

送审稿

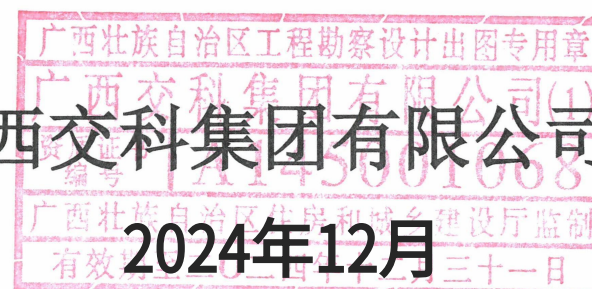
归档号:

G241线K3087+826~K3091+433段灾害防治工程 一阶段施工图设计 (K3087+826~K3091+433)

全长 3.607 公里

(全一册)

广西交投集团有限公司



营业执照和资质证书

[illegible]

企业名称：广西文科集团有限公司

经济性质：有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）

资质等级：公路行业甲级；水运行业（港口工程、航道工程）专业乙级；市政行业（道路工程、桥梁工程）专业甲级。

工程 设计 资质证书

证书编号：A145001068

有效期：至2029年04月25日

发证机关

中华人民共和国住房和城乡建设部制

2024年04月25日

202404250643

	企业名称:	广西文科集团有限公司
	经济性质:	有限责任公司(非自然人投资或控股的法人独资)
	资质等级:	工程勘察综合资质甲级。
	可承担各类建设工程项目的岩土工程、水文地质勘察、工程测量业务(海洋工程勘察除外),其规模不受限制(岩土工程勘察丙级项目除外)。*****	
工程勘察资质证书		
证书编号: B145001068 有效期: 至2028年12月22日		
中华人民共和国住房和城乡建设部制		

参加测设（勘察）人员名单

[illegible]

总 目 录

G241线K3087+826~K3088+140段灾害防治工程一阶段施工图设计

图 表 名 称	图 表 编 号	页 数	备 注
设计说明		16	
设计图表			
G241线K3087+826～K3087+933段路基加固处治平面图	T2-1	1	
G241线K3087+826～K3091+433段灾害防治工程地质剖面图	T2-2	1	
路基标准断面图	T2-3	1	
公路用地表	T2-4	1	
砍树挖根数量表	T2-5	1	
路基防护工程数量表（锚杆、锚杆格梁）	T2-6	1	
路基防护工程数量表（微型钢管桩+路肩墙）	T2-7	1	
路堤变形监控观测工程数量表（边坡自动化监测）	T2-8	1	
路基右加固处治设计图	T2-9	9	
锚杆格梁防护设计图	T2-10	3	
深层排水孔结构设计图	T2-11	1	
路面工程数量表	T2-12	1	
路面结构设计图	T2-13	2	
路面结构连接过渡段	T2-14	1	
路基、路面排水工程数量表	T2-15	1	
安全设施工程数量汇总表	T2-16	1	
路侧护栏、轮廓标设置一览表	T2-17	1	
标线设置一览表	T2-18	1	
预算			
预算编制说明			
表C.6 养护工程预算表	3-01表	3	
表C.7 人工、材料、设备、施工机械台班数量单价表	3-02表	4	
表C.8 建筑安装工程费计算表	3-03表	3	
表C.9 综合费率计算表	3-04表	1	
表C.10 综合费用计算表	3-05表	1	
表C.12 土地使用及拆迁补偿费计算表	3-07表	1	
表C.13 养护工程其他费用计算表	3-08表	1	

[illegible]

设计说明目录

0 交通部初审意见及执行情况	1	5 设计依据	7
1 工程概况	1	5.1 设计文件依据	7
1.1 任务由来	1	5.2 设计规范、标准	7
1.2 工程概况	1	6 防治设计	8
2 自然地理位置	3	6.1 设计原则	8
2.1 地理位置	3	6.2 设计思路	8
2.2 气象水文	3	6.3 防治设计方案	8
2.2.1 气象	3	7 主要设计工程量	8
2.2.2 水文	3	8 建议性施工组织设计及施工技术要求	9
3 工程地质条件	3	8.1 施工部署原则	9
3.1 完成工作量	3	8.2 施工准备工作	9
3.2 地形地貌	3	8.3 施工安全文明要求	10
3.3 地层岩性	4	8.4 主要施工技术要求	10
3.4 地质构造	4	8.4.1 路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固施工要求	10
3.5 地震	4	8.4.2 锚杆格梁施工要求	11
3.6 水文地质	4	8.5 施工注意事项	12
3.6.1 地表水	4	9 质量检验与工程验收	12
3.6.2 地下水	4	9.1 质量检查	12
3.7 人类工程活动	5	9.2 工程验收	12
4 地质灾害特征及稳定性评价	5	10 其他说明与要求	13
4.1 稳定性分析相关说明	5	11、G241 线 K3087+826~K3091+433 段灾害防治工程设计方案审查会议纪要	13
4.2 地质灾害特征	5		
4.2.1 K3087+826-K3087+933 段右幅路堤沉降开裂	5		
4.2.2 K3088+050-K3088+150 段右幅路堤沉降开裂	6		
4.3 稳定性评价	6		
4.3.1 定性评价	6		
4.3.2 定量评价	6		

设计说明

0 交通部初审意见及执行情况

- 意见 1：补充边坡基本特征、稳定性分析等关键信息。

执行情况：已补充，详见设计说明第 4 章。
- 意见 2：请结合设计方案审查纪要补充相应锚杆及钢管桩受力说明。

执行情况：已补充，详见设计说明第 6.2 章。
- 意见 3：施工图设计加盖出图专业章

执行情况：已按意见执行，设计图纸封面加盖出图专用章。
- 意见 4：预算文件加盖预算执业资格印章。

执行情况：已按意见执行。

1 工程概况

1.1 任务由来

受广西藤县公路养护中心委托，我集团公司承担国道G241 线K3087+826~K3091+433 段灾害防治工程的勘察设计工作。2024 年 4 月 16 日~2024 年 5 月 10 日集团公司组织相关技术人员进行现场踏勘和勘察，对该路段路基边坡病害成因、现状及其危害进行分析，提出该路段的整治设计方案，进行施工图设计及施工预算文件编制等工作。

1.2 工程概况

本项目治理区为国道G241 线K3087+826~K3091+433 段路基下边坡，位于梧州市藤县东荣镇上峡村。

我公司对藤县县境内的G241 线K3087+826~K3091+433 路段内的 2 处灾害风险点进行灾害防治设计工作。该路段设计速度为 40km/h,路基宽度为 8.5m,路面为沥青混凝土路面。左侧为挖方边坡，岩性为寒武系水口群全-强风化泥质粉砂岩，右侧为填方路基，填土高约 6-8 米，设置混凝土护栏。该段路基为临河路段，右侧为蒙江，

路面距离河边高差 35~40m，右侧混凝土护栏距离河边平距 30~40m，右侧地面陡峭，坡度 40~55 度。各灾害风险点起讫里程、灾害级别、灾害形式如下表 1-1。

表 1-1 灾害风险点信息一览表

序号	起点桩号	止点桩号	灾害级别	灾害形式
1	K3087+826	K3087+933	二级	滑坡崩塌
2	K3088+050	K3088+150	一级	滑坡崩塌

受历年雨季连续降雨的影响，国道 G241 线 K3087+826~K3091+433 段发生 2 处路基水毁病害，主要类型为路堤沉降、路面开裂、混凝土护栏出现多处裂缝等。造成公路交通中断，威胁过往车辆和行人安全。



灾害点地貌航拍图

各灾害风险点现场照片如下表 1-2。

表 1-2 各段灾害照片

序号	里程桩号	照片
1	K3087+826-K3087+933 段右幅路堤沉降开裂	
2	K3087+826-K3087+933 段右幅路堤沉降开裂	
3	K3087+826-K3087+933 段右幅路堤沉降开裂	

4	K3088+050-K3088+150 段右幅路堤沉降开裂	
5	K3088+050-K3088+150 段右幅路堤沉降开裂	

2 自然地理位置

2.1 地理位置

本项目治理区为国道G241 线K3087+826~K3091+433 段路基下边坡，位于梧州市藤县东荣镇上峡村。距离藤县县城约 70km。

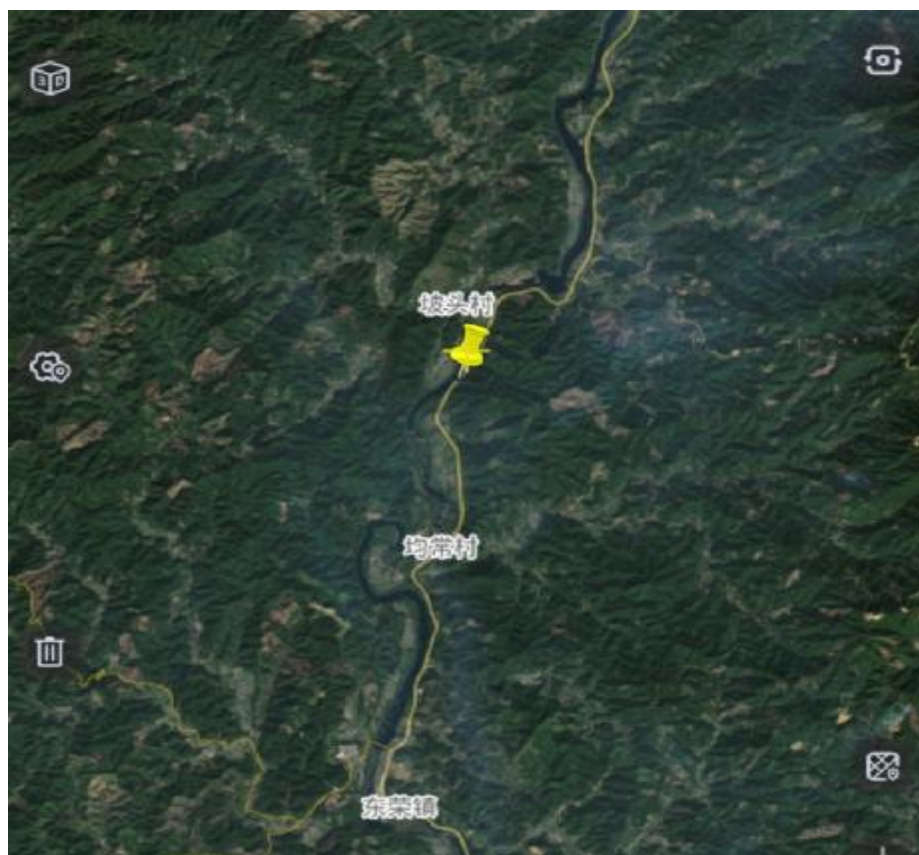


图 2-1 地理位置图

2.2 气象水文

2.2.1 气象

本项目地处低纬，北回归线从市区通过，属南亚热带向中亚热带过渡带，受季风环流影响较明显。特点是：气候温和，热量丰富；夏长冬短，夏热冬冷；光照充足，太阳辐射量多，光、热、水基本同季。雨量充沛但分布不均，旱涝明显，冬季易干燥，多北风，晴朗的清晨常有霜冻发生，早春和晚秋常有寒害。

2.2.2 水文

项目区主要河流为蒙江：为珠江水系西江干流浔江段支流，发源于金秀县忠良山区，自新圩乡坝头村西南入境，流经新圩、西河、蒙山镇、黄村、汉豪、陈塘等乡镇，在陈塘镇独峰南端出境，流入藤县，在藤县境，自东荣乡塘劝村入境，经东荣、太平、和平，于江镇注入浔江。蒙江河长 189 公里，流域面积 3895 平方公里。场地所在段位于陈塘镇雨东荣镇之间。该处河流流向自北东向南西径流，勘察期间属枯水季节，河水面宽 60~80m，水深约 2~6m，水面相对高程约 40m，流速较缓。

3 工程地质条件

3.1 完成工作量

外业工作 2024 年 4 月 16 日开始航测、现场地形测量、踏勘、调查测绘和地质钻探，对灾害点及周边进行了详细调绘，至 2024 年 5 月 8 日完成野外勘查工作，于 2024 年 5 月 9 日转入资料整理、设计工作。共投入无人机 1 套，RTK 仪器 1 套，工程技术人员 3 人。完成工程地质钻探 55.0m/4 个，1:1000 工程地质剖面测量 0.8km，GPS 测量 36 个点，工程地质调绘 0.30km²。其精度和技术等均满足相关规范要求。

3.2 地形地貌

勘察区地貌类型属构造侵蚀剥蚀类型低山丘陵地貌，地表多被第四系地层覆盖，植被较发育。勘察区整体地形起伏较大，山体较陡，沟谷相对狭窄，公路从山体坡腰下部通过，整体走向与右侧的蒙江平行，呈南西走向。蒙江距离公路约 50m，岸坡坡度约 15~35°，岸坡高度约 5~8m。场地相对高程约 40.00~90.00m，公路路面高程约在 69.0~72.0m 之间。

公路右侧为路堤边坡，与蒙江相临，该段路堤边坡坡度约 35~55°，高度约 20m，路堤边坡下部局部浅层发生小规模崩塌，宽度约 3~8m，该路段右幅出现路基下沉及路面、护栏开裂。公路左侧为路堑边坡和沟谷，路堑边坡坡度约 53°，高

度约 12m；沟谷与公路走向近垂直，宽约 20~60m，公路左侧沟谷有 1 处崩塌，该崩塌为土质崩塌，崩塌物主要为残坡积黏土和全风化泥质粉砂岩，系公路建设时下边坡开挖后受雨季大气降水冲刷所致，崩塌方向约 290°，指向山坡坡脚，该崩塌宽约 70m，高约 23m，厚约 2~8m，崩塌物大部分已被挖运走，剩余总方量约 50m³，其规模较小，属小型崩塌，现状处于基本稳定状态。该路段左幅路面未见下沉和开裂。

3.3 地层岩性

出露的地层主要有第四系人工填土（Q₄^{ml}）、残坡积层（Q₄^{el+dl}），基岩为寒武系水口群下亚群（∈sh₁）泥质粉砂岩、褐黄色、褐灰色薄层状、全-强风化，全风化层厚约 2-3m，以下为强风化层。

3.4 地质构造

地质调查及区域构造资料，场地附近主要分布的构造形迹有经向构造“陈塘-和平圩断裂”。断裂长度 75km，断距 1~2m，切穿地层 C、D1s、D2x、K1x。断裂面的走向近似南北向，倾向 90°，倾角 41°~77°，岩层位移明显，断裂带上见有角砾岩、硅化或黄铁矿化。断裂性质为压扭性，形成时代为印支~燕山期。该断裂位于拟建项目场地东侧约 1.0km，相距较近，为第四系非全新世断裂，预测对拟建项目场地整体稳定性影响小，其主要表现为断裂带附近的岩体较为破碎。根据现场调查和钻探揭示，勘察区附近地表未发现地质构造形迹，根据附近露头点勘察区下伏基岩为寒武系水口群下亚群（∈sh1）泥质粉砂岩，岩层产状为 315°∠33°。

3.5 地震

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）划分，本项目区基本地震动峰值加速度值为 0.05g，对应的地震基本烈度为 VI 度，基本地震动反应谱特征周期为 0.35s。区域地壳基本稳定。

3.6 水文地质

3.6.1 地表水

项目区地表水主要为蒙江和溪沟。

蒙江：为珠江水系西江干流浔江段支流，发源于金秀县忠良山区，自新圩乡坝头村西南入境，流经新圩、西河、蒙山镇、黄村、汉豪、陈塘等乡镇，在陈塘镇独峰南端出境，流入藤县，在藤县境，自东荣乡塘劝村入境，经东荣、太平、和平，于江镇注入浔江。蒙江河长 189 公里，流域面积 3895 平方公里。场地所在段位于陈塘镇雨东荣镇之间。该处河流流向自北东向南西径流，勘察期间属枯水季节，河水面宽 60~80m，水深约 2~6m，水面相对高程约 40m，流速较缓。但根据现场调查，连续强降雨时，河水水位涨幅达约 3m，水流量较大，对河流岸坡有一定的冲刷，该河流距离场地约 50m，对路基的稳定性影响小。。

勘察区沟谷处发育有季节性流水溪沟，走向与道路近垂直，道路建设时已对该处的路堑边坡和沟谷处采用混凝土修筑截水沟，截水沟宽约 0.5m，引流至下方道路的排水沟排泄，勘察期间未见流水，但暴雨季节产生流量较大，该处沟谷地段的排水对路基有一定影响。

3.6.2 地下水

据区域水文地质资料，结合本次勘察的结果，场地地下水类型按含水岩组的岩性、地下水赋存条件以及地下水含水介质特征分类，分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类，其水文地质特征简述如下：

1、松散岩类孔隙水

主要赋存于覆盖土层中，接受大气降水和地表流水侧向补给并向低洼处排泄，水量贫乏，受季节影响较大。

松散岩类孔隙水不具统一水位，主要赋存于人工填土中，在土岩交界面处容易积存，主要以大气降水及临近地表水体入渗补给为主，其水量受降雨影响较大，水量一般较小，降雨后水量增大，浸泡路基，易造成路基软化，对路基稳定性影响较

大。

2、基岩裂隙水

主要赋存在基岩裂隙和构造裂隙中，主要接受大气降水和侧向径流补给，地下赋存、运移于泥质粉砂岩裂隙之中。透水性微~中等，富水性中等，并受岩石裂隙发育程度、地形地貌制约，在沟谷宽缓低洼处，顺岩石裂隙以泉水或散流形式排泄，对路基稳定性影响小。

勘察期间未见地下稳定水位。根据地下水赋存、分布特征及区域水文地质资料，地下水位年变幅在 1.00m~3.00m 之间。

3.7 人类工程活动

灾害点周边人类工程活动强烈，主要表现为交通建设及林业生产活动。

4 地质灾害特征及稳定性评价

4.1 稳定性分析相关说明

(1) 定性评价

根据现场调查，结合养护记录、现场路基情况、地质环境因素（地形地貌、物质组成、岩土性质、基本特征、地下水埋藏条件）、诱发因素（降雨、开挖、堆载、地震、冲刷）、岩体变形破坏机制等实际情况，采用工程地质类比法的方法，对路基进行综合分析定性评价，为施工图设计提供依据。

(2) 定量评价

结合现场调查、地质灾害类型及相应现行的规范（包括但不限于《公路路基设计规范》及《公路滑坡防治设计规范》），确定路基的防治安全等级、稳定安全系数及定量计算方法。采用工程地质类比或工程地质勘察确定岩土体的计算参数，根据地质灾害点实际情况及其特点，选取相应的计算软件（包括但不限于理正岩土、库伦 Geo5）进行定量计算，为施工图设计提供依据。

4.2 地质灾害特征

4.2.1 K3087+826-K3087+933 段右幅路堤沉降开裂

(1) 形态特征

该灾害风险点边坡发生路堤滑塌沉降开裂，K3087+890~K3087+933 段右幅路基为半填半挖路基，路基宽度为 8.5m，左侧为挖方边坡，右侧为填方路基，填土高约 6-8 米。该段路基为临河路段，右侧为蒙江，路面距离河边高差 35~40m，右侧混凝土护栏距离河边平距 30~40m，右侧地面陡峭，坡度 40~55 度。

(2) 结构特征

项目区岩土体地层为岩性为寒武系水口群全-强风化泥质粉砂岩，岩体较为风化破碎，节理裂隙发育，现场测得岩层产状为 $315^{\circ} \angle 33^{\circ}$ 。

该地段出现路基下沉及路面开裂，除此以外路基右侧有 2 处崩塌。

崩塌 B1 和 B2 分别位于道路里程桩号 K3087+875 及 K3087+916 的右侧路堤下边坡，该段地形坡度达 35~55°，未采取坡面及坡体防护措施，受雨季大气降水冲刷所致，为浅层土质崩塌，崩塌物主要为素填土及残坡积黏土，崩塌方向约 200°，指向坡体下方，两处崩塌宽约 3~8m，高约 5m，厚约 1~3m，剩余总方量约 5~10m³，现状处于欠稳定状态，对路基的影响主要为路基下边坡失去了一定程度的支撑，改变了原有的应力平衡，产生牵引上部路基土层下滑的趋势。



图 4-1 K3087+826-K3087+933 段路堤现场照片（2024 年 5 月摄）

(3) 变形特征

受 2024 年 4 月份强降雨影响，发生沉降，沉降高差 10~30cm，伴随路面出现纵向裂缝，右侧混凝土护栏出现多处裂缝，裂缝宽度 0.5~2cm，主要为垂直裂缝，少部分为横向裂缝，断裂严重。路面出现裂缝后，藤县公路养护中心及时对裂缝用沥青进行封闭。该风险点为临河路基，对公路的运营及养护带来较大难度，威胁过往车辆和行人的安全。

4.2.2 K3088+050-K3088+150 段右幅路堤沉降开裂

(1) 形态特征

该灾害风险点边坡发生路堤滑塌沉降开裂，公路在该处以填方路堤的形式通过。路基宽度为 8.5m，左侧为弃土填平区，填高 2~4m 右侧为临河路基，右侧为蒙江，路面距离河边高差 35~40m，右侧混凝土护栏距离河边平距 30~40m，右侧地面陡峭，坡度 40~55 度。

(2) 结构特征

项目区岩土体地层为岩性为寒武系水口群全-强风化泥质粉砂岩，岩体较为风化破碎，节理裂隙发育，现场测得岩层产状为 $315^{\circ} \angle 33^{\circ}$ 。路堤填土厚 2~5m。

该地段出现路基下沉及路面开裂，砼护栏基础出现纵向裂缝，右幅路堤边坡为 3 级边坡，坡面采用浆砌片石护面，路堤边坡坡面未见开裂等不良地质现象，该风险点为浅层滑塌病害，现状处于欠稳定状态。



图 4-2 K3088+050-K3088+150 段路堤现场照片（2024 年 5 月摄）

(3) 变形特征

该风险点右幅路基受 2024 年 4 月份强降雨影响，发生沉降，沉降高差 10~15cm，伴随路面出现纵向裂缝，右侧混凝土护栏外倾，出现多处裂缝，主要为垂直裂缝，护栏基础出现裂缝。路面出现裂缝后，藤县公路养护中心及时对裂缝用沥青进行封闭。

经查询养护记录，该段 90 年代出现较严重的塌方后造成交通中断半个月。该风险点为临河路基，对公路的运营及养护带来较大难度，威胁过往车辆和行人的安全。

4.3 稳定性评价

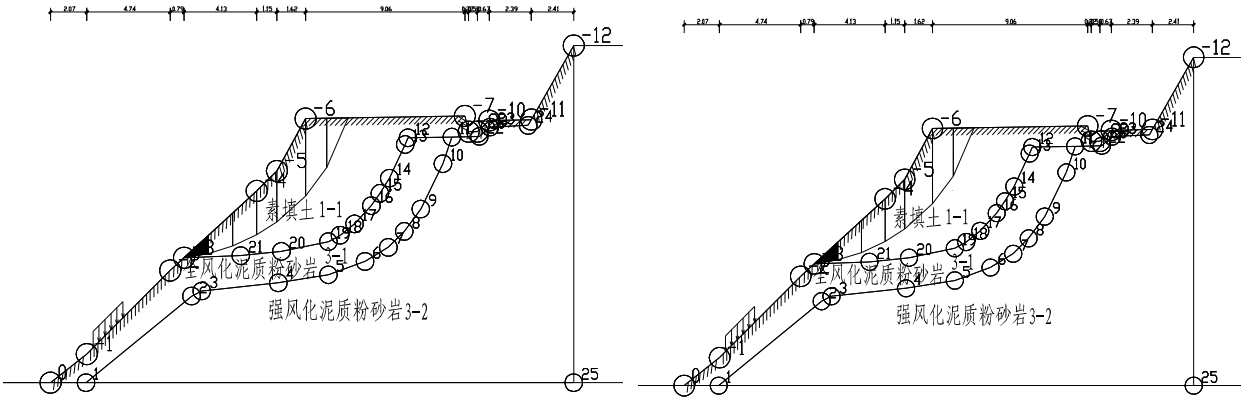
本段路基选取 K3087+875 及 K3087+916 作为典型横断面，从定性分析和定量计算对路基进行稳定性分析和评价。

4.3.1 定性评价

路基填土在长期干湿循环及动荷载的影响下导致其结构逐渐松散，抗剪强度降低，抗滑力减弱，沿岩土体内部裂隙面产生滑塌，出现滑坡的破坏形式，破坏模式为圆弧滑动破坏。现路基段处于不稳定状态，若条件发生变化，如扰动、加荷及地表水体入渗，有可能加速变形。

4.3.2 定量评价

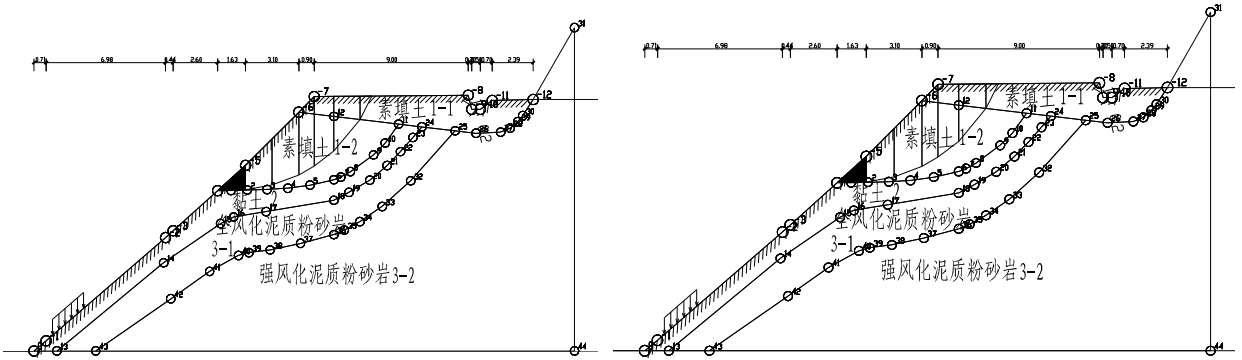
路堤按土质边坡考虑，最可能出现的破坏模式为圆弧滑动破坏。路基已开裂并微向外倾，利用理正岩土计算系列软件 Bishop 法对路堤边坡进行稳定性计算分析。各岩土层物理力学参数建议值见表 3-11，计算结果如图 1 及图 2。



K3087+875 路基正常工况计算结果图

K3087+875 路基非正常工况计算结果图

图 4-3 K3087+875 路基稳定安全系数计算结果图



K3087+916 路基正常工况计算结果图

K3087+916 路基非正常工况计算结果图

图 4-4 K3087+916 路基稳定安全系数计算结果图

表 4-1 路基稳定安全系数计算结果表

坡面	工况情况	边坡稳定性系数 (计算值)	稳定安全系数	稳定性评价
K3087+875 路基	天然工况	1.021	1.30	欠稳定
	饱和工况	0.910	1.20	不稳定
K3087+916 路基	天然工况	1.014	1.30	欠稳定
	饱和工况	0.913	1.20	不稳定

由计算结果，依据《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）表 3.6.11 要求，路基在天然工况下安全系数和饱和工况下安全系数均不能满足路基设计规范要求，路基在天然工况下处于欠稳定状态，在饱和工况下处于不稳定状态。目前路基路面有多处裂缝发育，处于临界状态，必须采取有效的防治加固工程措施，以确保道路运营安全。

5 设计依据

5.1 设计文件依据

- （1）工程地质勘察报告；
- （2）地方公路养护单位提供的资料。
- （3）与项目有关的上级文件、会议纪要、竣工图等。

5.2 设计规范、标准

- （1）《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》（DBJ/T45-066-2018）；
- （2）《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）；
- （3）《公路滑坡防治设计规范》（JTG/T 3334-2018）；
- （4）《公路养护技术规范》（JTG H10-2009）
- （5）《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33 号）
- （6）《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）
- （7）《公路路基施工技术规范》（JTG/T36-2019）
- （8）《公路沥青路面养护设计规范》JTG 5421-2018
- （9）《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2017）
- （10）《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）
- （11）《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）
- （12）《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010），2015 版；
- （13）《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81-2017）
- （14）《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81-2017）
- （15）中华人民共和国国家标准《道路交通标志和标线》第 2 部分：道路交通标志、第 3 部分：道路交通标线（GB 5768.2—2022）
- （16）《道路交通反光膜》（GB/T18833-2012）
- （17）《道路交通标志板及撑件》（GB/T 23827-2009）

(18) 《公路养护预算编制办法及定额第 1 部分:公路养护工程预算编制办法及定额》(DB 45/T2228.1—2020)

6 防治设计

6.1 设计原则

本段路基修复治理工程的设计应遵循以下原则:

- (1) 贯彻以防为主, 因害设防、突出重点、综合防治、注重实效, 根除不留后患的原则;
- (2) 治理工程必须遵循安全可靠、技术可行、经济合理、工艺成熟、施工可操作性强、施工方便;
- (3) 治理工程实施后, 在正常使用年限内、各种不利荷载组合条件下不产生滑移变形破坏;
- (4) 贯彻工程措施与非工程措施并举, 生物工程与生态环境保护、行政管理相配合的综合防治原则。
- (5) 动态设计, 信息化施工, 必要时调整设计。

6.2 设计思路

根据场地实际条件及边坡稳定性, 在综合考虑当地的自然条件、地质条件、经济条件、技术条件下, 应针对路堤边坡进行防护, 由于右侧路堤位于临河路段, 地形较陡, 采用路肩位置强支挡的防护方案。设计方案主要采用锚拉式微型钢管桩挡墙加固, 防治方案受力说明如下:

微型钢管桩: 作为主要的竖向承载和抗侧力构件, 将路堤潜在滑面以上土体传来的侧向压力传递到深部稳定土层。计算时主要以钢管材料的抗剪强度以及地层的锚固力为主要计算对象。设计方案微型钢管桩采用直径 203mm, 壁厚 8mm, 桩体材料采用 Q345 级热轧无缝钢管, 抗剪强度 $F_v=170\text{Mpa}$ 。

锚杆: 通过将拉力传递到锚固段稳定土体中, 限制微型钢管桩的侧向位移, 与微型钢管桩、路肩挡墙共同承受土体侧压力。设计方案锚杆的设计长度 12m, 锚固力设计值取 $\geq 120\text{kN}$ 。

路肩挡墙: 作为连系梁将各个微型钢管桩连接成一个整体, 协调各桩的受力, 使挡墙在水平方向上共同工作, 均匀分配土体侧压力。

经处治后的路堤边坡稳定性分析见下表:

表 6-2 路基稳定安全系数计算结果表

坡面	工况情况	边坡稳定性系数 (计算值)	稳定安全系数	稳定性评价
K3087+875 路基	天然工况	1.466	1.30	稳定
	饱和工况	1.319	1.20	稳定
K3087+916 路基	天然工况	1.396	1.30	稳定
	饱和工况	1.267	1.20	稳定

6.3 防治设计方案

G241 线 K3087+826~K3091+433 段灾害防治工程一阶段施工图设计主要包括的内容有: 路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固、锚杆格梁、排水恢复、路面修复、交安恢复。

G241 线 K3087+826~K3091+433 段灾害防治工程一阶段施工图设计主要包括的内容有: 路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固、锚杆格梁、排水恢复、路面修复、交安恢复。

(1) 路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固:

K3087+840~K3087+928、K3088+090~K3088+101 段路基混凝土护栏外侧分段设置路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固。

①K3087+840~K3087+857、K3087+880~K3087+906 段右侧设置 9m 长钢管桩+1.82m 路肩墙+12m 长锚杆支护, 钢管桩设置 2 排, 排间距 1.0m, 单排纵向间距

1.2m;

②K3087+857~K3087+880 段右侧设置 12m 钢管桩+3.20m 路肩墙+12m 长锚杆支护, 钢管桩设置 2 排, 排间距 1.0m, 单排纵向间距 1.2m;

③K3087+906~K3087+928 段右侧设置 12m 钢管桩+2.50m 路肩墙+12m 长锚杆支护, 钢管桩设置 2 排, 排间距 1.0m, 单排纵向间距 1.2m;

④K3088+090~K3088+101 段右侧设置 6m 钢管桩++1.82m 路肩墙, 钢管桩设置 2 排, 排间距 1.0m, 单排纵向间距 1.5m。对大桩号侧砼护栏外侧基础的纵向裂缝采用喷砼封闭。

(2) 锚杆格梁: K3087+857~K3087+880 段、K3087+906~K3087+928 段路肩墙下部设置两排锚杆组成的锚杆框架梁, 锚杆水平间距 3m, 垂直间距 2m, 锚杆长 12m, 锚杆入射角 20°, 锚杆抗拔力 $\geq 120\text{kN}$ 。格梁因嵌入土体内 20cm, 格梁间采用挂铁丝网喷砼封闭, 喷砼厚度 10cm。锚杆格梁地梁埋深应不小于 30cm。

(3) 排水修复: K3087+840~K3087+933 段对左侧浆砌片石边沟封闭处理, 沟底采用 10cm 厚 C20 砼硬化, 沟两侧用 M10 砂浆抹面。K3087+970~K3088+180 段对左侧填平区设置 C20 砼梯形排水沟, 填平区表层采用水泥毯封闭隔水。K3087+857~K3087+880 段、K3087+906~K3087+928 段右侧在两排锚杆格梁间设置一排仰斜式深层排水孔, 长度 10m, 间距 6m。

(4) 路面修复: 对于路面右幅沉降严重路段, 先挖除沉陷路段路面后回填 20cm 级配碎石基层+40cm 水泥改善大粒径级配碎石基层+1.5cm 同步沥青碎石封层+5cmAC-20 沥青混凝土下面层+A 级 70 号热沥青粘层(新建)+4cmAC-16 改性沥青混凝土上面层(新建)。整体加铺 10.5cm,并做好加铺路段的路面过渡。

(5) 交安工程恢复: 路面修复完成后, 恢复原有路面标线; 路基 K3087+840~K3087+928 段、K3088+090~K3088+101 段右侧钢筋混凝土护栏施工过程中已拆除, 该路段需恢复原有钢筋混凝土护栏, 设置于路肩墙内侧, 小桩号侧端点与原砼护栏过渡衔接; 路基左侧边沟无护栏也无盖板根据现行规范宜设置护栏, 受限于养护资

金本次不在右侧新增护栏, 建议尽快申请专项资金, 完善路段前后的交通安全设施。

7 主要设计工程量

本次整治工程主要设计工程量见设计图纸工程数量表。

8 建议性施工组织设计及施工技术要求

8.1 施工部署原则

- (1) 施工组织编制中应重点规划施工过程中公路交通管制问题。
- (2) 尽可能减少临时工程工作量, 方便运输, 节约费用, 降低工程成本。
- (3) 临时生产、生活设施及施工点的布置应便于工人的生产和生活。并符合劳动保护、安全技术、防洪及防火的规定。
- (4) 符合环境保护和文明施工的要求。
- (5) 符合国家政策及地方法规和条例。

8.2 施工准备工作

- (1) 施工前应进行图纸会审及现场技术交底。
- (2) 施工前应建立施工预警监测网, 特别在雨季施工应和当地气象部门建立密切的业务联系, 以保证施工的安全。
- (3) 按工程要求进行备料, 水泥应在交货时提交质量检测证书并验收入库, 专人保管发料。
- (4) 砂石料的杂质和有机质含量应符合《混凝土结构工程施工及验收规范》有关规定, 块石强度不低于设计标准。
- (5) 钢筋: 钢筋必需具备出厂合格证明, 使用前, 应对钢筋进行随机抽样, 做力学性能试验, 满足规范要求后方可使用。
- (6) 混凝土应按配合比做混凝土试块, 并做抗压强度试验, 其强度设计值满足规范要求后, 方可按设计的配合比拌制混凝土进行施工。
- (7) 其它材料应符合设计图的相关强度、防腐等指标。

8.3 施工安全文明要求

施工期间应做好质量和安全生产管理工作，做好施工期间临时交通组织方案和安全设施，确保施工文明、安全。

(1) 施工区标志：用于路面工程施工过程中占用车道、封闭道路、借道行驶等。施工区标志根据规范及实际需要，按组进行设置，重复使用。施工现场标志支撑采用支架结构形式；标志板采用 1mm 厚镀锌钢板，采用材料为二级反光膜；字高 30cm。标志尺寸应符合国标要求，并用沙袋等重物压稳。

(2) 临时交通标线：设置临时标线，包括车道边缘线、车道分界线，用以渠化通向交通、分离对象交通；标线采用溶剂型反光标线。

(3) 临时隔离设施：包括临时隔离栅、隔离墩、水马、锥形路标、防撞桶等。锥形路标、防撞桶配合施工标志使用，或作为简易隔离设施单独使用。

(4) 警告标志：前方施工标志设在警示区的起点处；前方车道变窄标志应设在车道变窄处前方至少 400 米处，并悬挂明显的安全标志牌与危险源辨识牌，即“前方施工”“道路施工”“车辆慢行”“限速标志”“边坡施工危险”等安全标志，各类标志均应符合《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）的规范要求，并具有夜间反光功能。

(5) 在施工中要有专职安全员指挥、疏导、提示。危险区要有专人警戒；施工区的车辆进出口在现场合理位置选择，临时车道施工车辆通行，不少于 4 米宽，并在前 50 米处挂标志牌“前施工区车辆出入口，车辆慢行”，等交通安全标示牌。

(6) 施工作业控制区布置图参考《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）中关于二、三级公路养护作业控制区布置相关规定和各类型作业控制区布置，严格按规范布置相应临时交安设施，确保施工期间交通安全。

8.4 主要施工技术要求

8.4.1 路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固施工要求

1、施工工序

本项目路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固施工分为 6 段先后施工，施工段落顺序为 K3087+906~K3087+928 段→K3087+857~K3087+880 段→K3087+880~K3087+906 段→K3087+840~K3087+857 段→K3088+019~K3088+044 段→K3088+090~K3088+101 段。施工工序为微型钢管桩施工→锚杆施工→路肩墙施工，一个段落所有施工工序完成后方可进行下一段落施工。

2、施工工艺流程

为确保工程实施效果和工程质量，施工过程必须严格按照工艺流程进行，严格控制各个工序的施工顺序、施工工艺、施工质量等。其工艺流程如下：施工放线→场地平整、开挖土→无缝钢管加工→钢管桩钻孔放样→钻进成孔→清孔、成孔验收→下放注浆无缝钢管→保证注浆压力→注浆→锚杆钻孔放样→钻进成孔→清孔、成孔验收→下放锚杆→锚杆注浆→浇筑路肩墙。施工应按先内排后外排、隔孔跳打的顺序进行。

3、施工准备

施工单位需做好施工前准备，如施工开始前应准备的钻孔设备、注浆机械等设备，并对进场设备进行保养及试用，保证其工作性能正常。为避免因机械设备和过往车辆的振动导致注浆孔内坍塌，须在钻孔完成时及时放入无缝钢管。同时做好水泥浆、无缝钢管等原材料的试验检测工作，确定各项技术参数。

4、微型钢管桩施工

(1) 无缝钢管加工

根据地质勘察资料和设计文件要求，本工程加工的钢管桩应直接预制、严禁焊接制成，长度为 6m、8m、12m 三种尺寸。

(2) 钻孔设备的选择

施工过程中应根据场地条件、地质条件、施工效率等因素选择相应的钻孔设备。
本工程采用潜孔钻机干法成孔，严禁水钻。

(3) 钻孔定位

场地平整后根据图纸给出的坐标，采用全站仪进行孔位定位，并打好木桩进行标记。为保证施工精度，控制成桩的倾斜度，钻孔孔位与图纸或设计的偏差应控制在 25mm 范围以内，同时角度与水平面垂直，误差应控制在 1% 以内。

(4) 钻孔及下放无缝钢管

为保证成孔质量，在钻孔过程中应对孔径、孔深、钻孔倾斜度进行控制，并应选择对钻孔周边地层扰动小的施工方法。钻孔采用跳孔进行施工，对孔壁稳定性较差且可能会发生塌孔的桩孔应及时下放无缝钢管以避免发生塌孔。桩孔按矩形布设且纵横向排距根据地质情况采用 150cm×100cm、120cm×100cm 排距，孔径≥250mm，孔位偏差宜为±20mm。为保证钻孔垂直度偏差不超过±1%，施工前应先将钻架调整至符合要求的角度，钻孔过程中应随时检测垂直度并及时调整钻架。对孔深、孔径及孔间距等进行复测无误后放入验收合格的钢管。钢管桩施工时，采用跳桩施工，钻机成孔清孔后，应及时吊放钢管，避免空孔时间过长。

(5) 注浆

采用 M30 水泥浆注浆，注浆从孔底开始注浆。每孔必须保证一次注浆到位，注浆压力 0.6~1.0MPa。当孔口返出浆液与灌入浆液质量一致时，注浆即可结束。注浆结束后用小石子将钢管桩与孔口塞紧，维持桩体 2 天不被摇动。

5、锚杆施工

(1) 施工前应做锚杆抗拔力验证试验。

(2) 孔轴应保持直线，孔位允许偏差为±50mm，深度允许偏差为-10~+50mm。

(3) 注浆前应将孔内粉尘、石渣清理干净。锚件置入前应作除锈处理，若地层岩土具腐蚀性，应用环氧树脂涂刷钢筋以达到防腐处理。

(4) 锚杆应采用弯钩形式与外排微型钢管桩连接，详见设计图纸。

(5) 采用 P.O 42.5 或以上标号水泥注浆。

(6) 采用孔底注浆法，插入锚筋后，注浆管应插至距孔底 50~100mm，注浆压强不宜少于 0.4MPa。

6、路肩墙施工

(1) 路肩墙施工需在微型钢管桩和锚杆注浆完成后进行。

(2) 路肩墙墙身采用现浇 C20 砼。

(3) 沉降缝每 10~15m 设置一道，缝宽 2cm，墙顶、内、外侧采用沥青麻絮充填 20cm。

(4) 泄水孔布置在地面或常水位以上 30cm，间距 2~3m，上下两排交错布置。

(5) 墙背采用复合波形排水垫并设置排水管排水，且排水管下部采用 15cm 后黏土封层。

(6) 墙体需待其强度达 75% 以上时，方可回填墙背填料，墙后回填料采用人工填筑、分层夯实，夯实时避免墙身受较大冲击。其压实度与正常路段相同。

(7) 路肩墙墙顶为砼护栏基础，应注意预留护栏基础位置并按照砼护栏要求施工，砼护栏设计图纸详见交通安全设施设计图。

8.4.2 锚杆格梁施工要求

(1) 边坡锚杆格梁施工坡面修整后应平整、密实，无溜滑体、蠕变体和松动岩块。

(2) 施工前应做锚杆抗拔力验证试验。

(3) 孔轴应保持直线，孔位允许偏差为±50mm，深度允许偏差为-10~+50mm。

(4) 注浆前应将孔内粉尘、石渣清理干净。锚件置入前应作除锈处理，若地层岩土具腐蚀性，应用环氧树脂涂刷钢筋以达到防腐处理。

(5) 楔形台座角度应根据实际情况调整，保证锚杆轴向与垫片及锚具垂直。

(6) 浆液采用 M30 水泥浆，水泥采用 P.O 32.5 或以上标号水泥，水泥浆应随拌

随用。

(7) 采用孔底注浆法，插入锚筋后，注浆管应插至距孔底 50~100mm，并随水泥浆的注入逐渐拔出，注浆压强不宜少于 0.4MPa。

(8) 格梁应格梁因嵌入土体内 20cm，锚杆格梁地梁埋深应不小于 50cm。

(9) 坡面采用挂网喷砼防护，护面工程应与格梁合理搭接。

(10) 施工期间加强坡面形变观测，于坡顶及坡面特征部位设置观测桩网，定期进行观测边坡变形情况，以便必要时采取工程措施，有效控制边坡变形，确保防护效果。

(11) 应进行锚杆验收试验，检验项目为锚杆拉拔力、注浆强度、锚杆体长度、锚孔孔径等项目，锚杆验收的数量为工作锚杆的 5%，且不少于 3 根。锚杆工程的质量检验与验收标准应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086—2015）表 14.2.3-1 与《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）表 6.6.2-1 的规定。

8.5 施工注意事项

1、本项目灾害防治施工工序顺序：排水恢复施工→路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固施工→锚杆施工→路面恢复施工→交安工程恢复施工，施工时需严格按照工序顺序施工。

2、本项目为已营运项目，施工进场前要向营运管理单位进行申报，并按有关要求办理各种相关手续。

3、施工前应做好施工交通管制措施，应及时设置必要的交通疏导标志标线，交通管制人员要专人专用，确保施工期间施工机械设备、施工人员不影响项目公路的正常运营及通行安全。

3、路基防护施工要求

(1) 进行防护工程施工时，应避免雨季施工，合理安排施工顺序。施工中应采取措施截断流向坡体的地表水、地下水及临时用水等水体。

(2) 钢管桩施工时，采用跳桩施工，钻机成孔清孔后，应及时吊放钢管，避免空孔时间过长；下放微型钢管桩完毕后，应及时进行注浆，注浆管直接接入到的钢管孔底上，注浆从孔底开始注浆。每孔必须保证一次注浆到位，当孔口返出浆液与灌入浆液质量一致时，注浆即可结束。

(3) 锚杆格梁施工，应确保坡面平整、密实，无溜滑体、蠕变体和松动岩块。施工前应做锚杆抗拔力验证试验。注浆前应将孔内粉尘、石渣清理干净。锚件置入前应作除锈处理，若地层岩土具腐蚀性，应用环氧树脂涂刷钢筋以达到防腐处理。

(4) 需在挡墙顶设置监测点，施工期间及运营期一年内进行定期监测。

9 质量检验与工程验收

9.1 质量检查

(1) 所有材料到达工地后，均应进行质量检查，合格后方可使用。

(2) 混凝土、砂浆及钢材应按规范见证取样做强度试验。

(3) 所有材料均应进行质量检查，合格后方可使用，质量检查依据详见设计图。

(4) 锚杆施工前，应进行基本试验检验荷载，锚杆试验数量不得少于 3 根，试验要求参照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086-2015）等相应规范规程进行。

表 8-1 锚杆基本试验荷载值及试验根数要求

项目 锚杆类型	试验荷载值(kN)	试验根数
1 C28	不低于 120	不少于 3 根

9.2 工程验收

(1) 原材料出厂合格证，工地材料试验报告，代用材料试验报告。

- (2) 提供锚杆+挂钢筋网喷砼及边沟等的施工记录。
- (3) 混凝土及砂浆强度试验报告，边坡外观尺寸等检查。
- (4) 锚杆完工后，应对锚杆进行验收试验，验收数量及试验荷载值参照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086-2015）等相应规范规程进行。

表 8-2 锚杆验收试验荷载值及试验根数要求

项目 锚杆类型	试验荷载值(kN)	试验根数
1 C28	不低于 100	该类型锚杆总数的 5%，不少于 5 根

- (5) 隐蔽工程检查验收记录。
- (6) 竣工图。
- (7) 质量检查与验收应符合规范要求，验收报告应提交给有关部门及设计单位。

10 其他说明与要求

- 1、施工时要采取必要的安全措施，确保施工区设施和人员的安全，要加强对施工噪音、粉尘等的控制，避免扰民造成不良影响。
- 2、施工前应通知设计单位进行必要的设计交底工作，以保证设计在施工过程中顺利实现；部分测图资料有误差，施工中应做好施工测量，以保证治理工程的准确放样；同时，如遇现场放样情况与设计图纸有较大出入时应及时反馈，以便完善设计图纸。
- 3、项目施工前应确认治理区是否发生较大变化，若变化后与原设计方案出入较大应做相应方案调整。
- 4、施工单位应严格认真编写施工组织设计，合理安排交叉项目的施工，并严格控制所有工程的施工质量，以保实施治理工程的有效性。
- 5、应建立、健全科学的灾害预防、预警机制，对边坡进行定期的监测，并根据不同地质灾害情况制定相应的救灾抢险方案。
- 6、工程实施中，应做好施工管理及安全防护措施，特别是道路区施工的安全

保障措施，设置警示牌、警示线或隔离挡板进行必要的围挡施工。

11、G241 线 K3087+826~K3091+433 段灾害防治工程设计方案审查会议纪要

- 1.该路段包括 1 处一级灾害风险点，1 处二级灾害风险点，位于梧州市藤县东荣镇上峡村附近，灾害点地处构造侵蚀剥蚀类型低山丘陵地貌单元，在降雨等因素下，存在滑坡与崩塌等地质灾害隐患，影响公路正常运营和过往车辆、行人安全。
- 2.原则同意设计方案，路基支挡采用设置路肩墙与微型钢管桩，锚杆加固等措施进行防治，钢管桩建议按矩形布置，补充相应锚杆以及钢管桩的受力说明；进一步加强排水设计，尤其是内侧填平区及深层泄水孔的设计，支挡抗滑结束后，可以适当补充一些注浆措施，强化路基整体稳定。
- 答复：修改钢管桩布置由梅花型修改为矩形布置，相应锚杆以及钢管桩受力说明见设计说明 6.2 章，边坡稳定性分析详见路堤边坡稳定性计算书；设计对内侧填平区设置C20 砼梯形排水沟，填平区采用水泥毯封闭隔水。由于路堤病害位置位于陡坡处，采用压浆方式容易跑浆露出陡坡地表，故不采用注浆处理。

附件:

广西壮族自治区公路发展中心纪要

桂路纪要〔2024〕47 号

G324 线 K1766+500 ~ K1774+500 段 等 14 个国道灾害防治项目设计 方案审查会议纪要

(2024 年 12 月 31 日)

2024 年 12 月 25 日,广西壮族自治区公路发展中心在南宁市组织召开 G324 线 K1766+500 ~ K1774+500 段等 14 个国道灾害防治项目设计方案评审会议。会议听取了设计单位代表关于灾害防治设计方案情况汇报,与会各专家与代表认真审阅和讨论各项目设计方案文件,对灾害防治设计方案提出意见和建议并形成审查意见。现将会议纪要如下:

一、桂西公路发展中心

(一) G324 线 K1766+500 ~ K1774+500 段灾害防治项目

1. 该路段包括 1 处二级灾害风险点,位于隆安县城往平果方向路段,灾害类型为浅层滑坡。因持续强降雨影响,山体多处发生滑坡和崩塌,现边坡上方截水沟损坏漏水,原土质边坡坡率较陡,滑坡堆积体堆积在坡面上,边坡现状稳定性较差,仍有进一

求，水文情况要求等。

三、桂林公路发展中心

G241 线 K2688+400~K2694+400 段灾害防治项目

1. 该路段包括 3 处二级灾害风险点，位于桂林市资源县中峰镇八坊村附近，灾害点地处侵蚀剥蚀-中山地貌单元，该路段部分上边坡现状局部不稳定，存在碎落崩塌等地质灾害隐患，影响公路正常运营和过往车辆、行人安全。

2. 原则同意设计方案，采取清理坡面松散岩土体、锚杆挂钢筋网喷射混凝土、完善防护排水设施等措施进行防治。对于 K2694+160~K2694+300 段边坡建议不对坡面进行清理，改为挂帘式网防护。

3. 根据边坡实际情况补充相应地质资料，对于边坡防治方案进行适当补充说明。

四、桂东公路发展中心

(一) G241 线 K3087+826~K3091+433 段灾害防治工程

1. 该路段包括 1 处一级灾害风险点，1 处一级灾害风险点，位于梧州市藤县东荣镇上峡村附近，灾害点地处构造侵蚀剥蚀类型低山丘陵地貌单元，在降雨等因素下，存在滑坡与崩塌等地质灾害隐患，影响公路正常运营和过往车辆、行人安全。

2. 原则同意设计方案，路基支挡采用设置路肩墙与微型钢管桩，锚杆加固等措施进行防治，钢管桩建议按矩形布置，补充相应锚杆以及钢管桩的受力说明；进一步加强排水设计，尤其是内

— 4 —

侧填平区及深层泄水孔的设计，支挡抗滑结束后，可以适当补充一些注浆措施，强化路基整体稳定。

(二) G355 线 K1401+390~K1410+420 段灾害防治项目

1. 该路段包括 1 处二级灾害风险点，2 处三级灾害风险点，位于梧州市苍梧县六堡镇附近，灾害点分别地处低山丘陵地貌单元，该路段原发生边坡危岩崩落，边坡坡面较为裸露，节理裂隙发育，坡顶存在浮土石，顶部存在碎落崩塌等地质灾害隐患，影响公路正常运营和过往车辆、行人安全。

2. 原则同意设计方案，采取对边坡进行坡面清方、危石清理、挡土墙防护，完善防护排水设施等措施进行防治。

五、百色公路发展中心

(一) G324 线 K2090+400~K2100+000 段灾害防治项目

1. 该路段包括 1 处一级、1 处二级和 4 处三级灾害风险点，位于百色市隆林各族自治县平班镇附近，该路段部分左侧边坡坡面裂隙发育，边坡基岩裸露，边坡岩体较为破碎，受风化及雨季雨水冲刷影响，上部岩体在重力及卸荷裂隙的作用下发生崩塌，坡面松散岩土体易掉落至公路路面；部分路段左侧山体冲沟顶部主要是残坡积粉质黏土、碎石块等物质，在暴雨水源诱发下沟内两侧松散堆土崩塌形成泥石流冲至路面，存在安全隐患。

2. 原则同意设计方案，对 G324 线 K2096+835~K2096+940 段上边坡进行修整，采用锚杆格梁防护，新建混凝土边沟、挡土墙，完善排水设施；同意对 K2098+100 和 K2099+400 路基采用新建 1-4

— 5 —

1. 该路段包括 2 处一级和 4 处二级灾害风险点，位于河池市罗城县龙岸镇平石村附近，灾害点地处剥蚀中低山地貌单元，该路段边坡曾发生崩塌落石灾害，部分松散岩体仍残留于坡体上，仍存在较大的崩塌安全隐患。

2. 原则同意设计方案，采取沿线边坡坡脚设置挡墙、按坡率 1:0.75~1.0 顺层清方、采用锚杆挂网喷砼护坡、下行线上边坡危岩落石路段采用被动防护网、根据场地地形条件完善排水系统等措施进行防治，建议进一步优化锚杆长度及喷射混凝土厚度。

3. 结合各路段灾害特征，根据实际情况核查边坡滑动面（潜在）深度及其合理性，并完善相关设计文件。

（二）G210 线满都拉-防城港 K3135+700~K3141+800 公路灾害防治项目

1. 该路段包括 1 处二级灾害风险点，位于河池市金城江段河池镇水任立交附近，灾害点所处地貌类型为峰丛洼地，右侧上边坡覆盖土层较厚，受雨季雨水冲刷，边坡表层粉质黏土发生滑坡等地质灾害，影响公路正常运营和过往车辆、行人安全。

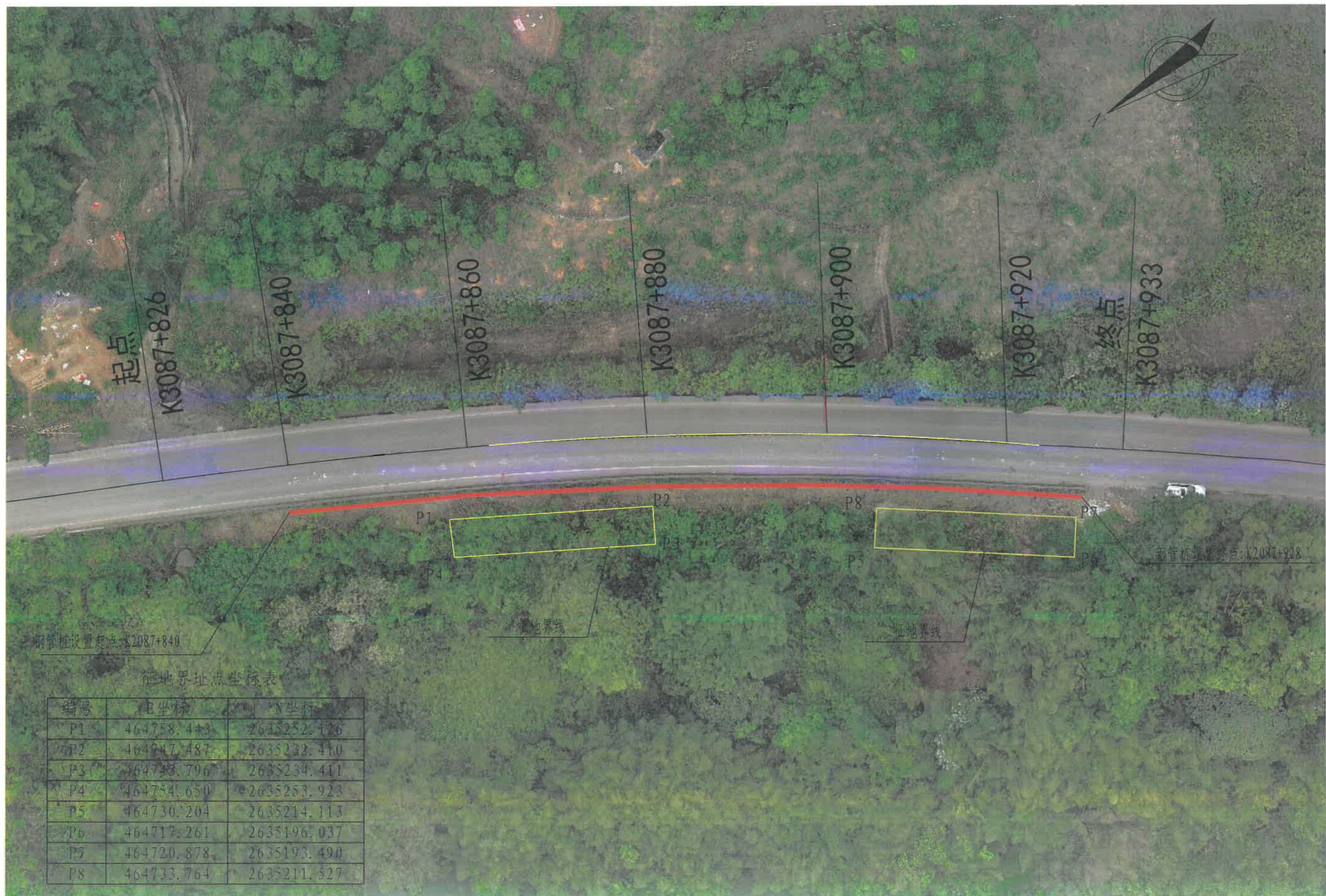
2. 核实 K3139+901~K3139+964 段右侧上边坡电塔的电压等级，建议复核病害路段工程地质条件及地层岩性物理力学指标，分析滑坡等病害成因，并根据病害成因，进行设置抗滑桩与设置生根挡墙的对比分析择优选择合理的治理方案。

出席：特邀专家李敦仁、张红日、黄丽梅，自治区公路发展

— 8 —

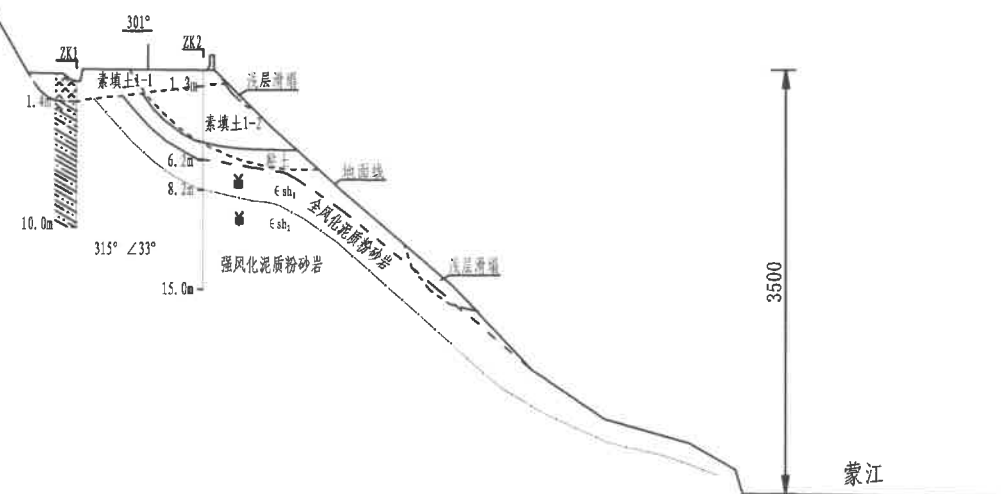
中心张杰、周书林、陆庆荣、莫耀祺，桂西公路发展中心曹辉、周云钊，桂中公路发展中心曾运清，桂林公路发展中心曾文树，桂东公路发展中心主任甘远观、王涛、王猛，百色公路发展中心潘超然、赵龙金，河池公路发展中心周莹、谭仁智、黄秋杨，广西交投集团有限公司官少龙、黄晨、罗大庆、黄晖任、潘政宇，柳州桂中公路勘察设计有限责任公司杨轮才、吴世伟，广西交通设计集团唐庚、何俊杰，广西联辰信工程咨询有限公司赵炳海、蒙培峰、胡飞虎，广西桂兴达交通工程咨询有限公司凌建新、李景田、许景棉。

— 9 —

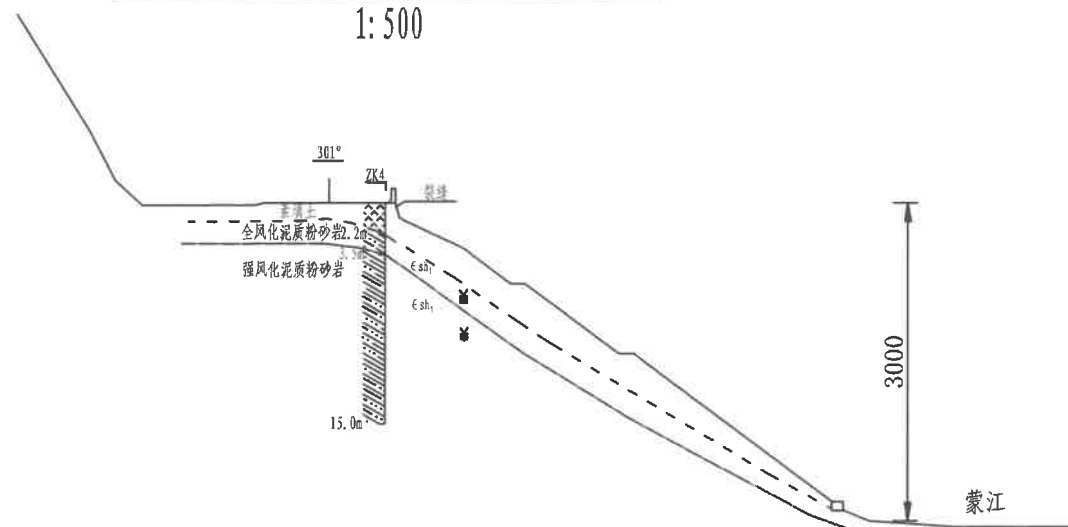


比例尺: 1:400

1:500



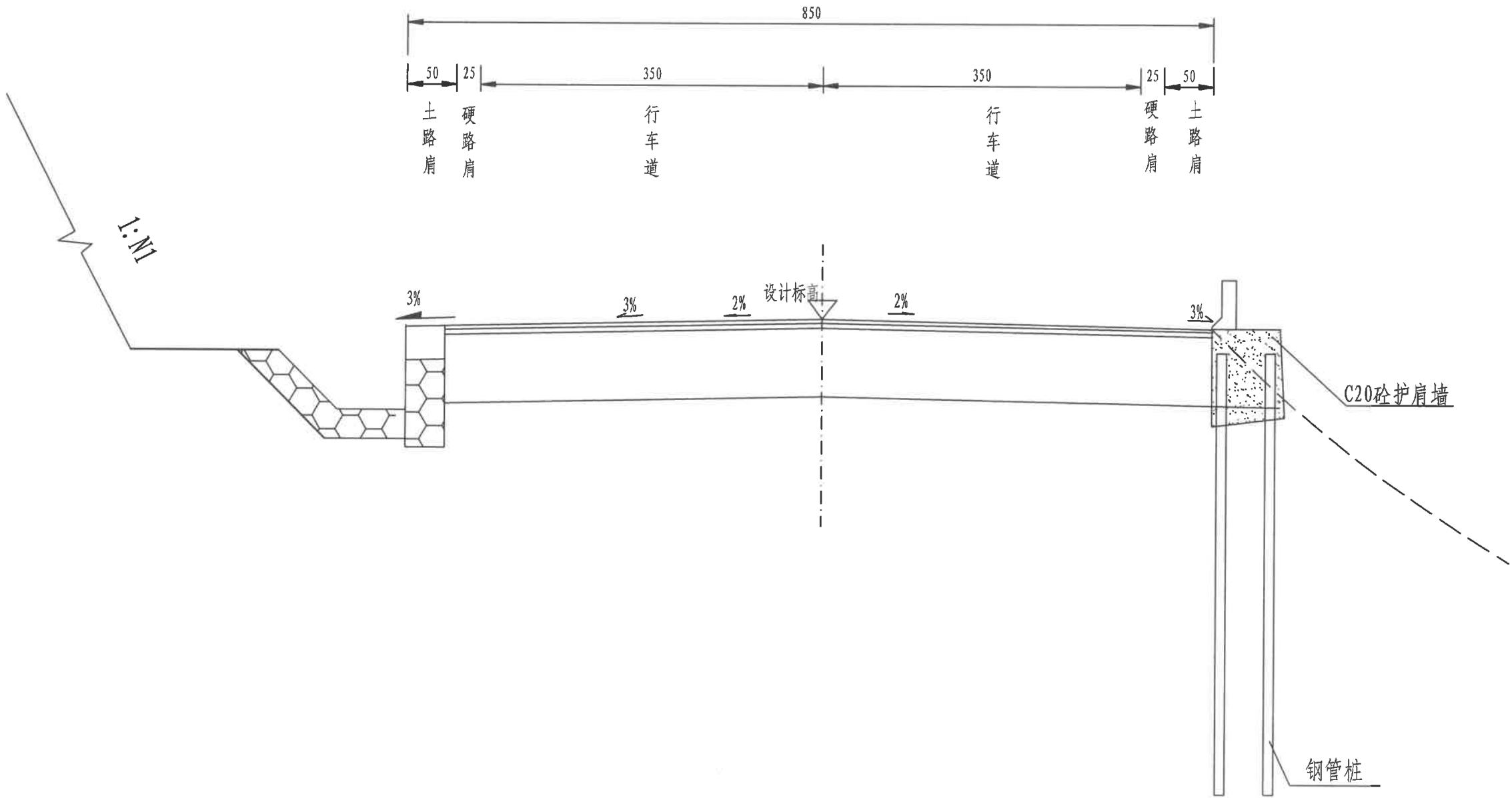
1: 500



1、本图尺寸均以厘米为单位。

路基标准横断面图

(1:50)



附注:

- 1、本图尺寸均以厘米为单位。
- 2、图中m为填方边坡坡率，n为挖方边坡坡率。

(微型钢管桩+路肩墙)

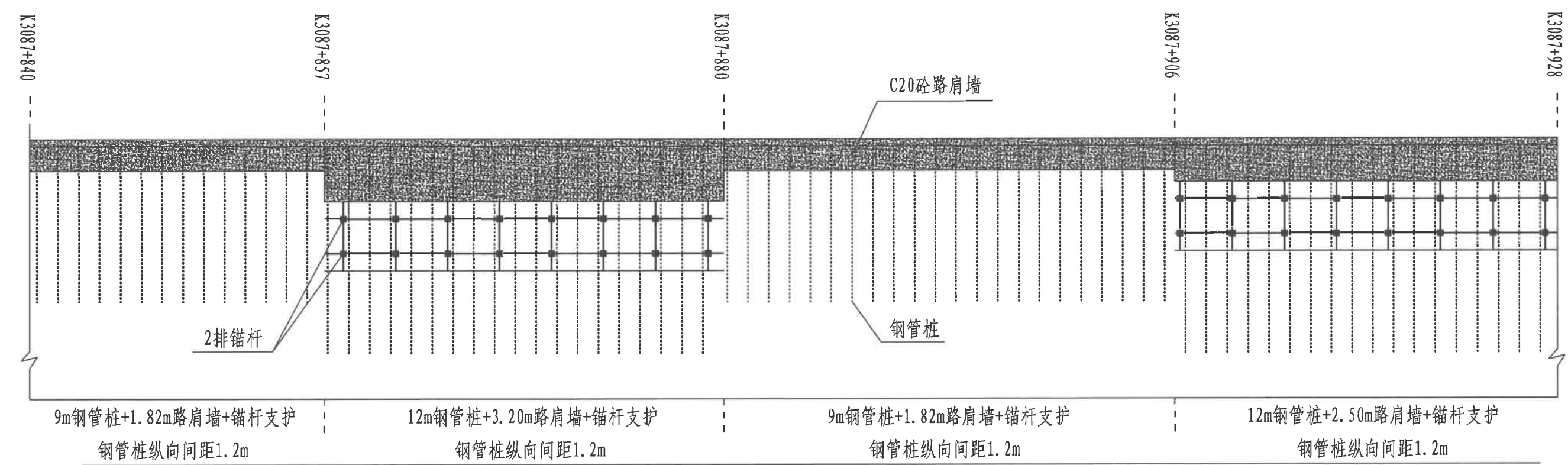
第 1 页, 共 1 页

编制: 黄镇革

微型钢管桩加固立面图

1:250

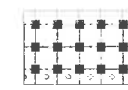
1/9



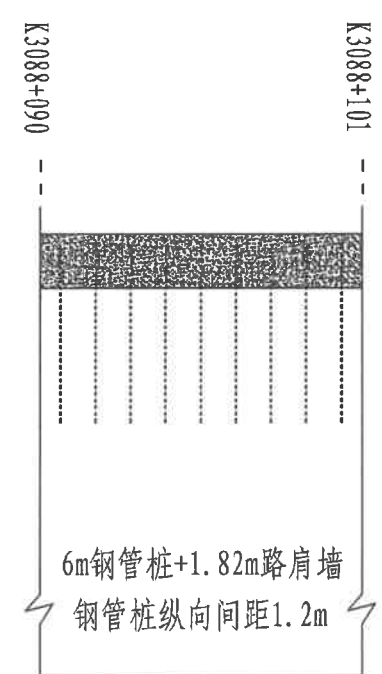
图例



C20砼路肩墙



锚杆格梁



说明:

- 1、本图适用于G241线K3087+826~K3091+433段路基加固处治,微型钢管桩设置范围为K3087+840~K3087+928段、K3088+090~K3088+101段路基右侧。K3087+840~K3087+928段每两排微型钢管桩、路肩墙及锚杆组成一组支挡结构;K3088+090~K3088+101段每两排微型钢管桩、路肩墙组成一组支挡结构。
- 2、K3087+857~K3087+880段、K3087+906~K3087+928段路肩墙下部设置两排锚杆组成的锚杆框架梁,锚杆长12m。
- 3、施工及后期运营过程中,应加强变形观测,根据监测数据判定挡土墙、路基是否稳定,发现问题应及时预警并采取有效应对措施,确保路基安全稳定。
- 4、其他未尽事宜按照相关规范规程办理。

广西交科集团有限公司

G241线K3087+826~K3091+433段
灾害防治工程一阶段施工图设计

路基右侧加固处治设计图

设计 黄颖丰 复核 余科 审核 孙大 图号 T2-9

1:100

(2)



- 1、图中尺寸以"cm"为单位。
- 2、本图适用于G241线K3087+906~K3087+928段路基加固处治。
- 3、本图为微型钢管桩+锚杆组合结构，每两排微型钢管桩及路肩墙组成一排锚筋群桩，锚杆纵向间距2.4m，锚杆长12m，锚杆入射角 20° ，锚杆抗拔力 $\geq 120\text{kN}$ ，锚头与外侧钢管用弯钩连接。
- 4、护肩墙下部坡面设置两排锚杆组成的锚杆框架梁，锚杆水平间距3m，垂直间距2m，锚杆长12m，锚杆入射角 20° ，锚杆抗拔力 $\geq 120\text{kN}$ 。格梁因嵌入土体内20cm，格梁间采用挂铁丝网喷砼封闭，喷砼厚度10cm。锚杆格梁地梁埋深应不小于30cm。
- 5、微型钢管桩($\Phi=203\text{mm}$ $\delta=8\text{mm}$)桩体材料采用Q345级热轧无缝钢管，钢管桩长12m，为通长钢管，严禁焊接形成。
- 6、路肩墙采用C20砼路肩墙，墙高2.5m，基础埋深不小于1m。路肩墙设置PVC泄水孔，长度2.0m，纵向间距5m，出水口应高出地面0.3m；施工中应预埋 $\phi 90\text{PVC}$ 管（公称外径为90mm），泄水孔进水口部分的反滤层用砂砾覆盖，并用无纺土工布包裹。墙背设置复合波形排水垫为采用“W”形纵向全断面排水通道的三维聚丙烯网垫与两层聚丙烯长丝纺粘土工布热粘形成的三维复合排水材料；复合体单位面积质量为 $670\text{g}/\text{m}^2$ （公差 $\pm 10\%$ ），厚度6.2mm（公差 $\pm 10\%$ ），排水能力： 100kPa 下水力梯度1时平面通水量为 $1.3\text{ L}/(\text{m}\cdot\text{s})$ （公差 $\pm 30\%$ ）， 200kPa 下水力梯度1时平面通水量为 $1.18\text{ L}/(\text{m}\cdot\text{s})$ ，纵向抗拉强度 $16\text{kN}/\text{m}$ （公差 $\pm 20\%$ ）；聚丙烯长丝纺粘土工布纵、横向抗拉强度为 $8\text{kN}/\text{m}$ （公差-2），厚度为0.75mm（公差 $\pm 20\%$ ）。
- 7、在锚杆格梁间设置一排仰斜式深层排水孔，长度10m，间距6m。
- 8、其他未尽事宜按照相关规范规程办理。

复合波形排水垫

341

粘土封层

15

1:0.05

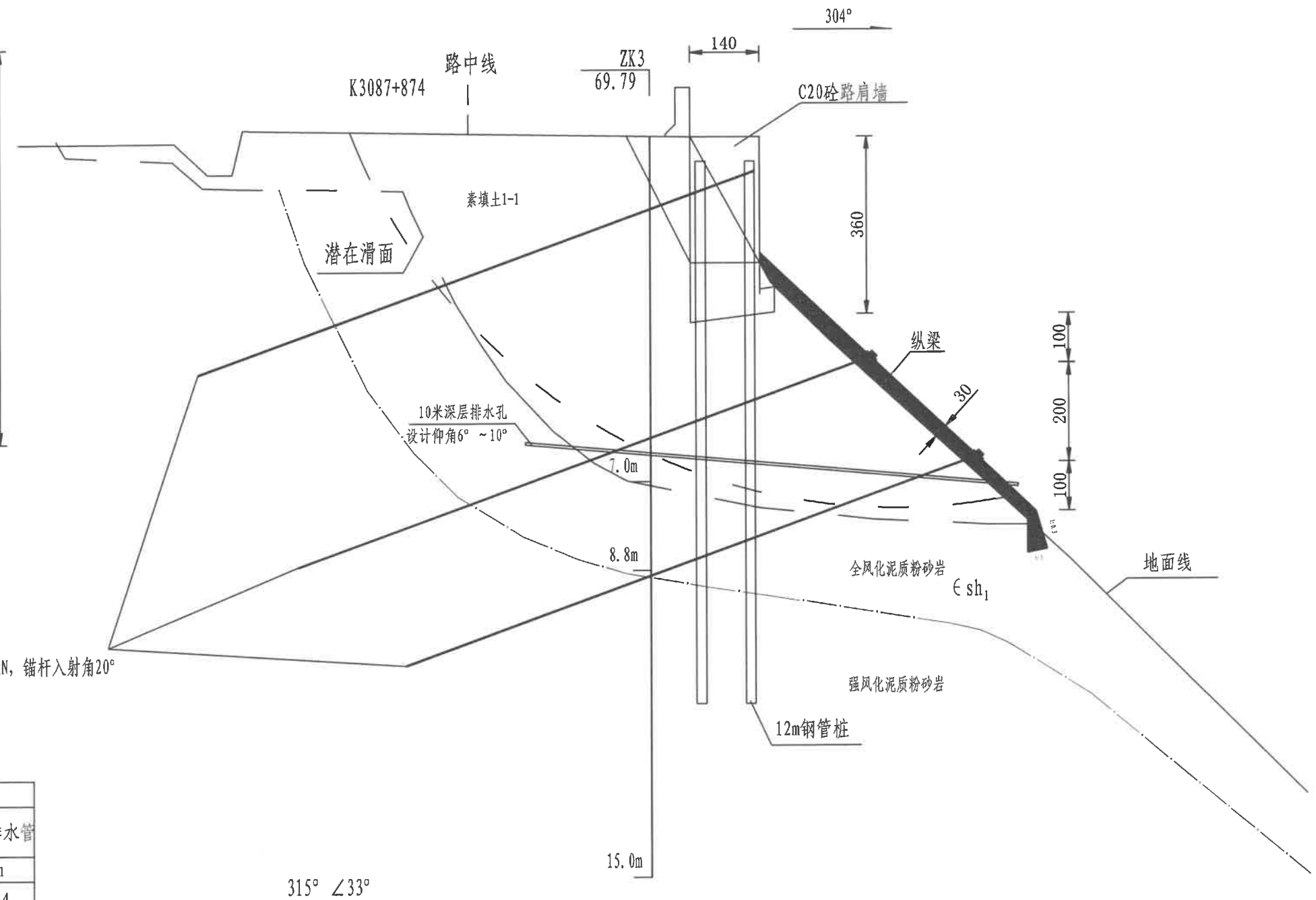
PVC排水管

320

140

Φ32mm锚杆, L=12m, 抗拔力≥180kN, 锚杆入射角20°

路肩墙/每延米		
C20混凝土	复合波形排水垫	PVC排水管
m ³	m ²	m
4.90	3.8	0.4



8、其他未尽事宜按照相关规范规程办理。

微型钢管桩加固典型断面图三

1:100

路中线

304°

C20砼路肩墙

182

Φ32mm锚杆, L=12m, 抗拔力≥180kN, 锚杆入射角20°

素填土

全风化泥质粉砂岩

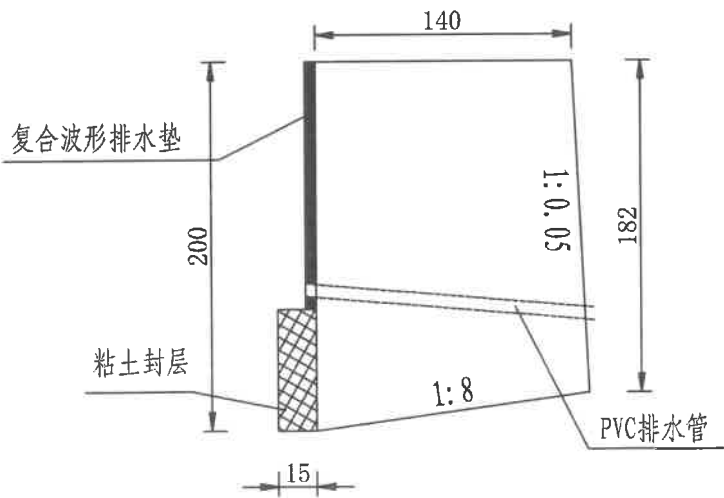
9m钢管桩

强风化泥质粉砂岩

工程数量表

路肩墙/每延米		
C20混凝土	复合波形排水垫	PVC排水管
m ³	m ²	m
2.68	2.0	0.4

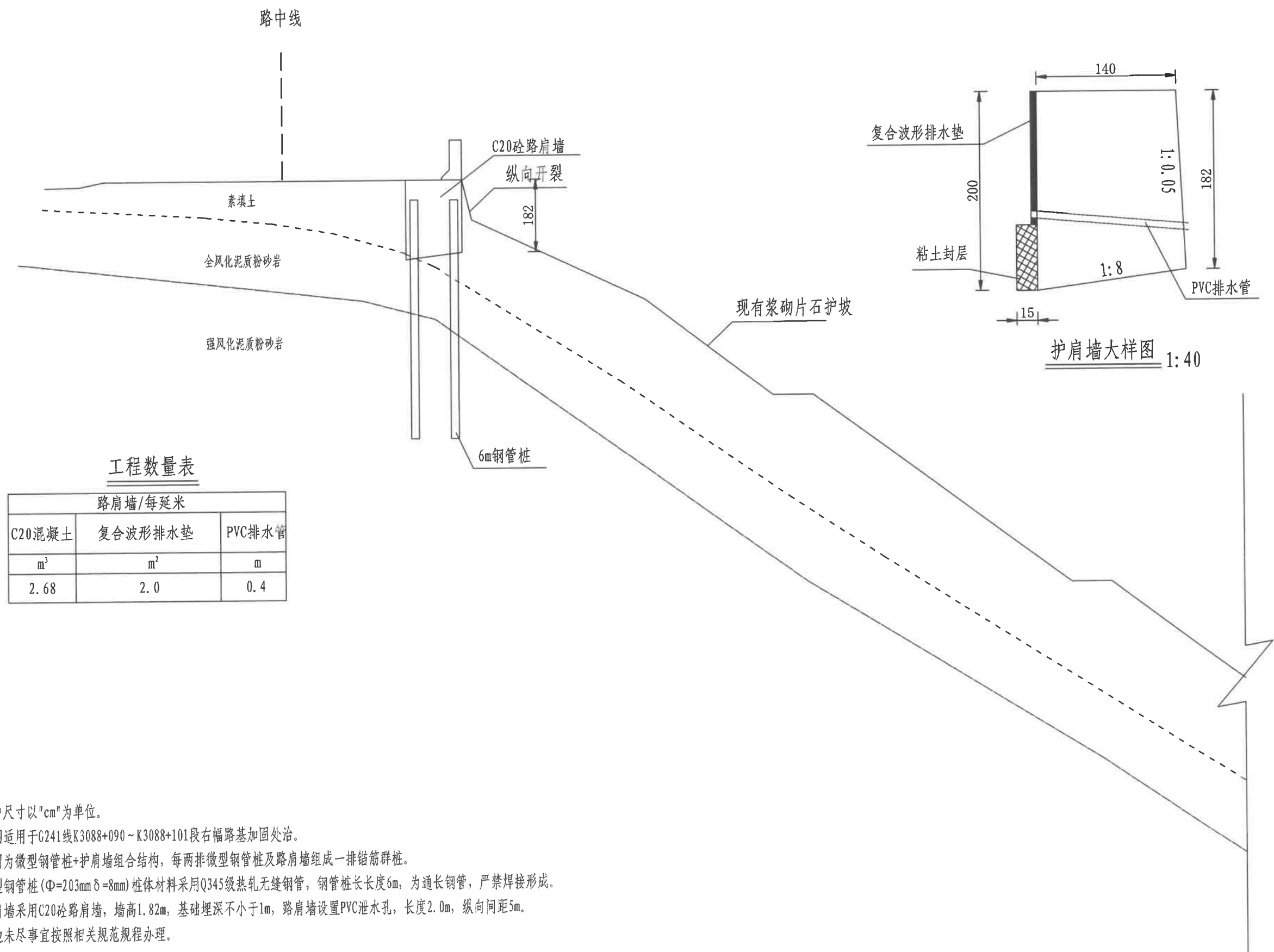
315° ∠33°



护肩墙大样图 1:40

附注:

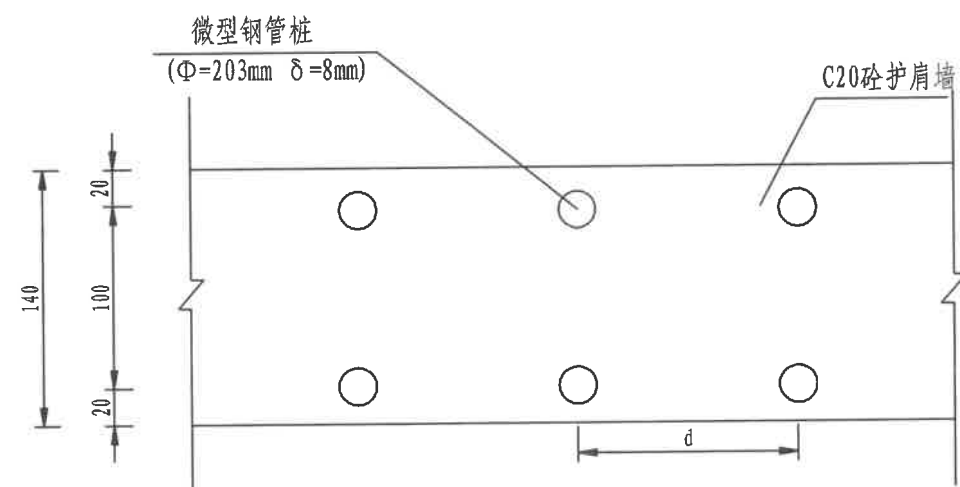
- 1、图中尺寸以"cm"为单位。
- 2、本图适用于G241线K3087+840~K3087+857段、K3087+880~K3087+906段路基加固处治。
- 3、本图为微型钢管桩+锚杆组合结构,每两排微型钢管桩及路肩墙组成一排锚筋群桩,锚杆纵向间距2.4m,锚杆长12m,锚杆入射角20°,锚杆抗拔力≥120kN,锚头与外侧钢管用弯钩连接。
- 4、微型钢管桩(Φ=203mm δ=8mm)桩体材料采用Q345级热轧无缝钢管,钢管桩长长度9m,为通长钢管,严禁焊接形成。
- 5、路肩墙采用C20砼路肩墙,墙高1.82m,基础埋深不小于1m,路肩墙设置PVC泄水孔,长度2.0m,纵向间距5m。
- 6、其他未尽事宜按照相关规范规程办理。



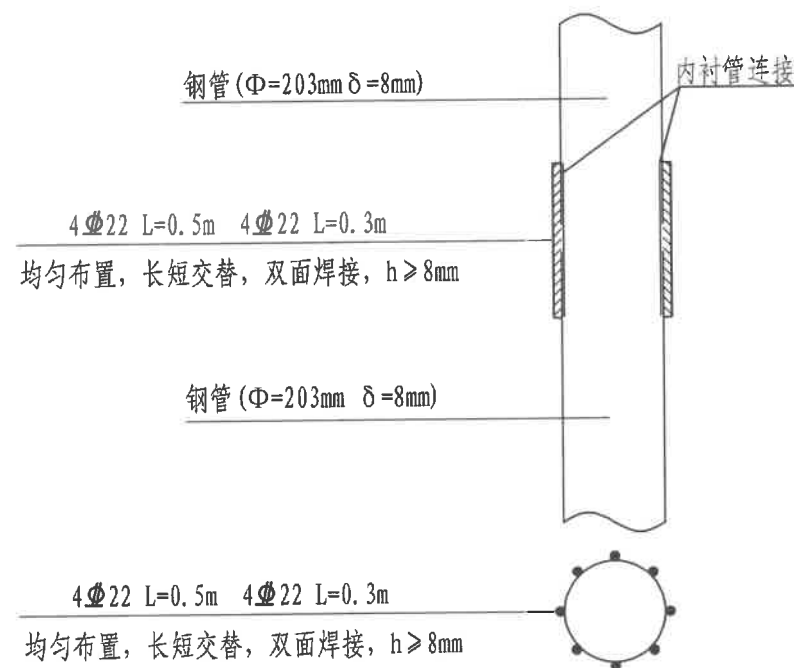
工程数量表

路肩墙/每延米		
C20混凝土	复合波形排水垫	PVC排水管
m ³	m ²	m
2.68	2.0	0.4

- 1、图中尺寸以"cm"为单位。
- 2、本图适用于G241线K3088+090~K3088+101段右幅路基加固处治。
- 3、本图为微型钢管桩+护肩墙组合结构，每两排微型钢管桩及路肩墙组成一排锚筋群桩。
- 4、微型钢管桩(Φ=203mm δ=8mm)桩体材料采用Q345级热轧无缝钢管，钢管桩长长度6m，为通长钢管，严禁焊接形成。
- 5、路肩墙采用C20砼路肩墙，墙高1.82m，基础埋深不小于1m，路肩墙设置PVC泄水孔，长度2.0m，纵向间距5m。
- 6、其他未尽事宜按照相关规范规程办理。



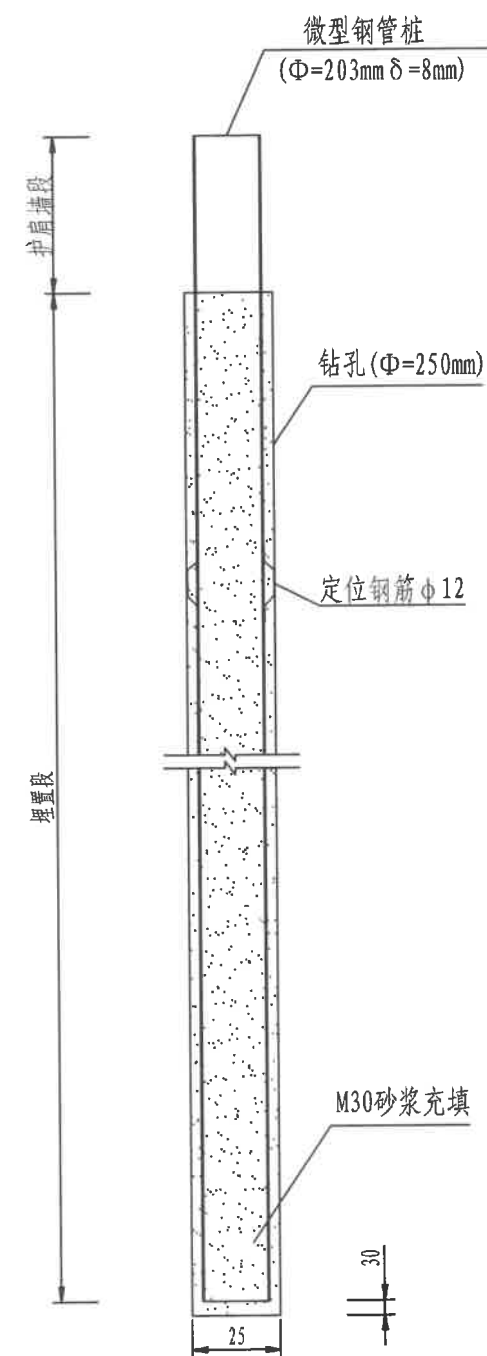
钢管桩平面布置图 1: 40



微型钢管桩钢管接口焊接大样图 (A-A)

1: 10

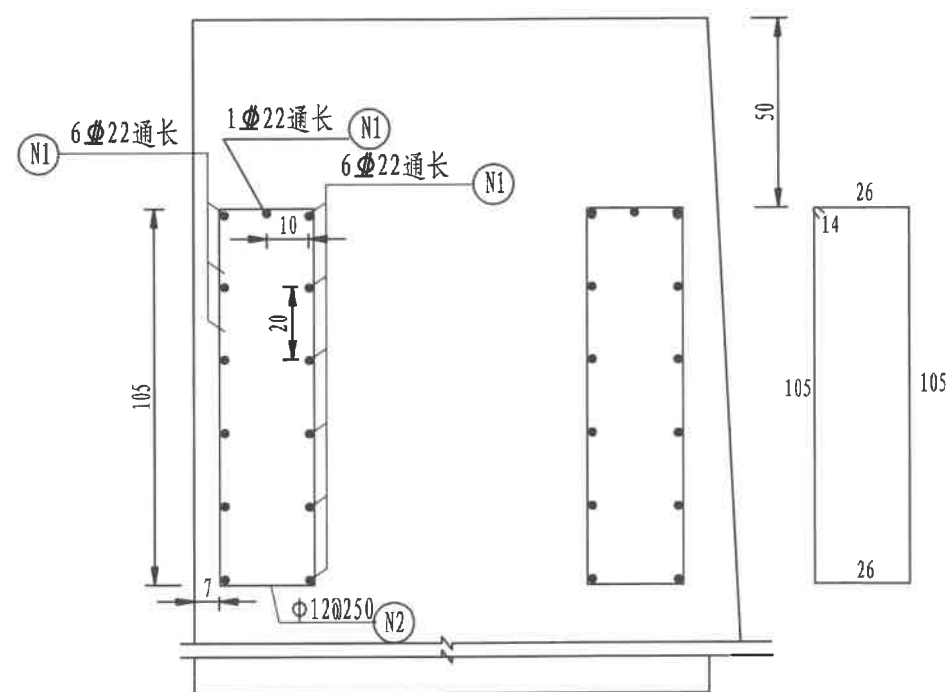
注: 钢管接口先对接焊接, 再用钢筋加强焊接也可用2个半圆钢管片代替钢筋进行焊接连接。



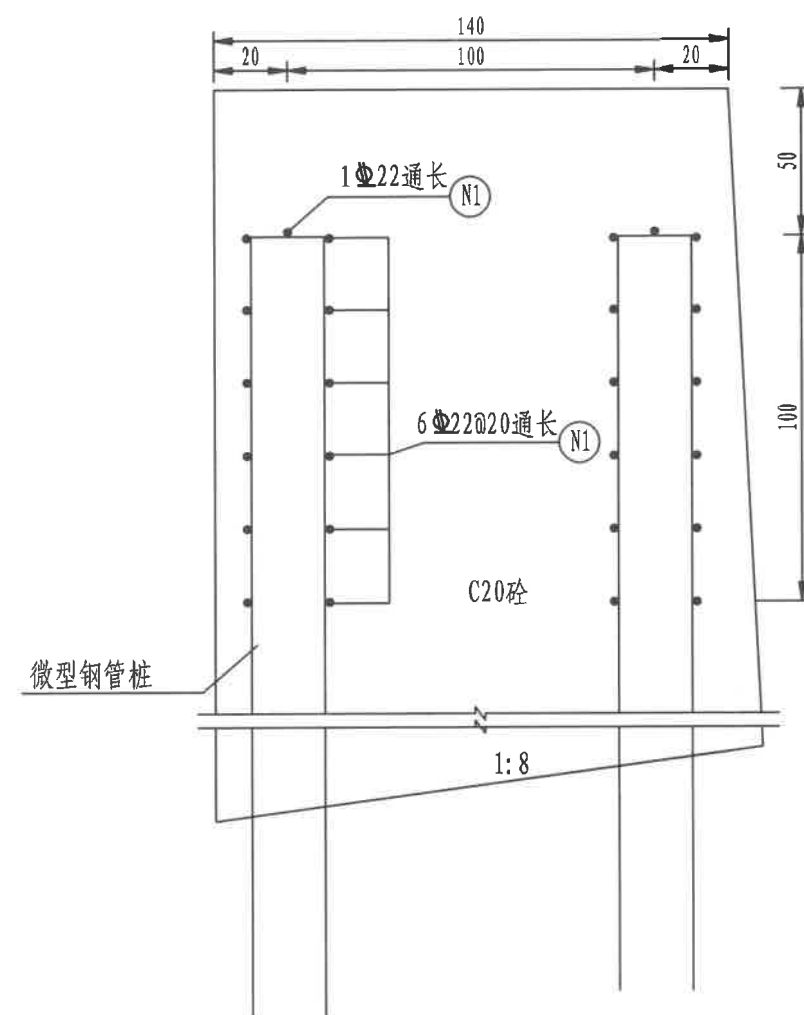
微型钢管桩构造图 1: 20

说明:

1. 图中除钢筋直径以毫米计, 其余均以厘米为单位。
2. 微型钢管桩 ($\Phi=203\text{mm}$ $\delta=8\text{mm}$) 桩体材料采用Q345级无缝钢管。
3. 微型钢管桩桩顶需埋入路肩墙顶以下50cm。
4. 微型钢管桩施工技术要求:
 - 4.1 微型钢管桩钢管桩采用小型钻机成孔, 要求孔径 $\geq 250\text{mm}$ 。桩位允许偏差宜为 $\pm 20\text{mm}$, 桩身垂直度允许偏差应为 $\pm 1\%$, 钻孔深度应较钢管桩长0.3m, 以便沉渣填孔。
 - 4.2 钢管桩施工时, 采用跳桩施工, 钻机成孔清孔后, 应及时吊放钢管, 避免空孔时间过长。
 - 4.3 下放微型钢管桩完毕后, 应及时进行注浆, 注浆管直接接入到的钢管孔底上, 注浆从孔底开始注浆。每孔必须保证一次注浆到位, 当孔口返出浆液与灌入浆液质量一致时, 注浆即可结束。
 - 4.4 砂浆标号M30, 掺微膨胀剂, 掺量为胶凝材料用量的10~12%, 通过试验确定掺入量。配合比由施工单位试验, 提供资料, 与监理、设计共同确定, 每班应抽样检查。
 - 4.5 开挖至钢管桩桩顶标高处, 完成对应钢管桩及连系梁的施工, 并在注浆体达到设计强度后方可进行下一步施工。
5. 其他未尽事宜按照相关规范规程办理。



路肩墙横断面配筋图 1:20



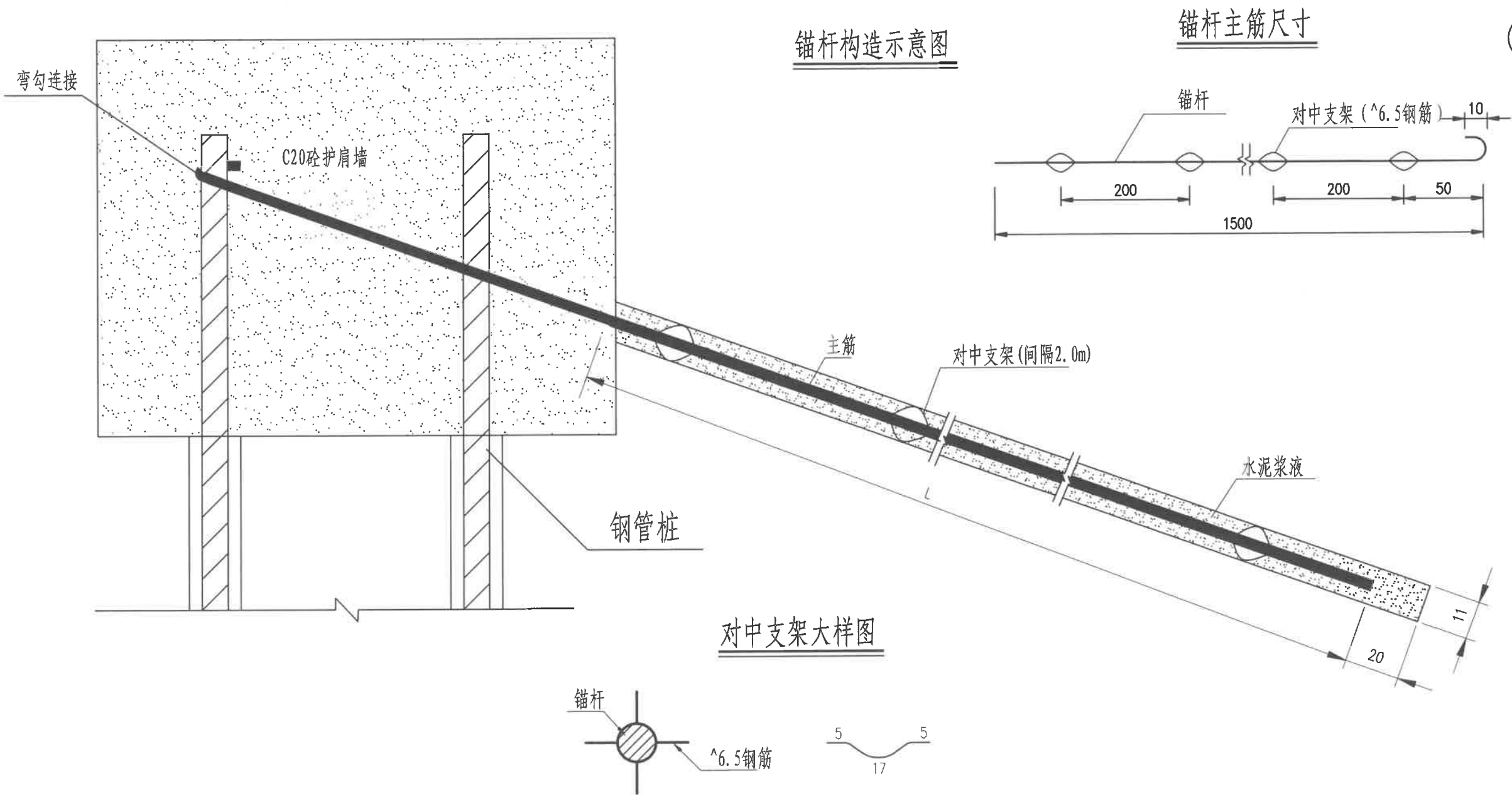
微型钢管桩与C20砼护肩墙连接大样图 1:20

单根微型管桩工程数量表

钢管 $\Phi=203\text{mm}$ $\delta=8\text{mm}$	钻孔 $\Phi=250\text{mm}$	M30砂浆 掺膨胀剂
m	m	m^3
L	$L+0.3$	$0.06(L+0.3)$

每延米钢筋工程数量表

钢筋	
N1	N2
HRB400	HPB300
kg	kg
77.48	20.47



说明:

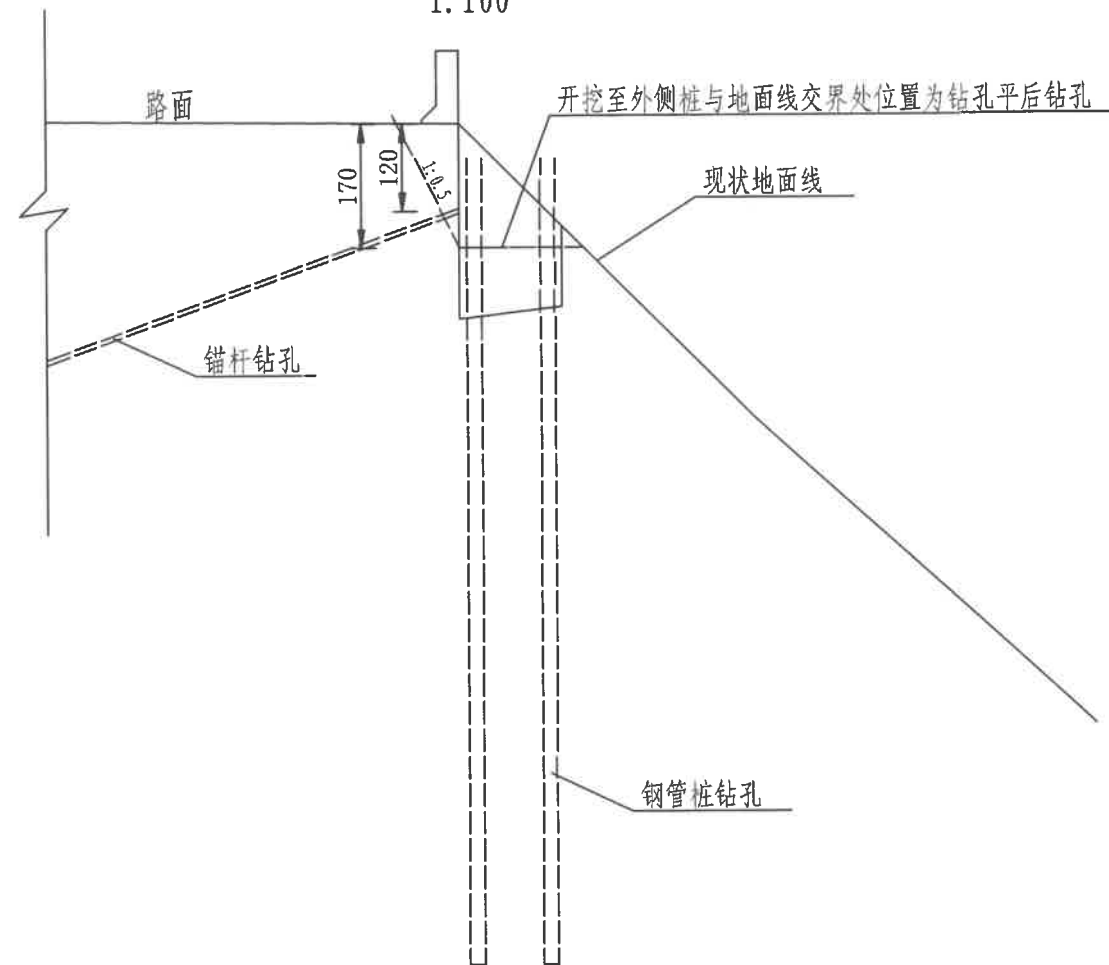
- 1、尺寸除钢筋采用“mm”为单位外，其余以“cm”为单位。
- 2、锚杆纵向间距2.4m，长度L取12m，其主筋采用32mm螺纹钢筋，单锚设计抗拔力为150kN。
- 3、锚杆对中支架自行加工，相邻两个对中支架焊接在互相垂直的平面内。
- 4、所用钢筋应作除锈处理，若地层岩土具腐蚀性，应作有效防腐处理。锚杆杆体外露部分避免敲击、碰撞，3d内不得悬吊重物。
- 5、钻孔直径不低于110mm；锚孔定位偏差不大于2mm，偏斜度不应大于5%；钻进过程中若遇坍孔严重，应立即停钻，进行灌浆固壁处理，灌浆36小时后，重新扫孔钻进。
- 6、采用P.O 42.5或以上标号水泥注浆。
- 7、其他未尽事宜按照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086-2015）等相应规范规程进行。

单根锚杆工程数量表

锚杆长度	项目	钢筋种类	规格	单位	数 量
12m锚杆	钻孔		Φ110mm	m	12.2
	主筋	HRB400	Φ32螺纹钢筋	kg	85.32
	对中支架	HPB300	Φ6.5光圆钢筋	kg	1.68
	注浆		水泥浆液	m³	0.122

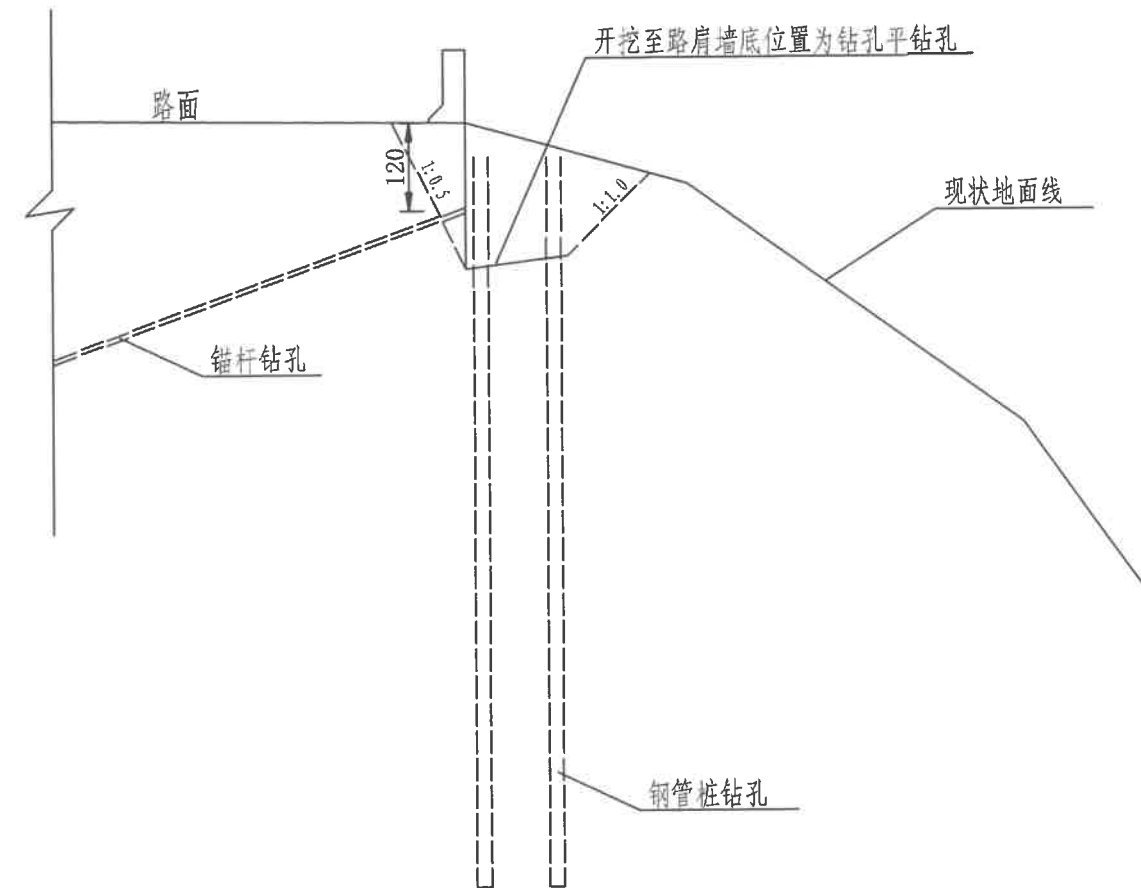
钢管桩施工示意图一

1:100



钢管桩施工示意图二

1:100

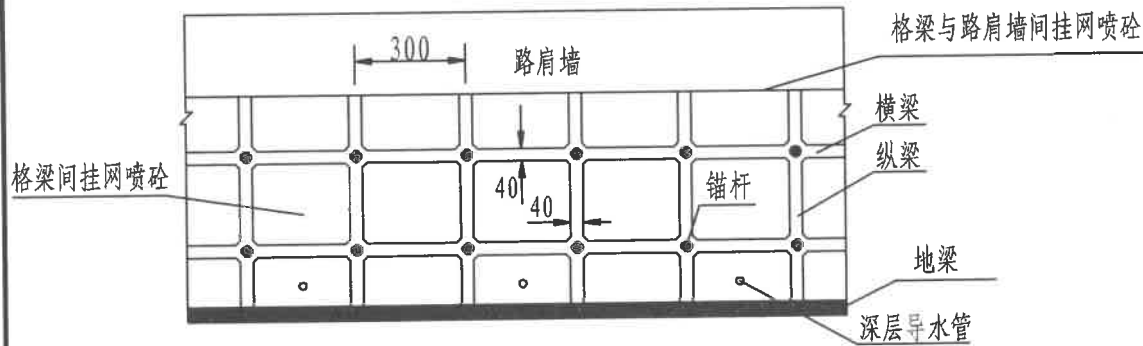


说明:

- 1、本图尺寸以“cm”为单位。
- 2、钢管桩施工示意图一适用于K3087+906~K3087+928段、K3087+857~K3087+880段、K3088+090~K3088+101段施工，钢管桩施工示意图二K3087+880~K3087+906段、K3087+840~K3087+857段施工。
- 3、路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固施工分为5段先后施工，施工段落顺序为K3087+906~K3087+928段→K3087+857~K3087+880段→K3087+880~K3087+906段→K3087+840~K3087+857段→K3088+090~K3088+101段。施工工序为微型钢管桩施工→锚杆施工→路肩墙施工，一个段落施工工序完成后方可进行下一段落施工。
- 4、K3087+906~K3087+928段、K3087+857~K3087+880段施工完钢管桩、锚杆后开挖土方至路肩墙墙底标高后施工路肩墙。
- 5、钻孔施工应选择对钻孔周边地层扰动小的施工方法，钻进过程中若遇坍孔严重，应立即停钻，进行灌浆固壁处理，灌浆36小时后，重新扫孔钻进。在不稳定岩土层中，宜采用套管护壁钻孔。
- 6、施工过程中，并加强对路面、边坡的监测，并制定相应的应急保障方案。
- 7、其他未尽事宜参照相应规范规程进行。

锚杆格梁护坡设计图

格梁布置立面图
(1:200)



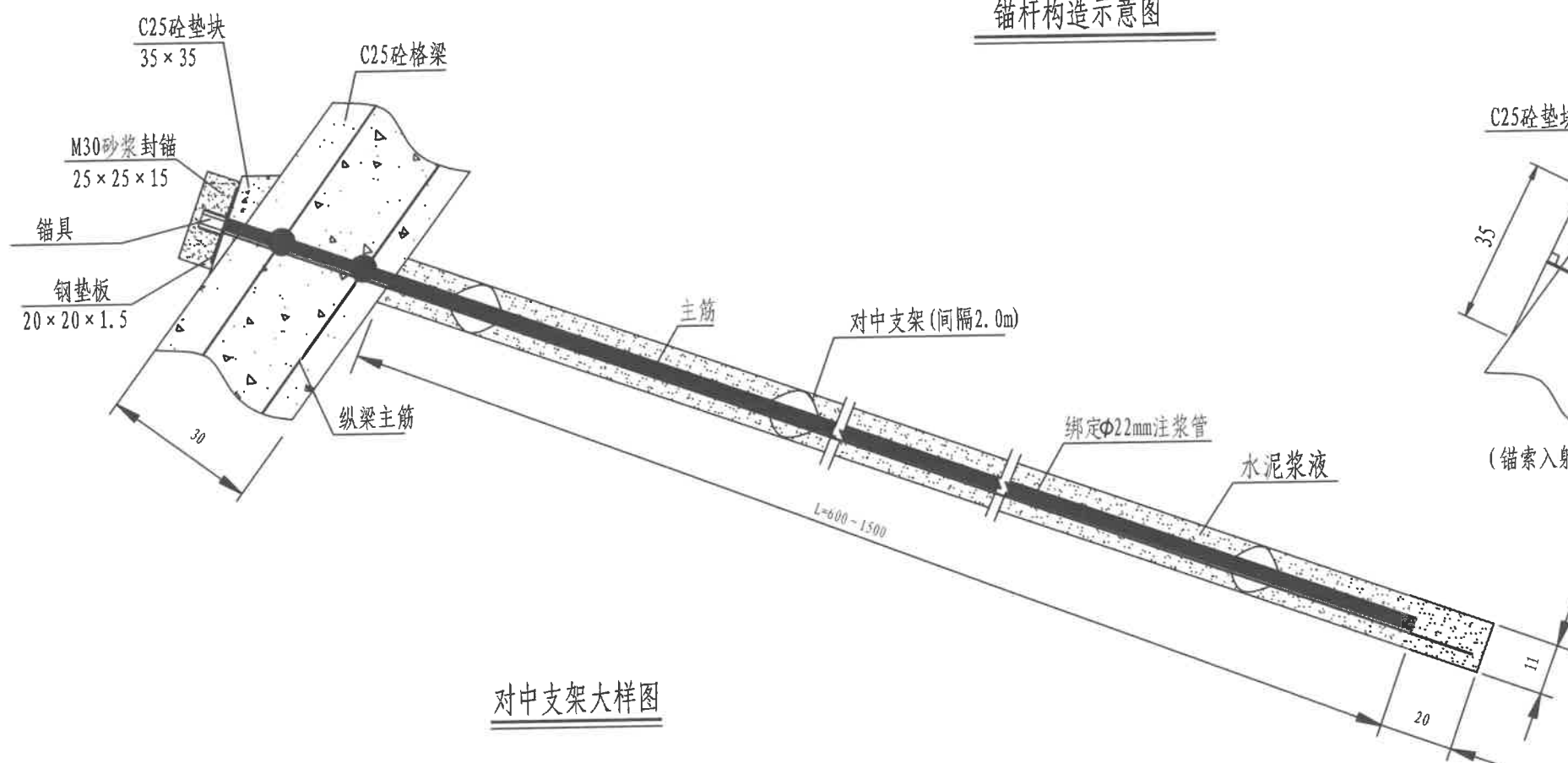
单根锚杆工程数量表

锚杆长度	项目	钢筋种类	规格	单位	数 量
12m锚杆	钻孔		A110mm	m	12.2
	主筋	HRB400	C32螺纹钢筋	kg	79.632
	对中器	HPB300	A6.5光圆钢筋	kg	1.688
	注浆		M30水泥砂浆 (包括封锚)	m ³	0.132
	锚垫板(20×20×1.5)+螺母+垫片			套	1
Φ22PVC注浆管				m	13

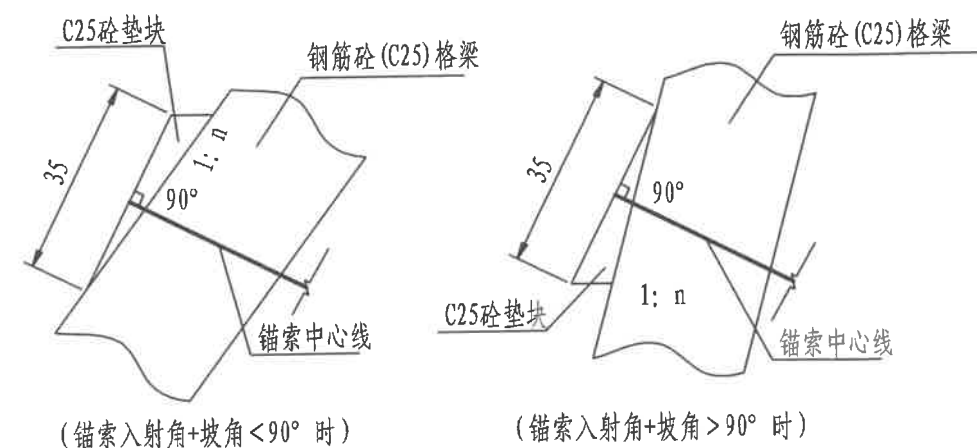
附注:

- 1、本图尺寸除钢筋采用"mm"为单位外，其余均以"cm"为单位。
- 2、本图适用于岩体较完整~较破碎，易发生中浅层滑塌或掉块的欠稳定边坡防护。
- 3、纵横格梁材料采用现浇钢筋混凝土，断面规格为40cm×30cm，宽面贴坡，横向及垂向中心距均取3.0m，格梁禁止悬空，横梁外挑段一般不大于1.5m。
- 4、设置护坡工程前，坡面应平整，无溜滑体、蠕滑体和松动岩块，格梁应与坡面整合，坡面凹陷处应适当调整格梁或以浆砌片石紧密填充，土质及全~强风化岩组成的边坡，应将格梁嵌入坡体20cm。
- 5、锚杆打设于格梁节点处，锚杆整段锚固，锚杆长度12m，锚杆入射角取20°。
- 6、格梁间挂细铁丝网喷砂。
- 7、尽量避开雨季施工，并做好相应的监测工作。
- 8、根据坡体实际地形、地质条件，合理布置坡面排水系统。
- 9、正式施工前，应选择地质条件有代表性的地段进行锚固力基本试验，以确认最优设计参数，每种参数组合试验锚杆数不应少于3根。锚固工程验收，应进行验收试验，试验锚杆数为锚杆总数的5%。
- 10、其他未尽事宜按照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086-2015）、《公路路基施工技术规范》（JTG 3610-2019）等相应规范规程进行。

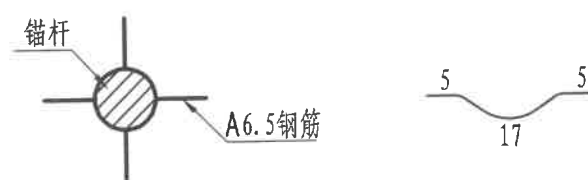
锚杆构造示意图



C25砼垫块立面示意图



对中支架大样图



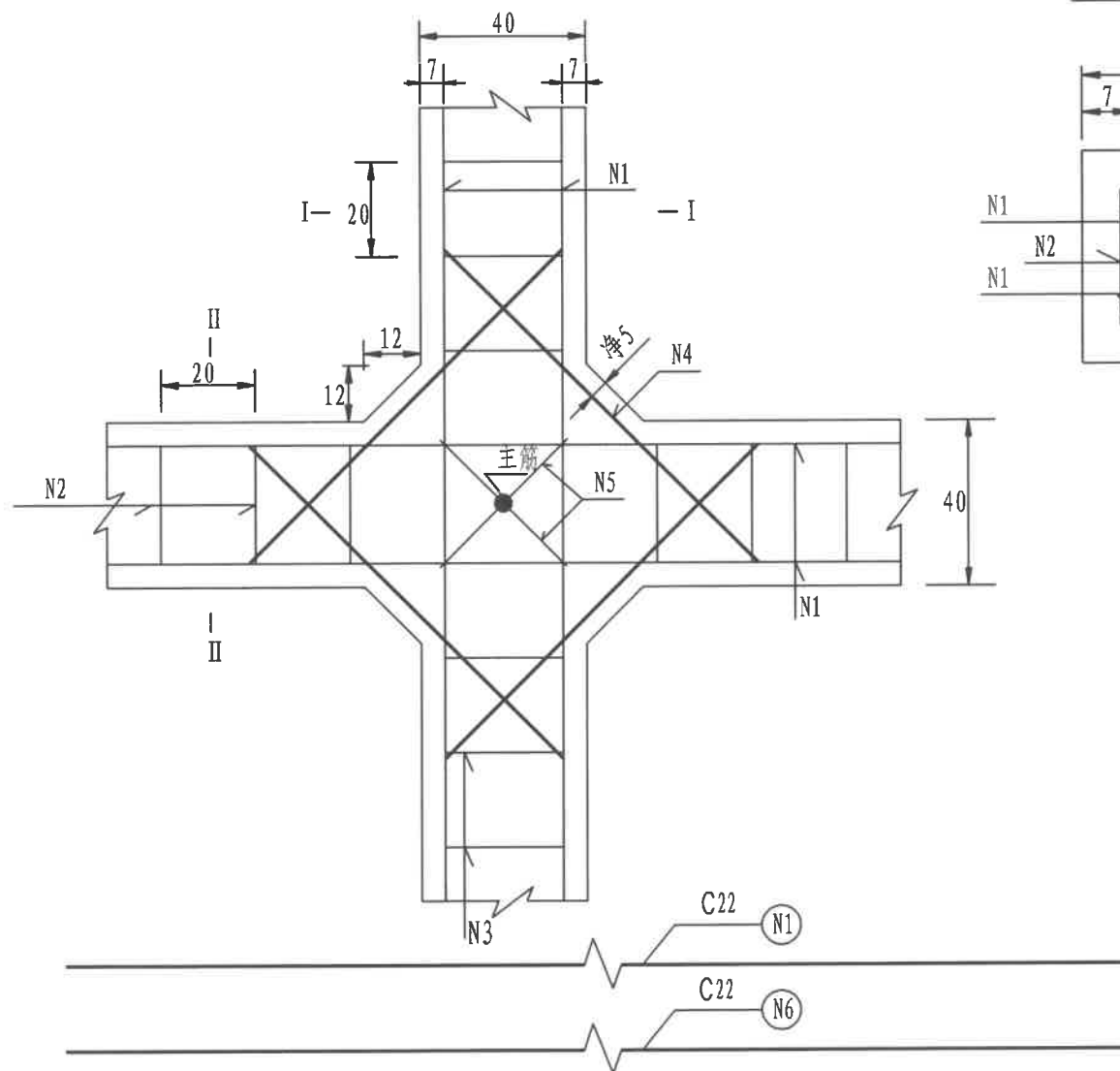
单块垫块常用工程数量表

C25砼 (m³) 边坡坡比	15	20	25	30
1: 0.75	0.0276	0.0209	0.0143	0.0080
1: 1	0.0419	0.0344	0.0269	0.0195
1: 1.25	0.0562	0.0480	0.0395	0.0309
1: 1.5	0.0705	0.0615	0.0521	0.0424
1: 1.75	0.0847	0.0750	0.0646	0.0539

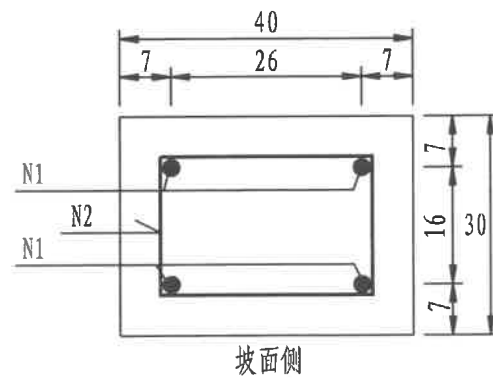
附注:

- 1、本图尺寸除钢筋采用"mm"为单位外,其余均以"cm"为单位。
- 2、锚杆长度L取12m,其主筋采用32mm螺纹钢,单锚设计抗拔力分别为180kN。
- 3、锚杆对中器自行加工,相邻两个对中器焊接在互相垂直的平面内。
- 4、所用钢筋应作除锈处理,若地层岩土具腐蚀性,应作有效防腐处理。锚杆杆体外露部分避免敲击、碰撞,3d内不得悬挂重物。
- 5、钻孔直径不低于110mm;锚孔定位偏差不大于2mm,偏斜度不应大于5%;钻进过程中若遇坍孔严重,应立即停钻,进行灌浆固壁处理(灌浆压力0.1~0.2MPa),灌浆36小时后,重新扫孔钻进。
- 6、采用P.O 42.5或以上标号水泥注浆,注浆量按锚杆中心直径1m范围内岩土体的10%计算,工程数量以实际发生量为准。锚杆要求端头采用M30水泥砂浆封锚,封锚尺寸不得小于25cm×25cm×15cm。
- 7、注浆管应插至距孔底5-10cm,注浆完成后注浆管禁止拔出;灌浆后,若水泥浆溢出,应及时补浆;杆安装后不得随意敲击,3天内不得悬挂重物。
- 8、格梁材料采用现浇钢筋混凝土,混凝土强度要求达C25以上,断面尺寸为40cm×30cm,宽面贴坡,如岩体完整,可只设随机锚杆。
- 9、C25砼垫块角度应根据实际情况调整,保证锚杆轴向与垫片及锚具垂直。
- 10、图中钢筋数量未计接头与损耗。
- 11、其他未尽事宜按照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086-2015)等相应规范规程进行。

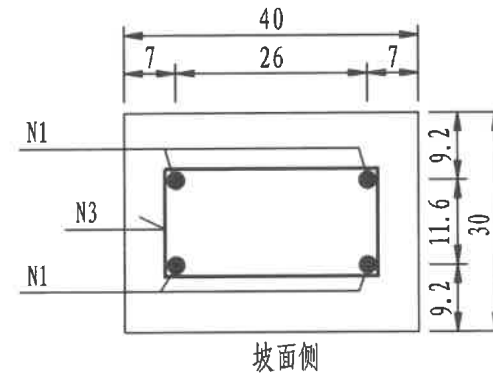
格梁节点构造示意图



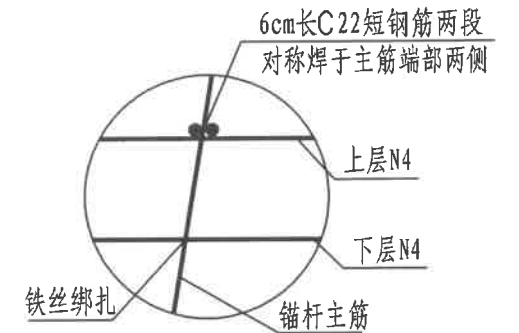
纵梁横断面(I-I)



横梁横断面(II-II)



主筋焊接示意图



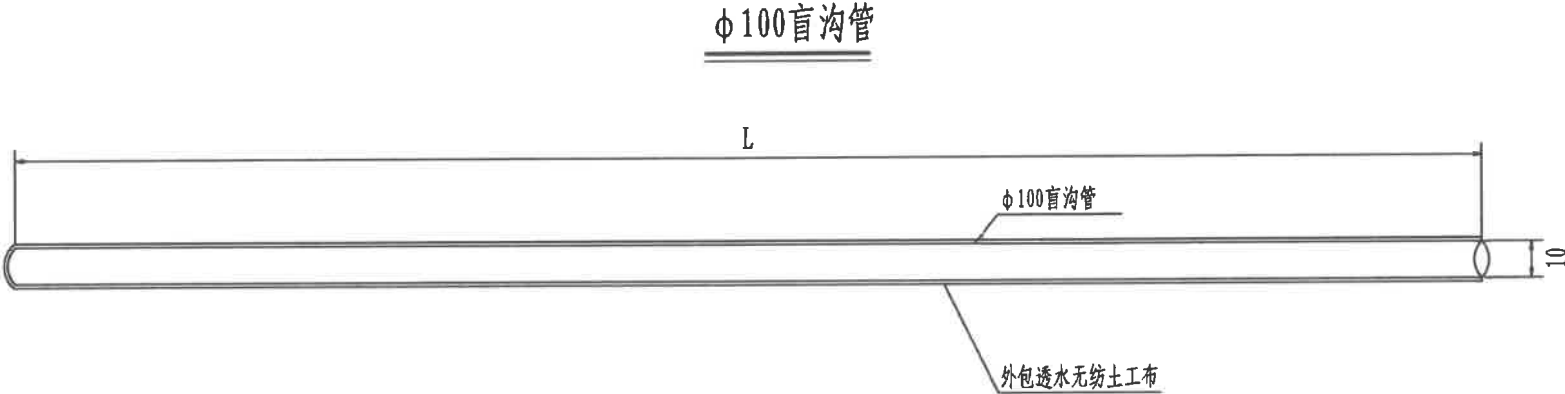
单级边坡每延米工程数量表

类型	钢筋									C25砼 (m³)	挖基土方 (m³)	合计
	项目	编号	钢筋种类	直径 (mm)	每根长度 (cm)	根数 (根)	共长 (m)	单位重 (kg/m)	共重 (kg)			
格梁	横梁	N1	HRB400	C22	100	8	8.00	2.98	23.84	0.20 (已扣纵横梁 重叠部分)	0.075	A8钢筋: $2.79\sqrt{1+n^2}+3.87$ C22钢筋: $15.89\sqrt{1+n^2}+23.84$ C25砼: $0.160\sqrt{1+n^2}+0.20864$
		N3	HPB300	A8	98	10	9.80	0.395	3.87			
	纵梁	N1	HRB400	C22	$400\sqrt{1+n^2}$	4/3	$5.333\sqrt{1+n^2}$	2.98	$15.89\sqrt{1+n^2}$	$0.16\sqrt{1+n^2}$	$0.13\sqrt{1+n^2}$	
		N2	HPB300	A8	106	$6.67\sqrt{1+n^2}$	$7.07\sqrt{1+n^2}$	0.395	$2.79\sqrt{1+n^2}$			
	节点	N4	HPB300	C22	131	8	10.48	2.98	31.23	0.00864	0.00576	开挖土方: $0.13\sqrt{1+n^2}+0.081$ 锚杆根数: 1根
		N5	HRB400	C22	49	4	1.96	2.98	5.84			
锚杆			见第2页			1		见第2页				

注:表中n为边坡坡率1:n。

附注:

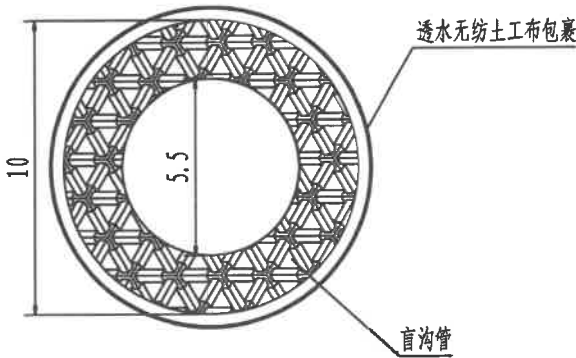
- 1、图中尺寸除钢筋采用"mm"为单位外,其余均以"cm"为单位。
- 2、纵横格梁为现浇钢筋混凝土,横断面尺寸统一采用40×30cm。
- 3、水泥应采用P.O 42.5或以上标号水泥,混凝土强度要求达C25以上。
- 4、所用钢筋应事先作除锈等相关处理。
- 5、其他未尽事宜按相关规范规程执行。



每孔工程数量表

管 长 (m)	φ 130钻孔长度 (m)	透水无纺布土工布 (m ²)	φ 100塑料盲沟管 (kg)
L	L+0.1	0.414L	L

土工布包裹大样图
(1:2.5)



附注:

- 图中尺寸除注明者外均以厘米计。
- 本图适用于需疏排坡体水的边坡。深层排水孔单排布置，孔间距6m，排水孔长度10m。
- 管材: 采用外型尺寸φ100的改性聚丙烯乱丝相互搭结而形成的框架结构的塑料管，中空尺寸φ55，重量1kg/m，空隙率84%，扁平率15%，抗压强度180kpa，受压后孔隙率在60%以上。
- 塑料盲沟管连接采用直线接头接续法。
- 排水孔宜采用潜孔钻干钻成孔(不用水施工)，以减小钻孔对边坡稳定产生的不利作用。钻孔的仰斜坡度采用6~10°。钻孔成孔孔径为130mm。
- 泄水孔成孔后，应立即将盲沟管放置到孔中，防止因时间过长而造成塌孔。在盲沟管安装过程中可能会由于塌孔造成盲沟管无法安插到预定深度时，不得强行挤入，可抽出盲沟管，用钻机进行清孔后再进行盲沟管的安装。
- 盲沟管安插至设计深度后，采用M10砂浆封住孔口附近导水管与孔壁之间的缝隙，以固定盲沟管。

路面工程数量表

T2-12

第 1 页 共 1 页

G241线K3087+826~K3091+433段灾害防治工程一阶段施工图设计

序号	桩号	位置	处置长度	路面加宽	4cmAC-16SBS改性沥青混凝土上面层		5cmAC-20沥青混凝土下面层		40cm低剂量水泥改善大粒径碎石基层		20cm级配碎石底基层		A级70号热沥青粘层		1.5cm同步沥青碎石封层		4~10.5cmAC-16SBS改性沥青混凝土上面层		4~8cmAC-16SBS改性沥青混凝土上面层		挖除旧沥青路面4cm	挖除旧沥青路面6cm	挖除水泥稳定碎石	现浇C20砼土路肩	备注
					宽度	数量	宽度	数量	宽度	数量	宽度	数量	宽度	数量	宽度	数量	宽度	数量	宽度	数量	数量	数量	数量	数量	
					m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m	1000m ²	m ³	m ³	
1	K3087+840 ~ K3087+850	整幅	10.5										7.5	0.079			7.5	0.049	7.500	0.030					过渡段
2	K3087+850 ~ K3087+940	整幅	90		7.7	0.690	7.7	0.690	4.6	0.345	4.6	0.345	7.7	0.690	7.7	0.690						20.70	124.20	5.0	加铺10.5cm, 右幅沉陷部分新建基层和底基层
3	K3087+940 ~ K3087+951	整幅	10.5										7.5	0.079			7.5	0.049	7.500	0.030					过渡段
4	K3088+010 ~ K3088+030	右幅	20.0										3.8	0.075			3.8	0.024	3.750	0.015					
5	K3088+090 ~ K3088+120	右幅	30.0										3.8	0.113			3.8	0.024	3.750	0.015					

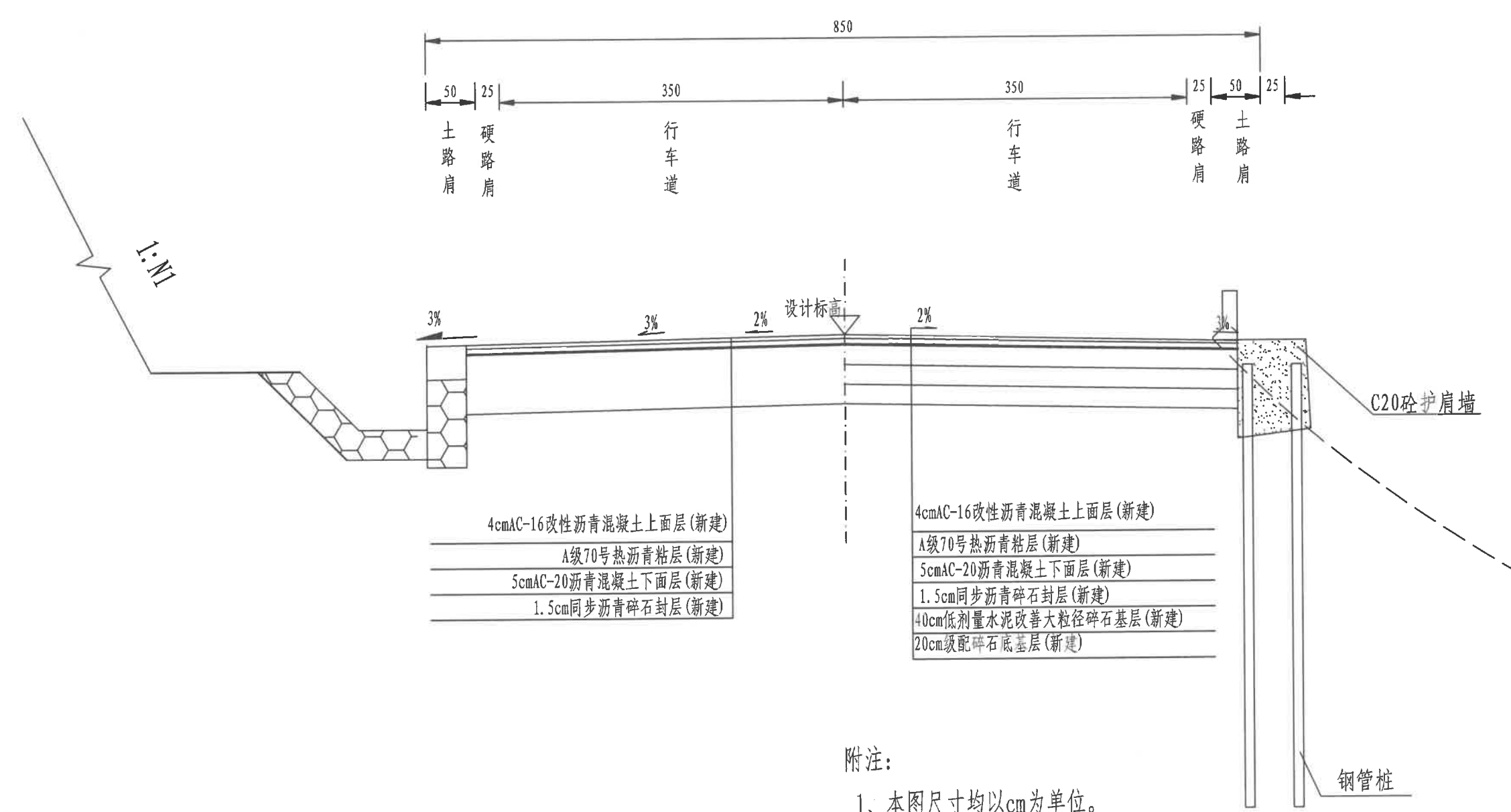
编制:

编制: 黄镇

复核:

复核: 余科

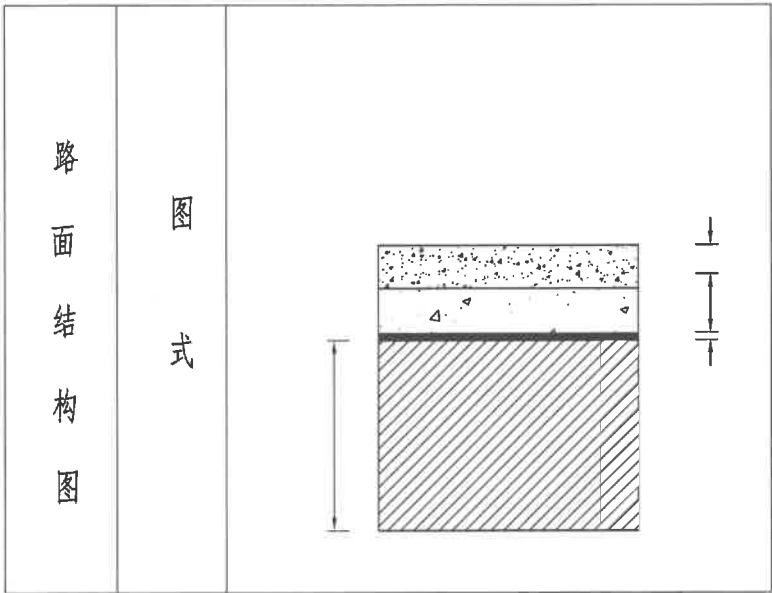
路面结构设计图 (1:50)



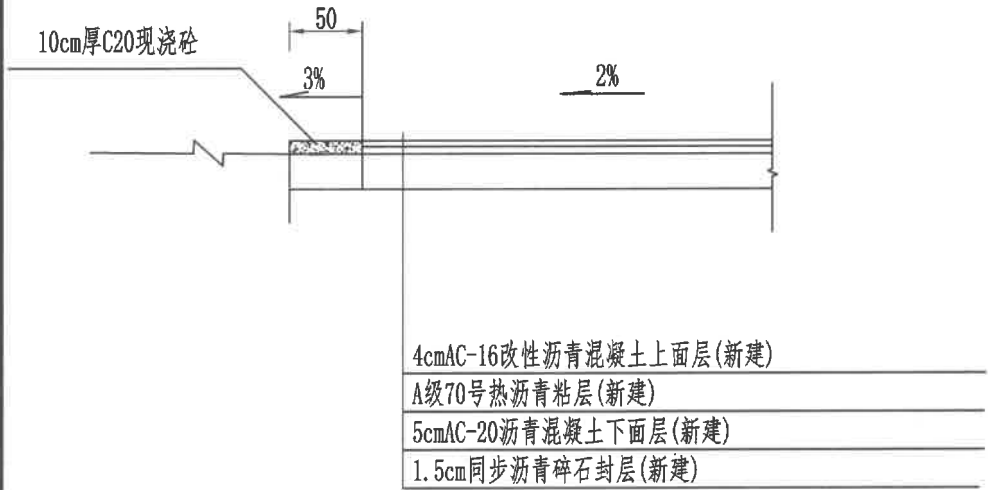
- 附注:
- 1、本图尺寸均以cm为单位。
 - 2、对于路面右幅沉降严重路段，需挖除路面面层对路床就行处理；需新建路面结构层：20cm级配碎石底基层+40cm低剂量水泥改善大粒径碎石基层+1.5cm同步沥青碎石封层+5cmAC-20沥青混凝土下面层+A级70号热沥青粘层(新建)+4cmAC-16改性沥青混凝土上面层(新建)
 - 3、其他病害较轻路段加铺：+1.5cm同步沥青碎石封层+5cmAC-20沥青混凝土下面层+A级70号热沥青粘层(新建)+4cmAC-16改性沥青混凝土面层(新建)。
 - 4、AC-16采用SBS改性沥青、AC-20采用70号基质沥青，沥青路面碎石采用符合规范要求的石灰岩碎石。

图例

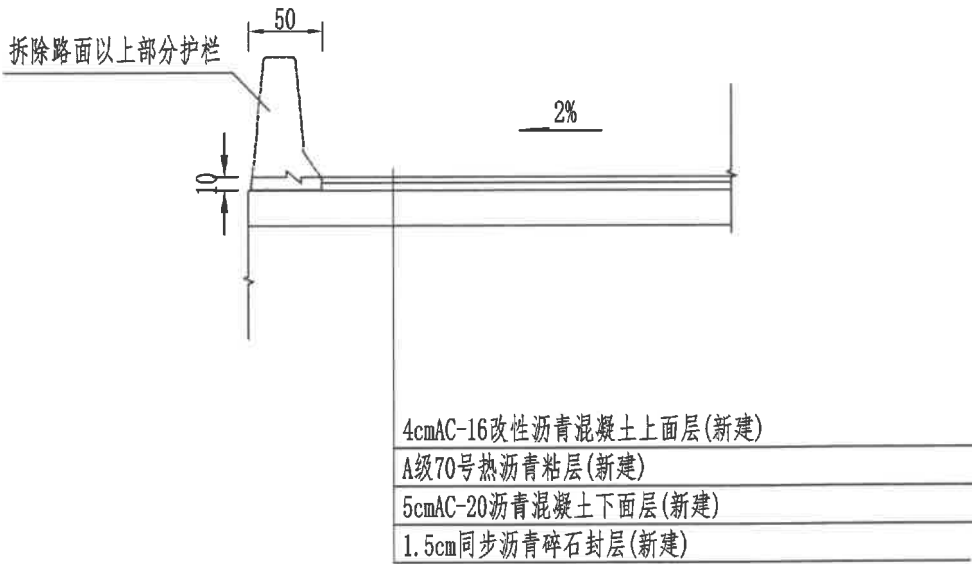
- —— 4cmAC-16改性沥青混凝土上面层(新建)
- —— 5cmAC-20沥青混凝土下面层(新建)
- —— 1.5cm同步沥青碎石封层(新建)



路面边部大样图（一）
(1:50)

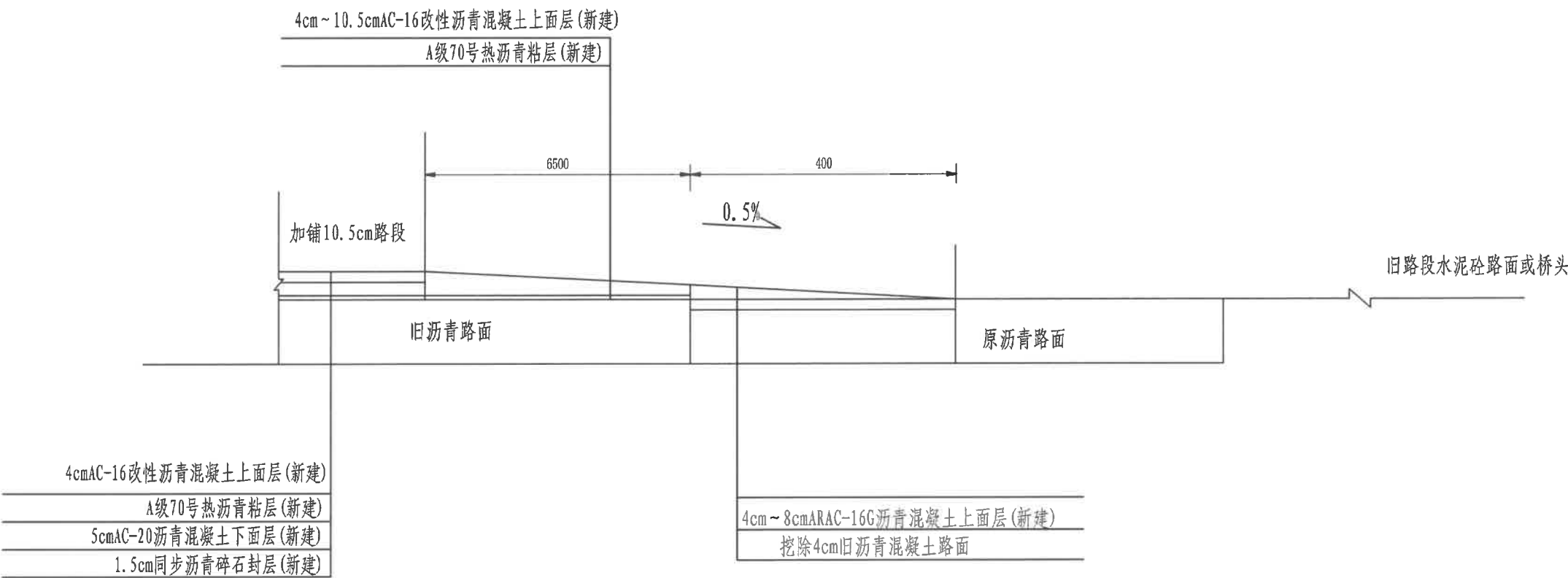


路面边部大样图（二）
(1:50)



附注：
1、本图尺寸均以cm为单位。
2、边部结构（一）适用于一般路段，边部结构（二）适用于路面左侧有挡墙路段。

路面结构连接过渡段



附注：
1、本图尺寸均以cm为单位。
2、路面结构连接过渡段适用于维修路段加高10.5cm路段与旧水泥路面或桥梁连接路段。

安全设施工程数量汇总表

T2-16

G241线K3087+826~K3091+433段灾害防治工程一阶段施工图设计

第 1 页 共 1 页

[illegible]

编制: 黄镇

复核: 余科

基础资料

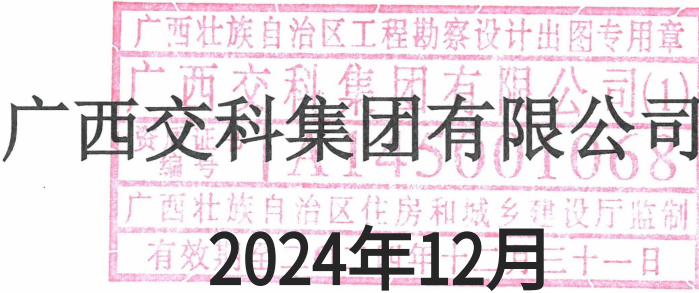
归档号:

G241线K3087+826~K3091+433段灾害防治工程 一阶段施工图设计

(K3087+826~K3091+433)

全长 3.607 公里

工程地质勘察报告



广西交投集团有限公司

2024年12月

G241 线 K3087+826～K3087+933 段灾害防治工程

工程地质勘察说明

1 勘察概况

1.1 工程概况

勘察场地位于梧州市藤县东荣镇上峡村，2024 年 4 月以来，受降雨影响，国道 G241 线 K3087+826～K3087+933 段右幅路基发生沉降、沥青混凝土路面、混凝土护栏开裂。

经走访询问调查，该路段于 2004 年建成通车，至今已运营 19 年，路面为沥青混凝土路面，宽度为 8.5m。右幅路面靠近路中心线处出现多条纵向裂缝，沿道路方向延展，裂缝长约 2～5m，裂缝宽约 1～3cm，右侧混凝土护栏出现多处垂直裂缝，局部为横向裂缝，护栏发生断裂，现状裂缝未见贯通。该路段右幅已实行交通管制，路面裂缝已用沥青充填，右侧路堤已采用防水布进行封闭。

1.2 工作概况

本次勘察目的：查明路基段病害的现状危害性，查明场地工程地质与水文地质条件，分析评价路基稳定性和破坏形式，分析成灾机理，提出防治建议及措施，为设计提供岩土参数。

勘察工作开始于 2024 年 5 月 5 日，至 2024 年 5 月 7 日，共投入 1 台 XY-150 型号钻机进行施工，设计布置 3 个孔，共完成 3 个钻孔。现阶段完成的工作项目及工作量均能满足规范及设计要求，完成的主要外业工作量见表 1-1。

本次勘察工作内容、工作量满足规范及任务书要求，工作精度和质量满足相关规程规范要求。

表 1-1 完成的工作量一览表

项目名称		单位	数量	备注
工程地质测绘		km ²	0.05	比例尺 1:2000
钻孔	钻孔定位	个	3	CGCS2000 坐标，相对高程
	进尺	m/个	40.0/3	
取样	原状土样	件	4	

	扰动样	件	-	
	岩样	件	6	
	水样	组	2	地表水 2 件
原位测试	标准贯入（N）试验	次	6	
	重型动力触探试验	m	3.0	
室内试验	土常规试验	组	4	
	岩石抗压试验	组	6	
	水质简分析	组	2	
	土的易溶盐试验	组	2	

2 场地工程地质条件

2.1 地形地貌

勘察区地貌类型属构造侵蚀剥蚀类型低山丘陵地貌，地表多被第四系地层覆盖，植被较发育。勘察区整体地形起伏较大，山体较陡，沟谷相对狭窄，公路从山体坡腰下部通过，整体走向与右侧的蒙江平行，呈南西走向。蒙江距离公路约 50m，岸坡坡度约 15～35°，岸坡高度约 5～8m。场地相对高程约 40.00～90.00m，公路路面高程约在 69.0～72.0m 之间。

公路右侧为路堤边坡，与蒙江相临，该段路堤边坡坡度约 35～55°，高度约 10m，路堤边坡下部局部浅层发生小规模崩塌，宽度约 3～8m，该路段右幅出现路基下沉及路面、护栏开裂。公路左侧为路堑边坡和沟谷，路堑边坡坡度约 53°，高度约 12m；沟谷与公路走向近垂直，宽约 20～60m，公路左侧沟谷有 1 处崩塌，该崩塌为土质崩塌，崩塌物主要为残坡积黏土和全风化泥质粉砂岩，系公路建设时下边坡开挖后受雨季大气降水冲刷所致，崩塌方向约 290°，指向山坡坡脚，该崩塌宽约 70m，高约 23m，厚约 2～8m，崩塌物大部分已被挖运走，剩余总方量约 50m³，其规模较小，属小型崩塌，现状处于基本稳定状态。该路段左幅路面未见下沉和开裂。

2.2 地层岩性

根据相关区域地质资料、区域水文资料并结合地质调查结果表明：勘察区域内出露的地层主要有第四系人工填土（Q₄^{ml}）、残坡积层（Q₄^{el+dl}）、寒武系水口群下亚群（Єsh₁），现将各时代地层岩性自上而下分别叙述如下。

（1）第四系

人工填土（ Q_4^{ml} ）：主要分布于道路下方，为旧路路基填料，经人工压实，呈稍密状态，一般厚度 5~8m，局部>10m，工程性质中等。

残坡积层（ Q_4^{el+dl} ）：主要分布于山地斜坡地段，岩性以可塑~硬塑状态黏土、粉质黏土为主，局部夹碎石及砾砂，均匀性较差，平面分布及空间展布不均匀，一般厚度 1~3m，局部>5m，工程性质中等。

（2）寒武系

水口群下亚群（ $\in sh_1$ ）：岩性主要为褐黄色、褐灰色薄层状泥质粉砂岩，斜层理、交错层理、干裂纹等构造发育。

2.3 地质构造

据地质调查及区域构造资料，场地附近主要分布的构造形迹有经向构造“陈塘-和平圩断裂”，各构造形迹特征简述如下：

陈塘-和平圩断裂：断裂长度 75km，断距 1~2m，切穿地层 $\in$ 、 D_1S 、 D_2X 、 K_1X 。断裂面的走向近似南北向，倾向 90° ，倾角 $41^\circ \sim 77^\circ$ ，岩层位移明显，断裂带上见有角砾岩、硅化或黄铁矿化。断裂性质为压扭性，形成时代为印支~燕山期。该断裂位于拟建项目场地东侧约 1.0km，相距较近，为第四系非全新世断裂，预测对拟建项目场地整体稳定性影响小，其主要表现为断裂带附近的岩体较为破碎。

根据现场调查和钻探揭示，勘察区附近地表未发现地质构造形迹，根据附近露头点勘察区下伏基岩为寒武系水口群下亚群（ $\in sh_1$ ）泥质粉砂岩，岩层产状为 $315^\circ \angle 33^\circ$ 。

2.4 地表水与地下水

2.4.1 地表水

勘察区地表水主要为蒙江和溪沟。

蒙江：为珠江水系西江干流浔江段支流，发源于金秀县忠良山区，自新圩乡坝头村西南入境，流经新圩、西河、蒙山镇、黄村、汉豪、陈塘等乡镇，在陈塘镇独峰南端出境，流入藤县，在藤县境，自东荣乡塘劝村入境，经东荣、太平、和平，于江镇注入浔江。蒙江河长 189 公里，流域面积 3895 平方公里。场地所在

段位于陈塘镇雨东荣镇之间。该处河流流向自北东向南西径流，勘察期间属枯水季节，河水面宽 60~80m，水深约 2~6m，水面相对高程约 40m，流速较缓。但根据现场调查，连续强降雨时，河水水位涨幅达约 3m，水流量较大，对河流岸坡有一定的冲刷，该河流距离场地约 50m，对路基的稳定性影响小。

勘察区沟谷处发育有季节性流水溪沟，走向与道路近垂直，道路建设时已对该处的路堑边坡和沟谷处采用混凝土修筑截水沟，截水沟宽约 0.5m，引流至下方道路的排水沟排泄，勘察期间未见流水，但暴雨季节产生流量较大，该处沟谷地段的排水对路基有一定影响。

2.4.2 地下水

据区域水文地质资料，结合本次勘察的结果，场地地下水类型按含水岩组的岩性、地下水赋存条件以及地下水含水介质特征分类，分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类，其水文地质特征简述如下：

1、松散岩类孔隙水

主要赋存于覆盖土层中，接受大气降水和地表流水侧向补给并向低洼处排泄，水量贫乏，受季节影响较大。

本次勘察松散岩类孔隙水不具统一水位，主要赋存于人工填土中，在土岩界面处容易积存，主要以大气降水及临近地表水体入渗补给为主，其水量受降雨影响较大，水量一般较小，降雨后水量增大，浸泡路基，易造成路基软化，对路基稳定性影响较大。

2、基岩裂隙水

主要赋存在基岩裂隙和构造裂隙中，主要接受大气降水和侧向径流补给，地下赋存、运移于泥质粉砂岩裂隙之中。透水性微~中等，富水性中等，并受岩石裂隙发育程度、地形地貌制约，在沟谷宽缓低洼处，顺岩石裂隙以泉水或散流形式排泄，对路基稳定性影响小。

勘察期间未见地下稳定水位。根据地下水赋存、分布特征及区域水文地质资料，地下水位年变幅在 1.00m~3.00m 之间。

根据岩土特征及钻探反映，推荐各岩土层的渗透系数如表 2-1：

表 2-1 各岩土层渗透系数建议值

岩土编号	岩土名称	岩土状态	渗透系数 K (m/d)	渗透性等级
1-1	素填土	稍密	15.0	强透水层
1-2	素填土	稍密	0.5	中等透水层
2	黏土	硬塑	0.001	微透水层
3-1	全风化泥质粉砂岩	全风化	0.02	弱透水层
3-2	强风化泥质粉砂岩	强风化	0.5	中等透水层

2.5 不良地质与特殊性岩土

2.5.1 不良地质

据现场调绘及钻探资料，该地段出现路基下沉及路面开裂，除此以外勘察场地的不良地质作用为崩塌，本场地有 3 处崩塌。

崩塌 B1 和 B2 分别位于道路里程桩号 K3087+875 及 K3087+916 的右侧路堤下边坡，该段地形坡度达 35~55°，未采取坡面及坡体防护措施，受雨季大气降水冲刷所致，为浅层土质崩塌，崩塌物主要为素填土及残坡积黏土，崩塌方向约 200°，指向坡体下方，两处崩塌宽约 3~8m，高约 5m，厚约 1~3m，剩余总方量约 5~10m³，现状处于欠稳定状态，对路基的影响主要为路基下边坡失去了一定程度的支撑，改变了原有的应力平衡，产生牵引上部路基土层下滑的趋势。两处崩塌规模小，属小型崩塌，可采取防治措施处理。

崩塌 B3 位于公路里程桩号 K3087+910~K3087+980 段的左侧路堑边坡处，该崩塌为土质崩塌，崩塌物主要为残坡积黏土和全风化泥质粉砂岩，系公路建设时下边坡开挖后受雨季大气降水冲刷所致，崩塌方向约 290°，指向山坡坡脚，该崩塌宽约 70m，高约 23m，厚约 2~8m，崩塌物大部分已被挖运走，剩余总方量约 50m³，现状处于基本稳定状态，该崩塌地段原土体受破坏，降雨时形成的地表水易下渗流至路基土层中，使路基土层的含水量增加并软化，使路基土层的物理力学强度造成一定程度的降低。该崩塌规模较小，属小型崩塌，可采取防治措施处理。

2.5.2 特殊性岩土

根据现场调绘和钻探结果可知，拟建场地特殊性岩土为填土。

场地填土为素填土，主要分布在旧路以下，为既有公路、便道路基填筑土，回填时经人工夯实、碾压处理，旧路回填年限大于 10 年，具有一定承载力及稳定性。

3 工程地质特征与评价

3.1 工程地质层特征

3.1.1 工程地质分层

根据工程地质测绘及钻探揭露，勘察区一带分布的地层主要为第四系人工填土（Q₄^{ml}）、残坡积层（Q₄^{el+dl}）黏土，下伏基岩为寒武系水口群下亚群（Єsh₁）泥质粉砂岩，钻探揭露地层岩性其特征如下：

（1）第四系人工填土（Q₄^{ml}）

素填土 1-1：褐灰色、褐黄色，稍密，主要以碎石为主，呈棱角状，粒径约 2~6cm，局部夹块石，块径约 20~50cm，含量约 5%~10%，土质不均匀，压缩性中等，回填时间超过 10 年。该层在场地内路基范围内有分布，所有钻孔均有揭露，揭露厚度 1.30~7.00m。根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)附录 J，该层土、石工程等级为 II 级普通土。

素填土 1-2：黄褐色，稍密，主要以黏性土为主，土质不均匀，干强度中等，韧性中等，刀切面光滑有光泽，压缩性中等，回填时间超过 10 年。该层在场地内分布不均匀，仅在路基范围局部内有分布，于钻孔 ZK1 有揭露，揭露厚度 3.70m。根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)附录 J，该层土、石工程等级为 II 级普通土。

（2）黏土 2：黄褐色，稍湿，硬塑，成分以黏粒为主，黏性良好，刀切面稍光滑，干强度高，韧性中等，无摇晃反应，含约 5~10%角砾。该层在场地内分布不均匀，主要分布在山体斜坡表层，于钻孔 ZK2 有揭露，揭露厚度 1.20m。根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)附录 J，该层土、石工程等级为 II 级普通土。

（3）寒武系水口群下亚群（Єsh₁）

全风化泥质粉砂岩 3-1：黄褐色，坚硬状态，原岩结构构造已基本破坏，尚

可辨认，含少量黏粒，遇水易松散，极易受扰动，局部可见原岩结构，手捏可碎。该层在场地内分布均匀，所有钻孔均有揭露，揭露厚度 1.80~2.00m。根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011) 附录 J，该层土、石等级为III级，土、石类别为硬土。

强风化泥质粉砂岩 3-2：褐黄色、褐灰色，泥质粉砂结构，薄层构造，颗粒矿物成分主要是石英、长石及黏土矿物，节理裂隙很发育，泥质胶结，胶结性较差，遇水软化，风干崩解，岩芯多呈块状，块径 3~6cm，最大块径 8cm，岩块锤击声哑，岩芯采取率 65%~70%。该层在场地内分布均匀，所有钻孔均有揭露，揭露厚度 6.20~8.60m。根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011) 附录 J，该层土、石等级为IV级，土、石类别为软石。

各地层岩土分布特征详见钻孔柱状图及工程地质横断面图。

3.1.2 室内试验及原位测试统计

标准贯入试验成果统计见表 3-1，重型动力触探试验成果统计表见 3-2，岩土物理力学参数统计见表 3-3~3-5。

表 3-1 标准贯入试验成果统计表

项目 岩土名称	统计 频数	最大值（击）	最小值（击）	平均值（击）
素填土 1-2	3	9.7	6.4	8.0
黏土 2	1	14.5（单值）		
全风化泥质粉砂岩 3-1	1	27.4（单值）		

注：1、试验成果均为修正值；
2、异常值不参与统计。

表 3-2 重型动力触探试验成果统计表

岩土名称	统计 频数	最大值 (击)	最小值 (击)	平均值 (击)	标准差	变异 系数	修正 系数	标准值 (击)
素填土 1-1	29	8.8	4.9	6.9	1.168	0.170	0.945	6.5

注：1、试验成果均为修正值；
2、异常值不参与统计。

表 3-3 素填土 1-2 物理力学指标成果统计表

项目 指标	有效样 本个数	最大值	最小值	平均值
天然含水率 ω （%）	2	21.10	20.50	20.80

项目 指标		有效样 本个数	最大值	最小值	平均值
颗粒比重 G_s		2	2.73	2.72	2.73
天然密度 ρ_o （g/cm ³ ）		2	2.02	1.97	2.00
天然重度 γ （kN/m ³ ）		2	19.81	19.32	19.57
天然孔隙比 e_o		2	0.66	0.64	0.65
饱和度 S_r （%）		2	90.00	84.00	87.00
液限（锥 76g）（17mm） ω_L （%）		2	38.87	36.69	37.78
塑限 ω_p （%）		2	19.30	18.70	19.00
塑性指数 I_p		2	19.57	17.99	18.78
液性指数 I_L		2	0.10	0.09	0.10
天然快剪	粘聚力 c （kPa）	2	22.20	20.00	21.10
	内摩擦角 ϕ （°）	2	13.30	13.00	13.15
饱和快剪	粘聚力 c （kPa）	2	16.80	15.80	16.30
	内摩擦角 ϕ （°）	2	10.80	10.30	10.55
压缩系数 a_{1-2} （MPa ⁻¹ ）		2	0.22	0.18	0.20
压缩模量 E_s （MPa）		2	9.25	7.34	8.30

表 3-4 黏土 2 物理力学指标成果统计表

项目 指标	有效样 本个数	最大值	最小值	平均值
天然含水率 ω （%）	1	20.7（单值）		
颗粒比重 G_s	1	2.75（单值）		
天然密度 ρ_o （g/cm ³ ）	1	1.97（单值）		
天然重度 γ （kN/m ³ ）	1	19.32（单值）		
天然孔隙比 e_o	1	0.69（单值）		
饱和度 S_r （%）	1	83（单值）		
液限（锥 76g）（17mm） ω_L （%）	1	46.9（单值）		
塑限 ω_p （%）	1	21.8（单值）		
塑性指数 I_p	1	25.1（单值）		
液性指数 I_L	1	-0.04（单值）		
天然快剪	粘聚力 c （kPa）	1	41.8（单值）	
	内摩擦角 ϕ （°）	1	17.4（单值）	

项目 指标		有效样 本个数	最大值	最小值	平均值
饱和快剪	粘聚力 c (kPa)	1	35.2 (单值)		
	内摩擦角 ϕ (°)	1	11.8 (单值)		
压缩系数 a_{1-2} (MPa ⁻¹)		1	0.126 (单值)		
压缩模量 E_s (MPa)		1	8.55 (单值)		

表 3-5 全风化泥质粉砂岩 3-1 物理力学指标成果统计表

项目 指标		有效样 本个数	最大值	最小值	平均值
天然含水率 ω (%)		1	19.6 (单值)		
颗粒比重 G_s		1	2.74 (单值)		
天然密度 ρ_0 (g/cm³)		1	1.97 (单值)		
天然重度 γ (kN/m³)		1	19.32 (单值)		
天然孔隙比 e_0		1	0.66 (单值)		
饱和度 S_r (%)		1	81 (单值)		
液限 (锥 76g) (17mm) ω_L (%)		1	44.6 (单值)		
塑限 ω_p (%)		1	21.1 (单值)		
塑性指数 I_p		1	23.5 (单值)		
液性指数 I_L		1	-0.06 (单值)		
天然快剪	粘聚力 c (kPa)	1	45.7 (单值)		
	内摩擦角 ϕ (°)	1	18.3 (单值)		
饱和快剪	粘聚力 c (kPa)	1	38.1 (单值)		
	内摩擦角 ϕ (°)	1	13.3 (单值)		
压缩系数 a_{1-2} (MPa ⁻¹)		1	0.212 (单值)		
压缩模量 E_s (MPa)		1	7.84 (单值)		

表 3-6 岩石天然点荷载试验成果统计表

岩石名称	有效统计个数	最大值 (MPa)	最小值 (MPa)	平均值 (MPa)	标准差	变异系数	修正系数	标准值 (MPa)
强风化泥质粉砂岩 3-2	6	17.60	6.68	13.84	4.462	0.322	0.734	10.16

3.2 工程地质评价

3.2.1 场地稳定性与适宜性评价

据区域地质资料，勘察区附近无活动性断层通过，区域地壳稳定。

勘察区地形起伏较大，山体沟谷植被较发育，场地内的不良地质有崩塌，但规模较小，易于处理，特殊性岩土为填土，自然斜坡基本稳定。

综合分析，勘察区场地稳定性较好，适宜进行工程建设。

3.2.2 场地地震效应

根据《公路工程抗震规范》（JTG B02-2013）及《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），场地设计地震分组为第一组，地震基本烈度为Ⅵ度，地震反应谱特征周期为 0.35s，设计基本地震加速度值为 0.05g。

根据工程地质调绘及钻探取芯鉴定，勘察区岩土层的剪切波速值按同类土波速以经验值确定，根据场地岩土名称和状态，按《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）表 7.10.6 的划分，地基各岩土层的剪切波速及土的类型见表 3-7。

表 3-7 各岩土层剪切波速经验值及土的类型

岩土名称	岩土状态	剪切波速 v_s (m/s)	厚度 (m)	土的类型
素填土 1-1	稍密	240	1.30~7.00	中软土
素填土 1-2	稍密	180	4.90	中软土
黏土 2	硬塑	280	1.20	中硬土
全风化泥质粉砂岩 3-1	全风化	450	1.80~2.00	中硬土
强风化泥质粉砂岩 3-2	强风化	600	/	软质岩石

该场地土层等效剪切波速<250m/s，覆盖层平均厚度 3.0~50.0m，根据《公路工程抗震规范》（JTG B02-2013）表 4.1.3 划分，场地地基土为中软土，场地类别属Ⅱ类。

勘察区地质构造稳定，根据钻探成果可知，场地内无饱和砂土层和软土，场地地震设防烈度为Ⅵ度，可不考虑砂土液化和软土震陷的影响；场地位于山间沟谷地段及山坡上，局部陡峭，场地处于抗震不利地段。

3.2.3 场地水、土对建筑材料的腐蚀性

勘察区第四系覆盖层属弱~强透水层，下伏基岩属于弱~中透水层，地下水

类型主要为孔隙水及基岩裂隙水。根据《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）附录 K，可按各气候区湿、很湿的弱透水层中的地下水环境地质条件进行判定，本场地环境类别为Ⅱ类。

本次勘察取地表水 2 件，土易溶盐分析 2 件，按《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）附录 K 的规定进行评价，水腐蚀性评价见表 3-8，土腐蚀性评价见表 3-9。

表 3-8 水腐蚀性评价

取样 编号	水类型	对砼结构的腐蚀性评价						对钢筋砼结构中钢筋 的腐蚀性评价
		按环境类型进行评价 （环境类型为Ⅱ类）				按地层渗透性评价 （渗透类型 A 类）		干湿交替
		SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	总矿化度 (mg/L)	pH 值	侵蚀性 CO ₂ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
24S228	地表水	66.06	7.01	0.20	248.37	6.76	9.93	4.50
		微	微	微	微	微	微	微
24S229	地表水	62.77	7.52	0.20	240.29	6.91	6.23	4.06
		微	微	微	微	微	微	微

备注：本次水样总矿化度大于 0.1g/L，不统计 HCO₃ 的腐蚀性。

表 3-9 土腐蚀性评价

土体名称/样品编号	对砼结构的腐蚀性评价			对钢筋砼结构中钢筋 的腐蚀性评价
	按环境类型进行评价 （环境类型为Ⅱ类）		按地层渗透性评价 （渗透类型 A 类）	A
	SO ₄ ²⁻ （mg/kg）	Mg ²⁺ （mg/kg）	pH 值	Cl ⁻ （mg/kg）
素填土 1-2	227	33	7.12	9
评价结果	微	微	微	微
黏土 2	170	13	7.21	16
评价结果	微	微	微	微

根据《工程水质分析试验报告》及《土易溶盐分析试验报告》，依《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）附录 K 判定，勘察区地下水对砼结构具微腐蚀、对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀，勘察区土对砼结构具微腐蚀性、对钢筋砼结构中的钢筋具微腐蚀性。

3.2.4 岩土设计参数

依据土工试验及原位测试结果，结合当地的经验进行选取，各岩土层物理力学参数推荐值见表 3-10。

表 3-10 岩土力学参数建议值

岩土名称	天然容重g (KN/m³)	饱和容重g (KN/m³)	抗剪强度				压缩模量 Es(MPa)	岩(土)体与 注浆体界面 黏结强度标 准 值 f _{rb} (kPa)	承载力特 征值 fa0 (kPa)	基底摩 擦系数 u
			天然		饱和					
			C(kPa)	φ (°)	C(kPa)	φ (°)				
素填土 1-1	22.0*	22.5*	9*	24*	8*	22*	12.0*	-	200*	-
素填土 1-2	19.5	20.0	13	9	12	8	5	-	150	-
黏土 2	19.0	19.5	35	15	30	12	7	60	180	0.30
全风化泥质粉砂 岩 3-1	20.0	20.5	42	18	38	15	8	70	280	0.35
强风化泥质粉砂 岩 3-2	21.0	21.5	45	28	40	25	15	400	500	0.50

注：1、各岩土层物理力学参数推荐值根据室内试验、原位测试成果、钻探情况并结合附近项目资料综合确定；
2、表中参数带*号为经验值；
3、采用上述参数时，应结合场区地形地貌、地层岩性、水文地质条件、不良地质作用等实际情况进行动态设计；
4、施工过程中如发现地质异常，应通知各参建单位进行复核，并采取动态施工、信息化施工。

3.2.5 工程地质问题评价

勘察区上覆第四系人工填土、下伏寒武系水口群下亚群泥质粉砂岩。

素填土 1-1：稍密状，主要分布于路基区域，厚度不均匀，具有一定承载力及稳定性，工程性质中等；

素填土 1-2：稍密状，主要分布于路基区域，厚度不均匀，具有一定承载力及稳定性，工程性质中等；

黏土 2：硬塑状，场地内分布不均匀，厚度不均匀，工程地质性质较好；

全风化泥质粉砂岩 3-1：分布均匀，厚度不均匀，工程地质性质好，物理力学性质好。

强风化泥质粉砂岩 3-2：分布均匀，厚度不均匀，工程地质性质好，物理力学性质好。

3.2.6 变形原因分析

该段路基下沉、开裂的形成和发展是受多种因素控制和影响的结果。其形成机制主要分为内因和外因两个方面，它们是相互联系，相互补充的。形成原因主

要包括地形地貌、地层岩性、地表水与地下水等因素。结合现场调查及钻探情况，对路基下沉并轻微外倾及路面开裂的影响因素分析如下：

（1）地形地貌

该路段属高丘陵地形，地形起伏较大，路基左侧为丘陵，地形高程逐渐抬高，右侧为山体下边坡及河流岸坡，地形高程迅速降低，地形陡峭。原状地形对路基的稳定性不利，填筑后易发生向低高程侧的滑移。

（2）地层岩性

该路段地基土主要为第四系人工填土层（ Q_4^{ml} ）、第四系残坡积层（ Q_4^{el+dl} ），下伏寒武系水口群下亚群（ $\in sh_1$ ）泥质粉砂岩。填土层覆盖与道路及附近，该段厚度为1~7m，通过钻孔原位测试发现距离路面深度3~4m段素填土有相对软化的特征，该层土工程地质性质较差，处理不善易造成地基不均匀沉降，从而形成路基下沉、路面开裂等现象，对路基稳定性不利。

（3）地表水

该路段右侧下边坡受雨水冲刷，坡脚及坡腰表层土体发生浅层崩塌，改变了原有应力平衡，致路基失去一定的支撑，使得向右侧下边坡方向产生滑移，地表水对路基整体稳定性影响较大。路基左侧路堑处的崩塌地段原土体受破坏，降雨时形成的地表水易下渗流至路基土层中，使路基土层的含水量增加并软化，使路基土层的物理力学强度造成一定程度的降低。并且该路段左侧浆砌片石边沟存在裂缝，雨水易从边沟渗入路堤内部，地表水的渗入会使路基各层岩土体含水量增高甚至接近饱和，会大大降低岩土体的工程地质性质。与此同时，路基土的干湿循环，反复渗流易使土体中细颗粒被水带走，从而破坏土体原有结构，对路基稳定性不利。此外路基沉降后导致防水层破坏，反过来又加剧地表水的入渗，形成不良循环。

（4）地下水

该段路基地下水主要为松散岩类孔隙水，主要赋存于人工填土及残坡积层土体中，水量贫乏，受季节影响较大，主要接受大气降水补给，在土体孔隙中渗流，向低洼处、岩土交界面或下伏基岩裂隙排泄。该层地下水水量总体相对匮乏，但雨后会有一定的水量汇集于人工填土层中，使得地下水位升高，导致各层岩土体

饱和度增加，发生软化，使得工程地质性质降低，对路基稳定性不利。

综上所述，该路段出现路基下沉及路面开裂主要受场地地形地貌、地层岩性、地表水、地下水的综合影响从而诱发造成。

3.2.7 路基稳定性分析评价

本段路基选取 K3087+875 及 K3087+916 作为典型横断面，从定性分析和定量计算对路基进行稳定性分析和评价。

（1）定性分析

路基填土在长期干湿循环及动荷载的影响下导致其结构逐渐松散，抗剪强度降低，抗滑力减弱，沿岩土体内部裂隙面产生滑塌，出现滑坡的破坏形式，破坏模式为圆弧滑动破坏。现路基段处于不稳定状态，若条件发生变化，如扰动、加荷及地表水体入渗，有可能加速变形。

（2）定量计算

路堤按土质边坡考虑，最可能出现的破坏模式为圆弧滑动破坏。路基已开裂并微向外倾，利用理正岩土计算系列软件 Bishop 法对路堤边坡进行稳定性计算分析。各岩土层物理力学参数建议值见表 3-11，计算结果如图 1 及图 2。

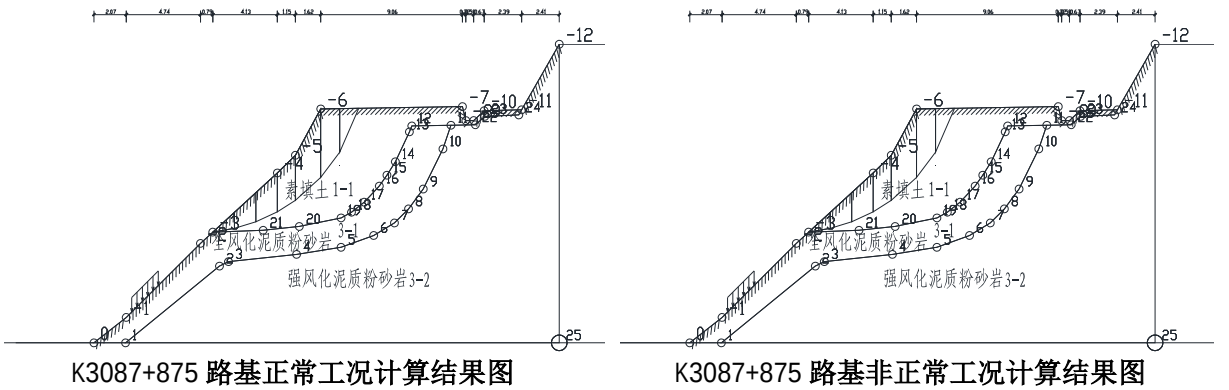


图 1 K3087+875 路基稳定安全系数计算结果图

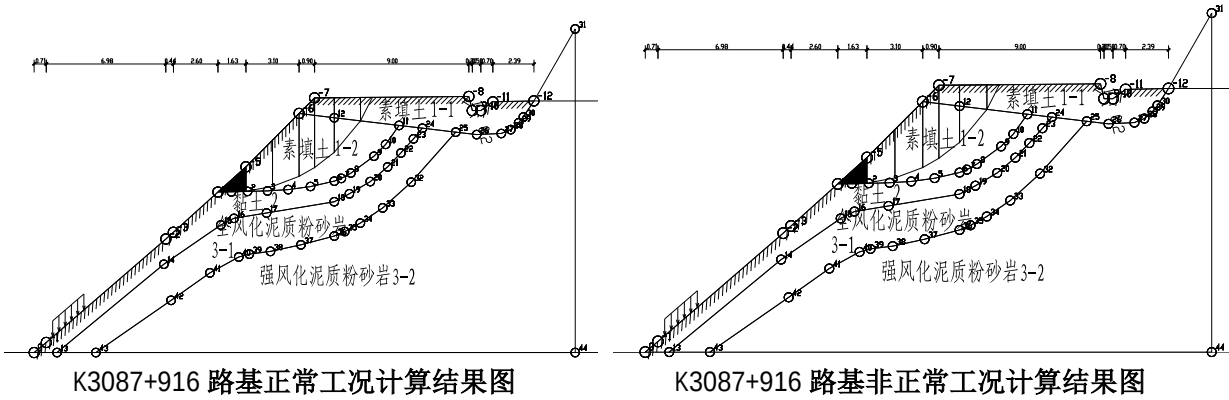


图 2 K3087+916 路基稳定安全系数计算结果图

表 3-11 路基稳定安全系数计算结果表

坡面	工况情况	边坡稳定性系数 (计算值)	稳定安全系数	稳定性评价
K3087+875 路基	天然工况	1.021	1.30	欠稳定
	饱和工况	0.910	1.20	不稳定
K3087+916 路基	天然工况	1.014	1.30	欠稳定
	饱和工况	0.913	1.20	不稳定

由计算结果，依据《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）表 3.7.7 要求，路基在天然工况下安全系数和饱和工况下安全系数均不能满足路基设计规范要求，路基在天然工况下处于欠稳定状态，在饱和工况下处于不稳定状态。目前路基路面有多处裂缝发育，处于临界状态，必须采取有效的防治加固工程措施，以确保道路运营安全。

4 结论与建议

4.1 结论

- （1）场地区域地壳基本稳定，地震动峰值加速度值为 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.35s，地震设防烈度为Ⅵ度。场地地基土为中软土，场地类别属Ⅱ类。场地处于抗震不利地段。
- （2）场地为适宜建设的场地，该地段出现路基下沉及开裂，除此以外有 3 处崩塌，场地特殊性岩土为填土。
- （3）勘察区揭露的岩土层主要为第四系人工填土、残坡积层黏土，下伏基岩为寒武系水口群下亚群泥质粉砂岩。
- （4）场地内地下水类型主要为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。
- （5）勘察区地表水对砼结构具微腐蚀、对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀，地下水对砼结构具微腐蚀、对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀，勘察区土对砼结构具微腐蚀性、对钢筋砼结构中的钢筋具微腐蚀性。
- （6）场地素填土 1-1、素填土 1-2 工程地质性质中等，稳定性中等；黏土 2 工程地质性质较好，稳定性较好；全风化泥质粉砂岩 3-1 工程地质性质好，稳定性好；强风化泥质粉砂岩 3-1 工程地质性质好，稳定性好。
- （7）该路段路基路面开裂主要受场地地形地貌、地层岩性、地表水、地下水

- 的综合影响从而诱发造成。
- （8）现路基段处于欠稳定及不稳定状态，若条件发生变化，如扰动、加荷及地表水体入渗，有可能加速变形。
- 4.2 建议
- （1）各岩土层的物理力学参数建议按表 3-10 采用。
 - （2）可采用抗滑桩或护肩墙+微型钢管桩+锚固的应急处置方式，确保路基安全稳定。
 - （3）对路基填土开挖进行重新分层碾压，确保其压实度满足规范要求。
 - （4）应注意做好防排水工作，避免土体长期受水体影响。
 - （5）施工中做好安全监测，地表变形需长期监测，竣工后还需进行工程效果监测。
 - （6）抢险治理工程采用信息化动态施工，遇特殊情况立即向各有关单位汇报，以便及时处理。

5 图表

- 1、工程地质平面图
- 2、工程地质断面图
- 3、钻孔地质柱状图

6 附件

- 1、土工试验报告
- 2、场地及岩芯照片



图

ZK1

钻孔编号

●

钻孔

⊙

地质调查点

Q_4^{el+dl}

第四系
残坡积层

Q_4^{m1}

第四系
人工堆积层

附注:

1、本图尺寸均以m为单位, 比例1:400。

2、平面采用2000国家大地坐标系, 中央子午线111度。

例

$\epsilon sh1$

寒武系水口
群下亚群

B2

崩塌及编号

$\backslash 33^\circ$

岩层产状

— — —

地层界线

1 — 1

地质剖面线
及编号

广西交科集团有限公司

G241线K3087+826~K3087+933段路基
水毁抢险修复工程一阶段施工图设计

G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治工程地质平面图

制图

余科

复核

秦秋文

审核

梁永

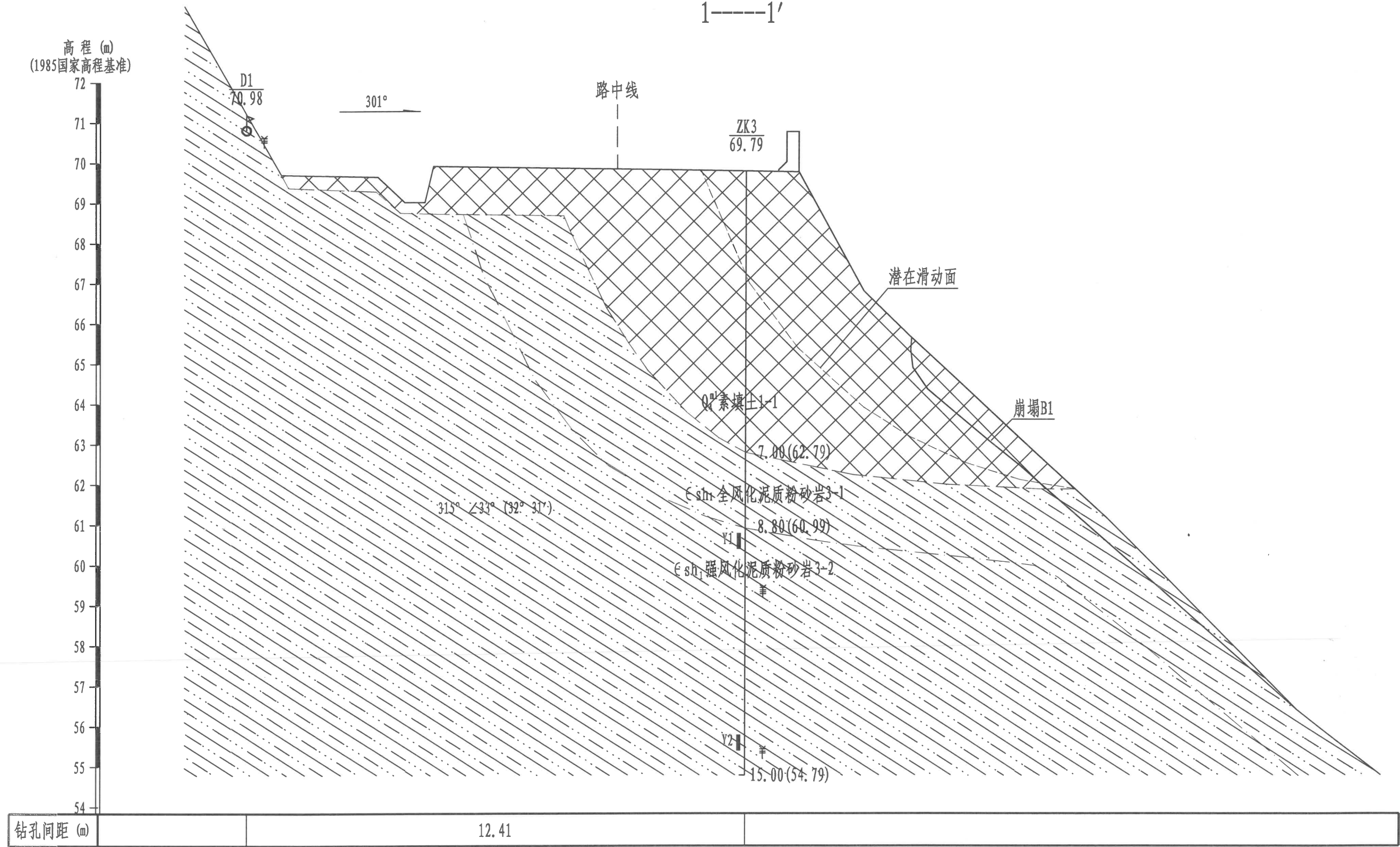
图号

01

K3087+875 工程地质横断面图

水平比例: 1:100
垂直比例: 1:100

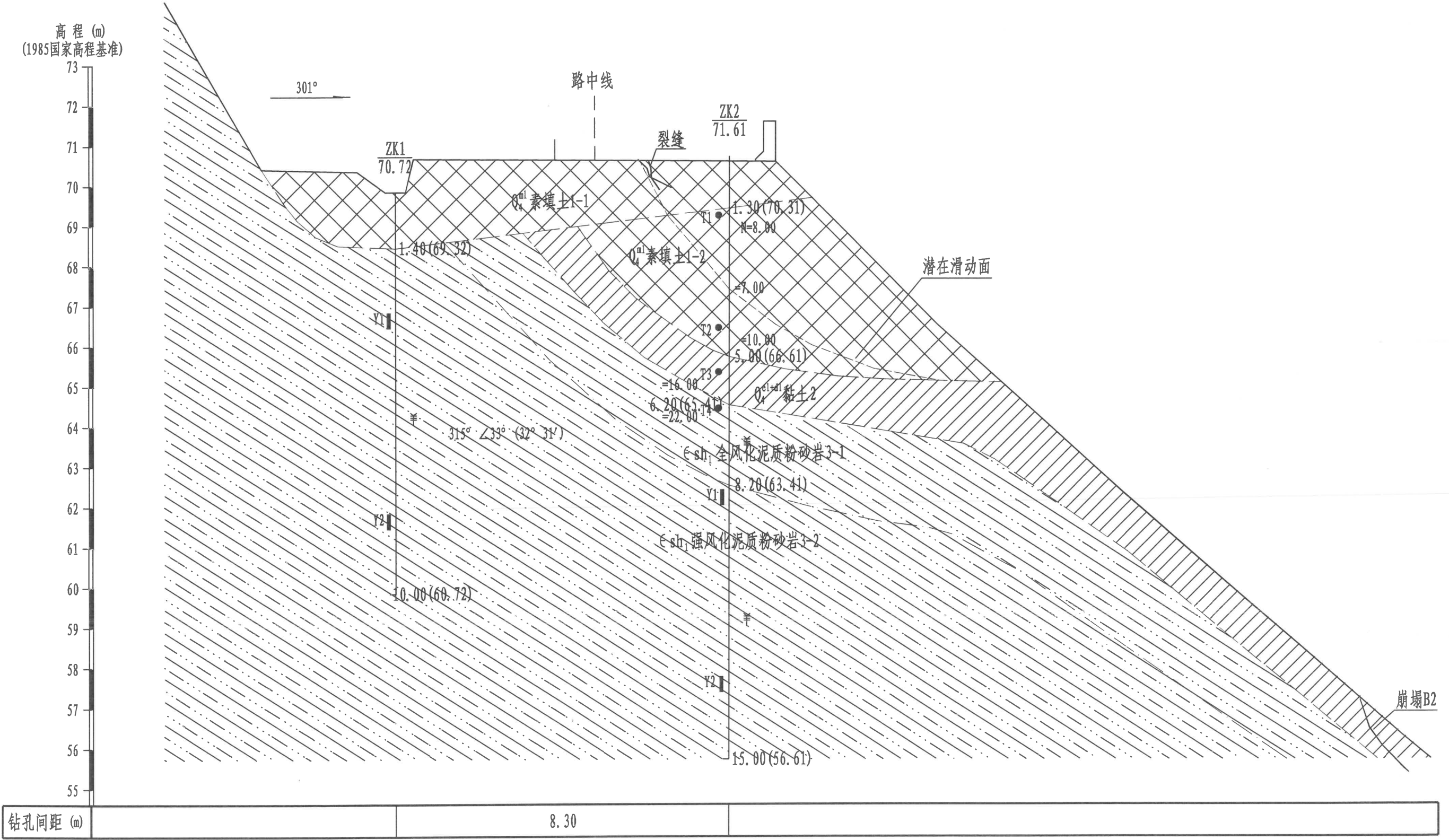
1-----1'



K3087+916 工程地质横断面图

2-----2'

水平比例: 1:100
垂直比例: 1:100



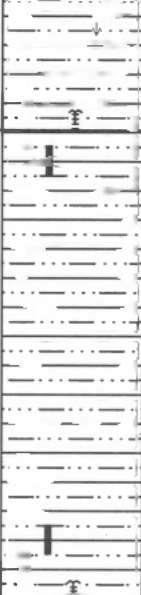
钻孔柱状图

工点名称		6241线K3087+826~K3087+4933段路基水毁抢险修复工程									
钻孔编号		ZK1	坐	X=2635195.98	开孔直径	130mm	钻孔深度(m)	10.00	初见水位(m)		
孔口标高(m)		70.72	标	Y=464738.14	钻探日期	2024.5.8 ~2024.5.8			稳定水位(m)		
地层编号	成因时代	层底深度(m)	分层厚度(m)	层底标高(m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征		取样 取样编号	标贯/动探 击数	备注	
								深度(m)	深度(m)		
①	Q	1.40	1.40	69.32		素填土:褐灰色、褐黄色,稍密,主要以碎石为主,呈棱角状,粒径约2~6cm,局部夹块石,块径约20~50cm,含量约5%~10%,土质不均匀,压缩性中等,回填时间超过10年。			N63.5=6,5,5,7,7 0.50-1.00		
						强风化泥质粉砂岩:褐黄色、褐灰色,泥质粉砂结构,薄层构造,颗粒矿物成份主要是石英、长石及黏土矿物,节理裂隙很发育,泥质胶结,胶结性较差,遇水软化,风干崩解,岩芯多呈块状,块径3~6cm,最大块径8cm,岩块锤击声哑。岩芯采取率65%~70%。		Y1 3.00-3.60			
③	Єsh	10.00	8.60	60.72				Y2 8.00-8.60			
勘察单位		广西交科集团有限公司				制图	余科	校核	秦秋文		

钻孔柱状图

工点名称		6241线K3087+826~K3087+4933段路基水毁抢险修复工程									
钻孔编号		ZK2	坐	X=2635200.43	开孔直径	130mm	钻孔深度(m)	15.00	初见水位(m)		
孔口标高(m)		71.61	标	Y=464731.13	钻探日期	2024.5.6 ~2024.5.7			稳定水位(m)		
地层编号	成因时代	层底深度(m)	分层厚度(m)	层底标高(m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征		取样 取样编号	标贯/动探 击数	备注	
								深度(m)	深度(m)		
①		1.30	1.30	70.31		素填土:褐灰色、褐黄色,稍密,主要以碎石为主,呈棱角状,粒径约2~6cm,局部夹块石,块径约20~50cm,含量约5%~10%,土质不均匀,压缩性中等,回填时间超过10年。		T1 1.40-1.60	N63.5=5,6,6,8,7 0.50-1.00 =8.0 1.65-1.95		
①	Q	5.00	3.70	66.61		素填土:黄褐色,稍密,主要以黏性土为主,土质不均匀,干强度中等,韧性中等,刀切面光滑有光泽,压缩性中等,回填时间超过10年。		T2 4.20-4.40	=7.0 3.15-3.45 =10.0 4.45-4.75		
②	Q ₄	6.20	1.20	65.41		黏土:黄褐色,稍湿,硬塑,成分以黏粒为主,黏性良好,刀切面稍光滑,干强度高,韧性中等,无摇震反应,含约10%角砾。		T3 5.30-5.50	=16.0 5.55-5.85 =31.0 6.35-6.65		
③		8.20	2.00	63.41		全风化泥质粉砂岩:黄褐色,坚硬状态,原岩结构构造已基本破坏,尚可辨认,含少量黏粒,遇水易松散,极易受扰动,局部可见原岩结构,手捏可碎。		Y1 8.30-8.90			
	Єsh	15.00	6.80	56.61		强风化泥质粉砂岩:褐黄色、褐灰色,泥质粉砂结构,薄层构造,颗粒矿物成份主要是石英、长石及黏土矿物,节理裂隙很发育,泥质胶结,胶结性较差,遇水软化,风干崩解,岩芯多呈块状,块径3~6cm,最大块径8cm,岩块锤击声哑。岩芯采取率65%~70%。		Y2 13.00-13.60			
勘察单位		广西交科集团有限公司				制图	余科	校核	秦秋文		

钻孔柱状图

工点名称		6241线K3087+826~K3087+4933段路基水毁抢险修复工程										
钻孔编号		ZK3		坐	X= 2635234.78		开孔直径	130mm	钻孔深度(m)	15.00	初见水位(m)	
孔口标高(m)		69.79		标	Y= 464754.16		钻探日期	2024.5.8 ~2024.5.9			稳定水位(m)	
地层编号	成因时代	层底深度(m)	分层厚度(m)	层底标高(m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征			取样	标贯/动探		备注
									取样编号	击数		
									深度(m)	深度(m)		
①	Q ⁴	7.00	7.00	62.79		素填土:褐灰色、褐黄色,稍密,主要以碎石为主,呈棱角状,粒径约2~6cm,局部夹块石,块径约20~50cm,含量约5%~10%,土质不均匀,压缩性中等,回填时间超过10年。				N63.5=6,5,6,9,7,8,8,9,7,8		
										1.00-2.00		
③	E ^{sh}	8.80	1.80	60.99		全风化泥质粉砂岩:黄褐色,坚硬状态,原岩结构构造已基本破坏,尚可辨认,含少量黏粒,遇水易松散,极易受扰动,局部可见原岩结构,手捏可碎。 强风化泥质粉砂岩:褐黄色、褐灰色,泥质粉砂结构,薄层构造,颗粒矿物成份主要是石英、长石及黏土矿物,节理裂隙很发育,泥质胶结,胶结性较差,遇水软化,风干崩解,岩芯多呈块状,块径3~6cm,最大块径8cm,岩块锤击声哑。岩芯采取率65%~70%。			Y1	N63.5=8,7,8,6,7,6,6,7,8,8		
4.00-5.00												
③												



G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治

(土工试验、工程水质分析试验、土易溶盐分析试验、岩石试验)

试 验 报 告

试验编号:24SY159



广西华蓝岩土工程有限公司

Guangxi Hualan Geotechnical Engineering Co.,Ltd.

工程勘察证书:综合类甲级 B145013742

计量认证证书:21 20 01 06 3100

注意事项:

- 1、试验报告无本公司“检测试验专用章”及准许使用徽标无效。
- 2、试验报告无骑缝章无效。
- 3、试验报告内容无试验负责人、校核人、审核人的签名无效。
- 4、未经本试验室书面批准,报告部分复制无效。
- 5、报告涂改、缺页无效。
- 6、试验结果只对来样负责。
- 7、对试验报告若有异议,请于收到报告之日起十五日内向试验单位提出书面申诉,否则按认可本试验报告处理。

单位地址:广西南宁市望州路北二里38号

邮政编码:530001

电话号码:0771—3302161

E-MAIL:2051979818@QQ.com

开户名称:广西华蓝岩土工程有限公司

开户银行:中国建设银行股份有限公司南宁路桥支行

帐号:45001604263059666666





试验编号: 24SY063100

工程名称: G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治

送样日期: 2024年05月11日 ~ 成果日期: 2024年05月16日

试验单位: 广西华蓝岩土工程有限公司

委托单位: 广西文科集团有限公司



法定代表人: 阳 成

试验负责人: 梁慧君 梁慧君 上岗证号: 土工20200074

报告校核人: 江 媚 江媚 上岗证号: TG2023093

报告审核人: 贲吕周 贲吕周 上岗证号: 土工20200073

报告批准人: 卢玉南 卢玉南 上岗证号: 土工20200069

目 录

试验报告.....共 4 页

附固结试验成果图.....共 1 页

附直剪试验成果图.....共 1 页



试验编号: 24SY159
项目编号: ———

送样日期: 2024年05月11日

工程名称: G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治

成果日期: 2024年05月14日

试样编号		取样深度	试样状态	野外定名	依据 《公路土工 试验规程》 JTG 3430 —2020 分类	天然含水率 w 烘干法	颗粒比重 Gs 经验值	天然密度 ρ ₀ 环刀法	天然重度 γ	天然孔隙比 e ₀	饱和度 S _r	液 限 (w _L %) (17mm) 联合测定法	塑 性 指 数 I _p	液 性 指 数 I _L	含 水 比 a _w	天然快剪			饱和快剪			压 缩 (快速法)				压缩曲线		颗 粒 大 小 (d) 和 含 量 (x) (筛析法)																																																																																																																																																																										
室 内	室 外															黏 聚 力 c kPa	内 摩 擦 角 φ °	黏 聚 力 c kPa	内 摩 擦 角 φ °	压 缩 系 数 a _v 100~ 200kPa	压 缩 模 量 E _s 100~ 200kPa	压 缩 系 数 a _v 200~ 400kPa	压 缩 模 量 E _s 200~ 400kPa	压 缩 系 数 a _v 200~ 400kPa	压 缩 模 量 E _s 200~ 400kPa	初 始 孔 隙 比 e'	非 线 性 系 数	60 mm	20 mm	5 mm	2 mm	0.75 mm	0.25 mm	0.075 mm	压 缩 系 数	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa	压 缩 系 数 a _v MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E _s MPa

说明:

1. 试验依据《公路土工试验规程》(JTG 3430-2020)；
2. 压缩曲线方程式为： $e_i = e' \cdot \exp(-an \cdot P_i^{2/3})$ ($P_i = 0 \sim 400 \text{kPa}$)；
3. 试验使用的仪器设备均在检定/校准有效期内；
4. 做颗粒的试样不均匀且含较多砾砂，制样过程稍有扰动，C、φ、 a_v 、 E_s 值仅供参考。

试验负责人: 赵稳石

校核: 王工

审核: 王工

土工20200074

土工2023093

土工20200073

试验编号: 24SY159
项目编号: ———

成果日期: 2024年05月14日

工程名称: G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治

试样编号		分 析 项 目																			
		阳离子			阴离子			其他项目													
室内	室外	取样深度	样品名称	取样日期	送样日期	试验日期	Ca ²⁺ (钙盐)	Mg ²⁺ (镁盐)	NH ₄ ⁺ (铵盐)	Cl ⁻ (氯化物)	SO ₄ ²⁻ (硫酸盐)	HCO ₃ ⁻ (重碳酸盐)	CO ₃ ²⁻ (碳酸盐)	OH ⁻ (苛性碱)	游离CO ₂	侵蚀性CO ₂	溶解性总固体 (总矿化度)	硬度	总碱度 (CaCO ₃)	pH值	
							mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mmol/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
24S228	S1	-	水样	—	2024.05.11	2024.05.11-2024.05.14	EDTA滴定法	EDTA滴定法	纳氏试剂分光光度法	硫酸银滴定法	硫酸钡重量法	指示剂滴定法				酚酞指示剂滴定法	酸滴定法	-	-	28.49	6.76
24S229	S2	-	水样	—	2024.05.11	2024.05.11-2024.05.14	12.26	7.52	0.20	4.06	62.77	38.58	0.63	0.00	0.00	14.89	6.23	240.29	61.59	31.64	6.91
说 明		1、试验依据：《水电工程地质勘察水质分析规程》NB/T35052-2015；																			
		2、试验环境：室温24.0℃,湿度78%；																			
		3、试验仪器设备名称及编号：电子天平1203100162 / 酸度计pHS-3C/ 滴定管22-1、23-1、24-1、25-1，试验使用的仪器设备均在检定/校准有效期内。																			

1、试验依据:《水电工程地质勘察水质分析规程》NB/T35052-2015;

2、试验环境: 室温24.0℃,湿度78%;

3、试验仪器设备名称及编号: 电子天平1203100162 / 酸度计pHS-3C/ 滴定管22-1、23-1、24-1、25-1, 试验使用的仪器设备均在检定/校准有效期内。

试验负责人: 赵稳石

校核: 王工

审核: 王工

土工20200074

土工2023093

土工20200073



21 20 01 06 3100



试验编号: 24SY159

项目编号: ——

工程名称: G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治

成果日期: 2024年05月14日

第 3 页 共 4 页

试样编号		取样深度 m	土样类别	取样日期	试验日期	分 析 项 目										
						阳离子		阴离子								
						Ca ²⁺ (钙离子)	Mg ²⁺ (镁离子)	Cl ⁻ (氯根)	SO ₄ ²⁻ (硫酸根)	HCO ₃ ⁻ (重碳酸根)	CO ₃ ²⁻ (碳酸根)	酸碱度				
24T2441	室内					1.40 -- 1.60	含砾低液限黏土	—	2024.05.12- 2024.05.13	66	33	9	227	169	0	7.12
24T2443	室内					5.30 -- 5.50	低液限黏土质砾	—	2024.05.12- 2024.05.13	28	13	16	170	66	0	7.21
说明						1、试验依据:《公路土工试验规程》JTG 3430—2020; 2、试验环境: 室温24.0℃,湿度78%; 3、试验仪器设备名称及编号: 电子天平1203100162 / 酸度计PHS-3C / 滴定管22-1、23-1、24-1、25-1, 试验使用的仪器设备均在检定/校准有效期内。										

试验负责人: 罗超

±工20200074

校核: 王

TG2023093

审核:

王工20200073



21 20 01 06 3100



试验编号: 24SY159

项目编号: ——

工程名称: G241线K3087+826~K3087+933段路基加固处治

成果日期: 2024年05月16日

第4页共4页

送样日期: 2024年05月11日

室内编号	室外编号	取样深度 (m)	试样名称	试件含水状态	点荷载强度指数		换算单轴抗压强度 R _c (MPa)
					Is (50) (MPa)		
24K1484	ZK1-Y1	3.00 - 3.60	强风化泥质粉砂岩	天然	0.63		16.1
24K1485	ZK1-Y2	8.00 - 8.60	强风化泥质粉砂岩	天然	0.70		17.6
24K1486	ZK2-Y1	8.30 - 8.90	强风化泥质粉砂岩	天然	0.65		16.6
24K1487	ZK2-Y2	13.00 - 13.60	强风化泥质粉砂岩	天然	0.19		6.7
24K1488	ZK3-Y1	9.00 - 9.60	强风化泥质粉砂岩	天然	0.33		9.9
24K1489	ZK3-Y2	14.00 - 14.60	强风化泥质粉砂岩	天然	0.63		16.2
24K1490	ZK4-Y1	6.00 - 6.60	强风化泥质粉砂岩	天然	1.08		24.2
24K1491	ZK4-Y2	11.00 - 11.60	强风化泥质粉砂岩	天然	0.86		20.5
说明: 1. 试验依据《公路工程岩石试验规程》(JTG E41-2005); 2. 换算单轴抗压强度依据《工程岩体分级标准》(GB 50218-2014), 数据仅供参考; 3. 点荷载试样均为不规则块体试件, 每组数量为15~20个; 4. 试样名称依据野外定名; 5. 试验使用的仪器设备均在检定/校准有效期内。							

试验负责人: 罗超

±工20200074

校核: 王

TG2023093

审核:

±工20200073



广西华蓝岩土工程有限公司

固结试验成果图



第 1 页共 1 页

试验编号:24SY159



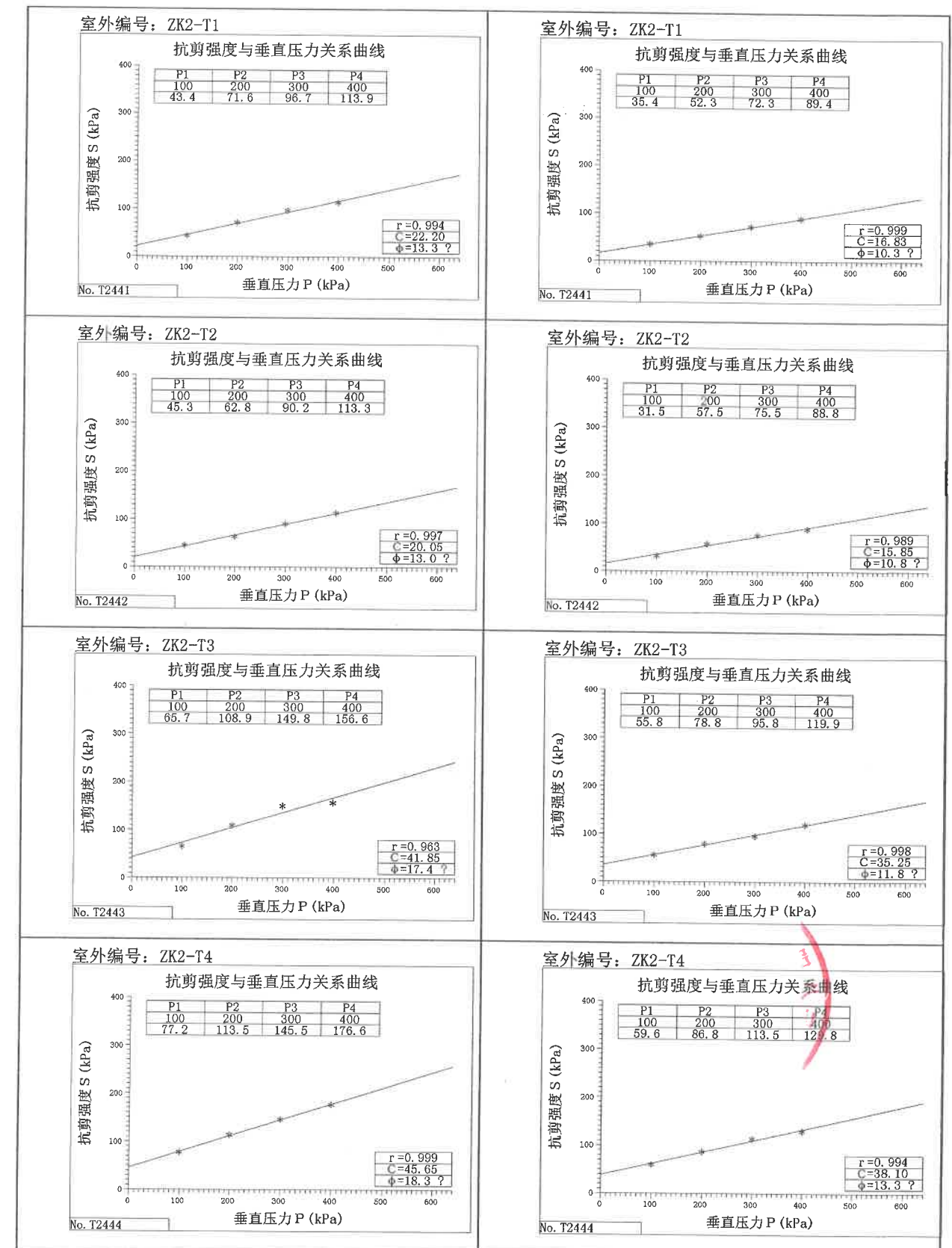
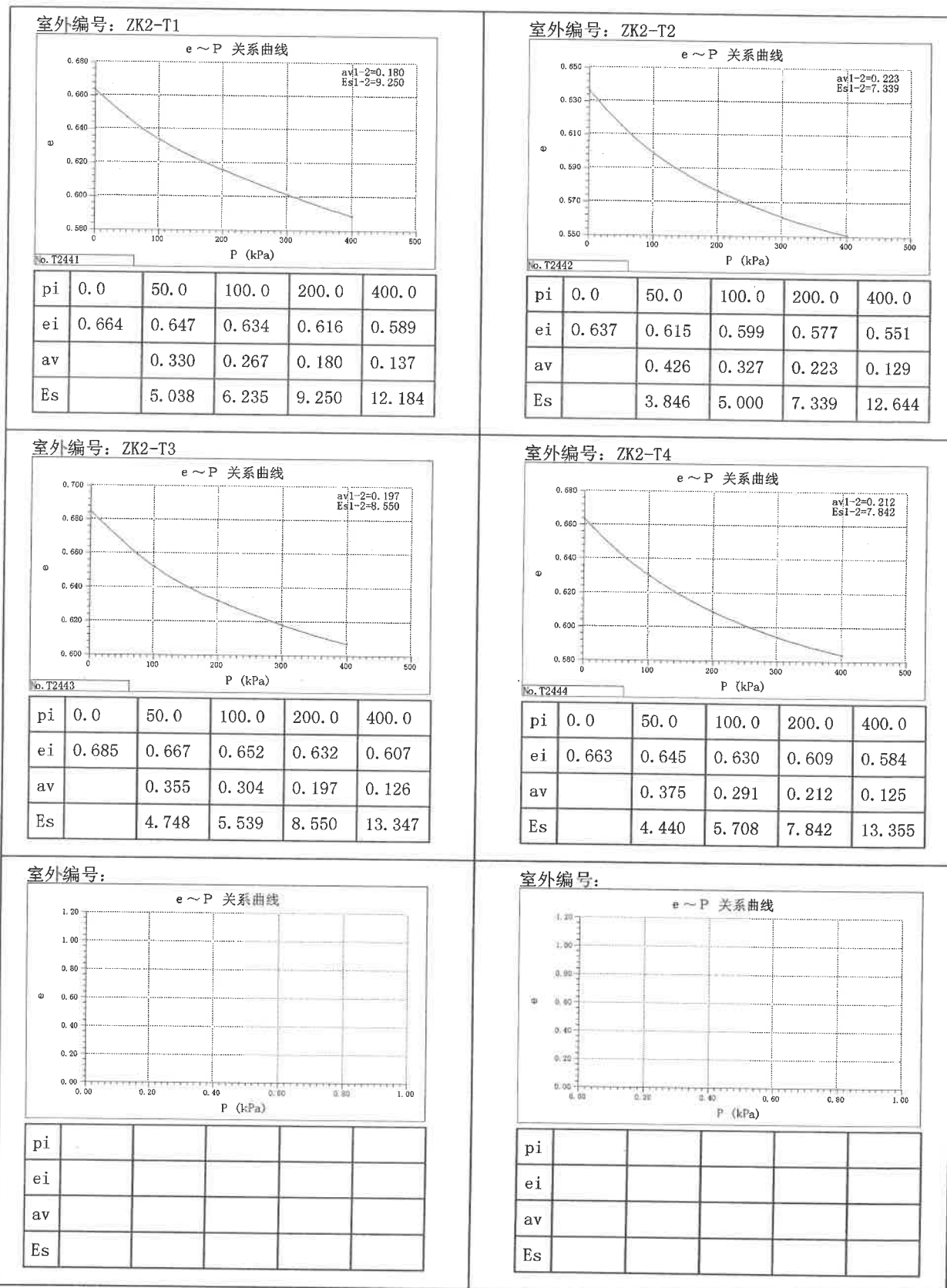
广西华蓝岩土工程有限公司

直剪试验成果图



第 1 页共 1 页

试验编号:24SY159





ZK1		ZK2		ZK3		机台照片		场地照片	

G241线K3087+826~K3091+433段灾害防治工程

一阶段施工图设计边坡稳定分析计算书

一、工程概况

本项目治理区为国道 G241 线 K3087+826~K3091+433段路基下边坡，位于梧州市藤县东荣镇上峡村。该段路基宽度为 8.5m，路面为沥青混凝土路面。左侧为挖方边坡，岩性为寒武系水口群全-强风化泥质粉砂岩，右侧为填方路基，填土高约 6-8 米，设置混凝土护栏。该段路基为临河路段，右侧为蒙江，路面距离河边高差 35~40m，右侧混凝土护栏距离河边平距 30~40m，右侧地面陡峭，坡度 40~55 度。地面植被茂密，岩性为人工填土、残坡积粉质粘土、寒武系水口群全风化泥质粉砂岩，局部见建筑垃圾堆积。现场测得岩层产状为 $315^{\circ} \angle 33^{\circ}$ 。

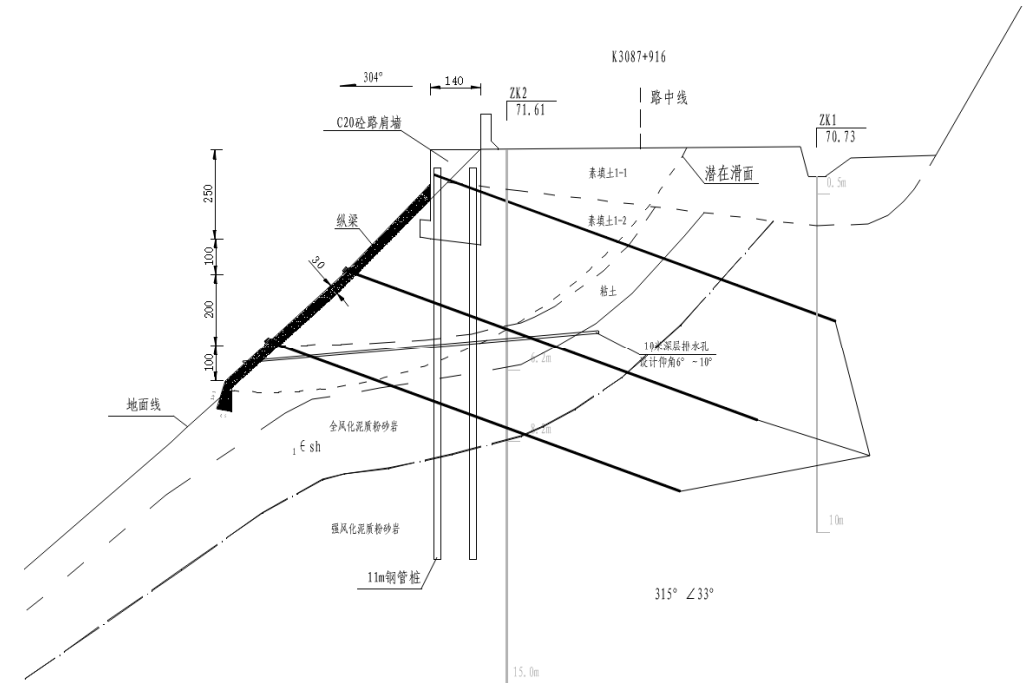
K3087+890~K3087+933段右幅路基，受2024年4月份强降雨影响，发生沉降，伴随路面出现纵向裂缝，右侧混凝土护栏出现多处裂缝，主要为垂直裂缝，少部分为横向裂缝，断裂严重。路面出现裂缝后，藤县公路养护中心及时对裂缝用沥青进行封闭。现对该段路堤采用路肩墙+微型钢管桩+锚杆加固方案进行处治加固。本次计算主要对该段路基典型断面进行加固前和加固后的路堤稳定性进行计算分析。

二、计算依据

《公路路基设计规范》JTG D30-2015

三、计算分析

（一）K3087+916 断面治理方案

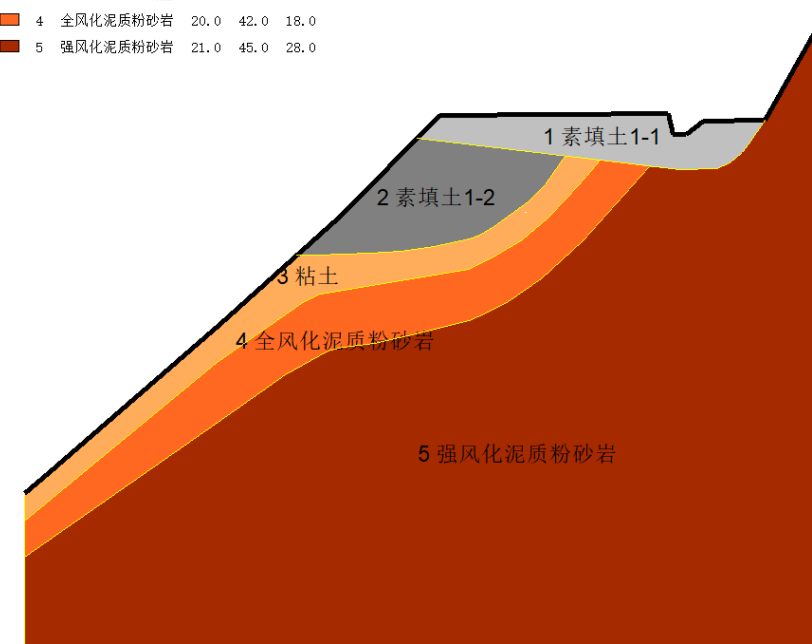


K3087+916 加固处治横断面图

1、路基加固前（正常工况）

(1) 计算简图

		γ	c	Φ
1	素填土1-1	22.0	9.0	24.0
2	素填土1-2	19.5	13.0	9.0
3	粘土	19.0	35.0	15.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



(2) 已知条件

2.1 坡线信息

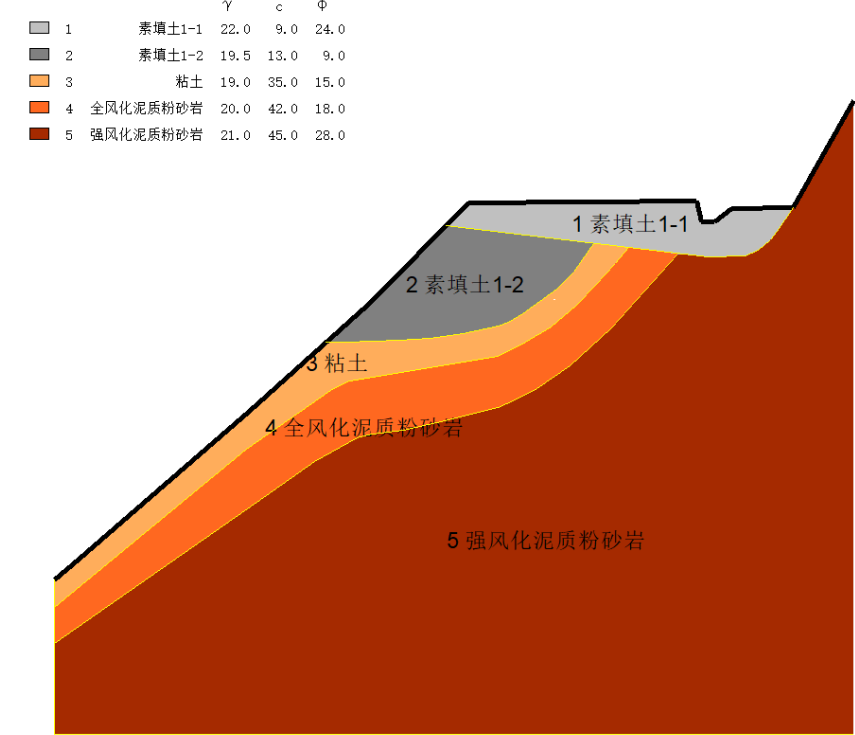
坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	0.710	0.589	0.922	39.710	0
2	6.977	6.034	9.224	40.857	0
3	4.671	4.212	6.289	42.044	0
4	4.007	4.024	5.679	45.124	0
5	9.000	0.082	9.000	0.524	0
6	0.200	-0.826	0.850	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.700	0.513	0.868	36.236	0
9	2.394	0.056	2.395	1.340	0
10	2.407	4.201	4.842	60.185	0

2.2 超载信息

无超载信息

2.3 围域信息

围域个数：5



围域土层数：5

围域土层参数说明：

γ -- 重度 (kN/m₃)；

γ 饱和--饱和重度 (kN/m₃)；

f_{rb}--粘结强度 (kPa)；

c--粘聚力 (kPa)；

ϕ --内摩擦角度 (度)；

水下 c--水下粘聚力 (kPa)；

水下 ϕ --水下内摩擦角度 (度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和 (kN/m ₃)	f _{rb} (kPa)
1	3	粘土	c、 ϕ 值	19.000	19.500	60.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000
4	2	素填土 1-2	c、 ϕ 值	19.500	20.000	0.000
5	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)
1	35.000	15.00	30.000	12.00
2	9.000	24.00	8.000	22.00
3	45.000	28.00	40.000	25.00
4	13.000	9.00	12.000	.00
5	42.000	18.00	38.000	15.00

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	否
是否采用替代容重法	---
水作用考虑方法	---
是否考虑渗透压力	---
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	---
水面线段数	---
水面线起始点 X(m)	---
水面线起始点 Y(m)	---

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
----------	--------------	--------------	------------	-------------

2.5 筋带信息

无筋带信息

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

(3) 计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑
滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

(4) 计算公式

$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\theta_j)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\theta_q)}$$

$$m_q = \cos(\theta_q) + \frac{\sin(\theta_q) \tan(\theta_j)}{K}$$

式中：

- K

--

整个滑体计算的安全系数；
- b

--

土条的宽度（m）；
- W

--

条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；
- θ

--

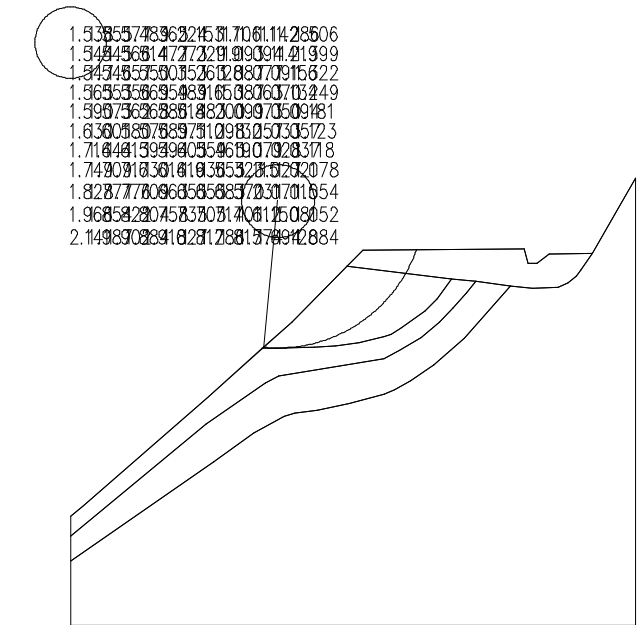
第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
- C、φ

--

土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

(5) 结果信息

5.1 计算结果图



5.2 滑面信息

最危险滑面信息：

圆心坐标(m)： (11.574, 23.741)
半径(m)： 8.247

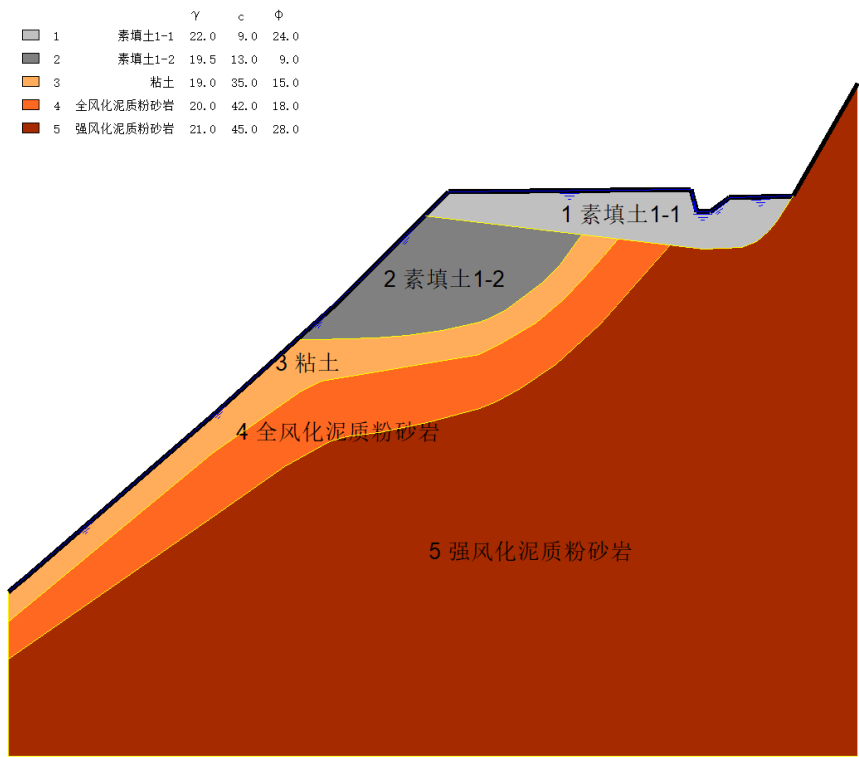
安全系数： 1.015
总的下滑力(kN)： 190.540
总的抗滑力(kN)： 193.336
土体部分下滑力(kN)： 190.540
土体部分抗滑力(kN)： 193.336
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN)： 0.000
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN)： 0.000

5.3 稳定性评价

根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015，表 3.6.11,路堤堤身稳定安全系数为 1.35>1.015，路基加固前正常工况下处于欠稳定状态。

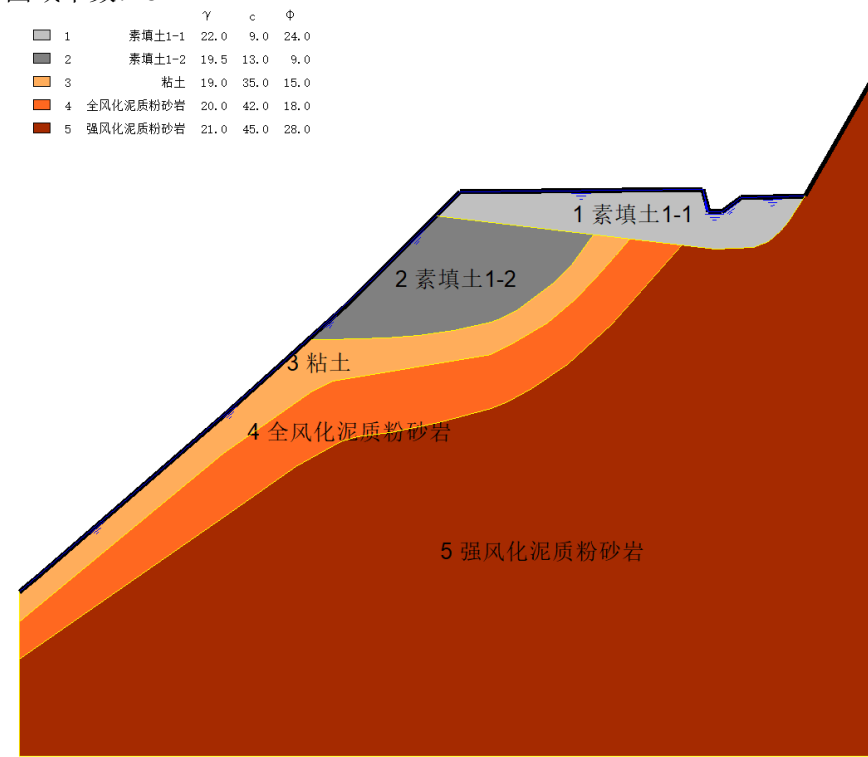
2、路基加固前（非正常工况 I）

(1) 计算简图



2.3 围域信息

围域个数：5



(2) 已知条件

2.1 坡线信息

坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	0.710	0.589	0.922	39.710	0
2	6.977	6.034	9.224	40.857	0
3	4.671	4.212	6.289	42.044	0
4	4.007	4.024	5.679	45.124	0
5	9.000	0.082	9.000	0.524	0
6	0.200	-0.826	0.850	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.700	0.513	0.868	36.236	0
9	2.394	0.056	2.395	1.340	0
10	2.407	4.201	4.842	60.185	0

2.2 超载信息

无超载信息

围域土层数：5

围域土层参数说明：

γ --重度(kN/m₃)；

γ 饱和--饱和重度(kN/m₃)；

f_{rb}--粘结强度(kPa)；

c--粘聚力(kPa)；

ϕ --内摩擦角度(度)；

水下 c--水下粘聚力(kPa)；

水下 ϕ --水下内摩擦角度(度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	f _{rb} (kPa)
1	3	粘土	c、 ϕ 值	19.000	19.500	60.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000
4	2	素填土 1-2	c、 ϕ 值	19.500	20.000	0.000
5	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
1	35.000	15.00	30.000	12.00	---	---
2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---

3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---
4	13.000	9.00	12.000	8.00	---	---
5	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	是
是否采用替代容重法	否
水作用考虑方法	总应力法
是否考虑渗透压力	否
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	不考虑
水面线段数	9
水面线起始点 X(m)	0.000
水面线起始点 Y(m)	6.114

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
1	5.839	5.025	7.703	40.719
2	4.018	3.555	5.365	41.503
3	3.369	3.128	4.597	42.869
4	3.138	3.152	4.447	45.124
5	9.000	0.082	9.000	0.524
6	0.200	-0.826	0.850	283.611
7	0.500	0.000	0.500	0.000
8	0.700	0.513	0.868	36.236
9	2.394	0.056	2.395	1.340

2.5 筋带信息

无筋带信息

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

(3) 计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑

滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

(4) 计算公式

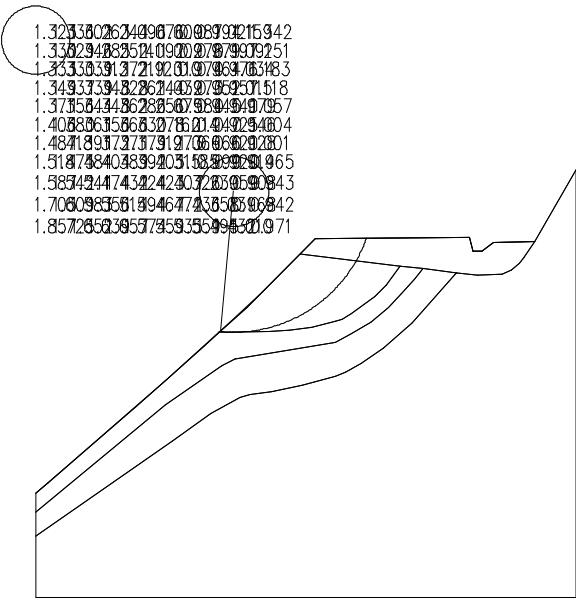
$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\theta)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\theta)}$$
$$m_q = \cos(\theta) + \frac{\sin(\theta) \tan(\theta)}{K}$$

式中：

- K -- 整个滑体计算的安全系数；
- b -- 土条的宽度（m）；
- W -- 条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；
- θ -- 第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
- C、φ -- 土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

(5) 结果信息

5.1 计算结果图



5.2 滑面信息

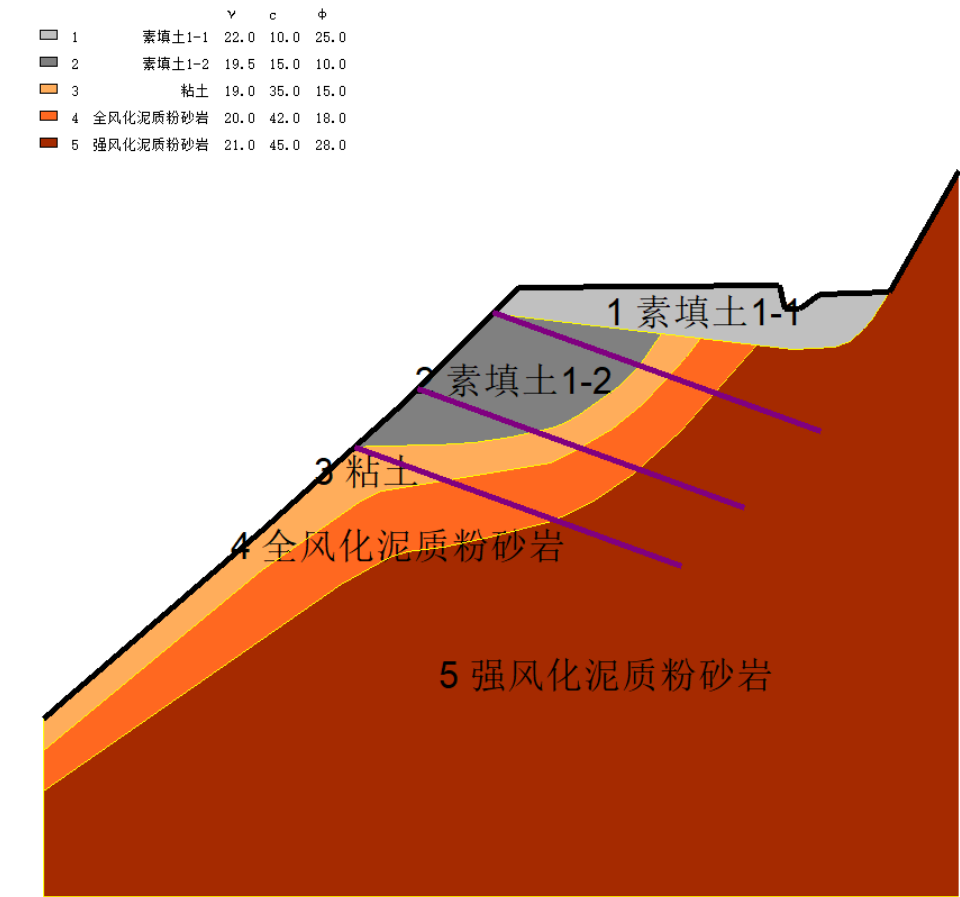
最危险滑面信息：
圆心坐标(m)： (11.574, 23.741)
半径(m)： 8.247

安全系数： 0.908
总的下滑力(kN)： 195.266
总的抗滑力(kN)： 177.383
土体部分下滑力(kN)： 195.266
土体部分抗滑力(kN)： 177.383
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN)： 0.000
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN)： 0.000

5.3 稳定性评价
根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015，表 3.6.11,路堤堤身稳定安全系数为 1.25>0.908，路基加固前非正常工况 I 下处于不稳定状态。

3、路基加固后（正常工况）

（1）计算简图



（2）已知条件

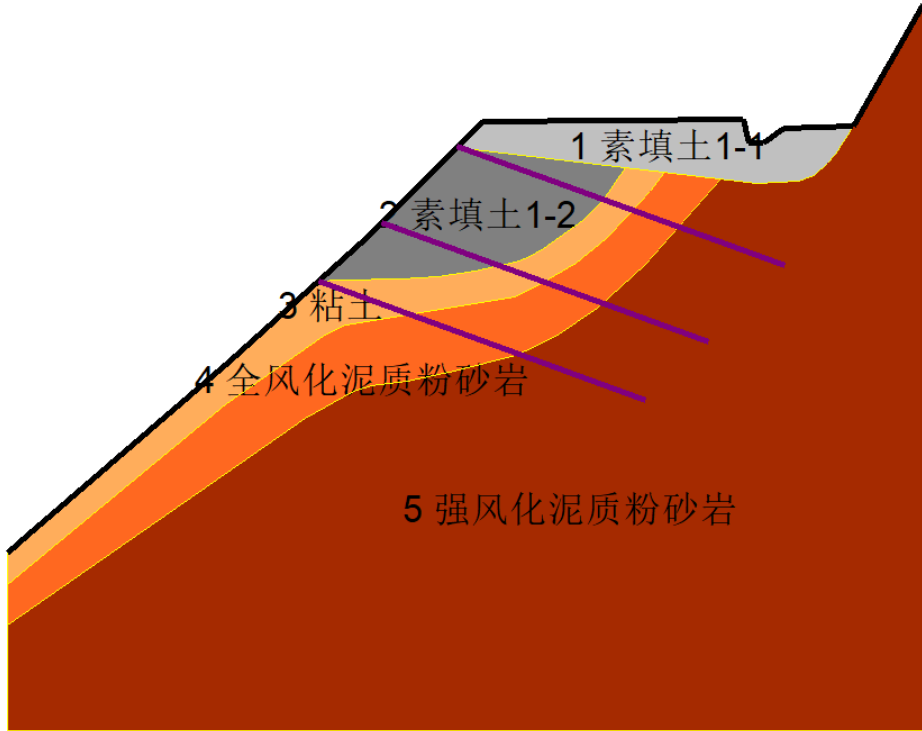
2.1 坡线信息					
坡线段序号	水平投影长(m)	竖直投影长(m)	坡线长(m)	坡线仰角(度)	超载个数
1	0.710	0.589	0.922	39.710	0
2	6.977	6.034	9.224	40.857	0
3	4.671	4.212	6.289	42.044	0
4	4.007	4.024	5.679	45.124	0
5	9.000	0.082	9.000	0.524	0
6	0.200	-0.826	0.850	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.700	0.513	0.868	36.236	0
9	2.394	0.056	2.395	1.340	0
10	2.407	4.201	4.842	60.185	0

2.2 超载信息
无超载信息

2.3 围域信息

围域个数：5

		γ	c	ϕ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
2	素填土1-2	19.5	15.0	10.0
3	粘土	19.0	35.0	15.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



围域土层数：5

围域土层参数说明：

γ -- 重度(kN/m₃)；

γ 饱和-- 饱和重度(kN/m₃)；

f_{rb}-- 粘结强度(kPa)；

c-- 粘聚力(kPa)；

ϕ -- 内摩擦角度(度)；

水下 c-- 水下粘聚力(kPa)；

水下 ϕ -- 水下内摩擦角度(度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	f _{rb} (kPa)
1	3	粘土	c、 ϕ 值	19.000	19.500	60.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000
4	2	素填土 1-2	c、 ϕ 值	19.500	20.000	0.000
5	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
1	35.000	15.00	30.000	12.00	---	---

2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---
3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---
4	13.000	9.00	12.000	8.00	---	---
5	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	否
是否采用替代容重法	---
水作用考虑方法	---
是否考虑渗透压力	---
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	---
水面线段数	---
水面线起始点 X(m)	---
水面线起始点 Y(m)	---

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
----------	--------------	--------------	------------	-------------

2.5 筋带信息

采用锚杆

锚杆道数：3

序号	距地面高度(m)	水平间距(m)	总长度(m)	入射角(度)
1	20.115	2.400	12.000	20.000
2	17.474	3.000	12.000	20.000
3	15.481	3.000	12.000	20.000

序号	材料抗拉力(kN)	锚固段长度(m)	锚固段直径(mm)	法向力发挥系数
1	180.000	12.000	110.000	0.500
2	180.000	12.000	110.000	0.500
3	180.000	12.000	110.000	0.500

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

(3) 计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑
滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000

搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

(4) 计算公式

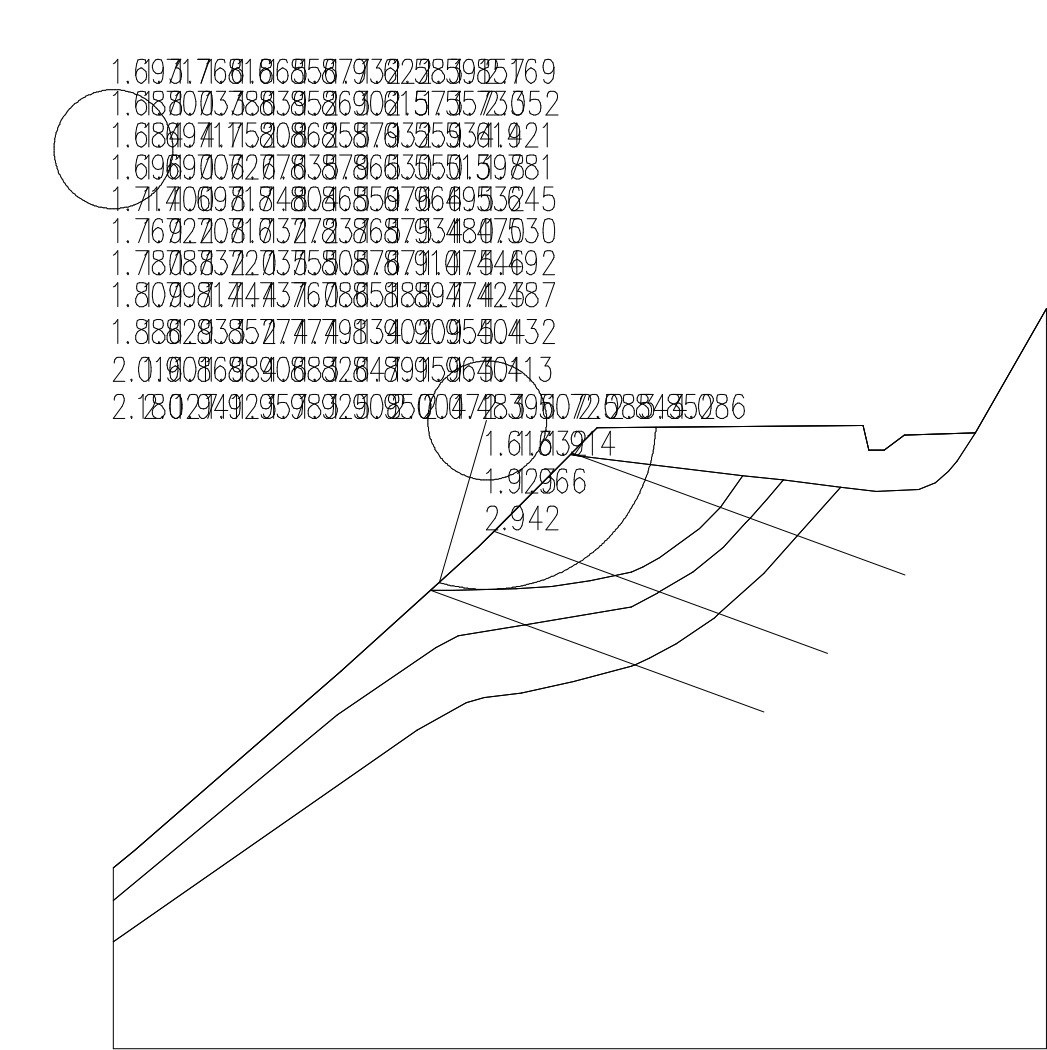
$$K = \frac{\sum (Cb + W\tan(\theta_j)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\theta_j)}$$

$$m_q = \cos(\theta_j) + \frac{\sin(\theta_j)\tan(\theta_j)}{K}$$

- 式中：
- K -- 整个滑体计算的安全系数；
 - b -- 土条的宽度（m）；
 - W -- 条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；
 - θ -- 第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
 - C、φ -- 土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

(5) 结果信息

5.1 计算结果图



5.2 滑面信息

最危险滑面信息：

圆心坐标(m)： (12.626, 21.223)
半径(m)： 5.700

安全系数： 1.396
总的下滑力(kN)： 168.688
总的抗滑力(kN)： 235.477
土体部分下滑力(kN)： 168.688
土体部分抗滑力(kN)： 188.838
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN)： 36.909
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN)： 9.730

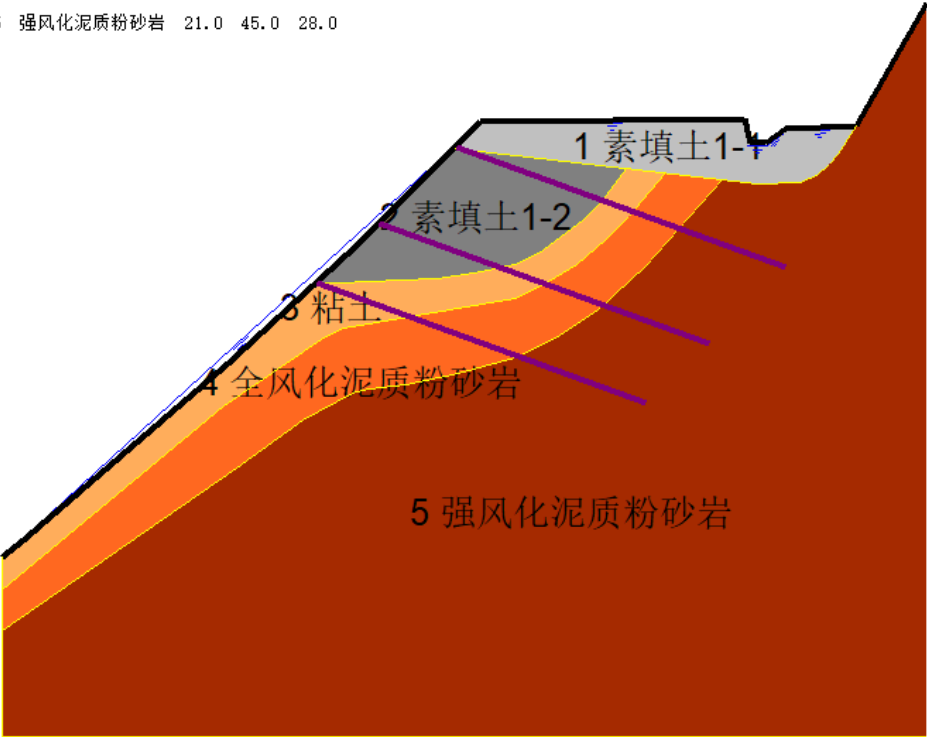
5.3 稳定性评价

根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015，表 3.6.11,路堤堤身稳定安全系数为 1.35<1.396，路基加固后在正常工况下处于稳定状态。

4、路基加固后（非正常工况 I）

(1) 计算简图

		γ	c	ϕ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
2	素填土1-2	19.5	15.0	10.0
3	粘土	19.0	35.0	15.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



(2) 已知条件

2.1 坡线信息

坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	0.710	0.589	0.922	39.710	0
2	6.977	6.034	9.224	40.857	0
3	4.671	4.212	6.289	42.044	0
4	4.007	4.024	5.679	45.124	0
5	9.000	0.082	9.000	0.524	0
6	0.200	-0.826	0.850	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.700	0.513	0.868	36.236	0
9	2.394	0.056	2.395	1.340	0
10	2.407	4.201	4.842	60.185	0

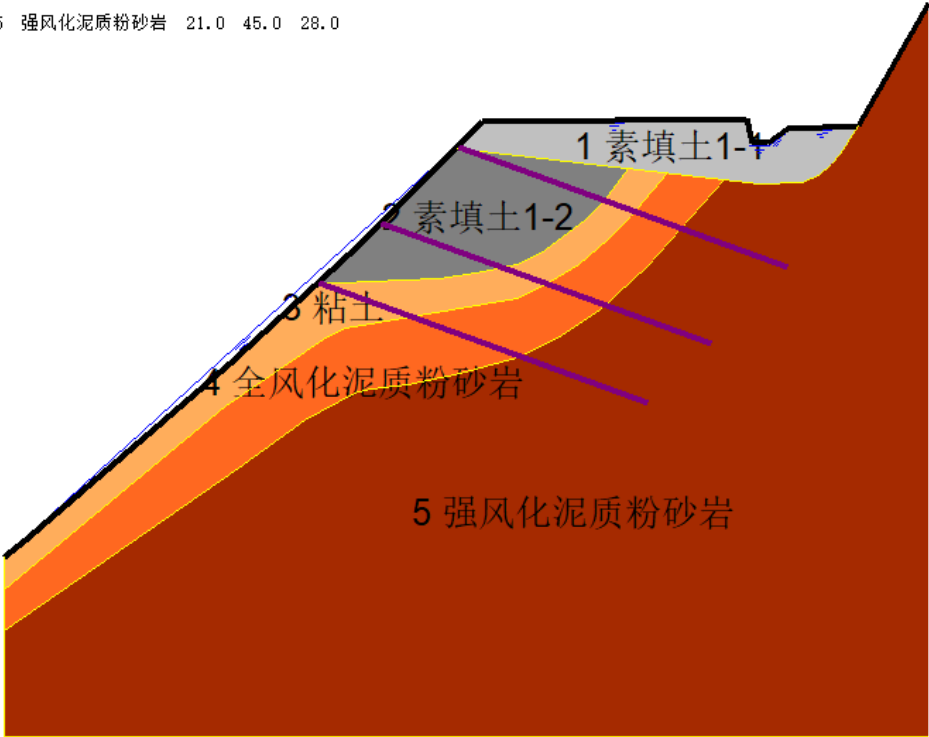
2.2 超载信息

无超载信息

2.3 围域信息

围域个数: 5

		γ	c	ϕ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
2	素填土1-2	19.5	15.0	10.0
3	粘土	19.0	35.0	15.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



围域土层数: 5

围域土层参数说明:

γ --重度(kN/m₃);

γ 饱和--饱和重度(kN/m₃);

frb--粘结强度(kPa);

c--粘聚力(kPa);

ϕ --内摩擦角度(度);

水下 c--水下粘聚力(kPa);

水下 ϕ --水下内摩擦角度(度);

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	frb(kPa)
1	3	粘土	c、 ϕ 值	19.000	19.500	60.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000
4	2	素填土 1-2	c、 ϕ 值	19.500	20.000	0.000
5	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
----	-----------	---------------	-----------	---------------	--------------	---

1	35.000	15.00	30.000	12.00	---	---
2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---
3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---
4	13.000	9.00	12.000	8.00	---	---
5	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	是
是否采用替代容重法	否
水作用考虑方法	总应力法
是否考虑渗透压力	否
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	不考虑
水面线段数	9
水面线起始点 X(m)	0.000
水面线起始点 Y(m)	6.114

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
1	5.839	5.025	7.703	40.719
2	4.018	3.555	5.365	41.503
3	3.369	3.128	4.597	42.869
4	3.138	3.152	4.447	45.124
5	9.000	0.082	9.000	0.524
6	0.200	-0.826	0.850	283.611
7	0.500	0.000	0.500	0.000
8	0.700	0.513	0.868	36.236
9	2.394	0.056	2.395	1.340

2.5 筋带信息

采用锚杆，锚杆道数：3

序号	距地面高度(m)	水平间距(m)	总长度(m)	入射角(度)
1	20.115	2.400	12.000	20.000
2	17.474	3.000	12.000	20.000
3	15.481	3.000	12.000	20.000

序号	材料抗拉力(kN)	锚固段长度(m)	锚固段直径(mm)	法向力发挥系数
1	180.000	12.000	110.000	0.500
2	180.000	12.000	110.000	0.500
3	180.000	12.000	110.000	0.500

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

(3) 计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑
滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

(4) 计算公式

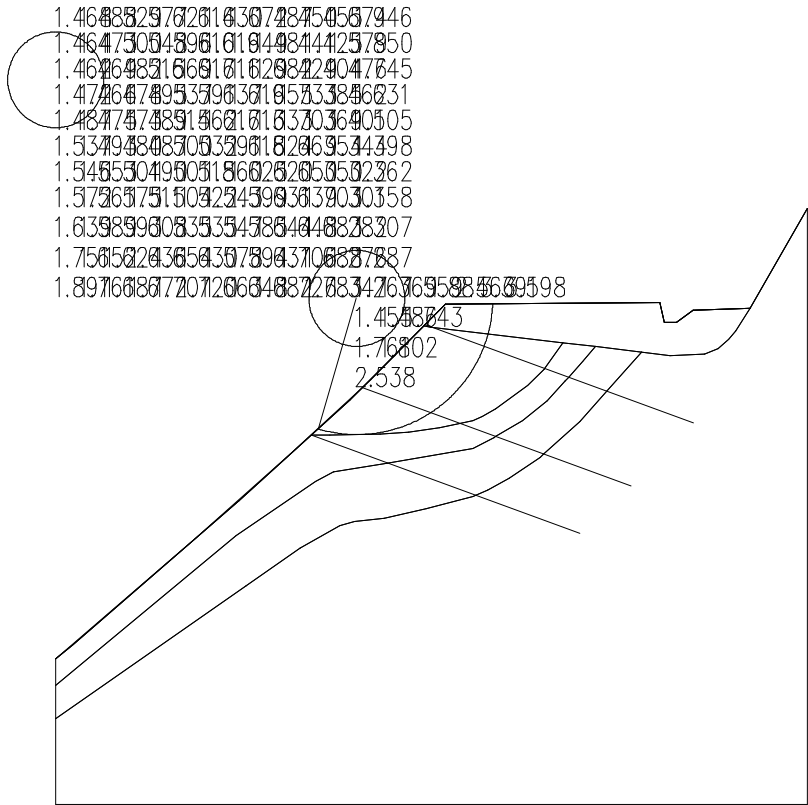
$$K = \frac{\sum (C_b + W \tan(\theta_j)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\theta_q)}$$
$$m_q = \cos(\theta_q) + \frac{\sin(\theta_q) \tan(\theta_j)}{K}$$

式中：

- K -- 整个滑体计算的安全系数；
- b -- 土条的宽度（m）；
- W -- 条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；
- θ_i -- 第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
- C、φ -- 土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

(5) 结果信息

5.1 计算结果图



5.2 滑面信息

最危险滑面信息:

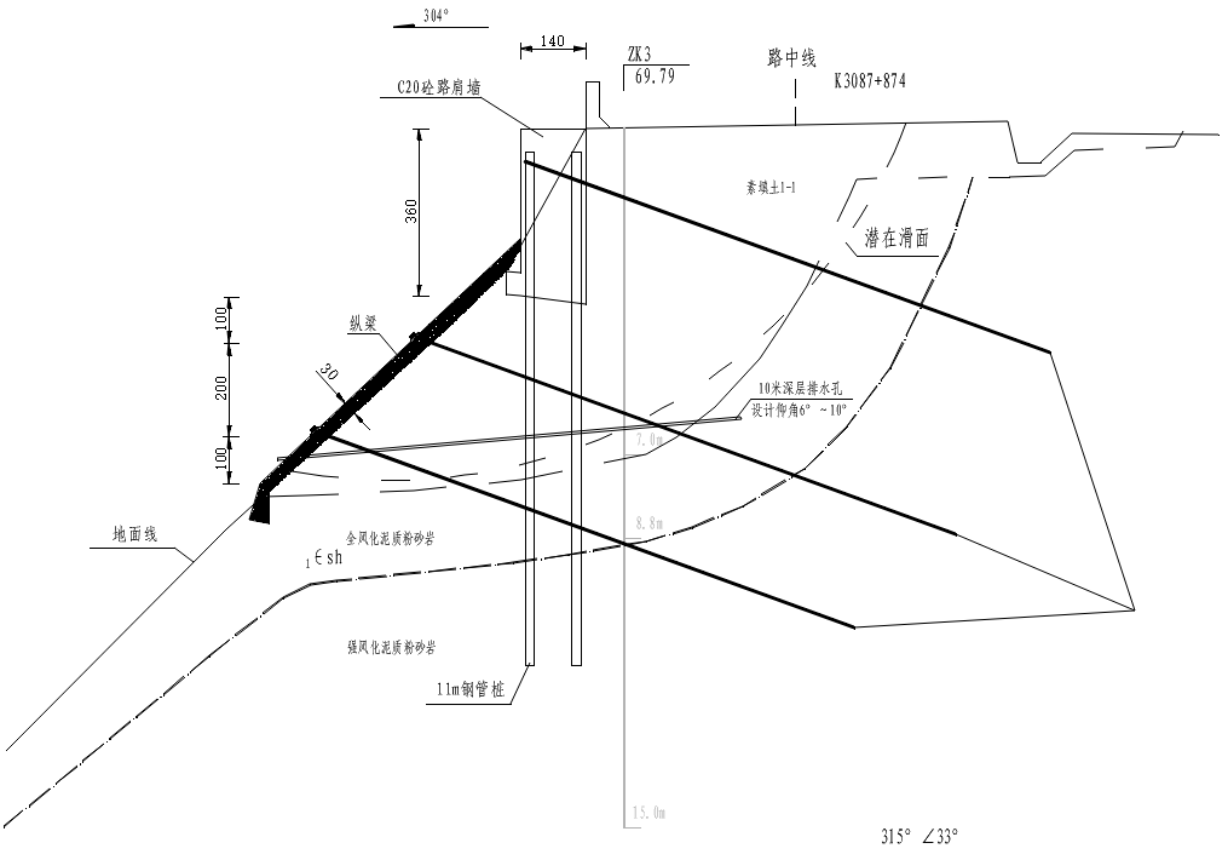
圆心坐标(m): (12.626, 21.223)
半径(m): 5.700

安全系数: 1.267
总的下滑力(kN): 172.883
总的抗滑力(kN): 219.111
土体部分下滑力(kN): 172.883
土体部分抗滑力(kN): 173.568
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN): 36.909
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN): 8.634

5.3 稳定性评价

根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015, 表 3.6.11, 路堤堤身稳定安全系数为 1.25<1.267, 路基加固后在非正常工况 I 下处于稳定状态。

(二) K3087+874 加固处治横断面图

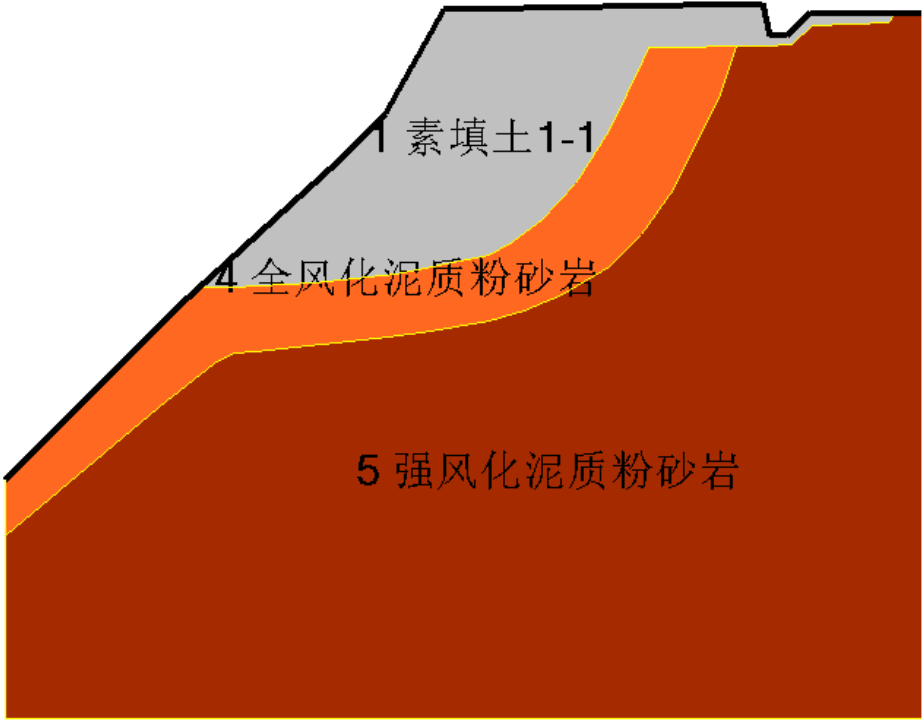


K3087+874 加固处治横断面图

1、路基加固前（正常工况）

(1) 计算简图

		γ	c	ϕ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



(2) 已知条件

2.1 坡线信息

坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	4.741	4.742	6.705	45.008	0
2	4.920	4.513	6.676	42.527	0
3	1.150	1.130	1.612	44.481	0
4	1.622	2.970	3.384	61.356	0
5	9.058	0.150	9.059	0.949	0
6	0.217	-0.895	0.921	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.670	0.632	0.921	43.328	0
9	3.152	-0.018	3.152	359.673	0

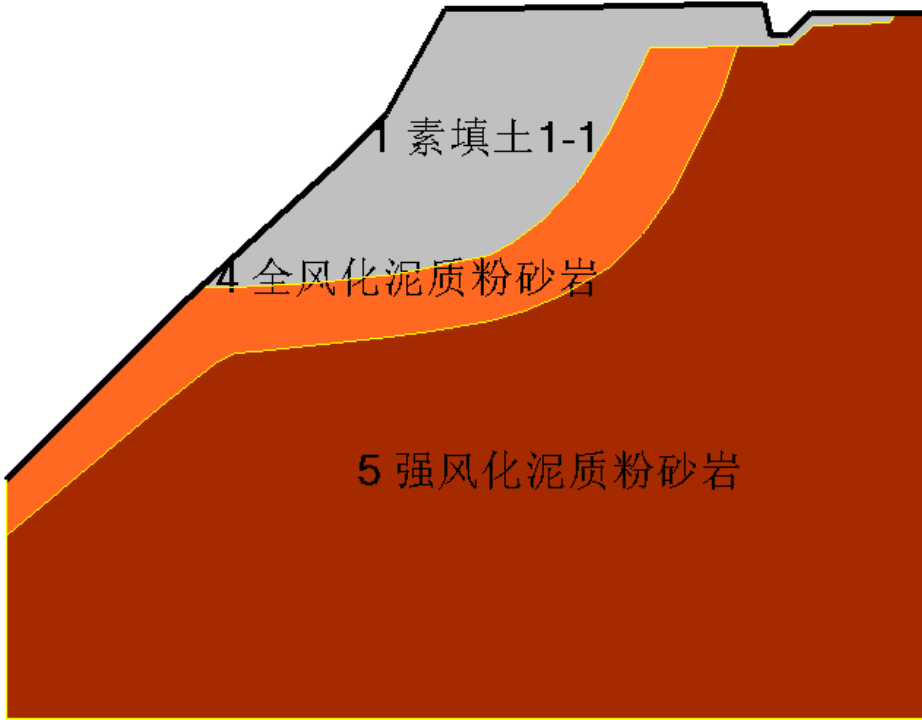
2.2 超载信息

无超载信息

2.3 围域信息

围域个数：3

		γ	c	ϕ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



围域土层数：3

围域土层参数说明：

γ --重度(kN/m₃)；

γ 饱和--饱和重度(kN/m₃)；

f_{rb}--粘结强度(kPa)；

c--粘聚力(kPa)；

ϕ --内摩擦角度(度)；

水下 c--水下粘聚力(kPa)；

水下 ϕ --水下内摩擦角度(度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	f _{rb} (kPa)
1	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
1	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---
2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---
3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	否
是否采用替代容重法	---
水作用考虑方法	---
是否考虑渗透压力	---
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	---
水面线段数	---
水面线起始点 X(m)	---
水面线起始点 Y(m)	---

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
----------	--------------	--------------	------------	-------------

2.5 筋带信息
无筋带信息

2.6 挡土墙信息
无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息
无抗滑桩信息！

（3）计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑
滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

（4）计算公式

$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\varphi_j)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\alpha_q)}$$
$$m_q = \cos(\alpha_q) + \frac{\sin(\alpha_q) \tan(\varphi_j)}{K}$$

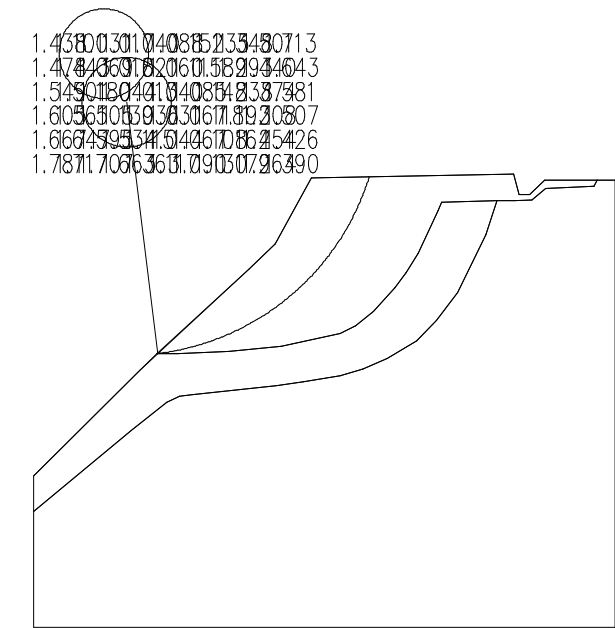
式中：

- K -- 整个滑体计算的安全系数；
b -- 土条的宽度（m）；
W -- 条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；

- θ -- 第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
C、 ϕ -- 土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

（5）结果信息

5.1 计算结果图



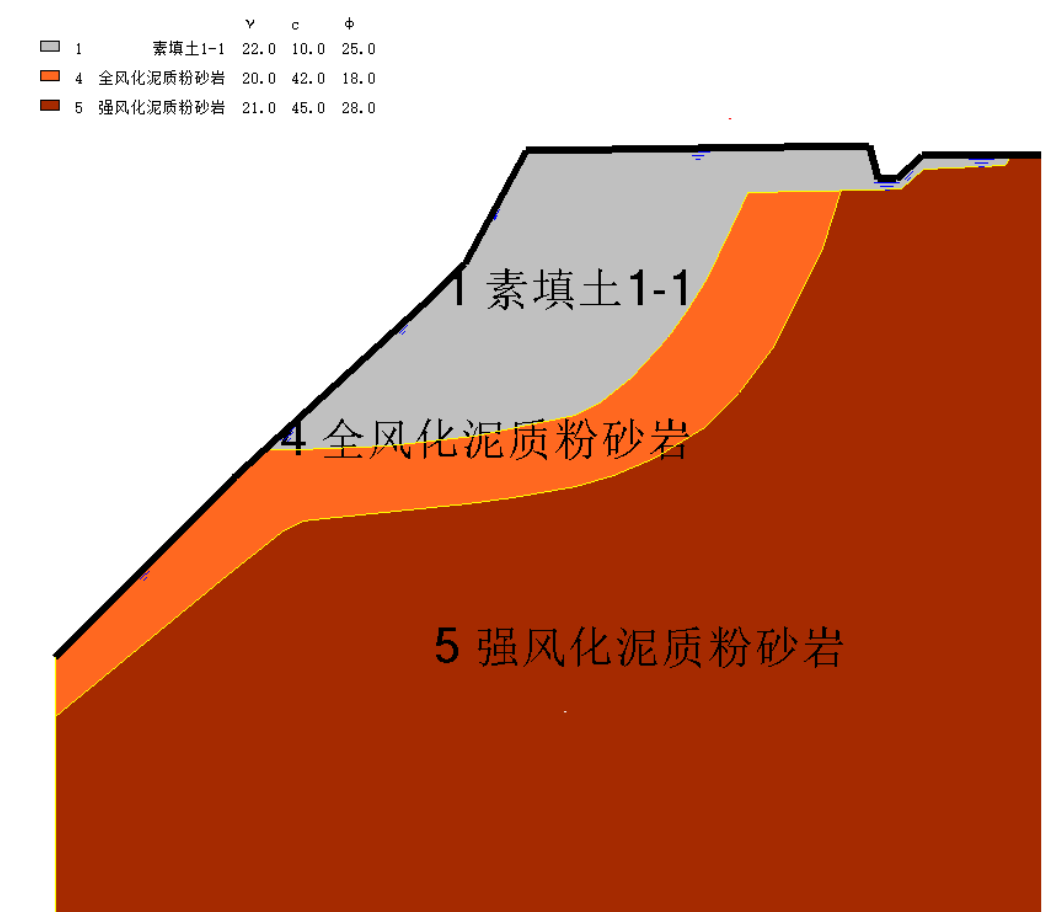
5.2 滑面信息
最危险滑面信息：
圆心坐标(m)： (4.165, 23.522)
半径(m)： 11.355

安全系数： 1.013
总的下滑力(kN)： 283.214
总的抗滑力(kN)： 286.899
土体部分下滑力(kN)： 283.214
土体部分抗滑力(kN)： 286.899
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN)： 0.000
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN)： 0.000

5.3 稳定性评价
根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015，表 3.6.11,路堤堤身稳定安全系数为 **1.35>1.013**，路基加固前正常工况下处于欠稳定状态。

2、路基加固前（非正常工况 I）

（1）计算简图



(2) 已知条件

2.1 坡线信息

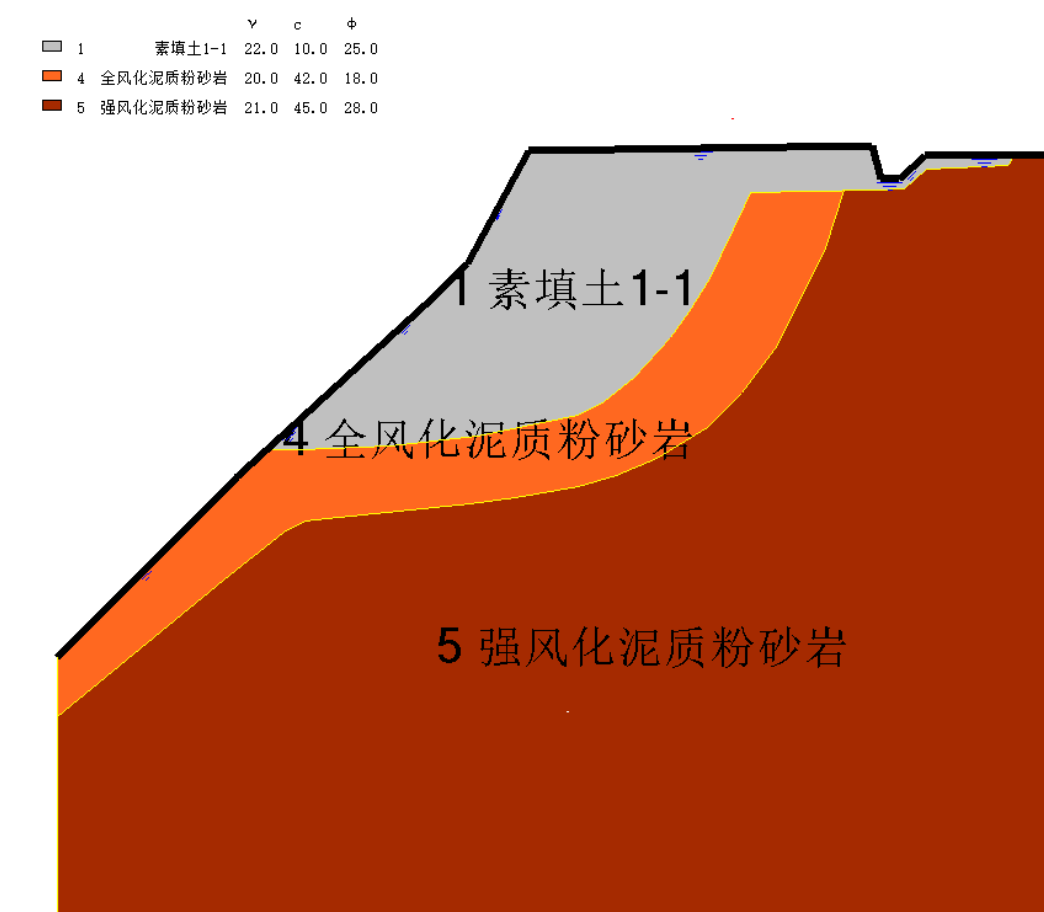
坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	4.741	4.742	6.705	45.008	0
2	4.920	4.513	6.676	42.527	0
3	1.150	1.130	1.612	44.481	0
4	1.622	2.970	3.384	61.356	0
5	9.058	0.150	9.059	0.949	0
6	0.217	-0.895	0.921	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.670	0.632	0.921	43.328	0
9	3.152	-0.018	3.152	359.673	0

2.2 超载信息

无超载信息

2.3 围域信息

围域个数：3



围域土层数：3

围域土层参数说明：

γ --重度(kN/m₃)；

γ 饱和--饱和重度(kN/m₃)；

f_{rb}--粘结强度(kPa)；

c--粘聚力(kPa)；

ϕ --内摩擦角度(度)；

水下 c--水下粘聚力(kPa)；

水下 ϕ --水下内摩擦角度(度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	f _{rb} (kPa)
1	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
1	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---
2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---
3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	是
是否采用替代容重法	否
水作用考虑方法	总应力法
是否考虑渗透压力	否
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	不考虑
水面线段数	9
水面线起始点 X(m)	-0.000
水面线起始点 Y(m)	6.777

折线序号	水平投影长(m)	竖直投影长(m)	坡线长(m)	坡线仰角(度)
1	4.741	4.742	6.705	45.008
2	2.854	2.618	3.873	42.527
3	3.216	3.024	4.415	43.241
4	1.622	2.970	3.384	61.356
5	9.058	0.150	9.059	0.949
6	0.217	-0.895	0.921	283.611
7	0.500	0.000	0.500	0.000
8	0.670	0.632	0.921	43.328
9	3.152	-0.018	3.152	359.673

2.5 筋带信息

无筋带信息

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

（3）计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑
滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

（4）计算公式

$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\theta)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\alpha)}$$
$$m_q = \cos(\alpha) + \frac{\sin(\alpha) \tan(\theta)}{K}$$

式中：

- K

--

整个滑体计算的安全系数；
- b

--

土条的宽度（m）；
- W

--

条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；
- θ

--

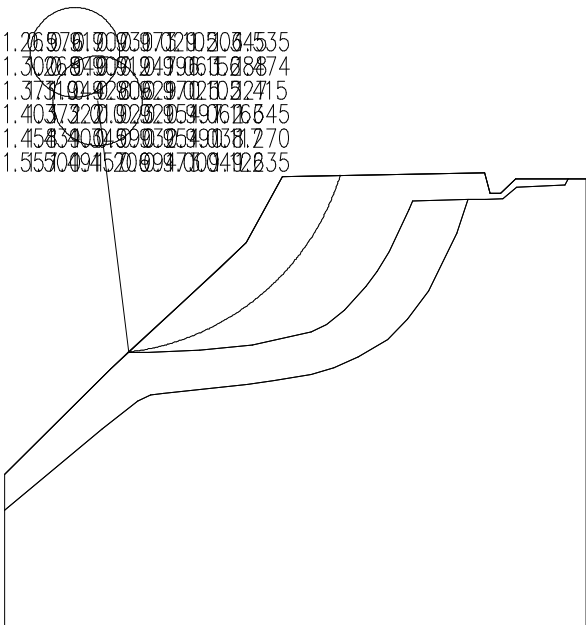
第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
- C、φ

--

土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

（5）结果信息

5.1 计算结果图



5.2 滑面信息

最危险滑面信息：

圆心坐标(m)： (4.165, 23.522)
半径(m)： 11.355

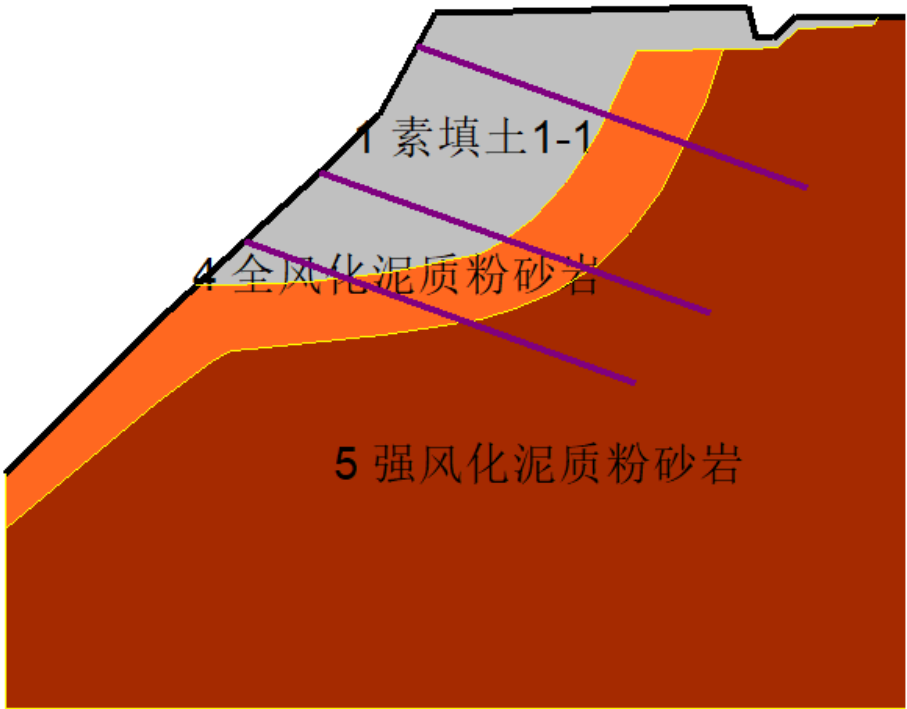
安全系数： 0.906
总的下滑力(kN)： 289.651
总的抗滑力(kN)： 262.458

土体部分下滑力(kN): 289.651
土体部分抗滑力(kN): 262.458
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN): 0.000
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN): 0.000

5.3 稳定性评价

根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015，表 3.6.11,路堤堤身稳定安全系数为 1.25>0.906，路基加固前非正常工况 I 下处于不稳定状态。

		γ	c	φ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



2. 已知条件

2.1 坡线信息

坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	4.741	4.742	6.705	45.008	0
2	4.920	4.513	6.676	42.527	0
3	1.150	1.130	1.612	44.481	0
4	1.622	2.970	3.384	61.356	0
5	9.058	0.150	9.059	0.949	0
6	0.217	-0.895	0.921	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.670	0.632	0.921	43.328	0
9	3.152	-0.018	3.152	359.673	0

2.2 超载信息
无超载信息

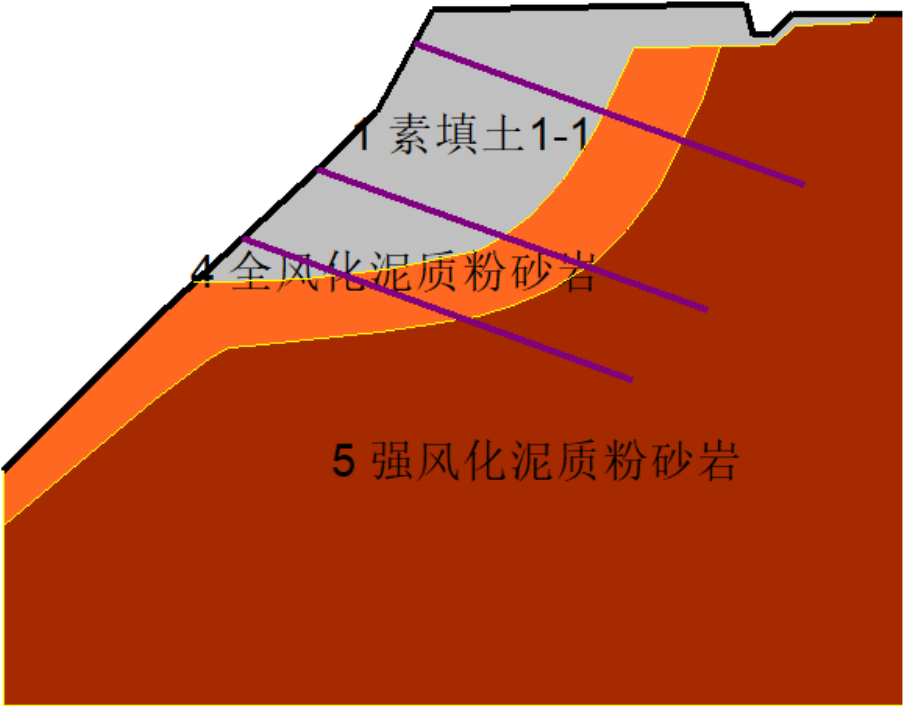
2.3 围域信息

3、路基加固后（正常工况）

1. 计算简图

围域个数：3

		γ	c	ϕ
1	素填土1-1	22.0	10.0	25.0
4	全风化泥质粉砂岩	20.0	42.0	18.0
5	强风化泥质粉砂岩	21.0	45.0	28.0



围域土层数：3

围域土层参数说明：

γ -- 重度(kN/m₃)；

γ 饱和-- 饱和重度(kN/m₃)；

f rb-- 粘结强度(kPa)；

c-- 粘聚力(kPa)；

ϕ -- 内摩擦角度(度)；

水下 c-- 水下粘聚力(kPa)；

水下 ϕ -- 水下内摩擦角度(度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	f rb(kPa)
1	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
1	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---
2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---
3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	否
是否采用替代容重法	---
水作用考虑方法	---
是否考虑渗透压力	---
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	---
水面线段数	---
水面线起始点 X(m)	---
水面线起始点 Y(m)	---

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
----------	--------------	--------------	------------	-------------

2.5 筋带信息

采用锚杆

锚杆道数：3

序号	距地面高度(m)	水平间距(m)	总长度(m)	入射角(度)
1	13.531	3.000	12.000	20.000
2	19.154	2.400	12.000	20.000
3	15.531	3.000	12.000	20.000

序号	材料抗拉力(kN)	锚固段长度(m)	锚固段直径(mm)	法向力发挥系数
1	180.000	12.000	110.000	0.500
2	180.000	12.000	110.000	0.500
3	180.000	12.000	110.000	0.500

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

3. 计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑
滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法

条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

4. 计算公式

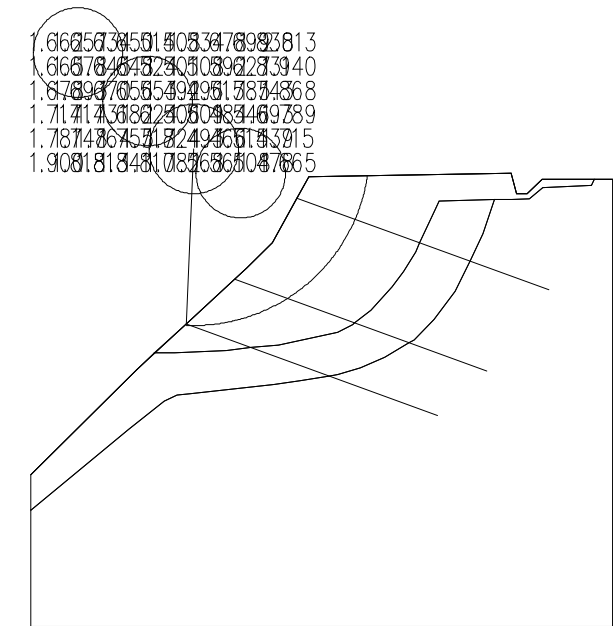
$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\theta_j)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\theta_j)}$$
$$m_q = \cos(\theta_j) + \frac{\sin(\theta_j) \tan(\phi_j)}{K}$$

式中：

- K -- 整个滑体计算的安全系数；
- b -- 土条的宽度（m）；
- W -- 条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；
- θ -- 第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；
- C、φ -- 土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

5. 结果信息

5.1 计算结果图



5.2 滑面信息

最危险滑面信息：

圆心坐标(m): (7.288, 21.361)
半径(m): 7.834

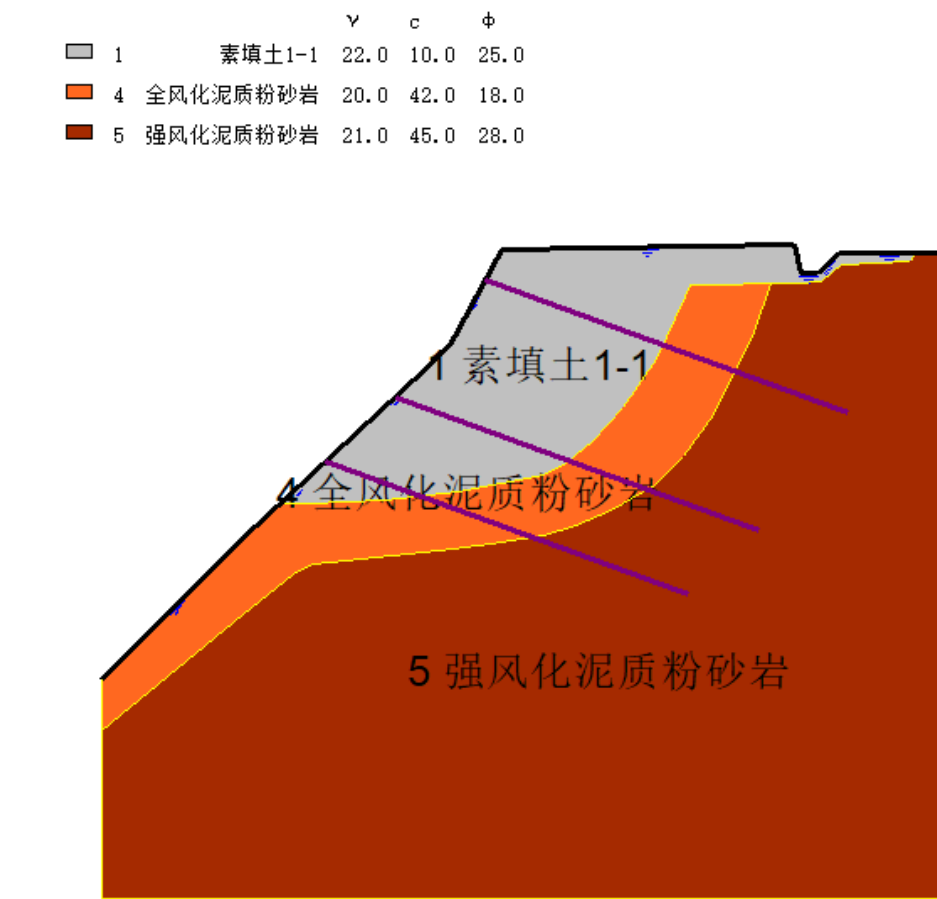
安全系数: 1.466
总的下滑力(kN): 242.203
总的抗滑力(kN): 355.033
土体部分下滑力(kN): 242.203
土体部分抗滑力(kN): 285.953
筋带在滑弧切向产生的抗滑力(kN): 41.933
筋带在滑弧法向产生的抗滑力(kN): 27.146

5.3 稳定性评价

根据《公路路基设计规范》JTG D30-2015，表 3.6.11,路堤堤身稳定安全系数为 1.35<1.466，路基加固后在正常工况下处于稳定状态。

3、路基加固后（非正常工况 I）

1. 计算简图



2. 已知条件

2.1 坡线信息

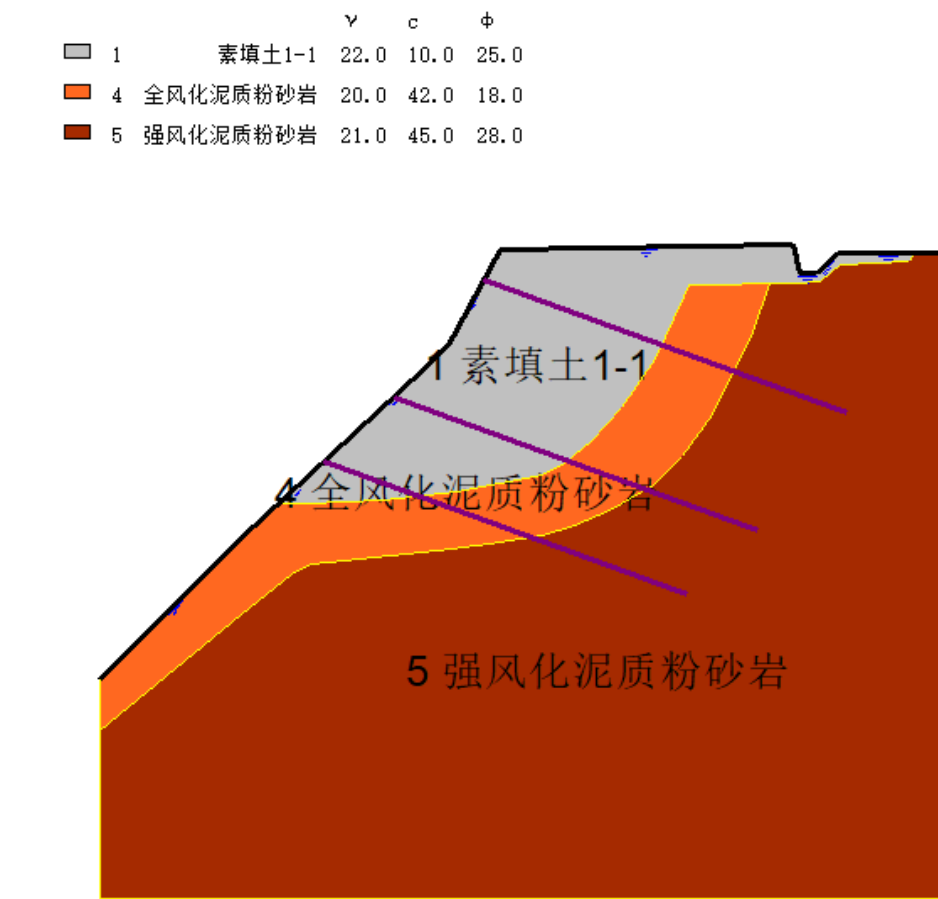
坡线段 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)	超载 个数
1	4.741	4.742	6.705	45.008	0
2	4.920	4.513	6.676	42.527	0
3	1.150	1.130	1.612	44.481	0
4	1.622	2.970	3.384	61.356	0
5	9.058	0.150	9.059	0.949	0
6	0.217	-0.895	0.921	283.611	0
7	0.500	0.000	0.500	0.000	0
8	0.670	0.632	0.921	43.328	0
9	3.152	-0.018	3.152	359.673	0

2.2 超载信息

无超载信息

2.3 围域信息

围域个数：3



围域土层数：3

围域土层参数说明：

γ --重度(kN/m₃)；

γ 饱和--饱和重度(kN/m₃)；

f_{rb}--粘结强度(kPa)；

c--粘聚力(kPa)；

ϕ --内摩擦角度(度)；

水下 c--水下粘聚力(kPa)；

水下 ϕ --水下内摩擦角度(度)；

序号	地层编号	地层名称	抗剪指标	γ (kN/m ₃)	γ 饱和(kN/m ₃)	f _{rb} (kPa)
1	4	全风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	20.000	20.500	70.000
2	1	素填土 1-1	c、 ϕ 值	22.000	22.500	0.000
3	5	强风化泥质粉砂岩	c、 ϕ 值	21.000	21.500	400.000

序号	天然 c(kPa)	天然 ϕ (°)	饱和 c(kPa)	饱和 ϕ (°)	τ (kPa)	m
1	42.000	18.00	38.000	15.00	---	---
2	9.000	24.00	8.000	22.00	---	---
3	45.000	28.00	40.000	25.00	---	---

2.4 水位线信息

是否考虑水的作用	是
是否采用替代容重法	否
水作用考虑方法	总应力法
是否考虑渗透压力	否
孔隙水压力	---
坡面外静水压力	不考虑
水面线段数	9
水面线起始点 X(m)	-0.000
水面线起始点 Y(m)	6.777

折线 序号	水平投 影长(m)	竖直投 影长(m)	坡线长 (m)	坡线仰 角(度)
1	4.741	4.742	6.705	45.008
2	2.854	2.618	3.873	42.527
3	3.216	3.024	4.415	43.241
4	1.622	2.970	3.384	61.356
5	9.058	0.150	9.059	0.949
6	0.217	-0.895	0.921	283.611
7	0.500	0.000	0.500	0.000
8	0.670	0.632	0.921	43.328
9	3.152	-0.018	3.152	359.673

2.5 筋带信息

采用锚杆

锚杆道数：3

序号	距地面高度(m)	水平间距(m)	总长度(m)	入射角(度)
1	13.531	3.000	12.000	20.000
2	19.154	2.400	12.000	20.000
3	15.531	3.000	12.000	20.000

序号	材料抗拉力(kN)	锚固段长度(m)	锚固段直径(mm)	法向力发挥系数
1	180.000	12.000	110.000	0.500
2	180.000	12.000	110.000	0.500
3	180.000	12.000	110.000	0.500

2.6 挡土墙信息

无挡土墙信息！

2.7 抗滑桩信息

无抗滑桩信息！

3. 计算条件

滑面形状	圆弧滑面
地震烈度	不考虑

滑面分析方法	自动搜索最危险滑裂面
圆弧稳定分析方法	简化 Bishop 法
条分法土条宽度(m)	1.000
搜索时的圆心步长(m)	1.000
搜索时的半径步长(m)	1.000
贴坡圆弧限制最小矢高(m)	0.500

4. 计算公式

$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\theta_j)) \left(\frac{1}{m_q} \right)}{\sum W \sin(\theta_q)}$$

$$m_q = \cos(\theta_q) + \frac{\sin(\theta_q) \tan(\theta_j)}{K}$$

式中：

K

--

整个滑体计算的安全系数；

b

--

土条的宽度（m）；

W

--

条块重力（kN），浸润线以上取天然重度，以下取饱和重度；

θ

--

第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角（度）；

C、φ

--

土的抗剪强度指标粘聚力（kPa）和内摩擦角（度），取总应力指标。

5. 结果信息

5.1 计算结果图

