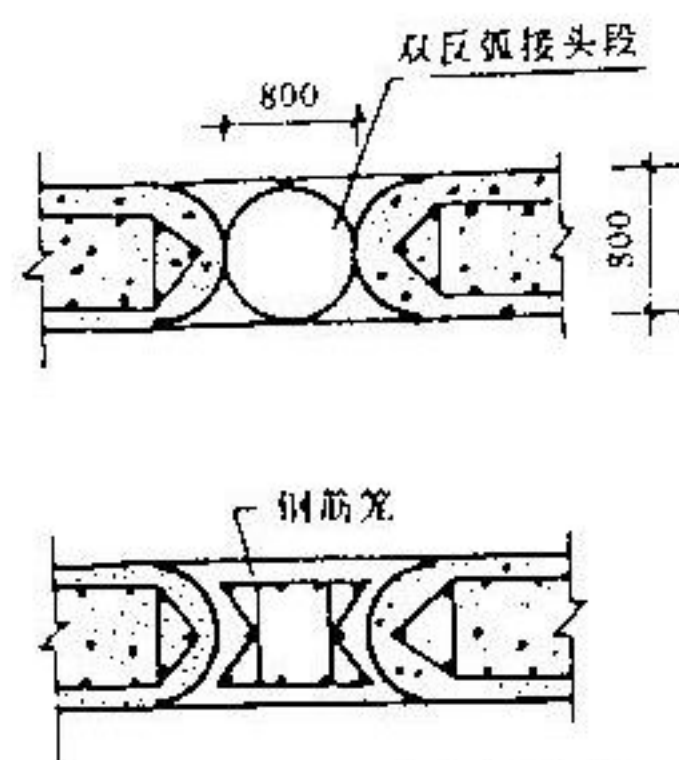


图 4.3.2 双反弧接头段

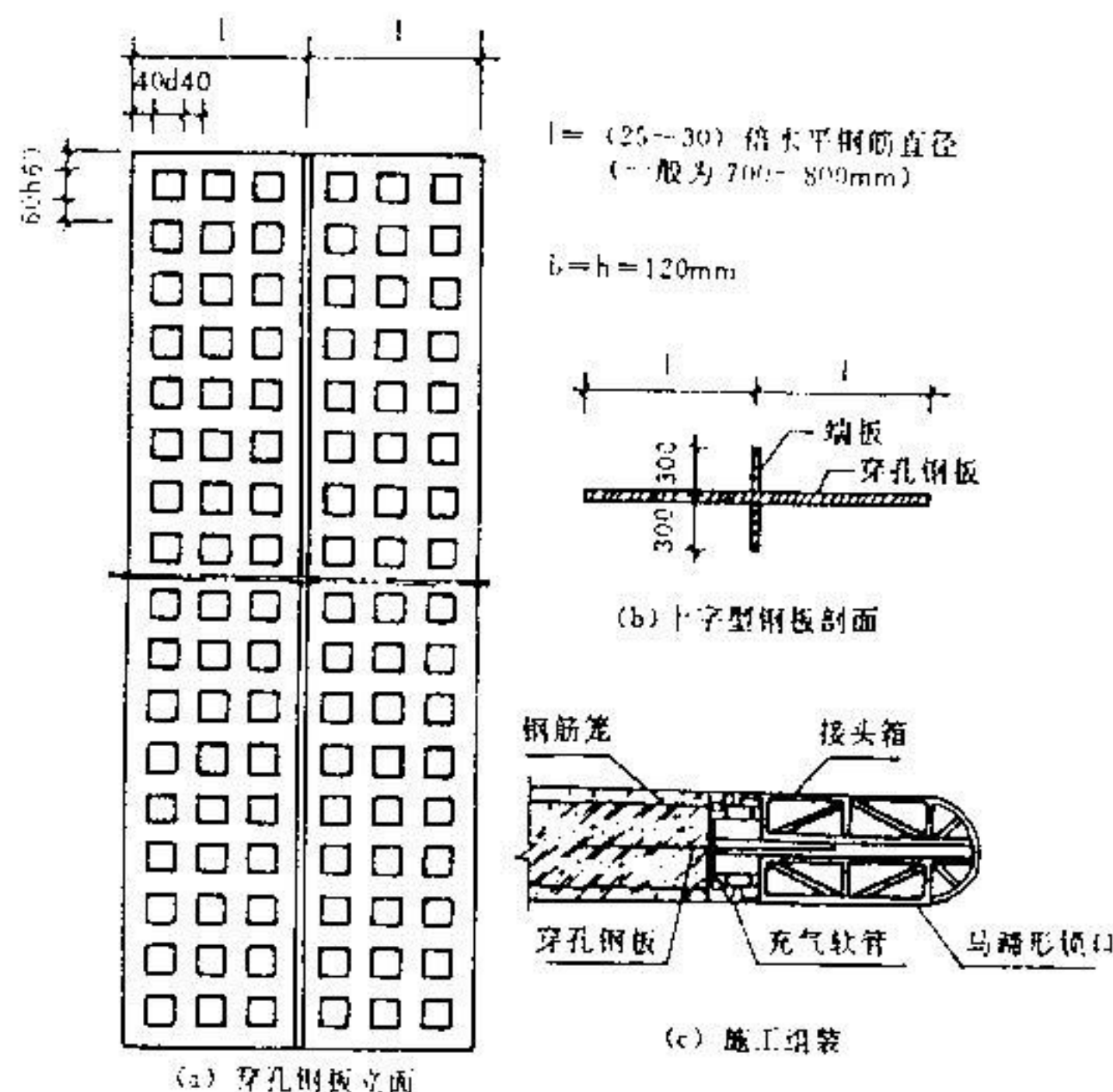


图 4.3.5 十字型穿孔钢板接头

(a) 接头钢板立面 (尺寸以 mm 计); (b) 接头钢板剖面;
(c) 刚性接头施工组装

T —接头处的拉力设计值 (MN);

V'_s —十字型穿孔钢板抗纯剪的极限剪力 (MN);

A —钢板扣除开孔后的两表面净面积 (m^2), 不计厚度方向的表面积 (m^2);

A'_c —十字型穿孔钢板的总局部受压面积 (m^2)

$$A'_c = tl' \quad (4.3.5-4)$$

l' —十字型穿孔钢板的总局部受压边长 (m), 等于半块钢板的孔洞数乘以一个孔洞的一个水平边长, 再加上钢板的一半长度;

t —穿孔钢板的厚度 (m);

A_0 —钢板在接头处的截面积 (m^2);

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa);

4.3.6 带单侧 U 型锚筋 I 型钢板的连结强度, 除应验算 I 型翼板一侧与钢筋笼的焊接强度外, 尚应验算 U 型锚筋的受拉承载力和 I 型翼板的受剪承载力。

4.3.6.1 当承受可变荷载或偶然荷载时, U 型锚筋接头的受剪承载力设计值可取式 (4.3.6—1) 与式 (4.3.6—2) 计算得的小值 (均以每延米计);

$$V_1 = \frac{1}{3}nd_s l_e (0.3f_{lc}) \quad (4.3.6-1)$$

$$V_2 = 2t_s f_v \quad (4.3.6-2)$$

式中 V_1, V_2 —带单侧 U 型锚筋 I 型钢板接头的受剪承载力设计值 (MN);

n —每延米深的 U 型锚筋肢数;

d_s —U 型锚筋直径 (m);

l_e —锚筋的有效长度, 等于 $15d_s$ (m);

f_{lc} —混凝土局部受压强度设计值 (MPa), 可按式 (4.3.6—3) 计算:

$$f_{lc} = 0.8f_{cu} \sqrt{d_s/2d_g} \quad (4.3.6-3)$$

$$\text{且 } f_{lc} \leq 5.0f_{cu} \quad (4.3.6-4)$$

f_{cu} —混凝土 28d 龄期的立方体抗压强度 (MPa);

b_e —地下墙的有效厚度: $b_e = b - 2a$ (m);

a —混凝土保护层厚度;

t_s —I 型翼板厚度 (m);

f_v —I 型钢板抗剪强度设计值 (MPa)。

4.3.6.2 当承受永久荷载时,带单侧 U 型锚筋 I 型钢板接头的受剪承载力设计值可按式 (4.3.6—5) 确定。

$$V = V_{min}/1.5 \quad (4.3.6-5)$$

式中 V_{min} —按式 (4.3.6—1)、(4.3.6—2) 确定的小值。

注:锚筋或钢筋两侧与 I 字型钢板之间应采用喇叭型坡口焊接,焊缝高度宜小于钢板厚度的 0.7 倍或钢筋直径的 0.35 倍,焊缝长度应大于钢板厚度的 10 倍,且大于钢筋直径的 5 倍。

I 地下墙与主体结构的连接

4.3.7 地下墙与主体结构梁、柱、板和墙等构件的连接接头,应按传递内力和满足强度条件的要求,选用合理的接头型式。连接处的墙面应凿毛,钢筋(或锚筋)应符合焊接要求,结合处应现浇成整体结构。

4.3.8 地下墙与主体结构梁的连接,按接头的受力情况选用不同的接头型式:包括预埋接头盒、预埋带锚筋的钢板接头和预埋锚筋接头等。

4.3.8.1 地下墙与支承较大荷载的梁的接头宜采用预埋钢板(或塑料)接头盒(图 4.3.8.1),因梁伸入墙内支座长度 d' 受限制,一般 $d' \leq b/4$,计算宜按非刚性接头考虑,并验

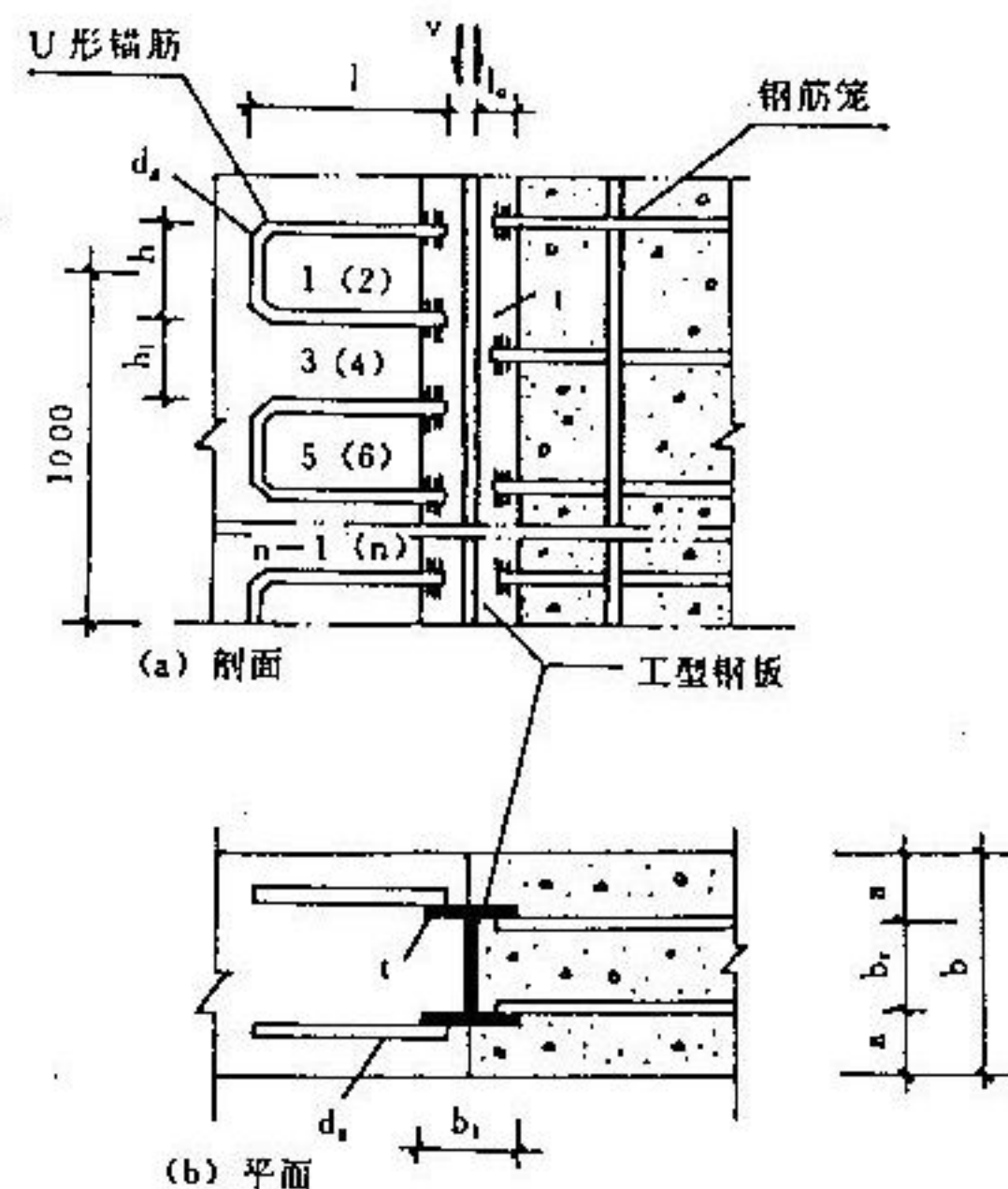
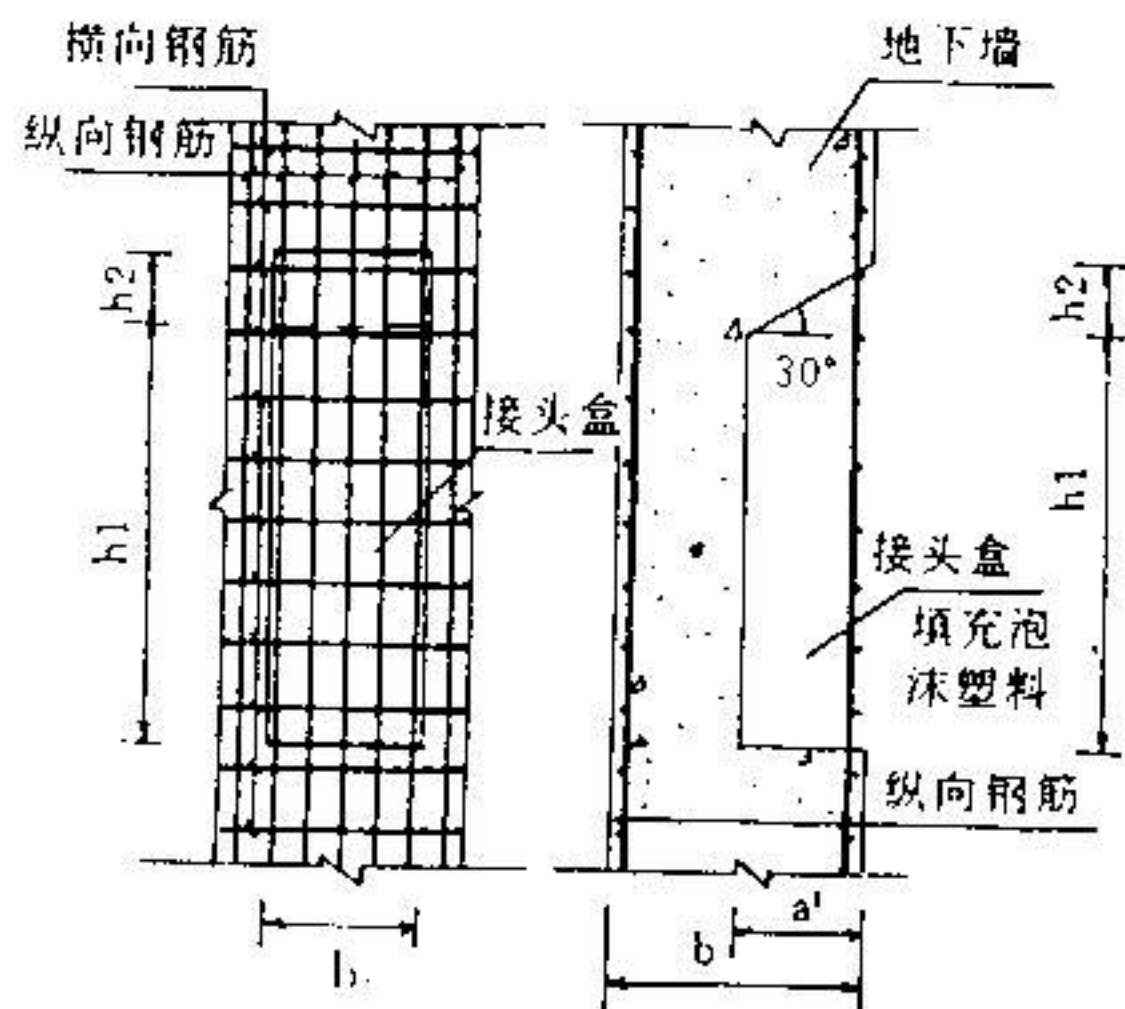


图 4.3.6 带单侧 U 型锚筋的 I 型钢板接头

算其受压强度和墙体预埋接头盒后的受力情况。在接头盒处,一般保留墙体的纵、横向钢筋,当必须切断该处的受力钢筋时,则应采取必要的加强措施。

4.3.8.2 地下墙与主体结构梁的连接,如采用带锚筋(圆钢)的钢板接头(图 4.3.8—2),其连接处的受剪承载力取决于锚筋的抗拉强度和钢板板的抗剪强度。

(1) 当承受可变荷载或偶然荷载时,接头处的受剪承载力设计值可取式 (4.3.8—1) 与式 (4.3.8—2) 计算得的



(a) 立面图

(b) 剖面图

图 4.3.8-1 墙内预埋接头盒

小值。

$$V_1 = \frac{1}{3} h_s b_s (\alpha_1 f_{lc}) + \frac{1}{3} n_s d_s l_s (\alpha_2 f_{lc}) \quad (4.3.8-1)$$

$$V_2 = h_s t_s f_v \quad (4.3.8-2)$$

式中 V_1, V_2 — 地下墙与梁接头的受剪承载力设计值 (MN);

f_{lc} — 混凝土局部抗压强度设计值 (MPa), 可按式 (4.3.8-3) 计算:

$$f_{lc} = 0.8 f_{cu} \sqrt{b'/t_s} \quad (4.3.8-3)$$

$$\text{且 } f_{lc} \leq 5.0 f_{cu} \quad (4.3.8-4)$$

f_{cu} — 混凝土 28d 龄期的立方体抗压强度 (MPa);

b, h — 梁的宽度、高度 (m);

b' — 扣除保护层后梁的有效宽度 (m);

b_s, h_s — 钢板的宽度、高度 (m);

b_s — 钢板的有效承压长度 (m)。

当 $b_s/t_s \geq 15$ 时, 取 $b_s = 15t_s$;

当 $b_s/t_s < 15$ 时, 取 $b_s = b_s$;

d_s — 钢筋 (或锚筋) 直径 (m);

n_s — 钢筋根数 (图 4.3.8-1 为 2 根);

l_s — 钢筋的有效承压长度 (m);

当 $l/d_s \geq 15$ 时, 取 $l_s = 15d_s$;

当 $l/d_s \leq 15$ 时, 取 $l_s = l$;

α_1, α_2 — 随 b_s/t_s 与 l/d_s 变化的系数, 可查图 4.3.8-3;

t_s — 钢板厚度 (m);

f_v — 钢板抗剪强度设计值 (MPa)。

(2) 当承受永久荷载时, 接头处的受剪承载力设计值按式 (4.3.8-5) 确定。

$$V = V_{\min}/1.5 \quad (4.3.8-5)$$

式中 $V_{\min}$ — 按式 (4.3.8-1) 和式 (4.3.8-2) 计算得的小值。

4.3.9 地下墙与主体结构柱的连接, 宜采用带锚筋带肋钢筋的钢板接头 (图 4.3.9), 其连结处的受剪承载力设计值取决于锚筋的抗拉、抗压强度和钢板的抗剪强度。

(1) 承受可变荷载或偶然荷载时, 一个带锚筋的钢板接头受剪承载力设计值可取式 (4.3.9-1) 与式 (4.3.9-2) 计算的小值;

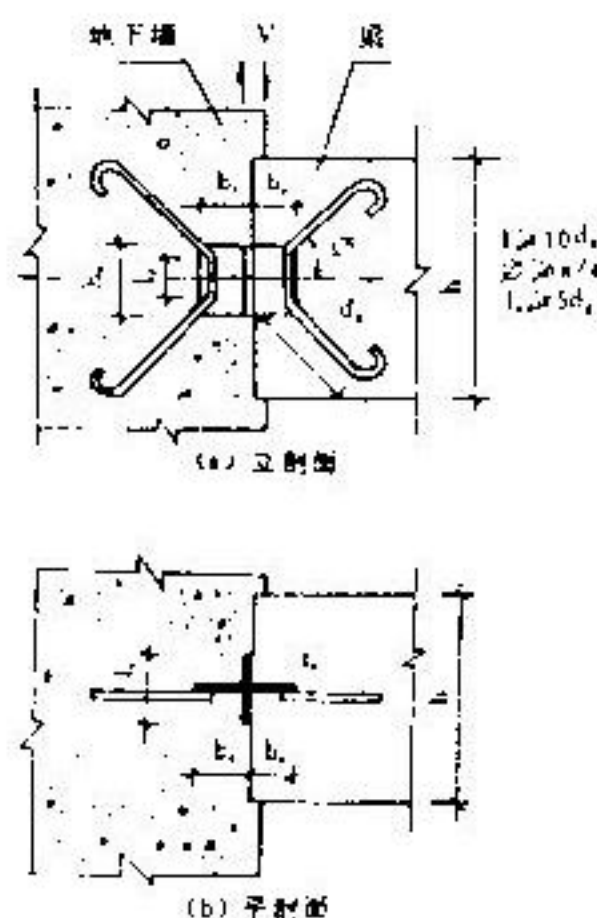


图 4.3.8—2 地下墙与梁连接的带锚筋钢板接头

$$V_1 = \sqrt{2} A_s f_y \quad (4.3.9-1)$$

$$V_2 = h_s t_s f_v \quad (4.3.9-2)$$

式中 h_s —钢板高度 (m);

t_s —钢板厚度 (m);

f_y —锚筋抗拉强度设计值 (MPa);

f_v —钢板抗剪强度设计值 (MPa);

A_s —锚筋截面积 (m²)。

(2) 承受永久荷载的受剪承载力设计值可按式 (4.3.9-3) 计算:

$$V = V_{\min}/1.5 \quad (4.3.9-3)$$

式中 $V_{\min}$ —按式 (4.3.9-1) 和式 (4.3.9-2) 计算得的小值。

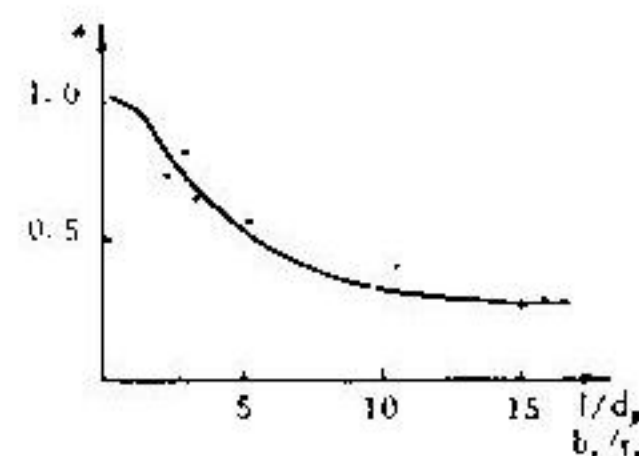


图 4.3.8—3 系数 α (α_1 或 α_2)

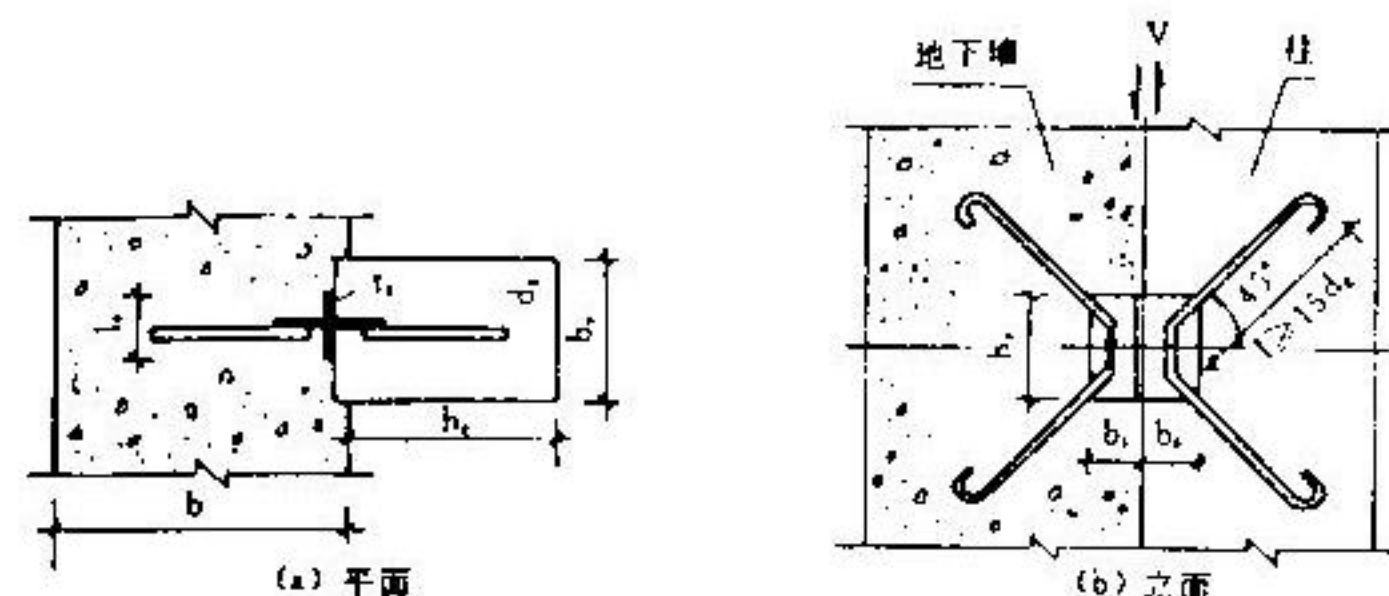


图 4.3.9 地下墙与柱连接的带锚筋钢板接头

4.3.10 地下墙与主体结构的板、梁和柱等构件采用墙内预埋钢筋连接时,墙内预埋钢筋宜采用 I 级钢筋,钢筋弯出后应与主体结构构件的受力钢筋焊接,接合处的墙面应凿毛,并浇筑成整体结构。

4.4 构造规定

4.4.1 地下墙的受力钢筋宜采用带肋钢筋,其直径不得小于 16mm;构造钢筋可采用 I 级钢筋,其直径不得小于 12mm。纵向钢筋的净距不得小于 75mm。当受力钢筋必须配置二排时,内外排钢筋的净距不得小于粗骨料粒径的 2.5 倍且不小于 75mm。水平构造钢筋的间距不应大于 300mm。

注:本条所指的构造钢筋,包括架立钢筋和加劲钢筋,水平布置的或 X 形布置的钢筋,水平钢筋应放置在纵向钢筋外侧。

4.4.2 地下墙的受力钢筋应按计算确定,横向受力钢筋尚应验算其握裹力强度。地下墙受力钢筋的最小配筋率为 0.4%。

4.4.3 纵向钢筋中至少应有一半总截面积的钢筋通长配置,其钢筋底端至槽底的距离应有 250mm~300mm。分段制作的钢筋笼,每段的纵向接头应全部焊接。

4.4.4 纵向钢筋与构造钢筋的交点应采用焊接连接,形成具有一定刚度的钢筋笼。钢筋笼应装置成整体。当必须分段制作时,其连接处宜选在受力较小的截面处,且相邻槽段宜互相错开。钢筋笼的纵向连接需要采用绑扎搭接时,绑扎搭接钢筋笼受力钢筋的最小搭接长度,当搭接截面错开时应为 45d;在同一截面绑扎时,搭接长度不应小于 70d,且不小于 1.5m。

注: d 为钢筋直径。

4.4.5 地下墙受力钢筋的混凝土保护层厚度可采用 70mm~100mm,钢筋笼应设置定位块。定位块可用钢板(厚度 3mm 左右)焊接在钢筋笼上(图 4.4.5)

4.4.6 各墙段的混凝土浇筑标高一般应比墙顶设计标高增加 500mm,并在墙体混凝土达到一定的强度后再将含有浮浆的高出部分混凝土凿去。

4.4.7 当地下墙需开设洞口时,应满足本规程 5.3.4 条的要求。

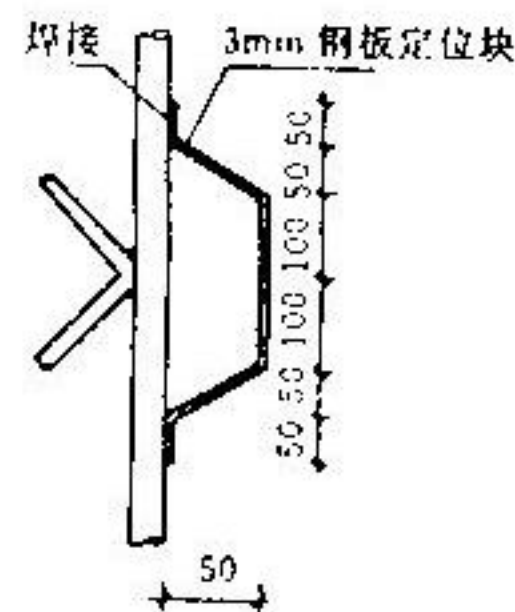


图 4.4.5 定位块示意图

5 竖向承载墙的结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 按平面形状,竖向承载墙可划分为下列类型。

5.1.1.1 条形地下墙:承载槽段由一个或多个槽段经逐次灌注混凝土而成长度大于或等于 8 倍宽度的承载地下墙。

5.1.1.2 组合地下墙:采用地下墙施工工艺筑造槽段,由两个或多个槽段分离或连接组合而成的承载地下墙。组合地下墙分为并列形、T 形、十形、H 形、I 形、辐射形和矩形等几种(图 5.1.1b~h)。组合地下墙的断面也可做成多边形、环形、椭圆形或格子形等闭合形状。

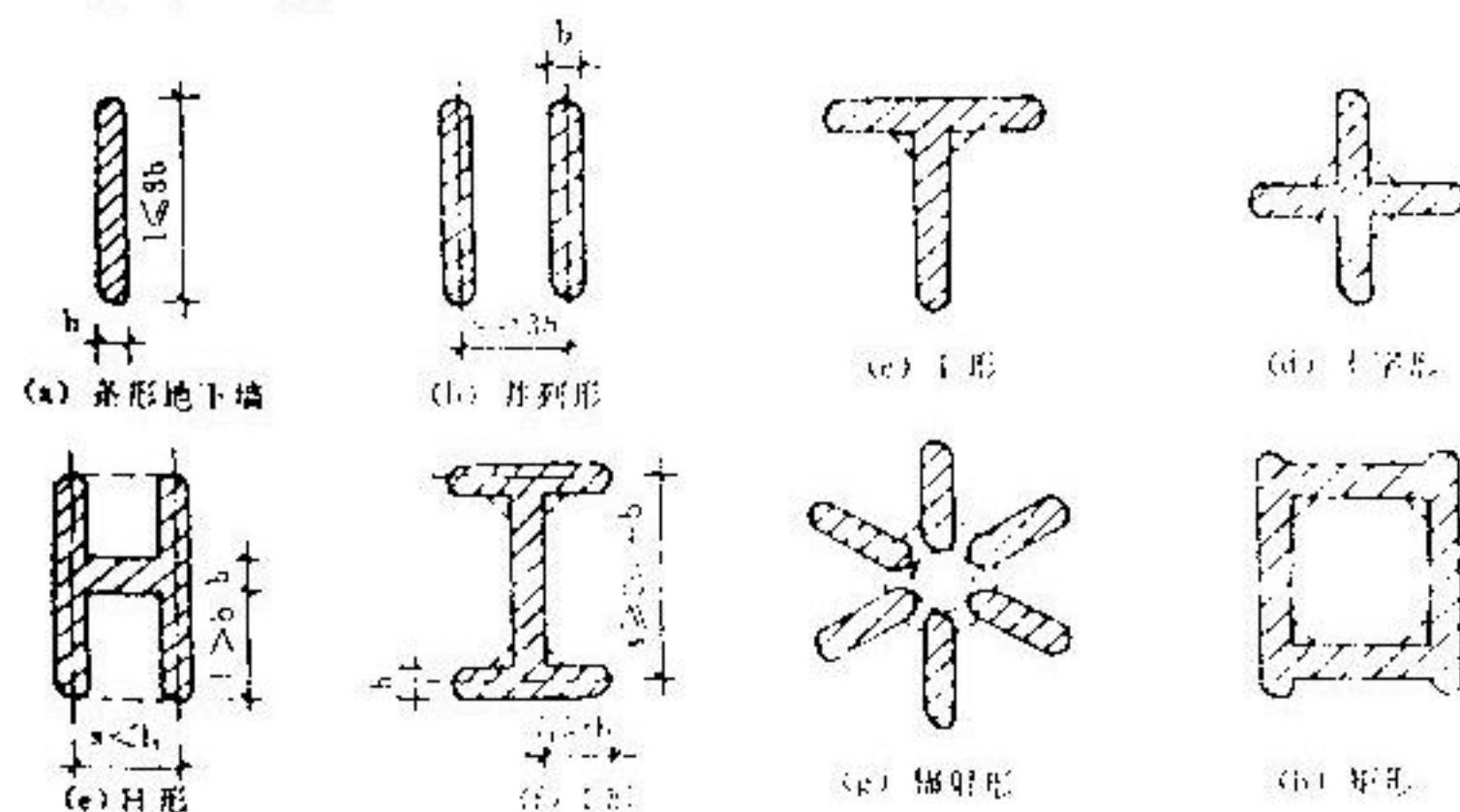


图 5.1.1 单体与组合地下墙的截面形状示意

(a) 单体地下墙; (b)~(h) 组合地下墙

注:图中虚线表示考虑墙侧摩擦力时的截面周边形状,参见本规程 5.2.6 条。

5.1.1.3 单体地下墙:由一个槽段且其长度不大于8倍宽度,(图5.1.1a)的承载地下墙。单体地下墙为一异形灌注桩,可按大直径钻、冲孔灌注桩考虑。

5.1.2 按受力方式,承载地下墙可划分为下列类型。

5.1.2.1 端承墙:竖向荷载由入岩的墙段传递、且墙顶沉降主要来自墙体弹性压缩的地下墙。端承的条形地下墙称为条形端承墙;端承的组合地下墙称为组合端承墙。

5.1.2.2 摩擦墙:竖向荷载由墙侧摩擦力和墙端支承力共同承受、且墙顶沉降主要来自墙端地基变形的地下墙。摩擦墙分为条形摩擦墙和组合摩擦墙。

5.1.3 端承墙各墙(槽)段墙端进入所要求强度(可采用天然湿度的岩石单轴抗压强度作为判断依据)的中风化、微风化岩层的深度不宜小于1倍墙宽(对于层面倾斜的岩层,应按嵌入的最小深度计)。

5.1.4 端承墙墙端以下满足所要求强度的中风化、微风化岩层的厚度,对条形端承墙,不宜小于6倍墙宽;对组合端承墙不宜小于3倍墙宽且不得小于3.0m。当中风化岩层层面倾斜时,本规定的厚度,可按各槽段分别考虑。如部分槽段下方达不到上列要求,应采取措施,加强条形端承墙的架越作用,或加强组合端承墙的整体作用。

5.1.5 摩擦墙墙端应进入良好持力层。其进入的深度,对强风化软质岩石、砂土、粉土和粘性土,不宜小于2~3倍墙宽;对碎石土,不宜小于1~2倍墙宽。

5.1.6 摩擦墙墙端下方良好持力层的厚度,对条形摩擦墙,不宜小于5倍墙宽;对组合摩擦墙,不宜小于4倍墙宽,且不

小于4.0m。

5.1.7 承载地下墙的截面形状和平面布置,应尽量使其形心与荷载基本组合(设计值)的合力作用点一致或相近。

5.1.8 组合地下墙上方应设置地下墙承台。承台的截面高度和配筋应满足承载力要求,并应满足构造要求。

5.1.9 竖向承载墙必须控制基坑开挖过程或在其一侧地面堆载等所引起的侧向位移和弯曲,否则必须考虑初始变位的可能影响。

5.1.10 当竖向承载墙周围土体因自重固结或受地面大面积荷载等影响而产生大于墙体的沉降时,应考虑由此而引起的墙侧负摩擦力对墙体竖向承载力和摩擦墙沉降的影响。

5.1.11 同一房屋或构筑物可采用摩擦墙一箱(筏)形基础,或采用其它形式的基础。当竖向承载墙与其它基础并用时,各基础的不均沉降不应超过相应的允许值,并应保证上部结构传至各基础的荷载设计值不超过地基的承载力设计值。进行地基变形的分析和验算时,应采用长期组合的标准值。

5.1.12 上部结构承受较大水平荷载(包括地震作用、风荷载等)且支承于地下墙一桩基的房屋和构筑物,宜在条形地下墙顶端及其与各组合地下墙、单体地下墙(和桩基)承台之间设置加强构件,以提高上部结构与下部基础的整体性。

5.2 竖向承载力计算

5.2.1 作用在竖向承载墙的荷载应根据使用期间可能出现的情况进行组合,并对地下墙的竖向承载力进行验算。

5.2.2 竖向承载墙的竖向承载力应同时满足墙体材料强度和岩土地基承载力二方面的要求。

5.2.3 竖向承载墙的竖向承载力宜通过现场静载荷试验确定。试验墙体(槽段或单元地下墙)的位置应在结构的重要部位或地基岩土条件复杂处选取,试验条件应反映实际工作情况(如基坑开挖的影响等),试验数量不得少于2处。试验方法可参照国家标准《建筑桩基技术规范》(DGJ94—94)附录C单桩竖向抗压静载试验进行。当试验数量为2时,可根据沉降量较大墙体的试验资料,按下列方法综合确定承载地下墙体的竖向承载力设计值。

5.2.3.1 当试验施加的全部竖向荷载小于或等于作用于墙顶竖向荷载设计值的2倍时,取沉降量为4.0mm所对应的墙顶荷载的1.15~1.25倍;或取荷载—沉降关系曲线初始直线段末对应荷载的1.15~1.25倍。

5.2.3.2 当试验至墙体材料破坏或地基岩土破坏时,以破坏荷载的前一级荷载作为极限承载力,取极限承载力的57%~62%。

注:①当安全等级为一级、地基岩土条件为一类时,上列应取低值。

②进行竖向承载墙的现场静载荷试验时,宜在墙体中埋设应

力、应变量测元件,以了解地下墙的荷载传递机理,积累地区性实测资料,提高设计工作的技术水平和降低工程造价。

5.2.4 按墙体材料强度验算地下墙竖向承载力时,应满足下列要求。

5.2.4.1 对于轴向受压的地下墙,当墙体满足本规程的配筋要求时,按式(5.2.4)计算墙体强度。

$$R_w = 0.7f_c A_w + 0.9f'_y A'_y \quad (5.2.4)$$

式中 R_w —墙体材料强度确定的竖向承载力设计值(MN);

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值(MPa);

A_w —墙体横截面面积,对条形地下墙,可按1延米计算;对组合地下墙,可按整体计算(m²);

f'_y —钢筋抗压强度设计值(MPa);

A'_y —受压钢筋横截面面积(m²)。

5.2.4.2 同时承受竖向荷载和侧向荷载的地下墙,应视作偏心受压构件或纵向弯曲构件进行墙体承载力验算。

5.2.5 进入岩层的嵌岩地下墙,当未能进行墙体静荷载试验,但已满足本规程5.1.3和5.1.4条要求时,其竖向承载力设计值可按下列规定估算。

5.2.5.1 当墙端嵌入基岩的深度 $h_r \geq b$ (墙宽)时:

$$R = f_r (\xi_{rb} A_w + \xi_{ra} u_a h_r) \quad (5.2.5-1)$$

式中 R —墙体的竖向承载力设计值(MN);

f_r —天然湿度岩石的单轴抗压强度标准值(MPa);

A_w —墙端的横截面面积(m²),其取值方法与式(5.2.4)相同;

u_w —墙体的横截面周长(m)

ξ_{rb}, ξ_{ra} —系数,根据清孔情况、岩石破碎程度和承载地下墙形状等因素而定,可按表 5.2.5 取值。

系数 ξ_{rb}, ξ_{ra} 表 5.2.5

条 件	条形地下墙		组合地下墙	
	ξ_{rb}	ξ_{ra}	ξ_{rb}	ξ_{ra}
良 好	0.54	0.046	0.56	0.048
一般的	0.46	0.036	0.48	0.038
较差的	0.36	0.028	0.38	0.029

5.2.5.2 当墙端嵌入基岩的深度 $h_r < b$ 时

$$R = \xi_r f_r A_w \quad (5.2.5-2)$$

式中 R, f_r, A_w 与式(5.2.5-1)同。

ξ_r —系数,对条形地下墙,可取 0.27~0.42;对组合地下墙,取 0.30~0.45。

5.2.6 当未能进行墙体静载荷试验时,摩擦墙的竖向承载力设计值可按公式(5.2.6)估算。

$$R = 1.2(q_w A_w + u_w \sum q_{pi} h_i) \quad (5.2.6)$$

式中 A_w —墙体横截面面积(m^2),其取值方法与式(5.2.4)相同;

u_w —墙体的横截面周长(m),当计算组合地下墙时,应按图 5.1.1 虚线所示的周边考虑;(当闭合式组合墙内部尺寸不大时其内周边的长度不宜考虑);

h_i —按土层划分的各段墙体高度(m),应扣除受开挖

影响而临空或削弱承载能力的墙体高度;

q_w, q_{pi} —分别为墙端土(岩)承载力标准值和墙侧土(岩)摩擦力标准值,可按广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15—3—91 附录八的规定取值,对于条形地下墙,取值时应予适当降低。

5.2.7 墙体底端位于土层中的地下墙竖向承载力设计值可按土的抗剪强度指标 φ_k, c_k 或 c_u 根据深基础承载力公式进行计算。

5.2.8 验算竖向承载墙竖向力设计值时,应符合下列规定。

5.2.8.1 当轴心受压时

$$Q \leq R \quad (5.2.8-1)$$

式中 Q —墙顶所受的竖向力设计值。对条形地下墙,可取 1 延米进行验算,对组合地下墙,按整体计算;

R —相应于 Q 计算范围的墙体竖向承载力设计值,其相应的面积和单位也应与同一式的 Q 一致。

5.2.8.2 当偏心受压时

$$Q_{max} \leq 1.2R \quad (5.2.8-1)$$

式中 Q_{max} —按材料力学偏心受压公式近似确定的墙顶最大竖向力设计值。对条形地下墙,可按墙体横截面边缘处的单位面积计算;对组合地下墙,宜按实际情况,对整个组合墙体或局部墙体进行计算。

5.2.9 当考虑地震作用组合时,地下墙的竖向动承载力设计值可将上列 5.2.5 至 5.2.7 条所确定设计值提高 20%。

5.3 构造规定

5.3.1 竖向承载墙应同时符合本规程 4.3 和 4.4 条的有关规定。

5.3.2 竖向承载墙墙顶应设置顶梁或承台,地下墙、顶梁或承台以及上部结构构件之间的连接应符合下列规定。

5.3.2.1 当上部结构构件沿墙宽方向的尺寸小于地下墙厚度时,上部结构构件可直接设置在顶梁处;当上部结构构件沿墙宽方向的尺寸稍大于地下墙厚度、且荷载较小时,可局部加大顶梁或承台宽度;当上部结构荷载很大且采用组合地下墙时,应在组合地下墙顶部设置承台。

5.3.2.2 地下墙顶梁或承台的宽度应大于墙体宽度,且顶梁边缘凸出地下墙边缘(不包括起围护作用的内衬)的距离不得小于 200mm,承台边缘凸出地下墙边缘的距离不得小于 300mm。承台高度不得小于 500mm。

5.3.2.3 地下墙顶部埋入顶梁或承台的高度可取 100mm;

5.3.2.4 组合地下墙承台的受力钢筋宜按双向通长均匀配置,其直径不得小于 16mm,间距不得大于 200mm。

5.3.2.5 地下墙纵向钢筋伸入顶梁或承台的锚固长不得小于 35 倍钢筋直径。

5.3.3 地下墙承台应满足抗弯、抗冲切和抗剪(竖向和水平向)以及局部受压承载力的要求。

5.3.4 当地下墙墙体需开设洞口时,洞口宜布置在地下室柱间居中和墙体单元槽段居中处,并应符合下列规定。

5.3.4.1 洞口每边墙体长(至相邻柱中线的距离)不宜小于 1.2m,洞口宽度不宜大于 1.0m。

5.3.4.2 洞口面积与墙体面积(柱距与墙高的乘积或单元槽段的相应面积)之比不得大于 0.4。

5.3.4.3 对于宽度不大于 1.0m 的洞口,应在洞口两侧布置加强钢筋,每侧钢筋面积不得小于洞口宽度内被切断的受力钢筋总截面面积的一半,且不小于两根直径为 20mm 的钢筋,加强钢筋上下两端应各从洞边延长 40 倍钢筋直径。当洞口宽度超过 1.0m 时,洞口两侧的加强钢筋(或型钢)应根据墙体应力分析结果进行配置。

5.3.4.4 洞口每角应配置不少于 2 根直径为 16mm、长度不小于 1.0m 的斜向钢筋。

5.3.4.5 如开设洞口的地下墙平面内承受的侧向荷载较大时,应根据其受力情况,将洞口两侧和上下的受力钢筋拉通至相应的支承处。

6 地下连续墙的防渗设计

6.0.1 对有防渗要求的地下墙以及专门用作防渗体的地下墙,应进行防渗设计。

6.0.2 对有防渗要求的地下墙设计,应符合下列规定。

6.0.2.1 地下墙墙体应具有足够的抗渗性和耐久性。

6.0.2.2 相邻墙段的接头应满足防渗要求。

6.0.2.3 满足各项强度要求。

6.0.3 专门用作防渗体的地下墙(以下简称防渗墙),除应符合本规程 6.0.2 条规定外,尚应符合下列规定。

6.0.3.1 满足控制地基渗透稳定性的要求。

6.0.3.2 满足防渗墙与周边防渗体连接的要求,包括建筑物底部防渗体(可视作不透水层的土(岩)层地基)、岸坡以及其它防渗设施的连接要求。

6.0.3.3 满足防渗墙插入弱透水层地基的深度要求:当墙底嵌入不透水岩层时,其进入岩层的深度不宜小于 0.5m;墙底未进入不透水层地基时,应进行渗流计算或根据试验成果确定。

6.0.4 有防渗要求的地下墙和防渗墙的结构型式,应根据工程性质、作用水头、支承情况和地基条件等因素确定。可采用下列结构型式。

6.0.4.1 槽板式。槽板式防渗墙是由各个单元混凝土或钢筋混凝土墙段互相连接而成的整体地下墙结构。

6.0.4.2 桩柱式。桩柱式防渗墙是由各个桩柱互相搭接或采用连锁形接头连接而成的整体防渗墙。

6.0.5 混凝土防渗墙的厚度可按式(6.0.5)计算确定,必要时尚应验算其耐久性,计算墙体抗溶滤的安全期。

$$b = \frac{H}{i} \quad (6.0.5)$$

式中 b —墙体的厚度(m);

H —墙体所承受的上下游水头差(m);

i —墙体混凝土的允许水力梯度,根据表 6.0.5 确定。

墙体混凝土的允许水力梯度与抗渗标号 表 6.0.5

项目	墙体类型	允许水力梯度	抗渗标号
1	有防渗要求的地下墙	$i < 10$	S4
2		$i = 10 \sim 30$	S6
3		$i > 30$	S8
4	防渗墙	$i = 30 \sim 50$	S4
5		$i = 50 \sim 70$	S6
6		$i = 70 \sim 100$	S8

注:①表中允许水力梯度 i 可按建筑物等级根据实际情况取值。

②混凝土抗渗标号分为 S4、S6、S8、S10 和 S12 等级,应根据混凝土 28d 龄期的抗渗标准试验确定。选择抗渗标号时,除按式(6.0.5)计算外,尚应考虑所承受水头和水力梯度的大小以及下游排水条件、水质条件和渗透水的危害程度等的影响,且不得低于表 6.0.5 的规定值。

③当建筑物表层设有可靠的防渗层时,表中规定的抗渗标号可适当降低。

④承受侵蚀性水作用的建筑物,其抗渗标号不得低于 S4。

6.0.6 对一般承受荷载不大的防渗墙的墙体材料,宜采用渗

透性小、弹性模量低和强度低的掺粘土和外加剂混凝土,混凝土配合比及技术指标可按表 6.0.6 采用

防渗墙混凝土的配合比及技术指标 表 6.0.6

配合比	水泥	1
	砂	1.5
	碎石	2.9
	粘土	0.2~0.3
水灰比		0.6~0.7
加气剂 $\times 10^{-4}$		0.1~0.25
坍落度(mm)		180~220
扩散度(mm)		340~380
28d 抗压强度(MPa)		8~10
弹性模量(MPa)		15000~25000

注:当防渗墙为高水头深墙时,墙身材料宜采用强度高、弹性模量大的混凝土,并应根据承载力验算确定。

6.0.7 防渗墙的荷载、内力和墙体强度计算,可按本规程的有关规定执行。

附录 本规程用词说明

一、执行本规程条文时,对要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待:

1. 表示很严格,非这样作不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2. 表示严格,在正常情况下均这样作的用词:

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,首先应这样作的用词:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

二、条文中指明必须按其它有关标准和规范执行的写法为,“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位、
主要起草人及特约审稿人名单

主编单位：华南理工大学
参加单位：广东省水利电力勘测设计研究院
广东省电力设计院
广州市城市规划勘测设计院
广州市设计院
广东省基础工程公司
广东省水利电力机械施工公司
广州市白云区建设委员会

主要起草人：吴湘兴 钟 东 李果钊 谭英韬
谢适安 黄启茂 徐伟硕 林顺明
郑程藩 汪寿善 陈启芬 吴少坤
特约审稿人：容柏生 陈止戈 徐伟硕

广东省标准

地下连续墙结构设计规程

DBJ/T15—13—95

条文说明

目 录

1	总则	(53)
2	主要符号	(54)
3	基本规定	(55)
3.1	功能要求与安全等级	(55)
3.2	岩土工程条件	(55)
3.3	材料	(56)
3.4	设计原则	(59)
3.5	检测与监测	(62)
4	侧向承载墙的结构设计	(64)
4.1	一般规定	(64)
4.2	侧向承载的计算	(65)
4.3	地下连续墙的连接	(69)
4.4	构造规定	(72)
5	竖向承载墙的结构设计	(75)
5.1	一般规定	(75)
5.2	竖向承载力计算	(76)
5.3	构造规定	(79)
6	地下连续墙的防渗设计	(80)

1 总 则

1.0.1、1.0.2 广东地区已在高层建筑地下室和深基础、工业厂房、水工建筑物以及码头等约 50 项工程中使用地下连续墙(以下简称地下墙),本规程是为适应广东省工程建设的需要而编制的。条文关于现浇混凝土地下墙宽(厚)度、深度等的规定是根据广东地区目前地下墙施工所采用的机具和工艺等技术条件作出的。如新的施工技术条件具备,可以不受条文的限制,但更应精心设计。

1.0.4 地下墙的结构设计与施工有关。设计时必须考虑施工技术条件,并说明技术要求。对地下墙施工质量等方面的要求,按广东省标准《建筑地基基础施工及验收规程》DBJ15—201—91 的规定执行。至于该规程未作规定的事项,设计时应 在施工图中作出具体说明。

2 主要符号

2.0.1 条文仅列出岩土参数、荷载、几何参数和计算系数等主要符号。有关混凝土材料性能的符号，按国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 的规定执行，本规程补充的个别符号仅在有关条文中说明。

3 基本规定

3.1 功能要求与安全等级

3.1.1 地下墙可作为临时性挡土、永久性挡土、防渗、竖向承载（深基础）等一种或多种结构使用，也可用于某一等级的人防工程中。用作挡土结构或同时承受的其它侧向荷载地下墙，称为侧向承载墙。仅单独作为侧向承载或防渗结构使用的地下墙，除执行本规程 1~3 条的规定外，可分别按 4、5 或 6 条的规定进行设计；同时兼作二种或二种以上结构使用的地下墙，应同时符合有关条文的规定。由于地下墙的工程造价高，因此设计时应尽可能利用多种功能的作用，降低工程总造价。

3.2 岩土工程条件

3.2.3 本条提出对岩土工程勘察要求的规定。

关于钻孔布置。对建筑工程来说，除了满足主体结构的需要外，尚“应沿地下墙的主要轴线和结构的重要部位布置技术钻孔或其它钻孔”。当地质条件复杂时，这一规定更有必要。

关于岩石单轴抗压强度试验。条文强调试件尺寸应与有关国家标准一致。目前本省有的试验室进行本项试验所采用

的试件尺寸不一，也未按某一经验关系换算成标准试件的强度，因此缺乏统一性和可比性。为此，在本项试验的报告中宜写明试件尺寸，而不应盖上设计人员难以理解的“来样照检”字样。由于岩石单轴抗压强度试验值常较离散，因此试验不应少于 6 组，一般尚应增加试验组数。

3.2.4 在某些情况下宜对软弱土层进行处理。如地下墙未穿过整个高含水量（如含水量大于 70%）、低抗剪强度（如不排水抗剪强度小于 10KPa）的淤泥层而基坑开挖深度较大或槽壁稳定性较差时，可考虑采用电渗降水等方法，以提高淤泥土的抗剪强度，增加基坑土体或槽壁的稳定性。

3.3 材 料

3.3.1、3.3.2 在人造泥浆下浇筑的混凝土地下墙，其墙体混凝土强度，受到施工因素的影响而降低。日本《混凝土标准规程》（1974 年版）曾对人造泥浆下浇灌的混凝土钻取芯样进行试验，表明其抗压强度约为标准养护条件下的混凝土强度的 70%~90%。我省对地下墙设计强度的折减方法，一般是通过施工时按设计强度等级提高一级配制的方法来解决，这种做法现时尚属可行。

3.3.3 地下墙采用的混凝土，当必须通过掺合外加剂来改善其和易性、增加坍落度和凝固时间以及提高混凝土的强度时，应根据掺合外加剂的试验确定其适用性和掺入量，并应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ119—88 的

规定。

上海基础工程公司曾对采用木质素磺酸钙的混凝土性能进行过一系列对比试验，得出了如下结论：

（1）在相同水泥用量和水灰比条件下（水泥 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 水灰比 < 0.6 ）当掺加木质素 2% 时，可使坍落度增加 80~110mm，强度增加 $3\text{N}/\text{mm}^2$ ；

（2）当对混凝土的坍落度各强度的要求基本相同时，掺加木质素者，水泥用量可减少 $31\sim 43\text{kg}/\text{m}^3$ ；

（3）在相同配合比条件下，木质素采用干掺和或在水中掺和，对混凝土强度无影响。但在水中掺和者，则增加坍落度的效果较好；

（4）木质素的掺合量对混凝土性能的影响：采用同一水泥用量，当掺木质素 1% 时，可使坍落度增加 50~60mm，强度提高 $2.6\text{N}/\text{mm}^2$ ；当掺木质素 2% 时，可使用坍落度再增加 20~80mm，强度再提高 $1.2\text{N}/\text{mm}^2$ ；当掺木质素至 3% 时，则对强度影响不大。

3.3.4、3.3.5 试验表明：在人造泥浆下浇筑的混凝土地下墙，混凝土对带肋钢筋的握裹力远较光圆钢筋为大，而两者握裹力的传递方式是不同的：光圆钢筋仅靠表面粘结力；带肋钢筋则除表面粘结力外，还存在对钢筋表面凹凸沟缝间的承压作用，因而使握裹力大大增加。根据试验结果，带肋钢筋的握裹力比光圆钢筋约大 40%~50% 以上，竖向钢筋比横向钢筋的握裹力约大 20%。本规程对地下墙钢筋的构造及其搭接要求，已考虑了握裹力降低这一情况。

对不同外形的钢筋和泥浆浓度进行握裹力试验，其试验

结果如下:

(1) 上海基础工程公司曾采用不同钢筋外形对钢筋与混凝土握裹力的影响进行试验 (见表 3-1)。

钢筋外型对钢筋与混凝土握裹力影响 表 3-1

钢筋种类	混凝土对钢筋粘结力 (MPa) / 粘结系数			
	1	2	3	平均值
Φ22 螺纹钢筋	6.95/0.255	8.2/0.3	6.47/0.237	7.21/0.264
Φ22 光圆钢筋	4.35/0.159	4.83/0.177	—	4.59/0.168

注: ①本试验所采用的试件已在钢筋表面涂沫泥浆。

②根据日本土木工程学会标准,当混凝土设计标准强度为 300 号时,光圆钢筋的设计容许粘结力为 0.9MPa,异形钢筋为 1.8MPa。根据上海基础工程公司的试验所取的钢筋粘结力,其安全系数在 4 左右,超过日本的标准,且与国外原体测定资料较一致。

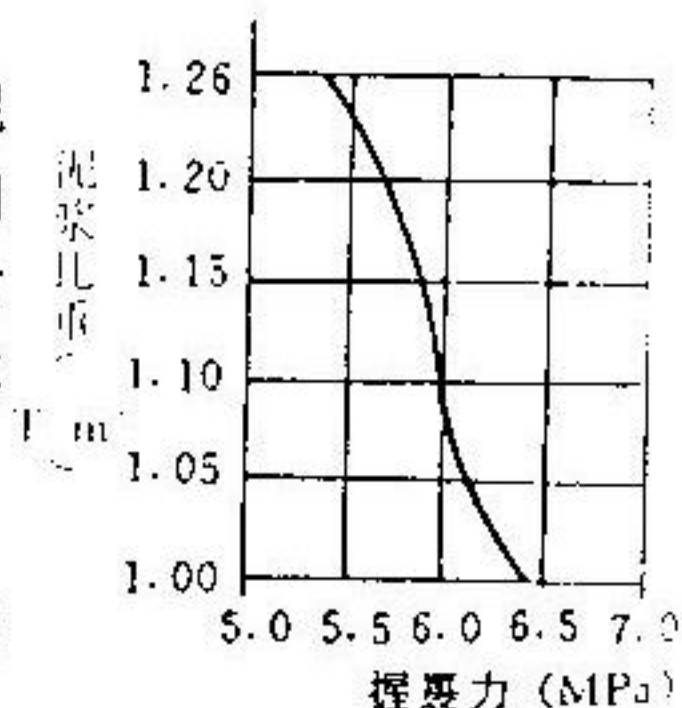
(2) 不同泥浆密度对钢筋与混凝土握裹力的影响。上海特种基础工程研究所曾采用不同泥浆比重对钢筋与混凝土握裹力进行试验,其试验成果见图 3-1。

注: ①试验采用直径为 Φ22 螺纹钢筋;

②28d 期龄的混凝土立方体抗压强度 f_{cu} 为 28.3MPa;

③所用钢筋在泥浆中浸过 24h;

④图表引自上海市特种基础工程研究所:《上钢一厂高炉水中冲渣池与轧钢



<条文说明>

图 3-1 泥浆密度与钢筋混凝土握裹力的关系

车间沉淀池的地下连续墙工程施工总结》1980 年 1 月 29 日。

3.4 设计原则

3.4.1 详见 3.1.1 条文说明。

3.4.2 地下墙按极限状态设计应包括地基极限状态、墙体和支撑的极限状态等方面。3.4.2.1 和 3.4.2.2 条是对地基按极限状态设计的规定,3.4.2.3 条是对墙体和支撑按极限状态设计的规定,后者可按结构设计有关标准的规定执行。

如侧向承载墙的侧向位移不受限制时,允许墙侧部分土体到达主动极限状态或被动极限状态。以往在一般挡土结构设计中也按此考虑。

作为挡土结构的侧向承载墙,鉴于软土基坑在开挖期间发生工程事故的教训,因此,不仅应注意墙体抗倾覆和抗滑动的稳定性,更必须重视基坑整体稳定性的验算。

侧向承载墙的侧向位移与地基土(岩)性质、墙侧土压力、水压力、墙体和支撑的布置与刚度等因素有关。一般来说,在相同开挖深度和地质条件下,地下墙的位移量比其它支护结构(如钢板桩撑板等)为小。

美国学者曾以波士顿等地 6 项粘土中地下墙的位移量和刚度的关系作过统计,见表 3-2。从表中可见位移量不仅与墙体刚度、支撑布置有关,而且与开挖深度、粘土的不排水抗剪强度和重度有关。

粘土中地下墙的位移量 表 3—2

地 点	EI/l^4 (KPa)	rh/c_u	tl_{max}/h (%)
波士顿	1470	4.4	0.2
奥斯陆	4300	7.0	0.1
芝加哥	1420	6.6	0.5
芝加哥	3020	7.6	1.8
芝加哥	6490	6.6	2
旧金山	109	5.5	1

注：①表中 E 、 I —墙体弹性模量、截面惯性矩；

l —支撑间距；

EI/l^4 —墙体刚度系数；

γ —土的重度；

h —开挖深度；

c_u —粘土不排水抗剪强度；

rh/c_u —稳定数；

u_{max} —最大侧向位移；

②本表引自上海市隧道工程设计院王振信“软土层深基坑开挖的支护技术”，《地下基础工程》1991年第1期，北京。

中国建筑科学研究所曾对北京、深圳等地挡土桩的侧向位移，土压力和桩体内力的实测资料进行综合，表明当桩侧土质条件较好时，桩侧土压力和桩身内力远小于计算值，且侧向位移也小，但当土质较差时，桩侧土压力位移和桩身钢筋应力均明显增加，钢筋应力可大至 200N/mm^2 （根据钢筋

的应变或应力值可估计墙体是否开裂）。

广东地区地下墙在基坑开挖期间的侧向位移量，大小不一。某工程由于支撑太弱，墙顶最大位移达 120mm ，引起墙体转角处开裂漏水。近期广州地区的地下墙的墙顶侧向位移一般均小于 20mm ，但位于珠江三角洲软土地区的某工程，墙体最大侧向位移量达 250mm （位于开挖面以下约 4m 处）约为相应开挖深度的 3.4% ，且墙后土体的侧向位移速率大，已对基坑的整体稳定性构成威胁。该工程地下墙的钢筋应变值也较大。

至于地下墙侧向位移的限定值（允许值），则还与使用要求和墙体的强度和抗裂度有关，目前还难以明确规定，以往有的工程以最大水平位移为开挖深度的 0.5% 作为限定值，效果尚好。设计时还应从本工程的具体条件出发考虑适当的位移限定值。

3.4.3—3.4.9 地下墙墙体结构设计，应符合下列各项要求：

- 一、满足地下墙在使用上各种功能要求；
- 二、满足地下墙的变形和各项强度要求；
- 二、满足地下墙地基局部和整体稳定和承载力要求。

根据上述各项要求进行地下墙结构设计的内容如下：

1. 根据工程的规模、性质、使用功能和地基条件等情况，选择合适墙型及其与主体结构结合的形式，在平面上和剖面上进行合理的结构布置。

2. 验算地下墙的整体稳定和地基承载能力，应包括其底面和侧面的地基强度和整体稳定性。

3. 墙体承载能力计算,按地下墙在施工荷载、使用荷载等组合情况,分别计算墙体变形、作用在墙体各截面的内力及其承载能力。

4. 其它方面计算:根据地下墙使用功能和结构要求进行各种有关计算,包括地下墙入土深度,墙体支撑构件(或锚杆)墙体沉降等的计算。

上述有关地下墙结构设计中的主要问题,本节作出原则性的规定,其具体说明分别在有关条文中作出规定。

3.5 检测与监测

地下墙工程一般较为复杂,技术要求高,施工难度大,且属于隐蔽工程,有必要重视地下墙的施工质量和提高地下墙结构设计水平,本规程专门对地下墙的检测与监测列成一节作出规定,以引起有关单位的重视和在设计工作中贯彻执行。

限于仪器设备等技术条件,目前本省还难以对地下墙施工过程进行全面而又精密的监测。但在现时地下墙施工机具和工艺条件下加强施工管理和进行常规检查、监测是必要的。

3.5.1 地下墙的施工质量应按广东省标准《建筑地基基础施工及验收规程》DBJ15—201—91的规定进行常规检查和验收。

3.5.2 本条对侧向承载墙或竖向承载墙应进行检测或监测的项目和要求作出规定。这些规定应在设计工作中一并考虑,并由建设、设计、施工和质检(质监)等单位共同研究确定,

从本省已进行的几项地下墙原位检测 and 多项工程的墙体完整性、墙底沉渣厚度等检测结果来看,加强检测与监测工作是必要的,检测结果不仅可用以评价工程质量和承载力,也可用于指导下一步施工和在某些方面及时修改设计。

3.5.5 关于地下墙工程检测、监测和观测工作的精度,目前可由设计单位根据实际情况提出。

4 侧向承载墙的结构设计

4.1 一般规定

4.1.3 常用的地下墙单元槽段的平面形状为一字形,转角槽段应采用 L 形,以利承受水平方向的角部负弯矩,防止转角处接缝开裂而发生漏水。当墙体受力较大时,也可采用 T 形、H 形和 I 形槽段。

4.1.4 单元槽段的长度一般可采用 4m~6m,地质条件较好者可采用 6m~8m,条件较差易坍塌者宜适当减小槽段长度。由于槽段接头处较弱,因此一般情况下,槽段长度不宜过小,以免增加接头数量和墙体的薄弱环节。

4.1.5 地下墙的施工工艺可适用于各种不同的地质条件(除有承压水地基),而槽壁的稳定性的主要取决于有效的泥浆护壁工艺、泥浆质量和导墙内泥浆液面高出地下水位的高度。一般采用 0.5m~1.5m。必要时可采用降低地下水位或地基处理措施来改善槽壁的稳定条件。

4.1.6~4.1.8 根据使用功能、受力和支承条件,地下墙选用不同的结构型式。对于开挖深度较大的地下墙,宜设置多道支撑;当开挖深度较深且基坑宽度较大时,可采用多层锚杆的地下墙;当地下室或地下结构平面上较为规整时,可采用逆筑法施工,采用钢柱、梁结构支撑或利用地下各层楼面梁系兼作临时支撑;在港口等水运工程中可采用带拉杆和锚定板的地下墙。

对用作挡土结构的地下墙,必须重视支撑或锚杆的布置和计算,以减小墙体侧向位移和内力。

4.2 侧向承载的计算

4.2.2 地下墙墙侧土压力的状态取决于墙体的位移方向和位移量。而土压力的大小与土质有关,且随墙体位移而变化。土压力的分布图形则随着结构的变形、支撑的设置和施工程序的不同而变化。由于挡土结构位移方向和数值的不同,土压力可能由静止土压力减小至主动土压力,或增大至被动土压力。主动土压力可能小于静止土压力近一倍,而被动土压力可能为静止土压力的若干倍。因此应根据各不同时期墙体和土体位移的可能情况、支撑体系的布置与刚度以及施工程序等确定土压力的计算图式。

4.2.3 根据式(4.2.3)按土的有效重度和地面均布荷载计算静止土压力时,如缺乏试验资料,对各类土,静止侧压力系数可取 0.4~0.6,对处于密实状态的砂土和抗剪强度高的粘性土,该系数可取小值。

条文所列的墙侧土压力应按静止土压力计算的各种情况,主要考虑以下各实际情况:

当市政环境不允许地下墙产生侧向位移和墙后地面下沉时,如处于临近重要建筑物,地下重要管线和稠密居民区市政环境的地下墙;

当采用适当的施工措施和程序能够阻止地下墙和土体产

生侧向位移,如采用逆筑法施工、加设多道支撑或锚杆并施加预应力、已采用有效处理措施改善地基条件时;

采用竖井,格形重力式等整体刚性大的结构而使土体难于产生侧向位移时;

当墙侧为高含水量淤泥时,随着墙体位移,墙后土压力由静止土压力降为主动土压力,但在短时间内又从主动土压力恢复至静止土压力。

4.2.4 根据某些砂土三轴试验,密砂或松砂在竖向压缩应变约为0.5%时达到主动极限状态,而竖向伸长应变分别为2% (密砂)或15% (松砂)时达到被动极限状态。根据重力式挡土墙的某些试验资料,砂土在墙体位移达到墙高的0.1%时到达主动极限状态,位移为墙高的0.5%~1.0%时达到被动状态,粘土在墙体位移为墙高的0.4%时达到主动极限状态。由于到达被动极限状态的土体应变或墙体位移量相当大,因而在一般地下墙工程中,被动土压力不一定得到充分发挥,故使用时常予以折减。

4.2.5 当存在地下水渗流时,可采用直线比例法计算渗透水压力。

计算地下墙侧压力时,对于砂土,一般分别对土压力(按土的有效重度)与水压力进行计算;对于饱和软粘土(包括淤泥和淤泥质土)可按土的总重度(饱和重度)将土压力和静水压力合在一起进行计算,其侧压力系数可取0.60~0.85(当淤泥的含水量在70%以上时应取大值)。

4.2.6 地下墙墙体和支撑(或锚杆)的内力、位移的分析与计算,应根据地下墙结构型式、支承条件、受力状态和地基

土特性,按平面问题或空间问题采取条文所列方法之一进行。地下墙的结构型式如4.1.6条所列,支撑条件指支撑的布置和地下墙两侧的土(岩)体(可视为不动铰支承或线弹性支承等),受力状态指土压力的计算图式和地下墙的工作状态,对长条形的地下墙,可沿纵向取单位长度、按平面问题考虑。

4.2.6.1 简化法,包括以前用来计算板桩墙的自由端法、弹性线法和等值梁法等。这种计算方法过于简略,难以反映地下墙的位移情况,一般只用于开挖深度较浅的地下墙或进行方案比较时采用。

4.2.6.2 基床系数法。首先按5.2.3至5.2.5条的规定确定墙后土压力的计算图式(主动土压力或静止土压力),计算出开挖深度以上的墙后土压力值。而墙前基坑开挖面以下土体的弹性抗力以基床系数(k)法或 m 法的方式表达,然后采用结构力学、差分法或有限元法求解各阶段墙体的挠度、转角、剪力和弯矩。水平向基床系数宜通过现场试验确定,无试验资料时可参考表4-1选用。基坑面附近的水平向基床系数除与土(岩)性质和墙体刚度有关外,还受基坑开挖深度和土体扰动程度等影响,影响严重者优先取小值。如墙体侧向位移较大时,可考虑按 m 法计算, m 的取值宜通过现场试验确定,无试验资料时,可按表4-1选用。目前本省和国内的多撑式地下墙多采用基床系数法进行分析。分析时宜考虑开挖的程序和支撑的变形。

4.2.6.3 其它分析法。这类方法可将地下墙视作位于变形体内的结构,按连续体理论进行分析与计算,或将连续体离散化,采用有限元法进行分析与计算。这些方法相对而言较

为合理,但分析工作量和难度较大,故只用于复杂地下墙工程和墙后土体变形、地面沉降等分析中。

地基土水平弹性系数 k 和 m 表 4-1

序号	地基土类别	k (MN/m ³)	m (MN/m ²)
1	淤泥、淤泥质土	2~7	1~4
2	软塑 ($0.75 < I_p \leq 1$) $e > 0.9$ 粉土 松散粉细砂 松散填土	8~19	4~12
3	可塑 ($0.25 < I_p \leq 0.75$) 粘性土 $e = 0.7 \sim 0.9$ 粉土 稍密、中密粉细砂 中密填土	20~80	12~35
4	硬塑粘性土 $e < 0.7$ 粉土 中密、密实中粗砂	81~200	35~80
5	坚硬粘性土 中密密实砂 碎石类土	> 200	≥ 80

4.2.13 在进行基坑整体稳定性分析时,宜选择较符合工程实际情况的方法(包括土体滑裂面的确定)和合理的抗剪强度指标值。式(4.2.13)适用于设置单道或多道水平支撑,且墙体下端仍处于饱和粘性土或粉土的厚度超过 0.707 倍基坑宽度的基坑整体稳定性验算,如墙体下端进入砂土、碎石土或属于其它情况时,该式不适用。

4.3 地下连续墙的连接

1 槽段的接头

4.3.2~4.3.4 常用的槽段的非刚性接头,有如下几种型式:

1. 铰接型。采用接头管连接,施工时须掌握好混凝土凝固时间,在达到拔管强度及时将接头管拔出,以免影响墙体混凝土质量或增加拔管力。

2. 棒接型。采用双反弧接头段连接,在接头处用双反弧钻头造孔,浇筑双反弧状的钢筋混凝土连接段,使相邻两个单元墙段形成铰接连接。

3. 搭接型。采用打接头连接,在已浇筑混凝土墙段的接头处,打掉部分软弱的混凝土,使其与相邻单元墙段连接。这种连接所形成的施工缝,其防渗效果可能较好(多用于防渗墙中)。但如果接头孔的施工偏差较大则 will 影响接头处的防渗性能。

当地下墙单元墙段之间的连接,须传递剪力和不允许产生相对变形时,应设置刚性接头。设计时须考虑接头的剪力、刚度和防渗性能。常用刚性接头的型式有:带单侧 U 型锚筋的 I 型钢板接头和十字型穿孔钢板接头。

4.3.5 带单侧 U 板锚筋的 I 型钢板接头的一侧与钢筋笼横向钢筋焊接,其连接的强度取决于钢筋笼的横向配筋, I 型钢板的另一侧与 U 型锚筋焊接,其连接的强度取决于单侧 U 型

锚筋的强度及其与 I 型钢翼板连接的抗剪强度。

单侧带 U 型锚筋 I 型钢板的应力由钢筋的粘着力、拉应力、承压力及开裂应力等承受。本规程引用日本《竹中式地下连续墙构筑法设计规程》，并根据其试验结果，采用局部受压强度公式计算得到极限抗剪强度，并已除以安全系数。条文所列的式 (4.3.6-3)、(4.3.8-3) 等也可按国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第四章第五节的有关规定进行复核。上列二式中的混凝土抗压强度标准值 f_{cu} 是指混凝土试件 28d 龄期时的抗压强度。

4.3.6 十字型穿孔钢板刚性接头，可分为有端头板和无端头板两种，适用于承受剪力和拉力情况，不适用于单纯承受拉力情况。格形重力式地下墙等结构中的剪力墙，各墙段间同时承受剪力和拉力作用，可选用十字型穿孔钢板刚性接头。

条文所列的计算公式是上海市标准《地基基础设计规范》DBJ08-11-89 所规定、以室内模型试验为依据而建立的经验公式。试验所采用的十字型穿孔钢板接头试件尺寸为长 $\times$ 宽 $\times$ 高 = 2600mm $\times$ 200mm $\times$ 850mm，并在试件中心处放置穿孔钢板，试验最大剪拉力比为 5.18。

条文所列的公式，表达了穿孔钢板的计算须同时满足两个条件：

1. 穿孔钢板在墙段接头处的钢板抗剪强度，应大于在该墙段接头处的计算剪力。

2. 穿孔钢板插入墙体内部分的钢板与混凝土的粘结力和穿孔内混凝土的抗压强度，应大于在墙段处的计算剪力。

穿孔钢板的尺寸。根据模型试验和已建地下墙刚性接头

的施工情况，在墙厚 600mm 的墙段内，一般可选用一片钢板。钢板厚度由强度计算确定，穿孔钢板在墙段接缝处的应骑缝对称放置。钢板在接缝一侧墙体长度，一般为墙体水平向钢筋直径的 25~30 倍。接缝两侧墙体内钢板长度各约 700mm~800mm。钢板的穿孔面积与整块钢板面积之比，宜在 0.32 左右。

I 地下墙与主体结构的连接

4.3.7~4.3.11 地下墙与主体结构的连接，除墙顶通过顶梁（或承台）与主体结构连接外，主要指与主体结构的柱、梁和楼板等的连接，即通过预埋件（预埋钢板盒、钢筋或受剪连接件等接头装置）与主体结构的柱、梁和板的主钢筋连接，常用的水平接头型式有预埋钢板盒、预埋钢筋连接和预埋带锚筋钢板连接等型式。

1. 地下墙墙顶与主体结构连接的顶梁或承台，是将地下墙墙顶受力钢筋锚入顶梁（或承台）并浇筑成整体钢筋混凝土结构，以承受主体结构传来的荷载和外力。地下墙具有较大的抗剪刚度，作用在主体结构上的荷载和水平力将通过墙顶接头传到地下墙，设计时尚应对墙顶接头所承受的水平力进行验算。

水平力是靠顶部的整体混凝土和各层隔板梁水平接头传递的，由于顶部接头须先凿除墙顶部分混凝土，再与主体结构的构件浇成整体，因此其混凝土是后浇的，故一般应增设补强受剪钢筋。

2. 地下墙与主要构件(包括主体结构的梁、柱和板等)连接的接头,应具有承受水平力和竖向力作用能力。为保证应力的传递,在与主要构件连接处,地下墙均应设置预埋钢板盒或带锚筋的钢板接头装置、预埋钢筋连接。

受力较大的梁与地下墙的连接宜采用钢板盒接头。

带锚筋的钢板接头。要求墙外剪力不应超过接头装置的抗剪强度。接头装置的应力传递与 4.3.5 条带 U 型锚筋的 I 型钢板情况相同,即由钢板和锚筋的承压强度所决定。但目前尚不能定量地计算出钢板和锚筋承压强度及其应力分布。日本《竹中式地下连续墙构筑法规程》中根据对钢板和锚筋进行室内和原地实验,从计算值与实验值一致的观点出发提出规程的并列计算公式,但这对一些特殊接头(如板厚为 2mm~3mm 或锚筋过短等),可能产生较大的误差,宜考虑修正。

预埋钢筋接头。在地下墙与主要构件连接处将墙内预埋锚筋弯出并与主要构件的受力钢筋焊接。连接时,在接合墙面部位应凿毛后浇筑混凝土,将其与主要构件浇筑成整体结构。

4.4 构造规定

4.4.1~4.4.6 地下墙是在人造泥浆护壁的单元槽段内采用导管法浇筑而成的钢筋混凝土结构,在构造上应满足一定的要求。条文提出的技术要求,是根据广东地区地下墙施工实

例总结而来,主要有:

1. 地下墙的厚度。一般按计算确定,但不宜小于 60mm,并应考虑施工条件,地基岩土特性和混凝土浇筑条件等因素确定。

2. 钢筋保护层厚度。为防止钢筋锈蚀,充分发挥钢筋与混凝土握裹力的作用,钢筋需要有一定厚度的保护层,在确定钢筋保护层厚度时,应根据地下墙的用途、结构型式和施工条件等因素确定。

地下墙的钢筋保护层净厚度一般采用 70mm~100mm。对临时性地下墙取小值,对重要的永久性地下墙取大值。

3. 钢筋。在人造泥浆中浇筑的混凝土,其对钢筋的握裹力将比普通混凝土降低 10%~30%。采用光圆钢筋要比带肋钢筋的握裹力约低 50%,水平钢筋比竖向钢筋的握裹力约低 20%(详见 3.3.5 条文说明),对地下墙钢筋的配置有如下构造要求:

(1) 受力钢筋。采用带肋钢筋(一般采用 I 级钢筋)的直径不宜小于 16mm。由于握裹力降低,故增加钢筋的根数较为有利。但必须控制钢筋的最小间距不小于 2 倍钢筋直径和 3 倍粗骨料的最大粒径(粗骨料的最小粒径一般控制在 10mm~20mm 为宜)但每延米墙体的钢筋一般不超过 8 根。

(2) 箍筋与架立钢筋。根据设计要求按单元槽段进行组装而成的整体钢筋笼,须设置箍筋和架立钢筋。

当不考虑横向受力时,箍筋只是便于将主筋配置在预定间隔位置上的横向钢筋,可采用光圆钢筋。为防止钢筋位置变动,其直径不宜小于 12mm,箍筋的间距,可根据钢筋笼大

小和受力状态确定。一般临时性墙不超过 500mm，永久性墙不超过 300mm。

架立钢筋的设置。架立钢筋是在组装钢筋笼时为固定钢筋位置和防止变形而使用的辅助钢筋。为防止钢筋笼在存放、运输和吊放时产生变形而设置的加强钢筋，应根据钢筋笼的大小和重量配置，其直径一般为 18mm~22mm，间距 2m~3m 或按 X 形布置。

4. 钢筋接头。地下墙的钢筋笼纵向接头应将受力钢筋焊接牢靠。由于受力钢筋的接头是结构上的弱点，应避免在应力较大的位置连接。

5. 地下墙的配筋率。地下墙的受力钢筋用量应根据计算确定。当其受力钢筋为横向布置时，尚应验算其握裹力。受力钢筋的最小配筋率为其有效截面积的 0.4%，最大配筋率为其有效截面的 6%。

5 竖向承载墙的结构设计

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 广东地区的竖向承载墙，主要用于高层建筑深基础工程。其中，条形承载墙多位于单道剪力墙下方或位于地下室外围，后者常兼作侧向承载墙并起防渗作用。条形承载墙的长宽比（8:1）是参考了变形体内部附加应力的分布规律确定的，条形承载墙沿纵向可呈等厚度、分段变厚度或带 T 形槽段等型式；组合承载墙多位于电梯井或筒体下方，其平面多呈多边形，或位于柱下，如图 5.1.1 所示的某一形状。

条文对端承墙、摩擦墙的划分是广义的，不仅考虑提供竖向承载力的墙体部位（但对端承墙不拘泥于只靠墙端的水平投影面积承载），而且也考虑墙顶沉降的特性。端承墙的墙端一般都进入坚硬持力层，该深度的墙体侧面也存在竖向支承力（或称为摩阻力），但只要设计时不考虑墙端地基变形，则可认为属于端承墙。

广州地区的竖向承载墙，其墙端均嵌入中风化、微风化基岩中，成为一种有效的端承深基础型式。

5.1.3、5.1.4 从广东地区的工程地质条件出发，端承墙可选择中风化或微风化的软质或硬质岩层作为持力层。随着岩石成因、矿物成分、结构和构造的不同，广东地区各类岩石的强度差别甚大。因此选择墙端持力层时，不仅应考虑岩石的风化程度，还应考虑岩石的强度。关于岩石强度，目前本

省用于工程设计的岩石三轴试验的条件还不充分,有待解决的问题也较多,故参照交通等行业的有关标准,本省嵌岩桩的工程实践和不少国家的做法,本规程采用天然湿度岩样的单轴抗压强度作为依据。

为了满足对地基承载力、墙体稳定性和地基变形的要求,对端承墙进入坚硬持力层的深度和墙端下方持力层的厚度应有所规定。条文在这些方面的规定,主要反映广东地区目前的实践经验。虽然对条形地下墙和组合地下墙的持力层的厚度作了数量上的规定,但这主要从力学概念出发,区分平面问题和空间问题地基应力分布规律的不同。设计时宜按具体情况(如墙体的平面形状和尺寸,墙体穿越强风化岩层和碎石土层的厚度等因素),从整体上进行综合考虑,以满足设计要求。

5.1.5、5.1.6 关于对摩擦墙进入良好持力层的深度和持力层厚度规定的说明与上述二条文相同。

至今广州地区尚未采用过作为竖向承载结构的摩擦墙,而上海地区采用的竖向承载墙则为摩擦墙,国外也常用摩擦墙。

5.2 竖向承载力计算

5.2.3 竖向承载墙的承载力最好通过现场静载荷试验确定。

表5—1所列地下墙(段)现场静载荷试验资料摘自国内外已发表的论文。表中墙顶荷载和墙顶沉降量是从各论文的

关系曲线按比例量出的。所试验的墙段墙端均未到达岩层。从各论文的报导中可见,第6项试验的墙端支承力占较大比例,第4项的墙侧支承力接近墙顶荷载之半,其余各项均以墙侧摩阻力为主。第2、3、4项试验还包括地下墙与灌注桩的对比。所有试验资料均表明;地下墙的荷载传递机理与大直径钻(冲)孔灌注桩相似,且其承载力相当高。

地下墙(段)现场静载荷试验资料 表5—1

项目	国家地区	墙段平面尺寸(m)	深度(m)	墙侧主要土层	墙端持力层	墙顶荷载(MN)	墙顶沉降(mm)
1	上海(同济大学)	0.6×2.5	20	粉质粘土等	粉质粘土(N=8.7)	4.0 4.8	16 45
2	奥地利 维也纳	0.5×1.5	13	砾	粉细砂	5.5	15
3		直径0.9	13	粉质		5.0	15
4		0.5×1.5	24	粘土等		9.1	15
5	英国伦敦	0.5×1.2	14.4	砂砾等	伦敦粘土(超固结)	2.0	25
6	日本东京都千代田区	0.6×1.8	由24.5至54.5	细砂等	砂砾	20.0	75
7	日本千叶县流山市	0.6×1.8	24	粉土、细砂等	细砂	12.0	53

从广州地区10多年来所采用竖向承载墙深基础的使用效果来看,地下墙在长期荷载作用下的沉降量甚小(甚至不及4mm),且竖向承载墙的沉降与同一建筑物中的大直径灌注桩比较协调,各高层建筑的沉降量一般在15~25mm上下。

本条规定地下墙的现场静载荷试验可参照单桩静载荷试

验方法进行,按条文确定地下墙竖向承载力设计值,可认为已按标准值提高 10%。

5.2.4 考虑墙体材料强度时,可按式(5.2.4)确定地下墙竖向承载力。式中右边第一项的 f_c 按设计的混凝土强度等级取值,考虑墙体混凝土的浇筑条件和不均匀性,该项乘以 0.7 的折减系数(钻孔桩取 0.8),右边第二项乘以 0.9 系数已考虑了泥浆对钢筋混凝土握裹力的降低。

5.2.5 与本省嵌岩灌注桩计算相似,本条参照我国现行交通部门嵌岩灌注桩竖向承载力的计算方法执行,式中岩石单轴抗压强度 f_r 按平均值取,但试样组数和试验方法应符合本规程 3.2.3.2 条的规定。表 5.2.5 中的系数,对组合地下墙,按钻(冲)孔灌注桩考虑,已根据交通部门的规定折减 20%,对条形地下墙则按 25%折减。(式 5.2.5—2)中的系数,对组合地下墙,同样按交通部门的规定取值,已降低 25%,对条形地下墙,则按 35%折减。按本条规确定的地下墙竖向承载力设计值,可认为已比标准值提高 20%。

5.2.6 如前述,摩擦墙的地基承载力可参照钻(冲)孔灌注桩的公式进行计算,但在计算墙侧摩阻力时,应考虑地下墙平面形状、侧面有效面积(如本规程图 5.1.1 所示,并扣除临空面)和基坑开挖后摩阻力减弱等影响。

5.2.7 本条规定的计算方法可见有关基础工程手册或论著。

5.3 构造规定

5.3.2 当采用条形地下墙作为剪力墙基础时,地下墙的顶梁可同时兼作承台。此时除应满足所列构造要求外,必要时尚应加强顶梁端部的局部受压性能。组合地下墙的顶部应视上部结构布置的实际情况设置承台。

6 地下连续墙防渗设计

6.0.1 有防渗要求的地下墙,常见于地下室(洞)、人防工程等结构;专门用作水土建筑物的地下防渗体的地下墙,常见于闸、坝等水工工程,简称防渗墙。

6.0.2 有防渗要求的地下墙设计时除满足墙体强度要求外,尚应防止外侧水压对地下洞、室墙体结构产生不允许的渗透和溶蚀作用。

6.0.3 防渗墙与周边防渗体的连接,在平面上,防渗墙与建筑物的防渗体和两岸的不透水层或齿墙的连接,可布置成直线形、弧线形和折线形等。在纵剖面上,防渗墙的顶部与建筑物的防渗体可靠连接,底部宜插入不透水层地基,插入深度不宜小于0.5m。当不透水层地基埋藏较深时,墙端可处于透水层中,但其进入透水层的深度,应根据渗流计算或渗透试验确定,且应使防渗墙所增加的渗径长、满足减少渗漏量和降低出逸坡降的设计要求。

6.0.4 常用的混凝土防渗墙有桩柱式和槽板式等型式。防渗墙采用桩柱式的,成墙时槽段采用搭接型接头。当采用槽板式结构时,成墙可采用搭接型和榫接型接头。

地下洞、室防渗墙宜采用槽板式,其接头有铰接型和榫接型,可参见本规程4.3.1和4.3.2条的规定。

6.0.5 由于水泥加水凝结硬化而生成的氧化钙,因呈游离状而容易被渗透水溶解带出,并使混凝土疏松、丧失防渗性和强度。因此应对防渗墙的耐久性进行分析和验算,即对其使用年限进行估算,一般以混凝土渗水使石灰溶蚀而丧失强度50%

所需的时间 t 来表示。苏联梯比利斯建筑物与水能科学研究所曾给出使用年限估算公式,可供参考。

$$t = \frac{acl}{Kki} \quad (6.0.5)$$

式中 l —渗径长度,即墙厚(m);

k —渗透系数(m/y,其中 y 表示年);

a —使混凝土中强度降低50%,淋蚀混凝土中石灰所需之渗水量(m^3/kg)。据莫斯科文资料, $a=1.54m^3/kg$;按柳什尔资料, $a=2.2m^3/kg$;

c —每 m^3 混凝土的水泥用量(kg/m^3);

i —水力坡降;

K —安全系数,按苏联梯比利斯建筑物与水能科学研究所资料,可根据建筑物等级(适用的结构厚度 $b \leq 2m$)按表6—1选取。

安全系数 K		表 6—1
建筑物等级	安全系数 K	
一级	20	
二级	16	
三级	12	

6.0.6 防渗墙的墙体材料,必须具备下列性能:

1. 满足抗渗性、耐久性和防止环境水侵蚀和溶蚀等要求;
2. 墙体强度应满足受压、受拉和受剪等各项强度的要求;
3. 满足混凝土流动性、和易性以及到利于在泥浆中采用导管法浇筑的要求。

条文所各项规定已考虑了上列各项要求。