

The logo for SoilWorks Tutorials is a maroon square with a white border and a white horizontal line near the top and bottom. The text "SoilWorks" is on the top line and "Tutorials" is on the bottom line, both in white sans-serif font.

SoilWorks Tutorials

II. 基础例题(P-y 分析)

•
基于P-y分析的基础水平稳定验算
•

01. 学习目标	3
02. 概要	4
1. 水平方向稳定验算设计概要	
2. 考虑事项	
3. 模型构成	
03. 作业环境设定及特性定义	9
1. 开始Soilworks/文件导入	
2. 定义地基特性	
3. 定义结构特性	
04. 建模	12
1. 生成地层生成及赋予特性	
2. 设定基础形式	
3. 设定荷载	
4. 设定地下水位设定	
05. 分析	17
1. 设定分析工况	
2. 分析	
06. 分析及确认结果	20
1. 确认分析结果	
2. 生成分析计算书	
07. 深化学习的指南	22

本例题里，验算桩基础的稳定性，计算桩基础的水平位移，利用SoilWorks的基础模块计算水平位移及支护内力，从而熟悉并掌握在SoilWorks中P-y分析的基本流程。

为验算水平方向稳定性，SoilWorks操作流程如下；

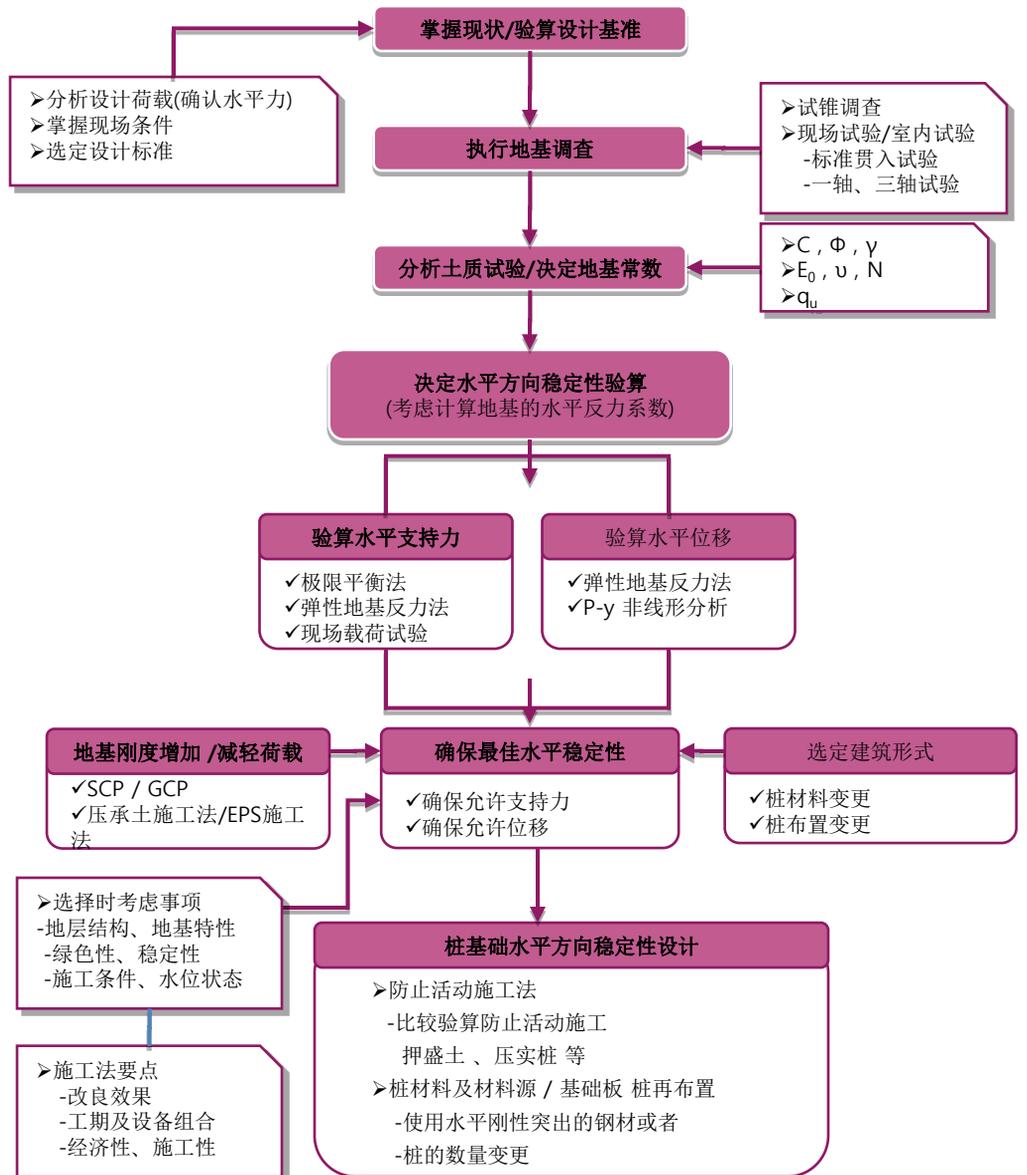


[SoilWorks中的操作流程]

1. 水平方向稳定性验算设计概要

由于土压力、风荷载等活荷载作用于桩头，使得桩产生水平位移或使地基产生破坏，从而对上部结构造成严重的损失，因此，水平方向的稳定性验算是有必要的。水平方向的稳定性判断可以由现场水平荷载实验来确定，或者由设计荷载与水平方向允许承载力的大小确定，或者由设计荷载水平位移和允许水平位移大小来确定。其中，水平方向的允许承载力可由极限平衡法和弹性地基反力法来计算，水平位移量可由弹性地基反力法反推或者由p-y曲线的分析来计算。

■ 水平方向稳定性验算流程图



[水平方向稳定性设计流程]

2. 考虑事项

运行p-y 分析时需要考虑的事项如下；

分析时采用的地基特性参数，使用相关的土工试验果值。当没有相关的试验结果值的情况下，也可以根据经验来取值。

1) 允许水平位移的基准

道路桥设计基准(2001)把桩的水平方向位移的允许值规定为桩直径(基准宽度)的 1%。

2) 水平地基反力系数决定(建筑基础设计基准,2009)

① 利用地基弹性系数的方法

圆形截面桩	$K_h = 0.56 E_s / D$	E_s : 地基的弹性系数
H形钢桩	$K_h = 0.49 E_s / D$	D : 桩的直径

② 粘性土的非排水强度(Davisson,1970)

$K_h = 67 C_u / D$	C_u : 非排水粘聚力
	D : 桩的直径

③ 基于经验推断的值的利用方法

土的种类	K_h (kN/m ³)
非弹性的淤泥或者粘土	2,940 ~ 14,700
弹性的淤泥或者粘土	14,700 ~ 29,400
中等位置的粘土	29,400 ~ 147,000
坚硬的粘土	147,000 以上
沙子(没有粘聚力)	29,400 ~ 78,400

沙子的相对密度	松散	中密	稠密
地下水位上	2,156	6,566	17,640
地下水位下	1,274*	4,410	10,780

土的种类	ηh (kN/m ³)
弹性的正常压密粘土	196 ~ 3,430
正常压密的有机质粘土	1,078 ~ 8,036
英尺	29.4 ~ 107.8

[正常压密粘土地基的 ηh (kN/m³)]

2. 考虑事项

④ 地基 N 值的利用方法

- 基于推导式的方法

$$K_H = 1.208 \cdot (\alpha E_0)^{1.10} \cdot D^{-0.281} \cdot (EI)^{-0.103}$$

E_0 : 地基的弹性系数
 D : 桩的直径

基于下次试验方法的变形系数 E_0 (KN/m ²)	α	
	平时	地震时
在基于孔径 30cm 的刚体原板重复平板载荷试验的曲线中求得的变形系数的 1/2	1	2
在球体内测定的变形系数	4	8
3轴压缩试验中求得的变形系数	4	8
在标准贯入试验的 N 值中, 按 $E_0=2800$ N 推断的变形系数	1	2

[E_0 和 α 值]

基础形式	B_H	备注
直接基础	$\sqrt{A_H}$	
基础工况 ($\beta l < 2$)	$\sqrt{D/\beta}$	稳定计算、构件计算
基础工况 ($1 < \beta l < 2$)	$\sqrt{D/\beta}$	弹性位移量计算
桩基础	$\sqrt{D/\beta}$	
钢管板桩基础	$\sqrt{D/\beta}$	

[基础的换算载荷宽度 B_H]

- 基于逐次计算的方法

- 首先假定桩的特性值 β
- 推断在设计地基面上的 $1/\beta$ 范围的地基变形系数 E_0
- 计算桩的换算载荷宽度 B_H

$$B_H = \sqrt{D/\beta}$$

- 利用公式 $k_R = k_{R0} \left(\frac{1}{0.3} \times B_H \right)^{-\frac{3}{4}}$ $k_{R0} = \left(\frac{1}{0.3} \cdot \alpha \cdot E_0 \right)$ 计算

- 计算 $\beta = \left(\frac{k_R D}{4EI} \right)^{\frac{1}{4}}$, (m^{-1})

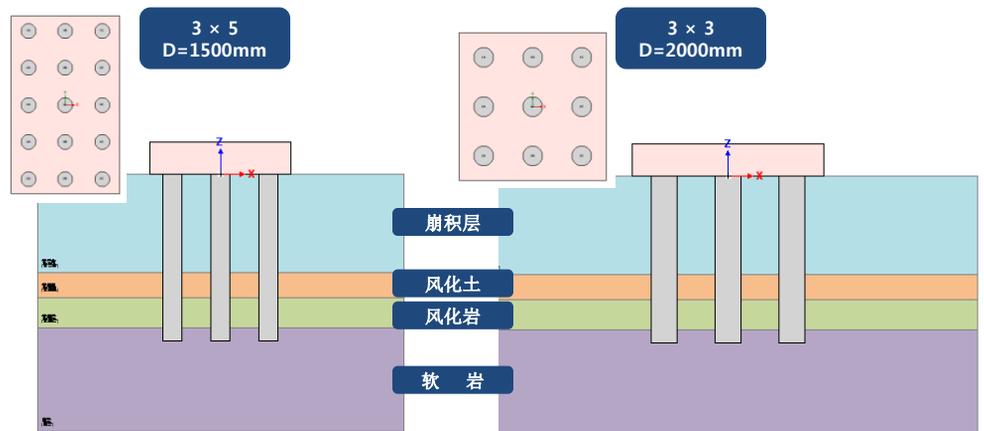
- 比较 e) 的结果和 a) 中的假定值, 当它们的误差小于 1% 时采用, 否则就要重复 a)~f) 的过程

3. 模型构成

在较大的水平荷载下，桩基础会发生较大的水平位移，对上部结构的稳定性将会产生影响。在本例题里，对在水平荷载下桥墩的位移按火车板的桩布置发生的水平位移进行计算。

本例题中利用的模型及地基的特性如下；

1) 模型构成



[模型构成]

2) 材料特性

● 地基特性

名称	崩积层	风化土	风化岩	软岩
模型种类	沙土	沙土	沙土	软岩
一般参数				
弹性模量 $E(\text{KN/m}^2)$	15,000	40,000	80,000	200,000
天然容重 $r_t(\text{KN/m}^3)$	16	17	20	23
饱和容重 $r_{\text{sat}}(\text{KN/m}^3)$	18	19	22	25
粘聚力 (KN/m^2)	-	-	-	3000
内摩擦角 ($^\circ$)	25	26	28	35
其它参数				
材料类型	沙质土 API	沙质土(Seed at all)	沙质土(Seed at all)	WeakRock
初始水平反力系数 $K_h(\text{KN/m}^3)$	1450	16000	43000	140000
50%极限应力 对应的应变	-	-	-	0.0005
单位极限表面摩擦力 (KN/m^2)	20	30	50	300
单位极限桩承载力 (KN/m^2)	600	4000	6000	6000
岩质指数(%)	-	-	-	50

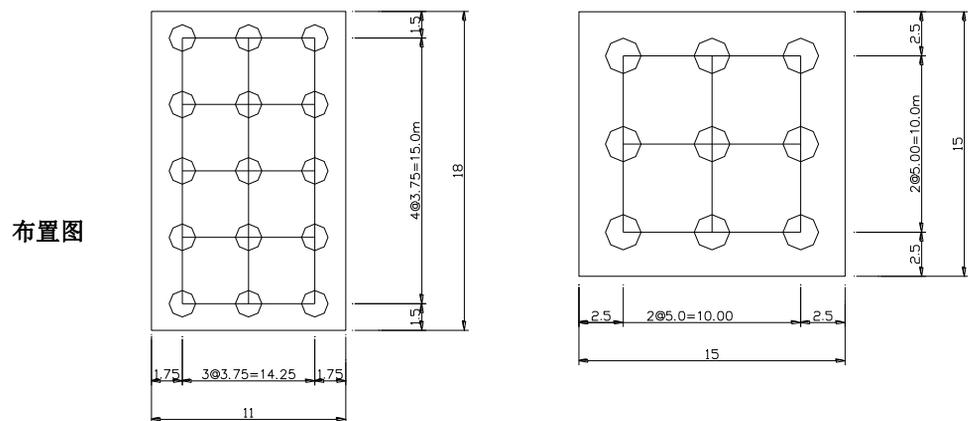
3. 模型构成

- 桩材特性

名称	现浇桩 D=1500mm	现浇桩 D=2000mm
构件种类	现浇	现浇
直径 (m)	1.5	2.0
设计刚度 $f_{ck}(KN/m^2)$	35,000	35,000

- 基础材料特性

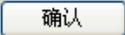
名称	Pier 5 -1500(15EA)	现浇桩 D=2000mm
B(m)	11.0	15.0
L(m)	18.0	15.0
H(m)	2.5m	2.5
基础板底面 深度 (GL.-)	0.0	0.0
复合桩 长度 (m)	13.0	13.0
复合桩 个数	15EA	9EA

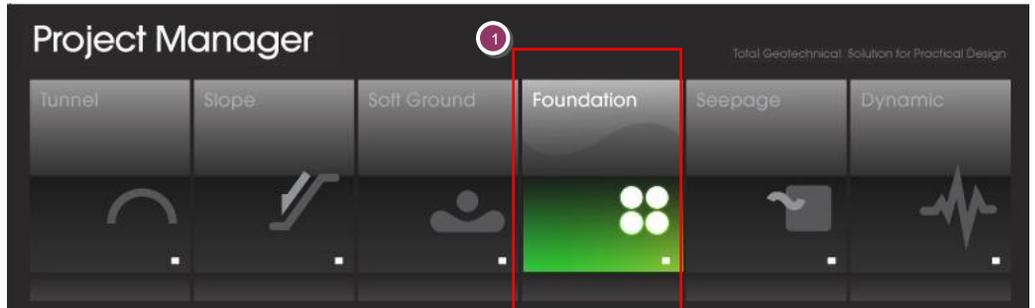


1. 开始SoilWorks /导入文件

导入为了分析预先制作的文件。

桌面中选择 **SoilWorks程序图标** 

1. 点击Project Manager > **Foundation** 按钮 
2. 在“定义初始参数”把单位系按kN, m, sec 设定后点击确认  按钮 



[Soilworks 基础模块开始]

设定单位系数时，力和长度的单位在建模中变更就会自动的换算，但时间单位不能自动的换算，所以与时间关联的变数必须确认。

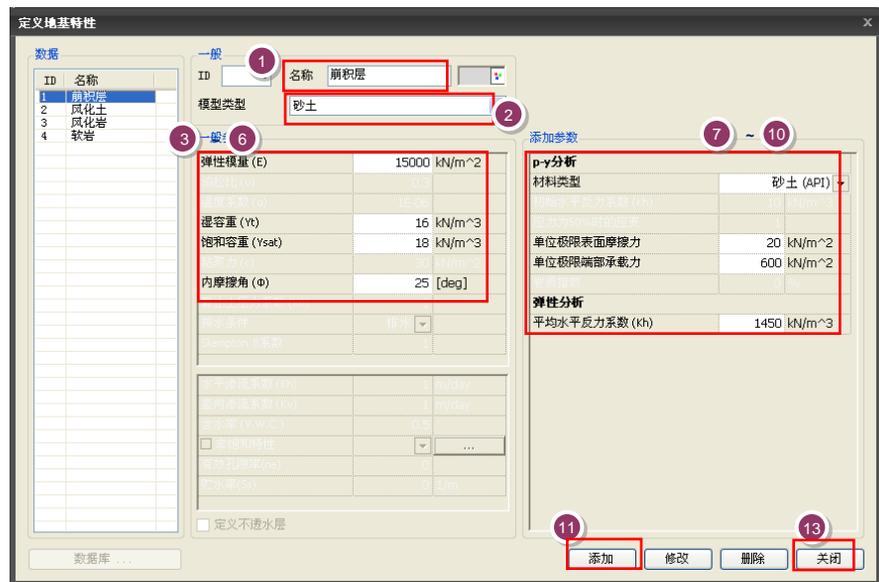
2. 定义地基材料特性

命令框窗口中可以直接输入命令调用菜单。

P-y分析时，因为不使用地基的弹性系数，所以不必另外输入。

主菜单中选择 **基础 > 地基特性** (命令框: gm)

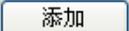
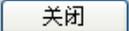
- “名称”输入栏输入 ‘崩积层’
- “模型种类”选择栏中选择 ‘沙土’
- “弹性模型”输入栏输入 ‘15000’
- “湿容重”输入栏输入 ‘16’
- “饱和容重”输入栏输入 ‘18’
- “内摩擦角”输入栏输入 ‘25’
- “材料类型”选择栏选择 ‘沙土(API)’
- “单位极限表面摩擦力”输入栏输入 ‘20’
- “单位极限端部承载力”输入栏输入 ‘600’
- “平均水平反力系数”输入栏输入 ‘1450’
- 点击添加 **添加** 按钮
- 重复1~10过程，制作‘风化土、风化岩、软岩’的地基特性。(参考第7页概要中的地基特性)
- 点击关闭 **关闭** 按钮



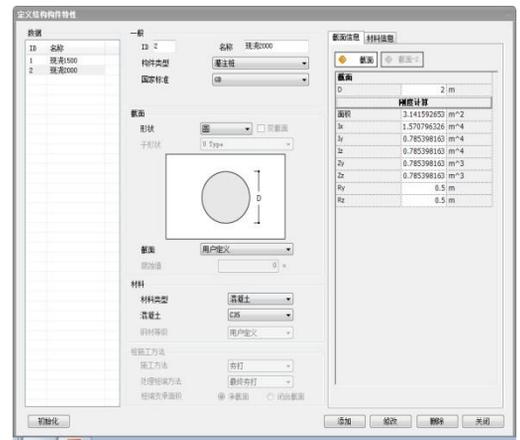
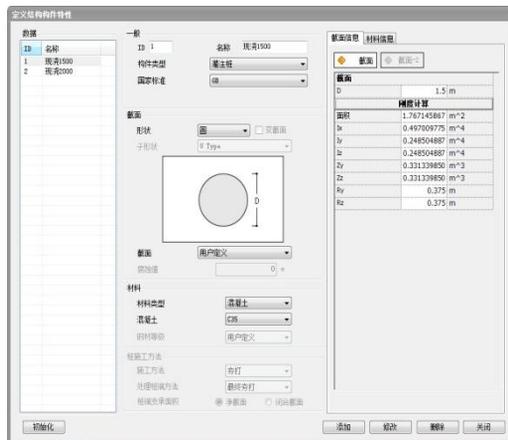
| 地基材料特性定义 |

3. 定义结构构件特性

在主菜单中选择 **基础 > 结构特性**  (命令框: sp)

1. “名称”输入栏输入 ‘现浇1500’
2. “构件类型”选择栏选择 ‘灌注桩’
3. “国家标准”选择栏选择 ‘GB’
4. “材料”> “材料类型”选择栏选择 ‘混凝土’
5. “混凝土等级”选择栏选择 ‘C35’
6. “截面信息栏”截面 > “D(直径)” 输入栏输入 ‘1.5’ 
7. 点击添加  按钮
8. “名称”输入栏输入 ‘现浇2000’
9. “构件类型”选择栏选择 ‘灌注桩’
10. “国家标准”选择栏选择 ‘GB’
11. “材料”> “材料类型”选择栏选择 ‘混凝土’
12. 混凝土等级选择栏选择 ‘C35’
13. “截面信息栏”截面 > “D(直径)”输入栏输入 ‘2.0’ 
14. 点击添加  按钮
15. 点击关闭  按钮

 基于桩的直径输入，会自动形成截面刚性计算。



[结构特性定义]

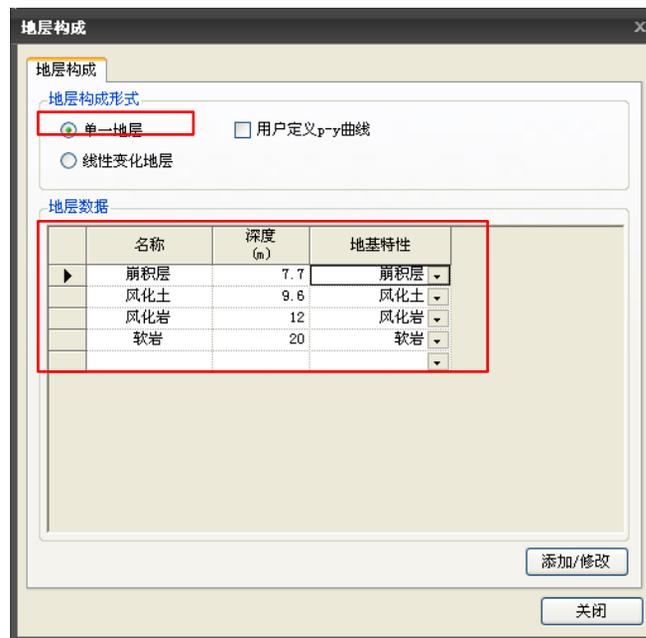
1. 生成地层及赋予特性

地层生成和特性赋予。

在主菜单中 **基础 > 地层构成**  (命令框: **dsli**)

把制作的地基特性在地层组成中赋予。

1. 作业框中选择 **‘单一地层’**
2. 地层数据表1行上输入“名称” **‘崩积层’**和“深度” **‘7.7’**后选择“地基特性” **‘崩积层’**
3. 地层数据表2行上输入“名称”: **‘风化土’**和“深度” **‘9.6’**后选择“地基特性” **‘风化土’**
4. 地层数据表3行上输入“名称”: **‘风化岩’**和“深度” **‘12.0’**后选择“地基特性” **‘风化岩’**
5. 地层数据表4行上输入“名称” **‘软岩’**和“深度” **‘20.0’**后选择“地基特性” **‘软岩’**
6. 点击添加/修改  按钮



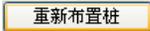
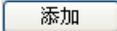
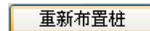
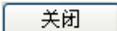
[地基及结构材质特性赋予]

2. 设定基础形式

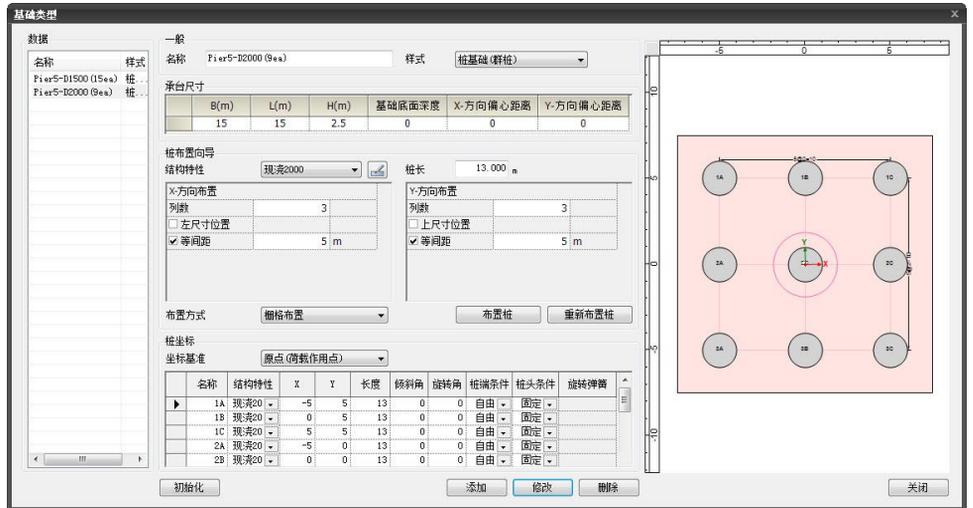
设定结构形式。

在主菜单中点击 **基础 > 基础形式**  (命令框: FDI)

设定现有地基条件中的结构形式

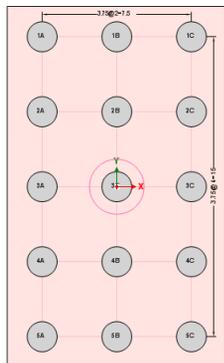
1. 输入基础形式设定的名称 '*Pier5-D1500(15ea)*'
2. 输入承台尺寸, 在表中按次序输入 B = **11.0**, L=**18.0**, H=**2.5**, 基础底面深度=**0.0**
3. 为选择需要布置的桩, 在结构特性选择栏中选择 '*现浇1500*'
4. 输入桩长 '**13**'
5. X方向桩布置列数输入'**3**'
6. 为设定从基础板中心开始的布置, 取消勾选“左尺寸布置”
7. 等间距输入 '**3.75**'
8. Y方向桩列数输入'**5**'
9. 为设定从基础板中心开始的布置, 取消勾选“上尺寸布置”
10. 等间距输入 '**3.75**'
11. 布置方式选择栏选择 '*栅格布置*'
12. 点击  按钮
13. 确认右边布置图面
14. 点击添加  按钮
15. 输入为基础形式设定的名称 '*Pier5-D2000(9ea)*'
16. 输入承台尺寸, 在表中按次序输入 B = **15.0**, L=**15.0**, H=**2.5**, 基础底面深度=**0.0**
17. 为选择需要结构布置的桩, 在结构特性选择栏中选择 '*现浇2000*'
18. 输入桩长 '**13**'
19. X方向桩列数输入'**3**'
20. 为设定从基础板中心开始的布置, 取消勾选“左尺寸布置”
21. 等间距输入 '**5.0**'
22. Y方向桩列数输入 '**3**'
23. 为设定从基础板中心开始的布置, 取消勾选“上尺寸布置”
24. 等间距输入 '**5.0**'
25. 布置方式选择栏选择 '*栅格布置*'
26. 点击  按钮
27. 确认右侧布置图面
28. 点击添加  按钮
29. 点击关闭  按钮

2. 基础形式设定



[设定基础形式]

桩各自的排列名称，横轴方向ABC顺序，竖轴方向按123数字命名



名称	结构特性	X	Y	长度	倾斜角	旋转角	端部条件	厚度条件	旋转弹簧
1A	现场夯	-3.75	7.5	13	0	0	自由	固定	
1B	现场夯	0	7.5	13	0	0	自由	固定	
1C	现场夯	3.75	7.5	13	0	0	自由	固定	
2A	现场夯	-3.75	3.75	13	0	0	自由	固定	
2B	现场夯	0	3.75	13	0	0	自由	固定	

对自动布置的桩的排列，可以修正桩各自的坐标和长度头部及先端固定条件。

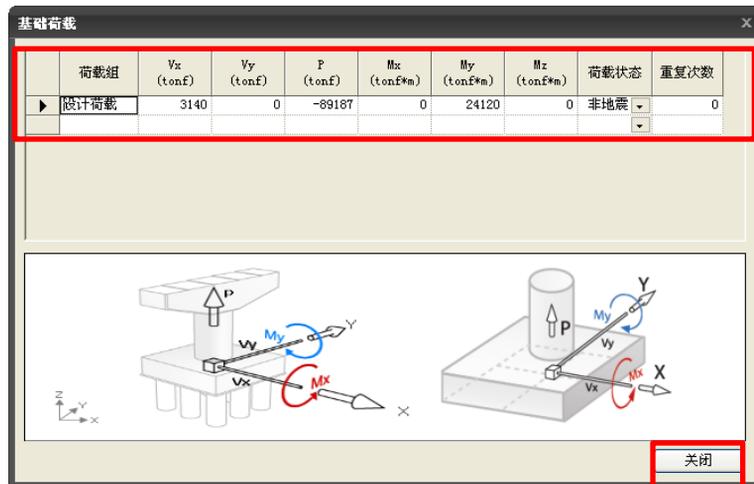
3. 设定荷载

设定作用在基础的荷载。

在主菜单中点击 **基础 > 荷载和边界 > 基础荷载**  (命令框: **FDL**)

在现有的模型中设定作用荷载

1. 在基础作用荷载定义框中，要作用的荷载组输入栏的荷载组上输入 **‘设计荷载’**、VX(交轴方向水平力)上输入 **‘3140’**、VY(交轴直角方向水平力)上输入 **‘0’**、P(垂直方向作用力)上输入 **‘-89187’**、MX(交轴直角方向力矩)上输入 **‘0’**、MY(交轴方向力矩)上输入 **‘24120’**、MZ(垂直方向力矩)上输入 **‘0’** 后，选择荷载状态 **‘正常’**、反复次数输入栏输入 **‘0’** 后 Enter
2. 点击关闭  按钮



[设定荷载作用]

4. 设定地下水位

设定地下水位。

在主菜单中，点击**基础 > 荷载和边界 > 水位线**  (命令框：wl)

在现有的模型中设定地下水位

1. 地下水位边界组的名称栏中输入‘地下水位’
2. 地下水位输入栏中输入 ‘3.5’
3. 点击确认 按钮

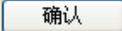
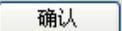
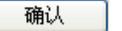


[设定地下水位]

1. 设定分析工况

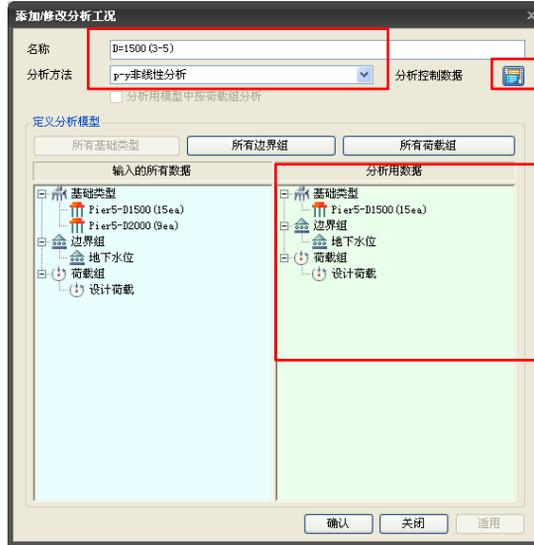
设定分析中要使用的分析工况。

在主菜单中，选择 **分析 和 计算书控制 > 分析工况**  (命令框：ac)

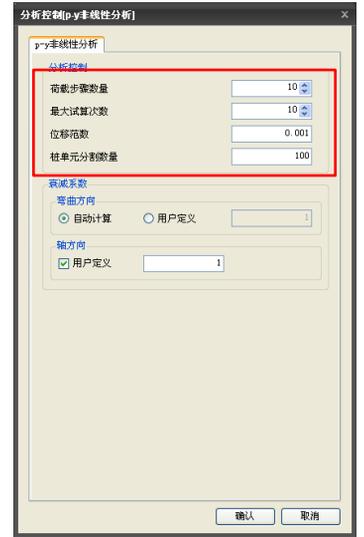
1. 分析工况定义框中点击添加  按钮
2. 名称栏中输入 '**D=1500(3-5)**'
3. 分析方法选择栏中选择 '**P-y 非线性分析**'
4. 选择分析控制数据  按钮
5. “荷载步骤数量”输入栏中输入 '**10**'
6. “最大迭代次数”输入栏中输入 '**10**'
7. “桩单元分割数量”输入栏中输入 '**100**'
8. 点击确认  按钮
9. ‘输入的所有数据’的基础形式中，选择 '**Pier5-D1500(15ea)**'拖拽到‘分析用数据’
10. ‘输入的所有数据’的边界组 '**地下水位**'，拖拽到‘分析中要使用的数据’
11. ‘输入的所有数据’的荷载组中选择 '**设计荷载**'，拖拽到‘分析中要使用的数据’
12. 点击确认  按钮
13. 分析工况定义框中点击添加  按钮
14. 名称栏中输入 '**D=2000(3-3)**'
15. 分析方法选择栏中选择 '**P-y 非线性分析**'
16. 选择分析控制数据  按钮
17. “荷载步骤数量”输入栏中输入 '**10**'
18. “最大迭代次数”输入栏中输入 '**10**'
19. “桩单元分割数量”输入栏中输入 '**100**'
20. 点击确认  按钮
21. ‘输入的所有数据’的基础形式中选择 '**Pier5-D2000(9ea)**'，拖拽到‘分析用数据’
22. 选择‘输入的所有数据’的边界组 '**地下水位**'，拖拽到‘分析中要使用的数据’
23. ‘输入的所有数据’的荷载组中选择 '**设计荷载**'，拖拽到‘分析中要使用的数据’
24. 点击确认  按钮



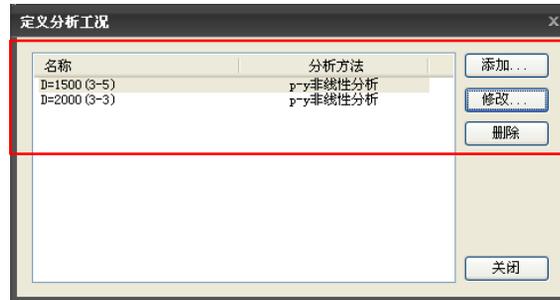
[分析状况设定]



[分析工况设定]



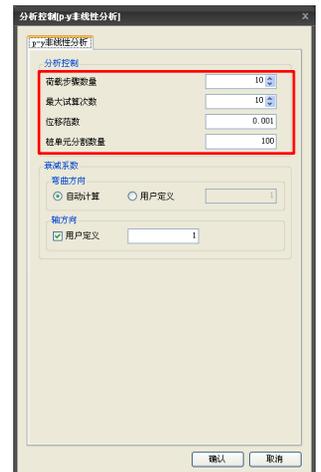
[设计选项 定义]



[分析工况追加设定]



[分析工况设定]

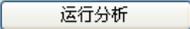


[设计选项定义]

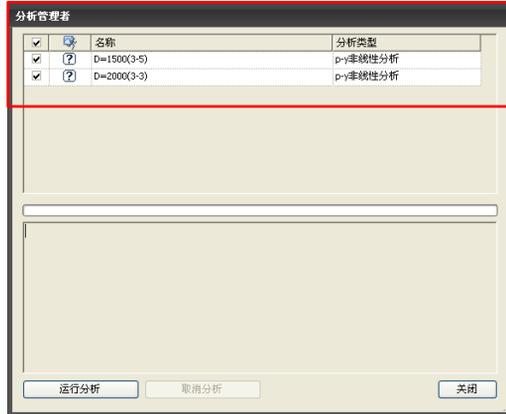
2. 分析

利用现有的分析工况执行分析。

在主菜单中，选择 **运行 > 分析**  (命令框：ra)

1. 确认勾选 'D=1500(3-5)'、'D=2000(3-3)'
2. 点击运行分析  按钮 

 分析过程中发生的信息，在执行分析管理者下端部表示，特别需要注意的是发生Warning的情况下，分析结果有可能不正常。对于分析的信息用 Text 文件格式化，与 Save 文件统一在文件夹 .OUT 文件中存储。



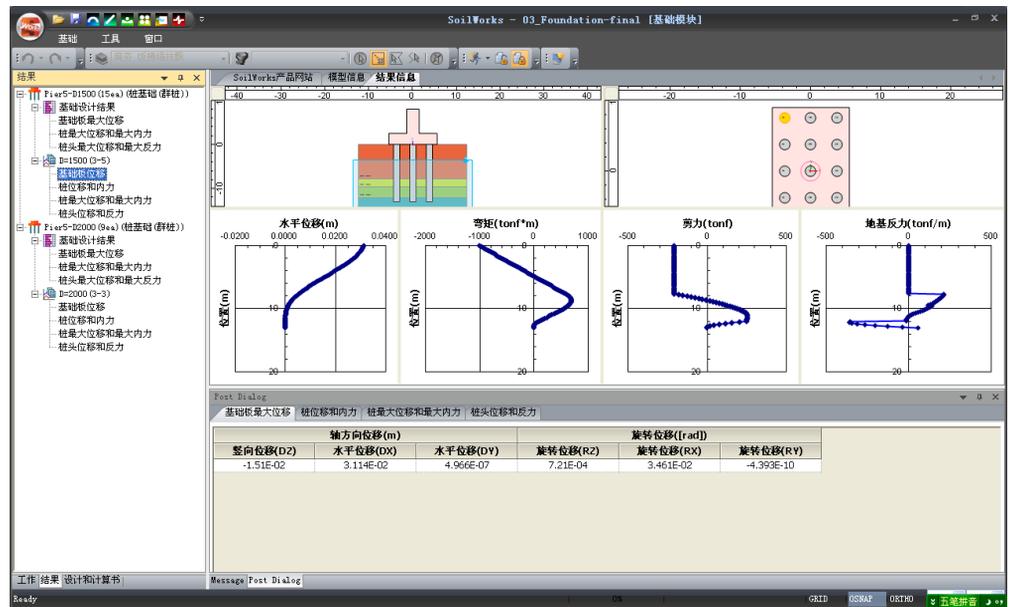
[分析]

1. 确认分析结果

确认基于分析工况的 P-y 分析结果。

在结果目录中选择 **主菜单 > 图形结果 > 分析工况**

1. 选择基础形式
2. 选择分析工况
3. 选择验算桩
4. 选择验算方向
5. 确认分析结果深度的水平位移、力矩、抗剪力、地基位移结果。
6. 选择结果目录或Post Dialog Tab来确认结果值表



[确认分析结果]

节点	位置(m)	竖向位移		水平位移(m)		地基反力(tonf/m)		p-y Curve
		Dz	Dx	Dy	Dxy	Sx	Sy	
2	0.000	-1.236E-02	3.12E-02	2.837E-05	3.12E-02	0E+00	0E+00	-3.923E+01
3	0.130	-1.223E-02	3.109E-02	2.9E-05	3.109E-02	0E+00	0E+00	-3.899E+01
4	0.259	-1.211E-02	3.096E-02	2.957E-05	3.096E-02	0E+00	0E+00	-3.875E+01
5	0.389	-1.198E-02	3.081E-02	3.009E-05	3.081E-02	0E+00	0E+00	-3.85E+01
6	0.519	-1.185E-02	3.063E-02	3.054E-05	3.063E-02	0E+00	0E+00	-3.826E+01

[确认Post Dialog分析结果]

2. 输出分析报告书

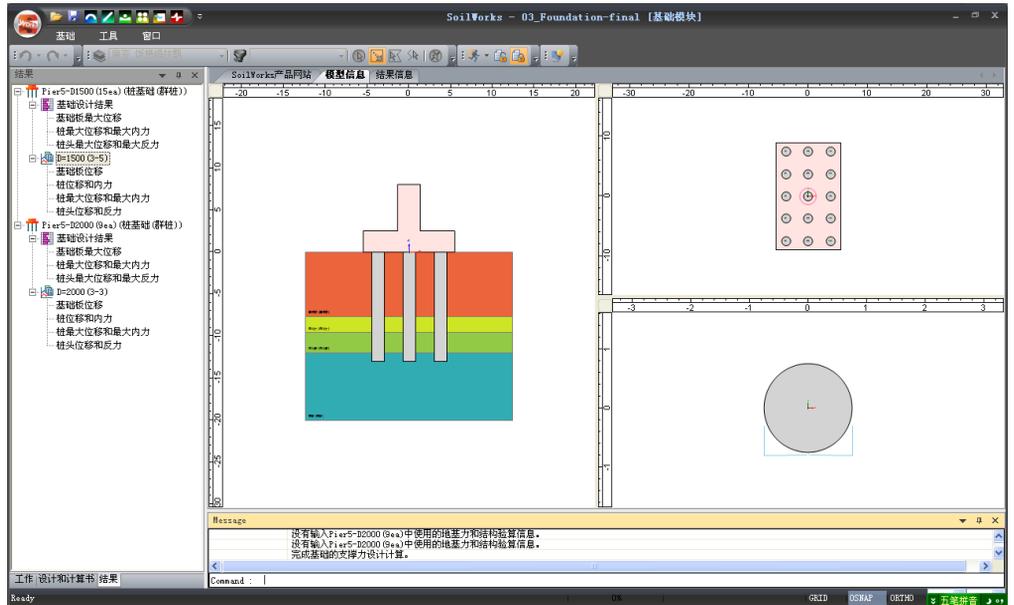
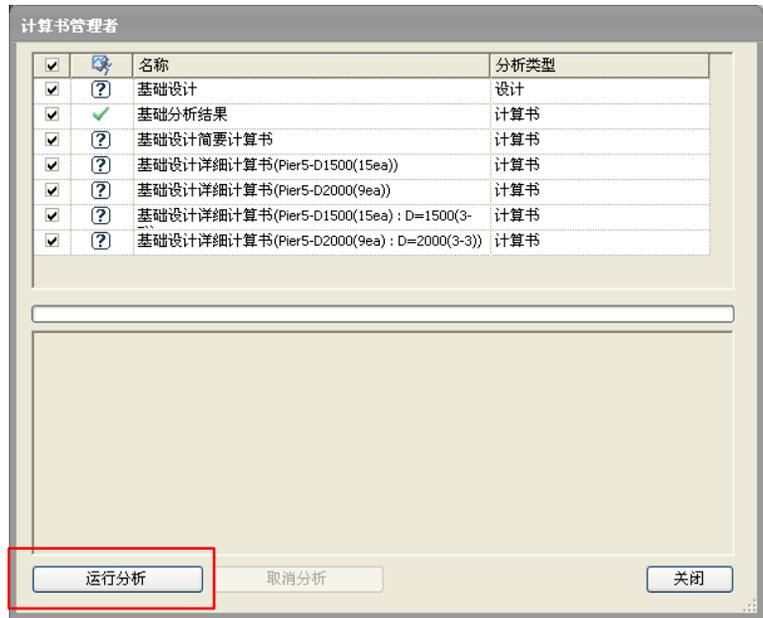
输出P-y 分析报告书结果。

在主菜单 中选择 **运行 > 计算书**  (命令框 : rr)

1. 选择基础分析结果报告书
2. 点击运行分析  按钮 
3. 报告书生成后双击左侧 **设计及计算书** 标记的 **基础分析验算** 来确认报告书

基础分析结果报告书在p-y分析后，仅在Post Mod e中才可能制作。

同时，按 MS-Words 形式输出，生成位置在与分析文件统一的位置中生成。



本例题里，通过运行p-y分析法验算桥梁基础的水平方向的稳定性。

通过基础模块计算结果，在实际工程中可以直接对基进行设计：

- 1) 对同一的地基条件可以同时计算多种多样的基础形式并对不同的施工工法的承载力及土体沉降量进行验算，并可以对验算结果进行要点分析，对于满足规范的基础形式生成结果计算书。
- 2) 桩基础以各种设计规范为标准，能够进行验算及比较分析。

为了能够通过基础模块相关的操作，熟悉基础设计的流程组成如下：

- 1) 基于桩基础形式的垂直方向及水平方向稳定性验算
- 2) 基于基础形式的桩荷载计算和结构设计

利用SoilWorks的各模块例题通过 (<http://www.MidasUser.com>) 网站提供，有关技术资料也准备在今后更新。