

G65 高速公路 K1761+300 处边坡垮塌工程 治理工程施工图

中铁长江交通设计集团有限公司

二〇二一年十月 重庆

目 录

1、工程概况.....	1
2、设计工作依据.....	1
3、工程地质条件和边坡评价.....	1
3.1 工程地质条件.....	1
3.2 边坡评价.....	2
4、设计标准、设计参数.....	3
4.1 设计原则和标准.....	3
4.2 岩土设计参数.....	3
5、治理方案和分项设计.....	3
5.1 治理方案.....	3
5.2 重力式挡土墙.....	3
5.3 桩板挡墙.....	4
5.4 排水沟.....	4
5.5 监测.....	4
6、工程质量检测和验收.....	4
7、建议.....	4

附图:

序号	图名	图号	图纸型号
1	工程平面布置图	NO.1-01	A3
2	工程立面布置图	NO.2-01	A3
3	工程剖面布	NO.3-01	A3
4	支护桩结构图	NO.4-01	A3
5	挡土板和冠梁结构图	NO.4-02	A3
6	重力式挡墙、排水沟结构图	NO.4-03	A3
7	工程数量表	NO.5-01	A3

附件 1: 工程地质勘察报告

1、工程概况

受强降雨影响，2021 年 8 月 13 日 G65 高速公路 K1761+300 处右边外侧挡墙失效和边坡垮塌。垮塌边坡长约 20m，高约 9.0m，厚度 3-5m，体积约 940m³。边坡垮塌威胁高速公路、下方乡村道路和边坡上部高压线塔安全。故对垮塌边坡进行治理是迫切和必要的。

2、设计工作依据

- (1)《公路路基设计规范》(JTGD30—2015)；
- (2)《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013
- (3)《混凝土结构设计规范》GB50010-2011
- (4)《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008
- (5)《挡土墙》图集 17-J008
- (6)《地质灾害防治工程勘察规范》DB50/T143-2018
- (7)《地质灾害防治工程设计标准》DB55029-2019；
- (8)《G65 高速公路 K1761+300 处边坡垮塌工程地质勘察报告》。

3、工程地质条件和边坡评价

3.1 工程地质条件

(1) 地貌

场地地貌属侵蚀、溶蚀剥蚀低山地貌区，场地为斜坡地形，地形坡度 20-38°，局部修建道路为平台，地面高程 288-328m。

(2) 地层岩性

据工程地质测绘和钻探揭示，建设场地出露三叠系及第四系(Q)地层，从新到老分述如下：

第四系全新统(Q₄)

素填土：灰黄色、灰褐色，主要由粘性土、页岩和灰岩碎块石组成，碎块粒径 2~50cm 不等，硬物质含量约为 65%，结构中密状，稍湿，均匀性较好，为修建道路回填，回填年限约 5 年。土石等级为 III 级。该层土分布局部道路路基部分。

碎石土：灰黄色，主要由粘性土、页岩和灰岩碎块石组成，碎块粒径 2~100cm 不等，硬物质

含量约为 60%，结构中密状，稍湿，均匀性较差。土石等级为 III 级。该层土分布场地上部。

~~~~~不整合~~~~~

志留系大湾组(O<sub>1d</sub>)

页岩：页岩：灰褐色，泥质结构，页理构造，岩石破碎，岩质较软、手可掰断；强风化层岩芯破碎~极破碎，呈碎片状；中风化层岩芯较破碎，呈饼状，块状。

石灰岩：灰色，主要由碳酸盐矿物组成，隐晶质结构，中厚层状构造；强风化层岩芯较破碎，呈短柱状、块状；中风化层岩芯较完整，呈短柱状、柱状。局部溶蚀较强烈。中风化岩体较完整，土石等级为 V 级。

#### (3) 地质构造

场地区域属七曜山凹褶束，场地位于金星背斜西翼，岩层产状 323°∠13°，场地未发现断层通过，根据区域资料，拟建场地受应力作用影响相对微弱，岩体结构面主要受构造裂隙控制，岩体裂隙特征如下：

L1 裂隙产状 147°∠78°，裂隙微张 1~3mm，裂隙间距 3~5m，延伸 4~10m；裂隙面较起伏，钙泥质半充填，结合差，为硬性结构面。

L2 裂隙产状 265°∠88°，裂隙张开度多为 2~3mm，裂隙间距 2~4m，延伸 3~4m；裂隙面较起伏，偶见钙泥质充填，结合差，为硬性结构面。

根据地震烈度区划图，拟建场地抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第一组。

#### (4) 水文地质条件

##### 1) 地表水

据调查走访，场地及其周边为斜坡地形，耕地大多为旱地，无古河道存在，故建设场地的地表水主要为大气降雨形成的地表汇水，汇水多沿斜坡向南排泄出场地至乌江。

##### 2) 地下水

根据地下水赋存介质及水动力特征，勘察区地下水主要可分为第四系松散层孔隙水、基岩岩溶水两种类型。

##### (1) 第四系松散层类孔隙水

该类型地下水主要分布于场地填土之内，接受大气降水和地表水的补给。受地表水量大小、下伏基岩面起伏形态、填土物质组成和均匀性的影响，第四系松散层类孔隙水的分布范围和水量大小具有明显的时空特性，在局部基岩面凹槽地带和细颗粒填土区域，往往形成地下水封闭区，从而形成上层滞水或潜水，水量大小受季节影响明显，地下水位较低，水量较小。孔隙水沿基岩界面向低处流出场地或下渗至岩溶管道向低处排泄出场地。

##### 岩溶水

场地分布地层为石灰岩可溶岩地层，存在裸露型和隐伏型岩溶。裸露型岩溶接受降水补给，由地表岩溶漏斗、落水洞及岩溶溶隙进入地下，沿地下岩溶管道运输，排泄于当地最低侵蚀基准面一带，以峰丛、孤峰、残丘自成一个补迳排的完整水文地质体系—裸露型岩溶浅层循环系统。

岩溶水的补给主要是大气降雨补给，其次在某些地段有地表水的补给和地下水的越层补给。岩溶水的径流，区内主要有两种方式：岩溶裂隙径流和岩溶管道径流。

勘察期间无降雨，钻孔终孔后利用简易提桶将钻孔内残留水提干，根据观测，钻孔水位恢复慢。地下水整体较贫乏。

#### (5) 环境水、土腐蚀性

环境地下水对混凝土结构和混凝土中钢筋具微腐蚀性。场地土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性，对钢结构具微腐蚀性。

#### (6) 不良地质作用

场地主要不良地质为本次边坡垮塌，场地范围未发现断层、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质现象，也未发现采空区、有害气体，埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞等对工程不利的埋藏物。

#### (7) 特殊性岩土

场地特殊性岩土为填土。填土为道路修建回填，厚度分布不均匀，粒径差异性较大，均匀性较差，结构中密，受塌陷影响，周边填土坍塌破坏，结构松散。

#### (8) 相邻重要建构筑物

##### 1) 水高南北铁路专线高压线塔

边坡上部高压线塔为 110KW 水高南北铁路专线，采用扩大基础，基础埋深 1.0-2.0m，现状未见变形迹象。

##### 2) G65 高速王家毛坡大桥

王家毛坡大桥位于边坡下部，边坡临近桥头，桥台采用扩大基础，桥墩采用桩基础，现场稳定，未见变形迹象。

## 3.2 边坡评价

#### (1) 边坡垮塌特征及稳定性

垮塌边坡长约 20m，高约 9.0m，厚度 3-5m，体积约 940m<sup>3</sup>。挡墙后侧裂缝距离高速边缘外侧 14m，距离北侧高压线塔 14.0m。拉裂缝较陡倾，倾角约 70°，上部宽约 1.3m，下部宽约 0.25m，深约 3.2m。原排水沟位于后缘裂缝附近，排水沟内径约 400mm×400mm，采用 25cm 的浆砌片石砌筑，边坡垮塌后，排水沟损害约 13.0m。滑动的土体堆积在下部坡脚，暂未清理，经现场调查和稳定性验算（附表 1），天然工况下边坡整体为基本稳定，暴雨工况下边坡整体为欠稳定。

表 3.2-1 边坡稳定性验算结果一览表

| 工况 | 稳定系数 | 安全系数 | 稳定状态 | 剩余下滑力 (KN) | 备注              |
|----|------|------|------|------------|-----------------|
| 天然 | 1.29 | 1.30 | 基本稳定 | 3.9        |                 |
| 暴雨 | 1.04 | 1.20 | 欠稳定  | 100.0      | 拟支挡位置剩余下滑力244KN |

#### (2) 边坡垮塌成因

边坡垮塌成因是由降雨、地形地貌，地层岩性和原挡墙基础差共同作用的结果。

(1) 今年 5-8 月场地所在区域暴雨频发，坡顶排水沟开裂，降雨时远处汇集的水通过排水沟裂缝渗漏至挡墙后侧裂缝和持力层下部土层，在坡后缘形成水压力，并软化了了基础持力层，造成边坡和挡墙的变形破坏，致使挡墙和排水沟全部失效，排水沟汇水灌入边坡，冲毁边坡坡体土层至下面乡村道路上，阻碍交通。

(2) 场地位于斜坡地带，坡度较陡（最大约 38°），边坡坡体主要为碎块石和破碎的强风化层，边坡易在暴雨等不利工况下垮塌。

(3) 原挡墙基础持力层为碎块石土层，基础未设置在坡脚，而在斜坡中部，且持力层外侧未进行防护处治，在降水汇水软化作用和挡墙加载下，下部碎块石持力层易向临空面一侧变形破坏，引起挡墙倾斜和挡墙后侧边坡垮塌，现挡墙北侧与后面岩土体形成一道宽约 0.5-1.3m 裂缝。

综上，本次边坡垮塌主要挡墙基础持力层外侧临空碎块石土层，暴雨汇水作用下和挡墙加载下，下部碎块石持力层易向临空面一侧变形破坏，而且上部损坏的排水沟把降雨汇水全部引渗到边坡坡体中，加剧挡墙持力层软化，进而挡墙失稳失效，后侧边坡坡体垮塌。

垮塌边坡东侧存在长 10.0m，高约 3.0-5.0m 土质边坡，边坡坡度较陡，局部常发生垮塌。

#### (3) 边坡发展趋势

现在失稳挡墙倾倒在坡体中部，且后缘存在大裂缝。边坡暴雨工况下处于欠稳定状态，在降雨时随着雨水汇集流入后侧裂缝和下渗到坡体，边坡将继续垮塌，垮塌范围将后延，威胁上方高压线塔基础稳定性，垮塌土体将堆积在下方乡村道路和高速路桥墩处，阻断乡村道路通行和高速桥墩安全。

## 4、设计标准、设计参数

### 4.1 设计原则和标准

本工程以“确保安全、经济、实用”为原则进行设计，兼顾与环境的合理衔接。

边坡工程安全等级：二级。采用动态设计法，及时根据边坡最新情况调整设计。

### 4.2 岩土设计参数

表 4.2-1 岩土参数建议值一览表

| 指标<br>岩性                             | 素填土                                                                                                                                                                                                                                                                               | 碎石土                | 中风化基岩        |               |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------------|
|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    | 页岩           | 灰岩            |
| 天然重度 $\gamma_0$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 22.0*                                                                                                                                                                                                                                                                             | 22.0               | 24.0         | 26.0          |
| 天然抗压强度标准值<br>frk (MPa)               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    | 4.20         | 93.0          |
| 饱和抗压强度标准值<br>frk (MPa)               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    | 1.70         | 65.4          |
| 承载力特征值 $f_a$ (kPa)                   | 120*                                                                                                                                                                                                                                                                              | 160*               | 250          | 3000          |
| 岩土体内摩擦角 $\Phi$<br>(°)                | 28*(天然)<br>25*(饱和)                                                                                                                                                                                                                                                                | 28*(天然)<br>25*(饱和) | 30*          | 40*           |
| 岩土体粘聚力<br>C (kPa)                    | 5*(天然)<br>3*(饱和)                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5*(天然)<br>3*(饱和)   | 150*         | 700*          |
| 地基系数(水平方向)                           | $m=10MN/m^4$                                                                                                                                                                                                                                                                      | $m=10MN/m^4$       | $k=40MN/m^3$ | $k=720MN/m^3$ |
| 基底摩擦系数 $\mu$                         | 0.30                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.30               | 0.30         | 0.50          |
| 放坡坡率                                 | 1:1.50                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1:1.50             | 1:1.25       | 1:0.50        |
| 说明                                   | 1、带*号为经验值；<br>2、承载力（特征）设计值强风化页岩取160kPa，强风化石灰岩取500kPa；<br>强风化岩体桩基侧摩阻力标准值：页岩取100 kPa、石灰岩取200kPa。<br>3、根据经验岩土界面抗剪参数：天然 $c=5kPa$ ， $\phi=28^\circ$ ，暴雨 $c=3kPa$ ， $\phi=25^\circ$ 。<br>4、根据经验和垮塌边坡反算，碎块石中已滑动滑面抗剪参数：天然 $c=4kPa$ ， $\phi=24^\circ$ ，<br>暴雨 $c=2kPa$ ， $\phi=21^\circ$ 。 |                    |              |               |

## 5、治理方案和分项设计

### 5.1 治理方案

由地坪高程、范围和地质勘察报告可知，边坡坡体主要由碎块石组成，坡体稳定性差，为了保证上部高压线塔的安全，坡脚不宜大开挖，边坡拟采用**桩板挡墙+重力式挡墙+修复排水沟**支护方案。场地上部土层较松散，稳定性较差，故本次支护桩采用圆形截面的机械灌注桩。边坡具体措施如表 5.1-1。

表 5.1-1 边坡支护方案一览表

| 区段   | 边坡高度(m) | 长度(m) | 治理方案                                                                                         |
|------|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| AB 段 | 4.0—5.5 | 21.2  | 土质边坡采用桩板挡墙支护。<br>支护桩桩径 1500mm，桩长 12.0m；桩顶设置 1000mm×600mm 冠梁；桩间设置厚 250mm 挡土板。<br>上部破损排水沟改道修复。 |
| BC 段 | 3.0—5.0 | 10.0  | 土质边坡采用仰斜式重力式挡墙支护，墙高 3.0—6.0m。<br>上部破损排水沟改道修复。                                                |

### 5.2 重力式挡土墙

(1) 基础：嵌入土层深度不小于 1000mm。基底纵向坡度不宜大于 5%，否则应在纵向将基础做成台阶式。基础位于岩土斜坡区域可采取台阶式基础，采用天然地基或换填地基，挡土墙墙高 3.0—6.0m 时，地基承载力大于 160Kpa；基槽开挖完成后，应对天然地基或换填地基承载力进行检测满足要求后才能进入下一道工序。

(2) 重力式挡土墙及基础采用 20 混凝土浇筑。

(3) 泄水孔：按 2.0m×2.0m 网格布置，孔径  $\Phi 100mm$ ，外倾 5%，墙后 500mm 厚范围做卵石或碎石队囊，泄水孔下部为 500mm 厚的粘土作为隔水层。

(4) 墙后填料：回填应选择透水性较强的填料，粒径不大于 400mm，当采用粘土作填料时，应掺入适量碎石，不应采用淤泥、耕植土、膨胀性土作填料。

(5) 填土应分层碾压、夯实，分层厚度不宜超过 500mm，密实度达到中密。

(6) 重力式挡墙与桩板挡墙交界处设伸缩缝，缝宽 20~30mm，缝中填塞沥青麻筋、沥青木板或其他有弹性的防水材料，嵌入深度不小于 200mm。

(7) 采用跳槽开挖施工，每次施工段不大于 5.0m。

(8) 其他关于重力式挡墙未尽事宜按《挡土墙》图集（17J008）执行。

### 5.3 桩板挡墙

- (1) 支护桩为机械成孔灌注桩，桩径 1500mm，桩长 12.0m。
- (2) 桩顶设置一道截面尺寸为 1000mm×600mm 的冠梁，加强支护桩整体性。
- (3) 桩间设置厚 250mm 的挡土板，挡土板中部设置两列间距 1500mm 孔径  $\Phi$ 100mm 的泄水孔。

根据路基外侧临空高度设置桩间挡土板高度，埋入土层不少于 500mm。

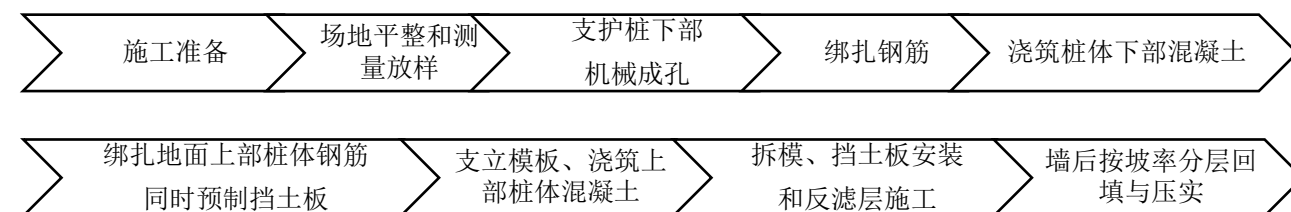
- (4) 桩身、冠梁和桩间挡土板混凝土强度 C30，护壁混凝土强度 C20。
- (5) 钢筋： $\phi$ —HPB300； $\Phi$ —HRB400。
- (6) 桩、冠梁钢筋保护层厚度 50mm，板钢筋保护层厚度 30mm。直径大于 25mm 的钢筋连接采用机械连接；直径小于 25mm 的钢筋连接采用焊接，单面焊接长度 10d，双面焊接长度 5d，焊接后钢筋应在一条直线上，接头位置应复核规范要求。箍筋连接采用搭接，搭接长度为 35d。
- (7) 冠梁、挡土板中部（Z3 和 Z4 支护桩之间）设置一道伸缩缝，缝宽 20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- (8) 桩身和挡土板混凝土强度达到设计强度的 75%后，方可进行墙后回填。
- (9) 其他关于桩板挡墙未尽事宜按《公路路基设计规范》执行。

### 5.4 排水沟

- (1) 排水沟采用 M10 浆砌片石砌筑，排水沟每 10~25m 设伸缩缝，伸缩缝宜设于台阶相邻处，缝宽 20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- (2) 沟槽挖好后，进行人工平整夯实，再砌筑水沟。
- (3) 排水沟位置可根据地形作适当调整。回填砌体与土体之间的空隙，并压实。
- (4) 排水沟表面 M10 砂浆抹面。

### 5.5 施工顺序

#### (1) 桩板挡墙施工顺序



#### (2) 重力式挡墙施工顺序



#### (3) 排水沟施工顺序



### 5.6 监测

边坡施工和使用过程中应进行全程跟踪监测，超前预报，确保施工期间施工人员、周围建构物及道路等财产安全；监测成果用于施工期间反馈设计，指导调整后续工程施工及使用期间的安全。

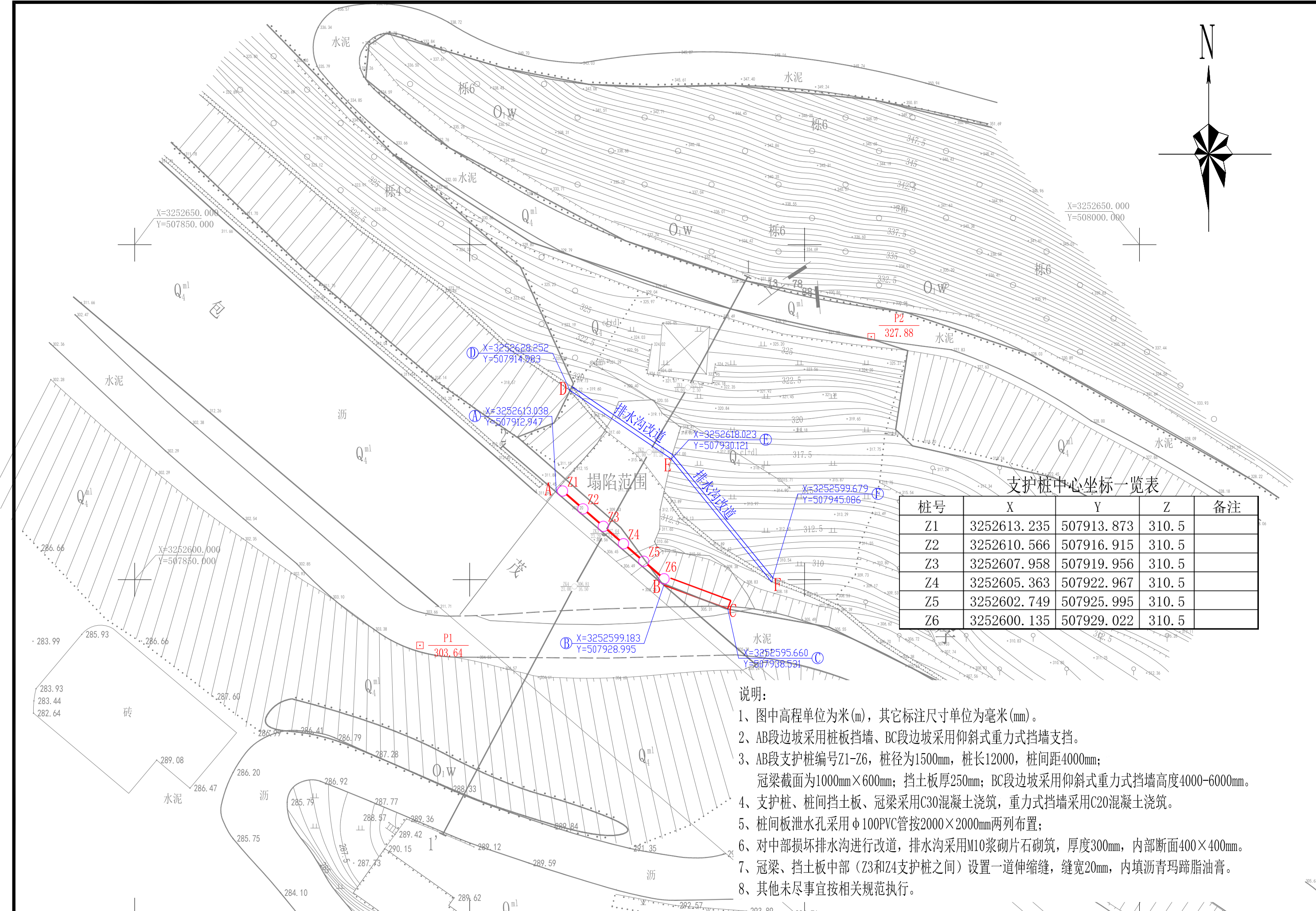
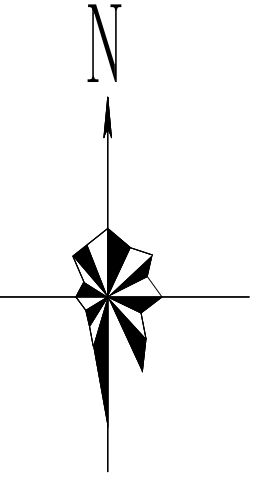
边坡坡顶、支护桩、挡墙和高压线塔应设置绝对位移监测点，进行常规的大地变形测量、岩土体和挡墙结构水平位移、垂直位移及速率变化；以达到施工安全监测和防治效果监测的目的。

## 6、工程质量检测和验收

- 6.1、施工期间应对各种原材进行质量检测。
- 6.2、在施工期间应做好砂浆试块制作和强度检测。
- 6.3、桩施工完后应进行桩身完整性检测，建议采用声波透射法进行桩身完整性检测，在浇筑混凝土之前应预埋声测管。检测数量和技术要求参照《建筑基桩检测技术规范》。
- 6.5、墙后填土压实系数不小于 0.94。
- 6.6 其余各项验收和试验参照《公路路基设计规范》相关规范。

## 7、建议

- 7.1 开展施工治理工作时加强边坡的观测、监测工作。
- 7.2 支护桩深度大，桩孔开挖前应进行挖孔桩施工安全专项方案论证。
- 7.3 工程施工所需各类建筑材料质量必须满足设计要求，应附材料证明、出厂单及质量检查合格书。
- 7.4 工程质量验收应按现行规范进行；隐蔽工程应组织中间验收，上一工序验收合格后才能进入下道工序。
- 7.5 采用逆作法、信息法施工，现场若出现与本设计不符内容，应及时反馈，以便修正设计。未尽事项详见相关规范规程。



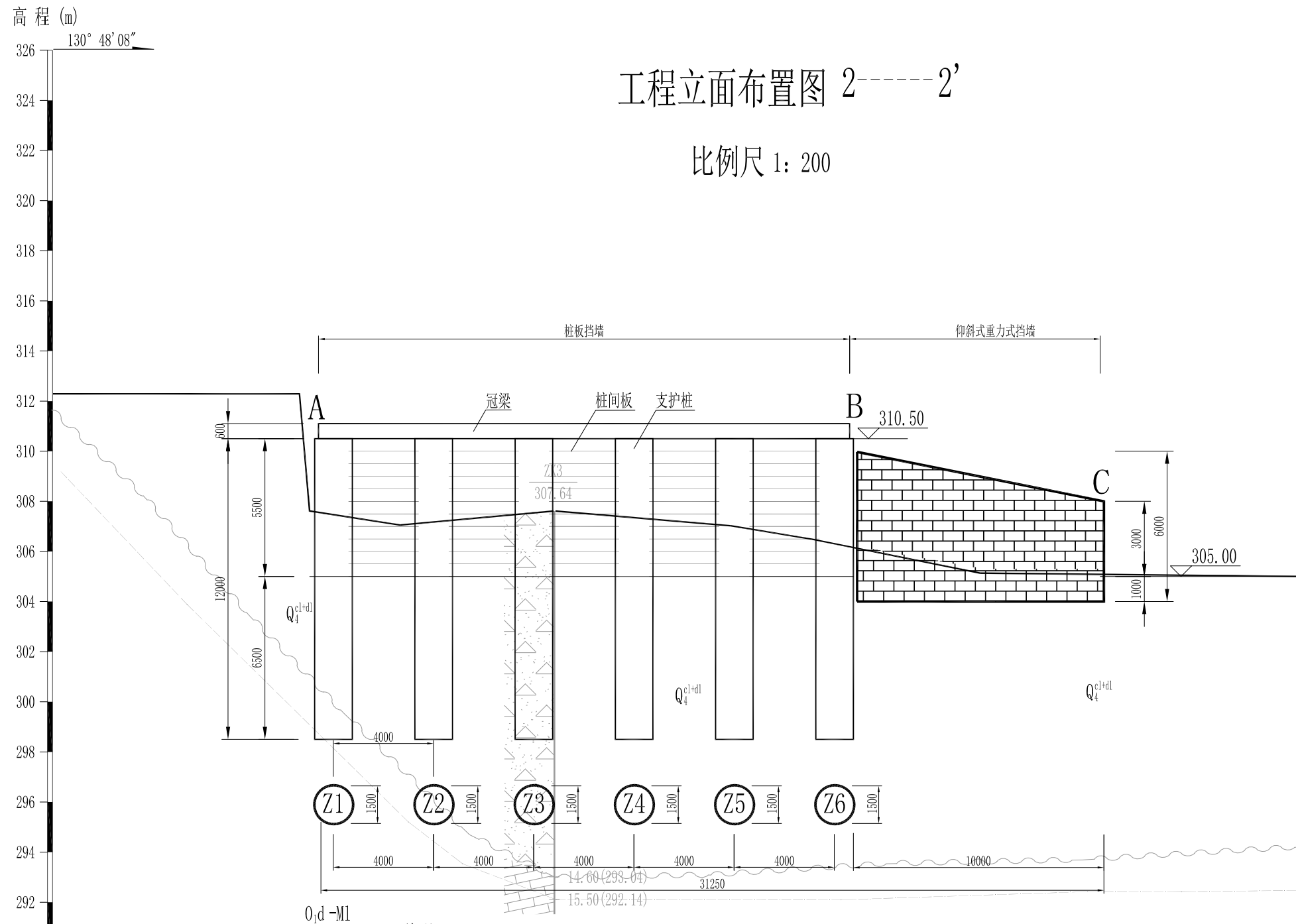
支护桩中心坐标一览表

| 桩号 | X           | Y          | Z     | 备注 |
|----|-------------|------------|-------|----|
| Z1 | 3252613.235 | 507913.873 | 310.5 |    |
| Z2 | 3252610.566 | 507916.915 | 310.5 |    |
| Z3 | 3252607.958 | 507919.956 | 310.5 |    |
| Z4 | 3252605.363 | 507922.967 | 310.5 |    |
| Z5 | 3252602.749 | 507925.995 | 310.5 |    |
| Z6 | 3252600.135 | 507929.022 | 310.5 |    |

- 说明:
- 1、图中高程单位为米(m)，其它标注尺寸单位为毫米(mm)。
  - 2、AB段边坡采用桩板挡墙、BC段边坡采用仰斜式重力式挡墙支挡。
  - 3、AB段支护桩编号Z1-Z6，桩径为1500mm，桩长12000，桩间距4000mm；冠梁截面为1000mm×600mm；挡土板厚250mm；BC段边坡采用仰斜式重力式挡墙高度4000-6000mm。
  - 4、支护桩、桩间挡土板、冠梁采用C30混凝土浇筑，重力式挡墙采用C20混凝土浇筑。
  - 5、桩间板泄水孔采用φ100PVC管按2000×2000mm两列布置；
  - 6、对中部损坏排水沟进行改道，排水沟采用M10浆砌片石砌筑，厚度300mm，内部断面400×400mm。
  - 7、冠梁、挡土板中部(Z3和Z4支护桩之间)设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
  - 8、其他未尽事宜按相关规范执行。

# 工程立面布置图 2-----2'

比例尺 1: 200



**说明:**

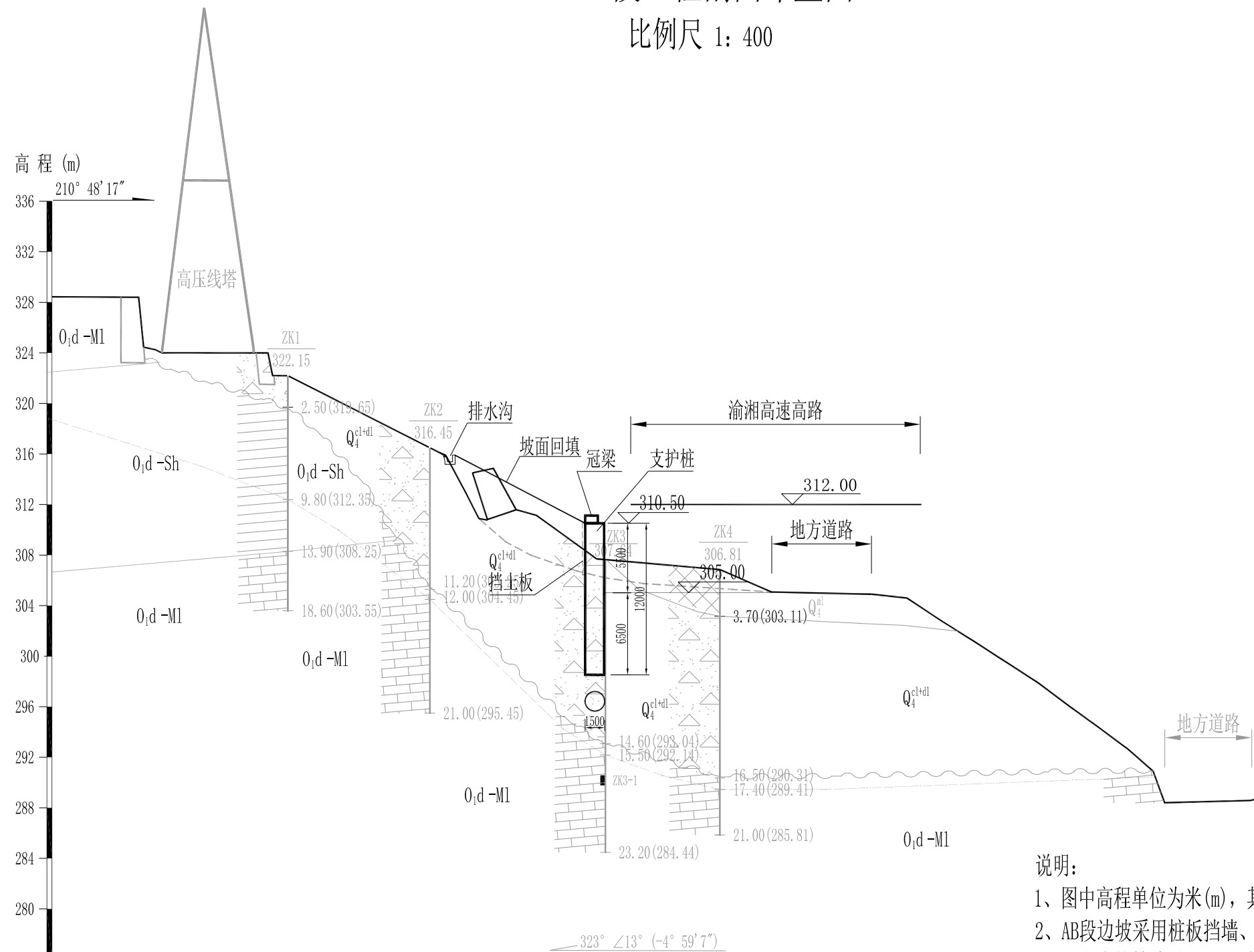
- 1、图中高程单位为米(m)，其它标注尺寸单位为毫米(mm)。
- 2、AB段边坡采用桩板挡墙、BC段边坡采用仰斜式重力式挡墙支挡。
- 3、AB段支护桩编号Z1-Z6，桩径为1500mm，桩长12000，桩间距4000mm；  
冠梁截面为1000mm×600mm；挡土板厚250mm；BC段边坡采用仰斜式重力式挡墙高度4000-6000mm。
- 4、支护桩、桩间挡土板、冠梁采用C30混凝土浇筑，重力式挡墙采用C20混凝土浇筑。
- 5、桩间板泄水孔采用Φ100PVC管按2000×2000mm两列布置；
- 6、对中部损坏排水沟进行改道，排水沟采用M10浆砌片石砌筑，厚度300mm，内部断面400×400mm。
- 7、冠梁、挡土板中部（Z3和Z4支护桩之间）设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 8、其他未尽事宜按相关规范执行。

|           |  |
|-----------|--|
| 钻孔间距 (m)  |  |
| 地下水埋深 (m) |  |

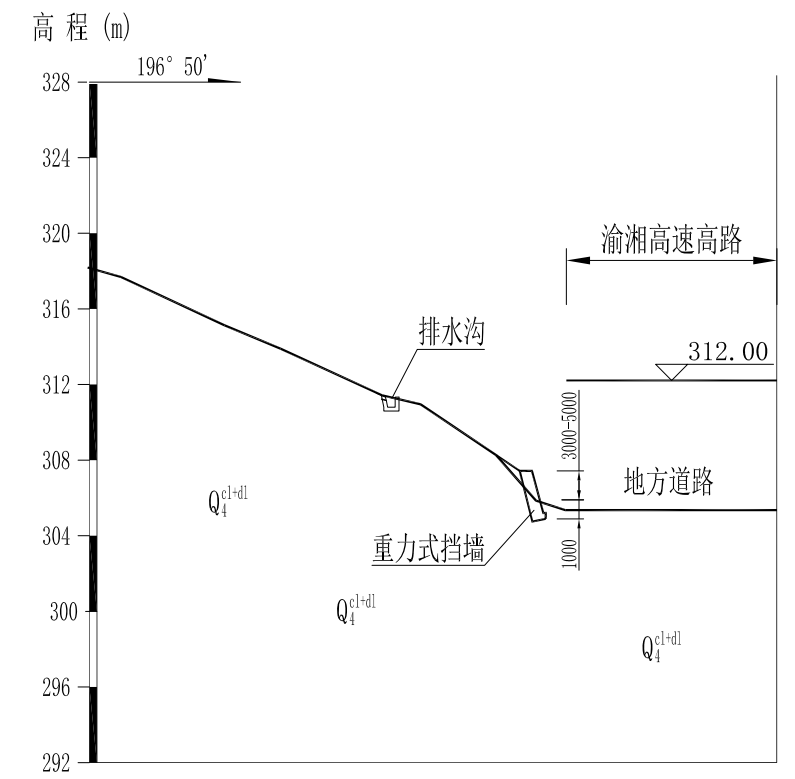


# AB段工程剖面布置图

比例尺 1:400



# BC段工程剖面布置图

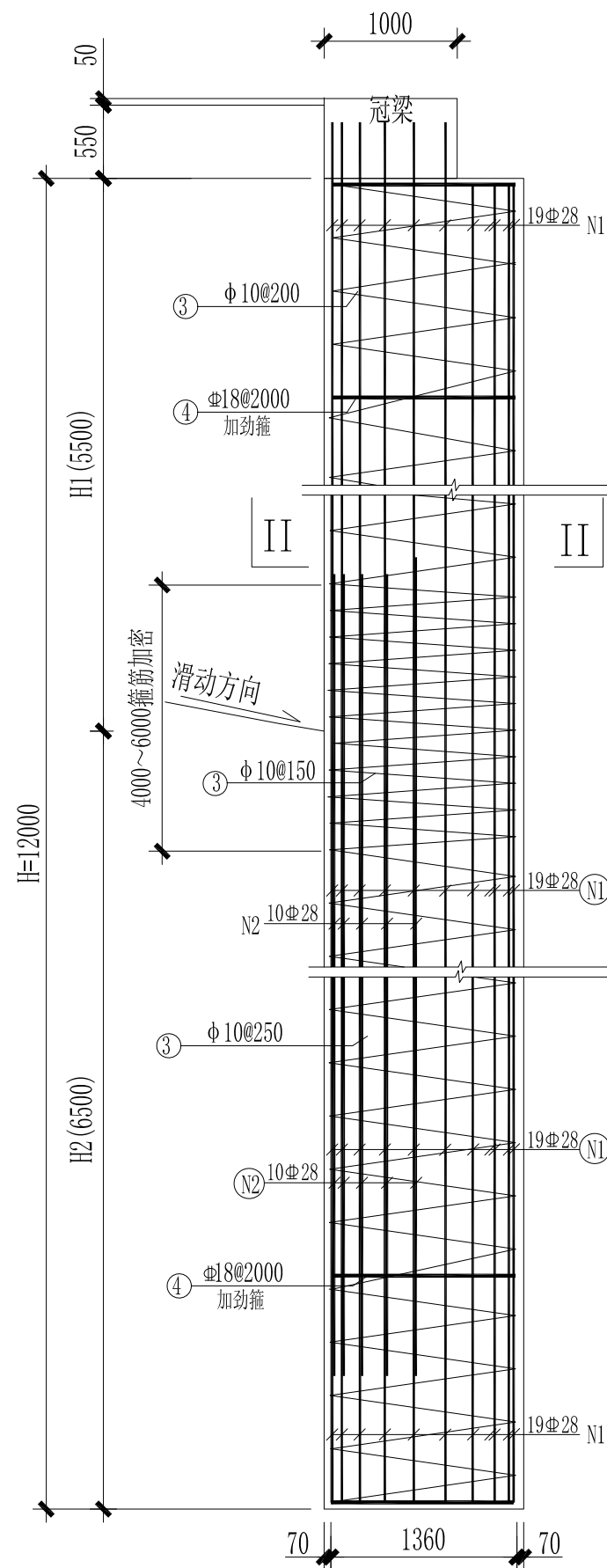


说明:

- 1、图中高程单位为米(m),其它标注尺寸单位为毫米(mm)。
- 2、AB段边坡采用桩板挡墙、BC段边坡采用仰斜式重力式挡墙支挡。
- 3、AB段支护桩编号Z1-Z6,桩径为1500mm,桩长12000,桩间距4000mm;冠梁截面为1000mm×600mm;挡土板厚250mm;BC段边坡采用仰斜式重力式挡墙高度4000-6000mm。
- 4、支护桩、桩间挡土板、冠梁采用C30混凝土浇筑,重力式挡墙采用C20混凝土浇筑。
- 5、桩间板泄水孔采用φ100PVC管按2000×2000mm两列布置;
- 6、对中部损坏排水沟进行改道,排水沟采用M10浆砌片石砌筑,厚度300mm,内部断面400×400mm。
- 7、冠梁、挡土板中部(Z3和Z4支护桩之间)设置一道伸缩缝,缝宽20mm,内填沥青玛蹄脂油膏。
- 8、其他未尽事宜按相关规范执行。

|           |  |       |       |      |  |
|-----------|--|-------|-------|------|--|
| 钻孔间距 (m)  |  | 11.25 | 13.88 | 9.05 |  |
| 地下水埋深 (m) |  |       |       |      |  |

|                |                         |         |    |  |    |  |    |         |
|----------------|-------------------------|---------|----|--|----|--|----|---------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 | 工程剖面布置图 | 设计 |  | 一审 |  | 图号 | NO.3-01 |
|                |                         |         | 复核 |  | 二审 |  | 日期 | 2021.10 |



型桩I-I剖面 1:50

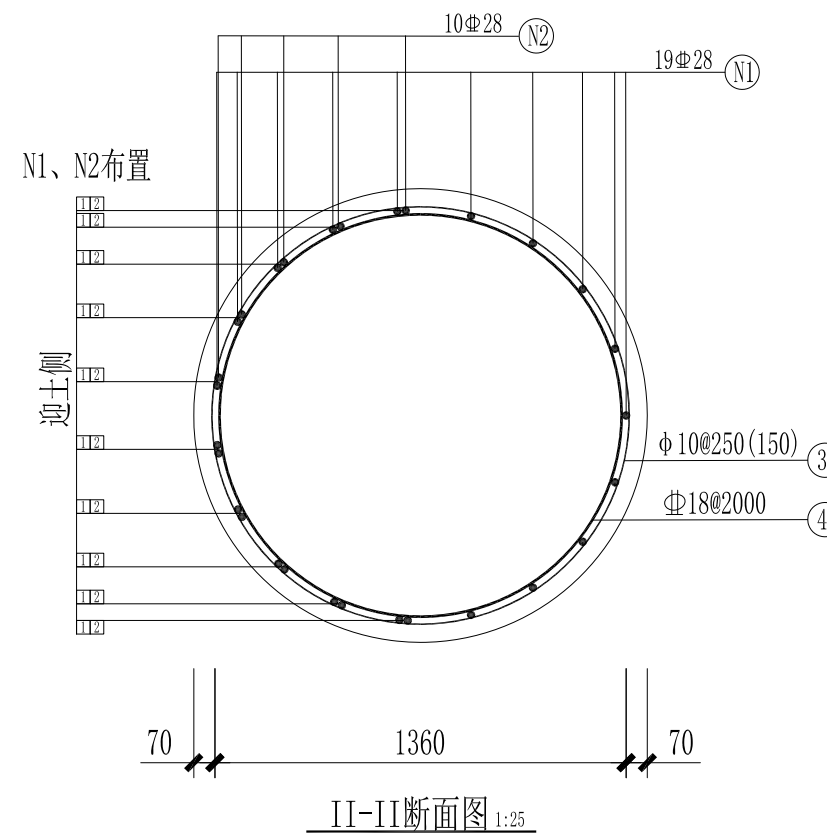
主筋①竖向分布图

N1 (19根)

N2 (10根)

L1=6000

2000

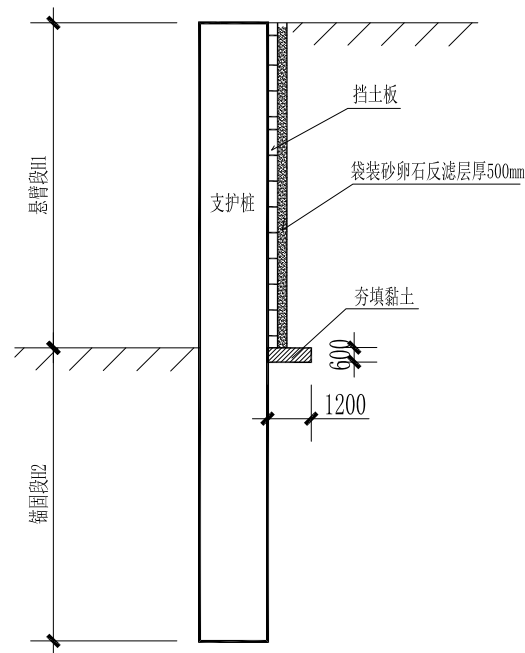


单根支护桩材料数量表

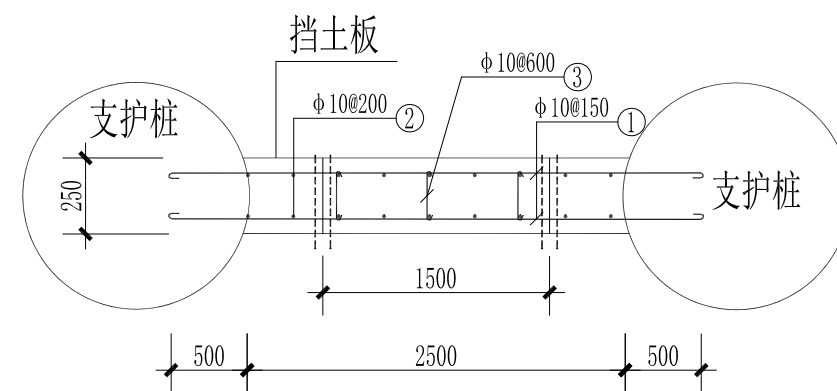
| 支护桩类型                          | 钢筋型号   | 编号 | 直径 (mm) | 长度 (m) | 根数 | 总长 (m) | 每米重 (kg) | 总重 (kg) | 合计 (kg) | 混凝土量 (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|--------|----|---------|--------|----|--------|----------|---------|---------|------------------------|
| 桩径 (m) : 1.50<br>桩长 (m) : 12.0 | HRB400 | 1  | 28      | 12.5   | 19 | 237.5  | 4.830    | 1147.1  | 1726.7  | 21.2                   |
|                                |        | 2  | 28      | 12.0   | 10 | 120.0  | 4.830    | 579.6   |         |                        |
|                                |        | 4  | 18      | 4.3    | 7  | 29.8   | 2.000    | 59.7    | 59.7    |                        |
|                                | HPB300 | 3  | 10      | 4.5    | 75 | 339.6  | 0.617    | 209.5   | 209.5   |                        |

说明:

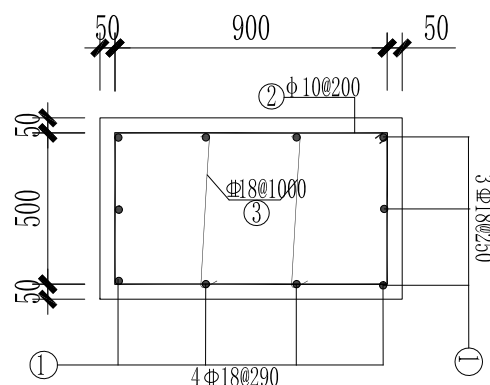
- 1、本图尺寸标注单位为毫米 (mm)。
- 2、桩径1500mm, 桩长12000mm。
- 3、桩身砼强度等级C30, 钢筋保护层厚度不小于70mm,
- 4、纵筋连接应满足规范要求。



桩板剖面示意图



板配筋和桩板连接示意图



冠梁结构图 1:25

每延米冠梁工程数量表

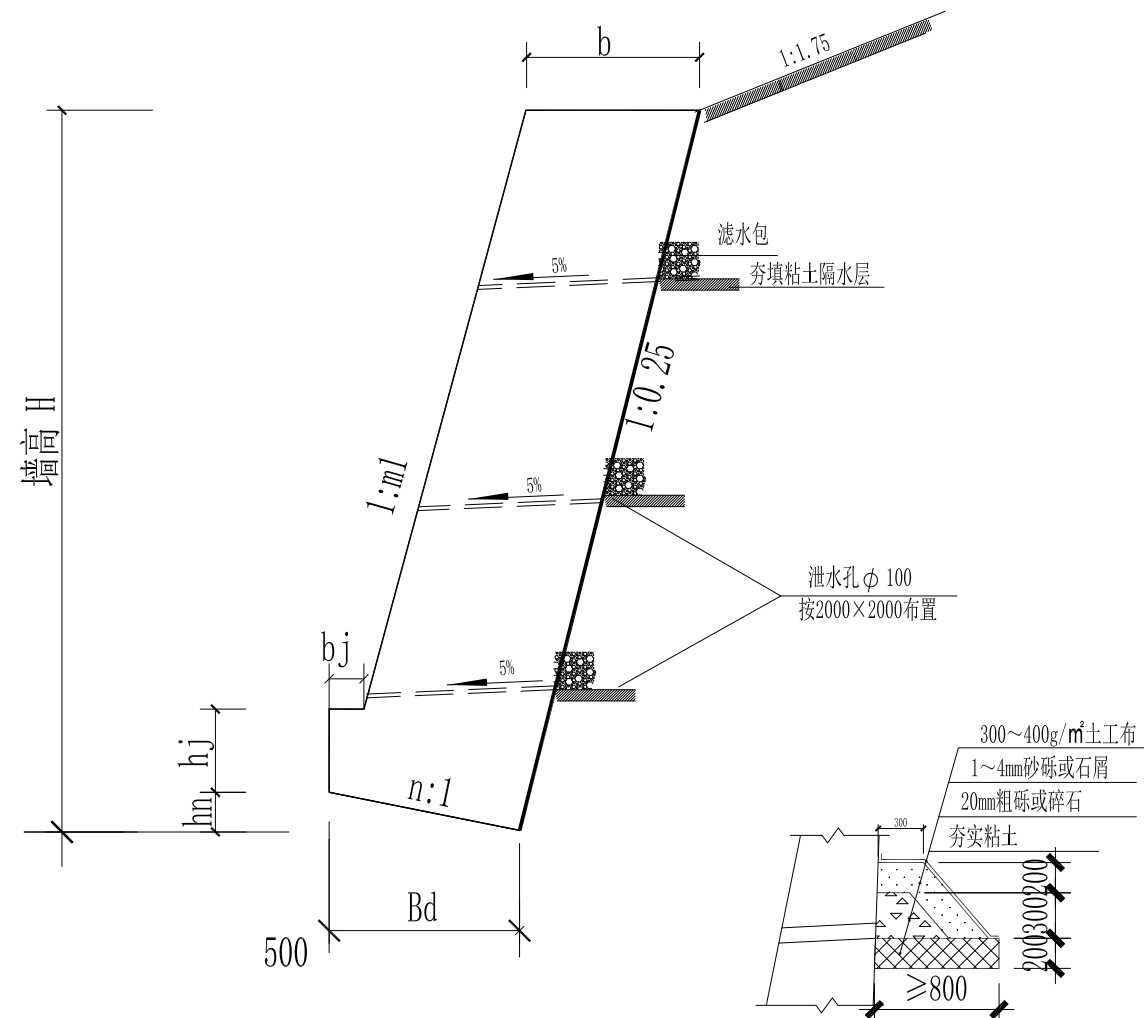
| 钢筋编号 | 钢筋型号   | 直径 (mm) | 根数 | 单根长 (m) | 总长 (m) | 单位重量 (kg/m) | 总重量 (kg) | 合计 (kg) | 混凝土 (m <sup>3</sup> ) |
|------|--------|---------|----|---------|--------|-------------|----------|---------|-----------------------|
| 1    | HRB400 | 18      | 10 | 1.00    | 10.0   | 2.00        | 20.0     | 22.8    | 0.60                  |
| 3    | HRB400 | 18      | 2  | 0.70    | 1.4    | 2.00        | 2.8      |         |                       |
| 2    | HPB300 | 10      | 5  | 3.00    | 15.0   | 0.617       | 9.3      | 9.3     |                       |

单块板 (2.5m × 1.0m) 工程数量表

| 钢筋编号 | 钢筋型号   | 直径 (mm) | 根数 | 单根长 (m) | 总长度 (m) | 单位重量 (kg/m) | 总重量 (kg) | 合计 (kg) | 混凝土 (m <sup>3</sup> ) |
|------|--------|---------|----|---------|---------|-------------|----------|---------|-----------------------|
| 1    | HPB300 | 10      | 14 | 3.50    | 49.0    | 0.617       | 30.2     | 48.3    | 0.625                 |
| 2    | HPB300 | 10      | 26 | 1.02    | 26.5    | 0.617       | 16.4     |         |                       |
| 3    | HPB300 | 10      | 7  | 0.39    | 2.7     | 0.617       | 1.7      |         |                       |

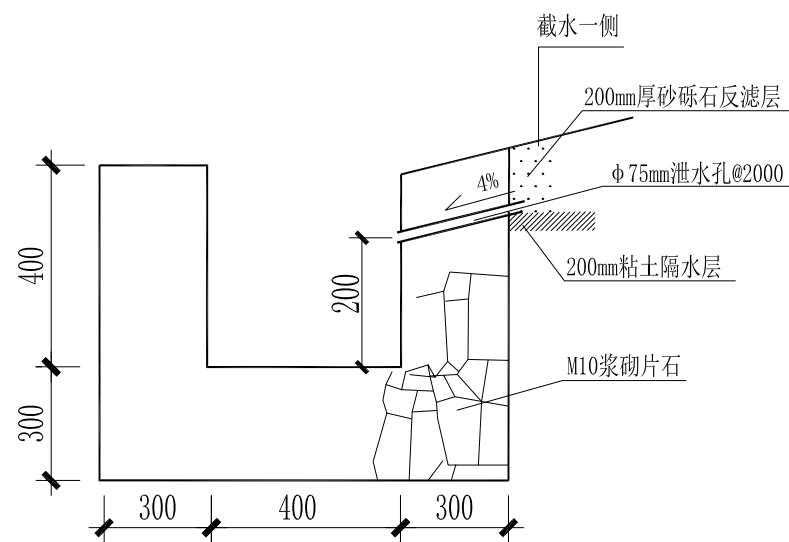
设计说明:

- 根据外侧临空高度设置桩间挡土板, 挡土板埋入土层不少于0.5m。
- 冠梁尺寸为600mm × 1000mm, 钢筋保护层厚度50mm, C30混凝土浇筑。  
桩间挡土板厚250mm, 采用双层钢筋网, 钢筋保护层厚度35mm, C30混凝土浇筑;  
施工支护桩时在支护桩侧壁预留桩间挡土板钢筋, 预埋(植筋)筋锚固长度500mm。
- 挡土板在相邻支护桩施工完成后方可进行施工。
- 挡土板与预留筋双面焊接联接, 挖孔护壁与原桩护壁钢筋绑扎联接。
- 挡土板设置泄水孔, 水平和竖向间距均为1.5m, 泄水孔直径100mm, PVC管预埋。挡土板泄水孔后采用土工布包粗砾砂作为滤水层, 沙包直径不小于500mm。
- 冠梁、挡土板中部 (Z3和Z4支护桩之间) 设置一道伸缩缝, 缝宽20mm, 内填沥青玛蹄脂油膏。
- 挡土板施工完成后, 应对墙后进行回填夯实, 应采用粗砂土回填, 采用粘性土回填时, 在泄水孔位置填厚度不小于500mm的中粗砂土。



仰斜式重力式挡墙结构图

反滤包大样图结构图



排水沟结构图

说明:

- 1、单位为mm。
- 2、挡墙墙形高度增加，其墙顶宽、面坡倾斜坡度、背坡倾斜坡度、扩展墙址台阶尺寸和墙底倾斜坡率不变。
- 3、重力式挡土墙及基础采用C20混凝土浇筑，排水沟采用M10浆砌片石砌筑；墙后填土采用碎石土，并分层夯实。
- 4、挡墙、排水沟每10~25m设伸缩缝，伸缩缝宜设于台阶相邻处，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 5、重力式挡墙选择基岩或碎石土作基础持力层，挡墙埋置深度不小于1000mm，当持力层为土层，承载力不能满足设计要求时应对待持力层进行换填或采用台阶式基础。
- 6、基底纵向坡度不宜大于5%，应在纵向将基础做成台阶式；
- 7、沟槽挖好后，进行人工平整夯实，再砌筑水沟；
- 8、排水沟位置可根据地形作适当调整，表面砂浆抹面；
- 9、墙后回填应待砂浆强度达到80%以上后方可进行，填料应满足设计要求，回填应逐层填筑，分层夯实。

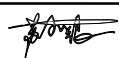
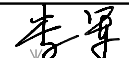
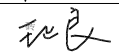
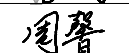
路堑墙截面尺寸及参数表

填料内摩擦角  $\phi = 35^\circ$ ，基底摩擦系数  $\mu = 0.3$

| 选用号  | YQ2  | YQ2.5 | YQ3  | YQ3.5 | YQ4  | YQ4.5 | YQ5  | YQ5.5 | YQ6  |
|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| 墙高H  | 2000 | 2500  | 3000 | 3500  | 4000 | 4500  | 5000 | 5500  | 6000 |
| 截面尺寸 | hj   | 400   | 450  | 450   | 500  | 500   | 550  | 550   | 600  |
|      | hn   | 120   | 146  | 172   | 198  | 224   | 248  | 298   | 326  |
|      | b    | 460   | 587  | 713   | 840  | 966   | 1082 | 1335  | 1472 |
|      | bj   | 170   | 180  | 190   | 200  | 210   | 220  | 230   | 240  |
|      | Bd   | 600   | 730  | 860   | 990  | 1120  | 1240 | 1490  | 1630 |
|      | m1   | 0.25  | 0.25 | 0.25  | 0.25 | 0.25  | 0.25 | 0.25  | 0.25 |
| 主要参数 | n    | 0.20  | 0.20 | 0.20  | 0.20 | 0.20  | 0.20 | 0.20  | 0.20 |
|      | P1   | 44    | 59   | 74    | 90   | 105   | 124  | 136   | 152  |
|      | P2   | 37    | 45   | 53    | 61   | 68    | 73   | 87    | 95   |
| V    | 0.97 | 1.52  | 2.18 | 2.97  | 3.88 | 4.88  | 6.63 | 8.04  | 9.56 |

## 工程数量表

| 项目    | HRB400 $\phi$ 25钢筋 | HRB400 $\phi$ 18钢筋 | HPB300 $\phi$ 10钢筋 | $\Phi$ 1.5m钻孔深度 | 挖土方（碎石土）  | （墙后）回填土方  | M10浆砌片石   | C30混凝土    | C20混凝土    |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | (kg)               | (kg)               | (kg)               | m               | ( $m^3$ ) | ( $m^3$ ) | ( $m^3$ ) | ( $m^3$ ) | ( $m^3$ ) |
| 支护桩   | 10360              | 358                | 1257               | 72.0            |           |           |           | 127.2     |           |
| 挡土板   |                    |                    | 1449               |                 | 62.5      | 381.6     |           | 18.8      |           |
| 冠梁    |                    | 483                | 197                |                 |           |           |           | 12.7      |           |
| 重力式挡墙 |                    |                    |                    |                 | 21.0      | 100.0     |           |           | 66.3      |
| 修复排水沟 |                    |                    |                    |                 | 42.0      | 12.6      | 22.7      |           |           |
| 合计    | 10360              | 842                | 2903               | 72.0            | 125.5     | 481.6     | 22.7      | 158.7     | 66.3      |

|                |                         |       |    |                                                                                       |    |                                                                                       |    |          |
|----------------|-------------------------|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 | 工程数量表 | 设计 |  | 一审 |  | 图号 | NO. 5-01 |
|                |                         |       | 复核 |  | 二审 |  | 日期 | 2021.10  |

G65 高速公路 K1761+300 处边坡垮塌工程

# 地质勘察报告

中铁长江交通设计集团有限公司

二〇二一年九月 重庆

# 目 录

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1、前言 .....                  | 1 |
| 1.1 工程概况 .....              | 1 |
| 1.2 任务 .....                | 1 |
| 1.3 勘察工作依据 .....            | 1 |
| 1.4 勘察工作情况 .....            | 1 |
| 1.5 勘察工作质量评述 .....          | 1 |
| 2、自然地理概况 .....              | 2 |
| 2.1 地理位置及交通条件 .....         | 2 |
| 2.2 气象与水文 .....             | 2 |
| 3、工程地质条件 .....              | 3 |
| 3.1 地形地貌 .....              | 3 |
| 3.2 地层岩性 .....              | 3 |
| 3.3 地质构造和地震 .....           | 3 |
| 3.4 水文地质条件 .....            | 3 |
| 3.5 环境水、土腐蚀性 .....          | 4 |
| 3.6 不良地质作用 .....            | 4 |
| 3.7 特殊性岩土 .....             | 4 |
| 4、岩土体工程地质特征 .....           | 4 |
| 4.1 主要土体工程地质特征及力学指标 .....   | 4 |
| 4.2 岩体工程地质类型特征及物理力学特征 ..... | 4 |
| 4.3 岩土参数建议 .....            | 4 |
| 5、边坡垮塌成因和发展趋势 .....         | 5 |
| 5.1 边坡垮塌成因 .....            | 5 |
| 5.2 垮塌发展趋势 .....            | 6 |
| 6、结论 .....                  | 6 |

|            |   |
|------------|---|
| 7、建议 ..... | 6 |
|------------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| 7.1 边坡垮塌治理建议 ..... | 6 |
|--------------------|---|

|                |   |
|----------------|---|
| 7.2 其他建议 ..... | 6 |
|----------------|---|

## 附图：

- 1、图例
- 2、工程地质平面图
- 3、工程地质剖面图
- 4、钻孔柱状图

## 附件：

岩石抗压试验报告

## 1、前言

### 1.1 工程概况

受强降雨影响,2021年8月13日G65高速公路K1761+300处右边外侧挡墙失效和边坡垮塌。垮塌边坡长约20m,高约9.0m,厚度3-5m,体积约940m<sup>3</sup>。边坡垮塌威胁高速公路、下方乡村道路和边坡上部高压线塔安全。故我公司受高速集团东南运营分公司委托查明边坡垮塌原因、建议治理方案和提供设计参数。



图 1.1-1 垮塌边坡及上部高压线塔照片



图 1.1-2 边坡垮塌土方冲积村道照片

### 1.2 任务

- (1) 搜集拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料;
- (2) 测量工程场地范围的地形图;
- (3) 查明场地地形地貌、地层岩性、地质构造等工程地质条件;
- (4) 查明地下水的埋藏条件,提供地下水水及其变化幅度;
- (5) 查明边坡垮塌范围和规模,分析边坡垮塌产生原因和发展趋势;
- (6) 提供边坡治理建议和设计参数;

### 1.3 勘察工作依据

- (1) 《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011);
- (2) 《公路路基设计规范》(JTGD30-2015);
- (3) 《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018;
- (4) 《地质灾害防治工程设计标准》DB55029-2019;
- (5) 《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013;

### 1.4 勘察工作情况

本次勘察于2021年8月18日现场踏勘,8月19日至8月21日测绘地形图,9月5日至9月12日进行勘察外业调查和钻探。同步交叉进行内业资料整理、图纸绘制及治理方案设计工作,本次勘察投入2台XY-150液压钻机全孔取芯钻进。

表 1.4-1 勘察工作量一览表

| 测量                              |              | 工程地质测绘<br>(km <sup>2</sup> ) | 钻探<br>本次钻孔<br>(m/个) | 高密度<br>电法测试<br>(m/条) | 取样        |           |           |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| 地形图 1:500<br>(km <sup>2</sup> ) | 剖面图<br>(m/条) |                              |                     |                      | 岩样<br>(组) | 土样<br>(组) | 水样<br>(组) |
| 0.03                            | 145/2        | 0.3                          | 83.8/4              | /                    | 2         | /         | /         |

### 1.5 勘察工作质量评述

我公司接受勘察任务以后,工程人员在充分收集已有资料的基础上,对拟建工程场区进行踏勘,按规范编制了勘察方案。勘察方法运用地面工程地质测绘、钻探与室内测试等多种手段同时进行。勘察中坚持ISO9001质量保证体系的各项要素,对勘测全过程实行动态管理,加强事前指



导，中间检查，成果验收的三环节控制，杜绝不合格资料产生。

#### (1) 工程地质测绘

工程地质调查和测绘使用比例 1:500 的地形图观测定点，重点观察记录地形地貌及地质构造，各岩土层的分布及工程地质特征，有无不良地质现象及其形成条件、规模、性质及发展情况等。成图后点位精度误差小于 3mm，符合规范要求。

#### (2) 钻孔测量

勘察测量系统采用重庆市独立坐标、1956 黄海高程系，工程钻孔采用 GPS 移动站 RTK 实测，测放精度满足规范要求。钻探前逐孔核实孔位处地下管线等设施情况，确保施工安全。

#### (3) 钻探及取样质量

勘探线、点间距、钻孔深度以及测试样品的采集位置和数量均符合规范要求。钻探全部采用岩芯管清水回旋全取芯钻进工艺作业，钻探中人工填土岩芯采取率大于 65%，强风化层岩芯采取率不低于 65%，中风化层不低于 90%。采样数量严格按勘察大纲要求执行，岩样采用岩芯取样，取样岩芯管直径不小于 91mm。钻探及取样质量符合《建筑工程地质勘探与取样技术规程》(JGJ/T 87-2012) 要求。

#### (4) 水文地质

(5) 全部钻孔按要求进行了孔内水位的观测工作，钻探结束后抽排循环水并观测水位变化和流量的变化情况。抽水试验严格按照相关规范规程执行。

(6) 勘察工作严格按照勘察方案和现行规范组织实施，勘察方案制定的工作内容、勘察目的均得到落实和完成，勘察重点突出，查明了场地的工程地质和水文地质条件。

## 2、自然地理概况

### 2.1 地理位置及交通条件

场地位于重庆市彭水县高谷镇，距离高谷镇政府约 1.0km，包茂高速彭水服务区东南 1.2km。



图 2.1-1 场地位置示意图

### 2.2 气象与水文

彭水属中亚热带湿润季风气候区，春来较早多夜雨，夏季炎热多伏旱，秋季凉爽多绵雨，冬无严寒少霜雪。无霜期长，具有典型的季风气候特征。多年平均气温 17.50℃，常年平均降雨量 1104.20 毫米，年均蒸发量 950.40 毫米，年均气压 978.60 百帕毫巴，无霜期 311 天。总的气候特点是：气候温和，雨量充沛多集中，光照偏少云雾多，早春季节，冷空气活动频繁，常有局部大风、冰雹；初夏常有连阴雨；盛夏多伏旱，常有酷暑；秋季多绵雨；冬季少雪无严寒，日平均气温都在 0℃ 以上。

场地未见河水、水库、水塘等地表水分布。场地南侧 200m 为乌江，场地高处乌江江面约 100m。



### (2)岩溶水

场地分布地层为石灰岩可溶岩地层，存在裸露型和隐伏型岩溶。裸露型岩溶接受降水补给，由地表岩溶漏斗、落水洞及岩溶溶隙进入地下，沿地下岩溶管道运输，排泄于当地最低侵蚀基准面一带，以峰丛、孤峰、残丘自成一个补迳排的完整水文地质体系—裸露型岩溶浅层循环系统。

岩溶水的补给主要是大气降雨补给，其次在某些地段有地表水的补给和地下水的越层补给。

岩溶水的径流，区内主要有两种方式：岩溶裂隙径流和岩溶管道径流。

勘察期间无降雨，钻孔终孔后利用简易提桶将钻孔内残留水提干，根据观测，钻孔水位恢复慢。地下水整体较贫乏。

### 3.5 环境水、土腐蚀性

环境地下水对混凝土结构和混凝土中钢筋具微腐蚀性。场地土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性，对钢结构具微腐蚀性。

### 3.6 不良地质作用

场地主要不良地质为本次边坡垮塌，场地范围未发现断层、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质现象，也未发现采空区、有害气体，埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞等对工程不利的埋藏物。

### 3.7 特殊性岩土

场地特殊性岩土为填土。填土为道路修建回填，厚度分布不均匀，粒径差异性较大，均匀性较差，结构中密，受塌陷影响，周边填土坍塌破坏，结构松散。

### 3.8 相邻重要建构筑物

#### (1) 水高南北铁路专线高压线塔

边坡上部高压线塔为 110KW 水高南北铁路专线，采用扩大基础，基础埋深 1.0-2.0m，现状未见变形迹象。

#### (2) G65 高速王家毛坡大桥

王家毛坡大桥位于边坡西南侧，路面高于地面 5.0-7.0m，边坡临近桥头，桥台采用扩大基础，桥墩采用桩基础，现场稳定，未见变形迹象。

## 4、岩土体工程地质特征

### 4.1 主要土体工程地质特征及力学指标

#### 4.1.1 素填土

主要由粘性土、页岩和灰岩碎块石组成，碎块粒径 2~50cm 不等，硬物质含量约为 65%，为修建道路回填，回填年限约 5 年。由于碎块石粒径较大，未能进行超重型动力触探实验，根据调查和钻进情况判断，素填土中密状。土石等级为 III 级。

#### 4.1.2 碎石土

主要由粘性土、页岩和灰岩碎块石组成，碎块粒径 2~100cm 不等，硬物质含量约为 60%，由于碎块石粒径较大，该层土分布场地上部。未能进行超重型动力触探实验，根据调查和钻进情况判断，上部 3m 范围内为稍密状，下部为中密状。土石等级为 III 级。

### 4.2 岩体工程地质类型特征及物理力学特征

本次勘察页岩和灰岩各取 1 组进行抗压试验，试验数据见表 4.2-1。

表 4.2-1 页岩、石灰岩抗压强度和抗剪强度物理力学统计表

| 取样编号  | 岩性            | 抗压强度 (MPa) |      |      |      | 软化系数 |
|-------|---------------|------------|------|------|------|------|
|       |               | 天然         | 平均值  | 饱和   | 平均   |      |
| ZK2-1 | 页岩<br>(块体点荷载) | 3.71       | 4.2  | 1.56 | 1.7  | 0.41 |
|       |               | 4.6        |      | 1.85 |      |      |
| ZK3-1 | 石灰岩           | 88.5       | 93.0 | 60.2 | 65.4 | 0.70 |
|       |               | 100.2      |      | 72.1 |      |      |
|       |               | 90.3       |      | 63.8 |      |      |

### 4.3 岩土参数建议

根据室内试验资料、现场原位测试成果及构筑物结构物征和岩土体结构特征，相近地区经验综合确定岩土体的地基承载力。

土体各地质层地基承载力根据土体结构、分布特征、形成原因及相近地区经验综合确定。

岩石地基承载力承载力（特征）设计值主要参照岩块单轴抗压强度指标取值，结合岩体结构特征、风化程度、分布环境及节理裂隙发育情况综合确定。

表 4.3-1 岩土参数建议值一览表

| 指标                                   | 素填土   | 碎石土  | 中风化基岩 |      |
|--------------------------------------|-------|------|-------|------|
|                                      |       |      | 页岩    | 灰岩   |
| 天然重度 $\gamma_0$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 22.0* | 22.0 | 24.0  | 26.0 |
| 天然抗压强度标准值 $f_{rk}$ (MPa)             |       |      | 4.20  | 93.0 |

| 指标<br>岩性                         | 素填土                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 碎石土                | 中风化基岩        |               |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------------|
|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    | 页岩           | 灰岩            |
| 饱和抗压强度标准值<br>$f_{rk}$ (MPa)      |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    | 1.70         | 65.4          |
| 承载力特征值 $f_a$ (kPa)               | 120*                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 160*               | 250          | 3000          |
| 岩土体内摩擦角 $\Phi$<br>( $^{\circ}$ ) | 28*(天然)<br>25*(饱和)                                                                                                                                                                                                                                                                        | 28*(天然)<br>25*(饱和) | 30*          | 40*           |
| 岩土体粘聚力<br>$C$ (kPa)              | 5*(天然)<br>3*(饱和)                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5*(天然)<br>3*(饱和)   | 150*         | 700*          |
| 地基系数(水平方向)                       | $m=10MN/m^4$                                                                                                                                                                                                                                                                              | $m=10MN/m^4$       | $k=40MN/m^3$ | $k=720MN/m^3$ |
| 基底摩擦系数 $\mu$                     | 0.30                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.30               | 0.30         | 0.50          |
| 放坡坡率                             | 1:1.50                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1:1.50             | 1:1.25       | 1:0.50        |
| 说明                               | 1、带*号为经验值；<br>2、承载力（特征）设计值强风化页岩取160kPa，强风化石灰岩取500kPa；<br>强风化岩体桩基侧摩阻力标准值：页岩取100 kPa、石灰岩取200kPa。<br>3、根据经验岩土界面抗剪参数：天然 $c=5kPa$ ， $\phi=28^{\circ}$ ，暴雨 $c=3kPa$ ， $\phi=25^{\circ}$ 。<br>4、根据经验和垮塌边坡反算，碎石土中已滑动滑面抗剪参数：天然 $c=4kPa$ ， $\phi=24^{\circ}$ ，<br>暴雨 $c=2kPa$ ， $\phi=21^{\circ}$ 。 |                    |              |               |

## 5、边坡垮塌特征、成因和发展趋势

### 5.1 边坡垮塌特征及稳定性

垮塌边坡长约 20m，高约 9.0m，厚度 3-5m，体积约 940m<sup>3</sup>。挡墙后侧裂缝距离高速边缘外侧 14m，距离北侧高压线塔 14.0m。拉裂缝较陡倾，倾角约 70°，上部宽约 1.3m，下部宽约 0.25m，深约 3.2m。原排水沟位于后缘裂缝附近，排水沟内径约 400mm×400mm，采用 25cm 的浆砌片石砌筑，边坡垮塌后，排水沟损害约 13.0m。滑动的土体堆积在下部坡脚，暂未清理，经现场调查和稳定性验算（附表 1），天然工况下边坡整体为基本稳定，暴雨工况下边坡整体为欠稳定。

表 5.1-1 边坡稳定性验算结果一览表

| 工况 | 稳定系数 | 安全系数 | 稳定状态 | 剩余下滑力(KN) | 备注 |
|----|------|------|------|-----------|----|
| 天然 | 1.29 | 1.30 | 基本稳定 | 3.9       |    |
| 暴雨 | 1.04 | 1.20 | 欠稳定  | 100.0     |    |

### 5.2 边坡垮塌成因

边坡垮塌成因是由降雨、地形地貌，地层岩性和原挡墙基础差共同作用的结果。

(1) 今年 5-8 月场地所在区域暴雨频发，坡顶排水沟开裂，降雨时远处汇集的水通过排水沟裂缝渗漏至挡墙后侧裂缝和持力层下部土层，在坡后缘形成水压力，并软化了了基础持力层，造

成边坡和挡墙的变形破坏，致使挡墙和排水沟全部失效，排水沟汇水灌入边坡，冲毁边坡坡体土层至下面乡村道路上，阻碍交通。

(2) 场地位于斜坡地带，坡度较陡（最大约 38°），边坡坡体主要为碎块石和破碎的强风化层，边坡易在暴雨等不利工况下垮塌。

(3) 原挡墙基础持力层为碎块石土层，基础未设置在坡脚，而在斜坡中部，且持力层外侧未进行防护处治，在降水汇水软化作用和挡墙加载下，下部碎块石持力层易向临空面一侧变形破坏，引起挡墙倾斜和挡墙后侧边坡垮塌，现挡墙北侧与后面岩土体形成一道宽约 0.5-1.3m 裂缝。



图 4.1-1 失稳挡墙和基础持力层（临空的碎石土）照片



图 4.1-2 坡顶垮塌后缘和排水沟下沉照片

综上所述，本次边坡垮塌主要挡墙基础持力层外侧临空碎块石土层，暴雨汇水作用下和挡墙加载下，下部碎块石持力层易向临空面一侧变形破坏，而且上部损坏的排水沟把降雨汇水全部引渗到边坡坡体中，加剧挡墙持力层软化，进而挡墙失稳失效，后侧边坡坡体垮塌。

垮塌边坡东侧存在长 10.0m，高约 3.0-5.0m 土质边坡，边坡坡度较陡，局部常发生垮塌。



图 4.1-3 临近东侧边坡局部垮塌照片

## 5.2 垮塌发展趋势

现在失稳挡墙倾倒在坡体中部，且后缘存在大裂缝。边坡暴雨工况下处于欠稳定状态，在降雨时随着雨水汇集流入后侧裂缝和下渗到坡体，边坡将继续垮塌，垮塌范围将后延，威胁上方高压线塔基础稳定性，垮塌土体将堆积在下方乡村道路和高速路桥墩处，阻断乡村道路通行和高速桥墩安全。

## 6、结论

本次勘察采用工程地质测绘、钻探、室内测试等多种勘察方法。查明了本次边坡垮塌主要挡墙基础持力层外侧临空碎块石土层，暴雨汇水作用下和挡墙加载下，下部碎块石持力层易向临空面一侧变形破坏，而且上部损坏的排水沟把降雨汇水全部引渗到边坡坡体中，加剧挡墙持力层软化，进而挡墙失稳失效，后侧边坡坡体垮塌。边坡处于欠稳定状态，在降雨时随着雨水汇集流入后侧裂缝和下渗到坡体，边坡将继续垮塌，垮塌范围将后延，威胁上方高压线塔稳定性，垮塌土体将堆积在下方乡村道路和高速路桥墩处，阻断乡村道路通行和高速桥墩安全。

## 7、建议

### 7.1 边坡垮塌治理建议

根据场地地形、地层、已建构筑物位置和施工条件，建议边坡垮塌治理方案：

(1) 坡体稳定性差，为了保证上部高压线塔的安全，坡脚不宜大开挖，建议在坡脚采用桩板挡墙对该段边坡进行支挡。

(2) 垮塌边坡东侧存在长 10.0m，高约 3.0-5.0m 土质边坡，边坡坡度较陡，局部长发生垮塌，建议采用重力式挡墙进行支挡。

修复损坏的排水沟，使降雨汇水及时排除场地外侧。

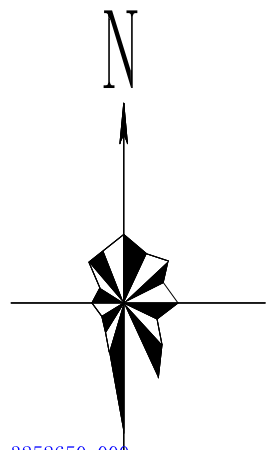
### 7.2 其他建议

(1) 治理施工期间应做好上部损坏排水沟临时排水措施。

(2) 加强边坡沉降变形监测，采用信息法施工。

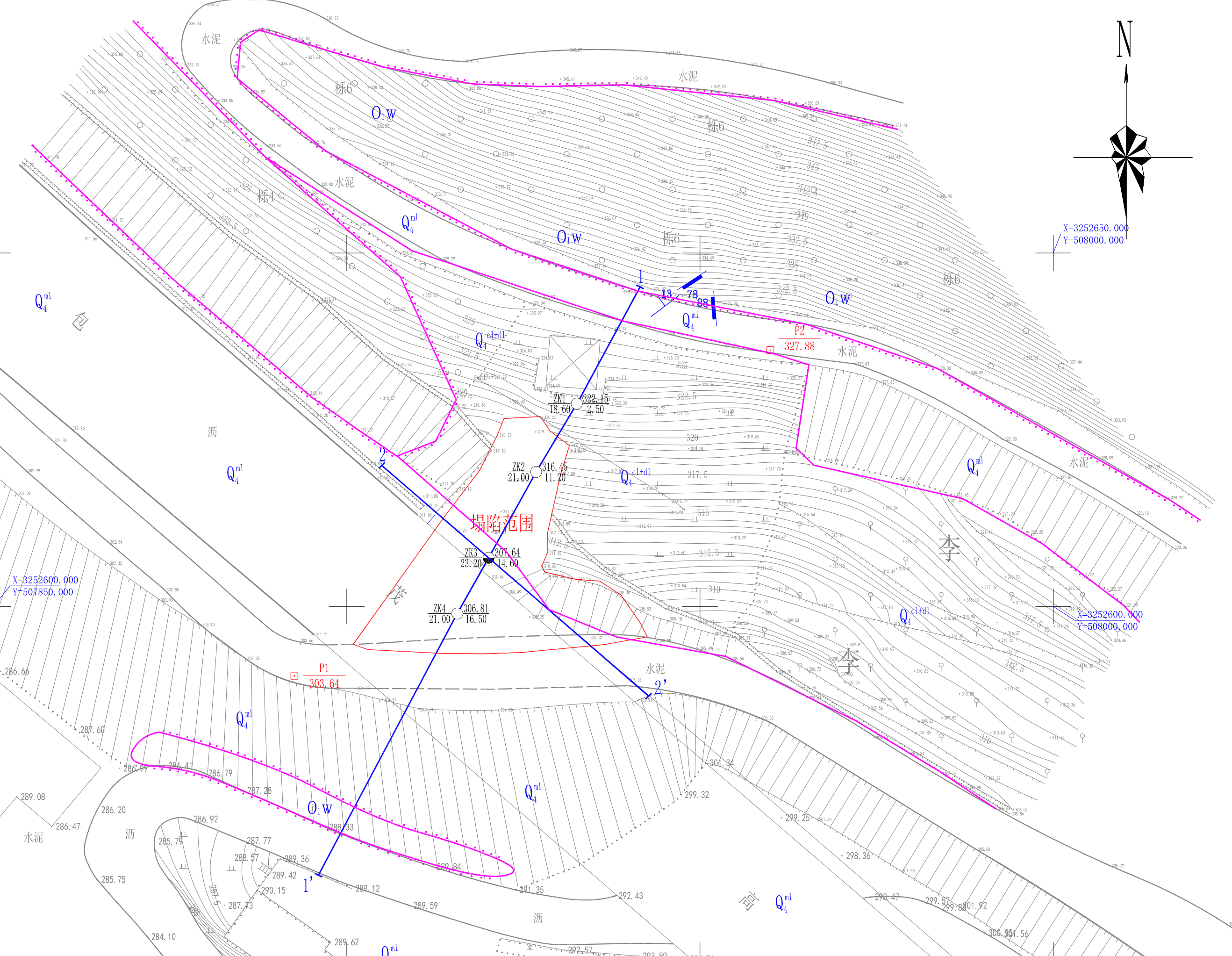
附表 1: 边坡稳定性验算表

| <p>计算简图</p>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>计算参数:</p> <p>(1) 计算重度: 天然重度取 21kN/m<sup>3</sup>, 饱和重度取 22kN/m<sup>3</sup>。</p> <p>(2) 已滑动滑面抗剪参数: 天然 c=4kPa, φ=24°, 暴雨 c=2kPa, φ=20°。</p> <p>抗剪参数: 天然 c=5kPa, φ=28°, 暴雨 c=3kPa, φ=25°。</p> <p>(3) 计算安全系数天然工况取 1.3, 暴雨工况取 1.20。</p> | <p>计算公式:</p> <p>《公路路基设计规范》3.6.10 条:</p> $E_i = W_{\alpha_i} \sin \alpha_i - \frac{1}{F_s} [c_i l_i + W_{\alpha_i} \cos \alpha_i \tan \varphi_i] + E_{i-1} \psi_{i-1} \quad (3.6.10-1)$ $\psi_{i-1} = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \frac{\tan \varphi_{i-1}}{F_s} \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \quad (3.6.10-2)$ <p>式中: <math>W_{\alpha_i}</math>——第 i 个土条的重力与外加竖向荷载之和 (kN);<br/> <math>\alpha_i</math>——第 i 个土条底滑面的倾角 (°);<br/> <math>c_i, \varphi_i</math>——第 i 个土条底的黏聚力 (kPa) 和内摩擦角 (°);<br/> <math>l_i</math>——第 i 个土条底滑面的长度 (m);<br/> <math>\alpha_{i-1}</math>——第 i-1 个土条底滑面的倾角 (°);<br/> <math>E_{i-1}</math>——第 i-1 个土条传递给第 i 个土条的下剪力 (kN)。<br/>         用式 (3.6.10-1) 和式 (3.6.10-2) 逐条计算, 直到第 n 条的剩余推力为零, 由此确定稳定系数 <math>F_s</math>。</p> |     |                              |                               |                  |                   |                   |          |              |             |             |                |           |                              |                              |                                |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|--------------|-------------|-------------|----------------|-----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|--------------|-------------|---------------------|----------------|---------------|------|-----------|---------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|--|--|---|-----|------|-------|--|--|--|-----|------|---|----|--|-------|-------|------|--|-----|--|------|---|-----|------|--------|--|--|--|-----|------|---|----|------|--------|--------|-------|--|-----|------|-------|---|------|------|--------|--|--|--|-----|------|---|----|------|--------|--------|--------|--|-----|-------|--------|---|-----|------|--------|--|--|--|-----|------|---|----|------|-------|-------|--------|--|-----|-------|--------|---|------|------|--------|--|--|--|-----|------|---|----|------|--------|--------|--------|--|-----|-------|--------|---|-----|------|--------|--|--|--|-----|------|---|----|------|-------|-------|--------|--|-----|-------|--------|---|------|------|--------|--|--|--|-----|------|---|----|------|--------|-------|--------|--|-----|-------|--------|---|-----|------|--------|--|--|--|-----|-----|---|----|------|-------|-------|--------|--|-----|-------|--------|---|-----|------|--------|--|--|--|-----|-----|---|----|------|--------|-------|-------|--|-----|-------|--------|----|-----|------|-------|--|--|--|-----|-----|---|----|------|-------|------|------|------|-----|-------|--------|
| <p>工况 1<br/>(天然)</p> | <p>点击 稳定系数计算</p> <h3>折线滑面 (边坡规范 不平衡推力法) 边坡稳定系数计算表</h3> <p style="text-align: right;">稳定系数 = 1.29</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">条块号</th> <th rowspan="3">滑体体积 (m<sup>3</sup>)<br/>V1</th> <th rowspan="3">重度 (KN/m<sup>3</sup>)<br/>γ1</th> <th rowspan="3">滑体重量<br/>G (KN/m)</th> <th rowspan="3">地面荷载<br/>Gb (KN/m)</th> <th colspan="2">地震水平荷载 Q</th> <th colspan="4">滑面参数</th> <th rowspan="3">传递系数<br/>ψ</th> <th rowspan="3">抗滑力<br/>R<sub>i</sub> (KN/m)</th> <th rowspan="3">下滑力<br/>T<sub>i</sub> (KN/m)</th> <th rowspan="3">剩余下滑力<br/>P<sub>i</sub> (KN/m)</th> <th rowspan="3">稳定系数<br/>F<sub>s</sub></th> <th colspan="3">边坡、路基剩余下滑力 (C/Fst、tanφ/fst) 结果</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">地震水平系数</th> <th rowspan="2">地震力 Q (KN/m)</th> <th rowspan="2">长度<br/>L (m)</th> <th rowspan="2">倾角<br/>α (°)</th> <th rowspan="2">内聚力<br/>c (KPa)</th> <th rowspan="2">内摩擦角<br/>φ (°)</th> <th rowspan="2">安全系数</th> <th rowspan="2">传递系数<br/>ψ</th> <th rowspan="2">支护剩余下滑力<br/>P (KN/m)</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.1</td><td>21.0</td><td>22.78</td><td></td><td></td><td></td><td>1.2</td><td>33.7</td><td>5</td><td>28</td><td></td><td>16.31</td><td>12.64</td><td>0.02</td><td></td><td>1.3</td><td></td><td>0.09</td></tr> <tr><td>2</td><td>8.4</td><td>21.0</td><td>176.19</td><td></td><td></td><td></td><td>5.5</td><td>36.7</td><td>5</td><td>28</td><td>1.02</td><td>102.46</td><td>105.30</td><td>26.06</td><td></td><td>1.3</td><td>1.02</td><td>26.57</td></tr> <tr><td>3</td><td>26.0</td><td>21.0</td><td>546.64</td><td></td><td></td><td></td><td>9.9</td><td>34.8</td><td>5</td><td>28</td><td>0.99</td><td>288.22</td><td>311.98</td><td>114.72</td><td></td><td>1.3</td><td>0.986</td><td>116.46</td></tr> <tr><td>4</td><td>8.3</td><td>21.0</td><td>174.80</td><td></td><td></td><td></td><td>2.5</td><td>32.3</td><td>5</td><td>28</td><td>0.98</td><td>91.01</td><td>93.40</td><td>135.56</td><td></td><td>1.3</td><td>0.981</td><td>137.67</td></tr> <tr><td>5</td><td>15.2</td><td>21.0</td><td>319.39</td><td></td><td></td><td></td><td>4.0</td><td>30.2</td><td>4</td><td>24</td><td>0.99</td><td>139.10</td><td>160.66</td><td>186.83</td><td></td><td>1.3</td><td>0.987</td><td>189.51</td></tr> <tr><td>6</td><td>4.9</td><td>21.0</td><td>103.81</td><td></td><td></td><td></td><td>1.7</td><td>25.6</td><td>4</td><td>24</td><td>0.97</td><td>48.50</td><td>44.85</td><td>188.40</td><td></td><td>1.3</td><td>0.969</td><td>191.24</td></tr> <tr><td>7</td><td>11.7</td><td>21.0</td><td>244.67</td><td></td><td></td><td></td><td>5.0</td><td>18.5</td><td>4</td><td>24</td><td>0.95</td><td>123.42</td><td>77.64</td><td>161.11</td><td></td><td>1.3</td><td>0.950</td><td>164.37</td></tr> <tr><td>8</td><td>5.8</td><td>21.0</td><td>122.26</td><td></td><td></td><td></td><td>3.7</td><td>6.6</td><td>4</td><td>24</td><td>0.91</td><td>68.96</td><td>14.05</td><td>106.92</td><td></td><td>1.3</td><td>0.908</td><td>110.24</td></tr> <tr><td>9</td><td>9.5</td><td>21.0</td><td>198.86</td><td></td><td></td><td></td><td>6.1</td><td>3.7</td><td>4</td><td>24</td><td>0.98</td><td>112.60</td><td>12.83</td><td>30.65</td><td></td><td>1.3</td><td>0.981</td><td>34.40</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.1</td><td>21.0</td><td>64.68</td><td></td><td></td><td></td><td>4.1</td><td>3.8</td><td>4</td><td>24</td><td>1.00</td><td>45.19</td><td>4.29</td><td></td><td>1.29</td><td>1.3</td><td>1.001</td><td>3.94</td></tr> </tbody> </table>      |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 条块号 | 滑体体积 (m <sup>3</sup> )<br>V1 | 重度 (KN/m <sup>3</sup> )<br>γ1 | 滑体重量<br>G (KN/m) | 地面荷载<br>Gb (KN/m) | 地震水平荷载 Q          |          | 滑面参数         |             |             |                | 传递系数<br>ψ | 抗滑力<br>R <sub>i</sub> (KN/m) | 下滑力<br>T <sub>i</sub> (KN/m) | 剩余下滑力<br>P <sub>i</sub> (KN/m) | 稳定系数<br>F <sub>s</sub> | 边坡、路基剩余下滑力 (C/Fst、tanφ/fst) 结果 |                              |                              | 地震水平系数        | 地震力 Q (KN/m) | 长度<br>L (m) | 倾角<br>α (°)         | 内聚力<br>c (KPa) | 内摩擦角<br>φ (°) | 安全系数 | 传递系数<br>ψ | 支护剩余下滑力<br>P (KN/m) |                                |                        |                                |  |  | 1 | 1.1 | 21.0 | 22.78 |  |  |  | 1.2 | 33.7 | 5 | 28 |  | 16.31 | 12.64 | 0.02 |  | 1.3 |  | 0.09 | 2 | 8.4 | 21.0 | 176.19 |  |  |  | 5.5 | 36.7 | 5 | 28 | 1.02 | 102.46 | 105.30 | 26.06 |  | 1.3 | 1.02 | 26.57 | 3 | 26.0 | 21.0 | 546.64 |  |  |  | 9.9 | 34.8 | 5 | 28 | 0.99 | 288.22 | 311.98 | 114.72 |  | 1.3 | 0.986 | 116.46 | 4 | 8.3 | 21.0 | 174.80 |  |  |  | 2.5 | 32.3 | 5 | 28 | 0.98 | 91.01 | 93.40 | 135.56 |  | 1.3 | 0.981 | 137.67 | 5 | 15.2 | 21.0 | 319.39 |  |  |  | 4.0 | 30.2 | 4 | 24 | 0.99 | 139.10 | 160.66 | 186.83 |  | 1.3 | 0.987 | 189.51 | 6 | 4.9 | 21.0 | 103.81 |  |  |  | 1.7 | 25.6 | 4 | 24 | 0.97 | 48.50 | 44.85 | 188.40 |  | 1.3 | 0.969 | 191.24 | 7 | 11.7 | 21.0 | 244.67 |  |  |  | 5.0 | 18.5 | 4 | 24 | 0.95 | 123.42 | 77.64 | 161.11 |  | 1.3 | 0.950 | 164.37 | 8 | 5.8 | 21.0 | 122.26 |  |  |  | 3.7 | 6.6 | 4 | 24 | 0.91 | 68.96 | 14.05 | 106.92 |  | 1.3 | 0.908 | 110.24 | 9 | 9.5 | 21.0 | 198.86 |  |  |  | 6.1 | 3.7 | 4 | 24 | 0.98 | 112.60 | 12.83 | 30.65 |  | 1.3 | 0.981 | 34.40  | 10 | 3.1 | 21.0 | 64.68 |  |  |  | 4.1 | 3.8 | 4 | 24 | 1.00 | 45.19 | 4.29 |      | 1.29 | 1.3 | 1.001 | 3.94   |
| 条块号                  | 滑体体积 (m <sup>3</sup> )<br>V1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 重度 (KN/m <sup>3</sup> )<br>γ1                                                                                                                                                                                                        | 滑体重量<br>G (KN/m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |                              |                               |                  |                   | 地面荷载<br>Gb (KN/m) | 地震水平荷载 Q |              | 滑面参数        |             |                |           |                              |                              |                                |                        | 传递系数<br>ψ                      | 抗滑力<br>R <sub>i</sub> (KN/m) | 下滑力<br>T <sub>i</sub> (KN/m) |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     | 剩余下滑力<br>P <sub>i</sub> (KN/m) | 稳定系数<br>F <sub>s</sub> | 边坡、路基剩余下滑力 (C/Fst、tanφ/fst) 结果 |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                              |                               |                  |                   |                   | 地震水平系数   | 地震力 Q (KN/m) | 长度<br>L (m) | 倾角<br>α (°) | 内聚力<br>c (KPa) |           |                              |                              |                                |                        |                                |                              |                              | 内摩擦角<br>φ (°) | 安全系数         | 传递系数<br>ψ   | 支护剩余下滑力<br>P (KN/m) |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                              |                               |                  |                   |                   |          |              |             |             |                |           |                              |                              |                                |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 1                    | 1.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 22.78                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                              |                               | 1.2              | 33.7              | 5                 | 28       |              | 16.31       | 12.64       | 0.02           |           | 1.3                          |                              | 0.09                           |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 2                    | 8.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 176.19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 5.5              | 36.7              | 5                 | 28       | 1.02         | 102.46      | 105.30      | 26.06          |           | 1.3                          | 1.02                         | 26.57                          |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 3                    | 26.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 546.64                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 9.9              | 34.8              | 5                 | 28       | 0.99         | 288.22      | 311.98      | 114.72         |           | 1.3                          | 0.986                        | 116.46                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 4                    | 8.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 174.80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 2.5              | 32.3              | 5                 | 28       | 0.98         | 91.01       | 93.40       | 135.56         |           | 1.3                          | 0.981                        | 137.67                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 5                    | 15.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 319.39                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 4.0              | 30.2              | 4                 | 24       | 0.99         | 139.10      | 160.66      | 186.83         |           | 1.3                          | 0.987                        | 189.51                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 6                    | 4.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 103.81                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 1.7              | 25.6              | 4                 | 24       | 0.97         | 48.50       | 44.85       | 188.40         |           | 1.3                          | 0.969                        | 191.24                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 7                    | 11.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 244.67                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 5.0              | 18.5              | 4                 | 24       | 0.95         | 123.42      | 77.64       | 161.11         |           | 1.3                          | 0.950                        | 164.37                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 8                    | 5.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 122.26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 3.7              | 6.6               | 4                 | 24       | 0.91         | 68.96       | 14.05       | 106.92         |           | 1.3                          | 0.908                        | 110.24                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 9                    | 9.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 198.86                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 6.1              | 3.7               | 4                 | 24       | 0.98         | 112.60      | 12.83       | 30.65          |           | 1.3                          | 0.981                        | 34.40                          |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 10                   | 3.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21.0                                                                                                                                                                                                                                 | 64.68                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                              |                               | 4.1              | 3.8               | 4                 | 24       | 1.00         | 45.19       | 4.29        |                | 1.29      | 1.3                          | 1.001                        | 3.94                           |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| <p>工况 2<br/>(暴雨)</p> | <p>点击 稳定系数计算</p> <h3>折线滑面 (边坡规范 不平衡推力法) 边坡稳定系数计算表</h3> <p style="text-align: right;">稳定系数 = 1.04</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">条块号</th> <th rowspan="3">滑体体积 (m<sup>3</sup>)<br/>V1</th> <th rowspan="3">重度 (KN/m<sup>3</sup>)<br/>γ1</th> <th rowspan="3">滑体重量<br/>G (KN/m)</th> <th rowspan="3">地面荷载<br/>Gb (KN/m)</th> <th colspan="2">地震水平荷载 Q</th> <th colspan="4">滑面参数</th> <th rowspan="3">传递系数<br/>ψ</th> <th rowspan="3">抗滑力<br/>R<sub>i</sub> (KN/m)</th> <th rowspan="3">下滑力<br/>T<sub>i</sub> (KN/m)</th> <th rowspan="3">剩余下滑力<br/>P<sub>i</sub> (KN/m)</th> <th rowspan="3">稳定系数<br/>F<sub>s</sub></th> <th colspan="3">边坡、路基剩余下滑力 (C/Fst、tanφ/fst) 结果</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">地震水平系数</th> <th rowspan="2">地震力 Q (KN/m)</th> <th rowspan="2">长度<br/>L (m)</th> <th rowspan="2">倾角<br/>α (°)</th> <th rowspan="2">内聚力<br/>c (KPa)</th> <th rowspan="2">内摩擦角<br/>φ (°)</th> <th rowspan="2">安全系数</th> <th rowspan="2">传递系数<br/>ψ</th> <th rowspan="2">支护剩余下滑力<br/>P (KN/m)</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.1</td><td>22.0</td><td>23.87</td><td></td><td></td><td></td><td>1.2</td><td>33.7</td><td>3</td><td>25</td><td></td><td>13.00</td><td>13.24</td><td>0.75</td><td></td><td>1.2</td><td></td><td>2.41</td></tr> <tr><td>2</td><td>8.4</td><td>22.0</td><td>184.58</td><td></td><td></td><td></td><td>5.5</td><td>36.7</td><td>3</td><td>25</td><td>1.02</td><td>85.42</td><td>110.31</td><td>28.99</td><td></td><td>1.2</td><td>1.02</td><td>41.58</td></tr> <tr><td>3</td><td>26.0</td><td>22.0</td><td>572.67</td><td></td><td></td><td></td><td>9.9</td><td>34.8</td><td>3</td><td>25</td><td>0.98</td><td>249.01</td><td>326.83</td><td>116.09</td><td></td><td>1.2</td><td>0.987</td><td>160.34</td></tr> <tr><td>4</td><td>8.3</td><td>22.0</td><td>183.12</td><td></td><td></td><td></td><td>2.5</td><td>32.3</td><td>3</td><td>25</td><td>0.98</td><td>79.65</td><td>97.85</td><td>135.02</td><td></td><td>1.2</td><td>0.982</td><td>188.95</td></tr> <tr><td>5</td><td>15.2</td><td>22.0</td><td>334.60</td><td></td><td></td><td></td><td>4.0</td><td>30.2</td><td>2</td><td>21</td><td>0.99</td><td>119.11</td><td>168.31</td><td>186.96</td><td></td><td>1.2</td><td>0.988</td><td>255.66</td></tr> <tr><td>6</td><td>4.9</td><td>22.0</td><td>108.75</td><td></td><td></td><td></td><td>1.7</td><td>25.6</td><td>2</td><td>21</td><td>0.97</td><td>41.06</td><td>46.99</td><td>188.37</td><td></td><td>1.2</td><td>0.971</td><td>261.05</td></tr> <tr><td>7</td><td>11.7</td><td>22.0</td><td>256.32</td><td></td><td></td><td></td><td>5.0</td><td>18.5</td><td>2</td><td>21</td><td>0.95</td><td>103.37</td><td>81.33</td><td>160.34</td><td></td><td>1.2</td><td>0.953</td><td>243.92</td></tr> <tr><td>8</td><td>5.8</td><td>22.0</td><td>128.09</td><td></td><td></td><td></td><td>3.7</td><td>6.6</td><td>2</td><td>21</td><td>0.90</td><td>56.28</td><td>14.72</td><td>105.33</td><td></td><td>1.2</td><td>0.913</td><td>190.41</td></tr> <tr><td>9</td><td>9.5</td><td>22.0</td><td>208.33</td><td></td><td></td><td></td><td>6.1</td><td>3.7</td><td>2</td><td>21</td><td>0.98</td><td>91.93</td><td>13.44</td><td>28.34</td><td></td><td>1.2</td><td>0.983</td><td>123.92</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.1</td><td>22.0</td><td>67.76</td><td></td><td></td><td></td><td>4.1</td><td>3.8</td><td>2</td><td>21</td><td>1.00</td><td>34.18</td><td>4.49</td><td>0.00</td><td>1.04</td><td>1.2</td><td>1.001</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table> |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 条块号 | 滑体体积 (m <sup>3</sup> )<br>V1 | 重度 (KN/m <sup>3</sup> )<br>γ1 | 滑体重量<br>G (KN/m) | 地面荷载<br>Gb (KN/m) | 地震水平荷载 Q          |          | 滑面参数         |             |             |                | 传递系数<br>ψ | 抗滑力<br>R <sub>i</sub> (KN/m) | 下滑力<br>T <sub>i</sub> (KN/m) | 剩余下滑力<br>P <sub>i</sub> (KN/m) | 稳定系数<br>F <sub>s</sub> | 边坡、路基剩余下滑力 (C/Fst、tanφ/fst) 结果 |                              |                              | 地震水平系数        | 地震力 Q (KN/m) | 长度<br>L (m) | 倾角<br>α (°)         | 内聚力<br>c (KPa) | 内摩擦角<br>φ (°) | 安全系数 | 传递系数<br>ψ | 支护剩余下滑力<br>P (KN/m) |                                |                        |                                |  |  | 1 | 1.1 | 22.0 | 23.87 |  |  |  | 1.2 | 33.7 | 3 | 25 |  | 13.00 | 13.24 | 0.75 |  | 1.2 |  | 2.41 | 2 | 8.4 | 22.0 | 184.58 |  |  |  | 5.5 | 36.7 | 3 | 25 | 1.02 | 85.42  | 110.31 | 28.99 |  | 1.2 | 1.02 | 41.58 | 3 | 26.0 | 22.0 | 572.67 |  |  |  | 9.9 | 34.8 | 3 | 25 | 0.98 | 249.01 | 326.83 | 116.09 |  | 1.2 | 0.987 | 160.34 | 4 | 8.3 | 22.0 | 183.12 |  |  |  | 2.5 | 32.3 | 3 | 25 | 0.98 | 79.65 | 97.85 | 135.02 |  | 1.2 | 0.982 | 188.95 | 5 | 15.2 | 22.0 | 334.60 |  |  |  | 4.0 | 30.2 | 2 | 21 | 0.99 | 119.11 | 168.31 | 186.96 |  | 1.2 | 0.988 | 255.66 | 6 | 4.9 | 22.0 | 108.75 |  |  |  | 1.7 | 25.6 | 2 | 21 | 0.97 | 41.06 | 46.99 | 188.37 |  | 1.2 | 0.971 | 261.05 | 7 | 11.7 | 22.0 | 256.32 |  |  |  | 5.0 | 18.5 | 2 | 21 | 0.95 | 103.37 | 81.33 | 160.34 |  | 1.2 | 0.953 | 243.92 | 8 | 5.8 | 22.0 | 128.09 |  |  |  | 3.7 | 6.6 | 2 | 21 | 0.90 | 56.28 | 14.72 | 105.33 |  | 1.2 | 0.913 | 190.41 | 9 | 9.5 | 22.0 | 208.33 |  |  |  | 6.1 | 3.7 | 2 | 21 | 0.98 | 91.93  | 13.44 | 28.34 |  | 1.2 | 0.983 | 123.92 | 10 | 3.1 | 22.0 | 67.76 |  |  |  | 4.1 | 3.8 | 2 | 21 | 1.00 | 34.18 | 4.49 | 0.00 | 1.04 | 1.2 | 1.001 | 100.00 |
| 条块号                  | 滑体体积 (m <sup>3</sup> )<br>V1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 重度 (KN/m <sup>3</sup> )<br>γ1                                                                                                                                                                                                        | 滑体重量<br>G (KN/m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |                              |                               |                  |                   | 地面荷载<br>Gb (KN/m) | 地震水平荷载 Q |              | 滑面参数        |             |                |           |                              |                              |                                |                        | 传递系数<br>ψ                      | 抗滑力<br>R <sub>i</sub> (KN/m) | 下滑力<br>T <sub>i</sub> (KN/m) |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     | 剩余下滑力<br>P <sub>i</sub> (KN/m) | 稳定系数<br>F <sub>s</sub> | 边坡、路基剩余下滑力 (C/Fst、tanφ/fst) 结果 |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                              |                               |                  |                   |                   | 地震水平系数   | 地震力 Q (KN/m) | 长度<br>L (m) | 倾角<br>α (°) | 内聚力<br>c (KPa) |           |                              |                              |                                |                        |                                |                              |                              | 内摩擦角<br>φ (°) | 安全系数         | 传递系数<br>ψ   | 支护剩余下滑力<br>P (KN/m) |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                              |                               |                  |                   |                   |          |              |             |             |                |           |                              |                              |                                |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 1                    | 1.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 23.87                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                              |                               | 1.2              | 33.7              | 3                 | 25       |              | 13.00       | 13.24       | 0.75           |           | 1.2                          |                              | 2.41                           |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 2                    | 8.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 184.58                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 5.5              | 36.7              | 3                 | 25       | 1.02         | 85.42       | 110.31      | 28.99          |           | 1.2                          | 1.02                         | 41.58                          |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 3                    | 26.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 572.67                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 9.9              | 34.8              | 3                 | 25       | 0.98         | 249.01      | 326.83      | 116.09         |           | 1.2                          | 0.987                        | 160.34                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 4                    | 8.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 183.12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 2.5              | 32.3              | 3                 | 25       | 0.98         | 79.65       | 97.85       | 135.02         |           | 1.2                          | 0.982                        | 188.95                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 5                    | 15.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 334.60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 4.0              | 30.2              | 2                 | 21       | 0.99         | 119.11      | 168.31      | 186.96         |           | 1.2                          | 0.988                        | 255.66                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 6                    | 4.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 108.75                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 1.7              | 25.6              | 2                 | 21       | 0.97         | 41.06       | 46.99       | 188.37         |           | 1.2                          | 0.971                        | 261.05                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 7                    | 11.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 256.32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 5.0              | 18.5              | 2                 | 21       | 0.95         | 103.37      | 81.33       | 160.34         |           | 1.2                          | 0.953                        | 243.92                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 8                    | 5.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 128.09                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 3.7              | 6.6               | 2                 | 21       | 0.90         | 56.28       | 14.72       | 105.33         |           | 1.2                          | 0.913                        | 190.41                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 9                    | 9.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 208.33                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                              |                               | 6.1              | 3.7               | 2                 | 21       | 0.98         | 91.93       | 13.44       | 28.34          |           | 1.2                          | 0.983                        | 123.92                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| 10                   | 3.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22.0                                                                                                                                                                                                                                 | 67.76                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                              |                               | 4.1              | 3.8               | 2                 | 21       | 1.00         | 34.18       | 4.49        | 0.00           | 1.04      | 1.2                          | 1.001                        | 100.00                         |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |
| <p>说明</p>            | <p>本结果为勘察阶段稳定性计算, 设计阶段应按具体方案进行校核计算和设计阶段计算。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                              |                               |                  |                   |                   |          |              |             |             |                |           |                              |                              |                                |                        |                                |                              |                              |               |              |             |                     |                |               |      |           |                     |                                |                        |                                |  |  |   |     |      |       |  |  |  |     |      |   |    |  |       |       |      |  |     |  |      |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |       |  |     |      |       |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |        |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |      |      |        |  |  |  |     |      |   |    |      |        |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |       |       |        |  |     |       |        |   |     |      |        |  |  |  |     |     |   |    |      |        |       |       |  |     |       |        |    |     |      |       |  |  |  |     |     |   |    |      |       |      |      |      |     |       |        |



X=3252650.000  
Y=507850.000

X=3252650.000  
Y=508000.000



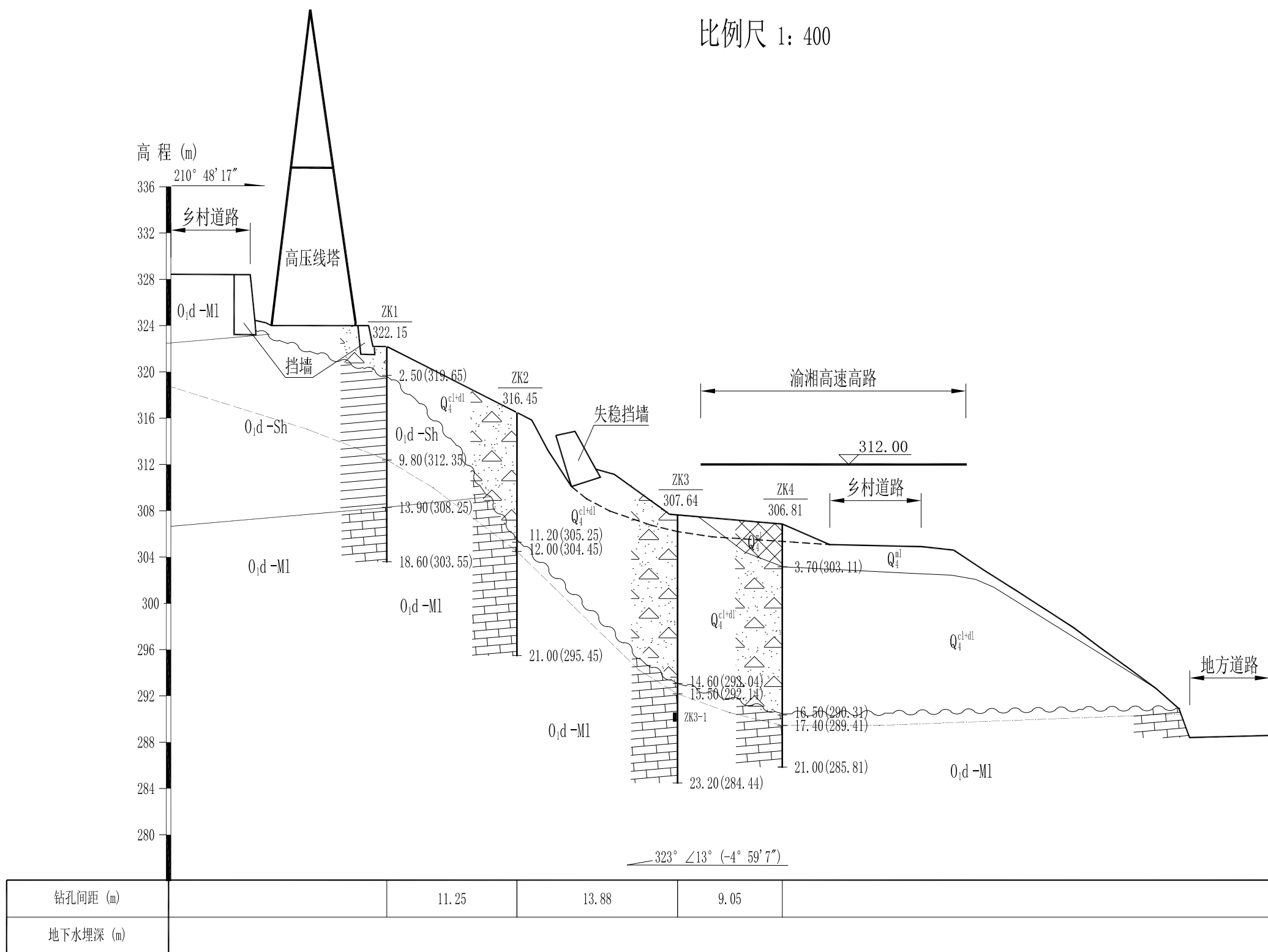
X=3252600.000  
Y=507850.000

X=3252600.000  
Y=508000.000

|                |                         |         |    |    |    |    |    |         |
|----------------|-------------------------|---------|----|----|----|----|----|---------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 | 工程地质平面图 | 设计 | 李军 | 一审 | 李军 | 图号 | NO.1-01 |
|                |                         |         | 复核 | 张良 | 二审 | 周馨 | 日期 | 2021.09 |

# 工程地质剖面图 1-----1'

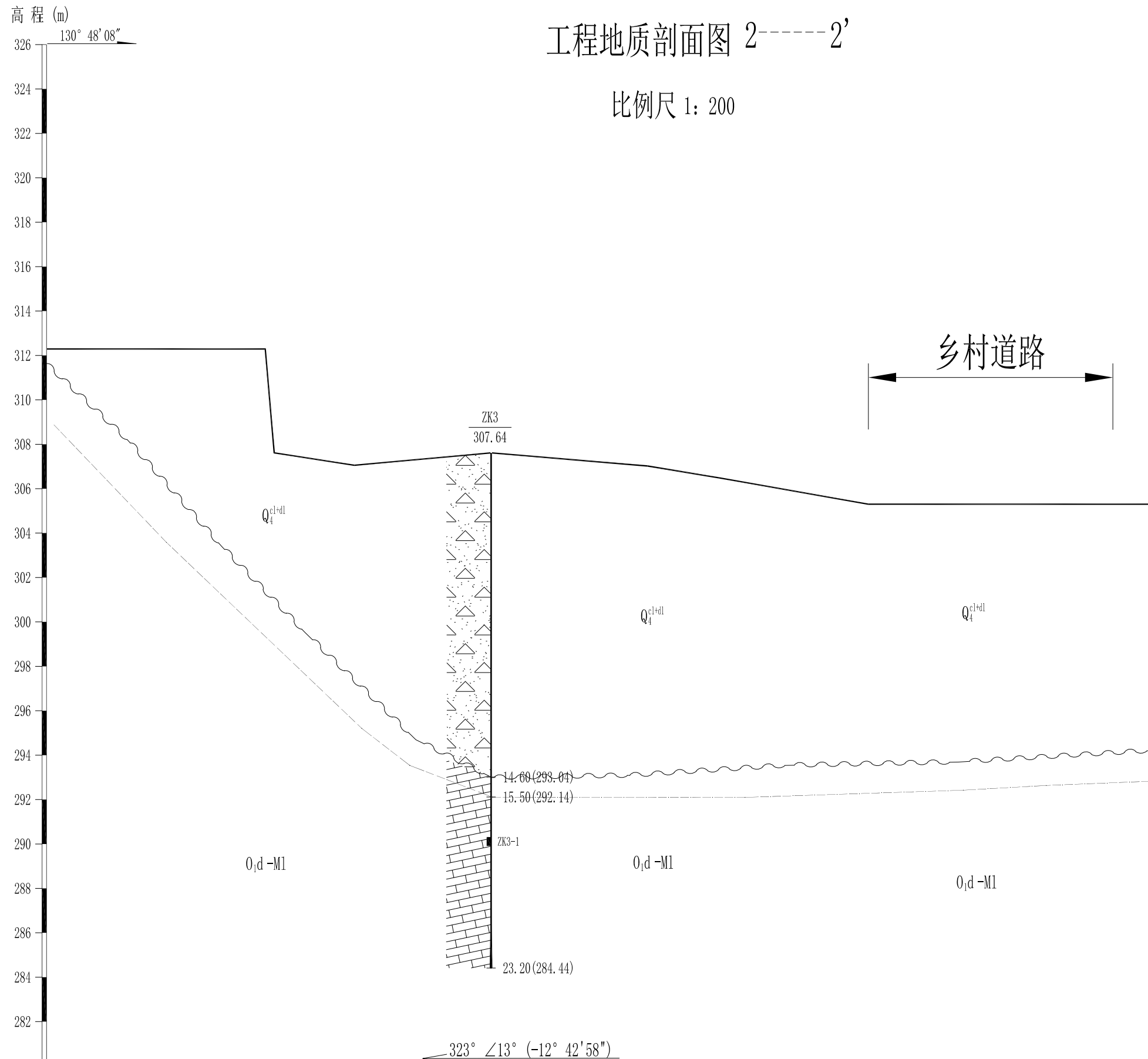
比例尺 1: 400





# 工程地质剖面图 2-----2'

比例尺 1: 200



|           |  |
|-----------|--|
| 钻孔间距 (m)  |  |
| 地下水埋深 (m) |  |

| 工程名称            |          | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 |                |         | 孔 号  |                     | ZK1                                                                                |        |          |
|-----------------|----------|-------------------------|----------------|---------|------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|
| 孔口高程            | 322.15 m | 坐 标                     | X=507932.56 m  |         | 施工日期 | 2021/9/7 ~ 2021/9/8 |                                                                                    | 稳定水位   | 无        |
| 钻孔深度            | 18.60 m  | 坐 标                     | Y=3252628.69 m |         | 钻孔直径 | 108 mm              |                                                                                    | 测量水位日期 | 2021/9/9 |
| 时代成因            | 层底深度(m)  | 分层厚度(m)                 | 层底高程(m)        | TCR (%) | 风化带  | 柱状图 1:200           | 地层描述                                                                               | 取样     | 标贯击数(击)  |
| Q <sub>4</sub>  | 2.50     | 2.50                    | 319.65         | 80      | 土    |                     | 碎石土:黄褐色,稍湿,稍密。主要由粉质粘土碎石组成,碎石成分为页岩,碎石粒径1-5cm,含量约60%;粉质粘土呈可塑状。                       |        |          |
|                 |          |                         |                | 73      |      |                     |                                                                                    |        |          |
| O <sub>1d</sub> | 13.90    | 11.40                   | 308.25         | 68      | 强    |                     | 页岩:灰褐色,泥质结构,片状构造,岩石破碎,岩质较软,手可掰断;9.8m以上为强风化层,岩芯破碎,呈碎块状,余段岩芯较破碎,呈饼状,块状。              |        |          |
|                 |          |                         |                | 70      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 72      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 77      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 80      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 87      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 95      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 98      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 99      |      |                     |                                                                                    |        |          |
| O <sub>1d</sub> | 18.60    | 4.70                    | 303.55         | 90      | 中    |                     | 灰岩:灰色,主要由碳酸盐矿物组成,隐晶质结构,中厚层状构造;为中风化层,岩芯较完整,呈短柱状、饼状,节长3-25cm,其中15.5-16.2m段岩芯破碎,呈碎块状。 |        |          |
|                 |          |                         |                | 85      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 88      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                     |                                                                                    |        |          |

| 工程名称            |          | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 |                |         | 孔 号  |                    | ZK2                                                                                                           |        |           |
|-----------------|----------|-------------------------|----------------|---------|------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| 孔口高程            | 316.45 m | 坐 标                     | X=507926.80 m  |         | 施工日期 | 2021/9/8~ 2021/9/9 |                                                                                                               | 稳定水位   | 无         |
| 钻孔深度            | 21.00 m  | 坐 标                     | Y=3252619.03 m |         | 钻孔直径 | 108 mm             |                                                                                                               | 测量水位日期 | 2021/9/11 |
| 时代成因            | 层底深度(m)  | 分层厚度(m)                 | 层底高程(m)        | TCR (%) | 风化带  | 柱状图 1:200          | 地层描述                                                                                                          | 取样     | 标贯击数(击)   |
| Q <sub>4</sub>  | 11.20    | 11.20                   | 305.24         | 76      | 强    |                    | 碎石土:黄褐色,稍湿,稍密。主要由粉质粘土碎石组成,碎石成分为页岩,碎石粒径1-3cm,含量约60%;局部含灰岩块石,粒径5-100cm,含量约10%,粉质粘土呈可塑状。                         |        |           |
|                 |          |                         |                | 80      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 81      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 84      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 80      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 73      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 69      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 67      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 80      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
| O <sub>1d</sub> | 21.00    | 9.80                    | 295.45         | 92      | 中    |                    | 灰岩:灰色,灰白色,主要由碳酸盐矿物组成,隐晶质结构,中厚层状构造;12.0m以上为强风化层,岩芯较破碎,呈短柱状、块状,余段为中风化层,岩芯较完整,呈短柱状、柱状,节长3-46cm。20.0-21.0m段见溶蚀现象。 |        |           |
|                 |          |                         |                | 92      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 91      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |
|                 |          |                         |                | 90      |      |                    |                                                                                                               |        |           |

中铁长江交通设计集团有限公司

G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程

工程地质钻孔柱状图

|     |  |     |  |     |         |
|-----|--|-----|--|-----|---------|
| 制 图 |  | 一 审 |  | 图 号 | N0.3-01 |
| 复 核 |  | 二 审 |  | 日 期 | 2021.9  |

| 工程名称            |          | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 |                |         | 孔 号                  |           | ZK3                                                                                             |       |             |
|-----------------|----------|-------------------------|----------------|---------|----------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| 孔口高程            | 307.64 m | 坐 标                     | X=507920.08 m  | 施工日期    | 2021/9/9 ~ 2021/9/10 | 稳定水位      | 无                                                                                               |       |             |
| 钻孔深度            | 23.20 m  | 坐 标                     | Y=3252606.88 m | 钻孔直径    | 108 110-91mm         | 测量水位日期    | 2021/9/11                                                                                       |       |             |
| 时代成因            | 层底深度(m)  | 分层厚度(m)                 | 层底高程(m)        | TCR (%) | 风化带                  | 柱状图 1:200 | 地层描述                                                                                            | 取样    | 标贯击数(击)     |
| Q <sub>4</sub>  | 14.60    | 14.60                   | 293.04         | 71      | 强                    |           | 碎石土:黄褐色,稍湿,稍密。主要由粉质粘土碎石组成,碎石成分为页岩,碎石粒径2-5cm,含量约70%;粉质粘土呈可塑状。                                    |       |             |
|                 |          |                         |                | 73      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 80      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 70      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 72      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 81      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 83      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 79      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 80      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 83      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
| O <sub>1d</sub> | 23.20    | 8.60                    | 284.43         | 92      | 15.50                |           | 灰岩:灰白色,主要由碳酸盐矿物组成,隐晶质结构,中厚层状构造;15.5m以上为强风化层,岩芯较破碎,呈短柱状、块状,余段为中风化层,岩芯较完整,呈短柱状、柱状,节长3-38cm,局部呈块状。 | ZK3-1 | 17.00-18.00 |
|                 |          |                         |                | 91      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 90      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 90      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 91      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                | 90      |                      |           |                                                                                                 |       |             |
|                 |          |                         |                |         |                      |           |                                                                                                 |       |             |

| 工程名称                        |          | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 |                |         | 孔 号                  |           | ZK4                                                                                            |    |         |
|-----------------------------|----------|-------------------------|----------------|---------|----------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|
| 孔口高程                        | 306.81 m | 坐 标                     | X=507915.64 m  | 施工日期    | 2021/9/12- 2021/9/12 | 稳定水位      | 无                                                                                              |    |         |
| 钻孔深度                        | 21.00 m  | 坐 标                     | Y=3252598.99 m | 钻孔直径    | 108 mm               | 测量水位日期    | 2021/9/13                                                                                      |    |         |
| 时代成因                        | 层底深度(m)  | 分层厚度(m)                 | 层底高程(m)        | TCR (%) | 风化带                  | 柱状图 1:200 | 地层描述                                                                                           | 取样 | 标贯击数(击) |
| Q <sub>4</sub> <sup>1</sup> | 3.70     | 3.70                    | 303.11         | 86      | 强                    |           | 填筑土:杂色,主要由碎石和粘土组成,块石含量约65%,块石粒径3-30cm。黏土呈可塑状,稍湿,中密,为乡村道路回填,回填年限大于5年。                           |    |         |
|                             |          |                         |                | 88      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 85      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 90      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 91      |                      |           |                                                                                                |    |         |
| Q <sub>4</sub>              | 16.50    | 12.80                   | 290.31         | 92      | 强                    |           | 碎石土:黄褐色,稍湿,稍密。主要由粉质粘土碎石组成,碎石成分为页岩,碎石粒径3-6cm,含量约65%,局部含灰岩块石,粒径5-60cm,含量约10%;粉质粘土呈可塑状。           |    |         |
|                             |          |                         |                | 90      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 83      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 70      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 73      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 71      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 68      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 70      |                      |           |                                                                                                |    |         |
| O <sub>1d</sub>             | 21.00    | 4.50                    | 285.81         | 80      | 17.40                |           | 灰岩:灰白色,主要由碳酸盐矿物组成,隐晶质结构,中厚层状构造;17.4m以上为强风化层,岩芯较破碎,呈短柱状、块状,余段为中风化层,岩芯较完整,呈短柱状、柱状,节长3-24cm,采取率差。 |    |         |
|                             |          |                         |                | 83      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 80      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                | 80      |                      |           |                                                                                                |    |         |
|                             |          |                         |                |         |                      |           |                                                                                                |    |         |

|                |  |                         |  |           |  |     |  |     |  |     |          |
|----------------|--|-------------------------|--|-----------|--|-----|--|-----|--|-----|----------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 |  | G65高速公路K1761+300处边坡垮塌工程 |  | 工程地质钻孔柱状图 |  | 制 图 |  | 一 审 |  | 图 号 | NO. 3-02 |
|                |  |                         |  |           |  | 复 核 |  | 二 审 |  | 日 期 | 2021.9   |

附件：彭水岩芯照片 钻孔图 (共 4 张，第 1-4 张)



ZK1



ZK2



ZK3



ZK4