



PLAXIS 3D
Tutorial Manual
2013

岩土工程有限元分析软件

PLAXIS 3D 2013[®]

案例教程



北京筑信达工程咨询有限公司
北京市古城西街 19 号研发主楼 4 层, 100043

版 权

计算机程序 PLAXIS 及全部相关文档都是受专利法和版权法保护的产品。全球范围的所有权属于 Plaxis bv。如果没有 Plaxis 和北京筑信达工程咨询有限公司的预先书面许可，未经许可的程序使用或任何形式的文档复制一律禁止。

更多信息和此文档的副本可从以下获得：

北京筑信达工程咨询有限公司

北京市古城西街 19 号研发主楼 4 层 100043

电话：86-10-6892 4600

传真：86-10-6892 4600 - 8

电子邮件：support@cisec.cn

网址：www.cisec.cn

北京筑信达工程咨询有限公司版权所有©, 2013.

目录

水位快速下降分析.....	1
几何建模.....	2
1.1 工程属性.....	2
1.2 土层定义.....	2
1.3 坝体定义.....	3
生成网格.....	4
执行计算.....	5
3.1 初始阶段：高水位.....	5
3.2 阶段 1：水位快速下降.....	6
3.3 阶段 2：水位缓慢下降.....	8
3.4 阶段 3：低水位.....	9
3.5 阶段 4 到 7：.....	9
查看结果.....	11

www.ciseg.cn

几何建模

1.1 工程属性

1. 打开输入程序，从快速选择对话框中选择开始新项目。
2. 在项目属性窗口中输入合适的标题。
3. 保持默认的单位并设置模型边界为 $x_{min}=-130$ ， $x_{max}=130$ ， $y_{min}=0$ ， $y_{max}=50$ 。

假设坝体位于开阔河谷，取 50m 长的坝体代表段以减小模型尺寸。模型的几何形状见图 1.1。

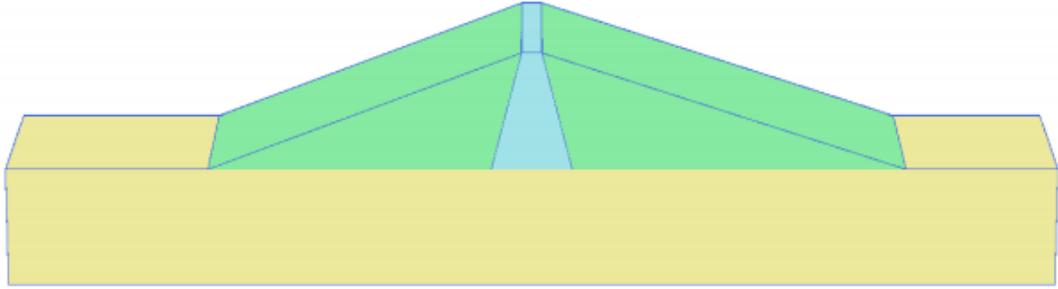


图 1.1 模型的几何形状

1.2 土层定义

为了定义下卧的地基土体，需要添加一个钻孔并赋予材料属性，模型中的地基土层考虑 30m 厚的超固结粉砂层。

1.  在(0,0,0)处创建钻孔，弹出修改土层窗口。
2. 添加从地表($z=0$)至 30m 深处($z=-30$)的土层。
3. 设置钻孔水头为-10m，自动生成一个水平水位。该水位将与地下水渗流的面边界条件组合用于完全流固耦合分析中。
4.  打开材料组窗口。
5. 参照表 1.1 给出的信息，在土体和界面选项中创建数据组。注意此处与界面和初始条件页面无关(未用到界面或 K_0 过程)。
6. 将地基土材料组赋给钻孔中的土层。

表 1.1 坝体和地基土材料属性表

参数	名称	心墙	填料	地基土	单位
常规					
材料模型	<i>Model</i>	摩尔库伦	摩尔库伦	摩尔库伦	-
排水类型	<i>Type</i>	非透水	透水	透水	-
水位以上的土体重度	γ_{unsat}	16	16	17	kN/m^3
水位以下的土体重度	γ_{sat}	18	20	21	kN/m^3
参数					
杨氏模量	E'	1.50E+03	2.00E+04	5.00E+04	kN/m^2
泊松比	ν'	0.35	0.33	0.3	-

粘聚力	c',ref	-	5	1	kN/m^2
不排水抗剪强度	su,ref	5	-	-	kN/m^2
摩擦角	φ'	-	31	35	$^\circ$
剪胀角	ψ	-	1	5	$^\circ$
杨氏模量增量	E',inc	300	-	-	kN/m^2
参考位置	zref	30	-	-	m
不排水抗剪强度增量	su,inc	3	-	-	kN/m^2
参考位置	zref	30	-	-	m
渗流					
渗流数据组	Model	Hypres	Hypres	Hypres	-
模型	-	VG 模型	VG 模型	VG 模型	-
土体	-	下层土	下层土	下层土	-
土体粗细度	-	很细	粗	粗	-
水平渗透系数	kx	1.00E-04	0.25	0.01	m/day
	ky	1.00E-04	0.25	0.01	m/day
垂直渗透系数	kz	1.00E-04	0.25	0.01	m/day

1.3 坝体定义

坝体在结构模式中定义。

1.  在(-80 0 0)、(92.5 0 0)、(2.5 0 30)和(-2.5 0 30)处指定点来定义面。
2.  在(-10 0 0)、(10 0 0)、(2.5 0 30)和(-2.5 0 30)处指定点来定义面。
3. 在绘图区选中两个面并单击右键，在弹出的菜单中选择**交叉与重组**选项。
4. 选中这些面并沿(0 50 0) 拉伸，生成代表坝体的实体。
5. 删除用于创建土体实体的面。
6. 将对应的材料组赋给土体实体。
7.  时间相关条件可以赋给地下水渗流面边界条件。按照表 1.2 中的信息来定义地下水渗流面边界条件（利用创建水力条件工具）。

表 1.2 地下水渗流面边界条件

面	点
1	(-130 0 0), (-80 0 0), (-80 50 0), (-130 50 0)
2	(-80 0 0), (-2.5 0 30), (-2.5 50 30), (-80 50 0)
3	(-130 0 0), (-130 0 -30), (-130 50 -30), (-130 50 0)

生成网格

在生成网格时建议将单元分布参数设定为细。修改全局粗细度：

1.  在工具栏中点击**生成网格按钮**，弹出网格选项窗口。
2. 从单元分布下拉列表中选择选项**细**(如图 2.1)

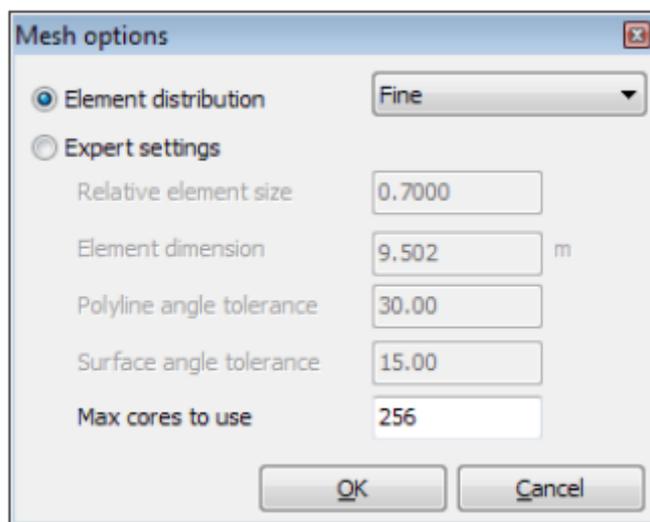


图 2.1 全局粗细度修改

3. 点击 **OK** 按钮关闭网格选项(*Mesh options*)窗口，生成网格。
4.  点击工具栏中的**查看网格(View mesh)**按钮来预览生成的网格，网格划分结果如图 2.2 所示。

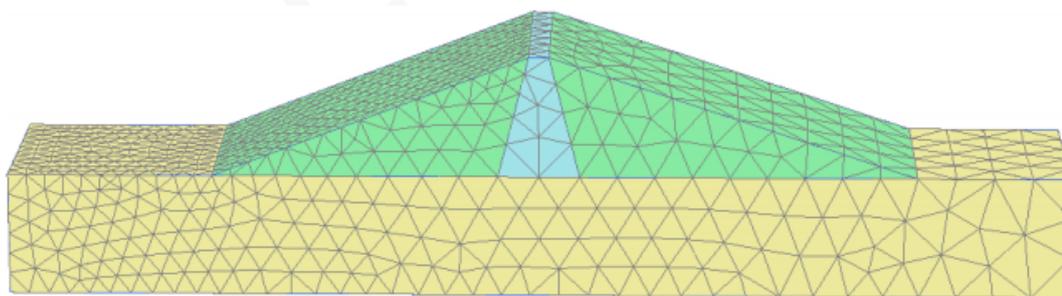


图 2.2 网格划分结果

执行计算

计算过程将考虑初始状态(高水位)、水位快速下降工况、水位慢速下降工况以及最终的低水位工况。每种工况都要进行安全性分析。

1. 进入水位设置模式。
2.  依照表 3.1 给出的信息, 创建对应满库的高水位工况, 以及下降后的低水位工况。
3. 在模型浏览器(*Model explorer*)的属性库(*Attribute library*)中将创建的用户水位重命名为“高水位” (*High_Reservoir*)和“低水位” (*Low_Reservoir*)。

表 3.1 水位

水位	点
高水位	(-130 0 25), (-10 0 25), (93 0 -10), (130 0 -10), (130 50 -10), (93 50 -10)(-10 50 25), (-130 50 25)
低水位	(-130 0 5), (-10 0 5), (93 0 -10), (130 0 -10), (130 50 -10), (93 50 -10)(-10 50 5), (-130 50 5)

注: 钻孔水位和非水平的用户水位不能修改(如时间相关性)。

3.1 初始阶段: 高水位

1. 进入分步施工(*Staged construction*)模式
2. 在阶段浏览器(*Phases explorer*)中双击初始阶段(*Initial phase*)
3. 在阶段窗口的常规设置子树下将阶段重命名为“高水位” (*High reservoir*)。
4.  选择重力加载(*Gravity Loading*)选项作为计算类型。注意分步施工(*Staged construction*)是加载类型的唯一选项。
5.  选择孔隙压力计算类型为稳态地下水渗流(*Steady state groundwater flow*)。

注意: 在变形控制参数(*Deformation control parameters*)子树中, 默认选择忽略不排水行为(A, B)和忽略吸力(*Ignore suction*)选项。数值控制参数(*Numerical control parameters*)和水力控制参数(*Water control parameters*)子树中的参数均采用默认值。

6. 单击 *OK* 关闭阶段窗口。
7. 在分步施工(*Staged construction*)模式中激活代表坝体的土体。
8. 在模型浏览器(*Model explorer*)中展开模型条件(*Model conditions*)子树。
9. 在地下水渗流(*GroudwaterFlow*)子树中将(*Boundary Y_{min}*, *BoundaryY_{max}*, *BoundaryZ_{min}*)设为关闭。其余边界打开(图 3.1)。
10. 在水力条件子树中选择高水位(*High_Reservoir*)作为全局水位(*Global Water Level*)。

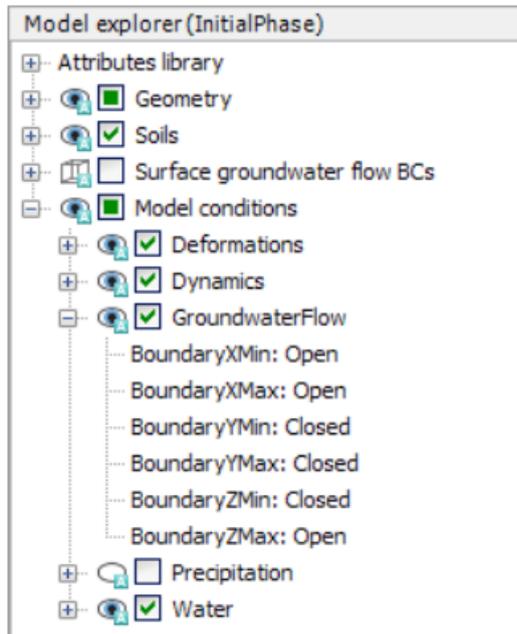


图 3.1 地下水渗流边界条件

3.2 阶段 1：水位快速下降

在水位快速下降阶段，水库中的水位将在 5 天内从 $Z=25m$ 下降到 $Z=5m$ 。定义描述水位变化的函数如下：

1. 在模型浏览器(*Model explorer*)中展开属性库 (*Attributes library*)。
2. 右键点击渗流函数(*Flow functions*)并在弹出的菜单中选择编辑(*Edit*)选项，出现渗流函数(*Flow functions*)窗口。
3.  在水头函数(*Head functions*)页面中点击对应按钮添加一个新函数。新函数将在列表中高亮显示，定义函数的各选项也将显示。
4. 给快速下降函数指定一个合适的名字(比如 *Rapid*)
5. 在信号(*Signal*)下拉菜单中选择线性(*Linear*)选项
6. 令 $\Delta Head = -20m$ ，代表总的水位下降值
7. 指定时间间隔为 5 天。定义的函数图形如图 3.2 所示。
8. 单击 *OK* 关闭渗流函数(*Flow functions*)窗口
9.  添加一个新的计算阶段并重命名(如 *Rapid drawdown*)
10.  选择计算类型(*Calculation*)为完全流固耦合 (*Fully coupled flow-deformation*)
11. 设置时间间隔(*Time interval*)为 5 天。

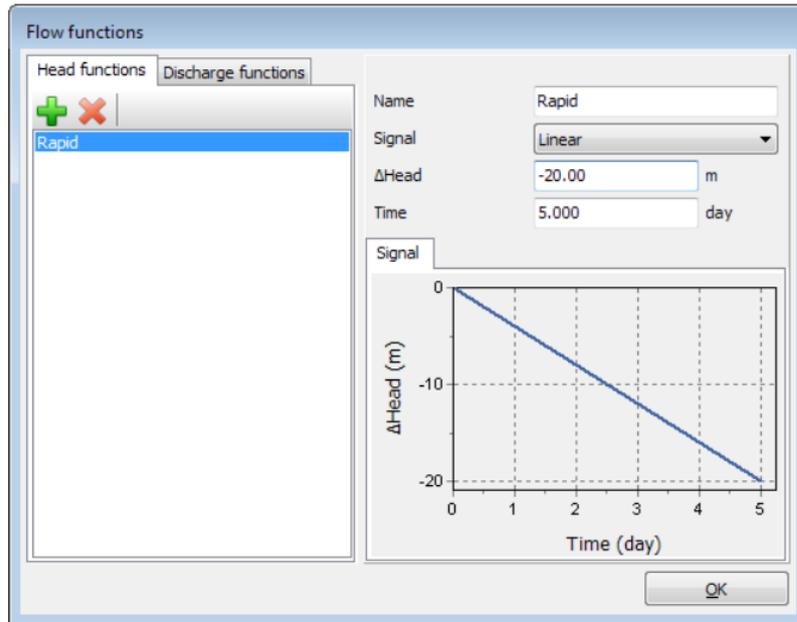


图 3.2 水位快速下降工况下的渗流函数

12. 在位移控制参数(*Deformation control parameters*)子树中, 选择重置位移为零(*Reset displacements to zero*)选项。
13. 点击 *OK* 关闭阶段(*Phases*)窗口
14. 激活全部地下水渗流面边界条件
15. 在绘图区多选地下水渗流面边界条件。
16. 在选择浏览器(*Selection explorer*)中, 选择水头(*Head*)选项作为行为特征。水头分布为常量(*Constant*), 令 $h_{ref}=25m$ 。
17. 将时间相关性设置为时间相关 (*Time dependent*), 并将水头函数(*Head Function*)选择为快速下降(*Rapid*)。与水头函数相关的信息也会显示在对象浏览器(*Object explorers*)中(图 3.3)。

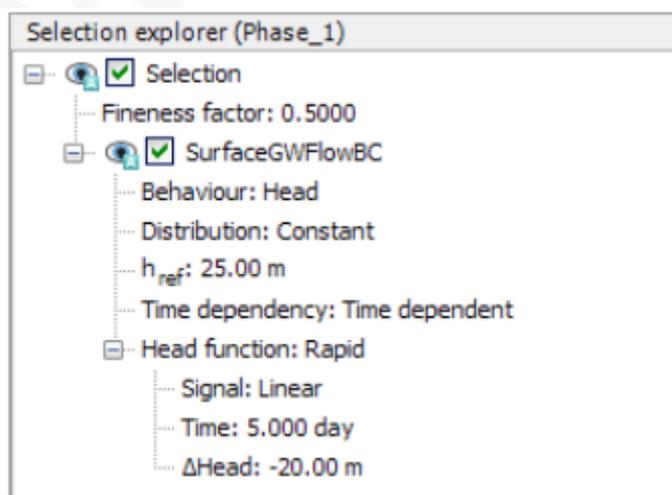


图 3.3 水位快速下降工况下的 SurfaceGWFlowBC(地下水流体面边界条件)的定义

PLAXIS 3D 2013 案例教程：水位快速下降分析

18. 在模型浏览器(*Model explorer*)中的水力条件 (*Water*) 子树下选择钻孔水位 1(*BoreholeWaterLevel_1*)选项作为全局水位。

3.3 阶段 2：水位缓慢下降

在水位缓降阶段，水库水位将在 50 天内从 $z=25\text{m}$ 下降到 $z=5\text{m}$ 。定义描述水位变化的函数如下：

1. 按照前述步骤创建一个新的渗流函数
2. 给缓慢下降函数指定一个合适的名字(比如 *Slow*)
3. 在信号(*Signal*)下拉菜单中选择线性 (*Linear*) 选项
4. 令 $\Delta \text{Head} = -20\text{m}$ ，代表总的水位下降值
5. 指定时间间隔为 50 天。定义的函数图形如图 3.4 所示。

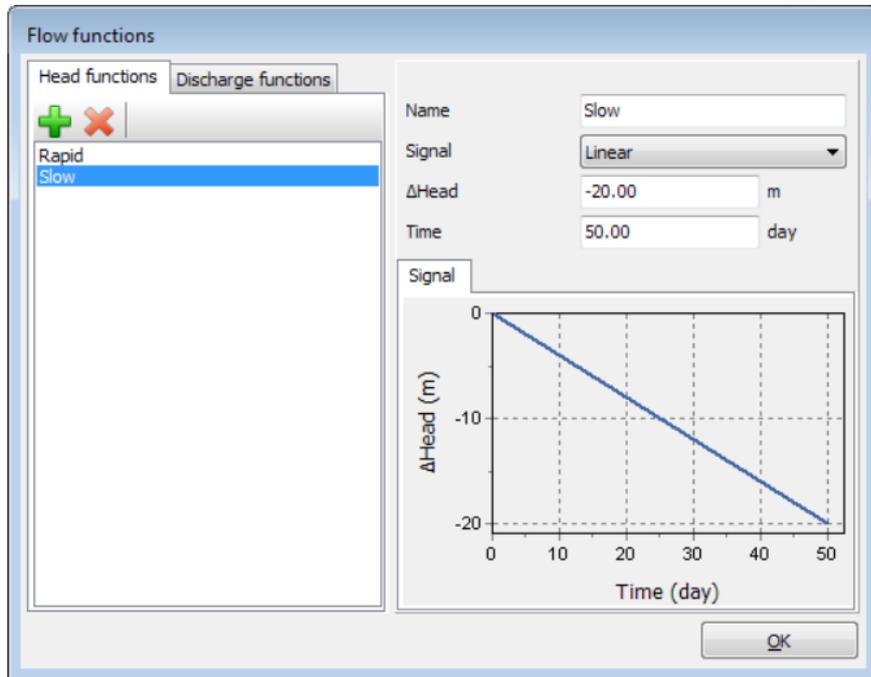


图 3.4 水位缓降工况下的渗流函数

6. 点击 *OK* 关闭渗流函数(*Flow functions*)窗口。
7.  添加一个新的计算阶段并重命名(如 *Slow drawdown*)
8. 设置开始阶段 (*Start from phase*)参数为高水位(*High reservoir*).
9.  设置计算类型(*Calculation type*)为完全流固耦合 (*Fully coupled flow-deformation*) .
10. 设置时间间隔为 50 天。
11. 在变形控制参数子树中，选择重置位移为零选项。
12. 点击 *OK* 关闭阶段窗口。
13. 在模型中选中全部地下水渗流面边界条件。
14. 在选择浏览器中选择慢速下降(*Slow*)选项作为水头函数
15. 钻孔水位 1(*BoreholeWaterLevel_1*)仍然作为全局水位(*GlobalWaterLevel*)。

3.4 阶段 3：低水位

本阶段考虑低库水位下的稳态渗流工况

1.  添加一个新的计算阶段
2. 在阶段浏览器中双击新增加的计算阶段，则显示阶段窗口
3. 在常规设置子树中指定新计算阶段的名字(比如 *Low level*)
4. 设置开始阶段参数为高水位(*High reservoir*)
5.  设置计算类型为塑性(*Plastic*)选项。
6.  设置孔隙压力计算类型(*Pore pressure calculation type*)为稳态地下水渗流(*Steady state groundwater flow*)选项。
7. 在变形控制参数子树中，选择重置位移为零选项。
8. 点击 *OK* 关闭阶段窗口。
9. 在模型浏览器(*Model explorer*)中的关闭地下水渗流面边界条件(*BSs*)。
10. 在水力条件子树中选择低库水位(*Low_Reservoir*)作为全局水位(*GlobalWaterLevel*)。

3.5 阶段 4 到 7:

阶段 4-7 分别为前述各阶段定义稳定性计算。

1.  在 *Phases explorer*(阶段浏览器)中选择相应的阶段，添加一个新的计算阶段并进入阶段窗口。
2.  设置计算类型(*Calculation type*)为安全性计算(*Safety*)。设置增量乘子(*Incremental multipliers*)为加载类型(*Loading type*)
3. 在变形控制子树中，选择重置位移为零(*Reset displacements to zero*)选项。
4. 在数值控制参数(*Numerical control parameters*)子树中，令阶段 4 的最大步数为 30，阶段 5-7 的最大步数为 50。阶段浏览器的最终视图如图 3.5 所示。

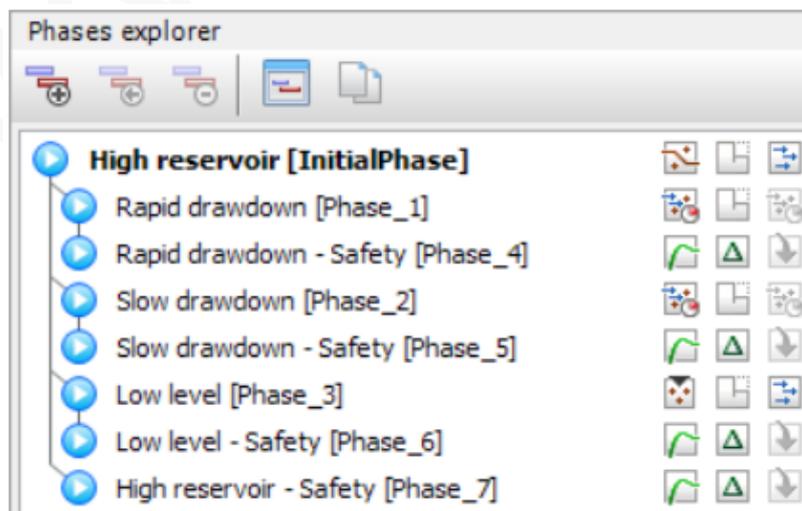


图 3.5 阶段浏览器 (phases explorer) 的最终视图

PLAXIS 3D 2013 案例教程：水位快速下降分析

 在分步施工(*Staged construction*)模式中选择位于顶点(-2.5 25 30)处的节点。

 在分步施工(*Staged construction*)模式中点击计算(*Calculation*)按钮开始执行计算。

www.cisec.cn

查看结果

1.  计算结束后，点击查看计算结果(View the calculation result)按钮显示结果。输出(Output)窗口当前显示的是所选计算阶段的变形网格。
2. 在 *Stresses*(应力)菜单中指向孔隙压力(Pore pressure)选项，并在弹出菜单中选择 p_{water} 选项。
3.  定义一个通过(-130 15)和(130 15)的竖向剖面。
4. 按照孔隙水压力分布绘制的四种地下水渗流计算结果，如图 4.1 至 4.4 所示。四种不同的工况分别为：
5. 高(标准)库水位工况(图 4.1)

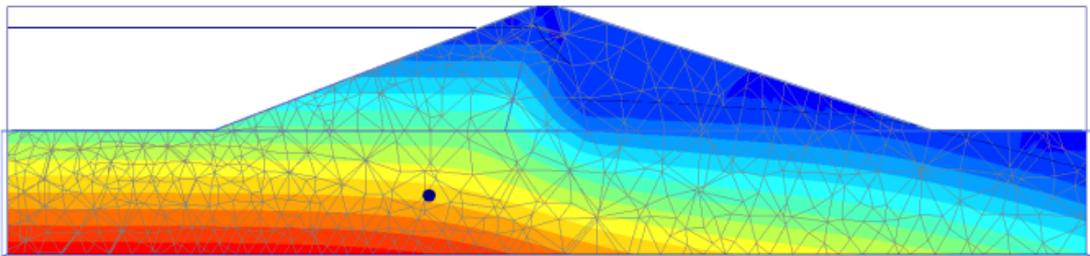


图 4.1 高库水位时的孔隙水压力分布

6. 水位快速下降后的工况(图 4.2)。

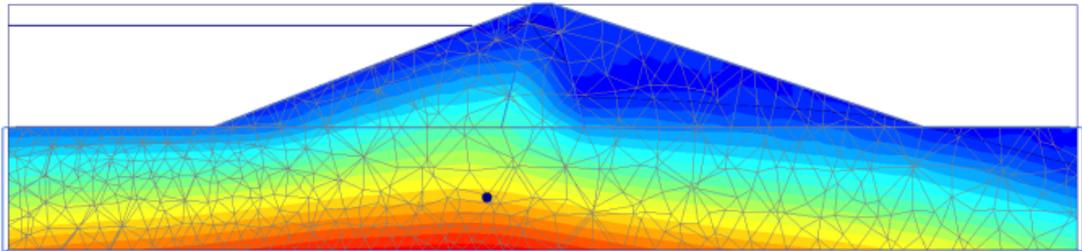


图 4.2 水位快速下降后孔隙水压力分布

7. 库水位缓慢下降后的工况(图 4.3)

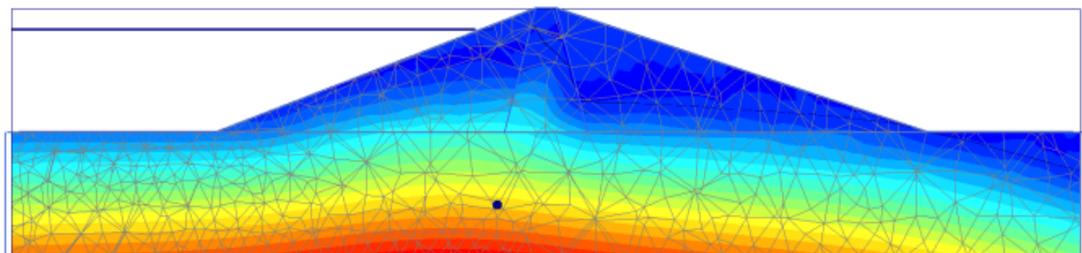


图 4.3 水位缓降后孔隙水压力分布

8. 低水位工况(图 4.4)

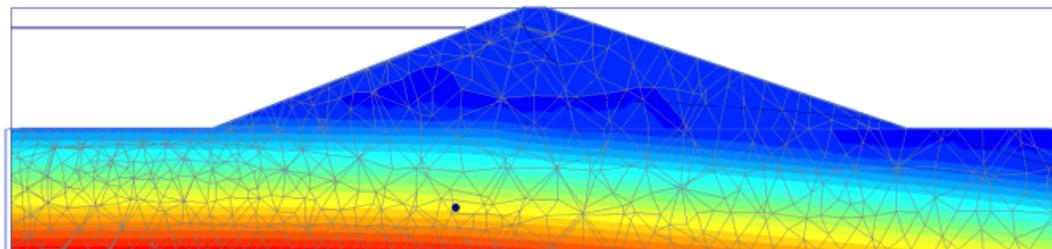


图 4.4 低水位时孔隙水压力分布

- 在变形分析中，当考虑孔隙水压力变化时，坝体将发生附加变形。这些变形和有效应力分布能从上述四个阶段计算结果的基础上查看。
- 由于本教程重点关注的是大坝在不同工况下的安全系数变化，因此 4-7 阶段的 Σ M_{sf} 发展与坝顶节点的位移关系函数曲线绘制如图 4.5。

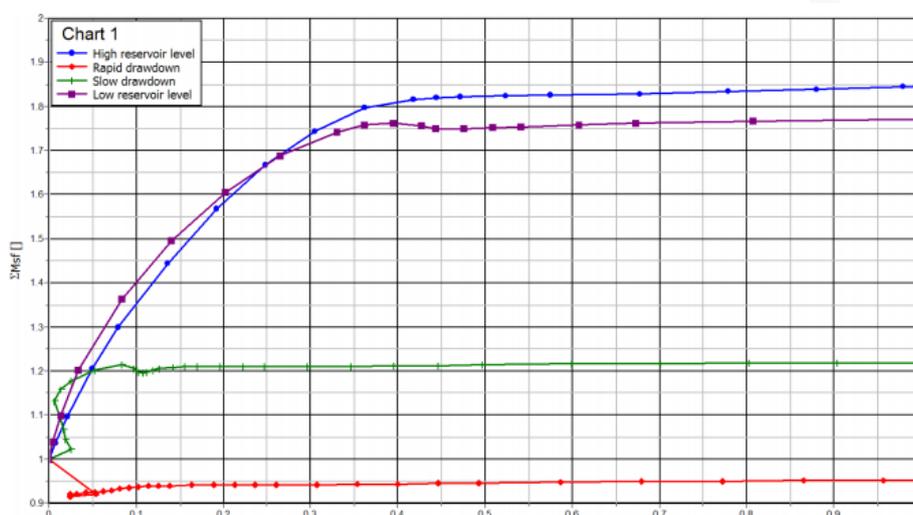


图 4.5 不同工况下的安全系数

库水位的快速下降能显著降低大坝的稳定性。利用 *PLAXIS 3D* 进行完全流固耦合分析与稳定性分析，能有效地分析此类工况。

本教程到此结束！