

附件 2:

ICS 号

中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CHES XXXX—XXXX

预制混凝土板桩式挡土墙技术规程

Technical Specification For Precast Concrete Sheet Pile Retaining Wall

(征求意见稿)

(请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

目 次

1	总则.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	术语和符号.....	2
3.1	术语.....	2
3.2	符号.....	3
4	基本规定.....	5
4.1	一般规定.....	5
4.2	分类与选型.....	5
5	材料与制作.....	6
5.1	一般规定.....	6
5.2	材料.....	7
5.3	制作.....	9
6	设计计算.....	10
6.1	一般规定.....	10
6.2	构造要求.....	10
6.3	荷载及组合.....	11
6.4	稳定计算.....	12
6.5	结构内力分析.....	13
7	施工.....	14
7.1	一般规定.....	14
7.2	堆放与运输.....	15
7.3	静压法施工.....	16
7.4	锤击法施工.....	17
7.5	植桩法施工.....	18
7.6	振动法施工.....	19
8	质量检测与验收.....	20
8.1	一般规定.....	20
8.2	出厂检验.....	21
8.3	工程检测.....	23

8.4 质量评定.....	24
附录 A 桩身试验方法（规范性附录）	25
附录 B 挡土墙稳定性验算（规范性附录）	28
附录 C 板桩式挡土墙结构内力计算（规范性附录）	31
附录 D 预制板桩截面参数及力学性能（资料性附录）	32

前 言

本规程是根据《〈中国水利学会标准管理办法〉（试行）》（水学[2016]83号）的要求，由建华建材（中国）有限公司会同有关单位共同编制完成。

本规程在编制过程中，编制组经广泛调查研究，结合我国实际情况，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规程共分为8章和4个附录，主要内容包括：总则、规范性引用文件、术语和符号、基本规定、材料与制作、设计计算、施工、质量检测与验收等。

本规程的某些内容涉及专利（专利号：××××××××××××），涉及专利的具体技术问题，使用者可与专利持有人（专利持有人：××××××××××××）协商处理。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国水利学会负责管理，建华建材（中国）有限公司负责具体技术内容的解释。

本规程在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条16号，邮编：100053），以便今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：建华建材（中国）有限公司

上海勘测设计研究院有限公司

参编单位：南京水利科学研究院

江西省水利规划设计研究院

安徽省水利水电勘测设计院

中设设计集团股份有限公司

长江勘测规划设计研究院

中水淮河规划设计研究院有限公司

河海大学

黄河勘测规划设计有限公司

江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司

江苏省水利建设工程有限公司

江苏淮阴水利建设有限公司

主要起草人：张雁 毛由田 季荣 金忠良 李军 余熠 张艳 毛永平 陶永明 余涛 葛明明

主要审查人：××××××××××××

1 总则

为在水利工程中推广应用技术先进、经济实用、生态环保的预制混凝土板桩式挡土墙，统一预制混凝土板桩式挡土墙设计、施工及验收技术要求，在工程设计和施工中做到安全可靠、经济合理、技术先进、确保质量，制定本规程。

本规程适用于新建、扩建或改建的水利工程中预制混凝土板桩式挡土墙的设计、施工及验收。建筑、市政、交通等工程中采用预制混凝土板桩结构的挡土墙的设计、施工及验收可参照执行。

预制混凝土板桩式挡土墙的设计、施工及验收除应执行本规程外，尚应遵循国家、行业现行有关技术标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规程。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订内容）适用于本规程。

GB 175	通用硅酸盐水泥
GB 748	抗硫酸盐硅酸盐水泥
GB 8076	混凝土外加剂
GB 13476	先张法预应力混凝土管桩
GB 1499.1	钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋
GB 1499.2	钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋
GB 20472	硫铝酸盐水泥
GB 50007	建筑地基基础设计规范
GB 50164	混凝土质量控制标准
GB 50201	防洪标准
GB 50202	建筑地基基础工程施工质量验收规范
GB 50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50286	堤防工程设计规范
GB 50287	水力发电工程地质勘察规范
GB 50330	建筑边坡工程技术规范
GB 50487	水利水电工程地质勘察规范
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 701	低碳钢热轧圆盘条
GB/T 709	热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 18046	用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB/T 18736	高强高性能混凝土用矿物外加剂

GB/T 50107	混凝土强度检验评定标准
GB/T 50805	城市防洪工程设计规范
GB/T 5223.3	预应力混凝土用钢棒
SL 176	水利水电工程施工质量检验与评定规程
SL 191	水工混凝土结构设计规范
SL 203	水工建筑物抗震设计规范
SL 211	水工建筑物抗冰冻设计规范
SL 223	水利水电建设工程验收规程
SL 252	水利水电工程等级划分及洪水标准
SL 264	水利水电工程岩石试验规程
SL 265	水闸设计规范
SL 352	水工混凝土试验规程
SL 379	水工挡土墙设计规范
SL 654	水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范
SL 677	水工混凝土施工规范
SL 744	水工建筑物荷载设计规范
JTS 167	板桩码头设计与施工规范
JGJ 120	建筑基坑支护技术规程
JC/T 540	混凝土制品用冷拔低碳钢丝
JC/T 947	先张法预应力混凝土管桩用端板
JC/T 950	预应力高强混凝土管桩用硅砂粉
JC/T 2239	预应力离心混凝土空心方桩用端板
DL/T 5113.1	水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准
Q31/0117000261C002	绿色混凝土护壁支撑桩
Q31/0117000261C005	先张法预应力混凝土波浪桩
Q31/0117000261C006	预应力混凝土离心 U 形桩
Q31/0117000261C007	先张法预应力混凝土板桩

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙 Precast sheet-pile retaining wall

利用预制混凝土板桩挡土，依靠自身锚固力或设帽梁、拉杆及固定在可靠地基上的锚碇墙维持稳定的挡土建筑物。

3.1.2 预应力混凝土波浪桩 Prestressed concrete wave pile

桩身截面呈半圆环形并采用离心工艺成型的先张法预应力混凝土板桩。

3.1.3 预应力混凝土护壁桩 Prestressed concrete wall pile

桩身截面呈外方内圆的空心桩，桩身两侧各有两个弧形凹槽，采用离心工艺成型的先张

法预应力混凝土板桩。

3.1.4 预应力混凝土板桩 Prestressed concrete sheet pile

桩身截面呈实心矩形并采用浇筑工艺成型的先张法预应力混凝土板桩。

3.1.5 预应力混凝土离心板桩 Prestressed concrete centrifuge sheet pile

桩身截面呈空心矩形并采用离心工艺成型的先张法预应力混凝土板桩。

3.1.6 预应力混凝土离心翼边板桩 Prestressed concrete centrifuge sheet pile with wings

桩身截面呈空心矩形，且长边部位带有矩形凸起，并采用离心工艺成型的先张法预应力混凝土板桩。

3.1.7 预应力混凝土离心 U 形板桩 Prestressed concrete centrifuge U - shaped sheet pile

桩身截面呈 U 形并采用离心工艺成型的先张法预应力混凝土板桩。

3.1.8 锚碇板 anchor plate

作为前墙锚碇结构的板。

3.1.9 锚碇墙 anchor wall

连续的锚碇板所组成的墙。

3.1.10 锚碇桩 anchor pile

作为前墙锚碇结构的桩。

3.1.11 拉杆 pull rod

前墙与锚碇结构间的连系杆。

3.1.12 帽梁 cap beam

设在前墙或锚碇结构顶部的连系梁。

3.1.13 锚杆 anchor

由杆体（钢绞线、预应力螺纹钢筋、普通钢筋或钢管）、注浆锚固体、锚具、套管所组成的一端与支护结构构件连接，另一端锚固在稳定岩土体内的受拉杆件。

3.2 符号

3.2.1 作用和作用效应

P ——试验外荷载；

E'_p ——主动和被动土压力作用下对 N 点以上墙体求矩至 N 点合力矩为零时的合力；

R_A ——钢拉杆的拉力；

E_{ax} ——作用在锚碇墙的主动土压力；

E_{px} ——作用在锚碇墙的被动土压力；

G ——锚碇墙前基面以上填料的重力。

3.2.2 材料性能和系数

M_{cr} ——板桩抗裂弯矩；

M_u ——板桩极限弯矩标准值；

R_p ——板桩竖向承载力设计值；
 N_k ——一级裂缝控制抗裂拉力标准值；
 M ——板桩抗弯承载力设计值；
 V ——板桩抗剪承载力设计值；
 N ——板桩受拉承载力设计值；
 Q ——板桩抗裂剪力；
 E ——桩身混凝土弹性模量；
 σ_{ce} ——桩身有效预压应力；
 $[\sigma]$ ——拉杆钢材的允许应力；
 W ——桩身重量；
 K_a ——主动土压力系数；
 K_p ——被动土压力系数；
 K_m ——锚碇墙抗滑稳定安全系数；
 K_c ——沿滑动面抗滑稳定安全系数；
 ϕ_1 ——板桩墙墙后土的内摩擦角；
 ϕ_2 ——锚碇墙墙前填料的内摩擦角；
 γ ——土的天然重度；
 f ——沿滑动面的摩擦系数；
 δ_t ——拉杆直径的年锈蚀量；
 T ——板桩式挡土墙的使用年限。

3.2.3 几何参数及其他

a ——试验加荷跨距的一半；
 t ——板桩墙体入土深度；
 t_0 ——板桩墙体入土点至理论转动点的深度；
 Δt ——理论转动点以下的板桩墙体深度；
 $L_{\min}$ ——锚碇墙至板桩墙的最小水平距离；
 H ——挡土高度；
 H_0 ——板桩墙顶至理论转动点 N 的深度；
 H_t ——填土表面至锚碇墙墙底的深度；
 Δ ——无锚碇板桩式挡土墙顶水平变位；
 X_0 ——板桩式挡土墙入土点的水平变位；
 ϕ_0 ——板桩式挡土墙入土点的转角变位；
 d ——钢拉杆直径；
 B ——板桩截面宽度；

H ——板桩截面高度；
 L ——桩长；
 D ——内圆直径；
 R ——内圆半径；
 α ——拉杆与水平面的夹角。

4 基本规定

4.1 一般规定

- 4.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙是新型的水工挡土墙结构型式之一，其挡土墙级别和相关设计标准均应参照《水工挡土墙设计规范》（SL 379）的相关规定执行。
- 4.1.2 预制混凝土板桩式挡土墙的平面布置应根据工程场址地形、地质、水流等条件以及所属水工建筑物的总体布置、功能、特点、运用要求等确定，做到紧凑合理、协调美观。
- 4.1.3 预制混凝土板桩式挡土墙一般适用于土基条件。当需要进入基岩时，应充分考虑施工难度及施工方法。
- 4.1.4 预制混凝土板桩式挡土墙的抗渗稳定、整体稳定、抗倾覆（踢脚）稳定、锚碇墙抗滑稳定等安全系数不应小于相关规范要求的允许值。
- 4.1.5 预制混凝土板桩式挡土墙结构除应考虑自身稳定外，还应采取防止墙后土体由墙体接缝中流失的措施。
- 4.1.6 预制混凝土板桩式挡土墙应满足相关的耐久性设计。
- 4.1.7 对于采用拉杆的预制混凝土板桩式挡土墙，拉杆中部应设置可施加预紧力的装置，拉杆和预紧装置宜采用高强度钢材，钢制构件还应预留腐蚀余量。
- 4.1.8 对于采用锚杆的预制混凝土板桩式挡土墙，预应力锚杆自由段长度不应小于 5m，且应超过潜在滑裂面，锚杆的锚固段长度由计算确定。
- 4.1.9 预制混凝土板桩式挡土墙应设置永久观测点，对结构及周边环境的位移、倾斜及渗流压力等宜进行定期观测。

4.2 分类与选型

- 4.2.1 预制混凝土板桩按截面形式可分为：预应力混凝土波浪桩、预应力混凝土护壁桩、预应力混凝土板桩、预应力混凝土离心板桩、预应力混凝土离心翼边板桩、预应力混凝土离心 U 形板桩、混合配筋预应力混凝土管桩、预应力混凝土方桩等，其结构形式及力学性能参见附录 D。
- 4.2.2 预制混凝土板桩按成型工艺可分为离心式板桩及浇筑式板桩两种类型。
- 4.2.3 预制混凝土板桩截面选型可参照表 4.2.3 并经技术经济分析后综合确定。

表 4.2.3 预制混凝土板桩截面形式及选型表

桩型		制作工艺	混凝土强度等级	截面形式	单节桩长 (m)	适用土层	施工方法	是否可接桩
方形桩	预应力混凝土护壁桩	离心法	C80	截面为外方内圆的空心桩，截面边长 400mm~800mm	≤18	软土、粘性土、砂土、卵砾石、强风化岩	锤击法、静压法、植桩法、振动法	可
	预应力混凝土方桩	浇筑法	C60	截面为正方形的实心桩，边长 300mm~600mm	≤15			
平板形桩	预应力混凝土板桩	浇筑法	C60	截面为矩形的实心桩，宽度为 600mm，截面高度为 200mm~300mm	≤11	软土、粘性土、砂土	植桩法、振动法	否
	预应力混凝土离心板桩	离心法	C80	截面为矩形的空心桩，截面宽度为 600mm~1300mm	≤14		锤击法、植桩法、振动法	
	预应力混凝土离心翼边板桩		C80	截面为带翼边的矩形空心桩，截面宽度为 600mm~1300mm	≤15			
异形桩	预应力混凝土离心 U 形板桩	离心法	C80	截面为 U 形的异形桩，截面宽度为 400mm~1000mm	≤18	软土、粘性土、砂土	锤击法、植桩法、振动法	否
	预应力混凝土波浪桩			截面为半圆环形的桩，截面高度 250mm~600mm	≤15			
圆形桩	混合配筋预应力混凝土管桩	离心法	C80	截面为圆环形的桩，直径为 400mm~800mm	≤15	软土、粘性土、砂土、卵砾石、强风化岩	锤击法、静压法、植桩法、振动法	可

4.2.4 预制混凝土板桩式挡土墙结构形式应根据自然条件、使用要求、施工条件和工期等因素综合考虑确定，按结构形式一般可分为无锚板桩、拉锚板桩及双排桩等类型。拉锚板桩结构根据支锚结构数量可细分为单锚式、多锚式等；根据锚碇结构可细分为锚杆式、锚碇板（墙）式、锚碇桩式、斜拉桩式等。其结构选型可参照表 4.2.4。

表 4.2.4 预制混凝土板桩式挡土墙结构形式选型表

结构形式		适用范围
无锚板桩式结构		适用于挡土高度较小、地面荷载不大且对位移控制要求不高的挡土墙
拉锚板桩式结构	单锚板桩式结构	适用于挡土高度较大，对位移控制有一定要求的挡土墙
	多锚板桩式结构	适用于挡土高度大、对位移控制要求高的挡土墙
	斜拉桩式板桩结构	适用于后方场地狭窄，设置锚碇、锚杆结构有困难的挡土墙
双排桩式结构		适用于挡土高度及地面荷载不大，但对位移控制要求高的挡土墙

4.2.5 对于有景观要求的板桩式挡土墙，宜设置与景观协调的颜色、造型或图案。

5 材料与制作

5.1 一般规定

5.1.1 预制混凝土板桩宜在工厂制作，采用离心法工艺生产的板桩桩身混凝土强度等级不宜

小于 C80；采用浇筑法工艺生产的板桩桩身混凝土强度等级不宜小于 C60。

5.1.2 预制混凝土板桩宜采用常压蒸汽养护，当要求板桩混凝土强度等级不小于 C80 时，宜采用常压蒸汽养护及高压蒸汽养护。

5.2 材料

5.2.1 水泥

应采用强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥，其质量应符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175)的规定，对于有抗硫酸盐腐蚀要求的使用环境，可使用抗硫酸盐硅酸盐水泥或硫铝酸盐水泥，其质量应符合《抗硫酸盐硅酸盐水泥》(GB 748)及《硫铝酸盐水泥》(GB 20472)的规定。

5.2.2 骨料

1 细骨料：细骨料应质地坚硬、清洁、级配良好；人工砂的细度模数宜在2.5~3.5范围内，天然砂的细度模数宜在2.5~3.2范围内。使用山砂、粗砂、特细砂时应经过试验验证。

2 细骨料的其他品质要求应符合表5.2.2-1的规定。

表 5.2.2-1 细骨料的品质要求

项 目	指 标		备 注
	天然砂	人工砂	
石粉含量 %	—	≤3	
含泥量 %	≤1	≤1	
泥块含量 %	不允许	不允许	
坚固性 %	≤8	≤8	
表观密度 kg/m ³	≥2500	≥2500	
硫化物及硫酸盐含量 %	≤0.5	≤0.5	折算成 SO ₃ ，按重量计
有机质含量	浅于标准色	浅于标准色	
云母含量 %	≤2	≤2	
轻物质含量 %	≤1	≤1	
氯离子含量 %	≤0.01	≤0.01	

3 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，其最大粒径不宜大于25mm，且不得超过钢筋净距的3/4、不超过构件断面最小边长的1/4。

4 粗骨料在使用过程中应定期或按一定数量进行碱活性检验，有潜在危害时，应采取相应措施，并经专门试验论证。

5 粗骨料的其他品质要求应符合表5.2.2-2及表5.2.2-3的规定。

表 5.2.2-2 粗骨料的压碎指标值

骨 料 类 别		压碎指标值 %
碎石	水成岩	≤10
	变质岩或深成的火成岩	≤12
	火成岩	≤13
卵 石		≤12

表 5.2.2-3 粗骨料的品质要求

项 目	指 标	备 注
含泥量 %	≤ 0.5	
泥块含量 %	不允许	
坚固性 %	≤ 5	
硫化物及硫酸盐含量 %	≤ 0.5	折算成 SO_3 ，按重量计
有机质含量	浅于标准色	
表观密度 kg/m^3	≥ 2600	
吸水率 %	≤ 1.0	
针片状颗粒含量 %	≤ 5	经试验论证，可以适当放宽

5.2.3 钢材

1 预应力钢筋采用 1420MPa、35 级延性低松弛预应力混凝土用螺旋槽钢棒，其质量应符合《预应力混凝土用钢棒》(GB/T 5223.3) 的规定。

2 箍筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝，其质量分别符合《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T 701)、《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》(JC/T 540) 的有关规定。

3 端板钢材应符合下列规定：

- (1) 材料采用 Q235B，端板制造不得采用铸造工艺，端板厚度不得有负偏差；
- (2) 除焊接坡口、桩套箍连接槽、预应力钢筋挂筋孔、消除焊接应力槽、机械连接孔外，端板表面应平整，不得开槽和打孔；
- (3) 质量应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩用端板》(JC/T 947)、《预应力离心混凝土空心方桩用端板》(JC/T 2239) 和《碳素结构钢》(GB/T 700) 的有关规定；
- (4) 端板最小厚度应符合表 5.2.3 的规定：

表 5.2.3 端板最小厚度

钢棒直径 (mm)	7.1	9.0	10.7	12.6	14.0
端板最小厚度 (mm)	16	18	20	24	28

4 其他结构钢质预埋件的材质性能符合 GB/T 700 的有关规定。

5.2.4 水

拌和与养护混凝土用水的 pH 值和水中的不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐的含量应符合表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 拌和与养护混凝土用水的指标要求

项 目	预应力混凝土	钢筋混凝土
pH 值	≥ 5.0	≥ 4.5
不溶物 mg/L	≤ 2000	≤ 2000
可溶物 mg/L	≤ 2000	≤ 5000
氯化物(以 Cl^- 计) mg/L	≤ 500	≤ 1000
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计) mg/L	≤ 600	≤ 2000

5.2.5 外加剂

外加剂的质量应符合《混凝土外加剂》(GB 8076)的规定, 严禁使用氯盐类外加剂。

5.2.6 掺合料

掺合料宜采用硅砂粉、磨细矿渣粉、硅灰等, 硅砂粉的质量应符合《预应力高强混凝土管桩用硅砂粉》(JC/T 950)中有关规定, 磨细矿渣粉的质量不低于《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046)中S95级的有关规定, 硅灰的质量应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》(GB/T 18736)中表1的有关规定。

5.3 制作

5.3.1 混凝土拌和

1 拌和设备投入混凝土生产前, 应按经批准的混凝土施工配合比进行最佳投料顺序和拌和时间的试验。混凝土拌和必须按照试验部门签发并经审核的混凝土配料单进行配料, 严禁擅自更改。

2 混凝土组成材料的配料量均以重量计。称量的允许误差不应超过表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 混凝土材料称量的允许误差

材 料 名 称	称量允许误差 %
水泥、掺合料、水、外加剂(液态)	±1
骨 料	±2

3 混凝土拌和时间应通过试验确定。每台班开始拌和前, 应检查拌和机叶片的磨损情况。在混凝土拌和过程中, 应定时检测骨料含水量, 必要时应加密测量。

4 混凝土掺合料在现场宜用干掺法, 且应保证拌和均匀。外加剂溶液中的水量, 应在拌和用水量中扣除。

5.3.2 布料与张拉

- 1 混凝土搅拌、布料及预应力张拉所需时间不宜超过 30min。
- 2 预应力筋张拉采用先张法预应力工艺, 宜采用张拉力和伸长值双控保证预应力值。

5.3.3 离心

- 1 离心工艺成型应按低速、低中速、中速、高速四个阶段进行, 混凝土应密实, 壁厚应均匀。
- 2 离心制度根据板桩的规格、品种、原材料等在试验的基础上确定。

5.3.4 养护

- 1 板桩养护分为常压蒸汽养护和高压蒸汽养护。
- 2 常压蒸汽养护采用带模养护, 高压蒸汽养护为构件脱模后带压力养护, 养护介质为饱和蒸汽。
- 3 高压蒸汽养护结束, 当高压釜内压力降至与高压釜外大气压一致并排除釜内余汽和冷凝水后才能打开釜门降温。桩体表面温度与环境温度温差小于 80° C 后, 方可出釜。
- 4 桩体出高压釜后, 桩身不得经受骤冷或淋雨(雪), 如遇雨天、大风或寒冷季节应采取有效措施使桩身缓慢降温, 防止因温差过大而引起桩身开裂。

5.3.5 钢筋加工

- 1 板桩的钢筋加工应满足下列要求:
 - (1) 板桩长度小于 15m 时, 同一板桩中主筋长度差不大于 1.5mm, 板桩长度大于 15m

时，同一板桩中主筋长度差不大于 2mm；

(2) 预应力钢筋锚头部位的强度不得低于该材料抗拉强度的 90%。

2 板桩钢筋骨架应满足下列要求：

(1) 预应力筋最小配筋率不得低于 0.4%，并不得少于 5 根，间距允许偏差 $\pm 5\text{mm}$ ；

(2) 板桩骨架采用自动焊接或人工绑扎，桩两端箍筋根据需要适当加密，箍筋间距允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ；

(3) 主筋和箍筋的焊接点强度损失不得大于主筋抗拉强度的 5%；

(4) 板桩钢筋保护层厚度应满足《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476)的相关规定。

6 设计计算

6.1 一般规定

6.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙的设计计算应根据结构受力条件和工程地质条件等进行，并应包括下列内容：

1 工程布置及结构选型；

2 荷载及其组合；

3 挡土墙的稳定计算；

4 结构内力分析；

5 构造要求。

6.1.2 预制混凝土板桩式挡土墙的稳定计算应根据具体工程所属水工建筑物的荷载基本组合和特殊组合进行验算。

6.1.3 预制混凝土板桩式挡土墙的结构应力分析可参照《水工混凝土结构设计规范》(SL 191)按承载能力极限状态和正常使用极限状态的相关规定进行计算分析。

6.1.4 预制混凝土板桩式挡土墙的耐久性设计应满足《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》(SL 654)、《水工混凝土结构设计规范》(SL 191)、《水工建筑物抗冰冻设计规范》(SL 211)等规范的相关要求。

6.1.5 预制混凝土板桩式挡土墙的防渗和排水布置应根据地基条件和墙前、后水位差等因素，结合所属水工建筑物的总体布置要求分析确定。

6.1.6 挡土墙墙后填料土应根据防渗排水要求及土料来源等因素，综合选用抗剪强度指标较高的土料。填料土抗剪强度指标宜通过试验或工程类比确定。

6.1.7 挡土墙墙后回填土控制含水量与土料最优含水量的允许偏差宜为 $\pm 3\%$ 。填土应分层碾压或压实，分层厚度不宜大于 0.3m，其压实度的确定应与所属水工建筑物的等级、所在部位相协调。

6.1.8 预制混凝土板桩式挡土墙的墙前挖土宜在墙后填土基本完成后分层进行。

6.2 构造要求

6.2.1 挡土墙墙前无水或水位较低而墙后水位较高时可在墙身（板桩）设置排水孔，排水孔可沿高度方向分排布置，排水孔间距不宜大于 3m，排水孔宜采用直径 50mm~80mm 的管材，排水孔后应设级配良好的倒滤层及性能良好的集、排水设施。

- 6.2.2 预制混凝土板桩式挡土墙的墙后填土面应设置性能良好的地表排水设施。
- 6.2.3 当挡土墙墙前的泥面有可能被冲刷时宜采取护底措施。
- 6.2.4 预制混凝土板桩厚度应由计算确定，宜采用 200mm~700mm；当板桩厚度大时，宜采用空心截面板桩或异形截面板桩。
- 6.2.5 预制混凝土板桩间的缝宽不宜大于 15mm。板桩墙后原土层或回填料为细颗粒土时，板桩之间的接缝应采取防漏土措施。工程中常采用的防漏土措施有在板桩间凹槽内填充细石混凝土或水泥砂浆、缝后贴土工布、缝后压力注浆或设高压旋喷桩等。
- 6.2.6 预制混凝土板桩式挡土墙的拉杆，应设在高程较低且施工方便的位置。拉杆间距可采用 1.0m~3.0m，宜取板桩宽度的整数倍。
- 6.2.7 预计拉杆下填土沉降较大时，宜在拉杆下设支承桩或在拉杆上安设防压罩。支承桩间距可采用 4~6m，桩尖宜打入好的土层内。防压罩与拉杆之间应预留足够的间隙。
- 6.2.8 锚碇墙宜采用现浇钢筋混凝土墙，也可采用由预制钢筋混凝土板安装或插入而成的连续墙。当采用预制钢筋混凝土锚碇墙时，应在墙后设置连续导梁。锚碇墙可采用矩形、梯形或 L 型截面。
- 6.2.9 锚碇板可采用预制钢筋混凝土板。锚碇板截面可采用平板、双向梯形板或 T 形板。
- 6.2.10 锚碇墙、锚碇板的高度应由稳定计算确定，宜采用 1.0~3.5m；在施工条件允许的情况下，锚碇墙、锚碇板的高程宜降低。
- 6.2.11 锚碇墙、锚碇板的厚度应由强度和裂缝控制计算确定，且不宜小于 0.15m。
- 6.2.12 锚碇墙、锚碇板应预留拉杆孔，其位置宜与作用在锚碇墙、锚碇板上的土压力合力作用点重合，其斜度应与拉杆方向一致。
- 6.2.13 钢筋混凝土锚碇桩墙应设导梁。导梁可单设在墙后，也可利用锚碇桩墙的帽梁作为导梁。单设的导梁，对钢筋混凝土锚碇桩墙，宜采用钢筋混凝土梁。帽梁和导梁分段长度及变形缝的位置应与前墙相对应。
- 6.2.14 有锚预制混凝土板桩式挡土墙应设导梁和帽梁，导梁和帽梁可合为胸墙。无锚预制混凝土板桩式挡土墙可只设帽梁。帽梁或胸墙可采用现浇钢筋混凝土结构。胸墙的截面形式可采用矩形、梯形、L 形或 I 形。
- 6.2.15 预制混凝土板桩式挡土墙前墙的导梁可采用现浇或预制的钢筋混凝土梁。
- 6.2.16 帽梁或胸墙的前后两侧均应比板桩宽 150mm 以上。
- 6.2.17 预制混凝土板桩式挡土墙前墙应伸入帽梁或胸墙，深度可取 50~70mm。
- 6.2.18 帽梁、导梁和胸墙的变形缝间距应根据当地气温变化、前墙的结构形式和地基条件等因素确定，可采用 15~30m。在结构形式变化处、水深变化处、地基土质差别较大处和新旧结构衔接处，必须设置变形缝。
- 6.2.19 变形缝的宽度宜采用 20~30mm，变形缝应采用弹性材料填充。

6.3 荷载及组合

6.3.1 作用在预制混凝土板桩式挡土墙上的荷载可分为基本荷载和特殊荷载两类。

1 基本荷载主要有下列各项：

- (1) 挡土墙结构及其底板以上填料和永久设备的自重；
- (2) 挡土墙墙后填土破裂体范围内的车辆、人群等附加荷载；
- (3) 相应于正常挡水位、设计洪水位或墙后正常地下水位情况下的土压力；

(4) 相应于正常挡水位、设计洪水位或墙后正常地下水位情况下的水重、静水压力和扬压力；

(5) 淤沙压力；

(6) 相应于正常挡水位、设计洪水位情况下的风浪压力；

(7) 冰压力；

(8) 土的冻胀力。

2 特殊荷载主要有下列各项：

(1) 相应于校核洪水位或墙后地下高水位情况下的土压力；

(2) 相应于校核洪水位或墙后地下高水位情况下的水重、静水压力和扬压力；

(3) 相应于校核洪水位情况下的风浪压力；

(4) 地震荷载；

(5) 其他出现机会较少的荷载等。

6.3.2 作用在预制混凝土板桩式挡土墙上的各类荷载及组合一般均参照《水工挡土墙设计规范》(SL 379)、《水工建筑物荷载设计规范》(SL 744) 等规范的相关规定计算确定。

6.3.3 作用在预制混凝土板桩上的水土侧压力宜按水土分算的原则计算。

6.3.4 作用在预制混凝土板桩上的水压力宜按不考虑地下水渗流作用的原则计算，剩余水压力的分布可按图 6.3.4 采用。

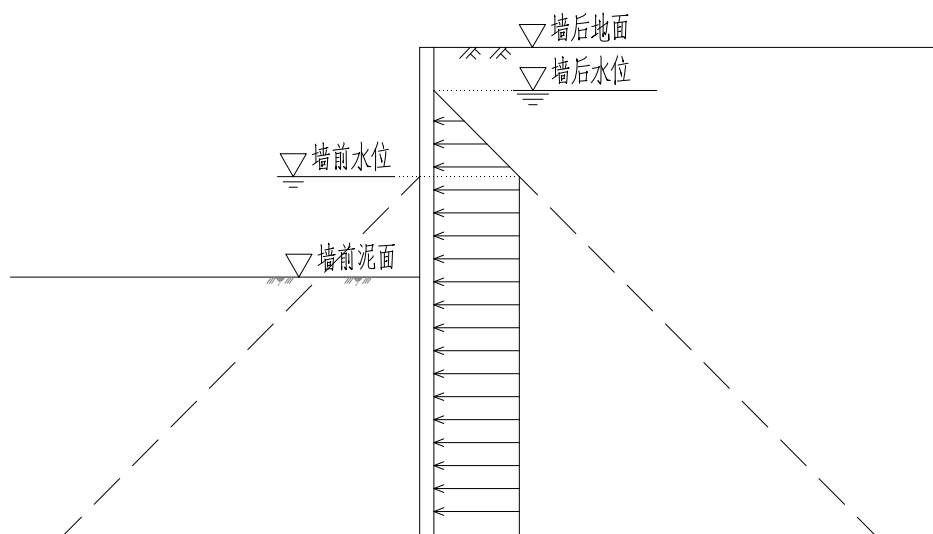


图 6.3.4 剩余水压力

6.3.5 分析板桩墙的抗倾覆（踢脚）稳定时，作用在板桩上的墙后土压力按主动土压力计算，墙前土压力按被动土压力计算。

6.3.6 分析板桩墙的内力和变形时宜按竖向弹性地基梁法计算，作用在板桩上的墙后土压力按主动土压力计算，墙前土压力可假定为土弹簧计算，其水平地基反力系数可按“m”法或其他方法确定。

6.4 稳定计算

6.4.1 预制混凝土板桩式挡土墙的稳定计算一般包括抗渗稳定、整体稳定、抗倾覆（踢脚）稳定、锚碇墙抗滑稳定、地基沉降等计算内容。

6.4.2 预制混凝土板桩式挡土墙的稳定计算单元根据平面布置型式确定，一般可取 1 延米或一个锚碇区段作为一个稳定计算单元，圆弧段板桩式挡土墙可按其整体进行计算。

6.4.3 预制混凝土板桩式挡土墙的抗渗压力计算可采用全截面直线分布法或数值计算法，原状土和回填土的抗渗稳定性可按《水力发电工程地质勘察规范》（GB 50287）的规定进行判别。

6.4.4 预制混凝土板桩式挡土墙的整体稳定可参照《堤防工程设计规范》（GB 50286）中的相关规定按瑞典圆弧法进行计算，整体稳定安全系数的允许值应根据挡土墙所属水工建筑物的总体布置要求分析确定。

6.4.5 预制混凝土板桩式挡土墙的抗倾覆（踢脚）稳定、锚碇墙抗滑稳定以及锚碇墙到板桩墙的最小水平距离可按附录 B 的相关规定进行计算。其安全系数应满足 SL 379 中相关规定。

6.5 结构内力分析

6.5.1 预制混凝土板桩式挡土墙的结构内力分析应根据结构布置型式、尺寸、受力特点及工程地质条件进行。

6.5.2 板桩墙的结构内力和变形宜采用竖向弹性地基梁法计算。

6.5.3 采用竖向弹性地基梁法计算时，应符合下列规定。

1 墙前内力和变位可采用杆系有限元法求解，其计算图式见图 6.5.3。入土段墙后的主动土压力宜考虑由墙后泥面以上地面荷载加土体重产生的土压力。

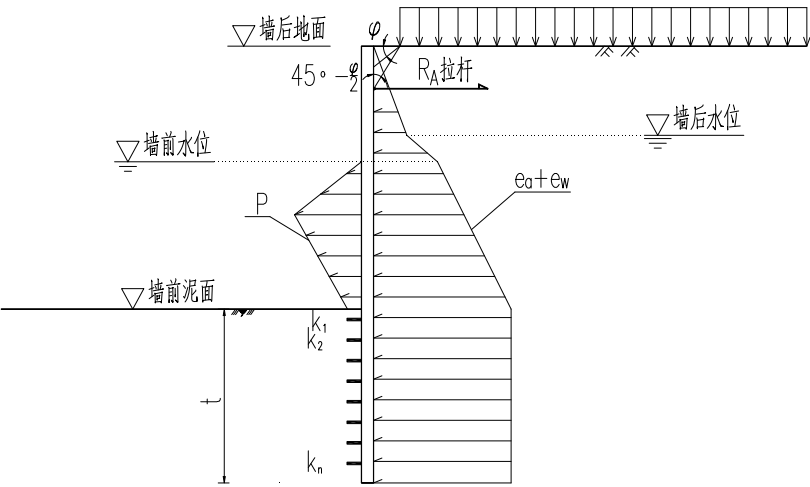


图 6.5.3 竖向弹性地基梁法计算图式

φ —计算土层土的内摩擦角（°）； R_A —拉杆拉力（kN/m）； P —波浪力（kN/m²）； e_a —主动土压力强度（kN/m²）； e_w —剩余水压力强度（kN/m²）； $k_1 \dots k_n$ —弹性杆的弹性系数（kN/m）； t —设计入土深度（m）。

2 弹性杆的弹性系数应由水平地基反力系数乘杆间距确定。根据地基土的性质和设计经验，水平地基反力系数可按“m”法或其他方法确定。m 值可通过水平荷载试验确定，当无试验资料时，可按表 6.5.3 选用。

表 6.5.3 m 值

地基土质情况	m 值（kN/m ⁴ ）
$I_L \geq 1$ 的黏性土，淤泥	1000~2000

$1 > I_L \geq 0.5$ 的黏性土，粉砂	2000~4000
$0.5 > I_L \geq 0$ 的黏性土，中、细砂	4000~6000
$I_L < 0$ 的黏性土，粗砂	6000~10000
砾石、砾砂、碎石、卵石	10000~20000

注：①板桩墙在计算墙前泥面的水平变位大于 10mm 时， m 值可采取分层选取的方法，泥面下一定深度范围内土层的 m 值取表中下限值；

②表中的砂土，当密实度为松散时取表中下限值，密实度为密实时取上限值；

③ I_L 为土的液性指标。

3 锚碇点位移应由拉杆受力变形、锚碇结构位移及其他因素产生的位移组成。

6.5.4 预制混凝土板桩式挡土墙应验算桩顶的水平位移，并控制入土点的桩身水平变位值不宜大于 10mm。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 板桩宜采用静压法、锤击法、植桩法或振动法等方法沉桩，沉桩方法应根据土层条件、板桩品种、板桩端板和沉桩深度等确定，并应选择适宜的桩锤及设备。

表 7.1.1 施工方法一览表

施工方法	适合岩土层	对施工场地要求	对环境影响	施工费用	工 效
锤击法	软土、可~硬塑粘性土、粉土、稍密~中密砂土、强风化泥岩	简单	有振动、噪声、挤土效应等	较低	高
静压法	软土、可塑粘性土、粉土、厚度不大于 3m 的细砂	较高	无噪音，有挤土效应	较低	高
振动法	软土、可塑性粘性土、粉土、中密~密实状砂土、砾石层	简单	有振动、噪声、挤土效应等	较低	高
植桩法	硬塑~坚硬粘性土、密实状砂卵石层、强风化基岩等	一般	无	较高	低

7.1.2 板桩沉桩施工前，应进行下列准备工作：

- 1 调查场地及毗邻区域内的地下及地上管线、建筑物及障碍物受沉桩施工影响的情况；
- 2 调查现场的地质、地形、水文、气象等情况；
- 3 处理或清除施工区域内影响沉桩的高空及地下障碍物；
- 4 满足施工设备操作空间或施工船舶的吃水要求；
- 5 在不受施工影响的位置设置坐标、高程控制点及轴线定位点；
- 6 经审查批准的施工组织设计或施工方案；
- 7 供电、供水、排水、道路、照明、通信、临设工房等的安设；
- 8 施工图、地勘报告等相关资料。

7.1.3 当板桩施工影响邻近建筑物、地下管线的正常使用和安全时，应调整施工工艺或沉桩施工顺序，并可采用下列一种或多种辅助措施：

- 1 控制沉桩速率、优化沉桩流程；

- 2 对被保护建筑物进行加固处理；
- 3 在施工场地与被保护对象间开挖缓冲沟并根据挤土情况可反复在缓冲沟内取土；
- 4 采用植桩、引孔等施工方法。

7.1.4 施工时应设置相应观测点，对先期沉入的桩顶部进行位移、倾斜监测。

7.1.5 采用导桩、导梁和导架等定位导向装置时，定位导向装置应具有足够的强度和刚度。

7.1.6 板桩宜采用单根依次插入的方法施工。

7.1.7 板桩的混凝土强度必须达到设计混凝土强度等级后方可使用。

7.1.8 沉桩时，需用两台互为正交的经纬仪随时观测板桩的垂直度，当桩身垂直度偏差超过限值时，应找出原因并设法纠正，不得用移动机架等方法强行纠偏。

7.1.9 出现下列情况之一时，应暂停沉桩作业，并分析原因，采取相应措施：

- 1 实际地层情况与勘察报告中的土层性质明显不符；
- 2 桩难以穿越密实砂卵石土层，且没有达到设计桩长或嵌固深度；
- 3 出现异常响声，沉桩机械工作状态出现异常；
- 4 桩身出现纵向裂缝和桩头混凝土出现剥落等异常现象；
- 5 桩身夹持机具打滑；
- 6 沉桩机械下陷严重不能保证桩身垂直度。

7.1.10 对板桩的樁槽及预留的竖向空腔应按设计要求进行处理。当无设计要求时，应采用砂浆填塞，砂浆的强度等级不宜低于 M20。填塞前应清除空腔中的泥土和杂物。

7.1.11 板桩式挡土墙不宜截桩，当必须截桩时，应采取措施确保截桩后板桩的质量。截桩应采用锯桩器，不得采用大锤横向敲击截桩或强行扳拉截桩。单节桩截断后的截余部分不应作为挡土结构使用。

7.1.12 如有接桩需求时，接桩位置应避开受力大的部位且处于入土点以下，接桩宜采用端板焊接+外包钢板式连接等形式，焊接质量与要求按相关规范执行，接桩部位强度不应小于桩身强度。

7.2 堆放与运输

7.2.1 板桩堆放应符合下列规定：

- 1 板桩堆放场地应坚实、平整，有排水措施；

2 长度不大于 15m 的板桩，最下层宜按图 7.2.1 所示的两支点位置放在垫木上；长度大于 15m 的板桩及拼接桩，最下层应采用多支垫堆放，垫木应均匀放置且在同一水平面上。若堆场地基经过加固处理，也可采用着地平放。

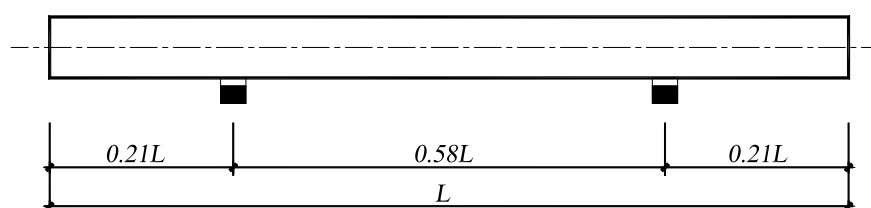


图 7.2.1 两支点法位置示意图

3 板桩应按规格、类型、型号、壁厚、长度分别堆放，堆放过程中应采用可靠的防滑、防滚等安全措施。

7.2.2 板桩吊装

1 离心 U 形桩及预应力混凝土波浪桩吊装宜采用两桩对拼整体起吊，对拼两桩的两端板处采用连接卡板相连，其余桩型可单桩起吊。

2 长度不大于 15m 且符合附录 D 规定长度的板桩，宜采用两点吊（见图 7.2.2-1）或两头钩吊法。

3 长度大于 15m 且小于 30m 的板桩或拼接桩，应按图 7.2.2-2 采用四点吊。

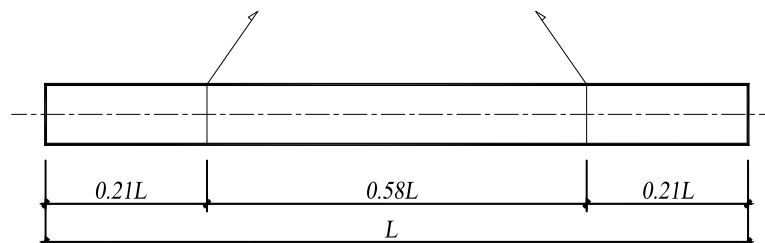


图 7.2.2-1 两点吊吊点位置示意图

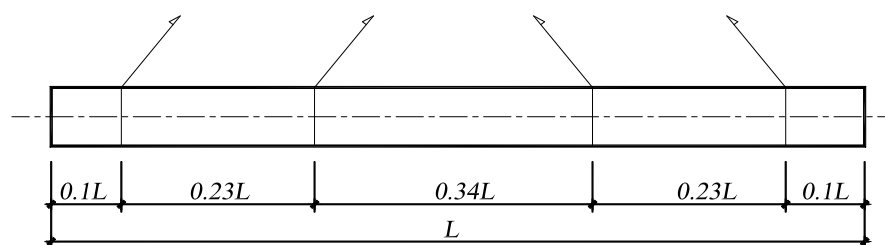


图 7.2.2-2 四点吊吊点位置示意图

4 长度大于 30m 的板桩或拼接桩，应采用多点吊，吊点位置应另行验算。

5 吊点位置应符合设计要求，允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。除两端钩吊外，吊索应与板桩纵轴线垂直。

6 板桩装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。

7.2.3 板桩运输应符合下列规定：

1 板桩在运输过程中的支承要求应符合本规范第 7.2.1 条第 2 项的规定，各层间应设置垫木，垫木应上下对齐、材质一致，同层垫层应保持同一平面；

2 板桩运输过程中应采用可靠的防滑、防滚等安全措施。

7.2.4 施工现场板桩的吊运及堆放应符合下列规定：

1 板桩不宜在施工现场多次吊运，以免引起桩的破损；

2 叠层堆放时，应采用吊机取桩，严禁拖拉移桩；

3 板桩应按不同规格、长度及施工流水顺序分别堆放。

7.3 静压法施工

7.3.1 静压桩机应满足下列要求：

1 压桩机的最大压力不应小于板桩单桩竖向承载力特征值的 2.4 倍；

2 压桩机的外型尺寸及拖运应满足场地道路及施工要求；

3 压桩机的接地压强值应小于场地表层土承载力特征值；

4 压桩机的吊装机构性能及吊桩能力应满足所施工桩的起吊要求。

7.3.2 静压法施工应符合下列要求：

- 1 桩位复核无误后，按照规定的打桩顺序就位桩机。当施工现场表层土较软时，应采取铺设垫层、钢板等处理措施，保证桩机行走及就位平稳；
- 2 用吊车将桩送至距桩机距离适当位置，摆放平顺，保证桩机起吊方便。喂桩前应检查所使用桩的质量、型号。喂桩过程中，确保安全、平稳、防止桩体磕碰损伤、伤人和伤机；
- 3 第一节桩起吊就位插入入土点时，应采用经纬仪双方向监测桩体的垂直度，并在压桩过程中跟踪观察、随时调整，直到沉桩工序终结；
- 4 确认桩位准确无误后，方可加压连续沉桩，压桩时各工序应连续进行，严禁桩未压到设计标高而中途停压，如遇压力值急剧增加、桩体突然发生倾斜、移位、桩顶或桩体出现破裂，应停止沉桩查找原因，采取相应措施；
- 5 压桩过程中，应记录沉桩过程中的各种情况，包括压桩时间、桩位编号、桩身质量、入土深度和对应的压力读数。

7.3.3 静压板桩的质量控制标准应符合下列规定：

- 1 第一节桩下压时垂直度偏差不应大于 0.5%，且相邻板桩之间榫槽间隙应满足表 8.3.9 要求；
- 2 终压标高按设计要求确定。

7.3.4 静压送桩的质量控制应符合下列规定：

- 1 测量桩的垂直度并检查桩头质量，合格后方可送桩、压桩，送桩作业应连续进行；
- 2 送桩应采用专制钢质送桩器，不应将工程桩用作送桩器；
- 3 送桩器与桩顶的接触面应平整，并与送桩器中心轴线垂直。送桩器与桩顶的接触面间应加衬垫，防止桩顶压碎。衬垫需经常更换，送桩器与桩顶接触面应密贴。

7.4 锤击法施工

7.4.1 打桩机和打桩锤的选用应符合下列要求：

- 1 根据工程位置、施工场地及施工水域选择陆上打桩机、打桩船或打桩平台；
- 2 打桩机或打桩船应具备平稳、运转灵活、能够精确调整插入角度的功能，打桩机的底盘和桩架的型号，应与打桩锤、桩型相匹配；
- 3 宜采用柴油打桩锤，常用锤型和施工参数应根据地质条件、板桩外形、贯入度等选用。工程桩使用的桩锤应与试桩使用的桩锤型号一致。

表 7.4.1 常用锤型和施工参数对照表

锤型	50	62	80	100	128
冲击体质量 (t)	5.0	6.2	8.0	10.0	12.8
适用板桩宽度 (mm)	300~400	400~500	500~600	600~800	800~1000
板桩桩尖可进入的岩土层	硬塑粘土、密实砂砾土、强风化岩				
常用贯入度 (mm/10 击)	20~50	20~50	30~60	50~80	60~120

注：本表仅供选择锤型参考。

7.4.2 桩帽及锤垫、桩垫的选择应符合下列要求：

- 1 桩帽应与板桩截面相匹配，具有足够的刚度、强度和耐打性；
- 2 桩帽的上部与桩锤之间，需设置锤垫，锤垫宜选用胶皮垫、布轮、棕绳等弹性较好的材料，厚度宜为 150mm~200mm。锤垫要求均匀平整，弹性锤垫上、下钢压板的厚度不应

小于 40mm，锤垫失去弹性、钢压板发生倾斜或呈锅底形，应及时更换；

3 桩帽与桩头之间应加放用麻袋、粗布、硬纸板等制作且外形与桩帽套筒形状相同的桩头垫，其压实厚度不应小于 120mm。

7.4.3 施工时最大锤击压应力和锤击拉应力分别不应超过混凝土的轴心抗压强度设计值和轴心抗拉强度设计值。

7.4.4 送桩器与桩头垫应符合下列要求：

1 送桩器应具有足够的强度、刚度和耐打性，宜选用优质钢材制作，其两端面焊接钢板厚度不应小于 30mm；

2 送桩器截面应和板桩截面相匹配，长度应满足送桩深度要求；

3 送桩器下端的套筒内边长或内径比板桩截面大 20mm~25mm，套筒深宜取 200mm~300mm；

4 送桩时送桩器与桩头间应设置厚度不小于 50mm 的桩头垫；

5 送桩器需保持顺直，上下端面应平整，且应与送桩器中轴线垂直，送桩器弯曲或端头平面变形，应及时更换，严禁使用不合格的送桩器施工。

7.4.5 打桩过程的质量控制应符合下列要求：

1 板桩应按设计的吊点进行起吊，禁止用钢丝绳在地面拖拉就位；

2 板桩沉桩施工应及时调整机座和桩架，使桩锤上下运动轨迹与桩身中心线重合；

3 锤击沉桩应连续作业，减少中间停锤时间，宜避免桩端在硬土或密砂夹层中停留时间过长。

4 锤击沉桩法施工，宜采用重锤低打施工工艺。应根据桩的规格性能以及使用的锤型，控制锤击数，防止桩身疲劳破坏。

5 锤击沉桩的终止标准应按设计标高控制。

6 打桩过程如发生沉桩突然加速、桩头破损、桩身倾斜脱榫、移位等异常情况，应停锤检查，找出原因。如有工程隐患，应汇同设计单位研究处理方案。

7 施工过程应观测已施工板桩的平面位移和上浮，发现浮桩应实施复打。

7.5 植桩法施工

7.5.1 植桩法是在水泥石搅拌桩或旋喷桩中插入板桩形成挡土墙的一种施工方法。

7.5.2 采用植桩法施工板桩时，冬季施工时宜在水泥石搅拌桩或旋喷桩施工后 6 小时内完成植桩；夏季施工时宜在水泥石搅拌桩或旋喷桩施工后 4 小时内完成植桩。

7.5.3 植桩法施工流程见图 7.5.3。

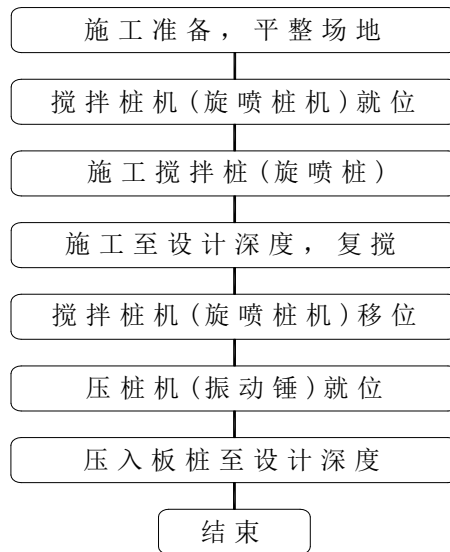


图7.5.3 植桩法施工流程示意图

7.5.4 采用植桩法施工板桩时，应符合下列要求：

- 1 搅拌桩或旋喷桩孔径根据土层的工程地质性质确定，一般情况下，成孔直径宜比板桩宽度大 30mm~100mm，土层松散，容易塌孔、缩颈时，取大值，反之，取小值；
- 2 对于密排的板桩式挡土墙，搅拌桩或旋喷桩应连续搭接施工成槽，搭接处最小宽度应大于板桩桩身厚度；
- 3 施工前需对施工区域的地下障碍物进行探查，如有障碍物需对其清理并回填素土，分层夯实后方可施工；
- 4 搅拌桩或旋喷桩施工需保证连续性，对于超过 24 小时未植桩的桩孔，应进行复搅后方可植桩；
- 5 搅拌桩或旋喷桩达到设计深度，植入板桩前，孔底沉渣厚度指标不应大于 100 mm；
- 6 宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥，水泥掺量及水灰比应根据地基土的性质和地下水情况现场试验确定；
- 7 搅拌桩或旋喷桩成桩后应及时用振动锤将板桩压入。同时应保证插入板桩的垂直度并与相邻桩靠紧。

7.5.5 采用植桩法沉桩时，施工前应进行试沉桩试验，对于有竖向承载力要求的板桩，还需进行竖向静载试验，确定施工工艺和施工参数。

7.5.6 植桩法沉桩时应采取监控预防措施，多节板桩接桩时应保证接桩质量和桩身垂直度。

7.6 振动法施工

7.6.1 振动锤选型应符合下列要求：

- 1 振动锤的激振力大于被振沉构件与土的侧摩阻力；
- 2 振动锤系统的总重量大于被振沉构件的端阻力；
- 3 振动锤系统的工作振幅大于被振沉构件到要求深度所需的最小振幅；
- 4 振动锤系统的起吊能力大于被振沉构件的自重；
- 5 工程场地满足振动锤系统行走及施工的相关要求。

7.6.2 振动锤夹具应符合下列要求：

- 1 夹具应具有足够的强度及刚度；
- 2 夹嘴应具有足够的夹持力；
- 3 夹具外形应与板桩外形紧密贴合；
- 4 设置相关的缓冲措施，防止在施工过程中对桩头造成破坏。

7.6.3 打桩过程的质量控制应符合下列要求：

- 1 禁止采用振动锤拖拉板桩就位；
- 2 板桩振动沉桩前，桩身中心线应与振动锤中心线重合，防止偏心振动；
- 3 振动沉桩应连续作业，减少中间停机时间；
- 4 应采用钢围檩和导架进行辅助沉桩；
- 5 振动沉桩的终止标准应按设计标高控制；
- 6 沉桩过程如发生沉桩突然加速、桩头破损、桩身倾斜脱榫、移位等异常情况，应停机检查，找出原因。如有工程隐患，应汇同设计单位研究处理方案；
- 7 当在密实的土层中沉桩出现困难，可采取钻孔松土、搅拌桩或射水法等辅助措施；
- 8 施工过程应观测已施工板桩的平面位移和上浮，发现浮桩应实施复打。

8 质量检测与验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙检验与评定应包括出厂检验、工程检测和质量评定等程序。
- 8.1.2 预制板桩生产企业应建立完善的预制板桩生产质量管理体系，具备预制板桩生产必备的试验检测能力。
- 8.1.3 预制板桩生产企业质量检验使用的各种计量器具、试验仪器仪表及设备均应检定合格，并在有效期内使用。
- 8.1.4 预制板桩所用原材料质量、钢筋加工和焊接力学性能、混凝土强度、构件结构性能、装饰材料及拉接件质量等均应根据现行有关标准进行检测试验，出具试验、检测报告并存档备案。
- 8.1.5 模具、钢筋骨架、混凝土和预制板桩的制作质量，均应在班组自检、互检、交接检的基础上，由专职检验员进行检验。
- 8.1.6 检验资料应完整，其主要内容应包括混凝土、钢材及受力埋件质量证明文件、主要材料进场复验报告、构件生产过程质量检验记录、结构试验记录（或报告）及其必要的试验或检验记录。
- 8.1.6 对于有特殊要求及腐蚀、冻融环境下的板桩，应对其原材料、混凝土配合比和生产工艺等相关技术进行控制，包括对混凝土的抗冻性能、抗渗性能、抗硫酸盐侵蚀性能、抗氯离子渗透性能和抗碳化性能等进行检测，并按设计要求对混凝土保护层等采取相应措施。
- 8.1.7 对合格的预制构件应作出标识，标识内容应包括构件型号、生产日期、生产单位、合格标识、参照标准等。
- 8.1.8 检验合格的预制板桩应及时向使用单位出具“出厂合格证”；不合格的预制板桩不得出厂。
- 8.1.9 预制板桩的质量检验除应执行本标准外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

8.2 出厂检验

8.2.1 板桩出厂检验项目应包括外观质量、尺寸允许偏差、混凝土抗压强度和桩身抗弯、抗剪等结构试验。

8.2.2 板桩的外观质量应满足表8.2.2的规定。

表 8.2.2 板桩的外观质量

序号	项目	外观质量要求
1	粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩总外表面的 0.5%；每处粘皮和麻面的深度不得大于 5mm，且应修补。
2	桩身合缝漏浆	漏浆深度不应大于 5mm，每处漏浆长度不得大于 300mm，累计长度不得大于板桩长度的 10%，或对称漏浆的搭接长度不得大于 100mm，且应修补。
3	局部磕损	局部磕损深度不应大于 5mm，每处面积不得大于 5000mm ² ，且应修补。
4	内外表面漏筋	不允许
5	表面裂缝	不得出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂缝不在此限。
6	桩端面平整度	若设置端板，板桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高出端板平面。
7	断筋、脱头	不允许
8	内表面混凝土塌落	不允许
9	接头与桩身结合面	漏浆深度不应大于 5mm，漏浆长度不得大于周长的 1/6，且应修补；不允许出现空洞与蜂窝

8.2.3 板桩制作尺寸允许偏差应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 板桩预制外观尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	长度	±50
2	横截面宽度（直径）、厚度	+10mm -5mm
3	凹榫或凸榫	3mm
4	桩身侧向弯曲矢高	L/1000 且不大于 20mm
5	桩尖对桩纵轴线偏移	10mm
6	桩抹面平整度	10mm
7	保护层厚度	+5mm 0

注：L 为板桩长度（mm）。

8.2.4 板桩混凝土抗压强度应满足下列要求：

- 1 混凝土质量控制应符合《混凝土质量控制标准》（GB 50164）的规定。
- 2 预应力混凝土板桩用混凝土强度等级不得低于 C60。
- 3 预应力钢筋放张时，板桩的混凝土抗压强度不得低于 45MPa。
- 4 产品出厂时，板桩混凝土抗压强度不得低于其混凝土设计强度等级值。

8.2.5 板桩抗弯性能应符合下列规定：

- 1 板桩抗弯性能指标应满足本规范附录 D 的规定;
- 2 板桩应按本规范附录 A 的有关规定进行抗弯试验,当加载至本规范附录 D 中的开裂弯矩时,桩身不得出现裂缝;
- 3 当加载至本规范附录 D 中的极限弯矩时,板桩不得出现下列任何一种情况:
 - 1) 受拉钢筋被拉断;
 - 2) 受压区混凝土破坏;
 - 3) 受拉区混凝土裂缝宽度达到 1.5mm。

8.2.6 板桩抗剪性能指标应满足本规范附录 D 的规定,且当加载至附录 D 中抗剪承载力设计值时不出现裂缝。抗剪试验要求应符合本规范附录 A 的有关规定。

8.2.7 板桩出厂检验批量和抽样应符合下列规定:

1 对外观质量和尺寸允许偏差进行检验时,应以同品种、同规格、同型号的板桩连续生产 300000m 为一批,但在三个月内生产总数不足 300000m 时仍作为一批,随机抽取 10 根进行检验;

2 对混凝土抗压强度进行检验时。批量和抽样应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107)的有关规定执行;

3 检验抗弯和抗剪性能时,应在外观质量和尺寸允许偏差检验合格的产品中各随机抽取 2 根进行结构性能的检测。

8.2.8 板桩出厂检验判定规则应符合下列规定:

1 外观质量判定应符合下列规定:

1) 全部符合表 8.2.2 中第 2、4、5、6、7、8、9 项规定,其余项经修补能符合相应规定的板桩,判外观质量为合格。

2) 不符合表 8.2.2 中第 2、4、5、6、7、8、9 项中任意一项规定的板桩,外观质量为不合格。

3) 若抽取的 10 根板桩全部符合 1),则判外观质量为合格;若有三根及以上不符合 1),则判外观质量为不合格;若有二根及以下不符合 1),应从同批产品中抽取加倍数量进行复验,复验产品全部符合 1),判外观质量为合格,若仍有一根不合格,则判外观质量为不合格。

2 尺寸允许偏差应符合下列规定:

若抽取的 10 根板桩全部符合 8.2.3 条规定,则判尺寸允许偏差为合格;若有三根及以上不符合 8.2.3 条规定,则判尺寸允许偏差为不合格;若有二根及以下不符合 8.2.3 条规定,应从同批产品中抽取加倍数量进行复验,复验产品全部符合 8.2.3 条规定,判尺寸允许偏差为合格,若仍有一根不合格,则判尺寸偏差为不合格。

3 混凝土抗压强度应符合下列规定:

检查混凝土抗压强度检验的原始记录,评定按 GB/T 50107 的有关规定执行。

4 抗弯性能应符合下列规定:

若所抽二根全部符合 8.2.5 条规定,则判抗弯性能合格;若有一根不符合 8.2.5 条规定,应从同批产品中抽取加倍数量进行复验,复验结果若仍有一根不合格,则判抗弯性能不合格;若所抽二根全部不符合 8.2.5 条规定,则判抗弯性能为不合格。

5 抗剪性能应符合下列规定:

若所抽二根全部符合 8.2.6 条规定，则判抗剪性能合格；若有一根不符合 8.2.6 条规定，应从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验结果若仍有一根不合格，则判抗剪性能不合格；若所抽二根全部不符合 8.2.6 条规定，则判抗剪性能为不合格。

6 在混凝土抗压强度、抗弯抗剪性能合格的基础上，外观质量和尺寸允许偏差全部合格，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

8.3 工程检测

8.3.1 板桩工程检测项目应包括板桩外观质量、板桩尺寸允许偏差、沉桩施工允许偏差、板桩帽梁外形尺寸允许偏差、混凝土抗压强度和保护层厚度等。

8.3.2 工程检测项目和数量应符合《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准第 1 部分：土建工程》(DL/T 5113.1) 有关规定。

8.3.3 板桩工程检验分为主控项目和一般项目。其中主控项目主要包括构件外观质量、混凝土抗压强度等；一般项目主要包括制作允许偏差、施工允许偏差和保护层厚度等。

8.3.4 承担工程检测业务的检测单位应具有水行政主管部门颁发的资质证书。其设备和人员的配备应与所承担的任务相适应。

8.3.5 工程检测方法应符合国家及行业现行技术标准的有关规定。宜采用无损检测方法，避免对构件造成破坏；必须采用破损检测时，检测结束后应及时修复。

8.3.6 工程检测中出现检验不合格项目时，应按 DL/T 5113.1 有关规定进行处理。

8.3.7 板桩制作外观质量应符合表 8.2.2 的规定。

8.3.8 板桩制作允许偏差应符合表 8.2.3 的规定。

8.3.9 沉桩的施工允许偏差应符合表 8.3.9 的规定。

表 8.3.9 沉桩施工允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	桩轴线	±20mm
2	垂直度	1%
3	桩顶高程	-50~100mm
4	桩间最大间隙	15mm

8.3.10 板桩帽梁外形尺寸允许偏差应符合表 8.3.10 的规定。

表 8.3.10 板桩帽梁外形尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	前沿线位置	20
2	顶面标高	±15
3	宽度	±10
4	相邻段错牙	10
5	顶面平整度	10
6	临空面竖向倾斜	H/200
7	预埋件、孔位置	20

注：H 为帽梁的高度 (mm)。

8.3.11 可对板桩的构件承载力、挠度、抗裂、裂缝宽度等结构性能进行抽样检测。

8.4 质量评定

8.4.1 板桩质量等级评定分为合格和优良。

合格：主控项目符合质量标准，一般项目不少于 70%的检测点符合质量标准。

优良：主控项目符合质量标准，一般项目不少于 90%的检测点符合质量标准。

8.4.2 单元工程质量在施工单位自评合格后，应报监理单位复核，由监理工程师核定质量等级并签证认可。

8.4.3 重要隐蔽单元工程及关键部位单元工程质量经施工单位自评合格、监理单位抽检和第三方检测合格后，由项目法人、监理、设计、施工等单位组成联合小组，共同检查核定其质量等级并填写签证表，报工程质量监督机构核备。

8.4.4 分部工程质量在施工单位自评合格后，由监理单位复核，项目法人认定。分部工程验收的质量结论由项目法人报工程质量监督机构核备。

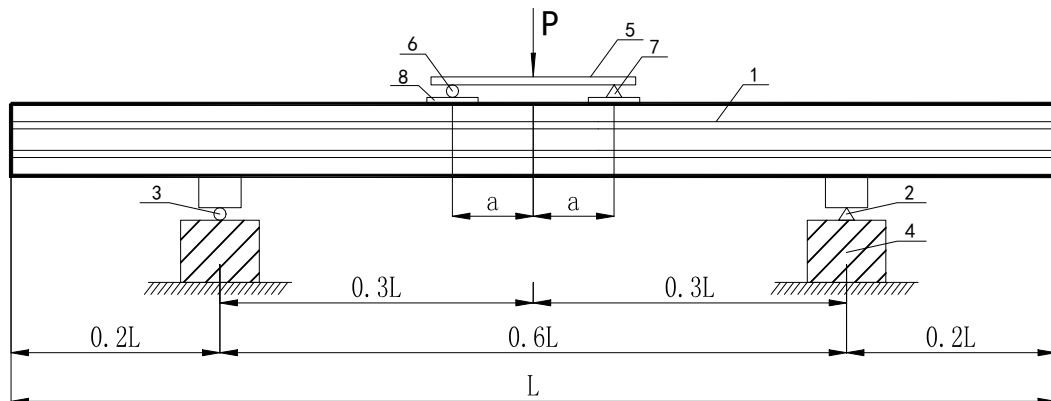
8.4.5 单位工程质量在施工单位自评合格后，由监理单位复核，项目法人认定。单位工程验收的质量结论由项目法人报工程质量监督机构核定。

8.4.6 工程项目质量在单位工程质量评定合格后，由监理单位进行统计并评定工程项目质量等级，经项目法人认定后，报工程质量监督机构核定。

附录 A 桩身试验方法 (规范性附录)

A.0.1 抗弯性能试验方法

A.0.1.1 板桩的抗弯试验采用简支梁对称加载装置，如图 A.0.1 所示，其中 P 的方向垂直于地面。



1—板桩； 2—滚动铰支座； 3—固定铰支座； 4—支墩； 5—分配梁；
6—分配梁固定铰支座； 7—分配梁滚动铰支座； 8—V 型垫板

图 A.0.1 板桩的抗弯试验示意图

A.0.1.2 抗弯试验用的板桩单节桩长不得超过附录 D 表中相应宽度规定的长度上限值，也不得小于表 A.0.1 中规定的最短单节桩长。

表 A. 0. 1 抗弯试验用板桩的最短单节桩长

预应力混凝土板桩	截面高度 H/mm	200	250	300	——	——
	最短单节桩长/m	4	4.5	5	——	——
预应力混凝土离心板桩	截面宽度 B/mm	600	700~900	1000~1300	——	——
	最短单节桩长/m	5	6	8	——	——
预应力混凝土离心翼边板桩	截面宽度 B/mm	600	700~900	1000~1300	——	——
	最短单节桩长/m	5	6	8	——	——
预应力混凝土离心 U 形板桩	截面宽度 B/mm	400~500	550~650	700~800	900~1000	——
	最短单节桩长/m	5	6	7	8	——
预应力混凝土波浪桩	截面高度 H/mm	250	300	350~450	500	——
	最短单节桩长/m	4	5	6	7	——
预应力混凝土护壁桩	截面边长 B/mm	400	450~500	550~600	650~700	800
	最短单节桩长/m	6	7	8	9	10
混合配筋预应力混凝土管桩	截面外径 D/mm	400	500	600	700	800
	最短单节桩长/m	6	7	8	9	10
预应力混凝土方桩	截面边长 B/mm	300	350~400	450~500	550~600	——
	最短单节桩长/m	5	6	7	8	——

A.0.1.3 加载程序

第一步：按抗裂弯矩的 20% 的级差由零加载至抗裂弯矩的 80%，每级荷载的持续时间为 3min；然后按抗裂弯矩的 10% 的级差继续加载至抗裂弯矩的 100%。每级荷载的持续时

间为 3min，观察是否有裂缝出现，测定并记录裂缝宽度。

第二步：如果在抗裂弯矩的 100% 时未出现裂缝，则按抗裂弯矩的 5% 的级差继续加载至裂缝出现。每级荷载的持续时间为 3min，测定并记录裂缝宽度。

第三步：按极限弯矩的 5% 的级差继续加载至出现 8.2.5 条所列极限状态的检验标志之一为止。每级荷载弯矩的持续时间为 3min，观测并记录各项读数。

A.0.1.4 弯矩计算公式

实测弯矩按式 (A.0.1-1) ~ 式 (A.0.1-3) 计算。

1) 垂直向下加载

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 2a \right) + \frac{1}{40} WL \dots\dots\dots (A.0.1-1)$$

2) 垂直向上加载

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 2a \right) - \frac{1}{40} WL \dots\dots\dots (A.0.1-2)$$

3) 水平加载

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 2a \right) \dots\dots\dots (A.0.1-3)$$

式中： M —— 实测弯矩 (kN·m)；

W —— 板桩重量 (kN)；

L —— 板桩长度 (m)；

P —— 荷载 (垂直加载时，应考虑加载设备的重量) (kN)；

a —— 1/2 的加荷跨距 (m)。

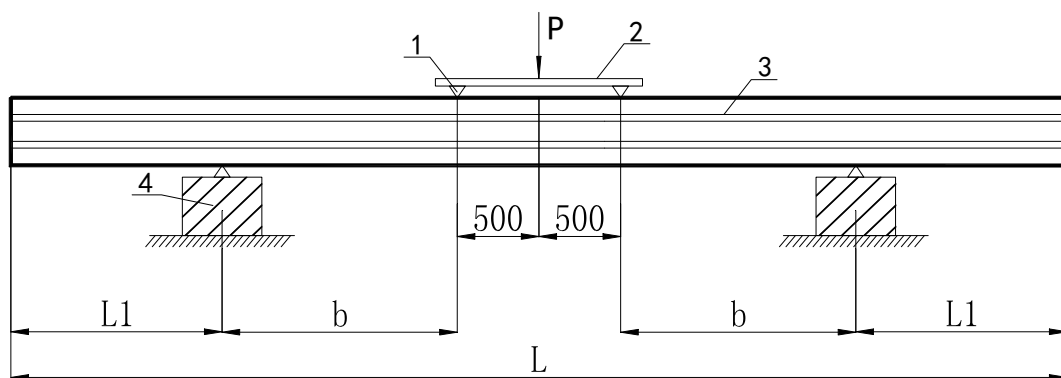
A.0.1.5 抗裂荷载和极限荷载的确定

1 当在加载过程中第一次出现裂缝时，应取前一级荷载值作为抗裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为抗裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时，应取本级荷载值作为抗裂荷载实测值。

2 当在规定的荷载持续时间结束后出现 8.2.5 条所列的情况之一时，应取此时的荷载值作为极限荷载实测值；当在加载过程中出现上述情况之一时，应取前一级荷载值作为极限荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内出现上述情况之一时，应取本级荷载值与前一级荷载的平均值作为极限荷载实测值。

A.0.2 抗剪性能试验方法

A.0.2.1 板桩的抗剪试验采用图 A.0.2 所示对称加载装置，其中 P 的方向可垂直于地面，也可平行于地面 (板桩的轴线均与地面平行)。剪跨 b 取 1.0 倍的板桩截面宽度或直径，试件悬挑长度 L_1 取 (1.25~2.0) 倍板桩截面宽度或直径。



1—分配梁支点； 2—分配梁； 3—板桩； 4—支墩
L— 试验用板桩长度； L₁—板桩悬挑长度； b—剪跨。

图 A.0.2 板桩抗剪试验示意图

A.0.2.2 加载程序

第一步：按抗裂剪力的 20% 的级差由零加载至抗裂剪力的 80%，每级荷载的持续时间为 3min；然后按抗裂剪力的 10% 的级差继续加载至抗裂剪力的 100%。每级荷载的持续时间为 3min，观察是否有裂缝出现，测定并记录裂缝宽度。

第二步：如果在抗裂剪力的 100% 时未出现裂缝，则按抗裂剪力的 5% 的级差继续加载至裂缝出现。每级荷载的持续时间为 3min，测定并记录裂缝宽度。

A.0.2.3 抗裂剪力计算公式

实测抗裂剪力按式 (A.0.2) 计算。

$$Q = P_c / 2 \dots\dots\dots (A.0.2)$$

式中：Q——实测抗裂剪力 (kN)；

P_c ——剪跨内产生斜拉裂纹时的荷载 (kN)。

A.0.2.4 抗裂荷载的确定

当在加载过程中第一次出现裂缝时，应取前一级荷载值作为抗裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为抗裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时，应取本级荷载值作为抗裂荷载实测值。

A.0.2.5 抗剪性能检验规则

1 抽样

在外观质量和尺寸允许偏差检验合格的抗剪试验用桩板式结构产品中随机抽取二根进行抗剪性能的检验。

2 判定规则

若所抽二根全部符合 8.2.6 条的规定，则判抗剪性能合格；若有一根不符合 8.2.6 条规定，应从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验结果若仍有一根不合格，则判抗剪性能不合格；若所抽二根全部不符合 8.2.6 的规定，则判抗剪性能不合格。

3 桩板式结构接头部位不做抗剪性能试验。

附录 B 挡土墙稳定性验算 (规范性附录)

B.0.1 无锚碇的板桩式挡土墙依靠插入土体的墙体维持结构稳定，其墙体的入土深度可按式 (B.0.1-1) 和式 (B.0.1-2) 计算，计算简图见图 B.0.1。

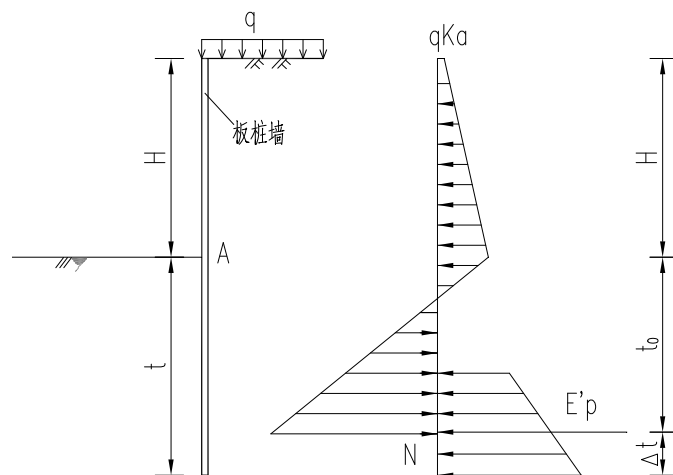


图 B.0.1 无锚板桩计算简图

$$t = t_0 + \Delta t \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\Delta t = \frac{E'_p}{2\gamma t_0 (K_p - K_a)} \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中： t ——墙体入土深度 (m)；

t_0 ——墙体入土点至理论转动点 N 的深度 (m)；

Δt ——N 点以下的墙体深度；

E'_p ——主动和被动土压力作用下对 N 点以上墙体求矩至 N 点合力矩为零时的合力 (kN/m)；

K_a ——主动土压力系数；

K_p ——被动土压力系数；

γ ——土的天然重度 (kN/m³)。

式 (B.0.1-2) 中的 t_0 、 Δt 和 E'_p 需通过试算求得，可先假定 t_0 (通常取 1.2 倍挡土高度) 和 Δt ，计算至 $E'_p = 0$ 时为止。式 (B.0.1-1) 和式 (B.0.1-2) 未计入水压力及其它附加外力，在有水压力及其它附加外力作用时，还应计入其作用。

B.0.2 有锚碇的板桩式挡土墙依靠插入土体的墙体和锚碇墙共同维持结构稳定，锚碇墙可根据需要选用单锚或多锚结构，并分别计算有锚碇板桩式挡土墙的整体稳定、锚碇墙沿基底面的抗滑稳定和锚碇墙至板桩墙的最小水平距离。

1 计算有锚碇板桩式挡土墙的整体稳定时，可在无锚碇板桩式挡土墙受力的基础上，考虑锚碇结构的拉力作用，建立方程组试算至稳定时为止，计算简图见图 B.0.2-1。

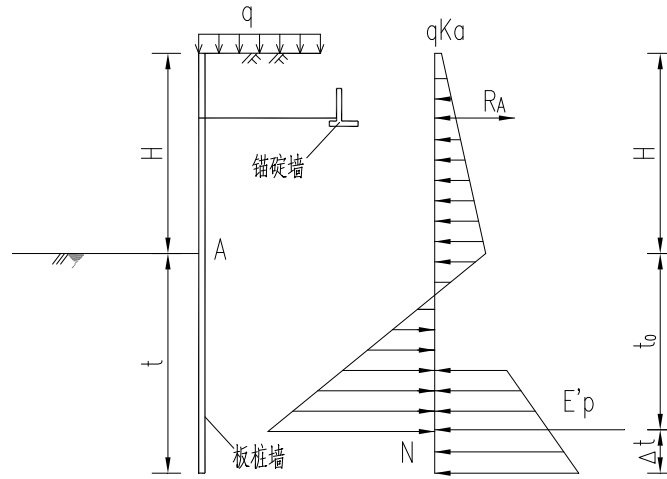


图 B.0.2-1 有锚板桩计算简图

2 有锚碇的板桩式挡土墙，其锚碇墙沿基底面的抗滑稳定安全系数应按式 (B.0.2-1) 计算，计算简图见图 B.0.2-2。当锚碇墙前采用其它填料置换时，除应按式 (B.0.2-1) 计算外，还应按式 (B.0.2-2) 计算锚碇墙与填料一起沿滑动面 BCC' 的抗滑稳定性。

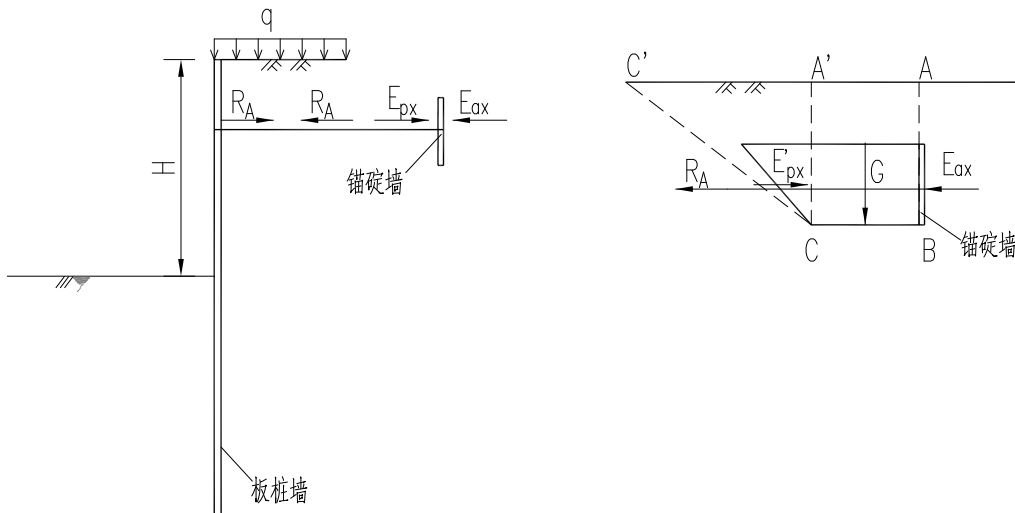


图 B.0.2-2 锚碇墙抗滑计算简图

$$K_m = \frac{E_{px}}{R_A + E_{ax}} \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$\frac{Gf}{K_c} + \frac{E'_{px}}{K_m} \geq R_A + E_{ax} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： K_m ——锚碇墙抗滑稳定安全系数，其计算值不应小于(SL 379) 中表 3.2.10 规定的允许值；

R_A ——拉杆的拉力 (kN/ m)；

E_{ax} ——作用在锚碇墙的主动土压力 (kN/ m)；

E_{px} ——作用在锚碇墙的被动土压力。当锚碇墙前采用其它填料置换时，应以其它填料的物理力学性质指标计算 (kN/ m)；

E'_{px} ——锚碇墙前作用于 A'C 面上的被动土压力 (kN/ m);

G ——锚碇墙前基面 BC 以上填料的重力 (kN/ m);

f ——沿滑动面 BCC'的摩擦系数;

K_c ——沿滑动面 BCC'的抗滑稳定安全系数, 可按《水工挡土墙设计规范》(SL379)

中表 3.2.7 的规定选用。

3 有锚碇的板桩式挡土墙, 其锚碇墙至板桩墙的最小水平距离可按公式 (B.0.2-3), 计算简图见图 B.0.2-3;

$$L_{\min} = H_0 \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2}\right) + H_t \tan\left(45^\circ + \frac{\phi_2}{2}\right) \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中: $L_{\min}$ ——锚碇墙至板桩墙的最小水平距离(m);

H_t ——填土表面至锚碇墙墙底的深度 (m);

H_0 ——板桩墙顶至理论转动点 N 的深度 (m)

ϕ_1 ——板桩墙墙后土的内摩擦角 ($^\circ$);

ϕ_2 ——锚碇墙墙前填料的内摩擦角 ($^\circ$)。

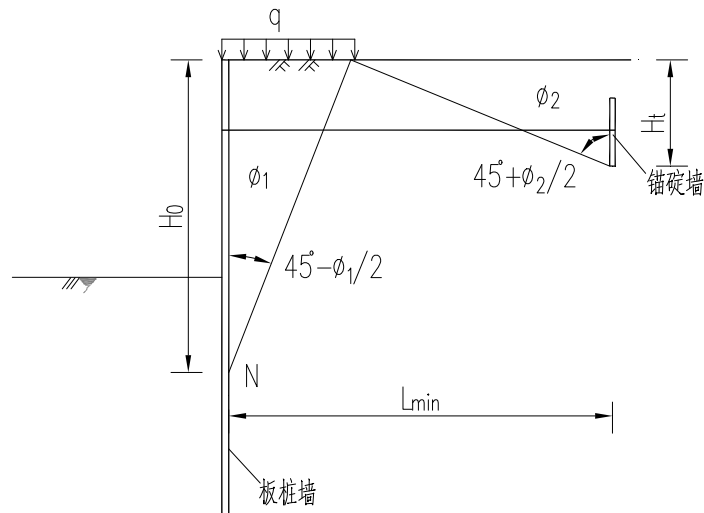


图 B.0.2-3 锚碇墙至板桩墙最小距离计算简图

附录 C 板桩式挡土墙结构内力计算 (规范性附录)

C.0.1 无锚碇的板桩挡土墙的内力可采用材料力学的计算方法，但为了求得墙体的变位，仍应采用竖向弹性地基梁法计算。墙顶的水平变位可按式(C.0.1-1)计算，计算简图见图 C.0.1。

$$\Delta = x_0 + \phi_0 H + x_1 \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中： Δ ——无锚碇板桩式挡土墙顶水平变位(m)；

x_0 、 ϕ_0 ——分别为板桩式挡土墙入土点的水平变位(m)和转角变位(rad)，可按“m”法或其他的竖向弹性地基梁法计算；

H ——其挡土高度(m)；

x_1 ——假定墙体为悬臂梁(入土点为固端)时的墙顶水平变位(m)，可按材料力学方法计算。

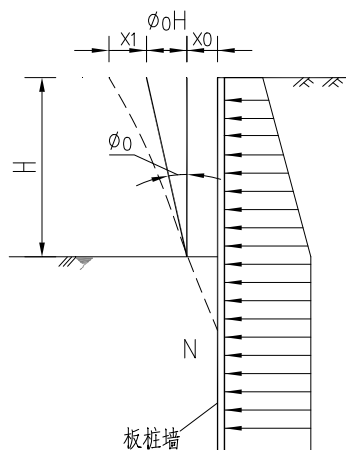


图 C.0.1 板桩墙顶水平变位计算简图

C.0.2 单锚板桩式挡土墙的内力可采用弹性嵌固法(姜美尔法)或自由支撑法计算，但为了求得墙体的变位，仍应采用竖向弹性地基梁法计算。多锚板桩式挡土墙的内力应采用竖向弹性地基梁法计算，该法可考虑多锚拉杆的拉伸及锚碇墙的水平变位。

C.0.3 对于有锚碇的板桩式挡土墙，其锚碇墙至板桩墙之间的拉杆可按中心受拉杆件计算，拉杆直径可按公式(C.0.3-1)计算：

$$d = 20 \sqrt{\frac{10 R_A \sec \alpha}{\pi [\sigma]}} + \delta_t T \quad (\text{C.0.3-1})$$

式中： d ——拉杆直径(m)；

R_A ——拉杆的拉力(kN)；

T ——板桩式挡土墙的使用年限，一般可取 30~50 年；

α ——拉杆与水平面的夹角(°)；

δ_t ——拉杆直径的年锈蚀量，可采用 0.04~0.05 (mm/a)；

$[\sigma]$ ——拉杆钢材的允许应力(kPa)。

附录 D 预制板桩截面参数及力学性能
(资料性附录)

D.0.1 预应力混凝土板桩

表 D.0.1 预应力混凝土板桩截面参数及力学性能表

桩编号	宽度 B(mm)	高度 H(mm)	混凝土 强度 等级	型 号	预应力钢 筋配筋	长度 L(m)	箍 筋 规 格	抗裂弯 矩 M _{cr} (kN•m)	抗弯承载 力设计值 M (kN•m)	抗剪承载 力设计值 V (kN)	米重 (kg/m)
BZ 600×200 I	600	200	C60	I	12 φ 9.0	≤8	φ b5	39	59	84	300
BZ 600×200 II				II	12 φ 10.7	≤9		47	77	95	
BZ 600×200 III				III	12 φ 12.6	≤10		59	98	106	
BZ 600×250 I	600	250	C60	I	12 φ 9.0	≤9	φ b5	54	78	116	375
BZ 600×250 II				II	12 φ 10.7	≤9		65	104	127	
BZ 600×250 III				III	12 φ 12.6	≤10		80	136	142	
BZ 600×300 I	600	300	C60	I	12 φ 9.0	≤9	φ b6	72	97	161	450
BZ 600×300 II				II	12 φ 10.7	≤10		85	131	173	
BZ 600×300 III				III	12 φ 12.6	≤11		103	173	188	

注：桩编号标记方式

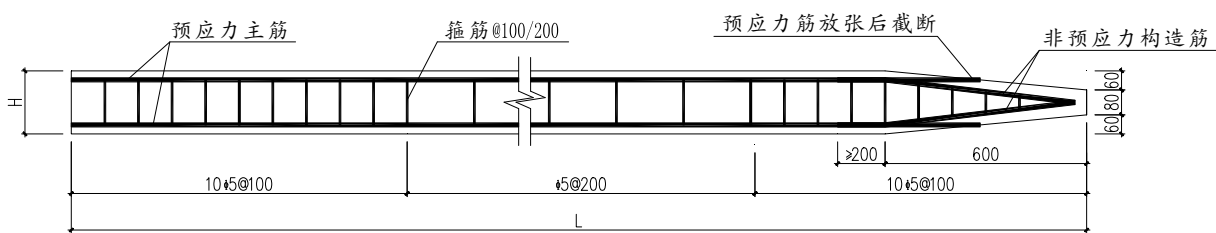
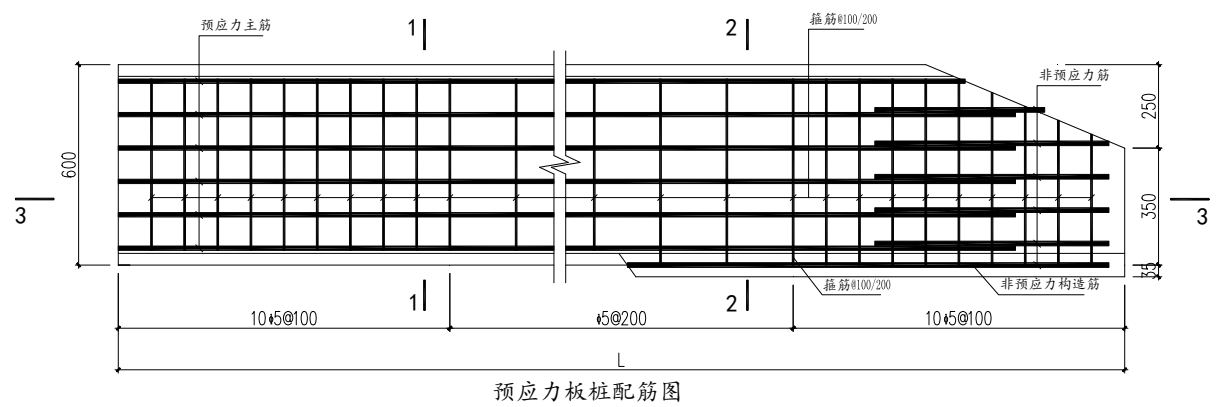
BZ XXX×XXX X

桩代号

桩截面宽

桩型号

桩截面高



3-3

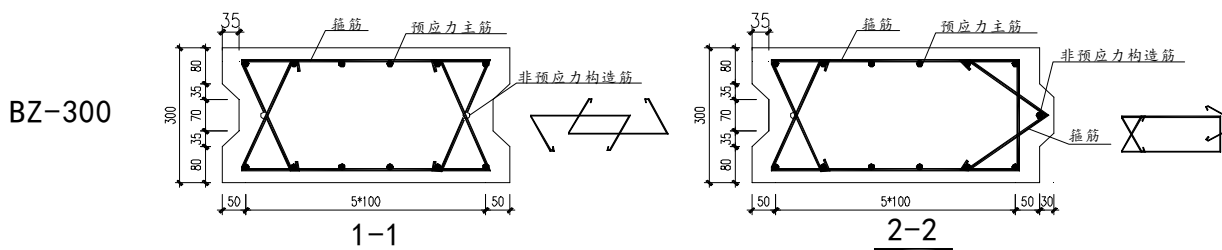
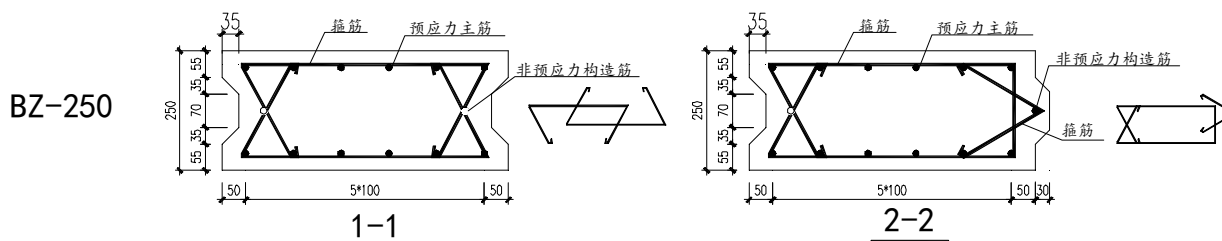
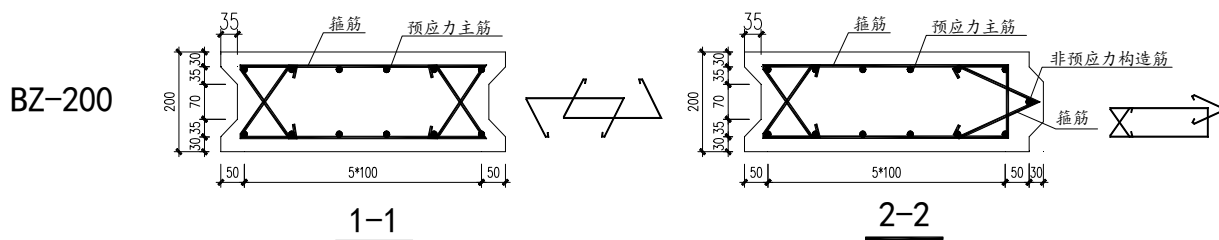


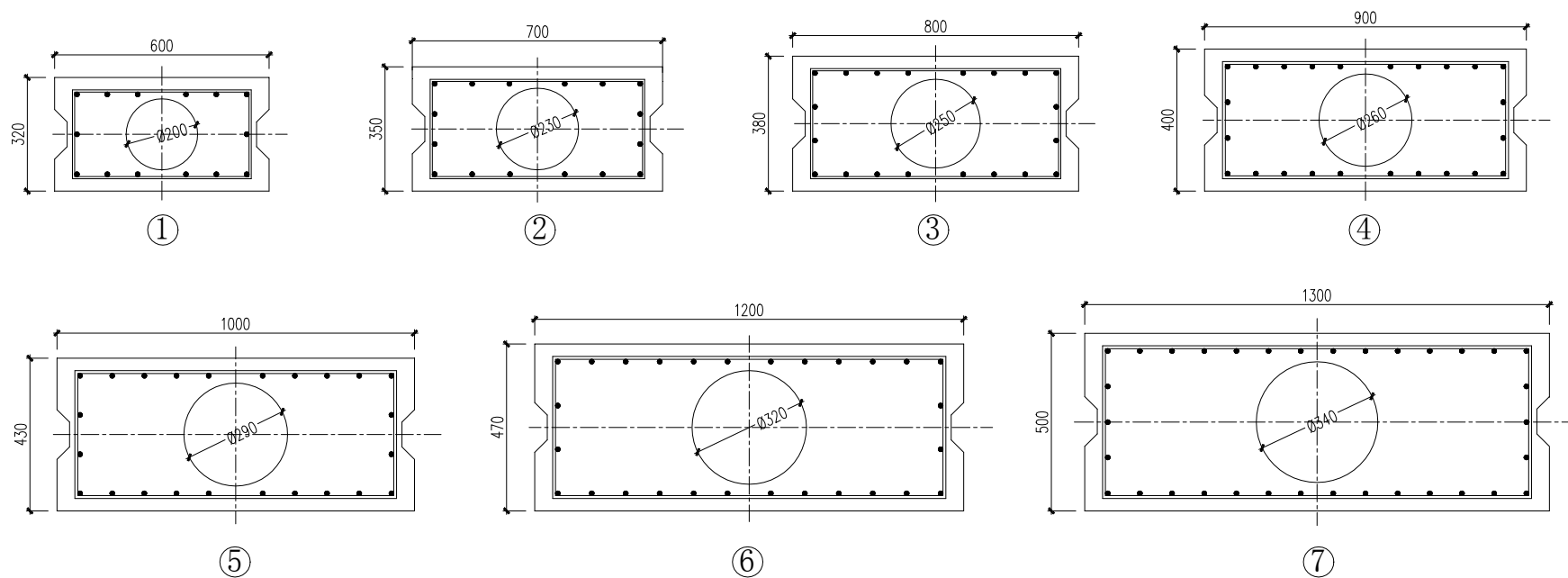
图 D.0.1 预应力混凝土板桩截面配筋图

D.0.2 预应力混凝土离心板桩

表 D.0.2 预应力混凝土离心板桩截面参数及力学性能表

桩编号	宽度 B (mm)	高度 H (mm)	内径 D (mm)	长度 L(m)	混凝土强度等级	型号	预应力钢筋配筋	箍筋规格	有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力设计值 M (kN·m)	极限弯矩标准值 M_u (kN·m)	抗剪承载力设计值 V (kN)	极限抗剪承载力标准值 V_u (kN)	抗弯刚度 EI (MN·m ²)	米重 (kg/m)	配筋索引
S-CP J 600(320) I	600	320	200	≤ 13	C80	I	12 ϕ 10.7	ϕ b6	5.96	107	144	194	271	366	50	398	S
S-CP J 600(320) II						II	12 ϕ 12.6		7.96	129	191	258	285	385			
S-CP J 700(350) I	700	350	230	≤ 13	C80	I	12 ϕ 10.7	ϕ b6	4.77	131	162	219	330	446	76	510	②
S-CP J 700(350) II						II	12 ϕ 12.6		6.42	156	218	294	345	466			
S-CP J 800(380) I	800	380	250	≤ 13	C80	I	16 ϕ 10.7	ϕ b6	5.01	183	235	317	415	560	112	644	③
S-CP J 800(380) II						II	16 ϕ 12.6		6.73	218	315	425	435	587			
S-CP J 900(400) I	900	400	260	≤ 14	C80	I	20 ϕ 10.7	ϕ b8	5.16	233	308	416	554	748	148	779	④
S-CP J 900(400) II						II	20 ϕ 12.6		6.93	279	412	557	579	781			
S-CP J 1000(430) I	1000	430	290	≤ 14	C80	I	20 ϕ 10.7	ϕ b8	4.40	273	338	456	637	860	203	927	⑤
S-CP J 1000(430) II						II	20 ϕ 12.6		5.94	324	455	614	663	895			
S-CP J 1200(470) I	1200	470	320	≤ 14	C80	I	24 ϕ 10.7	ϕ b8	3.98	375	449	606	824	1112	318	1238	⑥
S-CP J 1200(470) II						II	24 ϕ 12.6		5.39	441	606	818	855	1154			
S-CP J 1300(500) I	1300	500	340	≤ 14	C80	I	28 ϕ 10.7	ϕ b8	4.01	462	559	754	947	1279	416	1435	⑦
S-CP J 1300(500) II						II	28 ϕ 12.6		5.42	544	754	1018	984	1329			

注：桩编号标记方式 S-CP X XXX(XXX) X
 桩代号 桩型号
 桩截面形式 桩截面宽(高)



注：

- 1.预应力筋及箍筋规格详见D.0.2力学性能表；
- 2.桩头端板设置情况应根据工程需要及实际进行确定；
- 3.截面高度大于300mm时需配置腰筋，腰筋规格应根据实际工程需要进行配置；
- 4.企口尺寸采用统一尺寸，凹凸部分详细尺寸如右图所示；
- 5.图中单位均为mm。

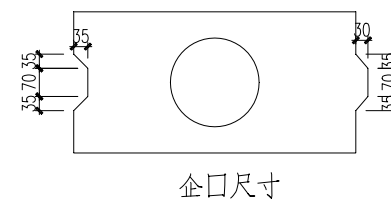


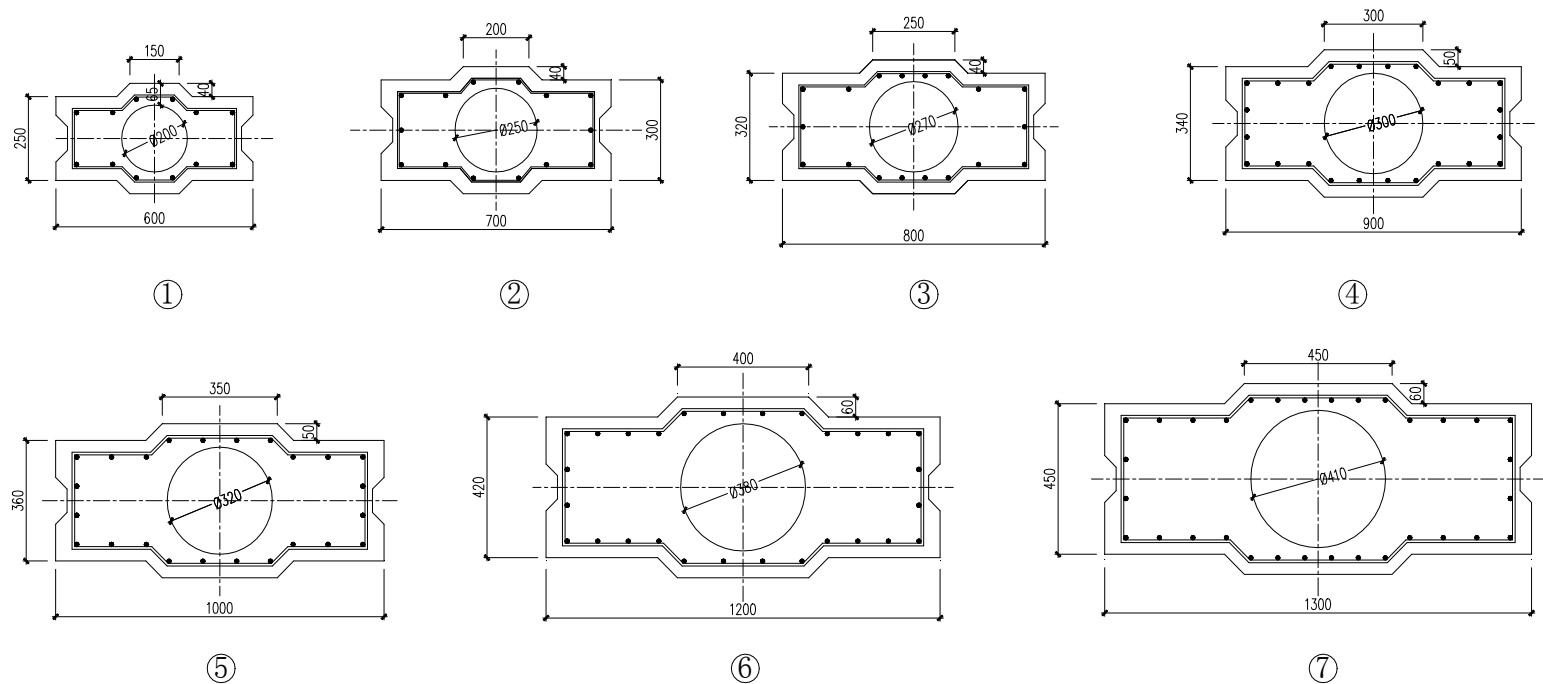
图 D.0.2 预应力混凝土离心板桩截面配筋图

D.0.3 预应力混凝土离心翼边板桩

表 D.0.3 预应力混凝土离心翼边板桩截面参数及力学性能表

桩编号	宽度 B (mm)	高度 H (mm)	内径 直径 D (mm)	长度 L (m)	混凝土强度等级	型号	预应力钢筋配筋	箍筋规格	有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力设计值 M (kN·m)	极限弯矩标准值 M_u (kN·m)	抗剪承载力设计值 V (kN)	极限抗剪承载力标准值 V_u (kN)	抗弯刚度 EI (MN·m ²)	米重 (kg/m)	配筋索引
S-CP Y 600(250) I	600	250	200	≤ 12	C80	I	12 Φ 10.7	Φ 6	7.07	75	134	181	229	309	33	329	①
S-CP Y 600(250) II						II	12 Φ 12.6		9.37	91	179	242	242	327			
S-CP Y 700(300) I	700	300	250	≤ 13	C80	I	12 Φ 10.7	Φ 6	5.35	105	164	221	291	393	62	449	②
S-CP Y 700(300) II						II	12 Φ 12.6		7.17	126	221	298	306	413			
S-CP Y 800(320) I	800	320	270	≤ 13	C80	I	16 Φ 10.7	Φ 6	5.71	144	206	279	358	484	86	558	③
S-CP Y 800(320) II						II	16 Φ 12.6		7.63	173	281	379	378	510			
S-CP Y 900(340) I	900	340	300	≤ 13	C80	I	20 Φ 10.7	Φ 8	5.81	191	292	395	490	661	125	684	④
S-CP Y 900(340) II						II	20 Φ 12.6		7.76	231	396	535	514	693			
S-CP Y 1000(360) I	1000	360	320	≤ 13	C80	I	20 Φ 10.7	Φ 8	4.97	219	311	420	555	750	163	812	⑤
S-CP Y 1000(360) II						II	20 Φ 12.6		6.68	261	422	570	580	784			
S-CP Y 1200(420) I	1200	420	380	≤ 13	C80	I	24 Φ 10.7	Φ 8	4.30	327	455	614	745	1006	308	1140	⑥
S-CP Y 1200(420) II						II	24 Φ 12.6		5.81	387	618	835	776	1048			
S-CP Y 1300(450) I	1300	450	410	≤ 14	C80	I	28 Φ 10.7	Φ 8	4.34	407	531	717	854	1152	402	1318	⑦
S-CP Y 1300(450) II						II	28 Φ 12.6		5.86	482	724	977	890	1202			

注：桩编号标记方式 S-CP X XXX(XXX) X
 桩代号 桩型号
 桩截面形式 桩截面宽(高)



注：

- 1.预应力筋及箍筋规格详见D.0.3力学性能表；
- 2.桩头端板设置情况应根据工程需要及实际进行确定；
- 3.截面高度大于300mm时需配置腰筋，腰筋规格应根据实际工程需要进行配置；
- 4.企口尺寸采用统一尺寸，凹凸部分详细尺寸如右图所示；
- 5.图中单位均为mm。

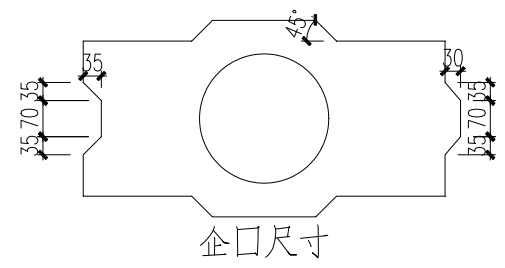


图 D.0.3 预应力混凝土离心翼边板桩截面配筋图

D.0.4 预应力混凝土离心 U 形桩

表 D.0.4-1 预应力混凝土离心 U 形桩截面参数及力学性能表（开口向上）

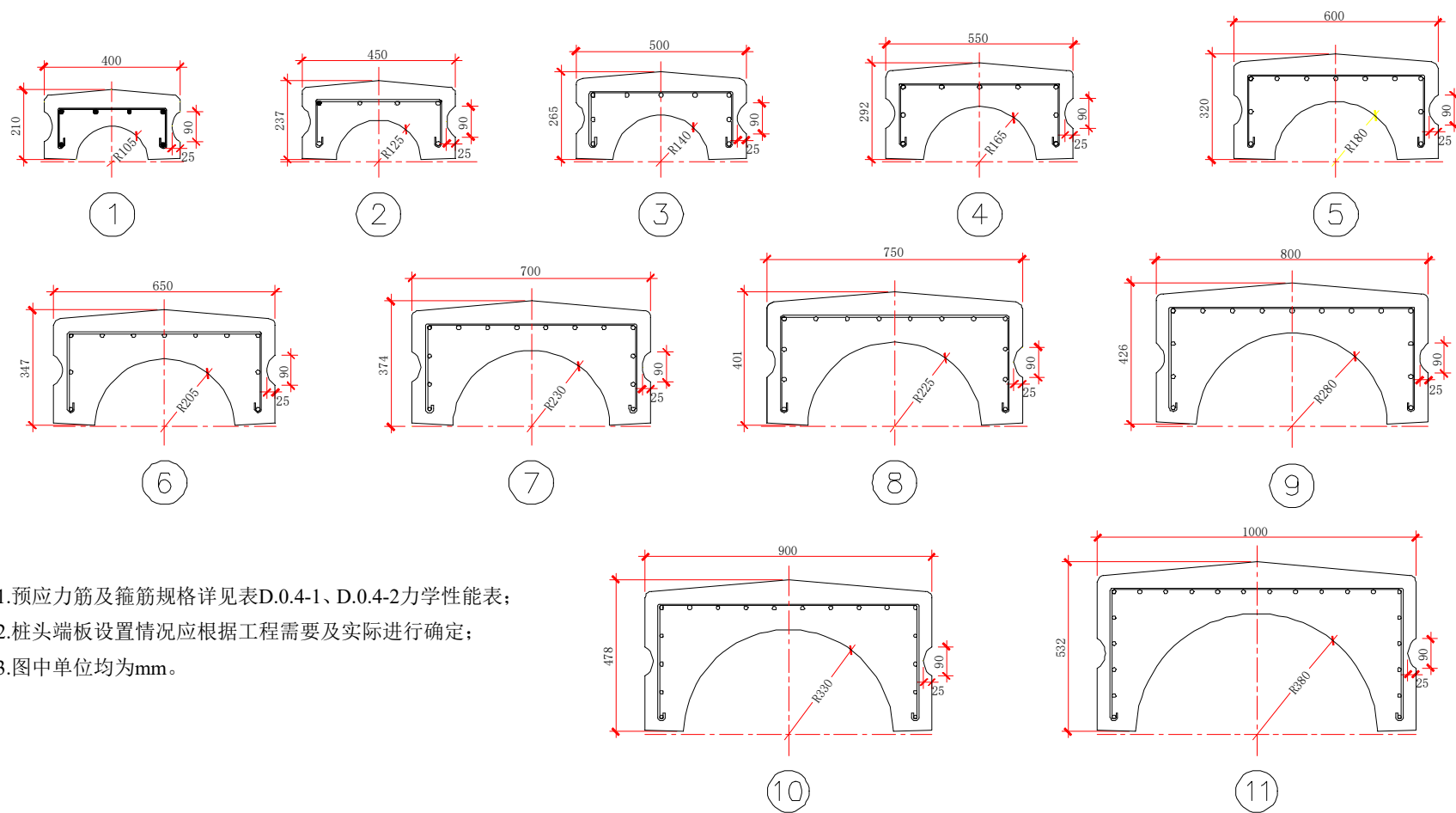
桩编号	宽度 B(mm)	高度 H(mm)	内圆 半径 R(mm)	单桩 长度 L(m)	混凝土强 度等 级	型 号	预应力 钢筋配 筋	箍筋 规格	有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载 力设计值 M(kN·m)	极限弯矩 标准值 M_u (kN·m)	抗剪承 载力设计 值 V(kN)	极限抗剪 承载力标 准值 V_u (kN)	抗弯刚 度 EI (MN·m ²)	米重 (kg/m)	配 筋 索 引
U-CP-I-400	400	210	105	≤14	C80	I	6 Φ 10.7	Φ b4	7.34	28	40	54	77	104	6	158	①
U-CP-II-400						II	6 Φ 12.6		9.70	33	48	64	84	113			
U-CP-I-450	450	237	125	≤14	C80	I	6 Φ 10.7	Φ b5	6.05	35	49	67	98	132	10	196	②
U-CP-II-450						II	6 Φ 12.6		8.07	42	61	82	105	142			
U-CP-I-500	500	265	140	≤15	C80	I	9 Φ 10.7	Φ b5	7.14	54	80	108	126	170	15	244	③
U-CP-II-500						II	9 Φ 12.6		9.45	66	97	131	136	184			
U-CP-I-550	550	292	165	≤15	C80	I	9 Φ 10.7	Φ b5	6.25	65	93	126	139	188	21	284	④
U-CP-II-550						II	9 Φ 12.6		8.32	78	115	155	149	201			
U-CP-I-600	600	320	180	≤15	C80	I	11 Φ 10.7	Φ b5	6.36	85	137	185	166	224	30	340	⑤
U-CP-II-600						II	11 Φ 12.6		8.46	103	169	228	179	242			
U-CP-I-650	650	347	205	≤15	C80	I	11 Φ 10.7	Φ b6	5.68	100	155	209	196	265	39	385	⑥
U-CP-II-650						II	11 Φ 12.6		7.60	120	193	260	210	284			
U-CP-I-700	700	374	230	≤18	C80	I	14 Φ 10.7	Φ b6	6.36	131	189	255	221	298	51	432	⑦
U-CP-II-700						II	14 Φ 12.6		8.47	158	236	318	238	321			
U-CP-I-750	750	401	255	≤18	C80	I	14 Φ 10.7	Φ b6	5.78	150	209	282	236	319	65	481	⑧
U-CP-II-750						II	14 Φ 12.6		7.73	180	263	355	254	343			
U-CP-I-800	800	426	280	≤18	C80	I	15 Φ 10.7	Φ b6	5.88	179	247	333	252	340	80	506	⑨
U-CP-II-800						II	15 Φ 12.6		7.86	215	310	419	271	366			
U-CP-I-900	900	478	330	≤18	C80	I	18 Φ 10.7	Φ b6	5.66	239	332	448	291	393	119	634	⑩
U-CP-II-900						II	18 Φ 12.6		7.57	287	409	552	314	424			
U-CP-I-1000	1000	532	380	≤18	C80	I	22 Φ 10.7	Φ b6	5.85	325	454	613	335	452	173	746	⑪
U-CP-II-1000						II	22 Φ 12.6		7.82	390	554	748	363	490			

表 D.0.4-2 预应力混凝土离心 U 形桩截面参数及力学性能表（开口向下）

桩编号	宽度 B(mm)	高度 H(mm)	内圆 半径 R(mm)	单桩 长度 L(m)	混凝土 强度等 级	型 号	预应力 钢筋配 筋	箍筋 规格	有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载 力设计值 M(kN·m)	极限弯矩 标准值 M_u (kN·m)	抗剪承载 力设计值 V(kN)	极限抗剪 承载力标 准值 V_u (kN)	抗弯刚 度 EI (MN·m ²)	米重 (kg/m)	配 筋 索 引
U-CP-I-400	400	210	105	≤14	C80	I	6 Φ 10.7	Φ b4	7.34	21	34	46	79	107	6	158	①
U-CP-II-400						II	6 Φ 12.6		9.70	25	46	62	86	116			
U-CP-I-450	450	237	125	≤14	C80	I	6 Φ 10.7	Φ b5	6.05	25	39	52	100	135	10	196	②
U-CP-II-450						II	6 Φ 12.6		8.07	30	53	72	107	144			
U-CP-I-500	500	265	140	≤15	C80	I	9 Φ 10.7	Φ b5	7.14	38	67	90	128	173	15	244	③
U-CP-II-500						II	9 Φ 12.6		9.45	45	91	124	138	186			
U-CP-I-550	550	292	165	≤15	C80	I	9 Φ 10.7	Φ b5	6.25	44	74	100	141	190	21	284	④
U-CP-II-550						II	9 Φ 12.6		8.32	52	102	137	152	205			
U-CP-I-600	600	320	180	≤15	C80	I	11 Φ 10.7	Φ b5	6.36	58	85	115	169	228	30	340	⑤
U-CP-II-600						II	11 Φ 12.6		8.46	69	117	158	182	246			
U-CP-I-650	650	347	205	≤15	C80	I	11 Φ 10.7	Φ b6	5.68	65	92	124	198	267	39	385	⑥
U-CP-II-650						II	11 Φ 12.6		7.60	78	126	170	21	28			
U-CP-I-700	700	374	230	≤18	C80	I	14 Φ 10.7	Φ b6	6.36	83	109	148	224	302	51	432	⑦
U-CP-II-700						II	14 Φ 12.6		8.47	99	150	203	240	324			
U-CP-I-750	750	401	255	≤18	C80	I	14 Φ 10.7	Φ b6	5.78	92	116	157	239	323	65	481	⑧
U-CP-II-750						II	14 Φ 12.6		7.73	109	159	215	256	346			
U-CP-I-800	800	426	280	≤18	C80	I	15 Φ 10.7	Φ b6	5.88	107	125	169	255	344	80	506	⑨
U-CP-II-800						II	15 Φ 12.6		7.86	127	172	232	273	369			
U-CP-I-900	900	478	330	≤18	C80	I	18 Φ 10.7	Φ b6	5.66	137	192	259	294	397	119	634	⑩
U-CP-II-900						II	18 Φ 12.6		7.57	163	264	357	317	428			
U-CP-I-1000	1000	532	380	≤18	C80	I	22 Φ 10.7	Φ b6	5.85	179	228	308	338	456	173	746	⑪
U-CP-II-1000						II	22 Φ 12.6		7.82	212	314	424	365	493			

注：桩编号标记方式

U-CP-X-XXX
 桩代号 桩截面宽度
 桩型号



注:

1. 预应力筋及箍筋规格详见表D.0.4-1、D.0.4-2力学性能表;
2. 桩头端板设置情况应根据工程需要及实际进行确定;
3. 图中单位均为mm。

图 D.0.4 离心 U 形桩截面配筋图

D.0.5 预应力混凝土波浪桩

表 D.0.5-1 预应力混凝土波浪桩截面参数及力学性能表（开口向上）

桩编号	截面高度 H (mm)	壁厚 t(mm)	截面宽度 B(mm)	型号	单桩长度 L(m)	预应力钢筋	箍筋规格	抗裂弯矩 $M_{cr}(kN\cdot m)$	抗弯承载力设计值 $M_j(kN\cdot m)$	极限弯矩标准值 $M_u(kN\cdot m)$	抗剪承载力设计值 $V(kN)$	抗压承载力设计值 $R_p(kN)$	米重 (kg/m)
W-CP-250-I	250	100	488	I	≤10	5 ϕ 10.7	ϕ b5	23	59	79	104	1095	142
W-CP-250-II				II	≤12	6 ϕ 10.7	ϕ b5	26	69	93	108		
W-CP-250-III				III	≤12	5 ϕ 12.6	ϕ b5	29	79	106	112		
W-CP-250-IV				IV	≤12	6 ϕ 12.6	ϕ b5	34	91	123	119		
W-CP-300-I	300	110	588	I	≤15	7 ϕ 10.7	ϕ b5	39	101	137	142	1488	193
W-CP-300-II				II	≤15	8 ϕ 10.7	ϕ b5	43	114	154	146		
W-CP-300-III				III	≤15	7 ϕ 12.6	ϕ b5	51	136	183	154		
W-CP-300-IV				IV	≤15	8 ϕ 12.6	ϕ b5	57	152	205	160		
W-CP-350-I	350	130	686	I	≤15	12 ϕ 10.7	ϕ b6	73	197	266	205	2044	265
W-CP-350-II				II	≤15	13 ϕ 10.7	ϕ b6	78	211	285	210		
W-CP-350-III				III	≤15	12 ϕ 12.6	ϕ b6	98	260	351	226		
W-CP-350-IV				IV	≤15	13 ϕ 12.6	ϕ b6	105	278	375	232		
W-CP-400-I	400	130	787	I	≤15	15 ϕ 10.7	ϕ b6	109	291	393	247	2430	316
W-CP-400-II				II	≤15	16 ϕ 10.7	ϕ b6	115	308	416	252		
W-CP-400-III				III	≤15	15 ϕ 12.6	ϕ b6	147	384	519	273		
W-CP-400-IV				IV	≤15	16 ϕ 12.6	ϕ b6	156	405	547	280		
W-CP-500-I	500	130	989	I	≤15	16 ϕ 10.7	ϕ b6	162	419	566	309	3204	416
W-CP-500-II				II	≤15	20 ϕ 10.7	ϕ b6	196	511	690	327		
W-CP-500-III				III	≤15	16 ϕ 12.6	ϕ b6	215	559	755	337		
W-CP-500-IV				IV	≤15	20 ϕ 12.6	ϕ b6	264	674	910	362		
W-CP-600-I	600	150	1189	I	≤15	18 ϕ 10.7	ϕ b6	235	579	782	415	4504	585
W-CP-600-II				II	≤15	22 ϕ 10.7	ϕ b8	275	697	941	433		
W-CP-600-III				III	≤15	18 ϕ 12.6	ϕ b6	305	781	1054	446		
W-CP-600-IV				IV	≤15	22 ϕ 12.6	ϕ b8	363	931	1257	471		

表 D.0.5-2 预应力混凝土波浪桩截面参数及力学性能表（开口向下）

桩编号	截面高度 H (mm)	壁厚 t(mm)	截面 宽度 B(mm)	型号	单桩长 度 L(m)	预应力 钢筋	箍筋 规格	抗裂弯矩 M _{cr} (kN•m)	抗弯承载力 设计值 M _j (kN•m)	极限弯矩 标准值 M _u (kN•m)	抗剪承载力设 计值 V(kN)	竖向承载力设 计值 R _p (kN)	米重 (kg/m)
W-CP-250-I	250	100	488	I	≤10	5 Φ 10.7	Φ 5	19	26	53	104	1095	142
W-CP-250-II				II	≤12	6 Φ 10.7	Φ 5	21	30	60	108		
W-CP-250-III				III	≤12	5 Φ 12.6	Φ 5	24	33	64	112		
W-CP-250-IV				IV	≤12	6 Φ 12.6	Φ 5	29	37	69	119		
W-CP-300-I	300	110	588	I	≤15	7 Φ 10.7	Φ 5	31	46	92	142	1488	193
W-CP-300-II				II	≤15	8 Φ 10.7	Φ 5	35	51	100	146		
W-CP-300-III				III	≤15	7 Φ 12.6	Φ 5	41	59	110	154		
W-CP-300-IV				IV	≤15	8 Φ 12.6	Φ 5	47	64	117	160		
W-CP-350-I	350	130	686	I	≤15	12 Φ 10.7	Φ 6	60	87	167	205	2044	265
W-CP-350-II				II	≤15	13 Φ 10.7	Φ 6	64	92	174	210		
W-CP-350-III				III	≤15	12 Φ 12.6	Φ 6	81	107	192	226		
W-CP-350-IV				IV	≤15	13 Φ 12.6	Φ 6	88	111	197	232		
W-CP-400-I	400	130	787	I	≤15	15 Φ 10.7	Φ 6	86	130	244	247	2430	316
W-CP-400-II				II	≤15	16 Φ 10.7	Φ 6	92	136	251	252		
W-CP-400-III				III	≤15	15 Φ 12.6	Φ 6	118	159	278	273		
W-CP-400-IV				IV	≤15	16 Φ 12.6	Φ 6	126	164	283	280		
W-CP-500-I	500	130	989	I	≤15	16 Φ 10.7	Φ 6	122	195	377	309	3204	416
W-CP-500-II				II	≤15	20 Φ 10.7	Φ 6	149	231	427	327		
W-CP-500-III				III	≤15	16 Φ 12.6	Φ 6	164	249	449	337		
W-CP-500-IV				IV	≤15	20 Φ 12.6	Φ 6	204	283	488	362		
W-CP-600-I	600	150	1189	I	≤15	18 Φ 10.7	Φ 6	176	278	556	415	4504	585
W-CP-600-II				II	≤15	22 Φ 10.7	Φ 8	207	329	635	433		
W-CP-600-III				III	≤15	18 Φ 12.6	Φ 6	231	364	685	446		
W-CP-600-IV				IV	≤15	22 Φ 12.6	Φ 8	278	422	760	471		

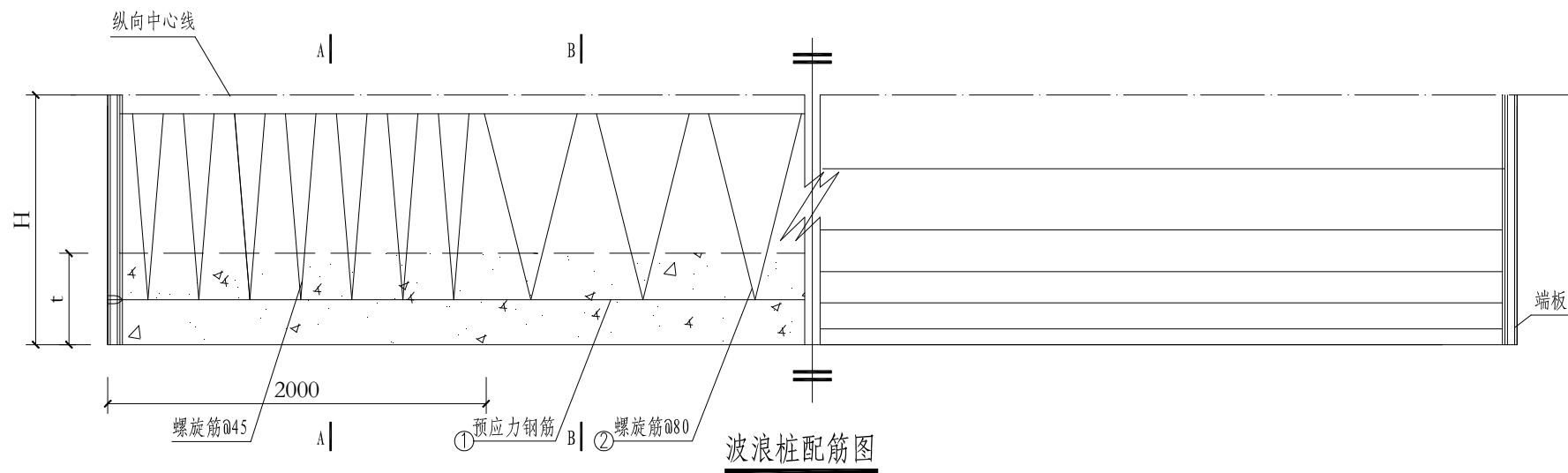
注：桩编号标记方式

W-CP-XXX-X

桩代号

桩型号

桩截面高度



注：

- ①号筋为预应力筋，②号筋为螺旋箍筋。
- 波浪桩桩身混凝土强度等级为C80。
- 桩头端板设置情况应根据工程需要及实际进行确定；
- 图中单位均为mm。

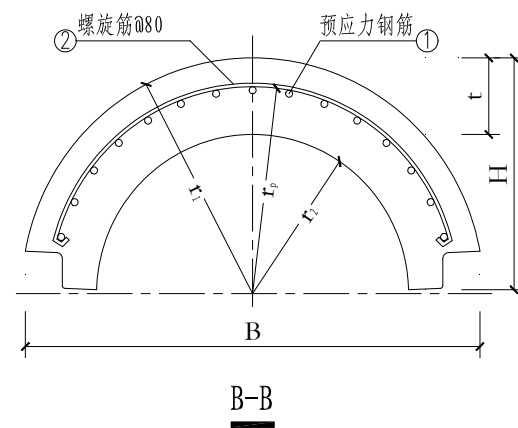
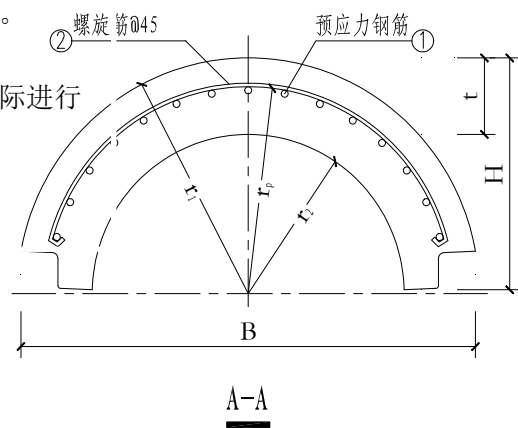


图 D.0.5 预应力混凝土波浪桩截面配筋图

D.0.6 预应力混凝土护壁桩

表 D.0.6 预应力混凝土护壁桩截面参数及力学性能表

桩编号	边长 B(mm)	内径 D(mm)	混凝土强 度等级	型号	单桩长度 L(m)	预应力钢 筋配筋	非预应力 钢筋配筋	箍筋 规格	极限弯矩 标准值 M _u (kN•m)	抗弯承载力 设计值 M](kN•m)	抗裂弯 矩 M _{cr} (kN•m)	抗剪承载 力设计值 V(kN)	抗弯刚 度 EI (MN•m ²)	米重 (kg/m)
HBZ 400(240)- I	400	240	C80	I	≤14	8 φ 10.7	4C18	φ 5	212	161	98	220	69	250
HBZ 400(240)- II				II	≤16	8 φ 12.6	4C18	φ 5	270	202	118	220	69	
HBZ 450(290)-I	450	290	C80	I	≤16	10 φ 10.7	6C18	φ 5	327	251	142	255	109	323
HBZ 450(290) II				II	≤17	10 φ 10.7	6C18	φ 5	413	311	172	256	110	
HBZ 500(340)-I	500	340	C80	I	≤17	12 φ 10.7	6C18	φ 5	425	323	191	290	161	379
HBZ 500(340)-II				II	≤18	12 φ 12.6	6C18	φ 5	543	406	231	291	162	
HBZ 550(380)-I	550	380	C80	I	≤17	12 φ 10.7	6C20	φ 5	510	392	231	336	233	452
HBZ 550(380)-II				II	≤18	12 φ 12.6	6C18	φ 5	611	457	273	337	233	
HBZ 400(380)-III				III	≤18	12 φ 12.6	6C20	φ 5	643	486	277	337	235	
HBZ 600(420)-I	600	420	C80	I	≤18	14 φ 10.7	8C20	φ 5	706	546	300	387	331	531
HBZ 600(420)-II				II	≤18	14 φ 12.6	8C18	φ 5	836	628	355	387	330	
HBZ 600(420)- III				III	≤18	14 φ 12.6	8C20	φ 5	883	671	360	388	335	
HBZ 650(460)- I	650	460	C80	I	≤18	16 φ 10.7	8C22	φ 6	890	692	377	492	455	617
HBZ 650(460)- II				II	≤18	16 φ 12.6	8C20	φ 6	1050	793	446	493	454	
HBZ 650(460)-III				III	≤18	16 φ 12.6	8C22	φ 6	1107	845	452	494	459	
HBZ 700(500)- I	700	500	C80	I	≤18	18 φ 10.7	10C22	φ 6	1139	891	469	553	613	708
HBZ 700(500)- II				II	≤18	18 φ 12.6	10C20	φ 6	1327	1008	553	553	611	
HBZ 700(500)- III				III	≤18	18 φ 12.6	10C22	φ 6	1405	1078	561	555	620	
HBZ 800(580)-I	800	580	C80	I	≤18	22 φ 10.7	12C22	φ 6	1613	1261	674	682	1032	909
HBZ 800(580)-II				II	≤18	22 φ 12.6	12C20	φ 6	1884	1429	793	682	1028	
HBZ 800(580)- III				III	≤18	22 φ 12.6	12C22	φ 6	1994	1528	805	684	1042	

注：桩编号标记方式

HBZ XXX (XXX)-X
桩代号 桩型号
 桩边长(内径)

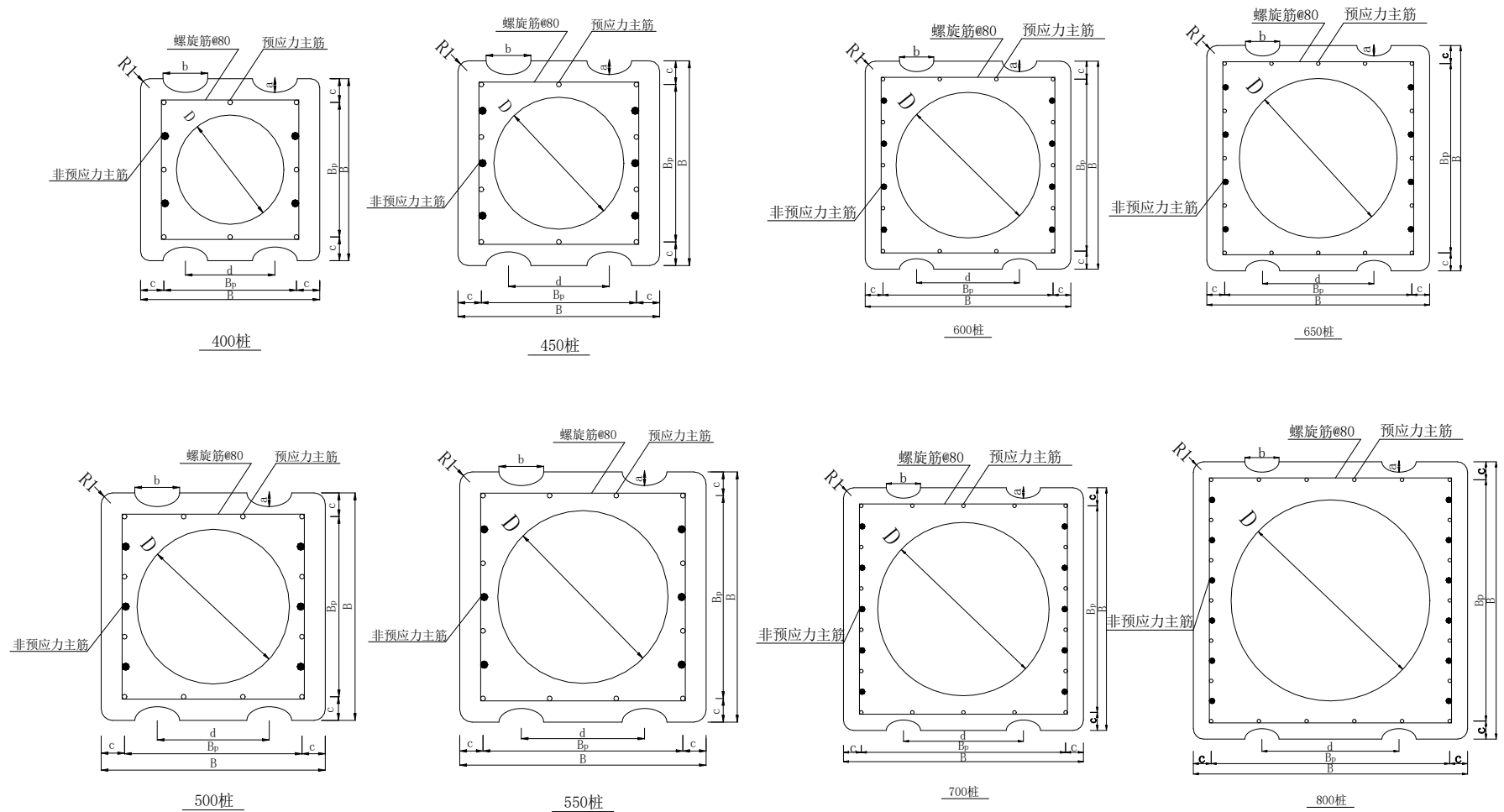


图 D.0.6 预应力混凝土护壁桩截面配筋图

D.0.7 混合配筋预应力混凝土管桩

表 D.0.7 混合配筋预应力混凝土管桩截面参数及力学性能表

桩编号	外径 D (mm)	壁厚 t (mm)	单节 长 L (m)	混凝土强 度等级	预应力筋 中心所在 圆的直径 D _p (mm)	型 号	预应力 钢筋 配筋	箍 筋 规 格	非预 应力 筋	有效 预压 应力 σ _{ce} (MPa)	抗裂弯 矩标准 值 M _{cr} (kN•m)	极限弯 矩标准 值 Mu (kN)	抗弯承 载力设计 值 M (kN•m)	抗剪承 载力设计 值 V (kN)	抗裂剪 力 Q (kN)	竖向承 载力设计 值 R _p (kN)	米重 (kg/m)
PRC-I 400 B 95	400	95	≤15	C80	308	B	10 φ 10.7	φ ^b 4	10C10	9.06	92	194	151	480	206	2700	242
PRC-I 400 D 95						D	10 φ 12.6	φ ^b 4	10C10	12.3	113	226	185	194	228		
PRC-I 500 AB 100	500	100	≤15		406	AB	12 φ 10.7	φ ^b 5	12C12	7.79	157	337	268	251	289	3800	336
PRC-I 500 B 100						B	14 φ 10.7	φ ^b 5	14C12	8.89	170	378	300	258	295		
PRC-I 500 C 100						C	12 φ 12.6	φ ^b 5	12C12	10.62	190	397	332	267	305		
PRC-I 500 D 100						D	14 φ 12.6	φ ^b 5	14C12	12.1	208	434	361	276	313		
PRC-I 600 AB 110	600	110	≤15		506	AB	16 φ 10.7	φ ^b 5	16C12	7.71	260	554	436	333	389	5100	457
PRC-I 600 B 110						B	18 φ 10.7	φ ^b 5	18C12	8.54	276	606	480	339	395		
PRC-I 600 C 110						C	16 φ 12.6	φ ^b 5	16C12	10.53	314	659	529	355	410		
PRC-I 600 D 110						D	18 φ 12.6	φ ^b 5	18C12	11.63	337	702	579	363	419		
PRC-I 700 AB 110	700	110	≤15		590	AB	18 φ 10.7	φ ^b 6	18C12	7.27	368	753	597	417	465	6200	543
PRC-I 700 B 110						B	22 φ 10.7	φ ^b 6	22C12	8.65	406	881	696	429	477		
PRC-I 700 C 110						C	20 φ 12.6	φ ^b 6	20C12	10.87	472	969	780	450	497		
PRC-I 700 D 110						D	22 φ 12.6	φ ^b 6	22C12	11.78	499	1020	838	458	506		
PRC-I 800 B 110	800	110	≤15		690	B	24 φ 10.7	φ ^b 6	24C12	8.15	547	1145	899	495	552	7200	630
PRC-I 800 C 110						C	24 φ 12.6	φ ^b 6	24C12	11.11	664	1344	1088	527	584		

注：桩编号标记方式

PRC-X

XXX

XX

XXX

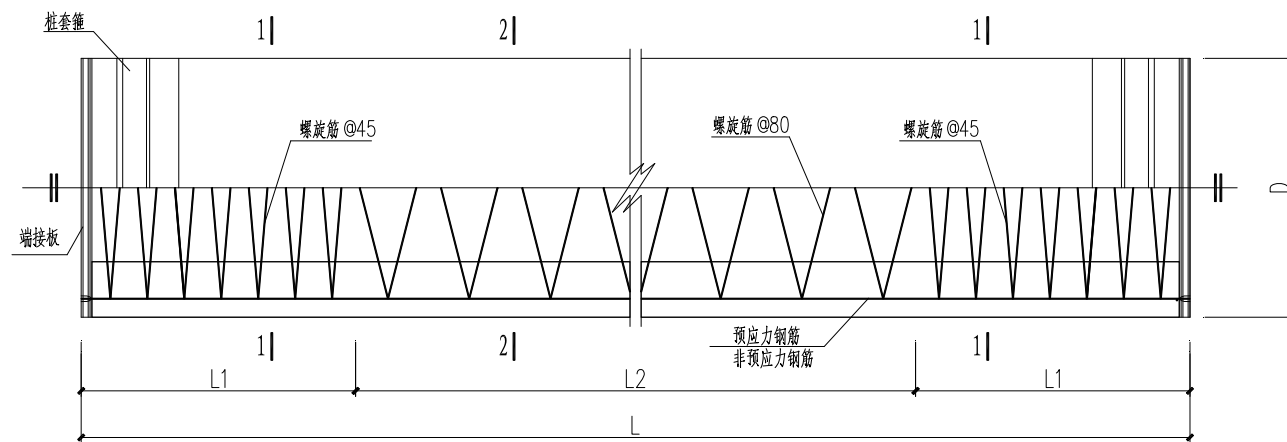
桩代号

桩的类型

壁厚

桩的型号

桩的外径



PRC-I型管桩配筋图

L1=2000mm

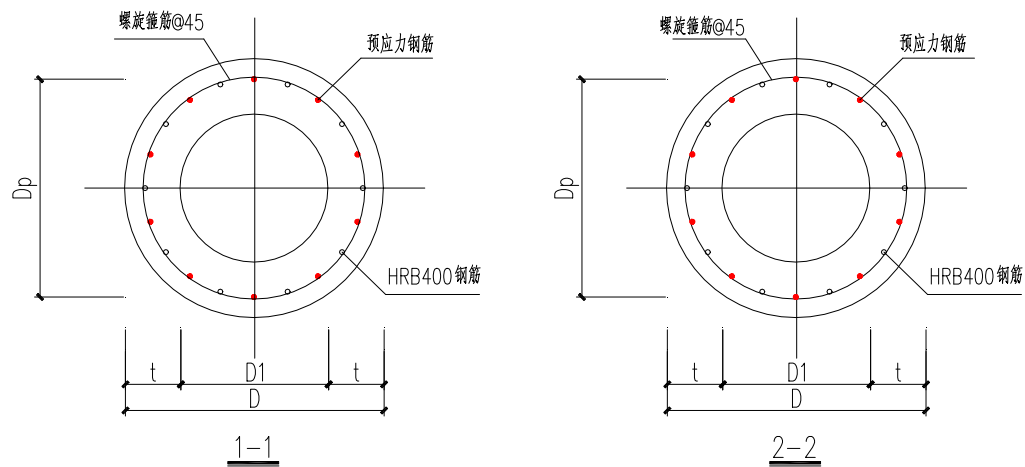


图 D.0.7 混合配筋预应力混凝土管桩截面配筋图

D.0.8 预应力混凝土方桩

表 D.0.8 预应力混凝土方桩截面参数及力学性能表

桩编号	方桩截面		桩型	混凝土 强度等 级	单节 桩长 L(m)	预应力主 筋①	附 筋 ②	螺 旋 筋 ③	预应力 筋配筋 率(%)	有效 预压 应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂弯 矩标准 值 M_{cr} (kN•m)	极限 弯矩 标准 值 M_u (kN)	竖向承 载力设 计值 R_p (kN)	受拉承 载力设 计值 N (kN)	抗剪承载 力设计值 V (kN)	一级裂缝 控制抗裂 拉力标准 值 N_k (kN)	理论 质量 (kg/m)
	B (mm)	B ₁ (mm)															
YFZ-A-300	300	198	A	C60	≤60	8 ϕ 9.0	C18	ϕ ^b 4	0.6	4.57	42	51	1609	512	149	422	225
YFZ-B-300			B			8 ϕ 10.7	C18	ϕ ^b 4	0.8	6.27	51	72		720	156	585	
YFZ-A-350	350	246	A		≤46	8 ϕ 10.7	C18	ϕ ^b 4	0.6	4.71	68	90	2190	720	203	592	306
YFZ-A-350			B			8 ϕ 12.6	C18	ϕ ^b 4	0.8	6.39	82	124		1000	214	812	
YFZ-A-400	400	296	A		≤96	8 ϕ 12.6	C20	ϕ ^b 4	0.6	5.03	105	149	2860	1000	269	828	400
YFZ-B-400			B			12 ϕ 12.6	C20	ϕ ^b 4	0.9	7.31	133	223		1500	288	1220	
YFZ-A-450	450	336	A		≤36	12 ϕ 10.7	C20	ϕ ^b 4	0.5	4.33	135	183	3620	1080	330	899	506
YFZ-B-450			B			12 ϕ 12.6	C20	ϕ ^b 4	0.7	5.89	162	253		1500	346	1233	
YFZ-A-500	500	386	A		≤86	12 ϕ 12.6	C22	ϕ ^b 5	0.6	4.86	195	291	4469	1500	435	1247	625
YFZ-B-500			B			16 ϕ 12.6	C22	ϕ ^b 5	0.8	6.35	231	387		2000	455	1644	
YFZ-A-550	550	436	A		≤36	20 ϕ 10.7	C22	ϕ ^b 5	0.6	4.82	256	395	5407	1800	526	1497	756
YFZ-B-550			B			20 ϕ 12.6	C22	ϕ ^b 5	0.8	6.54	311	547		2500	552	2052	
YFZ-A-600	600	486	A		≤86	20 ϕ 10.7	C25	ϕ ^b 6	0.5	4.09	300	440	6435	1800	640	1506	900
YFZ-B-600			B			24 ϕ 12.6	C25	ϕ ^b 6	0.8	6.59	402	731		3000	687	2462	

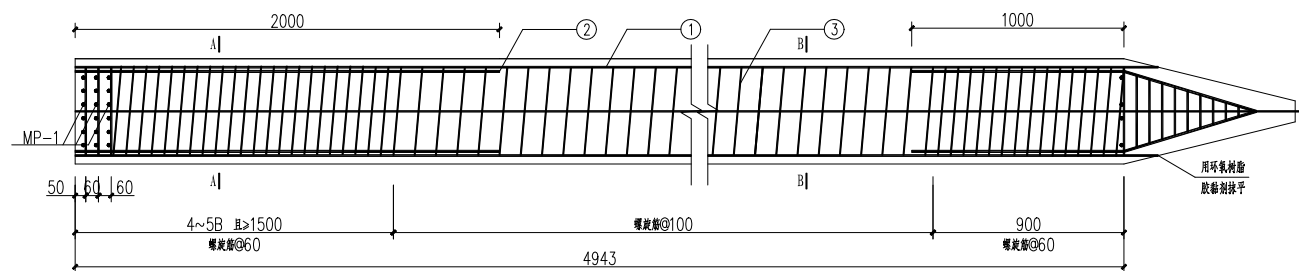
注：桩编号标记方式

YFZ-X-XXX

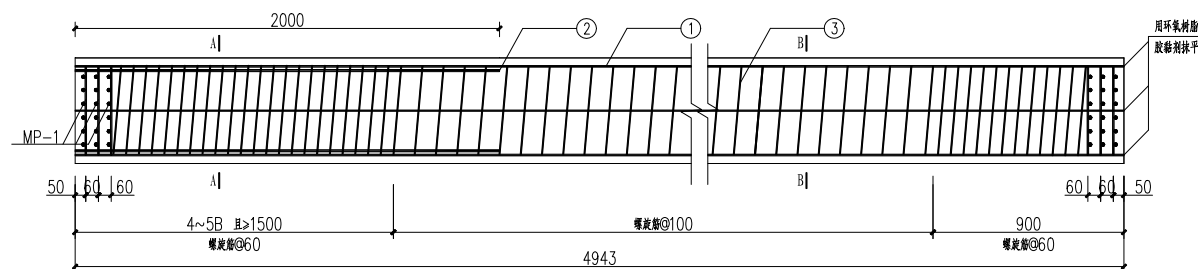
桩代号

桩边长

桩型号



预应力混凝土方桩结构图配筋（带桩尖）



预应力混凝土方桩结构图配筋（不带桩尖）

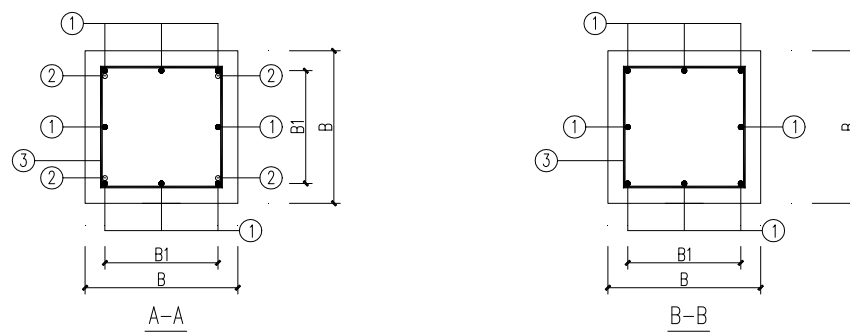


图 D.0.8 预应力混凝土方桩截面配筋图