



GEO5 岩土设计 工程实例

GEO5 简介

GEO5 诞生于 1989 年, 2016 年获得住建部认证, 涵盖边坡、基坑、挡土墙、地基处理、深浅基础、有限元、三维地质建模、隧道分析等解决方案。给国内工程师提供更简单、靠谱、好看、好用的岩土设计和分析工具。

版权所有

南京库仑软件技术有限公司

目录

四川某边坡削坡+锚杆支护	1
甘肃某顶部考虑裂缝的边坡稳定性分析	3
西南地区某岩质边坡工程	5
边坡挖方+锚杆支护	7
某中学附近边坡分析与设计	9
某边坡新建抗滑桩	11
重庆某边坡已有挡墙附近新建抗滑桩	13
四川某高边坡抗滑桩支护	17
某复杂边坡加固支护	22
某国道一侧滑坡分析及支护设计	26
某顺层滑动路堑边坡治理方案设计	29
某库岸边坡塌滑治理	31
抗滑桩+加筋土联合支护填方边坡	33
山东某边坡双排桩支护设计	35
南宁市某边坡加固工程	38
西南某机场边坡加固工程	42
贵州某路堤边坡工程	49
某国道路基塌滑应急抢险支护设计	52
广西某基坑开挖锚索支护工程	55
上海某基坑开挖工程	58
基坑分步开挖+锚杆支护	62
多排预应力锚杆基坑支护	64
甘肃某深基坑隧道上方开挖基坑	67
江苏某深基坑特殊被动区土体加固	69
西南某坑内特殊地形深基坑工程	71
摩洛哥某基坑拉森钢板桩支护	75

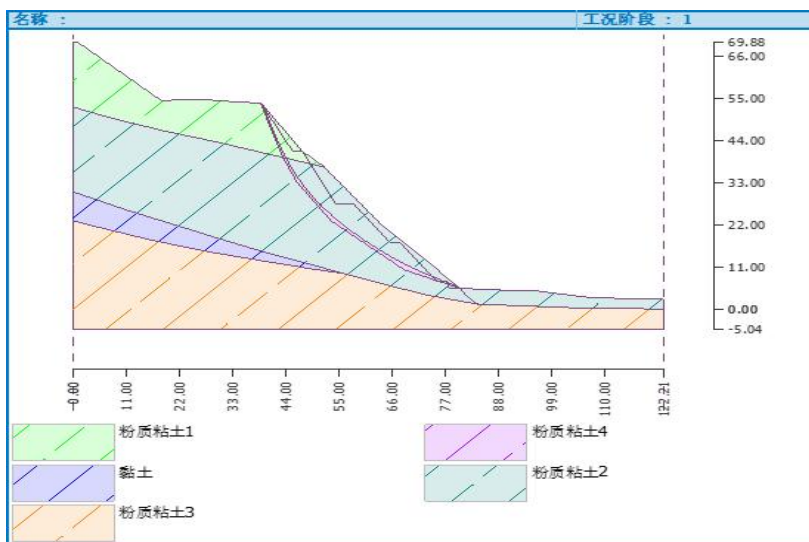
某基坑地下连续墙+锚杆支护	79
某上下游翼墙悬臂式挡土墙项目	81
挡墙与群桩组合结构	84
四川某大坝堤防重力式挡土墙设计	87
某超高重力式挡土墙设计验算	89
重庆某公路边坡石笼挡土墙支护工程	92
某垃圾坝的稳定性分析计算	95
三维地质建模与稳定性分析	97
山体滑坡三维地质建模	100
江西某输电线路输电塔基础设计	103
印尼某电厂扩建工程	105
浙江某软土地基固结沉降分析	108
某项目降水分析	110
某地铁基坑非完整井降水项目	112
江苏南京某市政桥梁工程	114
暗挖地铁车站对邻近建筑物的影响	120
公路路基加筋土石笼挡墙稳定性及数值分析	124
黄土地区高填方边坡支挡结构设计	127
塞尔维亚某高速公路重力式挡墙设计	129
东北某中学实验楼挡土墙设计	131
圆形顶管工作井稳定性分析	134
西部地区某输变电塔基边坡专项勘察设计	137
中部地区某处高边坡变更设计	140
西南某房建工程加筋土高填方边坡治理设计	143

四川某边坡削坡+锚杆支护

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」

设计方案：边坡采用削坡+锚杆支护，高度约 70m，岩土材料分别为粉质粘土：

1、粉质粘土 2、粉质粘土 3、粉质粘土 4 和黏土。



项目特点：削坡形态复杂，如上图折线区域所示。

软件优势：

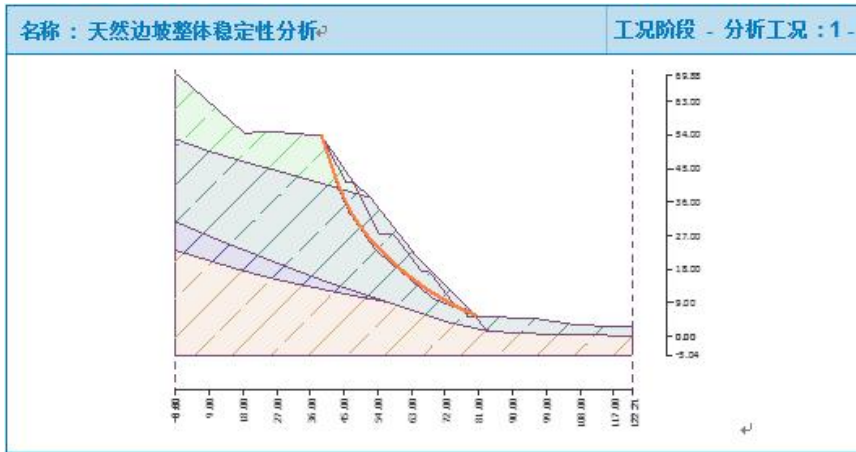
GEO5「土质边坡稳定分析」模块可以通过将 DXF 文件以模板形式导入或者将 DXF 文件以多段线形式导入后实现项目快速建模，之后通过填挖方功能模拟复杂形态的削坡，大大节约了建模时间和分析时间。



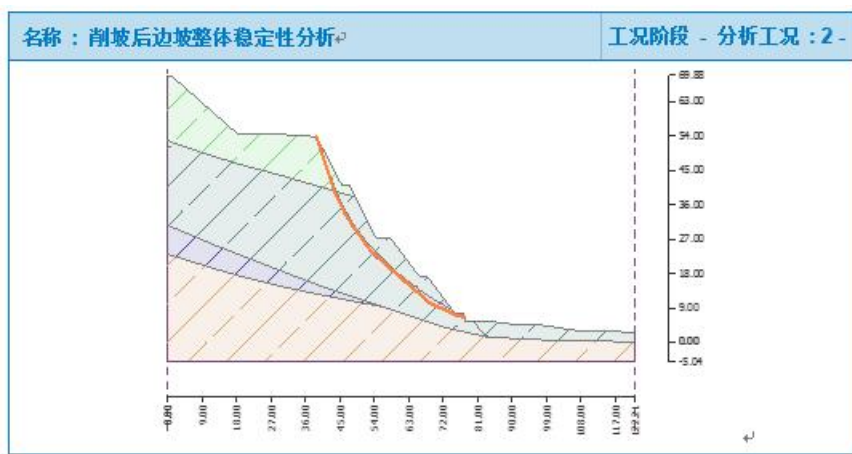
计算结果：

边坡稳定性验算

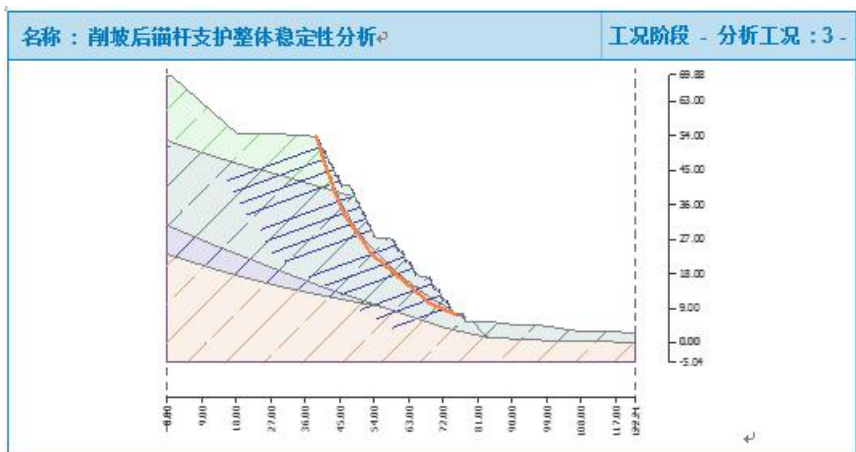
分析工况 1：安全系数 = 0.61 < 1.35，边坡稳定性不满足要求



分析工况 2：安全系数 = $0.71 < 1.35$ ，边坡稳定性不满足要求



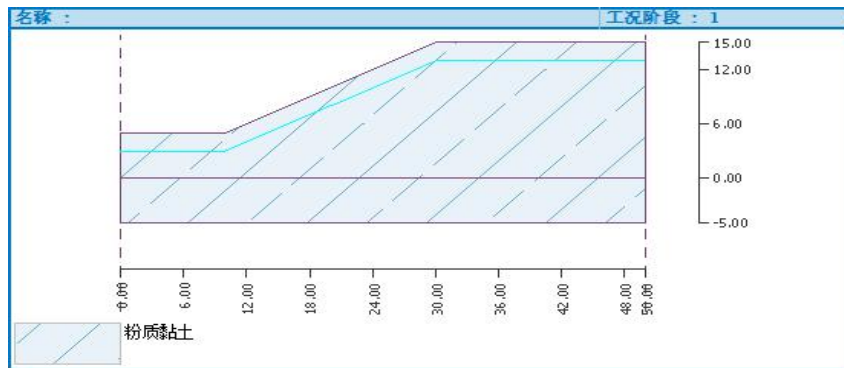
分析工况 3：安全系数 = $1.78 > 1.35$ ，边坡稳定性满足要求



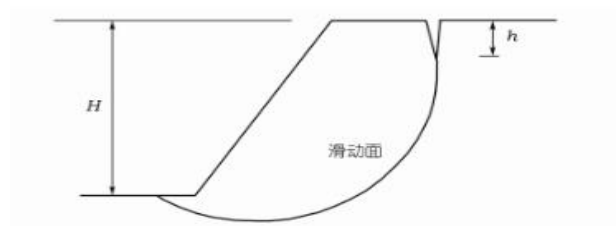
甘肃某顶部考虑裂缝的边坡稳定性分析

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」

使用目的：现场勘察到边坡顶部有裂缝，分析该状态下的边坡稳定性，坡体主要为粉质黏土，裂缝深度约 2m。

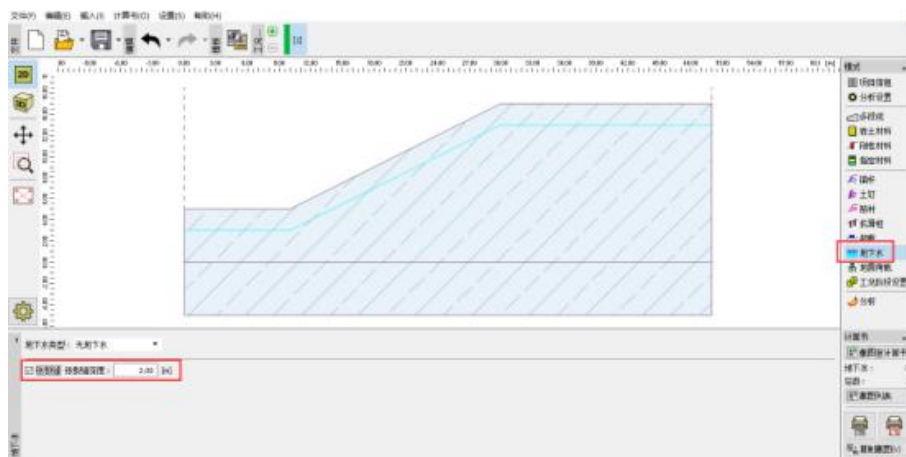


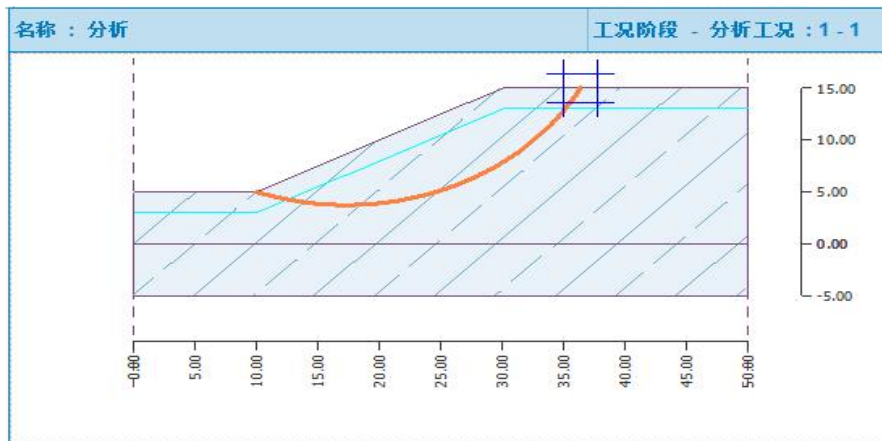
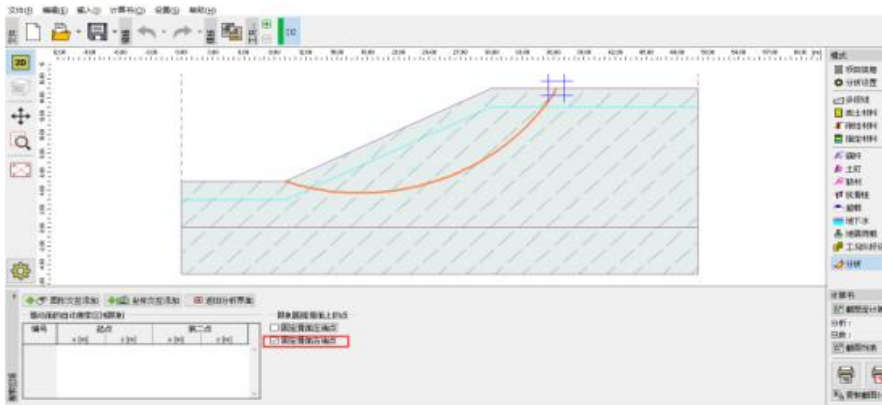
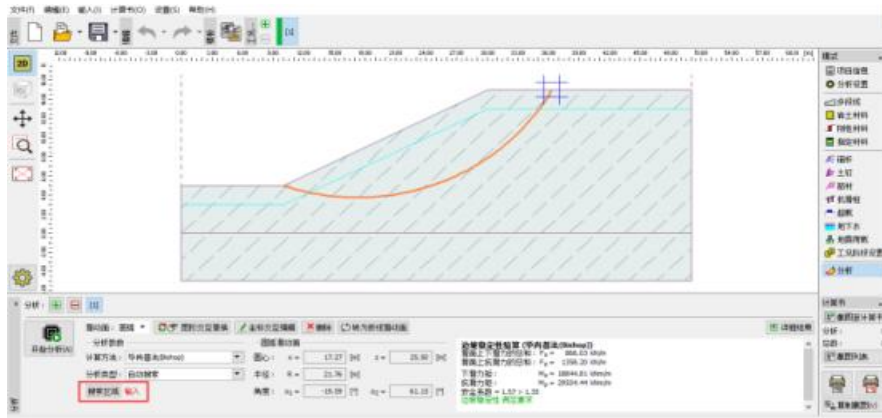
项目特点：边坡顶部现场勘察到 2m 深的裂缝，如下图中所示。



软件优势：

GEO5「土质边坡稳定分析」模块可以考虑边坡存在裂缝的情况，并且在分析时，可通过限制搜索区域将破裂面顶点坐标固定在裂缝处。此项目中坡顶存在裂缝即采用此功能实现。





边坡稳定性验算 (所有方法)

毕肖普法(Bishop) :FS = 1.57>1.35 满足要求

瑞典法(Fellenius / Petterson) :FS = 1.52>1.35 满足要求

斯宾塞法(Spencer) :FS = 1.57 >1.35 满足要求

简布法(Janbu) :FS = 1.56>1.35 满足要求

摩根斯坦法(Morgenstern-Price) :FS = 1.56>1.35 满足要求

不平衡推力法(隐式) :FS = 1.61>1.35 满足要求

不平衡推力法(显式) :FS = 1.61>1.35 满足要求

西南地区某岩质边坡工程

使用软件: GEO5「岩质边坡稳定分析」

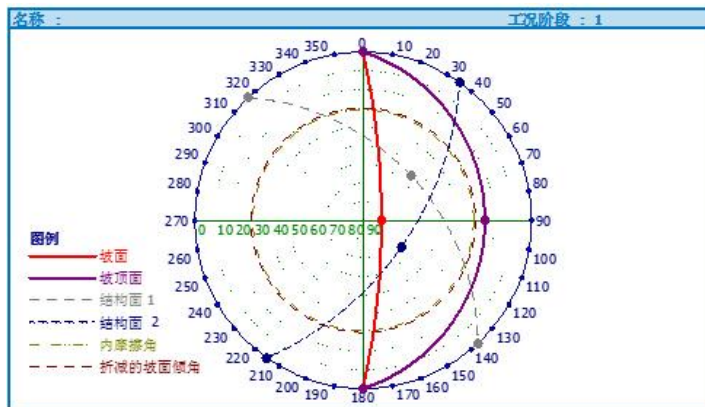
工程概况:

该工程为西南某边坡工程,为岩质边坡,边坡高 15 米,坡面陡倾,倾向 90° , 倾角达到 80° ; 边坡存在两组典型的结构面,产状分别为 $47^\circ \angle 55^\circ$ 和 $125^\circ \angle 65^\circ$, 结构面强度远低于岩石强度。通过分析工程地质条件,结合赤平投影图,初步推测该边坡可能发生楔形滑动。

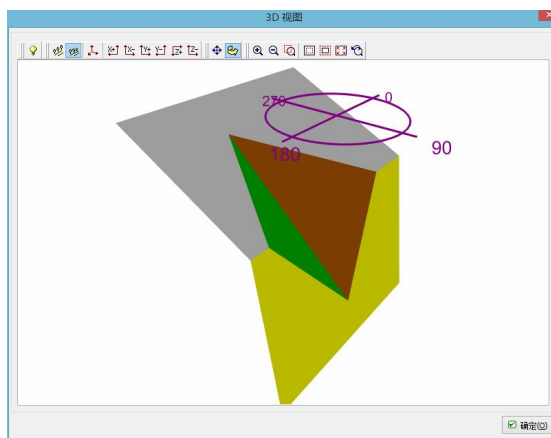
工程参数:

岩石重度 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	结构面 1 内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	结构面 2 内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	结构面 1 黏聚力 $c(\text{kPa})$	结构面 2 黏聚力 $c(\text{kPa})$	地震荷载
24	30	32	35	35	0.1g

岩土材料基本参数



赤平投影图



楔形滑体 3D 视图

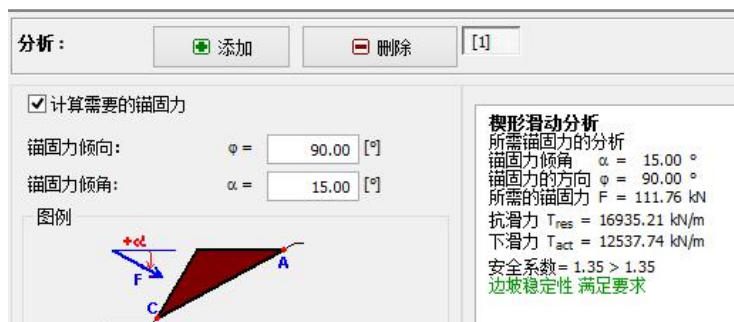
工程计算:

运行 GEOS「岩质边坡稳定分析」模块，采用的分析设置为：中国-国家标准（GB）。岩质边坡稳定性分析结果如下图所示：

详细结果
 重力 $W_z = 14757.70$ kN
 地震荷载 $K_{act} = 902.69$ kN
 地震荷载 $K_{N1} = -919.49$ kN
 地震荷载 $K_{N2} = -441.84$ kN
 总法向力 $N_1 = 6189.77$ kN
 总法向力 $N_2 = 2974.38$ kN
 抗滑力 $T_{res1} = 9081.87$ kN
 抗滑力 $T_{res2} = 7778.18$ kN
 总下滑力 $T_{act} = 12577.69$ kN
 总抗滑力 $T_{res} = 16860.05$ kN

楔形滑动分析
 抗滑力 $T_{res} = 16860.05$ kN/m
 下滑力 $T_{act} = 12577.69$ kN/m
 安全系数 = $1.34 < 1.35$
 边坡稳定性 不满足要求

由分析结果可知，该边坡稳定性不满足要求，需要进行加固处理，「分析」选项界面提供了加固所需锚固力的计算，勾选「计算所需的锚固力」即可，非常方便，如下图所示：



通过分析结果可知，为了满足稳定性要求，需要对该边坡施加 111.76kN 的锚固力，本工程中，我们采用了锚杆来提供所需的锚固力，锚杆参数如下：

编号	锚		名称	锚杆方向 φ [°]	锚杆倾角 α [°]	锚固力 F [kN]
	新建	补张拉				
1	是		锚杆No. 1	90.00	15.00	150.00
2	是		锚杆No. 2	90.00	15.00	150.00

再次选择「分析」，得出添加锚杆支护后的边坡稳定性分析结果如图所示，结果表明，此时边坡稳定性满足要求。

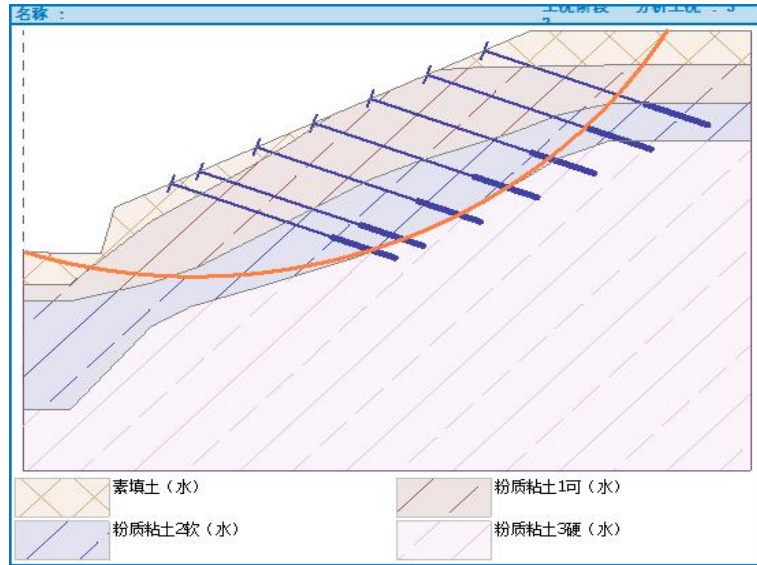
结论：

运用 GEOS「岩质边坡稳定分析模块」对西南某边坡进行了稳定性分析，根据分析结果，对边坡进行合理加固处理，为设计方案的可行性提供了依据，保证了工程安全，并得到了业主的认可。

边坡挖方+锚杆支护

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」

设计方案: 锚杆支护, 岩土材料从上至下分别为素填土、粉质粘土 1、粉质粘土 2 软、粉质粘土 3 硬。



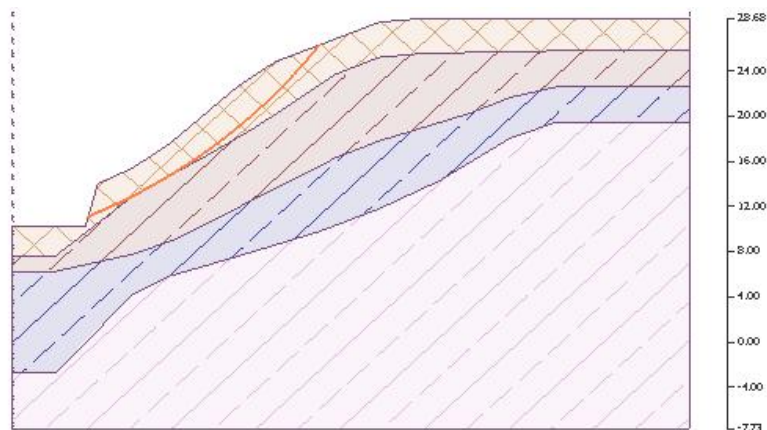
项目特点: 边坡较陡 (最陡部分长约 27.5m, 高 18m), 挖除部分土体并采取锚杆支护。

软件优势: GEO5「土质边坡稳定性分析」模块的多工况阶段可以体现设计过程。

过程与结果:

原始边坡分析

工况阶段 : 1



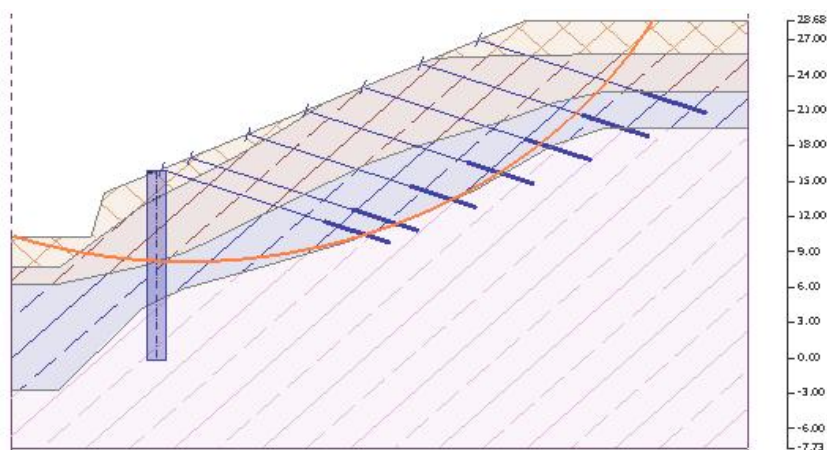
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 0.65 < 1.35, 边坡稳定性不满足要求

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n=371.67\text{kN/m}$, 剩余下滑力倾角 $\alpha = 28.37^\circ$

初始方案：抗滑桩+锚杆分析

工况阶段：2



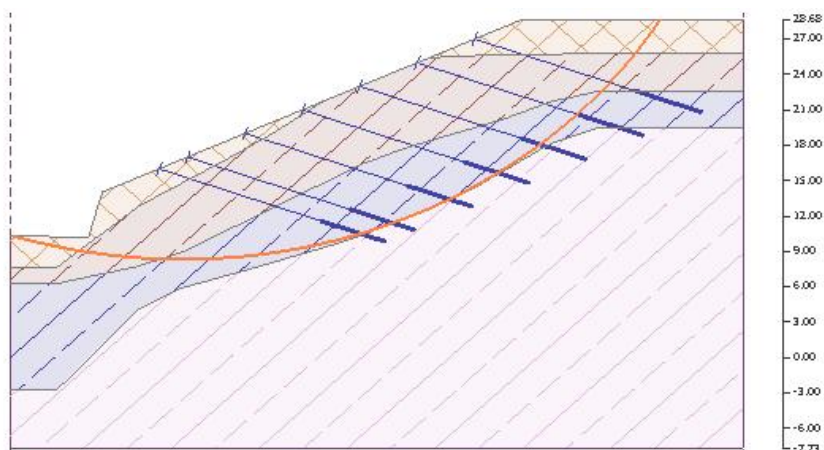
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数=1.49>1.35，边坡稳定性满足要求

这里的安全系数为 1.49，有富余，去掉抗滑桩再计算一下

方案调整：锚杆支护分析

工况阶段：3



自动搜索后的滑动面

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数=1.37>1.35，边坡稳定性满足要求

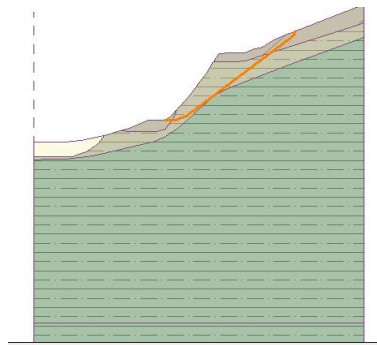
上面分析可以看出，抗滑桩的作用是增加边坡的安全储备，不设置抗滑桩安全系数依然满足要求。

某中学附近边坡分析与设计

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」

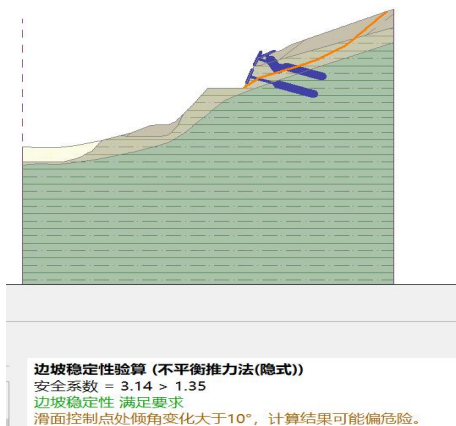
项目背景: 某镇民族中学拟建的运动场一侧靠山, 斜坡高陡, 落差 30 余米, 场地表部为第四系的人工填土和粉质黏土, 下伏基岩为志留系的粉砂岩。斜坡天然状态稳定, 但由于开挖山体坡脚, 下挖 10 余米, 需要对开挖后的边坡进行稳定性验算以及支护。

软件优势: GEO5 多工况阶段可模拟整个开挖支护的设计和施工流程。



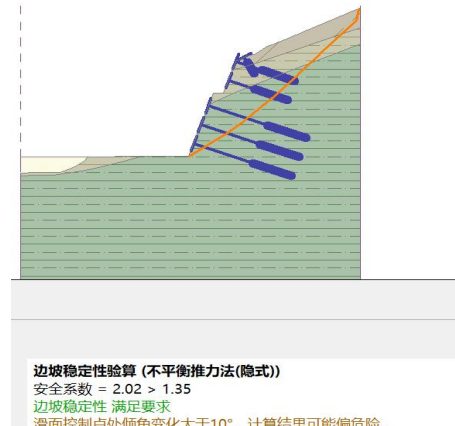
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
安全系数 = 1.47 > 1.35
边坡稳定性 满足要求
滑面控制点处倾角变化大于10°, 计算结果可能偏危险。

原始边坡稳定性计算结果



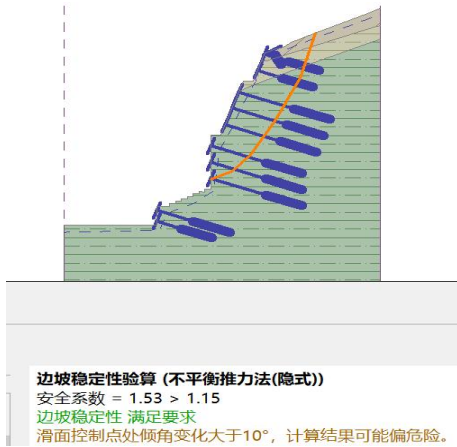
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
安全系数 = 3.14 > 1.35
边坡稳定性 满足要求
滑面控制点处倾角变化大于10°, 计算结果可能偏危险。

上部第一级台阶开挖及支护计算结果

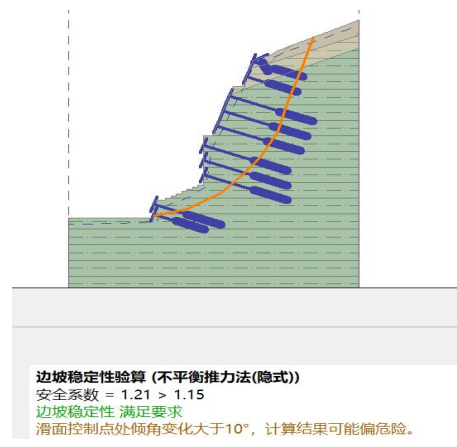


边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
安全系数 = 2.02 > 1.35
边坡稳定性 满足要求
滑面控制点处倾角变化大于10°, 计算结果可能偏危险。

第二级台阶开挖及支护计算结果



下部开挖支护后计算结果

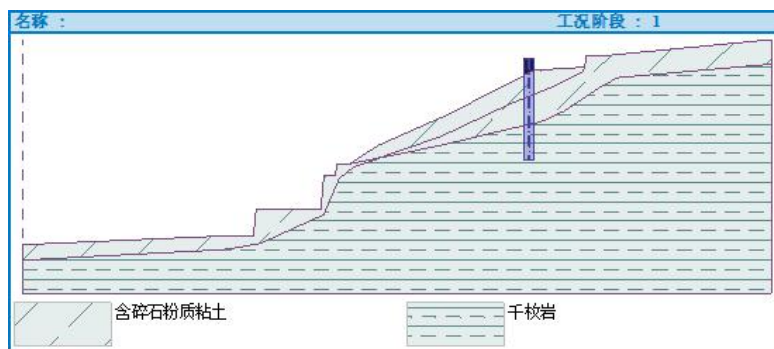


边坡整体稳定性分析结果

某边坡新建抗滑桩

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

设计方案: 现有边坡上新建抗滑桩, 桩后需要填土, 岩土材料从上之下分别为含碎石粉质粘土、千枚岩。

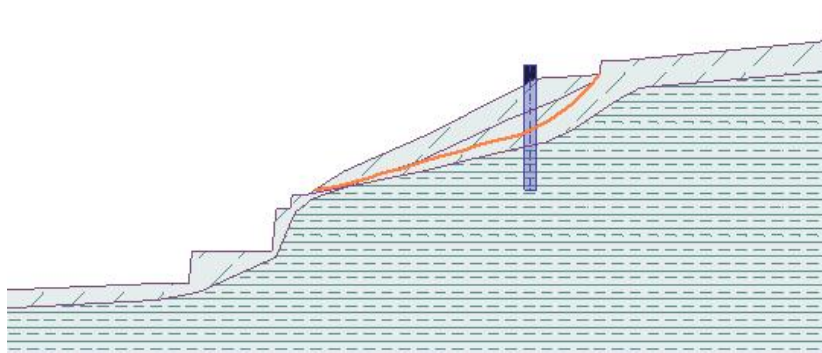


软件优势: GEO5 可以进行多工况设计, 在新建工况 2 中可进行填方设计, 软件先整体后局部, 稳定性分析满足要求之后, 再进行抗滑桩细化设计。可在「土质边坡稳定性分析」模块中直接调用「抗滑桩设计」模块, 大大减少建模时间。

过程与结果:

填方前稳定性分析

工况阶段 : 1



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 $=1.79 > 1.30$, 边坡稳定性满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

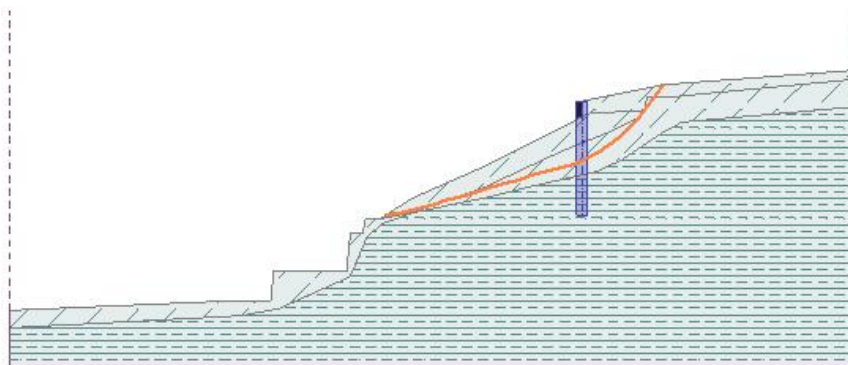
可以在“抗滑桩设计” 软件中进行验算分析。

桩后滑坡推力: 131.66 kN/m, 桩前滑体抗力: 23.20 kN/m

滑面深度: 5.77 m, 地表以下桩长: 13.00 m

填方后稳定性分析

工况阶段 : 2



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.31 > 1.30, 边坡稳定性满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10°, 计算结果可能偏危险。

可以在“抗滑桩设计” 软件中进行验算分析。

桩后滑坡推力: 275.01 kN/m, 桩前滑体抗力: 16.77 kN/m

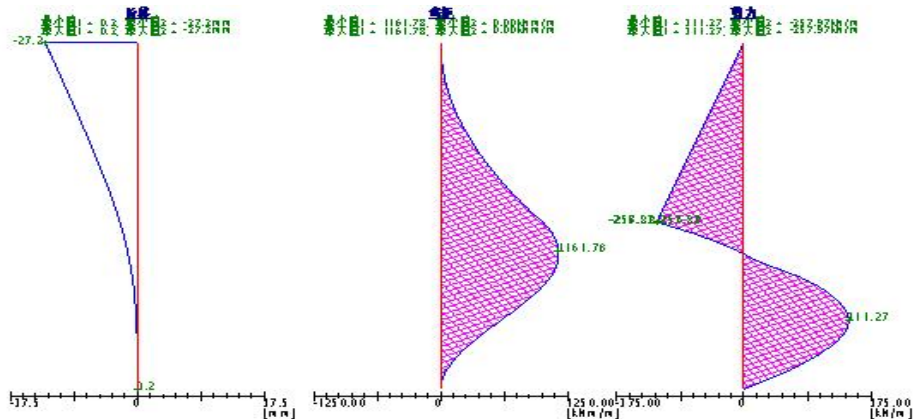
滑面深度: 7.77 m, 地表以下桩长: 15.00 m

剪力最大值=311.27kN/m, 弯矩最大值=1161.78kNm/m, 位移最大值=27.2 mm

桩的最大横向压应力 $s=810.42\text{kPa}$, 岩石地基横向容许承载力 $R_d=6000.00\text{kPa}$, 岩石地基

横向承载力满足要求

抗滑桩验算



作用基本组合的综合分项系数 = 1.00

钢筋数量 13, 钢筋直径 32.0 mm, 保护层厚度 70.0 mm, 配筋率 $r=0.62\% > 0.20\% = r_{\min}$

中和轴位置 $x/b_1 = 0.27\text{m} < 0.91\text{m} = x_{bh0}/b_1$;

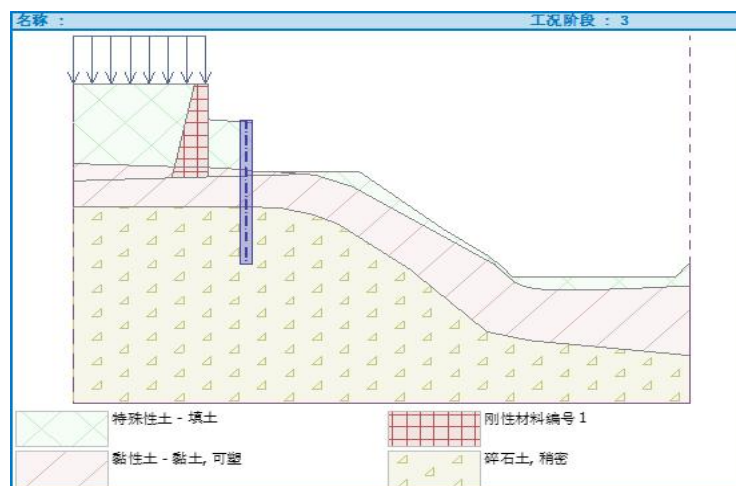
截面受剪承载力设计值 $V_u = 1705.28\text{kN} > 1245.07\text{kN} = V$, 截面受弯承载力设计值

$M_u = 4910.98\text{kNm} > 4647.10\text{kNm} = M$, 截面满足要求。

重庆某边坡已有挡墙附近新建抗滑桩

使用软件： GEO5 「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

设计方案： 边坡已有挡土墙+抗滑桩支护，两者相距 3m 多，岩土材料从上至下分别为特殊性填土、黏性土-可塑、碎石土-稍密。



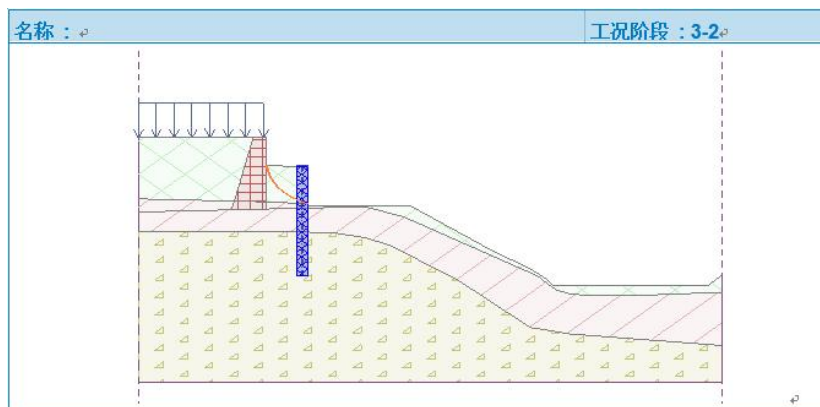
项目特点： 已有挡墙附近新建抗滑桩，如上图中所示。

软件优势： GEO5 可以进行多工况阶段设计，可以充分展示设计过程。「土质边坡稳定性分析」模块可以用刚性体模拟已建挡墙。

处理思路：

该设计方案的核心是计算有限填土作用在桩上的荷载。由于桩后很近的距离内有挡墙，所以并不能完全按照主动土压力去设计，否则会太保守。通过搜索的方法找到最危险滑面，作用在桩上的剩余下滑力即为有限填土作用在桩上的压力。并且要求单独验算挡墙的滑移稳定性，以确保挡墙不会将其后的土压力传递到挡墙和桩间的土体上。

过程与结果：



圆弧滑动面：指定滑面，具体位置如上图。

作用在桩上的力

编号 1 抗滑桩（15.69; 19.10 [m]）

桩后滑坡推力：65.23kN/m

桩前滑体抗力：0.00kN/m 桩前滑体安全系数不满足设计安全系数。

滑面深度：4.70m

地表以下桩长：14.78 m

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

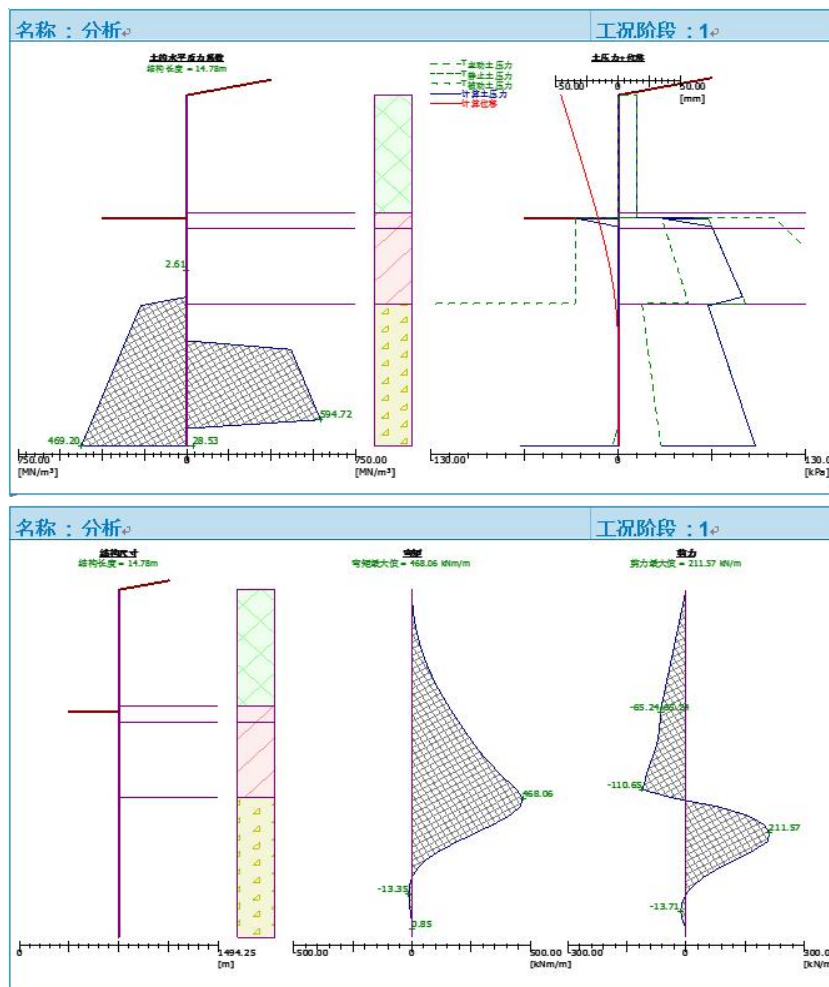
安全系数 = 2.63 > 1.35

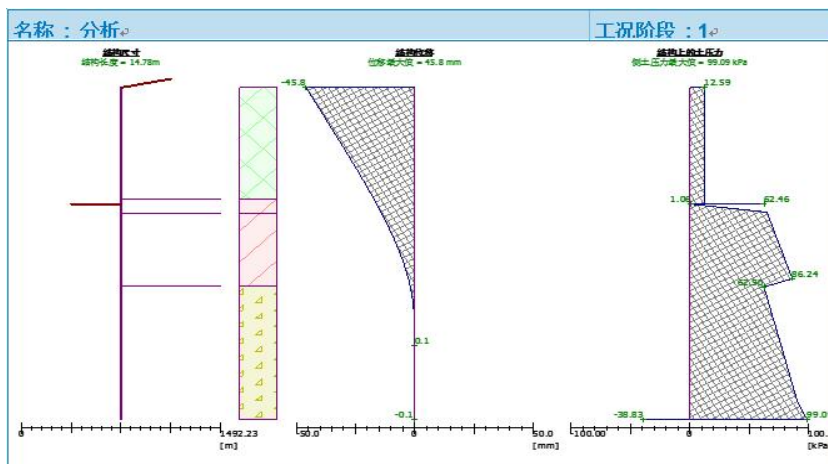
边坡稳定性 满足要求

注：滑面以上桩前没有土体，所以没有滑体抗力。

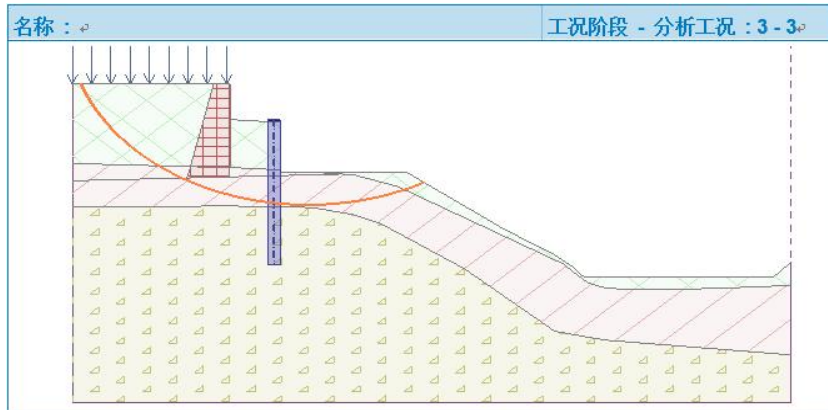
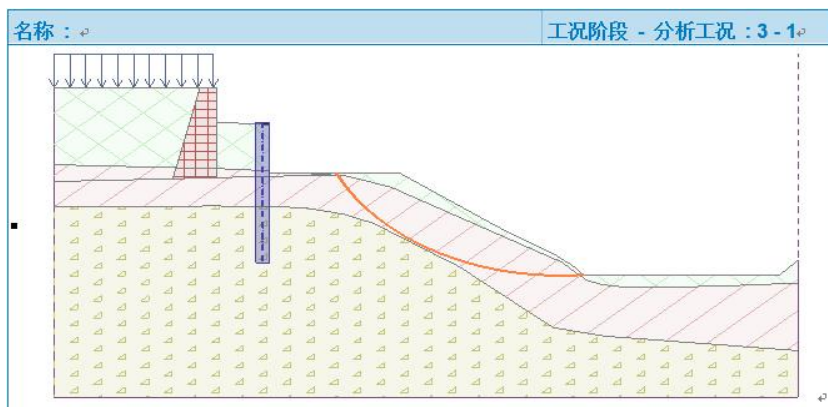
调用「抗滑桩设计」模块，输入桩后滑坡推力 65.23kN/m，桩前滑体抗力 0.00kN/m，

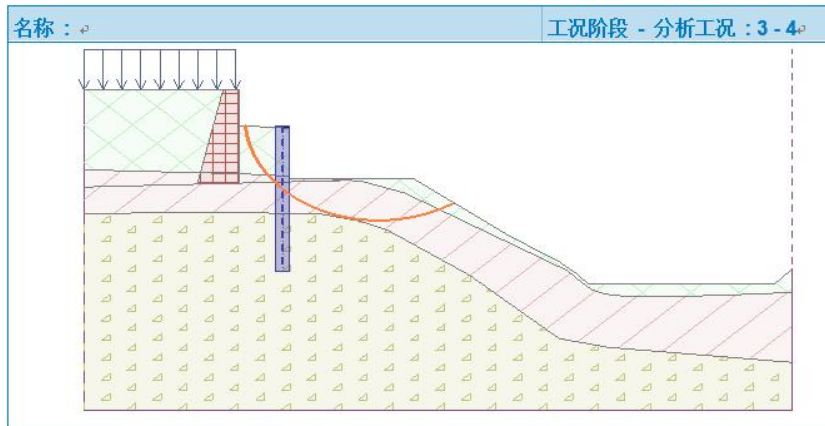
验算结果如下：





边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

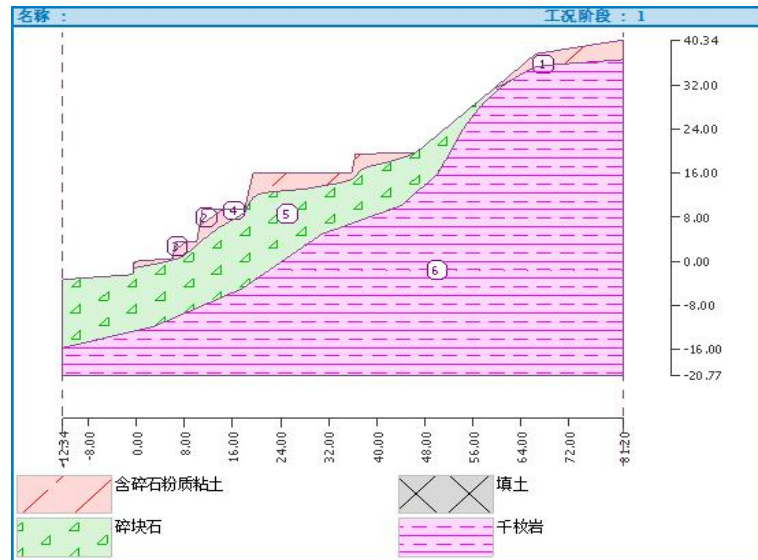




四川某高边坡抗滑桩支护

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」

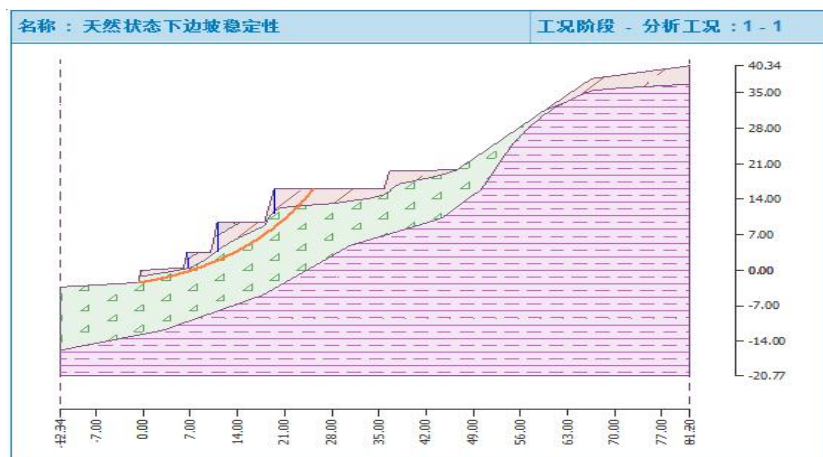
设计方案：边坡采用抗滑桩支护，边坡高度约 40 米，岩土材料分别为填土、填土（饱和）、含碎石粉质粘土、含碎石粉质粘土（饱和）、碎块石、碎块石（饱和）、千枚岩。



项目特点：边坡坡度较陡，并且需要考虑地震和暴雨的影响。

软件优势：GEO5「土质边坡稳定分析」模块可通过添加多工况模拟地震和暴雨的影响，并且在模块中可直接调用「抗滑桩设计」模块对抗滑桩进行验算。

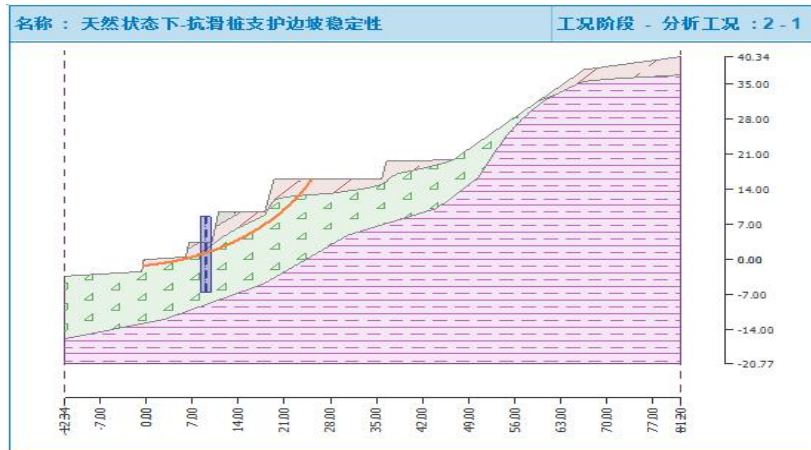
计算结果：



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

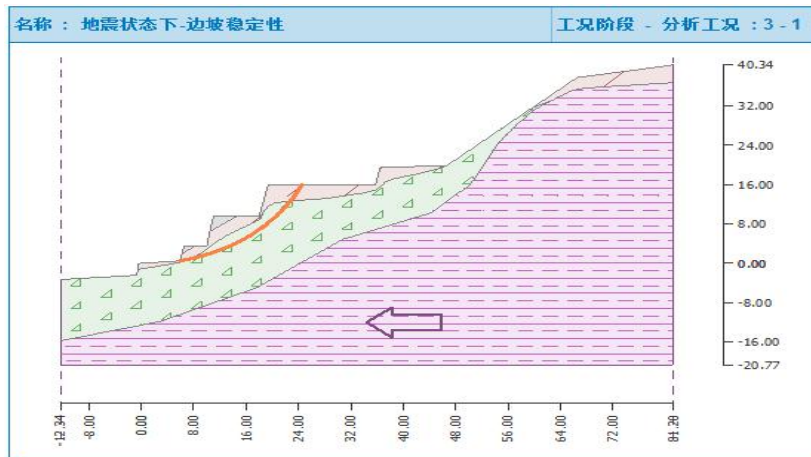
安全系数=1.09<1.35，边坡稳定性不满足要求

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 167.09 \text{ kN/m}$ ，剩余下滑力倾角 $\alpha = 12.10^\circ$



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

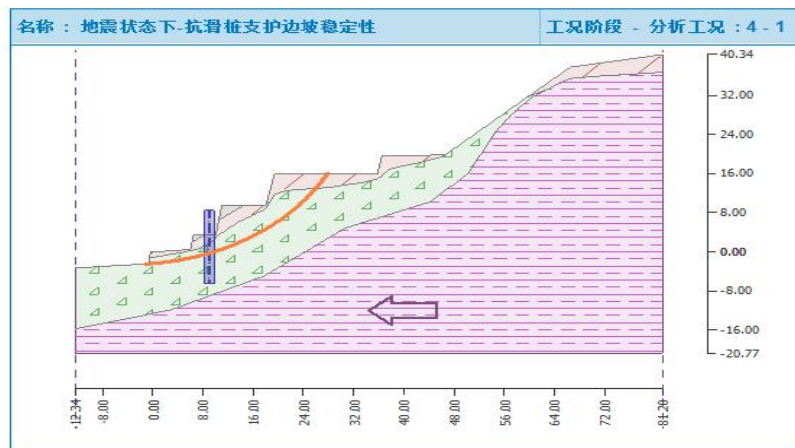
安全系数=1.58>1.35，边坡稳定性满足要求



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

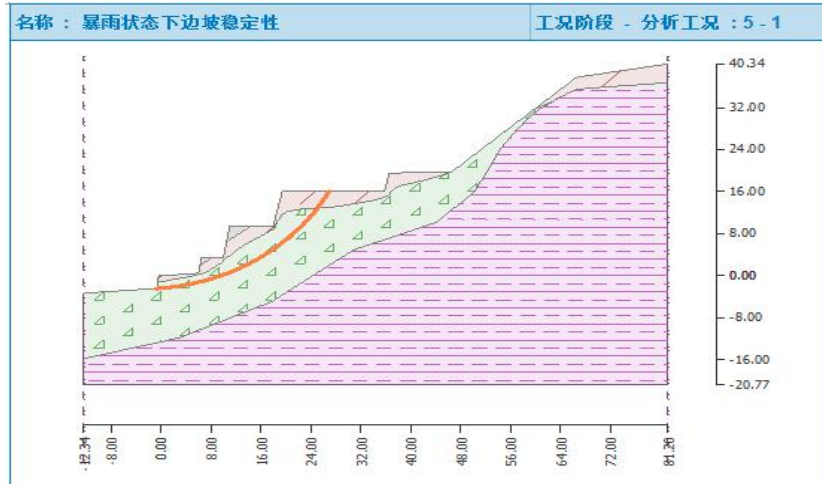
安全系数=0.99<1.15，边坡稳定性不满足要求

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 112.23 \text{ kN/m}$ ，剩余下滑力倾角 $\alpha = 14.08^\circ$



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

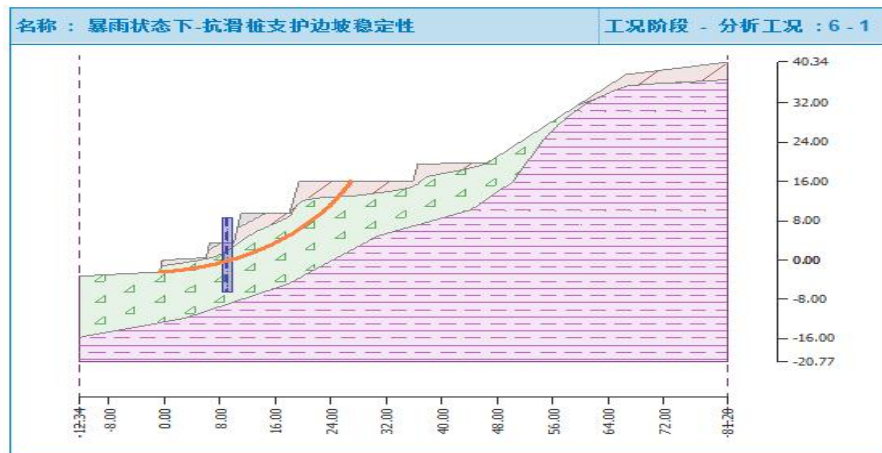
安全系数=1.25>1.15, 边坡稳定性满足要求



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

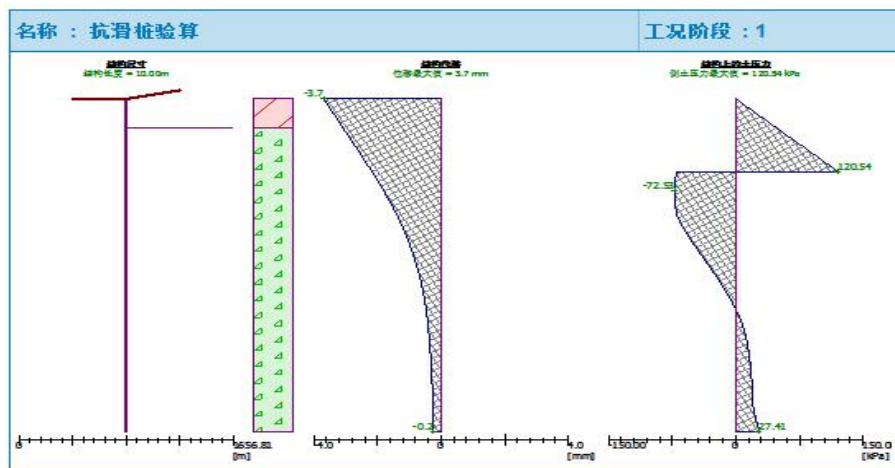
安全系数=0.94<1.15, 边坡稳定性不满足要求

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n=215.48\text{kN/m}$, 剩余下滑力倾角 $\alpha=5.66^\circ$



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数=1.17>1.15, 边坡稳定性满足要求

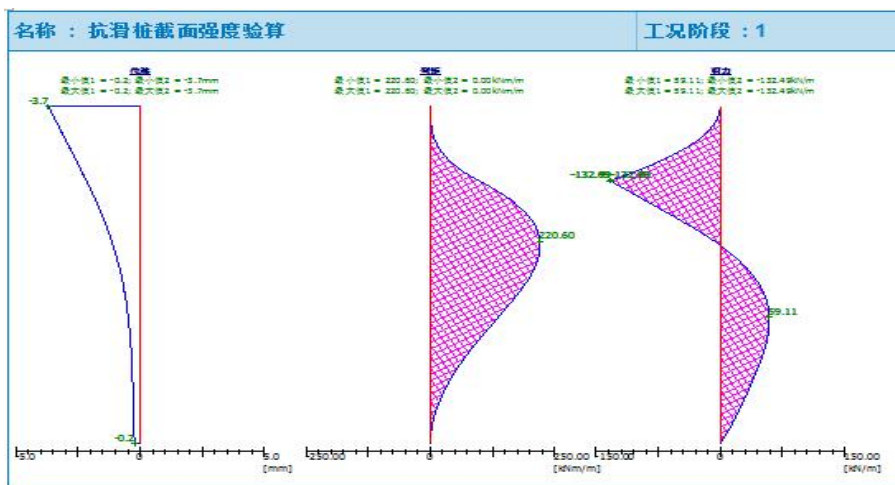


结构内力最大值

剪力最大值=132.49kN/m，弯矩最大值=220.60kNm/m，位移最大值=3.7mm

岩石地基承载力验算

桩的最大横向压应力 $s=241.76\text{kPa}$ ，岩石地基横向容许承载力 $R_d=360.00\text{kPa}$ ，岩石地基横向承载力满足要求



验算钢筋混凝土结构截面 (排桩 $d = 1.50\text{ m}$; $a = 5.00\text{ m}$)

对所有工况阶段进行分析。

作用基本组合的综合分项系数 = 1.00

截面抗弯验算：

钢筋数量 10，钢筋直径 30.0 mm；保护层厚度 40.0 mm

结构类型 (配筋率)：按梁计算

配筋率 $r = 0.20\% < 0.200\% = r_{\min}$

截面不满足要求（少筋），请提高配筋率。

截面抗剪验算：

截面受剪承载力设计值： $V_u = 1591.92 \text{ kN} > 662.47 \text{ kN} = V$

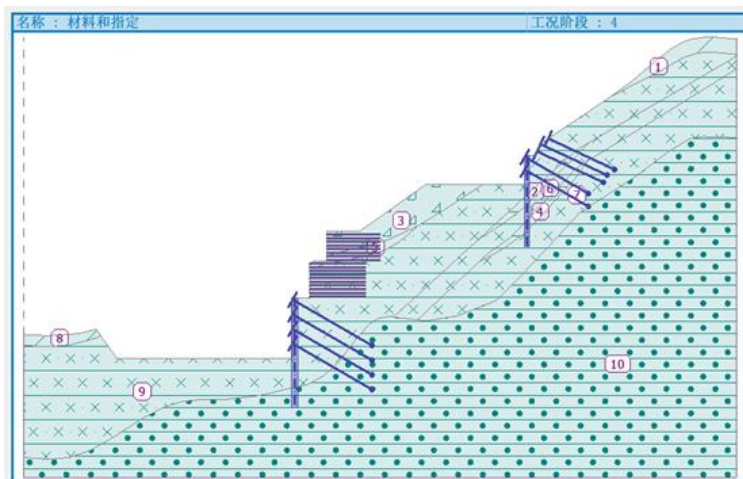
截面满足要求。

总验算：截面 满足要求。

某复杂边坡加固支护

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

设计方案: 边坡采用抗滑桩+锚杆+加筋土的支护方式, 边坡进行多处开挖以及填方, 边坡高度约为 88m, 岩土材料从上自下分别为杂填土、黏土、全风化、强风化、中风化。



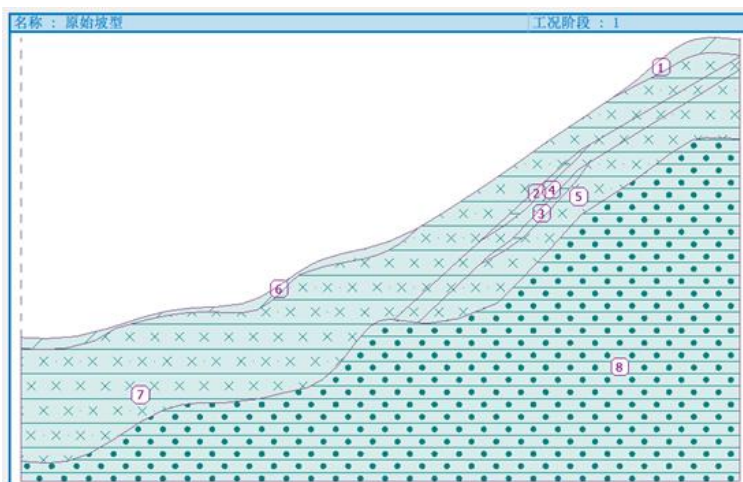
项目特点: 整个边坡支护采用了多种支护方法组合形式, 并且边坡存在多处开挖和填方, 如上图中所示。

软件优势: GEO5「土质边坡稳定性分析」模块可以考虑多种不同的支护组合形式, 考虑开挖、填方等, 并对多排抗滑桩进行验算分析。

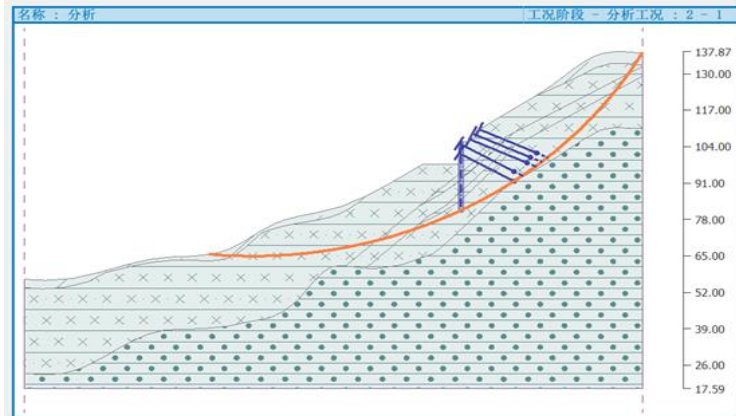
计算结果:

1) 边坡稳定性分析

1、原始坡型

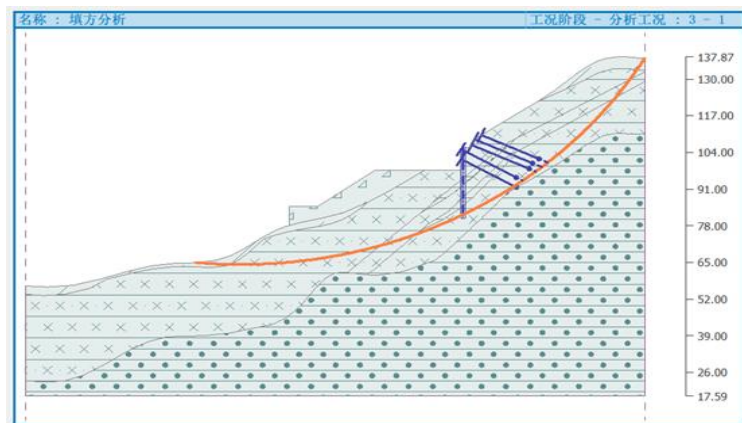
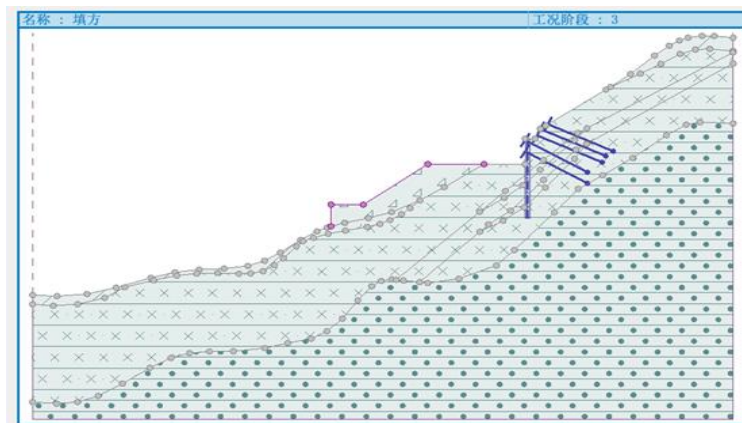


2、挖方及添加抗滑桩和锚杆



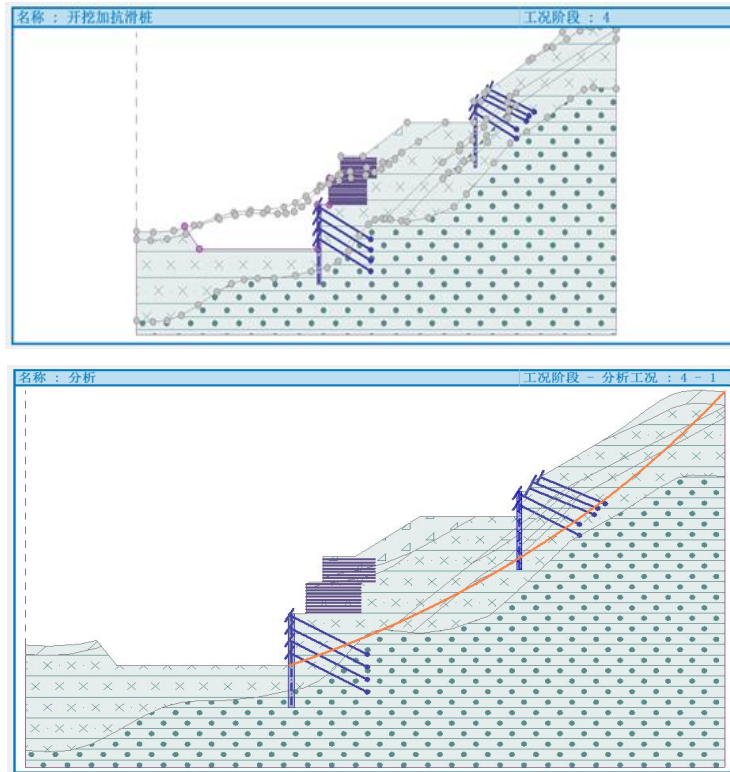
挖方施加抗滑桩及锚杆后，进行自动搜索滑裂面，安全系数为 $1.38 > 1.35$

3、进行填方



填方后自动搜索滑裂面分析边坡的安全系数为 $1.43 > 1.35$ 满足要求

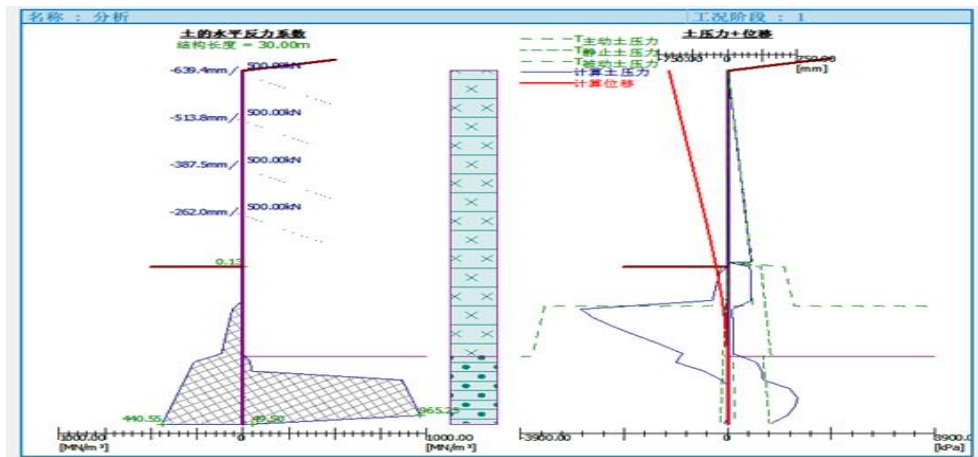
4、开挖加抗滑桩

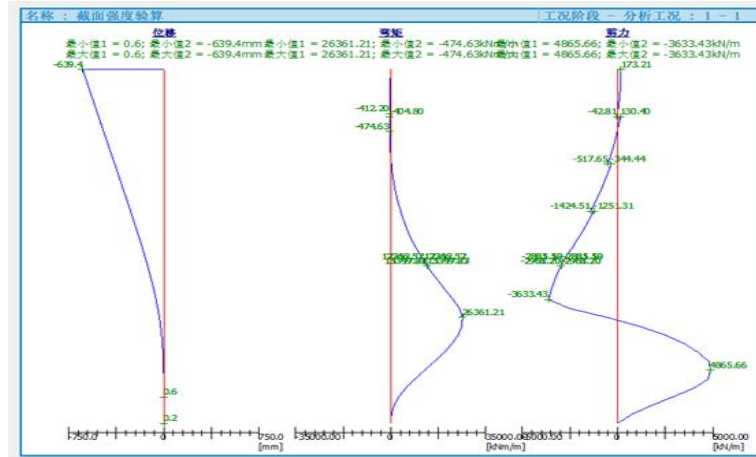


开挖加抗滑桩后，自动搜索滑裂面分析边坡的安全系数为 $1.38 > 1.35$ 满足要求。

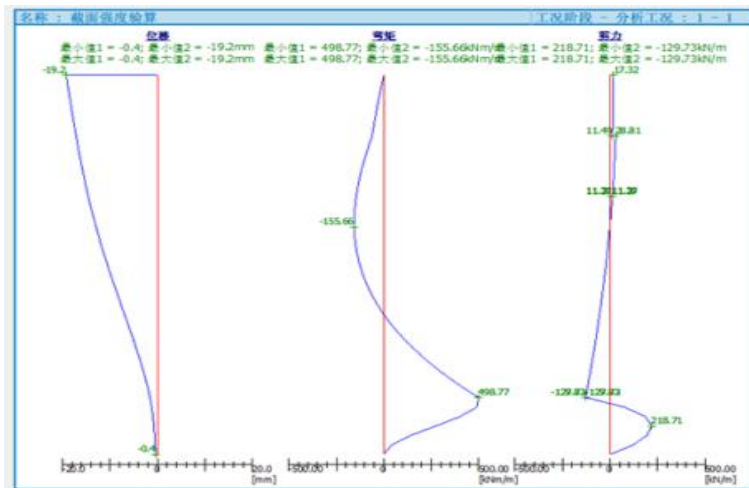
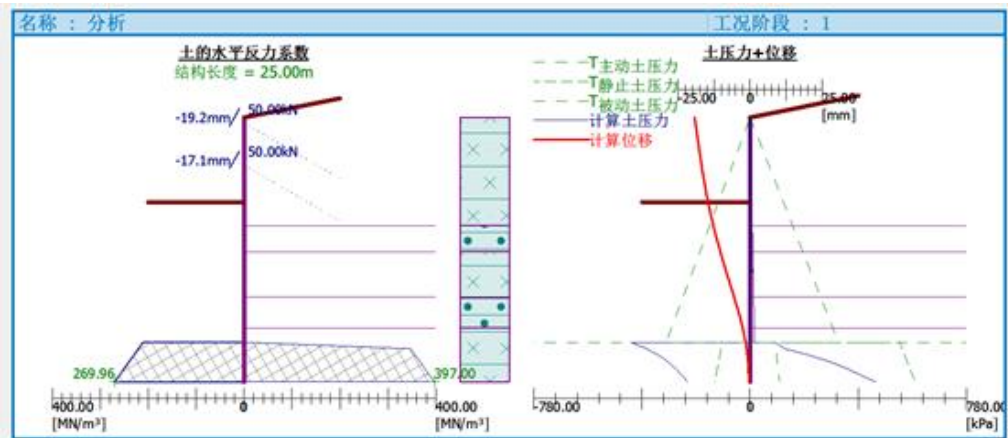
2) 抗滑桩分析

1 号抗滑桩分析结果





2号抗滑桩分析结果

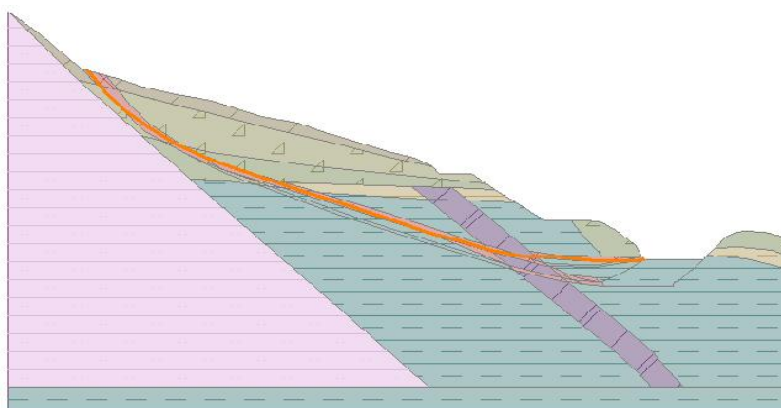


某国道一侧滑坡分析及支护设计

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

项目背景: 该滑坡位于某国道一侧, 滑坡长约 100m, 高约 30m, 主要地层为上部碎石土, 下部中风化泥岩, 另外该区域发育一处断层破碎带, 破碎带宽约 5m, 但破碎带为陡倾角, 不直接构成滑动面。通过勘查确定了该滑坡滑动带的范围, 利用 GEO5「土质边坡稳定分析」模块建模并分析原始边坡的稳定性, 原始边坡不满足设计安全系数要求, 因此给出了两种支护措施, 一种是抗滑桩, 一种是开挖放坡+锚索(锚杆)支护, 两种支护方案都可以在软件中进行分析。

软件优势: GEO5「土质边坡稳定分析」模块, 只需要建立一个文件, 通过不同的工况设置, 可以分析原始边坡稳定性, 以及不同支护方案下的边坡稳定性, 同时边坡模块还支持组合结构支护措施。



边坡稳定性验算 (摩根斯坦法(Morgenstern-Price))

安全系数 = 1.10 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.12 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 170.11 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = -6.58^\circ$

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.12 < 1.15

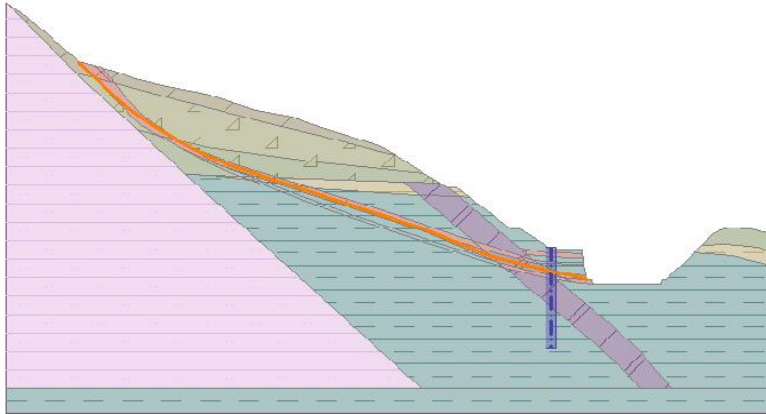
边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 166.92 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = -6.58^\circ$

原始边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.25 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.20 > 1.15

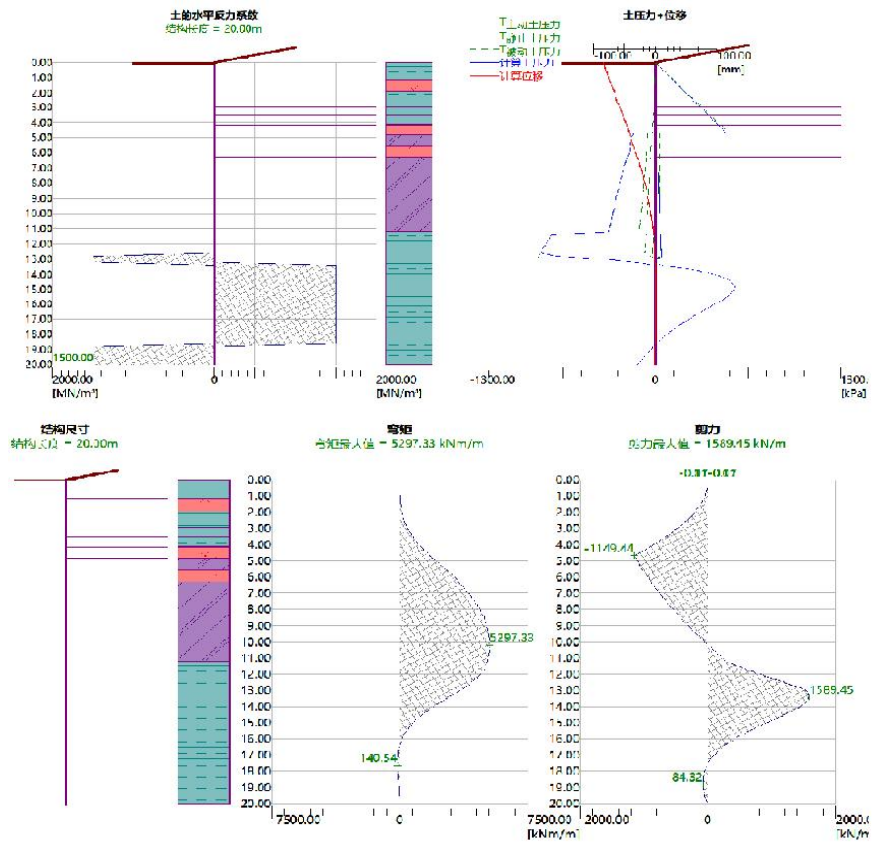
边坡稳定性 满足要求

边坡稳定性验算 (摩根斯坦法(Morgenstern-Price))

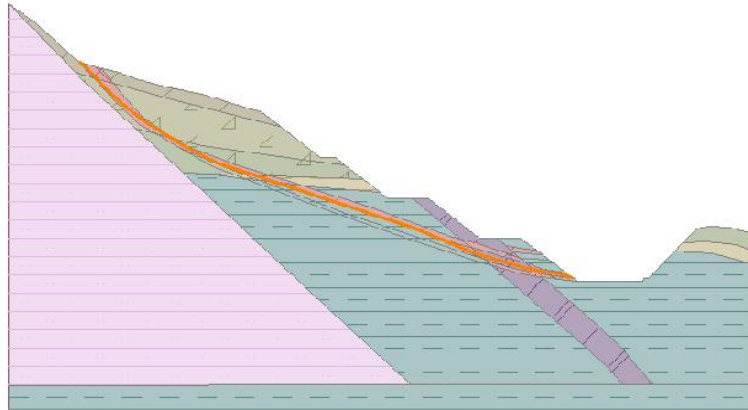
安全系数 = 1.17 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

方案 1: 前缘放坡开挖+抗滑桩支护后边坡稳定性



方案 1: 抗滑桩验算结果



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 0.97 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 884.34$ kN/m

剩余下滑力倾角 $\alpha = 17.20^\circ$

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 0.97 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 763.33$ kN/m

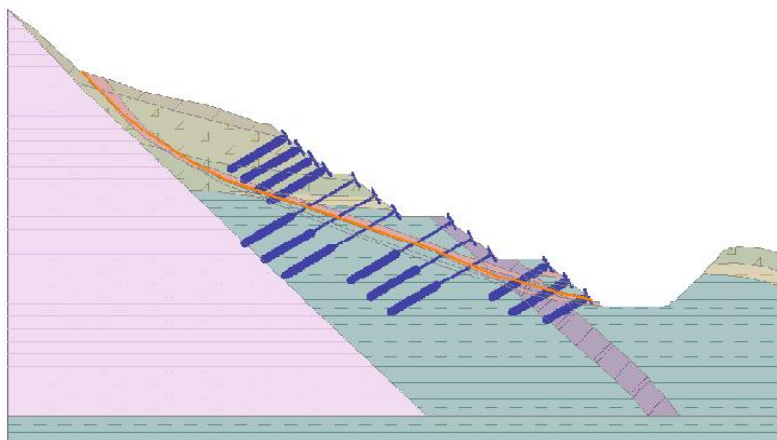
剩余下滑力倾角 $\alpha = 13.04^\circ$

边坡稳定性验算 (摩根斯坦法(Morgenstern-Price))

安全系数 = 0.94 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

方案 2: 坡体前缘放坡开挖后稳定性分析



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.20 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.26 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

边坡稳定性验算 (摩根斯坦法(Morgenstern-Price))

安全系数 = 1.19 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

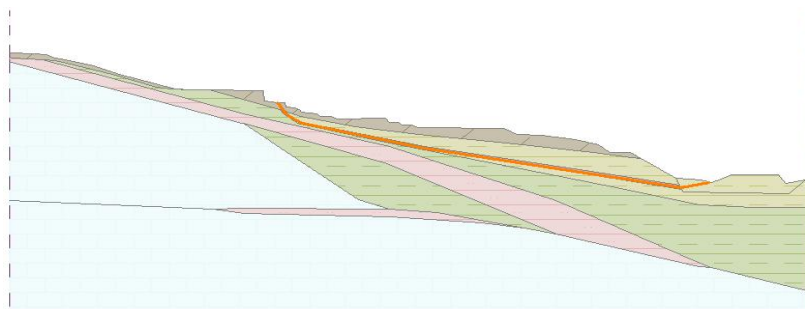
方案 2: 坡体前缘放坡开挖+锚杆(锚索)支护后稳定性分析

某顺层滑动路堑边坡治理方案设计

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

项目背景：该项目为某道路的路堑挖方边坡，边坡总体较缓，局部发育矮陡坎。坡体上部为坡残积粉质黏土，厚度 1~4m，下伏基岩为二叠系梁山组、孤峰组灰岩、泥岩、砂岩，薄层至中厚层状，岩坡层面倾向与坡面倾向基本一致，属顺层边坡，倾角一般 18°~20°。由于该地区遇到季节性暴雨，雨水下渗致使原岩层面泥质胶结饱水软化，强度参数降低，最终在该段路基出现滑坡灾害。采用 GEO5 可以分析原始边坡稳定性，路堑开挖及暴雨作用后边坡现状稳定性，并对多种设计方案进行验算，为最终方案的选取提供计算依据。

软件优势：GEO5 不同工况可以实现不同的支护及开挖方案设计，便于方案对比。



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.54 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

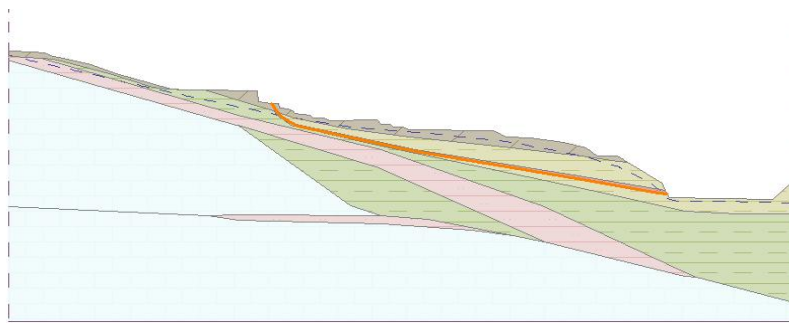
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.54 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

场地原始边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 0.98 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 414.78 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = 10.71^\circ$

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 0.99 < 1.15

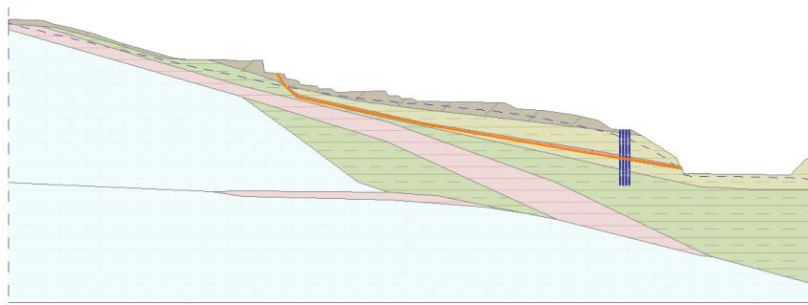
边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 493.80 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = 8.46^\circ$

开挖形成路堑，并考虑暴雨作用下边坡稳定性



边坡稳定性验算 (摩根斯坦法(Morgenstern-Price))

安全系数 = 1.22 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.19 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

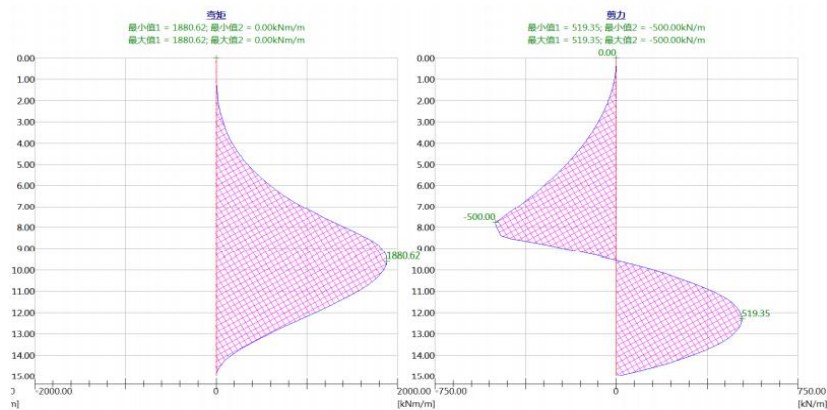
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.15 > 1.15

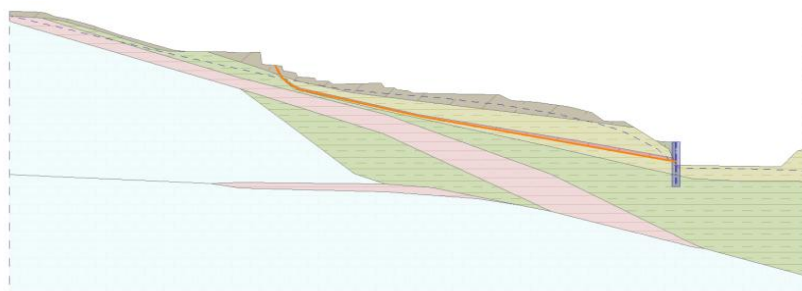
边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

方案 1：在开挖边坡二级平台设置矩阵式微型抗滑桩支挡



方案 1：微型桩受力分析



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.36 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.36 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°，计算结果可能偏危险。

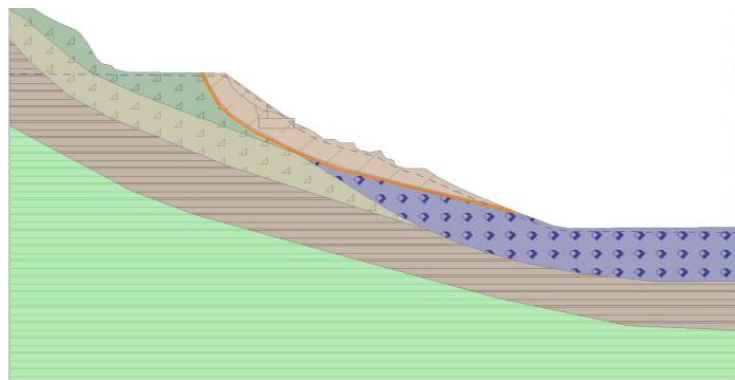
方案 2：在坡脚内侧设置一排矩形抗滑桩

某库岸边坡塌滑治理

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」、「群桩设计」、「微型桩设计」

项目背景: 该项目为某库岸路基边坡的应急治理,因滑坡作用,路面出现开裂和下沉现象。滑坡路段长约 200m,上下高差约 20m,坡体物质组成主要为粉质黏土及碎块石土,其中粉质黏土可塑至硬塑状,碎石土中密状为主,下伏基岩为泥岩和粉砂岩。经现场地质调查,滑坡周界清晰,整体呈圈椅状,滑动面位于土层中,未至岩土交界面。失稳原因与库岸河水长期冲刷坡脚及汛期降雨导致土体参数降低都有密切关系。采用 GEO5 可以分析原始边坡稳定性,水位骤降边坡稳定性,并对支护设计方案进行验算。

软件优势: GEO5 多个模块数据可以共享,对于复杂支护方式可以进行有针对性的验算。



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 0.69 < 1.10

边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 201.72 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = 15.89^\circ$

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 0.69 < 1.25

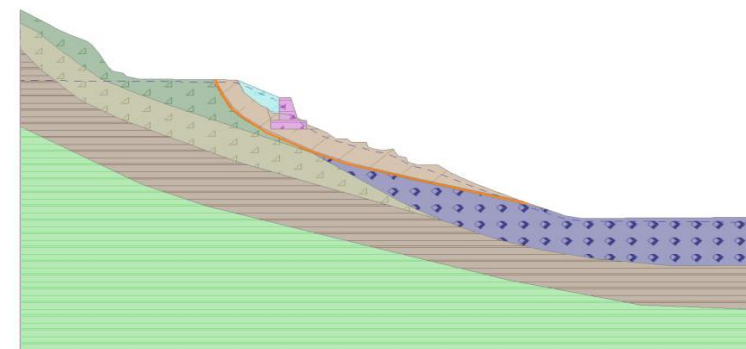
边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 243.25 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = 15.89^\circ$

原始边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 0.66 < 1.10

边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 237.83 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = 15.56^\circ$

边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 0.67 < 1.10

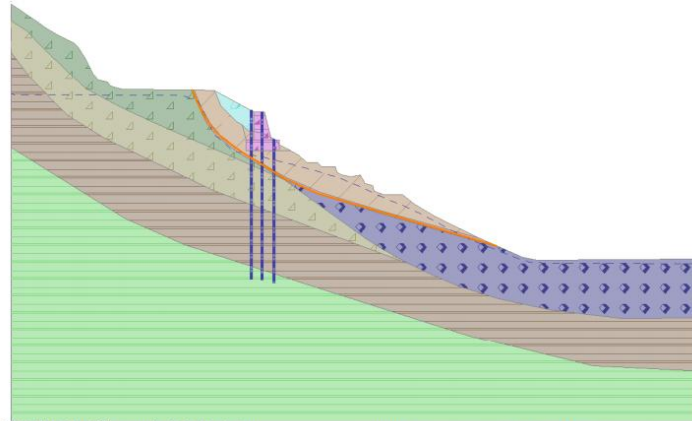
边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 255.50 \text{ kN/m}$

剩余下滑力倾角 $\alpha = 15.64^\circ$

护坡挡墙施工后边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.12 > 1.10

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°, 计算结果可能偏危险。

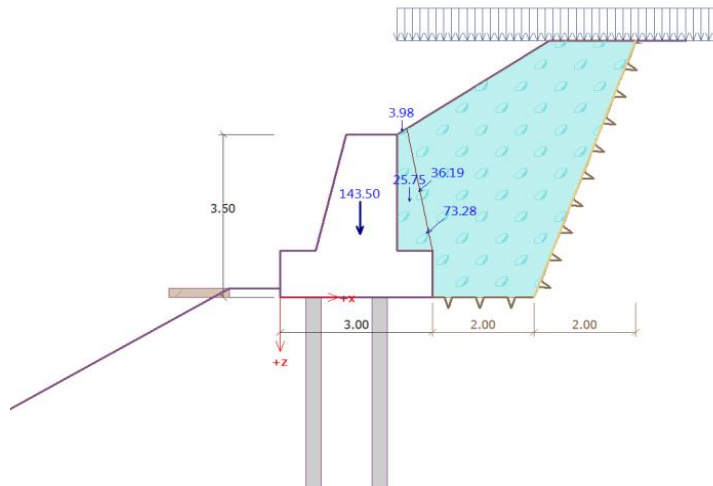
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(显式))

安全系数 = 1.11 > 1.10

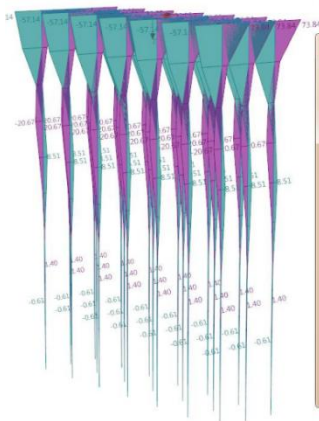
边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于10°, 计算结果可能偏危险。

挡墙+钢管桩支护方案验算



重力式挡墙分析验算



验算	
内力最大值 (适用于所有荷载工况)	
轴向压力最大值	= -110.77 kN
轴向拉力最大值	= 110.77 kN
弯矩最大值	= 73.85 kNm
剪力最大值	= 57.14 kN
位移最大值 (仅适用于标准值荷载工况)	
沉降最大值	= 11.5 mm
桩承台最大水平位移	= 156.8 mm
桩承台最大转角	= 3.9E-01 °

钢管群桩受力和变形分析

压屈稳定性验算: Euler几何方法

截面有效长度计算- 支承 (铰接-铰接)。

土的水平反力系数 $E_p = 10.00 \text{ MN/m}^3$

计算半波数 $n = 2.84$

有效长度 $l_{cr} = 2.11 \text{ m}$

容许轴向力 $N_{cr} = 2675.92 \text{ kN}$

轴向力最大值 $N_{max} = 110.77 \text{ kN}$

安全系数 = 24.16 > 1.50

微型桩压屈稳定性 满足要求。

耦合截面承载力验算:

编号2荷载工况作用下截面最大利用率。

微型桩驱动 - 排除受拉区的混凝土截面荷载。

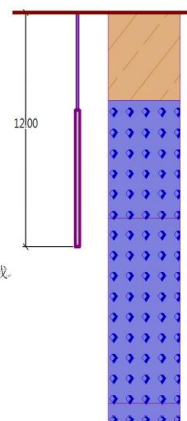
中和轴位置 = 25.0 mm

钢材应力 $= 1075.81 \text{ MPa}$

钢材强度设计值 $= 345.00 \text{ MPa}$

安全系数 = 0.32*6 = 1.92 > 1.50

微型桩耦合截面承载力 满足要求。



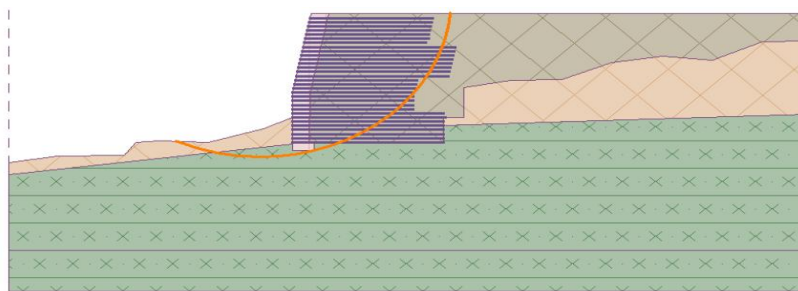
采用微型桩验算钢管桩的压屈稳定性和耦合截面承载力

抗滑桩+加筋土联合支护填方边坡

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」

项目背景: 某地新建道路,路堤填方高度接近 20m,回填采用筋带和压实填土,筋带长约 12m~15m,筋带抗拉强度为 45kN/m。场地原有地层岩性较简单,地表为素填土,下伏全风化砂岩。加筋土挡墙临空一侧采用预制砌块砌筑,底部基础至于全风化砂岩层中。由于是高填方路堤,为提高边坡整体的安全余度,在填方边坡坡脚区域设置一排抗滑桩,抗滑桩截面尺寸为 1.5m*1.2m,桩长 14m,桩顶高出砌块基底约 7m,桩间距 3.5m。本次分析重点研究抗滑桩+加筋土联合支护填方边坡的整体稳定性以及可能的破坏模式,并对结构局部的应力集中区域进行研究,用于指导设计和施工。

软件优势: GEO5「土质边坡稳定分析」模块支持多种支护结构的联合支护解决方案,对于抗滑桩+加筋土,抗滑桩+锚杆(索)等结构都能实现快速建模和分析。



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a = 1888.35 \text{ kN/m}$

滑面上抗滑力的总和: $F_p = 2439.26 \text{ kN/m}$

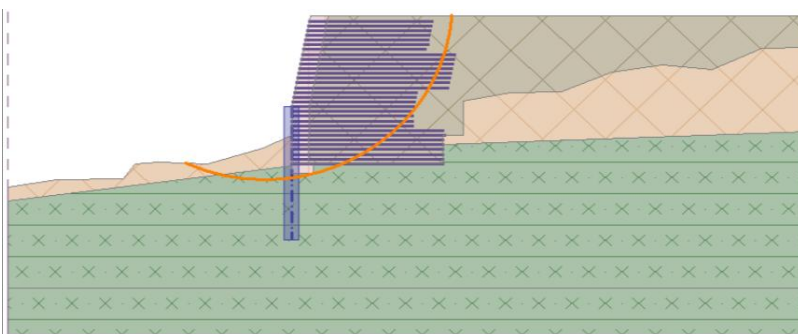
下滑力矩: $M_a = 35859.77 \text{ kNm/m}$

抗滑力矩: $M_p = 46321.51 \text{ kNm/m}$

安全系数 = 1.29 < 1.35

边坡稳定性 不满足要求

天然工况加筋回填土边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a = 1874.11 \text{ kN/m}$

滑面上抗滑力的总和: $F_p = 2583.20 \text{ kN/m}$

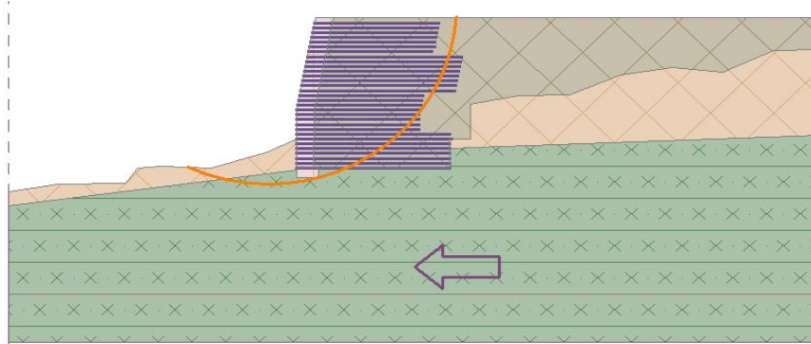
下滑力矩: $M_a = 34895.93 \text{ kNm/m}$

抗滑力矩: $M_p = 48099.20 \text{ kNm/m}$

安全系数 = 1.38 > 1.35

边坡稳定性 满足要求

天然工况抗滑桩+加筋回填土边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a = 1943.51 \text{ kN/m}$

滑面上抗滑力的总和: $F_p = 2388.70 \text{ kN/m}$

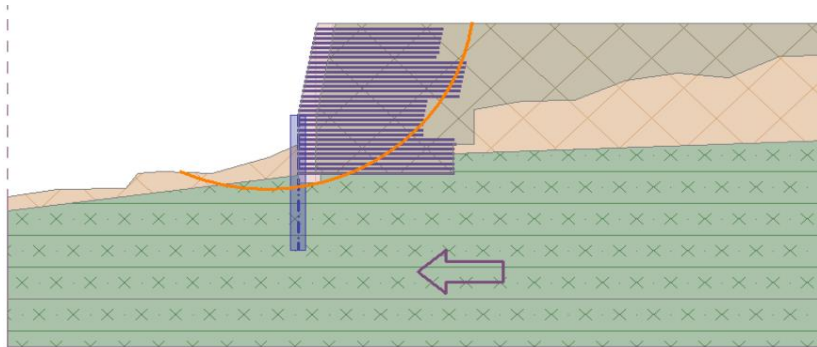
下滑力矩: $M_a = 35857.73 \text{ kNm/m}$

抗滑力矩: $M_p = 44071.44 \text{ kNm/m}$

安全系数 = 1.23 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

地震工况加筋回填土边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a = 2031.82 \text{ kN/m}$

滑面上抗滑力的总和: $F_p = 2662.19 \text{ kN/m}$

下滑力矩: $M_a = 40778.57 \text{ kNm/m}$

抗滑力矩: $M_p = 53430.24 \text{ kNm/m}$

安全系数 = 1.31 > 1.15

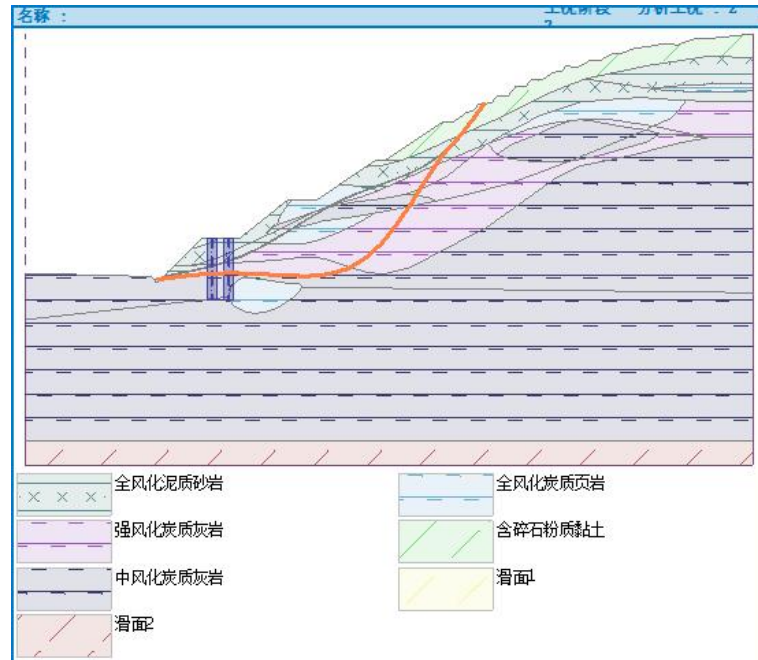
边坡稳定性 满足要求

地震工况抗滑桩+加筋回填土边坡稳定性分析

山东某边坡双排桩支护设计

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」、「岩土工程有限元分析」

设计方案：边坡开挖并设置双排桩



设计思路：

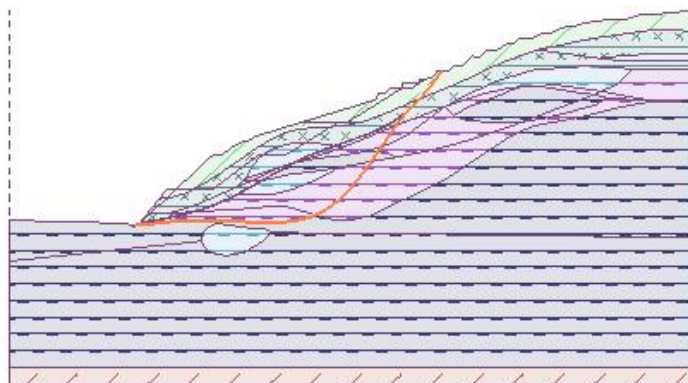
设计采用「土质边坡稳定分析」模块和「岩土工程有限元分析」模块。「土质边坡稳定分析」模块的目的是分析抗滑桩支护后每一个危险结构面的稳定系数是否符合规范要求，以及边坡作用在抗滑桩上的剩余下滑力，为「岩土工程有限元分析」模块分析抗滑桩变形和内力提供荷载参数。「岩土工程有限元分析」模块的目的是分析桩身在剩余下滑力的作用下，桩身的弯矩、剪力、变形等数据，为桩身配筋提供内力参数。

软件优势：

- 1、多段线建模支持导入 DXF 图形；
- 2、GEO 剪贴板支持岩土材料创建，实现软件两个不同的模块之间很好的数据对接。

计算结果:

1) 利用「土质边坡稳定分析」模块计算给定滑面

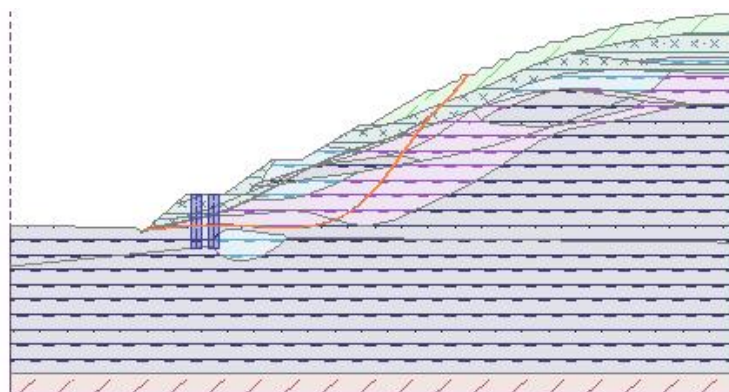


边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = $1.07 < 1.35$, 边坡稳定性 不满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 1037.26 \text{ kN/m}$, 剩余下滑力倾角 $\alpha = 2.05^\circ$



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = $1.59 > 1.35$

边坡稳定性 满足要求

滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

作用在桩上的力

编号1抗滑桩 (40.13; 42.07 [m])

桩后滑坡推力: 763.18 kN/m

桩前滑体抗力: 208.97 kN/m

滑面深度: 7.44 m

地表以下桩长: 12.87 m

编号2抗滑桩 (43.73; 42.07 [m])

桩后滑坡推力: 1412.04 kN/m

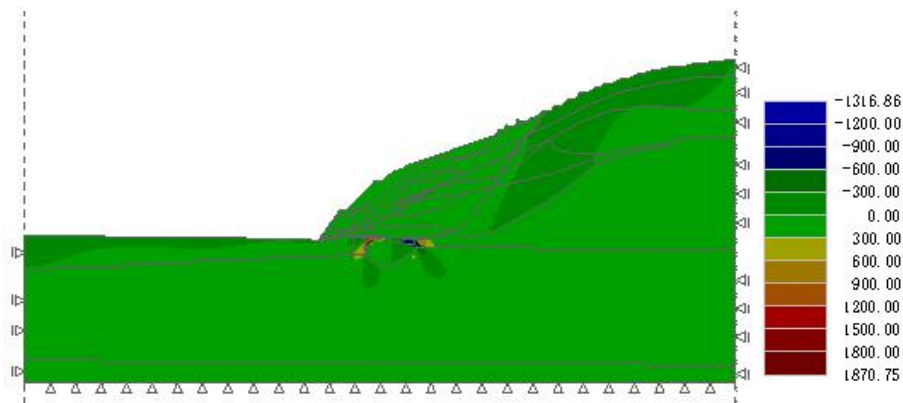
桩前滑体抗力: 864.05 kN/m

滑面深度: 7.27 m

地表以下桩长: 12.87 m

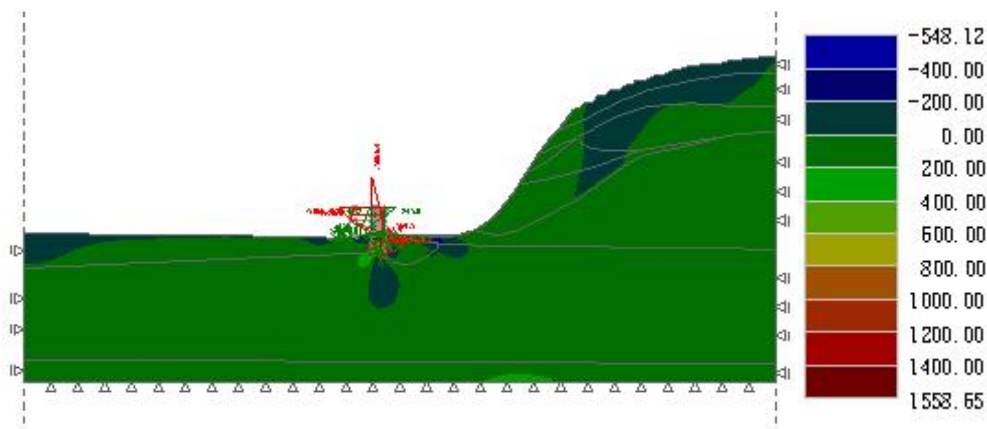
2) 使用「岩土工程有限元分析」模块

初始地应力分析



滑坡体内的抗滑桩部分直接以梁荷载方式输入后排桩桩后滑坡推力和前排桩桩前滑体抗滑力。桩间土和嵌固段均采用弹性模型模拟，和规范中的弹簧模拟近似。以下为有限元分析内容。

桩身内力和位移分析



依据有限元分析结果可得前后排桩以及连梁的最大内力值，据此可依据《混凝土结构设计规范》进行抗剪、抗弯配筋验算。

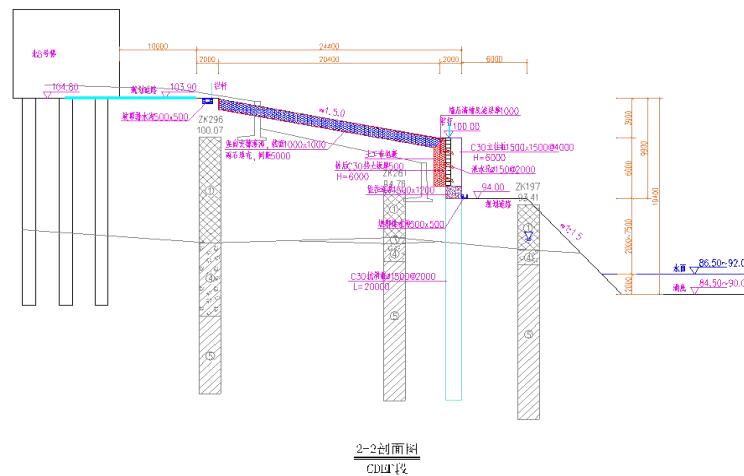
南宁市某边坡加固工程

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」、「岩土工程有限元分析」

工程概况：

该边坡加固工程位于南宁市五象新区，由于规划及使用上的要求，整个项目形成 19~22 米高的边坡，经分析比较，边坡采用桩板墙进行加固。

加固方案：



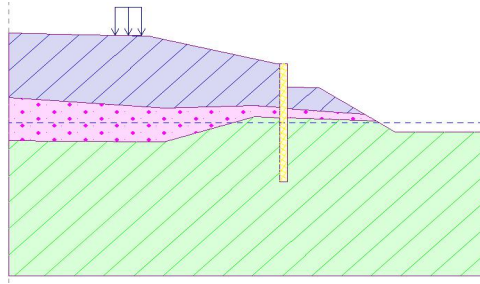
在本工程中主要的任务包括分析边坡的稳定性及边坡加固结构的抗滑桩、墙的受力。GEO5 中的土质边坡稳定分析模块可以模拟支挡开挖结构的稳定性，是分析该区边坡稳定性分析的理想软件。GEO5 中的深基坑支护结构分析模块可以分析基坑中桩上的受力，包括抗滑桩和桩墙的受力情况，GEO5 有限元基本模块也可以解决该问题，当然，采用 GEO5 土压力计算软件也可以分析结构受力，不过只能计算极限土压力。由于 GEO5 模块整合程度很高，因此在该方案中联合使用了 GEO5 多个模块分析该问题。

工程参数：

土层编号	土层名称	天然容重 γ (kN/m ³)	内聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (度)	变形模量 MPa
①	人工填土①	18.2	8	10	9.68
③	粉质黏土③	18.7	30	10	35.42
④	含砾黏土④	19.5	40	15	47.52
⑤	黏土⑤	19.2	35	13.5	45.1

分析:

1) 使用 GEO5「土质边坡稳定分析」模块分析该边坡的稳定性



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 : $F_a = 5209.65\text{kN/m}$

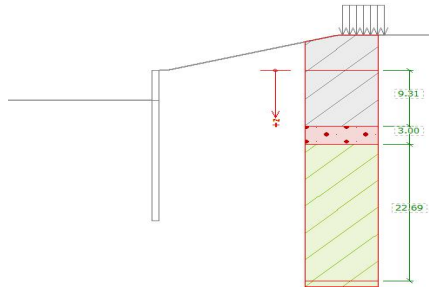
滑面上抗滑力的总和 : $F_p = 6914.17\text{kN/m}$

滑动力矩 : $M_a = 240738.07\text{kNm/m}$

抗滑力矩 : $M_p = 319503.82\text{kNm/m}$

安全系数 $= 1.33 > 1.30$, 边坡稳定性满足要求

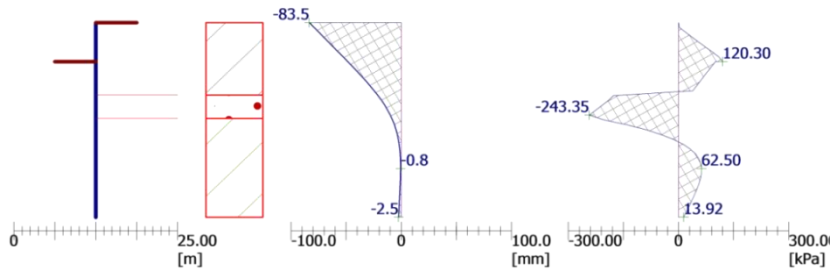
2) 使用 GEO5「深基坑支护结构分析」模块分析桩的受力及其稳定性

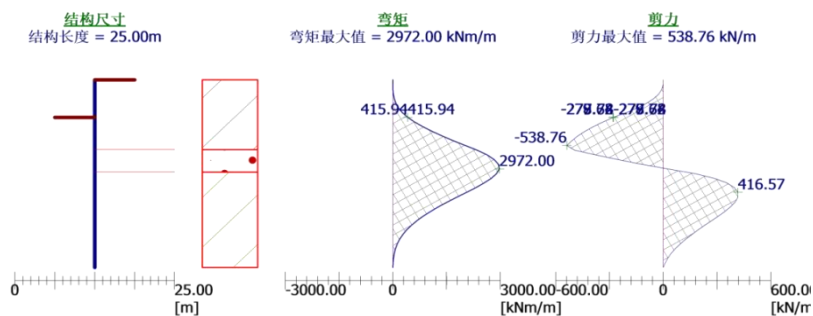


结构尺寸
结构长度 = 25.00m

结构位移
位移最大值 = 83.5 mm

结构上的土压力
侧土压力最大值 = 243.35 kPa





挡墙验算：

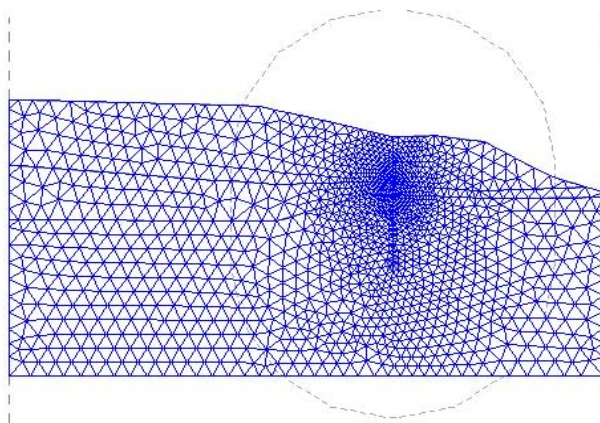
最大位移 = -83.5mm， 截面最大剪力=557.48kN， 截面最大弯矩 = 831.88kNm

抗滑桩受力计算：

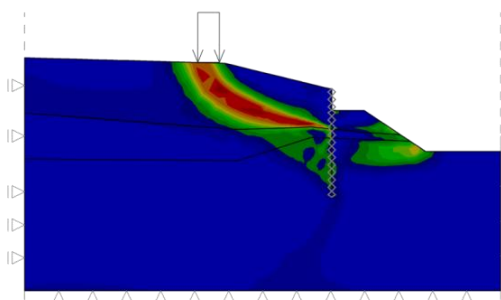
最大位移 = -48.7mm， 截面最大剪力=1077.52kN， 截面最大弯矩 = 5944.01kNm

3) 使用 GEO5「岩土工程有限元分析」计算模块分析桩的受力

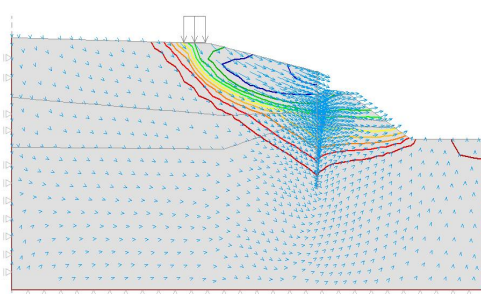
计算模型与第二部分相同



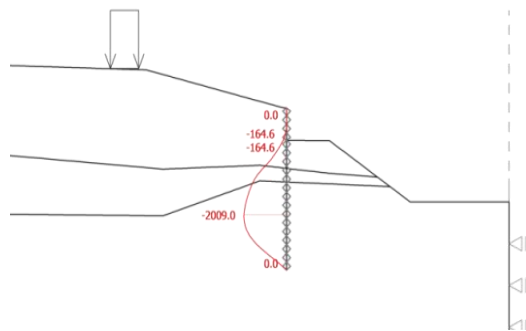
有限元网格



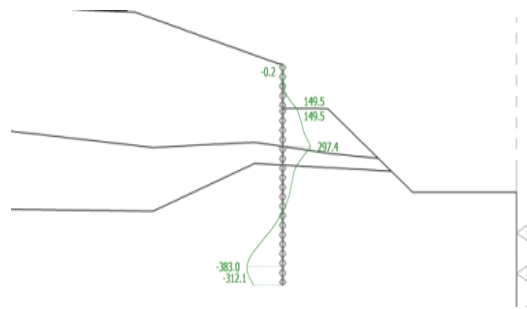
等效塑性应变图



变形位移矢量图



弯矩 (M [kNm/m])



剪力 (Q [kN/m])

结论:

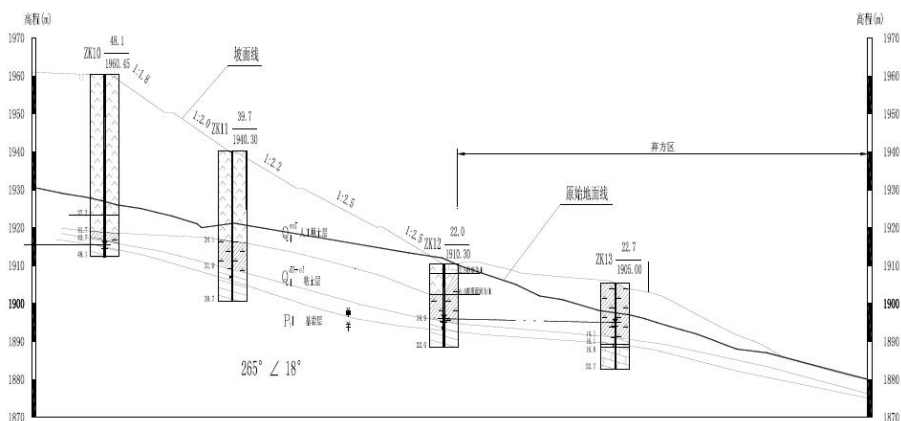
通过 GEO5 多模块的结合分析, 很好的解决了复杂岩土工程项目的设计问题, 为证明设计方案的可行性提供了依据。

西南某机场边坡加固工程

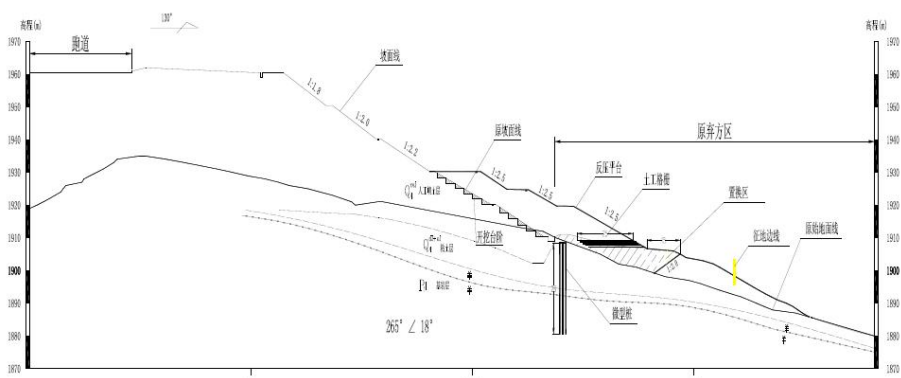
使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」、「岩土工程有限元分析」

工程背景:

该机场位于人工高填方边坡之上, 根据钻孔揭露, 填土厚度最大为 55m 左右。其中补 3-3 剖面为变形较大、裂缝发育、坡脚鼓胀较为严重的区域, 因此以该剖面为典型剖面进行稳定性分析和支护设计。



工程地质剖面图



加固方案

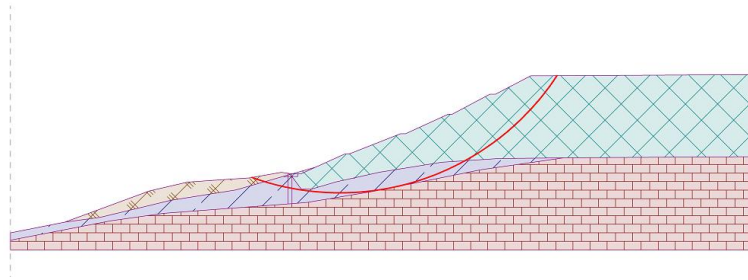
岩土参数:

岩土名称	容重 (kN/m ³)	抗剪强度	
		c (kPa)	φ (°)
杂填土	19	9	12
填土	21	19	20
粉质粘土	18.89	24	13

边坡稳定性分析:

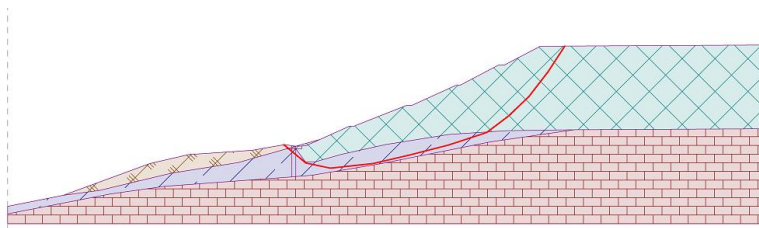
1) 现有边坡稳定性分析

1、整体稳定性- 最危险圆弧滑面:



安全系数 =1.03<1.20, 边坡稳定性不满足要求

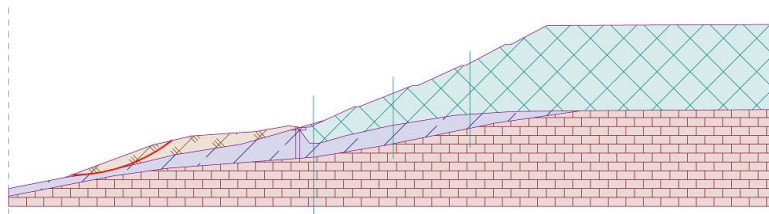
2、整体稳定性- 最危险折线滑面:



边坡稳定性验算 (摩根斯顿法(Morgenstern-Price))

安全系数 =1.00<1.20, 边坡稳定性不满足要求

3、局部稳定性- 杂填土局部边坡:



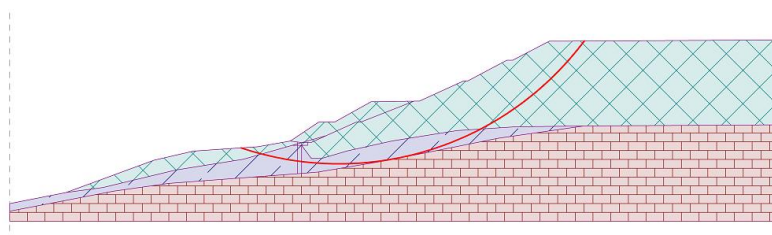
安全系数 =1.08<1.20, 边坡稳定性不满足要求

计算结果表明, 整体边坡安全系数为 1.00, 杂填土局部边坡安全系数为 1.08, 均处于欠稳定状态, 需进行加固。

2) 反压平台方案稳定性分析

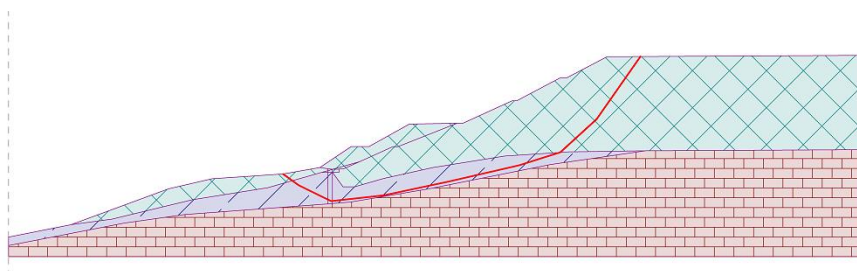
反压平台总高度约 20m, 平台坡底及坡脚处的弃方土需进行清理至原状土。

1、整体稳定性- 圆弧滑面



安全系数 =1.13<1.20, 边坡稳定性不满足要求

2、整体稳定性 - 折线滑面



安全系数 =1.06<1.20，边坡稳定性不满足要求

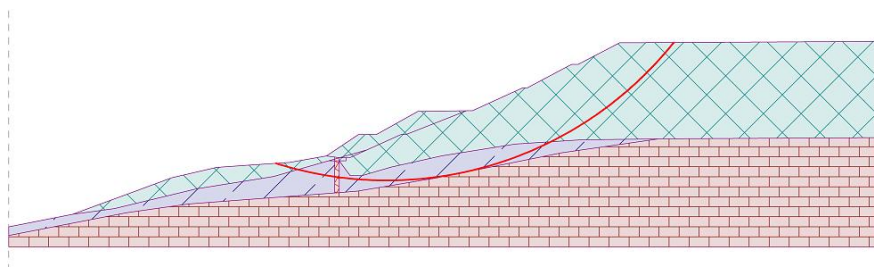
计算结果表明，整体边坡安全系数为 1.06，不满足设计要求，需进一步采取支护措施。

3) 反压平台+微型钢管桩方案稳定性分析

微型桩共设置四排，桩间距为 1.4m*1.4m。这里为了简化模型，将四排桩合为一排。同时根据下式计算出钢管桩材料的抗剪强度，并以该抗剪强度作为钢管桩材料的粘聚力。因此，可设置粘聚力等于钢管桩材料抗剪强度的岩土材料来模拟钢管桩的加固作用，其中内摩擦角设置为零。

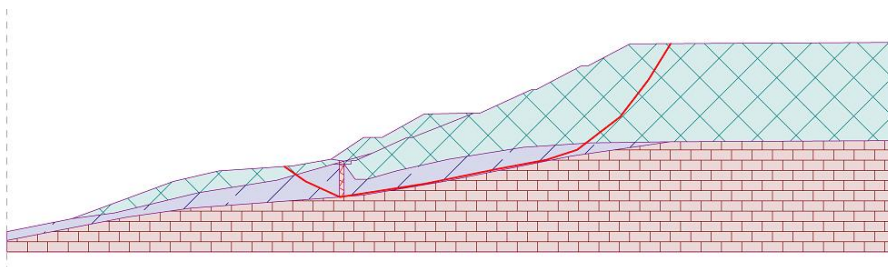
$$Q = (Q_{\text{浆体}} + Q_{\text{钢管}}) / F_{\text{剪断}} = [\pi d^2 f_t / 4 + \pi (d_1^2 - d_2^2) f_v / 4] / F_{\text{剪断}}$$

1、整体稳定性 - 圆弧滑面



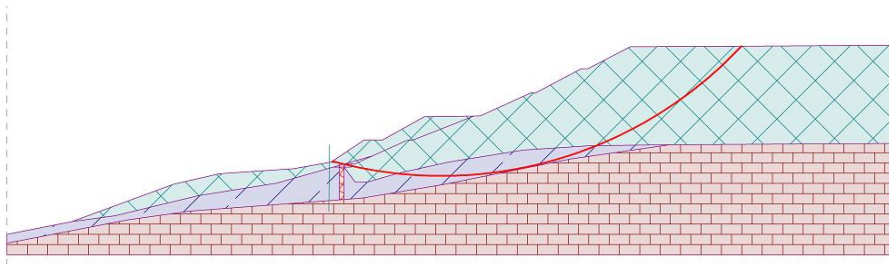
安全系数 =1.30>1.20，边坡稳定性满足要求

2、整体稳定性 - 折线滑面



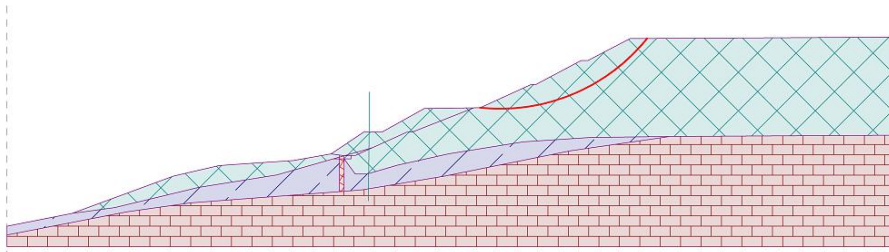
安全系数 =1.20>1.20，边坡稳定性满足要求

3、局部稳定性 - 台阶边坡 1



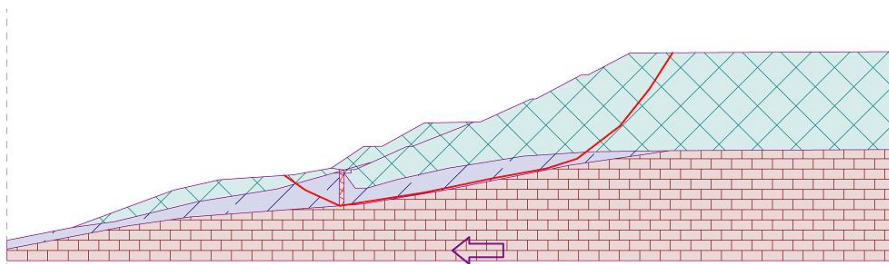
安全系数 =1.29>1.20, 边坡稳定性满足要求

4、局部稳定性 - 台阶边坡 2



安全系数 =1.26>1.20, 边坡稳定性满足要求

由于机场地区抗震设防烈度为 7 度 (0.1g)，考虑抗震设计工况并进行分析，得到稳定系数依然满足相应的设计安全系数要求，如下图：

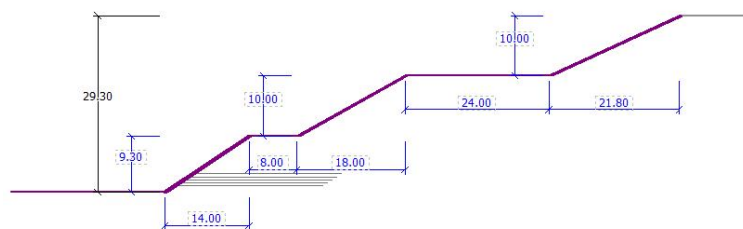


安全系数 =1.12>1.10, 边坡稳定性满足要求

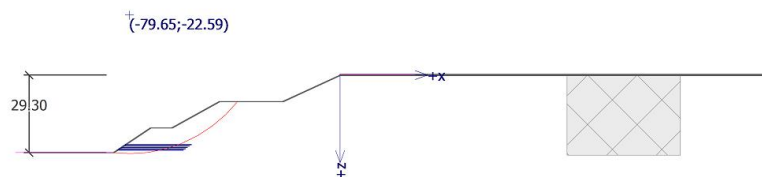
由以上稳定性分析可知，加固方案可行，边坡稳定性满足设计要求。下一步需要对微型钢管桩强度进行校核。校核方法分别采用了 m 法、p-y 曲线法和 NL 法，通过自行编程计算，得到微型钢管桩强度满足要求。

作用在桩身上的荷载为通过不平衡推力法（隐式解）得到的剩余下滑力，分布形式为矩形。由于 GEO5 支持国内特有的不平衡推力法（隐式解、显式解均支持），因此，荷载大小通过 GEO5「土质边坡稳定分析」计算得到。

4) 加筋土填土边坡稳定性



采用 GEOS 「加筋土式挡土墙设计模块」计算得到加筋土挡墙的倾覆滑移稳定性满足要求，筋材承载力也满足要求。同时，整体稳定性计算结果如下：



整体稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

$FS=1.48 > 1.30$ ，整体稳定性满足要求

5) 有限元分析

将 GEOS 「土质边坡稳定分析」中所建模型导入 GEOS 「岩土工程有限元分析」模块（以下简称「有限元模块」），建立有限元模型，并分析变形边坡的应力应变和变形情况。

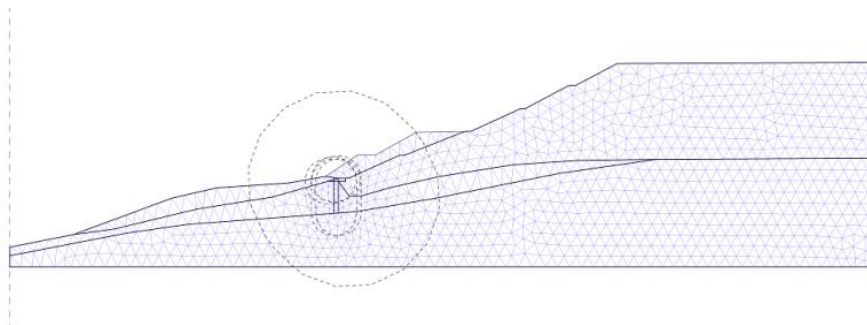
岩土材料补充参数如下：

岩土名称	弹性模量 (MPa)	泊松比 (-)	材料本构模型
杂填土	20	0.38	Drucker-Prager
填土	20	0.32	Drucker-Prager
粉质粘土	18	0.35	Drucker-Prager

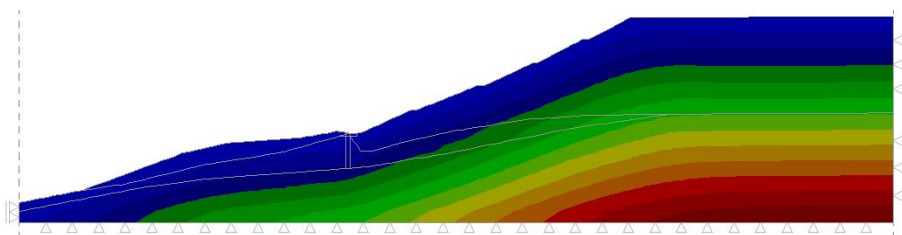
建模流程和计算结果如下：

1、建模阶段：模型建立，网格划分

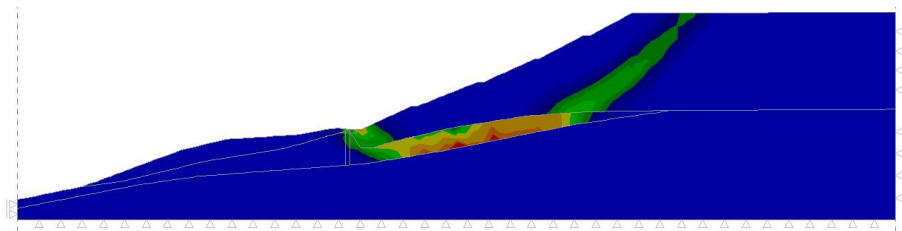
模型网格划分结果如下图所示。



2、工况阶段[1]: 计算现有边坡初始地应力场, 强度折减法计算安全系数;



初始地应力场, 竖向有效应力等值面图

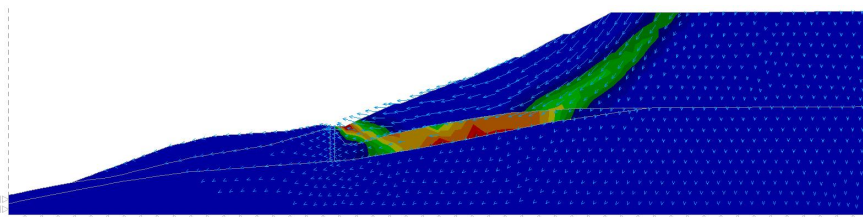


强度折减法计算得到的等效塑性应变带

从等效塑性应变带, 可以判断得到边坡的潜在滑面位置, 同时强度折减法计算得到安全系数 $F_s = 1.08$, 可见边坡处于临界状态, 和极限平衡分析结果相同。

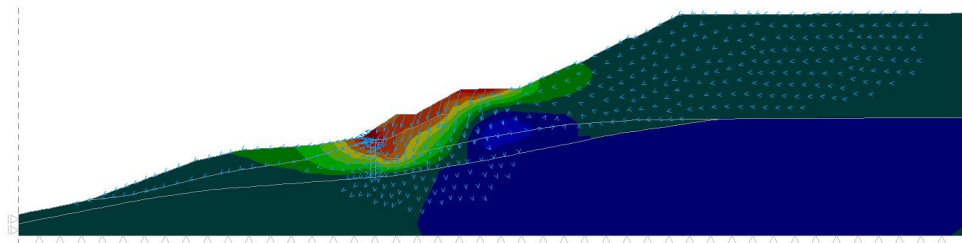
3、工况阶段[2]: 计算施加微型桩边坡, 强度折减法计算安全系数

这里的计算顺序和极限平衡法略有不同, 因为有限元必须严格按照施工步骤进行模拟。实际施工顺序为先施加微型桩再进行填方反压。添加微型桩后, 边坡应力应变以及变形几乎不会发生变化, 这里采用强度折减法计算添加微型桩后的边坡临界状态时的等效塑性应变分布和安全系数。临界状态时等效塑性应变分布如下图, 安全系数计算结果为 $F_s=1.09$ 。

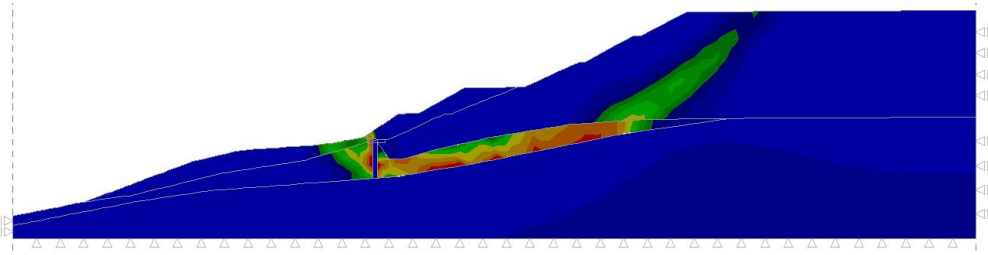


施加微型桩后边坡等效塑性应变等值面图和位移矢量 (强度折减法)

4、工况阶段[3]: 计算反压加固后边坡, 强度折减法计算安全系数



反压后边坡水平向位移等值面图和位移矢量



强度折减法计算得到的等效塑性应变带

从等效塑性应变带，可以判断得到边坡的潜在滑面位置，同时强度折减法计算得到安全系数 $F_s = 1.17$ ，和极限平衡计算结果相比较小，但滑面位置和极限平衡分析结果相同。

结论：

结合 GEOS 「土质边坡稳定分析」、「加筋土式挡土墙设计」、「岩土工程有限元分析」模块，对西南某机场边坡加固工程进行了分析和计算，很好的解决了复杂岩土工程项目的设计问题，为设计方案提供了依据，并得到了满意的结果。同时，在该项目的部分较缓坡段还采用了 GEOS 「重力式挡土墙设计」模块在坡脚处设计了重力式挡土墙。从最终 GEOS 的计算结果可以看出，该设计方案满足设计要求。

贵州某路堤边坡工程

使用软件：GEO5「土钉边坡支护设计」

工程概况：

该工程为贵州某道路路堤边坡工程，为土质边坡，边坡高 7 米，倾角超过 70°。通过分析工程地质条件，结合勘察报告，确定采用土钉墙对其进行支护。

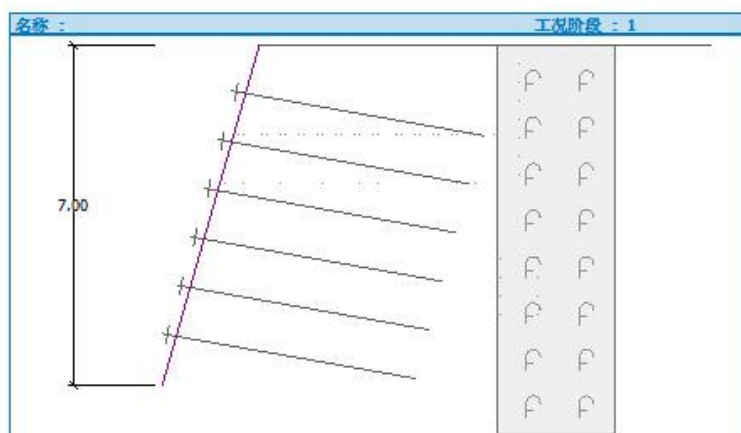
工程参数：

1、岩土材料基本参数参数

材料名称	重度 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	黏聚力 $c(\text{kPa})$	内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	结构与岩土 间摩擦角 $\delta(^{\circ})$
岩土材料 1	19.5	12	27	15

2、土钉墙模型及材料参数

土钉墙面板采用 C30 混凝土，配筋型号为 HRB400。具体形式及尺寸见下图。

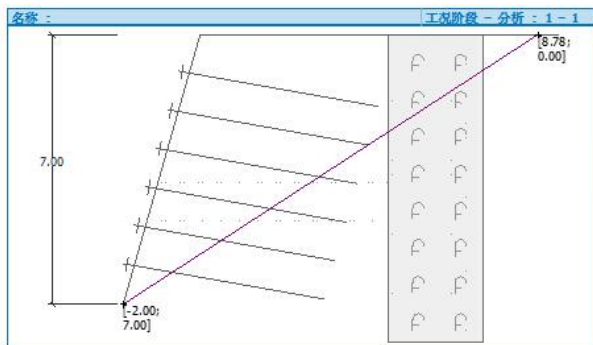


土钉倾角 <input type="text" value="10.00"/> [°]					
块编号	深度 h [m]	超挖深度 h_e [m]	长度 l [m]	水平间距 b [m]	土钉类型 (名称)
1	1.00	0.84	5.00	1.00	土钉类型 1
2	2.00	0.84	5.00	1.00	土钉类型 1
3	3.00	0.84	5.00	1.00	土钉类型 1
4	4.00	0.84	5.00	1.00	土钉类型 1
5	5.00	0.84	5.00	1.00	土钉类型 1
6	6.00	0.84	5.00	1.00	土钉类型 1

工程计算：

运行 GEO5 土钉边坡支护设计模块，采用的分析设置为：中国-国家标准（GB）。该分析设置采用的规范为：混凝土结构设计 GB 50010-2010。

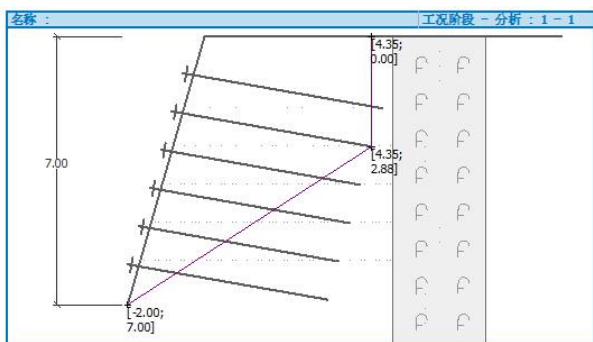
1) 内部稳定验算



自动搜索后的直线滑动面:
 滑动面角度 = 33.00°
 滑动面起点深度 = 7.00 m

验算:
 滑体重力 = 599.17 kN/m
 土钉滑面外的总承载力 = 169.41 kN/m
 滑面上的下滑力 (滑体重力) = 326.33 kN/m
 滑面上的下滑力 (主动土压力) = 0.00 kN/m
 滑面上的抗滑力 (土层) = 469.14 kN/m
 滑面上的抗滑力 (土钉) = 123.90 kN/m
 安全系数 = 1.82 > 1.35
 滑动面稳定性 满足要求

直线滑动面



自动搜索后的折线滑动面:
 滑动面角度 = 33.00°
 滑动面起点深度 = 7.00 m

验算:
 滑体重力 = 474.99 kN/m
 土钉滑面外的总承载力 = 169.41 kN/m
 滑面上的下滑力 (滑体重力) = 258.70 kN/m
 滑面上的下滑力 (主动土压力) = 3.48 kN/m
 滑面上的抗滑力 (土层) = 352.71 kN/m
 滑面上的抗滑力 (土钉) = 123.90 kN/m
 安全系数 = 1.82 > 1.35
 滑动面稳定性 满足要求

折线滑动面

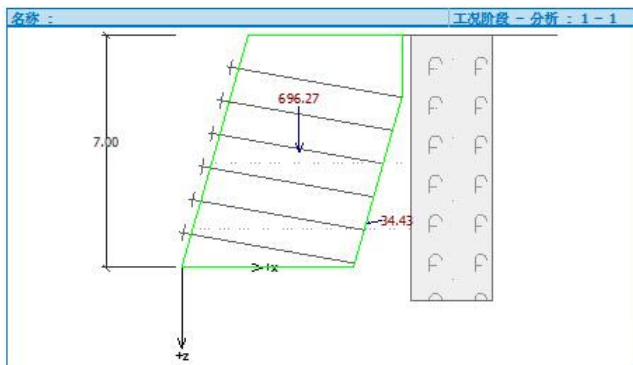
验算土钉承载力的主动土压力分项系数 $k_n = 0.85$.

土钉	h [m]	土钉承载力 [kN]	土钉力 [kN]
1	1.00	94.25	0.00
2	2.00	94.25	0.00
3	3.00	94.25	0.80
4	4.00	94.25	4.53
5	5.00	94.25	8.52
6	6.00	94.25	14.90

土钉承载力 满足要求

土钉承载力

2) 倾覆滑移验算:



倾覆滑移稳定性验算

倾覆稳定性验算
 抗倾覆力矩 $M_{res} = 2502.10 \text{ kNm/m}$
 倾覆力矩 $M_{ovr} = 44.73 \text{ kNm/m}$
 安全系数 = 55.94 > 1.60
 倾覆稳定性验算 满足要求

滑移稳定性验算
 抗滑力 (平行基底) $H_{res} = 420.20 \text{ kN/m}$
 滑动力 (平行基底) $H_{act} = 33.79 \text{ kN/m}$
 安全系数 = 12.44 > 1.30
 滑移稳定性验算 满足要求

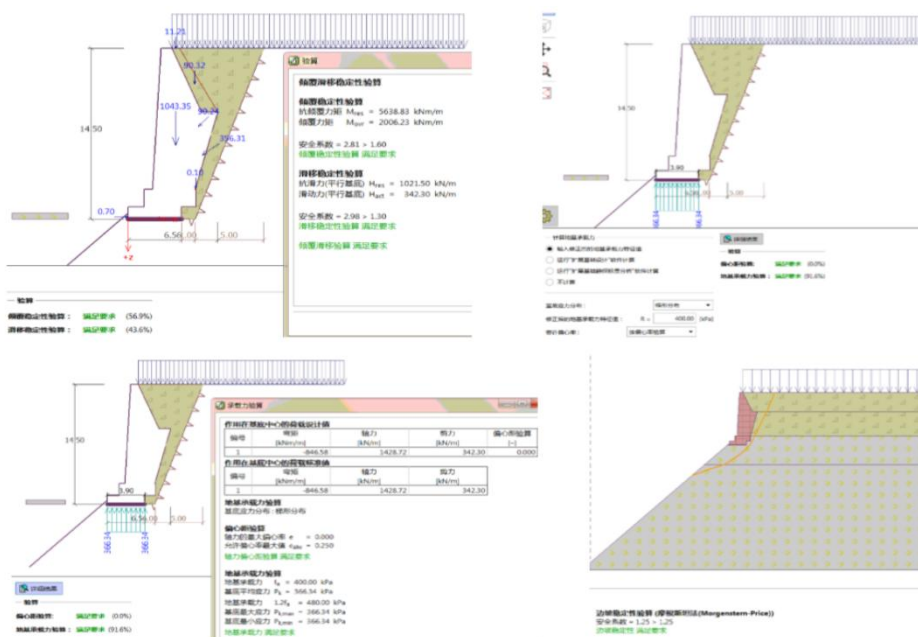
倾覆滑移验算 满足要求

某国道路基塌滑应急抢险支护设计

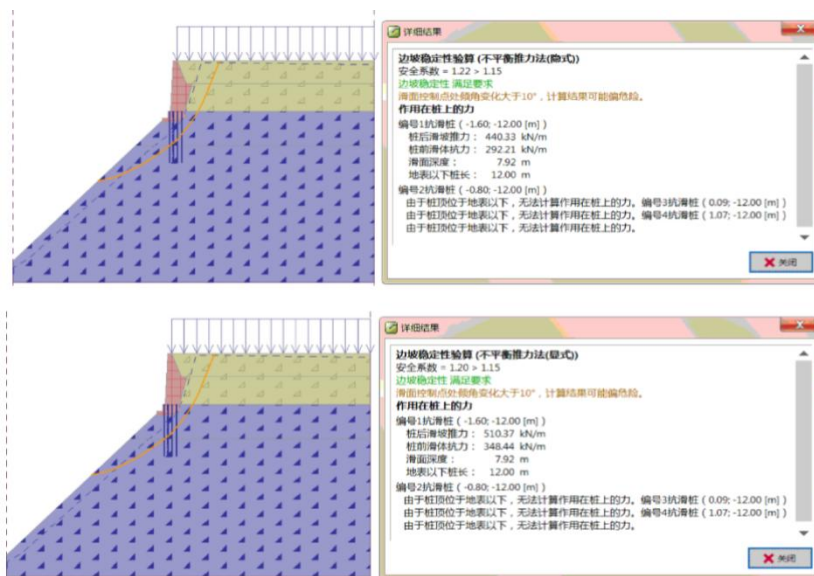
使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」、「重力式挡土墙设计」、「石笼挡土墙设计」

项目背景: 某国道某段弧形路段上部因暴雨发生垮塌, 致使下部道路路肩挡墙发生破坏, 需重新修筑挡墙并确保路基稳定性。使用 GEO5 重力式挡墙和石笼挡土墙对比了三种挡墙方案: 衡重式挡土墙、仰斜式重力挡土墙、格宾石笼挡土墙, 利用边坡模块分析了不同方案路基边坡的整体稳定性。

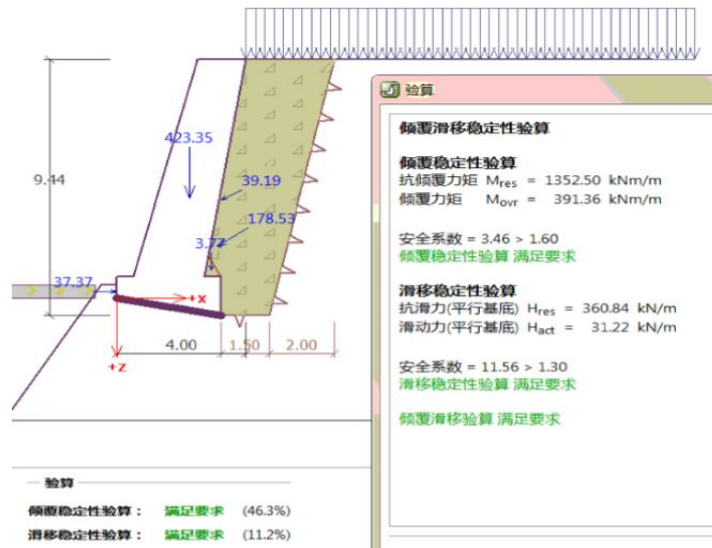
软件优势: 挡墙模块多样, 支持自定义挡墙样式, 整体稳定性调用土坡模块计算方便。



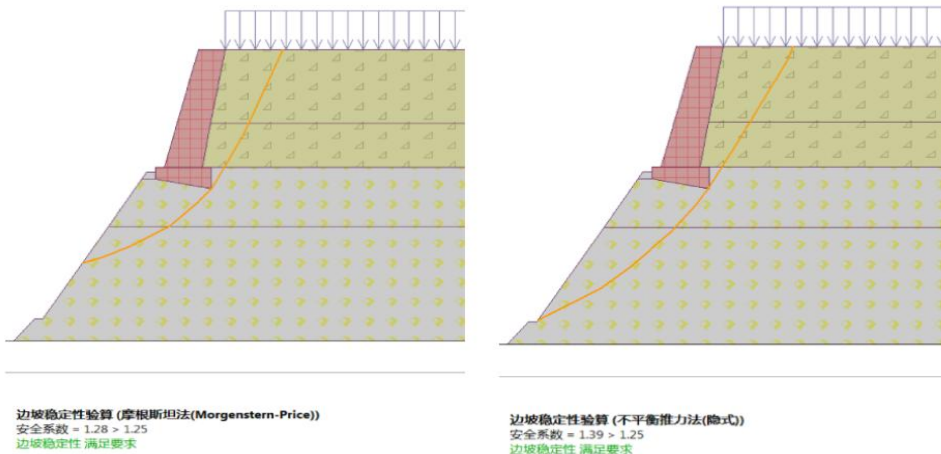
衡重式挡墙计算结果



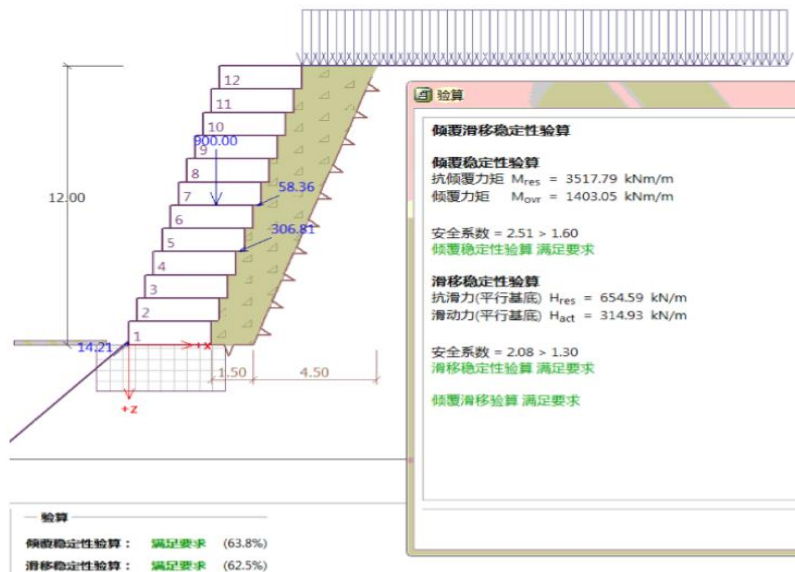
衡重式挡墙底部加微型桩验算结果



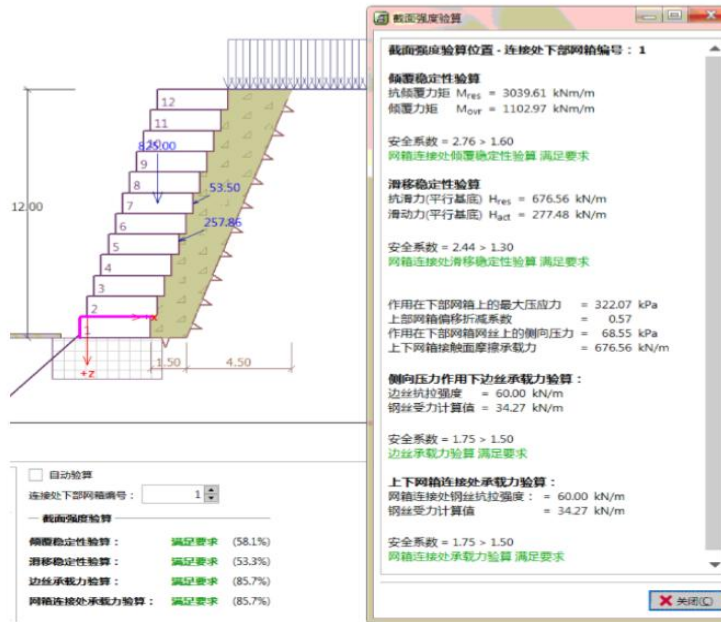
仰斜式挡墙验算结果



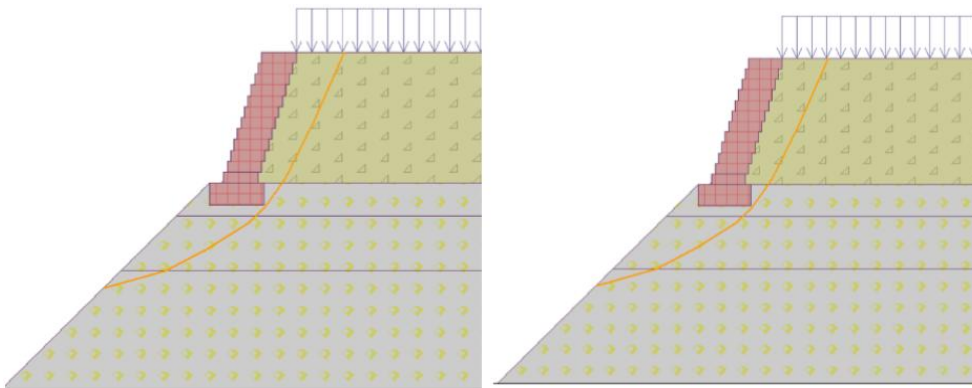
仰斜式挡墙整体稳定性分析



格宾石笼挡墙倾覆滑移验算结果



格宾石笼挡墙截面强度验算结果



边坡稳定性验算 (摩根斯坦法(Morgenstern-Price))
 安全系数 = $1.29 > 1.25$
 边坡稳定性 满足要求

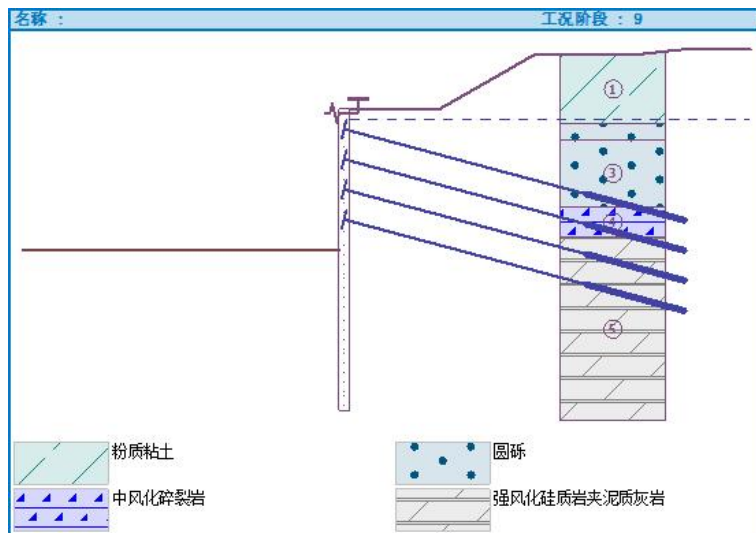
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
 安全系数 = $1.30 > 1.25$
 边坡稳定性 满足要求
 滑面控制点处倾角变化大于 10° , 计算结果可能偏危险。

格宾石笼挡墙整体稳定性分析

广西某基坑开挖锚索支护工程

使用软件：GEO5「深基坑支护结构分析」

设计方案：墙后地表倾斜，基坑边开挖边锚索支护，分步设计。



软件优势：

1、依据真实的施工条件，在基坑顶部通过 菜单，设置一弹簧支座，能有效减少基坑变形；

2、GEO5 可计算墙后倾斜地表。

计算工况：

工况 1：墙体前面土层开挖到深度 3.50 m。

工况 2：墙体前面土层开挖到深度 3.50 m，打锚杆。

工况 3：墙体前面土层开挖到深度 6.50 m。

工况 4：墙体前面土层开挖到深度 6.50 m，打锚杆。

工况 5：墙体前面土层开挖到深度 9.50 m。

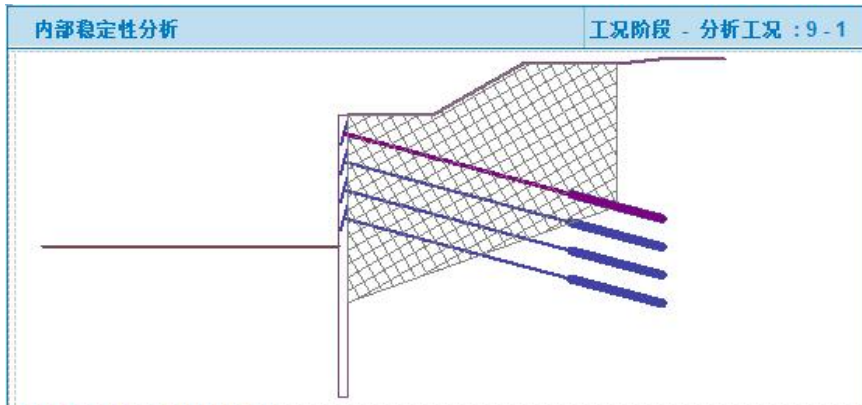
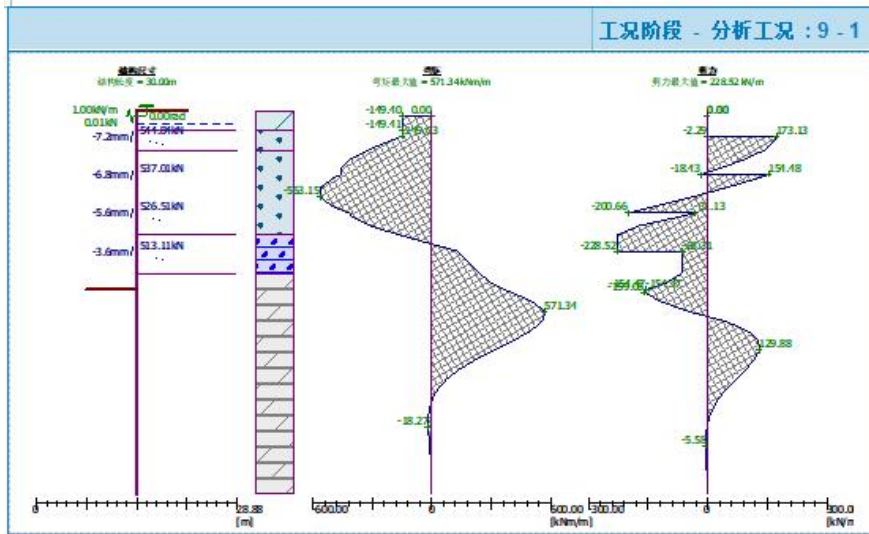
工况 6：墙体前面土层开挖到深度 9.50 m，打锚杆。

工况 7：墙体前面土层开挖到深度 12.50 m。

工况 8：墙体前面土层开挖到深度 12.50 m，打锚杆。

工况 9：墙体前面土层开挖到深度 14 m。

部分计算结果:



锚杆内部稳定性 - 中间结果

$E_A = 1691.84 \text{ kN/m}$ $\delta = 11.68^\circ$

结构上土压力合力为零的点距坑底的深度 $H_0 = 5.92 \text{ m}$

道数	E_{A1}	δ_1	G	C	θ	包括	Q	F	FK_{MAX}
锚杆	[kN/m]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[°]	锚杆道数	[kN/m]	[kN/m]	[kN]
1	1093.91	11.67	6631.99	2070.10	19.31		5069.04	2966.16	8898.47
2	1107.81	11.82	7206.16	1354.25	13.87	1	6078.84	2770.75	8312.26
3	1429.39	14.35	7727.77	1317.34	8.16	1,2	6887.51	3097.23	9291.69
4	1830.64	16.26	8249.37	1305.04	2.28	1,2,3	7809.80	3569.88	10709.65

锚杆内部稳定性验算

编号	锚固力输入值	容许最大锚固力	系数
	[kN]	[kN]	安全系数
1	544.84	8898.47	16.33
2	537.01	8312.26	15.48
3	526.51	9291.69	17.65
4	513.11	10709.65	20.87

验算锚杆编号： 2

设计安全系数 $FS = 1.50 < 15.48 = FS_{minim}$.

内部稳定性整体验算 满足要求

锚杆（索）验算					工况阶段 - 分析工况：9 - 1	
编号	深度	轴力最大值	锚杆强度	抗拔强度 (岩土与锚固体)	抗拔强度 (钢筋与砂浆)	验算
	z [m]	F [kN]	R_t [kN]	R_e [kN]	R_c [kN]	
1	2.00	544.84	868.00	550.04	2226.06	满足要求
2	5.00	537.01	868.00	662.35	2226.06	满足要求
3	8.00	526.51	868.00	662.35	2226.06	满足要求
4	11.00	513.11	868.00	662.35	2226.06	满足要求

上海某基坑开挖工程

使用软件: GEO5「深基坑支护结构分析」

工程概况:

该工程为上海某工厂货仓建设工程基坑。该基坑深度 5.5m, 根据分段开挖支护原则, 先开挖 3.5m, 采用素混凝土板+锚杆进行支护, 带支护完成进行下一步开挖, 开挖至设计深度 5.5m。

工程参数:

1) 岩土材料基本参数参数

材料名称	重度 γ (kN/m ³)	黏聚力 c (kPa)	内摩擦角 ϕ (°)	变形模量 E (MPa)	泊松比 ν
岩土材料1	18	4	29	10	0.3
岩土材料2	21	0	15	4.5	0.4

2) 材料参数

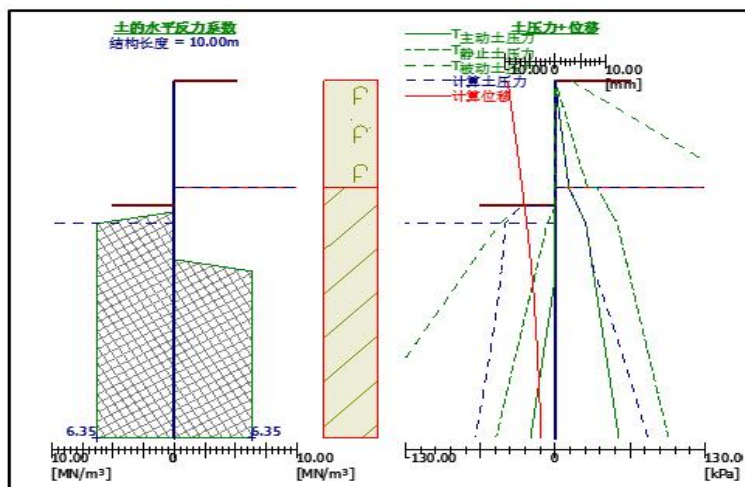
混凝土板采用 C30 混凝土, 配筋型号为 HRB400, 锚杆参数如下所示:

锚杆	深度	自由段长度	锚固段长度	倾角	水平间距	直径	截面面积	弹性模量	锚固力		
编号	新建	补张拉	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	d [mm]	A [mm ²]	E [MPa]	F [kN]
1	是		2.90	15.00	0.01	15.00	1.00	10.0		210000.00	185.00

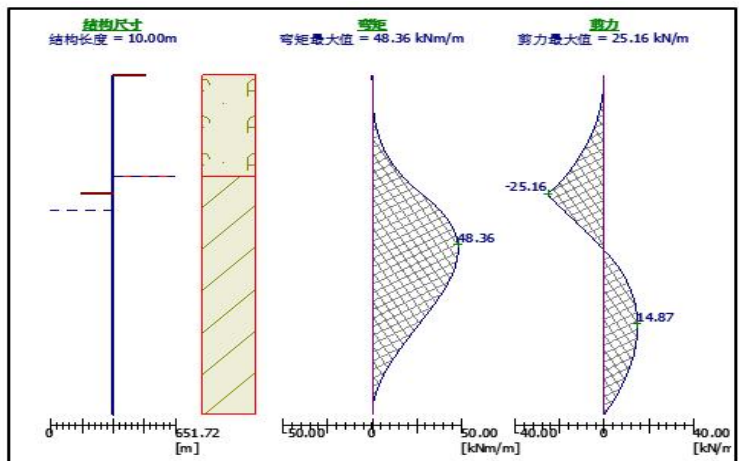
工程计算:

运行 GEO5「深基坑支护结构分析」模块, 采用的分析设置为: 中国-国家标准 (GB), 该分析设置采用的规范为: 混凝土结构设计 GB 50010-2010; 钢结构规范 GB 50017-2003。

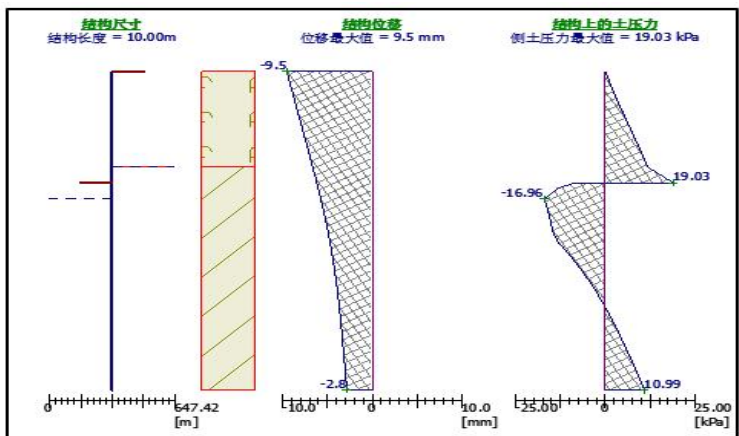
第一阶段: 该阶段开挖深度为 3.5m。



土压力与位移关系图



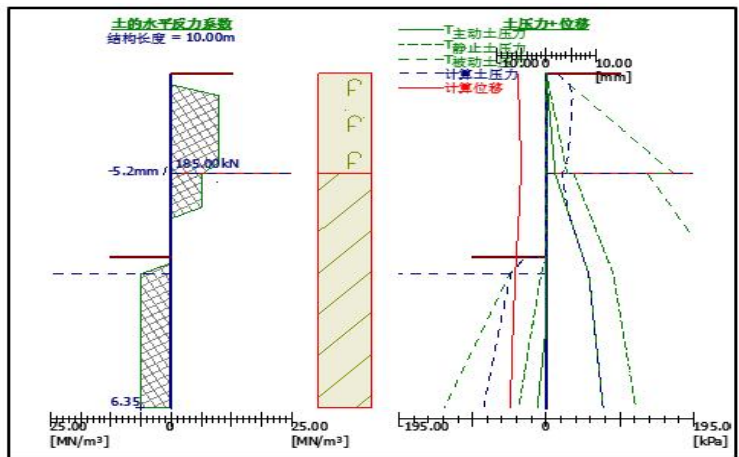
内力分布图



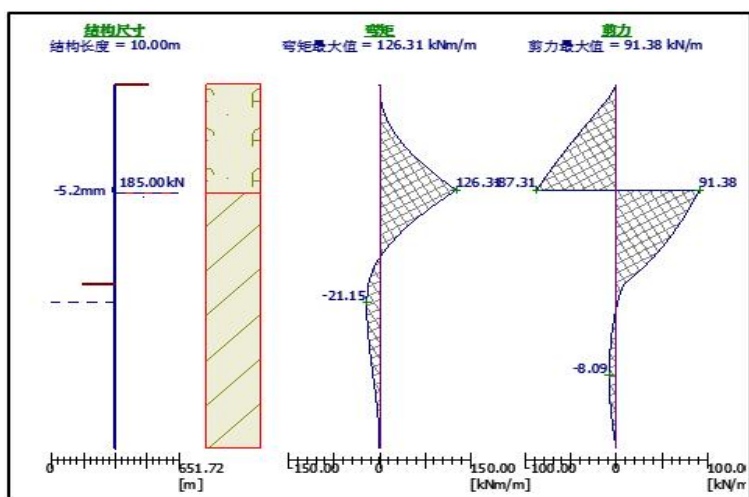
位移+土压力分布图

由分析结果可知，第一阶段结构内力最大值分别为：剪力最大值（每延米）=25.16kN/m；弯矩最大值（每延米）=48.36 kNm/m；位移最大值=9.5mm。位移最大值满足设计要求。

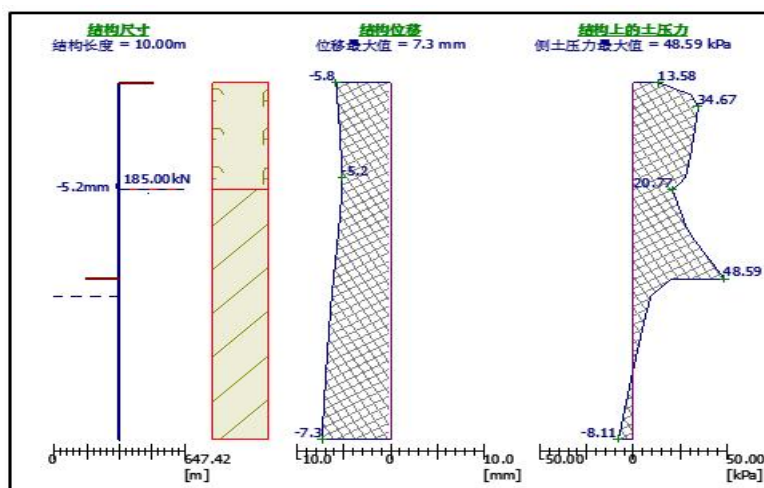
第二阶段：第一阶段开挖完成后，立即进行锚杆支护，带支护稳定后进行该阶段的开挖，直至设计深度 5.5m。



土压力与位移关系图



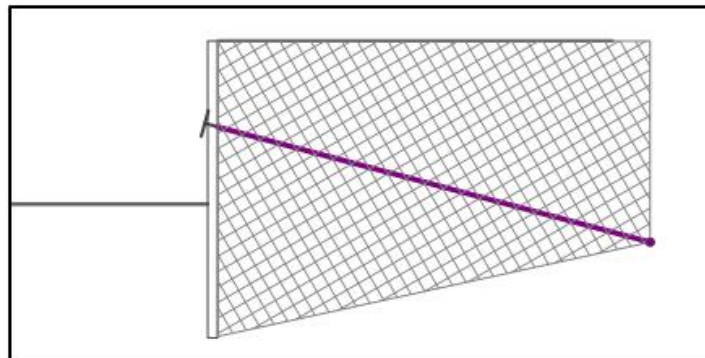
内力分布图



位移+土压力分布图

由分析结果可知，第一阶段结构内力最大值分别为：剪力最大值（每延米）=91.38kN/m；弯矩最大值（每延米）=126.31 kNm/m；位移最大值=7.3mm。位移最大值满足设计要求。

开挖完成后，需进行内部稳定性验算、整体稳定性验算和截面强度验算。



锚杆的内部稳定性-详细结果
 $E_A = 222.53 \text{ kN/m}$ $\delta = 15.07^\circ$
 结构上水平合力为0的点距坑底深度 $H_0 = 4.46 \text{ m}$

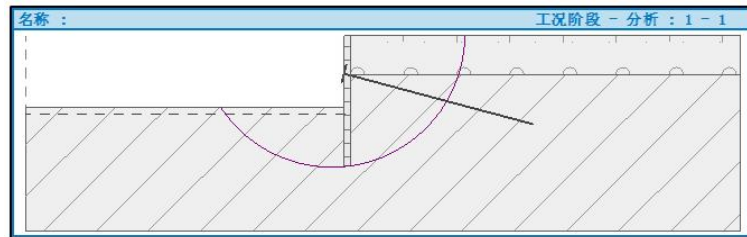
道数	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	包括 锚杆道数	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK_{MAX} [kN]
1	99.34	19.80	1638.69	148.37	12.34		2725.70	452.85	452.85

锚杆内部稳定性验算

编号	锚固力输入值 [kN]	容许最大锚固力 [kN]	系数 安全系数
1	185.00	452.85	2.45

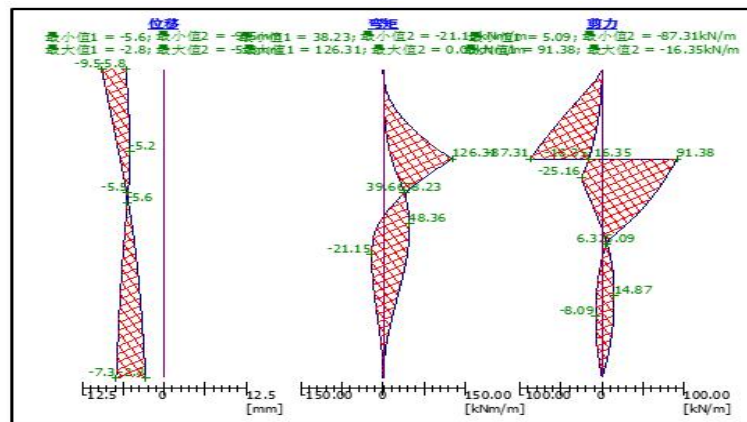
验算锚杆编号: 1
 容许安全系数 $FS = 1.50 < 2.45 = FS_{min}$.
 内部稳定性整体验算 满足要求

内部稳定性验算



边坡稳定性验算(毕肖普法(Bishop))
 滑面上下滑力的总和: $F_a = 485.66 \text{ kN/m}$
 滑面上抗滑力的总和: $F_p = 850.71 \text{ kN/m}$
 下滑力矩: $M_a = 4968.31 \text{ kNm/m}$
 抗滑力矩: $M_p = 8702.77 \text{ kNm/m}$
 安全系数 = $1.75 > 1.35$
 边坡稳定性 满足要求

整体稳定性验算



验算钢筋混凝土结构截面(钢筋混凝土墙 $h = 0.50 \text{ m}$)
 对所有工况阶段进行分析。
 作用基本组合的综合分项系数 = 1.25

配筋率 $\rho = 0.40\% > 0.20\% = \rho_{min}$
 中和轴位置 $x/\beta_1 = 0.06 \text{ m} < 0.30 \text{ m} = \xi_y h_0/\beta_1$
 截面受剪承载力设计值 $V_u = 472.35 \text{ kN} > 125.65 \text{ kN} = V$
 截面受弯承载力设计值 $M_u = 302.90 \text{ kNm} > 173.68 \text{ kNm} = M$
 截面强度验算满足要求。

截面强度验算

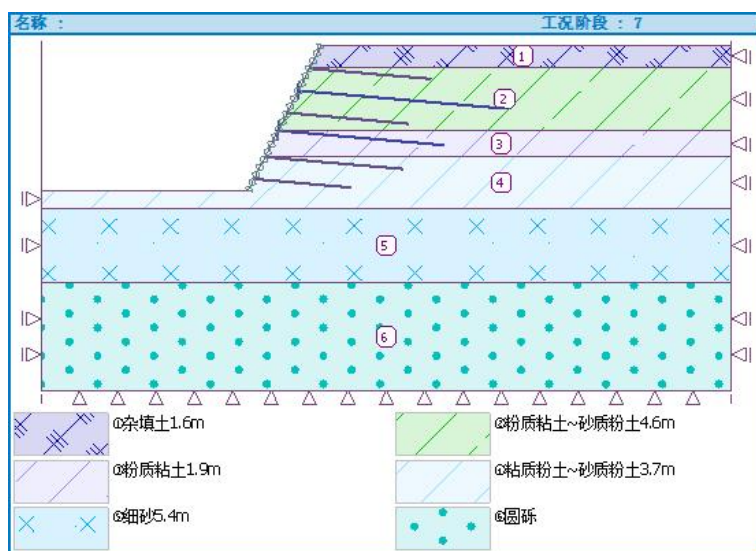
结论:

运用 GEOS 「深基坑支护结构分析」 模块对上海某基坑开挖工程进行了分析和计算, 结果均满足要求。

基坑分步开挖+锚杆支护

使用软件：GEO5「岩土工程有限元分析」

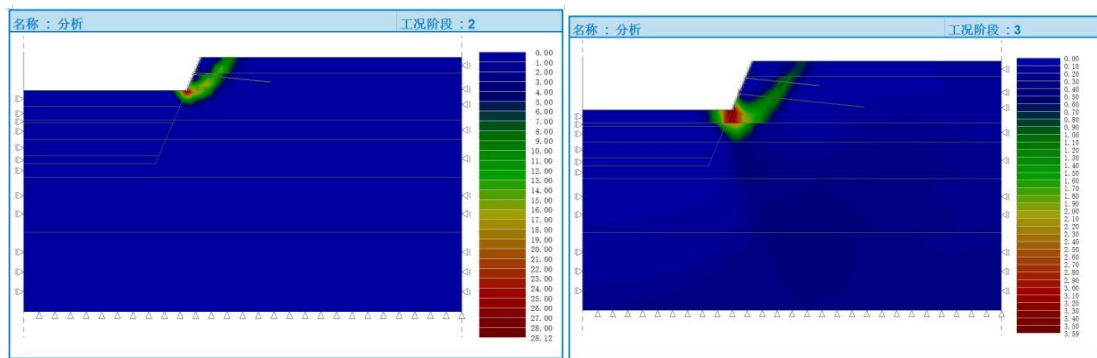
设计方案：基坑分步开挖，岩土材料从上之下分别为杂填土、粉质粘土~砂质粘土、粉质粘土、粘质粉土~砂质、粘土、细砂、圆砾。

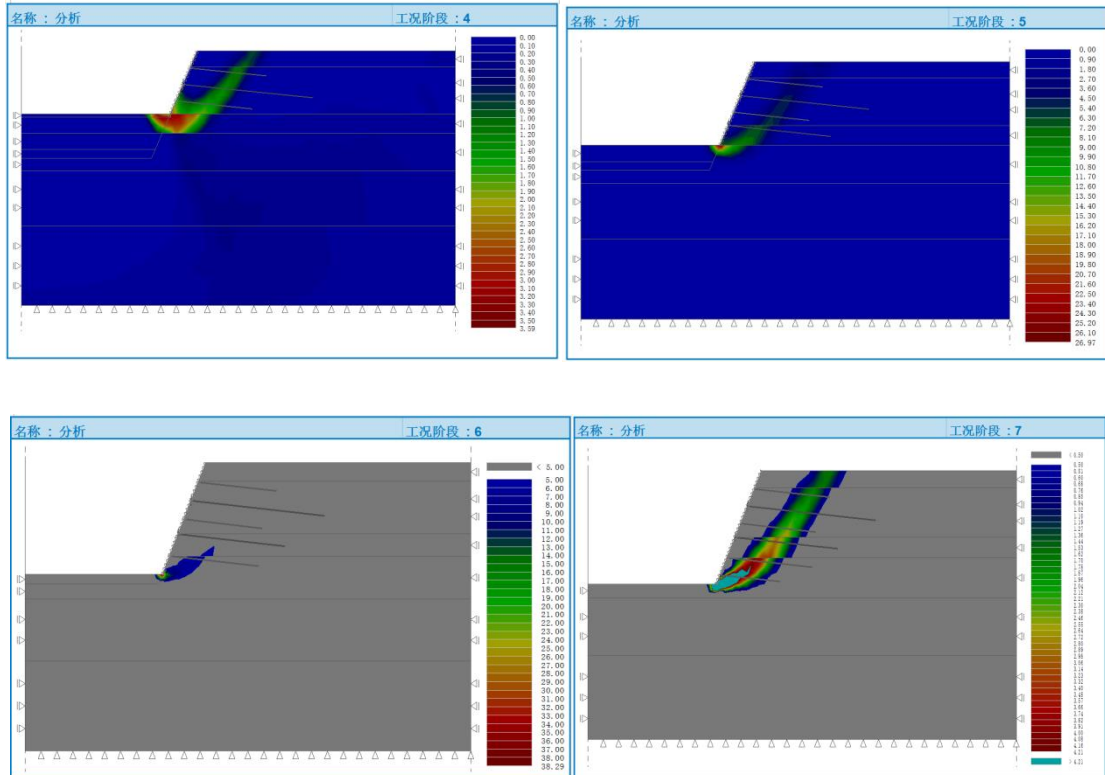


项目特点：基坑开挖支护项目计算较难，本案例分步开挖，表面喷锚，利用梁单元模拟。

软件优势：GEO5「岩土工程有限元分析」模块可以考虑做基坑挖方工程，此项目即采用该模块实现分步开挖计算。

过程与结果：





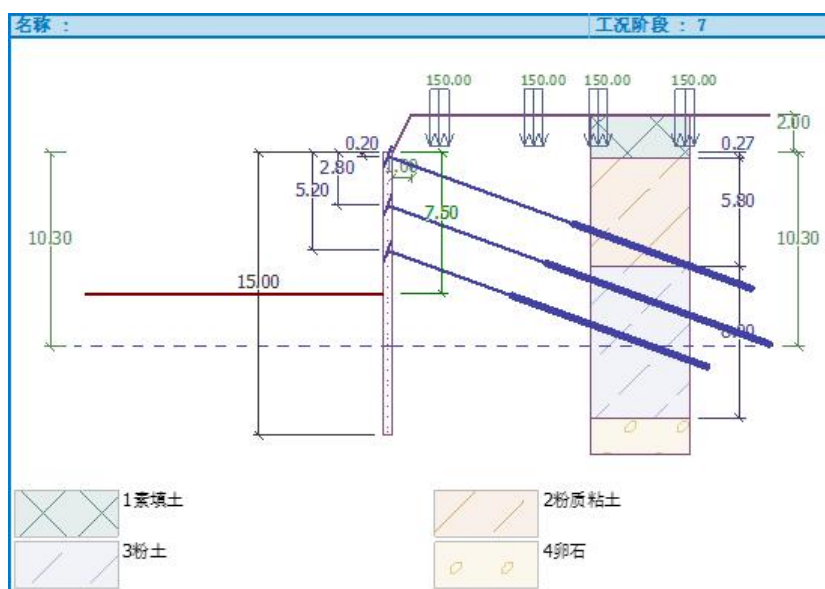
等效塑性如上图，边坡稳定性均满足要求。

多排预应力锚杆基坑支护

使用软件： GEO5「深基坑支护结构设计」、「深基坑支护结构分析」、「岩土工程有限元分析」

设计方案： 基坑采用多排预应力锚杆支护，支护桩为桩径 0.5m，桩间距 0.9m 的混凝土灌注桩，坑外作用有一定深度的基础荷载。基坑深度 7.5m，岩土材料从上之下分别为素填土、粉质黏土、粉土、卵石。

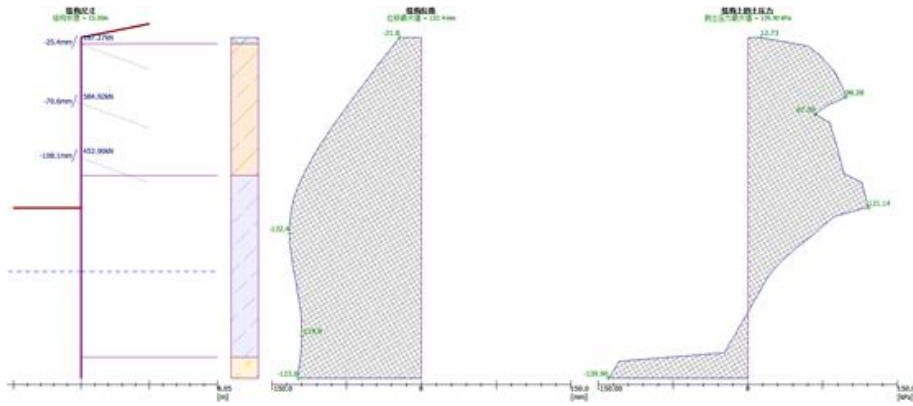
施工过程： 深 0.2m 处添加锚杆（预应力 120kN）→开挖 3.3m→深 2.8m 处添加锚杆（预应力 280kN）→开挖 5.7m →深 5.2m 处添加锚杆（预应力 270kN）→开挖 7.5m。



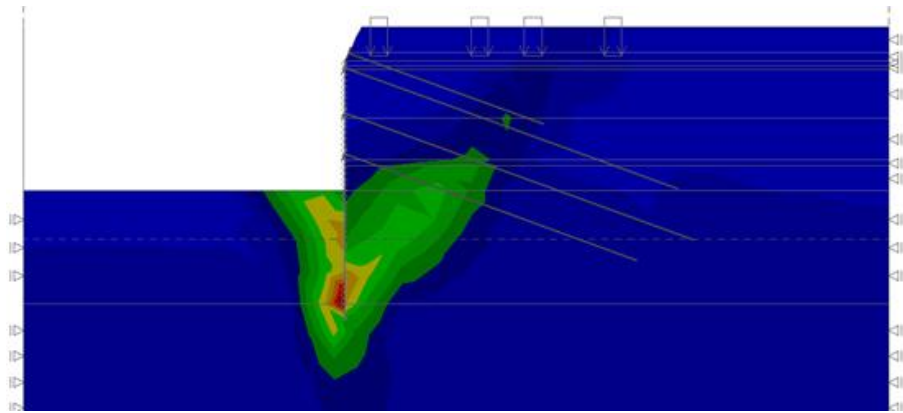
项目特点： 坑外基础荷载具有一定的深度，不能直接作用在地表上。多排预应力锚杆将导致坑外土压力变化，不再是主动土压力。

软件优势：

采用 GEO5「深基坑支护结构设计」模块通过经典法（等值梁法或静力平衡法）快速确定大致的支护结构嵌固深度，再采用 GEO5「深基坑支护结构分析」模块计算结构的变形、内力和配筋。由于施加了预应力锚杆，若土体位移不够大，不足以产生主动土压力，那么弹性支点法（假设坑外土压力始终为主动土压力）可能不再适用于此情况，最终选择弹塑性共同变形法（坑外土压力随结构变形变化）计算。最后采用 GEO5「岩土工程有限元分析」模块对计算结果进一步复核。



GEOS「深基坑支护结构分析」中最后一个工况阶段结构的位移、内力和计算土压力的合理分布，可以看到结构位移较大，被动区已经全部达到塑性状态，设计方案较冒险。



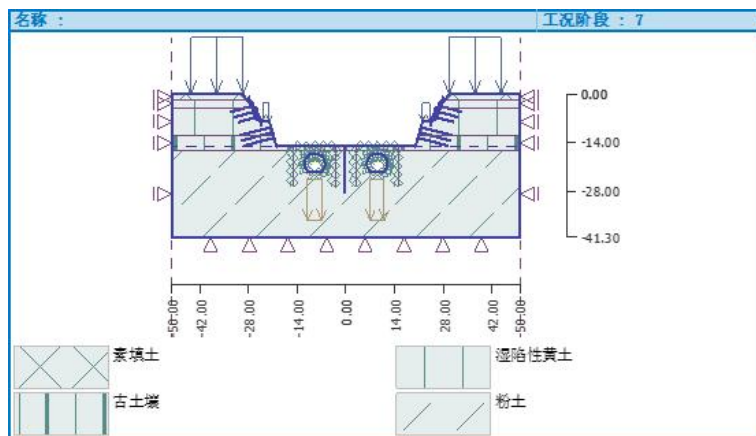
GEOS「岩土工程有限元分析」中得到的最后一个工况阶段中土体的等效塑性应变分布，可以看到被动区和主动区均进入了塑性状态，和 GEOS「深基坑支护结构分析」中得到的结论一致。

注：桩单元附近优化网格后可以得到更精确的塑性区分布。

甘肃某深基坑隧道上方开挖基坑

使用软件： GEO5「岩土工程有限元分析」、「土质边坡稳定分析」、「土钉边坡支护设计」

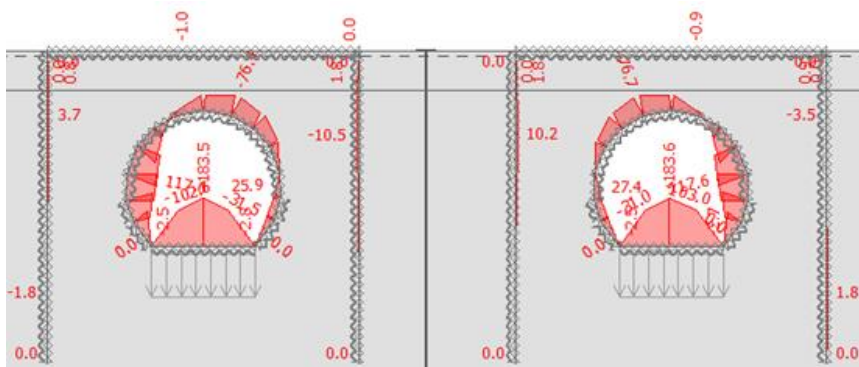
设计方案： 基坑采用放坡开挖+土钉支护设计，放坡共分为两个台阶。隧道外围设置抗拔桩和抗拔地锚，减少基坑开挖卸载引起的坑底隆起对隧道的影响。



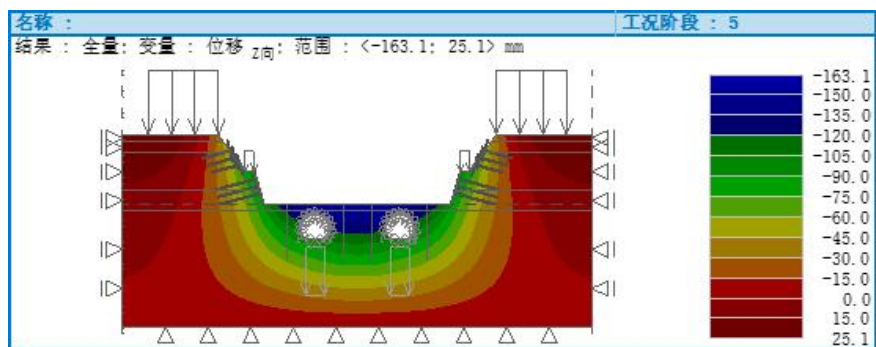
项目特点： 在已有隧道上方开挖基坑，不仅要分析基坑的稳定性，还要分析基坑开挖对隧道的影响。

软件优势： GEO5「土质边坡稳定分析」模块用于分析土钉支护后的基坑整体稳定性，GEO5「土钉边坡支护设计」模块用于分析每一级土钉的内部稳定性，GEO5「岩土工程有限元分析」用于分析基坑开挖对隧道的影响 - 隧道衬砌的变形和内力变化。利用 GEO5 模块之间的数据对接功能，可以方便的在不同模块之间切换，大大减少了数据的重复录入工作。

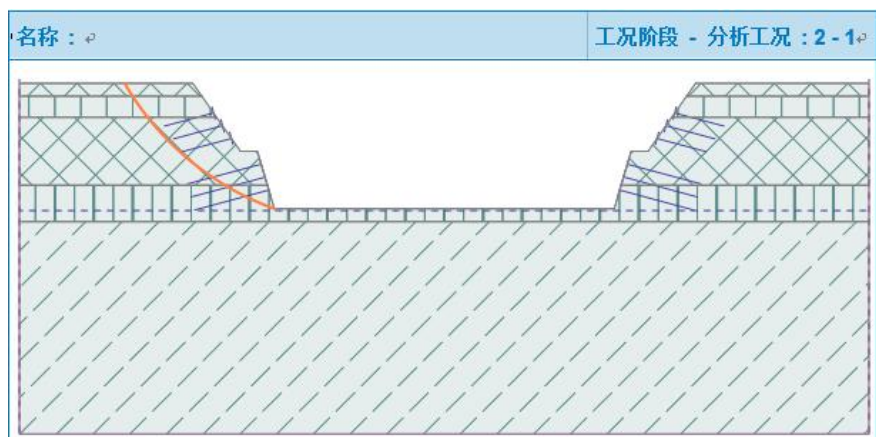
部分计算结果：



最后一个工况阶段的衬砌弯矩



未施加抗拔桩的土体 z 向位移



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a=931.37\text{kN/m}$, 滑面上抗滑力的总和: $F_p=1246.20\text{kN/m}$

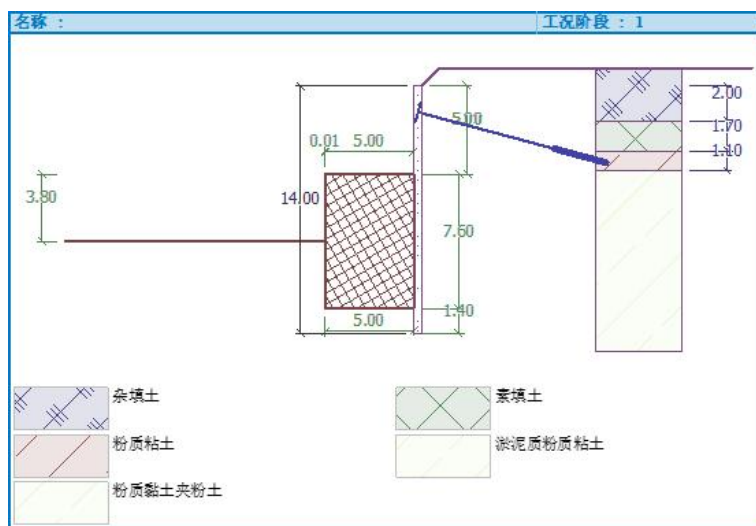
下滑力矩: $M_a=31349.81\text{kNm/m}$, 抗滑力矩: $M_p=41947.17\text{kNm/m}$

安全系数 = $1.34 > 1.30$, 边坡稳定性满足要求。

江苏某深基坑特殊被动区土体加固

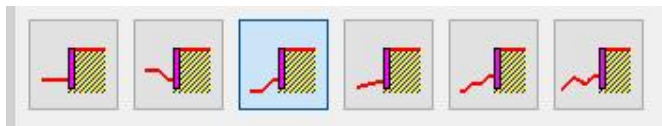
使用软件：GEO5「深基坑支护结构分析」

设计方案：基坑采用钢板桩+锚杆支护，坑内采用旋喷桩加固，基坑深度 8.8m，岩土材料从上之下分别为杂填土、素填土、粉质粘土、淤泥质粉质黏土。

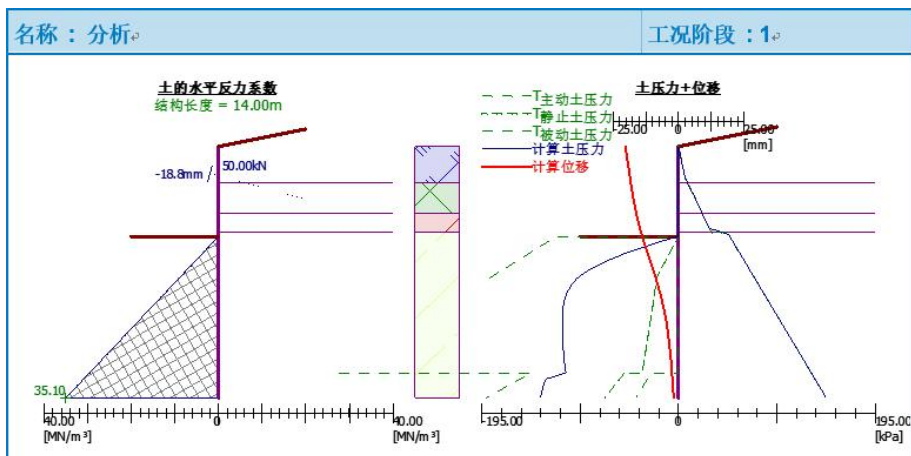


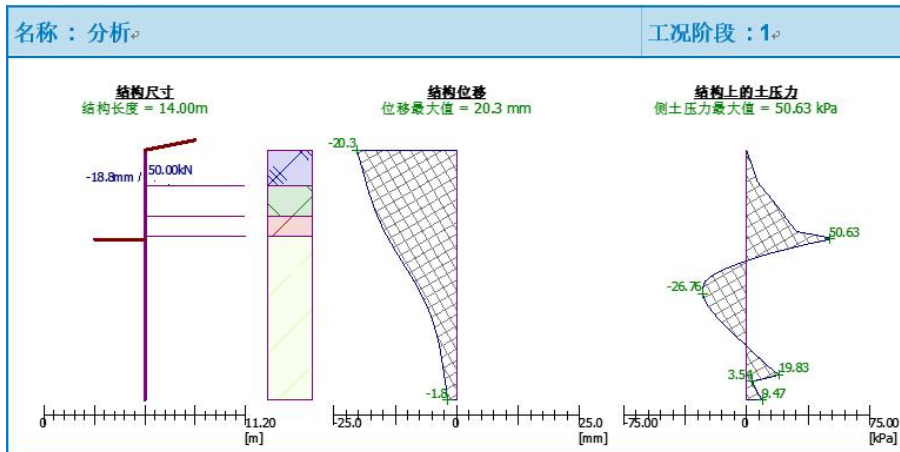
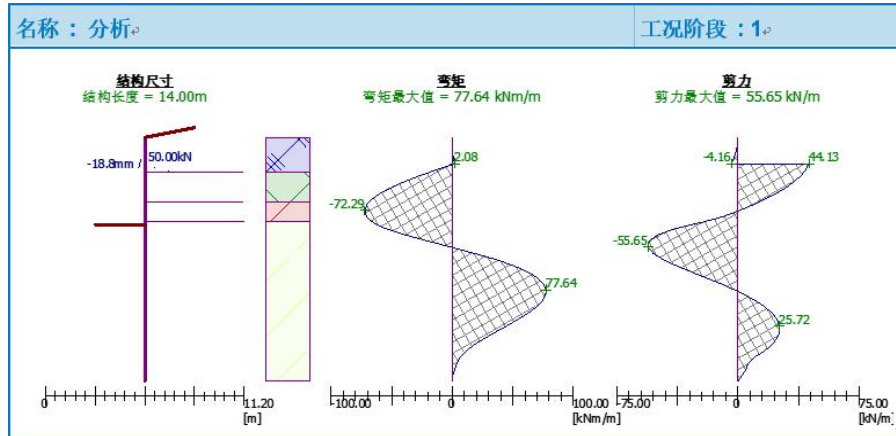
项目特点：加固区域高出坑底 3.8m，如上图中所示。

软件优势：GEO5「深基坑支护结构分析」模块可以考虑多种不同的坑内地形，此项目中加固高出坑底即采用此功能实现。



计算结果：





边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

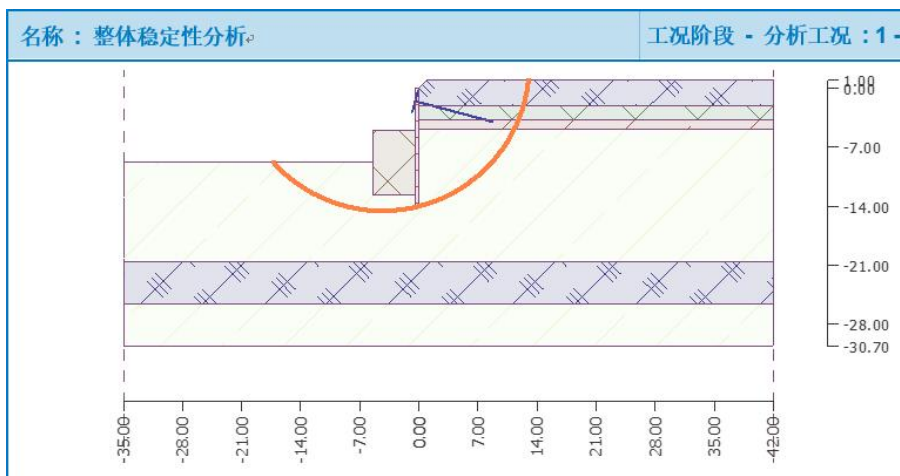
滑面上下滑力的总和 : $F_a=1264.53\text{kN/m}$

滑面上抗滑力的总和 : $F_p=1727.79\text{kN/m}$

下滑力矩 : $M_a=22002.83\text{kNm/m}$

抗滑力矩 : $M_p=30063.63\text{kNm/m}$

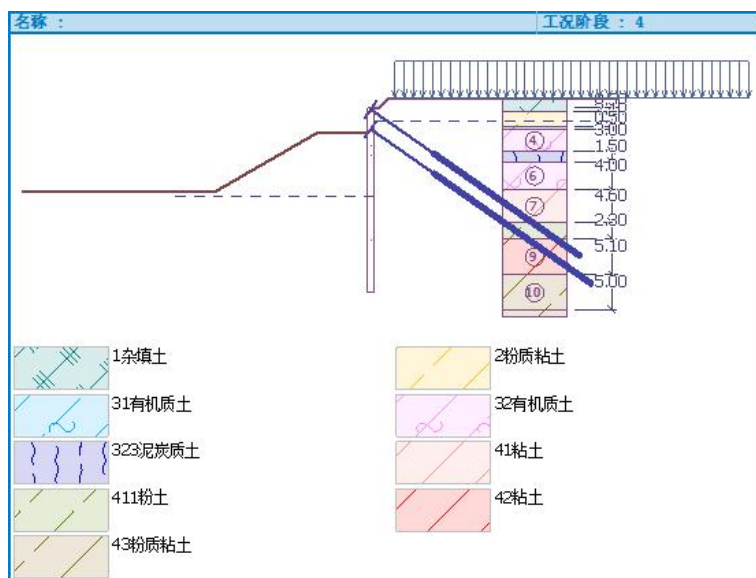
安全系数 = $1.37 > 1.35$, 边坡稳定性满足要求



西南某坑内特殊地形深基坑工程

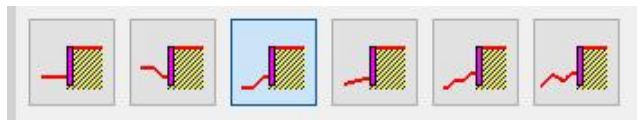
使用软件：GEO5「深基坑支护结构分析」、「土质边坡稳定分析」

设计方案：基坑采用放坡+排桩+预应力锚杆支护，基坑深度 13.2m，岩土材料从上之下分别为杂填土、粉质粘土、有机质土、有机质土、泥炭质土、黏土、粉土、黏土、粉质粘土。

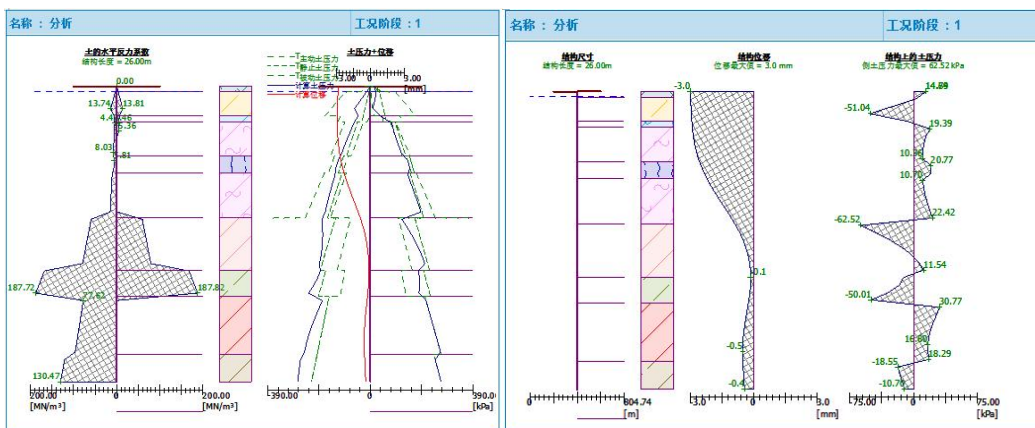


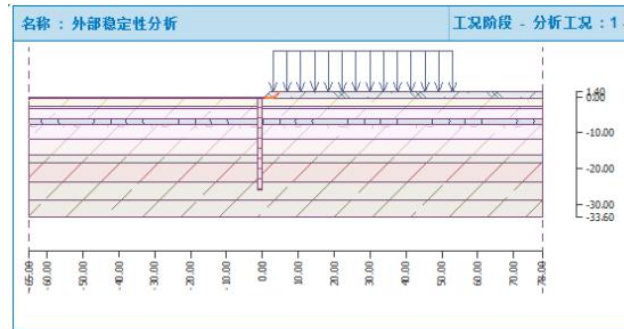
项目特点：坑内土体部分开挖，如上图中所示。

软件优势：GEO5「深基坑支护结构分析」模块可以考虑多种不同的坑内地形。



计算结果：



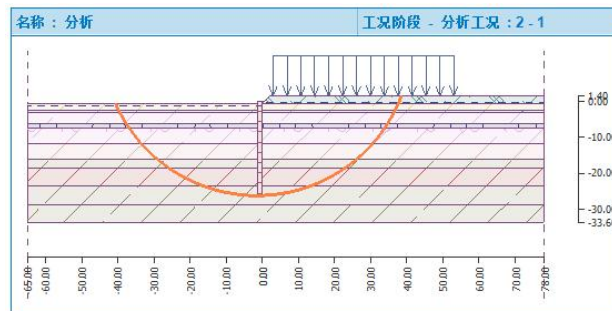
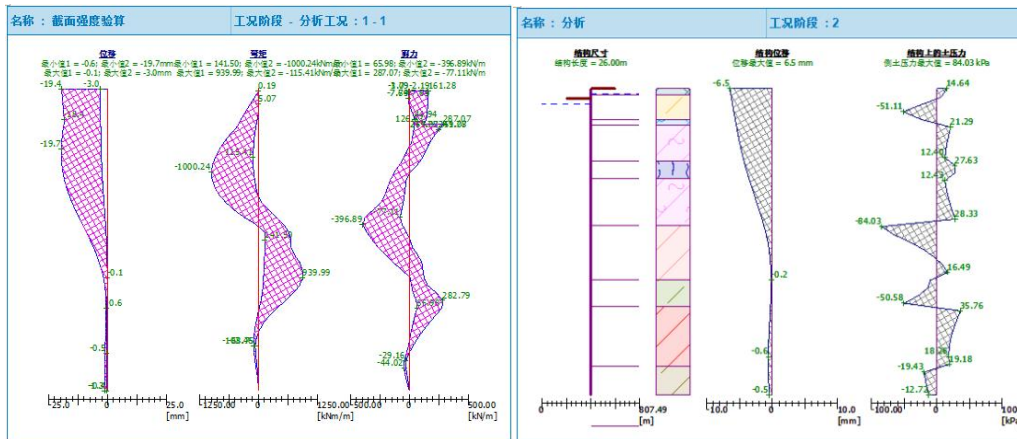


边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 : $F_a=48.74\text{kN/m}$, 滑面上抗滑力的总和 : $F_p=64.47\text{kN/m}$

下滑力矩 : $M_a=152.55\text{kNm/m}$, 抗滑力矩 : $M_p=201.80\text{kNm/m}$

安全系数 $=1.32 < 1.35$, 边坡稳定性不满足要求

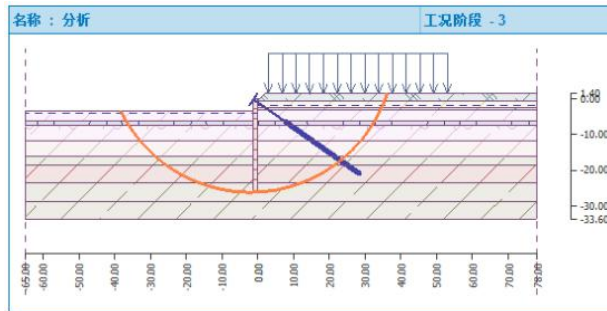
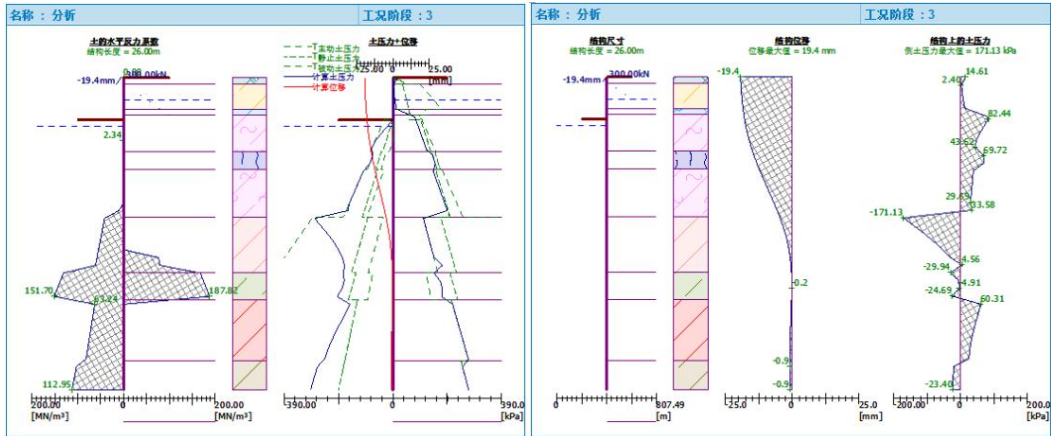


边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 : $F_a=1315.92\text{kN/m}$, 滑面上抗滑力的总和 : $F_p=9782.75\text{kN/m}$

下滑力矩 : $M_a=56242.60\text{kNm/m}$, 抗滑力矩 : $M_p=418114.61\text{kNm/m}$

安全系数 $=7.43 > 1.35$, 边坡稳定性满足要求

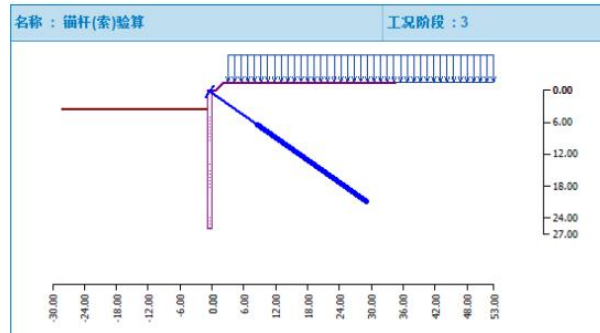


边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 : $F_a=2177.19\text{kN/m}$, 滑面上抗滑力的总和 : $F_p=8837.57\text{kN/m}$

下滑力矩 : $M_a=87653.64\text{kNm/m}$, 抗滑力矩 : $M_p=355800.68\text{kNm/m}$

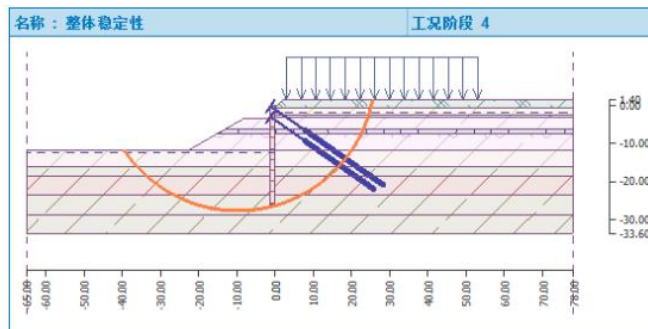
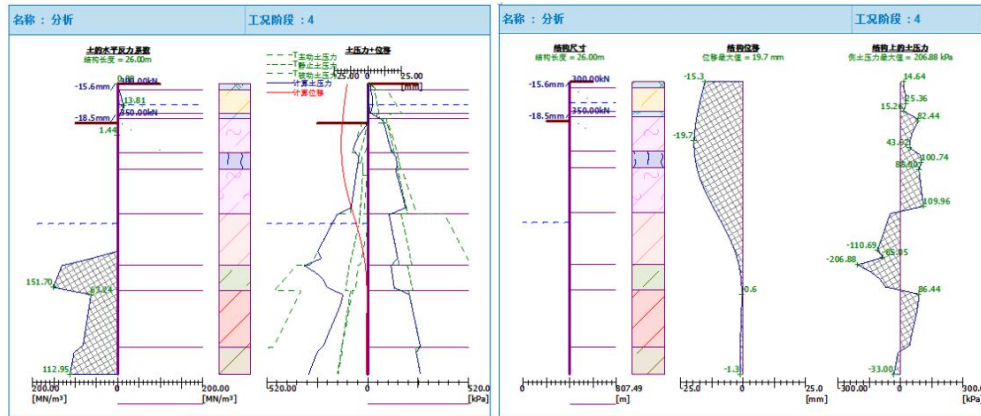
安全系数 $=4.06 > 1.35$, 边坡稳定性满足要求



锚杆(索)验算

利用率最大的锚杆(索) - 编号 1

利用率 49.11%, 锚杆(索)承载力满足要求

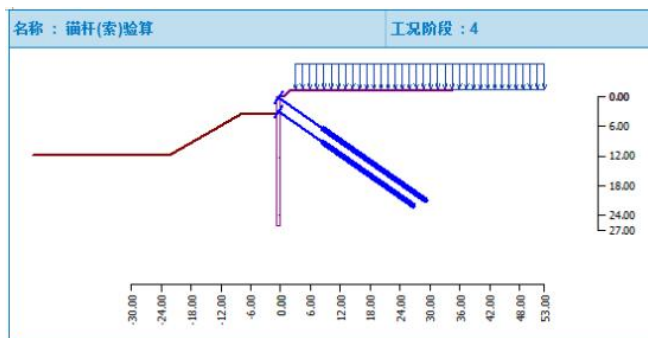


边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 : $F_a=3892.83\text{kN/m}$, 滑面上抗滑力的总和 : $F_p=7708.68\text{kN/m}$

下滑力矩 : $M_a=139725.28\text{kNm/m}$, 抗滑力矩 : $M_p=276687.67\text{kNm/m}$

安全系数 $=1.98 > 1.35$, 边坡稳定性满足要求



锚杆(索)验算

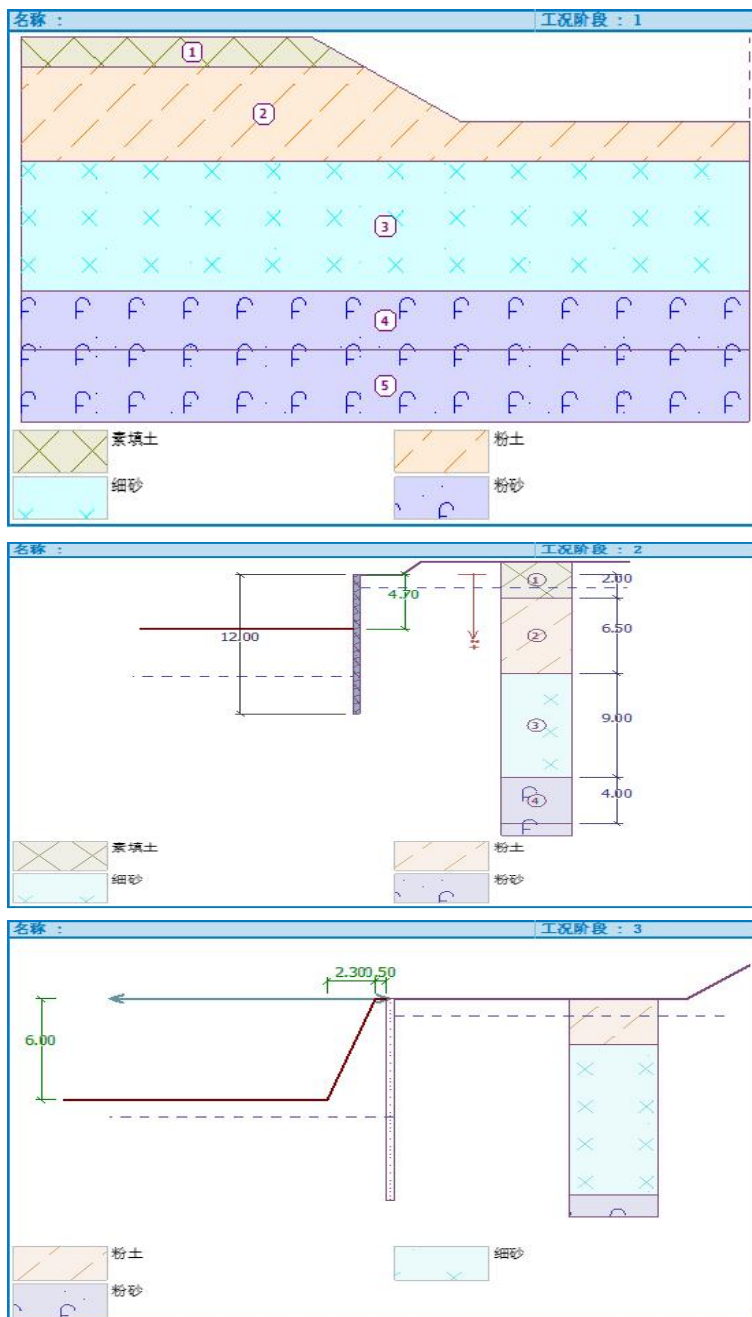
利用率最大的锚杆(索) - 编号 2

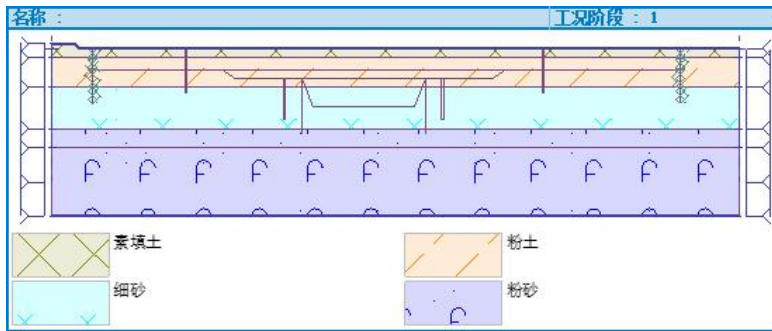
利用率 65.11%, 锚杆(索)承载力满足要求。

摩洛哥某基坑拉森钢板桩支护

使用软件：GEO5「土质边坡稳定分析」、「深基坑支护结构分析」、「岩土工程有限元分析」

设计方案：基坑采用放坡+坑中坑拉森钢板桩支护，基坑深度 4.7m，坑中坑深度 6m，采用坑内降水。岩土材料从上至下分别为素填土、粉土、细砂和粉砂。





项目特点: 坑中坑拉森钢板桩支护，基坑降水，如上图所示。

软件优势: GEO5「深基坑支护结构分析」模块可以考虑做坑中坑拉森钢板桩支护，「岩土工程有限元分析」模块可以做坑内降水分析。

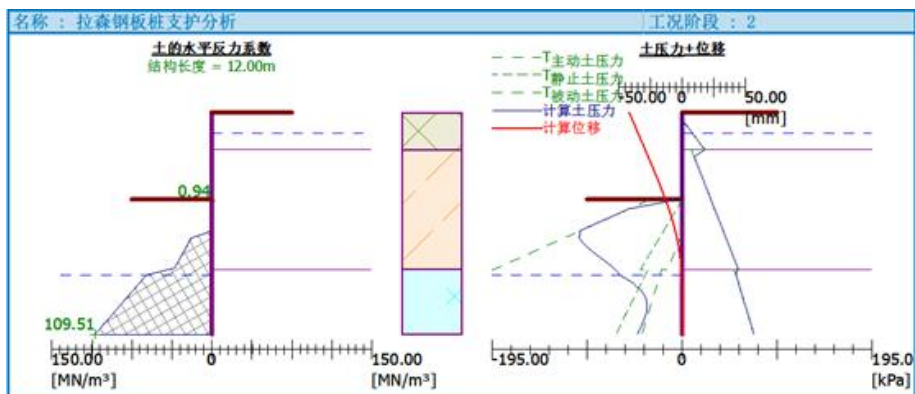
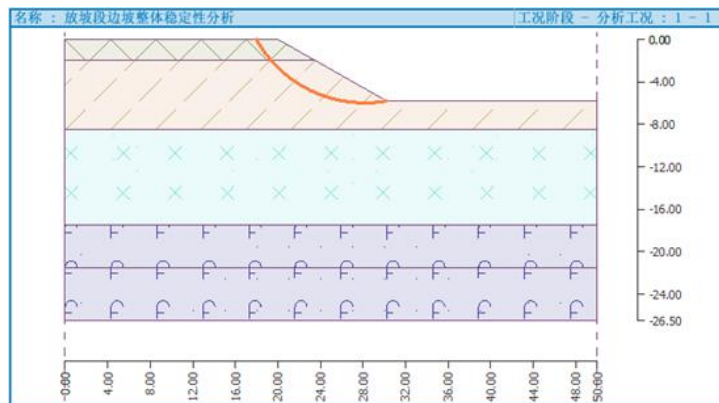
计算结果:

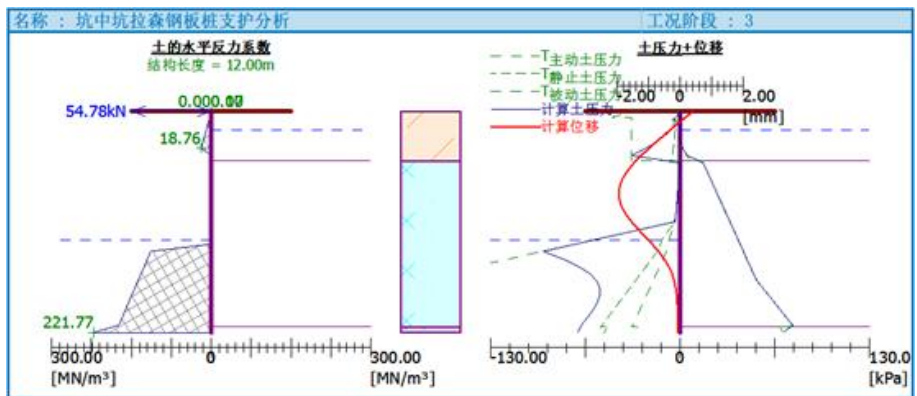
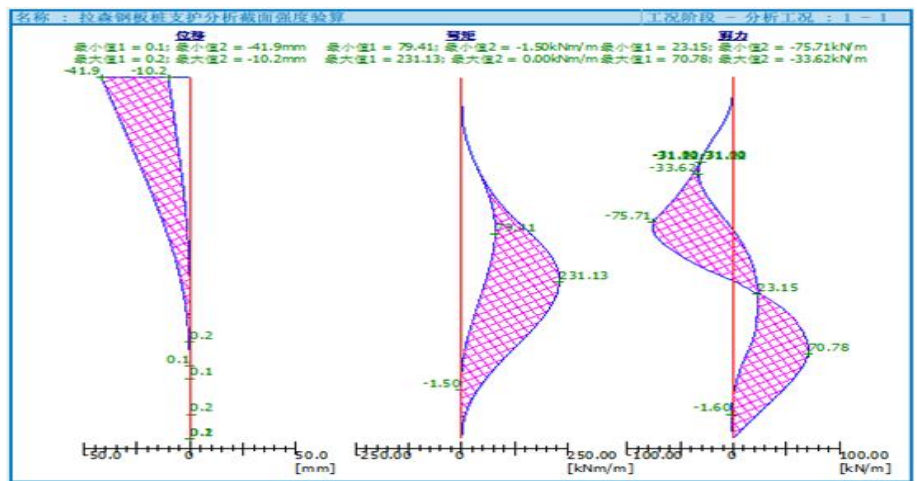
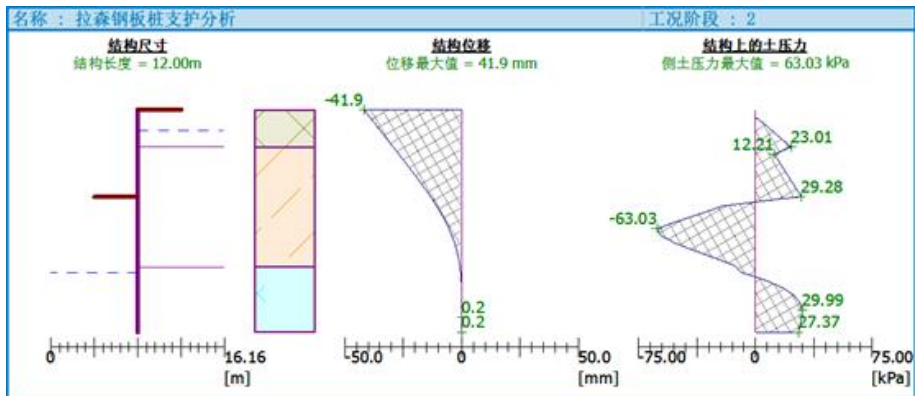
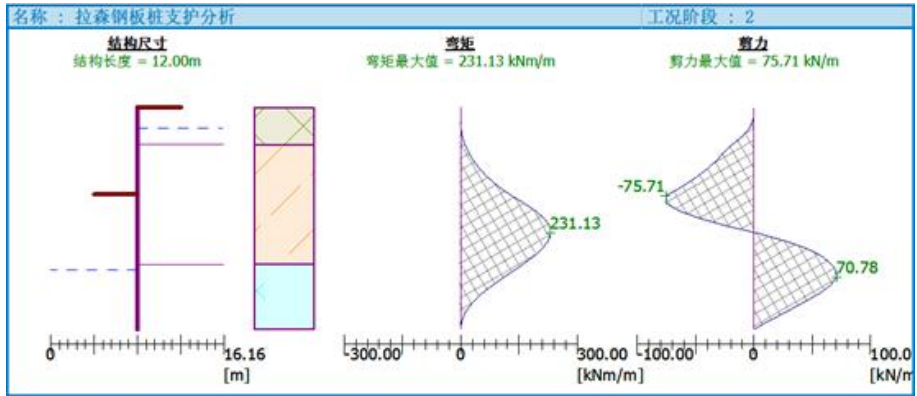
边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

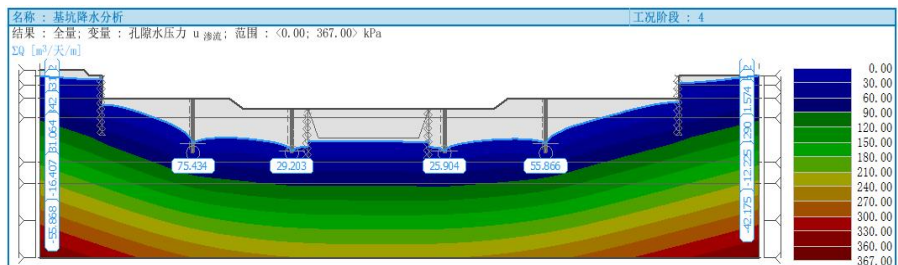
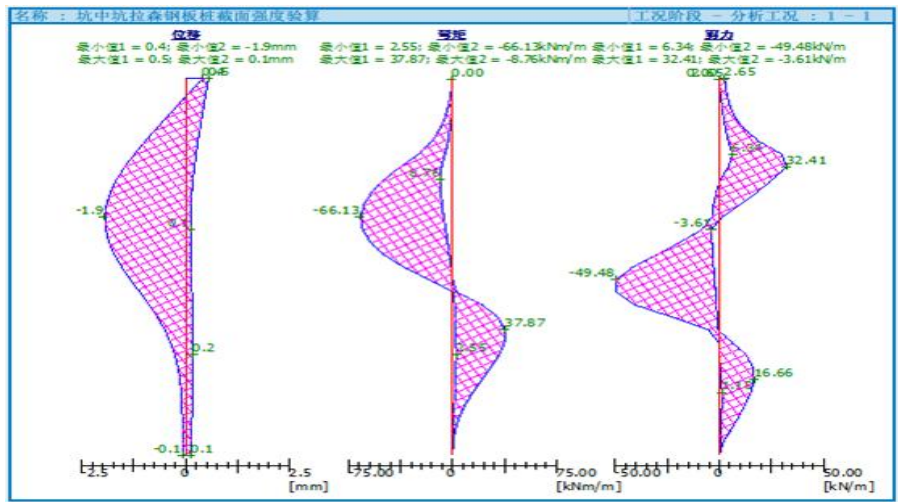
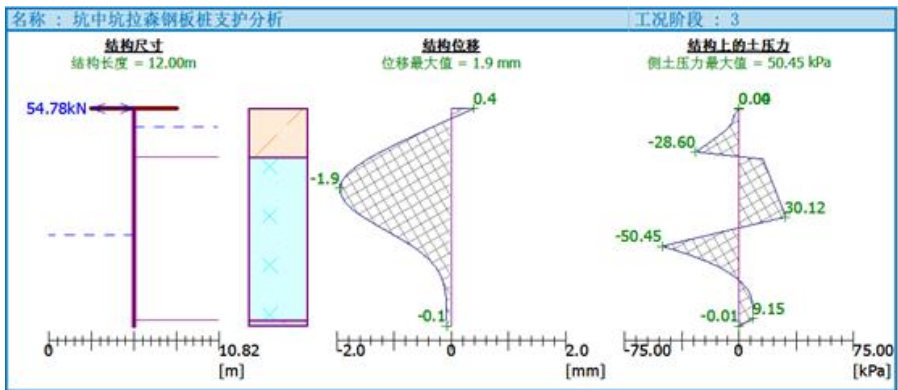
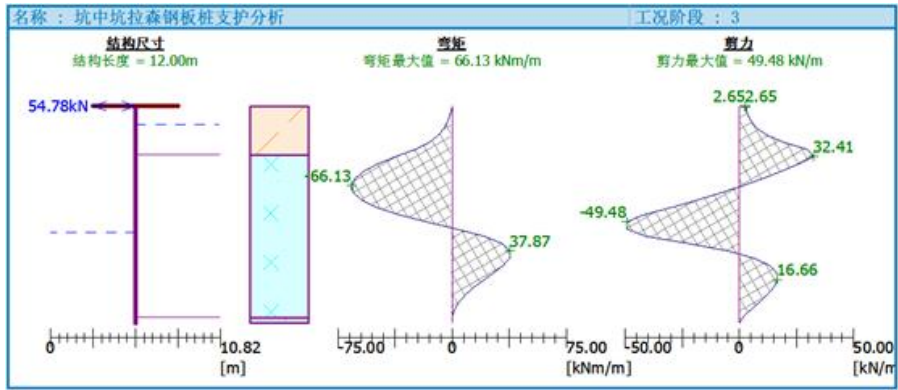
滑面上下滑力的总和 : $F_a = 188.53 \text{ kN/m}$ ，滑面上抗滑力的总和 : $F_p = 346.38 \text{ kN/m}$

下滑力矩 : $M_a = 2198.27 \text{ kNm/m}$ ，抗滑力矩 : $M_p = 4038.76 \text{ kNm/m}$

安全系数 $= 1.84 > 1.35$ ，边坡稳定性满足要求



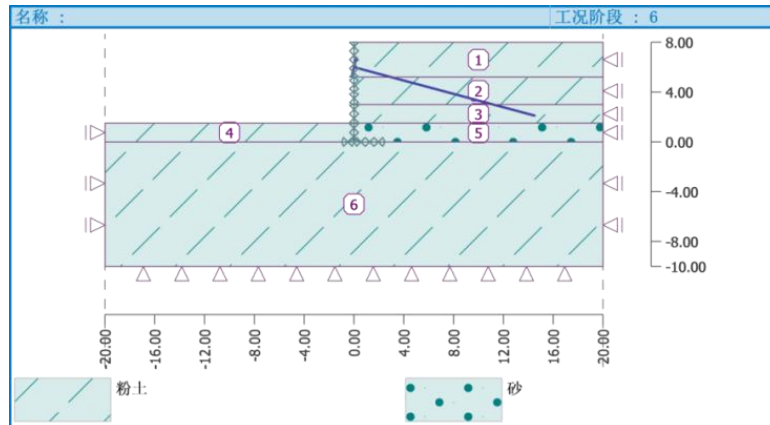




某基坑地下连续墙+锚杆支护

使用软件: GEO5「岩土工程有限元分析」

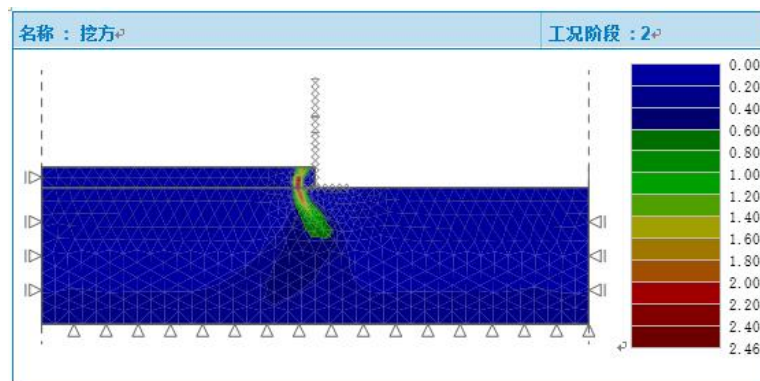
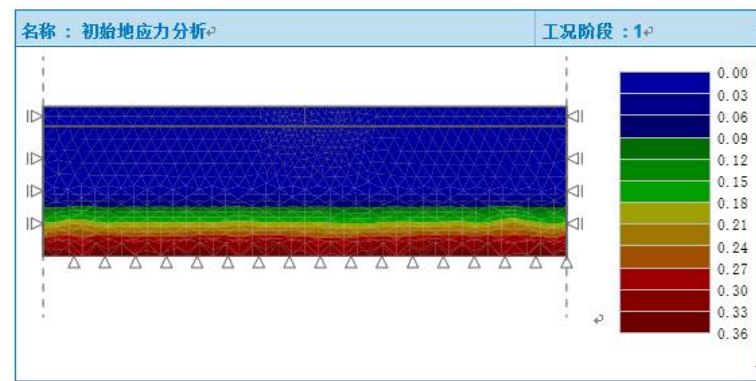
设计方案: 基坑采用地下连续墙+锚杆支护, 填方高度 8m, 岩土材料为粉土和砂土。

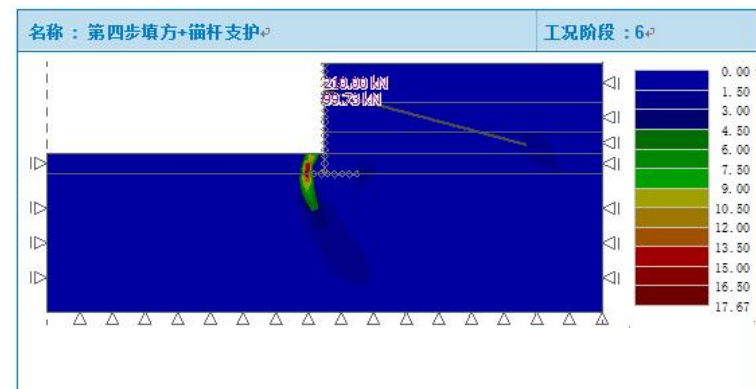
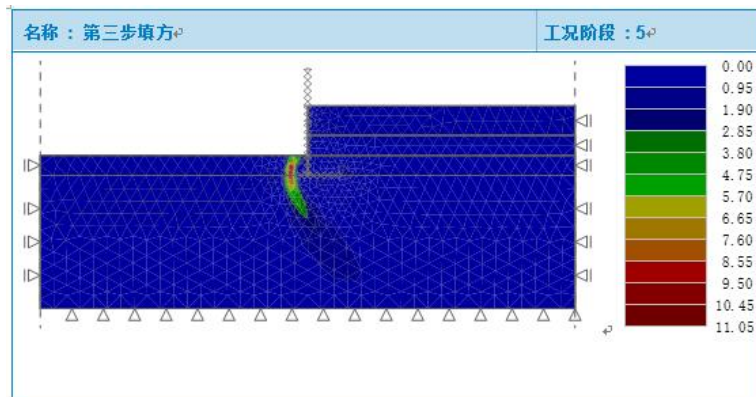
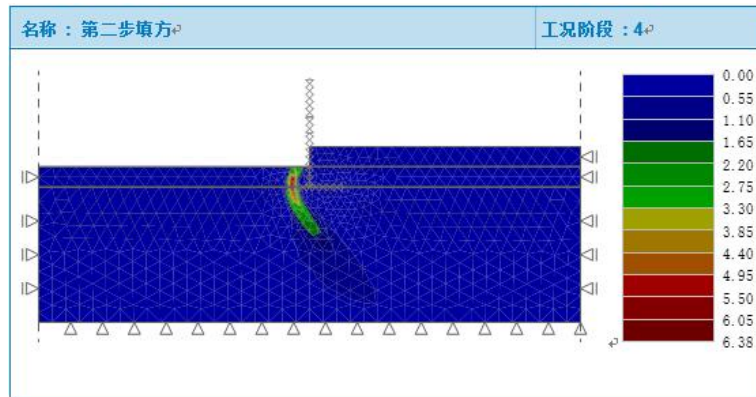
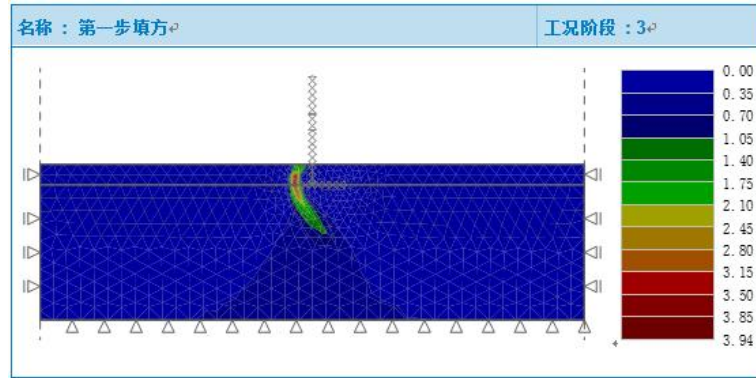


项目特点: 基坑填方支护项目计算较难, 采用一般有限元软件模拟较难收敛。

软件优势: GEO5「岩土工程有限元分析」模块可以考虑做基坑填方工程, 此项目即采用该模块实现分步填方计算。

计算结果:

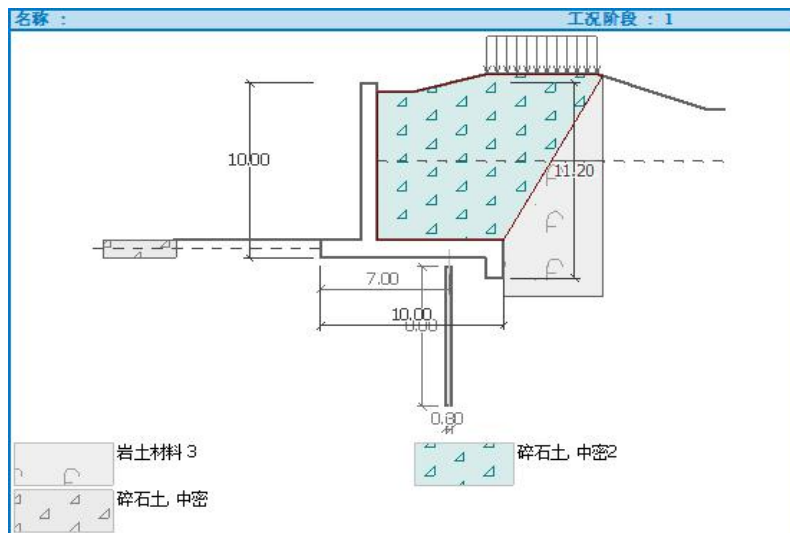




某上下游翼墙悬臂式挡土墙项目

使用软件：GEO5「悬臂式挡土墙设计」

设计方案：



软件优势：GEO5 墙后填土软件可供多种选择



过程与结果：

1) 倾覆滑移稳定性验算

倾覆稳定性验算

抗倾覆力矩 $M_{res}=9583.28\text{kNm/m}$

倾覆力矩 $M_{ovr}=2747.21\text{kNm/m}$

安全系数 $=3.49 > 1.60$

倾覆稳定性验算 满足要求

滑移稳定性验算

抗滑力(平行基底) $H_{res}=439.57\text{kN/m}$

滑动力(平行基底) $H_{act}=337.92\text{kN/m}$

安全系数 $=1.30 > 1.30$

滑移稳定性验算 满足要求

倾覆滑移验算 满足要求

2) 承载力验算

作用在基底中心的荷载设计值

编号	弯矩 [kNm/m]	轴力 [kN/m]	剪力 [kN/m]	偏心距验算 [-]
1	81.56	1373.67	331.96	0.006

作用在基底中心的荷载标准值

编号	弯矩 [kNm/m]	轴力 [kN/m]	剪力 [kN/m]
1	81.56	1373.67	331.96

地基承载力验算

基底应力分布：矩形分布

偏心距验算

基底应力最大值与最小值之比 $P_{k,max}/P_{k,min} = 1.07 < 2.00$

轴力偏心距验算 满足要求

地基承载力验算

地基承载力 $f_a = 200.00$ kPa

基底平均应力 $P_k = 137.37$ kPa

地基承载力 $1.2f_a = 240.00$ kPa

基底最大应力 $P_{k,max} = 142.26$ kPa

基底最小应力 $P_{k,min} = 132.47$ kPa

地基承载力 满足要求

地基承载力整体验算 满足要求

3) 截面强度验算

墙踵验算

截面强度验算和配筋验算

16 根钢筋直径 22.0mm，保护层 30.0mm

截面宽度 = 1.00m

截面高度 = 1.00m

配筋率 $\rho = 0.63\% > 0.20\% = \rho_{min}$

中和轴位置 $x/\beta_1 = 0.19m < 0.62m = \xi_{bh_0}/\beta_1$

截面受剪承载力设计值 $V_u = 963.79kN > 468.68kN = V$

截面受弯承载力设计值 $M_u = 1932.83kNm > 1882.46kNm = M$

截面满足要求。

墙趾验算

截面强度验算和配筋验算

8 根钢筋直径 18.0mm，保护层 30.0mm

截面宽度=1.00m

截面高度=1.00m

配筋率 $\rho = 0.21\% > 0.20\% = \rho_{min}$

中和轴位置 $x/\beta_1 = 0.06m < 0.62m = \xi_{bh_0}/\beta_1$

截面受剪承载力设计值 $V_u=965.80\text{kN}>357.93\text{kN} = V$

截面受弯承载力设计值 $M_u=685.58\text{kNm}>395.47\text{kNm} = M$

截面满足要求。

墙身验算(墙趾墙踵台阶顶截面)

截面强度验算和配筋验算

10 根钢筋直径 22.0mm，保护层 30.0mm

截面宽度 = 1.00m

截面高度 = 0.90m

配筋率 $\rho =0.44\%>0.20\% = \rho_{\min}$

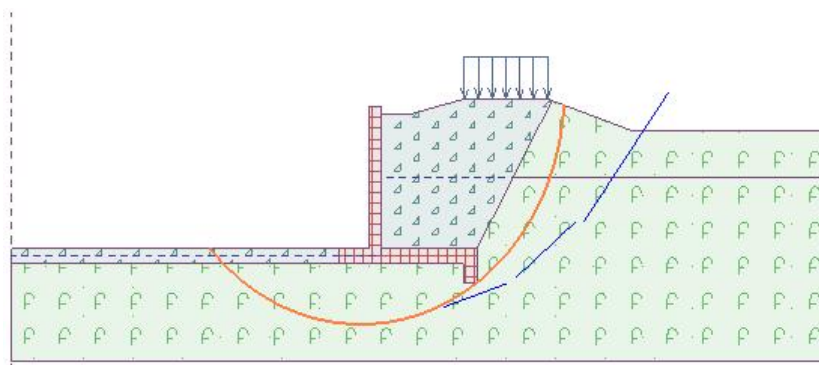
中和轴位置 $x/\beta_1=0.12\text{m}<0.56\text{m} = \xi_{bh_0}/\beta_1$

截面受剪承载力设计值 $V_u=863.29\text{kN}>318.58\text{kN}=V$

截面受弯承载力设计值 $M_u=1110.30\text{kNm}>766.98\text{kNm}=M$

截面满足要求。

3) 外部稳定性分析



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a =1263.41\text{kN/m}$

滑面上抗滑力的总和: $F_p =2260.75\text{kN/m}$

下滑力矩: $M_a=18597.44\text{kNm/m}$

抗滑力矩: $M_p=33278.22\text{kNm/m}$

安全系数= $1.79>1.30$

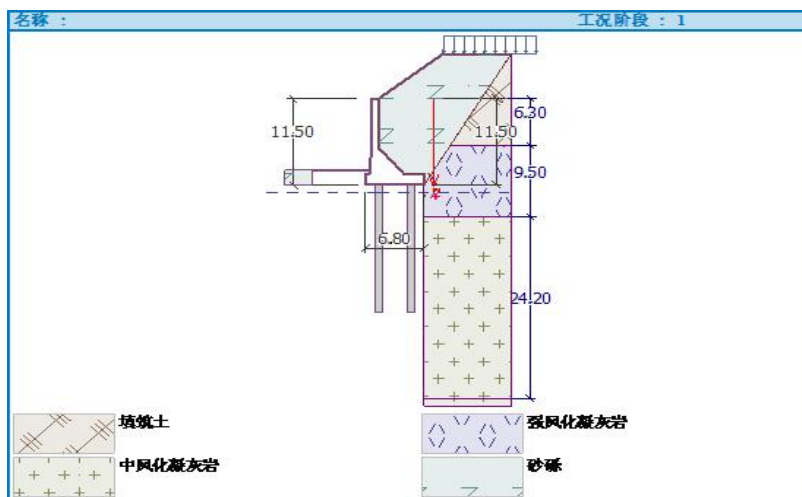
边坡稳定性满足要求

注：当抗滑移验算不能满足要求，同时挡墙尺寸改变受限时，可采用「基底锚固」，基底锚固将产生一个竖向向下的力，但是该力对于基底应力的验算是不利的。

挡墙与群桩组合结构

使用软件：GEO5「悬臂式挡土墙设计」、「群桩设计」、「土质边坡稳定性分析」

设计方案：挡墙墙身 10m，墙后填土 6m。



项目特点：悬臂式挡墙采用群桩基础，并且墙后有 6m 高填土。

软件优势：「悬臂式挡土墙设计」可直接调用「群桩设计」与「土质边坡稳定性分析」，大大提高效率。

基本思路：拆分结构，分别计算，宏观把控整体稳定性。

计算结果：

1) 倾覆滑移验算

编号 作用力	作用力	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	作用点		系数 [-]
				x [m]	z [m]	
1	墙体自重	0.00	545.93	2.38	-3.14	1.000
2	墙前抗力	15.18	0.12	0.48	-0.67	1.000
3	土楔自重	0.00	591.70	3.57	-6.52	1.000
4	主动土压力	-589.81	673.71	5.47	-4.92	1.000
5	水压力	0.00	0.00	3.14	-11.50	1.000
6	张裂缝	-11.66	0.00	3.14	-11.28	1.000
7	汽车荷载	-17.24	19.82	5.02	-6.17	1.000

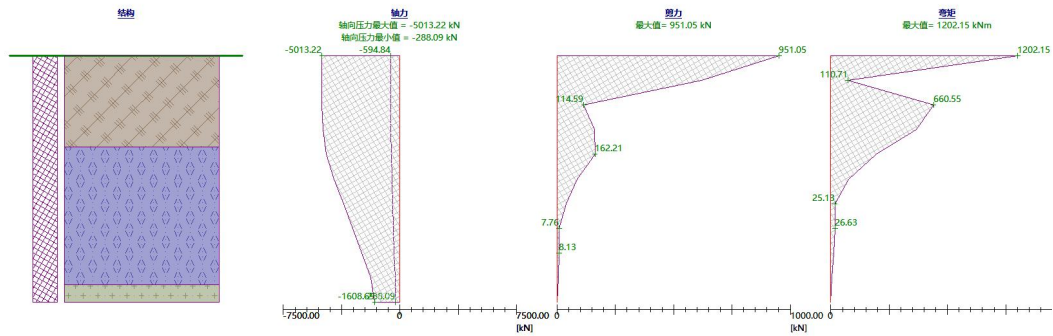
倾覆滑移稳定性验算

倾覆滑移验算 满足要求

2) 承载力验算

名称：分析

工况阶段：1



截面抗弯+抗压验算：

钢筋数量 20 根，钢筋直径 32.0 mm，保护层厚度 70.0 mm

结构类型 (配筋率):按柱计算

配筋率 $r = 3.200\% > 0.550\% = r_{min}$

荷载: $N = -5013.22\text{kN}$ (受压); $M = 1202.15\text{ kNm}$

承载力: $N_u = -5843.69\text{ kN}$; $M_u = 1401.29\text{ kNm}$

桩配筋设计满足要求

截面抗剪验算：

剪力筋 - 直径 14.0 mm; 间距 12.0 mm

截面受剪承载力设计值: $V_u = 957.57\text{kN} > 951.05\text{ kN} = V$

截面满足要求。

截面强度验算

墙身验算(墙趾墙踵台阶顶截面)

截面强度验算和配筋验算

钢筋数量 120 根， 钢筋直径 32.0 mm， 钢筋保护层 50.0 mm

截面宽度 12.00 截面高度 3.97

配筋率 $r = 0.21\% > 0.20\% = r_{min}$

中和轴位置 $x/b_1 = 0.25\text{m} < 2.52\text{m} = x_{bh0}/b_1$

截面受剪承载力设计值 $V_u = 47026.04\text{ kN} > 16753.97\text{kN} = V$

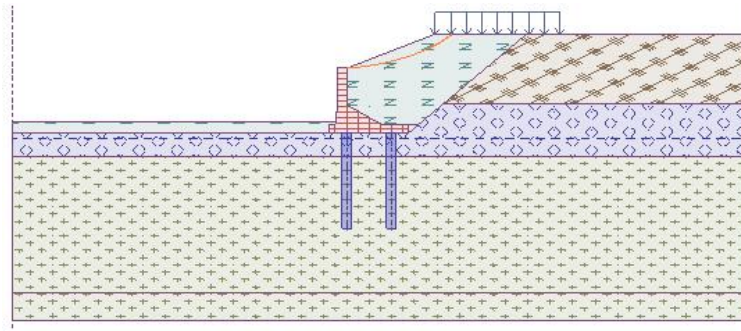
截面受弯承载力设计值 $M_u = 131973.51\text{ kNm} > 82835.75\text{kNm} = M$

截面满足要求。

整体稳定性验算

名称:分析

工况阶段 :1-1

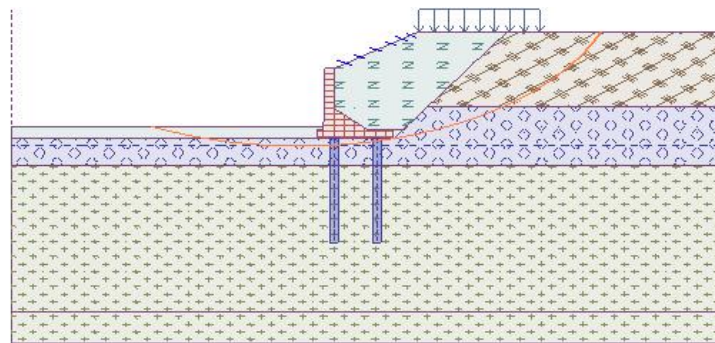


边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 1.47 > 1.30, 边坡稳定性满足要求

名称: 分析

工况阶段 :1-2



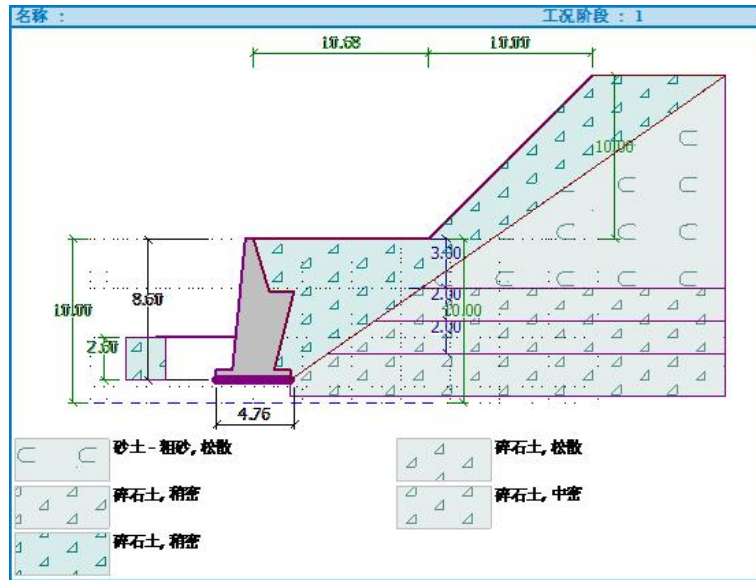
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))

安全系数 = 3.75 > 1.30, 边坡稳定性满足要求

四川某大坝堤防重力式挡土墙设计


使用软件：GEO5「重力式挡土墙设计」

设计方案：异形挡墙高 10m



软件优势：

1、「墙身截面尺寸」已列出常用挡墙截面，本案例用户可以通过点击

 生成任意形状

进行自定义挡墙截面。



2、软件可设置墙后填土，理论计算更符合实际情况。

3、当挡土墙基地偏心距为负时，GEO5 将其考虑为 0 是合理且符合工程实际。

处理原因：针对上述第三点优势，软件主要考虑以下三个原因：

- 1、地基承载力如果不满足要求，一定是墙前地基首先发生破坏。
- 2、偏心距为负对抗倾覆有利。
- 3、偏心距为负时墙后土压力将大于主动土压力，偏心距不可能为负。

过程与结果：

1) 倾覆滑移稳定性验算

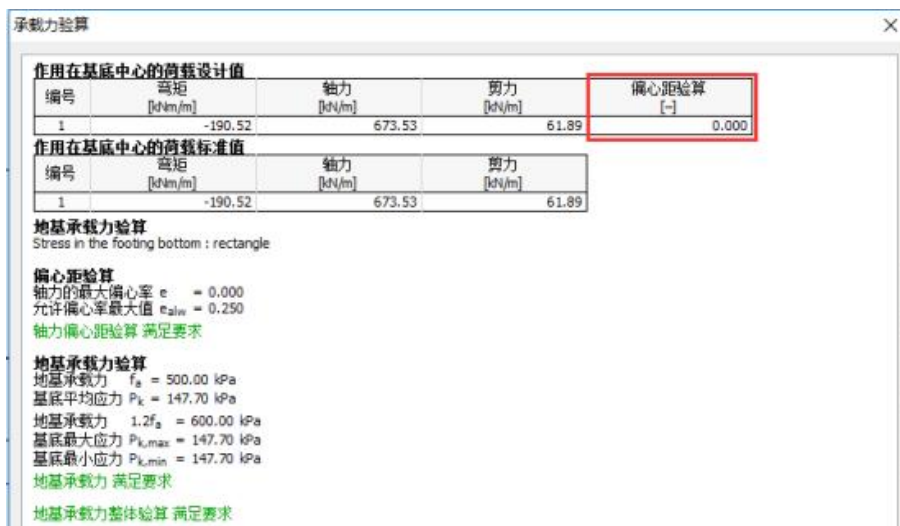
抗倾覆力矩 $M_{res}=1960.12\text{kNm/m}$ ，倾覆力矩 $M_{ovr}=233.94\text{kNm/m}$

安全系数 $=8.38>1.60$

抗滑力(平行基底) $H_{res}=516.82\text{kN/m}$ ，滑动力(平行基底) $H_{act}=61.89\text{kN/m}$

安全系数 $=8.35>1.30$ ，倾覆滑移验算满足要求

2) 承载力验算



3) 截面强度验算

离墙顶 0.10 m 处施工缝的截面强度验算

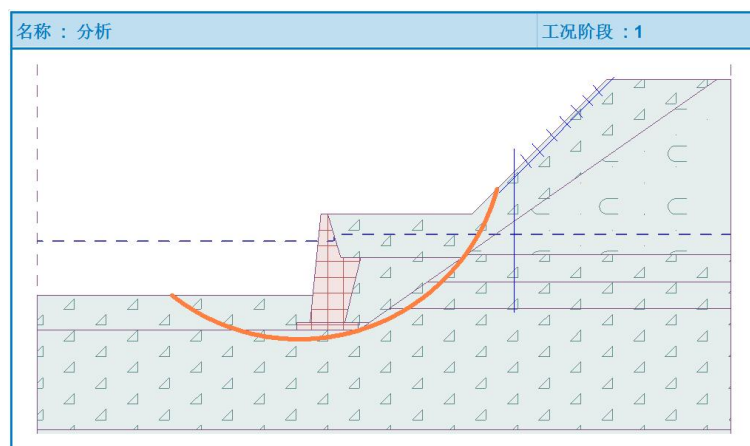
截面受剪承载力设计值 $V_u=415.80\text{kN/m}>0.02\text{kN/m}=V$

截面受压承载力设计值 $N_u=4337.73\text{kN/m}>1.70\text{kN/m}=N$

截面受弯承载力设计值 $M_u=0.46\text{kNm/m}>0.01\text{kNm/m}=M$

截面承载力满足要求

4) 外部稳定性验算



下滑力的总和 : $F_a=535.48\text{kN/m}$ ，抗滑力的总和 : $F_p=1061.86\text{kN/m}$

下滑力矩 : $M_a=8155.41\text{kNm/m}$ ，抗滑力矩 : $M_p=16172.16\text{kNm/m}$

安全系数 $=1.98>1.30$ ，边坡稳定性满足要

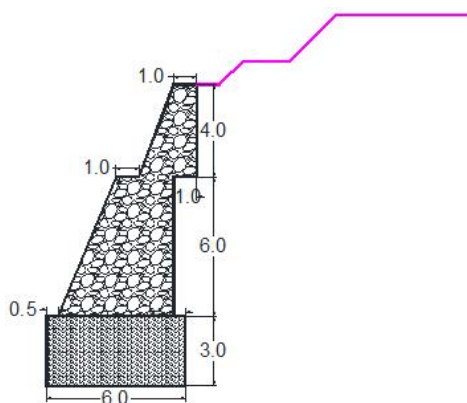
某超高重力式挡土墙设计验算

使用软件：GEO5「重力式挡土墙设计」

工程概况：

传统的重力式挡土墙很少用于坡高大于 8m 的地段，但在某些特殊场地条件下，采用超高重力式挡土墙依然能得到很好的支护效果和经济效益。本文采用 GEO5「重力式挡土墙设计」模块对陕西某沙坑回填工程的重力式挡土墙设计进行了分析验算，验算结果表明，在此场地条件下采用的超高重力式挡土墙取得了很好的支挡效果。

设计采用的超高重力式挡土墙由两级重力式挡土墙组合而成，其中一级挡土墙高 6m，墙顶宽 2.5m；二级挡土墙高 4m，墙底宽 2.5m，墙顶宽 1m；基础宽度为 6m，高度为 3m。挡土墙设计结构如下图所示。



挡土墙结构示意图

挡土墙墙身采用浆砌片石砌体结构，砌体类型为干砌勾缝石砌体，砌体的强度等级为 M30，砂浆强度等级为 M5。挡墙基础为条形基础，基础材料为经过压密处理级配良好的砾石。岩土参数请参照下表：


岩土参数表

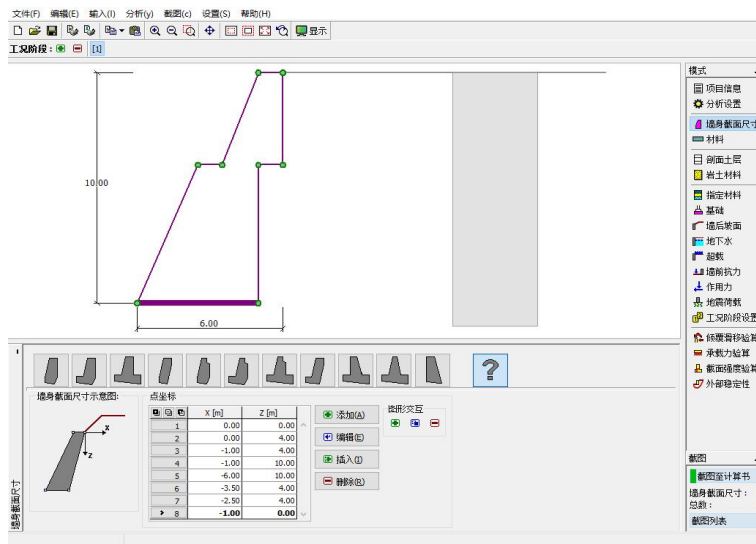
土层	重度 γ (kN/m ³)	内摩擦角 φ (°)	黏聚力 c (kPa)	墙背和土体间摩擦角 δ (°)
填土	20.5	35	0	15
砾石层	20.0	35.5	0	15
基础	21.0	41.5	0	20

挡土墙墙后一级坡顶分布有均布条形荷载，荷载大小为 10kN/m²，条形荷载宽度为 2m。同时考虑地震荷载作用，抗震设防烈度为 7 度，地震加速度大小为 0.15g。

设计验算流程:


在「墙身截面尺寸」设置界面中设置挡土墙类型和墙身截面尺寸参数, 选择最后的 ,

可以自定义挡墙截面形状, 点击  按钮, 分别输入挡土墙各拐点的坐标 (0, 4)、(-1, 4)、(-1, 10)、(-6, 10)、(-3.5, 4)、(-2.5, 4)、(-1, 0), 这样软件便自动生成了设计所需要的挡墙截面形状和截面尺寸。



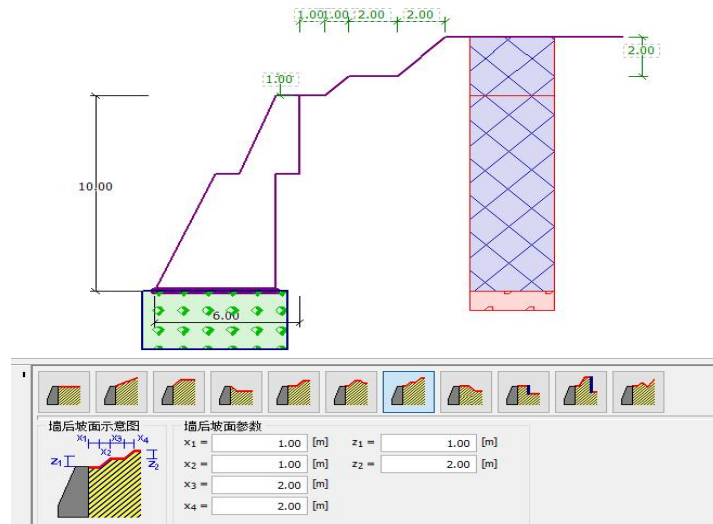
墙身截面尺寸设置

在「材料」设置界面中设置挡土墙墙体材料, 注意结构材料选择为「圬工砌体」, 砌体单位类型为「干砌勾缝石砌体」, 墙身重度为 22kN/m³。

在「剖面土层」设置界面中设置土层深度, 填土的埋置深度为 10m。在「岩土材料」设置界面中设置岩土层材料, 点击  按钮, 在弹出的设置面板中添加填土、砾石和基础材料, 材料具体参数请参照上表。在「指定材料」设置界面中将刚刚添加的岩土材料指定给对应的土层。

在「基础」设置界面中选择基础类型为「条形基础」, 材料为「岩土体」, 指定材料选择为「基础材料」, 基础厚度设置为 3m, 左侧和右侧偏移均设置为 0.5m。

在「墙后坡面」设置界面中选择第七个坡面类型, 墙后坡面参数请参照下图。



墙后坡面设置

在「超载」设置界面添加条形超载，作用类型选择「永久作用」，位置选择「坡面」，起点 x 和长度 l 均设置为 2m，超载大小中输入 10kN/m²。

在工况栏中软件默认添加了一个工况，这里我们还需要分析地震荷载作用下的工况，点击 **工况阶段** 中的加号再增加一个工况。点击工况[1]，在「工况阶段设置」界面中选择「持久设计工况」；点击工况[2]，在「地震荷载」设置界面中勾选「地震荷载分析」，抗震设防烈度选择为 7 度（0.15g），同时在「工况阶段设置」界面中选择「地震设计状况」。这样所有的参数就设置完成了。

验算结果分析：

分别在持久设计工况和地震设计工况中对挡土墙进行倾覆滑移验算、承载力验算、截面强度验算及外部稳定性验算。在「承载力验算」界面中选择「输入修正后的地基承载力特征值」，修正后的地基承载力特征值设置为 300kPa，容许偏心率选择为「按偏心率验算」。在「截面强度验算」界面中设置需要验算的施工缝深度，这里需要验算的截面深度为 10m，勾选「不考虑圬工砌体的抗拉强度」。验算结果表明，两种设计工况下挡土墙倾覆滑移稳定性、承载力、截面强度及外部稳定性均满足设计要求。

重庆某公路边坡石笼挡土墙支护工程

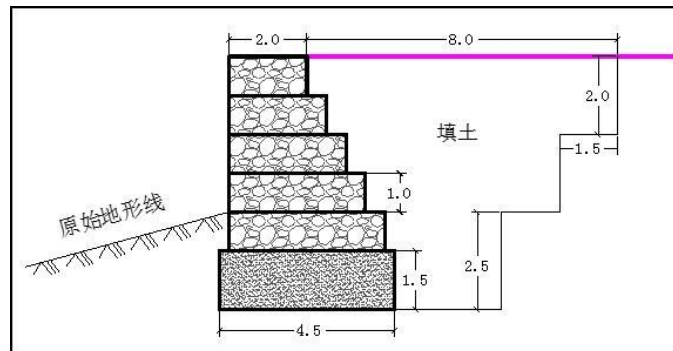
使用软件：GEO5「石笼挡土墙设计」

工程概况：

该工程为重庆某山区公路边坡工程，通过分析工程地质条件，结合勘察报告，确定采用石笼挡土墙对其进行支护。

工程参数：

设计采用石笼挡土墙墙高 5m，顶宽 2m，墙面铅直，单个笼体高度 1m，每级加宽 0.5 m，墙底采用 1.5 m 砂砾石换填表土。挡土墙设计结构如下图所示。



挡土墙结构示意图

石笼挡土墙墙身钢筋笼内填充碎石，可就地取材，钢筋笼参数见表 1；挡墙基础为条形基础，基础材料为透水性好的砂砾石。具体的岩土参数请参照表 2。

表 1 钢筋笼参数

上下网箱连接处钢丝抗拉强度 R_t (kN/m)	隔断间距 v (m)	边丝抗拉强度 R_s (kN/m)
40.0	1.0	40.0

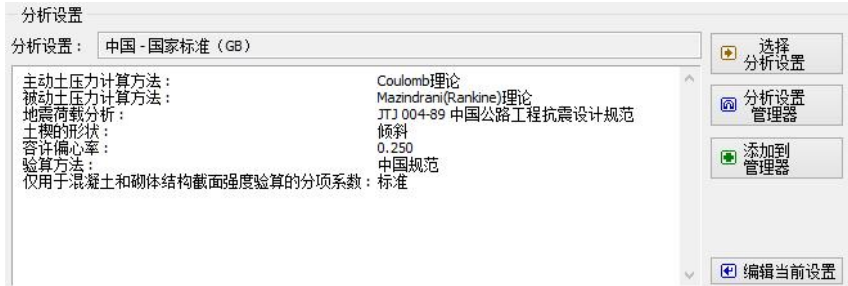
表 2 岩土参数表

	重度 γ (kN/m ³)	内摩擦角 φ (°)	黏聚力 c (kPa)	墙背和土体间摩擦角 δ (°)
钢筋笼内碎石	17.0	35.0	0	-
填土	19.0	30.0	5.0	16
基础	20.0	35.0	0	18
原始地层	22.0	25.0	10.0	12

石笼挡土墙墙后路面的车辆荷载可以用均布超载模拟，荷载大小为 20kN/m²。

工程计算:

运行 GEO5 石笼挡土墙设计模块, 采用的分析设置如下图:



1) 倾覆滑移验算:

倾覆滑移验算:	添加(A)	删除(D)	[1]	详细结果			
作用力	A	B	C	D	E	F	系数
作用力	作用力	F _x [kN/m]	F _z [kN/m]	作用点 x [m]	作用点 z [m]		
1	墙体自重	0.00	255.00	1.58	-2.17	1.000	
2	墙前抗力	5.49	0.00	0.00	-0.33	1.000	
3	土楔自重	0.00	4.11	3.67	-1.29	1.000	
4	土楔自重	0.00	4.11	3.17	-2.29	1.000	
5	土楔自重	0.00	4.11	2.67	-3.29	1.000	
6	土楔自重	0.00	4.11	2.17	-4.29	1.000	
7	主动土压力	-60.44	72.23	3.43	-1.63	1.000	
8	车辆超载	-31.23	42.54	3.03	-2.49	1.000	

倾覆滑移验算

倾覆稳定性验算: **满足要求** (33.7%)

滑移稳定性验算: **满足要求** (41.4%)

倾覆滑移稳定性验算

倾覆稳定性验算

抗倾覆力矩 $M_{res} = 828.28 \text{ kNm/m}$

倾覆力矩 $M_{Ovr} = 174.31 \text{ kNm/m}$

安全系数 = 4.75 > 1.60

倾覆稳定性验算 **满足要求**

滑移稳定性验算

抗滑力(平行基底) $H_{res} = 270.44 \text{ kN/m}$

滑动力(平行基底) $H_{act} = 86.18 \text{ kN/m}$

安全系数 = 3.14 > 1.30

滑移稳定性验算 **满足要求**

倾覆滑移验算 **满足要求**

2) 地基承载力验算

作用在基底中心的荷载设计值

编号	弯矩 [kNm/m]	轴力 [kN/m]	剪力 [kN/m]	偏心距验算 [-]
1	118.48	386.22	86.18	0.077

作用在基底中心的荷载标准值

编号	弯矩 [kNm/m]	轴力 [kN/m]	剪力 [kN/m]
1	118.48	386.22	86.18

地基承载力验算

偏心距验算

轴力的最大偏心率 $e = 0.077$
 允许偏心率最大值 $e_{allow} = 0.250$

轴力偏心距验算 满足要求

地基承载力验算

地基承载力 $f_a = 200.00$ kPa
 基底平均应力 $P_k = 96.56$ kPa
 地基承载力 $1.2f_a = 240.00$ kPa
 基底最大应力 $P_{k,max} = 140.99$ kPa
 基底最小应力 $P_{k,min} = 52.13$ kPa

地基承载力 满足要求

地基承载力整体验算 满足要求

3) 截面强度验算

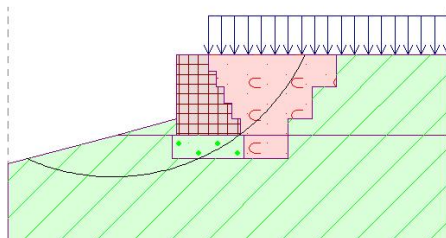
截面强度验算: 添加(A) 删除(B) [1] 详细结果

编号	作用力	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	作用力点		系数
				x [m]	z [m]	
1	墙体自重	0.00	187.00	1.43	-1.77	1.000
2	土楔自重	0.00	4.11	3.17	-1.29	1.000
3	土楔自重	0.00	4.11	2.67	-2.29	1.000
4	土楔自重	0.00	4.11	2.17	-3.29	1.000
5	主动土压力	-35.66	39.56	3.09	-1.30	1.000
6	车辆超载	-24.68	32.32	2.78	-1.98	1.000

自动验算
 连接处下部网箱编号: 1

截面强度验算:
 倾覆稳定性验算: 满足要求 (29.7%)
 滑移稳定性验算: 满足要求 (41.3%)
 边丝承载力验算: 满足要求 (63.1%)
 网箱连接处承载力验算: 满足要求 (63.1%)

4) 外部稳定性验算



分析: 开始分析(A) 滑动面: 圆弧 重新输入 删除 转为折线滑动面

圆心: $x = -5.97$ [m], $z = 5.68$ [m], 半径: $R = 13.30$ [m]
 角度: $\alpha_1 = -23.73$ [°], $\alpha_2 = 64.72$ [°]

分析方法: 毕肖普法(Bishop)
 分析类型: 自动搜索
 搜索区域: 并输入
 假定锚杆无限长

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))
 作用在土楔上的总力: $F_a = 447.46$ kN/m
 作用在土楔上的总力: $F_p = 809.79$ kN/m
 下滑力矩: $M_d = 5951.28$ kNm/m
 抗滑力矩: $M_r = 10770.21$ kNm/m
 安全系数 = 1.81 > 1.35
 边坡稳定性 满足要求

结论:

运用 GEOS 「石笼挡土墙设计模块」对重庆某公路边坡工程进行了分析和计算, 为设计方案的可行性提供了依据, 并得到了业主的认可。

某垃圾坝的稳定性分析计算

使用软件：GEO5「重力式挡土墙设计」、「土质边坡稳定分析」

设计依据：

目前垃圾坝设计主要依据《生活垃圾卫生填埋技术规范》及《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》，同时参考现行水工行业结构设计等规范，如《碾压式土石坝设计规范》、《水工挡土墙设计规范》等。

垃圾坝设计标准：

	天然工况	地震工况	暴雨工况
抗倾覆稳定系数	1.5	1.4	1.4
抗滑移稳定系数	1.3	1.15	1.15
边坡稳定性系数	1.35	1.15	1.3

由于下游存在生产设备及生活管理区，垃圾坝失事将对生产设备和生活管理区带来严重损失，因此垃圾坝体建筑级别为 I 级。（安全系数取值来自于《生活垃圾卫生填埋技术规范》）

垃圾土参数：

垃圾容重： $\gamma = 13.5 + 0.1(H - 30) = 13.5 + 0.4 = 13.9$

该公式来自于《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》，天然容重取 13.9 kN/m³，饱和容重取 15kN/m³。

垃圾抗剪强度指标参考值

垃圾类型	内摩擦角 $\phi / (^{\circ})$	粘聚力 c' / kPa
浅层垃圾(埋深小于 10 m)	12 ~ 25	15 ~ 30
深层垃圾(埋深大于 10 m)	25 ~ 33	0 ~ 10

本工程坝前垃圾埋深约为 12m，根据填埋工艺要求，垃圾土压实程度为中等，工程内摩擦角及粘聚力取较低值。

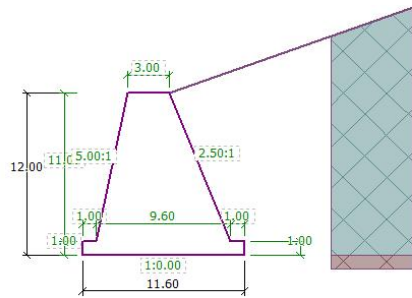
	容重 (kN/m ³)	内摩擦角 $\phi (^{\circ})$	粘聚力 c (kPa)
天然工况	13.9	27	3
暴雨工况	15	26	2

土工材料界面强度取值：

土工材料界面强度指标 ϕ 、 c 根据《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》取值。稳定分析时，复合衬垫系统中土工材料强度指标取值宜符合下列要求：库区基底坡度大于 10° 区域采用残余强度指标，库区基底坡度小于 10° 区域采用其峰值强度指标。本填埋场土工材料界面为粗糙土工膜/GCL，故库区基底坡度大于 10° 区域取界面强度指标为：天然工况：

内摩擦角 ϕ 取 9° ，黏聚力 c 取 0kPa ；饱和工况：内摩擦角 ϕ 取 8° ，黏聚力 c 取 0kPa ；库区基底坡度小于 10° 区域取界面强度指标为：天然工况：内摩擦角 ϕ 取 22° ，黏聚力 c 取 0kPa ；饱和工况：内摩擦角 ϕ 取 21° ，黏聚力 c 取 0kPa 。

垃圾坝设计及验算：

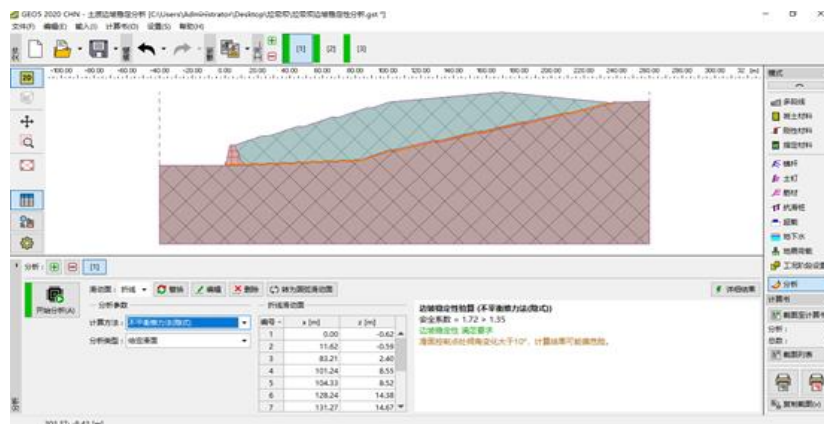


垃圾坝尺寸图

垃圾坝的主要作用在于维持垃圾堆体的稳定，因此垃圾土压力是垃圾坝最主要的荷载。目前一般采用传递系数法分析垃圾堆体边坡稳定性，如垃圾堆体满足自身稳定要求，则选取主动土压力作为垃圾坝计算外荷载；如垃圾堆体不满足自身稳定要求，则需比较剩余下滑力与主动土压力之间的大小，如剩余下滑力小于主动土压力，则选取主动土压力作为垃圾坝计算外荷载，反之则选取剩余下滑力作为垃圾坝计算外荷载。本案例采用主动土压力验算坝体的倾覆、滑移稳定性。GEO5 对垃圾坝进行计算，分为三个工况，工况 1 为天然工况，工况 2 地震工况，工况 3 为暴雨工况。

垃圾堆体边坡稳定性计算：

本项目填埋场堆体的变形破坏主要是沿土工材料界面的滑动破坏，因此计算时按图示折线滑面计算垃圾堆体边坡的稳定性。

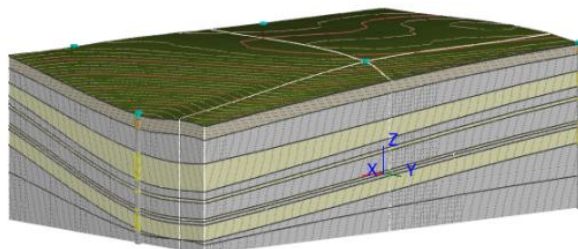


GEO5 边坡稳定性分三个工况进行验算，工况 1 为天然工况，设计安全系数取 1.35；工况 2 为地震工况，设计安全系数取 1.15；工况 3 为暴雨工况，设计安全系数取 1.3。

三维地质建模与稳定性分析

使用软件：GEO5「三维地质建模模块」、「土质边坡稳定性分析」

设计方案：依据钻孔数据，创建三维地质模型，剖面进行二维稳定性分析。



软件优势：

- 1、简单的地质模型可由钻孔和原位测试数据自动创建。
- 2、创建的地质剖面，可任意提取二维剖面，进行分析。

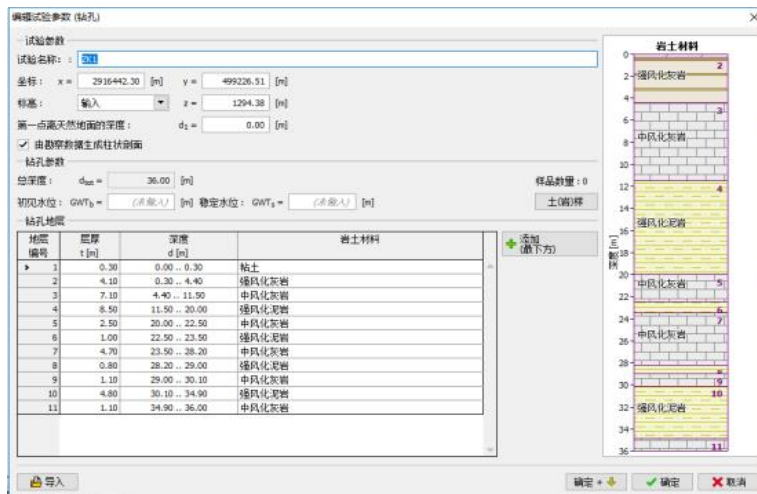
过程与结果：

1) 在「三维地质建模」模块，设置岩土材料

编号	岩土材料名称
▶ 1	粘土
2	强风化灰岩
3	中风化灰岩
4	强风化泥岩

2) 在「三维地质建模」模块，输入勘察数据

编号	试验名称:	试验类型	x [m]	y [m]	z [m]	第一点的深度 d ₁ [m]	深度 d _{tot} [m]	试验状态
▶ 1	ZK1	钻孔	2916442.30	499226.51	1294.38	0.00	36.00	创建柱状剖面
2	ZK2	钻孔	2916416.56	499165.73	1305.18	0.00	35.20	创建柱状剖面
3	ZK3	钻孔	2916369.34	499245.14	1305.18	0.00	40.00	创建柱状剖面
4	ZK4	钻孔	2916344.49	499168.00	1305.18	0.00	40.00	创建柱状剖面
5	ZK5	钻孔	2916295.79	499257.17	1305.18	0.00	40.00	创建柱状剖面

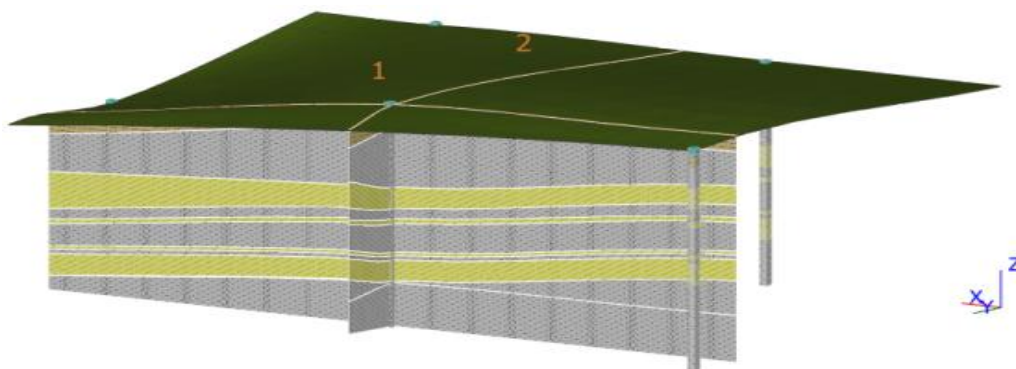


3) 在「三维地质建模」模块，选定层序控制孔，生成地质模型

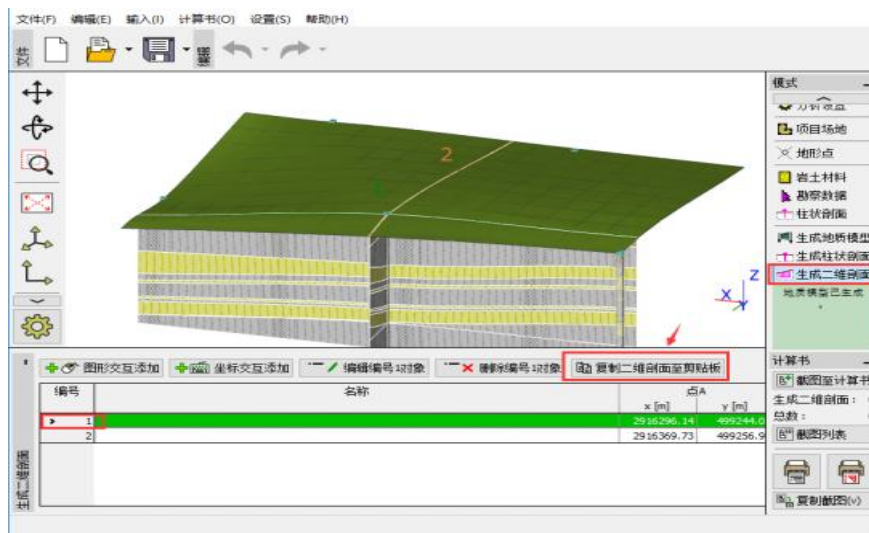
编号	名称	层序控制	激活	状态	位置			地下水深度 h _{gw} [m]
					x [m]	y [m]	z [m]	
1	ZK1	○	☑	原始	2916442.30	499226.51	1294.38	
2	ZK2	⊙	☑	原始	2916416.56	499165.73	1305.18	
3	ZK3	○	☑	原始	2916369.34	499245.14	1305.18	
4	ZK4	○	☑	原始	2916344.49	499168.00	1305.18	
5	ZK5	○	☑	原始	2916295.79	499257.17	1305.18	

注：钻孔数据并不复杂无需特殊处理。

4) 在「三维地质建模模块」模块，「生成二维剖面」界面，新增二维剖面，如果选择剖面建模，此处列表中自动存有剖面信息，可以直接进行下一步复制。

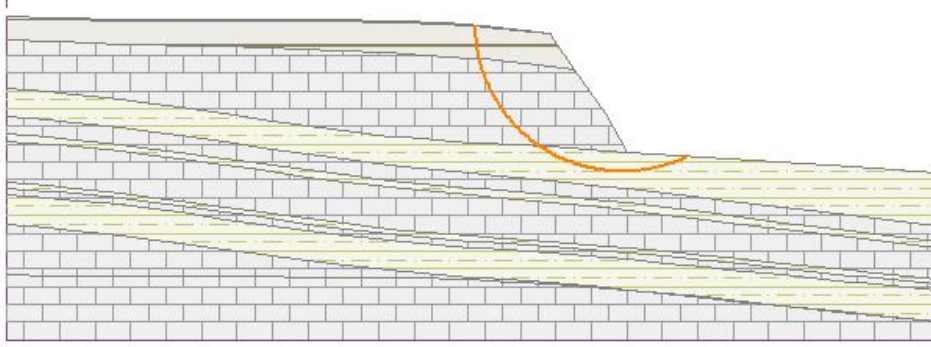


5) 在「三维地质建模模块」模块，复制二维剖面信息，点击「复制二维剖面粘贴到剪切板」



6) 利用「土质边坡稳定性分析」模块进行稳定性分析

打开「土质边坡稳定性分析」模块，点击「编辑」-->「粘贴数据 (p)」，弹出的对话框中的数据全部勾选，最后点击确认。在三维地质建模模块，岩土材料参数已输入，所以土坡模块无需再补充参数，直接点击分析即可。我们可以通过新增工况 2 来模拟填挖方或者计算不同工况（地震工况等。）



山体滑坡三维地质建模

使用软件：GEO5「三维地质建模」、「土质边坡稳定分析」

本文以某山体滑坡为例，介绍如何利用 GEO5 软件实现从地质模型到岩土模型，再到分析设计的整个岩土工程设计流程。

1) 整体地质环境的判断

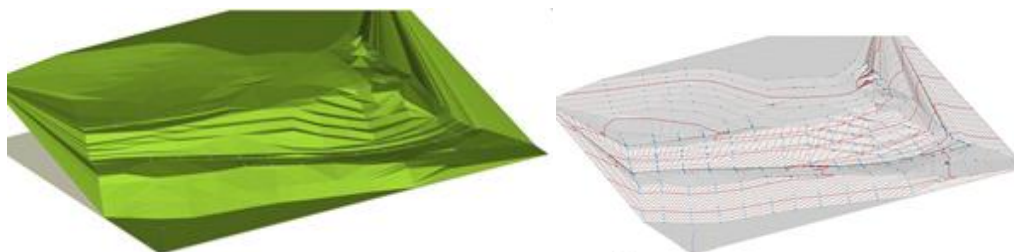


受山体滑坡威胁的道路（印度，喜马拉雅斯）

山体岩土组成：上层为层厚不规则的厚黄土层，下部为冲击扇，粘结程度较差，工程地质条件差，遇水易发生破坏。

2) 根据地形点构造三维地形面

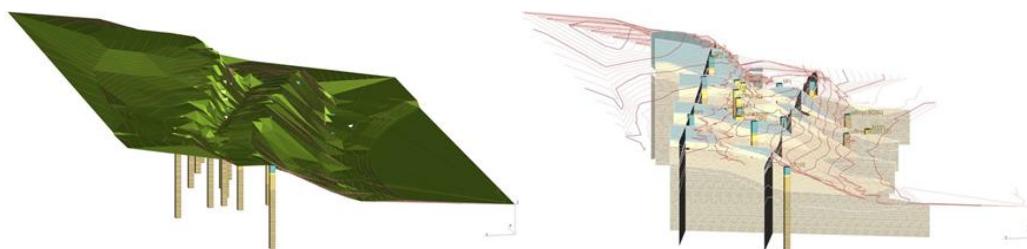
在三维地质建模“地形点”选项中导入地形点数据，软件根据数据信息生成地形模型。



三维地形面

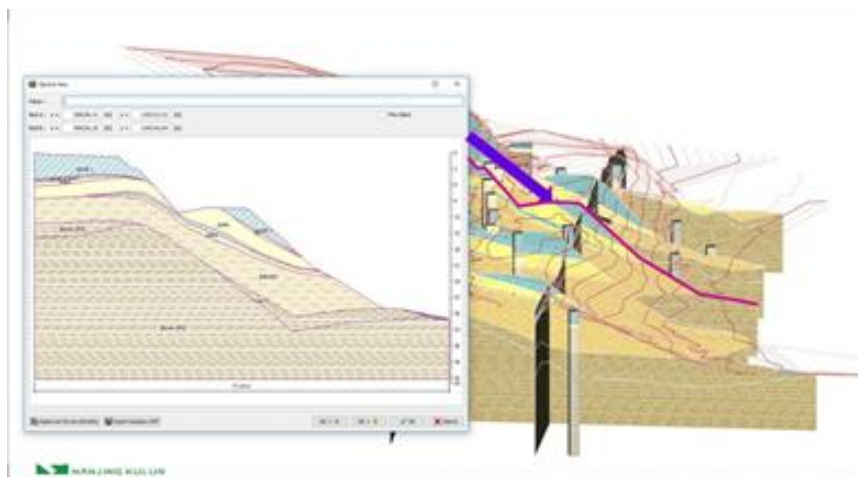
3) 输入地质调查数据生成三维地质模型

在生成的三维地形模型基础上，输入相应的地质调查信息和试验数据，软件根据信息进行岩土层的划分，生成三维地质模型。



带勘察信息的三维地质模型

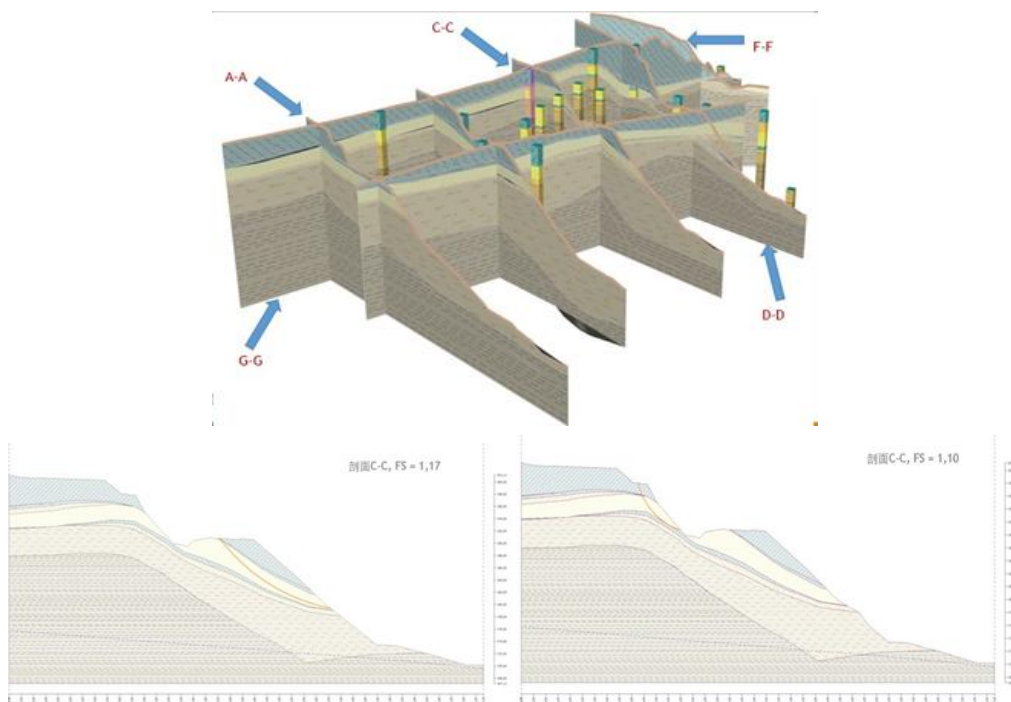
4) 在生成的三维地质模型中选取剖面进行稳定性分析



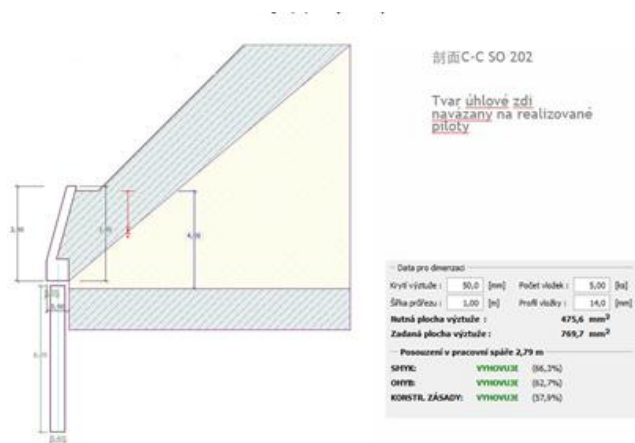
在三维地质模型上选取劣势位置切割直接生成二维剖面

5) 边坡稳定性分析

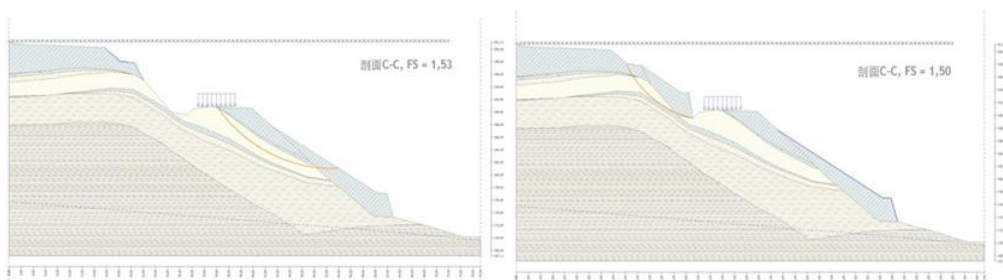
借助 GEOS 软件的灵活性，在三维地质建模模块中直接调用边坡稳定性分析模块，对截取的二维剖面进行稳定性分析（A-A，C-C，D-D，F-F，G-G），此处以较为复杂的剖面 C-C 为例进行介绍。



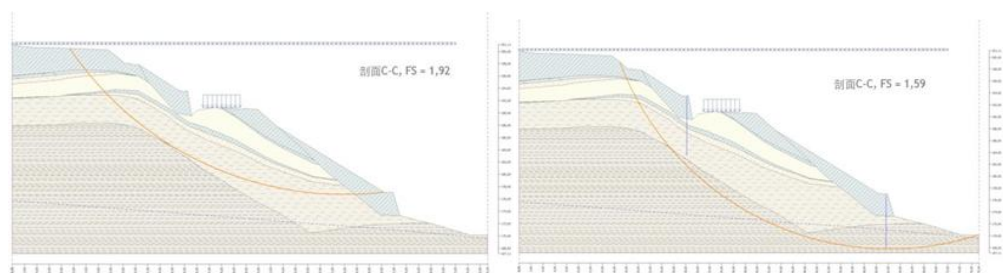
局部稳定性分析（不满足要求）



支护形式设计 (挡土墙+回填)



支护后局部稳定性分析 (满足要求)



整体稳定性分析 (满足要求)

江西某输电线路输电塔基础设计


使用软件: GEO5「扩展基础设计」

工程概况:

该工程为江西某输电线路输电塔基础进行了设计, 本文选取 K82+890 处剖面为例。

工程参数:

1) 岩土材料基本参数

编号	名称	图例	φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	砂土		29.00	6.00	18.50

2) 基础

基础类型: 方柱下独基

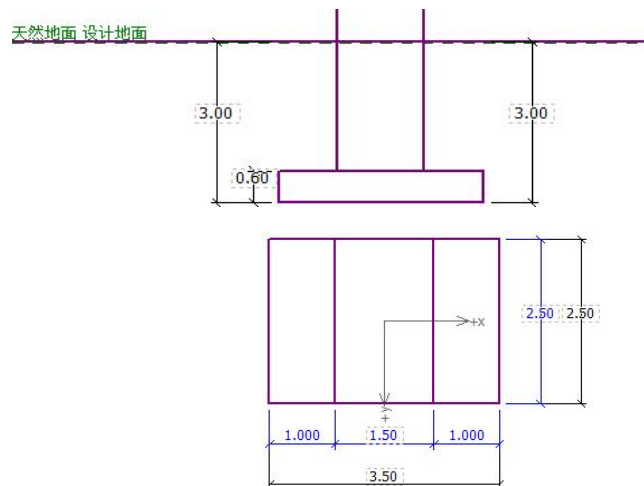
基底距天然地面深度: 3.0m, 基础底部深度: 3.0m, 基础厚度: 0.6m

设计地面倾角: 0°, 基底倾角: 0°, 基础上的土重度: 18.5 kN/m³

尺寸:

扩展基础长度: 3.5m, 扩展基础宽度: 2.5m

X 方向柱的宽度: 1.5m, Y 方下柱的宽度: 2.5m



荷载:

编号	荷载		名称	类型	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	新建	修改							
1	是		上拔力	设计值	-98.00	0.00	-287.00	154.00	0.00
2	是		下压力	设计值	143.00	0.00	-567.00	123.00	0.00

工程计算:

混凝土结构设计: 中国规范 GB 50010-2010 (混凝土结构设计)

排水条件分析: 中国规范 GB50007-2011 (建筑地基基础设计规范)

上拔稳定性分析: 土重法 (中国规范 DL/T 5219-2005) (架空送电线路基础设计技术规定)

验算:

1) 承载力验算

验算分析 1: 下压力

扩展基础地基承载力验算
分析编号 2. (下压力)荷载工况
竖向承载力验算
基底/基顶应力分布: 矩形分布

地基承载力 $f_a = 364.49 \text{ kPa}$
基底平均应力 $P_k = 150.34 \text{ kPa}$
地基承载力 $1.2f_a = 437.39 \text{ kPa}$
基底最大应力 $P_{k,max} = 300.68 \text{ kPa}$
基底最小应力 $P_{k,min} = 0.00 \text{ kPa}$
竖向承载力验算 满足要求

验算分析 2: 上拔力

扩展基础地基承载力验算
分析编号 1. (上拔力)荷载工况
竖向承载力验算 - 受压基础
基底/基顶应力分布: 矩形分布

地基承载力 $f_a = 349.97 \text{ kPa}$
基底平均应力 $P_k = 163.29 \text{ kPa}$
地基承载力 $1.2f_a = 419.96 \text{ kPa}$
基底最大应力 $P_{k,max} = 326.58 \text{ kPa}$
基底最小应力 $P_{k,min} = 0.00 \text{ kPa}$
竖向承载力验算 - 受压基础 满足要求

竖向承载力验算 - 受拉基础
拉力最大值 $N_{t,max} = 98.00 \text{ kN}$
上拔承载力 $R_t = 825.55 \text{ kN}$

安全系数 = 8.42 > 1.60
竖向承载力验算 - 受拉基础 满足要求

水平承载力验算
水平承载力特征值 $R_{dh} = 180.26 \text{ kN}$
水平荷载最大值 $H = 0.00 \text{ kN}$

安全系数 = 1000.00 > 1.30
水平承载力验算 满足要求

2) 截面强度验算

x轴方向基础纵筋验算

底部配筋

钢筋直径 = 16.0 mm
钢筋数量 = 18
钢筋保护层厚度 = 40.0 mm
截面宽度 = 2.50 m
截面高度 = 0.60 m
配筋率 $\rho = 0.26 \% > 0.20 \% = \rho_{min}$
中性轴位置 $x = 0.05 \text{ m} < 0.29 \text{ m} = \xi_b h_0$
截面受弯承载力设计值 $M_u = 695.54 \text{ kNm} > 209.58 \text{ kNm} = M$
截面强度验算满足要求。

上部配筋

钢筋直径 = 16.0 mm
钢筋数量 = 14
钢筋保护层厚度 = 40.0 mm
配筋率 $\rho = 0.20 \% > 0.20 \% = \rho_{min}$
中性轴位置 $x = 0.04 \text{ m} < 0.29 \text{ m} = \xi_b h_0$
截面受弯承载力设计值 $M_u = 545.07 \text{ kNm} > 48.96 \text{ kNm} = M$
截面强度验算满足要求。

印尼某电厂扩建工程



使用软件：GEO5「单桩设计」

工程概况：

该工程为印尼某电厂扩建工程。工程要求采用美国标准进行设计，对扩建工程中涉及到的桩基进行了设计。这里以设计剖面 B-B 处桩基为例。

工程参数：

1) 岩土材料基本参数

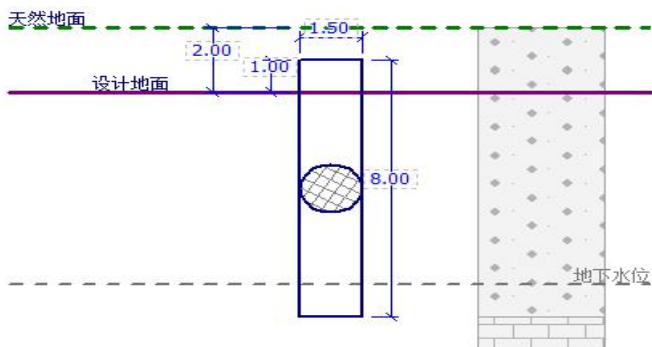
编号	名称	图例	γ [kN/m ³]	ν [-]	E_{sed} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ_{ef} [°]
1	岩土材料 1		19.00	0.30	24.00	19.00	26.00
2	岩土材料 2		20.00	0.21	1220.00	19.00	32.00

安全系数	
持久设计状况	
承压桩安全系数	$SF_{\text{cp}} = 2.00$ [-]
抗拔桩安全系数	$SF_{\text{tp}} = 3.00$ [-]

2) 桩身尺寸

尺寸：直径：d=1.50m，长度：l=8.00m

位置：离设计地面高度：h=1.00m，设计地面离天然地面高度：hz=2.00m



3) 地下水

离天然地面深度为 8 米。

工程计算：

运行 GEO5 单桩设计模块（2017），采用的分析设置为：美国—LRFD 2012。该分析设置所采用的规范为：

1) 材料和规范：

混凝土结构设计：美国规范 ACI318-11

2) 单桩设计：

排水条件分析：美国规范 NAVFAC DM 7.2

荷载沉降曲线：线性理论(Poulos 法)

水平承载力：弹性地基土 (p-y 法)

验算方法：安全系数法 (ASD)

3) 竖向承载力验算

承载力验算：依据美国规范NAVFAC DM 7.2
自动选择最不利荷载工况分析
临界深度确定系数 $k_{dc} = 1.00$

抗压桩的验算：
最不利设计值荷载工况编号 1. (荷载 1)

桩侧承载力 $R_s = 348.09 \text{ kN}$
桩端承载力 $R_b = 3043.03 \text{ kN}$

单桩承载力 $R_c = 3391.12 \text{ kN}$
极限竖向荷载 $V_d = 1200.00 \text{ kN}$

安全系数 = 2.83 > 2.00

单桩竖向承载力 满足要求

4) 沉降计算

荷载沉降曲线分析-结果

桩身摩阻力全部发挥所需的桩顶荷载 $R_{yu} = 431.13 \text{ kN}$
在桩顶竖向荷载 R_{yu} 作用下桩顶沉降值 $s_y = 3.8 \text{ mm}$
总阻力(桩侧摩阻力与桩端阻力之和) $R_c = 882.91 \text{ kN}$
最大桩顶沉降值 $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$



5) 水平承载力计算

桩身内力和水平位移的最大值:

桩顶水平位移 = -19.3 mm
桩身水平位移最大值 = 19.3 mm
剪力最大值 = 120.00 kN
弯矩最大值 = 288.45 kNm

截面配筋:

钢筋数量 16 钢筋型号 14; 保护层厚度 30.0 mm
结构类型 (配筋率): 按柱计算

配筋率 $\rho = 1.315 \% > 1.000 \% = \rho_{\min}$

桩顶竖向荷载: $P_u = -1200.00$ kN (受压); $M_u = 288.45$ kNm

承载力: $\phi P_n = -15666.60$ kN; $\phi M_n = 3765.82$ kNm

桩配筋设计 满足要求

剪力筋验算:

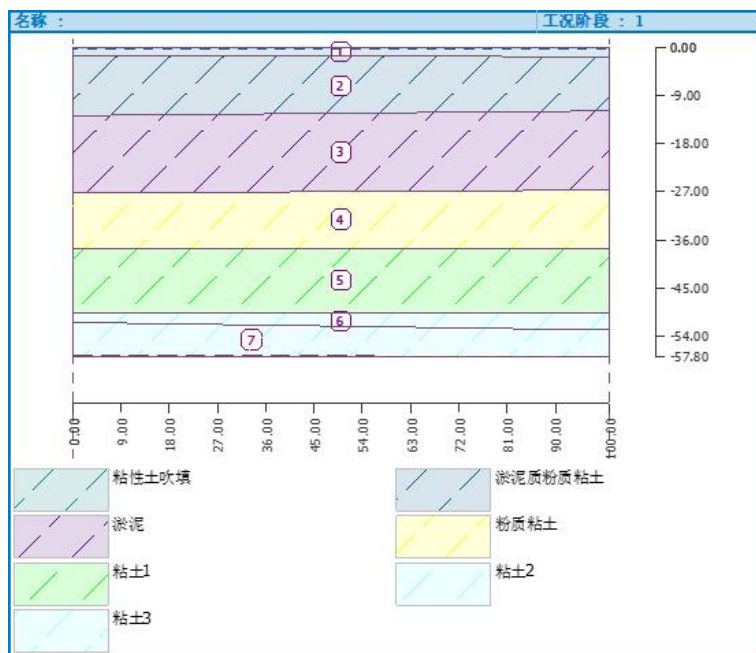
截面受剪承载力设计值: $\phi V_n = 1041.40$ kN > 120.00 kN = V_u

截面强度验算满足要求。

浙江某软土地基固结沉降分析

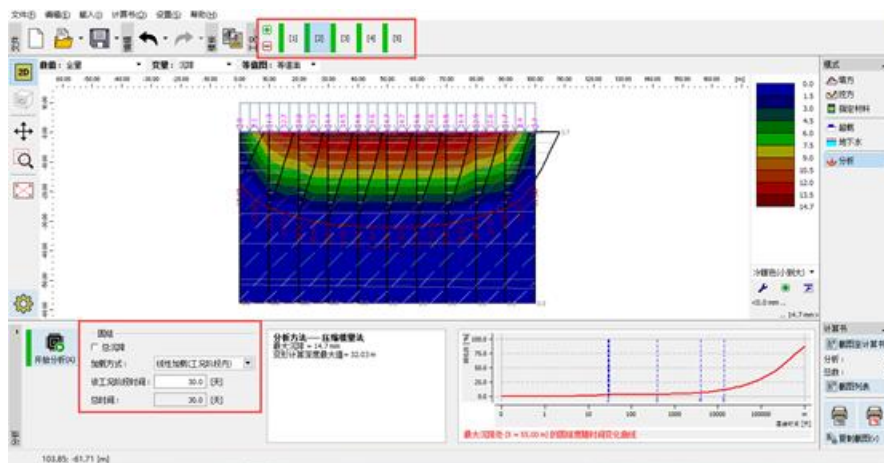
使用软件：GEO5「地基固结沉降分析」

设计方案：超载作用下的软土地基固结沉降，岩土材料从上之下分别为粘性土吹填、淤泥质粉质粘土、淤泥、粉质粘土、黏土 1、黏土 2 和黏土 3。



项目特点：土体性质差、地下水位高。

软件优势：GEO5「地基固结沉降分析」模块可以考虑通过多工况查看不同时间内的固结情况。

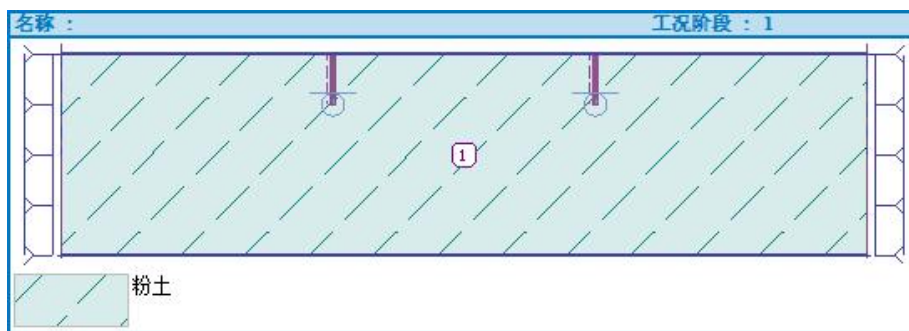


某项目降水分析

使用软件： GEO5「岩土工程有限元分析」

设计方案： 放置两个降水井，岩土材料为粉土。

项目背景：



项目特点： 此项目所在地位于国外，但由国内某著名设计院设计。

软件优势： GEO5「岩土工程有限元分析」渗流分析能简单快速的计算出渗流结果，软件同时支持 18 种语言与计算书，可直接中文界面下设计，计算书可选择合适的语言，无需人工翻译。

过程：

项目参数	
项目类型：	平面应变分析
分析类型：	稳定流

接触面：

编号	位置	渗透性
1	编号 5 网格线	dn = 700.0 mm, kN = 5.00E+04 m/天, ks = 5.00E+04 m/天
2	编号 6 网格线	dn = 700.0 mm, kN = 5.00E+04 m/天, ks = 5.00E+04 m/天

点渗流边界：

编号	位置	渗流边界类型	参数
1	编号 6 网格点	孔隙水压力 - 水位坐标	z 水位 = 81.60 m
2	编号 8 网格点	孔隙水压力 - 水位坐标	z 水位 = 81.60 m

线渗流边界条件:

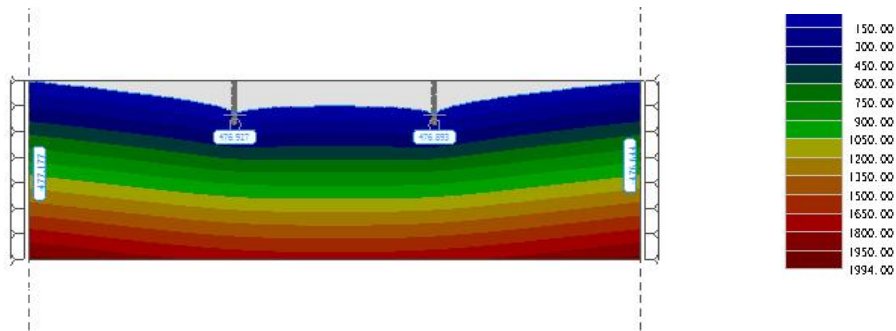
编号	线渗流边界条件		位置	边界条件类型	参数
	新	修改			
1	是		编号 1 网格线	孔隙水压力边界	z 水位 = 119.00 m
2	是		编号 2 网格线	不透水边界	
3	是		编号 3 网格线	孔隙水压力边界	z 水位 = 119.00 m
4	是		编号 4 网格线	不透水边界	
5	是		编号 7 网格线	不透水边界	
6	是		编号 8 网格线	不透水边界	

结果:

名称 : 分析

工况阶段 : 1

结果 : 全量; 变量 : 孔隙水压力 u 渗流; 范围 : <0.00; 1994.00> kPa

 ΣQ [m³/天/m]

计算总的流出量 /流入量:

位置	流入[m ³ /天/m]	流出边界[m ³ /天/m]
点渗流边界条件编号 1	476.927	
点渗流边界条件编号 2	476.893	
线渗流边界条件编号 1		-477.177
线渗流边界条件编号 3		-476.644
总数	953.820	-953.820

某地铁基坑非完整井降水项目

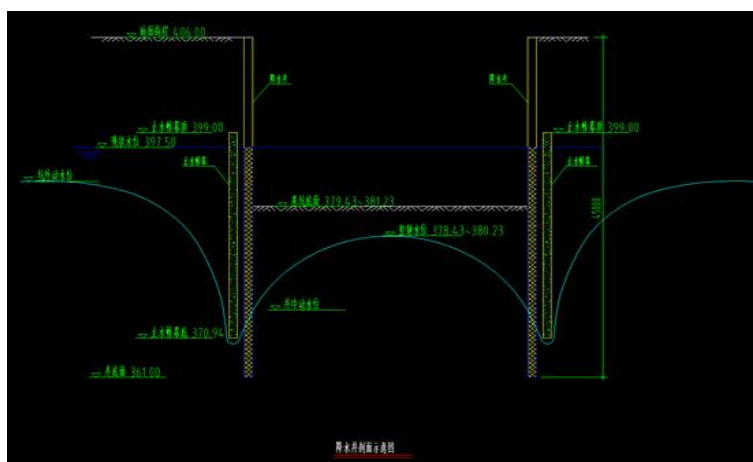
使用软件：GEO5「岩土工程有限元分析」

分析思路：

基坑采用帷幕内降水方案，非完整井，帷幕围到隔水层。主要模拟：

- 1) 当前降水模式下基坑的渗流情况和坑内外水位的变化情况。
- 2) 如果减少降水井的深度至帷幕深度以内，也就是降水井井深没有帷幕深度深的情况下的渗流情况和坑内外水位的变化情况。
- 3) 在满足基坑内最高水位在坑底以下 1m 情况下，降水井的最小降深。

通过对降水井设置点渗流边界条件，来分析基坑底部水位情况。利用车站主体围护结构 2-2 横剖面图的地层，建立模型，进行渗流分析。按降水井剖面图设置止水帷幕、抽水井等模型。基坑底一下水位线至少应降至标高 377m 以下，即离地面 29m。



参数说明：

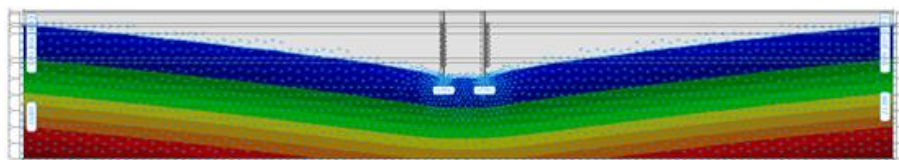
止水帷幕按 28m 长设置，基坑宽度按 27.2m 设置，降水井深按 45m 设置。

渗透系数

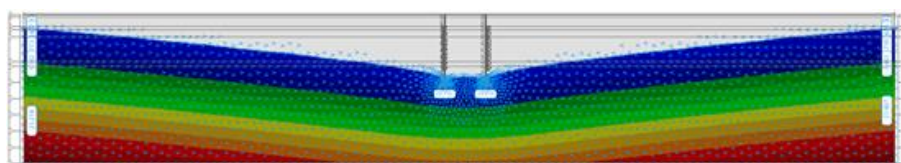
K (m/d)	土层					综合渗透系数
	3-1-1 新黄土	3-2-1、 3-2-2 古土壤	4-1-1、 4-1-2、 4-1-3 老黄土	4-2-1、 4-2-2 古土壤	4-4 粉质 黏土	
《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB50307-2012)	0.25~ 0.50	0.25~ 0.50	0.25~ 0.50	0.25~ 0.50	0.001~ 0.10	
经验值	5~10	5~10	3~8	3~8	3~8	
推荐值	8	6	5	4	5	6

分析结果:

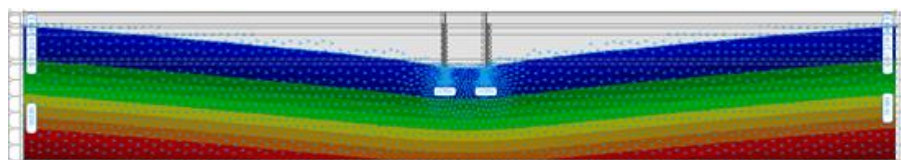
本次分析分四个工况进行分析，反向推算最小降深。工况 1 井点处将水头降至离地面 45m 处；工况 2 井点处将水头降至离地面 40m 处；工况 3 井点处将水头降至离地面 35m 处；工况 4 井点处将水头降至离地面 30m 处。由于最小降深需满足离地面 29m，故不再对 30m 之上降深进行分析。



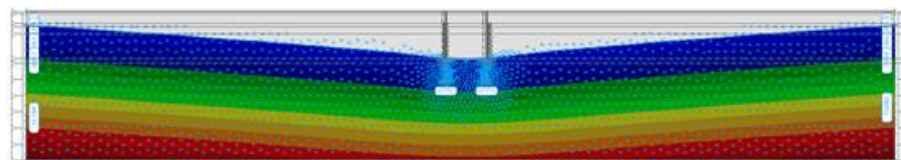
工况 1 分析结果图 (45m)



工况 2 分析结果图 (40m)



工况 3 分析结果图 (35m)



工况 4 分析结果图 (30m)

工况结果汇总表

	井点处水位离地面高度 (m)	井点涌水量 (m ³ /天/m)
工况 1	45	32.3
工况 2	40	30
工况 3	35	26.7
工况 4	30	22.5

结论:

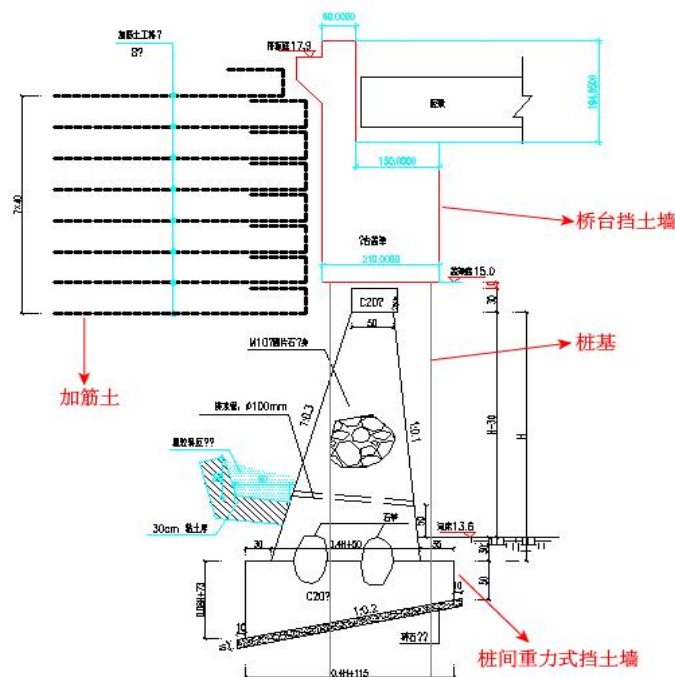
- 1、基坑渗流情况见矢量图，最终水位如上。详细信息见计算书。
- 2、降水井内的水位深度可以降，降水井的深度，根据抽水量等信息进行调整。降水井的水位深度可以降至离地面 30m，即高程 376m 的位置；此时单个井点，每延米一天的抽水量至少为 22.5m³。

江苏南京某市政桥梁工程

使用软件：GEO5「桥台挡土墙设计」、「重力式挡土墙设计」、「加筋土式挡土墙设计」、「土质边坡稳定分析」、「单桩设计」

基本信息：

该项目为南京某市政桥梁工程的一个复杂桥台设计。是一个典型的多模块联合使用解决复杂工程问题的案例。



整个桥台结构图

桥台置于桩基之上，桩基和桩基之间由重力式挡土墙将后方的土体挡住。重力式挡土墙后方土体上部是填土。为了防止填土对桥台产生推力，因此对填土进行加筋，以使填土作用在桥台上的主动土压力为零。

需要验算的内容有：桥台验算、桩基验算、重力式挡土墙验算、加筋土挡土墙验算、整体稳定性验算。下面介绍具体的设计与计算流程：

1) 桥台验算

验算采用「桥台挡土墙设计」模块进行。该案例的桥台验算非常简单，因为墙后填土没有土压力，主要验算一下桥台截面的抗压承载力。

2) 桩基验算

采用「单桩设计」模块进行验算。根据桥台挡土墙设计模块中计算得到的作用在桩基顶

部的作用力，在单桩设计模块中以荷载的方式输入桩基顶部的作用力即可。

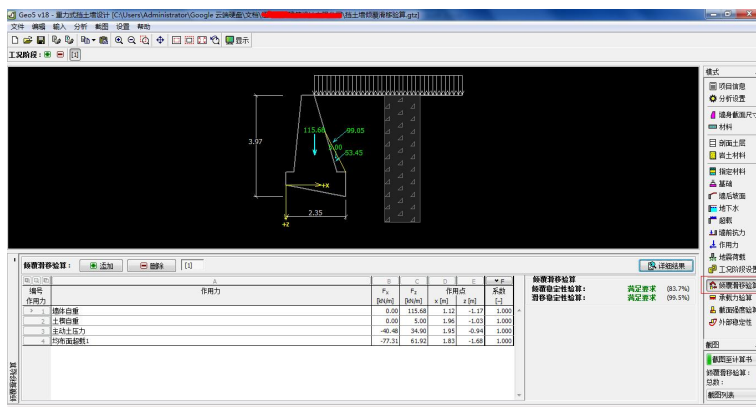
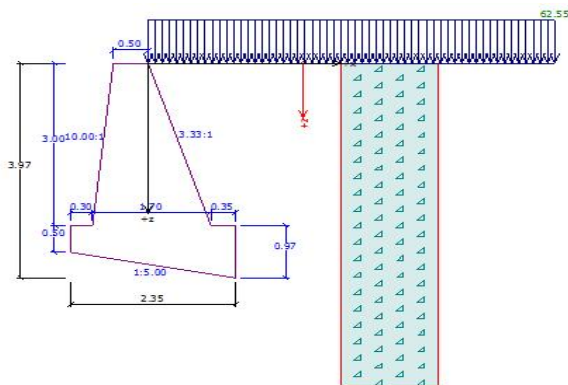
3) 重力式挡土墙验算

根据现场地质情况，墙后土体为填土，强度参数如下图，地基土经过处理，现场试验表明地基承载力为 280kPa。需要验的内容主要为重力式挡土墙的倾覆滑移稳定性、地基承载力和墙身截面承载力。

填土	
天然重度:	$\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
应力状态:	有效应力
内摩擦角:	$\varphi_{\text{有效}} = 35.00^\circ$
粘聚力:	$C_{\text{有效}} = 0.00 \text{ kPa}$
结构和土体间摩擦角:	$\delta = 0.00^\circ$
岩土材料:	无粘性土
饱和重度:	$\gamma_{\text{sat}} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

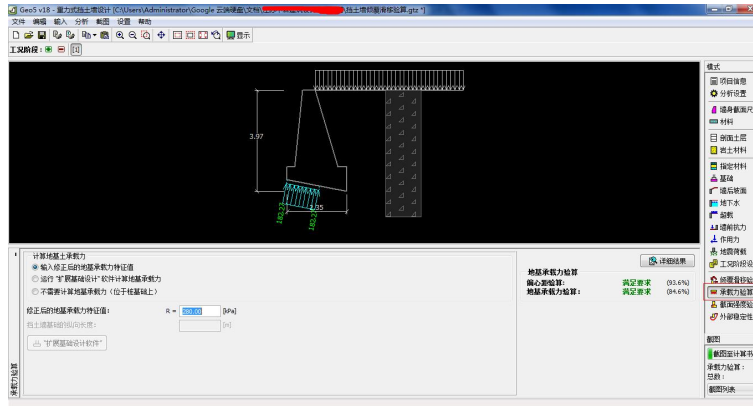
1、倾覆滑移稳定性验算

由于挡墙后方填土之上还有加筋土填土，因此将加筋土和加筋土上的路面换算为等效的超载作用在重力式挡土墙墙后坡面上。因此，墙后坡面的均布超载为： 2.9m 的填土和 0.45m 的路面= $18 \times 2.9 + 23 \times 0.45 = 63.55 \text{ kN/m}^2$ 。计算模型如下：



2、地基承载力验算

进入「承载力验算」界面，「输入修正后的地基承载力特征值」为 280kPa，得到基底偏心距和地基承载力均满足要求：

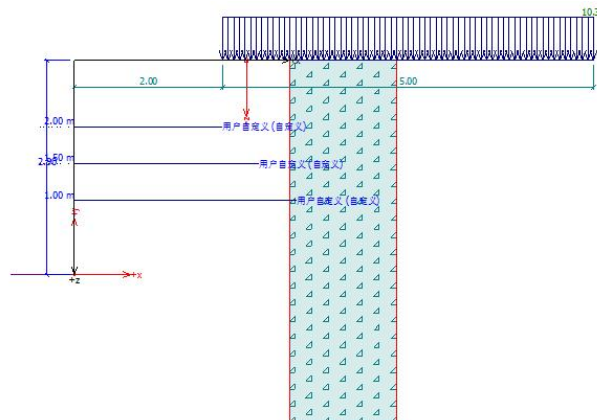


3、墙身截面强度验算

进入「截面强度验算」界面，选择相应的需要验算的截面，点击详细结果，我们就可以得到相应截面处的墙身的截面承载力是否满足要求。

4) 加筋土挡土墙验算

在进行整体稳定验算前，我们先对加筋土的稳定性进行验算，并得出加筋材料所需的层数和长度。因为设计要求加筋填土对桥台不作用土压力，因此需要保证加筋填土在前方没有支挡的情况下，直立状态下也保持稳定。计算模型如下图。



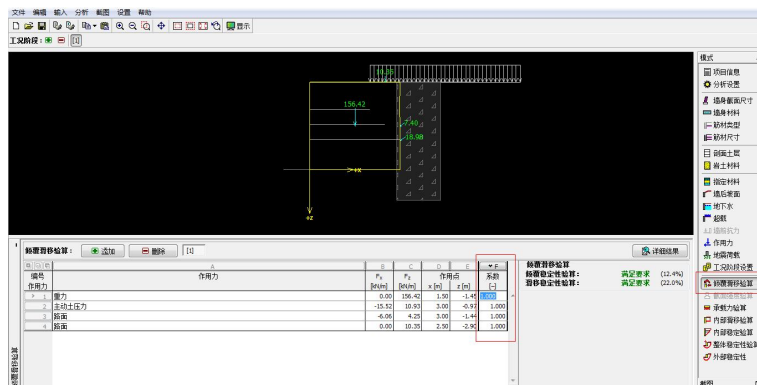
和重力式挡土墙设计模块的使用一样，我们只要顺着右侧的界面一次进行设计即可。在筋材类型界面，我们定义一种自定义类型的筋材，筋材强度，也就是长期强度设计值 R_t ，取为 50kN/m。筋材抗滑摩擦力折减系数以及土和筋材相互作用系数取为 0.6。

模型建好以后，需要进行以下验算：倾覆滑移验算、内部滑移验算、内部稳定验算。这里我们不进行地基承载力验算，因为在加筋土下面还有重力式挡土墙和桩基。这部分稳定性验算我们通过后一步的整体稳定性验算来进行。

1、倾覆滑移稳定性验算

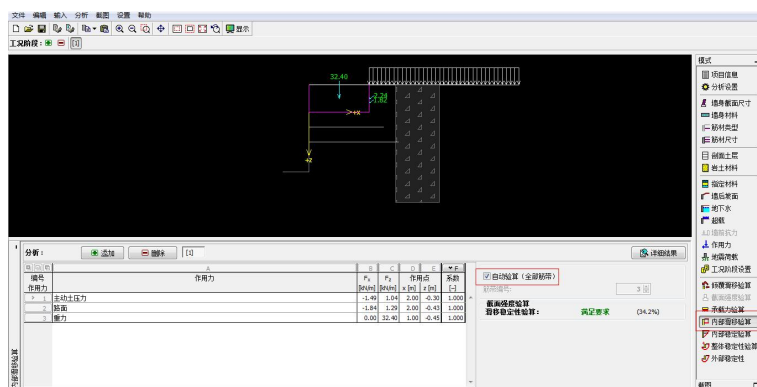
该验算是将整个加筋土区域作为一个虚拟挡墙，然后验算该虚拟挡墙的倾覆滑移稳定性。

整个界面的布局和功能基本和重力式挡土墙设计模块相同。计算结果表示，倾覆滑移稳定性满足设计要求。



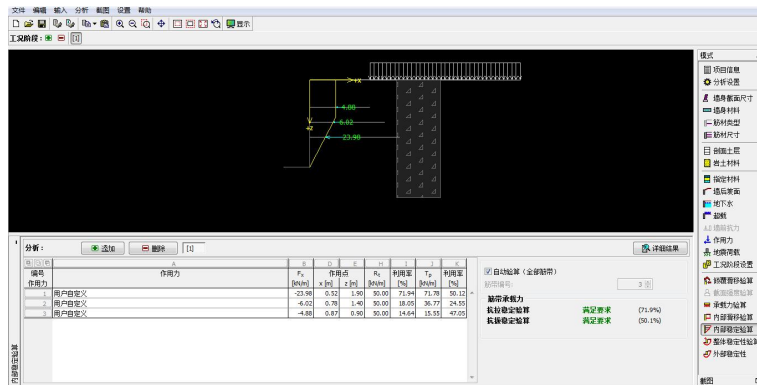
2、内部滑移验算

该验算用于验算某一筋带上方滑体沿该筋带的滑移稳定性。勾选「自动验算」后，软件会自动给出安全系数最小的筋带位置及其利用率和安全系数。计算结果显示，内部滑移稳定性也满足设计要求。



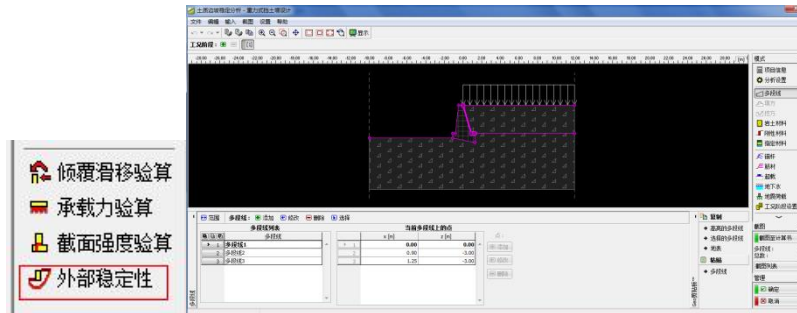
3、内部稳定验算

该验算即为筋带抗拉和抗拔强度验算。同样的，若勾选「自动验算」，软件将给出安全系数最小的筋带位置及其利用率和安全系数。计算结果显示，内部稳定性满足设计要求。

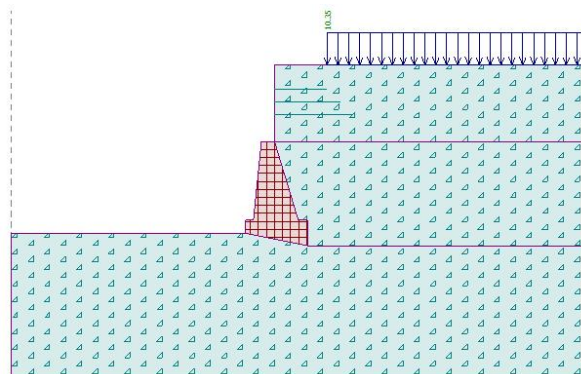


5) 整体稳定性验算

对于这个复杂结构，我们还需要验算其整体稳定性。整体稳定性验算我们可以通过在土质边坡稳定分析模块中建模完成，但是那样做会非常浪费时间。最简单的方案是直接在「重力式挡土墙设计」模块中点击「外部稳定性」，这时土质边坡稳定分析模块会自动启动，并自动创建模型。



选择直接在重力式挡土墙中启动的土质边坡模块中修改模型，模型最终如下图，其中上覆超载为路面：



在添加加筋材料时，这里的添加方法基本和「加筋土式挡土墙设计」模块中的一致。筋材滑体内端点我们选择「固定」，表示筋材端点是锚固在坡面上的，因为具体施工时我们会对进行反包，以使筋材和填土成为一个整体。

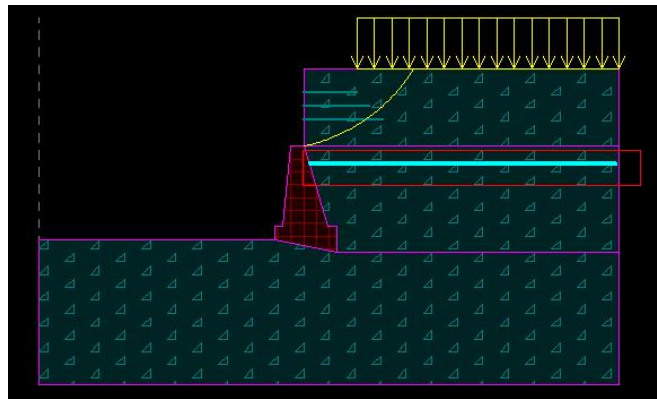
进入「分析」界面，我们首先选择一整体滑动的滑动面，分析类型选择「自动搜索」，分析方法选择「Bishop 法」，搜索得到安全系数为 1.48，满足设计要求。

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

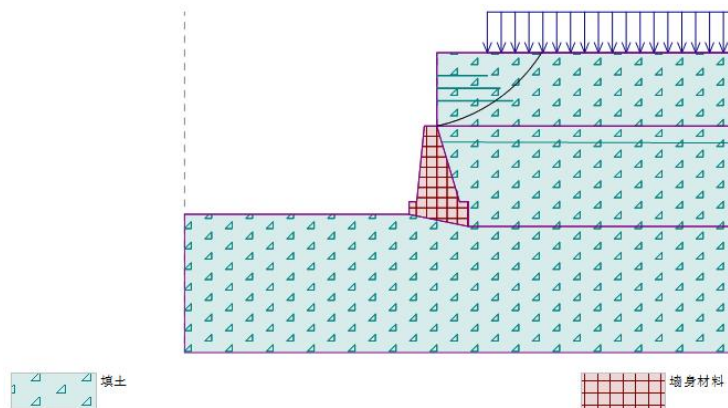
滑动面上下滑力的总和	Fa=	346.20	kN/m
滑面上抗滑力的总和	Fp=	513.23	kN/m
滑动力矩	Ma=	2724.61	kNm/m
抗滑力矩	Mp=	4039.11	kNm/m

新建一个分析，点击「搜索区域」，画一条限制线，使得搜索时滑面不能穿过该限制线，

对加筋区域的局部稳定性进行分析。



在加筋区域选择一初始滑动面，搜索得到安全系数为 1.55，满足设计要求。



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑动面上下滑力的总和	Fa=	76.42	kN/m
滑面上抗滑力的总和	Fp=	118.33	kN/m
滑动力矩	Ma=	498.25	kNm/m
抗滑力矩	Mp=	771.48	kNm/m

至此，整个项目的设计和计算就完成了。

如果关心变形，可以在启动土质边坡稳定分析模块后，通过「编辑 -复制数据」和「编辑 -粘贴数据」功能将模型导入有限元模块中进一步分析。

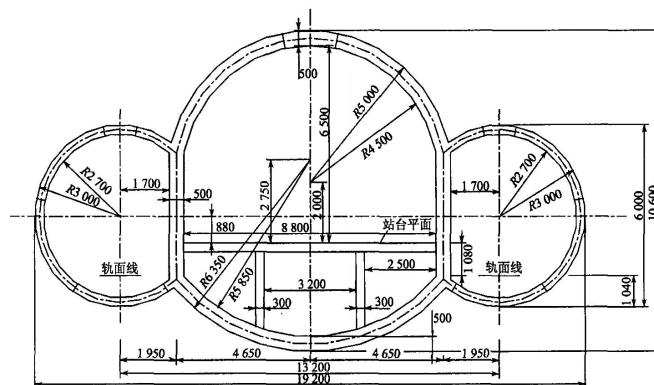
暗挖地铁车站对邻近建筑物的影响

使用软件：GEO5「隧道开挖地层损失分析」

项目信息：

简单介绍如何使用隧道开挖地层损失分析模块，采用 Peck 沉降预测方法，对暗挖地铁车站引起的地表沉降及对邻近建筑物造成的不良影响进行计算分析。

本案例为三拱立柱式车站，拱顶距地表 15m。车站从地表某建筑物中下方穿过，建筑物宽 40m，埋深 5m。平均建筑荷载为 200kN。



三拱立柱式车站断面图

场地地层分布及土层物理性质如下表所示。

土层参数表

土层	厚度 (m)	重度 γ (kN/m ³)	内摩擦角 φ (°)	黏聚力 c (kPa)
素填土	1.0	18.5	22.0	2.0
黏土	4.0	18.6	17.0	17.0
粉质黏土	10.0	18.2	25.0	25.0
砂土	15.0	19.5	40	0

在「分析设置」界面中，选择「经典理论」分析方法，经典理论选择「Peck 理论」，沉降槽形状选择「Gauss 曲线」，反弯点计算系数设置为 2.50。



分析设置

在「建筑物」设置界面中定义建筑物位置。将坐标 x1 设置为 0.0m，x2 设置为 40.0m，

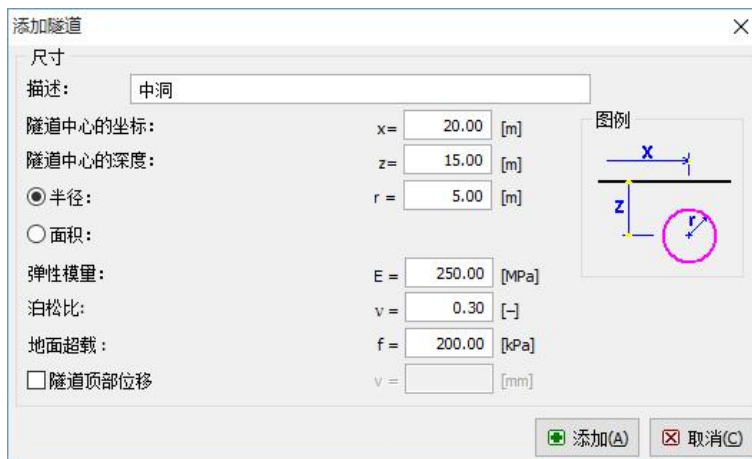
高度 v 为 10.0m，深度 h 为 5.0m。



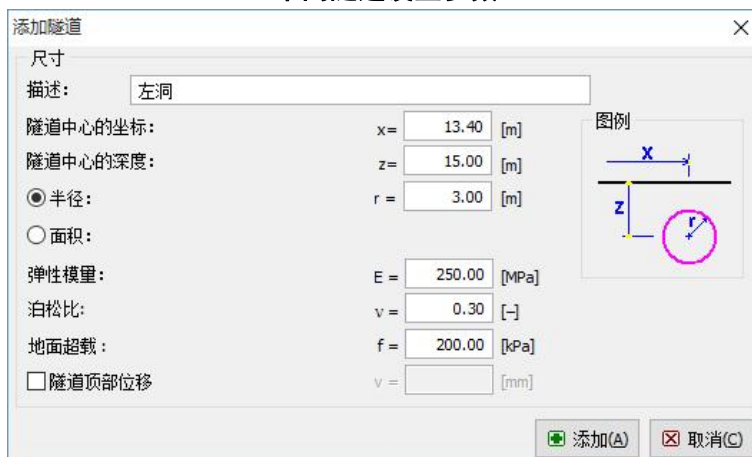
建筑物位置设置

绘制剖面土层、依据参数表添加岩土材料并指定给对应的土层。

在「截面尺寸」设置界面中添加隧道。



中间隧道设置参数



左侧隧道设置参数

添加隧道

尺寸

描述:

隧道中心的坐标: x = [m]

隧道中心的深度: z = [m]

半径: r = [m]

面积:

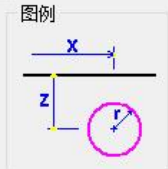
弹性模量: E = [MPa]

泊松比: v = [-]

地面超载: f = [kPa]

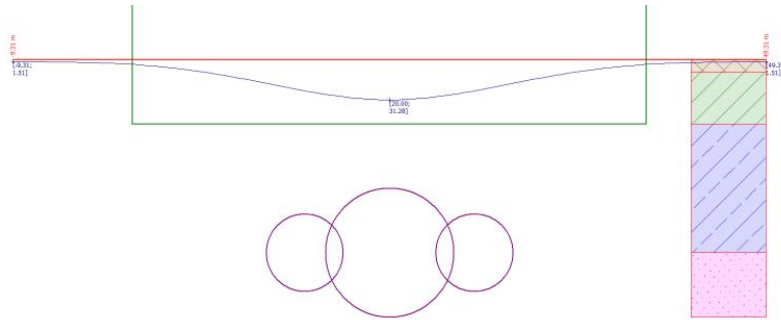
隧道顶部位移 v = [mm]

图例

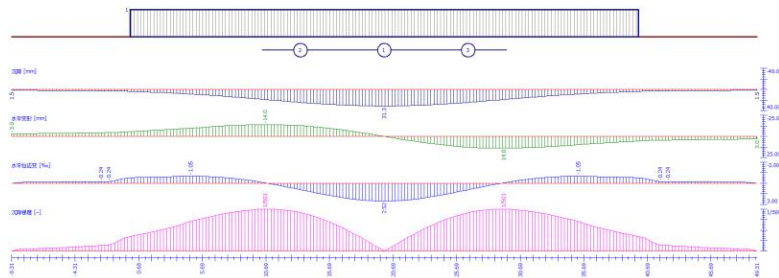


右侧隧道设置参数

设置完所有的参数以后，在「分析」界面中查看沉降计算结果。结果可以看出地表最大沉降为 31.3mm，最大水平变形为 14.0mm，沉降槽长度为 58.62m。

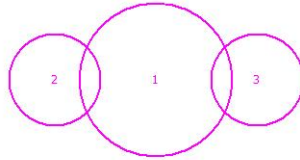
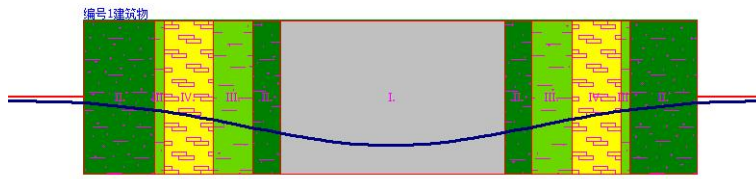


地表沉降槽



计算图表

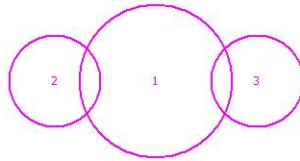
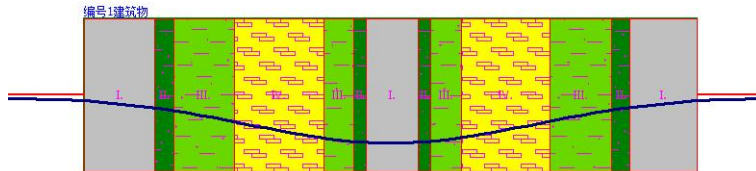
在「破坏」界面中查看隧道开挖对地表建筑物的不良影响。



建筑物破坏风险

- | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| I. 受压 - 无破坏 | III. 水平拉应变 < 0.75, 表层小破坏 | V. 水平拉应变 < 1.80, 中等破坏 |
| II. 水平拉应变 < 0.50, 微小裂缝 | IV. 水平拉应变 < 1.00, 较小破坏 | VI. 水平拉应变 > 1.80, 大破坏 |

张裂缝破坏分析



建筑物破坏风险

- | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| I. 沉降梯度 < 1/1200, 无破坏 | III. 沉降梯度 < 1/500, 表层小破坏 | V. 沉降梯度 < 1/150, 中等破坏 |
| II. 沉降梯度 < 1/800, 微小裂缝 | IV. 沉降梯度 < 1/300, 较小破坏 | VI. 沉降梯度 > 1/150, 大破坏 |

沉降梯度破坏分析

公路路基加筋土石笼挡墙稳定性及数值分析

使用软件：GEO5「石笼挡土墙设计」、「土质边坡稳定分析」、「岩土工程有限元分析」

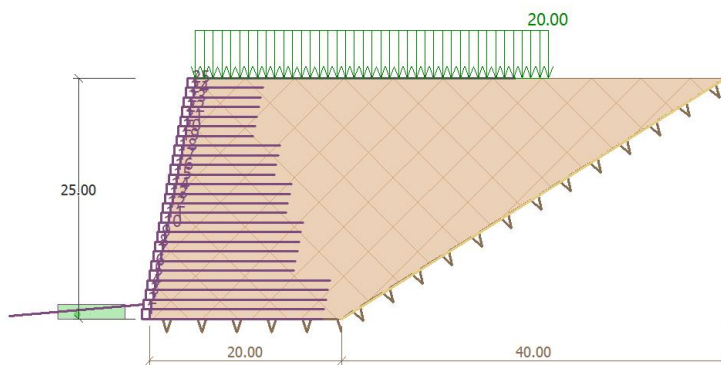
项目信息：

某公路路基填方工程采用加筋土石笼挡墙支护，路堤高 25m，采用砂砾石层无黏性土回填，下伏原状地层为强风化砂岩。

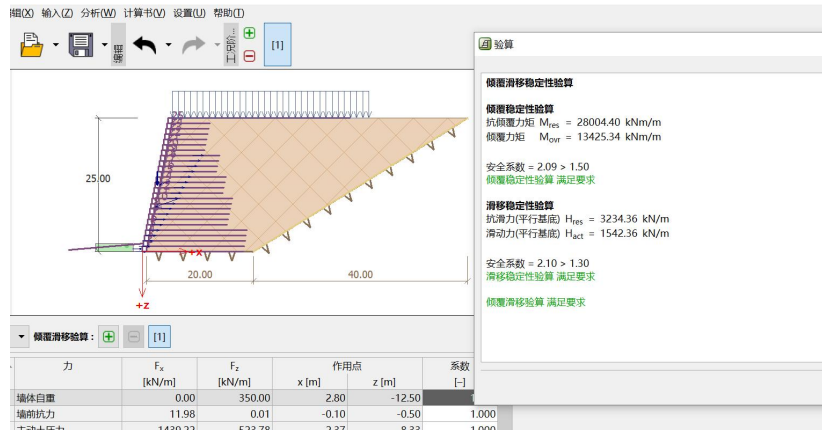
石笼采用高度为 1m，宽度为 0.8m 的网箱结构，每层偏移 0.2m，总共 25 层，层间铺设筋带，筋带最大长度 18，最小长度 7m，筋带抗拉强度为 150kN/m。路面考虑 20kPa 车辆均布荷载。

软件优势： GEO5 石笼挡墙模块，可以实现石笼挡墙后加筋带分析，除了计算整体倾覆滑移和筋带的抗拉抗拔，还可以验算石笼挡墙局部稳定性和网箱结构稳定性；通过 GEO5 有限元，还可以进一步分析高填方路堤边坡应力应变，筋带受力分布情况。

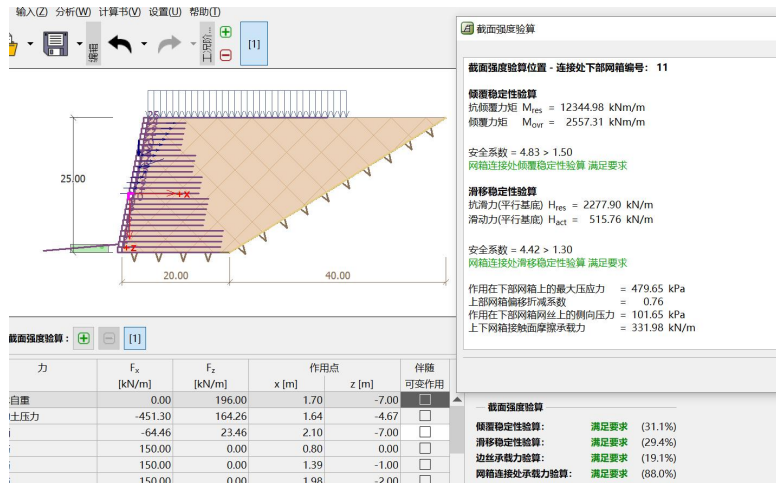
计算基本模型



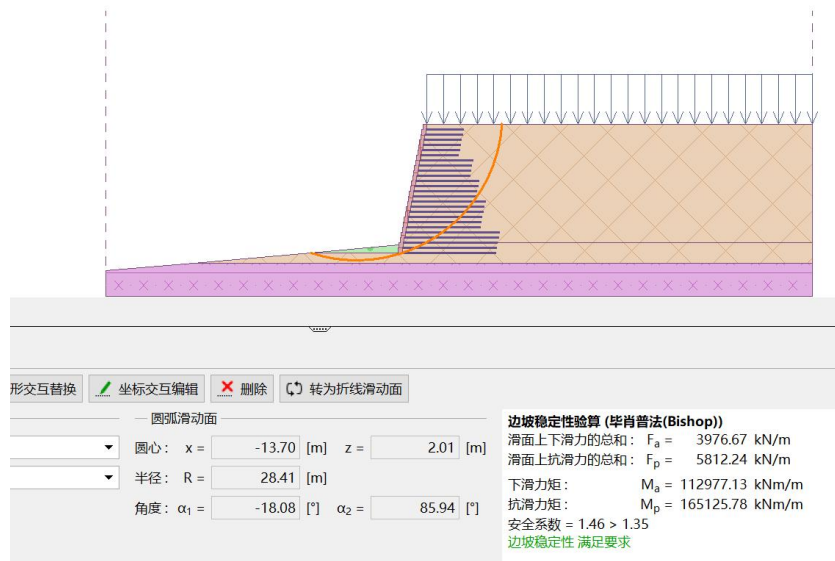
倾覆滑移验算



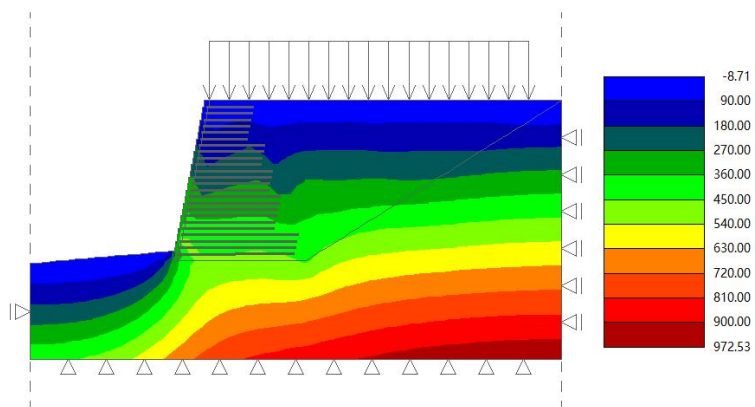
石笼局部稳定性和网箱结构验算



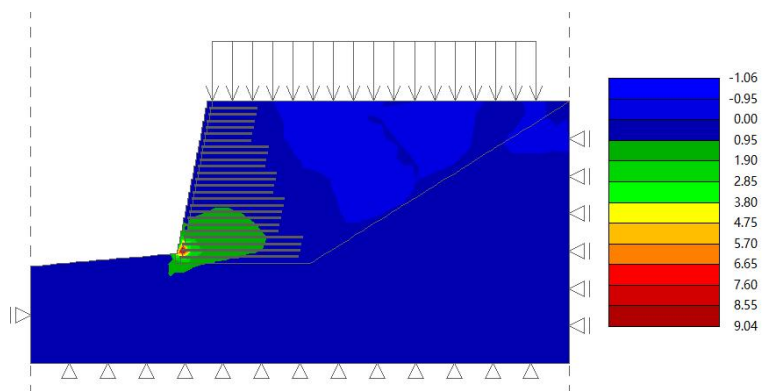
整体圆弧稳定性验算



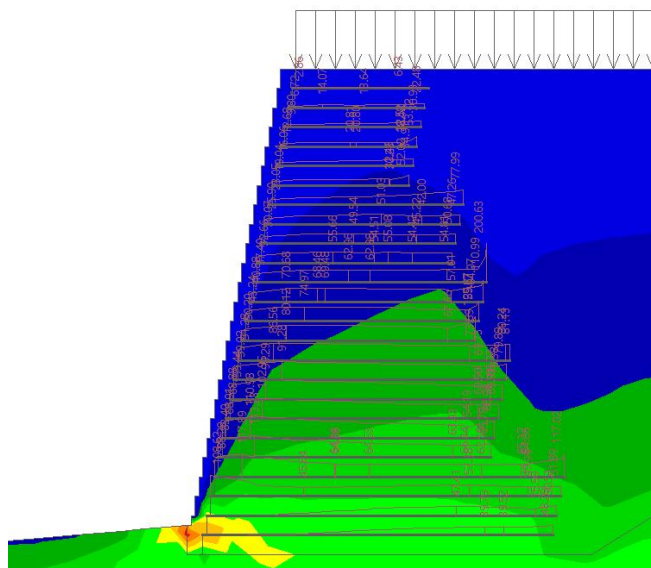
主应力分析



剪应变分析



筋带力及分布计算



黄土地区高填方边坡支挡结构设计

使用软件: GEO5「土质边坡稳定分析」

项目信息:

西北某路基高边坡,先挖后填,挖方边坡直接削掉坡顶,然后再一侧冲沟中回填以扩大路基宽度,填方边坡高度大于 40m,场地出露地层以马兰黄土、离石黄土和古土壤为主。

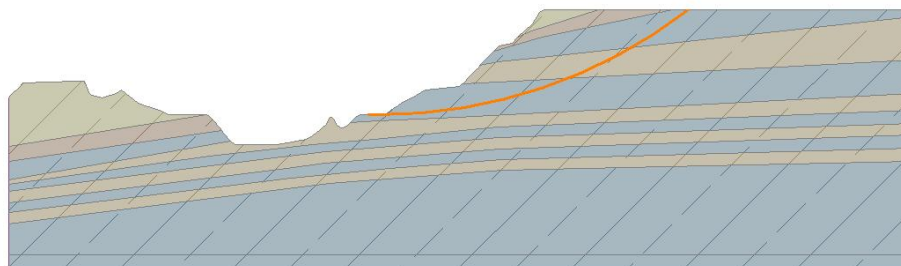
填方边坡采用抗滑桩+加筋土联合支挡,抗滑桩尺寸按 3.5m*2.5m 矩形桩设计,桩长 35m,其中悬臂段约 11m,桩间距 4m,桩身最大抗滑承载能力 V_u 取 7200kN。上部加筋土边坡按四级台阶放坡,总体坡率近 1:1.1,每级台阶边坡高度 8m~10m。筋材采用设计抗拉强度 25kN/m 的筋带,筋带布置间距 0.4m,最长敷设长度 49m。

材料参数:

土层名称	天然重力密度 γ (kN/m ³)	抗剪强度指标	
		内摩擦角 ϕ_k (°)	内聚力 c_k (kPa)
马兰黄土	16.50	21.10	34.80
古土壤 1	17.60	21.50	36.00
古土壤 2	18.80	22.40	39.80
离石黄土	18.30	21.60	39.10
填土	19.00	22.00	35.00

计算结果:

1、开挖边坡稳定性分析



边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和: $F_a = 9363.87$ kN/m

滑面上抗滑力的总和: $F_p = 15832.01$ kN/m

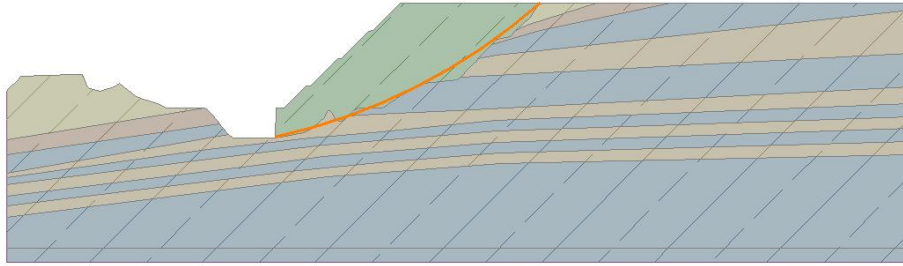
下滑力矩: $M_a = 1729319.74$ kNm/m

抗滑力矩: $M_p = 2923855.56$ kNm/m

安全系数 = 1.69 > 1.35

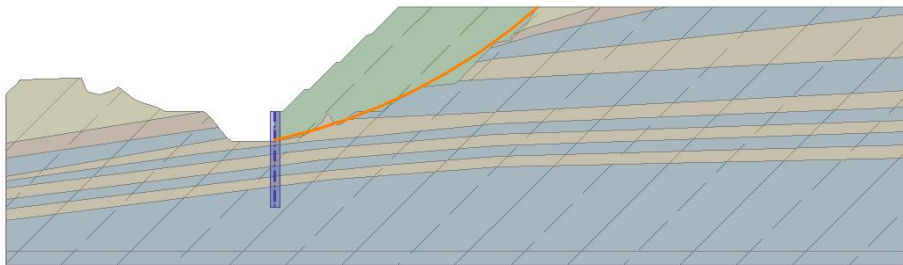
边坡稳定性 满足要求

2、未加任何支护填方边坡整体稳定性计算



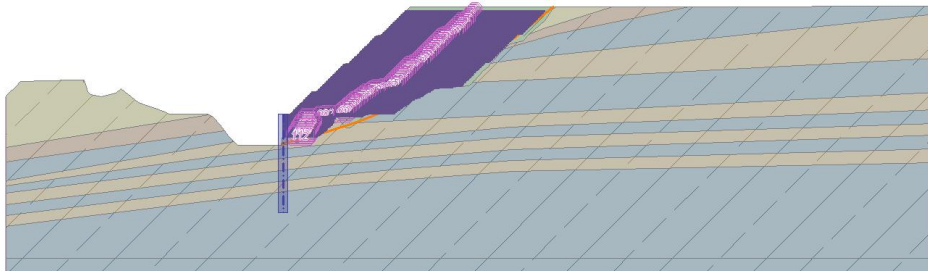
边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
 安全系数 = 1.12 < 1.35
 边坡稳定性 不满足要求
 滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 2377.26$ kN/m
 剩余下滑力倾角 $\alpha = 13.16^\circ$

3、加抗滑桩后填方边坡整体稳定性计算



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
 安全系数 = 1.30 < 1.35
 边坡稳定性 不满足要求
 滑动面前缘剩余下滑力 $F_n = 501.88$ kN/m
 剩余下滑力倾角 $\alpha = 13.16^\circ$

4、抗滑桩+加筋土填方边坡整体稳定性计算



边坡稳定性验算 (不平衡推力法(隐式))
 安全系数 = 1.50 > 1.35
 边坡稳定性 满足要求

塞尔维亚某高速公路重力式挡墙设计

使用软件: GEO5「重力式挡土墙设计」、「土质边坡稳定分析」

项目信息:

该项目全长 74.7km, 途径 4 个中型城市, 其中平原微丘区设计速度 120km/h, 山岭重丘区设计速度 100km/h。



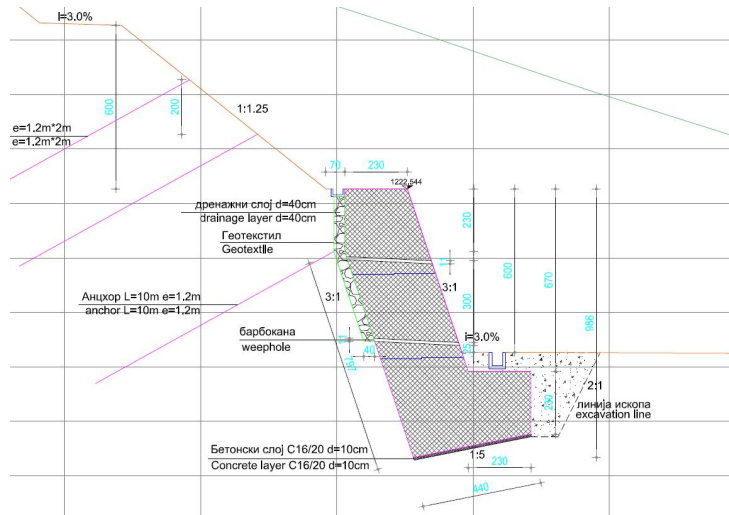
该工点位于 9 号隧道出口的隧道管理中心平台, 平台外侧为了避免挖方边坡过高, 沿着外侧边坡设置长度为 76m 重力式挡墙, 挡墙控制段高度 6m, 单侧模板, 开挖时增加临时防护锚杆。

地质条件:

该工点覆盖层为 d-e, 第四纪全新世洪积沉积物, 主要成分为粉土和砂质粘土, GN-200 的挖掘类别为 II-III, 天然重度 $\gamma = 19\text{kN/m}^3$, 内聚力 $c = 15\text{kPa}$, 内摩擦角 $\phi = 19.1^\circ$, 压缩模量 $Mv = 10\text{Mpa}$ (100-200kPa)。覆盖层以下为强风化至全风化的古生代石炭纪的变质砂岩和页岩 MPs Sk**, 天然重度 $\gamma = 21.9\text{kN/m}^3$, 完整岩石材料的单轴抗压强度 $\sigma_{ci} = 5\text{MPa}$, 地质强度指数 $GSI = 15$, 霍克布朗岩石参数 $m_i = 9$, 扰动因子 $D = 0.5$, 以及中风化到强风化的 MPs Sk*, 天然重度 $\gamma = 24.5\text{kN/m}^3$, 完整岩石材料的单轴抗压强度 $\sigma_{ci} = 25\text{MPa}$, 地质强度指数 $GSI = 35$, 霍克布朗岩石参数 $m_i = 12$, 扰动因子 $D = 0.5$, GN-200 挖掘类别为 IV-VI。该工点根据 EN1998-1 的场地类别分类为 B 类, $S = 1.2$, 根据地勘提供的资料, 水平地震力系数 $k_h = 0.09$ 。

设计方案:

根据塞尔维亚欧标国家附录, 该重力式挡墙设计采用规范为欧洲标准 Euro Code7, DA2。该边坡稳定性分析及临时边坡支护设计采用 Euro Code7, DA3。采用欧标 C30/37 混凝土, 混凝土耐久性指标为 V II、M100, 钢筋型号为 B500。



根据与地勘工程师及结构工程师的沟通,将采用 GEO5 对挡墙及临时边坡进行静态计算,其中霍克布朗破坏准则参数转换为摩尔库仑参数进行计算。根据计算确定结构尺寸及临时边坡防护如图。

计算结果:

倾覆滑移验算

作用在结构上的力	F_{hor} [kN/m]	作用点 z [m]	F_{vert} [kN/m]	作用点 x [m]	系数 倾覆	系数 滑移	系数 基底应力
Weight - wall	0.00	-3.68	794.65	3.93	1.000	1.000	1.350
FF resistance	-350.96	-0.98	-115.49	-2.54	1.000	1.000	1.350
Active pressure	465.81	-3.87	-8.66	4.56	1.350	1.350	1.350
Water pressure	74.59	-0.42	-24.86	4.74	1.350	1.350	1.000
Uplift pressure	0.00	-9.00	0.00	6.83	1.000	1.000	1.350

倾覆滑移稳定性验算

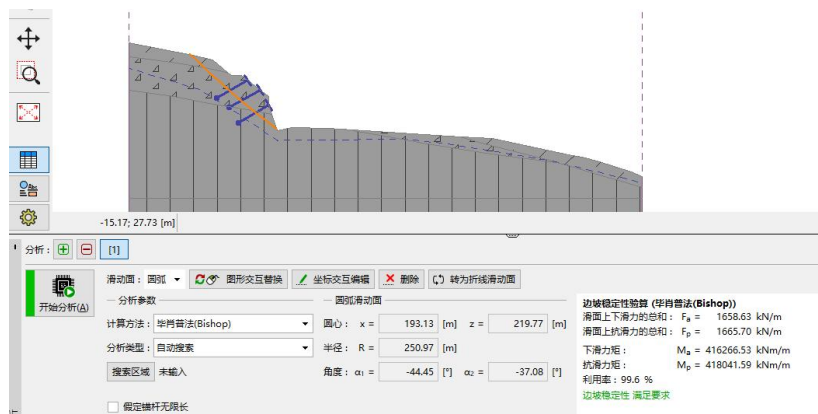
倾覆稳定性验算
抗倾覆力矩 $M_{res} = 2286.08$ kNm/m
倾覆力矩 $M_{ovr} = 2134.31$ kNm/m
倾覆稳定性验算 满足要求

滑移稳定性验算
抗滑力(平行基底) $H_{res} = 565.52$ kN/m
滑动力(平行基底) $H_{act} = 246.92$ kN/m
滑移稳定性验算 满足要求

倾覆滑移验算 满足要求

基底最大应力 227.07 kPa

边坡开挖稳定性计算



东北某中学实验楼挡土墙设计

使用软件： GEO5 「悬臂式挡土墙设计」

项目信息：

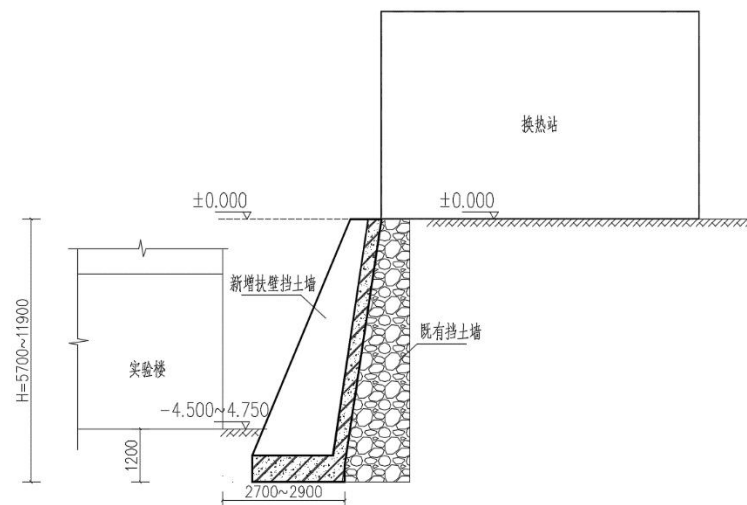
本加固设计服务范围为东北某中学实验楼北侧西段挡土墙，挡墙上部建有换热站，换热站为单层砖混结构，梭形钢屋架，槽板屋盖，现为使用状态；挡土墙南侧距离学校实验楼 2.7m 左右。挡土墙总长度约 25.0m。既有挡土墙为毛石挡土墙，挡土墙表面勾缝已基本脱落，毛石间砂浆已基本无粘结强度，砂土从石缝间流出，局部有块石脱落现象，挡墙中部外鼓约 200mm，该段挡土墙处于极限平衡状态。

毛石挡土墙一般采用锚杆格构式加固、增加墙体厚度加固、墙后注浆加固等方式，虽然每种方案均具有一定的优势，但也有自身的缺陷。本工程因为对噪声的控制严格、且墙底施工空间狭小、墙顶无施工空间，故，上述加固方案均难以实施。

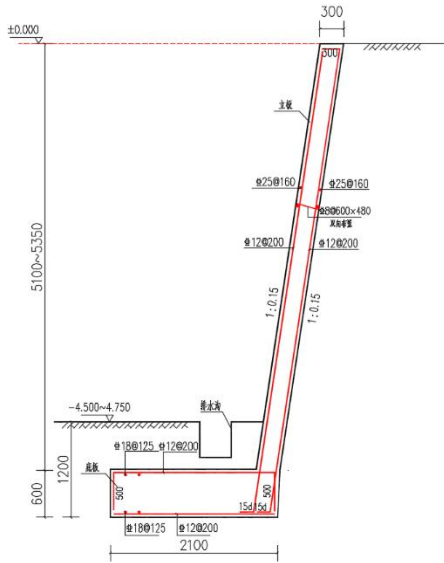
为保证学校学生的正常学习生活，宜选用施工噪声较小的加固方案，且要兼顾施工作业面狭小的因素，故采用墙前扶壁式挡土墙对既有毛石挡土墙进行加固。

设计方案：

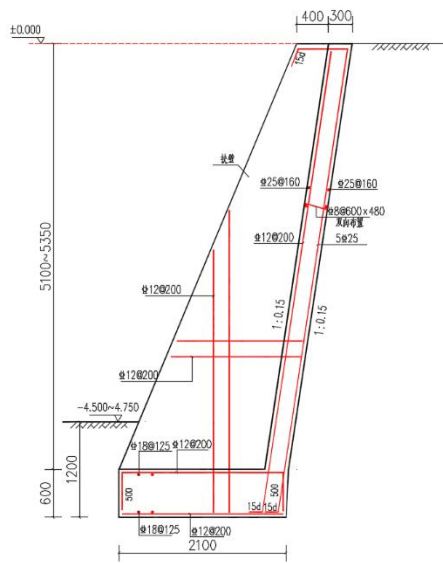
采用墙前扶壁式挡土墙设计，对既有毛石挡土墙中的砂浆层风化严重，扶壁式挡土墙施工前应将毛石挡土墙中破碎砂浆层剔除后并采用高压水枪冲洗，然后用 M15 砂浆对缝隙填充密实；待砂浆达到设计强度的 75%后，方可进行新增扶壁式挡土墙的施工。



挡土墙加固剖面图



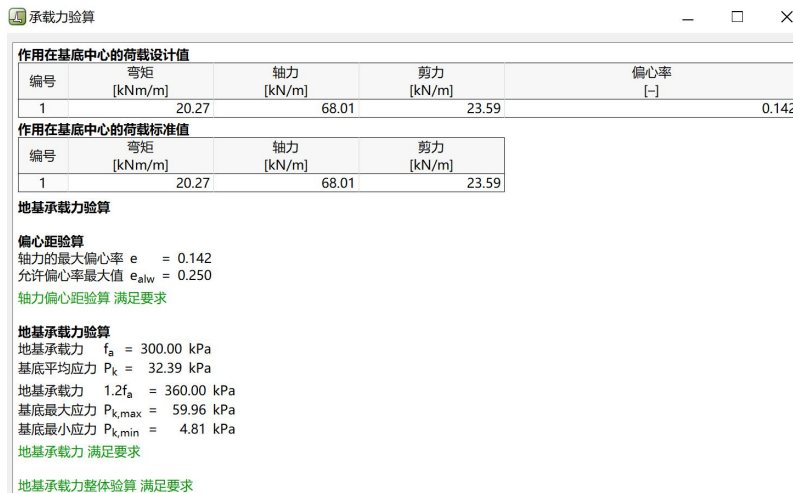
1-1 剖面挡土墙立板及底板配筋图



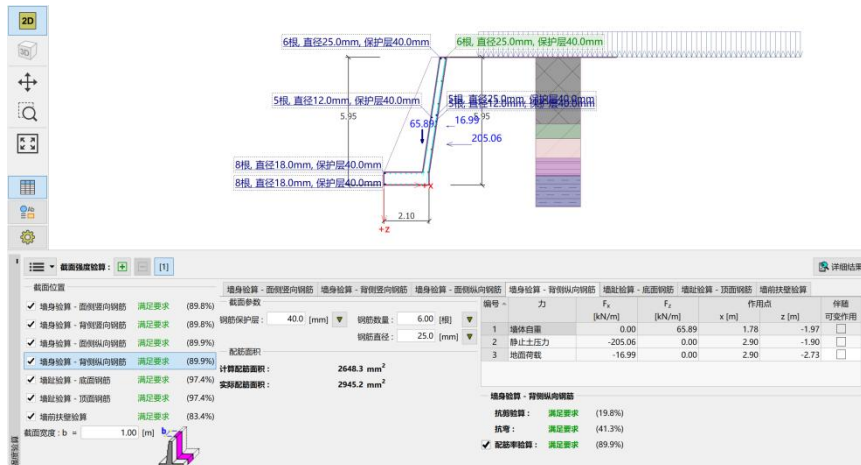
2-2 剖面挡土墙立板及底板配筋图

计算结果:

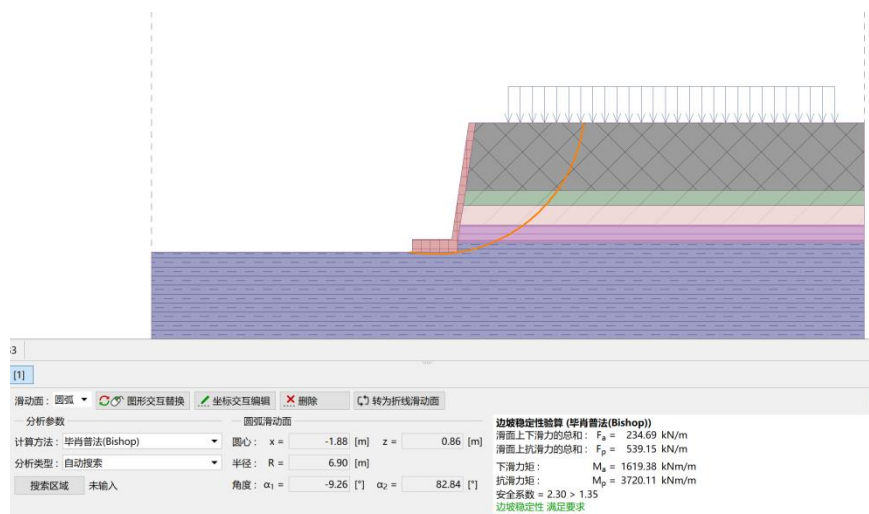
地基承载力验算



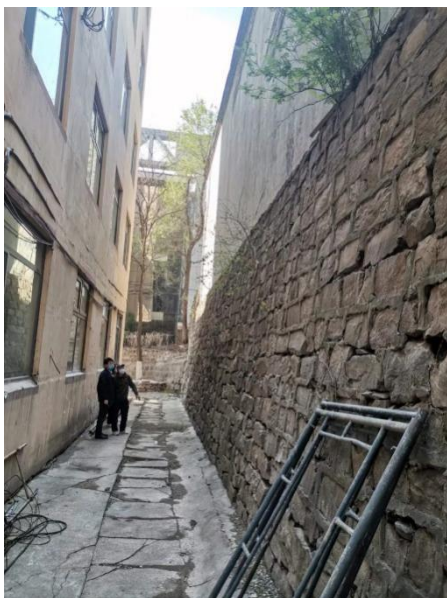
截面强度验算



外部稳定性验算



支护前后照片对比:



软件优势: 现行的岩土设计软件, 多数无法进行墙前扶壁式挡土墙的设计计算, 但是南京库仑 GEO5 的悬臂式挡土墙设计模块有这个模型, 而且操作简单, 试算结果和预估结果大致吻合。

圆形顶管工作井稳定性分析

使用软件: GEO5「竖井设计」

项目信息: 某地下暗挖施工采用泥水平衡岩石顶管机施工工艺, 管材采用 DN2400 管径钢筋混凝土管。顶管机机头自重 56t, 直径为 2.92m, 长 5.85m, 采用全地面起重机整体吊入工作井内导轨上, 然后在顶推设备作用下进行顶进作业。工作井采用护壁逆作法施工, 深度为 15m, 支护结构采用桩径 1m 咬合式排桩, 桩长 21m, 嵌固深度 7m, 在深度 0.5m 处设置 1m×1m 冠梁、5.6m 与 10.2m 处设 2 道 0.8×0.8 钢筋混凝土环梁支撑。



设计方案:

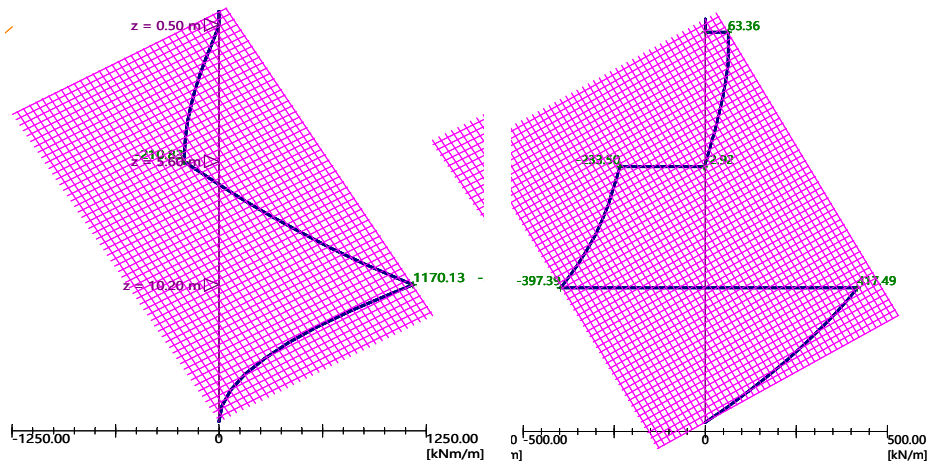
工作井由设计单位设计, 未考虑临近桩基吊车荷载对桩基础影响, 设计地面超载一般为 20kPa, 本次吊装施工中, 地面超载远超过了设计允许值。超载过大容易导致工作井位移过大, 影响支护结构安全。吊装工况的发生, 是设计单位在设计阶段无法预料的, 施工单位在该特殊工况下, 应进行安全性复核。

由于 R3、R4 离基坑较远, 超载引起的土压力扩散对工作井影响较小, 仅考虑 R1、R2 对工作井影响。支腿 1 受力 912.30 kN, 支腿 2 受力 702.44 kN, 支腿下设置路基箱 1.5m×6m, 分别等效局部荷载为 101.37kPa, 78.05kPa。

模型建立过程中, 地基土体采用修正 Mohr-Coulomb 模型进行模拟, 土压力采用主动土压力计算, 并考虑地下水位影响, 地下水位根据施工实测取-6m。支护结构受力主要在水平方向, 忽略支护桩的自重等轴向受力。

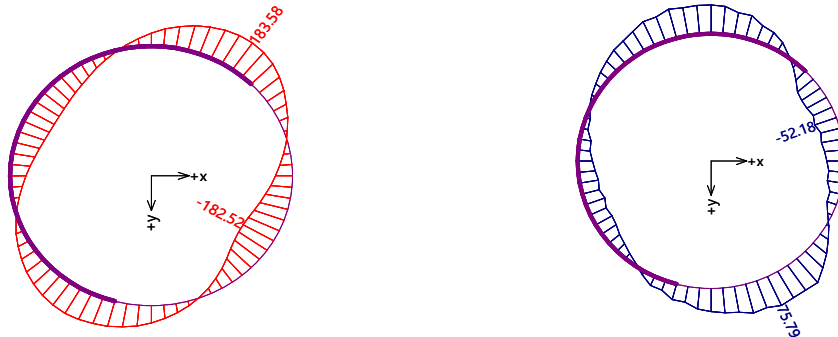
计算结果:

围护桩弯矩和剪力

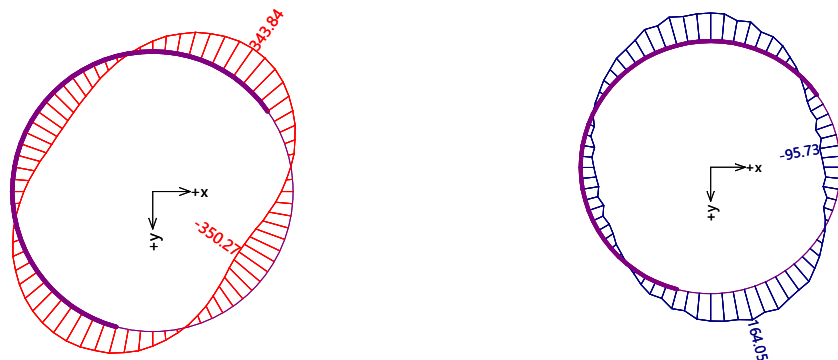


桩身受力弯矩最大值为 1170.13kNm，剪力最大值 417.49KN，均在第三道腰梁处 (Z=10.2m)，与桩身截面承载力 1168.49 kN·m 大致相等，考虑吊车荷载为偶然状态下短暂施加，非持久设计工况下，可认为达到承载力状态。开挖至基底时，桩身位移达到最大为 8.1mm。

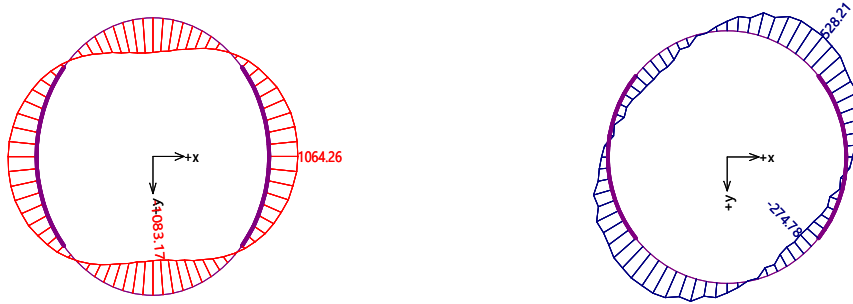
Z=0.5m 处腰梁弯矩、剪力包络图



Z=5.6m 处腰梁弯矩、剪力包络图



Z=10.2m 处腰梁弯矩、剪力包络图



通过腰梁受力分析，三道腰梁受力包络图均表现椭圆形，均存在受压区和受拉区，且受压区受拉区径向对称，最大值相似。具有环状物受力形态的共同点。第一道和第二道腰梁水平环向受力性状基本相同，随着深度增加，呈现第三道腰梁>第二道腰梁>第一道腰梁。

最大弯矩值 1070.13 kN.m 与桩身截面承载力 1168.49kN.m 大致相等，考虑吊车荷载为偶然状态下短暂施加，以及荷载取值与材料性能的安全储备，可认为满足安全要求。

西部地区某输变电塔基边坡专项勘察设计

使用软件： GEO5 「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

项目信息：

因场地重大基础设施建设，某输变电路通道受限，某塔位须立于深厚人工填土边坡上。该人工填土边坡位于西部某大河北岸，边坡纵向长 70m，高 28-35m，坡顶宽 100m，坡脚宽 80m，整体坡度 28°，坡脚和东侧边缘为已建重力式挡墙。根据平面布置，拟建塔位位于边坡东北角近坡顶区域。

据现场调查，拟建塔位附近区域的填土边坡已发生明显固结沉降变形，局部区域的表层有下滑变形痕迹，坡脚和东侧挡墙未见变形痕迹。经详细勘察及计算分析，在天然工况和暴雨工况下该边坡处于欠稳定状态，地震工况下处于不稳定状态，需对该人工填土边坡采取治理措施。

计算工况：

本工程防治工程安全等级为 I 级，根据《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）表 5.3.2 规定，计算工况确定如下：

I 工况——天然工况，安全系数取 1.35。

II 工况——暴雨工况，安全系数取 1.25。

III 工况——地震工况，安全系数取 1.15。

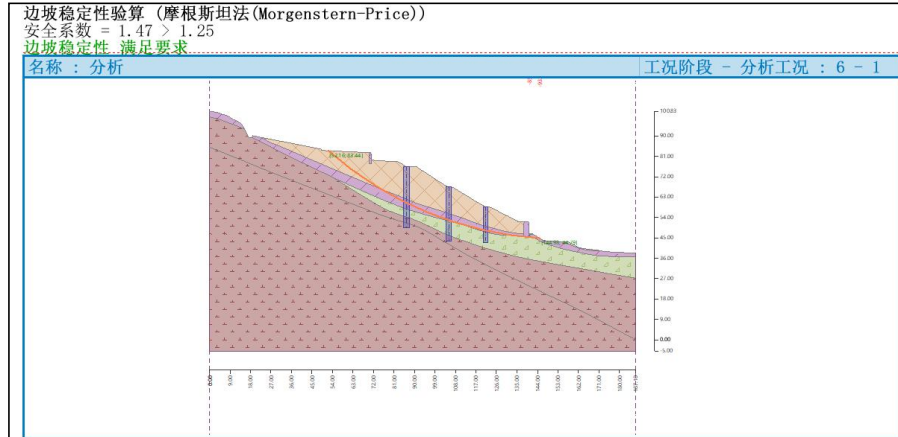
岩土参数：

岩土名称	自然状态(工况 I、III)计算推荐指标		暴雨状态(工况 II)计算推荐指标	
	内聚力 C(kPa)	内摩擦角 $\Phi(^{\circ})$	内聚力 C(kPa)	内摩擦角 $\Phi(^{\circ})$
①素填土	18	21.0	15	19.0
②粉质粘土	37	18.0	22	17.0
③含砾砂碎块石	5	35.0	4	33.0
④-1 强风化闪长岩	180	36.0	180	35.0
④-2 中风化闪长岩	400	41.0	400	41.0
软弱夹层	37	18.0	15	15.0

计算结果：

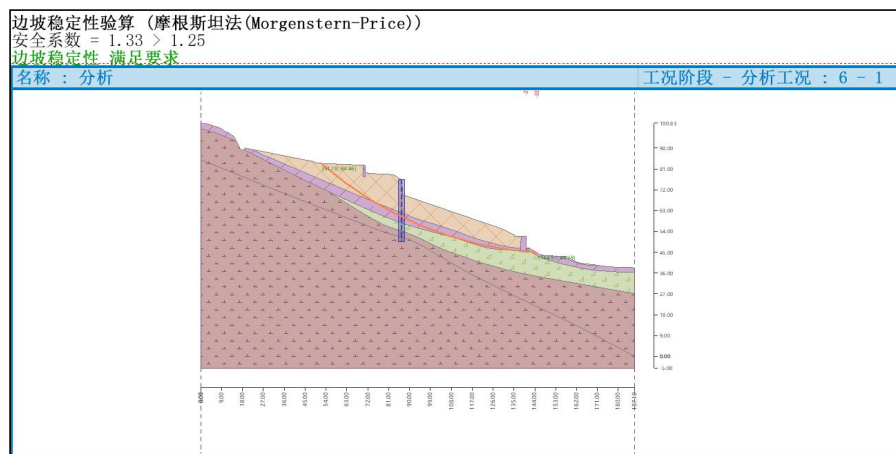
方案一：三排圆形抗滑桩+截排水沟

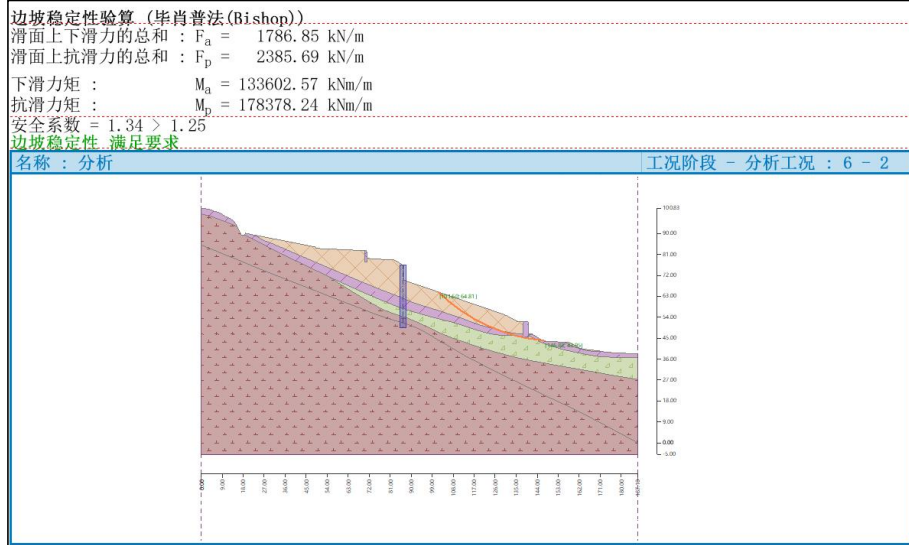
根据现场地形条件和勘察成果，结合铁塔所在位置，采用三排共计 17 根抗滑桩进行边坡治理，第一排抗滑桩位于坡顶塔位上坡侧，共 7 根，第二排抗滑桩位于塔位 A 腿上方、BD 腿下方的马道，共 6 根，第三排抗滑桩位于 A 腿下坡侧的马道，共 4 根。桩间距均为 5m。



方案二：一排抗滑桩+清方+截排水沟

该方案是在坡顶处布置一排抗滑桩，桩长为 27m，桩径为 2.8m，桩中心间距 5m，共计 10 根抗滑桩。桩下坡侧铁塔基础附近采用部分挖方，挖方后在抗滑桩悬臂段挂桩间挡土板，清方区域的挖方量约 1.0 万 m³。





中部地区某处高边坡变更设计

使用软件： GEO5 「土质边坡稳定分析」、「抗滑桩设计」

项目信息： 项目高边坡出露岩性为泥质砂岩，岩性软弱且节理发育，开挖后高边坡稳定性较差，防护难度较大。原设计在高边坡第 3 级平台位置设置卸载平台，卸载平台横向宽约 170m，对平台以上标高进行开挖卸载。因标段内以缺方为主，将卸载平台范围内设置为取土场。但由于项目征地困难，原设计方案难以实施，因此在征地范围内对原设计方案进行调整。

地质条件：

高边坡段场地覆盖层主要为第三系泥质砂岩具体工程地质特性分述如下：

①1 全风化泥质砂岩：黄褐色，原岩风化强烈，结构构造已破坏，局部具高岭土化。岩芯呈土状，含原岩风化残块，揭露厚度为 2.20~2.80m，土石等级为 III 级硬土。

①2 强风化泥质砂岩：红褐色，泥质砂质结构，层状构造，岩质极软，手掰易断，局部具高岭土化。岩芯多呈短柱状、块状；揭露厚度为 13.20~17.80m，土石等级为 IV 级软石。

①3 中风化泥质砂岩：红褐色，泥质砂质结构，层状构造，岩质极软，局部具高岭土化。岩芯呈柱状、短柱状，天然抗压强度 0.4~1.6MPa；未揭穿，土石等级为 IV 级软石。

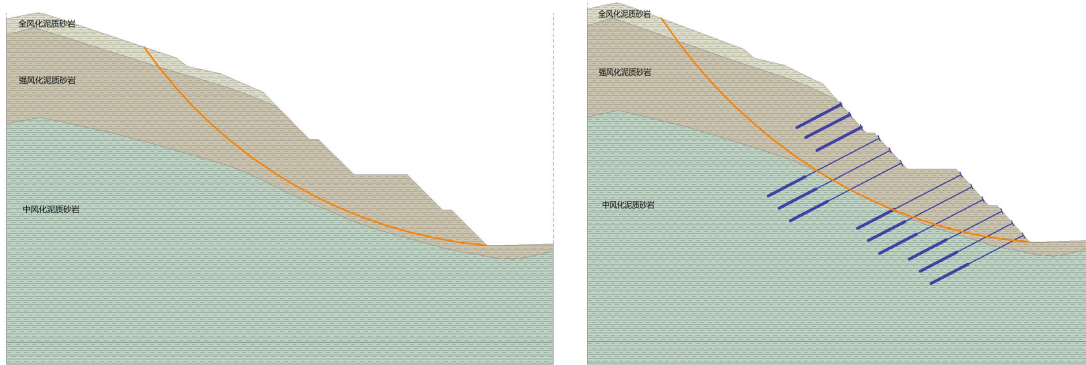
地层 编号	岩土名称	正常工况			暴雨工况		
		重度	黏聚力	内摩擦角	重度	黏聚力	内摩擦角
		γ kN/m ³	c kPa	Φ °	γ kN/m ³	c kPa	Φ °
① ₁	全风化泥质砂岩	19.0	18	19	20.0	15	16
① ₂	强风化泥质砂岩	20.0	23	24	21.0	20	21
① ₃	中风化泥质砂岩	21.0	25	26	22.0	22	23

计算结果：

方案一：分级开挖+分级锚固

结合边坡的地形和稳定坡率，对边坡采用 1:1.0 进行开挖，边坡最大开挖高度为 4 级边坡，每级坡高 8m，1、3 级坡顶平台宽度为 2m，第 2 级坡顶平台宽度为 12m，1-4 边坡坡率为 1:1.0。

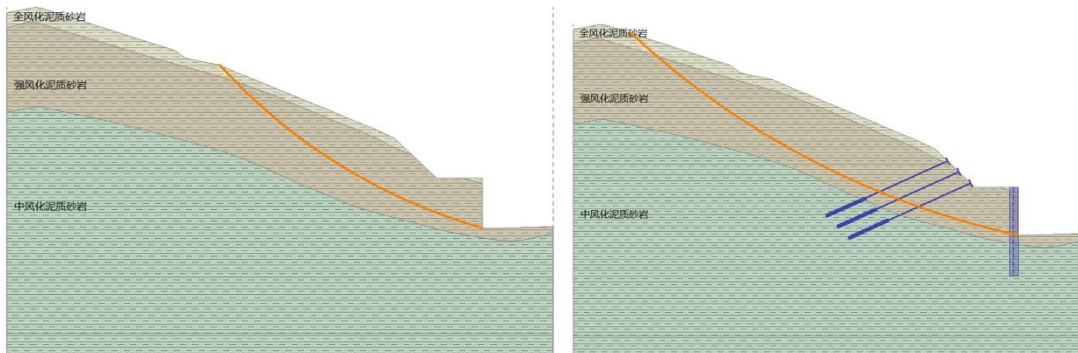
经计算，天然边坡稳定性系数 $F_s=1.15 < 1.25$ ，不满足规范要求；支护后边坡稳定性系数 $F_s=1.35 > 1.25$ ，满足要求



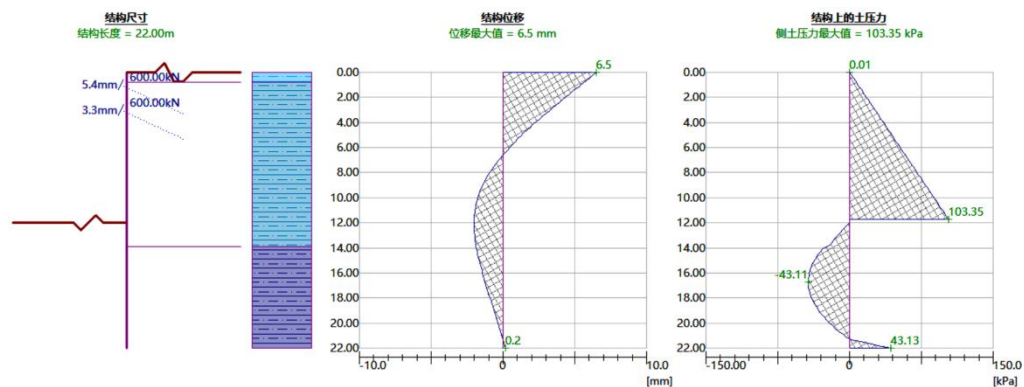
方案二：方形桩板墙+分级锚固

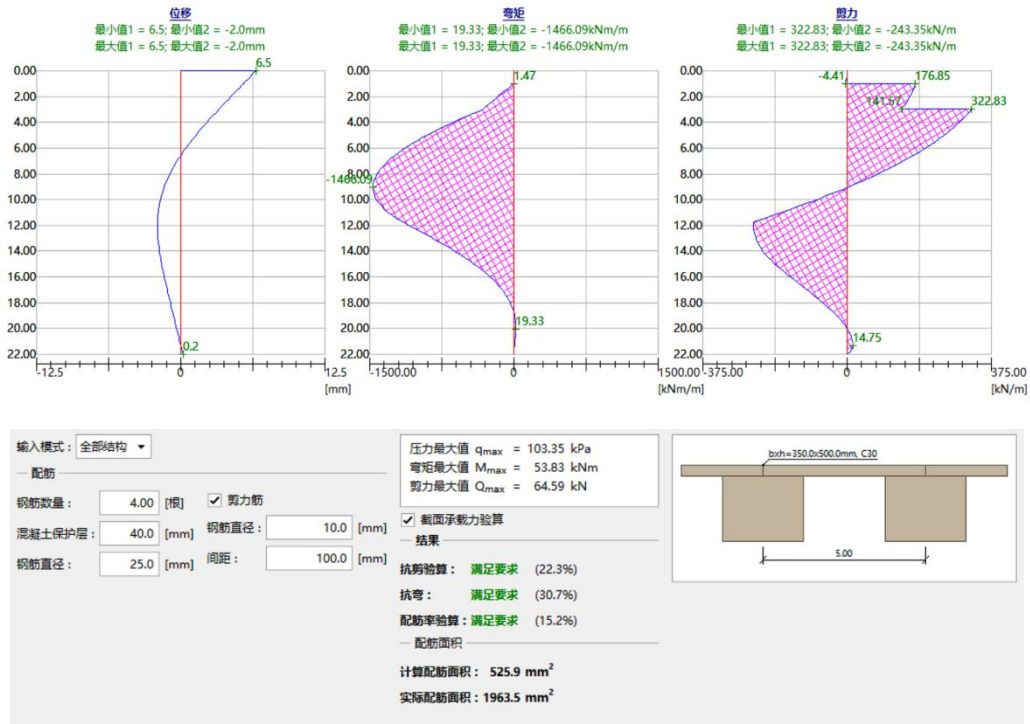
边坡第 1 级采用方形桩板墙预加固，尽可能减少路堑边坡开挖。桩顶往上按 8m 分级放坡，坡率为 1:1.0，坡顶上第 1 级边坡采用锚索框架+植生袋绿化加固，为提高抗滑桩体稳定性，在距离桩顶 1m 和 3m 位置分别设置 1 孔锚索。

经计算，天然边坡稳定性系数 $F_s=1.07 < 1.25$ ，不满足规范要求；支护后边坡稳定性系数 $F_s=1.39 > 1.25$ ，满足要求



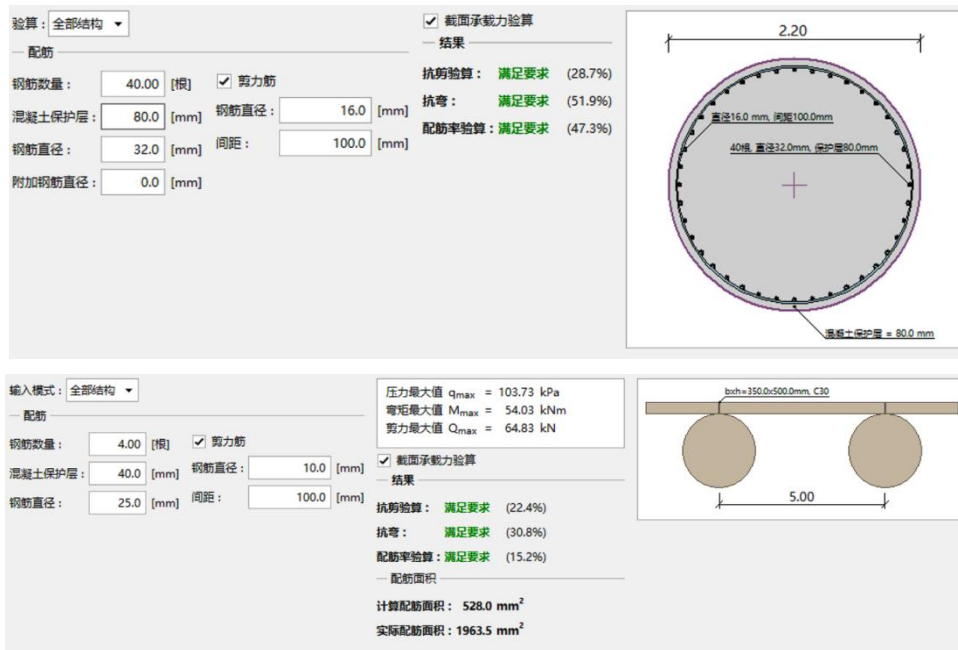
抗滑桩验算





方案三：圆形桩板墙+分级锚固

边坡第1级采用圆形抗滑桩进行预加固，机械成孔施工效率较高。为提高抗滑桩体稳定性，在距离桩顶1m和3m位置分别设置1孔锚索。桩顶往上按8m分级放坡，坡率为1:1.0，坡顶上第1级边坡采用锚索框架+植生袋绿化加固。



西南某房建工程加筋土高填方边坡治理设计

使用软件：GEO5「加筋土式挡土墙设计」、「土质边坡稳定分析」

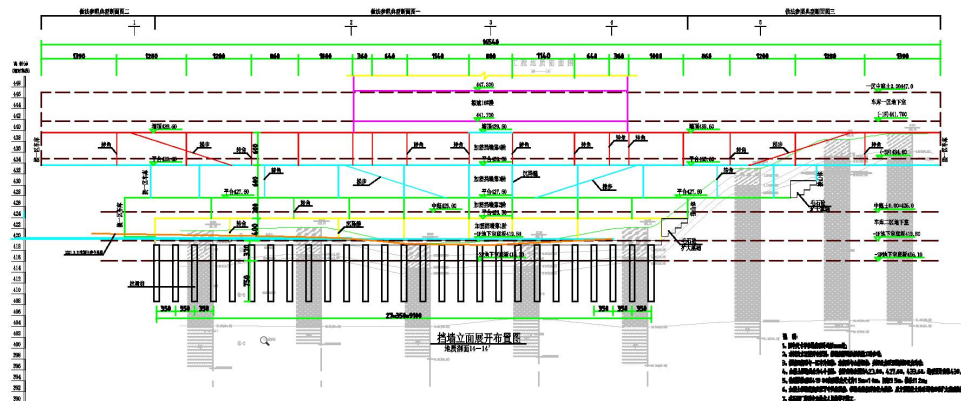
项目信息：

项目位于西南某地级市，由重庆永固设计并提供现场服务。拟建建筑结构类型为框支剪力墙结构，属民用建筑。场地原始地面为第四系均匀的中软土、软弱土，属II类建筑场地，建筑抗震设防烈度为6度，设计地震分组为第一组，为建筑抗震一般地段。根据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）相关规定，边坡工程安全性等级为一级。

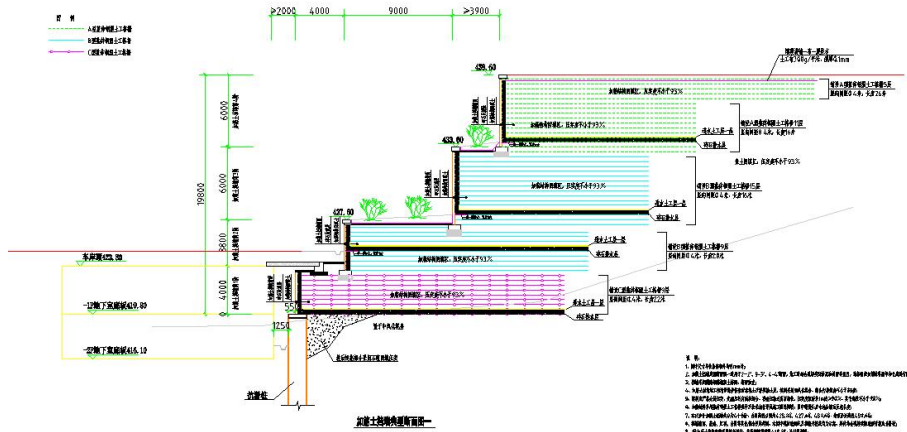
拟建挡墙位于一期和二期建筑合围形成的中庭坡地上，一、二期正负零高差近25米，长约120m。挡墙须结合园林景观、水景和步道建设，形成多平台且通过人行步道相互联通的具有层次感的支护结构。经业主多方对比，最终选择桩基+4阶加筋土挡墙的方案。

方案设计：

因挡墙底部临近一期地下室建筑，为保证安全先采用抗滑桩支护，后采用整体墙面加筋土挡墙进行支挡，挡墙分为4阶，台阶高程分别为：423.80、427.60、433.60，墙顶设计高程439.60，台阶宽度3-10米不等，墙面垂直。台阶间设置人行步道相通，423.8高程台阶设置搭板与一期车库顶相连。挡墙西北端与抗滑桩相接、东南端与现状山体相接。



此次涉及挡墙结合本项目地形及相关构造要求，拟设计为第1阶挡墙高4.0米，第2阶挡墙高3.8米，第3阶挡墙高6.0米，第4阶挡墙高6.0米，每阶挡墙的加筋材料长度采用等长断面设计，加筋材料层间距0.4米，每阶底部设置水平碎石排水层。



分析计算:

设计采用南京库仑岩土 GEOS 软件计算。项目设计合理使用年限为 50 年，场地地震按烈度 6 度，不考虑地震荷载作用。一级边坡设计一般工况下稳定安全系数 $F_s \geq 1.35$ 。墙顶荷载考虑 35KPa，加筋结构回填区填料参数 $\Phi d=35.0^\circ$ ， $C=0$ kPa， $\gamma=18$ KN/m³；加筋区后填土参数 $\Phi=25.0^\circ$ ， $C=0$ kPa， $\gamma=18$ KN/m³，挡墙基础置于中风化基岩和桩基之上。加筋土挡墙抗倾覆、滑移、加筋材料抗拉抗拔及整体稳定计算结果如下：

抗拉承载力验算 (筋材编号 12)

抗拉强度 $R_t = 40.00$ kN/m
筋材受力 $F_x = 2.69$ kN/m

安全系数 = 14.88 > 2.00
筋材抗拉承载力验算 满足要求

抗拔承载力验算 (筋材编号 48)

抗拔强度 $T_p = 80.89$ kN/m
筋材受力 $F_x = 0.75$ kN/m

安全系数 = 107.27 > 2.00
筋材抗拔承载力验算 满足要求

筋材总承载力验算 满足要求

倾覆滑移稳定性验算

倾覆稳定性验算

抗倾覆力矩 $M_{res} = 221065.38$ kNm/m
倾覆力矩 $M_{ovr} = 2743.66$ kNm/m

安全系数 = 80.57 > 1.50
倾覆稳定性验算 满足要求

滑移稳定性验算

抗滑力(平行基底) $H_{res} = 8614.56$ kN/m
滑动力(平行基底) $H_{act} = 295.25$ kN/m

安全系数 = 29.18 > 1.30
滑移稳定性验算 满足要求

倾覆滑移验算 满足要求

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上滑力的总和: $F_a = 2834.40$ kN/m

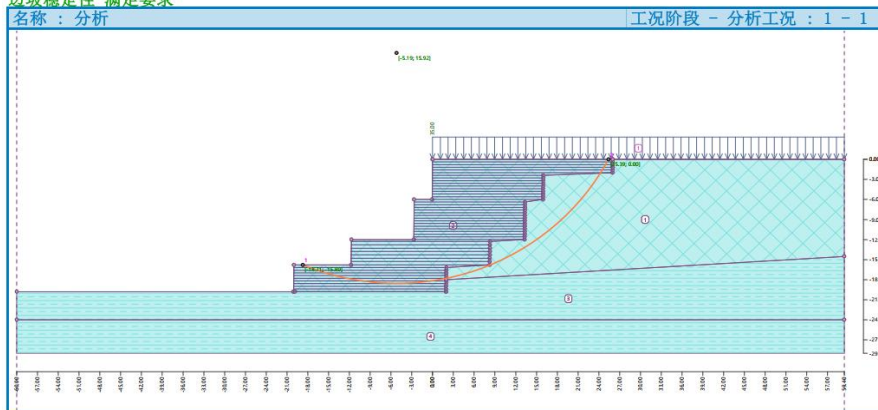
滑面上抗滑力的总和: $F_p = 4534.56$ kN/m

下滑力矩: $M_a = 97730.08$ kNm/m

抗滑力矩: $M_p = 156351.48$ kNm/m

安全系数 = 1.60 > 1.35
边坡稳定性 满足要求

名称: 分析



现场照片：

