

## PLAXIS3D 的海洋桩靴入泥深度设计流程

2023 年 7 月 1 日

BENTLEY 软件（北京）有限公司

声明:

- 1.本文件旨在帮助用户梳理 PLAXIS 3D 桩靴入泥深度计算分析流程，不作为设计依据。
- 2.本文件算例中的结构参数、环境参数、荷载组合等设置均做了简化处理，用户需结合实际工程进行计算设计与分析。
- 3.本文件算例基于软件版本为 PLAXIS 3D V2023。

## 目录

1.桩靴条件 .....	4
1.1 创建地层与结构模型 .....	4
1.2 一般设置 .....	5
1.3 划分网格 .....	7
2.加载计算阶段设置 .....	8
2.1 初始工况 .....	8
2.2 荷载工况 .....	9
3.后处理 .....	11
3.1 输出曲线 .....	11
3.2 承载力换算 .....	12

## 1.桩靴条件

在实际应用中，上硬下软的复合地层是常见的，其安装过程可能存在危险，当桩靴穿透强地层进入弱地层时可能导致海上结构失稳。本课将分析计算桩靴在上层砂土下层粘土的复合地层中入泥承载力曲线。并与既有实验和数值模拟进行比较。

### 1.1 创建地层与结构模型

根据 Hu et al. (2014) 的数值分析模型，模拟了一个案例。桩靴帽直径  $B$  为 6 米，穿透中等密度砂质土覆盖的粘土。砂层厚度等于桩靴直径， $H_s/B = 1$ 。由于没有更详细数据，因此认为砂土的刚度是恒定的。底部边界与海床表面的距离取  $10B$ ；水平边界也取  $10B$  的距离。表 1-1 显示了此案例的所有指定参数主要标高如下表：

表 1-1 Hu et al. (2014) 中密砂覆盖粘土的离心机参数和数值试验。

Test Name	Geometry		Sand				Clay				
	$H_s$	$B$	$E$	$\gamma'_s$	$\phi$	$\nu$	$E/s_{um}$	$s_{um}$	$k$	$\gamma'_c$	$\nu$
	[m]	[m]	[MPa]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa/m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]
L1SP1	6	6	25	9.96	31	0.3	500	12.96	1.54	6	0.495

PR 技术、CEL 和 Hu 等人 (2014) 的实验测试结果如图 1-1 所示

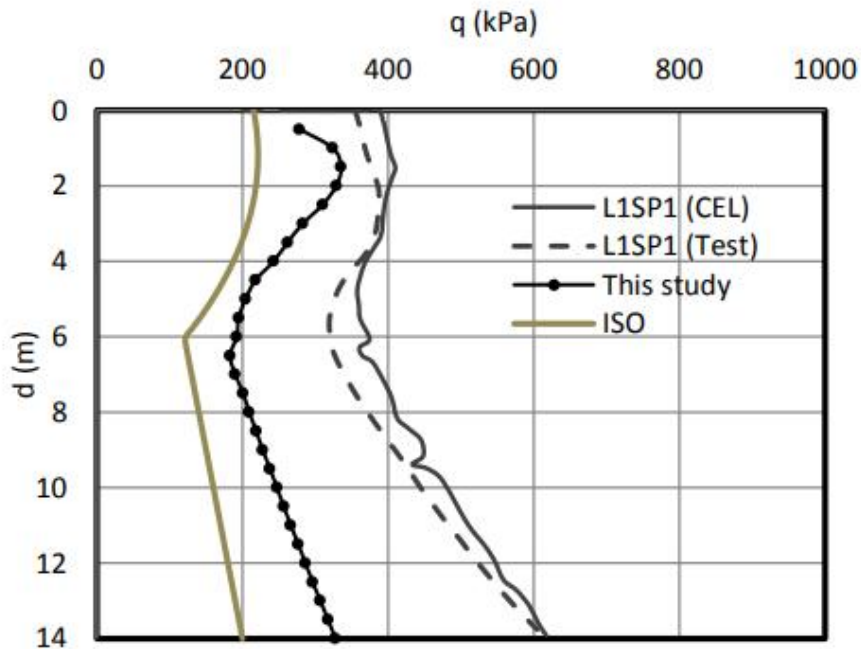


图 1-1 泥面以上结构模型

## 1.2 一般设置

(1) 打开 Plaxis3D，在项目属性选择“轴对称”，x 处于 0m 至 60m，y 处于 -60m 至 0m。如图 1-2。

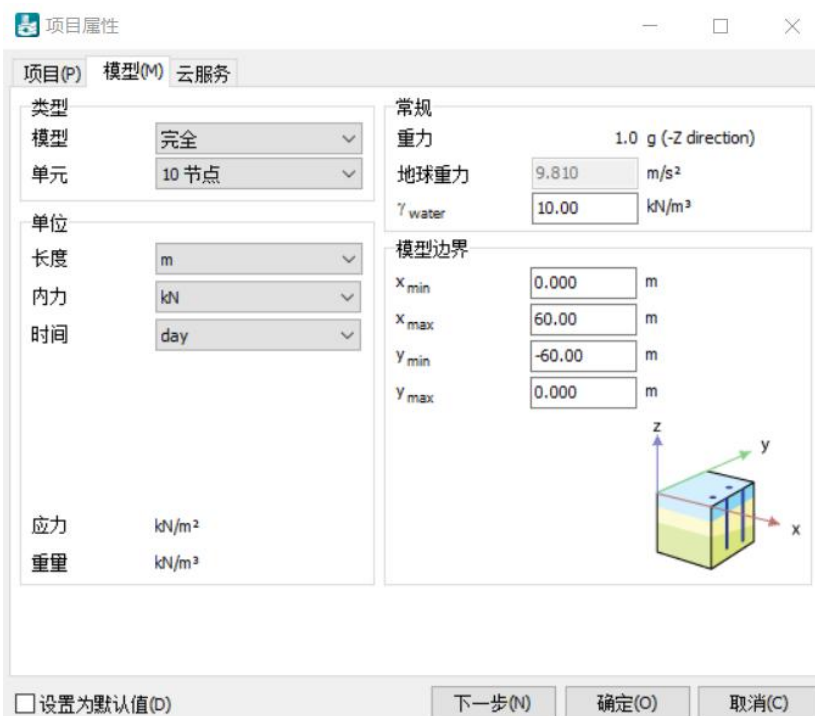


图 1-2 一般设置

(2) 钻孔设置中创建砂土和粘土的分层，如图 1-3 所示：

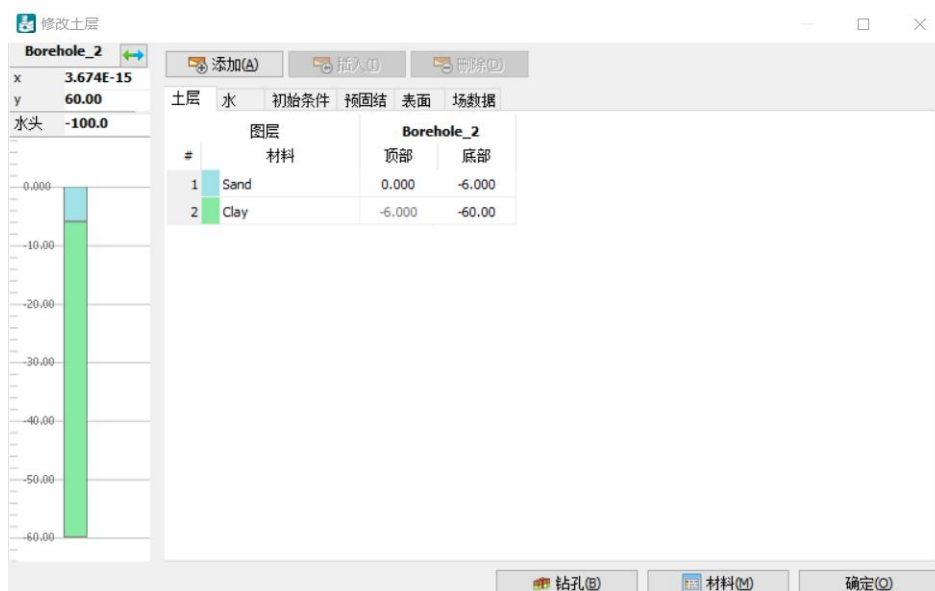


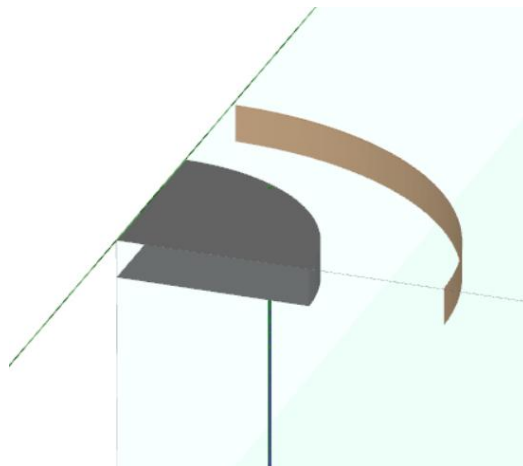
图 1-3 钻孔设置

(3) 根据输入地层参数，另外采用线弹性建立桩靴材料， $E=2E8kPa$ 。如下图所示：

土体 - 摩尔-库伦 - Sand			土体 - 摩尔-库伦 - Clay		
常规 力学 地下水 热力学 界面 初始			常规 力学 地下水 热力学 界面 初始		
属性	单位	值	属性	单位	值
<b>刚度</b>					
$E_{ref}$	$kN/m^2$	25.00E3	$E_{u,ref}$	$kN/m^2$	5480
$\nu$ (nu)		0.3000	$\nu_u$ (nu)		0.4950
<b>等效替代</b>					
$G_{ref}$	$kN/m^2$	9615	$G_{ref}$	$kN/m^2$	2167
$E_{oed}$	$kN/m^2$	33.65E3	$E_{oed}$	$kN/m^2$	218.9E3
<b>深度相关</b>					
$E'_{inc}$	$kN/m^2/m$	0.000	$E'_{u,inc}$	$kN/m^2/m$	0.000
$\gamma_{ref}$	m	0.000	$\gamma_{ref}$	m	0.000
<b>波动速度</b>					
$V_s$	m/s	97.32	$V_s$	m/s	59.53
$V_p$	m/s	182.1	$V_p$	m/s	598.2
<b>强度</b>					
<b>剪切</b>					
$c'_{ref}$	$kN/m^2$	0.000	$s_{u,ref}$	$kN/m^2$	12.96
$\phi'$ (phi)	°	31.00	$\phi_u$ (phi)	°	0.000
$\psi$ (psi)	°	0.000	$\psi$ (psi)	°	0.000
<b>深度相关</b>					
$c'_{inc}$	$kN/m^2/m$	0.000	$s_{u,inc}$	$kN/m^2/m$	1.540
$\gamma_{ref}$	m	0.000	$\gamma_{ref}$	m	0.000

图 1-4 地层参数

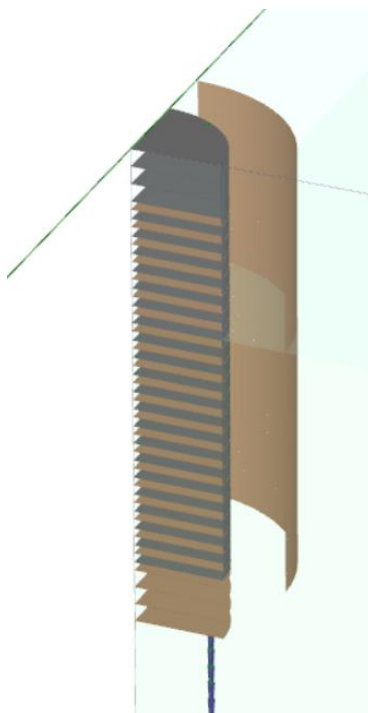
(4) 首先，采用线单元在 x 轴和 y 轴分别绘制绘制水平 3m 的直线和竖向 0.6m 的直线，采用隧道设计器命令设置桩靴外侧的表面，围起来的区域表示桩靴，在外侧创建界面单元，如下图所示 a，对表面创建“表面位移”，如图 b，表面位移沿 z 轴向下设置-0.6m。选择所创建的第一层桩靴，对其向下阵列 25 个，间距 0.6m，如图 c。



(a)



(b)



(c)

图 1-5 创建结构模型

### 1.3 划分网格

- (1) 采用整体自动划分策略，选择“精细”选项。
- (2) 划分获得 22383 单元，35796 节点。
- (3) 网格模型如图 1-7：



图 1-6 设置网格选项

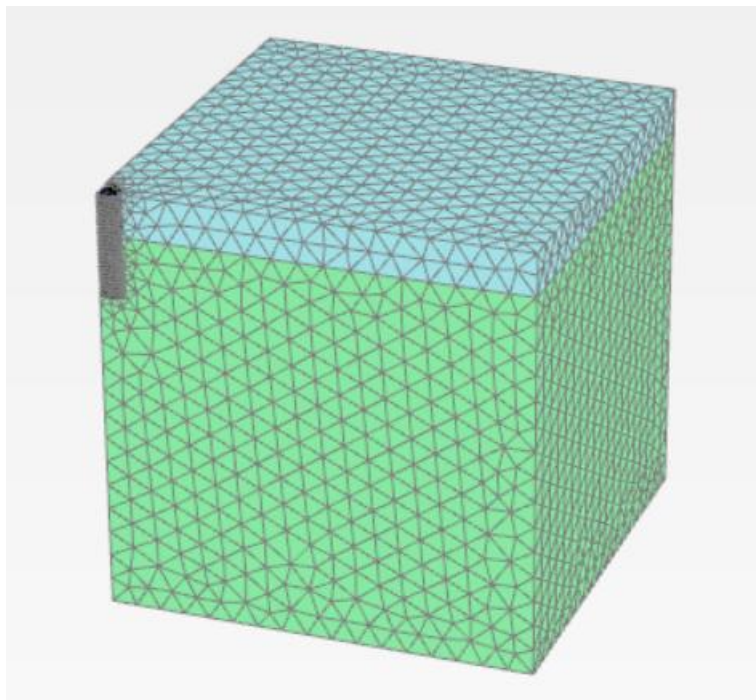


图 1-7 输出网格

## 2.加载计算阶段设置

需要对每个入泥深度进行承载力计算。因此，需要 24 个计算工况。

### 2.1 初始工况

(1) 阶段 1，替换 0.6m 范围的材料为“桩靴”，并激活相邻界面单元。设置塑性计算。



(2) 阶段 2，替换 1.2m 范围的材料为“桩靴”，并激活相邻界面单元。设置塑性计算。

.....

(24) 阶段 24，替换 14.4m 范围的材料为“桩靴”，并激活相邻界面单元。设置塑性计算。如下图 2-1 所示：

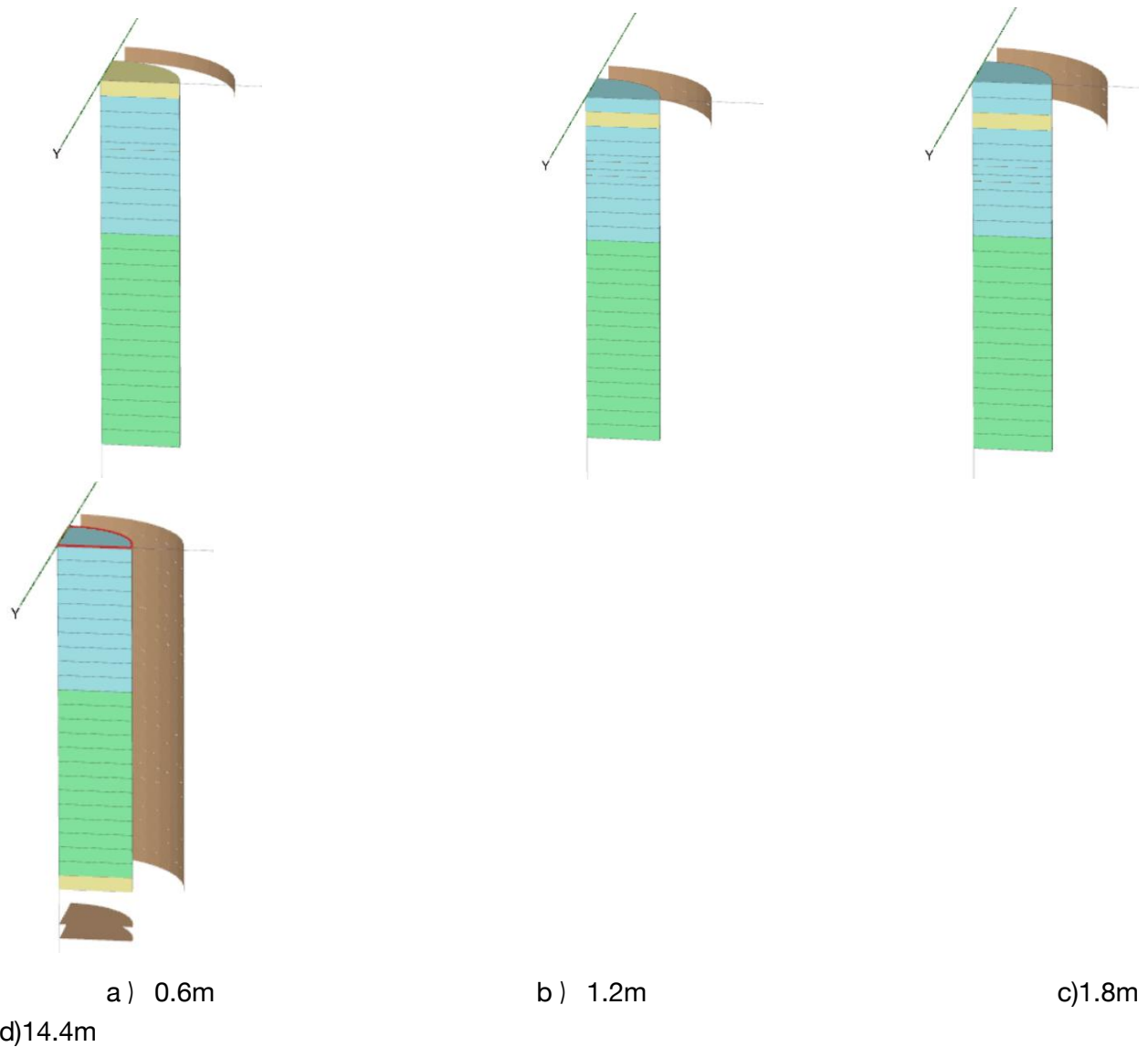
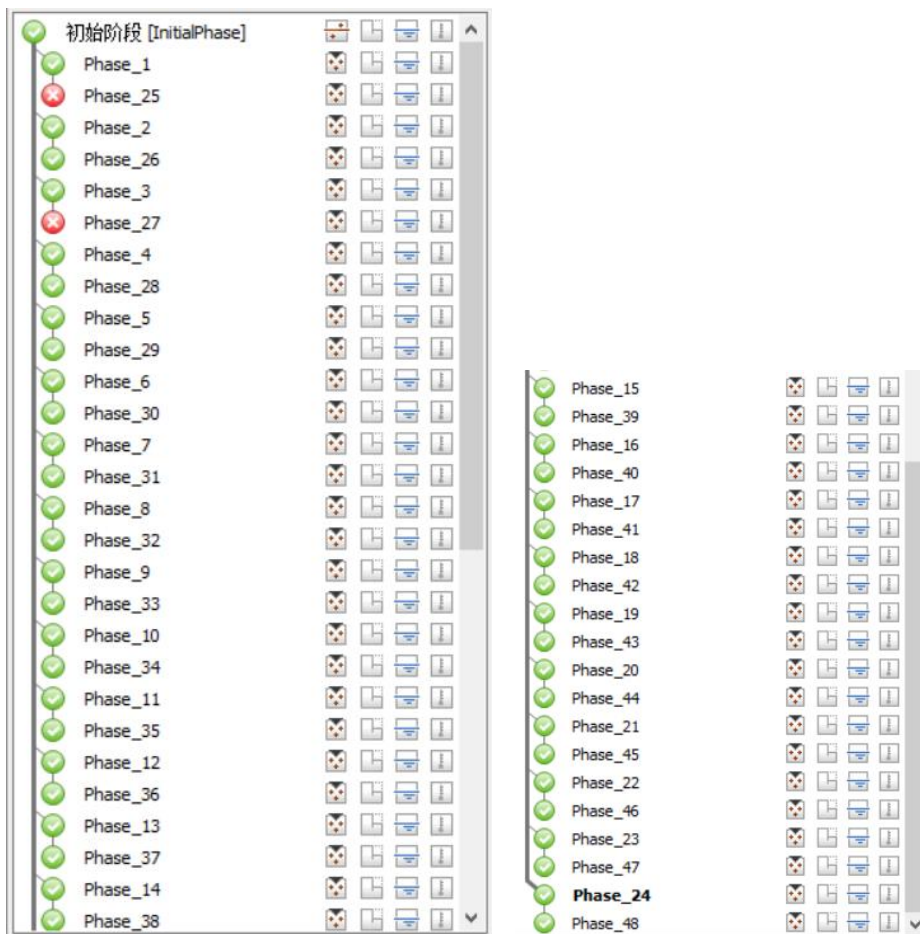


图 2-1 24 个状态设置

## 2.2 荷载工况

(1) 分别从上述 24 阶段施加指定位移 ( $u_y=0.6\text{m}$ )，激活桩靴上边缘相应的位移荷载。分析类型设置为塑性计算。

(2) 进行计算，并在计算后保存。



a) 施工阶段列表

b) 施工阶段列表

图 2-1 每个状态施加指定位移状态设置

### 3.后处理

输出  $F_y$  通过面积换算可以获得承载力  $q$ 。

#### 3.1 输出曲线

(1) 使用曲线输出器。输出计算步与  $F_y$  的曲线，如图 3-1 所示。

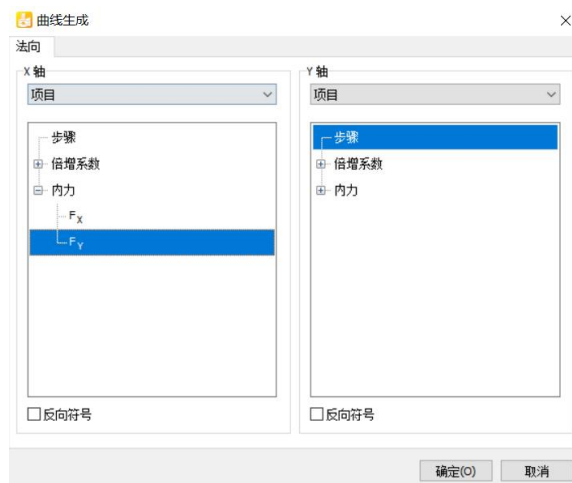
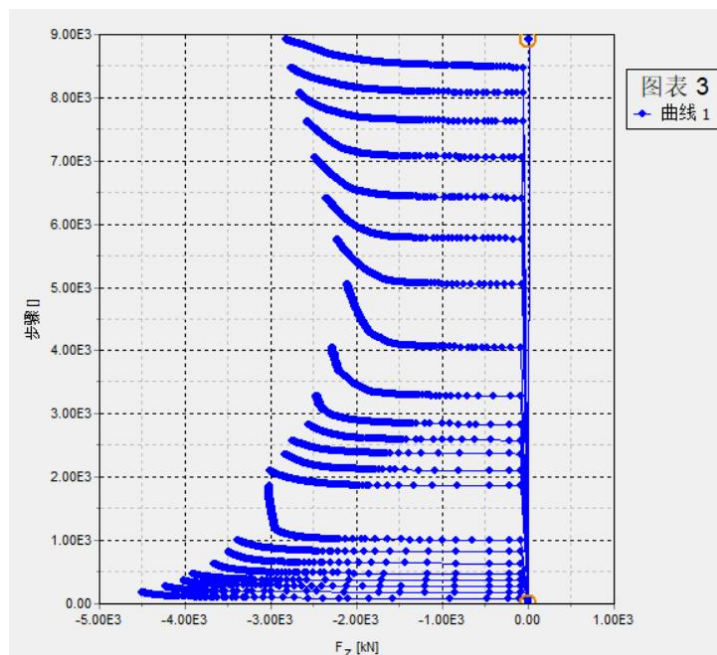
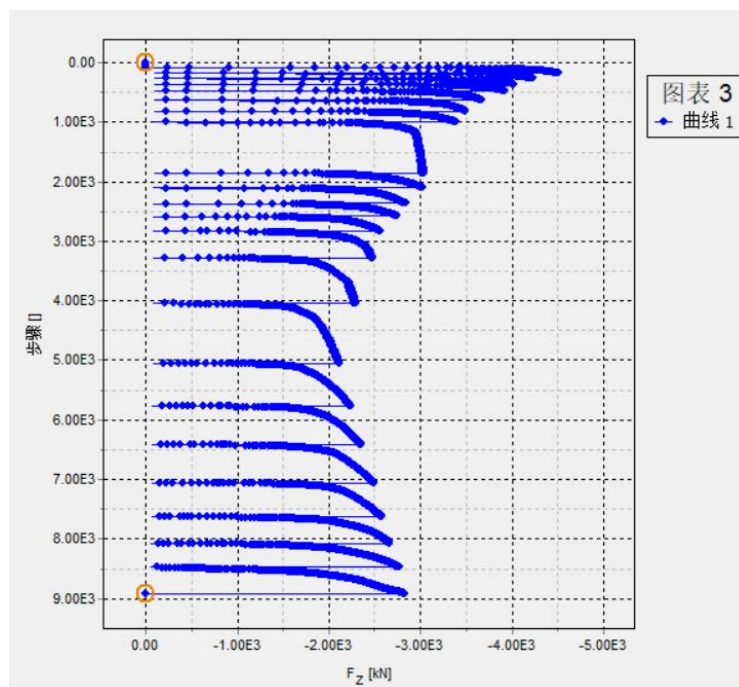


图 3-1 曲线输出设置

(2) 输出曲线如图 3-2，对  $x$  轴和  $y$  轴分别进行翻转，与图 1-1 相对照，又有利于理解，



(b) 输出曲线



(c) 反转后的曲线

图 3-2 曲线

## 3.2 承载力换算

(1) 面积“S”等于  $3.14 \cdot (B/2)^2 / 4$ ，因此本案例桩靴面积“S”等于 7.065m<sup>2</sup>。  $q = F_y / S$ 。

0.6m			3.6m			6.6m			9.6m			12.6m		
Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q	
1051	148.762		2581.8	365.435		2294.4	324.756		3020.2	427.488		3917.1	554.437	
B	S		B	S		B	S		B	S		B	S	
3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065	
1.2m			4.2m			7.2m			10.2m			13.2m		
Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q	
1289	182.449		2491.1	352.597		2472.4	349.95		3033	429.299		4018.1	568.733	
B	S		B	S		B	S		B	S		B	S	
3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065	
1.8m			4.8m			7.8m			10.8m			13.8m		
Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q	
2821.6	399.377		2356.6	333.56		2559.4	362.265		3387.8	479.519		4225.9	598.146	
B	S		B	S		B	S		B	S		B	S	
3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065	
2.4m			5.4m			8.4m			11.4m			14.4m		
Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q	
2764	391.224		2233.9	316.192		2747.7	388.917		3492.4	494.324		4502.5	637.297	
B	S		B	S		B	S		B	S		B	S	
3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065	
3.0m			6.0m			9.0m			12.0m					
Fy	q		Fy	q		Fy	q		Fy	q				
2666.8	377.466		2119.7	300.028		2835.3	401.316		3661.3	518.231		814	0.63665	
B	S		B	S		B	S		B	S				
3	7.065		3	7.065		3	7.065		3	7.065		4.498		

图 3-3 换算

(2) 整理曲线绘制。如图 3-4。可见与文献结果一致。3D 的结果完全接近实测结果。而相比而言，2D 的结果虽然优于 ISO，但距离实测仍有一定差异。

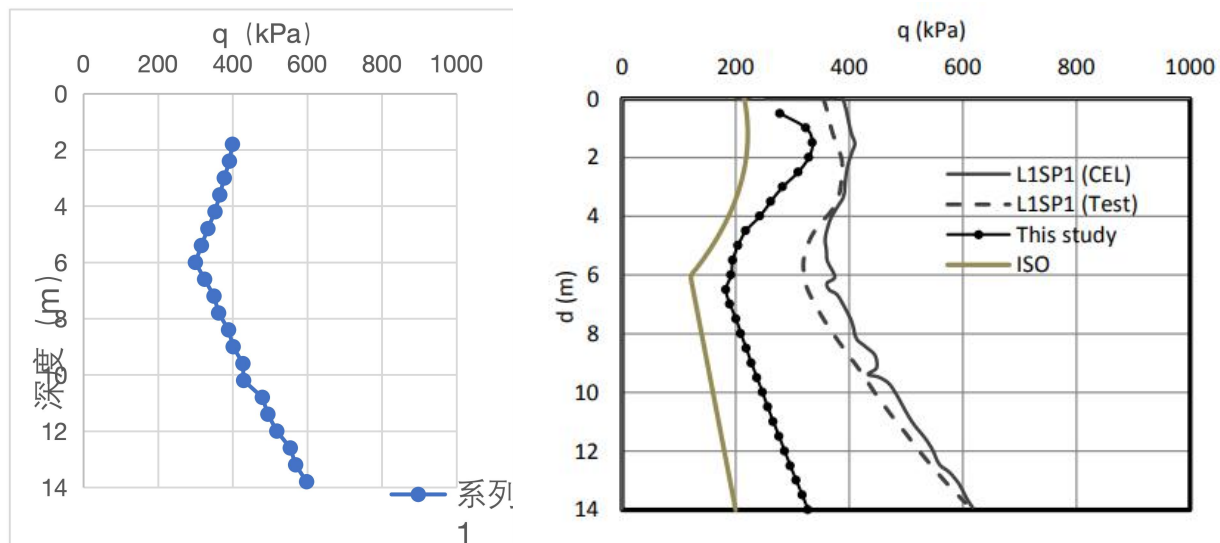


图 3-4 最终结果