

第 1 章 系统简介

1.1 系统功能

《丰海 BZ-09 板桩计算软件》是码头结构计算机辅助设计系统系列软件之一，它是根据新版港口工程技术规范（2009 年）针对板桩码头的设计而开发的一套辅助计算软件。该系统能进行无锚板桩、单锚板桩加锚碇板、单锚板桩加锚碇墙、单锚板桩加锚碇叉桩、单锚板桩加锚定桩、单锚板桩加锚定板桩六种板桩结构类型的辅助设计，采用可视化的界面录入数据，可进行土压力、波吸力、剩余水压力的计算、板桩踢脚稳定验算、标准荷载作用效应计算、作用效用组合计算、锚碇结构验算以及构件配筋和强度验算，并具有绘制荷载图、作用效应包络图以及输出 HTML 格式报告书等功能。

1.2 系统组成

该系统主要由数据输入模块、计算核心模块及后处理模块三部分组成。

- 1.2.1 数据输入模块：主要完成计算所需要的各种参数的输入，如工程概况、土层信息、荷载信息、组合信息等的输入，并将数据完整的保存至数据库。
- 1.2.2 计算核心模块：从数据库调入原始数据，分别计算出土压力、波吸力、剩余水压力等荷载标准值、验算板桩踢脚稳定、计算标准荷载作用下板桩作用效应、进行作用效应组合、锚碇结构稳定验算与锚碇结构内力计算、结构配筋与结构强度验算，并将计算结果完整的保存至数据库。
- 1.2.3 后处理模块：从数据库调入结果数据，输出计算报告书，绘制荷载图、作用效应标准值分布图、作用效应组合包络图。

第2章 系统的安装

2.1 系统运行环境

项 目	最 低	推 荐
处理器	Pentium II 350	Pentium III450
内 存	128MB	256MB
可用硬盘	50MB	100MB
显示分辨率	800*600	1024*768
打印机	Windows 支持的图形打印机	激光打印机
操作系统	Windows 98	Windows 2000

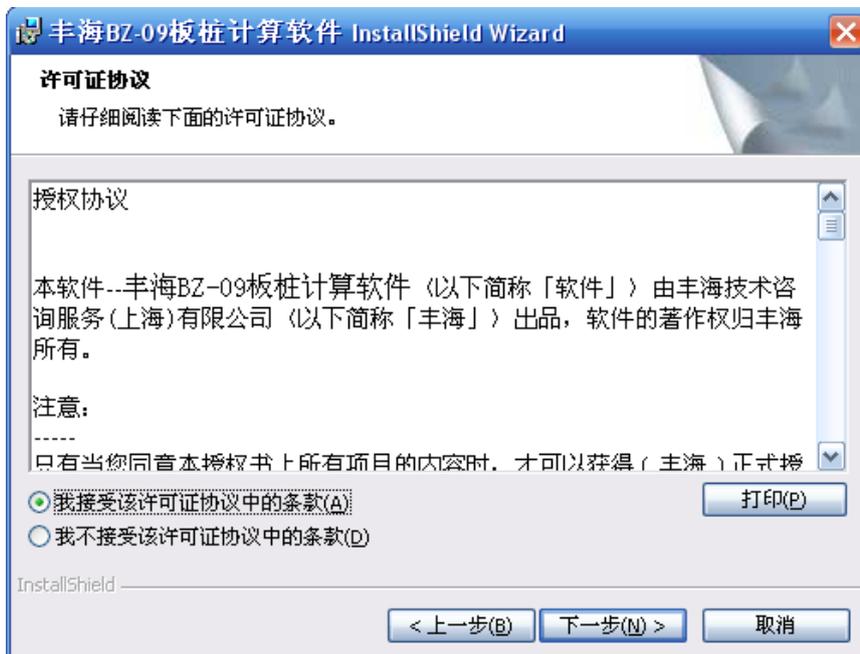
2.2 系统的安装

第一步，双击 setup.exe 图标，启动安装程序。



点击【下一步】，进行安装，按【取消】退出安装。

第二步，软件许可协议



点击【是】，继续进行安装，按【否】退出安装。

第三步，选择安装路径



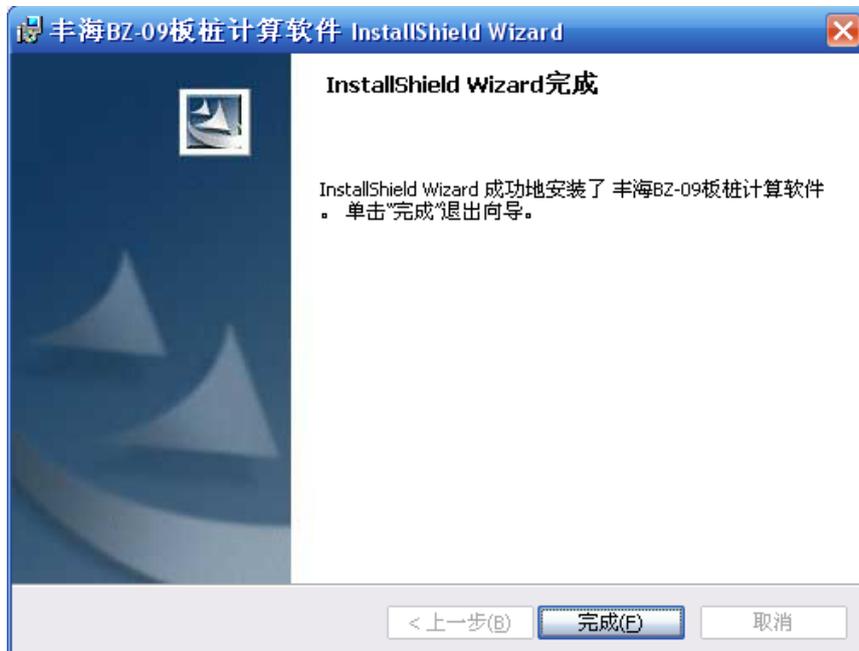
点击【浏览】，可更改安装路径，按【取消】退出安装。

第四步，系统开始拷贝文件。



按【取消】退出安装。

第五步，安装成功。



打开安装目录，将 logo.bmp 文件替换为用户单位的标志图形 bmp 格式文件，输出报告书时，该图形将输出到报告书封面。

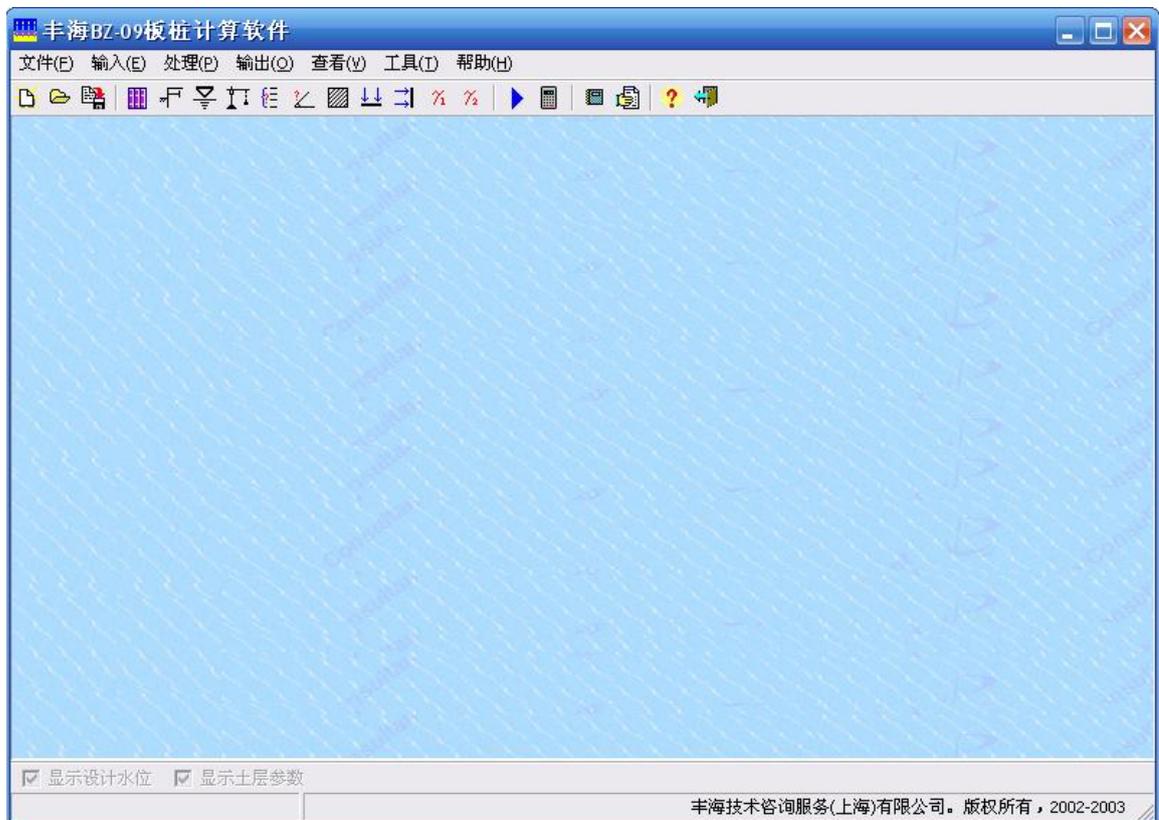
第 3 章 操作说明

3.1 系统的启动

双击桌面上图标或点击桌面【开始】【程序】【板桩】【丰海 BZ-09 板桩计算软件】即可启动本系统。

系统启动时，会自动进行用户合法性检测。

系统启动成功后，出现系统主界面，如下图所示。

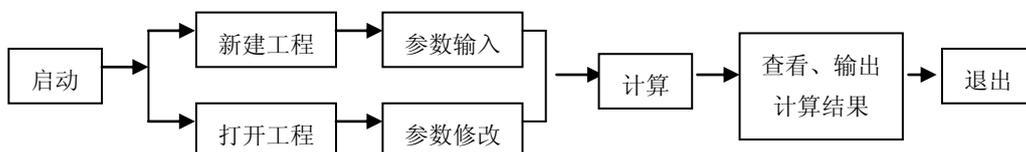


3.2 系统的退出

点击菜单【文件】【退出】、标题栏【×】或快捷工具栏图标, 即可退出该系统。

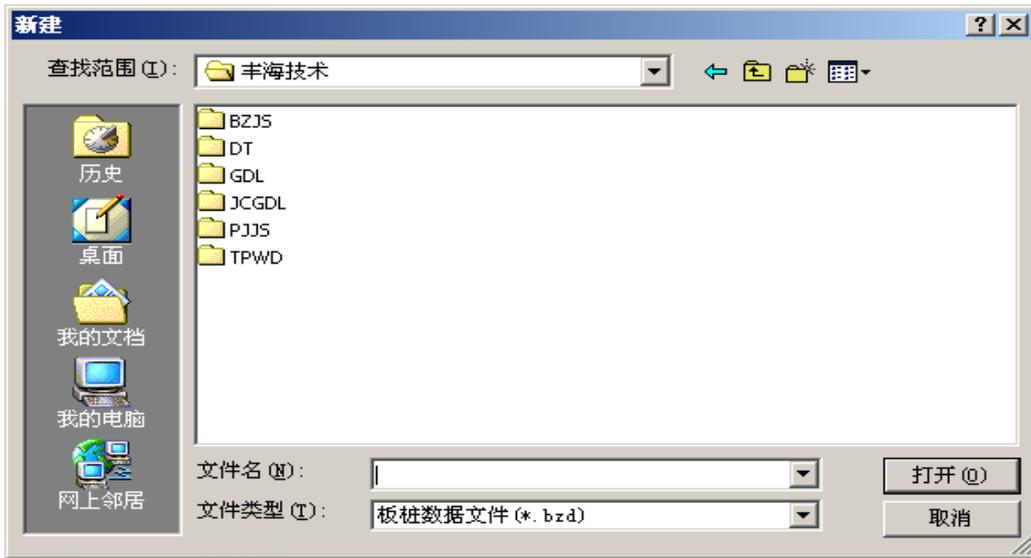
3.3 系统的使用

3.3.1 系统使用的基本流程

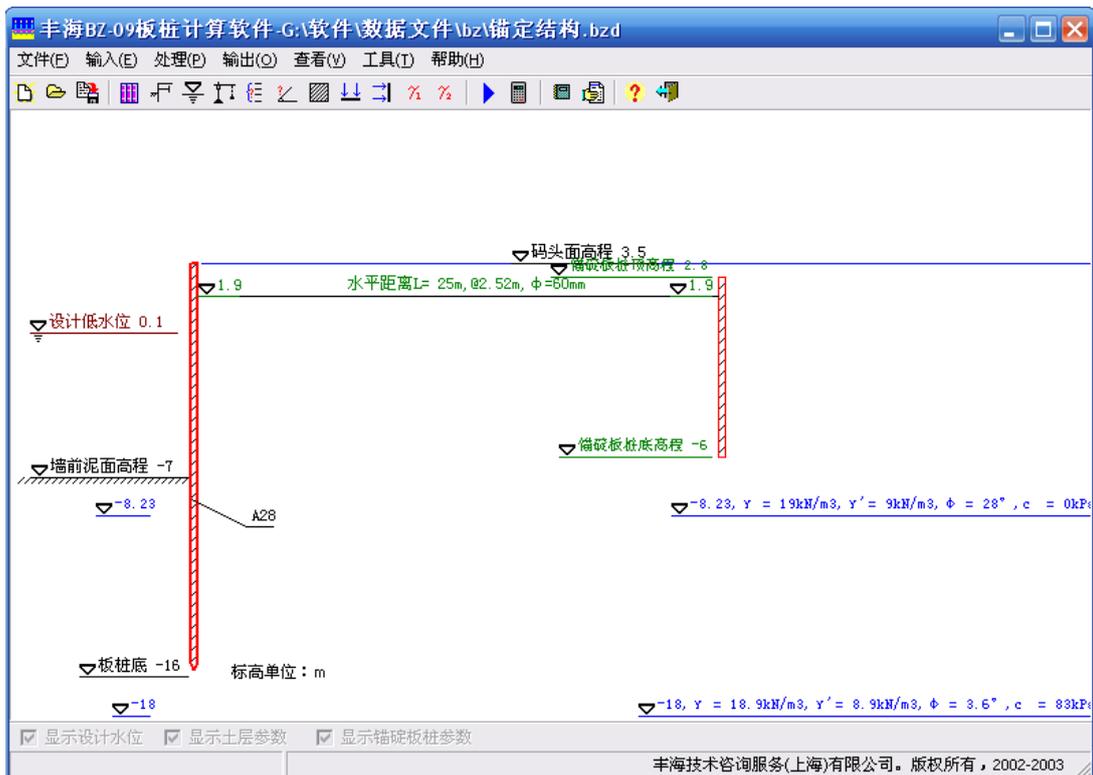


3.3.2 新建与打开工程

点击菜单【文件】【新建工程】或【打开工程】，或者点击工具栏图标或，出现新建（或打开）工程界面，如下图所示，输入新建工程文件名或打开的工程文件名，按【打开】后出现工程基本信息界面，即可进行参数输入或修改。

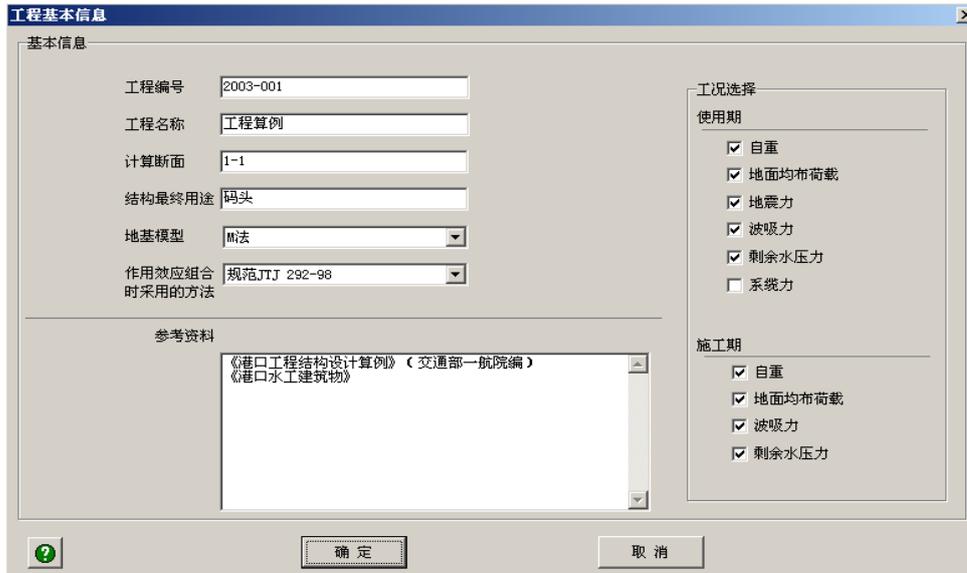


打开已有工程，出现如下界面。



3.3.3 工程基本信息

工程基本信息界面如下图所示，该界面主要输入工程基本信息，输入结束后按【确定】，系统将自动保存数据后返回主界面。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。



a. 工程编号、工程名称、计算断面及结构最终用途按实际情况输入，该信息将输出到报告书。

b. 地基模型：根据《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 5.3.5 条规定，本系统采用竖向弹性地基梁法计算板桩结构，计算时将板桩、拉杆及锚碇系统作为一个整体，采用杆系有限元法求解。对水平地基反力系数，本系统可采用 m 法（交通部港工规范）及 k_H 法（上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ08-11-1999）假定，用户可根据需要选择合适的地基假定。

c. 作用效应组合方法：目前，由于有关板桩作用效应的可靠度分析尚不成熟，是一项待研究的课题，《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 采用一种过度方法，即在设计板桩墙的内力和拉杆拉力时，作用力均取标准值，作用效应设计值采用算出的标准值乘综合分项系数，在本软件中我们称之为“规范 JTS 167-3-2009 方法”，但考虑到以概率理论为基础的以分项系数表达的极限状态设计方法是今后的发展方向，故本软件设计了两种作用效应的组合方法，在该系统中我们称后一种作用效应组合方法为“概率极限状态设计法”，用户可根据需要选择合适的的作用效

应组合方法。

d. 工况选择：用户可根据使用期、施工期可能出现的荷载进行选择。对于使用期，自重为必选荷载，需进行抗震计算时则应选择地震力；当使用期需考虑波浪力作用时，应选择波吸力；剩余水压力的确定原则按《板桩码头设计与施工规范》（JTS 167-3-2009）5.2.1 条确定，当需要计算剩余水压力时，应选择剩余水压力；系缆力根据实际情况进行选择。如果不需要计算施工期情况，则施工期荷载均不选择即可，否则，施工期自重为必选荷载。

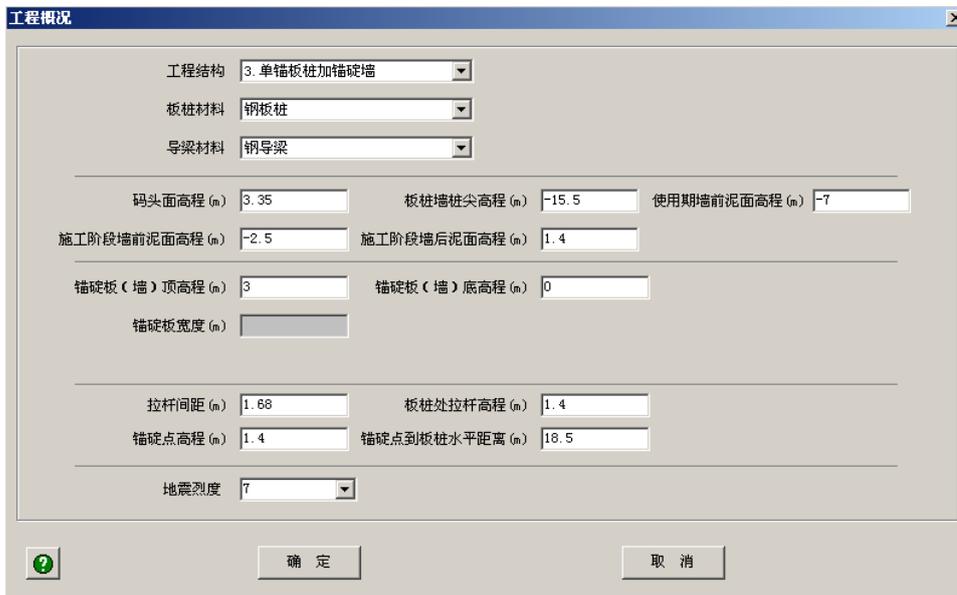
注意，本系统对于施工期波浪力只考虑了波吸力情况，对于板桩刚打设完毕墙后尚未回填时，在波压力作用下的板桩未进行计算。

e. 参考资料：填写工程设计过程中除港口工程规范以外的所参考的资料名称，该信息将在报告书中输出。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.4 工程概况

点击菜单【输入】【工程概况】或主界面【工程概况】，出现工程概况界面，如下图所示，该界面主要输入结构断面的数据，包括结构类型的选择、板桩材料的选择、整个结构的布置及地震烈度的选择等内容。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。



工程概况		
工程结构	3. 单锚板桩加锚碇墙	
板桩材料	钢板桩	
导梁材料	钢导梁	
码头面高程 (m)	板桩墙桩尖高程 (m)	使用期墙前泥面高程 (m)
3.35	-15.5	-7
施工阶段墙前泥面高程 (m)	施工阶段墙后泥面高程 (m)	
-2.5	1.4	
锚碇板(墙)顶高程 (m)	锚碇板(墙)底高程 (m)	
3	0	
锚碇板宽度 (m)		
拉杆间距 (m)	板桩处拉杆高程 (m)	
1.68	1.4	
锚碇点高程 (m)	锚碇点到板桩水平距离 (m)	
1.4	18.5	
地震烈度	7	
<input type="button" value="确定"/> <input type="button" value="取消"/>		

a. 结构类型：本系统可计算无锚板桩、单锚板桩加锚碇板、单锚板桩加锚碇墙、单锚板桩加锚碇叉桩四种结构类型，多锚板桩结构本版本暂不能计算。如需计算多锚板桩结构，可与我公司联系。

b. 板桩材料：可选钢筋混凝土板桩或钢板桩。

导梁材料：可选钢筋混凝土导梁或钢导梁。

c. 结构布置：用户根据实际设计经验对整个结构进行布置，其中板桩桩尖高程应满足整体稳定要求，整体稳定验算可选用我公司开发的《TPWD 土坡稳定计算系统》进行计算。锚碇点到板桩的距离由用户先行假定，系统将验算该值是否满足锚碇点到板桩最小距离的要求，如不满足要求，系统会进行提示，并在锚碇稳定验算时按《板桩码头设计与施工规范》（JTS 167-3-2009）5.4.4 条规定，锚碇前被动土压力减去 ΔE_{px} ，用户也可重新调整锚碇点到板桩的距离后再计算。

d. 使用期墙前泥面高程：填写竣工挖泥后墙前考虑挖泥超深后的泥面高程，用户需自行考虑挖泥超深的影响，如设计泥面高程为-6.5 米，考虑挖泥超深 0.5 米，则墙前泥面高程应填-7 米。施工阶段如需挖泥，墙前泥面高程同样应填考虑挖泥超深影响后的泥面高程。

e. 地震烈度：设计烈度可选 7 度、8 度或 9 度，当工况选择未选地震荷载时，相应的地震烈度不用选择。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.5 设计水位与波浪参数

点击菜单【输入】【设计水位和波浪参数】或主界面【设计水位和波浪参数】，出现设计水位与波浪参数界面，如下图所示，该界面主要输入有关水位及波浪的参数。操作过程中，可单击界面左下角图标 查阅帮助信息。

设计水位和波浪要素

设计高水位 (m) 1.76

组合状况	周期 T (s)	波高 H (m)	波长 L (m)
持久状况	6.7	2.6	55
短暂状况	5.6	2.1	32.9

设计低水位 (m) -0.15 剩余水头 (m) 0.955

组合状况	周期 T (s)	波高 H (m)	波长 L (m)
持久状况	6.7	2.1	34.1
短暂状况	5.2	2	23.51

极端低水位 (m) -1.71 剩余水头 (m) 0.955

组合状况	周期 T (s)	波高 H (m)	波长 L (m)
持久状况	6.7	2.1	34.1

水重度 (kN/m³) 10

a. 设计水位：分设计高水位、设计低水位和极端低水位。

b. 波浪参数：持久状况及短暂状况波浪参数可根据《海港水文规范》（JTJ 213-98）确定。

c. 剩余水头：剩余水头可根据《板桩码头设计与施工规范》（JTS 167-3-2009）5.2.1 阐述的原则确定。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.6 施工期与使用期土层

点击菜单【输入】【土层分布及主要力学指标】【施工期】（或【使用期】）或点击主界面【施工期土层】（或【使用期土层】），出现施工期或使用期土层参数界面，如下图所示。该界面主要输入施工期板桩墙前后土层参数、使用期板桩墙前后土层参数及锚碇板（墙）前填料土层参数。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。

使用期土层

底高程 (m)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	地震时内摩擦角 (°)	m 值 (kN/m ⁴)
-9.15	9	25	0	25	3000
-9.95	9.5	11	25	11	3500
-11.25	9.5	28	0	28	4500
-25	10	33	0	33	5000

墙后土层

底高程 (m)	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	地震时内摩擦角 (°)
1.3	20	20	10	25	0	25
-9.15	19	19	9	25	0	25
-9.95	19.5	19.5	9.5	11	25	11

锚碇前填料

天然重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	水平抗力系数 (kN/m ³)
18	10	45	0	3700

k_{hi} 法

水平地基反力系数随深度增大的比例系数 m 值 (kN/m⁴)

水平地基反力系数 k_H (kN/m³)

按【增加】按钮，即可在土层最下部增加一层土层信息的空记录，按【插入】按钮即可在当前位置插入一层土层信息的空记录，按【删除】按钮即可删除当前土层信息。

按【墙前土层复制】按钮，即可将墙前土层参数复制到墙后，用户可通过插入或增加土层的操作，完善墙后土层参数。

按【施工期土层复制】按钮，即可将施工期土层参数复制到使用期土层，用户可通过插入、增加或删除土层的操作，完善使用期土层参数。

土层参数根据工程地质勘探资料填写，指标的选取可根据《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 5.2.5 条确定。

本程序按照以下规定自动选取相应的重度进行计算：

(1) 粘性土，剩余水位以下取浮重度；剩余水位与设计高水位之间取饱和重度，设计高水位以上取天然重度；

(2) 无粘性土，剩余水位以下取浮重度；剩余水位以上取天然重度。

注意，土层参数应根据标高由高到低的顺序输入；设计高水位以上的土层，本程序只使用了天然重度，因此用户不必输入相应的饱和重度和浮重度；极端低水位相对应的剩余水位以下的土层，本程序只使用了浮重度，同样用户也不必输入相应的天然重度和饱和重度。

水平地基反力系数随深度增大的比例系数 m 值可参考《板桩码头设计与施工规

范》(JTS 167-3-2009) 附录 A 或通过水平荷载试验确定, 水平地基反力系数 k_H 值可参考上海市工程建设规范《地基基础设计规范》(DGJ08-11-1999) 等资料。

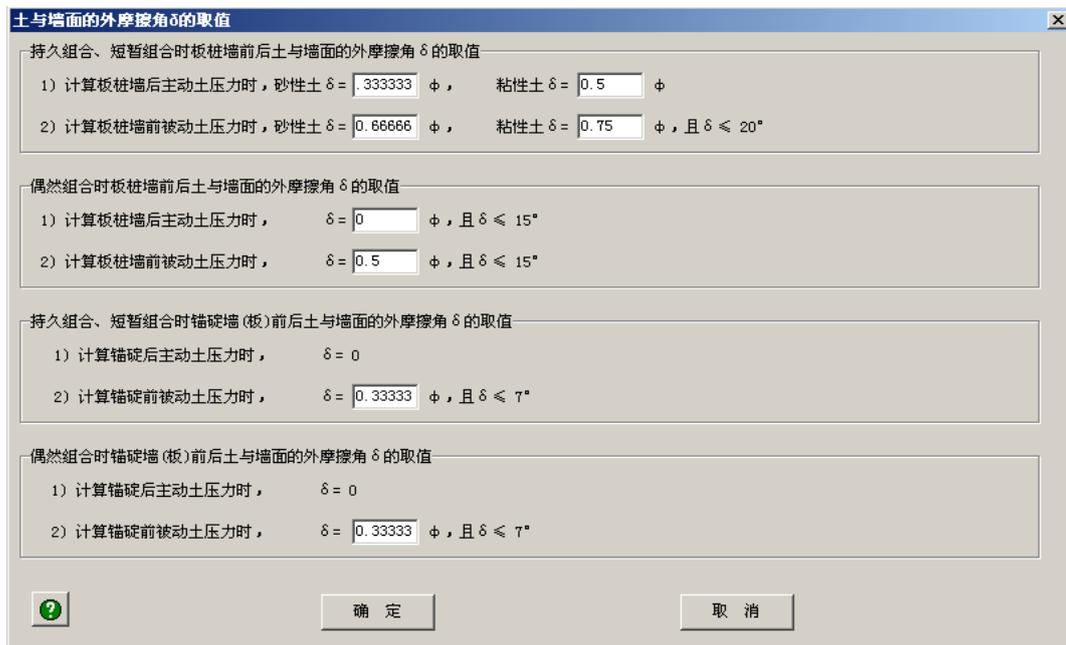
施工期土层填写施工阶段锚碇系统未发挥作用前最危险时土层分布情况, 系统计算时按无锚板桩计算。

数据输入完毕后按【确定】, 系统自动保存数据后返回主界面, 按【取消】按钮, 则放弃保存数据返回主界面。

注意, 输入完成后请删除所有空行!

3.3.7 土与墙面的外摩擦角 δ 的取值

点击菜单【输入】【土与墙面的外摩擦角 δ 的取值】或点击主界面【外摩擦角的取值】, 出现土与墙面的外摩擦角的取值的界面, 如下图所示。该界面主要输入土与板桩、锚碇板(墙)间外摩擦角 δ 与土内摩擦角 φ 的关系。操作过程中, 可单击界面左下角图标 查阅帮助信息。



组合类型	土体类型	计算土压力时	取值
持久组合、短暂组合时板桩墙前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	砂性土	1) 计算板桩墙后主动土压力时,	$\delta = 0.333333 \varphi$
	粘性土	粘性土 $\delta = 0.5 \varphi$	
偶然组合时板桩墙前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	砂性土	1) 计算板桩墙后主动土压力时,	$\delta = 0 \varphi$, 且 $\delta \leq 15^\circ$
	粘性土	2) 计算板桩墙前被动土压力时,	$\delta = 0.5 \varphi$, 且 $\delta \leq 15^\circ$
持久组合、短暂组合时锚碇墙(板)前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	砂性土	1) 计算锚碇后主动土压力时,	$\delta = 0$
	粘性土	2) 计算锚碇前被动土压力时,	$\delta = 0.333333 \varphi$, 且 $\delta \leq 7^\circ$
偶然组合时锚碇墙(板)前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	砂性土	1) 计算锚碇后主动土压力时,	$\delta = 0$
	粘性土	2) 计算锚碇前被动土压力时,	$\delta = 0.333333 \varphi$, 且 $\delta \leq 7^\circ$

a. 外摩擦角 δ 与土内摩擦角 φ 的关系, 可参考《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 5.2.7 条、5.4.1 条、5.4.2 条及《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98) 5.3.1 条、5.3.2 条、5.5.3.2 条确定。

b. 本系统已按现有港口工程规范设置了默认值, 用户也可根据需要调整其参数。

数据输入完毕后按【确定】, 系统自动保存数据后返回主界面, 按【取消】按

钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.8 材料信息

点击菜单【输入】【材料信息】或主界面【材料信息】，出现材料信息界面，如图所示。该界面主要输入板桩、拉杆、锚碇叉桩及导梁等材料的参数。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。



板桩材料参数					
材料名称	弹性模量 (MPa)	截面抵抗矩 (m ³ /m)	截面面积 (m ² /m)	截面惯性矩 (m ⁴ /m)	抗拉强度 f _t (MPa)
法国 VI	206000	0.0042	0.0369	0.00092	310
	截面惯性矩折减系数 α	0.9	弹性抵抗矩折减系数 β	1.0	

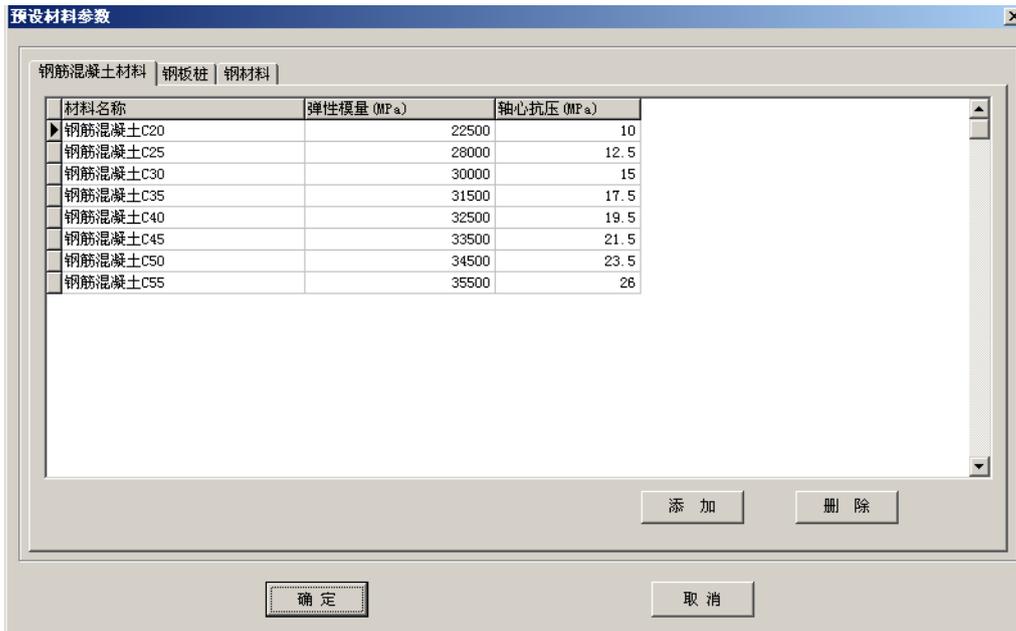
锚杆材料参数			
材料名称	截面弹性模量 (MPa)	直径 (mm)	抗拉强度 f _t (MPa)
钢拉杆	206000	80	190

叉桩材料参数				
材料名称	弹性模量 (MPa)	前叉桩截面面积 (m ²)	前叉桩长度 (m)	前叉桩斜度
	桩帽上土重度 (kN/m ³)	后叉桩截面面积 (m ²)	后叉桩长度 (m)	后叉桩斜度
	桩帽上土内摩擦角 (°)	桩帽前后长度 (m)	桩帽横向宽度 (m)	桩帽厚度 (m)

导梁材料参数		
材料名称	截面抵抗矩 (m ³)	抗拉强度 f _t (MPa)
2根28b槽钢	0.00073292	205

本系统已列出了常用的各种钢筋混凝土材料与钢板桩材料备选，用户也可根据需要自己填写材料参数。请注意，导梁截面的高和宽的方向是按受力方向来分的，水平向是高，竖向是宽。

另外，用户可通过“预设材料信息”功能预设常用材料的基本参数。点击菜单【工具】【预设材料信息】，出现预设材料信息界面，如下图所示。



对于混凝土材料，可预设弹性模量、轴心抗压强度参数；对于钢板桩材料，可预设弹性模量、截面面积、截面惯性矩、截面抵抗矩、抗拉强度参数。

a. 锚杆直径：用户先行假定，系统计算出锚杆拉力后对拉杆强度进行复核，如强度不满足要求，系统将会提示，用户需重新调整锚杆直径进行计算。该值填写实际设置的锚杆直径，其中包含了预留锈蚀量 Δd ，系统默认锈蚀量为 3 毫米。

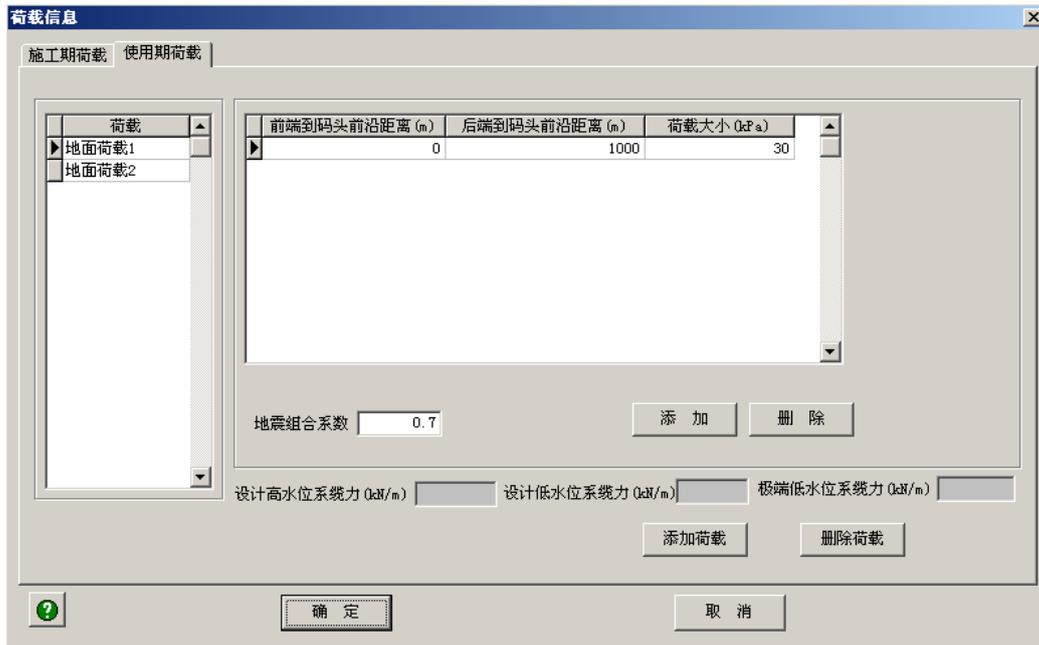
b. 桩帽上土重度与内摩擦角：用于计算作用于桩帽上的垂直力，即土自重力和荷载压力，如果桩帽上部土层为多层，其参数取加权平均值。

c. 锚碇叉桩斜度：前叉桩斜度为负值，后叉桩斜度为正值，如前叉桩斜度为 3.5: 1 则输入-3.5，后叉桩斜度为 3.5: 1 则输入 3.5。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.9 荷载信息

点击菜单【输入】【荷载信息】或主界面【荷载信息】，出现荷载信息界面，如下图所示。该界面主要输入施工期及使用期地面均载、系缆力等荷载信息。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。



a. 地面均载：本系统地面荷载采用分段局部均载的形式，按【添加】或【删除】即可添加或删除当前地面荷载的分段数。如地面均载为满均布荷载，则均载的分段数为 1，均载后端至码头前沿的距离输入一个较大的数值如 500 即可。按【添加荷载】或【删除荷载】即可添加或删除一个地面荷载。使用期荷载中，地震组合系数按《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98) 5.1.2 确定。

b. 系缆力：分别输入设计高水位、设计低水位及极端低水位时的水平向系缆力分力标准值，其大小为系缆力传递到板桩上每米宽的作用力。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

注意，输入完成后请删除所有空行！

3.3.10 组合信息

点击菜单【输入】【组合信息】或主界面【组合信息】，出现组合信息界面，如下图所示。该界面主要进行不同组合类型、不同设计水位的荷载组合。操作过程中，可单击界面左下角图标 查阅帮助信息。



选中一种组合类型与设计水位，按【添加】按钮，即出现参与组合的备选荷载，如下图所示，用户可根据实际可能出现的荷载情况进行荷载组合。如有多种组合情况，继续按【添加】按钮即可进行另外的组合选择。按【删除】按钮，即可删除当前荷载组合。



改变设计水位或组合类型，按同样的步骤进行其它水位或组合类型的荷载组合。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.11 踢脚稳定分项系数

点击菜单【输入】【踢脚稳定分项系数】或主界面【踢脚稳定分项系数】，出现踢脚稳定分项系数和结构系数信息界面，如下图所示。该界面主要输入板桩踢脚稳定验算时各作用分项系数、结构系数与抗震调整系数。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。



组合情况	永久作用		可变作用		
	土压力	剩余水压力	土压力	波吸力	系统力
持久组合(设计高、低水位)	1.35	1.05	1.35	1.3	1.4
持久组合(极端低水位)	1.35	1.05	1.25	1.2	1.4
短暂组合	1.35	1.05	1.25	1.2	1.4
地震组合	1.35	1.05	1.35		

板桩结构重要性系数: 板桩结构抗力分项系数: 板桩结构抗震调整系数:

锚碇结构重要性系数: 锚碇结构抗力分项系数: 锚碇结构抗震调整系数:

板桩踢脚稳定验算作用分项系数、结构系数与抗震调整系数的取值可参考《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 5.3.2 条及《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98) 5.5.3 条。

本系统已按《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 及《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98) 设置了默认值，用户也可根据需要进行调整其中的部分参数。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

3.3.12 效应组合分项系数

点击菜单【输入】【效应组合分项系数】或主界面【效应组合分项系数】，出现效应组合分项系数和组合系数界面，如图所示。该界面主要输入作用效应组合计算

时各分项系数及组合系数。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。

如果作用效应组合方法为概率极限状态设计法，各系数由用户自己确定。



组合情况	永久作用		可变作用		
	土压力	剩余水压力	土压力	波吸力	系缆力
持久组合(设计高、低水位)	<input type="text"/>				
持久组合(极端低水位)	<input type="text"/>				
短暂组合	<input type="text"/>				
偶然组合	<input type="text"/>				

持久组合组合系数 频遇值系数 准永久值系数

如果作用效应组合方法为“规范 JTS 167-3-2009 方法”，根据《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 5.1.4 条、5.1.6 条、6.2.2 条、6.3.2 条，《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98) 5.5.3.3 条、5.5.3.4 条和《港口工程钢结构设计规范》(JTJ 283-99) 6.1.3 条等规定作了设置。



组合情况	永久作用		可变作用		
	土压力	剩余水压力	土压力	波吸力	系缆力
持久组合(设计高、低水位)	1	1	1	1	1
持久组合(极端低水位)	1	1	1	1	1
短暂组合	1	1	1	1	1
偶然组合	1	1	1		

承载力极限状态

综合分项系数	板桩	1.35	拉杆	1.35	导梁	1.35
抗震调整系数	板桩	0.65	拉杆	0.65	导梁	0.65

正常使用极限状态

综合准永久值系数	0.65	频遇值系数	1.0
----------	------	-------	-----

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面。

3.3.13 材料信息

点击菜单【输入】【材料信息】或主界面【材料信息】，出现材料信息界面，如下图所示。该界面主要输入混凝土结构配筋计算所需的参数，如备选钢筋、钢筋强度设计值、钢筋保护层厚度、最小配筋率、最小钢筋间距等。操作过程中，可单击界面左下角图标查阅帮助信息。



材料名称	弹性模量 (MPa)	厚度 (m)	截面积 (m ² /m)	截面惯性矩 (m ⁴ /m)	混凝土轴心抗压强度 f_c (MPa)
钢筋混凝土C35	31500	0.35	0.35	0.00357	17.5

钢筋选择	钢筋强度设计值 (MPa)	钢筋弹性模量 (MPa)	板桩保护层厚度 (mm)	混凝土允许最小配筋率 (%)	混凝土允许最大裂缝开展宽度 (mm)
<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 16 <input checked="" type="checkbox"/> 18 <input checked="" type="checkbox"/> 20 <input checked="" type="checkbox"/> 22 <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 28 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 36 <input type="checkbox"/> 40	310	200000	30	0.15	0.25

用户可以一次选中多种钢筋直径，程序将根据其余约束值和内力情况，选择符合条件的最小钢筋。

数据输入完毕后按【确定】，系统自动保存数据后返回主界面，按【取消】按钮，则放弃保存数据返回主界面。

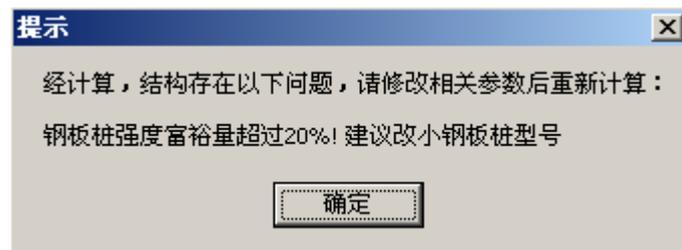
重复前述步骤，可打开各参数输入界面检查与修改参数，确认参数输入正确后，即可进行计算。

3.3.14 计算

点击菜单【处理】【计算】或主界面【计算处理】，或单击工具栏图标，系统开始进行计算，并提示用户等待，如下图所示。



计算过程中如出现板桩踢脚稳定、锚碇板（墙）稳定、锚碇点到板桩最小距离、拉杆强度、钢板桩强度、钢导梁强度等不满足要求，或结构断面不合理使配筋失败，或锚碇点到板桩最小距离、拉杆强度、钢板桩强度、钢导梁强度富裕量太大等情况，则计算结束后系统会进行提示，如下图所示。

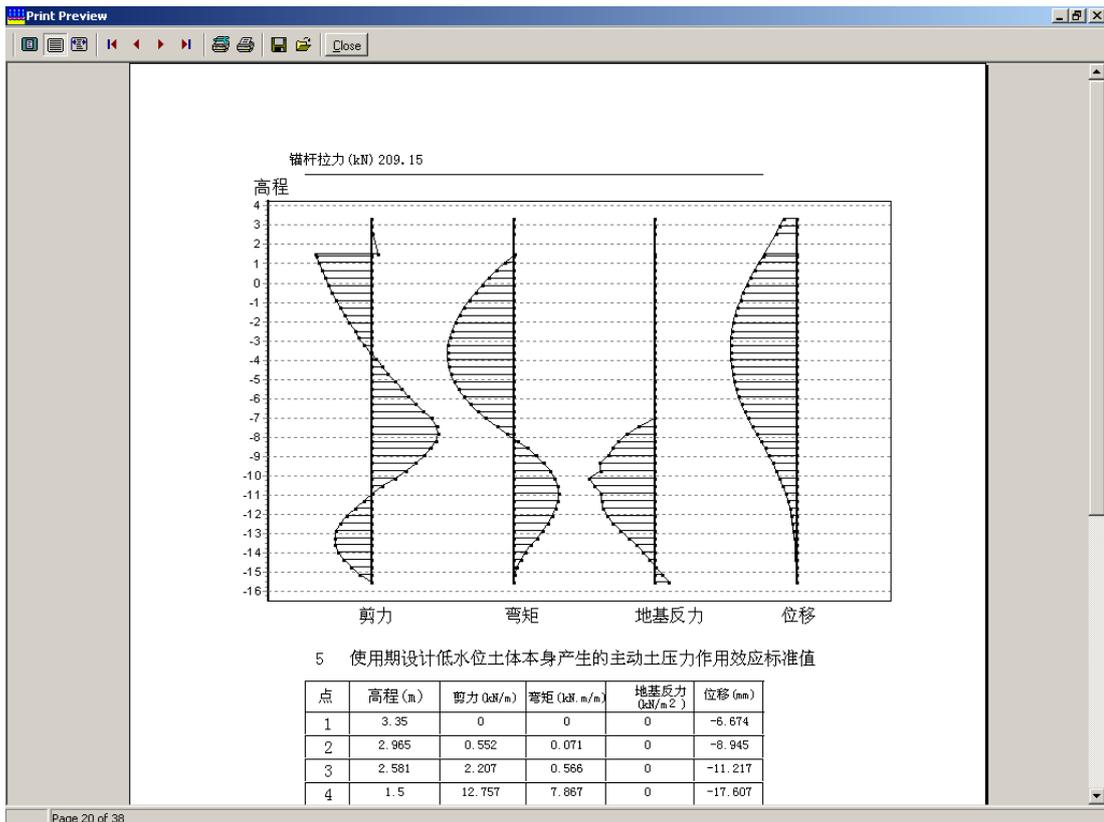


3.3.15 计算结果

3.3.15.1 查看

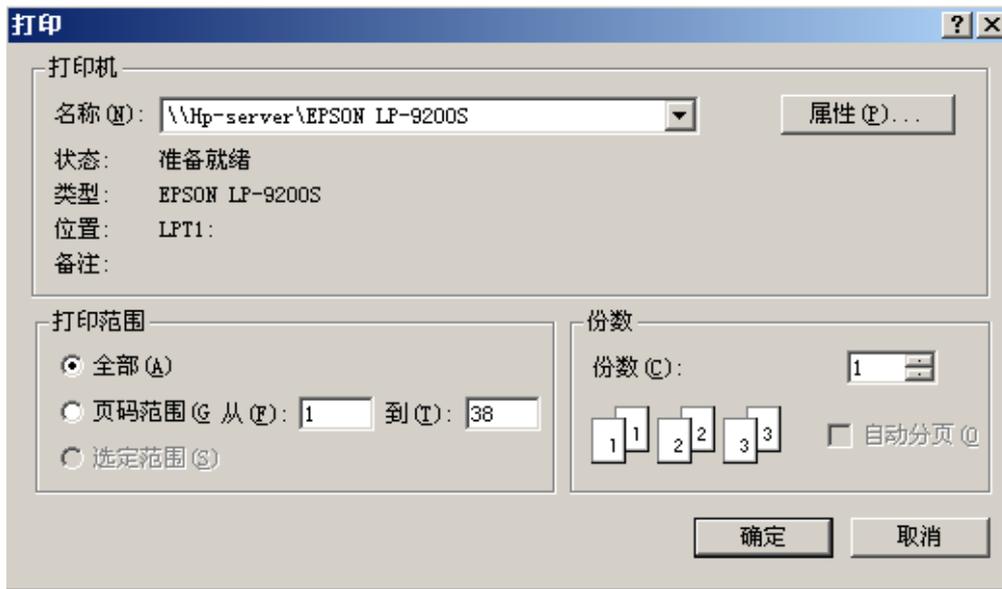
计算结束后，点击菜单【输出】或【查看】，用户可进行查看或打印。

注意：如果原始数据进行了修改，必须进行“计算处理”后，计算结果的内容才是正确的，如不进行计算，则输出的计算结果为该工程修改前的结果。



在计算结果查看窗口，点击    可放大或缩小结果的显示比例；点击     可向前或向后翻页，或跳转到第一页或最后一页；点击  可将所显示的计算结果另存为 .QRP 形式的计算结果文件；点击  可打开 .QRP 形式的计算结果文件。

计算结果的打印：点击打印设置  ，出现打印设置对话框，如下图所示。



设置好打印机、打印范围、份数后按【确定】键，返回计算结果查看窗口，点击工具条即可按打印设置的内容进行打印。

点击【Close】，即关闭计算结果查看窗口，返回系统主界面。

3.3.15.2 输出

点击菜单【输出】有计算前提、计算结果、整个报告书等三个选项。可以分项输出或整个报告书输出为 HTML 格式文件。用户需要编辑计算报告书，可全选复制后粘贴到 word 进行编辑。

3.3.16 计算报告书

本系统提供完整的计算报告书，计算报告书包含以下内容：

- (1) 计算前提
- (2) 作用效应组合方式
- (3) 承载能力极限状态下的板桩踢脚稳定分析
- (4) 荷载作用效应标准值计算
- (5) 作用效应组合计算结果
- (6) 六种作用效应组合包络值结果
- (7) 作用效应组合总包络值结果

(8) 锚碇计算结果

(9) 构件设计结果

点击主界面【计算结果】或【整个报告书】可输出计算结果，点击菜单【输出】
【计算结果】，选择相应内容的部分计算结果，可输出部分中间结果。

第 4 章 计算原理

本软件开发主要依据为现行《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009)、《港口工程荷载规范》(JTJ 215-98)、《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98)、《海港水文规范》(JTJ 213-98)、《港口工程混凝土结构设计规范》(JTJ 267-98)。

板桩墙内力及变位采用竖向弹性地基梁法计算, 将整个结构简化为平面杆系, 考虑四种单元, 即梁单元、杆单元、弹性地基梁单元, 弹簧单元。入土段弹性地基的弹性系数采用 m 法确定, 也可以采用上海市地基基础设计规范中的 k_H 法计算。

4.1 荷载标准值计算

4.1.1 土压力计算

a. 正常情况下土压力计算:

土自重作用下的主动土压力按照《板桩码头设计与施工规范》(JTJ 292-98) (以下简称《板桩规范》) 公式 3.2.3-1 计算, 当 $e_{ax} < 0$ 时取 $e_{ax} = 0$ 。

地面均载作用下的土压力按照《板桩规范》公式 3.2.3-2 计算。

土自重作用下的被动土压力按照《板桩规范》公式 3.2.4-1 计算。

b. 地震情况下土压力计算:

土自重作用下的主动地震土压力按照《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225-98) (以下简称《抗震规范》) 公式 5.3.1-2 计算, 当 $e_{anx} < 0$ 时取 $e_{anx} = 0$ 。

地面均载作用下的主动地震土压力按照《抗震规范》公式 5.3.1-2 计算。

土自重作用下的被动地震土压力按照《抗震规范》公式 5.3.2-2 计算。

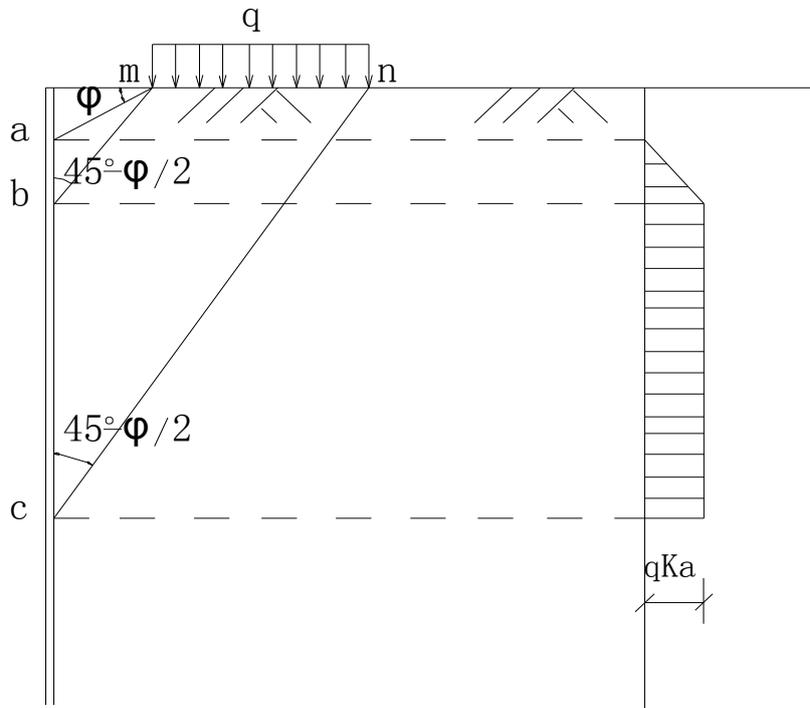
c. 作用效应计算时土压力计算原则

根据《板桩码头设计与施工规范》(JTS 167-3-2009) 5.3.6 条规定, 采用竖向弹性地基梁法计算板桩码头结构时, 入土段墙后的主动土压力考虑由计算水底以上超载 (地面荷载加土体重) 产生的部分。

d. 局部均载在土中的传递规则

当填土表面承受有局部均布荷载时, 其影响范围难于从理论上严格规定。通常可采用近似方法处理, 即从局部均布荷载的前端点 m 作两条直线, 其与水平表面分

别成 φ 角、 $45^\circ + \varphi / 2$ 角，与墙背相交于 a、b 点，从局部均布荷载的后端点 n 作一条直线，其与水平表面成 $45^\circ + \varphi / 2$ 角，与墙背相交于 c 点，则墙背 abc 段范围内受到 q 的作用，力分布如下图所示。



4.1.2 波吸力计算

a. 立波计算

立波判断条件， $\bar{T} \sqrt{\frac{g}{d}} < 8$ ， $d \geq 2H$ 或 $\bar{T} \sqrt{\frac{g}{d}} \geq 8$ ， $d \geq 1.8H$ 则为立波

(1) 立波（类型 1）计算

当 $d \geq 1.8H$ ， $\frac{d}{L} = 0.05 : 0.12$ 时，则波谷作用下的波吸力按《海港水文规范》(JTJ 213-98)（以下简称《水文规范》）8.1.2.2 条计算：

(2) 立波（类型 2）计算

当 $d > 1.8H$ ， $0.139 > \frac{d}{L} \geq 0.12$ ， $8 < T_* \leq 9$ 时，波谷作用下的波吸力按《水文规范》8.1.2.3 条计算。

(3) 立波（类型 3）计算

当 $\frac{H}{L} \geq \frac{1}{30}$ ， $\frac{d}{L} = 0.139 : 0.5$ 时，则波谷作用下的波吸力按《水文规范》

8.1.3.2~8.1.4.2 条计算。

(4) 立波（类型 4）计算

当 $\frac{H}{L} \geq \frac{1}{30}$ ， $\frac{d}{L} \geq 0.5$ 时，则波谷作用下的波吸力按《水文规范》8.1.4.2

条计算。

b. 远破波计算

远破波判断条件：如 $\bar{T} \sqrt{\frac{g}{d}} < 8$ ， $d < 2H$ 或 $\bar{T} \sqrt{\frac{g}{d}} \geq 8$ ， $d < 1.8H$ 则为远破波

波谷作用下的远破波计算按《水文规范》8.1.6.2 条计算。

c. 剩余水压力计算

剩余水压力按照《板桩规范》3.2.1~3.2.2 条计算。

4.2 承载能力极限状态板桩踢脚稳定验算

4.2.1 持久、短暂组合板桩踢脚稳定验算

板桩墙的入土深度应满足“踢脚”稳定的要求，持久、短暂组合踢脚稳定验算按《板桩规范》公式 5.3.2 计算。

验算单锚板桩结构踢脚稳定时，作用力矩及稳定力矩均对拉杆锚碇点取矩，在验算无锚板桩结构踢脚稳定时，作用力矩及稳定力矩均对板桩底部取矩。

4.2.2 偶然组合板桩踢脚稳定验算

偶然组合板桩踢脚稳定验算，按《抗震规范》公式 5.5.3-1 计算。

4.3 作用效应标准值计算

4.3.1 计算方法

在本系统中板桩作用效应标准值计算采用有限元法，将整个结构简化为平面杆系，考虑四种单元，即梁单元、杆单元、弹性地基梁单元，弹簧单元。板桩采用竖向弹性地基梁计算，入土段弹性地基的弹性系数采用 m 法确定，也可用上海规范中的 k_n 法。对于有锚板桩，当采用锚碇板（墙）锚固时，将锚杆后部的锚碇结构假想为弹簧结构，只有水平方向的位移，无竖向位移。当采用锚碇叉桩锚固时，将叉桩

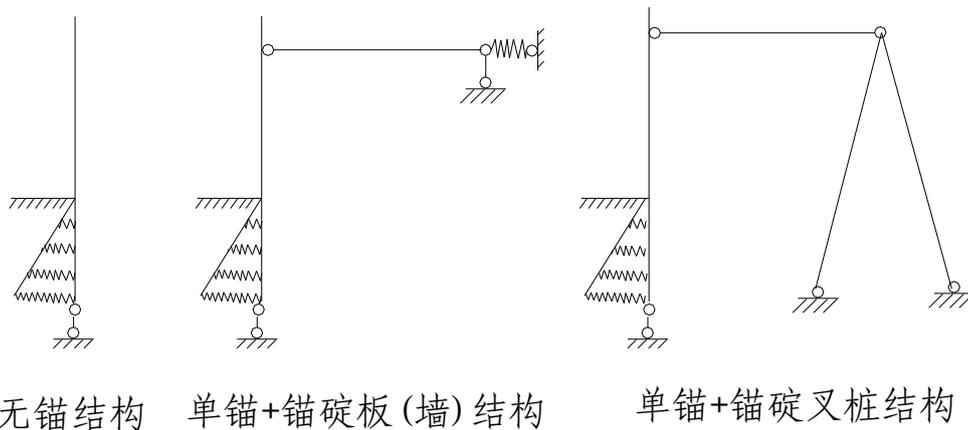
结构近似为底部铰支、顶部铰接的结构。

锚碇板（墙）结构水平向刚性系数 K_s ，根据《板桩规范》5.4.6 条，采用下面公式计算：

$$K = h_a \frac{b_k}{a} \frac{k_H}{k}$$

其中， h_a 为锚碇板（墙）的高度， b_k 为锚碇板（墙）的计算宽度， k_H 为锚碇板（墙）的水平抗力系数。对于连续的锚碇墙， b_k 取拉杆间距；对于锚碇板（不连续的锚碇墙）， b_k 取 $K_b b$ ， b 为锚碇板宽度， K_b 为考虑锚碇板位移带动两侧土体使被动土压力增大的系数，按《板桩规范》5.4.1 条计算。

板桩系统计算图式如下。



4.3.2 等效节点荷载

在板桩结构中仅存在集中力和分布力，根据划分的单元，可计算出各单元上集中力或分布力的在单元两端引起等效节点力，由于板桩结构比较简单，可以直接将局部坐标系下的等效节点荷载转化为整体坐标系下的等效节点荷载。

a. 受集中力作用下单元端部反力

$$Q_i = \left(1 - \frac{3a^2}{L^2} + \frac{2a^3}{L^3} \right) F$$

$$Q_j = \left(3 \frac{a^2}{L^2} - \frac{2a^3}{L^3} \right) F$$

$$M_i = a - \frac{2a^2}{L} + \frac{a^3}{L^2}$$

$$M_j = -\frac{a^2}{L} + \frac{a^3}{L^2}$$

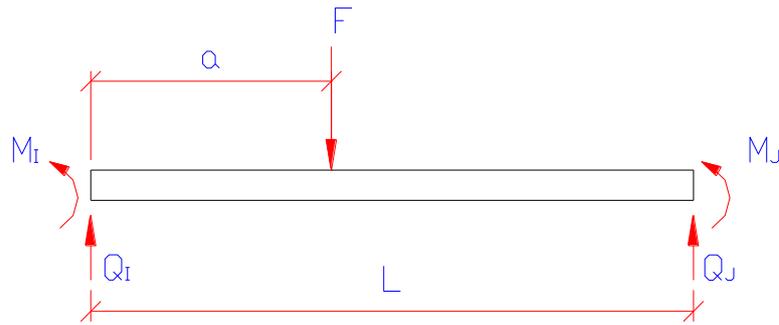


图4 受集中力作用下的单元简图

b. 局部均布力作用下单元端部反力

$$Q_i = \frac{9}{10} (q_j - q_i) L + \frac{1}{4} \left(2 \frac{q_i}{L^3} - \frac{3(q_j - q_i)}{L^3} \right) L^4$$

$$Q_j = -\frac{2}{5} (q_j - q_i) L + \frac{1}{4} \left(-2 \frac{q_i}{L^3} + \frac{3(q_j - q_i)}{L^3} \right) L^4 + q_i L$$

$$M_i = \frac{1}{5} (q_j - q_i) L^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{q_i}{L^2} - \frac{2(q_j - q_i)}{L^2} \right) L^4 + \frac{1}{3} \left(-2 \frac{q_i}{L} + \frac{q_j - q_i}{L} \right) L^3 + \frac{1}{2} q_i L^2$$

$$M_j = \frac{1}{5} (q_j - q_i) L^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{q_i}{L^2} - \frac{q_j - q_i}{L^2} \right) L^4 - \frac{1}{3} q_i L^2$$

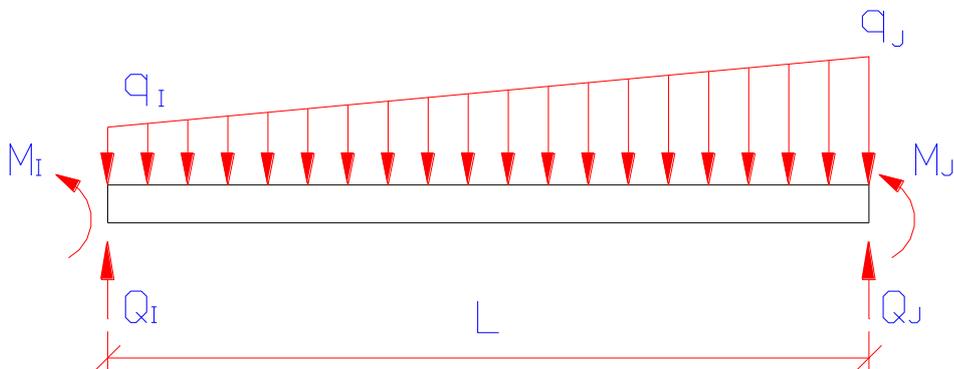


图5 受均布力作用下的单元简图

4.3.3 局部坐标下单元刚度矩阵

a. 局部坐标系下梁单元刚度矩阵

$$K_1 = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 12\frac{EI}{L^3} & 6\frac{EI}{L^2} & 0 & -12\frac{EI}{L^3} & 6\frac{EI}{L^2} \\ 0 & 6\frac{EI}{L^2} & 4\frac{EI}{L} & 0 & -6\frac{EI}{L^2} & 2\frac{EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -12\frac{EI}{L^3} & -6\frac{EI}{L^2} & 0 & 12\frac{EI}{L^3} & -6\frac{EI}{L^2} \\ 0 & 6\frac{EI}{L^2} & 2\frac{EI}{L} & 0 & -6\frac{EI}{L^2} & 4\frac{EI}{L} \end{bmatrix}$$

b. 局部坐标系下杆单元刚度矩阵

$$K_2 = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

c. 局部坐标系下弹性地基梁单元刚度矩阵

$$K_3 = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L}, & 0, & 0, & -\frac{EA}{L}, & 0, & 0 \\ 0, & 12\frac{EI}{L^3} + \frac{2}{7}K_iL + \frac{3}{35}LK_j, & 6\frac{EI}{L^2} + \frac{1}{60}L^2K_j + \frac{1}{28}K_iL^2, & 0, & -12\frac{EI}{L^3} + \frac{9}{140}LK_j + \frac{9}{140}K_iL, & 6\frac{EI}{L^2} - \frac{1}{70}L^2K_j - \frac{1}{60}K_iL^2 \\ 0, & 6\frac{EI}{L^2} + \frac{1}{60}L^2K_j + \frac{1}{28}K_iL^2, & 4\frac{EI}{L} + \frac{1}{280}L^3K_j + \frac{1}{168}K_iL^3, & 0, & -6\frac{EI}{L^2} + \frac{1}{60}L^2K_j + \frac{1}{70}K_iL^2, & 2\frac{EI}{L} - \frac{1}{280}L^3K_j - \frac{1}{280}K_iL^3 \\ -\frac{EA}{L}, & 0, & 0, & \frac{EA}{L}, & 0, & 0 \\ 0, & -12\frac{EI}{L^3} + \frac{9}{140}LK_j + \frac{9}{140}K_iL, & -6\frac{EI}{L^2} + \frac{1}{60}L^2K_j + \frac{1}{70}K_iL^2, & 0, & 12\frac{EI}{L^3} + \frac{2}{7}LK_j + \frac{3}{35}K_iL, & -6\frac{EI}{L^2} - \frac{1}{28}L^2K_j - \frac{1}{60}K_iL^2 \\ 0, & 6\frac{EI}{L^2} - \frac{1}{70}L^2K_j - \frac{1}{60}K_iL^2, & 2\frac{EI}{L} - \frac{1}{280}L^3K_j - \frac{1}{280}K_iL^3, & 0, & -6\frac{EI}{L^2} - \frac{1}{28}L^2K_j - \frac{1}{60}K_iL^2, & 4\frac{EI}{L} + \frac{1}{168}L^3K_j + \frac{1}{280}K_iL^3 \end{bmatrix}$$

其中：

- E —材料弹性模量
- A —单元截面面积
- I —单元截面惯性矩
- K_i —单元 i 节点地基弹性系数
- K_j —单元 j 节点地基弹性系数
- L —单元长度

4.3.4 整体坐标系下单元刚度矩阵

整体坐标系下的各单元的刚度矩阵可通过转换矩阵实现。

$$[k] = [T]^T [k_e][T]$$

其中：

$$T = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos(\alpha) & \sin(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4.3.5 总刚度矩阵的形成

将局部坐标系下的刚度矩阵转化为整体坐标系下的刚度矩阵后，可以集成总刚度矩阵。

4.3.6 线性方程组求解

当各节点的等效集中力 $\{P\}$ 和整体刚度矩阵 $[K]$ 求得后，我们可以求解各节点的位移 $\{V\}$ 。

$$[K]\{V\} = \{P\}$$

上式实际是一求解线性方程组的问题。对于线性方程组的求解方法有很多种，一般使用三种方法，GAUSS 法、LU 法、迭代法。GAUSS 法适合于求解中小型方程组，LU 法适合求解系数矩阵为对称的方程组，迭代法适合求解大型超大型线性方程组，

由于板桩单元较少，这里我们选用 GAUSS 列主元素法进行求解，GAUSS 列主元素法的详细说明请参考《数值分析》。

4.3.7 作用效应计算

各节点位移求得后，我们可以利用单元的节点位移求解单元端部力和单元上各点的位移与内力。例如已知单元 N 的位移 $\{\delta\}$ ，单元在整体坐标系下的刚度矩阵为 $[Ke]$ ，则可以利用下式来计算杆端力：

$$\{Fe\} = [Ke] \{\delta\}$$

由于单元的端部力也已求得，利用结构力学的知识，可以方便的求解单元上任意一点的弯矩、剪力和位移。

$$\begin{aligned}
 V_x &= V_i + \theta_i x + \left(-3 \frac{V_i}{L^2} - \frac{2\theta_i}{L} + \frac{3V_j}{L^2} - \frac{\theta_j}{L} \right) x^2 + \left(2 \frac{V_i}{L^3} + \frac{\theta_i}{L^2} - \frac{2V_j}{L^3} + \frac{\theta_j}{L^2} \right) x^3 \\
 M_x &= M_i + \frac{(M_j - M_i)x}{L} - \left(\left(-\frac{1}{6} \%2 (kj - ki) L^5 \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{1}{5} \left(-\frac{\%1 (kj - ki)}{L} - \%2 ki + \%2 (kj - ki) \right) L^5 \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{1}{2} \left(-q_i - V_i ki + \left(\frac{q_j - q_i}{L} + \frac{V_i (kj - ki)}{L} + \theta_i ki \right) L \right) L^2 + (q_i + V_i ki) L^2 \right) x \right) / L \\
 &\quad - \frac{1}{6} \%2 (kj - ki) \frac{x^6}{L} + \frac{1}{5} \left(-\frac{\%1 (kj - ki)}{L} - \%2 ki + \frac{\%2 (kj - ki) x}{L} \right) x^5 \\
 &\quad + \frac{1}{4} \left(-\frac{\theta_i (kj - ki)}{L} - \%1 ki + \left(\frac{\%1 (kj - ki)}{L} + \%2 ki \right) x \right) x^4 \\
 &\quad + \frac{1}{3} \left(-\frac{q_j - q_i}{L} - \frac{V_i (kj - ki)}{L} - \theta_i ki + \left(\frac{\theta_i (kj - ki)}{L} + \%1 ki \right) x \right) x^3 \\
 &\quad + \frac{1}{2} \left(-q_i - V_i ki + \left(\frac{q_j - q_i}{L} + \frac{V_i (kj - ki)}{L} + \theta_i ki \right) x \right) x^2 + (q_i + V_i ki) x^2 \\
 Q_x &= q_i - \frac{1}{5} \frac{\left(2 \frac{V_i}{L^3} + \frac{\theta_i}{L^2} - \frac{2V_j}{L^3} + \frac{\theta_j}{L^2} \right) (kj - ki) x^5}{L} \\
 &\quad - \frac{1}{4} \left(\frac{\left(-3 \frac{V_i}{L^2} - \frac{2\theta_i}{L} + \frac{3V_j}{L^2} - \frac{\theta_j}{L} \right) (kj - ki)}{L} + \left(2 \frac{V_i}{L^3} + \frac{\theta_i}{L^2} - \frac{2V_j}{L^3} + \frac{\theta_j}{L^2} \right) ki \right) x^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{3} \left(\frac{\theta_i(kj-ki)}{L} + \left(-3 \frac{V_i}{L^2} - \frac{2\theta_i}{L} + \frac{3V_j}{L^2} - \frac{\theta_j}{L} \right) ki \right) x^3 \\
 & -\frac{1}{2} \left(\frac{q_j-q_i}{L} + \frac{V_i(kj-ki)}{L} + \theta_i ki \right) x^2 - q_i x - V_i ki x
 \end{aligned}$$

式中：

$$\%1 := -3 \frac{V_i}{L^2} - \frac{2\theta_i}{L} + \frac{3V_j}{L^2} - \frac{\theta_j}{L}$$

$$\%2 := 2 \frac{V_i}{L^3} + \frac{\theta_i}{L^2} - \frac{2V_j}{L^3} + \frac{\theta_j}{L^2}$$

k_i 、 k_j 分别表示单元I端、J端的弹性地基反力系数， x 表示点离I端的距离， q_i 、 q_j 分别表示单元I端、J端的梯形均布荷载的大小。

4.4 作用效应组合

4.4.1 作用效应组合方法

目前，由于有关板桩作用效应的可靠度分析尚不成熟，是一项待研究的课题，《板桩码头设计与施工规范》（JTS 167-3-2009）采用一种过度方法，即在设计板桩墙的内力和拉杆拉力时，作用力均取标准值，作用效应设计值采用算出的标准值乘综合分项系数，我们称为“规范 JTS 167-3-2009 方法”，但考虑到以概率理论为基础的以分项系数表达的极限状态设计方法是今后的发展方向，故本系统设计了两种作用效应的组合方法，用户可根据需要选择合适的作用效应组合方法。

4.4.2 采用“规范JTS 167-3-2009方法”进行作用效应组合

a. 结构承载能力极限状态设计

计算构件强度时，按承载能力极限状态设计，作用效应设计值按持久组合、短暂组合和偶然组合分别计算。

持久组合和短暂组合时，作用效应设计值按有关作用标准值计算的作用效应乘综合分项系数确定。根据《板桩规范》5.1.6条、6.2.2规定，综合分项系数的取值，对于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件，应采用1.4，对于钢结构，应采用1.35。

偶然组合时，作用效应设计值按有关作用标准值计算的作用效应乘综合分项系数和抗震调整系数确定。根据《抗震规范》5.5.3.3条、5.5.3.4条规定，综合分项

系数的取值，对于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件，应采用1.4，对于钢结构，采用1.35；抗震调整系数的取值，对于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件，应采用0.8，对于钢结构，应采用0.65。

b. 结构正常使用极限状态设计

裂缝宽度和抗裂应按正常使用极限状态设计，根据《板桩规范》5.1.4条规定，作用效应设计值的计算，永久作用取标准值，可变作用按长期效应组合，采用综合准永久值系数为0.85。

4.4.3 采用概率理论极限状态法进行作用效应组合

由于相关规范正在修订之中，本软件只是留出相应的分项系数和效应组合系数输入窗口，由用户自行输入。该组合方法仅供用户参考，如有问题，请与开发单位联系。

4.5 锚碇板（墙）计算

4.5.1 持久组合锚碇稳定验算

持久组合时，锚碇板（墙）的稳定验算，按《板桩规范》公式 5.4.2 计算。

4.5.2 偶然组合锚碇稳定验算

偶然组合时，锚碇板（墙）的稳定验算，按《抗震规范》公式 5.5.3-2 计算。

4.5.3 锚碇板（墙）到板桩的最小距离

锚碇板（墙）到板桩的最小距离，按《板桩规范》公式 5.4.3 计算。

当锚碇板（墙）到板桩墙的最小距离因某种原因不能满足上式要求，验算锚碇板（墙）的稳定性时，锚碇被动土压力应减去 ΔE_{PX}

$$\Delta E_{PX} = \frac{1}{2} \gamma t_d^2 l_a K_p$$

4.5.4 锚碇板（墙）内力计算

锚碇板（墙）弯矩计算，按《板桩规范》5.4.5 条计算。

4.6 构件设计

4.6.1 内力设计值的计算

作用效应组合采用现有规范推荐的方法进行组合时，组合后所得结果即为标准值，计算构件强度时，作用效应设计值按持久组合、短暂组合和偶然组合分别计算。持久组合和短暂组合时，作用效应设计值按有关作用标准值计算的作用效应乘综合分项系数确定，综合分项系数的取值，对于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件，应采用1.4，对于钢结构，应采用1.35。偶然组合时，作用效应设计值按有关作用标准值计算的作用效应乘综合分项系数和抗震调整系数确定，综合分项系数的取值，对于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件，应采用1.4，对于钢结构，采用1.35；抗震调整系数的取值，对于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件，应采用0.8，对于钢结构，应采用0.65。

作用效应组合采用以概率理论为基础的极限状态方法进行组合时，组合后所得结果即为设计值。

4.6.2 钢结构强度验算

对于钢板桩和钢导梁，强度验算按照下列公式进行强度验算：

$$\frac{M_{max}}{W_z} \leq f_t$$

其中： M_{max} 表示承载能力极限状态每米板桩最大弯矩设计值， W_z 表示每米板桩截面抵抗矩， f_t 表示板桩材料的强度设计值。

拉杆按照下列公式进行验算：

$$\left(\frac{1}{2}d - \frac{1}{2}\Delta d\right)^2 \pi f_t \leq R_A$$

其中： R_A 表示承载能力极限状态拉杆拉力设计值， d 表示拉杆直径， Δd 表示预留拉杆锈蚀量， $\Delta d=3\text{mm}$ ， f_t 表示拉杆的钢材强度。

4.6.3 钢筋混凝土结构计算

对于混凝土板桩和混凝土导梁，在程序中按强度进行配筋计算，并进行裂缝宽度验算。计算参见《港口工程混凝土结构设计规范》（JTJ 267—98）。

第 5 章 系统参数极限及约定

5.1 系统主要参数极限

参 数 项	最大值	备注
土层数	20	
地面荷载数	20	
每个地面荷载分段数	5	
一种组合类型和设计水位时荷载组合数	50	
板桩弯矩计算点数	50	
板桩剪力计算点数	50	
板桩地基反力计算点数	50	
板桩位移计算点数	50	

5.2 输出结果正负号约定

荷载：指向墙前为正，指向墙后为负。

力矩：作用力矩为正，抵抗力矩为负。

板桩位移：水平方向向墙后为正，向墙前为负。

板桩弯矩：墙前侧受拉为正，墙后侧受拉为负。

板桩剪力：使板桩逆时针转动为正。

地基反力：指向墙前为正，指向墙后为负。

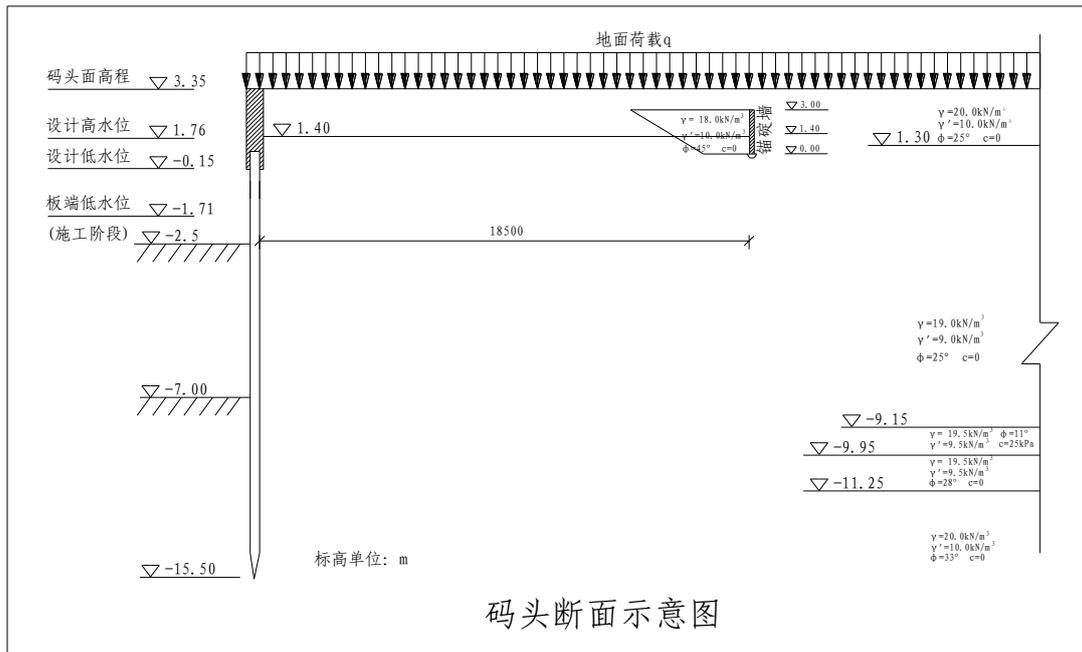
拉杆拉力：受拉为正。

叉桩内力：受拉为正，受压为负。

第 6 章 算 例

6.1 设计条件

本算例码头工程采用单锚板桩结构，板桩采用钢板桩，锚碇结构为钢筋混凝土连续墙，码头断面见图。



6.1.1 工程概况

码头面高程 3.35m，桩尖高程-15.50m，码头前沿泥面高程-6.5m，港池挖泥超深按 0.5m 考虑；拉杆高程 1.40m，拉杆间距 1.68m，拉杆水平长度为 18.5m；锚碇墙顶高程 3.0m，锚碇墙底高程 0.0m。

施工期墙后填土至拉杆高程后安装拉杆，此阶段拉杆尚未受力，为施工期最危险情况，按无锚板桩计算。

6.1.2 设计水位

设计高水位: 1.76m

设计低水位: -0.15m

极端低水位: -1.71m

剩余水头: 0.955m

6.1.3 波浪参数

a. 设计高水位: $H_{1\%}=2.6\text{m}$, $T=6.7\text{s}$, $L=55.0\text{m}$ (持久组合)

$H_{1\%}=2.1\text{m}$, $T=5.6\text{s}$, $L=32.9\text{m}$ (短暂组合)

b. 设计低水位: $H_{1\%}=2.1\text{m}$, $T=6.7\text{s}$, $L=34.1\text{m}$ (持久组合)

$H_{1\%}=2.0\text{m}$, $T=5.2\text{s}$, $L=23.51\text{m}$ (短暂组合)

c. 极端低水位: $H_{1\%}=2.1\text{m}$, $T=6.7\text{s}$, $L=34.1\text{m}$ (持久组合)

6.1.4 土层参数

土层分布及主要力学指标见表

层号	底高程 (m)	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	地震 ϕ (°)	c (kN/m ²)	m 值 (kN/m ⁴)
1	1.30	20	20	10	25	25	0	/
2	-9.15	19	20	9	25	25	0	3000
3	-9.95	19.5	20	9.5	11	11	25	3500
4	-11.25	19.5	20	9.5	28	28	0	4500
5	-25.00	20	20	10	33	33	0	5000

地基假定采用 m 法, m 值见上表。

锚碇前填料 $k_H=3700 \text{ kN/m}^3$, $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$, $\gamma'=10 \text{ kN/m}^3$, $\phi=45^\circ$, $c=0$ 。

6.1.5 荷载条件

码头面均布荷载: $q=30 \text{ kPa}$

施工荷载: $q=10 \text{ kPa}$

系缆力为 250kN, 由单独的锚碇结构承担。

6.1.6 地震烈度: 7 度

6.1.7 材料信息

钢板桩 (采用法国产, VI 型):

$E=2.06 \times 10^5 \text{ Mpa}$, $A=0.0369 \text{ m}^2/\text{m}$, $I=0.00092 \text{ m}^4/\text{m}$

$W=0.0042 \text{ m}^3/\text{m}$, $f_t=310 \text{ Mpa}$

截面惯性矩折减系数 α : 0.9

截面抵抗矩折减系数 β : 1.0

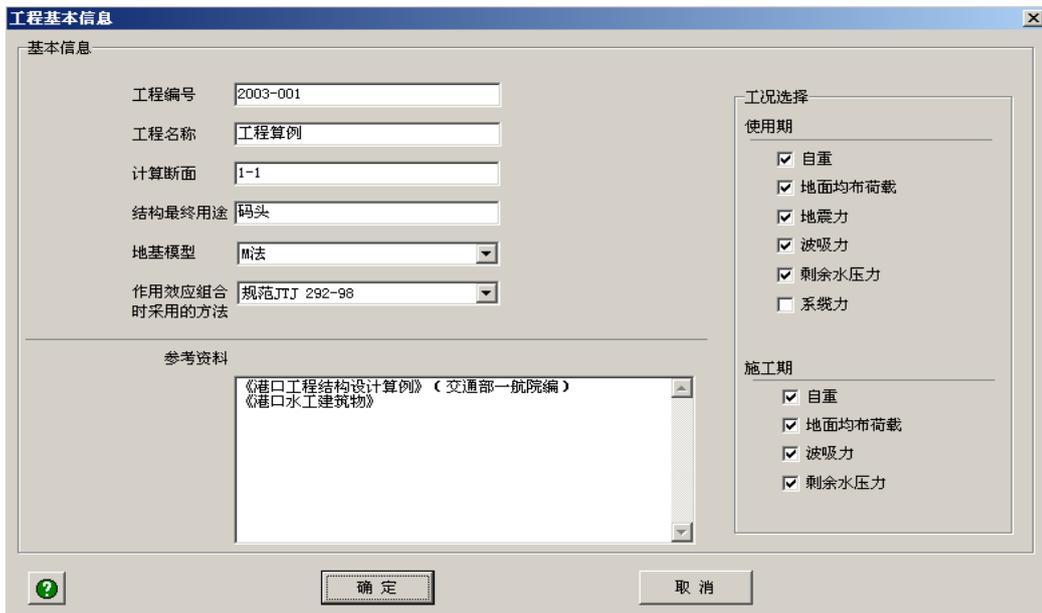
钢拉杆: $E=210000\text{Mpa}$, $d=80\text{mm}$, $f_t=190\text{Mpa}$

钢导梁 (采用 $2[28b]$): $W=0.00036646 \times 2 \text{ m}^3/\text{m}$, $f_t=210\text{Mpa}$

6.2 参数录入

6.2.1 工程基本信息

工程基本信息数据见下图:



工程基本信息

基本信息

工程编号: 2003-001

工程名称: 工程算例

计算断面: 1-1

结构最终用途: 码头

地基模型: M法

作用效应组合时采用的方法: 规范JTJ 292-98

参考资料

《港口工程结构设计算例》(交通部一航院编)
《港口水工建筑物》

工况选择

使用期

自重

地面均布荷载

地震力

波吸力

剩余水压力

系统力

施工期

自重

地面均布荷载

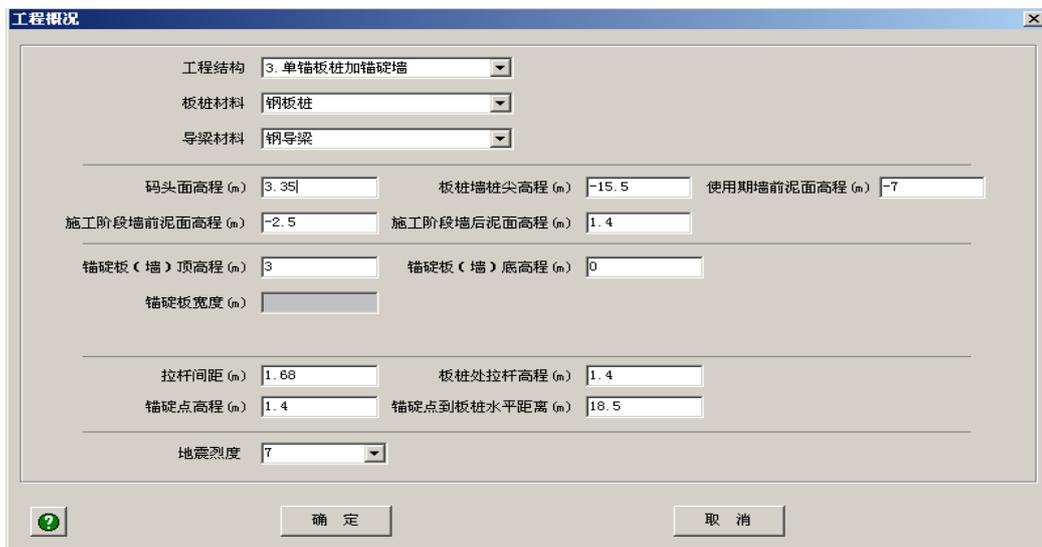
波吸力

剩余水压力

确定 取消

6.2.2 工程概况

工程概况数据见下图:



工程概况

工程结构: 3.单锚板桩加锚碇墙

板桩材料: 钢板桩

导梁材料: 钢导梁

码头面高程 (m): 3.35

板桩墙桩尖高程 (m): -15.5

使用期前泥面高程 (m): -7

施工阶段墙前泥面高程 (m): -2.5

施工阶段墙后泥面高程 (m): 1.4

锚碇板(墙)顶高程 (m): 3

锚碇板(墙)底高程 (m): 0

锚碇板宽度 (m):

拉杆间距 (m): 1.68

板桩处拉杆高程 (m): 1.4

锚碇点高程 (m): 1.4

锚碇点到板桩水平距离 (m): 18.5

地震烈度: 7

确定 取消

6.2.3 设计水位与波浪参数

设计水位与波浪参数见下图：

设计水位和波浪要素

设计高水位 (m) 1.76

组合状况	周期 T (s)	波高 H (m)	波长 L (m)
持久状况	6.7	2.6	55
短暂状况	5.6	2.1	32.9

设计低水位 (m) -0.15 剩余水头 (m) 0.955

组合状况	周期 T (s)	波高 H (m)	波长 L (m)
持久状况	6.7	2.1	34.1
短暂状况	5.2	2	23.51

极端低水位 (m) -1.71 剩余水头 (m) 0.955

组合状况	周期 T (s)	波高 H (m)	波长 L (m)
持久状况	6.7	2.1	34.1

水重度 (kN/m³) 10

确定 取消

6.2.4 施工期土层

施工期土层考虑施工时最危险情况土层分布，参数见下图：

施工期土层

墙前土层

底高程 (m)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	m 值 (kN/m ⁴)
-9.15	9	25	0	3000
-9.95	9.5	11	25	3500
-11.25	9.5	28	0	4500
-25	10	33	0	5000

插入 增加 删除

墙后土层

底高程 (m)	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)
1.3	20	20	10	25	0
-9.15	19	20	9	25	0
-9.95	19.5	20	9.5	11	25
-11.25	19.5	20	9.5	28	0
-25	20	20	10	33	0

墙前土层复制 插入 增加 删除

kh法
 水平地基反力系数随深度增大的比例系数 M (kN/m⁴) 水平地基反力系数 KH (kN/m³)

确定 取消

6.2.5 使用期土层

使用期土层参数见下图：

墙前土层						
底高程 (m)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	地震时内摩擦角 (°)	m 值 (kN/m ⁴)	
-9.15	9	25	0	25	3000	插入
-9.95	9.5	11	25	11	3500	增加
-11.25	9.5	28	0	28	4500	删除
-25	10	33	0	33	5000	

墙后土层							墙前土层复制
底高程 (m)	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	地震时内摩	
1.3	20	20	10	25	0	25	插入
-9.15	19	20	9	25	0	25	增加
-9.95	19.5	20	9.5	11	25	11	删除

锚碇前填料				
天然重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 c (kPa)	水平抗力系数 (kN/m ³)
18	10	45	0	3700

k_h 法
 水平地基反力系数随深度增大的比例系数 m 值 (kN/m⁴)
 水平地基反力系数 k_h (kN/m³)

6.2.6 外摩擦角的取值

土与墙之间外摩擦角 δ 的取值见下图：

土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	
持久组合、短暂组合时板桩墙前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	
1) 计算板桩墙后主动土压力时，砂性土 $\delta = 0.333333$ ϕ ，粘性土 $\delta = 0.5$ ϕ	
2) 计算板桩墙前被动土压力时，砂性土 $\delta = 0.666666$ ϕ ，粘性土 $\delta = 0.75$ ϕ ，且 $\delta \leq 20^\circ$	
偶然组合时板桩墙前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	
1) 计算板桩墙后主动土压力时， $\delta = 0$ ϕ ，且 $\delta \leq 15^\circ$	
2) 计算板桩墙前被动土压力时， $\delta = 0.5$ ϕ ，且 $\delta \leq 15^\circ$	
持久组合、短暂组合时锚碇墙(板)前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	
1) 计算锚碇后主动土压力时， $\delta = 0$	
2) 计算锚碇前被动土压力时， $\delta = 0.333333$ ϕ ，且 $\delta \leq 7^\circ$	
偶然组合时锚碇墙(板)前后土与墙面的外摩擦角 δ 的取值	
1) 计算锚碇后主动土压力时， $\delta = 0$	
2) 计算锚碇前被动土压力时， $\delta = 0.333333$ ϕ ，且 $\delta \leq 7^\circ$	

6.2.7 材料信息

材料参数见下图：



材料信息

板桩材料参数

材料名称	弹性模量 (MPa)	截面抵抗矩 (m^3/m)	截面面积 (m^2/m)	截面惯性矩 (m^4/m)	抗拉强度 f_t (MPa)
法国 VI	206000	0.0042	0.0369	0.00092	310
	截面惯性矩折减系数 α	0.9	弹性抵抗矩折减系数 β	1	

锚杆材料参数

材料名称	截面弹性模量 (MPa)	直径 (mm)	抗拉强度 f_t (MPa)
钢拉杆	206000	80	190

叉桩材料参数

材料名称	弹性模量 (MPa)	前叉桩截面面积 (m^2)	前叉桩长度 (m)	前叉桩斜度
	桩帽上土重度 (kN/m^3)	后叉桩截面面积 (m^2)	后叉桩长度 (m)	后叉桩斜度
	桩帽上土内摩擦角 ($^\circ$)	桩帽前后长度 (m)	桩帽横向宽度 (m)	桩帽厚度 (m)

导梁材料参数

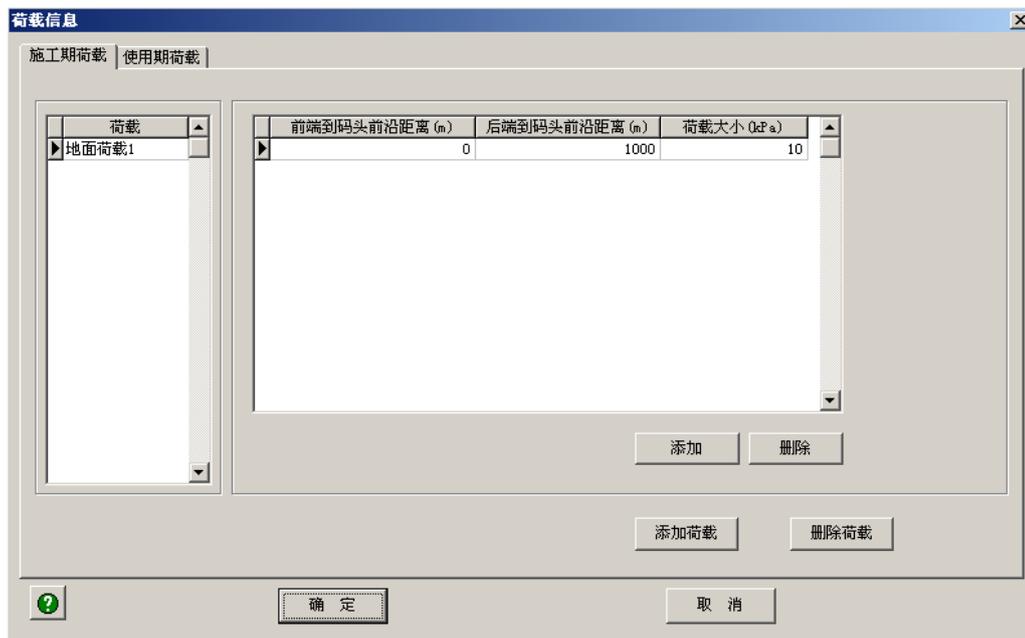
材料名称	截面抵抗矩 (m^3)	抗拉强度 f_t (MPa)
2根28#槽钢	0.00073292	205

确定 取消

6.2.8 荷载信息

荷载信息输入见下图：

施工期荷载



荷载信息

施工期荷载 使用期荷载

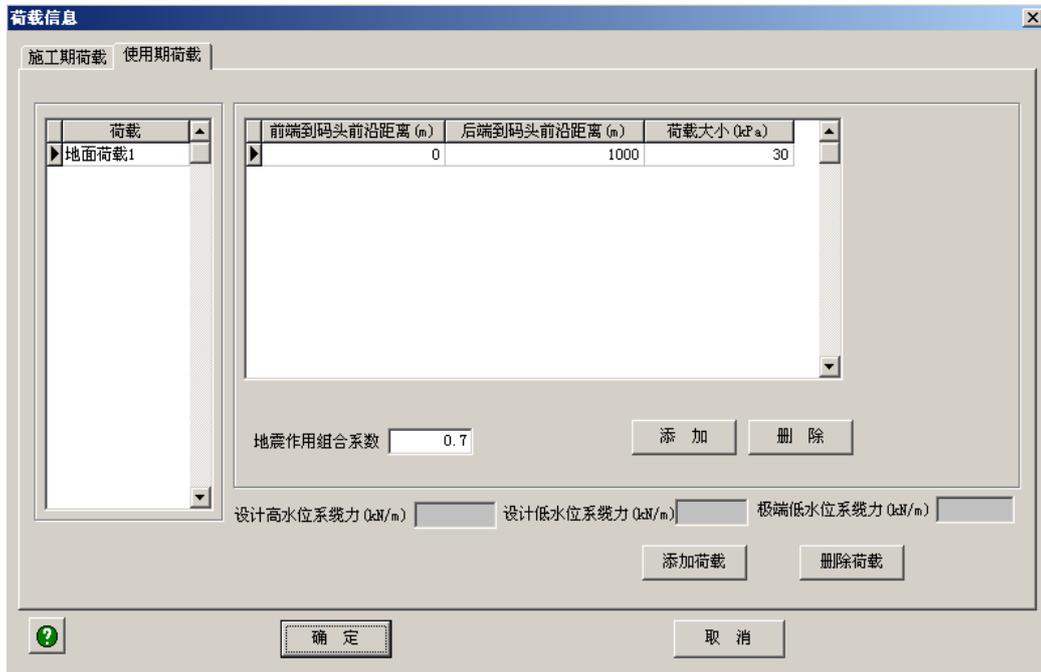
荷载	前端到码头前沿距离 (m)	后端到码头前沿距离 (m)	荷载大小 (kPa)
地面荷载1	0	1000	10

添加 删除

添加荷载 删除荷载

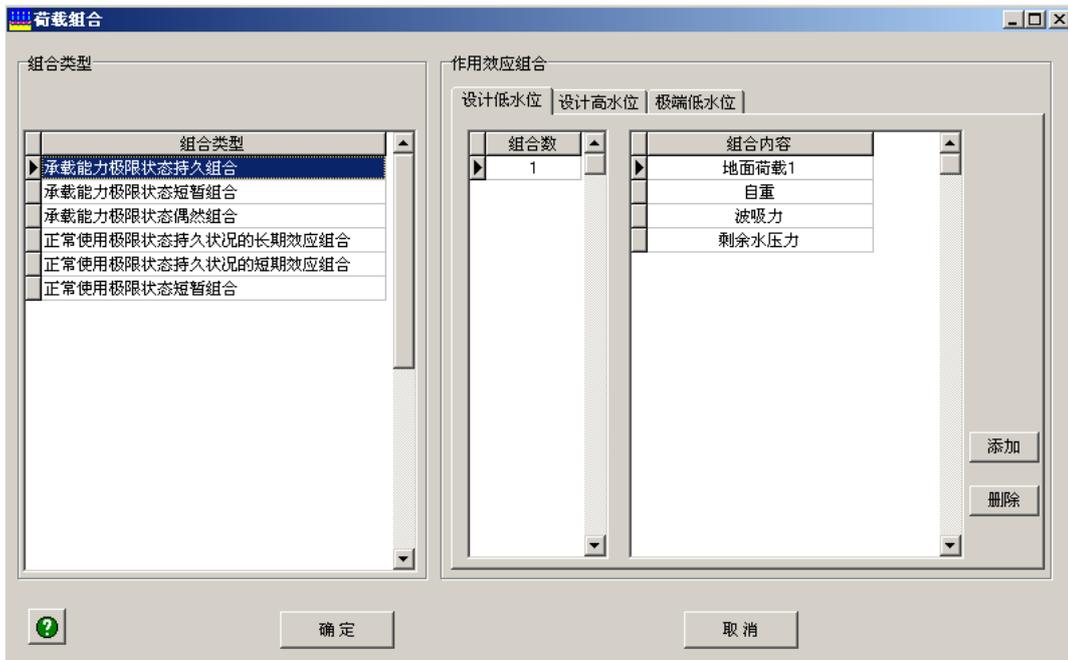
确定 取消

使用期荷载：



6.2.9 组合信息

荷载组合见下图：



6.2.10 踢脚稳定分项系数

踢脚稳定分项系数见下图：

踢脚稳定分项系数和结构系数信息

作用分项系数值

组合情况	永久作用		可变作用		
	土压力	剩余水压力	土压力	波吸力	系缆力
持久组合 (设计高、低水位)	1.35	1.05	1.35	1.3	1.4
持久组合 (极端低水位)	1.35	1.05	1.25	1.2	1.4
短暂组合	1.35	1.05	1.25	1.2	1.4
偶然组合	1.35	1.05	1.35		

板桩结构重要性系数 1 结构系数 1.15 抗震调整系数 1

锚碇结构重要性系数 1 结构系数 1.15 抗震调整系数 1.15

确定 取消

6.2.11 效应组合分项系数

效应组合分项系数见下图：

作用效应组合时分项系数值

作用分项系数值

组合情况	永久作用		可变作用		
	土压力	剩余水压力	土压力	波吸力	系缆力
持久组合 (设计高、低水位)	1	1	1	1	1
持久组合 (极端低水位)	1	1	1	1	1
短暂组合	1	1	1	1	1
偶然组合	1	1	1		

承载能力极限状态

综合分项系数 板桩 1.35 拉杆 1.35 导梁 1.35

抗震调整系数 板桩 0.65 拉杆 0.65 导梁 0.65

正常使用极限状态

综合准永久值系数 0.85 频遇值系数 1.0

确定 取消

6.3 计算结果

计算报告书内容如下：

1、计算前提

1.1 工程概况

- 1.1.1 结构的最终用途：码头
- 1.1.2 本工程采用：3. 单锚板桩加锚碇墙 结构，板桩采用：钢板桩
- 1.1.3 码头面高程(m)：3.35，板桩墙桩尖高程(m)：-15.5
墙前泥面高程(m)：-7
- 1.1.4 锚碇结构为：锚碇墙
- 1.1.5 锚碇板(墙)顶高程(m)：3，锚碇板(墙)底高程(m)：0
- 1.1.6 拉杆间距(m)：1.68，板桩处拉杆高程(m)：1.4
锚碇处拉杆高程(m)：1.4
- 1.1.7 使用期土层分布及主要力学指标

墙前土层：

底高程 (m)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	地震内摩擦 角 (°)	粘聚力 C (kN/m ²)	M 值 (kN/m ⁴)
-9.15	9	25	25	0	3000
-9.95	9.5	11	11	25	3500
-11.25	9.5	28	28	0	4500
-25	10	33	33	0	5000

墙后土层：

底高程 (m)	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	地震内摩 擦角 (°)	粘聚力 C (kN/m ²)
1.3	20	20	10	25	25	0
-9.15	19	20	9	25	25	0
-9.95	19.5	20	9.5	11	11	25
-11.25	19.5	20	9.5	28	28	0
-25	20	20	10	33	33	0

锚碇前填料：

天然重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 C (kN/m ²)	水平抗力系数 (kN/m ³)
18	10	45	0	3700

- 1.1.8 施工挖泥后墙前泥面高程(m)：-2.5
施工阶段墙后泥面高程(m)：1.4

墙前土层:

底高程 (m)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 C (kN/m ²)	M 值 (kN/m ⁴)
-9.15	9	25	0	3000
-9.95	9.5	11	25	3500
-11.25	9.5	28	0	4500
-25	10	33	0	5000

墙后土层:

底高程 (m)	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	浮重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	粘聚力 C (kN/m ²)
1.3	20	20	10	25	0
-9.15	19	20	9	25	0
-9.95	19.5	20	9.5	11	25
-11.25	19.5	20	9.5	28	0
-25	20	20	10	33	0

1.2 设计条件

1.2.1 计算水位:

设计高水位 (m): 1.76

设计低水位 (m): -0.15

极端低水位 (m): -1.71

1.2.2 剩余水头:

设计低水位 (m): 0.955

极端低水位 (m): 0.955

1.2.3 地震烈度(度): 7

1.2.4 波浪要素:

设计高水位时波浪参数

组合状况	周期 T(s)	波高 H(m)	波长 L(m)
持久状况	6.7	2.6	55
短暂状况	5.6	2.1	32.9

设计低水位时波浪参数

组合状况	周期 T(s)	波高 H(m)	波长 L(m)
持久状况	6.7	2.1	34.1
短暂状况	5.2	2	23.51

极端低水位时波浪参数

组合状况	周期 T(s)	波高 H(m)	波长 L(m)
持久状况	6.7	2.1	34.1

1.2.5 荷载条件:

a. 施工期荷载:

地面荷载 1

均载	前端到码头前沿距离 (m)	后端到码头前沿距离 (m)	荷载大小 (kPa)
1	0	1000	10

b. 使用期荷载:

地面荷载 1

地震组合系数: 0.7

均载	前端到码头前沿距离 (m)	后端到码头前沿距离 (m)	荷载大小 (kPa)
1	0	1000	30

1.3 设计依据

1.3.1 规范清单:

- a. 板桩码头设计与施工规范 (JTJ 292 - 98)
- b. 港口工程荷载规范 (JTJ 215 - 98)
- c. 水运工程抗震设计规范 (JTJ 225 - 98)
- d. 海港水文规范 (JTJ 213 - 98)
- e. 港口工程混凝土结构设计规范 (JTJ 267 - 98)

1.3.2 参考资料:

- 《港口工程结构设计算例》(交通部一航院编)
《港口水工建筑物》

1.3.3 材料规格及参数:

a. 板桩材料参数

材料	弹性模量 (MPa)	截面面积 (m ² /m)	截面惯性矩 (m ⁴ /m)	截面抵抗矩 (m ⁴ /m)	抗拉强度 ft (MPa)
法国 VI	206000	0.0369	0.00092	0.0042	310

b. 锚杆材料参数

材料	截面弹性模量 (MPa)	直径 (mm)	抗拉强度 ft (MPa)
钢拉杆	206000	80	190

c. 导梁材料参数

材料	截面抵抗矩 (m ³ /m)	抗拉强度 ft (MPa)
2 根 28b 槽钢	0.00073292	205

1.3.4 踢脚稳定分项系数值

组合情况	永久作用		可变作用		
	土压力	剩余水压力	土压力	波吸力	系缆力
持久组合(设计高低水位)	1.35	1.05	1.35	1.3	1.4
持久组合(极端低水位)	1.35	1.05	1.25	1.2	1.4
短暂组合	1.35	1.05	1.25	1.2	1.4
偶然组合	1.35	1.05	1.35		

2、作用效应组合方式

2.1 承载能力极限状态持久组合

2.1.1 设计高水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重

可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

2.1.2 设计低水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重 + 剩余水压力

可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

2.1.3 极端低水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重 + 剩余水压力

可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

2.2 承载能力极限状态短暂组合

2.2.1 设计低水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重 + 剩余水压力

可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

2.2.2 设计高水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重

可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

2.3 承载能力极限状态偶然组合

2.3.1 设计高水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重

可变作用 地面荷载 1

2.3.2 设计低水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重 + 剩余水压力
 可变作用 地面荷载 1

2.4 正常使用极限状态持久状况的短期效应(频遇)组合

2.4.1 设计低水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重 + 剩余水压力
 可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

2.4.2 设计高水位:

荷载工况 1:

永久作用 自重
 可变作用 地面荷载 1 + 波吸力

3、计算结果

3.1 承载能力极限状态下的板桩踢脚稳定分析

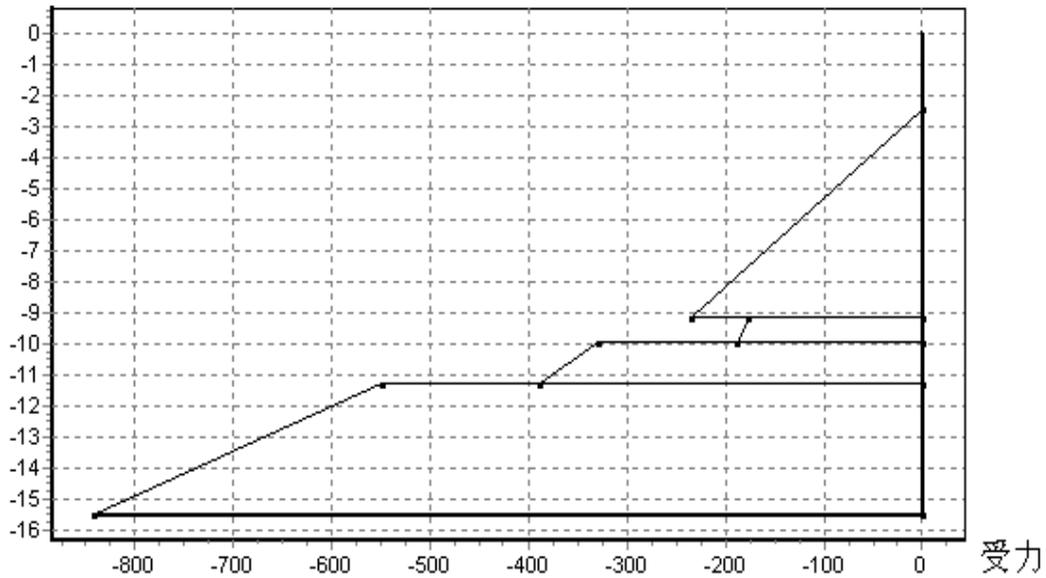
3.1.1 荷载标准值计算结果

a. 施工期

1 施工期被动土压力标准值

土层	高程 (m)		土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)	力矩 (kN. m/m)
	顶部高程	底部高程				
1	顶部高程	-2.5	0	-777.717	-6.933	-6662.446
	底部高程	-9.15	-233.9			
2	顶部高程	-9.15	-175.573	-145.696	-9.555	-866.192
	底部高程	-9.95	-188.666			
3	顶部高程	-9.95	-329.254	-467.216	-10.618	-2280.871
	底部高程	-11.25	-389.54			
4	顶部高程	-11.25	-549.352	-2956.465	-13.524	-5842.104
	底部高程	-15.5	-841.926			

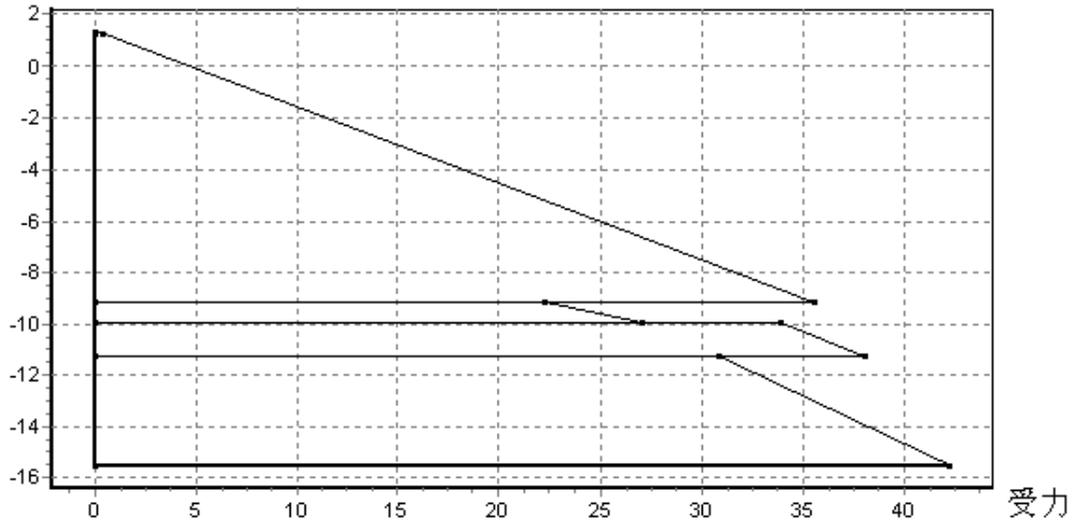
合力矩 (kN. m/m): -15651.613



2 施工期设计高水位土体本身产生的主动土压力标准值

土层	高程 (m)		土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)	力矩 (kN. m/m)
1	顶部高程	1.4	0	0.019	1.333	0.314
	底部高程	1.3	0.373			
2	顶部高程	1.3	0.373	187.065	-5.63	1846.255
	底部高程	-9.15	35.429			
3	顶部高程	-9.15	22.163	19.657	-9.563	116.7
	底部高程	-9.95	26.978			
4	顶部高程	-9.95	33.868	46.678	-10.612	228.147
	底部高程	-11.25	37.943			
5	顶部高程	-11.25	30.79	155.038	-13.485	312.328
	底部高程	-15.5	42.169			

合力矩 (kN. m/m): 2503.743



3 施工期设计低水位土体本身产生的主动土压力标准值

土层	高程 (m)		土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)	力矩 (kN. m/m)
1	顶部高程	1.4	0	0.037	1.333	0.627
	底部高程	1.3	0.746			
2	顶部高程	1.3	0.746	1.237	0.995	20.398
	底部高程	0.805	4.251			
3	顶部高程	0.805	4.251	208.548	-5.495	2086.525
	底部高程	-9.15	37.647			
4	顶部高程	-9.15	25.933	22.672	-9.561	134.641
	底部高程	-9.95	30.747			
5	顶部高程	-9.95	35.832	49.23	-10.612	240.652
	底部高程	-11.25	39.906			
6	顶部高程	-11.25	32.383	161.808	-13.481	326.715
	底部高程	-15.5	43.762			

合力矩 (kN. m/m): 2809.559



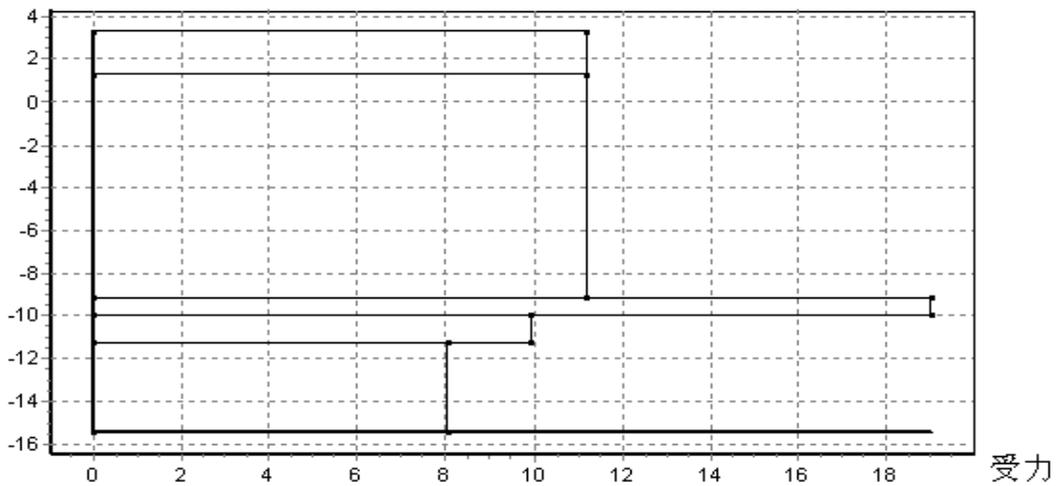
中间略去施工期荷载土压力、波吸力、剩余水压力荷载标准值输出。

b. 使用期

1 使用期码头面堆载 1 产生的主动土压力标准值

土层	高程 (m)		土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)	力矩 (kN. m/m)
1	顶部高程	3.35	11.182	22.924	2.325	21.204
	底部高程	1.3	11.182			
2	顶部高程	1.3	11.182	116.855	-3.925	-622.253
	底部高程	-9.15	11.182			
3	顶部高程	-9.15	19.004	15.204	-9.55	-166.479
	底部高程	-9.95	19.004			
4	顶部高程	-9.95	9.898	12.868	-10.6	-154.412
	底部高程	-11.25	9.898			
5	顶部高程	-11.25	8.032	34.137	-13.375	-504.372
	底部高程	-15.5	8.032			

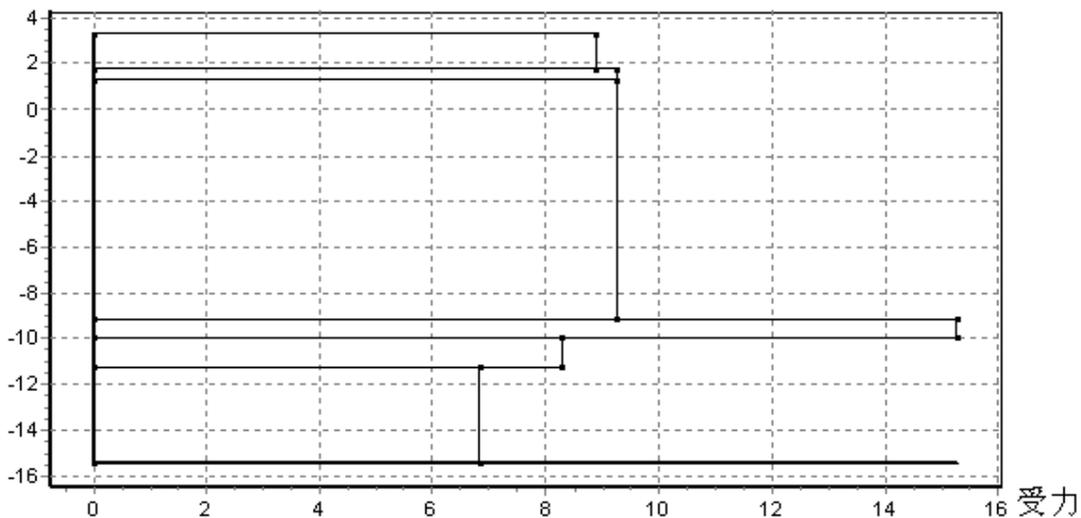
合力矩 (kN. m/m): -1426.311



2 使用期设计高水位码头面堆载 1 产生的地震主动土压力标准值

土层	高程 (m)		土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)	力矩 (kN.m/m)
	顶部高程	底部高程				
1	顶部高程	3.35	8.882	14.123	2.555	16.312
	底部高程	1.76	8.882			
2	顶部高程	1.76	9.26	4.26	1.53	0.554
	底部高程	1.3	9.26			
3	顶部高程	1.3	9.26	96.77	-3.925	-515.301
	底部高程	-9.15	9.26			
4	顶部高程	-9.15	15.265	12.212	-9.55	-133.724
	底部高程	-9.95	15.265			
5	顶部高程	-9.95	8.275	10.758	-10.6	-129.095
	底部高程	-11.25	8.275			
6	顶部高程	-11.25	6.816	28.968	-13.375	-428.002
	底部高程	-15.5	6.816			

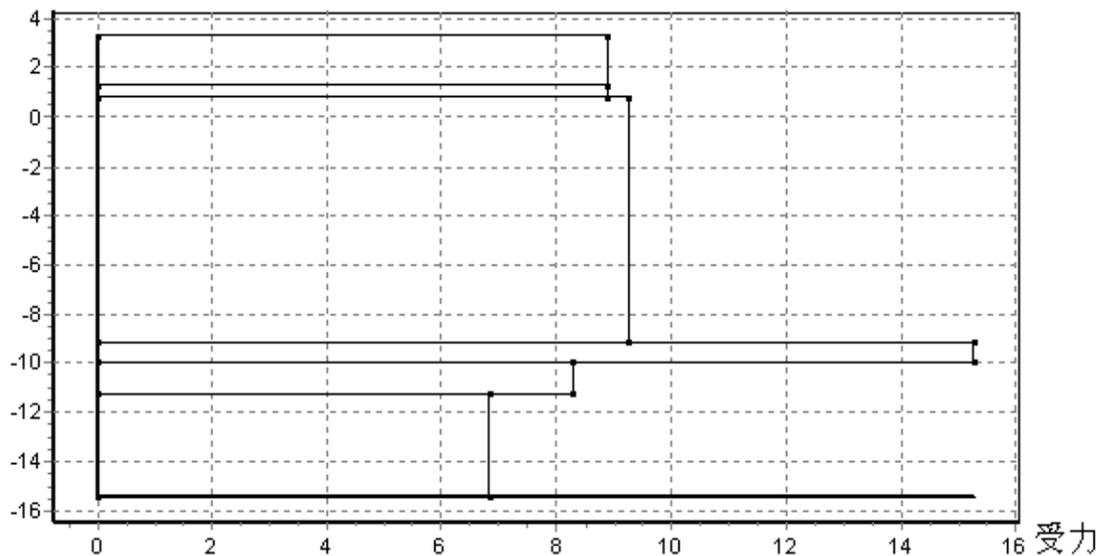
合力矩 (kN.m/m): -1189.257



3 使用期设计低水位码头面堆载 1 产生的地震主动土压力标准值

土层	高程 (m)		土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)	力矩 (kN·m/m)
1	顶部高程	3.35	8.882	18.208	2.325	16.843
	底部高程	1.3	8.882			
2	顶部高程	1.3	8.882	4.397	1.052	-1.528
	底部高程	0.805	8.882			
3	顶部高程	0.805	9.26	92.186	-4.173	-513.708
	底部高程	-9.15	9.26			
4	顶部高程	-9.15	15.265	12.212	-9.55	-133.724
	底部高程	-9.95	15.265			
5	顶部高程	-9.95	8.275	10.758	-10.6	-129.095
	底部高程	-11.25	8.275			
6	顶部高程	-11.25	6.816	28.968	-13.375	-428.002
	底部高程	-15.5	6.816			

合力矩 (kN·m/m): -1189.214



中间略去使用期土体自身产生的土压力、地震土压力标准值、波吸力、剩余水压力荷载标准值输出。

3.1.2 踢脚稳定计算结果

a. 施工期:

承载能力极限状态短暂组合 设计低水位

组合数	荷载组合	转动力矩设计值 (kN·m/m)	稳定力矩设计值 (kN·m/m)	是否满足
1	剩余水压力 + 波吸力 + 自重 + 地面荷载 1	5931.64	-13610.1	是

承载力极限状态短暂组合 设计高水位

组合数	荷载组合	转动力矩 设计值 (kN. m/m)	稳定力矩 设计值 (kN. m/m)	是否满 足
1	波吸力 + 自重 + 地面荷载 1	4784.799	-13610.1	是

b. 使用期:

承载力极限状态持久组合 设计低水位

组合数	荷载组合	转动力矩 设计值 (kN. m/m)	稳定力矩 设计值 (kN. m/m)	是否满 足
1	剩余水压力 + 波吸力 + 自重 + 地面荷载 1	-12601.21	26895.73	是

承载力极限状态持久组合 设计高水位

组合数	荷载组合	转动力矩 设计值 (kN. m/m)	稳定力矩 设计值 (kN. m/m)	是否满 足
1	波吸力 + 自重 + 地面荷载 1	-10745.33	26895.73	是

承载力极限状态持久组合 极端低水位

组合数	荷载组合	转动力矩 设计值 (kN. m/m)	稳定力矩 设计值 (kN. m/m)	是否满 足
1	剩余水压力 + 波吸力 + 自重 + 地面荷载 1	-13384.39	26895.73	是

承载力极限状态偶然组合 设计低水位

组合数	荷载组合	转动力矩 设计值 (kN. m/m)	稳定力矩 设计值 (kN. m/m)	是否满 足
1	剩余水压力 + 自重 + 地面荷载 1	-13645.55	25468.77	是

承载力极限状态偶然组合 设计高水位

组合数	荷载组合	转动力矩 设计值 (kN. m/m)	稳定力矩 设计值 (kN. m/m)	是否满 足
1	自重 + 地面荷载 1	-11479.68	25468.77	是

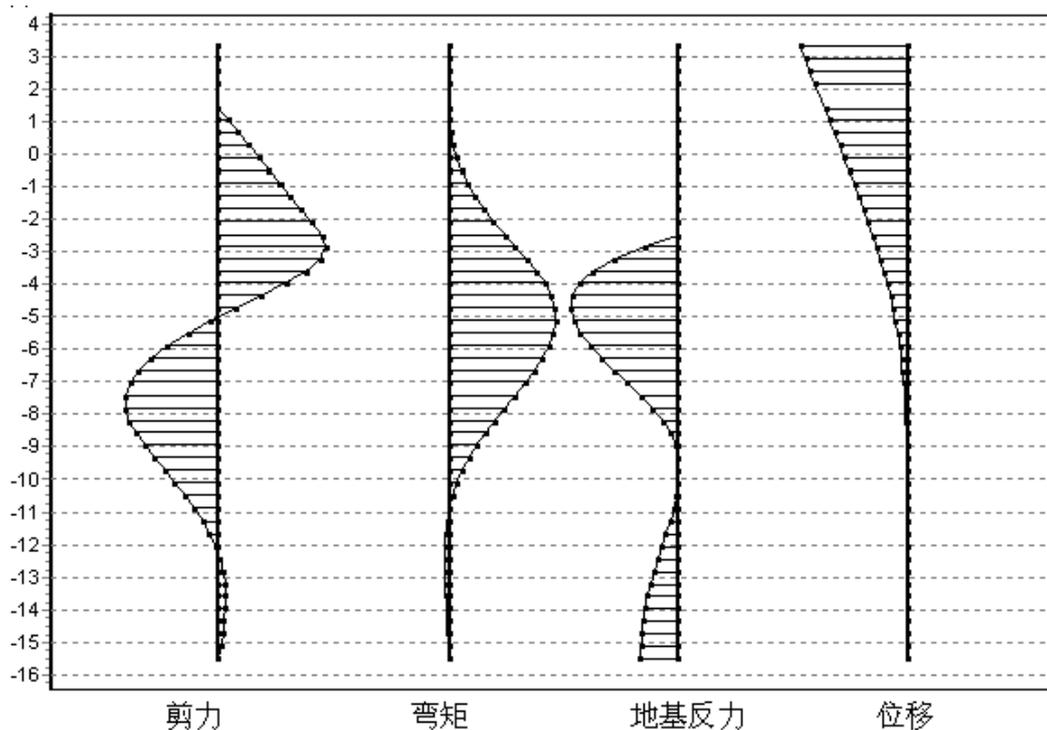
3.2 荷载作用效应标准值计算

3.2.1 施工期

1 施工期施工荷载 1 产生的主动土压力作用效应标准值

点	高程 (m)	剪力 (kN/m)	弯矩 (kN·m/m)	地基反力 (kN/m ²)	位移 (mm)
1	3.35	0	0	0	-14.72
2	2.965	0	0	0	-14.045
3	2.581	0	0	0	-13.37
4	2.196	0	0	0	-12.694
5	1.4	0	0	0	-11.297
6	1.4	0	0	0	-11.297
7	1.042	1.335	0.239	0	-10.669
8	0.657	2.769	1.028	0	-9.994
9	0.272	4.203	2.369	0	-9.32
10	-0.112	5.637	4.262	0	-8.648
11	-0.497	7.071	6.706	0	-7.979
12	-0.882	8.505	9.702	0	-7.316
13	-1.266	9.938	13.25	0	-6.662
14	-1.651	11.372	17.349	0	-6.02
15	-2.036	12.806	21.999	0	-5.394
16	-2.5	14.537	28.347	0	-4.664
17	-2.805	15.066	32.893	-3.852	-4.208
18	-3.19	14.259	38.579	-7.6	-3.673
19	-3.575	12.227	43.706	-10.251	-3.18
20	-3.959	9.363	47.88	-11.944	-2.728
21	-4.344	6.01	50.848	-12.815	-2.317
22	-4.729	2.46	52.479	-12.994	-1.944
23	-5.113	-1.047	52.746	-12.604	-1.608
24	-5.498	-4.312	51.705	-11.763	-1.308
25	-5.883	-7.185	49.479	-10.581	-1.043
26	-6.267	-9.555	46.241	-9.164	-0.811
27	-6.652	-11.351	42.201	-7.612	-0.611
28	-7	-12.451	38.045	-6.168	-0.457
29	-7.421	-13.118	32.632	-4.467	-0.302
30	-7.806	-13.123	27.567	-3.043	-0.191
31	-8.191	-12.617	22.601	-1.822	-0.107
32	-8.575	-11.692	17.914	-0.871	-0.048
33	-8.96	-10.463	13.645	-0.254	-0.013
34	-9.345	-9.069	9.885	0.004	0.000
35	-9.73	-7.612	6.675	0.086	0.003

36	-10.114	-6.152	4.028	0.028	0.001
37	-10.499	-4.745	1.935	-0.187	-0.005
38	-10.884	-3.439	0.365	-0.494	-0.013
39	-11.268	-2.264	-0.728	-0.942	-0.021
40	-11.653	-1.287	-1.404	-1.435	-0.029
41	-12.038	-0.501	-1.742	-1.932	-0.034
42	-12.422	0.096	-1.814	-2.413	-0.038
43	-12.807	0.514	-1.691	-2.862	-0.042
44	-13.192	0.768	-1.439	-3.266	-0.043
45	-13.576	0.876	-1.119	-3.618	-0.044
46	-13.961	0.86	-0.781	-3.911	-0.045
47	-14.346	0.742	-0.47	-4.145	-0.044
48	-14.731	0.546	-0.22	-4.321	-0.043
49	-15.115	0.292	-0.057	-4.444	-0.042
50	-15.5	0	0	-4.525	-0.04



3.2.2 使用期

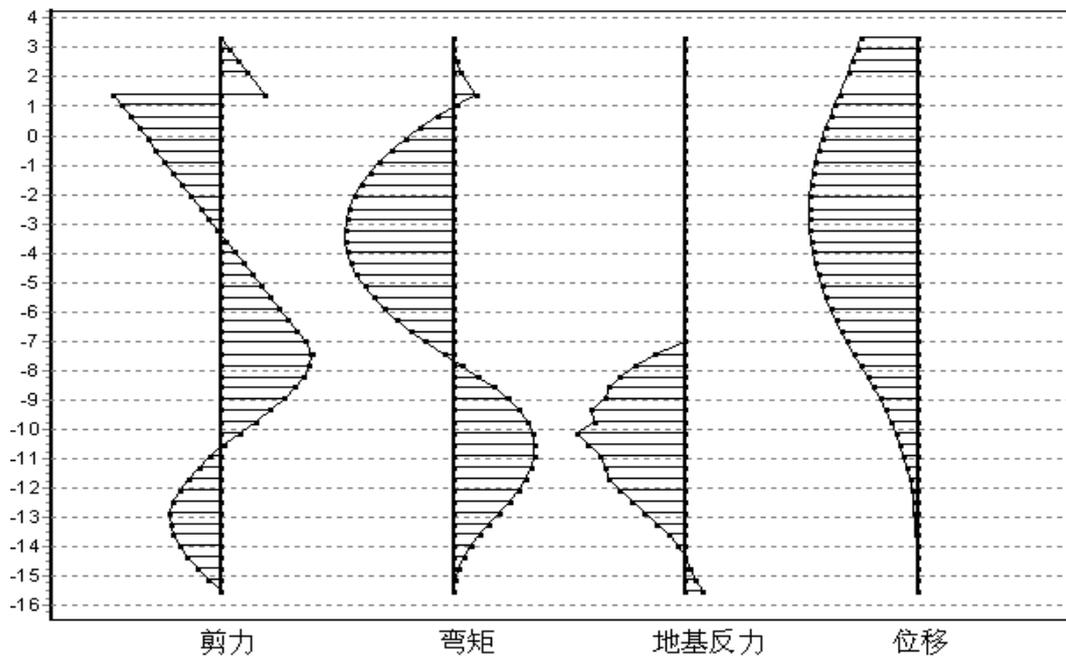
1 使用期码头面堆载 1 产生的主动土压力作用效应标准值

点	高程 (m)	剪力 (kN/m)	弯矩 (kN·m/m)	地基反力 (kN/m ²)	位移 (mm)
1	3.35	0	0	0	-6.545
2	2.965	4.302	0.827	0	-7.046

3	2.581	8.604	3.31	0	-7.547
4	2.196	12.905	7.447	0	-8.053
5	1.4	21.805	21.26	0	-9.128
6	1.4	-52.715	21.26	0	-9.128
7	1.042	-48.71	3.097	0	-9.63
8	0.657	-44.408	-14.814	0	-10.171
9	0.272	-40.106	-31.07	0	-10.7
10	-0.112	-35.805	-45.671	0	-11.2
11	-0.497	-31.503	-58.618	0	-11.636
12	-0.882	-27.201	-69.909	0	-11.996
13	-1.266	-22.899	-79.546	0	-12.283
14	-1.651	-18.598	-87.528	0	-12.496
15	-2.036	-14.296	-93.855	0	-12.637
16	-2.5	-9.104	-99.287	0	-12.71
17	-2.805	-5.692	-101.544	0	-12.702
18	-3.19	-1.391	-102.906	0	-12.629
19	-3.575	2.911	-102.614	0	-12.485
20	-3.959	7.213	-100.666	0	-12.272
21	-4.344	11.515	-97.064	0	-11.991
22	-4.729	15.816	-91.807	0	-11.642
23	-5.113	20.118	-84.895	0	-11.226
24	-5.498	24.42	-76.328	0	-10.743
25	-5.883	28.722	-66.107	0	-10.194
26	-6.267	33.024	-54.23	0	-9.581
27	-6.652	37.325	-40.699	0	-8.902
28	-7	41.216	-27.034	0	-8.234
29	-7.421	43.886	-8.964	-9.335	-7.383
30	-7.806	43.265	7.881	-15.958	-6.598
31	-8.191	40.442	24.041	-20.791	-5.82
32	-8.575	36.091	38.801	-23.919	-5.061
33	-8.96	30.842	51.695	-25.488	-4.334
34	-9.345	24.421	62.407	-29.987	-3.654
35	-9.73	17.354	70.429	-28.923	-3.027
36	-10.114	9.619	75.732	-34.506	-2.462
37	-10.499	1.315	77.791	-30.907	-1.963
38	-10.884	-5.484	76.937	-26.74	-1.53
39	-11.268	-10.674	73.784	-25.07	-1.163
40	-11.653	-15.867	68.665	-23.918	-0.861
41	-12.038	-20.244	61.683	-20.979	-0.617
42	-12.422	-23.28	53.263	-17.07	-0.424
43	-12.807	-24.734	43.975	-12.842	-0.277

44	-13.192	-24.58	34.44	-8.78	-0.167
45	-13.576	-22.949	25.253	-5.203	-0.088
46	-13.961	-20.062	16.944	-2.265	-0.035
47	-14.346	-16.168	9.947	0.048	0.001
48	-14.731	-11.48	4.606	1.912	0.025
49	-15.115	-6.108	1.201	3.672	0.044
50	-15.5	0	0	5.837	0.065

锚杆拉力(kN): 125.194



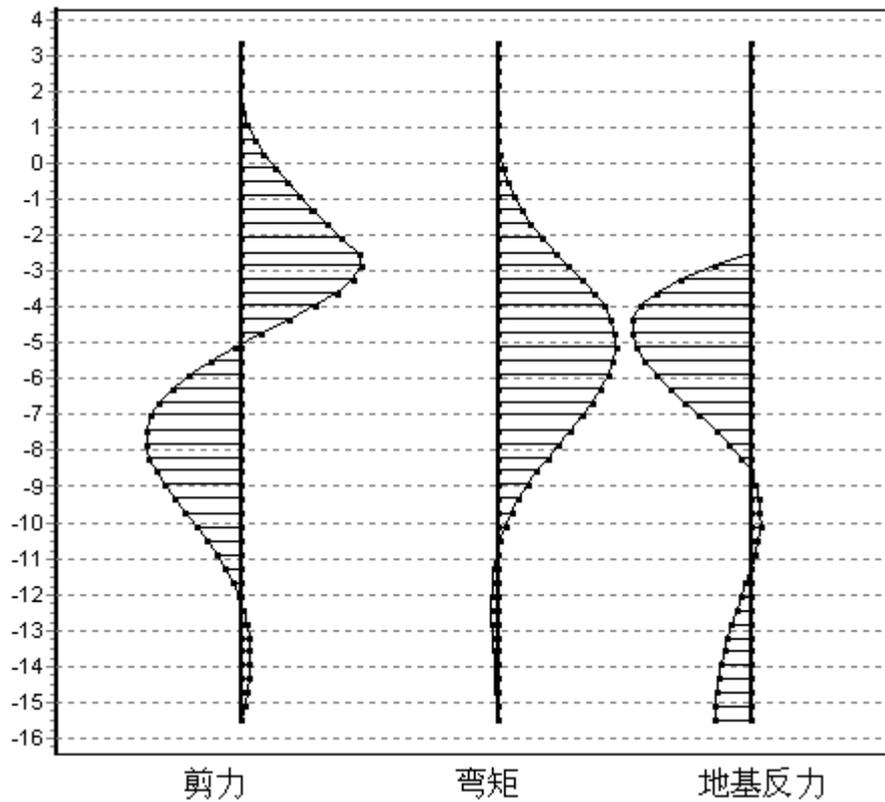
3.3 作用效应组合计算结果

3.3.1 施工期

1 承载能力极限状态短暂组合 设计高水位 组合 1

点	高程 (m)	剪力 (kN/m)	弯矩 (kN·m/m)	地基反力 (kN/m ²)
1	3.35	0	0	0
2	2.965	0	0	0
3	2.581	0	0	0
4	2.196	0	0	0
5	1.4	0.648	0.078	0
6	1.4	0.648	0.078	0
7	1.042	4.14	0.884	0
8	0.657	9.802	3.502	0
9	0.272	17.439	8.679	0

10	-0.112	26.443	17.103	0
11	-0.497	35.934	29.085	0
12	-0.882	45.905	44.811	0
13	-1.266	56.356	64.465	0
14	-1.651	67.288	88.233	0
15	-2.036	78.701	116.298	0
16	-2.5	93.114	156.156	0
17	-2.805	94.793	184.991	-21.899
18	-3.19	88.552	220.519	-43.12
19	-3.574	75.392	252.236	-58.003
20	-3.959	57.595	277.931	-67.366
21	-4.344	37.132	296.209	-71.992
22	-4.729	15.68	306.374	-72.63
23	-5.113	-5.367	308.325	-69.996
24	-5.498	-24.88	302.443	-64.771
25	-5.883	-41.989	289.492	-57.603
26	-6.267	-56.066	270.527	-49.107
27	-6.652	-66.712	246.797	-39.86
28	-7	-73.231	222.363	-31.307
29	-7.421	-77.187	190.519	-21.268
30	-7.806	-77.247	160.711	-12.913
31	-8.191	-74.317	131.47	-5.788
32	-8.576	-68.949	103.846	-0.304
33	-8.96	-61.847	78.645	3.164
34	-9.345	-53.703	56.391	5.217
35	-9.73	-45.142	37.375	5.425
36	-10.114	-36.447	21.665	6.113
37	-10.499	-27.91	9.306	4.464
38	-10.884	-20.12	0.095	2.276
39	-11.268	-13.228	-6.289	-0.173
40	-11.653	-7.352	-10.213	-3.002
41	-12.038	-2.587	-12.089	-5.921
42	-12.422	1.061	-12.347	-8.795
43	-12.807	3.629	-11.411	-11.516
44	-13.192	5.194	-9.684	-13.998
45	-13.577	5.86	-7.53	-16.183
46	-13.961	5.748	-5.275	-18.04
47	-14.346	4.986	-3.191	-19.56
48	-14.731	3.702	-1.505	-20.763
49	-15.115	2.009	-0.395	-21.693
50	-15.5	0	0	-22.42



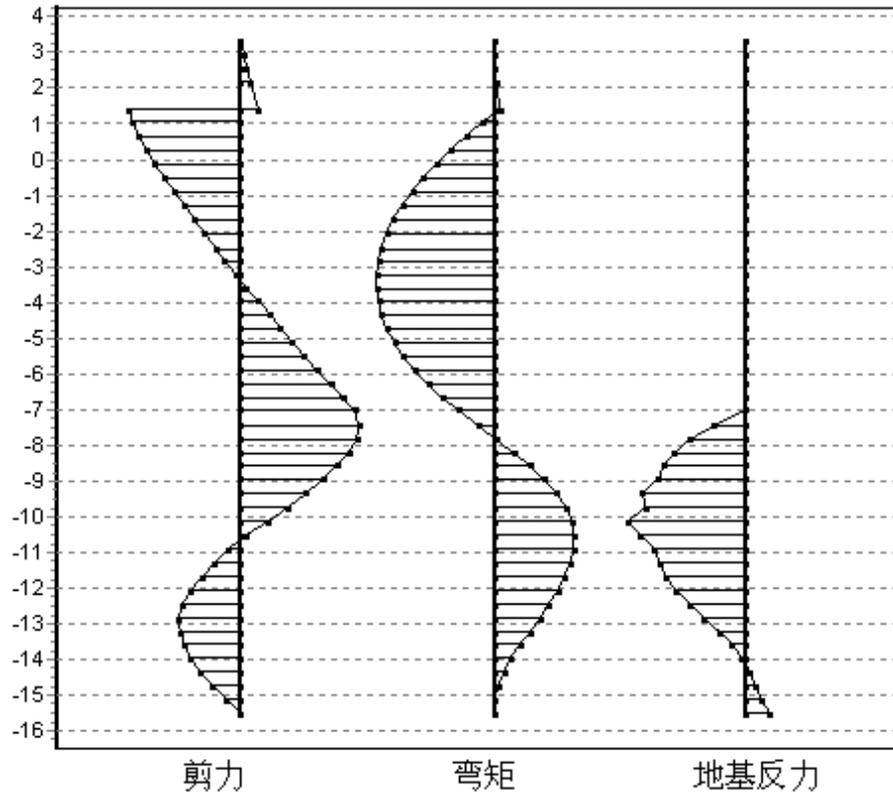
3.3.2 使用期

1 承载能力极限状态持久组合 设计高水位 组合 1

点	高程 (m)	剪力 (kN/m)	弯矩 (kN·m/m)	地基反力 (kN/m ²)
1	3.35	0	0	0
2	2.965	4.853	0.898	0
3	2.581	10.81	3.876	0
4	2.196	17.87	9.357	0
5	1.4	36.386	30.522	0
6	1.4	-237.233	30.522	0
7	1.042	-226.344	-52.548	0
8	0.657	-212.739	-137.067	0
9	0.272	-197.157	-215.973	0
10	-0.112	-179.599	-288.504	0
11	-0.497	-160.207	-353.908	0
12	-0.882	-140.15	-411.694	0
13	-1.266	-119.688	-461.686	0
14	-1.651	-98.82	-503.729	0
15	-2.036	-77.546	-537.665	0

16	-2.5	-51.331	-567.606	0
17	-2.805	-33.782	-580.597	0
18	-3.19	-11.292	-589.279	0
19	-3.574	11.605	-589.232	0
20	-3.959	34.906	-580.299	0
21	-4.344	58.614	-562.324	0
22	-4.729	82.727	-535.151	0
23	-5.113	107.245	-498.623	0
24	-5.498	132.17	-452.585	0
25	-5.883	157.499	-396.881	0
26	-6.267	183.235	-331.355	0
27	-6.652	209.376	-255.851	0
28	-7	233.37	-178.832	0
29	-7.421	245.02	-77.317	-48.071
30	-7.806	239.885	16.375	-82.267
31	-8.191	223.373	105.79	-107.255
32	-8.576	198.963	187.224	-123.419
33	-8.96	169.921	258.277	-131.486
34	-9.345	134.855	317.321	-154.592
35	-9.73	96.509	361.753	-148.932
36	-10.114	54.817	391.448	-177.355
37	-10.499	10.337	403.747	-158.439
38	-10.884	-26.24	400.418	-136.566
39	-11.268	-54.366	384.674	-127.368
40	-11.653	-82.207	358.32	-120.625
41	-12.038	-105.532	322.012	-104.677
42	-12.422	-121.648	278.056	-83.785
43	-12.807	-129.335	229.503	-61.344
44	-13.192	-128.51	179.642	-39.885
45	-13.577	-119.9	131.629	-21.073
46	-13.961	-104.703	88.238	-5.706
47	-14.346	-84.262	51.743	6.28
48	-14.731	-59.724	23.931	15.817
49	-15.115	-31.715	6.234	24.702
50	-15.5	0	0	35.595

锚杆拉力(kN): 459.678



中间略去承载力极限状态短暂组合、承载力极限状态偶然组合、正常使用极限状态持久状况的短期效应组合计算结果输出。

3.4 各种类型作用效应组合包络值结果

1 承载力极限状态持久组合包络值

点	高程(m)	剪力 Max (kN/m)	剪力 Min (kN/m)	弯矩 Max (kN. m/m)	弯矩 Min (kN. m/m)	地基反力 Max (kN/m ²)	地基反力 Min (kN/m ²)
1	3.35	0	0	0	0	0	0
2	2.965	4.853	0	0.898	0	0	0
3	2.581	10.81	0	3.876	0	0	0
4	2.196	17.87	0	9.357	0	0	0
5	1.4	36.386	0	30.522	0	0	0
6	1.4	0	-249.152	30.522	0	0	0
7	1.042	0	-239.475	0	-57.058	0	0
8	0.657	0	-227.998	0	-147.019	0	0
9	0.272	0	-214.721	0	-232.238	0	0
10	-0.112	0	-199.467	0	-311.969	0	0

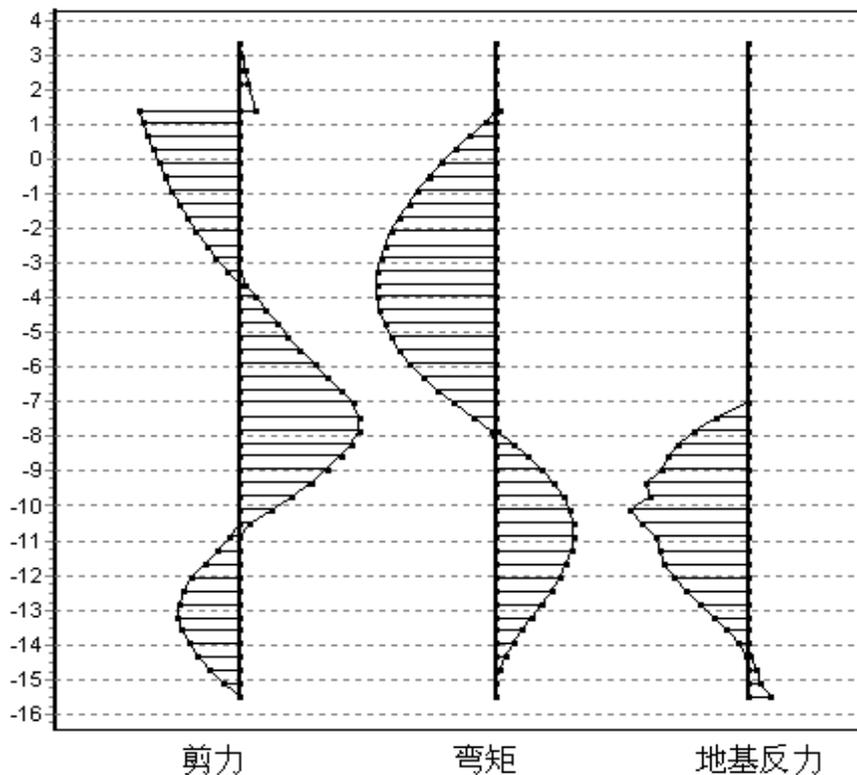
11	-0.497	0	-182.656	0	-385.452	0	0
12	-0.882	0	-167.005	0	-451.926	0	0
13	-1.266	0	-149.586	0	-510.632	0	0
14	-1.651	0	-130.192	0	-560.809	0	0
15	-2.036	0	-108.821	0	-606.638	0	0
16	-2.5	0	-80.396	0	-650.675	0	0
17	-2.805	0	-60.15	0	-672.147	0	0
18	-3.19	0	-32.85	0	-690.098	0	0
19	-3.574	11.605	-4.062	0	-697.217	0	0
20	-3.959	35.482	0	0	-693.167	0	0
21	-4.344	62.411	0	0	-677.783	0	0
22	-4.729	89.688	0	0	-650.9	0	0
23	-5.113	117.314	0	0	-612.353	0	0
24	-5.498	146.466	0	0	-561.978	0	0
25	-5.883	177.857	0	0	-499.609	0	0
26	-6.267	209.676	0	0	-425.082	0	0
27	-6.652	241.924	0	0	-338.232	0	0
28	-7	271.461	0	0	-248.924	0	0
29	-7.421	289.064	0	0	-129.964	0	-57.407
30	-7.806	286.21	0	16.375	-18.802	0	-98.673
31	-8.191	269.545	0	105.79	0	0	-129.236
32	-8.576	243.132	0	192.73	0	0	-149.447
33	-8.96	210.82	0	274.78	0	0	-160.066
34	-9.345	170.813	0	348.714	0	0	-189.292
35	-9.73	126.373	0	405.805	0	0	-183.544
36	-10.114	77.282	0	445.723	0	0	-220.183
37	-10.499	24.128	0	464.96	0	0	-198.377
38	-10.884	0	-26.24	465.47	0	0	-172.724
39	-11.268	0	-55.194	451.021	0	0	-163.079
40	-11.653	0	-88.331	423.599	0	0	-156.904
41	-12.038	0	-118.044	383.683	0	0	-139.128
42	-12.422	0	-139.519	333.842	0	0	-114.841
43	-12.807	0	-151.066	277.618	0	0	-88.108
44	-13.192	0	-152.363	218.932	0	0	-61.973
45	-13.577	0	-144.062	161.625	0	0	-38.458
46	-13.961	0	-127.395	109.166	0	0	-18.559
47	-14.346	0	-103.781	64.499	0	6.28	-2.253
48	-14.731	0	-74.434	30.051	0	15.817	0
49	-15.115	0	-39.967	7.883	0	24.795	0
50	-15.5	0	0	0	0	40.7	0

	剪力 (kN/m)	弯矩 (kN·m/m)	地基反力 Max (kN/m ²)	位移 (mm)
最大值	289.064	465.47	40.7	0.452
最小值	-249.152	-697.217	-220.183	-71.584

最小锚杆拉力 (kN)	最大锚杆拉力 (kN)
0	479.02

最小前叉轴力 (kN)	最大前叉轴力 (kN)
0	0

最小后叉轴力 (kN)	最大后叉轴力 (kN)
0	0



中间略去承载力极限状态短暂组合、承载力极限状态偶然组合、正常使用极限状态持久状况的短期效应组合、作用效应总组合计算结果输出。

3.5 锚碇计算结果

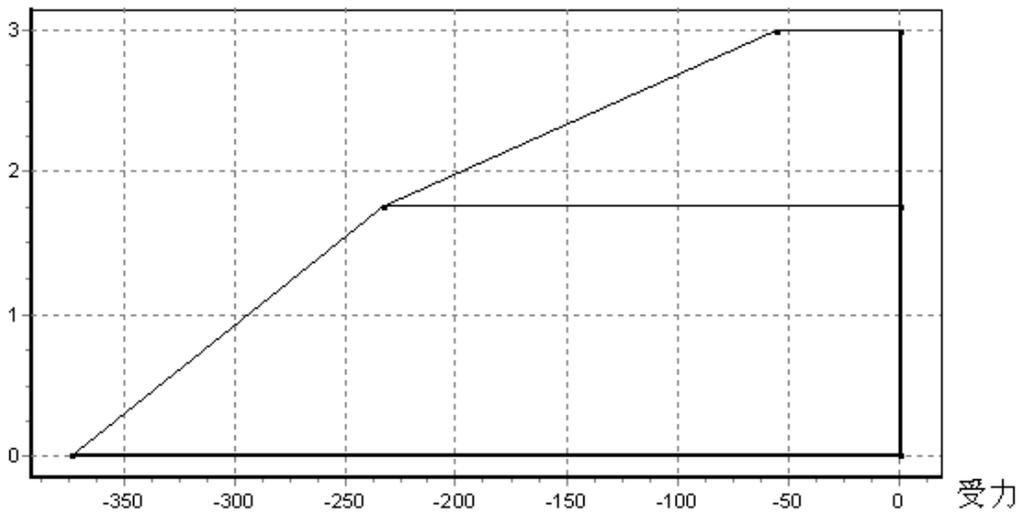
3.5.1 锚碇土压力计算

1 设计高水位锚碇前被动土压力标准值

土层	高程 (m)	土压力 (kPa)	等效集中力大小 (kN/m)	等效集中力高程 (m)

1	顶部高程	3	-55.67	-179.087	2.253
	底部高程	1.76	-233.18		
2	顶部高程	1.76	-233.18	-533.571	0.812
	底部高程	0	-373.151		

集中力 (kN): -1197.265



中间略去锚碇墙其它情况土压力计算结果输出。

3.5.2 锚碇板到板桩最小距离计算

破棱体高度 H_0 (m): 17.696

板桩墙后土的内摩擦角 φ_1 ($^\circ$): 28.623

锚碇板前填料的内摩擦角 φ_2 ($^\circ$): 42.910

锚碇板到板桩的最小距离 L (m): 18.190

3.5.3 锚碇稳定计算结果

	计算水位	锚碇前被动土压力的等效集中力 (kN)	锚碇前主动土压力的等效集中力 (kN)	拉杆拉力(不均匀系数已乘) (kN)	是否稳定
持久组合	设计高水位	-1197.265	125.914	646.677	是
	设计低水位	-1328.179	134.265	646.677	是
偶然组合	设计高水位	-1178.573	115.288	591.805	是
	设计低水位	-1313.428	122.564	591.805	是

3.5.4 锚碇板(墙)内力计算

锚碇墙内力

计算工况	锚碇墙竖向单宽弯矩(kN.m/m)		锚碇墙水平方向弯矩(kN.m)	
	承载能力极限状态弯矩设计值	正常使用极限状态弯矩设计值	承载能力极限状态弯矩设计值	正常使用极限状态弯矩设计值
持久组合	202.087	202.087	152.098	152.098
偶然组合	184.939	—————	139.193	—————

3.6 构件设计结果

拉杆计算结果

计算工况	承载能力极限状态拉杆拉力设计值(kN)	拉杆拉力强度设计值(kN)	是否满足强度要求
持久组合	873.014	884.7581	是
偶然组合	519.309	884.758	是

钢板桩计算结果

计算工况	承载能力极限状态板桩弯矩设计值(kN.m/m)	板桩强度设计值(kN.m/m)	是否满足强度要求
持久、短暂组合	941.243	1302	是
偶然组合	523.599	1302	是

钢导梁计算结果

计算工况	承载能力极限状态导梁弯矩设计值(kN.m/m)	导梁强度设计值(kN.m/m)	是否满足强度要求
持久、短暂组合	146.666	150.249	是
偶然组合	87.244	150.249	是

计算详细结果见数据文件 钢板桩_bzd 报告书。