

GeoStudio 水利水电行业 解决方案



中仿科技

序

水利水电工程中涉及岩土工程的部分，是运用工程地质学、土力学、岩石力学解决各类工程中关于岩石、土的工程技术问题的科学。涉及土木工程建设中岩石与土的利用、整治或改造，其基本问题是岩体或土体的稳定、渗流和变形问题。

有限单元法作为工程数值分析中最强有力的工具，已在岩土工程分析中得到广泛的应用，岩土工程数值分析对于工程师决策具有非常重要的意义。其分析领域涵盖岩土工程问题的各个研究方向，如土的本构关系、土的渗透性与渗流计算、地基应力与建筑物沉降、土的固结、岩土坡稳定、地基承载力分析、土的动力分析；施工过程模拟，如地下洞室开挖支护、基坑开挖支护、路基、坝基填筑变形及稳定性分析、以及污染物运移问题等。

随着计算机技术的飞速发展，有限单元法在岩土工程领域取得了很大进展，为岩土工程设计、分析、方案优化提供了一个得心应手的工具。GEO-SLOPE 公司是加拿大 D.G.Fredlund 于 1977 年创立至今，已成为全球最著名的岩土软件开发公司之一，已经在全球岩土工程行业得到了广泛的应用，用户覆盖全球 100 多个国家。GeoStudio 发展至今，已成为学者、工程师解决岩土工程问题的专业、高效的分析计算工具，为众多的用户所支持和信赖。在国内亦拥有众多的用户群体。GEO-SLOPE 公司不断提升软件的易用性、易操作性，同时根据全球用户的反馈不断增强软件的分析功能。为推动中国的岩土工程师对于软件应用水平的提高，GEO-SLOPE 公司在中国每年都开展用户研讨会，交流应用经验，总部会派遣研发工程师与中国用户交流。同时 GEO-SLOPE 公司在中国的唯一合作伙伴——中仿科技，为用户提供深层次的技术支持和服务。

为了增加中国岩土工程师对 GeoStudio 软件的全面了解，以及在岩土工程领域的广泛应用，我们编写了这份资料，力求以丰富的应用实例为主，全面地介绍 GeoStudio 软件的功能和应用。

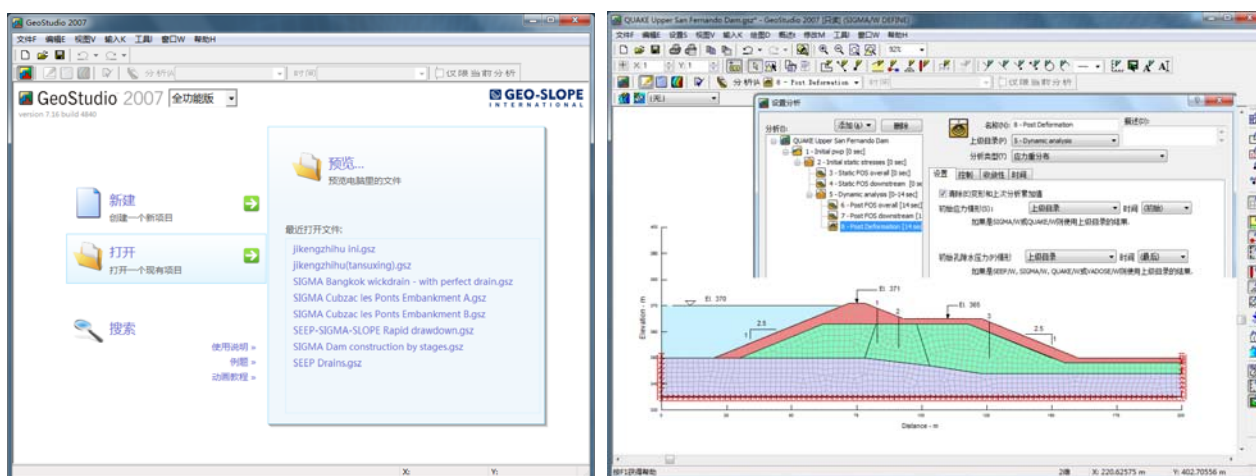


图 1 GeoStudio 的操作界面



图 2 GEO-SLOPE 和中仿科技合作举办用户研讨会

我们期待这本资料能推广 GeoStudio 软件在中国岩土工程行业得到广泛应用，共同为中国岩土工程行业的发展作出贡献。

（GEO-SLOPE 公司中国唯一合作伙伴 中仿科技 CnTech <http://www.CnTech.com.cn>）

GeoStudio 软件在水利水电行业的应用——实例剖析

GeoStudio 系统软件是由全球著名的加拿大岩土软件开发商 GEO-SLOPE 公司在七十年代开发的面向岩土、采矿、交通、水利、地质、环境工程等领域开发的一套仿真分析软件，是全球最知名的岩土工程分析软件之一。作为优秀的岩土工程设计分析软件，GeoStudio 目前已经为上百万科学研究人员、工程技术人员、教育工作者以及学生提供了无与伦比的帮助。

GeoStudio 软件以其全面的功能、友好的用户界面、高效的建模分析、强大的技术支持赢得了设计院工程师、高校科研院所专家教授以及学生的广泛认可，越来越多的用户选择 GeoStudio 软件作为分析设计工具和教学工具。

GeoStudio2007 包括以下八款专业软件：

SLOPE/W 边坡稳定性分析软件

SEEP/W 地下水渗流分析软件

SIGMA/W 岩土应力变形分析软件

QUAKE/W 地震动力响应分析软件

TEMP/W 地热分析软件（温度场分析软件）

CTRAN/W 地下水污染物运移分析软件

AIR/W 空气流动分析软件

VADOSE/W 综合渗流蒸发区和土壤表层分析软件

1 边坡稳定分析篇

水利水电工程中边坡稳定分析是常常面临的问题，GeoStudio 软件为边坡稳定分析提供全面的解决方案，可以对几乎所有的边坡稳定性问题进行建模分析，主要应用于天然岩土边坡、开挖形成的边坡、加固边坡（包括锚杆、土钉、土工布和桩）、地震冲击载荷、张拉裂缝、复杂孔隙水压力边坡、边坡水位上升和骤降分析等。

1.1 问题提出：常见坝体边坡稳定性分析，均质坝、心墙坝、尾矿坝等如何分析，采用何种分析方法？

解决方案：SLOPE/W 拥有功能强大且简便易用的前处理界面，无论何种类型坝体，都可以像使用 cad 一样轻松建立几何模型，对于材料本构可以定义均质或者各项异性本构。包含包括 Morgenstern-Price、GLE、Spencer、Bishop、Ordinary、Janbu、Sarma 法等全面的极限平衡分析理论供用户选择使用。

实例 1.1.1：某面板堆石坝稳定性分析

该坝目前已蓄水投运行，其边坡稳定分析结果如下图所示：

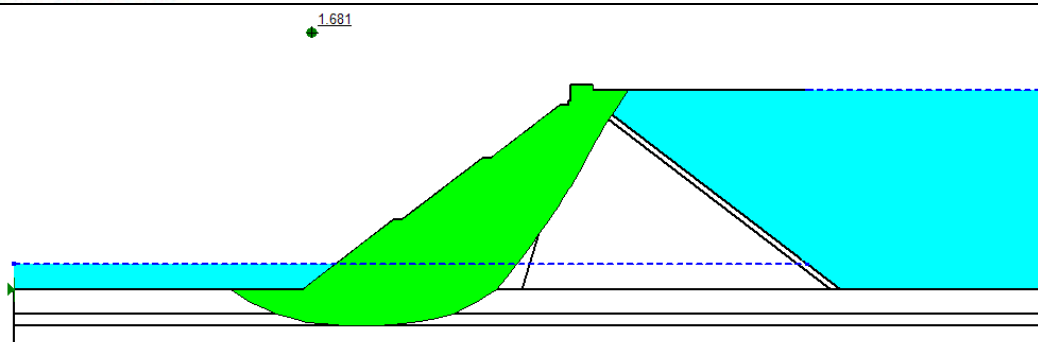


图 3

实例 1.1.2: 某围坝稳定分析计算

根据坝段地形特点、坝地质和筑坝材料情况，选用多个断面进行了渗流分析和稳定性计算，在此仅列出某一断面上下游稳定性分析计算结果展示：

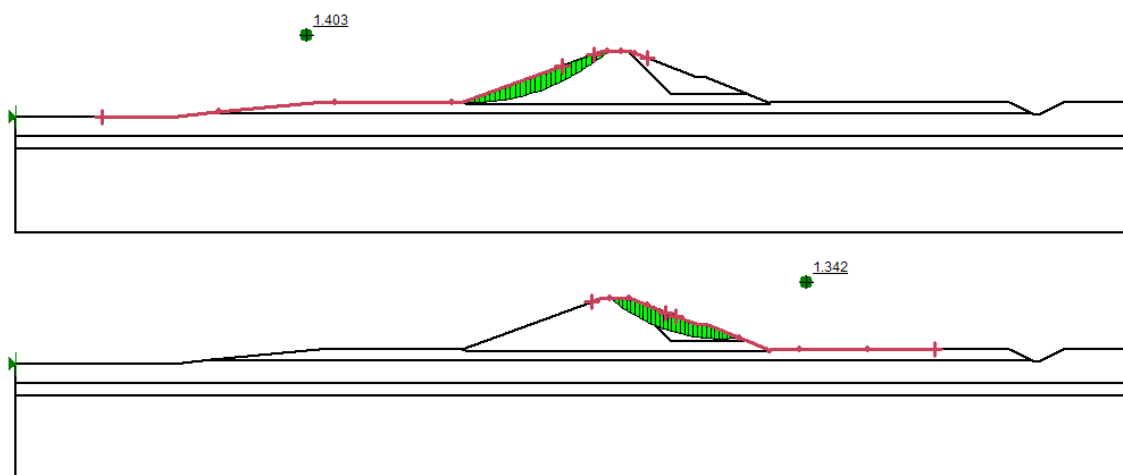


图 4

实例 1.1.3: 某尾矿库稳定性分析

计算剖面选用垂直于坝轴线的主轴剖面，对坝体主轴剖面进行合理地概化和延伸，从而建立稳定性计算模型，对不同工况进行了稳定性分析，图片展示了部分工况计算结果：

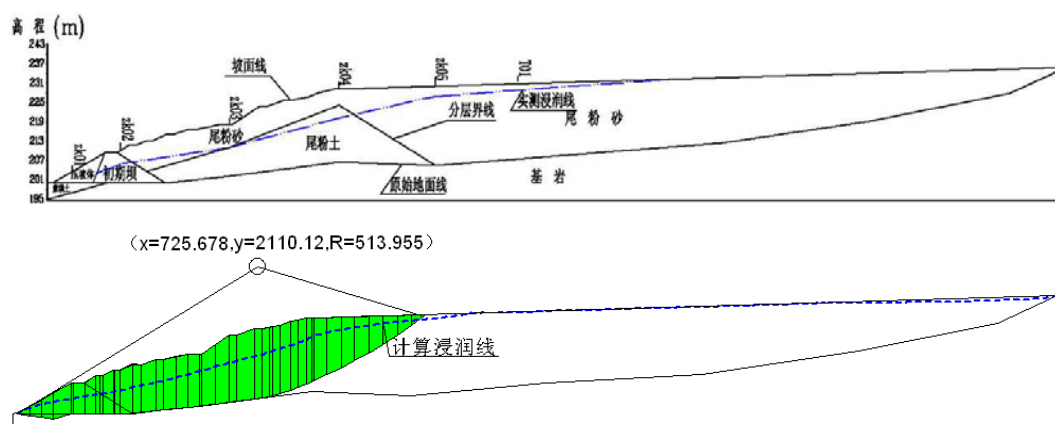


图 5

1.2 问题提出：含有软弱夹层的岩质边坡如何模拟？

解决方案：1 滑面搜索方法采用用户自定义，2 利用基岩强度本构可以间接控制滑面形状，使滑面位于软弱层中，3 岩质边坡还可以利用霍克布朗强度本构模型，配合 block surface 滑面搜索方法。

实例 1.2.1: 某岩质高边坡稳定性分析

模型为存在软弱夹层的岩质边坡，软件夹层厚度非常薄，验算受软件夹层控制的边坡安全系数，采用了用户自定义滑面的方法，获得了 Bishop 法安全系数。

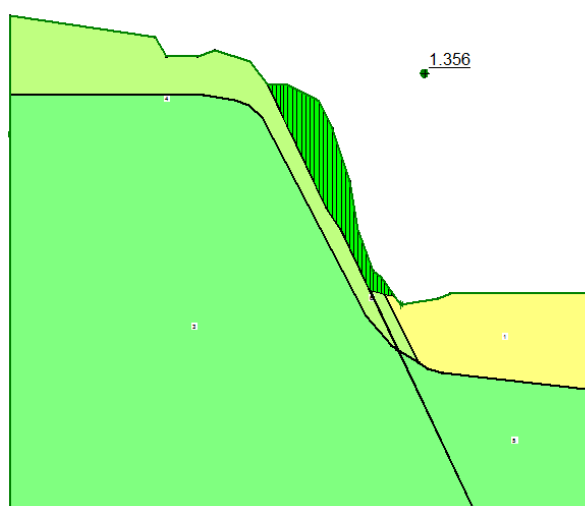


图 6

实例 1.2.2 某岩质边坡稳定分析

模型为均质岩质边坡，分析采用能反映岩石特性的霍克布朗强度本构模型，采用了折线搜索滑面的方法（block surface）。

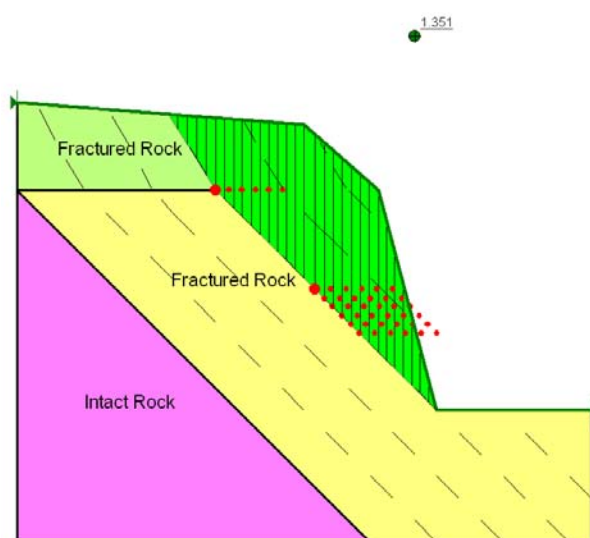
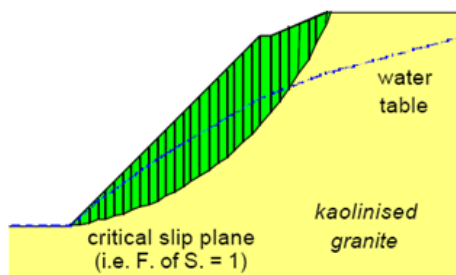


图 7

验证案例 1.2.3 高岭土化的花岗岩边坡稳定性

该案例引自 Doug Stead et. al. (2001). 发表论文“Advanced numerical techniques in rock slope stability analysis-applications and limitations”。

Use SLOPE/W



Use FLAC

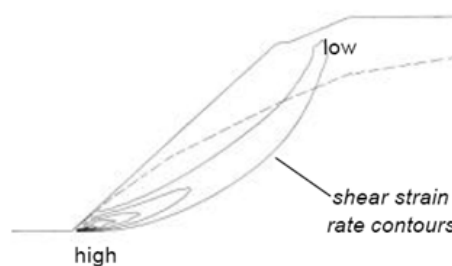


图 8

1.3 问题提出：包含加固措施的边坡分析

解决方案：SLOPE/W 软件可以模拟包括锚杆、土钉、土工布和桩四种加固组件。包含恒定荷载和可变荷载两种作用方式，采用恒定荷载可以帮助用户确定达到某一安全系数所需的加固力大小，同时可以校核结构是否否和要求，比如太长或者太短，从而辅助结构优化设计。

实例 1.3.1：某边坡加固安全系数计算

通过对不同支护方案的计算分析，选择最优方案，并对支护结构参数进行优化，从而达到安全、经济的目的。

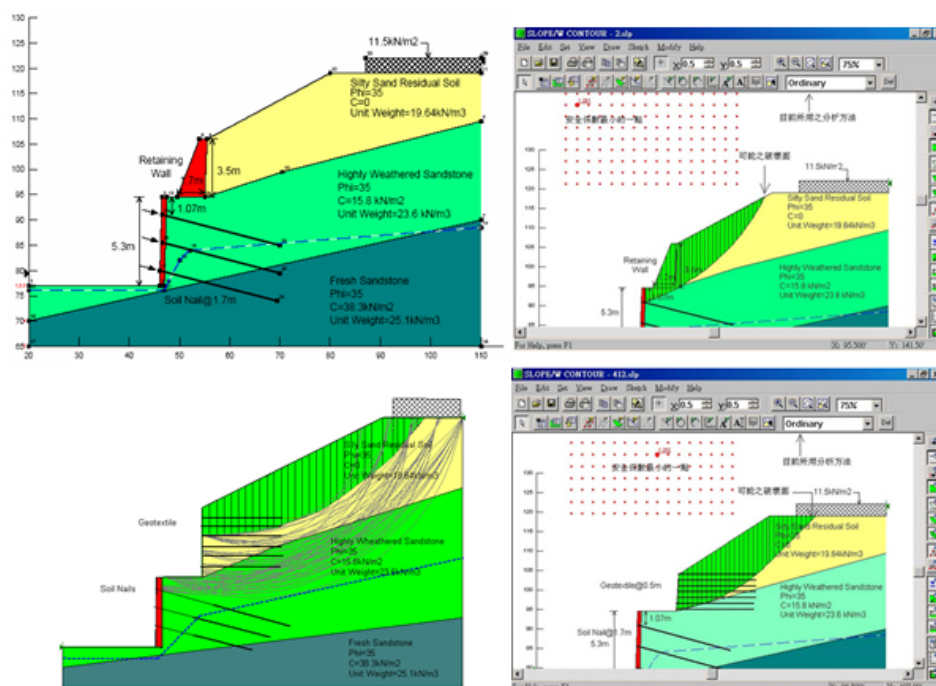


图 9

1.4 问题提出：边坡的失效概率分析和参数敏感性分析？

解决方案：随着人们对边坡工程稳定性分析认识的不断提高，概率和敏感性分析越来越为工程技术人员熟悉和接受，对边坡稳定进行概率和敏感性分析成为新的分析需求。土体的参数并不是一个值，而是符合某种规律的概率分布，这与工程实际是吻合的，分析边坡的失效概率，找出影响边坡稳定性的关键参数，对于评价边坡稳定性意义重大，所以做概率和敏感性分析是非常有意义的工作。这一工作用 SLOPE/W 软件来实现是件轻而易举的事情。

SLOPE/W 包含一个广泛通用的运算法则用以进行概率分析。几乎所有的输入变量都能被指定一种概率分布，然后利用 Monte Carlo 方法计算出安全系数的概率分布。对计算结果分析，可以得到边坡在参数符合某一概率分布条件下的失效概率，也可以得到影响边坡稳定性的主要参数，从而为工程选址、设计计算提供参考依据。

实例 1.4.1 某边坡失效概率分析

加拿大魁北克北部的詹姆斯湾，需要在软土和敏感性粘土上建造 50 公里长的堤防。由于岩土工程问题的复杂性，土体属性的不确定性和空间变异性，做边坡安全系数可靠性评估成为必要。坝体几何及坝体边坡失效概率如下图示：

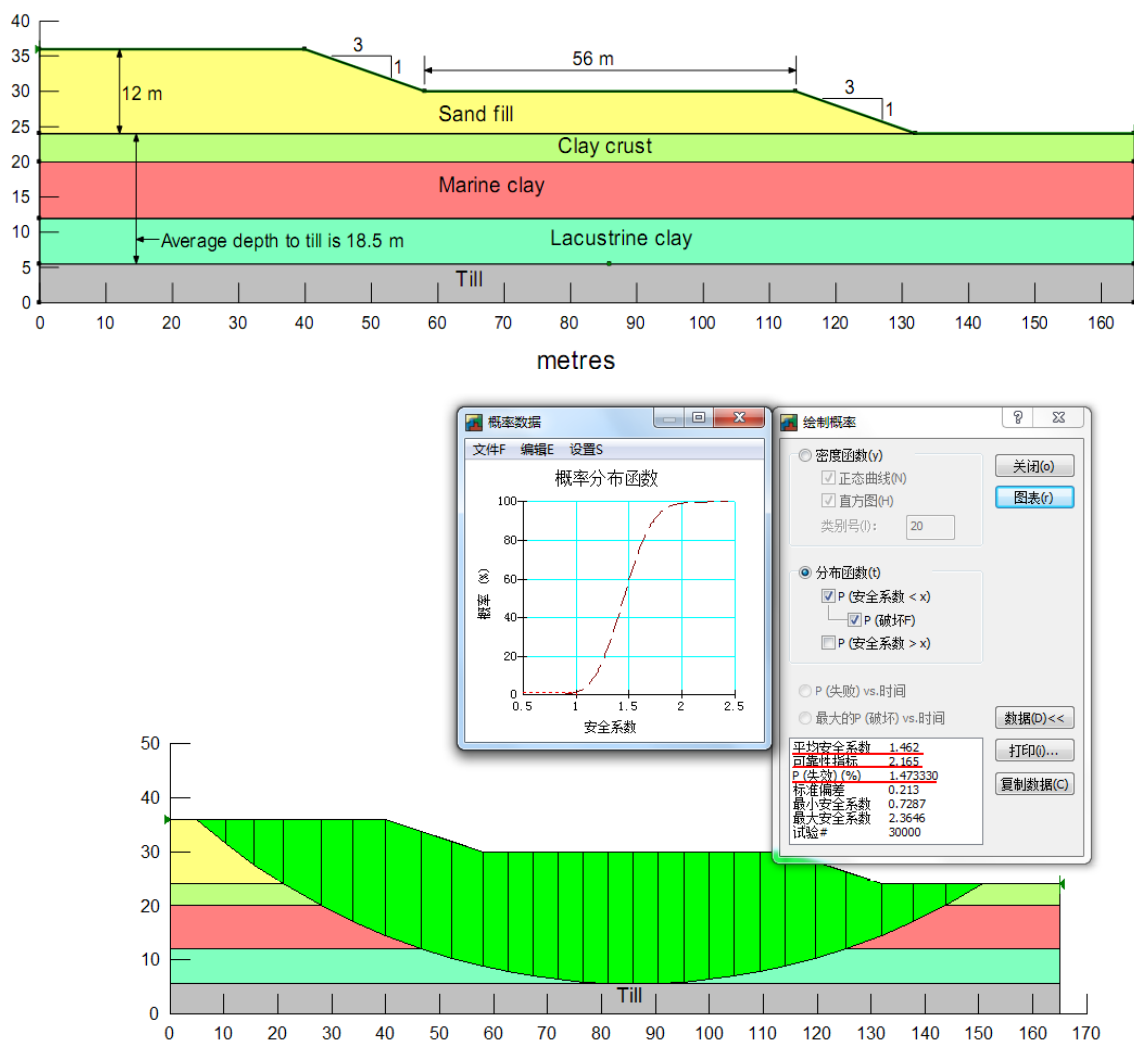


图 10

实例 1.4.2 某边坡参数敏感性分析

边坡的稳定性对砂土的摩擦强度还是粘土的不排水强度哪个更敏感，做参数敏感性分析，结果显而易见。

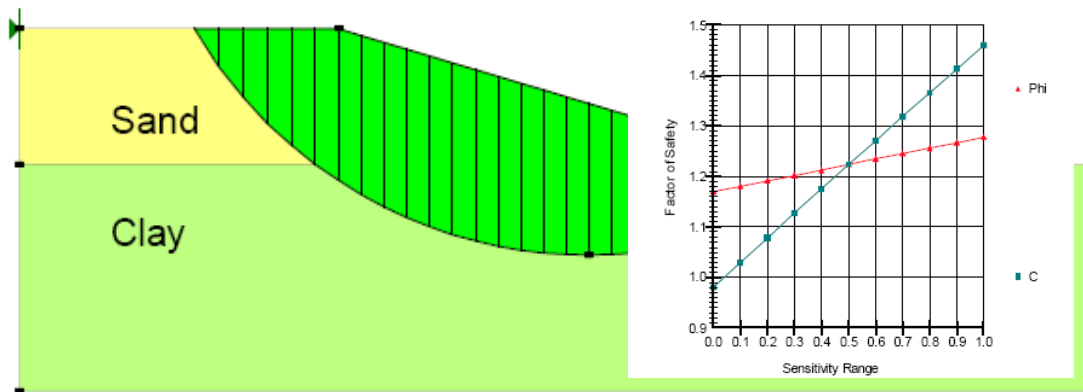


图 11

1.5 问题提出：能否做水位骤降的边坡稳定性分析？

解决方案：土石坝作为人工构筑的挡水建筑物，其边坡稳定问题比较典型。坝体和地基在施工期、正常蓄水期、库水位降落期和地震期均存在抗滑稳定问题。其中库水位骤降期因孔隙水压力消散计算未有成熟、可靠的方法而一直是个计算难点，SLOPE/W 提供三种方法来作边坡水位骤降的稳定性分析：方法一、假定水位骤降瞬时发生的简单有效应力方法；方法二、与 SEEP/W 软件耦合，由 SEEP/W 计算瞬态的水位下降过程中孔隙水压力分布，在此基础上做边坡稳定性分析，称为严格的有效应力方法，可以得到水位骤降过程中边坡安全系数随时间变化；方法三、3 步不排水强度方法，由 Duncan, Wright 和 Wong 在 1990 年提出的算法应用于 SLOPE/W 中。

实例 1.5.1：某心墙坝水位骤降稳定性分析

分析方法采用上述方法中的方法二，用 SEEP/W 联合 SLOPE/W 计算心墙坝水位骤降安全系数随时间变化。

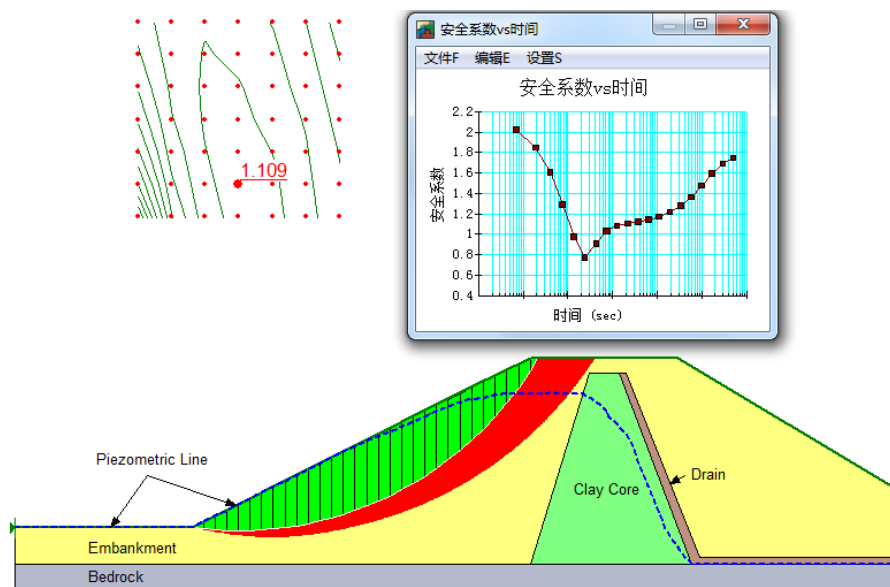


图 12

实例 1.5.2：某大坝水位骤降稳定性分析

沃尔特包尔丁大坝大约 60feet 高，边坡土体属性碎石层下覆粘土层、淤泥层和淤泥质粘土层，上游顶部堆石护坡。在 1975 年 2 月 10，大坝经历了极端工况，蓄水在 5.5 小时内骤降

32feet, 从而引发了坝体破坏, SLOPE/W 对这一历史事件进行了分析。

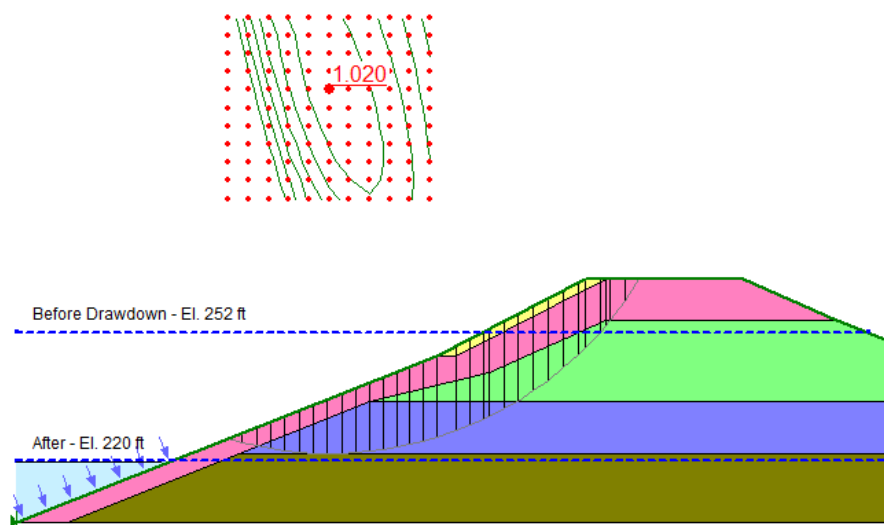


图 13

1.6 问题提出: 边坡的动力稳定性分析如何模拟?

解决方案: 在 SLOPE/W 程序中, 动力效应有几种考虑方式。最简单的是拟静力分析法。更严格的方法是在 SLOPE/W 程序中调用 QUAKE/W 程序的有限元动应力和孔隙水压力成果。加速度可产生惯性力, 进而引起地震动效应, 拟静力分析可反映这一点。在 SLOPE/W 程序中, 水平惯性力作为一个水平力作用于每个条块, 竖向惯性力计入条块重量。在参数输入, SLOPE/W 可以定义土体发生液化后材料的强度。

实例 1.6.1: 某边坡动力稳定性分析

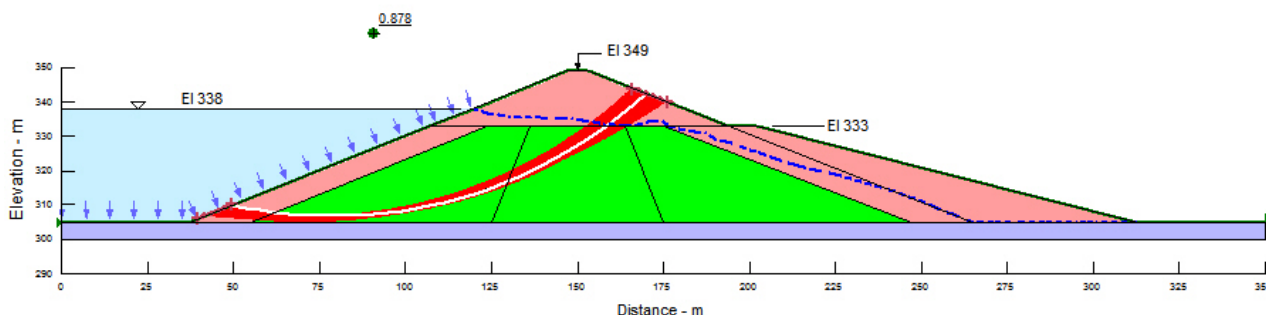


图 14

SLOPE/W 程序中调用 QUAKE/W 程序的有限元动应力和孔隙水压力成果的计算方法, 可以真实的模拟土体发生液化后的边坡稳定性。

2 渗流分析

SEEP/W 软件是一款用于分析多孔介质土体中的地下水渗流和超孔隙水压力消散问题的有限元软件。在水利水电大坝渗流中广泛应用, 将达西渗流定律扩展应用至非饱和区, 允许用户采用多种方法灵活定义非饱和区渗透系数, 从而精确分析坝体渗流场, 精确计算单宽截面流量, 求解限定问题 (饱和渗流分析) 和非限定问题 (非饱和渗流)。特点是: 友好的用户建模界面、饱和-非饱和分析、灵活的边界条件定义、全自动高质量的网格剖分、丰富的后处

理结果。

2.1 问题提出：如何模拟大坝截流幕墙，如何模拟渗透各向异性？

解决方案：在 SEEP/W 软件中，新增了一种接触面材料模型，该模型可以赋给“线”几何对象，定义线的切向和法向的渗透系数，即可模拟大坝截流幕墙，取代之前的用狭长型的“region”来模拟截流幕墙，简化建模，同时该模型来可用来模拟类似导水通道等，以模拟各种复杂工况。如果想模拟材料渗透系数各向异性，可以定义渗透系数 x 向 y 向比率，再定义方向即可模拟渗透各向异性。

实例 2.1.1：某坝体截流幕墙及渗透各向异性模拟

如下图所示，设置截流幕墙的坝体，其 y 向与 x 向渗透系数比值分别为 0.1 和 10 时流线与等势线云图。

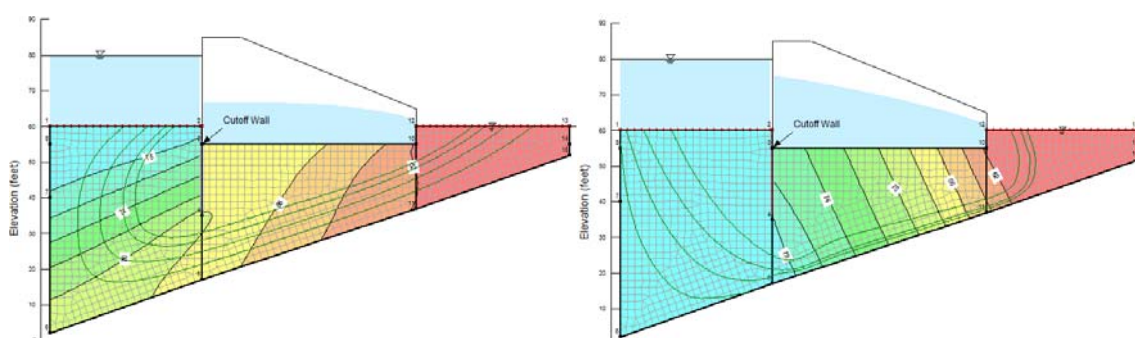


图 15

实例 2.1.2：渗透系数各向异性的另一种模拟方法

实际的土层情况往往是复杂的，渗透系数可能并非处处各向异性，尤其是当正交方向的渗透系数比值比较大时（例如 10 倍、100 倍），就会得到不真实的计算结果，此时如果换种分析思路，假定渗透系数各向异性只是局部发生，如下图所示，我们定义一系列线条，将接触面材料赋给线在线的切线方向具有较大的渗透性，就可以得到相当好的计算结果出来。



图 16

2.2 问题提出：如何做心墙坝的模拟？

解决方案：心墙坝与均质坝相比，只是多了渗透系数较小的心墙，其它与均质坝模拟类似，所以就模拟来说，仅是几何多了心墙所处位置的求解域，多定义一种材料而已，求解设定、边界条件等都没有复杂的改变。

实例 2.1.1：典型心墙坝流场分析

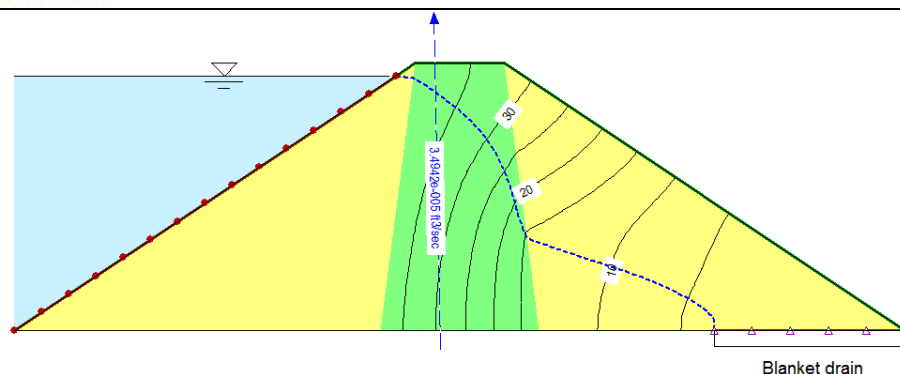


图 17

实例 2.1.2: 某设置排水层的心墙坝流场分析

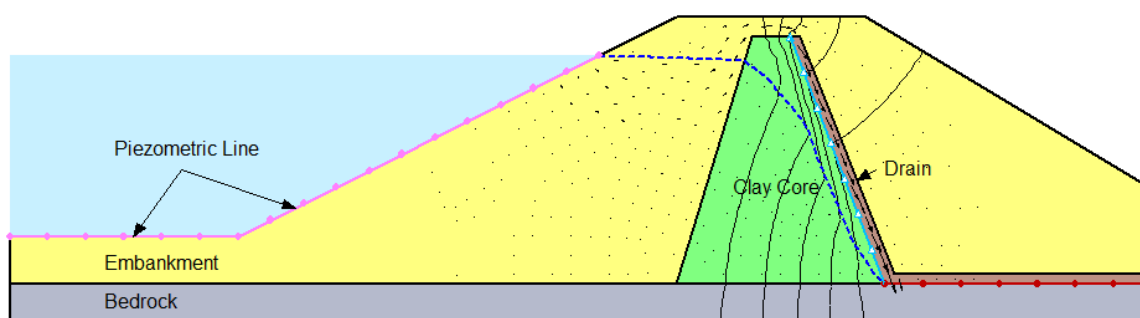


图 18

2.3 问题提出: 怎样做瞬态渗流分析?

解决方案: SEEP/W 拥有灵活的边界条件设定, 可以定义成常数也可以定义成函数关系, 用来模拟各种复杂工况, 比如水库的蓄水和放水的模拟。此外 SEEP/W 还可以做超孔隙水压力的消散模拟, 只需定义好初始条件和分析时步。就可以做瞬态的孔隙水压力变化模拟, 得到孔压随时间变化曲线等计算结果。

实例 2.3.1: 某坝体蓄水与水位下降模拟

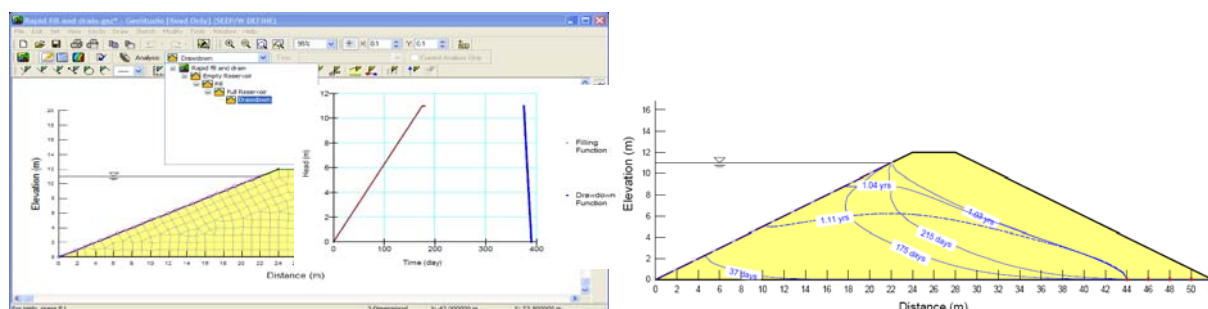


图 19

实例 2.3.2: 地表渗流模拟

当气候条件在短期内突然剧烈变化的时候我们需要地表及时响应这一变化, 例如在高温天气干燥的地表突然遭遇暴雨, 在短时间内地表由干燥变得饱和, 要想在数值模拟中处理这种快速剧烈的变化, 地表网格必须非常好的离散化才可以, SEEP/W 允许用户在已经存在的几何边界上创建“面层”, 能够完美的解决这一问题。单位流量边界可以应用于面层, 在面层, SEEP/W 可以记录渗流、浸润面和径流量, 以及低地势处积水的深度。

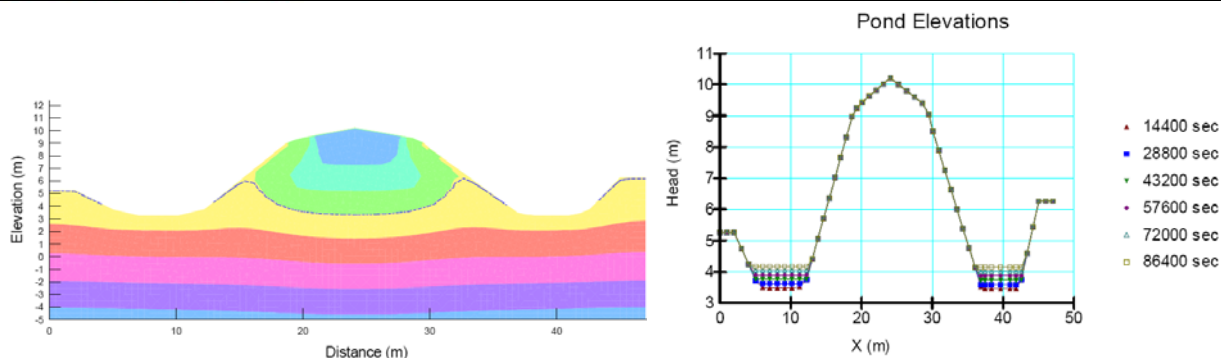


图 20

实例 2.3.3: 某典型坝体渗流模拟

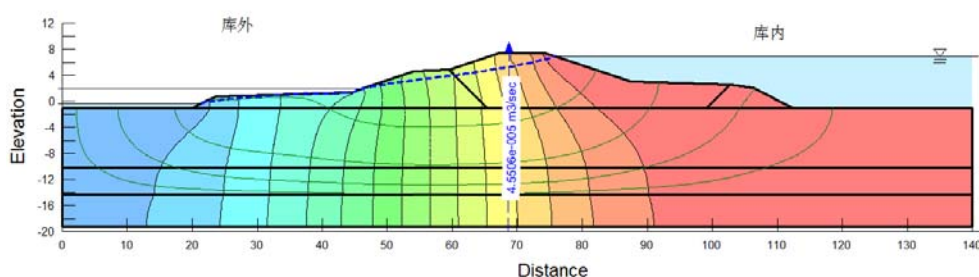


图 21

2.4 问题提出: 如何模拟排水设施?

解决方案: 在软件模拟中排水或者注水都是通过边界条件来控制的, 比如设置流量边界模拟雨水入渗, 同样也可以用流量边界来模拟排水管道; 另一种工况就是定义一点或者线孔隙水压力不变时, 软件会计算出点或者边界流量, 此时该边界亦为排水边界。

实例 2.4.1: 某河床渗流模拟

采用两种边界条件: 流量边界与水头 (压力边界) 模拟排水设施。

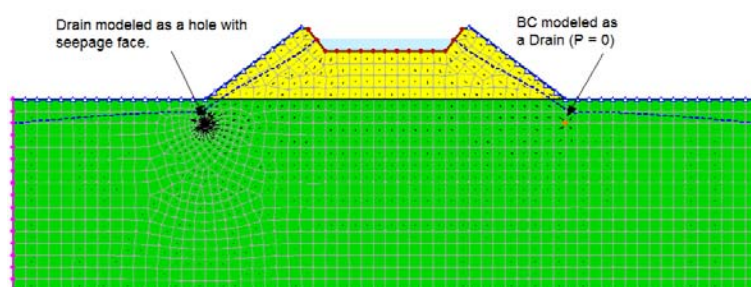


图 22

实例 2.4.2: 某典型坝体渗流分析

本工程坝前脚设粘土截槽, 铺盖为黄土状壤土属性裂隙发育、坝面坡设土工膜, 工程运行发现坝前塌坑, 坝后测压管承受高水压而被压扁。通过数值模拟, 发现黄土状壤土层具有典型非饱和土特性随压力水头的增大渗透性增强, 竖向落水明显, 造成了坝体土细颗粒流失; 上下土层间渗透相差悬殊形成负压。同时对加固措施进行数值分析, 达到了工程设计效果。

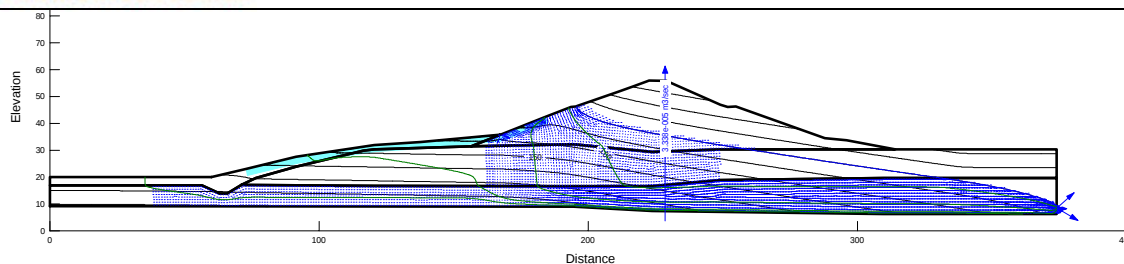


图 23

2.5 问题提出：计算结果如何被 SLOPE/W 调用以模拟复杂孔隙水压力的边坡稳定性？

解决方案：GeoStudio 系列软件的一个突出特点就是多模块（软件）集成分析，根据分析目的，联合多个分析模块来模拟复杂问题，这一点操作起来非常的容易，比如我们这里要举的这个算例，其水压力分布形式非常的复杂，难以用 SLOPE/W 自带的水压力定义方式完成，就可以用 SEEP/W 求解出水压力分布，然后由 SLOPE/W 调用。只需将 SEEP/W 分析作为 SLOPE/W 分析的上级目录（parent）。

实例 2.5.1：流量边界的稳态渗流分析

存在上层滞水的渗流分析，我们知道类似该案例的孔隙水压力分布在 SLOPE/W 模块是无法定义的，因为 SLOPE/W 不允许出现 Z 形的水位线，但可以通过 SEEP/W 分析获得孔隙水压力分布。在此基础上进行边坡稳定性分析，计算结果更加准确。

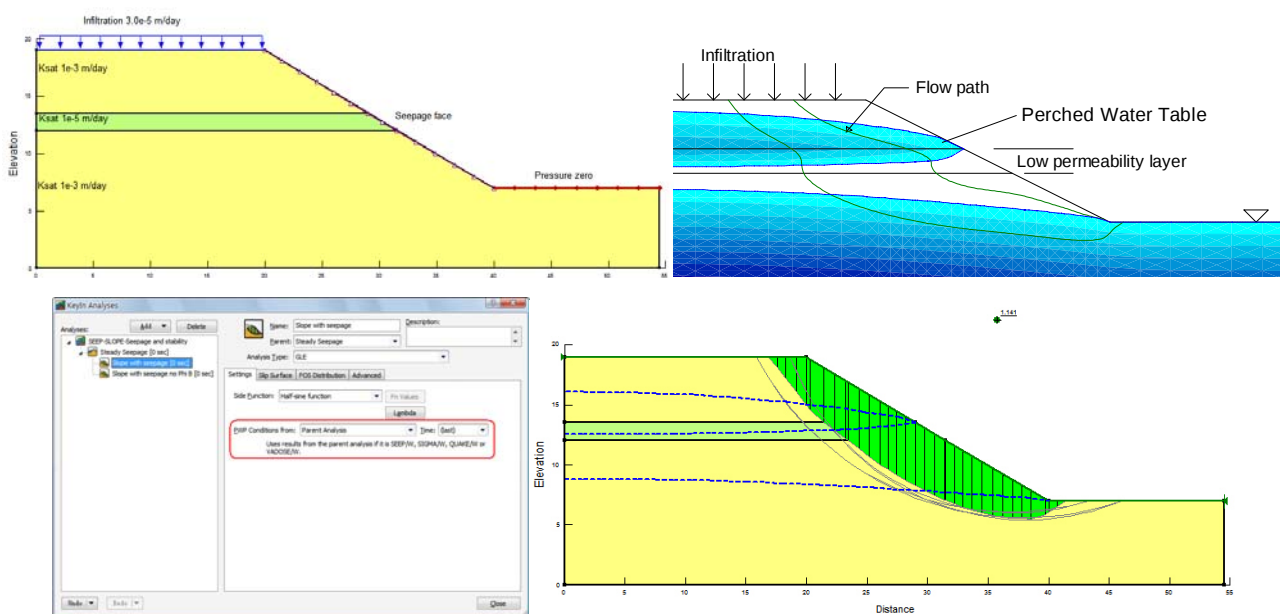


图 24

3 应力应变分析

SIGMA/W 是对岩土结构中的应力和变形进行有限元分析的专业软件。可以应用于地基沉降、土工结构中的应力和变形分析，路堤和水坝内部或底部的变形问题，隧道周围的变形和应力问题，支撑柱或锚杆加固的基坑的侧移及其周围的表面沉降，地基开挖基坑的回填、护坡的滑移，孔隙水压变化引起的体积改变，以及完固结分析等问题。其全面的本构模型可以

分析线弹性、弹塑性、非线性弹塑性等高度复杂的岩土应力应变问题。广泛应用于坝体变形与渗流变形耦合分析。

3.1 问题提出：SIGMA/W 能否做多工况步（施工步）的模拟？

解决方案：在 SIGMA/W 中可以轻松实现施工过程的模拟，比如基坑开挖支护、路基填筑、坝体填筑等。友好的建模界面、清晰的建模流程，建立复杂的模型轻松快捷，大大缩短用户的建模时间，使得用户专注于研究对象实质问题。比如国内有部分用户采用本软件研究尾矿库的填筑变形研究、港区软基处理以及分层筑坝等项目的模拟分析，取得了良好的模拟效果。

实例 3.1.1：某坝体分层堆筑应力变形模拟

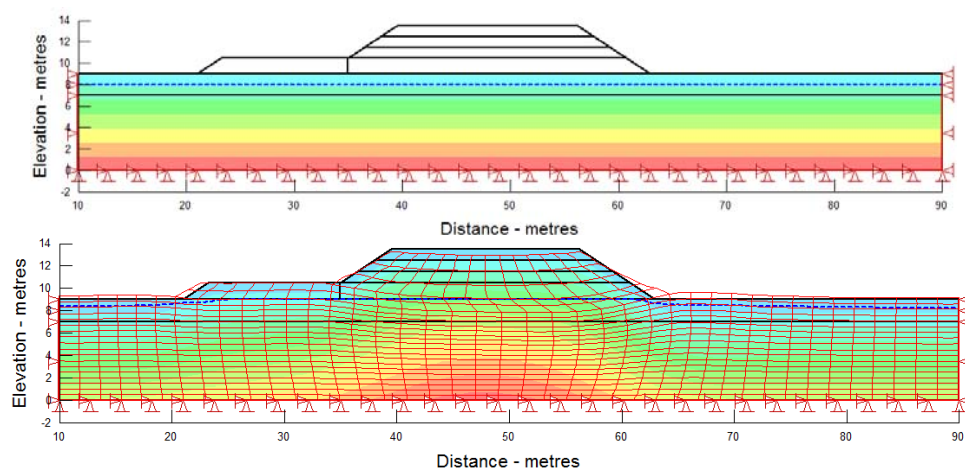


图 25

3.2 问题提出：SIGMA/W 怎样模拟坝体蓄水和降水变形分析？

解决方案：GeoStudio2007 软件 SIAMA/W 模块最大的功能增强之一就体现在 SIGMA/W 可以进行流固耦合分析，比如固结模拟，我们知道类似分析的计算原理为渗流与应力应变耦合求解，SIGMA/W 新增一种材料类型，运行定义模型材料的力学参数，比如弹性模量破碎比，强度参数 c 、 ϕ 值等，同时可以定义材料的渗透性，渗流率函数和体积含水量函数，边界条件类型亦可分析力学的约束边界和渗流的边界条件，设定分析时步，即可轻松实现固结模拟或者与之相逆的工况模拟。

实例 3.2.1：某坝体库水位下降应力应变分析。

当库区水位降落时，在库区坝体表面相当于卸荷作用，而在坝体内部会经历孔隙水压力消散的过程，从而引起坝体的变形，坝体受卸荷和固结作用发生应力和变形响应。SIGMA/W 软件精确的模拟了这一过程。

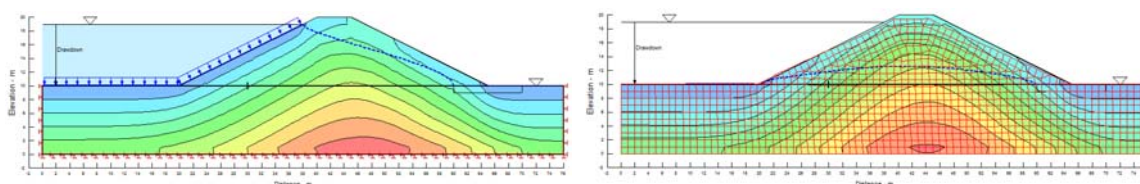


图 26

实例 3.2.2：双江口水电站砾石土心墙堆石坝的施工及蓄水应力-渗流耦合分析模型

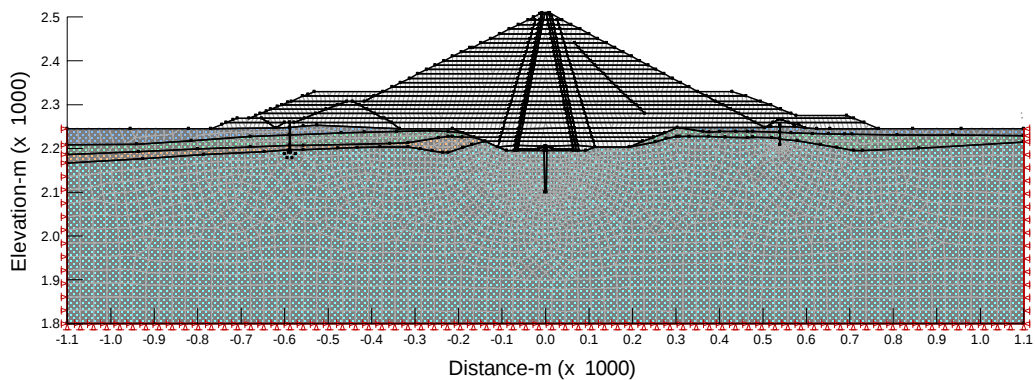


图 27 双江口水电站砾石土心墙堆石坝的施工及蓄水应力-渗流耦合分析模型（初始状态）

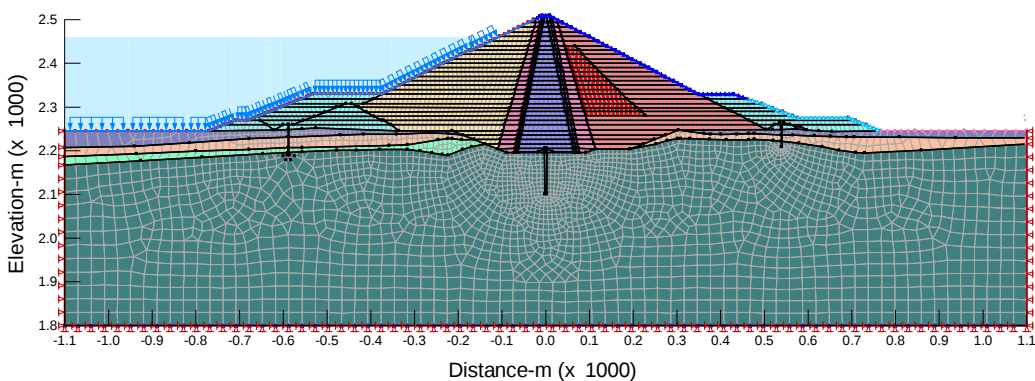


图 28 双江口水电站砾石土心墙堆石坝的施工及蓄水应力-渗流耦合分析模型（蓄水到正常水位）

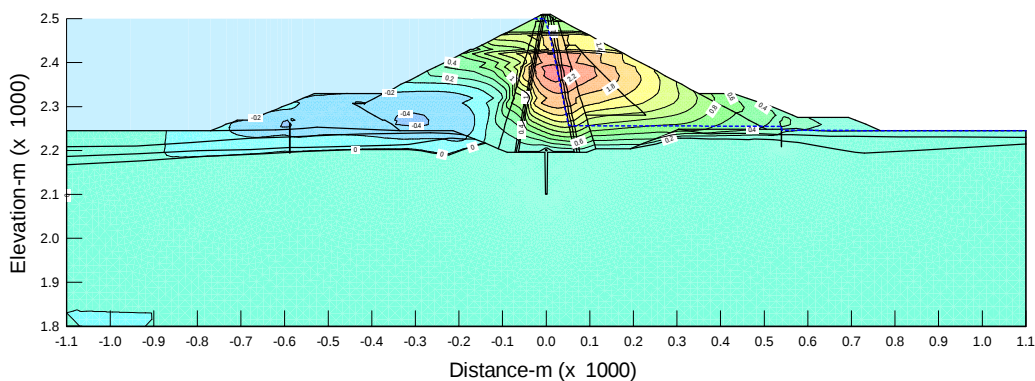


图 29 蓄水到正常水位时的水平位移等值线

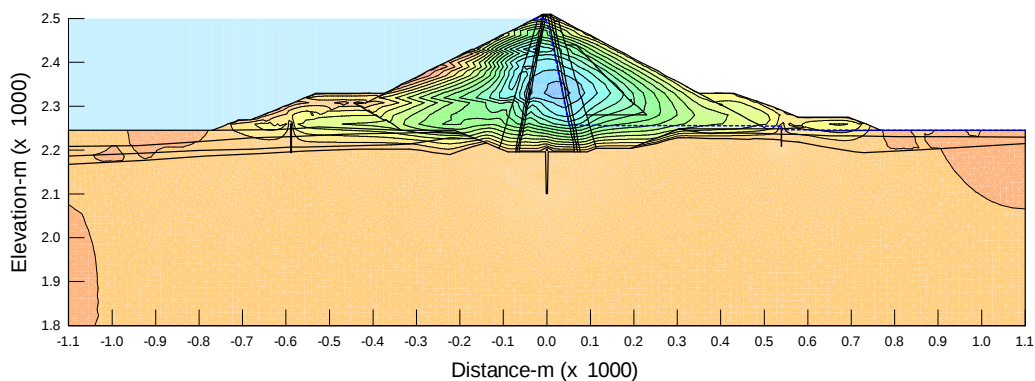


图 30 蓄水到正常水位时的沉降量等值线

3.3 问题提出：固结模拟怎样做？

解决方案：这一问题同 3.2 本质上是一样的，只是对结果的关注点不同。在 SIGMA/W 软件中有流固耦合分析类型，定义流固耦合的材料模型和应力边界条件、渗流边界条件，定义工况步以及分析时间就可以进行分析计算了。

实例 3.3.1：某坝体堆筑，坝基固结模拟

如下图示，坝体分层堆筑，每层荷载为堆筑材料的自重，加载瞬间完成，然后运行地基内的超孔隙水压力消散一段时间然后再进行下级堆载，5 次堆载完成后，再分析坝基内孔隙水压力随时间消散，计算监测坝基内一点的孔隙水压力，可以得到孔压随时间消散的曲线，以判定地基的固结程度。计算结果可以同时得到应力变形结果和渗流分析结果。

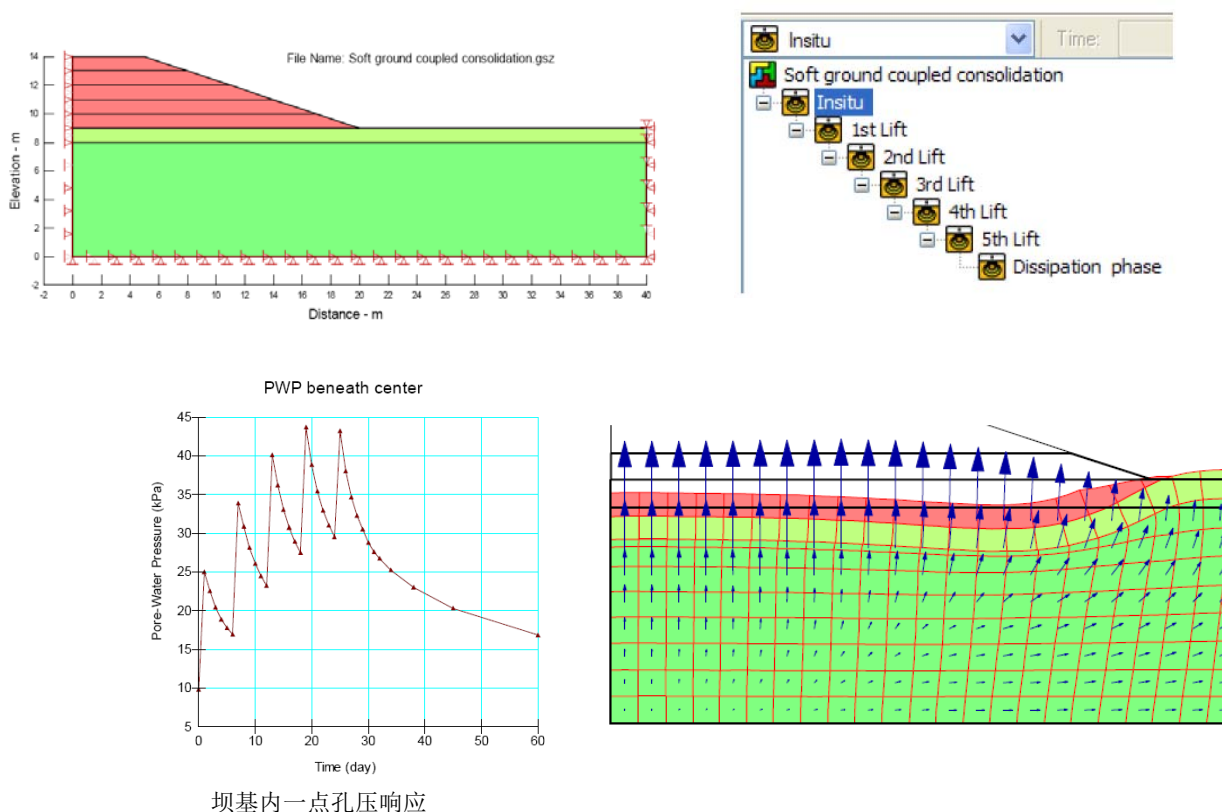


图 31

3.4 问题提出：怎样做有排水板或者排水井的变形分析？

解决方案：在工程实际中经常为了加快地基固结过程而采取一些工程措施，比如设置排水板或者排水井，在 SIGMA/W 中可以模拟类似工况，有两种处理方法可供用户选择，一种是将排水板（井）处理成排水边界，另一种方法是给线赋予高渗透性的材料属性。两种方法都可以达到模拟目的，具体可参考软件模型库案例 Bangkok wickdrain - with perfect drain.gsz 和 SIGMA Bangkok wickdrain - with well.gsz

实例 3.4.1：某设置排水板的坝基固结模拟

本案例采用了第一种方法，将排水板处理成排水边界条件，分 8 个施工步进行堆筑过程

模拟，分析坝体的应力变形。

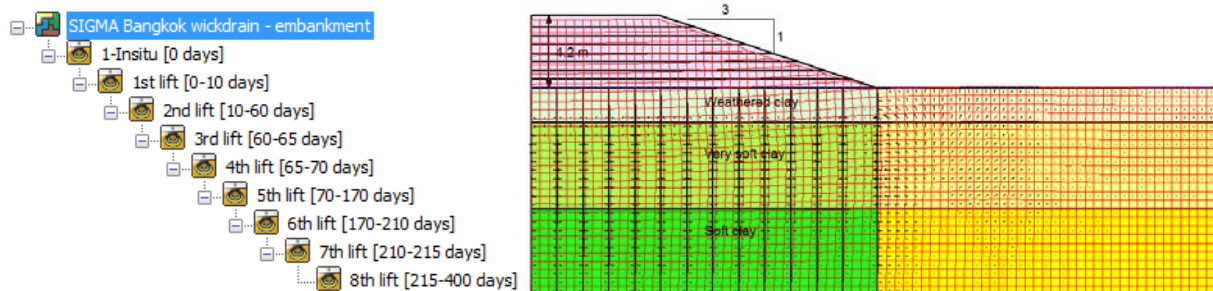


图 32

3.5 问题提出：能否分析土体与支护结构的相互作用？

解决方案：SIGMA/W 软件提供梁单元和杆单元两种结构单元，可以用来模拟桩、土钉、锚杆、衬砌等支护结构。定义非常的方便，首先定义梁或者杆的材料属性参数，然后将材料赋给线即可模拟各类结构组件。此外 SIGMA/W 新增了接触面单元，可以在土体与结构单元之间设置接触面，以模拟结构与土体会发生相对的滑移。

实例 3.4.1：某基坑开挖支护模拟

采用梁单元模拟挡土桩，采用梁单元和杆单元结合模拟预应力锚杆，在桩与土体之间定义了接触面单元。下图为开挖支护后剪应力云图。

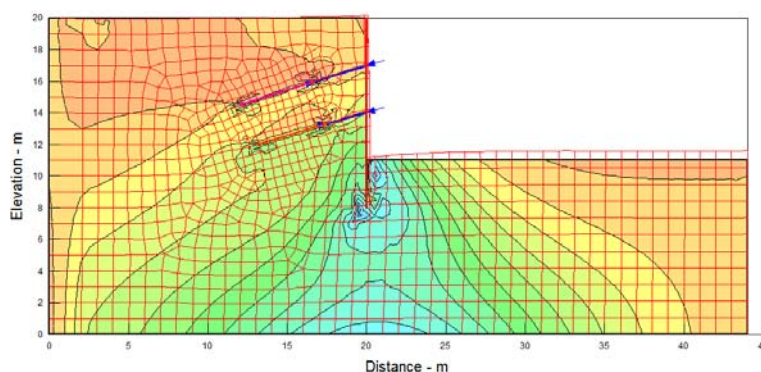


图 33

3.5 问题提出：水下开挖或者堆筑模拟如何做？

解决方案：水下开挖或者堆筑皆为流固耦合模拟，处理方法与 3.2、3.3 相同，定义初始的水压力，定义随工况变化的渗流边界条件。

实例 3.4.1：某水下开挖工程模拟

通过模拟可以评价开挖变形及水压力分布。

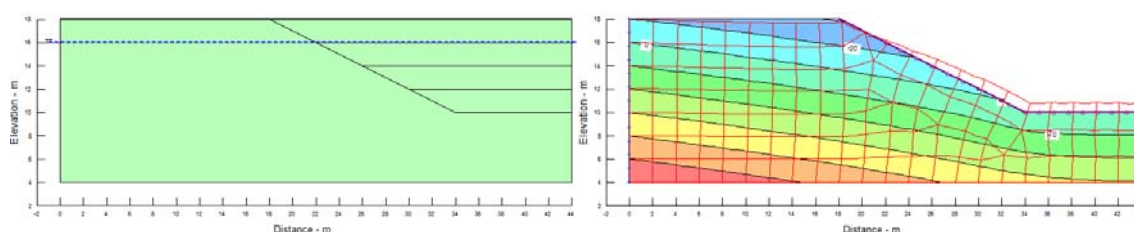


图 34

实例 3.4.2: 某防波堤施工变形模拟（水下堆筑）

评价最大变形量及变形位置，计算超孔隙水压力的生成和消散，并在此基础上评价坝体的稳定性。

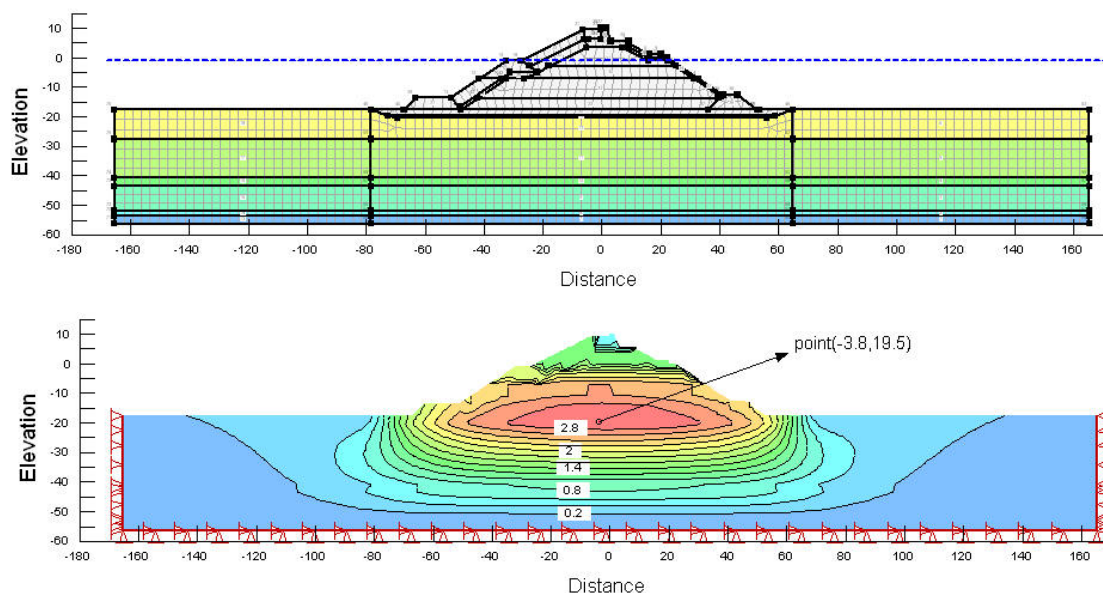


图 35

4 动力分析

QUAKE/W 软件分析地震冲击波、爆炸产生的动态载荷或冲击载荷等作用下的土工结构动力学问题。主要应用于岩土堤坝、天然岩土边坡、软土地基的沉降、爆炸产生的冲击载荷、地震作用下任何天然地表近似于水平的区域内的超孔隙水压力势等问题的计算分析。

4.1 问题提出：如何输入地震加速度时程曲线？

解决方案：当模拟地震动力分析时，QUAKE/W 允许用户轻松定义或者调用地震加速度时程曲线，并提供地震波的修正，比如峰值修正、持续时间以及基线校正。所见即所得的用户界面，可以方便时间输入地震波的查看。

实例 4.1.1: 典型坝体地震动力分析

典型坝体在地震荷载作用下的动力响应分析，如下图示，定义了地震加速度时程曲线，并定义了历史记录点。在动力分析模块，软件提供初始应力场分析类型和动力分析类型，还有与 SLOPE/W 耦合分析类型。QUAKE/W 动力分析也可以基于由 SIGMA/W 计算得到的应力场。

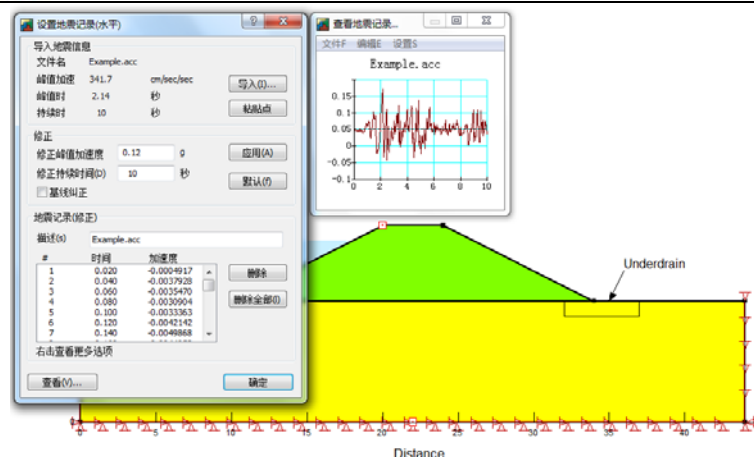


图 36

4.2 问题提出：QUAKE/W 包含哪些本构模型？

解决方案：QUAKE/W 模块提供的本构模块包括：线弹性、等效线性和非线性模型供用户选择使用。通常情况下，等效线性模型应用多年，是较为成熟的动力分析本构模型。

实例 4.1.1：圣弗南多大坝地震动力分析

发生在 1971 年加利福尼亚圣佛南多大坝遭受 6.6 级的地震发生了灾难性破坏，QUAKE 软件最这一历史事件进行了数值重现，以调查地震动力作用下超孔隙水压力的生成和液化发生的范围以及地震发生边坡稳定性。下图为某一时刻地震动力变形网格图（变形被放大）和加速度云图以及液化区图。

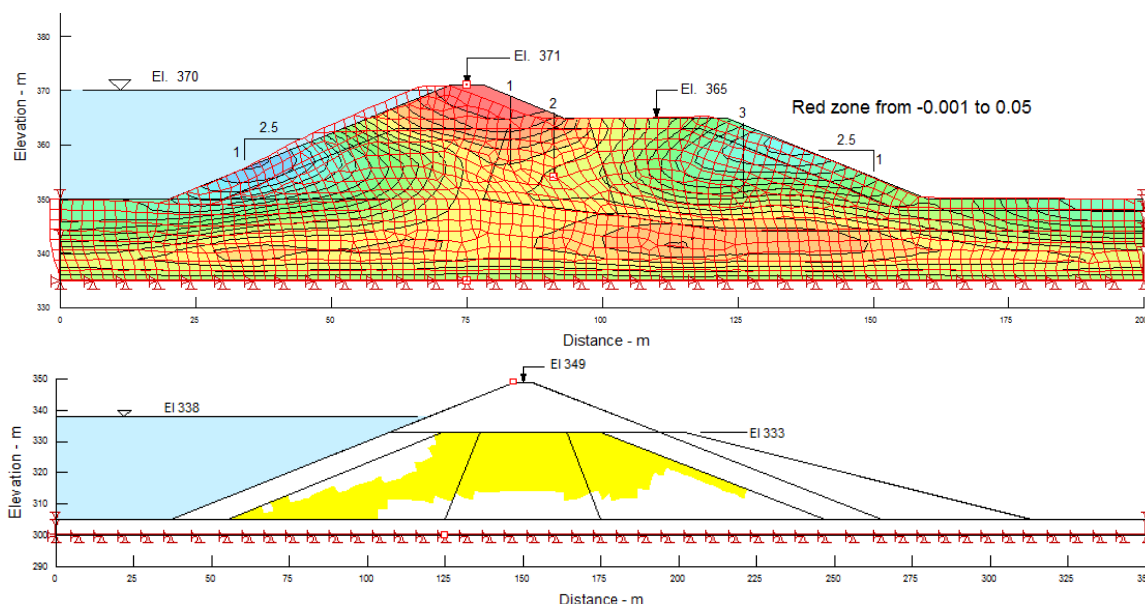


图 37

4.3 问题提出：如何实现 QUAKE/W 与 SLOPE/W 耦合分析？

解决方案：用户想要在动力分析的基础上做边坡稳定性评价在软件中实现是件相当轻松的事情。只需在 SLOPE/W 的分析类型中选择 QUAKE/W 应力即可，如果想获得随时间变化的边坡安全系数，SLOPE/W 分析类型选择 QUAKE/W Newmark 变形就可以。

实例 4.1.1：基于 QUAKE/W 应力的坝体稳定性评价

全国统一客户服务热线：400 888 5100 网址：www.CnTech.com.cn 邮箱：info@cntech.com.cn

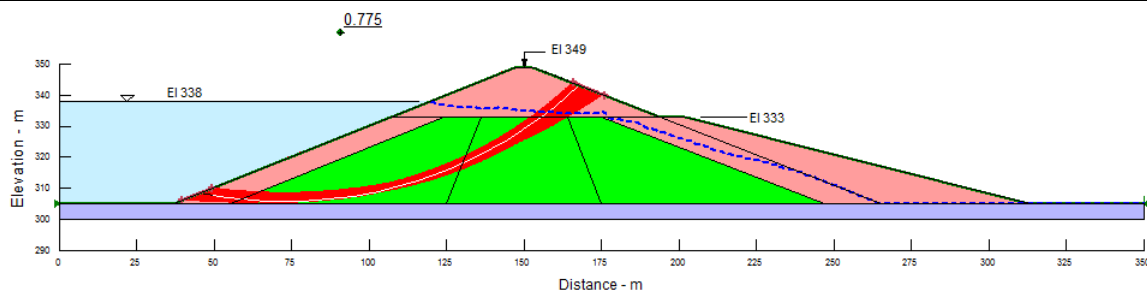


图 38

实例 4.1.1: 基于 QUAKE/WNewmark 变形的边坡稳定性评价

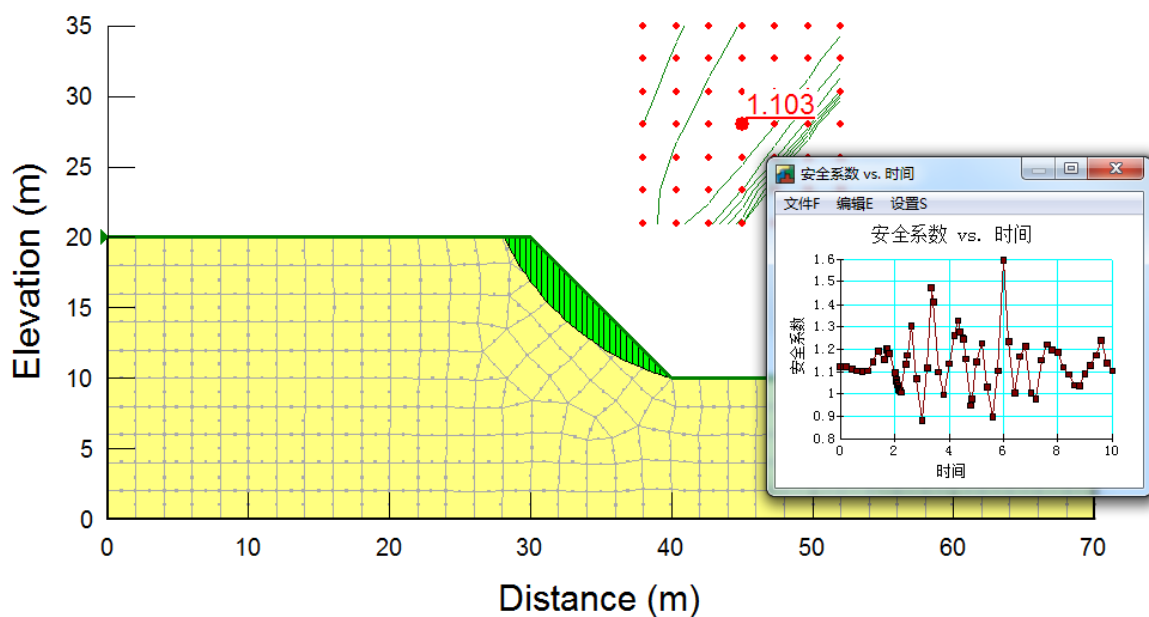


图 39

5 结束语

加拿大 GEO-SLOPE 公司从 1977 年发展至今, 已成为全球最大的岩土软件开发公司之一, 用户覆盖全球 100 多个国家。

中仿科技公司是 GEO-SLOPE 公司中国区独家总代理商, 希望 GEO-SLOPE 公司的系列软件能给您的工作带来方便和帮助。

如果您希望了解关于 GeoStudio 软件的详细情况或者希望安装 GeoStudio 的免费试用版本来亲自体验它的强大功能, 请及时与我们联系。

中仿科技是专业从事工程分析软件和咨询服务的提供商, 业务主要包括工程咨询服务和企业信息化软件的集成。主要服务领域包括土木工程、机械工业、航空航天、汽车、电子产品等行业。我们始终遵循“客户满意为止”的服务准则, 通过与高校、企业的合作为用户排

忧解难、出谋划策、提供专业的技术应用服务。

中仿科技和国内外众多信息化企业有着长期的紧密合作关系，我们将竭诚为客户提供专业的工程解决方案和高质量的专业工程应用服务。

关于我们更多的软件产品以及服务信息，请登录公司网站：www.CnTech.com.cn 获取更详尽资料。