

连云港花果山景区九龙桥乘车站  
护坡工程勘查设计

江苏连云港地质工程勘察院有限公司

2026年3月

# 连云港花果山景区九龙桥乘车站 护坡工程勘查设计

项目负责： 周润生  
技术负责： 黄恩陋  
方案编制： 赵 健 刘 畅 徐修超  
              杨 光 房 静  
审 核： 王佳健  
院 长： 魏 鑫  
单位负责： 张鹏程

江苏连云港地质工程勘察院有限公司

2026年3月

## 目 录

1 项目概况 .....	1	设计部分 .....	29
1.1 任务由来 .....	1	5 护坡设计 .....	29
1.2 目的、任务 .....	1	5.1 设计目标与原则 .....	29
1.3 工作依据 .....	2	5.2 护坡设计范围 .....	30
1.4 工作方法 .....	2	5.3 边坡稳定性评价标准 .....	30
1.5 完成的工作量 .....	4	5.4 护坡设计 .....	30
勘察部分 .....	6	6 监测要求 .....	31
2 自然地理及地质环境条件 .....	6	6.1 监测基本要求 .....	31
2.1 气象、水文 .....	6	6.2 监测方法与精度 .....	31
2.2 地形地貌 .....	6	6.3 施工期监测 .....	32
2.3 地层岩性 .....	7	6.4 防治效果监测 .....	32
2.4 地质构造、地震 .....	8	6.5 监测成果提交 .....	32
2.5 水文地质条件 .....	9	7 施工技术要求 .....	33
2.6 工程地质条件 .....	9	7.1 一般规定 .....	33
2.7 人类工程活动概况 .....	9	7.2 施工准备 .....	33
2.8 施工条件 .....	9	7.3 人工挖孔桩成孔 .....	33
3 项目区边坡特征 .....	13	8 工程质量评定与工程验收 .....	39
3.1 边坡基本概况 .....	13	8.1 基本要求 .....	39
3.2 不良地质与灾害 .....	13	8.2 挖孔桩工程质量检验 .....	39
3.3 支护与加固现状 .....	14	9 工程安全与环保 .....	43
3.4 人类工程活动 .....	14	9.1 工程安全 .....	43
4 稳定性分析与发展趋势 .....	15	9.2 环境保护 .....	43
4.1 评价方法 .....	15	10 施工工期与进度安排 .....	45
4.2 边坡稳定性分析 .....	15	10.1 施工工期 .....	45
4.3 边坡发展趋势 .....	28	10.2 进度安排 .....	45
		11 工程量与经费预算 .....	46

11.1 预算依据与标准 .....	46
11.2 工程量及经费预算 .....	46
12 编制说明 .....	48

#### 附件

- 1.资质证书
- 2.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程设计计算书

#### 附图

- 1.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程边坡现状调查图
- 2.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程边坡支护平面布置图
- 3.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程 A-A' 设计剖面图
- 4.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程 B-B' 设计剖面图
- 5.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程 C-C' 设计剖面图
- 6.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程桩板墙施工大样图

## 1 项目概况

### 1.1 任务由来

连云港花果山景区位于江苏省连云港市南云台山中麓，是国家 5A 级旅游景区、国家重点风景名胜区、国家地质公园，被誉为“东海第一胜境”和“海内四大灵山之一”。景区面积 84.3 平方公里，拥有 136 座山峰，其中玉女峰海拔 624.4 米，为江苏省最高峰。花果山四季分明，气候宜人，自然风光秀丽，拥有丰富的动植物资源，如金镶玉竹、古银杏等珍稀树种，以及野生猕猴等动物。景区内大量与《西游记》相关的景点，如水帘洞、七十二洞、八戒石、沙僧石、唐僧崖等，形态逼真，充满神话色彩。此外，还有三元宫、阿育王塔、玉皇阁等历史悠久的古建筑，以及吴承恩纪念馆等文化景点。景区于 1985 年正式对外开放，近年来不断完善基础设施，建设了西游大道、生态游步道等，方便游客游览。

九龙桥作为景区重要交通枢纽，承担索道下站功能，衔接景区地面交通与索道游览系统，优化游客换乘体验。通过九龙桥乘车站的建设，改善游客体验，促进旅游发展。九龙桥乘车站建设用地约 1200 平方米，地处九龙桥前个转弯处，距九龙桥现有站点约六、七十米，地势高差较大，基地有下穿预埋涵洞，上空有高压线，环境优美。九龙桥乘车站呈阶梯式布局，利用山体高差设计错落有致的平台或退台，将该建筑分解为多个层级，与山势自然衔接。在转弯处采用局部悬挑结构，减少对山体的开挖，节省造价，同时创造轻盈的视觉体验。架空设计可保护原有植被。

项目在施工过程中局部有边坡开挖，开挖深度 2~7m，且项目区北侧道路垫层较

厚，边坡稳定性较差，为保护游客及过往行人的安全，保护景区地质环境，连云港市花果山风景区管理处委托我单位编制该项目的护坡设计方案。我单位接受委托后，收集了项目区以及周边相关资料，随即组织专业技术人员进行了现场地质环境调查，在此基础上，根据相关法律法规及技术规范的要求，于 2026 年 2 月完成了该项目护坡设计方案及图件的编制工作。

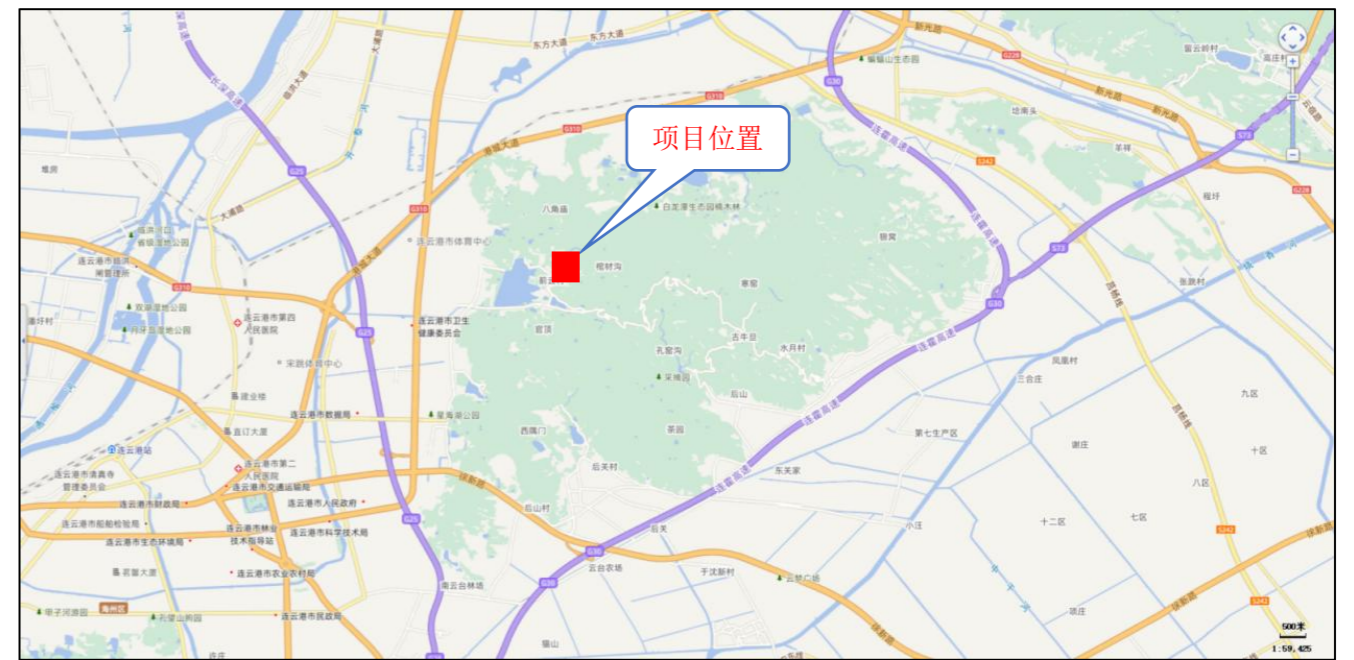


图 1-1、项目区交通位置图

### 1.2 目的、任务

在充分利用已有基础地质、水文地质、工程地质、环境地质等资料的基础上，通过野外地质环境调查等工作，查明项目区边坡地质环境条件发育特征，分析项目施工过程中可能引发的地质灾害，对边坡进行详细的勘察，预测了边坡稳定性发展变化趋势，根据勘察结果进行护坡设计。主要任务如下：

(1) 通过资料收集，查明项目区及周边所处的地质环境条件，包括自然地理、气象水文、地层岩性、区域构造、水文地质、人类工程活动情况等；

(2) 对项目区边坡进行详细的勘查，查明项目区岩土体工程地质条件，包括岩土体工程地质特征、分布特征及物理力学性质；

(3) 查明边坡现有边坡地质环境特征及工程施工可能引发的地质灾害，包括分布范围、产生原因及影响范围，分析致灾因素（如降雨、人类工程活动等）的强度、周期及其对坡体稳定性的影响；

(4) 根据野外调查和边坡勘查结果进行边坡坡体稳定性评价（包括定性评价和定量评价），并对地质灾害危险性进行分析；

(5) 根据资料收集和野外调查结果，编制技术可行、经济合理、可操作性强的护坡设计方案。

### 1.3 工作依据

本次工作主要参考和依据的法律、法规、规范和标准有：

#### (1) 法律法规

- a、《地质灾害防治条例》（国务院第 394 号令）；
- b、《江苏省地质环境保护条例》（江苏省第十一届人民代表大会常务委员会第 4 号公告）；
- c、《江苏省地质灾害防治管理办法》（江苏省人民政府第 154 号令）；
- d、《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》（国务院国发[2011]20 号）；

#### (2) 技术规范

- a、《建筑边坡工程技术规范》（GB50330—2013）；
- b、《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（1:50000）》（DZ/T 0261—2014）；
- c、《工程岩体分级标准》（GB/T 50218-2014）；
- d、《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 2087-2016）；
- e、《滑坡防治工程勘查规范》（GB/T 32864-2016）；
- f、《地质灾害灾情调查评估指南（试行）》（T / CAGHP 024-2018）。
- g、《滑坡防治设计规范》（GB/T 38509-2020）；
- h、《工程测量标准》（GB 50026-2020）；
- I、《矿山生态修复工程技术规程第 2 部分：调查 勘查与设计》（DB32/T 4077.2—2021）；
- J、《矿山生态修复工程技术规程第 3 部分：施工与监理》（DB32/T 4077.3—2021）。

#### (3) 其他资料

- a、本项目委托书、合同等；
- b、《花果山景区管理处九龙桥西滑坡地质灾害治理项目设计》（江苏连云港地质工程勘察院有限公司，2026.1）；
- c、《九龙桥乘车站项目建筑方案设计》；
- d、《花果山景区九龙桥乘车站岩土工程详细勘察报告》（中化地质江苏岩土工程有限公司，2025.9）

### 1.4 工作方法

根据项目区所处的边坡地质环境条件特征，本次工作主要采用资料收集、综合调

查和室内综合分析相结合的方法，以查明边坡特征，评价其稳定性，制定合理的护坡方案。

#### 1.4.1 资料收集

①收集项目区内区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、遥感以及人类工程活动等方面的资料，以了解边坡演化、发展情况。

②收集项目区及周边区域项目规划、人类工程活动、道路设计等资料。

③在获取上述资料后，及时对其进行整理，对所获取的资料进行地址位置核对，评价已有工作的满足精度，指导下一步补充研究工作的部署，对测量、遥感等资料还要按时间序列进行对比分析。

#### 1.4.2 地形测量

地形测绘采用无人机航测，精度按 1:500 比例要求进行。

#### 1.4.3 边坡现状调查

在系统分析区内基础地质、水文地质、工程地质、环境地质等相关资料的基础上，以地形图为底图，进行详细的野外边坡地质环境调查测绘。调查范围包括整个项目区域并外扩至重要地质界线点等。

①基本概况调查：边坡位置、所属工程、道路场地关系、边坡高度、坡度、坡长、坡型、周边环境；

②地形地貌调查：地貌类型、微地貌、汇水条件、冲沟走向、坡面冲刷等情况；

③地层岩性调查：岩土体类型及岩土物理状态；

④地质构造调查：岩层走向、倾向、倾角、节理、裂隙、断层、破碎带分布、产

状、张开度结构面与边坡临空面的组合关系；

⑤水文地质调查：地下水及地表水类型；

⑥不良地质与灾害现象：已有滑坡、崩塌、错落、泥石流迹象、坡面裂缝等；

⑦支护与加固现状：挡土墙、锚杆、锚索、框架梁、喷护、排水设施、现有结构破损、变形、失效情况；

⑧地震与人类工程活动：区域地震烈度、历史地震影响、开挖、堆载、抽水、采矿、修路等扰动；

#### 1.4.4 工程地质钻探

为了详细了解边坡岩土层的岩性特征、厚度、物理力学性质和空间分布、变化规律等情况，以查明覆盖层厚度和下伏基岩的分布形态；查明边坡岩土体工程地质条件及其物理力学性质，尤其是边坡软弱结构面的厚度、分布、延展与变化规律；查明岩土体的地质结构、各类岩土物理力学特征，查明边坡内透水、含水层（组）的岩性、厚度、埋藏条件、地下水的水位、水量及水质等情况，对工程地质钻探孔进行详细的地质编录。

本次勘查钻探工作采用 1 台 XY-1 型岩芯钻机施工。开孔孔径 130mm，终孔孔径 110mm，填土中采用跟管钻进，填土下采用泥浆护壁钻进，回次进尺控制在 2.0m 以内。在钻探过程中每 2m 进行一次取样，取样按《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T87-2012）的有关要求实施。钻孔验收后，对钻孔进行水泥砂浆封孔处理。

本次钻探工作实施过程中在勘查工作总体布置的基础上，加强勘查过程中的阶段性资料分析，实行动态勘查、综合勘查的方法，根据实际情况对勘查工作部署及时进

行调整。根据勘察认识的不断深入，及时合理的调整勘察工作布置（如钻探取样孔的数量、位置、深度、取样要求等），确保勘察工作能够满足工程要求，能够查明形成地质灾害的主导因素和勘察区的地质环境条件。

本次工程地质钻探工作共布置了3条勘探线，6个钻探孔，1个探孔。钻孔进尺9.50~21.60m，总进尺77.60m。勘探点平面位置见附图1，具体完成工作量见表1-1。



照片 1-1、钻探施工

表 1-1 勘察区勘察孔工作量一览表

钻孔位置一览表					
编号	勘探点类型	勘察孔坐标		孔口高程 (m)	钻孔进尺 (m)
		X	Y		
ZK01	机钻孔	3834906.308	434346.167	190.12	10.60

ZK02	机钻孔	3834911.906	434371.060	187.24	21.60
ZK03	机钻孔	3834917.253	434394.816	185.55	12.10
ZK04	机钻孔	3834888.611	434346.523	191.99	10.00
ZK05	探孔	3834889.203	434360.100	185.52	0.80
ZK06	机钻孔	3834902.186	434395.524	180.96	9.50
ZK07	机钻孔	3834904.784	434377.277	182.79	13.00

#### 1.4.5 边坡稳定性、危害性评价

根据野外地质灾害调查、钻探结果并结合室内试验，采用定性、定量相结合的方法，研究项目区边坡现状稳定性及边坡开挖危害性，并预测边坡稳定发展趋势及危害程度。

#### 1.4.6 护坡设计

有针对性开展施工场地施工条件调查，提出边坡护坡措施和相关建议；根据经济合理、技术可行的原则，通过综合分析研究，按照相关标准规范要求制定合理可行的护坡设计方案。

### 1.5 完成的工作量

本次工作内容包括地质资料收集、工程地质测绘、野外调查、工程地质钻探、室内综合研究及报告编写等。本次工作收集了治理区及周边区域地质、水工环地质资料12份，在充分分析已有地质资料的基础上，对治理区及周边开展了工程地质测绘、野外边坡调查等工作，查明了项目区边坡地质环境条件等，通过室内分析获得了边坡稳定性、危害性的定性评价参数，在此基础之上，依据相关标准规范编制了护坡设计方案。本次工作投入的实物工作量见表1-2。

表 1-2 工作投入的实物工作量

序号	工作项目	单位	工作量	备注
1	资料收集	份	12	
2	地形测量（航测）	km <sup>2</sup>	0.2	按 1:500 的比例尺进行，不足 0.2km <sup>2</sup> 的按 0.2km <sup>2</sup>
3	工程地质测绘	km <sup>2</sup>	0.2	
4	边坡地质环境调查	km <sup>2</sup>	0.2	
5	野外摄影（含航拍）	张	85	
6	勘探	m/孔	77.60/7	
7	报告编制	份	1	

## 勘查部分

### 2 自然地理及地质环境条件

#### 2.1 气象、水文

项目区属暖温带向北亚热带过渡地带，海洋性季风气候，冬冷夏热，四季分明。年平均气温 14.5℃，一月平均气温-0.2℃，七月平均气温 26.8℃，年最高气温 38.5℃，年最低气温-19.8℃，冬季最大冻土厚度 0.22m。春冬两季多北风、西北风，夏秋两季则东南风居多，平均风速 3.3m/s。年平均降雨量 900mm，主要集中于 7、8、9 三个月，6 约占全年降雨量的 2/3。年最大降雨量 1380.7mm，最小降雨量 520.7mm，日最大降雨量 264.4mm，最长连续雨日 14 天，最大连续暴雨量 244.2mm。降雪集中于 12 月至次年 2 月，最大积雪厚度 280mm。全年无霜期 216 天（图 2-1）。

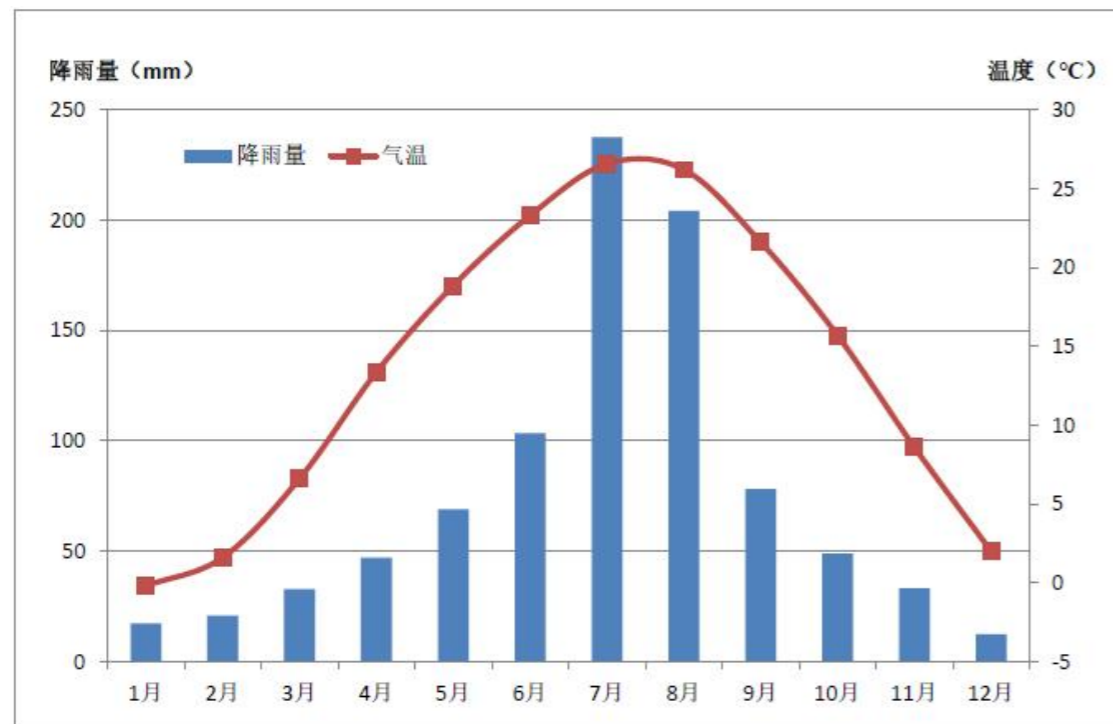


图 2-1、连云港市月降雨量、气温分布图

连云港市水系基本属于淮河流域沂沭泗水系。沂沭地区的主要排洪河道新沂河、新沭河等均从市内入海，故有“洪水走廊”之称。境内还有玉带河、龙尾河、兴庄河、青口河、锈针河、柴米河、蔷薇河、善后河、盐河等大小干支河道 40 余条，有 17 条为直接入海河流，有盐河等河直接与运河及长江相通。

项目区内地表水系不发育。区内雨水主要通过坡面径流，经山体冲沟流入下部低洼地带。

#### 2.2 地形地貌

连云港市位于鲁中南丘陵与淮北平原的结合处，山海齐观，平原、大海、低山丘陵齐全，河湖、滩涂、湿地、海岛俱备。地势由西北向东南倾斜，形如一只飞向海洋的彩蝶。境内以平原为主，中部、西北部点缀有大小山峰 214 座，其中，云台山主峰玉女峰海拔 624.4 米，为江苏省最高峰。根据地貌形态、成因等，连云港市地貌可划分为低山丘陵、残丘、剥蚀准平原、冲洪积平原、冲积平原及海积平原六种地貌类型。项目区位于连云港市花果山景区，属于剥蚀低山丘陵区（图 2-2）。

边坡整体处于花果山剥蚀低山丘陵区，属于低山丘陵地貌，区域地形起伏较大，山体整体地势呈现东南低、西北高的态势。边坡所在微地貌为山体边坡中段，坡体倾向东南，坡面现状平缓，无明显凸起、凹陷等特殊微地貌形态；周边山体坡面完整，与该边坡连成一体，微地貌条件相对简单。坡脚高程约+175m，坡顶高程约+190m，高差约 25m，山体整体坡度约 18°，坡度较缓。山体由人工填土、残坡积土和上元古界海州群云台组片麻岩成。项目区植被发育，主要植被有赤松、槐树及灌木等。

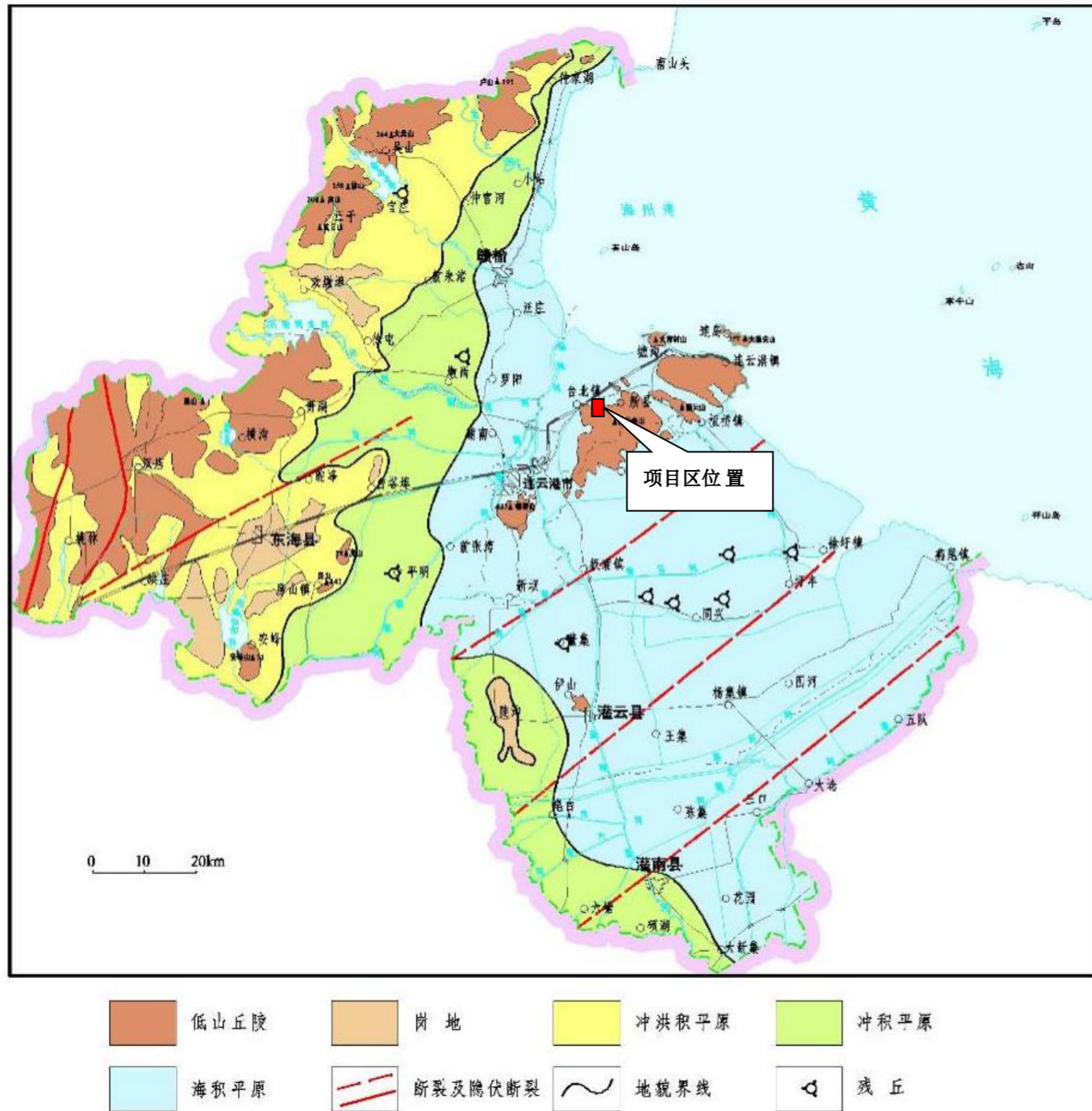


图 2-2、连云港市地形地貌图

## 2.3 地层岩性

本区地层属华北地层区连云港地层分区赣榆—连云港—东海地层小区。

### 2.3.1 中元古界变质岩

基底地层以上元古界海州群云台组为主，主要岩性组合为二长浅粒岩、斜长浅粒岩、白云二长片麻岩，白云、黑云斜长变粒岩，白云石英片岩、白云片岩、蓝晶石英（片）岩等。区域地层岩性见表 2-1。

### 2.3.2 第四系

上覆新生界第四系全新统（ $Q_4$ ）、上更新统（ $Q_3$ ）、中更新统（ $Q_2$ ）及下更新统（ $Q_1$ ）地层，主要为海相的沉积、冲洪积淤泥质土、粘性土及砂土为主。

表 2-1.区域地层岩性表

界	系	统(群)	组(段)	代号	岩性特征
新生界	第四系	全新统	连云港组	$Q_4$	上段灰、灰黄色粉质粘土为主，中段灰、灰黑色淤泥为主，下段灰黑色粉质粘土、中砂、粉质粘土夹砂。
		上更新统	戚嘴组	$Q_3$	灰黄、黄褐色粉质粘土，夹砂层，含有钙质结核、铁锰结核、局部含碎石。
		中更新统	泊岗组	$Q_2$	黄色、棕黄色中粗砂夹粉质粘土。
		下更新统	王圩组	$Q_1$	黄褐、灰白色粘土夹中粗砂。
上元古界	海州群	云台组		$Pt_{2-3hy}$	二长浅粒岩、斜长浅粒岩、白云二长片麻岩，白云、黑云斜长变粒岩，白云石英片岩、白云片岩、蓝晶石英（片）岩。
		锦屏组		$Pt_{2hj}$	石英云母片岩、碳酸盐石英云母片岩、白云斜长片麻岩、白云二长片麻岩、白云石大理岩、石膏大理岩、云母大理岩；白云石磷灰岩、云母磷灰岩。
下元古界	东海群	胸山组		$Pt_{1dhq}$	上部：混合花岗岩、混合片麻岩、均质混合岩、似斑状-眼球状混合岩、二长黑云片岩、斜长角闪片岩、浅粒岩。 下部：含绿帘黑云斜长片麻岩、含石榴石二云斜长片麻岩、二长片麻岩、含磁铁石英岩、白云石大理岩、白云母石英片岩

## 2.4 地质构造、地震

### 2.4.1 构造

区域大地构造位于秦岭—大别造山带东段南部地区、郯庐断裂带中段东侧，是秦岭造山带折返抬升较高的部位，具典型的造山带根部特征。中生代以来，脆性断裂活动和岩浆侵入作用是本区构造活动的特色。但受第四纪地层覆盖的影响，各种构造均隐伏于第四系之下。据资料研究，区域内断裂构造主要有近东西向，北东向、北西向三组（见图 2-3）。

近东西向主要断裂为拓汪—黑林断裂（26）和和南城—海州断裂（28）等，在区内表现为最老的构造形迹，以往资料认为有被蛇纹岩和中生代的花岗岩体所破坏，为纬向断裂。

北东向主要断裂为海州—泗阳断裂（6）、猴咀—南城断裂（8）和邵店—桑墟断裂（10）等，该组断裂展布方向  $60^\circ$  左右，一般认为属华夏系（式）。

北西向主要断裂为余墩—驼峰断裂（20）、石梁河—三岔口断裂（21）和南城新浦断裂（22）等。

### 2.4.2 地震

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011—2010）（2016 年修订稿），项目区抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为  $0.10g$ ，设计地震分组为第三组。项目区位于郯庐地震带东侧，根据有关史料记载，项目区主要是受到周围地区发生破坏性地震的波及影响，如：1668 年山东郯城发生的  $M_s8.5$  级特大地震，影响范围大，对项目区及其周围产生了一定的破坏性；20 世纪 70 年代以来，周围地区发生了一系列的中

强地震：1984 年 5 月 21 日南黄海  $M_s6.2$  级地震、1987 年 2 月 17 日射阳海洋  $M_s5.1$  级地震、1991 年 11 月 5 日射阳  $M_s4.7$  级地震、1992 年 1 月 23 日南黄海  $M_s5.3$  级地震，赣榆区均有震感。

总的来说，项目区及附近历史上未发生过中强以上地震，主要是受到郯庐地震带和南黄海区域发生中强地震的波及影响，近期内发生破坏性地震的可能性很小，为相对稳定区。

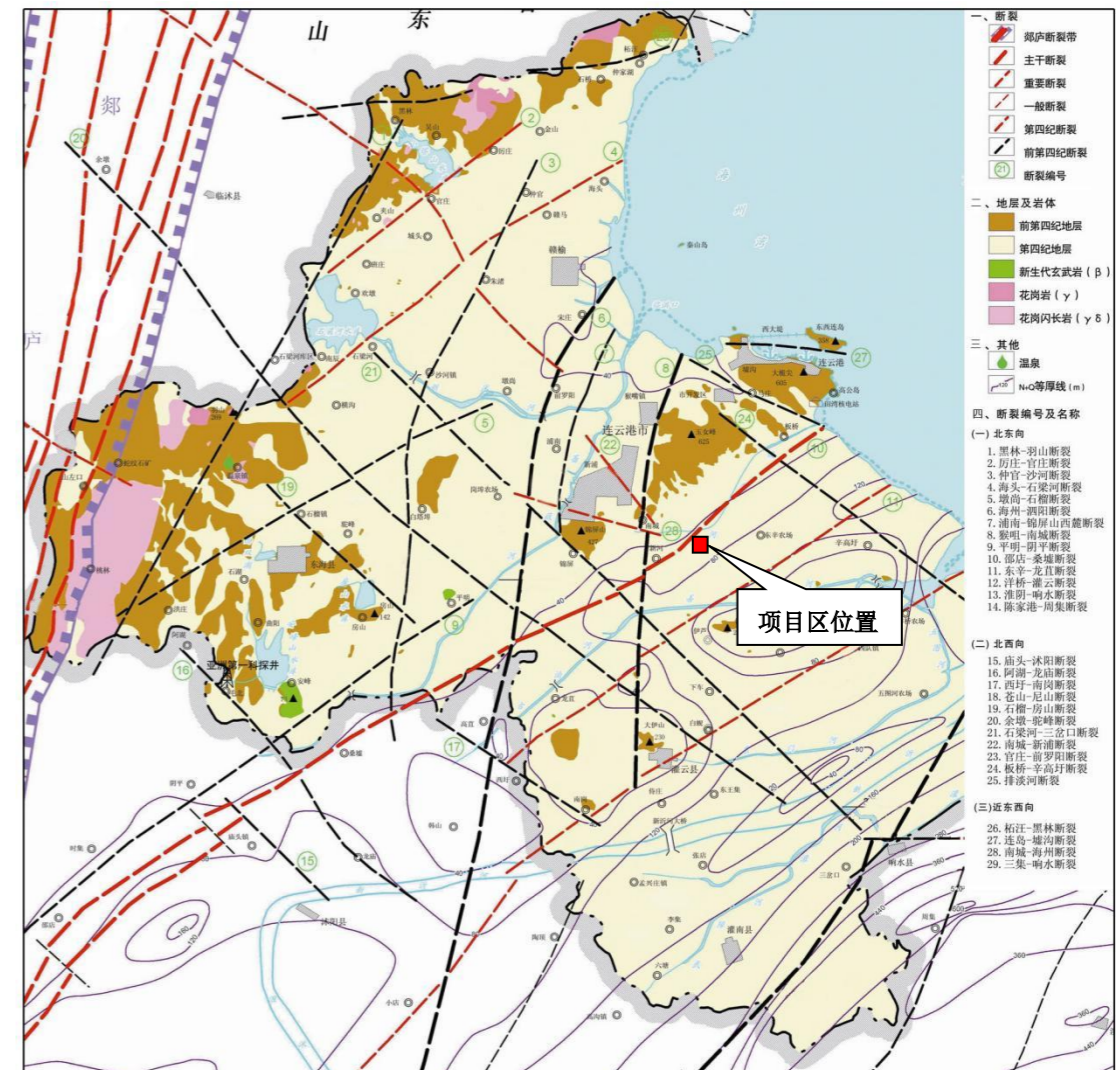


图 2-3、连云港市地质构造图

## 2.5 水文地质条件

### 2.5.1 地表水

据调查,项目区中部有一条主冲沟,西侧有一条小冲沟。整个边坡高程呈轴线低,两翼高,边坡表层以粘性土为主,透水性较差,地表降水沿坡面流至中间冲沟向山下排泄。整个坡体排水条件较为清晰,排水良好。

### 2.5.2 地下水

根据地下水赋存条件,项目区地下水类型主要为基岩裂隙水。

基岩裂隙水主要沿岩体节理裂隙分布,岩体节理裂隙分布不均且多被充填,只在局部范围内连通,构成脉状含水系统,赋存脉状裂隙水。基岩岩性主要为中元古代变粒岩,由于其裸露区风化构造裂隙充填程度高,渗透条件差,故总体上富水性差。以大气降水为主要补给源,沿风化裂隙、构造裂隙渗流。单井涌水量 $0.16\text{L/s}\cdot\text{m}\sim 0.26\text{L/s}\cdot\text{m}$ ,总体赋水量较小。

## 2.6 工程地质条件

根据项目的勘查资料显示,滑带土层自上而下可分为7层,主要工程地质剖面见图2-4~2-6,地层分别描述如下:

1.杂填土:黄褐色,松散,土质不均,已砂土为主,上部0.3m为混凝土,含碎石、建筑垃圾等;0.5m以下为回填土。

2.素填土:灰黄色,松散,土质不均,以沙土为主,含2~7cm的块状碎石,偶见少量建筑垃圾,局部呈短柱状,以片麻岩为主。

3.块石:灰红色,松散,以中风化片麻岩为主,岩心呈2~8cm块状,次呈6~19cm

短柱状,由砂土状风化岩充填。

4.粉质黏土:黄褐色,松散,以风化岩为主,含植物根系碎石。

5.全风化片麻岩:黄褐~青绿色,原岩结构,已全面分化,但可见原岩结构,主要矿物为云母、石英,岩芯呈沙土状,手捏易碎。

6.强风化片麻岩:灰黄色,粒状变晶结构片,麻质构造,裂隙发育,岩体破碎,主要矿物为石英、长石、云母,岩芯呈2~17cm的块状,次呈7~10cm的短柱状。

7.中风化片麻岩:灰红色,粒状变晶结构片,麻质构造裂隙发育,岩体较完整。局部夹云母片岩夹层,厚度0.3m~1.1m,在ZK2和ZK4钻孔中揭露。主要矿物为石英、长石、云母,岩芯层3~47cm柱状,次呈10cm块状,带水钻进困难,锤击声清脆。

## 2.7 人类工程活动概况

项目区人类工程活动主要为景区开发建设的人工填土、道路切坡、房屋建设等活动。因这些工程活动导致山体地形改变、覆盖层变厚,易诱发滑坡地质灾害。

## 2.8 施工条件

项目区位于花果山,景区内内部道路通达项目区。施工用水可从附近的自来水接入。施工动力主要由柴油设备提供。项目区上方道路可供施工机械、材料临时堆放。

施工所需材料基本上能够就近购买。

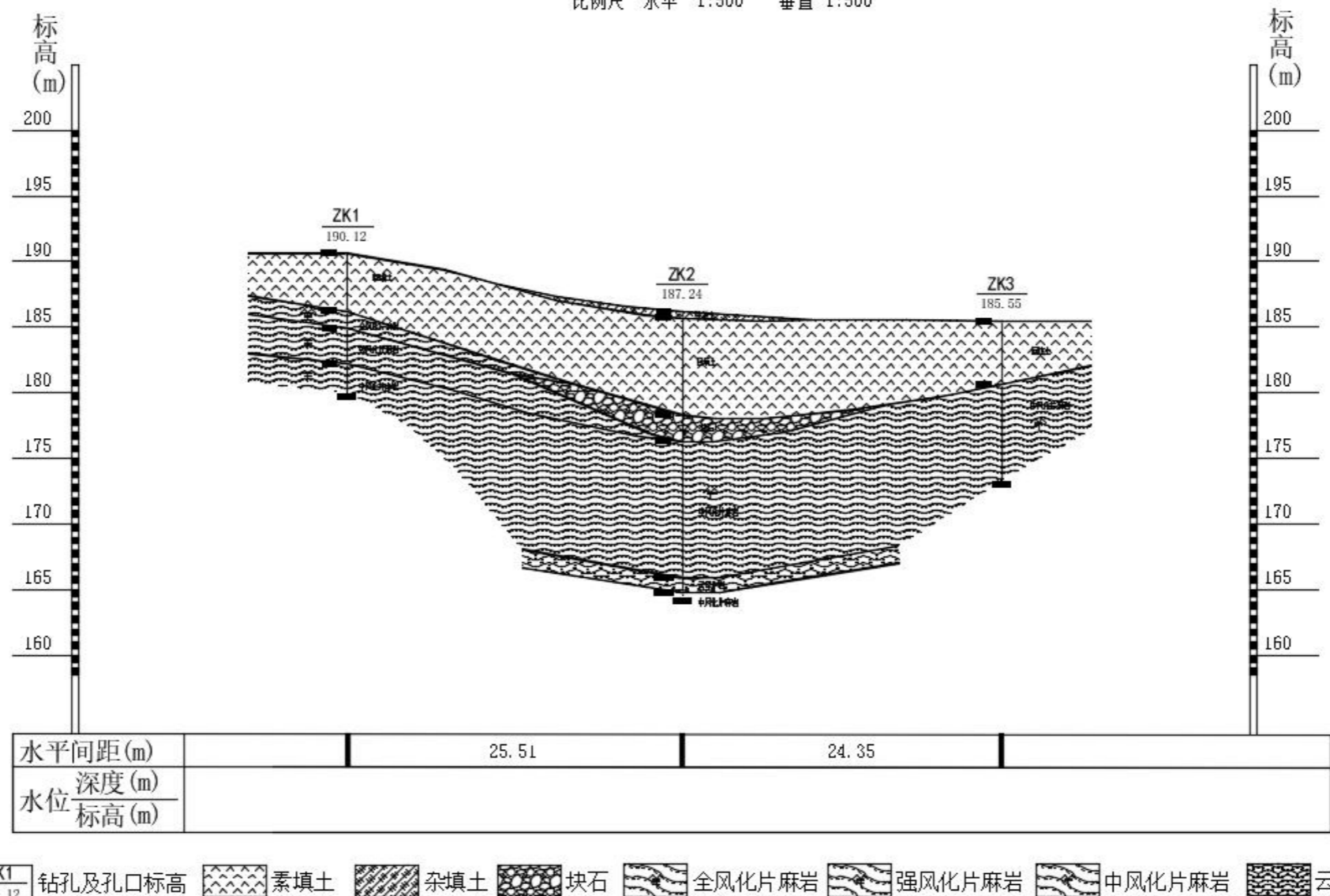
综合评价认为:施工条件较好。

工程名称:连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程

工程编号:2026-01

### 1-1' 地质纵剖面图

比例尺 水平 1:500 垂直 1:500



江苏连云港地质工程勘察院有限公司

图 2-4、1-1' 工程地质剖面图

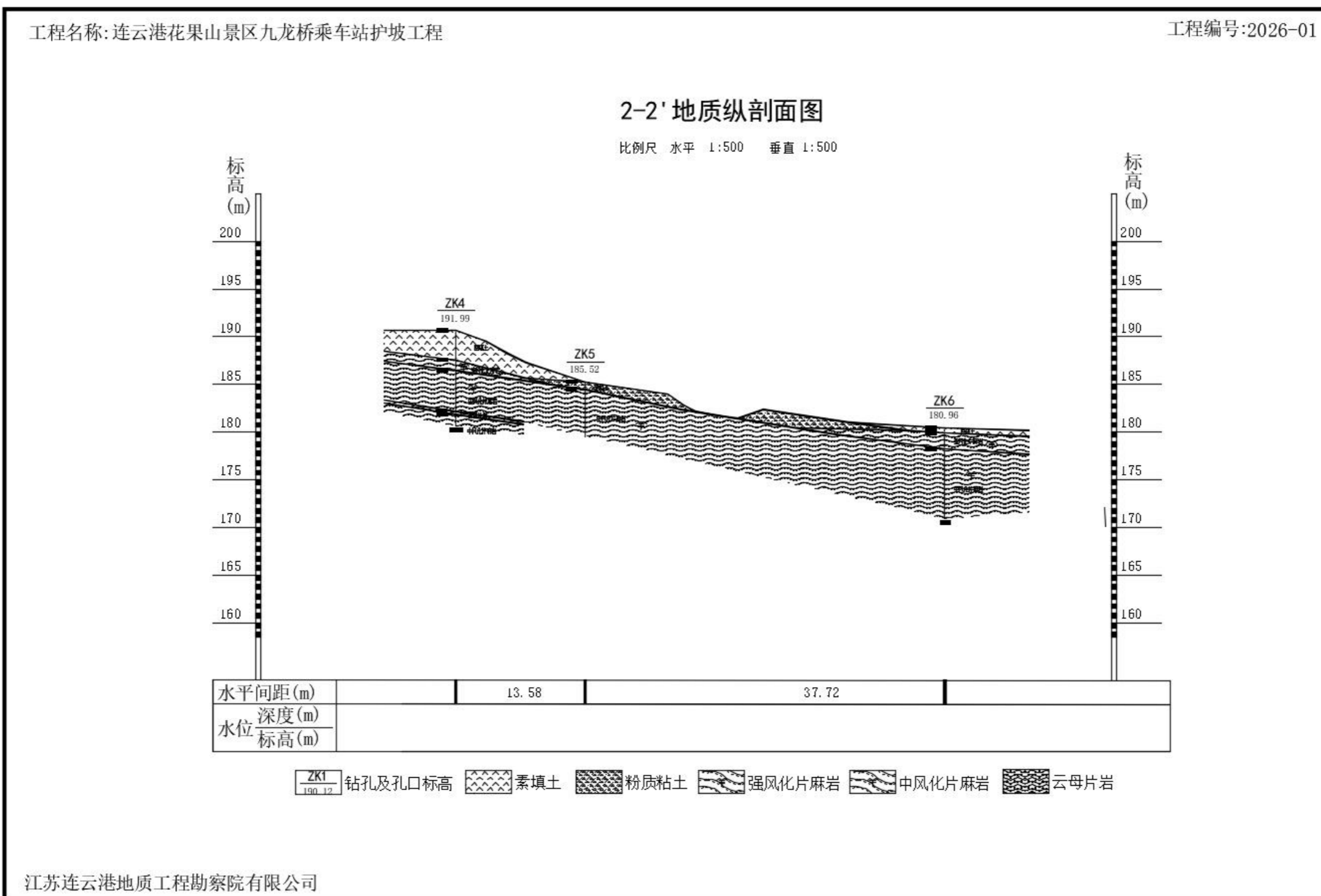


图 2-5、2-2' 工程地质剖面图

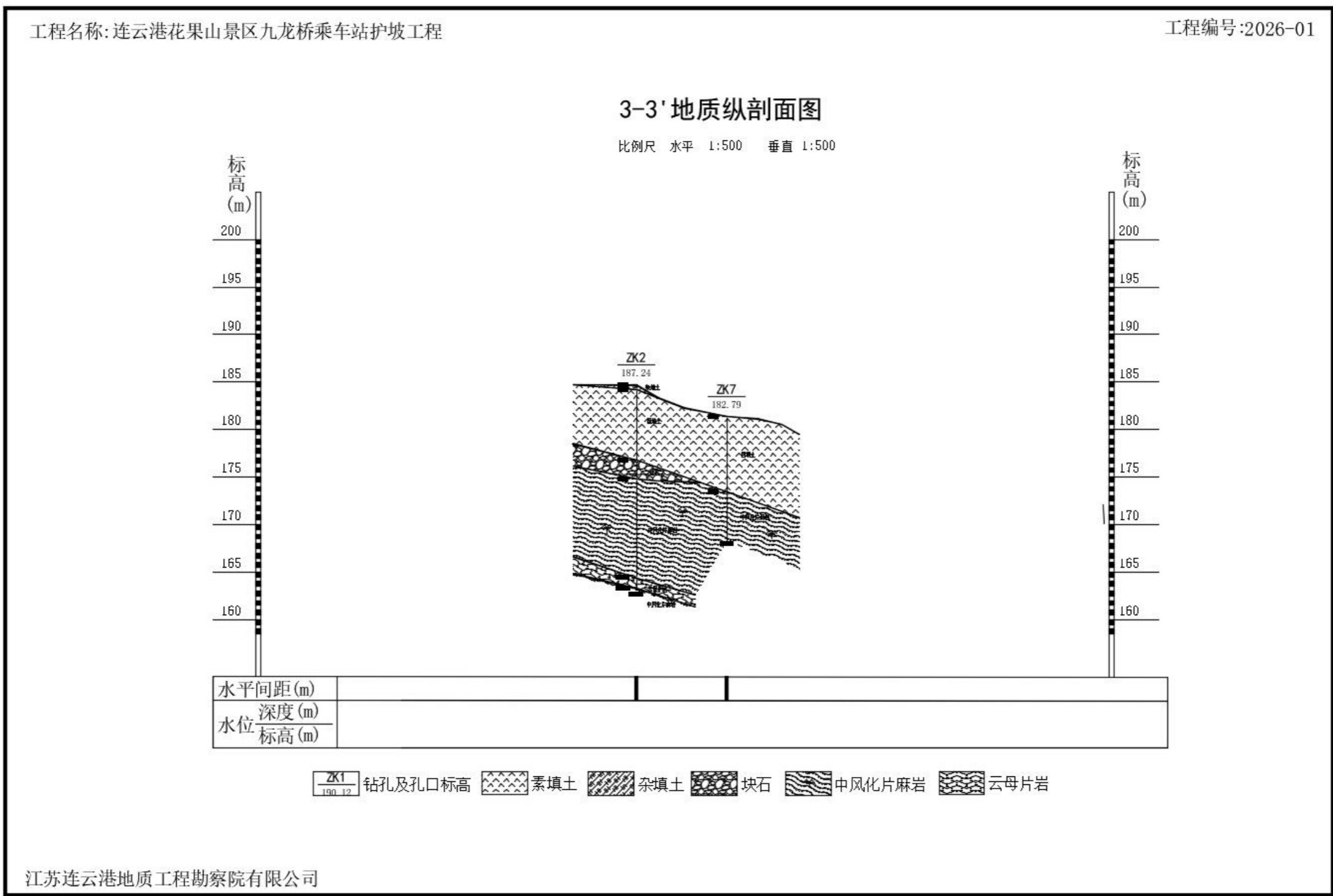


图 2-6、3-3' 工程地质剖面图

### 3 项目区边坡特征

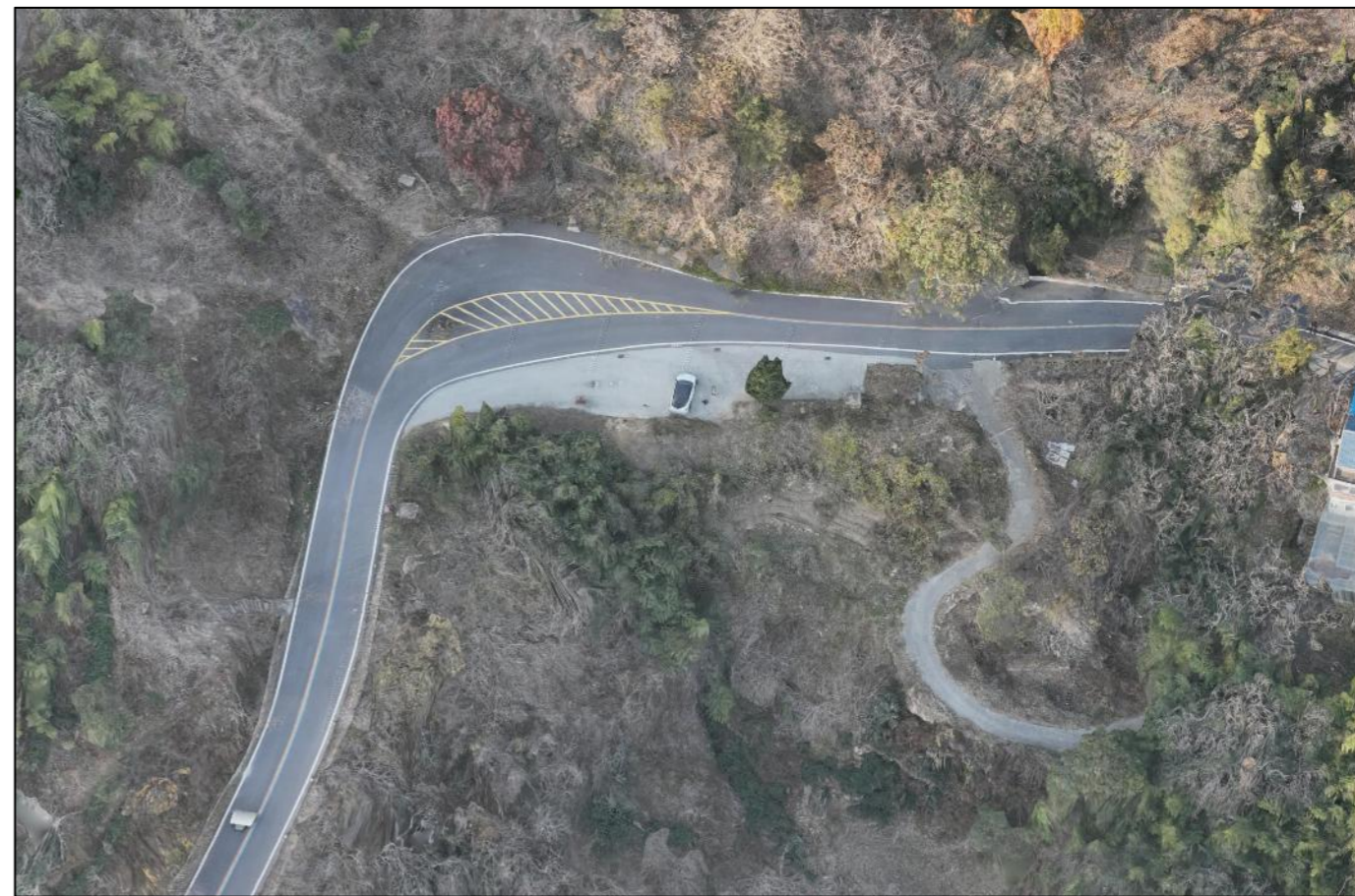
根据野外调查结果，该边坡为修筑九龙桥道路切坡填方所形成的，后期九龙桥换乘站因施工开挖，拟形成一个的2~7m的陡坡。其地质环境及现状特征描述如下：

#### 3.1 边坡基本概况

边坡位于花果山景区九龙桥乘车站项目用地周边，属九龙桥西侧山体范围，地处景区剥蚀低山丘陵区，具体位于九龙桥前转弯处附近。项目工程隶属于九龙桥换乘站建设工程，为换乘站施工开挖过程中拟形成的边坡，是换乘站施工配套需治理的边坡工程。

现状边坡为道路填方形成的缓坡，结合区域山体原始坡度约 $35^\circ$ ，边坡东西长约55m，南北宽约23m，坡体延伸方向与九龙桥西侧山体走向基本一致。现状坡型坡面平缓、无明显陡坎，为人工填方形成的自然缓坡形态；边坡地处景区范围内，周边植被发育良好，主要分布赤松、槐树及各类灌木；周边存在下穿预埋涵洞，上空有高压线分布，临近九龙桥及换乘站施工区域，周边无密集居民区及重要建筑物，但需兼顾景区生态及施工、道路通行安全。

边坡坡顶为项目周边既有道路，道路为边坡坡顶主要场地，边坡开挖作业将紧邻坡顶道路开展，坡顶高程介于+185m~+191m之间，换乘站施工需开挖至+184m标高，开挖深度约2~7m；开挖后坡体与道路衔接紧密，需兼顾道路通行安全。



照片3-1、花果山景区九龙桥乘车站项目边坡现状照片

#### 3.2 不良地质与灾害

经现场调查，该边坡上方为九龙桥滑坡地质灾害隐患点，目前已进行项目设计，后期对项目进行施工，项目区边坡现状无明显不良地质现象及地质灾害迹象，坡体整体完整，无滑动、坍塌痕迹，坡面无明显错落台阶，坡面无明显裂缝，无论是现状缓坡坡面，还是坡顶道路及周边区域，均未发现贯通性裂缝、拉张裂缝等隐患；坡体岩土体虽较松散，但未出现局部坍塌、掉块等现象，仅冲沟周边有少量轻微冲刷痕迹，无其他不良地质隐患；

开挖后，因坡体变为陡坡、临空面增大，可能引发潜在滑坡、坍塌风险，目前现

状边坡处于稳定状态。

### 3.3 支护与加固现状

该边坡为道路填方形成的自然缓坡，目前未设置任何专门的支护与加固设施，仅依靠土体自身重力、岩土体颗粒间摩擦力及周边植被保护维持现状稳定。未设置地表排水沟、排水孔等配套排水构件，仅依靠自然地形、坡面径流及冲沟实现排水，道路下方设置了涵洞连接上下冲沟。

### 3.4 人类工程活动

过往人类工程活动主要为景区道路建设过程中的填方作业，现状边坡即为道路填方形成，填方作业改变了山体原始地形，使边坡覆盖层增厚，填方土体（杂填土、回填土）结构松散，为边坡潜在失稳埋下隐患；同时，景区开发过程中的少量道路切坡、植被清理等活动，对坡体有轻微扰动，但影响较小。

当前及未来人类工程活动以九龙桥换乘站施工开挖作业为主，将直接扰动坡体，将现状缓坡开挖为笔直陡坡，打破坡体原有平衡，是影响边坡稳定性的主要人类工程活动；此外，施工过程中的堆载、施工机械作业等，可能进一步扰动坡体，需严格控制施工扰动。

## 4 稳定性分析与发展趋势

### 4.1 评价方法

边坡上部主要由人工填土、块石等组成，滑动面位于人工堆填物与原始坡面接触面，本次采用简化 Bishop 法和 Morgenstern-Price 法进行边坡稳定性分析（计算软件：GEO5 2022 CHN，Geostudio2024）。

本次边坡有限元计算采用了 Geostudio2024 软件。Geostudio 软件是一款专业的岩土工程仿真分析软件套件，由加拿大 GEO-SLOPE 公司开发，集成了多个功能模块，可全面解决岩土工程中的渗流、应力变形、边坡稳定、地震响应等复杂问题。运用 SIGMA/W 模块对边坡变形进行有限元分析，求解边坡应力场和变形场。

### 4.2 边坡稳定性分析

#### 4.2.1 计算公式

简化 Bishop 法计算公式如下：

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n 1/m_{\theta_i} [c_i l_i \cos \theta_i + (G_i + G_{bi} - U_i \cos \theta_i) \tan \phi_i]}{\sum_{i=1}^n [(G_i + G_{bi}) \sin \theta_i + Q_i \cos \theta_i]}$$

$$m_{\theta_i} = \cos \theta_i + \tan \phi_i \sin \theta_i / F_s$$

$$U_i = 1/2 \gamma_w (h_{wi} + h_{wi-1}) l_i$$

式中：

$F_s$ ——边坡稳定性系数；

$c_i$ ——第  $i$  计算条块滑面粘聚力（kPa）；

$\phi_i$ ——第  $i$  计算条块滑面内摩擦角（度）；

$l_i$ ——第  $i$  计算条块滑面长度（m）；

$\theta_i$ ——第  $i$  计算条块滑面倾角（度），滑面倾向与滑动方向相同时取正值，滑面倾向与滑动方向相反时取负值；

$U_i$ ——第  $i$  计算条块滑面单位宽度总水压力（kN/m）；

$G_i$ ——第  $i$  计算条块单位宽度自重（kN/m）；

$G_{bi}$ ——第  $i$  计算条块单位宽度竖向附加荷载（kN/m）；方向指向下方时取正值，指向上方时取负值；

$Q_i$ ——第  $i$  计算条块单位宽度水平荷载（kN/m）；方向指向坡外时取正值，指向坡内时取负值；

$h_w$ 、 $h_{w,i-1}$ ——第  $i$  及第  $i-1$  计算条块滑面前端水头高度（m）；

$\gamma_w$ ——水重度，取  $10\text{kN/m}^3$ ；

$i$ ——计算条块号，从后方编起；

$n$ ——条块数量。

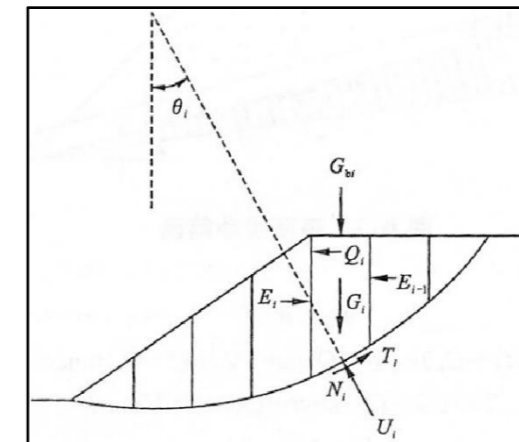


图 4-1、圆弧形滑面计算示意图

Morgenstern-Price 法计算公式如下：

力矩平衡方程：

$$F_s = \frac{\sum (c_i l_i R + (N_i - U_i l_i) R \tan \phi_i)}{\sum (W_i R \sin \theta_i + Q_i R \cos \theta_i + \text{其他荷载项})}$$

力平衡方程（水平方向）：

$$F_s = \frac{\sum (c_i l_i \cos \theta_i + (N_i - U_i l_i) \tan \phi_i \cos \theta_i)}{\sum (N_i \sin \theta_i + \text{其他水平力项})}$$

条间力函数关系:

$$X_i = \lambda f(x_i) E_i$$

条底法向力  $N_i$  表达式:

$$N_i = \frac{W_i + \lambda(f(x_{i-1})E_{i-1} - f(x_i)E_i) - \frac{c_i l_i \sin \theta_i}{F_s} + \frac{U_i l_i \tan \phi_i \sin \theta_i}{F_s}}{\cos \theta_i + \frac{\tan \phi_i \sin \theta_i}{F_s}}$$

式中:

$F_s$ ——边坡稳定性系数, 需通过迭代同时满足力与力矩平衡求得;

$c_i$ ——第  $i$  计算条块滑面粘聚力 (kPa);

$\phi_i$ ——第  $i$  计算条块滑面内摩擦角 ( $^\circ$ );

$l_i$ ——第  $i$  计算条块滑面长度 (m);

$\theta_i$ ——第  $i$  计算条块滑面倾角 ( $^\circ$ ), 滑面倾向与滑动方向相同时取正值,

相反时取负值;

$U_i$ ——第  $i$  计算条块滑面单位宽度总水压力 (kN/m),  $U_i = \gamma_w h_w l_i$ ;

$W_i$ ——第  $i$  计算条块单位宽度自重 (kN/m);

$Q_i$ ——第  $i$  计算条块单位宽度水平荷载 (kN/m), 方向指向坡外时取正

值, 指向坡内时取负值;

$G_{bi}$ ——第  $i$  计算条块单位宽度竖向附加荷载 (kN/m), 方向指向下方时

取正值, 指向上方时取负值;

$R$ ——滑弧半径 (m), 对非圆弧滑动面为力矩中心距;

$N_i$ ——第  $i$  条块滑面法向反力 (kN/m);

$E_i, E_{i-1}$ ——第  $i$  及第  $i-1$  计算条块右侧和左侧的法向条间力 (kN/m);

$X_i, X_{i-1}$ ——第  $i$  及第  $i-1$  计算条块右侧和左侧的切向条间力 (kN/m),

$X_i = \lambda f(x_i) E_i$ ;

$\lambda$ ——缩放因子, 用于调节条间力函数, 通过迭代确定;

$f(x_i)$ ——条间力函数, 通常取半正弦函数或常数,  $f(x) = \sin(\pi x/L)$  或  $f(x) = 1.0$

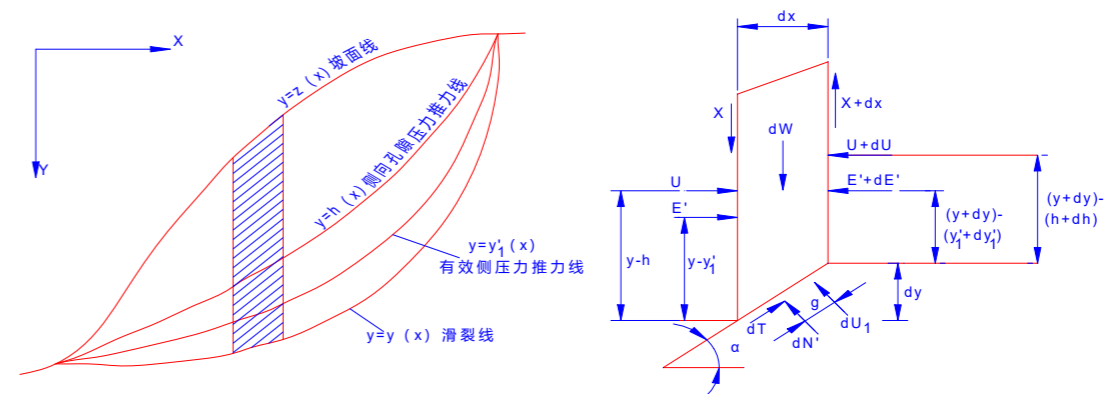
(即 Spencer 法);

$h_w, h_{w,i-1}$ ——第  $i$  及第  $i-1$  计算条块滑面前端水头高度 (m);

$\gamma_w$ ——水重度, 取  $10 \text{ kN/m}^3$ ;

$i$ ——计算条块号, 从坡顶向坡脚编起;

$n$ ——条块数量。



(a)任意形状的滑动体 (b)作用于微分条块上的力  
图 4-2 Morgenstern-Price 法计算图式

#### 4.2.2 稳定状态划分标准

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013), 边坡稳定性状态分为稳定、基本稳定、欠稳定和欠稳定和不稳定四种状态, 如下表:

表 4-1.边坡稳定性状态划分

边坡稳定性系数 ( $F_s$ )	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < 1.15 < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
边坡稳定性状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

按《建筑边坡工程技术规范》，本项目边坡工程安全等级确定为一级，现状边坡为临时边坡，一般工况下边坡稳定性安全系数不小于 1.25。换乘中心项目建成后，边坡类型为永久边坡，一般工况边坡稳定性安全系数不小于 1.35。

表 4-2、边坡稳定安全系数  $F_{st}$

边坡工程安全等级		一级	二级	三级
稳定安全系数				
边坡类型				
永久边坡	一般工况	1.35	1.30	1.25
	地震工况	1.15	1.10	1.05
临时边坡		1.25	1.20	1.15

### 4.2.3 计算参数

根据项目区边坡的特点、项目边坡勘察结合参数反演，综合确定边坡稳定性计算力学参数，如表 4-2 所示。

表 4-3.边坡稳定性计算力学参数表

岩类	天然重度 (KN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (KN/m <sup>3</sup> )	C (KPa)	$\varphi$ (°)
杂填土	18.5	19.5	8	10
素填土	18.5	19.5	12	15
坡积土	19.5	20.0	34.10	14.20
块石	22.0	22.5	3	45
中风化片麻岩	25.7	26.8	27	32

### 4.2.4 极限平衡法边坡稳定性分析与评价

#### (1) 简化 Bishop 法计算结果分析 (计算软件 GEO5)

##### ① 荷载及强度标准

现状条件下荷载强度为坡体自重，乘车站项目建成后荷载强度为坡体自重+车辆动荷载+地震荷载。

##### ② 计算断面

选取 A-A' 和 B-B' 地质剖面(见图 4-3) 作为边坡稳定性计算断面。

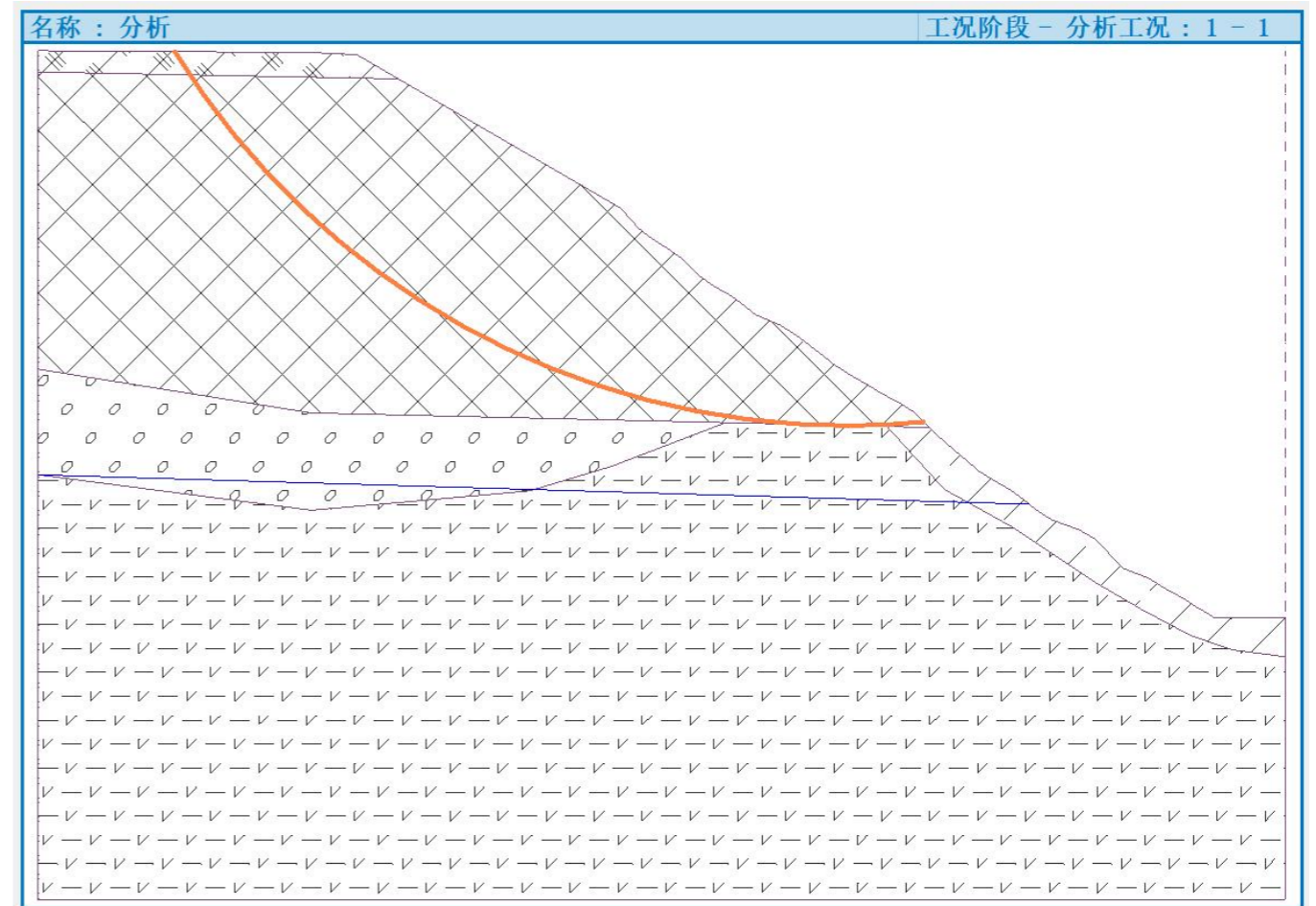


图 4-2、A-A' 边坡稳定性计算剖面

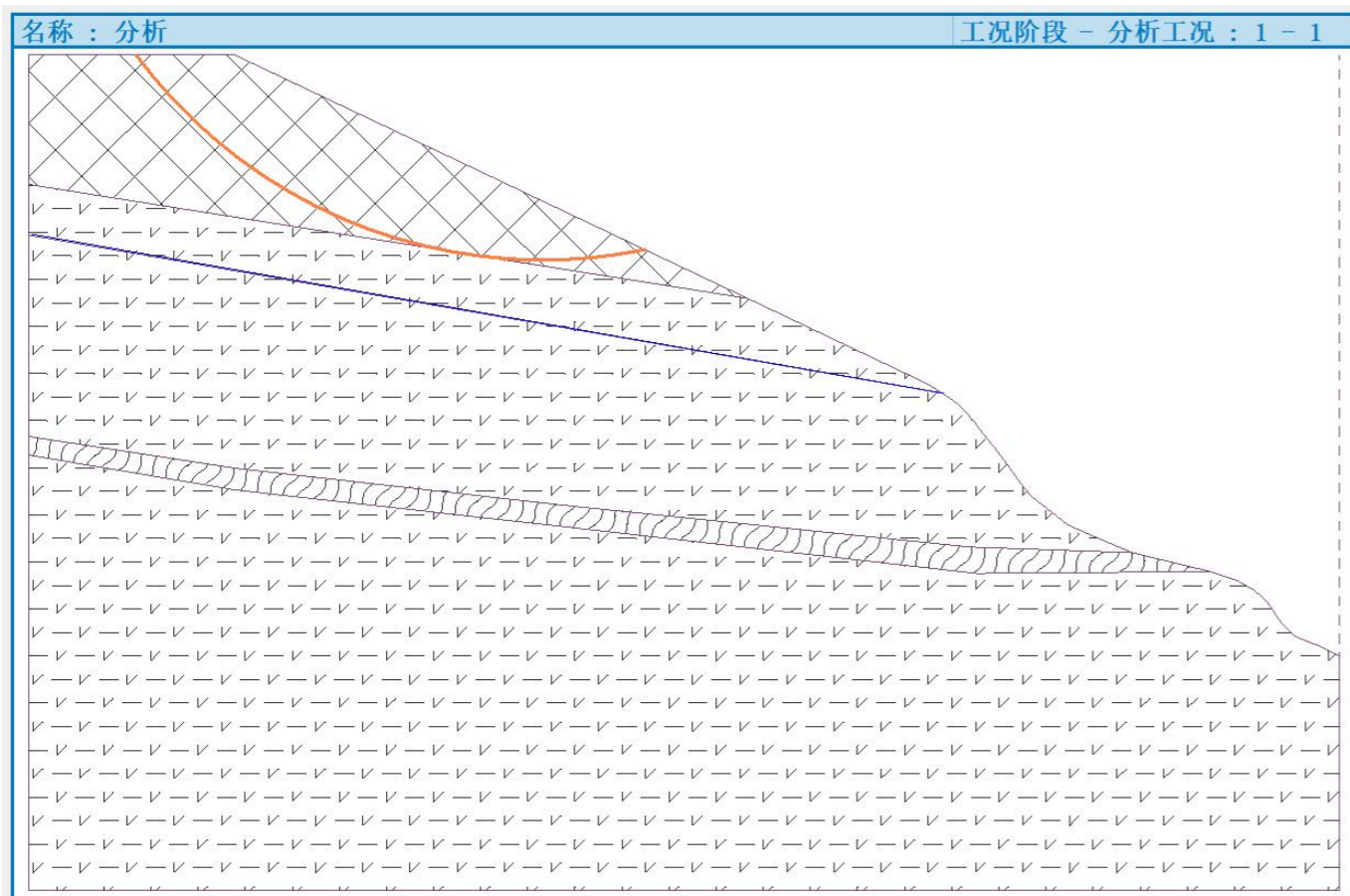


图 4-3、B-B' 边坡稳定性计算剖面

## ③计算工况

无支护条件下计算天然+自重工况和开挖+动荷载工况，支护条件下计算开挖+动荷载+地震荷载工况。

## ④计算结果

根据本次勘察，项目区坡体未发生变形。经计算（下表），天然自重工况状态下，边坡总体处于稳定状态；项目施工开挖后，坡体处于不稳定状态；桩板墙支护条件下，坡体处于稳定状态。

表 4-3.边坡稳定性计算结果统计表

计算剖面	计算工况	稳定系数	边坡类型	稳定状态
剖面 A-A'	天然+自重工况	1.27	临时边坡	稳定
	开挖+动荷载	0.86	临时边坡	不稳定
	开挖+动荷载+地震荷载	2.60	永久边坡	稳定
剖面 B-B'	天然+自重工况	2.24	临时边坡	稳定
	开挖+动荷载	0.88	临时边坡	不稳定
	开挖+动荷载+地震荷载	2.74	永久边坡	稳定

## (2) Morgenstern-Price 法计算结果分析（计算软件 Geostudio2024）

## ①荷载及强度标准

现状条件下荷载强度为坡体自重，换乘中心项目建成后荷载强度为坡体自重+车辆动荷载+地震荷载。

## ②计算断面

选取 A-A' 和 B-B' 地质剖面(见图 4-2~图 4-3) 作为边坡稳定性计算断面。

## ③计算工况

无支护条件下计算天然+自重工况和开挖+动荷载工况，支护条件下计算开挖+动荷载+地震荷载工况。

## ④计算结果

根据本次勘察，项目区坡体未发生变形。经计算（如表 4-4），天然自重工况状态下，边坡总体处于稳定状态；项目施工开挖后，坡体处于不稳定状态；桩板墙支护条件下，坡体处于稳定状态，各断面计算结果见图 4-4~4-4。

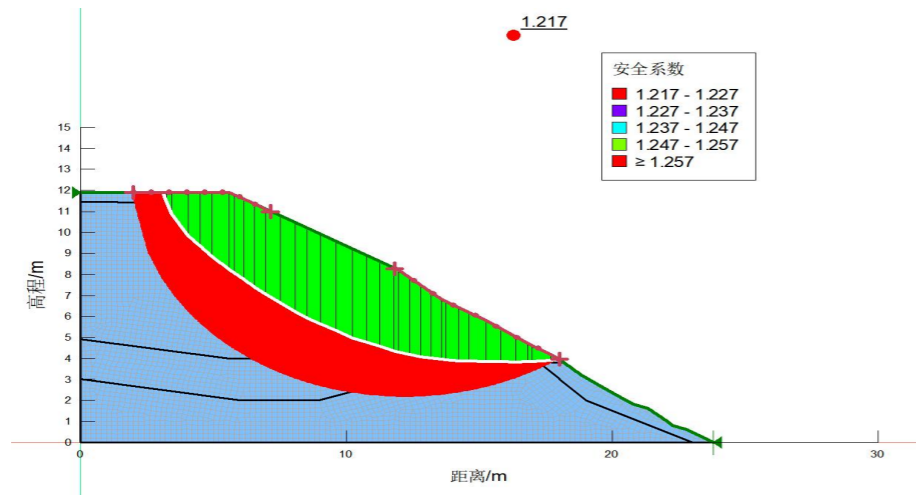


图 4-4 边坡 A-A' 断面天然工况稳定性系数

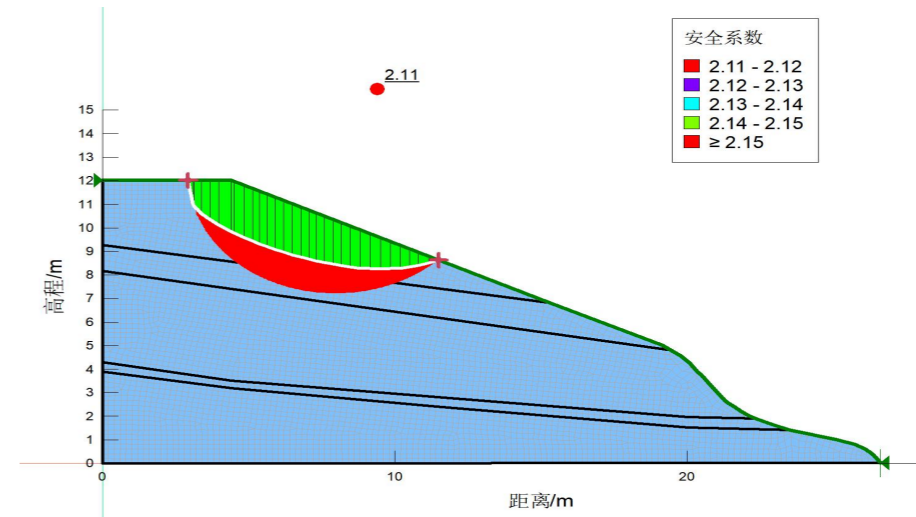


图 4-7 边坡 B-B' 断面天然工况稳定性系数

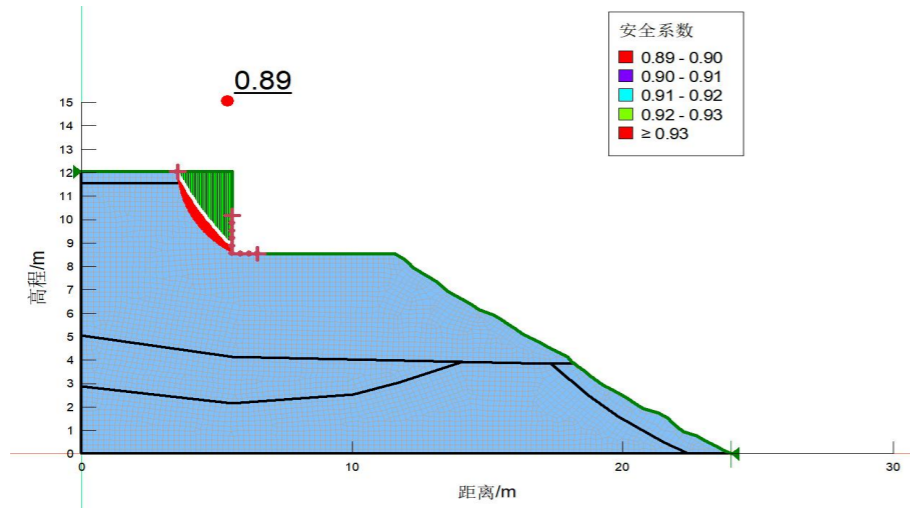


图 4-5 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况稳定性系数

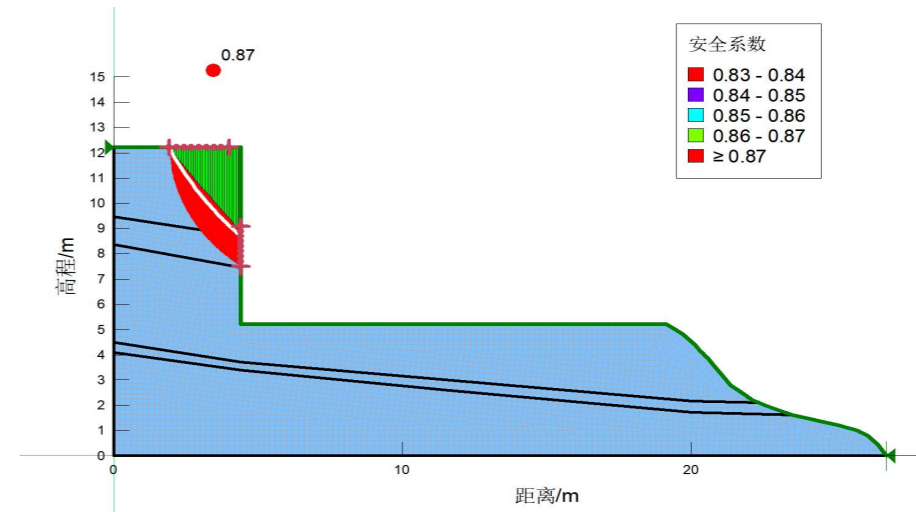


图 4-8 边坡 B-B' 断面开挖+动荷载工况稳定性系数

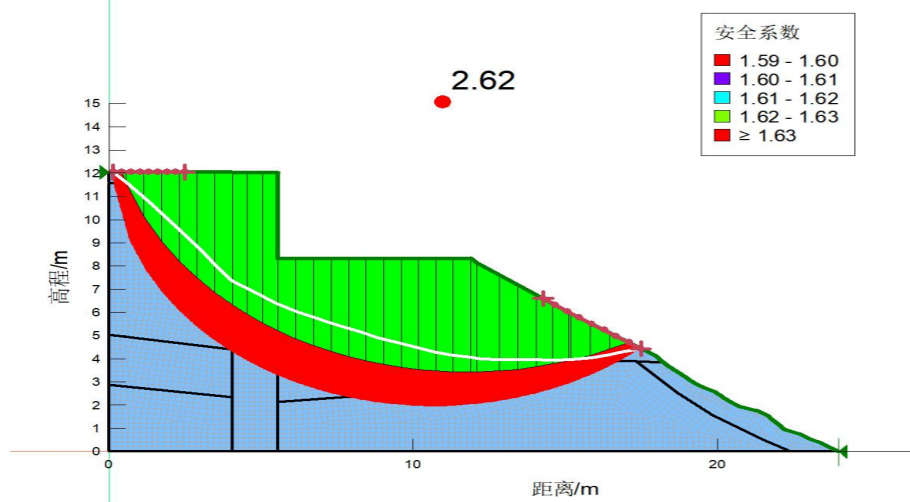


图 4-6 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况稳定性系数

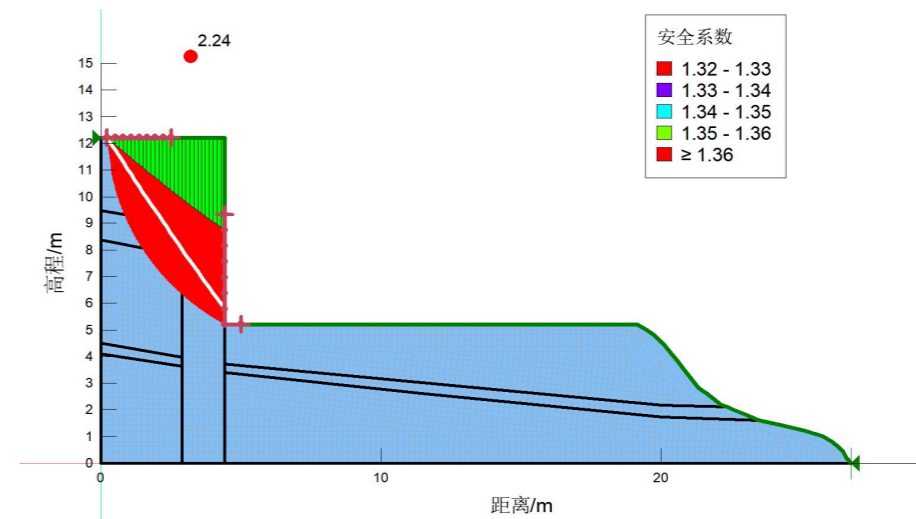


图 4-9 边坡 B-B' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况稳定性系数

表 4-4 边坡稳定性计算结果统计表 (计算软件 Geostudio2024 )

计算剖面	计算工况	稳定系数	边坡类型	稳定状态
A-A'剖面	天然+自重工况	1.22	临时边坡	稳定
	开挖+动荷载	0.89	临时边坡	不稳定
	开挖+动荷载+地震荷载 (桩板墙支护)	2.62	永久边坡	稳定
B-B'剖面	天然+自重工况	2.11	临时边坡	稳定
	开挖+动荷载	0.87	临时边坡	不稳定
	开挖+动荷载+地震荷载 (桩板墙支护)	2.24	永久边坡	稳定

#### 4.2.5 有限元法边坡稳定性分析与评价

有限元法计算断面分别选取 A-A, 和 B-B, 地质剖面及其开挖, 支护后的地质剖面作为边坡稳定性计算断面, 计算边坡应力场和变形场演化情况, 计算参数与上述计算参数一致。

##### (1) 边坡 A-A'断面天然工况稳定性分析

通过对边坡 A-A' 断面天然工况有限元分析由图 4-10~4-16 得出, 位移场分析中, 边坡 A-A' 断面在天然工况发生水平位移较不明显, 水平位移集中在坡素填土层中下部, 最大位移量可达 0.019m, 垂直位移相对较小, 在坡体上部, 表现为沉降下移变形最大位移量为 0.092m, 总位移云图反映出最大总位移位于坡体素填土层部分。通过应力场分析, 坡体的水平、垂直应力、偏应力卸荷不明显, 没有明显的应力集中区, 坡体整体稳定。

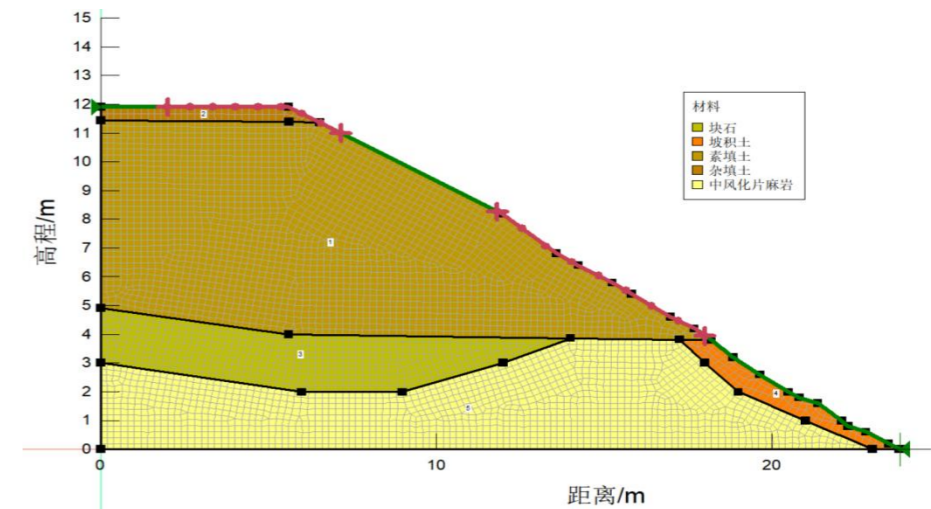


图 4-10 边坡 A-A' 断面天然工况计算模型

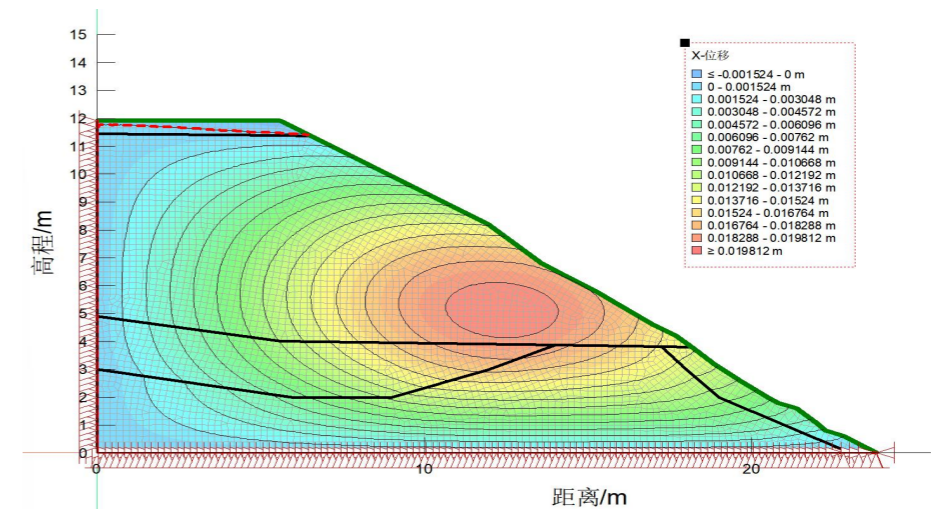


图 4-11 边坡 A-A' 断面天然工况水平位移云图

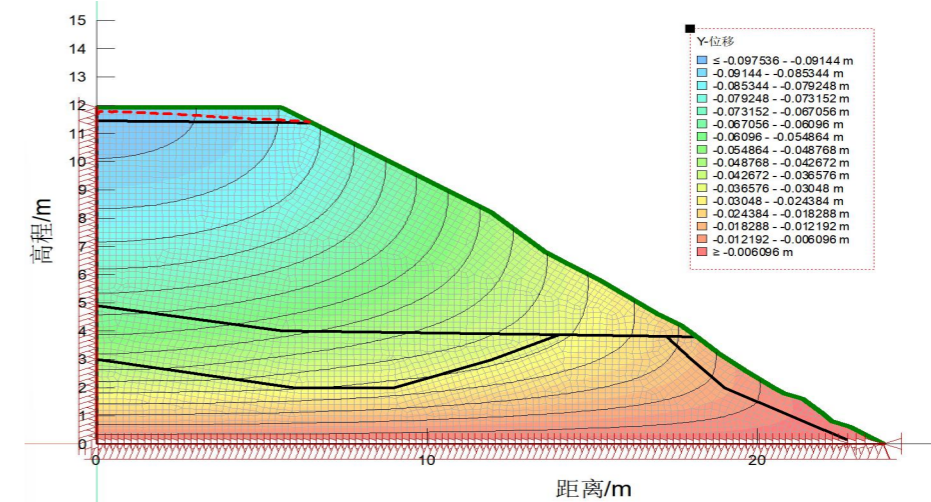


图 4-12 边坡 A-A' 断面天然工况垂直位移云图

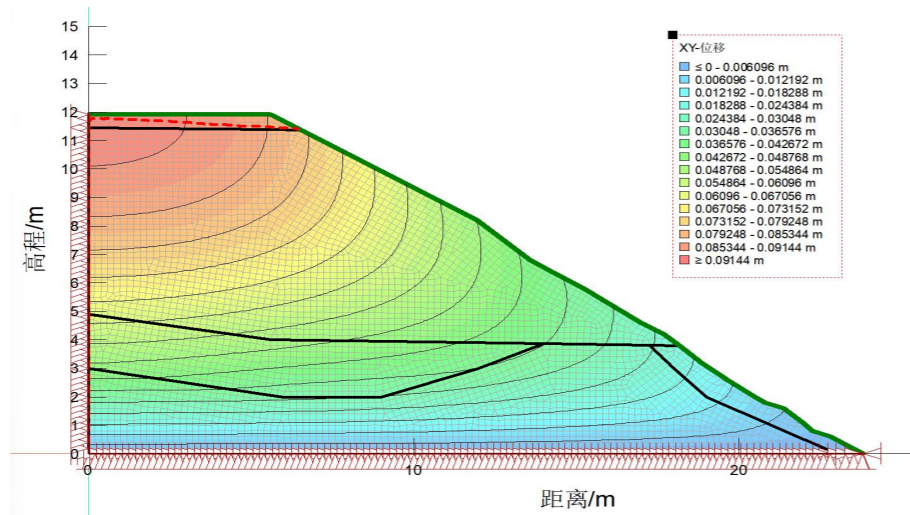


图 4-13 边坡 A-A' 断面天然工况总位移云图

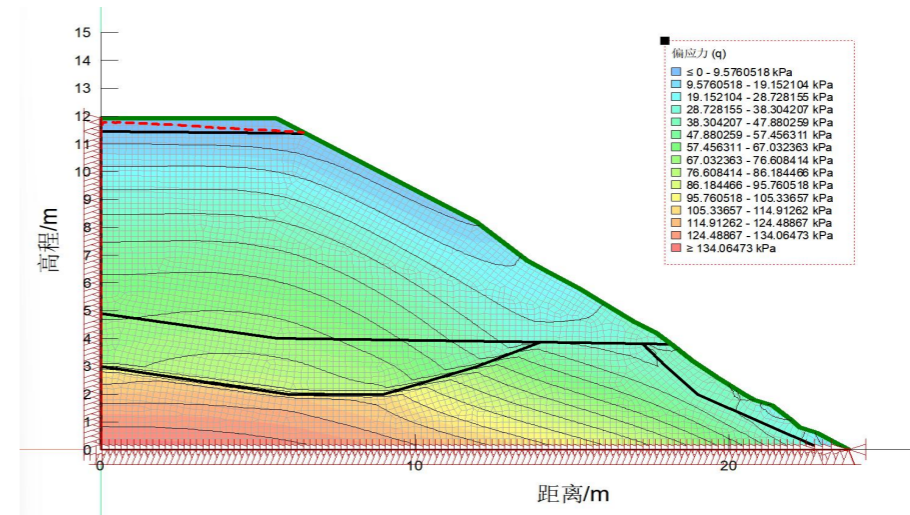


图 4-16 边坡 A-A' 断面天然工况偏应力云图

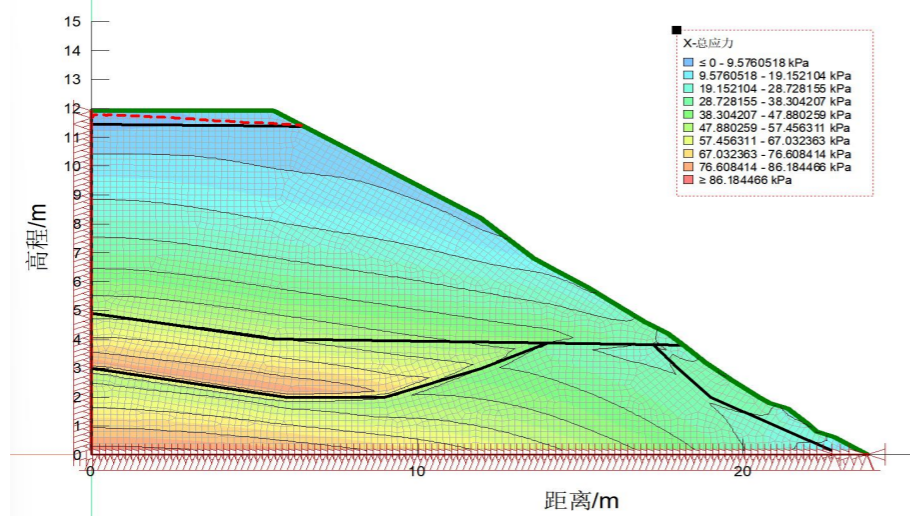


图 4-14 边坡 A-A' 断面天然工况水平应力云图

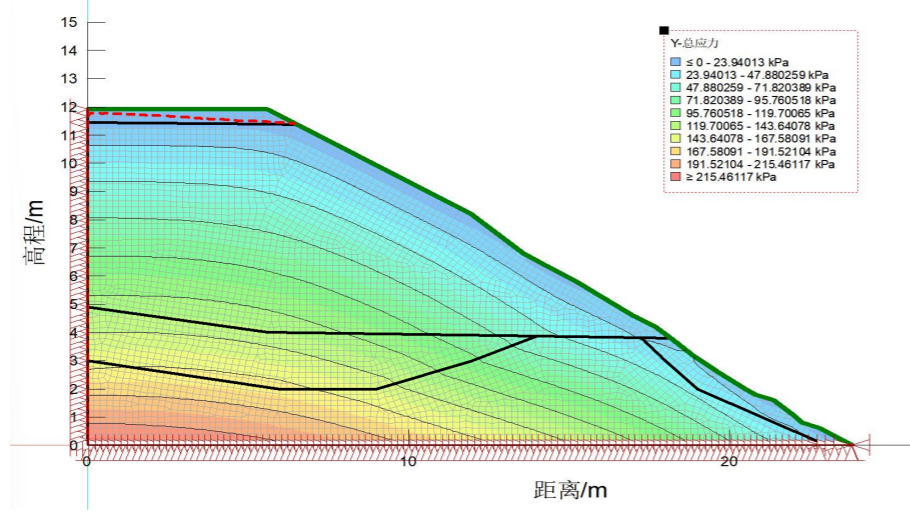


图 4-15 边坡 A-A' 断面天然工况垂直应力云图

## (2) 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况稳定性分析

通过对边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况有限元分析由图 4-17~图 4-23 得出，位移场分析中，边坡 A-A' 断面开挖区域形成的陡崖发生水平位移较明显，水平位移集中在陡崖靠近临空面处，最大位移量可达 0.487m，坡体局部可能已经发生拉裂破坏，垂直位移最大位移量为 0.548m 发生在陡崖上部，表现为沉降下移变形，总位移云图反映出最大总位移位于陡崖靠近临空面处，最大位移量为 0.671m，可见开挖形成的陡立坡面不稳定。通过应力场分析，开挖后坡体的水平、垂直应力、偏应力卸荷基本发生在坡体开挖形成的陡立坡面及陡立面坡脚处，表明这部分坡体卸荷作用明显，已经产生剪切破坏，该区域存在失稳风险。

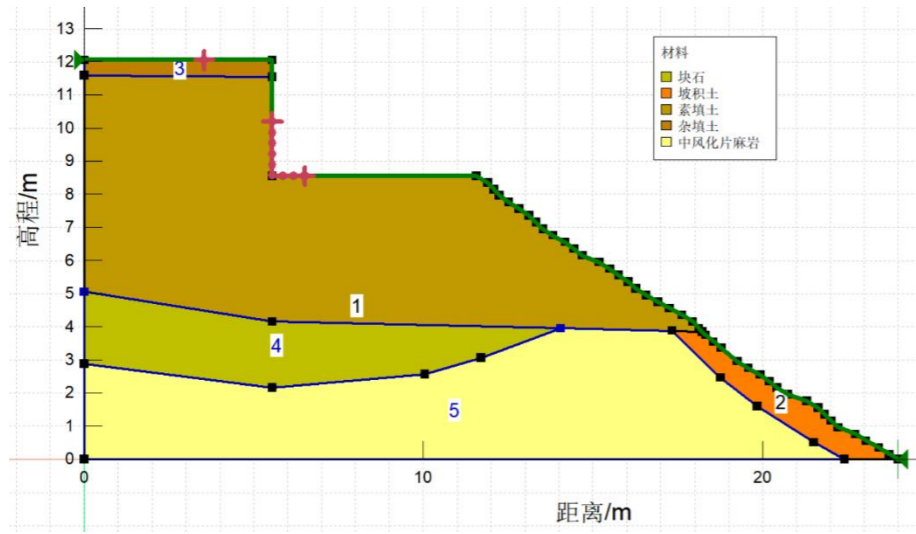


图 4-17 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况计算模型

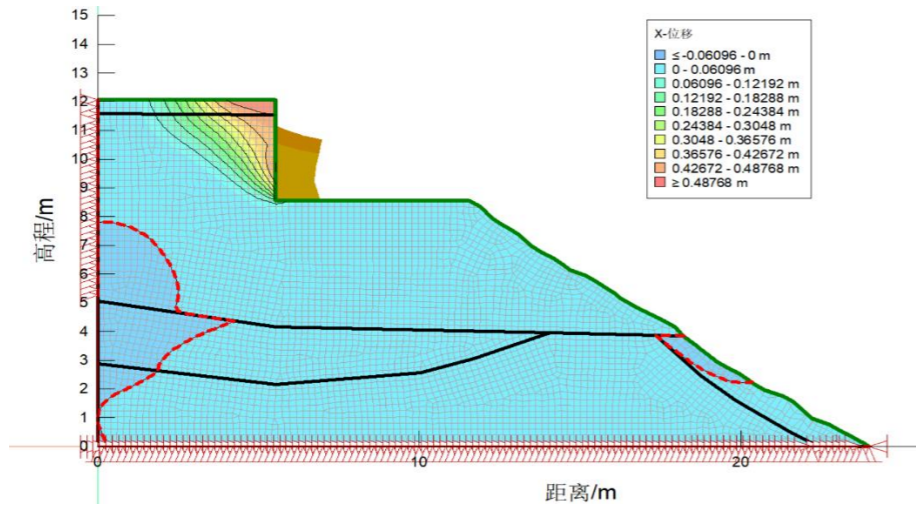


图 4-18 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况水平位移云图

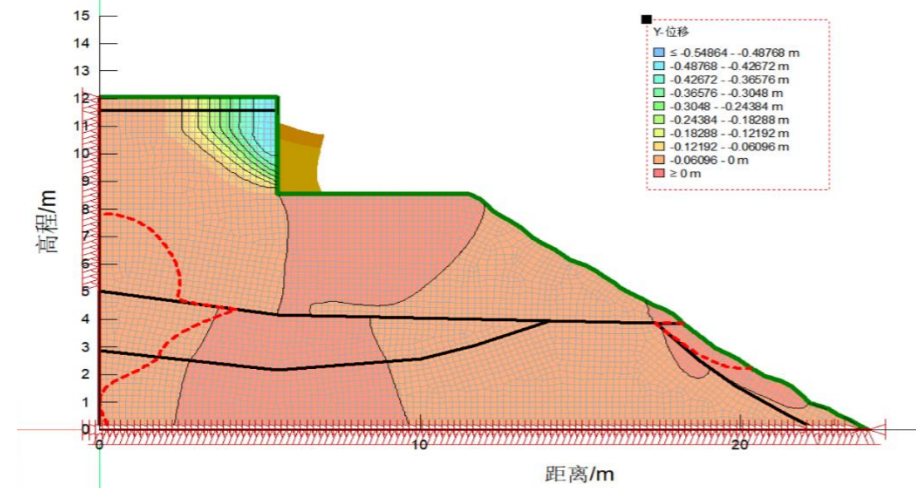


图 4-19 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况垂直位移云图

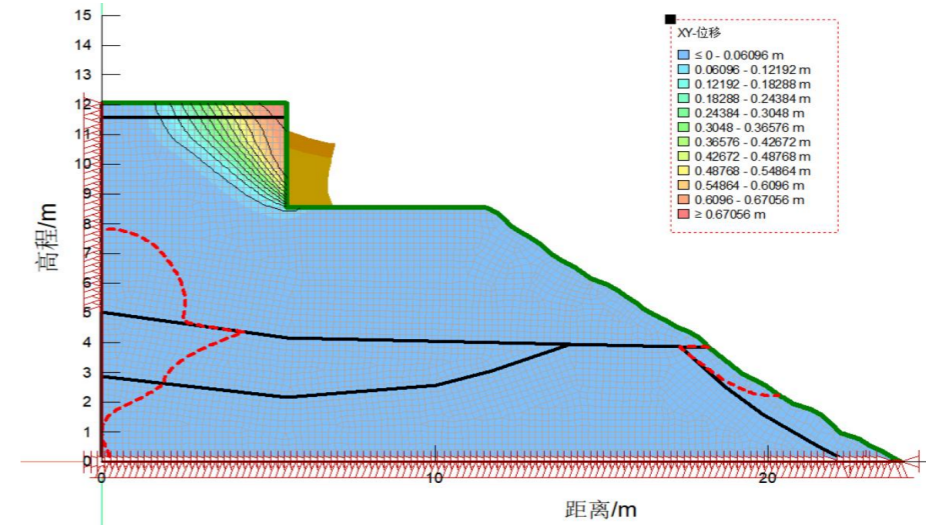


图 4-20 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况总位移云图

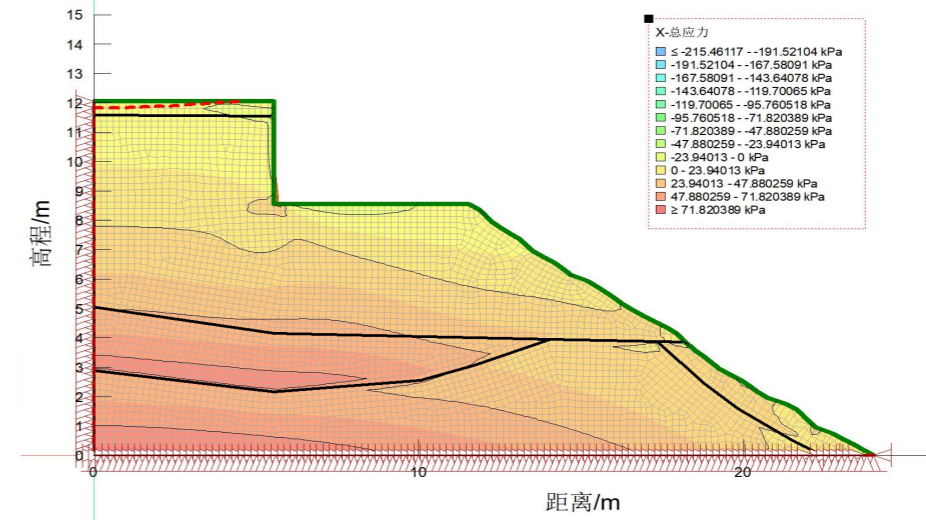


图 4-21 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况水平应力云图

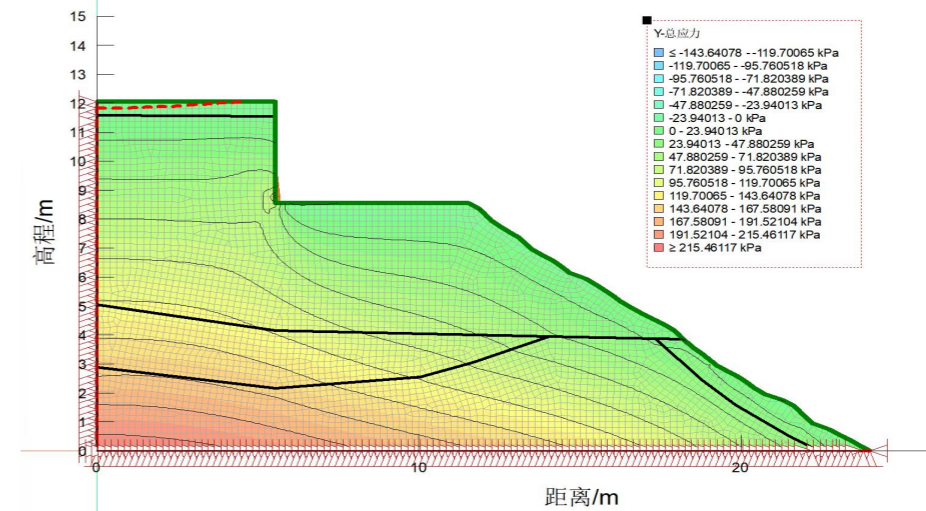


图 4-22 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况垂直应力云图

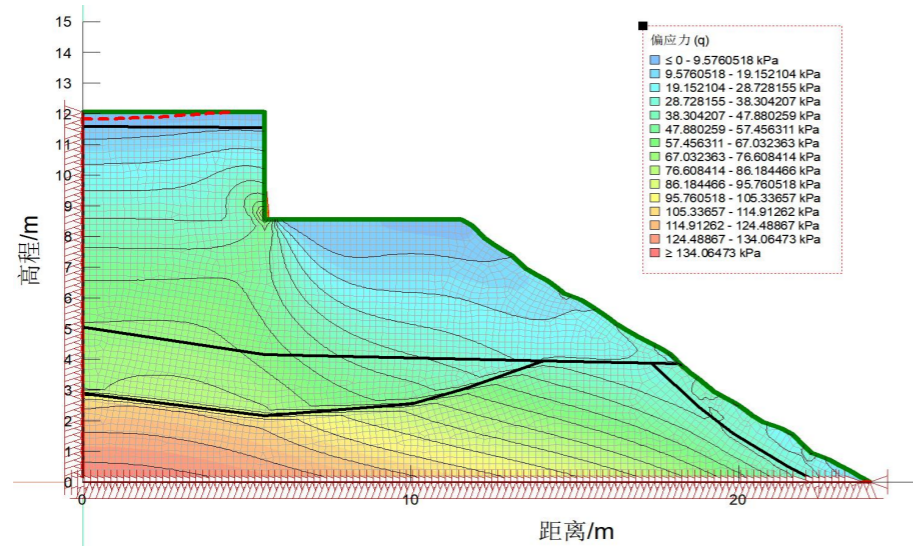


图 4-23 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载工况偏应力云图

### (3) 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况稳定性分析

通过对边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况有限元分析由图 4-24~图 4-30 得出，位移场分析中，边坡 A-A' 断面在开挖进行桩板墙支护后，开挖形成的陡立坡面水平位移得到了明显的控制，最大位移量 0.0015m，支护后坡体几乎未发生变形，垂直位移也显著减小，最大位移量为 0.11m 发生在陡立坡体上部，表现为沉降下移变形，总位移云图反映出最大总位移位于陡立坡体上部，支护有效控制了坡体变形。通过应力场分析，支护后坡体的水平、垂直应力、偏应力卸荷得到控制，开挖坡体内未发生应力集中，坡体稳定性高。

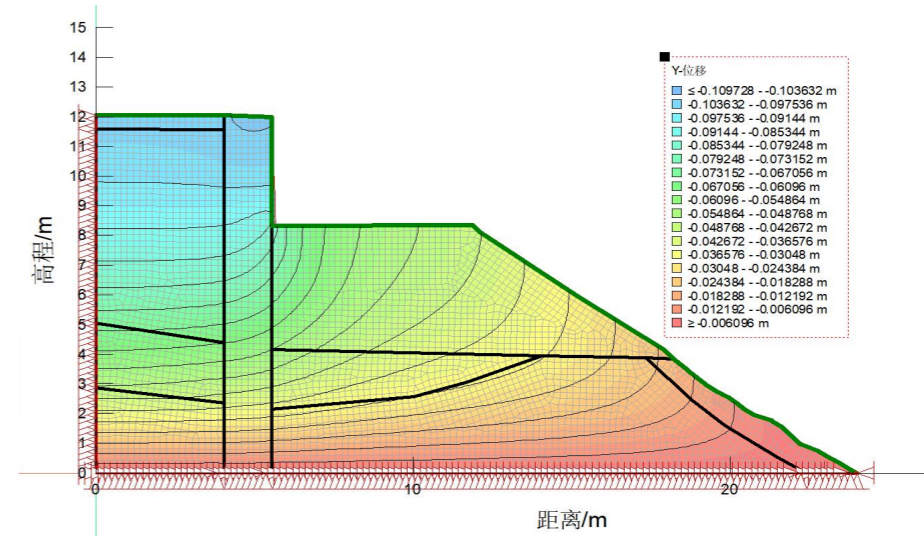


图 4-26 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况垂直位移云图

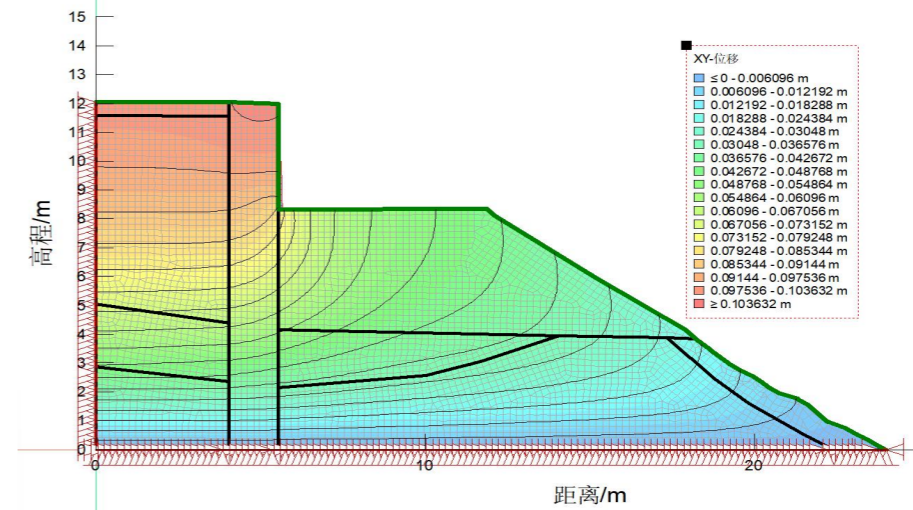


图 4-27 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况总位移云图

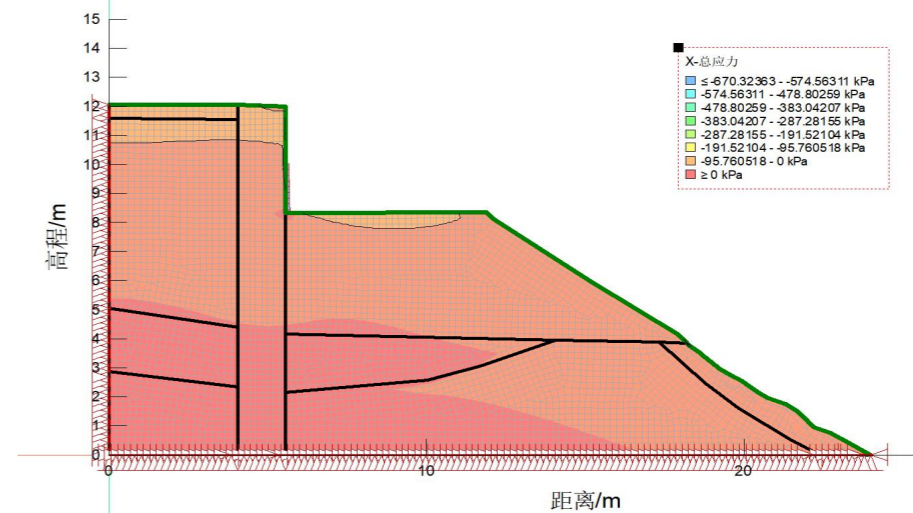


图 4-28 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况水平应力云图

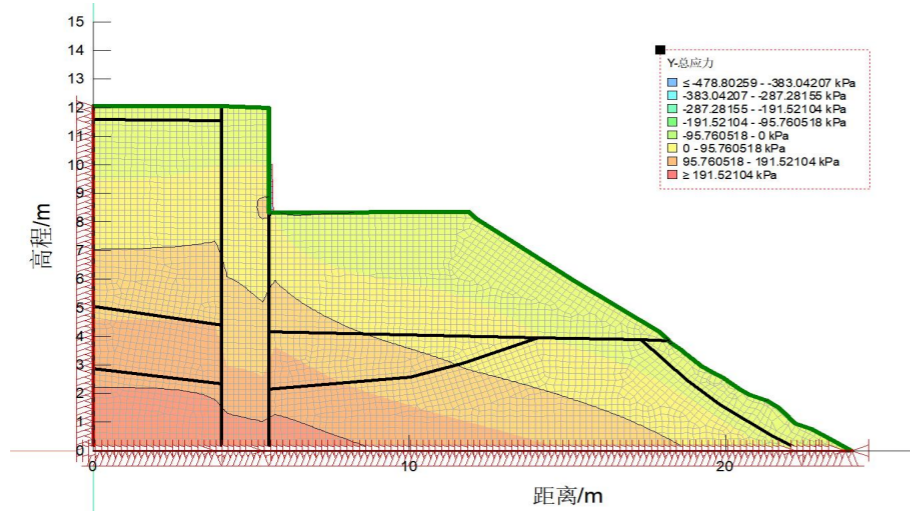


图 4-29 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况垂直应力云图

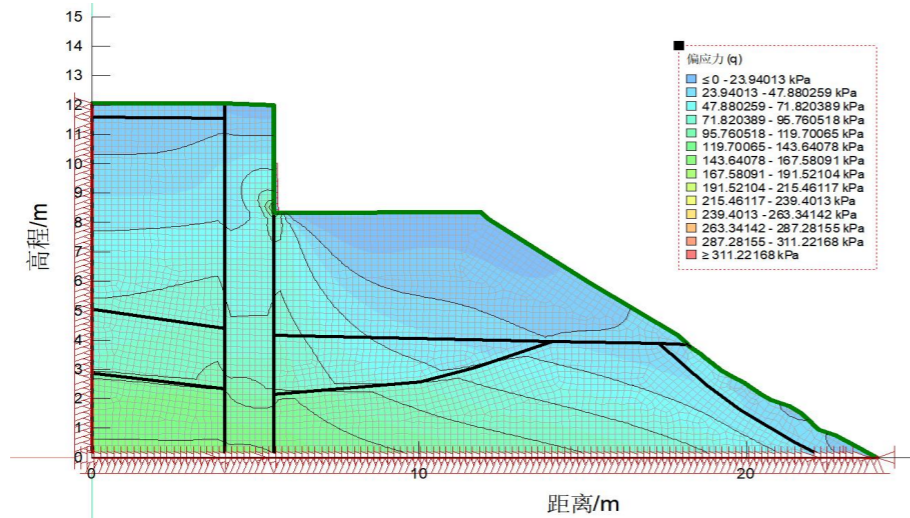


图 4-30 边坡 A-A' 断面开挖+动荷载+地震（支护）工况偏应力云图

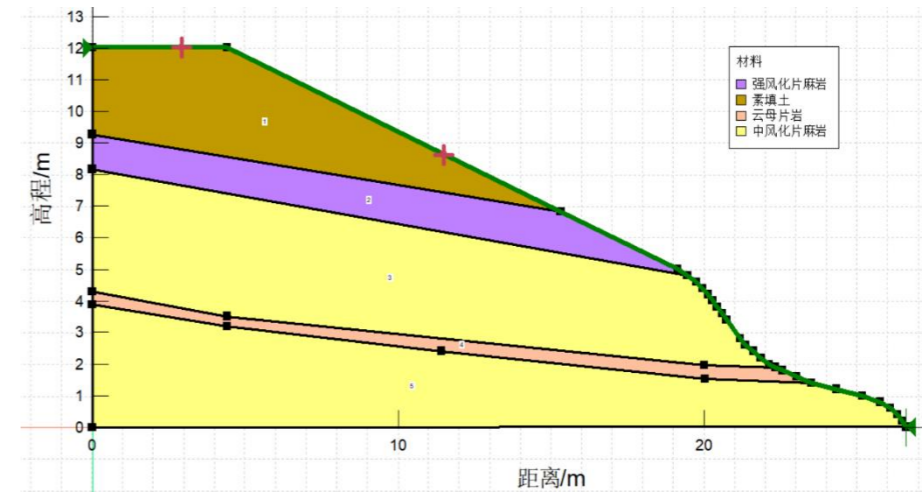


图 4-31 边坡 B-B'断面天然工况计算模型

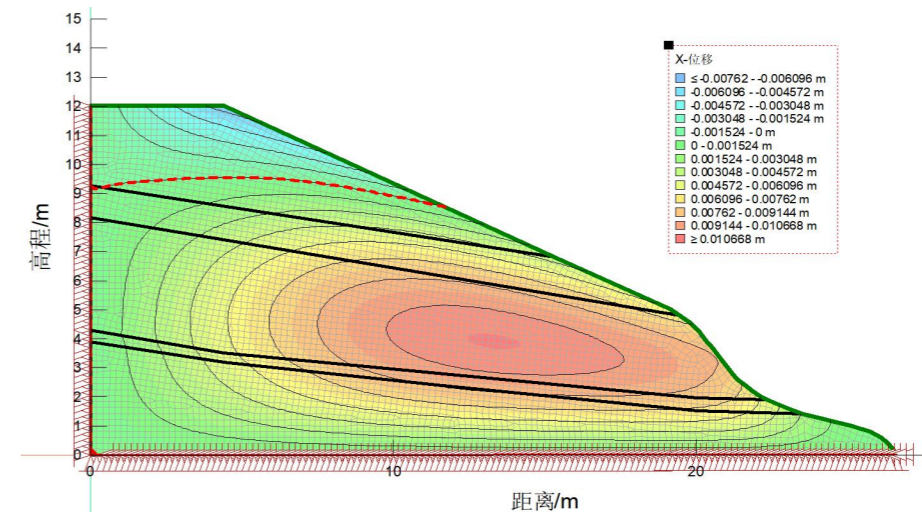


图 4-32 边坡 B-B'断面天然工况水平位移云图

#### (4) 边坡 B-B'断面天然工况稳定性分析

通过对边坡 B-B'断面天然工况有限元分析由图 4-31~4-37 得出，位移场分析中，边坡 B-B'断面天然工况下发生水平位移较不明显，水平位移集中在坡顶素填土层，最大位移量为 0.007m，垂直位移也相对较小，在坡体上部，表现为沉降下移变形最大位移量为 0.12m，总位移云图反映出最大总位移位于坡体素填土层部分。通过应力场分析，坡体的水平、垂直应力、偏应力卸荷不明显，没有明显的应力集中区，坡体整体稳定。

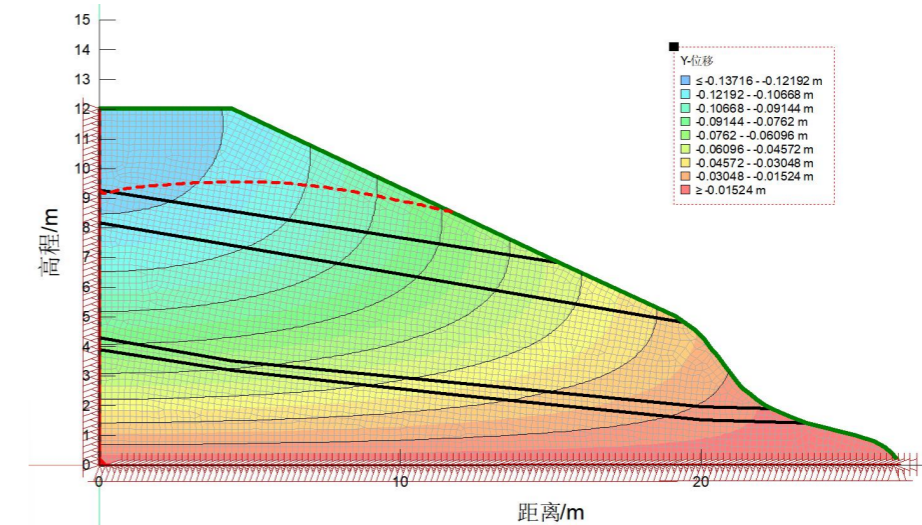


图 4-33 边坡 B-B'断面天然工况垂直位移云图

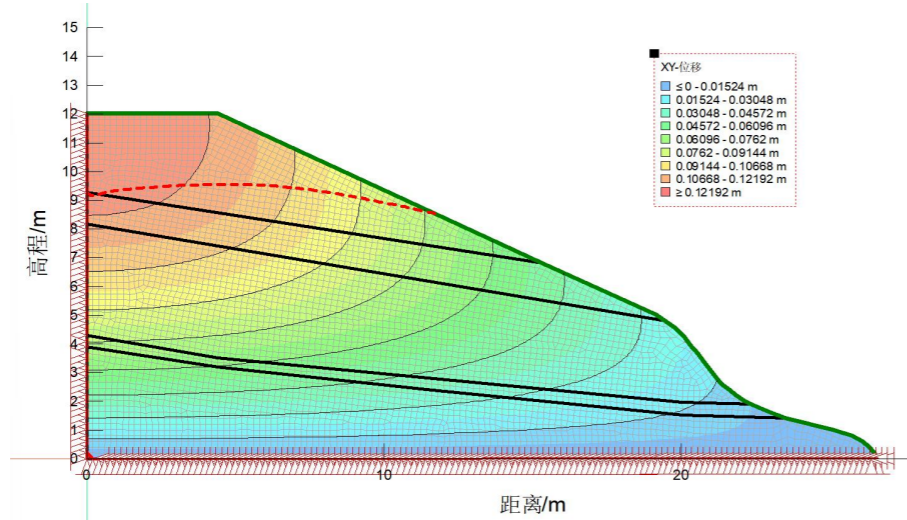


图 4-34 边坡 B-B'断面天然工况总位移云图

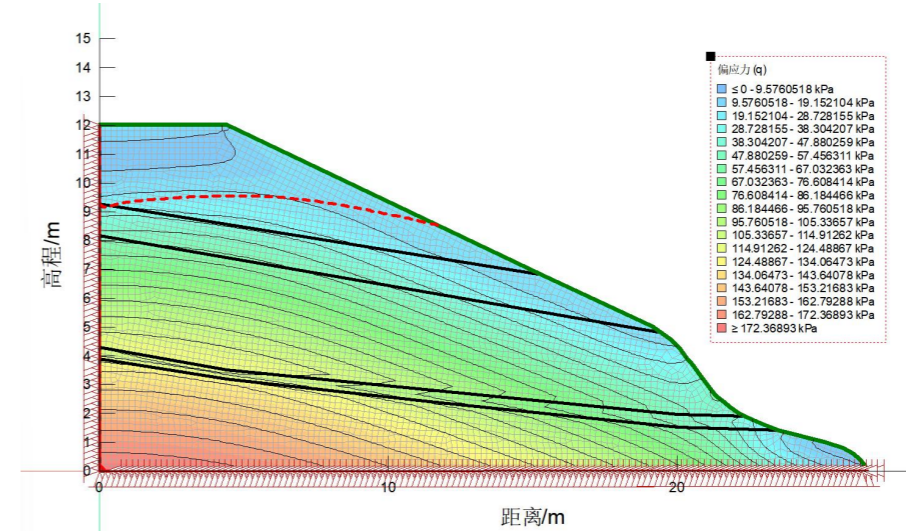


图 4-37 边坡 B-B'断面天然工况偏应力云图

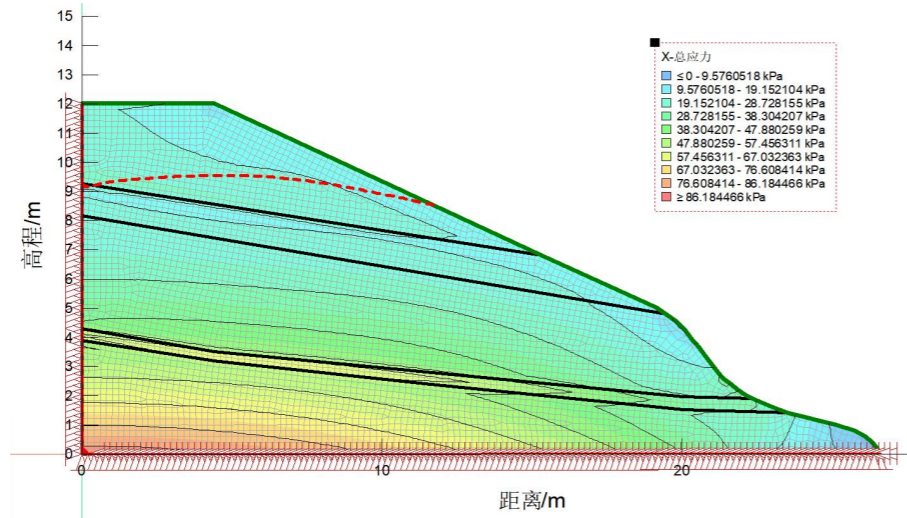


图 4-35 边坡 B-B'断面天然工况水平应力云图

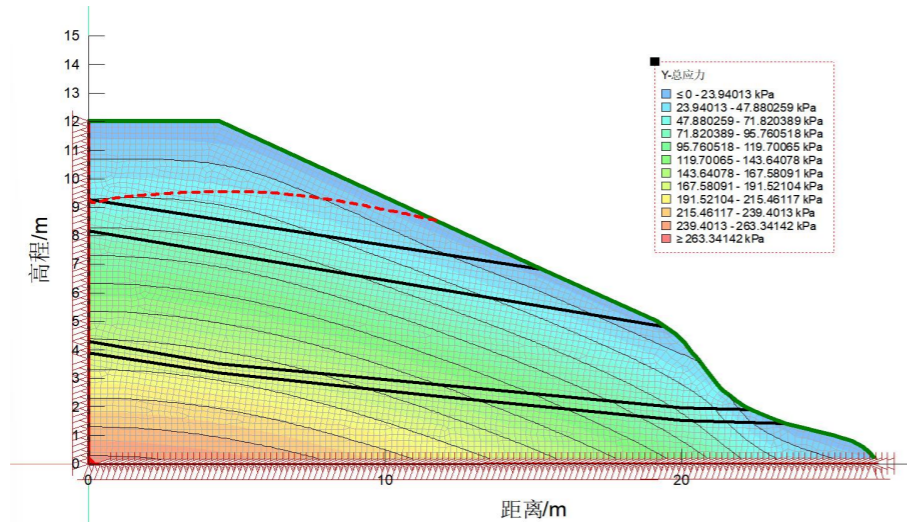


图 4-36 边坡 B-B'断面天然工况垂直应力云图

(5) 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况稳定性分析

通过对边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况有限元分析由图 4-38~图 4-44 得出，位移场分析中，边坡 B-B'断面开挖区域形成的陡立坡面发生水平位移较明显，水平位移集中在陡崖靠近临空面处，最大位移量可达 0.427m，坡体局部可能已经发生拉裂破坏，垂直位移相对较小，最大位移量为 0.365m 发生在陡崖上部，表现为沉降下移变形，总位移云图反映出最大总位移位于陡崖靠近临空面处，最大位移量 0.548m，可见开挖形成的陡立坡面不稳定。通过应力场分析，开挖后坡体的水平、垂直应力、偏应力卸荷基本发生在坡体开挖形成的陡立坡面及陡立面坡脚处，表明这部分坡体卸荷作用明显，已经产生剪切破坏，该区域存在失稳风险。

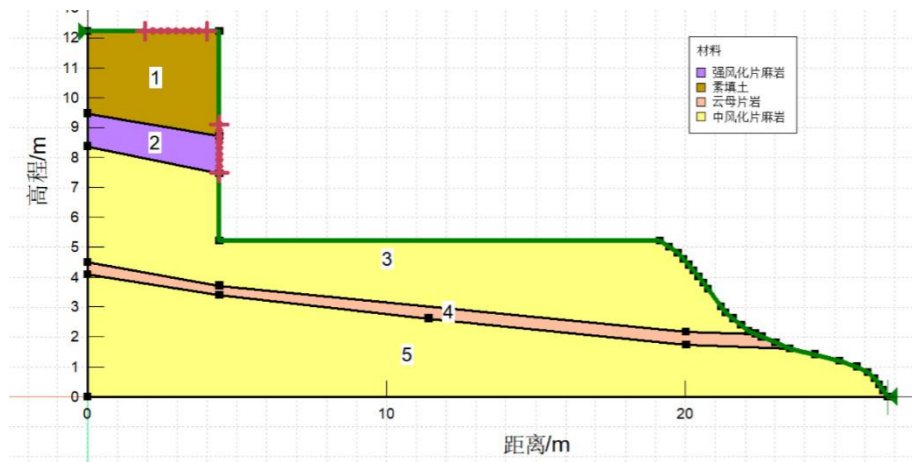


图 4-38 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况计算模型

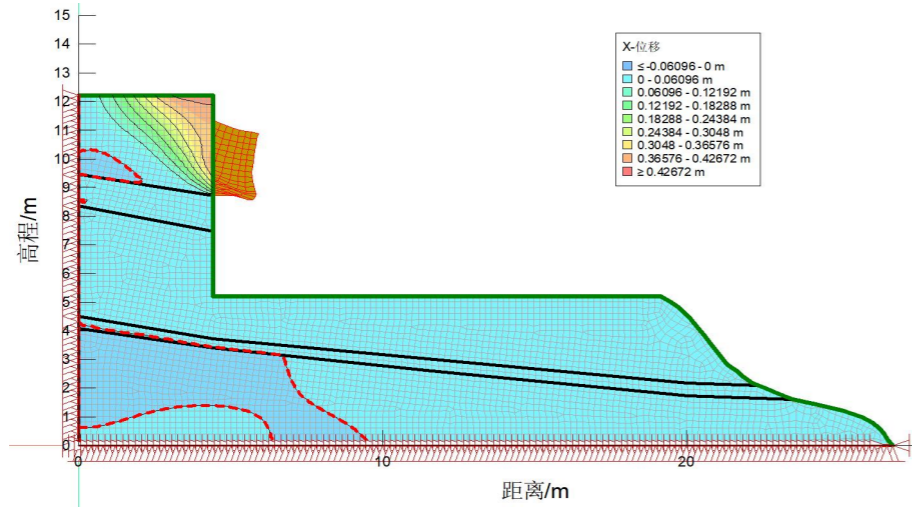


图 4-39 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况水平位移云图

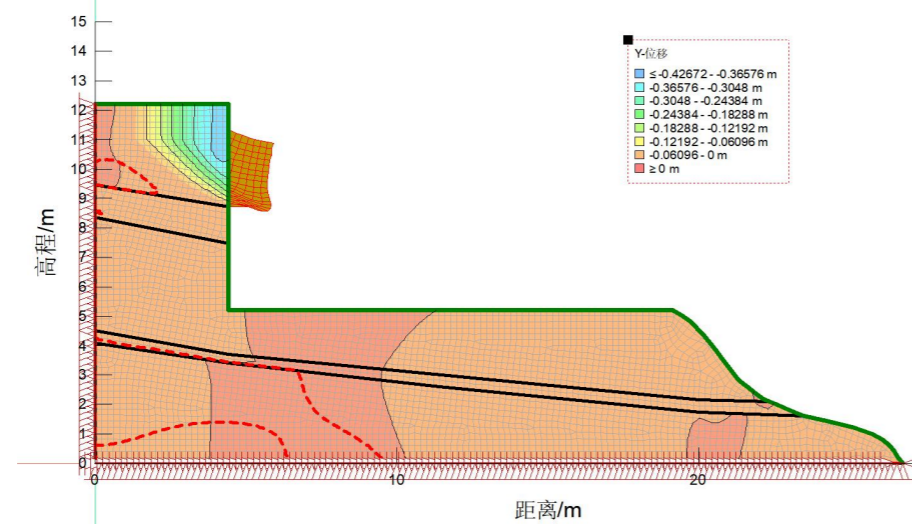


图 4-40 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况垂直位移云图

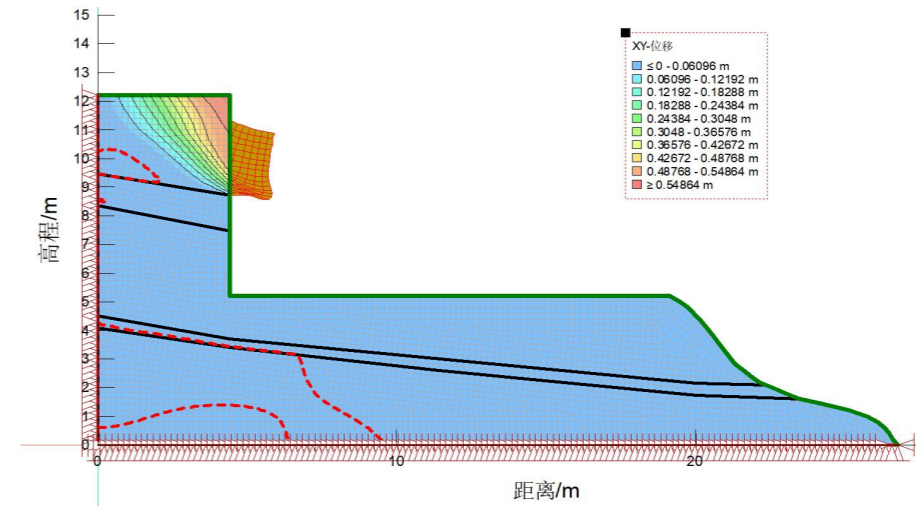


图 4-41 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况总位移云图

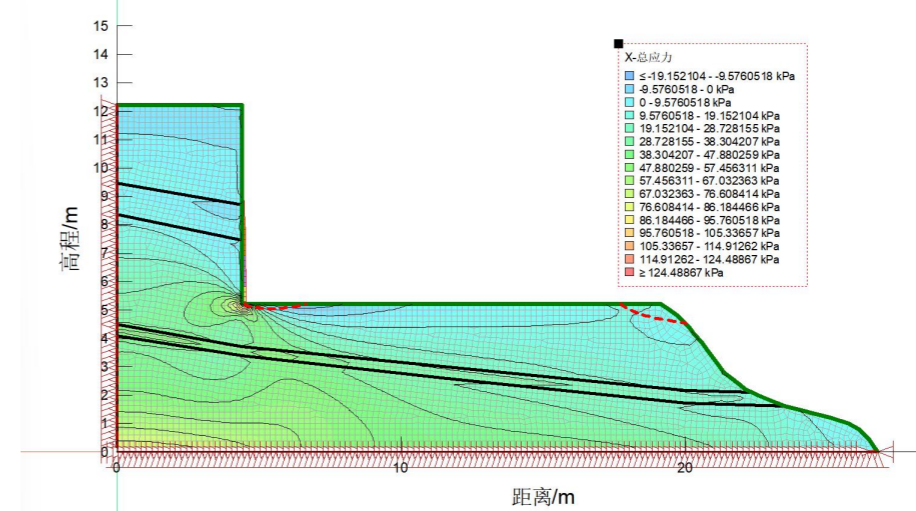


图 4-42 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况水平应力云图

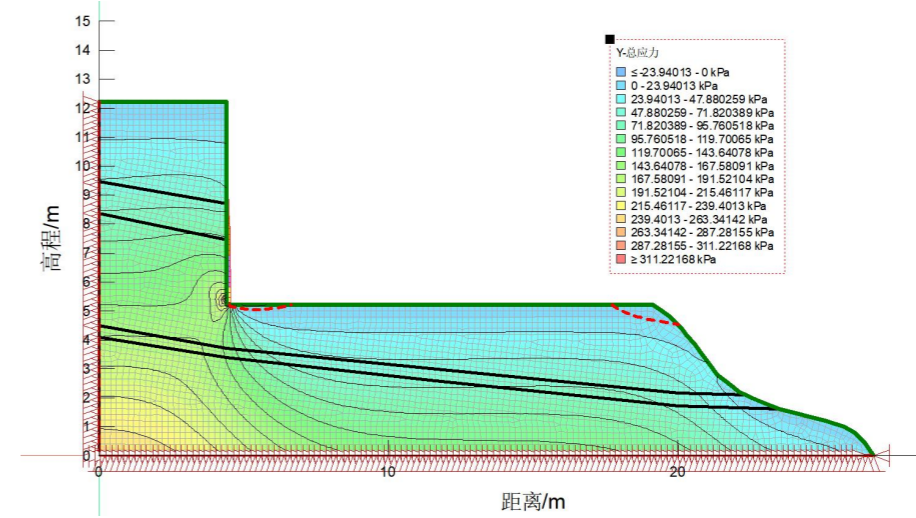


图 4-43 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况垂直应力云图

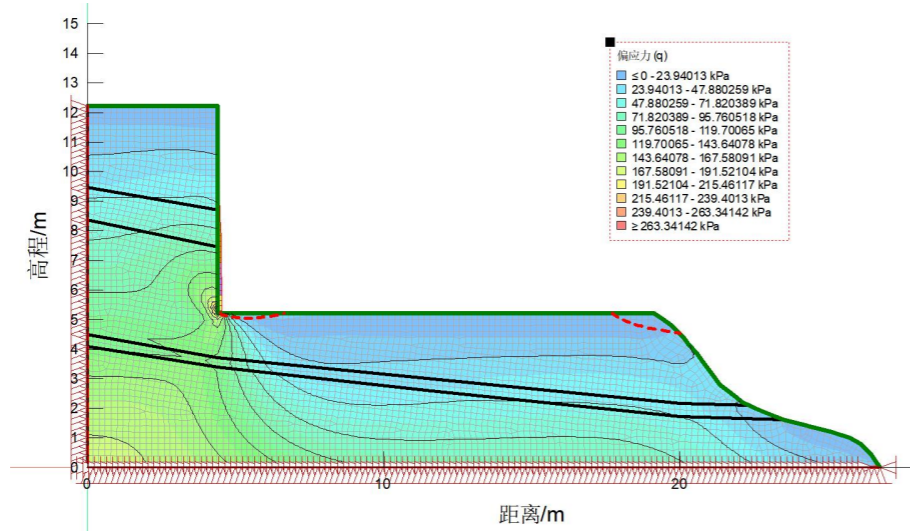


图 4-44 边坡 B-B'断面开挖+动荷载工况偏应力云图

(6) 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况稳定性分析

通过对边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震(支护)工况有限元分析由图 4-45~图 4-51 得出，位移场分析中，边坡 B-B'断面在开挖进行桩板墙支护后，开挖形成的陡立坡面水平位移得到了明显的控制，坡顶最大位移量 0.0015m，支护后坡体几乎未发生变形，垂直位移也显著减小，最大位移量为 0.12m 发生在陡立坡体上部，表现为沉降下移变形，总位移云图反映出最大总位移位于陡立坡体上部，支护有效控制了坡体变形。通过应力场分析，支护后坡体的水平、垂直应力、偏应力卸荷得到控制，开挖坡体内未发生应力集中，坡体稳定性高。

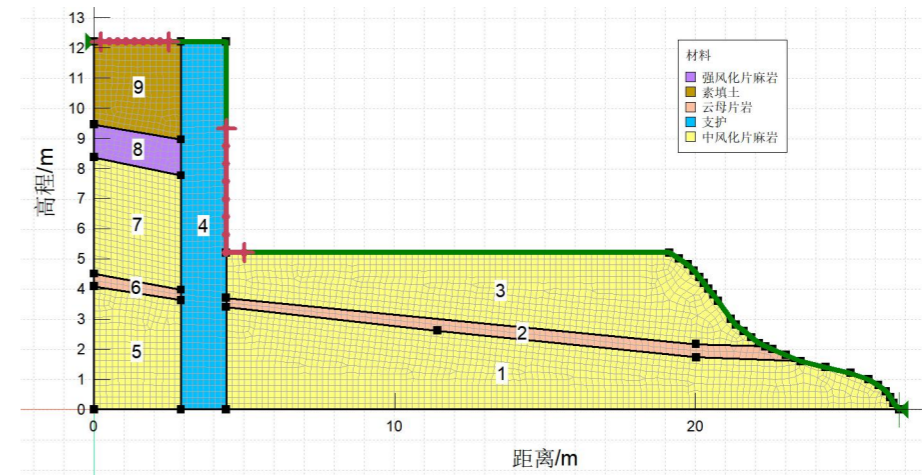


图 4-45 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况计算模型

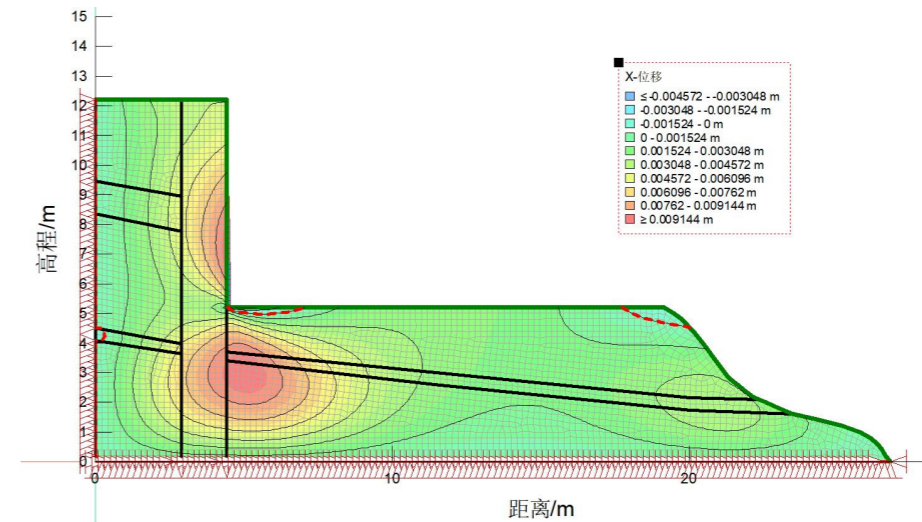


图 4-46 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况水平位移云图

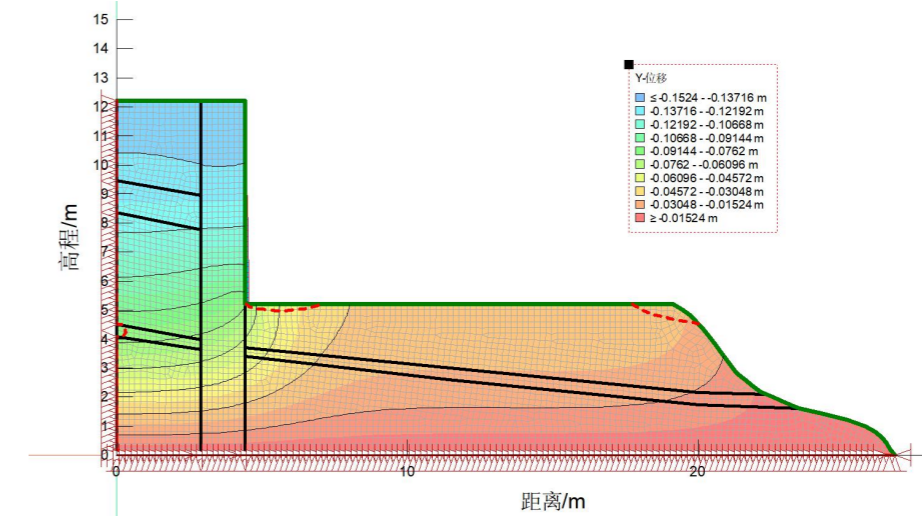


图 4-47 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况垂直位移云图

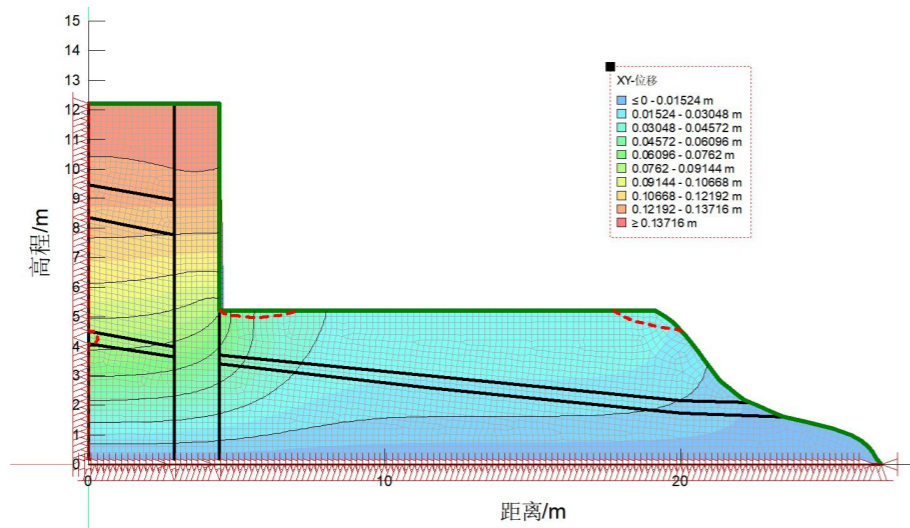


图 4-48 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况总位移云图

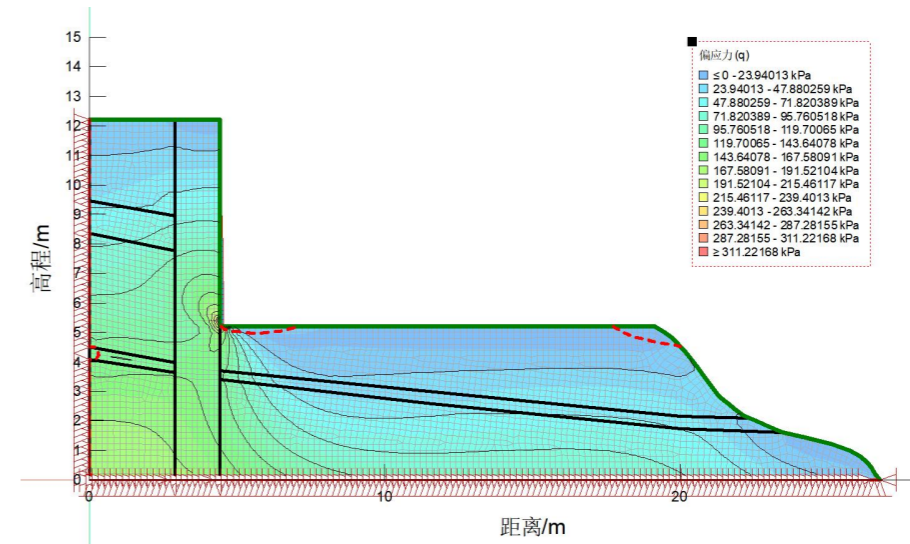


图 4-51 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况偏应力云图

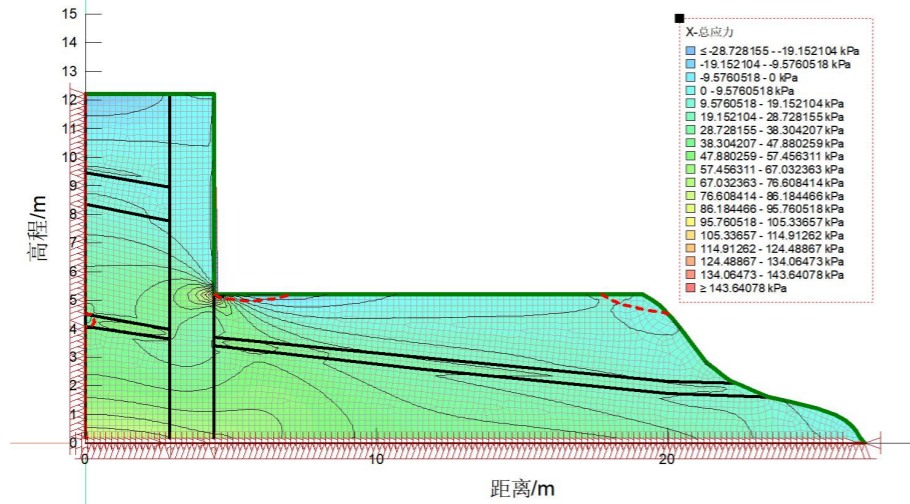


图 4-49 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况水平应力云图

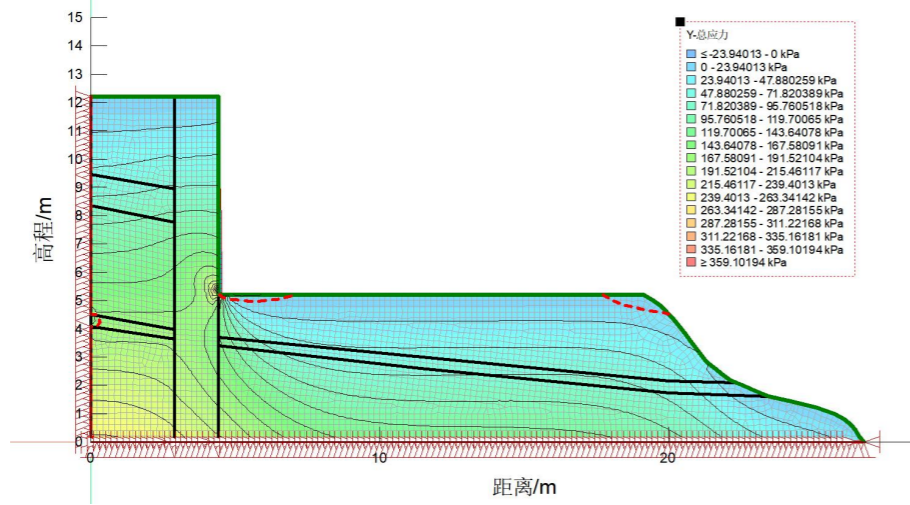


图 4-50 边坡 B-B'断面开挖+动荷载+地震（支护）工况垂直应力云图

### 4.3 边坡发展趋势

结合边坡地质环境特征、开挖工况及岩土体自身性质，开挖后边坡将处于不稳定状态，易引发局部滑塌甚至整体滑坡等地质灾害，具体稳定状态预测及成因分析如下：

开挖后边坡由现状填方缓坡变为笔直陡坡，坡体临空面大幅增加、应力重新分布，原有土体平衡被彻底打破，整体将从现状的稳定转为不稳定状态；局部区域（如人工填土层与下伏基岩衔接处）因岩土体松散、结构面不利组合，将处于不稳定状态，施工及后期运营阶段存在较高的滑塌、掉块风险。

整体而言，开挖后边坡若无及时、有效的支护措施及配套排水工程，在自然及施工因素影响下，失稳风险极高，且失稳多从表层填土及坡脚区域开始，逐步向上、向深部扩展，需在开挖过程中同步支护，严控施工扰动，降低失稳概率。

## 设计部分

### 5 护坡设计

#### 5.1 设计目标与原则

##### 5.1.1 设计目标

在收集资料和边坡勘查等工作的基础上，对边坡稳定性进行分析评价、预测其发展趋势，选取经济合理、技术可行的护坡措施，保障九龙桥乘车站项目在施工过程中和施工后避免地质灾害的发生。

##### 5.1.2 设计原则

结合连云港花果山景区九龙桥乘车站边坡的项目背景、地质环境特征及景区工程建设要求，该护坡设计遵循安全可靠、因地制宜、技术可行、经济合理、长效耐久、施工便捷六大核心原则，同时兼顾景区旅游功能与地质灾害防治要求，具体原则内容如下：

###### （1）安全可靠原则

作为核心设计原则，以边坡稳定为首要目标，结合开挖后边坡欠稳定至不稳定的状态，按相关规范确定防治工程等级及安全系数，通过桩板墙支护设计，确保边坡在施工期、运营期可抵御岩土体自重、降雨、地震、施工扰动等各类不利因素，保障坡顶道路、换乘站施工及景区游客的人身与财产安全，满足工程安全使用要求。

###### （2）因地制宜原则

紧密结合项目区地质环境特征，适配边坡人工填土松散、风化片麻岩分层发育、水文条件简单但存在降雨入渗影响的特点，针对性设计支护结构与排水体系；同时结合景区低山丘陵地形、周边有高压线及预埋涵洞的场地条件，合理布置桩板墙等设施，避免对周边建（构）筑物及地形造成二次扰动。

###### （3）技术可行原则

选用的支护方案需与边坡地质条件、开挖工况相匹配，支护结构的参数设计、施工工艺均符合《建筑边坡工程技术规范》《滑坡防治设计规范》等国家及行业技术标准；同时兼顾景区施工场地的作业条件，确保设计方案在现场可实施，支护结构的受力、变形计算满足工程技术要求，无技术盲区。

###### （4）经济合理原则

在满足安全与技术要求的前提下，优化支护结构设计参数，合理控制工程量，避免过度设计；优先选用本地易得的建材，结合景区工程建设的整体预算，实现支护工程的造价最优化，同时兼顾后期维护成本，在安全与经济之间寻求最佳平衡。

###### （5）长效耐久原则

考虑景区工程的长期运营需求，支护结构设计充分考虑岩土体长期变形、大气风化、降雨侵蚀、地下水渗流等长期影响因素，选用耐久性良好的材料与结构形式，确保保护坡在设计使用年限内持续发挥稳定作用，减少后期维修、加固的频次，保障边坡长期稳定。

###### （6）施工便捷与协同原则

设计方案兼顾与九龙桥换乘站主体施工的协同性，支护施工工序可与开挖工序衔接，避免施工工序冲突；结合项目区施工条件（景区内部道路通达、施工材料就近采购），选用施工工艺简便、施工机械适配性强的支护方案，同时考虑施工期的临时防护措施，确保支护施工过程中边坡的临时稳定，实现施工安全与施工效率的兼顾。

## 5.2 护坡设计范围

根据项目资料，结合拟采用的治理措施，确定本次护坡范围位于项目用地红线外围，具体范围见工程部署图。

## 5.3 边坡稳定性评价标准

按《建筑边坡工程技术规范》，本项目边坡工程安全等级确定为一级，边坡类型为永久边坡，一般工况下，边坡稳定性安全系数不小于 1.35。

表 5-1、边坡稳定安全系数  $F_{st}$

稳定安全系数 边坡类型		边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
永久边坡	一般工况	1.35	1.30	1.25
	地震工况	1.15	1.10	1.05
临时边坡		1.25	1.20	1.15

## 5.4 护坡设计

### 5.4.1 主体工程

本工程采用桩板墙进行边坡护坡，根据现有边坡范围，综合考虑边坡现状和施工开挖，桩身共布置13根，具体位置见工程部署图，具体参数如下：

桩身共计13根（编号K1~K13），桩长3~16m。桩身采用方形桩，断面尺寸为1.5m×2.0m（宽×长），桩中心距6~8m。桩顶设置墙体，墙体断面宽度为1.2m，高度1.5~7.5m，用于支挡开挖后边坡。墙体随桩身走向布置，墙体下方设置2排排水孔（3m以下墙体设置1排排水孔），间距1.5m。墙体钢筋与桩身钢筋连接。

桩身采用人工结合机械开挖，施工时采用跳桩施工，每次间隔1~2孔。桩身和墙体钢筋笼均采用HRB400钢筋绑扎，C30混凝土浇筑。

桩身开挖线以下一次性浇筑，开挖线以上部分待边坡开挖至设计标高后，桩身钢筋与墙体钢筋连接后一体浇筑。

### 5.4.2 辅助工程

#### (1) 边坡监测

为了施工过程中及治理完成后边坡稳定变化特征，共设置JC01~JC04地表大地变形监测点，对边坡进行动态跟踪监测。

#### (2) 安全标志

为了防止物体崩落危及生命安全，提醒人民群众和施工人员，在项目区显眼处布设安全标志。



图 6-1、安全标志示意图



6-2、安全生产警示牌示意图

## 6 监测要求

### 6.1 监测基本要求

(1) 监测工作应由建设单位委托具有监测资质及相关工作经验的单位进行，并在工程实施前确定，由监测承担单位根据边坡特征及工程措施，参照本设计提出的监测要求和相关规范制定详细的监测方案。监测单位应定期向建设单位、监理方、设计方和施工方提交监测报告，及时反馈监测信息，如在监测中发现异常情况，监测单位应随时将监测结果向相关单位报告。

#### (2) 监测阶段划分

考虑到景区旅游旺季游客较多，该边坡按二级防治工程进行监测，监测阶段分为施工期监测和防治效果监测。施工期监测与治理工程施工同步进行，监测结果作为判断边坡稳定状态、指导施工、反馈设计和防治效果检验的依据。防治效果监测在治理工程竣工后 1 个完整水文年内进行，用以对边坡进行动态跟踪，了解边坡稳定变化特征，为工程竣工验收提供科学依据。

#### (3) 监测内容

①根据《滑坡防治工程勘察规范》(GB/T32864-2016)，监测应建立地表大地变形监测和巡视观测相结合的综合立体监测网络。

②地表大地变形监测可采用经纬仪、全站仪、GPS 等测量仪器进行，监测项目包括滑坡水平位移、垂直位移以及变化速率，点位误差要求不超过 $\pm 5.4\text{mm}$ ，水准测量每公里中误差不小于 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

#### (4) 变形、位移监测要求

①变形监测点应在布设初始建立初读值，变形监测应在施工前开始实施，监测频率初定 1 天一次，具体应根据施工的进度及监测的情况确定。

②变形监测的技术要求应符合现行的《工程测量规范》有关变形测量的规定，监测精度应满足不低于二等精度要求。

③监测数据应包括：监测基准点和监测点的位置、编号、监测日期、本次监测值和累积观测值；监测数据应编制成表或绘成曲线，变形监测结束应将上述资料汇总并附必要的文字说明。

④监测工作由专业人员进行。对监测结果及时反馈，发现异常情况及时通知施工方和设计人员，以便及时采取对策。

#### (5) 巡视观测要求

①巡视观测程序：应由监测实施单位按照监测任务的特点专门进行制定，程序中应包括巡视项目、巡视顺序、记录要求及巡视人员组成及职责等要求。

②巡视人员素质要求：应由监测实施单位指定一名专业的地质工程师负责主持工作，巡视人员应为专业技术人员或高级技术工人。

③巡视的内容主要为裂缝、滑移、坍塌等地面形变的位置、方向、规律、变形量及发生时间，以及人类工程活动影响、建筑物破坏情况等。

④巡视后的工作成果应以报告的形式及时送达相关部门及主管单位，如遇紧急情况可直接向上级主管部门汇报。

### 6.2 监测方法与精度

变形监测点包括水平位移监测和沉降监测。监测方法：在项目区下方稳定的区域，并且通视条件良好的地段设置 3 个基准点，在监测区域设置监测点标墩，利用全站仪

采用前方交会法分别测量出各个监测点的角度、距离，并计算出各监测点的坐标，从而得到各监测点相对于基准点的位移量；使用水准仪测设一条往返闭合水准路线，监测各点沉降量。

变形监测精度要求如下：

A、水准测量每站观测高差中误差  $M_0 \leq \pm 0.5\text{mm}$

B、水准闭合（附合）路线，闭合（附合）差

$$f_w = \pm 1 \sqrt{N} \quad (N \text{ 为测站数})$$

C、垂直变形监测精度（最弱点观测高差中误差）

$$m_{\text{弱}} \leq \pm 1.0\text{mm}$$

D、平面位移监测精度（最弱点观测中误差）

### 6.3 施工期监测

(1) 施工期监测内容包括地表大地变形监测和巡视观测两部分。

(2) 施工安全监测点应布置在边坡稳定性差的部位，宜形成完整剖面，采用多种手段互相验证和补充。

(3) 施工安全监测，应采用一天一次的周期进行，有异常情况出现时应加密监测。

(4) 施工期安全监测应在开工初期就进行观察、以便获得完整的监测记录。

(5) 施工期间应重点加强桩顶及坡顶的沉降、位移监测，施工过程中，如果因为施工需要将部分监测点破坏，应及时更新布置监测点，保证监测效果。

(6) 边坡监测的总位移量预警值初步确定为 50mm，日位移量预警值为 5mm，具体预警值将根据监测中间成果确定。如出现异常情况，应及时反馈给业主和设计单位。

### 6.4 防治效果监测

(1) 防治效果监测内容同施工期监测内容一致，包括地表大地变形监测和巡视观测两部分。

(2) 防治效果监测应重点布置在桩顶。沿着滑坡主剖面进行。

(3) 根据地质灾害发育特征和治理工程措施，防治效果监测中地表大地变形监测设置 2 条监测纵剖面，总计 7 个地表大地变形监测点。

(4) 监测频率和时间

治理工程施工完成后前三个月 15 天监测 1 次，三个月后每月一次，同时在汛期、雨季及有异常情况出现时应加密监测。防治效果监测期为治理工程竣工后 1 个完整水文年。同时进行长期的巡视观测。

### 6.5 监测成果提交

当监测任务完成后，或委托方要求时，提交技术报告书应包括以下内容：

(1) 技术设计书或施测方案；

(2) 变形测量工程的平面位置图；

(3) 基准点和观测点分布平面图；

(4) 标石、标志规格及埋设图；

(5) 平差计算、成果质量评定资料及成果表；

(6) 反应变形过程的图表。

## 7 施工技术要求

### 7.1 一般规定

- (1) 桩板墙施工应根据设计要求选择相应的成桩工艺，编制专项施工方案。
- (2) 挖孔桩桩深超过 16m，以及超深超大截面钻孔桩的施工方案应组织专家论证。
- (3) 施工时应确认岩土层位置如与勘察设计不相符，应及时报告监理及设计单位。
- (4) 边坡稳定性较差时，应采取二桩或多桩跳挖或成孔，不应通槽开挖或成孔施工。
- (5) 用于桩板墙的原材料、构配件等应进行现场验收并取样检测合格。
- (6) 桩身成孔成桩过程中，应保证施工工序衔接和施工连续性，桩孔成孔后应及时安装钢筋和浇筑混凝土。
- (7) 施工过程中应重点监测桩板墙施工区域的变形，监测点宜布置在桩板墙的后缘侧。
- (8) 桩板墙施工完成后应对工程质量进行检验检测，桩的截面尺寸及桩深、桩的钢筋配置及桩身混凝土强度应达到设计要求。
- (9) 施工过程中应做好工程施工验收记录和隐蔽工程质量验收记录。
- (10) 应按设计及相关规范要求对桩身强度及完整性进行检测。桩身完整性检测方法参照附录 F。

### 7.2 施工准备

- (1) 按设计要求的混凝土强度，进行混凝土配合比试验，取得配合比试验报告。进行成桩试验，确定成桩工艺参数。

- (2) 平整施工场地，沿布桩线修建施工道路，用于弃土外运及施工材料运输。
- (3) 设临时截排水沟。地表水不得冲刷施工场地，不得流入桩孔内。
- (4) 采用木桩或钢筋定位桩轴线。桩轴线定位桩在成孔施工期内应予以保留，并定期复测。

### 7.3 人工挖孔桩成孔

#### 7.3.1 基本要求

- (1) 施工工艺流程：测量定位→开口及锁口圈梁浇筑→分节开挖（土方外运）→护壁→滑带确认（实测、取样拍摄）→桩孔清底验收→钢筋笼制作安装→桩身混凝土浇筑→工程质量检测。工程条件具备时，钢筋笼制作可分节提前完成，在成孔完成后安装。锚拉桩的锚孔设置和预埋件安装应与上节钢筋笼安装同步进行，并在混凝土浇筑前完成。
- (2) 按设计桩位测量放线，设置的桩轴线定位标志在施工期间应保留并定期复校。
- (3) 宜采取先两侧后中部的开挖顺序，间隔跳桩开挖。在桩身混凝土强度达到 70%后方可开挖相邻桩孔。
- (4) 设置多排桩时不宜同时进行上、下排桩施工，应根据滑坡推力特点，由设计单位确定先行施工的排桩。
- (5) 挖孔提升机架的设备及安全性能应符合要求，提升桶容积合理，提升机架的提升能力与提升桶配套，电葫芦卷扬与钢丝绳强度应有足够的安全储备。
- (6) 挖孔桩的提升机架支撑应牢固稳定，提升卷扬应有防倾倒装置，旋转臂长应能使提升桶居中，电葫芦卷扬应安全可靠并配备自动卡紧保险装置，提升桶的吊钩应有防脱保护装置，钢丝绳无断丝。
- (7) 提升机架及其他机具使用前应进行安全检查，确保机具安全使用。

(8) 滑带位置应经勘察、设计、监理、施工方共同勘验确认，详细记录和描述滑带的工程地质特征，并拍照和取样留存。

(9) 开挖的弃渣应及时外运，不应堆放在孔口附近和滑坡变形区。

(10) 桩孔断面尺寸及桩孔深度应符合设计要求。如滑面埋深与设计不相符时，应报告监理和及设计单位，如需设计变更应按批准的设计变更进行施工。

(11) 趋于临滑状态的滑坡不应进行桩孔开挖，应在滑坡趋于稳定后进行。

(12) 施工过程中遇地下水时，应采取防范和处置措施，保证施工人员安全和混凝土浇筑质量。

(13) 开挖至桩底后应清理孔底的残渣，疏干孔底积水，用混凝土进行封底，并预留集水坑。封底混凝土强度与桩身相同，厚度不小于 200 mm。

(14) 挖孔桩锁口圈梁上应设置防护栏杆。锁口圈梁宜高出地面 200 mm，不应向孔内抛丢物件，防止提升桶及开挖土石落入孔内。孔内施工时孔口应有专人值守，暂停施工时应对孔口覆盖。

(15) 挖孔桩内应设置上、下安全爬梯，爬梯应安装牢固、吊挂稳定，人员上下应挂安全绳，严禁施工人员使用卷扬机、提升桶、人工拉绳子或脚踩护壁凸缘上、下桩孔。

(16) 提升时提升桶应置于桩孔中部，提升桶不应碰刮护壁。

(17) 桩孔开挖过程中应经常检查孔内有毒有害气体和缺氧情况。孔深超过 10 m 或有毒有害气体超标、氧气不足、桩孔暂停施工后，均应采取向作业面送风措施。孔下爆破后应先向孔内通风，待炮烟粉尘全部排除后方可下孔作业。

(18) 桩孔开挖过程中，提升桶装料应均衡，装料面应低于提升桶边沿面。提升机架应由专人操作，开始提吊时应有联系信号，统一指挥，慢速起吊，平稳提升。

(19) 孔内应设安全挡板，装料桶提升过程中孔内人员应处在挡板下。

### 7.3.2 锁口圈梁

(1) 施工工序：测量定位→孔口开挖→钢筋绑扎→复核桩心位置→支模→浇筑混凝土→混凝土养护→拆模→检查验收。

(2) 桩孔锁口圈梁宜高出地面 200 mm，地面上宽度不宜小于 400 mm，孔口护壁厚度不宜小于 150 mm；混凝土强度满足设计要求且不低于 C20。锁口圈梁应设置安全防护栏，雨季施工搭设防雨棚。

(3) 应测放锁口圈梁四个角点并做好标记，开挖后安装模板时，校正模板位置，校核桩中心点位置，锁口圈梁浇筑成型后在四边设对中十字控制点。

### 7.3.3 护壁

(1) 施工工序：桩孔开挖→护壁钢筋安装绑扎→吊线确定桩孔中心点→支模→浇筑混凝土→混凝土养护→拆模→检查验收。

(2) 钢筋混凝土护壁厚度、强度及配筋应符合设计要求。

(3) 护壁混凝土宜采用细石混凝土，混凝土的坍落度宜为 50 mm~80 mm。

(4) 应随挖随浇筑护壁混凝土。每节护壁高度不应大于 1.2 m，上、下节护壁应按设计要求搭接。

(5) 护壁钢筋宜在地面制作成型后于孔内安装，钢筋安装在孔壁与模板中间。相邻节护壁竖向钢筋两端宜制成弯钩进行上下搭接，弯钩回弯长度应不小于 100 mm。

(6) 采用组合式钢模板或木模板，模板采用“U”形卡连接，设十字支撑顶紧。模板定位应准确，支撑系统牢固，不应因浇筑护壁混凝土产生模板失稳变形。护壁模板应在混凝土强度达到 50%后方可拆除。

(7) 开挖过程中应控制桩的垂直度，每节模板安装时应依据桩中心点校正模板位置，每节护壁的中心应与桩的中心一致。

(8) 护壁混凝土采用小直径振捣棒配合钢钎振捣密实，确保与孔壁接触良好。护壁面应光滑平整，不应有残挂混凝土。

(9) 护壁厚度、强度以及配筋应满足设计及安全稳定要求，淤泥类软土、流砂、填土、膨胀土等易变形岩土层段，应根据岩土侧压力验算护壁结构稳定性，必要时采取加强措施。

(10) 淤泥类软土、流砂、填土、膨胀土等易变形土层开挖时，应减小分节护壁的高度，分节高度可为 0.5 m~0.8 m，也可采取临时支撑，设置短锚杆等措施，保证孔壁稳定。

(11) 孔壁为完整基岩，其节理裂隙不发育时，可减少护壁厚度，完整基岩孔壁稳定且无地下水渗流时可取消护壁。

(12) 基岩段可采用喷射混凝土施工方法进行护壁，开挖后及时挂网喷射混凝土。

(13) 在透水层孔段的护壁宜预设泄水孔，泄水孔的布置应根据地下水渗流情况确定，浇筑混凝土前堵塞泄水孔。

(14) 护壁后的桩孔净断面尺寸应不小于桩身设计断面尺寸。桩孔应保持垂直，其竖向垂直度允许偏差不大于 0.5%。

### 7.3.4 土层开挖

(1) 土层由人工逐层开挖，先中间后周边。开挖面应保持均衡，开挖土方应及时提升至孔外。

(2) 下节桩孔开挖应在上节护壁混凝土浇筑完成 24 小时后进行。

(3) 当开挖过程中因流砂、淤泥、膨胀岩土、松散填土及地下水鼓冒造成孔壁垮塌、上节护壁破裂等突发事件时，应立即进行桩孔回填，回填高度应不低于破损护壁的顶面。

(4) 开挖后的桩孔尺寸应达到设计要求，孔壁应大面平整、横平竖直。

(5) 开挖时孔壁交接处的块石及孤石应人工凿除，不应在孔壁内形成影响护壁稳定的空腔。块石及孤石人工开挖困难或大块石无法装运时，可采用静态爆破或机械破碎，避免因振动和飞石造成护壁破坏及人员伤害。

### 7.3.5 岩层开挖

(1) 岩层可采用人工、爆破及水磨钻等开挖方法，应根据节理裂隙发育程度、岩石强度、滑坡稳定状况及周边环境等选择开挖方法。

(2) 坚硬岩层或孤石采用风镐凿除困难时，可采用松动爆破。爆破开挖应符合下列规定：

基岩孔段爆破一般采用微振动钻孔控制爆破，爆破深度应控制在 0.3 m~0.5 m。爆破孔应采用  $\phi 42$  的小直径钻孔，使用  $\phi 32$  的管装乳化炸药。爆破钻孔呈梅花式布置。

爆破开始前在现场测试爆破振动，取得振动衰减参数，及时调整爆破工艺，降低爆破振动，确保爆破安全。

采用微差控制爆破技术，每段微差时间不应小于 25 ms，单段最大药量和一次爆破规模应根据振动衰减规律和爆破分段数严格控制。

爆破孔口应采取安全防护覆盖措施，孔口加压砂包，爆区表面用竹笆覆盖。

雷雨天气时不宜进行桩孔爆破作业，周围有管线时，爆破前应测量杂散电流值，如杂散电流超标，则应采用抗杂散电流的特殊电雷管。爆破时应严格安全警戒，警戒信号要明显。

采用静态爆破时应制定静态爆破方案，爆破孔的间距、深度及装药量应由试验确定。

(3) 桩孔邻近既有建（构）筑物不能爆破开挖时，基岩段可采用水磨钻分层钻掘。

(4) 水磨钻钻孔布置：开槽形式有“回”字形和“田”字形，钻孔间距及排距可根据岩石强度及裂隙发育程度现场确定。水磨钻钻孔参数要求如下：

孔距：钻孔直径的 85%~90%。

孔径：130 mm~160 mm。

深度:根据选用的钻机单次进尺确定合理的单次钻进深度,一次钻深宜为 0.4 m~0.6 m。

(5) 水磨钻钻孔取芯完成后,应凿除孔间突出的齿状岩块,确保桩孔尺寸符合设计要求。凿除的石渣装入提升桶内并用提升机架吊出孔外。石渣不应露出桶外,且集中堆放于安全稳定的地段。

### 7.3.6 桩孔地下水降排

(1) 根据开挖岩土层水文地质条件确定地下水降排方法,做好地下水出水点及渗流量记录。

(2) 地下水位较高、土层中有强渗透的砂卵石层或岩层中节理裂隙发育、水文地质条件复杂场地,应制定地下水降排方案。

(3) 开挖过程中渗水量较少时可采用提桶排水,将渗水与开挖土石提升至孔外;渗水量较大时,应在孔内开挖集水坑,使用具有漏电保护装置的水泵抽排至孔外,孔内作业人员应穿着绝缘筒靴。

(4) 应控制挖孔桩降排水对周边建(构)筑物的影响。桩孔抽排的地下水应引出至地表排水沟,不应回流到滑坡体内。

(5) 岩土层中的渗水可采用水泥添加水玻璃等堵水剂进行封堵,堵水前应先设置引水孔。桩身混凝土浇筑前应封堵所有的漏水点,排干孔底积水。

### 7.3.7 人工挖孔桩钢筋制作安装

(1) 钢筋可采用机械或人工调直,宜采用机械调直。经调直后的钢筋不应有局部弯曲、死弯、小波浪形,表面伤痕不应使钢筋截面减少超过 5%。

(2) 水平箍筋或拉筋加工应按设计图纸和规范要求进行,箍筋末端应做成弯钩,弯钩的形状及平直部分的长度应符合规范要求。加工后的半成品宜分类码放,加强保护。堆置不宜过高,不应引起钢筋结构的变形,不应污染油污及泥浆。

(3) 型钢可采用工字钢、槽钢及角钢等,型钢材质及尺寸应符合设计要求,并现场制作成型。

(4) 预埋件应现场制作成型,其材质及尺寸应符合设计要求。

(5) 竖筋宜采用直螺纹套筒连接或闪光对焊连接,不应采用电渣压力焊连接,钢筋套筒连接、焊接或其他连接应按要求抽样送检,焊接施工应满足 JGJ 18 的规定。接头点应按规范要求错开。

(6) 直螺纹连接应符合 JGJ 107 的规定,接头等级宜为 I 级。

(7) 直螺纹连接的套筒尺寸及质量、钢筋端部螺纹加工质量应符合要求,钢筋端部螺纹加工完成后,应对螺纹加以保护。丝头在套筒中央并相互顶紧,采用专用扭矩扳手抽检。

(8) 竖筋接头应错开,同一截面竖筋接头数量不应超过 50%,其中抗弯面竖筋的接头数量不应超过 30%。

(9) 箍筋应与每根(束)主筋绑扎或焊接,箍筋的间距、肢数及布置应符合设计

(10) 桩身钢筋在桩孔内安装时,要求定位准确,钢筋笼与护壁间用水泥砂浆垫块隔开,留出保护层厚度。受力钢筋的保护层厚度宜为 70 mm,不应小于 50 mm。

(11) 对于悬挂的竖筋,应有固定钢筋的措施,可采取上拉下撑的固定方法。

(12) 桩身采用型钢时,型钢制作安装应满足受拉构件钢结构施工规范要求。

(13) 采用预应力筋时,应采用后张法施工,施工工序为预应力筋制作加工→安装预应力孔管→桩端固定预应力筋→浇筑桩身混凝土→混凝土养护→预应力筋张拉锁定→孔内注浆充填→检查验收。

### 7.3.8 人工挖孔桩混凝土浇筑

(1) 现场搅拌混凝土配合比应符合 JGJ 55 的要求,应在孔口取样做坍落度检验,料车输送混凝土坍落度宜为 5 cm~8 cm,泵送混凝土坍落度宜为 12 cm~16 cm。

(2) 现场搅拌混凝土时，搅拌时间不少于 2 min。

(3) 混凝土外加剂应有质量证明书，符合 GB 50119 的规定。外加剂掺入量应符合要求，并做好配合比试验。

(4) 混凝土不应从孔口直接浇筑，应采用串筒浇筑，串筒下口与混凝土面距离宜为 1 m~2 m，串筒应固定可靠，最后一节串筒应倾斜。

(5) 桩孔深度超过 30 m 时，不宜采用串筒浇筑，宜采用泵送混凝土至桩孔孔底。采用泵送混凝土浇筑时，布料管管口不应高于混凝土面 2.0 m。

(6) 混凝土应连续浇筑，分层振捣。每浇筑 0.4 m~0.6 m 时，应插入振动棒振捣，振捣范围应覆盖桩孔全截面，混凝土保护层不得漏振。

(7) 混凝土应振捣密实，不应过振，振捣过程中应保护钢筋及预埋件，不应造成其位移及损坏。

(8) 在护壁上标注桩顶位置，连续浇筑混凝土至桩的顶面，待混凝土凝固后在桩顶作桩号标记。

(9) 桩顶高出地面的挖孔桩，应支设模板分层浇筑，模板定位及安装应符合混凝土施工规程。

(10) 浇筑混凝土前应排干孔底的积水，封堵地下水渗水点，清除孔底土石等沉渣。

(11) 疏干孔底积水困难时，应采用水下混凝土灌注，导管数量及混凝土坍落度等应满足水下混凝土灌注要求。桩截面面积大于 4 m<sup>2</sup> 时，灌注导管数量应不少于 2 根，混凝土坍落度宜为 18 cm~22 cm。

(12) 混凝土浇筑过程中应及时修复可能出现的钢筋位置错动或脱落。

(13) 混凝土的强度等级应符合设计要求。混凝土强度试件应在浇筑地点随机抽取。

取样与试件留置应符合下列规定：

每拌制 100 盘且不超过 100 m<sup>3</sup> 的同配合比混凝土，取样不应少于一次；

每工作班拌制的同配合比混凝土不足 100 盘时，取样不应少于一次；

一次连续浇筑超过 100 m<sup>3</sup> 时，同一配合比的混凝土每 200 m<sup>3</sup> 取样不应少于一次；

每次取样应至少留置一组标准养护试件，同条件养护试件留置组数应根据实际需要确定。

桩身混凝土取样还应符合下列规定：

每根桩桩身应取样；

桩截面短边边长不大于 1.2 m 时，取 1 组试块；

桩截面短边边长为 1.2 m~1.6 m 时，取 2 组试块；

桩截面短边边长为 1.6 m~2 m 时，取 3 组试块；

桩截面短边边长大于 2 m 时，试块数量不少于 4 组。

现场搅拌混凝土时，所用水泥批次发生变化及不同班组搅拌时，应相应增加试块数量。

### 7.3.9 桩间挡墙施工

挡墙施工应安排在挖孔桩成桩后进行。

(1) 现浇挡墙施工工序：基槽开挖→钢筋制作安装→模板安装→混凝土浇筑及养护→回填土→检查验收。

(2) 挡墙基槽开挖过程中应采取保证边坡稳定措施。开挖深度小于 5 m 时可采取放坡开挖，开挖深度大于 5 m 则应制定专项开挖支护方案。

(3) 现浇挡墙钢筋制作与安装、模板支撑、混凝土浇筑与养护等应满足混凝土施工技术规范要求，并按设计要求设置排水孔及反滤层。

(4) 现浇挡墙模板支撑应牢固，挡土板较高时应分层支模浇筑混凝土，每层浇筑高度不宜超过 4 m。

(5) 挡墙钢筋与桩的连接可采用植筋连接或挖孔桩预埋筋连接，应保证挡墙与桩连接稳固。

(6) 现浇挡墙应凿除护壁混凝土，与桩身混凝土连接。

(7) 挡土板强度达到设计要求后进行板前板后土体回填，回填土应分层夯实，其土类及性质宜与周边土基本一致，压实度和密实度应满足设计要求。

## 8 工程质量评定与工程验收

### 8.1 基本要求

(1) 质量检验包括原材料质量、桩孔开挖或钻孔、钢筋制作与安装、桩身混凝土浇筑质量检查以及桩身完整性与强度检测等。

(2) 桩板墙的桩位、截面尺寸、深度及桩顶标高等应满足设计要求。

(3) 桩板墙的钢筋配置及混凝土强度应满足设计要求。

(4) 桩板墙应进行无损检测，检测方法采用声波透射法及低应变法。直径大于 2 m 的钻孔桩宜采用声波透射法检测，中小直径钻孔桩宜采用低应变法检测，微型桩宜采用低应变法检测。挖孔桩及钻孔桩宜逐桩检测，微型桩按比例抽检。声波透射与低应变法检测方法、要求及桩身混凝土完整性判定参照附录 F。

(5) 桩身完整性检测有缺陷的应采用钻芯法检测，抽取的芯样应做抗压强度试验，钻芯孔采用砂浆或水泥浆充填。

(6) 桩间挡土板及桩顶连系梁检测应符合 GB 50204 规定。

(7) 出露地表的桩头、桩顶连系梁及桩间挡土板的外观质量应符合 GB 50204 规定。

(8) 对存在质量缺陷的桩，可采取高压注浆补强、增加桩钢筋或型钢的配置、在周边补桩或加强锚固等加固补强处理。质量缺陷处理方案应由原设计单位提出。加固补强桩的质量应重新进行检验检测。

### 8.2 挖孔桩工程质量检验

(1) 挖孔桩成孔质量检验应符合下列要求：

a) 桩孔位置应符合设计要求，桩的承力面均应与桩轴线平行。

b) 护壁和锁口圈梁定位及尺寸、钢筋强度等级及配置、混凝土强度应符合设计要求。

c) 桩孔尺寸、孔深、垂直度应符合设计要求。

d) 挖孔桩嵌固滑床的深度应符合设计要求。

e) 成孔过程中应检查桩位及桩深，逐段检查桩孔断面尺寸、倾斜度和护壁质量。

(2) 钢筋笼制作与安装质量检验应符合下列要求：

a) 钢筋品种、规格、质量应符合设计及相关规范要求。

1) 力学性能检测：钢筋屈服强度、抗压强度应符合设计要求，断后伸长率应符合国家标准要求。检查数量为每批次不大于 20 t，随机切取两根。

2) 抗弯性能检测：钢筋弯曲后，受弯曲部位表面不应产生裂纹，其中 I 级钢筋弯曲 180° 后弯曲直径为 3d，II、III、IV 级钢筋弯曲 90° 后弯曲直径为 5d。检查数量为每批次不大于 20 t，随机切取两根。

3) 直径、长度检测：采用精度 0.1 mm 的量具测量直径，用精度 1 mm 的量具测量长度。检查数量为每批次不大于 20 t，取样 10 个，不少于 3 个。

4) 重量偏差检测：理论重量与实际重量允许偏差  $\pm 5\%$ 。每批次不大于 20t，取样 10 个，最少 5 个，试样长度  $\geq 500$  mm。

5) 弯曲度检测：总弯曲度不大于钢筋总长度的 0.4%。

6) 表面质量检查：钢筋表面无缺陷，不应有裂纹和局部颈缩。

b) 钢筋弯钩与弯折加工形状、尺寸应符合设计要求。

1) 箍筋弯钩弯折角度：一般结构不应小于 90°，对有抗震等级要求的结构应为 135°；

2) 弯后平直段长度：一般结构不应小于 5d，有抗震等级要求的结构应为 10d。

3) HPB 235 级钢筋末端应作 180° 弯钩, 弯后平直段长度不应小于钢筋直径的 3 倍。

c) 钢筋表面应洁净, 无损伤, 油渍、漆污和铁锈

d) 钢筋应平直, 无局部弯曲。

e) 调直钢筋表面无划伤、锤痕, 冷拉钢筋表面无裂纹, 热轧钢筋夹层处无烧伤。

f) 钢筋焊接应符合下列规定:

1) 热轧钢筋连接可采用闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊或气压焊。

2) 焊接前应根据施工条件进行试焊, 取样检测合格后方可焊接。

3) 焊接接头形式、焊接工艺和质量验收应符合 JGJ 18 规定。

4) 冷拉钢筋焊接应在冷拉前, 冷拔钢筋不应焊接。轴心受压, 小偏心受拉, 直径大于 25 mm 钢筋均应焊接。

5) 同一截面内的接头宜相互错开, 接头率应小于 50%。

6) 钢筋焊接制作应对钢筋规格、焊条规格、焊条品种、焊口规格、焊缝长度、焊缝外观和质量、主筋和箍筋的制作偏差等进行检查。

g) 钢筋机械连接应符合下列规定:

1) 标准型直螺纹套筒连接接头安装后的外露螺纹不宜超过 2 个螺距, 并采用扭矩扳手抽检。

2) 直螺纹套筒连接扭矩扳手拧紧扭矩值应符合表 8-1 的规定。

表 8-1 直螺纹接头安装时的最小拧紧扭矩值

钢筋直径/mm	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40
拧紧扭矩/(N·m)	100	200	260	320	360

h) 钢筋绑扎连接时钢筋的交叉点应采用铁丝扎牢, 绑扎接头搭接长度, 接头率应符合设计要求。

i) 钢筋安装时受力钢筋的品种、级别、规格和数量应符合设计要求。

j) 钢筋制作安装质量检验评定标准应符合表 8-2 的规定。

k) 在浇筑混凝土前, 应对钢筋笼安放的实际位置等进行检查, 填写相应的质量检查记录。

表 8-2 钢筋制作安装质量检验评定标准

项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法	检查数量	
			单位	数值			
主控项目	1	钢筋品种、规格、质量	符合设计及相关规范要求		查检验报告	按 5.5.8.2.2	
	2	钢筋弯钩与弯折	符合设计或 5.5.8.2.2 要求		用钢尺检查、观察	按工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不少于 10%, 且不少于 3 件	
	3	钢筋表面洁净度	无损伤, 油渍、漆污和铁锈				
	4	钢筋平直度	平直, 无局部弯曲				
	5	钢筋调直	符合设计或 5.5.8.2.2 要求		检查产品合格证、接头力学性能检验报告		
	6	钢筋焊接	符合设计或 5.5.8.2.2 要求				
	7	机械连接	符合设计或 5.5.8.2.2 要求				
一般项目	1	钢筋绑扎连接	符合设计或 5.5.8.2.2 要求		观察检查		抽查不少于 10%
	2	钢筋安装	符合设计或 5.5.8.2.2 要求		观察检查	抽查不少于 10%	
	3	钢筋加工	长度方向全长净尺寸	mm	±10	用钢尺检查	抽查不少于 10%
	4		弯起钢筋弯折位置	mm	±20		
	5		箍筋内净尺寸	mm	±5		
	6	钢筋安装	长度	mm	±10		
	7		主筋间距	mm	±10		
	8		箍筋间距	mm	±20		
	9		排距	mm	±5		
	10		钢筋笼直径	mm	±10		
	11	预埋件中心线位置	mm	5			

注 1: 指标依据: GB 50204。  
注 2: 使用范围: 钢筋混凝土、预应力混凝土。

(3) 模板工程质量控制与检验应符合下列规定:

a) 模板安装质量检验应符合下列规定:

1) 竖向模板和支架的支撑部分应具有承担上部荷载的能力, 上下立柱应对齐。

2) 在基土上安装时应加设垫板, 且基土应坚实, 有排水措施。

3) 对湿陷性黄土应有防水措施, 对冻胀土应有防冻融措施。

4) 模板及支架在安装过程中应设置防倾覆的临时固定设施。

- 5) 浇筑钢筋混凝土梁、板跨度大于 4 m 时, 模板应起拱, 起拱高度为全长跨度的 1/1000~3/1000。
- 6) 固定在模板上的预埋件和预留孔洞不应遗漏, 安装应牢固, 位置准确。
- 7) 预制构件用作底模的地坪、铺设的底板以及胎膜等应平整光洁, 不应产生影响构件质量的下沉、裂缝、起砂和鼓起。
- b) 模板拆除应符合下列要求:
- 1) 拆模时, 侧模、芯模不变形, 混凝土棱角完整, 不发生坍塌和裂缝。
  - 2) 悬臂结构跨度大于 8 m 时, 应在达到 100%设计强度时拆模, 其他应在达到 75%设计强度后拆模。
  - 3) 预制构件模板拆除时, 混凝土强度应符合设计要求, 对后张法预应力混凝土结构构件, 侧模宜在预应力张拉前拆除;
  - 4) 底模支架的拆除应按施工技术方案执行; 当无具体要求时, 不应在结构构件建立预应力前拆除。
  - 5) 侧模拆除时的混凝土强度应能保证其表面及棱角不受损伤。
- c) 模板工程质量检验评定标准见表 8-3。

表 8-3 模板工程质量检验评定标准

项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法	检查数量	
			单位	数值			
主控项目	1	模板安装	符合设计或 5.5.8.2.3 的规定		观察及尺量	全数检查	
	2	底模、地坪、底板、胎膜	符合设计或 5.5.8.2.3 的规定				
	3	模板拆除	符合设计或 5.5.8.2.3 的规定				
	4	轴线位置	mm	5	用钢尺检查	构件的 10%, 不少于 3 件	
	5	预留孔洞中心位置	mm	5			
	6	预埋件中心线位置	mm	3			
	7	底模上表面标高	mm	±5			水准仪或拉线钢尺检查
一般项目	1	截面尺寸	长	mm	用钢尺检查	构件的 10%。不少于 3 件	
	2		宽	mm			±5
	3		高	mm			±5
	4	表面平整度	mm	5	2 m 靠尺量测		

注 1: 指标依据: GB 50204。  
注 2: 使用范围: 素土混凝土、钢筋混凝土, 预应力混凝土。

- (4) 混凝土浇筑质量检验应符合下列规定:
- a) 混凝土的原材料质量应符合设计及规范要求, 砂、粗骨料及水泥应见证取样检测。
    - 1) 水泥每批次不大于 100 t, 取样 20 个, 不少于 3 个, 单样品质量不少于 1 kg;
    - 2) 砂每批次不大于 200 m<sup>3</sup>, 取样 15 个, 不少于 3 个, 单样品质量不少于 4 kg;
    - 3) 粗骨料每批次不大于 200 m<sup>3</sup>, 取样 15 个, 不少于 3 个, 单样品质量不少于 8 kg
  - b) 混凝土拌合用水 PH 值应介于 6~7 之间, 其他矿物质含量应满足设计要求。
  - c) 混凝土用石、砂、水泥、水等配合比应满足配合比试验报告单的要求。同批次原材料确定一次配合比, 当原材料发生变化时, 需要重新试验确定配合比
  - d) 受雨雪影响的露天混凝土, 位于水中或水位升降范围内潮湿环境中的混凝土最大水灰比不超过 0.7, 最小水泥用量 250 kg/m<sup>3</sup>; 寒冷、严寒地区最大水灰比不超过 0.6, 最小水泥用量 325 kg/m<sup>3</sup>, 最大水泥用量不宜大于 550 kg/m<sup>3</sup>。
  - e) 原料每盘搅拌时间 >3 min, 延续时间 <60 min, 运输、浇筑、间歇时间 <150 min。
  - f) 大体积混凝土塌落度宜为 10 mm~30 mm, 小体积混凝土塌落度宜为 30 mm~50 mm; 密配筋结构混凝土塌落度宜为 50 mm~80 mm。
  - g) 混凝土强度应符合设计及相关规范要求。混凝土抗压强度合格标准评定参照 5.5.5.2.14。
  - h) 混凝土工程质量检验评定标准见表 8-4。

表 8-4 混凝土工程质量检验评定标准

项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法	检查数量
			单位	数值		
主控项目	1	钢材、水泥、砂、石等原材料	符合设计及规范要求		查检验报告	满足 5.5.8.2.2、5.5.8.2.4 规定
	2	混凝土用水	满足设计要求		查检验报告	代表性水样
	3	配合比	满足设计要求		称重, 查试验报告	满足 5.5.8.2.4 规定

	4	最大水灰比和最小水泥用量	符合设计及规范要求		称量法	满足 5.5.8.2.4 规定	
	5	混凝土每盘搅拌时间	min	$\geq 3$	现场记录	随机检查	
项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法	检查数量	
			单位	数值			
主控项目	6	混凝土搅拌延续时间	min	$\leq 30$	现场记录	随机检查	
	7	混凝土运输、浇筑、间歇时间	min	$\leq 150$	现场记录	随机检查	
	8	混凝土强度	设计要求并评定合格		试块或钻芯取样检测	满足 5.5.5.2.13、5.5.5.2.14 规定	
一般项目	1	塌落度	大体积混凝土	mm	10~13	混凝土塌落度仪测定	一批混凝土中代表性试样，每班检查不少于 1 次
			小体积混凝土	mm	30~50		
			密配筋结构	mm	50~80		
注 1：指标依据：GB/T 50080。							
注 2：适用范围：适用于混凝土的检验和评定。							

## (5) 挖孔灌注桩桩身质量检验。

- a) 桩身完整性宜采用声波透射法、低应变法检测，检测方法见附录 F。
- b) 钻孔取芯检验孔宜布置在桩孔中心部位至桩底下 500 mm，对低强度桩段应重点取样测试。
- c) 施工结束后应检查桩身外观质量，桩顶、桩身外露面应平顺、美观，不应有明显缺陷。
- d) 挖孔灌注桩桩身质量检验标准应符合表 8-5 的规定。

表 8-5 挖孔灌注桩桩身质量检验标准

项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法	检查数量
			单位	数值		
主控项目	1	桩长	mm	$< 10$	测绳	全数检查
	2	桩身完整性	检测合格		低应变法、声波透射法或钻芯法	全数检查
	3	桩径	mm	$\geq 0$	钢尺、井径仪或超声波检测（不包括护壁厚）	全数检查
一般项目	1	桩位	mm	$\leq 50 + 0.005H$	全站仪或钢尺量，量桩中心。	全数检查
	2	垂直度	mm	$\leq 1/200$	经纬仪或线锤测量	全数检查
	3	桩顶标高	mm	$+50 \sim -30$	水准测量	全数检查
	4	桩身方位角	°	$< 2$	全站仪或经纬仪	全数检查
	5	钢筋骨架顶面高程	mm	$\pm 50$	水准仪：测每桩骨架顶面高程	全数检查
注：钢筋笼(骨架)质量检验评定标准参照 5.5.8.2.2 表 11；混凝土质量检验评定标准参照 5.5.8.2.4 表 13。						

## 9 工程安全与环保

### 9.1 工程安全

在治理施工过程中，严格按照预先制定的操作程序进行，在施工可能影响到的路口等有人员活动场所设置醒目警示标志，安排专人巡逻，禁止非施工人员进入施工区域，防止危及行人、车辆等安全。

在治理施工过程中，施工人员必须佩戴安全帽，进行坡面施工的人员需系带安全绳、防滑鞋等防护设施。

施工方应加强管理，建立严格的边坡施工管理制度，根据现场情况设定临时观察点，同时建议指定专职安全员，定期检查各处边坡状况。发现问题，及时组织处理，必要时划定危险区，设立醒目标志，并立即组织撤离危险区工作人员，进行排险。

施工顺序需按照先坡顶后坡脚，自上而下的顺序进行施工，施工过程中若边坡有失稳趋势、沉降异常等现象时应立即停止开挖施工，及时用砂浆或沥青将裂缝抹平，防止雨水下渗，并及时通知建设、监理、设计等有关单位，以便制定对策。

### 9.2 环境保护

本项目在施工过程中主要涉及桩板墙等内容，在施工过程应注意施工产生的噪声及振动影响，同时采取措施控制粉尘排放，减少对环境质量的影响。

#### 9.2.1 大气污染防治

1) 施工垃圾应及时清运，清运时适量洒水减少扬尘；施工道路随时清扫洒水，减少道路扬尘。

2) 工地上使用的各类柴油、汽油机械执行相关污染物排放标准，不使用气体排放超标的机械。

3) 易飞扬的细颗粒散体材料尽量库内存放，如露天存放时采用严密苫盖。运输和卸运时防止遗洒飞扬。

4) 在施工区禁火焚烧有毒、有恶臭物体。

#### 9.2.2 防止水污染措施

1) 办公区、施工区、生活区合理设置排水明沟、排水管，道路及场地适当放坡，做到污水不外流，场内无积水。

2) 在搅拌机前台及运输车清洗处设置沉淀池。排放的废水先排入沉淀地，经二次沉淀后，方可排入排水管网或回收用于洒水降尘。

3) 临时食堂附近应设置简易有效的隔油池，产生的污水先经过隔油池，平时加强管理，定期掏油，防止污染。

4) 禁止将有毒有害废弃物用作土方随意回填，以免污染地下水和环境。

#### 9.2.3 防止施工噪声污染措施

1) 作业时尽量控制噪音影响，对噪声过大的设备尽可能不用或少用。在施工中采取防护等措施，把噪音降低到最低限度。

2) 对强噪声机械设置封闭的操作棚，以减少噪声的扩散。

3) 在施工现场倡导文明施工，尽量减少人为的大声喧哗，不使用高音喇叭或怪音喇叭，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。

4) 尽量避免夜间施工, 确有必要时及时向环保部门办理夜间施工许可证, 并向周边企业、居民告示。

#### 9.2.4 其它环境保护措施

1) 施工现场环境卫生落实分工包干。制定卫生管理制度, 并由专人负责, 施工垃圾做到集中堆放, 生活垃圾设专门垃圾箱, 并加盖, 定期清运。确保生活区、作业区保持整洁环境。

2) 合理修建临时厕所, 不准随地大小便, 厕所内设冲水设施, 制定保洁制度。

3) 散装物品车辆全封闭运输, 车辆不超载运输。在施工现场设置冲洗水枪, 车辆做到净车出场, 避免在场内外道路上“抛、洒、滴、漏”。

4) 治理施工中尽可能减少对周边原生植被的破坏, 保护好施工周围的绿化与设施。

## 10 施工工期与进度安排

### 10.1 施工工期

本治理设计方案主要施工内容为桩板墙等，根据治理措施和设计工作量，确定本项目的施工总工期为 120 天。施工单位应组织精干的施工队伍和完好充足的设备、设施等，合理组织施工，控制好施工进度，保证按期完成施工任务。

### 10.2 进度安排

根据地质灾害治理的工作内容和相关技术要求，本工程施工进度计划如下：

表 9-1.施工总进度计划表

序号	工程名称	时间进度（天）							
		1~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~90	91~105	106~120
1	前期准备								
2	桩身								
3	墙体								
4	扫尾验收								

注：施工过程中，可根据天气条件等外界条件的变化，灵活调整施工项目。

## 11 工程量与经费预算

### 11.1 预算依据与标准

本项目经费预算主要依据《江苏省地质勘查基金项目预算标准（试行）》（江苏省国土资源厅、江苏省财政厅 2012.7）、《工程勘察设计收费标准（2002 年修订本）》并结合连云港市类似工程综合造价指标。

### 11.2 工程量及经费预算

连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程经费总预算约 405.67 万元，其中工程施工费用约 315.56 万元。工程量及工程预算见表 11-1。

表 11-1.连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程经费预算表

序号	工程名称	工程量	单位	综合单价 (元)	预算 (元)	说明	收费标准	
1	一、工程施工费				<b>3155652.12</b>	(一) + (二) + (三) + (四)		
2	(一) 主体工程				<b>2566450.00</b>		参考市场价格	
3	抗滑桩	开挖	707	m <sup>3</sup>	1350.00	954450.00	人工开挖	参考市场价格
4		护壁	242	m <sup>3</sup>	1200.00	290400.00	钢筋网片、混凝土浇筑、养护等	参考市场价格
5		浇筑	465	m <sup>3</sup>	1600.00	744000.00	钢筋笼制作、混凝土浇筑、养护等	参考市场价格
6		连接梁	361	m <sup>3</sup>	1600.00	577600.00	钢筋笼制作、混凝土浇筑、养护等	参考市场价格
7	(二) 措施费				<b>202637.50</b>			
8	大型设备进出场费	1	项		50000.00	包括大型设备进出场临时道路	预算标准	
9	安全文明施工费	1	项		38496.75	(一) × 1.5%	预算标准	
10	环境保护费	1	项		2566.45	(一) × 0.1%	预算标准	
11	临时设施费	1	项		25664.50	(一) × 1.0%	预算标准	
12	检验试验费	1	项		10265.80	(一) × 0.4%	预算标准	
13	扬尘控制费	1	项		21715.00	每平方米 1.4 元	预算标准	
14	二次搬运费	1	项		51329.00	考虑到施工难度, 暂按 (一) × 2%		
15	桩身检测费	13	根	200.00	2600.00	桩身全部采用低应变法检测	参考市场价格	
16	(三) 规费				<b>99687.15</b>		预算标准	
17	工程排污费	1	项		2769.09	((一) + (二)) × 0.1%	预算标准	
18	社会保障费	1	项		83072.63	((一) + (二)) × 3.0%	预算标准	
19	住房公积金	1	项		13845.44	((一) + (二)) × 0.5%	预算标准	
20	(四) 税金				<b>286877.47</b>		预算标准	
21	税金				286877.47	((一) + (二) + (三)) × 10%		
22	二、其它费用				<b>806343.47</b>			
23	设计费用	1	项		325000.00			
24	项目招投标	2	项		100000.00	含施工和监理, 每项按 50000 元计	预算标准	
25	监理费用	1	项		94669.56	工程施工费 × 3.0%	预算标准	
26	监测费用	1	项		94669.56	工程施工费 × 3.0%	预算标准	
27	项目管理	1	项		56801.74	工程施工费 × 1.8%	预算标准	
28	项目审计	1	项		56801.74	工程施工费 × 1.8%	预算标准	
29	竣工验收	1	项		28400.87	工程施工费 × 0.9%	预算标准	
30	竣工测量	1	项		50000.00		参考市场价格	
31	三、不可预见费	1	项		<b>94669.56</b>	工程施工费 × 3.0%	预算标准	
32	合计				<b>4056665.15</b>	工程施工费 + 其它费用 + 不可预见费		

说明: 项目涉及林地补偿费用和房屋防护费用本表中未予考虑。以上各项含材料费、人员工资及机械使用费。本结果仅供参考, 工程施工时, 应按照市场行情重新进行费用估算。

## 12 编制说明

(1) 本设计未尽事宜，按《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013)、《滑坡防治设计规范》(GB/T 38509-2020)、《矿山生态修复工程技术规程 第3部分：施工与监理》等相关技术标准、规范及文件执行。

(2) 施工方进场之后需按照设计方案中给出的边界进行测量放样，并由监理和设计单位确认后方能正式施工，以保证施工所采取的方案符合实际情况。

(3) 本项目地层下部均为坚硬岩层，人工挖孔桩施工困难，施工单位如具备施工条件建议采取机械开挖，降低人工成本和开挖风险。

(4) 工程施工将会对周边环境造成一定影响，因此施工单位在施工前应对本工程所涉及的各项施工项目进行深入分析，精心组织，确定合理的施工方法及环境保护事项，尽量减少对周边环境影响。

(5) 治理工程涉及桩板墙等施工工艺，应聘请有资质的单位编制专项监测方案，加强监测，健全安全施工保障制度，桩板墙工程严禁雨期施工，保障施工安全。施工期间需做好地表位移、变形监测，如出现异常情况，应及时通知人员撤离，并反馈给业主和设计单位采取措施。

(6) 受项目勘察孔位的限制，部分区域地层可能与实际存在误差。在项目实施的过程中，应根据现场实际开挖揭露情况进行动态设计，若出现与本设计不符，应进行设计调整。

(7) 桩身开挖应严格按照设计要求做好护壁，上部填土、残积土、强风化片麻岩和云母片岩需做好护壁措施，下部中风化片麻岩可根据实际揭露岩体情况进行护壁。严禁在土石层变化处分节护壁。

(8) 严格按照信息化施工的原则，施工过程中应始终与工程参与各方及相关主管部门保持紧密联系，以便及时有效解决工程实施过程中发现或产生的新问题，确保工程的圆满实施。

(9) 由于九龙桥乘车站有切坡工程，建议桩板墙施工与切坡工程统筹安排、同步实施，从源头上消除安全风险，有效缩短工期、降低施工难度，保障项目安全高效实施。



附件 1: 资质证书



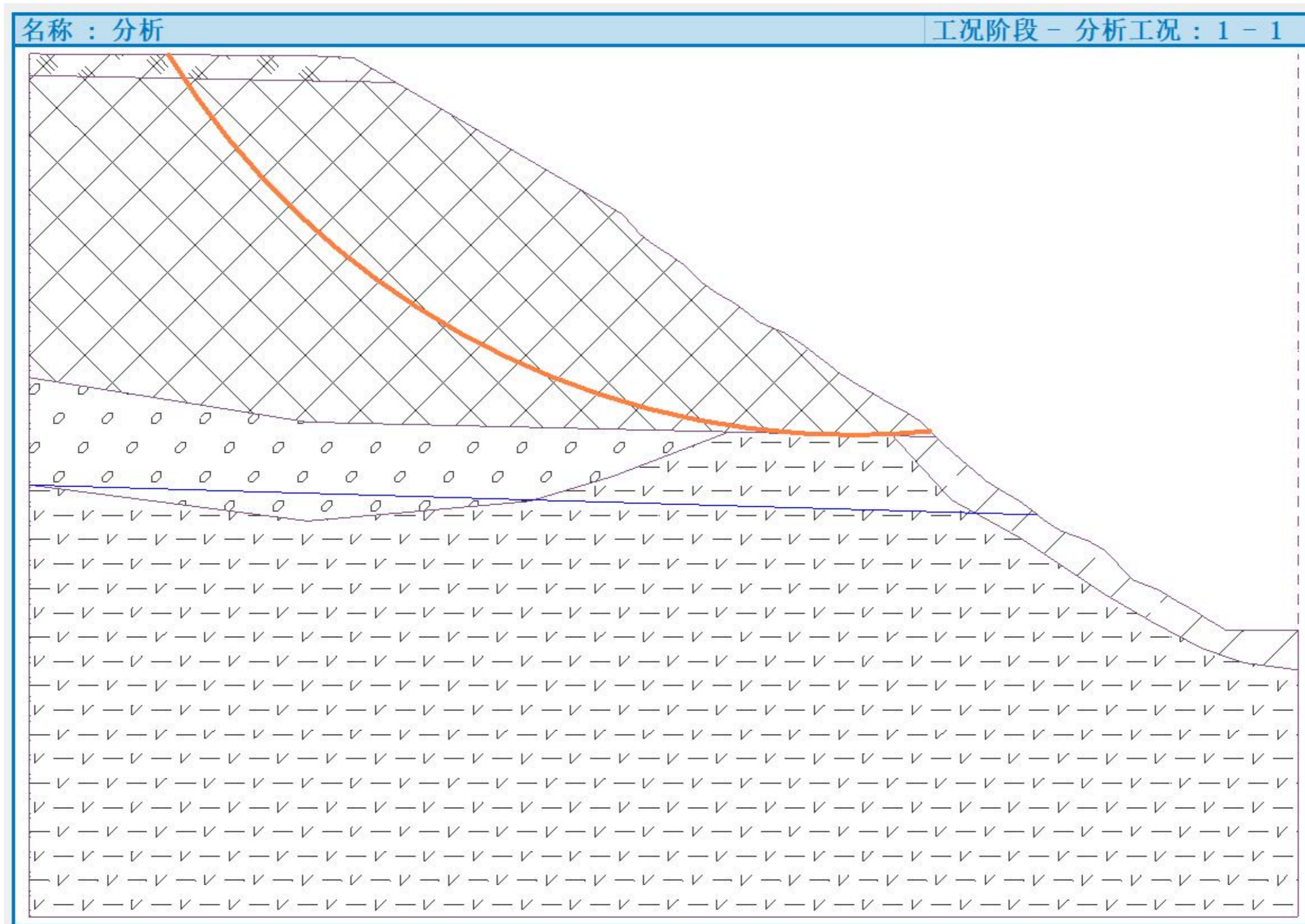
附件 2:

# 连云港花果山景区九龙桥乘车站 护坡工程设计计算书

江苏连云港地质工程勘察院有限公司

2026 年 2 月

计算 1: A-A' 断面天然+自重工况坡面稳定性计算



边坡稳定性分析

输入数据

项目信息

日期：2026-02-12

分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

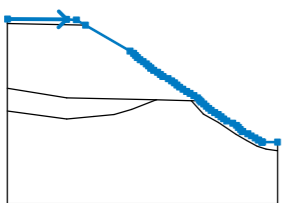
稳定性分析

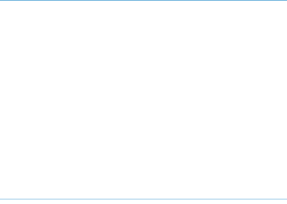
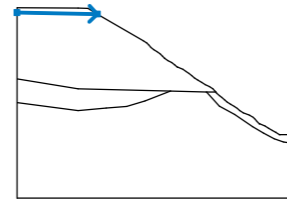
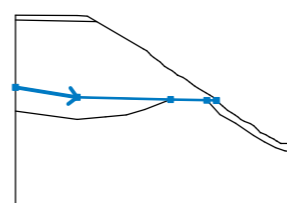
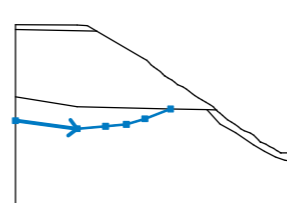
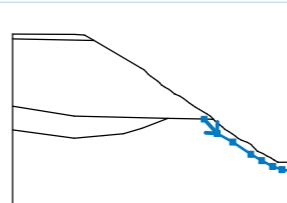
验算方法：中国规范

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

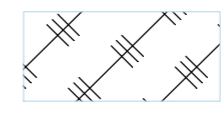
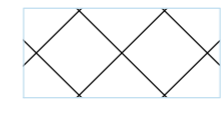
安全系数		
偶然设计状况		
折线滑面的安全系数：	SF <sub>polyg</sub> =	1.15 [-]
圆弧滑面的安全系数：	SF <sub>circ</sub> =	1.15 [-]

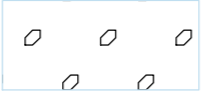
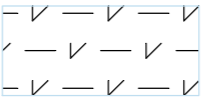

多段线

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	12.77	5.61	12.73	6.54	12.69
		7.39	12.19	11.62	9.73	11.95	9.53
		12.14	9.33	12.31	9.13	12.57	8.93
		12.88	8.73	13.17	8.53	13.38	8.33
		13.58	8.13	13.59	8.13	13.87	7.93
		14.23	7.73	14.49	7.53	14.74	7.33
		14.75	7.33	15.24	7.13	15.55	6.93
		15.82	6.73	16.08	6.53	16.32	6.33
		16.63	6.13	16.98	5.93	17.31	5.73
		17.68	5.53	18.00	5.33	18.18	5.13
		18.28	5.03	18.38	4.93	18.61	4.73
		18.84	4.53	19.08	4.33	19.31	4.13
		19.64	3.93	19.98	3.73	20.25	3.53
		20.49	3.33	20.80	3.13	21.36	2.93
		21.70	2.73	21.89	2.53	22.08	2.33

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
		22.27	2.13	22.28	2.13	22.29	2.13
		22.80	1.93	23.11	1.73	23.48	1.53
		23.79	1.33	23.80	1.33	24.13	1.13
		24.14	1.13	24.16	1.13	25.60	1.13
2		0.00	12.33	7.39	12.19		
3		0.00	6.23	5.61	5.33	14.11	5.13
		17.42	5.05	18.28	5.03		
4		0.00	4.06	5.61	3.33	8.20	3.56
		10.09	3.73	11.76	4.23	14.11	5.13
5		17.42	5.05	18.59	3.76	20.02	2.97
		21.67	1.86	22.66	1.28	23.66	0.75
		24.51	0.46	25.60	0.32		

岩土材料参数 - 有效应力状态

编号	名称	图例	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	杂填土		8.00	10.00	18.50
2	素填土		12.00	15.00	18.50

编号	名称	图例	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
3	块石		3.00	45.00	22.00
4	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70
5	坡积土		34.10	14.20	19.50

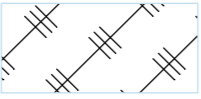

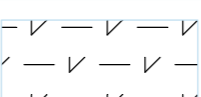

应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>

**块石**  
 天然重度： $\gamma = 22.00$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 3.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 45.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 22.50$  kN/m<sup>3</sup>

**中风化片麻岩**  
 天然重度： $\gamma = 25.70$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80$  kN/m<sup>3</sup>

**坡积土**  
 天然重度： $\gamma = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 34.10^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 14.20$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 20.00$  kN/m<sup>3</sup>

岩土材料参数 - 浮重度

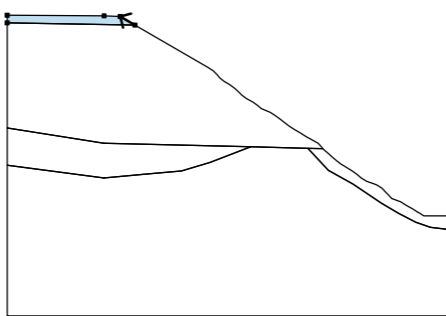
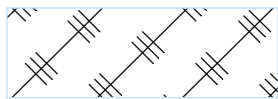
编号	名称	图例	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	杂填土		19.50		
2	素填土		19.50		
3	块石		22.50		
4	中风化片麻岩		26.80		
5	坡积土		20.00		

岩土材料参数

**杂填土**  
 天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 10.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>

**素填土**  
 天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>

指定材料和分区

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
1		7.39	12.19	6.54	12.69	杂填土 
		5.61	12.73	0.00	12.77	
		0.00	12.33			

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
2		5.61	5.33	14.11	5.13	素填土 
		17.42	5.05	18.28	5.03	
		18.18	5.13	18.00	5.33	
		17.68	5.53	17.31	5.73	
		16.98	5.93	16.63	6.13	
		16.32	6.33	16.08	6.53	
		15.82	6.73	15.55	6.93	
		15.24	7.13	14.75	7.33	
		14.74	7.33	14.49	7.53	
		14.23	7.73	13.87	7.93	
		13.59	8.13	13.58	8.13	
		13.38	8.33	13.17	8.53	
		12.88	8.73	12.57	8.93	
		12.31	9.13	12.14	9.33	
		11.95	9.53	11.62	9.73	
		7.39	12.19	0.00	12.33	
		0.00	6.23			
		3		5.61	3.33	
10.09	3.73			11.76	4.23	
14.11	5.13			5.61	5.33	
0.00	6.23			0.00	4.06	
4		18.59	3.76	20.02	2.97	坡积土 
		21.67	1.86	22.66	1.28	
		23.66	0.75	24.51	0.46	
		25.60	0.32	25.60	1.13	
		24.16	1.13	24.14	1.13	
		24.13	1.13	23.80	1.33	
		23.79	1.33	23.48	1.53	
		23.11	1.73	22.80	1.93	
		22.29	2.13	22.28	2.13	
		22.27	2.13	22.08	2.33	
		21.89	2.53	21.70	2.73	

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
		21.36	2.93	20.80	3.13	中风化片麻岩 
		20.49	3.33	20.25	3.53	
		19.98	3.73	19.64	3.93	
		19.31	4.13	19.08	4.33	
		18.84	4.53	18.61	4.73	
		18.38	4.93	18.28	5.03	
		17.42	5.05			
		24.51	0.46	23.66	0.75	
		22.66	1.28	21.67	1.86	
		20.02	2.97	18.59	3.76	
		17.42	5.05	14.11	5.13	
		11.76	4.23	10.09	3.73	
5		8.20	3.56	5.61	3.33	
		0.00	4.06	0.00	-4.68	
		25.60	-4.68	25.60	0.32	

**地下水**

地下水类型：无地下水

**张裂缝**

未输入张裂缝。

**地震荷载**

不考虑地震

**工况阶段设置**

设计状况：偶然设计状况

**结果(工况阶段 1)**

**分析 1**

**圆弧滑动面**

滑动面参数							
圆心 :	x =	16.60	[m]	角度 :	$\alpha_1 =$	-58.19	[°]
	z =	21.31	[m]		$\alpha_2 =$	5.53	[°]
半径 :	R =	16.24	[m]				
自动搜索后的滑动面							

滑动面分段限制

编号	起点		第二点	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	0.02	4.06	20.35	3.45

限制圆弧滑面上的点

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 :  $F_a = 336.66$  kN/m

滑面上抗滑力的总和 :  $F_p = 427.77$  kN/m

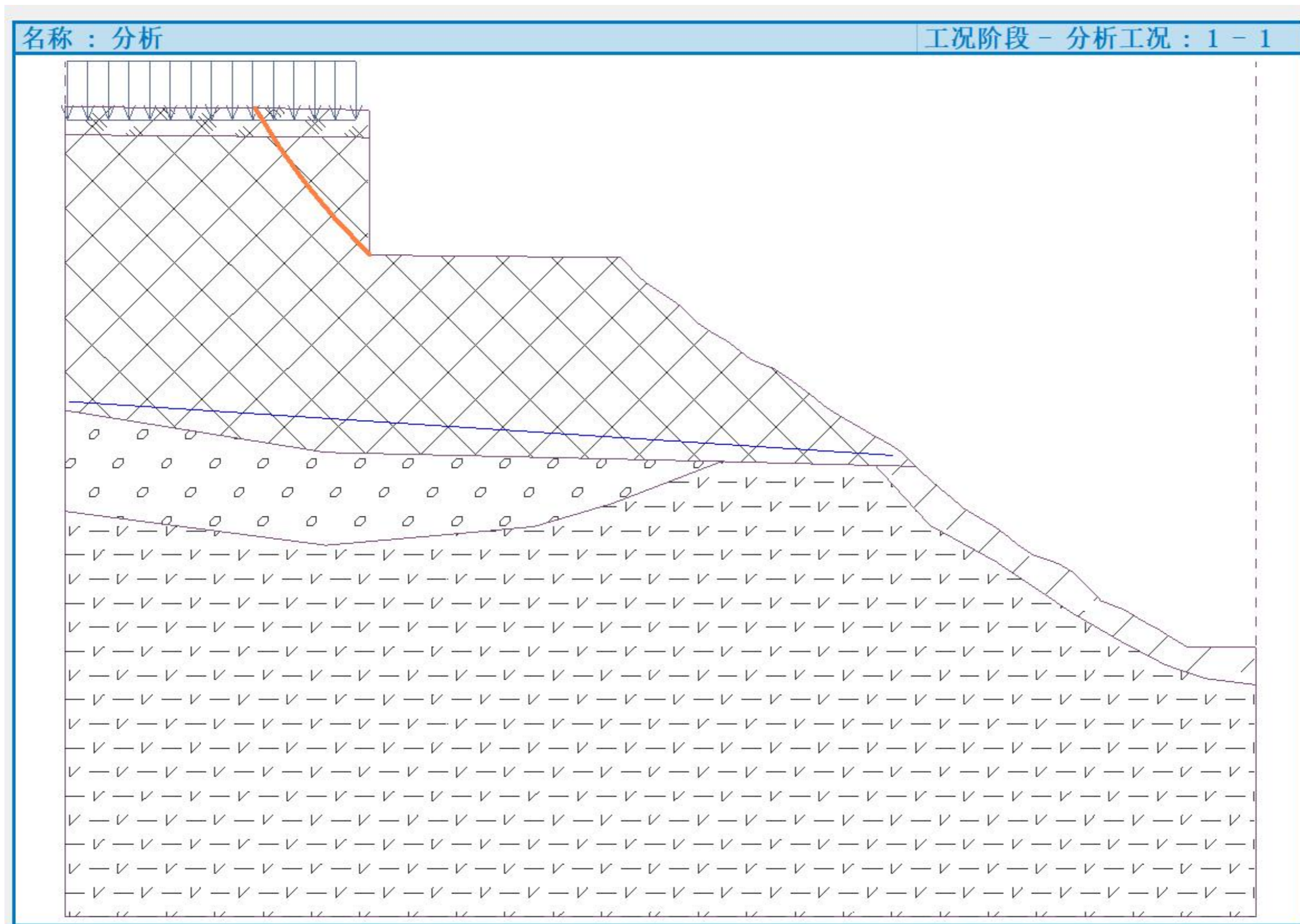
下滑力矩 :  $M_a = 5467.36$  kNm/m

抗滑力矩 :  $M_p = 6947.02$  kNm/m

安全系数 = 1.27 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

计算 2: A-A' 断面开挖+动荷载工况坡面稳定性计算



边坡稳定性分析

输入数据

项目信息

日期：2026-02-12

分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

稳定性分析

验算方法：中国规范

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

安全系数		
持久设计状况		
折线滑面的安全系数：	SF <sub>polyg</sub> =	1.35 [-]
圆弧滑面的安全系数：	SF <sub>circ</sub> =	1.35 [-]

多段线

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	12.77	5.61	12.73	6.54	12.69
		6.54	12.11	6.54	9.58	11.95	9.53
		12.14	9.33	12.31	9.13	12.57	8.93
		12.88	8.73	13.17	8.53	13.38	8.33
		13.58	8.13	13.87	7.93	14.23	7.73
		14.49	7.53	14.74	7.33	15.24	7.13
		15.55	6.93	15.82	6.73	16.08	6.53
		16.32	6.33	16.63	6.13	16.98	5.93
		17.31	5.73	17.68	5.53	18.00	5.33
		18.18	5.13	18.28	5.03	18.38	4.93
		18.61	4.73	18.84	4.53	19.08	4.33
		19.31	4.13	19.64	3.93	19.98	3.73
		20.25	3.53	20.49	3.33	20.80	3.13
		21.36	2.93	21.70	2.73	21.89	2.53
22.08	2.33	22.27	2.13	22.80	1.93		

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
		23.11	1.73	23.48	1.53	23.80	1.33
		24.13	1.13	24.16	1.13	25.60	1.13
2		0.00	12.17	6.54	12.11		
3		0.00	6.23	5.61	5.33	14.11	5.13
		17.42	5.05	18.28	5.03		
4		0.00	4.06	5.61	3.33	8.20	3.56
		10.09	3.73	11.76	4.23	14.11	5.13
5		17.42	5.05	18.59	3.76	20.02	2.97
		21.67	1.86	22.66	1.28	23.66	0.75
		24.51	0.46	25.60	0.32		

岩土材料参数 - 有效应力状态

编号	名称	图例	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	杂填土		8.00	10.00	18.50
2	素填土		12.00	15.00	18.50
3	块石		3.00	45.00	22.00

编号	名称	图例	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
4	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70
5	坡积土		34.10	14.20	19.50

岩土材料参数 - 浮重度

编号	名称	图例	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	杂填土		19.50		
2	素填土		19.50		
3	块石		22.50		
4	中风化片麻岩		26.80		
5	坡积土		20.00		

岩土材料参数

杂填土

天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 10.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>

素填土

天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00$  kPa

饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>

块石

天然重度： $\gamma = 22.00$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 3.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 45.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 22.50$  kN/m<sup>3</sup>

中风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 25.70$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80$  kN/m<sup>3</sup>

坡积土

天然重度： $\gamma = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 34.10^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 14.20$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 20.00$  kN/m<sup>3</sup>

指定材料和分区

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
1		6.54	12.11	6.54	12.69	杂填土 
		5.61	12.73	0.00	12.77	
		0.00	12.17			

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
2		5.61	5.33	14.11	5.13	素填土 
		17.42	5.05	18.28	5.03	
		18.18	5.13	18.00	5.33	
		17.68	5.53	17.31	5.73	
		16.98	5.93	16.63	6.13	
		16.32	6.33	16.08	6.53	
		15.82	6.73	15.55	6.93	
		15.24	7.13	14.74	7.33	
		14.49	7.53	14.23	7.73	
		13.87	7.93	13.58	8.13	
		13.38	8.33	13.17	8.53	
		12.88	8.73	12.57	8.93	
		12.31	9.13	12.14	9.33	
		11.95	9.53	6.54	9.58	
		6.54	12.11	0.00	12.17	
		0.00	6.23			
		3		5.61	3.33	
10.09	3.73			11.76	4.23	
14.11	5.13			5.61	5.33	
0.00	6.23			0.00	4.06	
4		18.59	3.76	20.02	2.97	坡积土 
		21.67	1.86	22.66	1.28	
		23.66	0.75	24.51	0.46	
		25.60	0.32	25.60	1.13	
		24.16	1.13	24.13	1.13	
		23.80	1.33	23.48	1.53	
		23.11	1.73	22.80	1.93	
		22.27	2.13	22.08	2.33	
		21.89	2.53	21.70	2.73	
		21.36	2.93	20.80	3.13	
		20.49	3.33	20.25	3.53	
		19.98	3.73	19.64	3.93	

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
5		19.31	4.13	19.08	4.33	中风化片麻岩 
		18.84	4.53	18.61	4.73	
		18.38	4.93	18.28	5.03	
		17.42	5.05			
		24.51	0.46	23.66	0.75	
		22.66	1.28	21.67	1.86	
		20.02	2.97	18.59	3.76	
		17.42	5.05	14.11	5.13	
		11.76	4.23	10.09	3.73	
		8.20	3.56	5.61	3.33	
		0.00	-4.68			
		25.60	-4.68	25.60	0.32	

超载

编号	类型	作用类型	位置 z [m]	起点 x [m]	长度 l [m]	宽度 b [m]	倾角 α [°]	大小		
								q, q <sub>1</sub> , f, F, x	q <sub>2</sub> , z	单位
1	条形超载	永久作用	z = 12.50	x = 0.05	l = 6.20		0.00	15.00		kN/m <sup>2</sup>

地下水

地下水类型：无地下水

张裂缝

未输入张裂缝。

地震荷载

不考虑地震

工况阶段设置

设计状况：持久设计状况

结果(工况阶段 1)

分析 1

圆弧滑动面

滑动面参数							
圆心 :	x =	16.58	[m]	角度 :	$\alpha_1 =$	-59.98	[°]
	z =	19.96	[m]		$\alpha_2 =$	-44.09	[°]
半径 :	R =	14.43	[m]				
自动搜索后的滑动面							

滑动面分段限制

编号	起点		第二点	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	0.09	6.42	17.82	5.26

限制圆弧滑面上的点

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和 :  $F_a = 82.36$  kN/m

滑面上抗滑力的总和 :  $F_p = 70.64$  kN/m

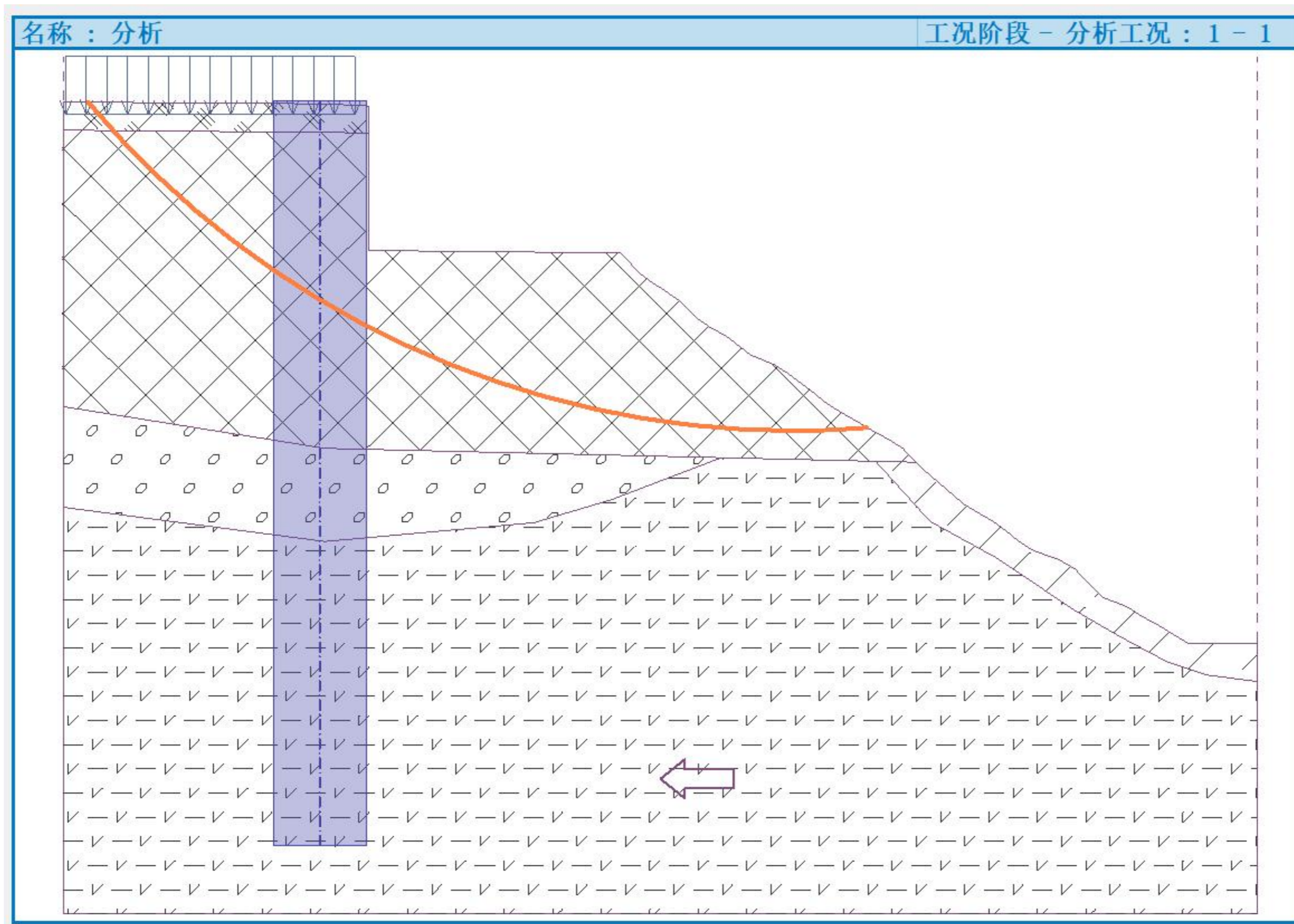
下滑力矩 :  $M_a = 1188.46$  kNm/m

抗滑力矩 :  $M_p = 1019.28$  kNm/m

安全系数 = 0.86 < 1.35

**边坡稳定性 不满足要求**

计算 3: A-A' 断面开挖+动荷载+地震荷载工况桩板墙支护稳定性计算



边坡稳定性分析

输入数据

项目信息

日期：2026-02-12

分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

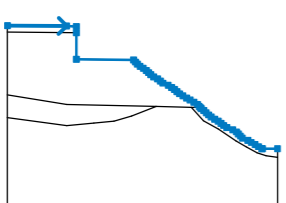
稳定性分析

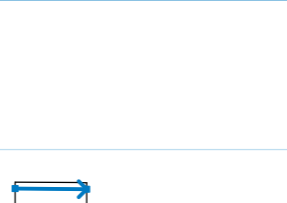
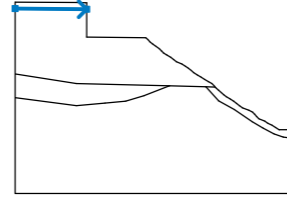
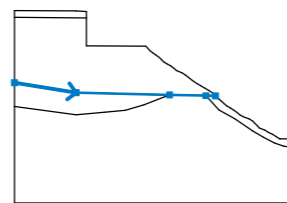
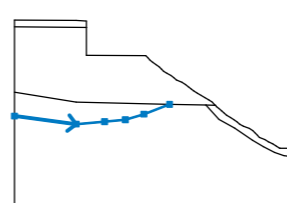
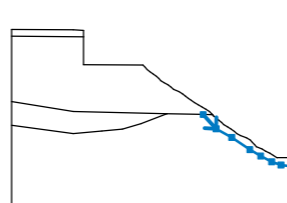
验算方法：中国规范

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

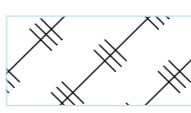
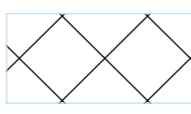
安全系数		
持久设计状况		
折线滑面的安全系数：	SF <sub>polyg</sub> =	1.35 [-]
圆弧滑面的安全系数：	SF <sub>circ</sub> =	1.35 [-]

多段线

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	12.77	5.61	12.73	6.54	12.69
		6.54	12.11	6.54	9.58	11.95	9.53
		12.14	9.33	12.31	9.13	12.57	8.93
		12.88	8.73	13.17	8.53	13.38	8.33
		13.58	8.13	13.87	7.93	14.23	7.73
		14.49	7.53	14.74	7.33	15.24	7.13
		15.55	6.93	15.82	6.73	16.08	6.53
		16.32	6.33	16.63	6.13	16.98	5.93
		17.31	5.73	17.68	5.53	18.00	5.33
		18.18	5.13	18.28	5.03	18.38	4.93
		18.61	4.73	18.84	4.53	19.08	4.33
		19.31	4.13	19.64	3.93	19.98	3.73
		20.25	3.53	20.49	3.33	20.80	3.13
21.36	2.93	21.70	2.73	21.89	2.53		

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
		22.08	2.33	22.27	2.13	22.80	1.93
		23.11	1.73	23.48	1.53	23.80	1.33
		24.13	1.13	24.16	1.13	25.60	1.13
2		0.00	12.17	6.54	12.11		
3		0.00	6.23	5.61	5.33	14.11	5.13
		17.42	5.05	18.28	5.03		
4		0.00	4.06	5.61	3.33	8.20	3.56
		10.09	3.73	11.76	4.23	14.11	5.13
5		17.42	5.05	18.59	3.76	20.02	2.97
		21.67	1.86	22.66	1.28	23.66	0.75
		24.51	0.46	25.60	0.32		

岩土材料参数 - 有效应力状态

编号	名称	图例	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	杂填土		8.00	10.00	18.50
2	素填土		12.00	15.00	18.50

编号	名称	图例	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
3	块石		3.00	45.00	22.00
4	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70
5	坡积土		34.10	14.20	19.50

应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>

**块石**  
 天然重度： $\gamma = 22.00$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 3.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 45.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 22.50$  kN/m<sup>3</sup>

**中风化片麻岩**  
 天然重度： $\gamma = 25.70$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80$  kN/m<sup>3</sup>

**坡积土**  
 天然重度： $\gamma = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 34.10^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 14.20$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 20.00$  kN/m<sup>3</sup>

岩土材料参数 - 浮重度

编号	名称	图例	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	杂填土		19.50		
2	素填土		19.50		
3	块石		22.50		
4	中风化片麻岩		26.80		
5	坡积土		20.00		

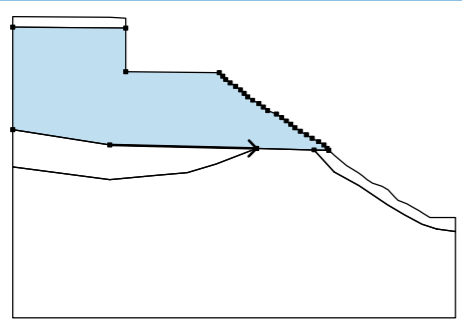
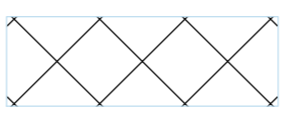
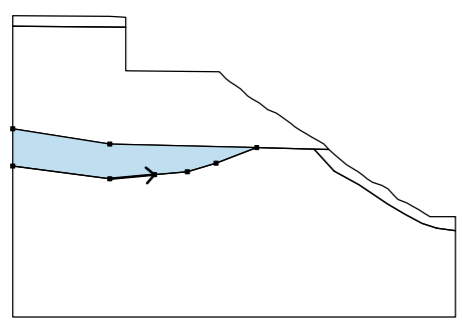
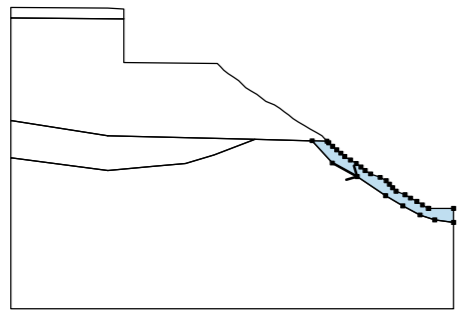
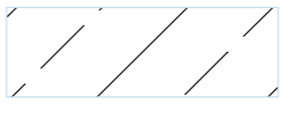
岩土材料参数

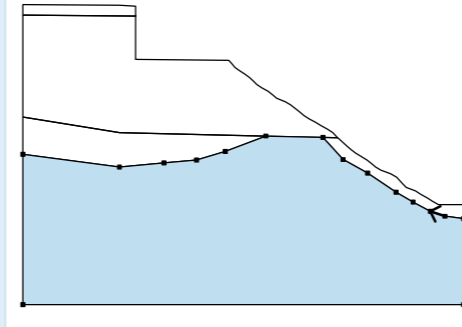
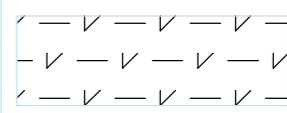
**杂填土**  
 天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 10.00$  kPa  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50$  kN/m<sup>3</sup>

**素填土**  
 天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>

指定材料和分区

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
1		6.54	12.11	6.54	12.69	杂填土 
		5.61	12.73	0.00	12.77	
		0.00	12.17			

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
2		5.61	5.33	14.11	5.13	素填土 
		17.42	5.05	18.28	5.03	
		18.18	5.13	18.00	5.33	
		17.68	5.53	17.31	5.73	
		16.98	5.93	16.63	6.13	
		16.32	6.33	16.08	6.53	
		15.82	6.73	15.55	6.93	
		15.24	7.13	14.74	7.33	
		14.49	7.53	14.23	7.73	
		13.87	7.93	13.58	8.13	
		13.38	8.33	13.17	8.53	
		12.88	8.73	12.57	8.93	
		12.31	9.13	12.14	9.33	
		11.95	9.53	6.54	9.58	
		6.54	12.11	0.00	12.17	
		0.00	6.23			
		3		5.61	3.33	
10.09	3.73			11.76	4.23	
14.11	5.13			5.61	5.33	
0.00	6.23			0.00	4.06	
4		18.59	3.76	20.02	2.97	坡积土 
		21.67	1.86	22.66	1.28	
		23.66	0.75	24.51	0.46	
		25.60	0.32	25.60	1.13	
		24.16	1.13	24.13	1.13	
		23.80	1.33	23.48	1.53	
		23.11	1.73	22.80	1.93	
		22.27	2.13	22.08	2.33	
		21.89	2.53	21.70	2.73	
		21.36	2.93	20.80	3.13	
		20.49	3.33	20.25	3.53	
		19.98	3.73	19.64	3.93	

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
5		19.31	4.13	19.08	4.33	中风化片麻岩 
		18.84	4.53	18.61	4.73	
		18.38	4.93	18.28	5.03	
		17.42	5.05			
		24.51	0.46	23.66	0.75	
		22.66	1.28	21.67	1.86	
		20.02	2.97	18.59	3.76	
		17.42	5.05	14.11	5.13	
		11.76	4.23	10.09	3.73	
		8.20	3.56	5.61	3.33	
		0.00	4.06	0.00	-4.68	
		25.60	-4.68	25.60	0.32	

桩身

编号	桩顶坐标		桩长 l [m]	工程类型	连梁深度 h [m]	连梁长度 l <sub>b</sub> [m]	桩水平间距	
	x [m]	z [m]					b <sub>f</sub> [m]	b/b <sub>0</sub> [m]
1	5.50	12.80	16.00	单排桩				8.00

编号	桩身截面 [m]	桩身抗滑承载力			
		抗滑承载力沿桩身分布	最大抗滑承载力 V <sub>u</sub> [kN]	最大承载力桩长比 κ [-]	桩身抗滑力方向
1	s <sub>x</sub> = 2.00; s <sub>y</sub> = 1.50	均匀分布	4300.00		垂直桩身

超载

编号	类型	作用类型	位置 z [m]	起点 x [m]	长度 l [m]	宽度 b [m]	倾角 α [°]	大小		
								q, q <sub>1</sub> , f, F, x	q <sub>2</sub> , z	单位
1	条形超载	永久作用	z = 12.50	x = 0.05	l = 6.20		0.00	20.00		kN/m <sup>2</sup>

地下水

地下水类型：无地下水

张裂缝

未输入张裂缝。

### 地震荷载

抗震设防烈度： 7 度 (0.1g)  
 综合水平地震系数：  $a_w = 0.0250$   
 地震作用重要性系数：  $C_i = 1.0$   
 综合竖向地震系数：  $a_g = 0.0000$

### 工况阶段设置

设计状况：持久设计状况

### 结果(工况阶段 1)

#### 分析 1

#### 圆弧滑动面

滑动面参数						
圆心：	x =	15.66	[m]	角度：	$\alpha_1 =$	-49.96 [°]
	z =	25.47	[m]		$\alpha_2 =$	4.56 [°]
半径：	R =	19.76	[m]			
给定滑面的分析。						

#### 边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上下滑力的总和：  $F_a = 356.16$  kN/m

滑面上抗滑力的总和：  $F_p = 925.94$  kN/m

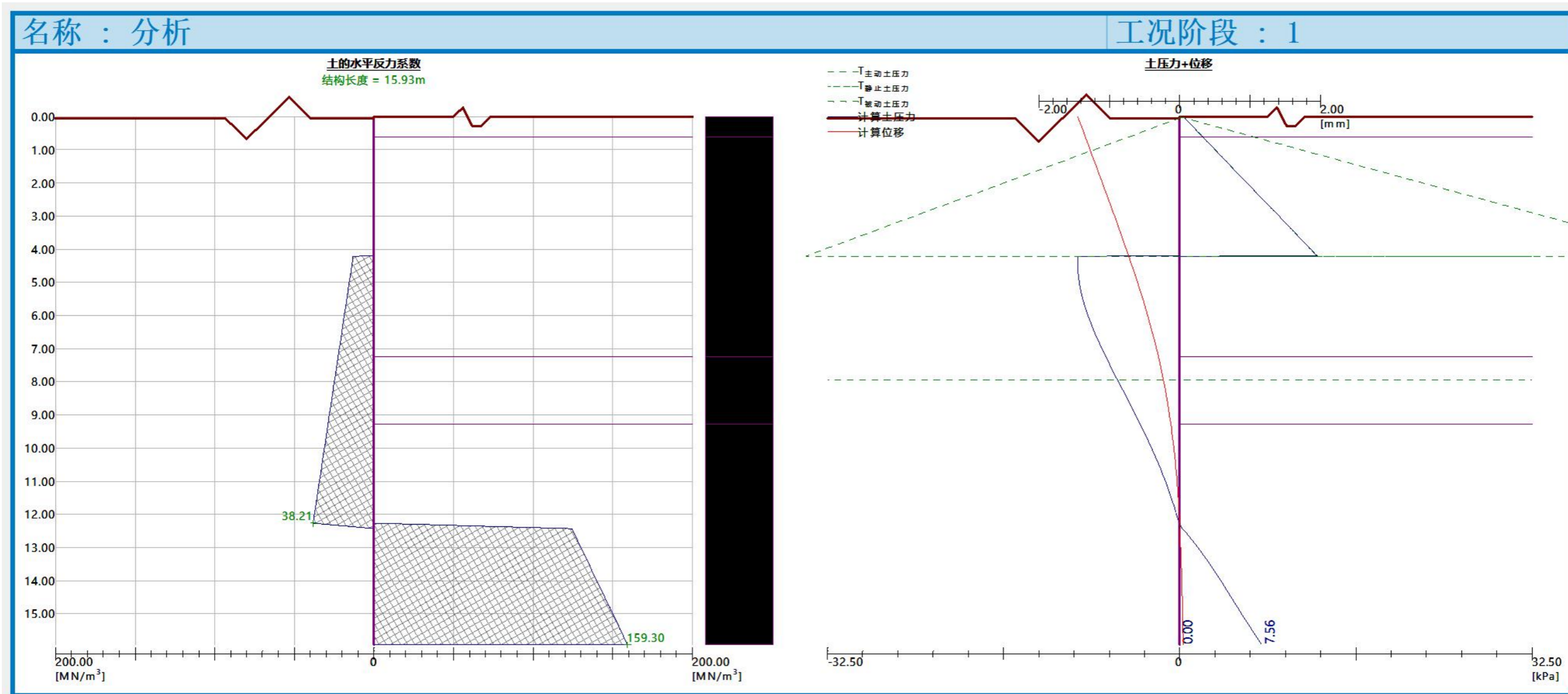
下滑力矩：  $M_a = 7037.78$  kNm/m

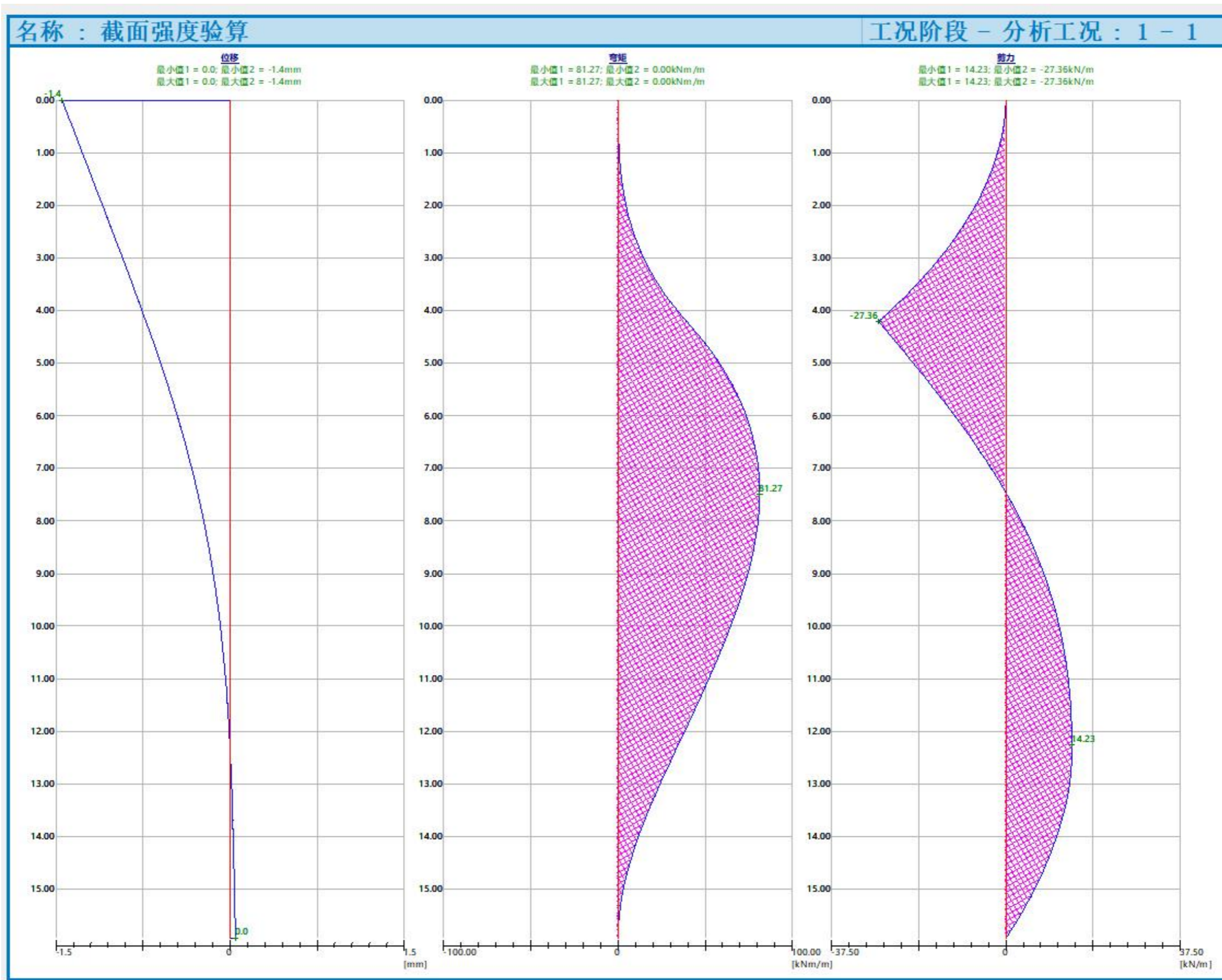
抗滑力矩：  $M_p = 18296.55$  kNm/m

安全系数 = 2.60 > 1.35

边坡稳定性 满足要求

计算 4: A-A' 断面桩身验算计算





## 桩板墙分析

### 输入数据

#### 分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

#### 材料和规范

混凝土结构设计：中国规范 GB 50010-2010

钢结构设计：中国规范 GB 50017-2003

#### 开挖分析

验算方法：中国规范  
 主动土压力计算方法：Coulomb 理论  
 被动土压力计算方法：Mazindrani(Rankine)理论  
 地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范  
 土的水平反力系数计算：中国规范  
 滑面以下压力计算：中国规范-弹性

#### 锚杆验算

验算方法：安全系数法 (ASD)

安全系数			
抗拉承载力安全系数：	$SF_t =$	2.20	[-]
抗拔承载力(岩土与锚固体)安全系数：	$SF_e =$	2.60	[-]
抗拔承载力(钢筋与砂浆)安全系数：	$SF_c =$	2.60	[-]

#### 截面尺寸

结构长度= 15.93 m

截面名称：排桩 a = 8.00 m; b = 1.50 m; h = 2.00 m

桩身材料：混凝土

自动计算的嵌固段计算宽度折减系数 = 0.31

截面面积 A = 3.75E-01 m<sup>2</sup>/m

惯性矩 I = 1.25E-01 m<sup>4</sup>/m

弹性模量 E = 30000.00 MPa

剪切模量 G = 12000.00 MPa

#### 滑面以上作用力

滑面深度  $h_{s1} = 4.21$  m

桩后滑坡推力类型：剩余下滑力

桩前滑体抗力类型：剩余抗滑力

桩后滑坡推力 T = 99.26 kN/m

桩前滑体抗力 P = 71.86 kN/m

滑坡推力分布图形：三角形

滑体抗力分布图形：三角形

#### 结构材料

依据规范对钢筋混凝土结构进行分析 中国规范 GB 50010-2010.

#### 混凝土: C30

抗压强度标准值  $f_{ck} = 20.10$  MPa

抗拉强度标准值  $f_{tk} = 2.01$  MPa

弹性模量  $E_c = 30000.00$  MPa

剪切模量  $G = 12000.00$  MPa

#### 纵向钢筋: HRB400

屈服强度  $f_{yk} = 400.00$  MPa

#### 横向钢筋: HRB400

屈服强度  $f_{yk} = 400.00$  MPa

#### 水平反力系数

#### 水平反力系数

岩土材料参数中输入土的水平反力系数。

#### 岩土材料基本参数

编号	名称	图例	$\Phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	杂填土		8.00	10.00	18.50	9.50	6.00
2	素填土		12.00	15.00	18.50	9.50	10.00
3	块石		3.00	45.00	22.00	12.50	3.00
4	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70	16.80	25.00
5	坡积土		34.10	14.20	19.50	10.00	32.00

所有岩土材料都看作是无黏性土（在静止土压力分析时）。

#### 岩土材料参数

#### 杂填土

天然重度： $\gamma = 18.50$  kN/m<sup>3</sup>

应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 10.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 6.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
 参数： $m = 10.00 \text{ MN/m}^4$

**素填土**

天然重度： $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 10.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
 参数： $m = 10.00 \text{ MN/m}^4$

**块石**

天然重度： $\gamma = 22.00 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 3.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 45.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 3.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 22.50 \text{ kN/m}^3$   
 参数： $m = 10.00 \text{ MN/m}^4$

**中风化片麻岩**

天然重度： $\gamma = 25.70 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 25.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80 \text{ kN/m}^3$   
 参数： $m = 10.00 \text{ MN/m}^4$

**坡积土**

天然重度： $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 34.10^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 14.20 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 32.00^\circ$

岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$   
 参数： $m = 10.00 \text{ MN/m}^4$

**桩身嵌岩**

嵌岩段桩长  $l = 8.00 \text{ m}$   
 岩石单轴抗压极限强度  $f_{rk} = 60000.00 \text{ kPa}$   
 水平方向的换算系数  $K = 0.50$   
 折减系数  $v = 0.30$

**剖面土层和指定材料**

**位置信息**

地表标高 = 12.73 m

**剖面土层和指定材料**

编号	地层厚度 t [m]	深度 z [m]	高程 [m]	岩土材料	图例
1	0.61	0.00 .. 0.61	12.73 .. 12.12	杂填土	
2	6.62	0.61 .. 7.23	12.12 .. 5.50	素填土	
3	2.04	7.23 .. 9.27	5.50 .. 3.46	块石	
4	-	9.27 .. ∞	3.46 .. -	中风化片麻岩	

**开挖**

墙体前面土层开挖到深度 0.04 m.

**坑底形状**

编号	坐标	
	x [m]	z [m]
1	0.00	0.00
2	-0.04	0.00
3	-0.04	3.11
4	-5.45	3.16
5	-5.64	3.36
6	-5.81	3.56
7	-6.07	3.76
8	-6.38	3.96
9	-6.67	4.16

编号	坐标 x [m]	深度 z [m]
10	-6.88	4.36
11	-7.08	4.56
12	-7.37	4.76
13	-7.73	4.96
14	-7.99	5.16
15	-8.24	5.36
16	-8.74	5.56
17	-9.05	5.76
18	-9.32	5.96
19	-9.58	6.16
20	-9.82	6.36
21	-10.13	6.56
22	-10.48	6.76
23	-10.81	6.96
24	-11.18	7.16
25	-11.50	7.36
26	-11.68	7.56
27	-11.78	7.66
28	-11.88	7.76
29	-12.11	7.96
30	-12.34	8.16
31	-12.58	8.36
32	-12.81	8.56
33	-13.14	8.76
34	-13.48	8.96
35	-13.75	9.16
36	-13.99	9.36
37	-14.30	9.56
38	-14.86	9.76
39	-15.20	9.96
40	-15.39	10.16
41	-15.58	10.36
42	-15.77	10.56
43	-16.30	10.76
44	-16.61	10.96
45	-16.98	11.16

编号	坐标 x [m]	深度 z [m]
46	-17.30	11.36
47	-17.63	11.56
48	-17.66	11.56
49	-19.10	11.56
50	-20.10	11.56

起点 [0,0] 位于坑底。  
z 轴正方向竖直向下。

墙后坡面

编号	坐标 x [m]	深度 z [m]
1	0.00	0.00
2	0.10	-0.01
3	4.50	-0.04
4	5.50	-0.04

起点 [0,0]位于结构右上角点  
正坐标 +z 为竖直向下

地下水作用

地下水位位于结构以下。

输入均布面超载

编号	超载		作用	超载 1 [kN/m <sup>2</sup> ]	超载 2 [kN/m <sup>2</sup> ]	起点 x 坐标 x [m]	长度 l [m]	深度 z [m]
	新建	修改						
1	是		永久作用	20.00		0.00	4.45	0.23

地震荷载

抗震设防烈度 : 7 度 (0.1g)  
综合水平地震系数  $a_w = 0.025$   
地震角  $\theta = 1.50^\circ$   
地震作用重要性系数  $C_i = 1.00$   
地下水位以下是承压水。  
地基抗震承载力调整系数  $\zeta_a = 1.30$

全局设置

结构的离散数量 = 100  
土压力分析 : 根据分析设置进行折减  
截面最小压力被认为是  $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$   
结构重要性系数  $\gamma_0 = 1.00$

工况阶段设置

设计状况 : 持久设计状况

分析结果

滑面以上作用在桩上的力

深度 [m]	被动土压力 [kPa]	主动土压力 [kPa]
0	0.00	0.00
0.04	0.00	0.45
0.04	0.00	0.45
4.21	34.49	47.19

土的水平反力系数和结构内力的分布

深度 [m]	结构前 kh,p [MN/m <sup>3</sup> ]	结构后 kh,z [MN/m <sup>3</sup> ]	位移 [mm]	土压力 [kPa]	剪力 [kN/m]	弯矩 [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-1.45	0.00	0.00	-0.00
0.04	0.00	0.00	-1.44	0.40	-0.01	0.00
0.04	0.00	0.00	-1.44	0.46	-0.01	0.00
0.80	0.00	0.00	-1.31	2.67	-1.19	0.35
1.59	0.00	0.00	-1.17	5.01	-4.25	2.39
2.39	0.00	0.00	-1.03	7.36	-9.18	7.62
3.19	0.00	0.00	-0.89	9.70	-15.97	17.51
3.98	0.00	0.00	-0.76	12.04	-24.63	33.55
4.20	0.00	0.00	-0.72	12.69	-27.35	39.27
4.21	13.03	0.00	-0.72	-9.42	-27.36	39.49
4.78	14.81	0.00	-0.63	-9.37	-22.01	53.52
5.58	17.30	0.00	-0.51	-8.88	-14.71	68.11
6.37	19.79	0.00	-0.41	-8.03	-7.95	77.09
7.17	22.28	0.00	-0.31	-6.94	-1.98	80.99
7.96	24.77	0.00	-0.23	-5.71	3.06	80.49
8.76	27.25	0.00	-0.16	-4.45	7.10	76.37
9.56	29.74	0.00	-0.11	-3.23	10.16	69.43
10.35	32.23	0.00	-0.07	-2.12	12.28	60.44
11.15	34.72	0.00	-0.03	-1.16	13.58	50.09
11.95	37.21	0.00	-0.01	-0.34	14.16	39.00
12.74	0.00	127.44	0.01	1.06	14.02	27.70
13.54	0.00	135.41	0.02	2.86	12.44	17.07
14.34	0.00	143.37	0.03	4.44	9.52	8.24
15.13	0.00	151.34	0.04	5.97	5.38	2.23

深度 [m]	结构前 kh,p [MN/m <sup>3</sup> ]	结构后 kh,z [MN/m <sup>3</sup> ]	位移 [mm]	土压力 [kPa]	剪力 [kN/m]	弯矩 [kNm/m]
15.93	0.00	159.30	0.05	7.56	-0.00	0.00

剪力最大值 = 27.36 kN/m  
 弯矩最大值 = 81.27 kNm/m  
 位移最大值 = 1.4 mm  
 滑面处的结构位移 = 0.7 mm

按深度验算岩石承载力 8.11 m

桩的最大横向压应力  $\sigma = 5.47$  kPa  
 岩石地基横向容许承载力  $R_d = 9000.00$  kPa

岩石地基横向承载力 满足要求

按深度验算岩石承载力 15.93 m

桩的最大横向压应力  $\sigma = 7.56$  kPa  
 岩石地基横向容许承载力  $R_d = 9000.00$  kPa

岩石地基横向承载力 满足要求

警告 - 在地震分析时输入数据超出容许范围!  
 采用软件自动修正后的墙后坡面倾角 $\beta$ 进行分析。(  $\beta=0.00^\circ$ ,  $\beta_{modif}=0.00^\circ$  )

编号 1 截面

结构上作用力的分布

	位移最小值 [mm]	位移最大值 [mm]	剪力最小值 [kN/m]	剪力最大值 [kN/m]	弯矩最小值 [kNm/m]	弯矩最大值 [kNm/m]	$A_{req}$ [mm <sup>2</sup> ]
0.00	-1.45	-1.45	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
0.04	-1.44	-1.44	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
0.04	-1.44	-1.44	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
0.04	-1.44	-1.44	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
0.04	-1.44	-1.44	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
0.80	-1.31	-1.31	-1.19	-1.19	0.35	0.35	5902.50
1.59	-1.17	-1.17	-4.25	-4.25	2.39	2.39	5902.50
2.39	-1.03	-1.03	-9.18	-9.18	7.62	7.62	5902.50
3.19	-0.89	-0.89	-15.97	-15.97	17.51	17.51	5902.50
3.98	-0.76	-0.76	-24.63	-24.63	33.55	33.55	5902.50
4.20	-0.72	-0.72	-27.35	-27.35	39.27	39.27	5902.50
4.20	-0.72	-0.72	-27.35	-27.35	39.27	39.27	5902.50
4.21	-0.72	-0.72	-27.36	-27.36	39.49	39.49	5902.50
4.21	-0.72	-0.72	-27.36	-27.36	39.49	39.49	5902.50
4.78	-0.63	-0.63	-22.01	-22.01	53.52	53.52	5902.50
5.58	-0.51	-0.51	-14.71	-14.71	68.11	68.11	5902.50

	位移最小值 [mm]	位移最大值 [mm]	剪力最小值 [kN/m]	剪力最大值 [kN/m]	弯矩最小值 [kNm/m]	弯矩最大值 [kNm/m]	$A_{req}$ [mm <sup>2</sup> ]
6.37	-0.41	-0.41	-7.95	-7.95	77.09	77.09	5902.50
7.17	-0.31	-0.31	-1.98	-1.98	80.99	80.99	5902.50
7.96	-0.23	-0.23	3.06	3.06	80.49	80.49	5902.50
8.76	-0.16	-0.16	7.10	7.10	76.37	76.37	5902.50
9.56	-0.11	-0.11	10.16	10.16	69.43	69.43	5902.50
10.35	-0.07	-0.07	12.28	12.28	60.44	60.44	5902.50
11.15	-0.03	-0.03	13.58	13.58	50.09	50.09	5902.50
11.95	-0.01	-0.01	14.16	14.16	39.00	39.00	5902.50
12.74	0.01	0.01	14.02	14.02	27.70	27.70	5902.50
13.54	0.02	0.02	12.44	12.44	17.07	17.07	5902.50
14.34	0.03	0.03	9.52	9.52	8.24	8.24	5902.50
15.13	0.04	0.04	5.38	5.38	2.23	2.23	5902.50
15.93	0.05	0.05	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

#### 结构内力最大值

位移最大值 = -1.4 mm

位移最小值 = 0.0 mm

弯矩最大值 = 81.27 kNm/m

弯矩最小值 = 0.00 kNm/m

剪力最大值 = 27.36 kN/m

#### 验算钢筋混凝土结构截面 (排桩 a = 8.00 m; b = 1.50 m; h = 2.00 m)

对所有工况阶段进行分析。

荷载分项系数 = 1.00

钢筋 - 14 根, 直径 25.0mm; 保护层 20.0mm

抗剪钢筋 - 2 根 (双肢箍), 直径 20.0mm; 间距 200.0mm

配筋率  $\rho = 0.23\% > 0.20\% = \rho_{min}$

中和轴位置  $x/\beta_1 = 0.14\text{ m} < 1.27\text{ m} = \xi_b h_0/\beta_1$

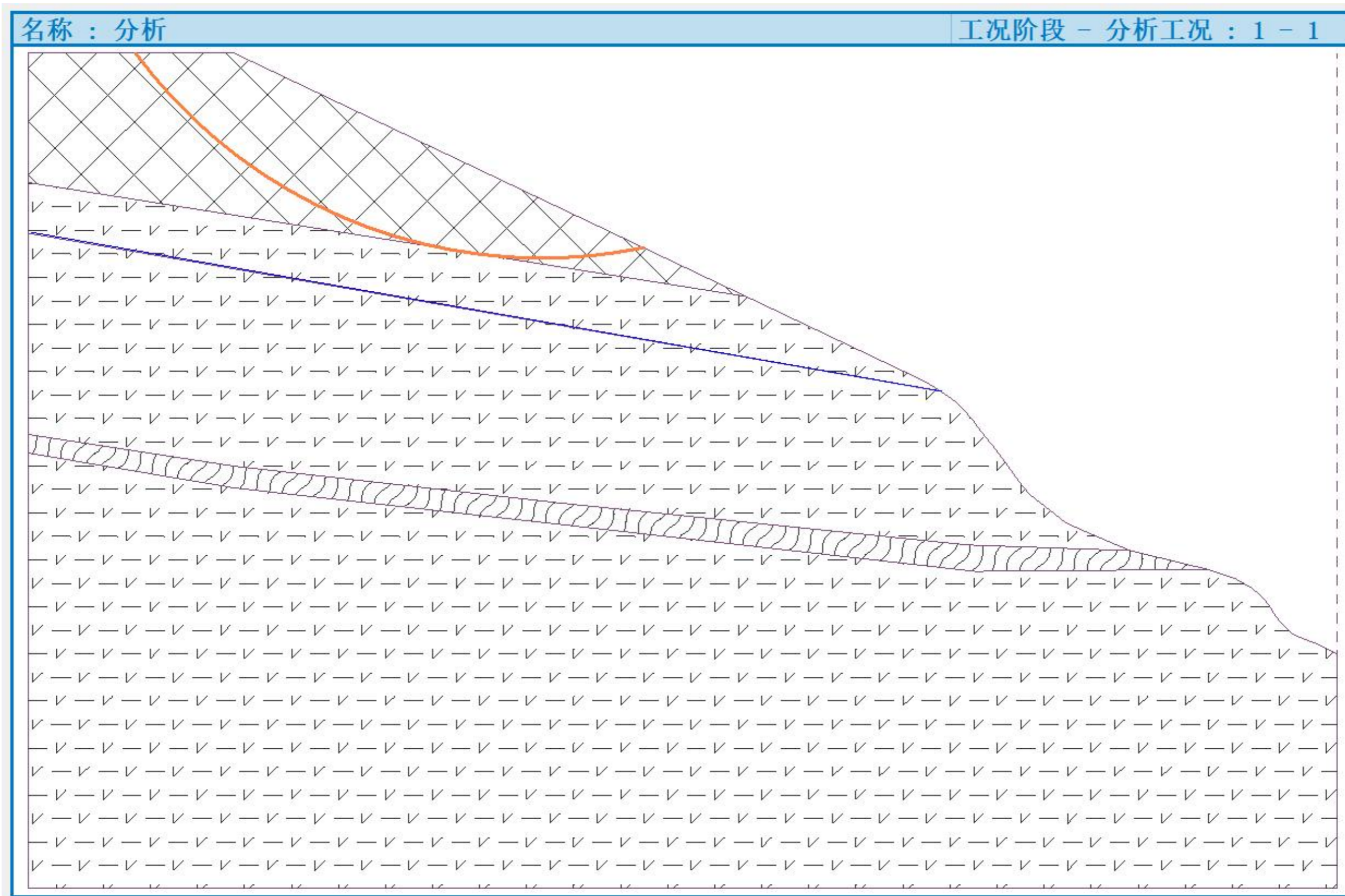
截面受剪承载力设计值  $V_u = 5191.20\text{ kN} > 218.90\text{ kN} = V$

截面受弯承载力设计值  $M_u = 4725.50\text{ kNm} > 650.19\text{ kNm} = M$

**截面满足要求。**

#### 附录

计算 5: B-B' 断面天然+自重工况坡面稳定性计算



### 边坡稳定性分析

#### 输入数据

##### 项目信息

日期：2026-02-12

##### 分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

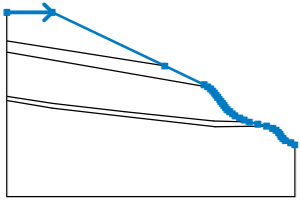
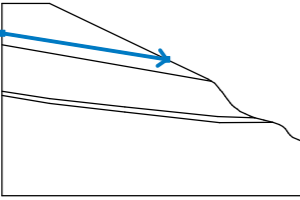
##### 稳定性分析

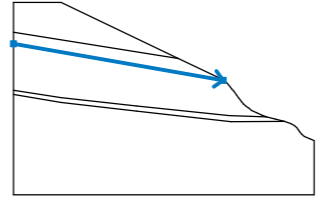
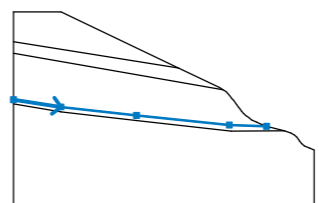
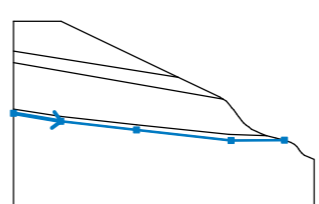
验算方法：中国规范

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

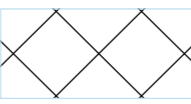
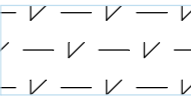
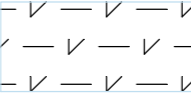

安全系数		
偶然设计状况		
折线滑面的安全系数：	SF <sub>polyg</sub> =	1.15 [-]
圆弧滑面的安全系数：	SF <sub>circ</sub> =	1.15 [-]

#### 多段线

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	12.80	4.40	12.80	15.30	7.62
		19.13	5.80	19.45	5.60	19.74	5.40
		19.94	5.20	20.12	5.00	20.27	4.80
		20.43	4.60	20.59	4.40	20.74	4.20
		20.89	4.00	21.03	3.80	21.18	3.60
		21.34	3.40	21.60	3.20	21.86	3.00
		22.11	2.80	22.56	2.60	23.01	2.40
		23.49	2.20	24.32	2.00	25.15	1.80
		25.74	1.60	26.08	1.40	26.32	1.20
		26.47	1.00	26.59	0.80	26.76	0.60
26.98	0.40	27.50	0.20	27.90	0.00		
2		0.00	10.05	15.30	7.62		

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		0.00	8.97	19.45	5.60		
4		0.00	4.68	4.40	4.00	11.41	3.21
		20.03	2.32	23.49	2.20		
5		0.00	4.28	4.40	3.54	11.41	2.75
		20.19	1.76	25.15	1.80		

#### 岩土材料参数 - 有效应力状态

编号	名称	图例	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	素填土		12.00	15.00	18.50
2	强风化片麻岩		22.00	23.00	24.80
3	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70
4	云母片岩		8.20	11.50	22.50

#### 岩土材料参数 - 浮重度

编号	名称	图例	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	素填土		19.50		
2	强风化片麻岩		25.20		
3	中风化片麻岩		26.80		
4	云母片岩		23.80		

岩土材料参数

素填土

天然重度： $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$

强风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 24.80 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 22.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 23.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 25.20 \text{ kN/m}^3$

中风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 25.70 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80 \text{ kN/m}^3$

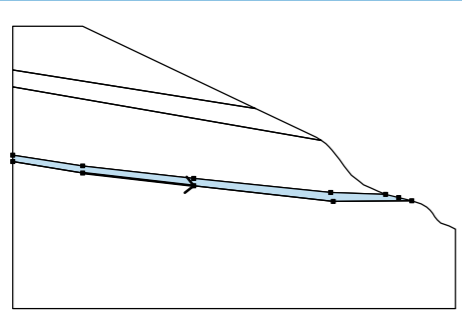
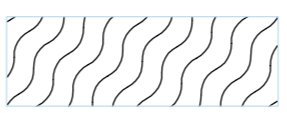
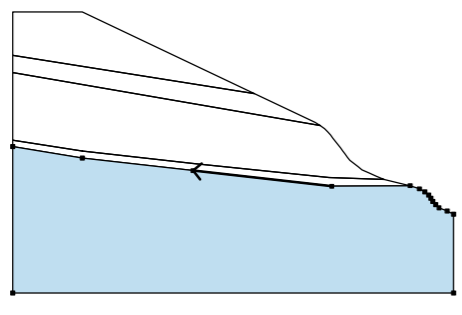
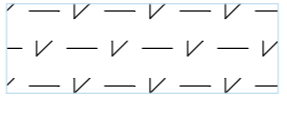
云母片岩

天然重度： $\gamma = 22.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.20^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 11.50 \text{ kPa}$

饱和重度： $\gamma_{sat} = 23.80 \text{ kN/m}^3$

指定材料和分区

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
1		15.30	7.62	4.40	12.80	素填土
		0.00	12.80	0.00	10.05	
2		19.45	5.60	19.13	5.80	强风化片麻岩
		15.30	7.62	0.00	10.05	
		0.00	8.97			
3		4.40	4.00	11.41	3.21	中风化片麻岩
		20.03	2.32	23.49	2.20	
		23.01	2.40	22.56	2.60	
		22.11	2.80	21.86	3.00	
		21.60	3.20	21.34	3.40	
		21.18	3.60	21.03	3.80	
		20.89	4.00	20.74	4.20	
		20.59	4.40	20.43	4.60	
		20.27	4.80	20.12	5.00	
		19.94	5.20	19.74	5.40	
		19.45	5.60	0.00	8.97	
0.00	4.68					

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
4		4.40	3.54	11.41	2.75	云母片岩 
		20.19	1.76	25.15	1.80	
		24.32	2.00	23.49	2.20	
		20.03	2.32	11.41	3.21	
		4.40	4.00	0.00	4.68	
		0.00	4.28			
5		20.19	1.76	11.41	2.75	中风化片麻岩 
		4.40	3.54	0.00	4.28	
		0.00	-5.00	27.90	-5.00	
		27.90	0.00	27.50	0.20	
		26.98	0.40	26.76	0.60	
		26.59	0.80	26.47	1.00	
		26.32	1.20	26.08	1.40	
		25.74	1.60	25.15	1.80	

滑动面参数							
圆心 :	x =	10.95	[m]	角度 :	$\alpha_1 =$	-53.50	[°]
	z =	19.20	[m]		$\alpha_2 =$	11.59	[°]
半径 :	R =	10.76	[m]	自动搜索后的滑动面			

滑动面分段限制

编号	起点		第二点	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	0.06	8.99	19.48	5.60

限制圆弧滑动面上的点

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上滑力的总和 :  $F_a = 111.66 \text{ kN/m}$

滑面上抗滑力的总和 :  $F_p = 250.31 \text{ kN/m}$

下滑力矩 :  $M_a = 1201.50 \text{ kNm/m}$

抗滑力矩 :  $M_p = 2693.29 \text{ kNm/m}$

安全系数 = 2.24 > 1.15

边坡稳定性 满足要求

地下水

地下水类型 : 无地下水

张裂缝

未输入张裂缝。

地震荷载

不考虑地震

工况阶段设置

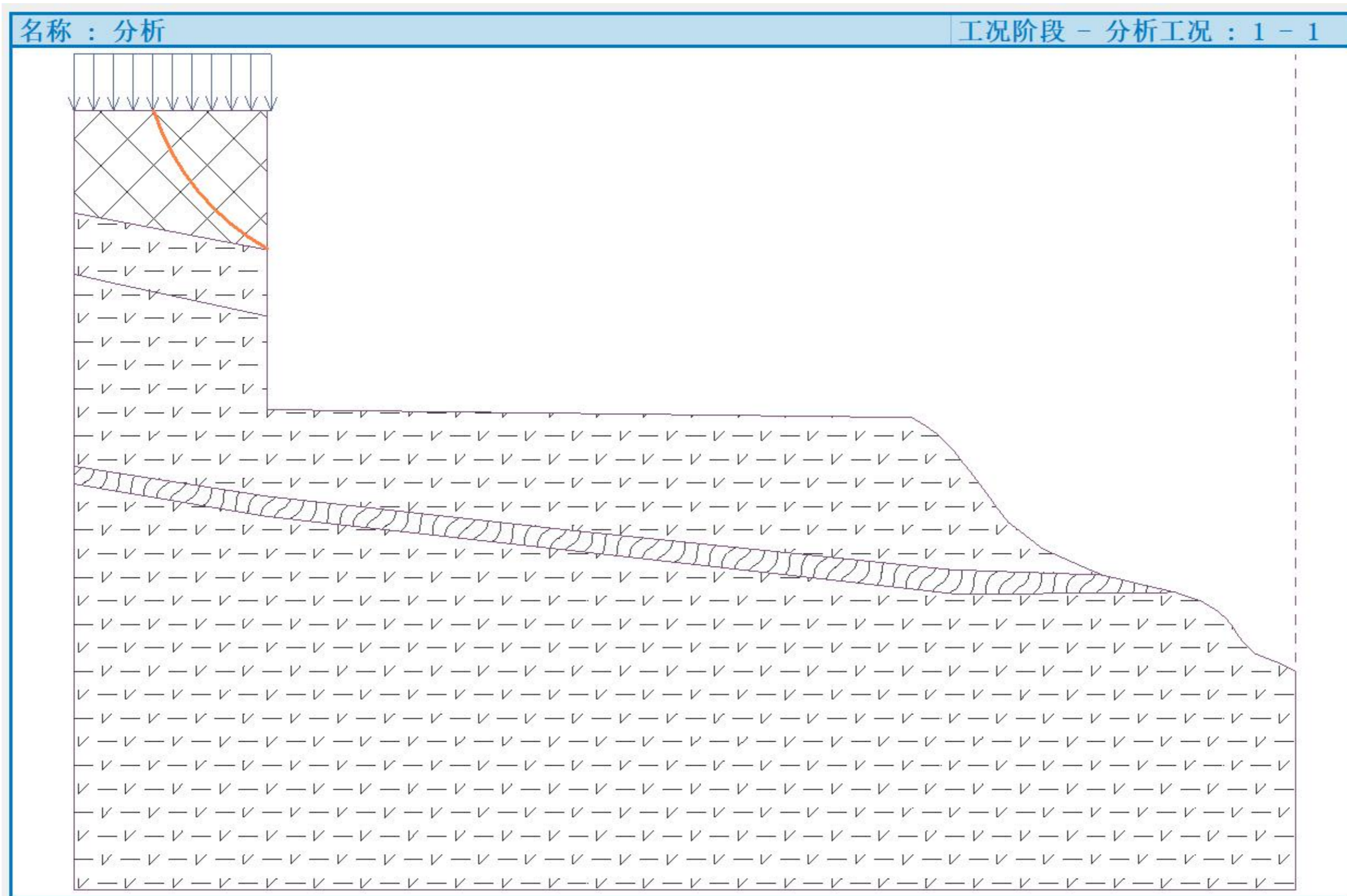
设计状况 : 偶然设计状况

结果(工况阶段 1)

分析 1

圆弧滑动面

计算 6: B-B' 断面开挖+动荷载工况坡面稳定性计算



### 边坡稳定性分析

#### 输入数据

##### 项目信息

日期：2026-02-12

##### 分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

##### 稳定性分析

验算方法：中国规范

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

安全系数		
偶然设计状况		
折线滑面的安全系数：	SF <sub>polyg</sub> =	1.15 [-]
圆弧滑面的安全系数：	SF <sub>circ</sub> =	1.15 [-]

#### 多段线

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	12.80	4.40	12.80	4.41	9.63
		4.42	8.11	4.42	5.98	19.13	5.80
		19.45	5.60	19.74	5.40	19.94	5.20
		20.12	5.00	20.27	4.80	20.43	4.60
		20.59	4.40	20.74	4.20	20.89	4.00
		21.03	3.80	21.18	3.60	21.34	3.40
		21.60	3.20	21.86	3.00	22.11	2.80
		22.56	2.60	23.01	2.40	23.49	2.20
		24.32	2.00	25.15	1.80	25.74	1.60
		26.08	1.40	26.32	1.20	26.47	1.00
2		26.59	0.80	26.76	0.60	26.98	0.40
		27.50	0.20	27.90	0.00		
2		0.00	10.47	4.41	9.63		

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		0.00	9.07	0.77	8.89	4.42	8.11
4		0.00	4.68	4.40	4.00	11.41	3.21
		20.03	2.32	23.49	2.20		
5		0.00	4.28	4.40	3.54	11.41	2.75
		20.19	1.76	25.15	1.80		

#### 岩土材料参数 - 有效应力状态

编号	名称	图例	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	素填土		12.00	15.00	18.50
2	强风化片麻岩		22.00	23.00	24.80
3	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70
4	云母片岩		8.20	11.50	22.50

#### 岩土材料参数 - 浮重度

编号	名称	图例	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	素填土		19.50		
2	强风化片麻岩		25.20		
3	中风化片麻岩		26.80		
4	云母片岩		23.80		

岩土材料参数

素填土

天然重度： $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$

强风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 24.80 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 22.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 23.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 25.20 \text{ kN/m}^3$

中风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 25.70 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80 \text{ kN/m}^3$

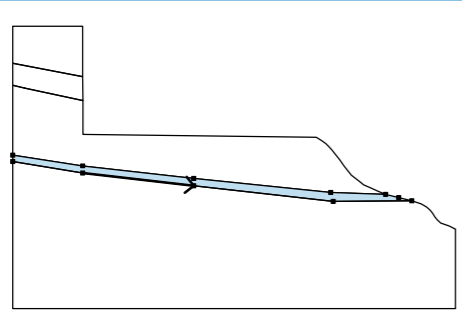
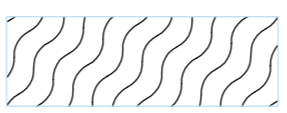
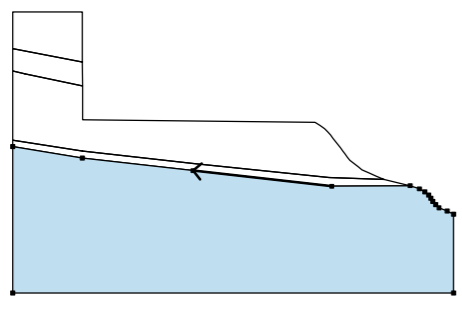
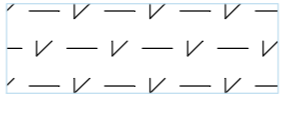
云母片岩

天然重度： $\gamma = 22.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.20^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 11.50 \text{ kPa}$

饱和重度： $\gamma_{sat} = 23.80 \text{ kN/m}^3$

指定材料和分区

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
1		4.41	9.63	4.40	12.80	素填土
		0.00	12.80	0.00	10.47	
2		0.77	8.89	4.42	8.11	强风化片麻岩
		4.41	9.63	0.00	10.47	
		0.00	9.07			
3		4.40	4.00	11.41	3.21	中风化片麻岩
		20.03	2.32	23.49	2.20	
		23.01	2.40	22.56	2.60	
		22.11	2.80	21.86	3.00	
		21.60	3.20	21.34	3.40	
		21.18	3.60	21.03	3.80	
		20.89	4.00	20.74	4.20	
		20.59	4.40	20.43	4.60	
		20.27	4.80	20.12	5.00	
		19.94	5.20	19.74	5.40	
		19.45	5.60	19.13	5.80	
		4.42	5.98	4.42	8.11	
		0.77	8.89	0.00	9.07	
0.00	4.68					

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
4		4.40	3.54	11.41	2.75	云母片岩 
		20.19	1.76	25.15	1.80	
		24.32	2.00	23.49	2.20	
		20.03	2.32	11.41	3.21	
		4.40	4.00	0.00	4.68	
		0.00	4.28			
5		20.19	1.76	11.41	2.75	中风化片麻岩 
		4.40	3.54	0.00	4.28	
		0.00	-5.00	27.90	-5.00	
		27.90	0.00	27.50	0.20	
		26.98	0.40	26.76	0.60	
		26.59	0.80	26.47	1.00	
		26.32	1.20	26.08	1.40	
		25.74	1.60	25.15	1.80	

超载

编号	类型	作用类型	位置 z [m]	起点 x [m]	长度 l [m]	宽度 b [m]	倾角 α [°]	大小		单位
								q, q <sub>1</sub> , f, F, x	q <sub>2</sub> , z	
1	条形超载	永久作用	坡面	x = 0.00	l = 4.50		0.00	15.00		kN/m <sup>2</sup>

地下水

地下水类型：无地下水

张裂缝

未输入张裂缝。

地震荷载

不考虑地震

工况阶段设置

设计状况：偶然设计状况

结果(工况阶段 1)

分析 1

圆弧滑动面

滑动面参数					
圆心：	x =	126.33 [m]	角度：	α <sub>1</sub> =	-60.15 [°]
	z =	85.15 [m]		α <sub>2</sub> =	-57.01 [°]
半径：	R =	145.34 [m]	自动搜索后的滑动面		

滑动面分段限制

编号	起点		第二点	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	0.09	3.37	26.64	0.57

限制圆弧滑动面上的点

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上滑力的总和：F<sub>a</sub> = 303.10 kN/m

滑面上抗滑力的总和：F<sub>p</sub> = 267.06 kN/m

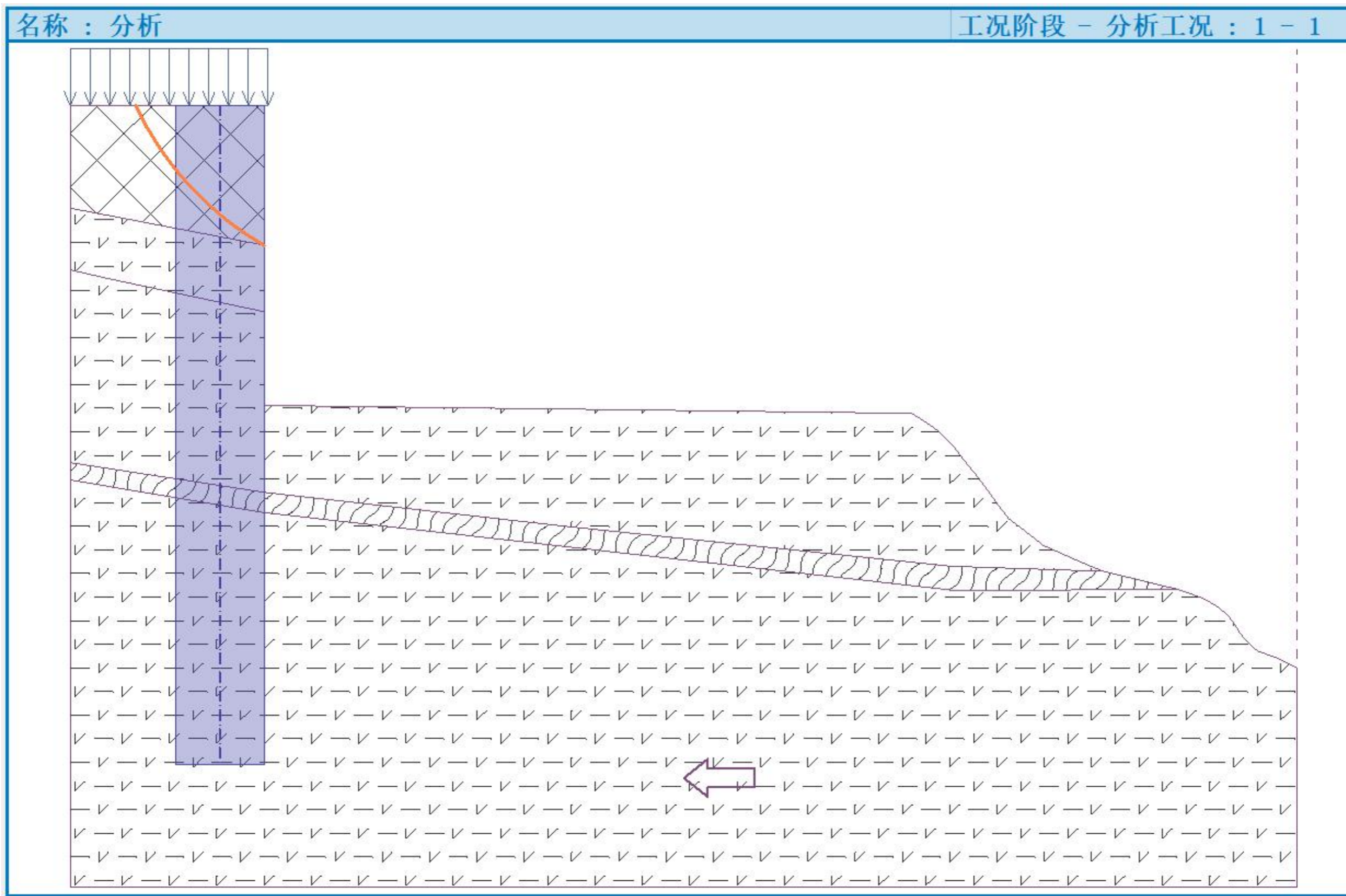
下滑力矩：M<sub>a</sub> = 44052.87 kNm/m

抗滑力矩：M<sub>p</sub> = 38814.02 kNm/m

安全系数 = 0.88 < 1.15

边坡稳定性 不满足要求

计算 7: B-B' 断面开挖+动荷载+地震荷载工况桩板墙支护稳定性计算



### 边坡稳定性分析

#### 输入数据

##### 项目信息

日期：2026-02-12

##### 分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

##### 稳定性分析

验算方法：中国规范

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

安全系数		
持久设计状况		
折线滑面的安全系数：	SF <sub>polyg</sub> =	1.35 [-]
圆弧滑面的安全系数：	SF <sub>circ</sub> =	1.35 [-]

#### 多段线

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	12.80	4.40	12.80	4.41	9.63
		4.42	8.11	4.42	5.98	19.13	5.80
		19.45	5.60	19.74	5.40	19.94	5.20
		20.12	5.00	20.27	4.80	20.43	4.60
		20.59	4.40	20.74	4.20	20.89	4.00
		21.03	3.80	21.18	3.60	21.34	3.40
		21.60	3.20	21.86	3.00	22.11	2.80
		22.56	2.60	23.01	2.40	23.49	2.20
		24.32	2.00	25.15	1.80	25.74	1.60
		26.08	1.40	26.32	1.20	26.47	1.00
2		26.59	0.80	26.76	0.60	26.98	0.40
		27.50	0.20	27.90	0.00		
		0.00	10.47	4.41	9.63		

编号	多段线位置	多段线上点坐标 [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		0.00	9.07	0.77	8.89	4.42	8.11
4		0.00	4.68	4.40	4.00	11.41	3.21
		20.03	2.32	23.49	2.20		
5		0.00	4.28	4.40	3.54	11.41	2.75
		20.19	1.76	25.15	1.80		

#### 岩土材料参数 - 有效应力状态

编号	名称	图例	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	素填土		12.00	15.00	18.50
2	强风化片麻岩		22.00	23.00	24.80
3	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70
4	云母片岩		8.20	11.50	22.50

#### 岩土材料参数 - 浮重度

编号	名称	图例	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	素填土		19.50		
2	强风化片麻岩		25.20		
3	中风化片麻岩		26.80		
4	云母片岩		23.80		

岩土材料参数

素填土

天然重度： $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$

强风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 24.80 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 22.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 23.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 25.20 \text{ kN/m}^3$

中风化片麻岩

天然重度： $\gamma = 25.70 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00 \text{ kPa}$   
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80 \text{ kN/m}^3$

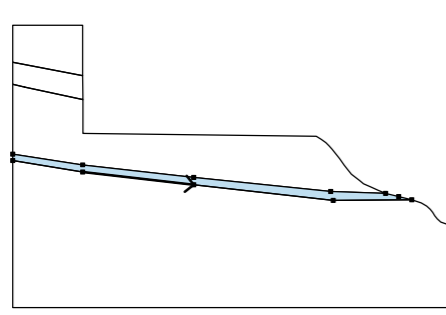

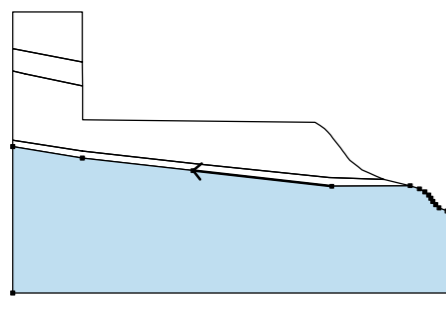
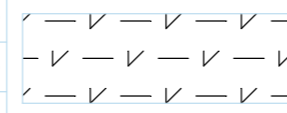
云母片岩

天然重度： $\gamma = 22.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.20^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 11.50 \text{ kPa}$

饱和重度： $\gamma_{sat} = 23.80 \text{ kN/m}^3$

指定材料和分区

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
1		4.41	9.63	4.40	12.80	素填土
		0.00	12.80	0.00	10.47	
2		0.77	8.89	4.42	8.11	强风化片麻岩
		4.41	9.63	0.00	10.47	
		0.00	9.07			
3		4.40	4.00	11.41	3.21	中风化片麻岩
		20.03	2.32	23.49	2.20	
		23.01	2.40	22.56	2.60	
		22.11	2.80	21.86	3.00	
		21.60	3.20	21.34	3.40	
		21.18	3.60	21.03	3.80	
		20.89	4.00	20.74	4.20	
		20.59	4.40	20.43	4.60	
		20.27	4.80	20.12	5.00	
		19.94	5.20	19.74	5.40	
		19.45	5.60	19.13	5.80	
		4.42	5.98	4.42	8.11	
		0.77	8.89	0.00	9.07	
0.00	4.68					

编号	分区位置	分区点坐标 [m]				指定材料
		x	z	x	z	
4		4.40	3.54	11.41	2.75	云母片岩 
		20.19	1.76	25.15	1.80	
		24.32	2.00	23.49	2.20	
		20.03	2.32	11.41	3.21	
		4.40	4.00	0.00	4.68	
		0.00	4.28			
5		20.19	1.76	11.41	2.75	中风化片麻岩 
		4.40	3.54	0.00	4.28	
		0.00	-5.00	27.90	-5.00	
		27.90	0.00	27.50	0.20	
		26.98	0.40	26.76	0.60	
		26.59	0.80	26.47	1.00	
		26.32	1.20	26.08	1.40	
		25.74	1.60	25.15	1.80	

地下水类型：无地下水

张裂缝

未输入张裂缝。

地震荷载

抗震设防烈度：7度 (0.1g)  
 综合水平地震系数： $a_w = 0.0250$   
 地震作用重要性系数： $C_i = 1.0$   
 综合竖向地震系数： $a_g = 0.0000$

工况阶段设置

设计状况：持久设计状况

结果(工况阶段 1)

分析 1

圆弧滑动面

滑动面参数					
圆心：	x =	14.28 [m]	角度：	$\alpha_1 =$	-75.96 [°]
	z =	16.22 [m]		$\alpha_2 =$	-44.37 [°]
半径：	R =	14.10 [m]	给定滑面的分析。		

边坡稳定性验算 (毕肖普法(Bishop))

滑面上滑力的总和： $F_a = 308.81 \text{ kN/m}$   
 滑面上抗滑力的总和： $F_p = 846.23 \text{ kN/m}$

下滑力矩： $M_a = 4354.27 \text{ kNm/m}$   
 抗滑力矩： $M_p = 11931.83 \text{ kNm/m}$   
 安全系数 = 2.74 > 1.35

边坡稳定性 满足要求

桩身

编号	桩顶坐标		桩长 l [m]	工程类型	连梁深度 h [m]	连梁长度 l <sub>b</sub> [m]	桩水平间距	
	x [m]	z [m]					b <sub>f</sub> [m]	b/b <sub>b</sub> [m]
1	3.40	12.80	15.00	单排桩				6.00

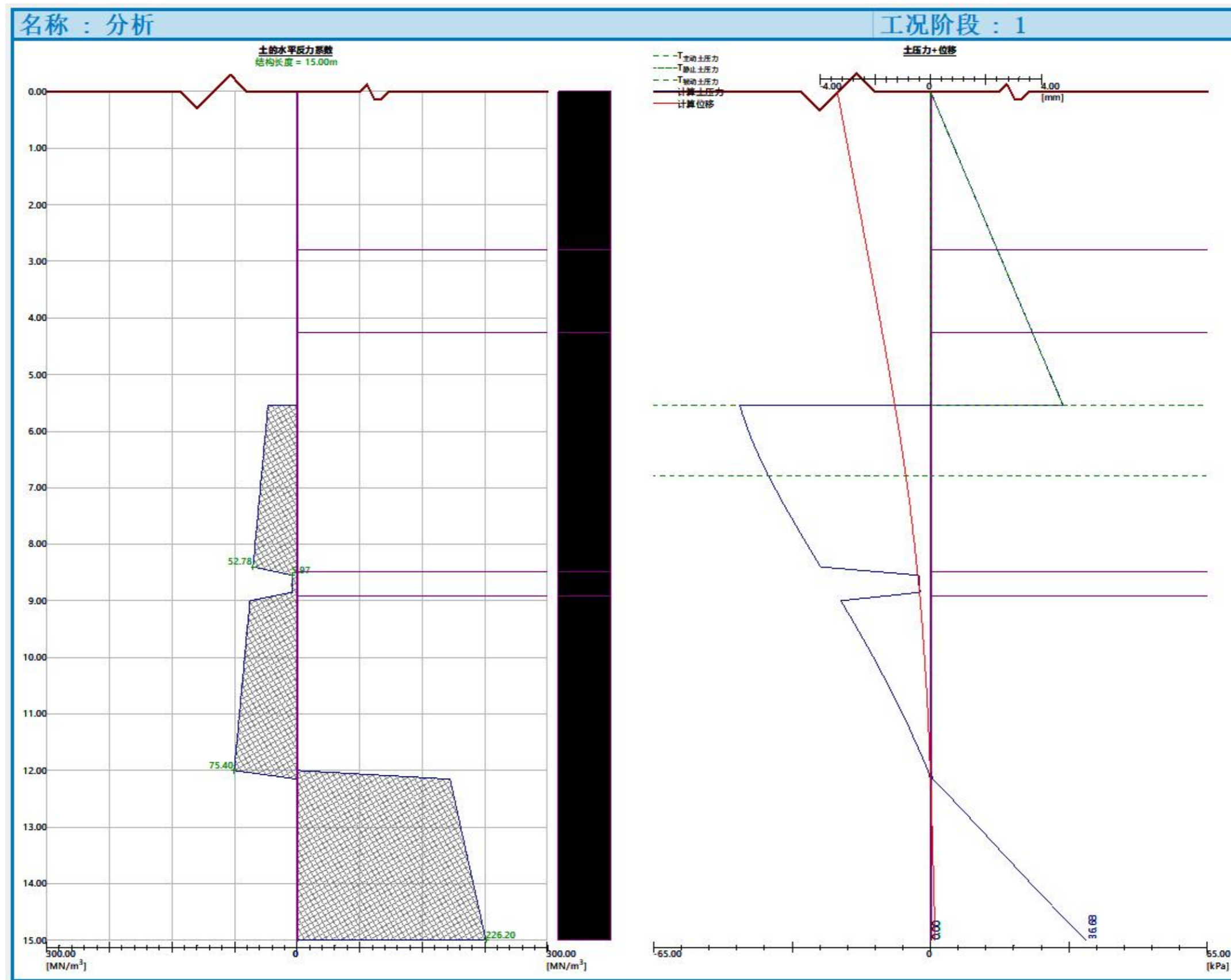
编号	桩身截面 [m]	抗滑承载力沿桩身分布	桩身抗滑承载力		
			最大抗滑承载力 V <sub>u</sub> [kN]	最大承载力桩长比 κ [-]	桩身抗滑力方向
1	s <sub>x</sub> = 2.00; s <sub>y</sub> = 1.50	均匀分布	4300.00		垂直桩身

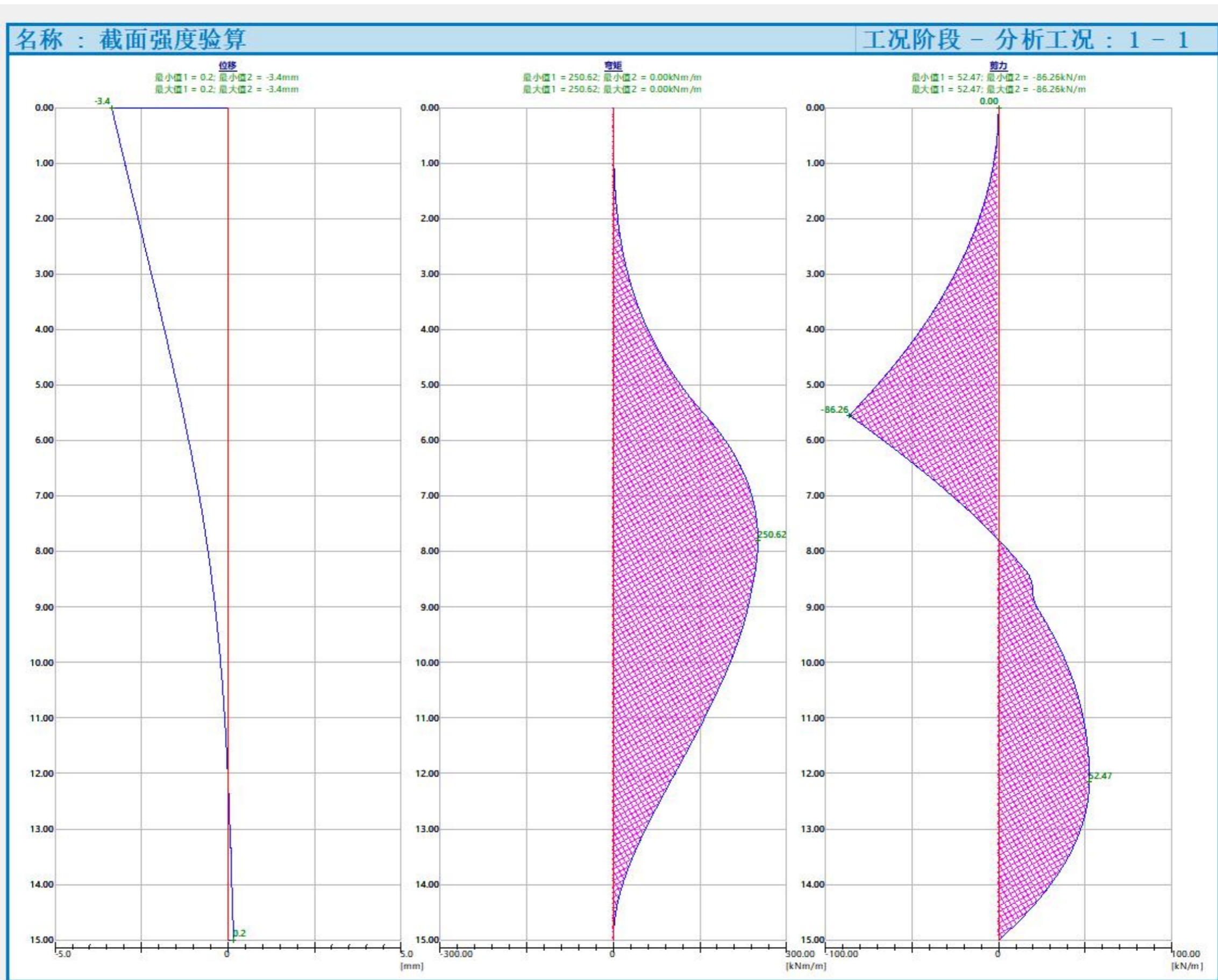
超载

编号	类型	作用类型	位置 z [m]	起点 x [m]	长度 l [m]	宽度 b [m]	倾角 α [°]	大小		
								q, q <sub>1</sub> , f, F, x	q <sub>2</sub> , z	单位
1	条形超载	永久作用	坡面	x = 0.00	l = 4.50		0.00	15.00		kN/m <sup>2</sup>

地下水

计算 8: B-B' 断面桩身验算计算





## 桩板墙分析

### 输入数据

### 分析设置

中国 - 国家标准 (GB)

### 材料和规范

混凝土结构设计：中国规范 GB 50010-2010

钢结构设计：中国规范 GB 50017-2003

### 开挖分析

验算方法：中国规范

主动土压力计算方法：Coulomb 理论

被动土压力计算方法：Mazindrani(Rankine)理论

地震荷载分析：GB 50330-2013 中国建筑边坡工程技术规范

土的水平反力系数计算：中国规范

滑面以下压力计算：中国规范-弹性

### 锚杆验算

验算方法：安全系数法 (ASD)

安全系数			
抗拉承载力安全系数：	$SF_t =$	2.20	[-]
抗拔承载力(岩土与锚固体)安全系数：	$SF_e =$	2.60	[-]
抗拔承载力(钢筋与砂浆)安全系数：	$SF_c =$	2.60	[-]

### 截面尺寸

结构长度= 15.00 m

截面名称：排桩 a = 6.00 m; b = 1.50 m; h = 2.00 m

桩身材料：混凝土

自动计算的嵌固段计算宽度折减系数 = 0.42

截面面积 A = 5.00E-01 m<sup>2</sup>/m

惯性矩 I = 1.67E-01 m<sup>4</sup>/m

弹性模量 E = 30000.00 MPa

剪切模量 G = 12000.00 MPa

### 滑面以上作用力

滑面深度  $h_{s1} = 5.55$  m

桩后滑坡推力类型：剩余下滑力

桩前滑体抗力类型：剩余抗滑力

桩后滑坡推力 T = 86.39 kN/m

桩前滑体抗力 P = 0.00 kN/m

滑坡推力分布图形：三角形

滑体抗力分布图形：三角形

### 结构材料

依据规范对钢筋混凝土结构进行分析 中国规范 GB 50010-2010.

### 混凝土: C30

抗压强度标准值  $f_{ck} = 20.10$  MPa

抗拉强度标准值  $f_{tk} = 2.01$  MPa

弹性模量  $E_c = 30000.00$  MPa

剪切模量  $G = 12000.00$  MPa

### 纵向钢筋: HRB400

屈服强度  $f_{yk} = 400.00$  MPa

### 横向钢筋: HRB335

屈服强度  $f_{yk} = 335.00$  MPa

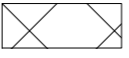
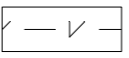
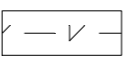
### 水平反力系数


### 水平反力系数

采用 m 法计算土的水平反力系数。

结构在嵌固(坑底)处的水平位移量  $v_b = 0.00$  mm

### 岩土材料基本参数

编号	名称	图例	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	素填土		12.00	15.00	18.50	9.50	10.00
2	强风化片麻岩		22.00	23.00	24.80	15.20	20.00
3	中风化片麻岩		27.00	32.00	25.70	16.80	25.00

编号	名称	图例	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
4	云母片岩		8.20	11.50	22.50	13.80	6.00

所有岩土材料都看作是无黏性土（在静止土压力分析时）。

**岩土材料参数**

**素填土**

天然重度： $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 12.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 15.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 10.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$

**强风化片麻岩**

天然重度： $\gamma = 24.80 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 22.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 23.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 20.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 25.20 \text{ kN/m}^3$

**中风化片麻岩**

天然重度： $\gamma = 25.70 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 27.00^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 32.00 \text{ kPa}$   
 结构与岩土间摩擦角： $\delta = 25.00^\circ$   
 岩土材料：无黏性土  
 饱和重度： $\gamma_{sat} = 26.80 \text{ kN/m}^3$

**云母片岩**

天然重度： $\gamma = 22.50 \text{ kN/m}^3$   
 应力状态：有效应力  
 内摩擦角： $\phi_{ef} = 8.20^\circ$   
 黏聚力： $c_{ef} = 11.50 \text{ kPa}$

结构与岩土间摩擦角： $\delta = 6.00^\circ$

岩土材料：无黏性土

饱和重度： $\gamma_{sat} = 23.80 \text{ kN/m}^3$

**桩身嵌岩**

嵌岩段桩长  $l = 8.20 \text{ m}$   
 岩石单轴抗压极限强度  $f_{rk} = 50000.00 \text{ kPa}$   
 水平方向的换算系数  $K = 0.50$   
 折减系数  $\nu = 0.30$

**剖面土层和指定材料**

**位置信息**

地表标高 = 12.80 m

**剖面土层和指定材料**

编号	地层厚度 t [m]	深度 z [m]	高程 [m]	岩土材料	图例
1	2.79	0.00 .. 2.79	12.80 .. 10.01	素填土	
2	1.47	2.79 .. 4.26	10.01 .. 8.54	强风化片麻岩	
3	4.23	4.26 .. 8.49	8.54 .. 4.31	中风化片麻岩	
4	0.43	8.49 .. 8.92	4.31 .. 3.88	云母片岩	
5	-	8.92 .. ∞	3.88 .. -	中风化片麻岩	

**开挖**

墙体前面土层开挖到深度 0.00 m.

**坑底形状**

编号	坐标 x [m]	深度 z [m]
1	0.00	0.01
2	-0.01	3.17
3	-0.02	4.69
4	-0.02	6.82

编号	坐标 x [m]	深度 z [m]
5	-14.73	7.00
6	-15.05	7.20
7	-15.34	7.40
8	-15.54	7.60
9	-15.72	7.80
10	-15.87	8.00
11	-16.03	8.20
12	-16.19	8.40
13	-16.34	8.60
14	-16.49	8.80
15	-16.63	9.00
16	-16.78	9.20
17	-16.94	9.40
18	-17.20	9.60
19	-17.46	9.80
20	-17.71	10.00
21	-18.16	10.20
22	-18.61	10.40
23	-19.09	10.60
24	-19.92	10.80
25	-20.75	11.00
26	-21.34	11.20
27	-21.68	11.40
28	-21.92	11.60
29	-22.07	11.80
30	-22.19	12.00
31	-22.36	12.20
32	-22.58	12.40
33	-23.10	12.60
34	-23.50	12.80
35	-24.50	12.80

起点 [0,0] 位于坑底。  
z 轴正方向竖直向下。

### 墙后坡面

编号	坐标 x [m]	深度 z [m]
1	0.00	0.00
2	0.10	0.00
3	1.10	0.00

起点 [0,0]位于结构右上边角点

正坐标 +z 为竖直向下

### 地下水作用

地下水位位于结构以下。

### 输入均布面超载

编号	超载		作用	超载 1 [kN/m <sup>2</sup> ]	超载 2 [kN/m <sup>2</sup> ]	起点 x 坐标 x [m]	长度 l [m]	深度 z [m]
	新建	修改						
1	是		永久作用	15.00		0.00	2.40	坡面

### 地震荷载

抗震设防烈度 : 7 度 (0.1g)

综合水平地震系数  $a_w = 0.025$

地震角  $\theta = 1.50^\circ$

地震作用重要性系数  $C_i = 1.00$

地下水位以下是承压水。

地基抗震承载力调整系数  $\zeta_a = 1.30$

### 全局设置

结构的离散数量 = 100

土压力分析 : 根据分析设置进行折减

截面最小压力被认为是  $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

结构重要性系数  $\gamma_0 = 1.00$

### 工况阶段设置

设计状况 : 持久设计状况

### 分析结果

#### 滑面以上作用在桩上的力

深度 [m]	被动土压力 [kPa]	主动土压力 [kPa]
0	0.00	0.00

深度 [m]	被动土压力 [kPa]	主动土压力 [kPa]
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
5.55	0.00	31.15

剪力最大值 = 86.26 kN/m  
 弯矩最大值 = 250.62 kNm/m  
 位移最大值 = 3.4 mm  
 滑面处的结构位移 = 1.3 mm

**按深度验算岩石承载力 8.70 m**

桩的最大横向压应力  $\sigma = 2.60$  kPa  
 岩石地基横向容许承载力  $R_d = 7500.00$  kPa

岩石地基横向承载力 **满足要求**

**按深度验算岩石承载力 15.00 m**

桩的最大横向压应力  $\sigma = 36.68$  kPa  
 岩石地基横向容许承载力  $R_d = 7500.00$  kPa

岩石地基横向承载力 **满足要求**

警告 - 在地震分析时输入数据超出容许范围!

采用软件自动修正后的墙后坡面倾角 $\beta$ 进行分析。 ( $\beta=0.00^\circ, \beta_{modif}=0.00^\circ$ )

**编号 1 截面**

**结构上作用力的分布**

	位移最小值 [mm]	位移最大值 [mm]	剪力最小值 [kN/m]	剪力最大值 [kN/m]	弯矩最小值 [kNm/m]	弯矩最大值 [kNm/m]	$A_{req}$ [mm <sup>2</sup> ]
0.00	-3.36	-3.36	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
0.01	-3.36	-3.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	-3.36	-3.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	-3.36	-3.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	-3.36	-3.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	-3.08	-3.08	-1.58	-1.58	0.39	0.39	5902.50
1.50	-2.79	-2.79	-6.32	-6.32	3.16	3.16	5902.50
2.25	-2.50	-2.50	-14.21	-14.21	10.66	10.66	5902.50
3.00	-2.21	-2.21	-25.26	-25.26	25.26	25.26	5902.50
3.75	-1.93	-1.93	-39.48	-39.48	49.34	49.34	5902.50
4.50	-1.65	-1.65	-56.85	-56.85	85.27	85.27	5902.50

	位移最小值 [mm]	位移最大值 [mm]	剪力最小值 [kN/m]	剪力最大值 [kN/m]	弯矩最小值 [kNm/m]	弯矩最大值 [kNm/m]	$A_{req}$ [mm <sup>2</sup> ]
5.25	-1.39	-1.39	-77.37	-77.37	135.40	135.40	5902.50
5.54	-1.29	-1.29	-86.26	-86.26	159.40	159.40	5902.50
5.54	-1.29	-1.29	-86.26	-86.26	159.40	159.40	5902.50
5.55	-1.28	-1.28	-86.22	-86.22	159.97	159.97	5902.50
5.55	-1.28	-1.28	-86.22	-86.22	159.97	159.97	5902.50
6.00	-1.13	-1.13	-66.51	-66.51	194.29	194.29	5902.50
6.75	-0.90	-0.90	-36.05	-36.05	232.53	232.53	5902.50
7.50	-0.70	-0.70	-9.30	-9.30	249.28	249.28	5902.50
8.25	-0.52	-0.52	13.18	13.18	247.54	247.54	5902.50
9.00	-0.37	-0.37	21.83	21.83	233.51	233.51	5902.50
9.75	-0.25	-0.25	35.41	35.41	211.77	211.77	5902.50
10.50	-0.15	-0.15	44.80	44.80	181.44	181.44	5902.50
11.25	-0.07	-0.07	50.34	50.34	145.53	145.53	5902.50
12.00	-0.01	-0.01	52.42	52.42	106.79	106.79	5902.50
12.75	0.04	0.04	49.84	49.84	68.00	68.00	5902.50
13.50	0.09	0.09	40.24	40.24	33.79	33.79	5902.50
14.25	0.12	0.12	23.73	23.73	9.36	9.36	5902.50
15.00	0.16	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**结构内力最大值**

位移最大值 = -3.4 mm  
 位移最小值 = 0.2 mm  
 弯矩最大值 = 250.62 kNm/m  
 弯矩最小值 = 0.00 kNm/m  
 剪力最大值 = 86.26 kN/m

**验算钢筋混凝土结构截面 (排桩 a = 6.00 m; b = 1.50 m; h = 2.00 m)**

对所有工况阶段进行分析。

荷载分项系数 = 1.00

钢筋 - 14 根, 直径 25.0mm; 保护层 20.0mm

抗剪钢筋 - 2 根 (双肢箍), 直径 20.0mm; 间距 200.0mm

配筋率  $\rho = 0.23\% > 0.20\% = \rho_{min}$

中和轴位置  $x/\beta_1 = 0.14\text{ m} < 1.27\text{ m} = \xi_b h_0/\beta_1$

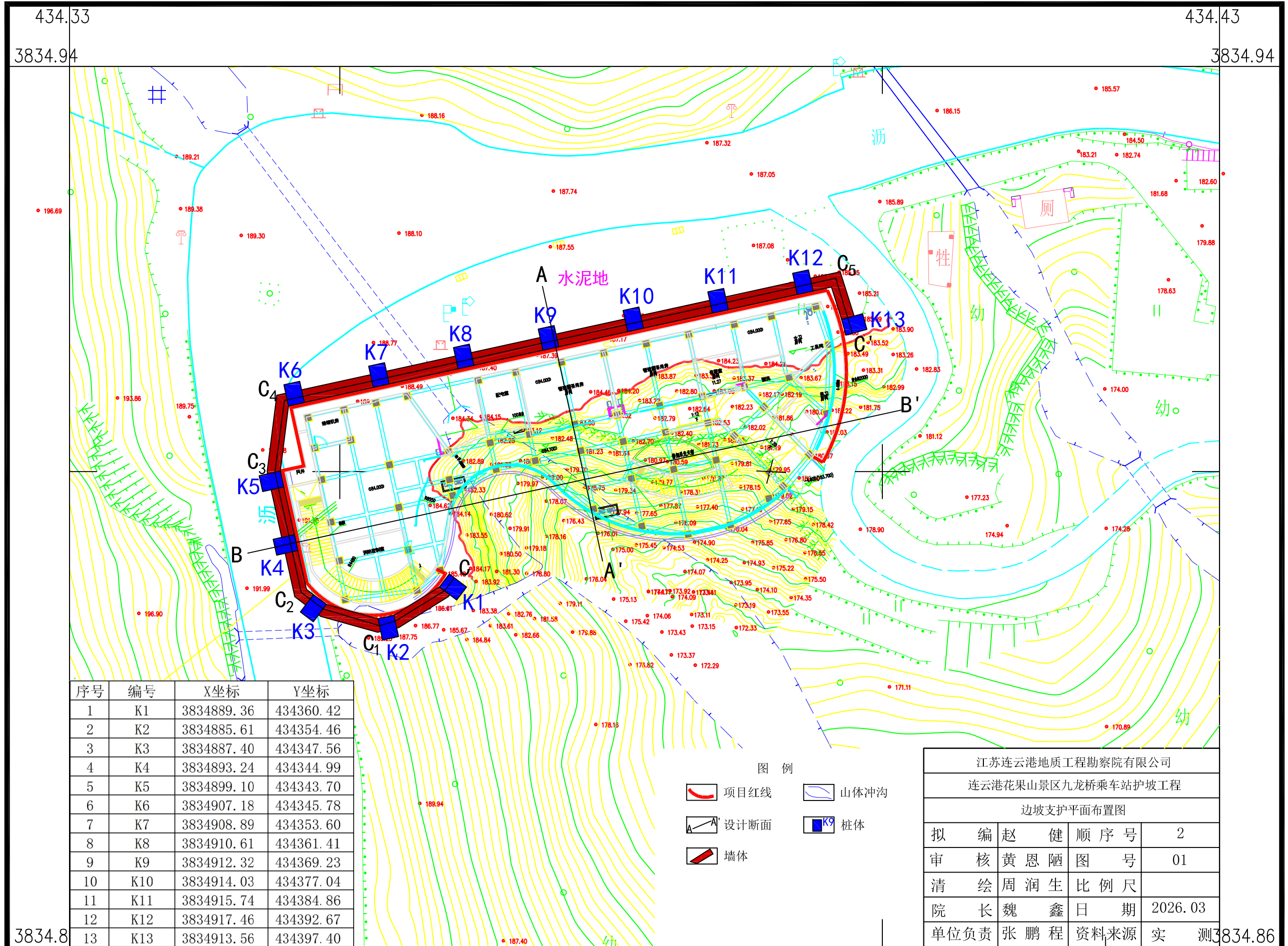
截面受剪承载力设计值  $V_u = 4820.33\text{ kN} > 517.58\text{ kN} = V$

截面受弯承载力设计值  $M_u = 4725.50\text{ kNm} > 1503.73\text{ kNm} = M$

**截面满足要求。**



# 连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程边坡支护平面布置图



序号	编号	X坐标	Y坐标
1	K1	3834889.36	434360.42
2	K2	3834885.61	434354.46
3	K3	3834887.40	434347.56
4	K4	3834893.24	434344.99
5	K5	3834899.10	434343.70
6	K6	3834907.18	434345.78
7	K7	3834908.89	434353.60
8	K8	3834910.61	434361.41
9	K9	3834912.32	434369.23
10	K10	3834914.03	434377.04
11	K11	3834915.74	434384.86
12	K12	3834917.46	434392.67
13	K13	3834913.56	434397.40

- 图例
- 项目红线
  - 山体冲沟
  - 设计断面
  - 墙体
  - 桩体

江苏连云港地质工程勘察院有限公司				
连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程				
边坡支护平面布置图				
拟编	赵健	顺序号	2	
审核	黄恩陋	图号	01	
清绘	周润生	比例尺		
院长	魏鑫	日期	2026.03	
单位负责	张鹏程	资料来源	实测	

434.33  
3834.94  
3834.8

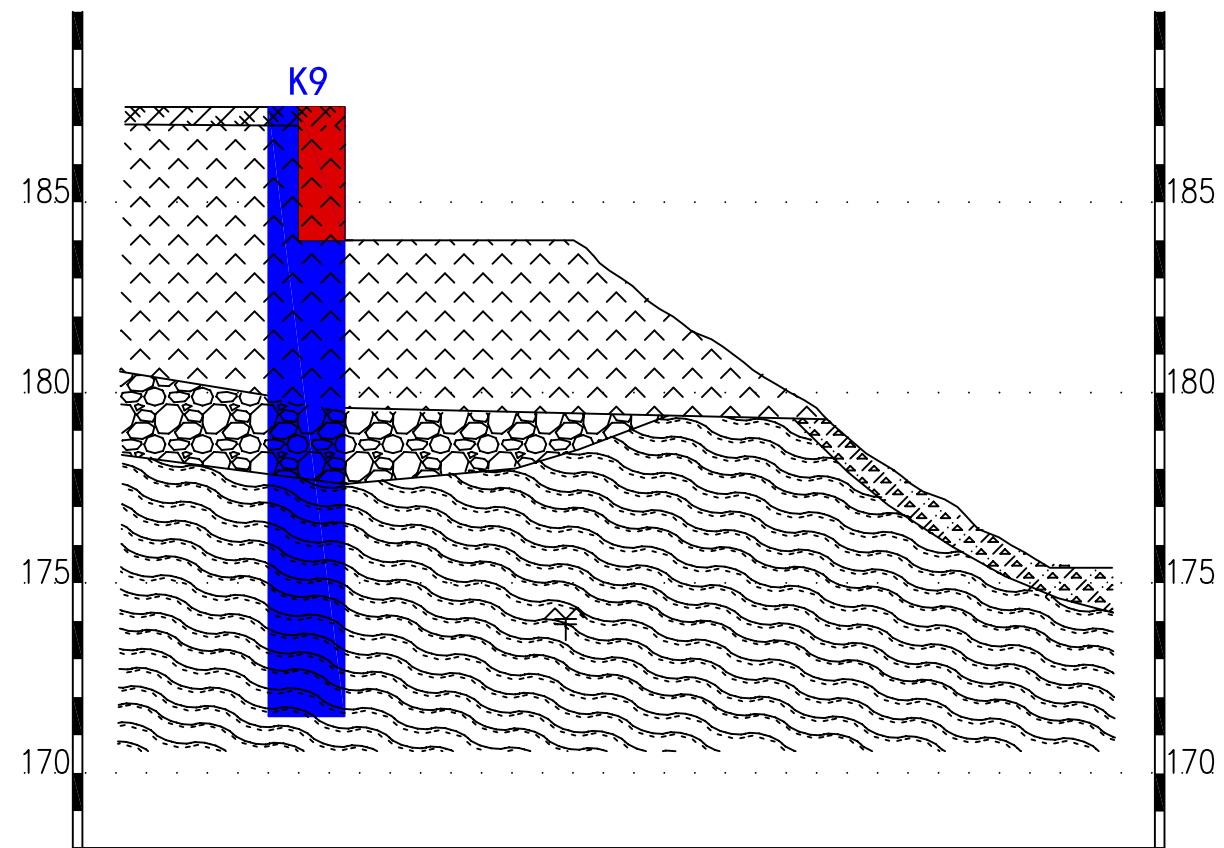
434.43  
3834.94  
3834.86

434.33

434.43

# 连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程A-A' 设计剖面图

1: 200

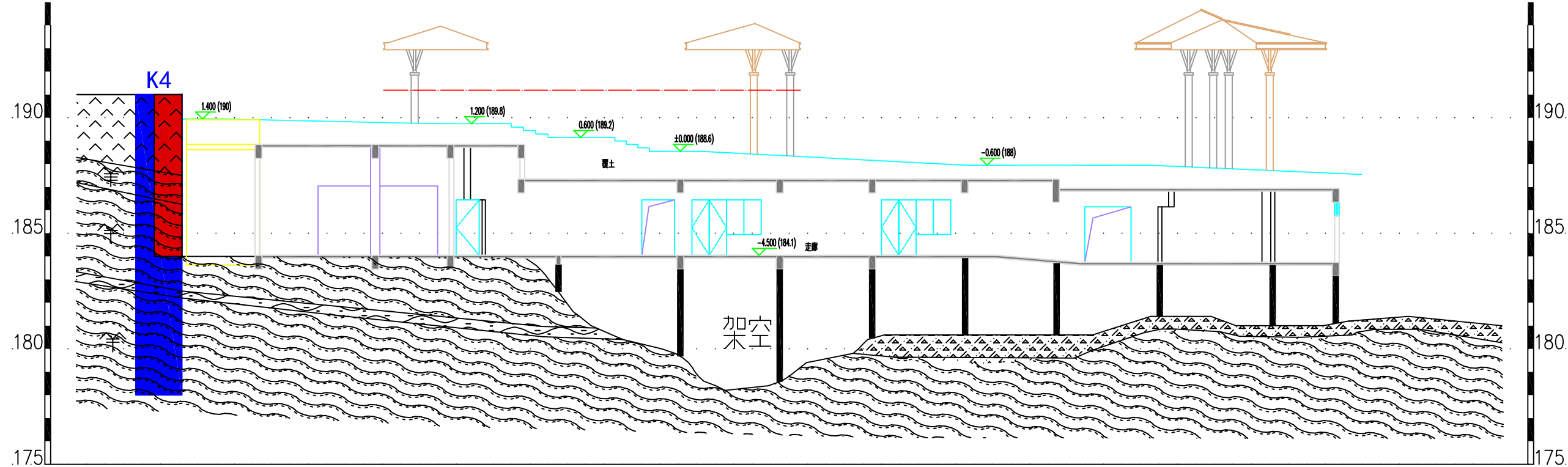


素填土
  杂填土
  块石
  中风化片麻岩
  坡积土

江苏连云港地质工程勘察院有限公司			
连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程			
A-A' 设计剖面图			
拟 编	赵 健	顺 序 号	3
审 核	黄 恩 陋	图 号	01
清 绘	周 润 生	比 例 尺	
院 长	魏 鑫	日 期	2026.03
单位负责	张 鹏 程	资 料 来 源	实 测

# 连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程 B-B' 设计剖面图

## 1: 200

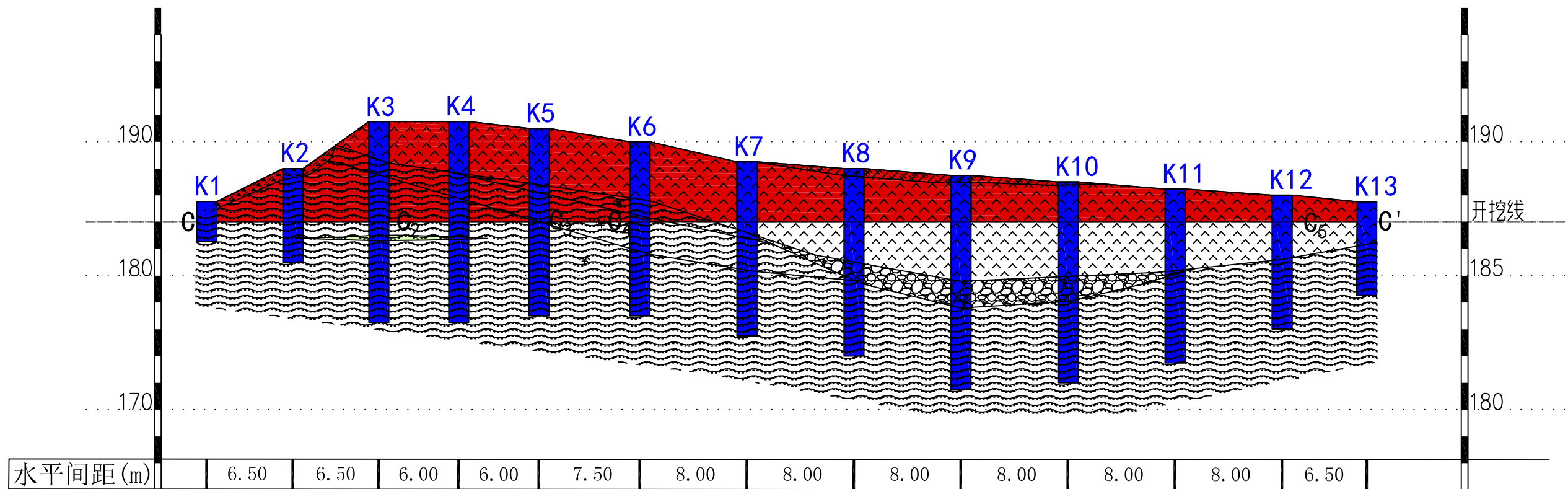


素填土
  坡积土
  强风化片麻岩
  中风化片麻岩
  云母片岩

江苏连云港地质工程勘察院有限公司				
连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程				
B-B' 设计剖面图				
拟 编	赵 健	顺 序 号	3	
审 核	黄 恩 陋	图 号	02	
清 绘	周 润 生	比 例 尺		
院 长	魏 鑫	日 期	2026.03	
单位负责	张 鹏 程	资 料 来 源	实 测	

# 连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程C-C' 设计剖面图

## 1: 350

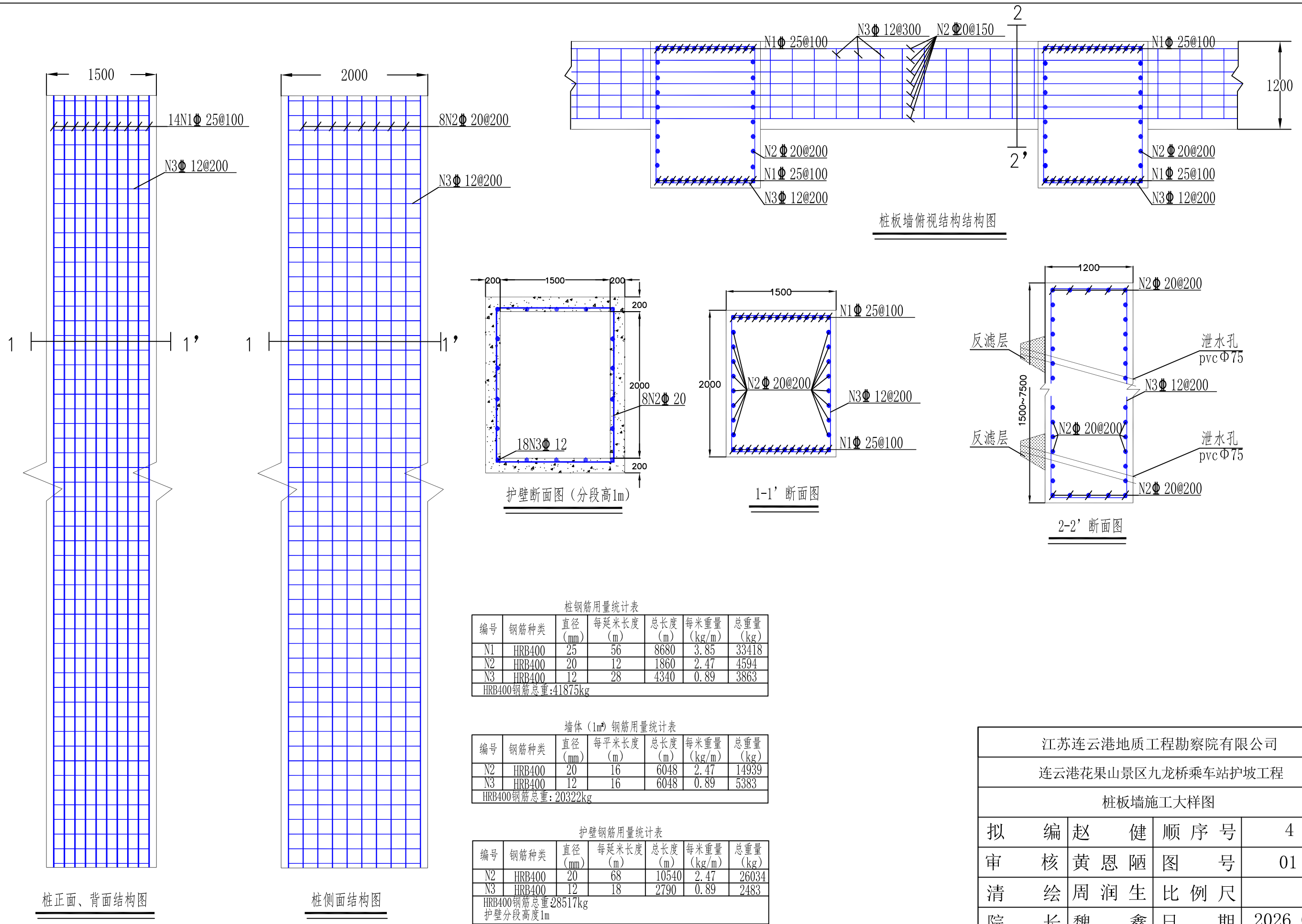


桩号	桩顶标高 (m)	桩底标高 (m)	桩长 (m)	梁顶标高 (m)	梁底标高 (m)	梁高 (m)
K1	185.5	182.5	3	185.5	184.0	1.5
K2	188.0	181.0	7	188.0	184.0	4.0
K3	191.5	176.5	15	191.5	184.0	7.5
K4	191.5	176.5	15	191.5	184.0	7.5
K5	191.0	177.0	14	191.0	184.0	7.0
K6	190.0	177.0	13	190.0	184.0	6.0
K7	188.5	175.5	13	188.5	184.0	4.5
K8	188.0	174.0	14	188.0	184.0	4.0
K9	187.5	171.5	16	187.5	184.0	3.5
K10	187.0	172.0	15	187.0	184.0	3.0
K11	186.5	173.5	13	186.5	184.0	2.5
K12	186.0	176.0	10	186.0	184.0	2.0
K13	185.5	178.5	7	185.5	184.0	1.5

素填土  
  杂填土  
  块石  
  粉质粘土  
 全风化片麻岩  
  强风化片麻岩  
  中风化片麻岩  
  云母片岩

江苏连云港地质工程勘察院有限公司			
连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程			
C-C' 设计剖面图			
拟 编	赵 健	顺 序 号	3
审 核	黄 恩 陋	图 号	03
清 绘	周 润 生	比 例 尺	
院 长	魏 鑫	日 期	2026.03
单位负责	张 鹏 程	资 料 来 源	实 测

# 连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程桩板墙施工大样图



桩钢筋用量统计表

编号	钢筋种类	直径 (mm)	每延米长度 (m)	总长度 (m)	每米重量 (kg/m)	总重量 (kg)
N1	HRB400	25	56	8680	3.85	33418
N2	HRB400	20	12	1860	2.47	4594
N3	HRB400	12	28	4340	0.89	3863
HRB400钢筋总重:41875kg						

墙体 (1m<sup>2</sup>) 钢筋用量统计表

编号	钢筋种类	直径 (mm)	每平米长度 (m)	总长度 (m)	每米重量 (kg/m)	总重量 (kg)
N2	HRB400	20	16	6048	2.47	14939
N3	HRB400	12	16	6048	0.89	5383
HRB400钢筋总重: 20322kg						

护壁钢筋用量统计表

编号	钢筋种类	直径 (mm)	每延米长度 (m)	总长度 (m)	每米重量 (kg/m)	总重量 (kg)
N2	HRB400	20	68	10540	2.47	26034
N3	HRB400	12	18	2790	0.89	2483
HRB400钢筋总重28517kg 护壁分段高度1m						

江苏连云港地质工程勘察院有限公司			
连云港花果山景区九龙桥乘车站护坡工程			
桩板墙施工大样图			
拟编	赵健	顺序号	4
审核	黄恩陋	图号	01
清绘	周润生	比例尺	
院长	魏鑫	日期	2026.03
单位负责	张鹏程	资料来源	实测