

河惠莞高速松洋村段路堤滑塌稳定性分析及治理探讨

郑志上

(广东省南粤交通河惠莞高速公路管理处 广东省河源市 517300)

摘要: 针对河惠莞高速公路 TJ12 标 ZK100+148~400 段路基滑塌变更设计, 从地形地貌和工程地质进行调查研究的基础上对路堤进行稳定性分析计算, 对基底处置方案进行了深入调查研究, 并提出了采用管桩加固结合反压护道的综合处理措施。

关键词: 复合地基; 稳定分析; 预应力管桩; 反压护道

0 引言

河(源)惠(州)(东)莞高速龙川至紫金段 ZK100+148~400 段路基于河源市龙川县黄布镇松洋村境内, 黄江1号隧道进口小里程方向约150m处, 长度252m, 最大填土高度22.9m, 由上至下设计填筑坡率依次为1:1.5、1:1.75、1:2。原设计经计算后采用素砼桩复合地基处理, 设计桩径 $\Phi 40\text{cm}$, 平均桩长15m, 桩间距1.4m, 软基处理面积约15371m²。桩根数共7843根, 桩长共计117645m。

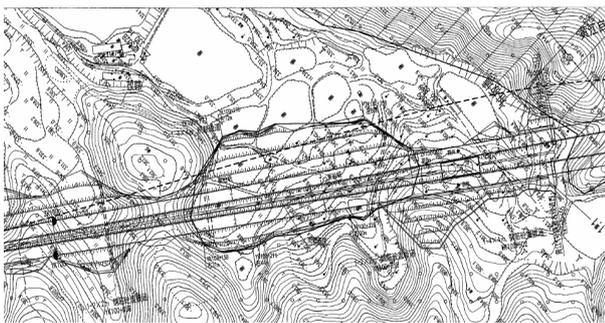


图1 ZK100+148~K100+400 路基平面图

该段素砼桩于2017年6月施工完成, 2017年9月路基填筑至ZK100+175涵洞基底标高(标高约348m), 填筑高度约12m, 其中ZK100+240~270坡脚左侧部分鱼塘范围桩基, 为2017年10月征地问题解决后施工完成。2018年1月7~9日连降暴雨, 降雨强度较大, 至1月13日路基开始发生滑移, 路基左侧填土出现裂缝, 分布不均, 裂缝宽度约3~15cm, 路基左侧鱼塘内淤泥出现隆起, 坡脚素砼桩受挤压发生变形凸起。施工单位及时对路基进行了卸载, 基本卸载至原地面高度。



图2 路基现场情况照片

1 路堤稳定分析

1.1.高路堤稳定性分析(从地形地貌方面)

本高路堤在场区地貌上属于剥蚀丘陵和丘陵间冲洪积地貌。地形较陡峻, 起伏变化较大, 呈左低右高之势, 山坡上植被发育, 主要种植灌木、果树和杂草等, 中部跨越丘陵间沟谷地带, 地形总体呈“U”, 起伏变化较大; 线路经过地面标高345~365m, 相对高差约20m; 场区没有道路与外界相通, 仅有人行小道, 交通条件差。因此从地形地貌方面分析, 高路堤整体稳定性较差。

1.2.路堤稳定性分析(从工程地质方面)

本工点地层主要为第四系工填土层(Q4me)、冲洪积层(Q4al+pl)、坡积层(Qdl)、残积层(Qel)以及燕山期($\gamma 52$)花岗岩, 本高路堤初勘及详勘地质钻孔揭示表层4~6m为粉质黏土、软塑; 6~10m为淤泥质土, 深灰色, 饱和软塑, 部分地段缺失; 10m~15m为粉质黏土、软塑; 以下为砂质黏土, 硬塑; 下伏全-强风化花岗岩。从工程地质方面分析, 需对高路堤底的软土进行换填或软基处理后, 方可填筑路基。

1.3.路堤失稳原因分析

综合上述地质勘察资料及现场监测情况, 结合现场施工情况, 初步对路基滑移原因进行分析, 主要有以下三点影响因素:

(1) 由于该段原地面横坡倾斜, 横向高差约9m, 软土层厚度也呈左深右浅, 最大厚度差15m, 路基易整体沿倾斜面下滑。

(2) 该工点桩基施工时严格按平均桩长15m控制, 导致局部软土埋深较厚路段有效桩长不足。

(3) 上部填土施工速率较快, 且1月初突然受极端暴雨影响, 降雨强度较大, 土层短时间含水量迅速增大, 抗剪强度降低, 从而出现失稳现象。

1.4.处置方案比选与分析

(1) 管桩处理: 在ZK100+190~310路段左侧裂缝范围采用管桩进行复合地基加固处理, 预应力管桩选用PHC桩。管桩外直径400mm, 壁厚不小于95mm, 管桩离心混凝土强度不低于C80。桩位按正方形布置,

桩间距2.2m,平均桩长约23m。桩顶设置C25混凝土现浇桩帽,桩帽为正方形。

(2)素砼桩+反压护道处理:在路基滑塌段落采用钻孔灌注素砼桩补强,补强点为原设计桩基间隙处,同时坡脚外侧采用反压护道,反压顶宽15m,高度4.5m,坡率1:2。

(3)桥梁方案:右线采用9×25m先简支后桥面连续预制小箱梁,桩号范围为YK100+135--YK100+360;左线采用10×25m先简支后桥面连续预制小箱梁,桩号范围为ZK100+135--ZK100+385,桥墩采用桩柱式桥墩,桥台采用柱式桥台,平均桩长约35m。

横向对比上述三个方案可知:方案一采用预制管桩,施工便捷,周期较短,且桩身质量可得到保证,方案可靠性较好;方案二可采用原有施工设备作业,减少施工组织难度,反压护道可提高方案稳定性;方案三不受外界天气及地质情况影响,可靠性最高。综合考虑安全、质量、施工难度及工期影响和造价后,推荐采用管桩处理,并在此基础上增加反压护道。

1.5.路堤稳定性计算

1.5.1.计算剖面的确定

选取一条沿冲沟方向的典型纵向剖面进行稳定性分析计算,剖面图见下图。

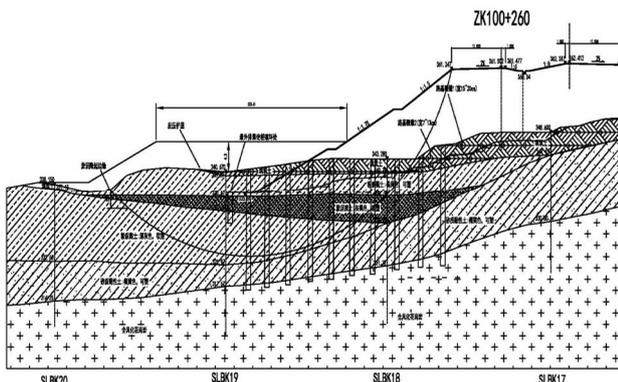


图3 稳定性计算简图

1.5.2.计算参数的确定

根据钻探、挖探、静探的成果,结合本地区的工程经验和相关规范的有关规定综合确定其计算参数,见下表1。

表1 岩土体物理力学指标

潜在滑动面	内聚力	内摩擦角	容重 (KN/m ³)		压缩模量 Es (MPa)
	(kPa)	φ' (°)	天然 ρ	饱和 ρ'	
路堤下部填料 (花岗岩洞渣)	0	36	23.2	23.4	/
路堤中上部填料(粉质黏土)	10	30	19.5	19.8	/

淤泥质土	6.5	3.0	16.8	17.5	2.6
粉质黏土 (软塑)	16	14	18.2	18.5	3.8
砂质黏土	18	14	18.8	19.3	4.5
全风化花岗岩	17	19	19.7	20.1	5.0

1.5.3.计算工况的确定

考虑路基边坡区域可能遇到的各类情况,特别是最危险的情况,由于区内基本地震烈度为6度,可不考虑地震的影响,故综合确定以下计算工况:自重+暴雨。

1.5.4.路堤稳定安全系数

根据《公路路基设计规范》(JGTD30-2015)表3.6.8路堤稳定安全系数规定,计算时安全系数分别为:

路堤的堤身稳定安全系数为1.35。

路堤和地基的整体稳定安全系数为1.40。

1.5.5.稳定性计算及稳定性分析计算结果

路堤的堤身稳定性、路堤和地基的整体稳定性宜采用简化Bishop法进行分析计算,滑弧位于地基中时取地基土的内摩擦角,位于路堤中时取路堤土的内摩擦角,对潜在最危险滑面进行搜索并进行稳定性计算。

经过计算可得:

序号	断面桩号	不加固稳定系数	加固后稳定系数
1	ZK100+200	0.703	1.641
2	ZK100+230	0.856	1.549
3	ZK100+260	0.71	1.477
4	ZK100+300	0.82	1.592

计算结果表明路基边坡在现有状态下已处于失稳状态,加固处置后在暴雨情况下整体仍处于稳定状态。

2 路基设计

2.1复合地基设计

ZK100+190~310路段复合地基处理范围采用桩间距2.2m管桩进行补强加固处理,预应力管桩选用PHC-400-AB型桩。管桩外直径400mm,壁厚不小于95mm,管桩离心混凝土强度不低于C80。桩位按正方形布置,平均桩长约21.5m。桩顶设置C25混凝土现浇桩帽,桩帽为正方形,尺寸为120cm×120cm×35cm。桩顶施工时应整平为同一平面,桩帽间设置C25现浇砼连系梁,截面尺寸为35cm×30cm;格梁上部设置30cm厚碎石垫层及一层双向土工格栅;同时结合地方改路对外侧坡脚鱼塘适当填平,为保证新老路基顺接,在桩基处理平台边缘开挖4m宽台阶,至现状地面,并在台阶上、中、下三个位置铺设10m宽双向钢塑土工格栅,格栅端部用U形钢钉固定。

2.2.路基设计

填方路基边坡坡度是根据路基填料种类、边坡高度和基底工程地质条件,根据路基填土高度分段:自上而下,0m~8m边坡坡率为1:1.5;8m处设2m平台,

8m~20m边坡坡率为1:1.75, 20m处设2m平台, 20m~40m边坡坡率为1:2.0~1:2.5, 40m处设2m平台, 40m以下边坡坡率为1:2.5。坡脚与排水沟内边缘设宽1.0m或2.0m的护坡道。

2.3.高路堤填料

高路堤整体稳定性与路基自身的填料有很重要的关系。

2.2.1.路基填料的来源及物质组成

据施工现场弃渣场情况统计,黄江1号隧道和黄江2号隧道两处可转运的废弃土石渣52万方(天然方),其中V级围岩占总量约40%,IV级围岩占总量45%,其它15%为石渣、石粉、碎石土和含碎石质亚粘土及少量三级围岩。

2.2.2.高路堤填料处理

考虑到填筑速率较快及填料透水性差,降雨后自重增大问题,因此本高路堤在地面以上5~8m范围内要求填硬质花岗岩隧道洞渣,要求石块强度不小于30Mpa。分离路基间超填、路基侧填平区回填和路基下游坡脚反压护坡道部分路基填料可采用土石混填方式。

3 增强路堤稳定与减少路基沉降变形的处理措施

3.1.管桩施工措施

本项目推荐采用锤击法施工时,5t锤重,冲程0.8~1.2m,贯入度暂定为10~15cm/最后10击;施工过程中应采用断面设计桩长和贯入度双控指标,最终贯入度以现场试桩结果为准;当施工达到设计桩长,贯入度不满足时应动态调整桩长,满足贯入度要求;当达到贯入度,实际桩长与设计桩长相差过大时应具体判明原因并相应调整,尽量使桩长满足设计要求。相邻桩身接头高差应不小于3m,避免桩身接头位置形成人工软弱带,桩基施工应按由内向外的方向。

3.2.反压护坡道

在路基右侧坡脚及鱼塘内设置反压护坡道,护坡道宽12m,高2m;反压护坡道抬高路堤坡脚高程可避免坡脚浸水失稳,增强路堤的整体稳定性。

3.3.开挖反向台阶

路基在卸荷处开挖反向台阶,可增强高路堤的稳定性和减少路基的不均匀沉降。台阶一般为4.0m宽,并设4%内倾横坡。

3.4.格栅加筋

在稳定性及工后残余沉降均满足规范要求的前提下,为避免路堤不均匀沉降导致路面开裂,在管桩桩顶及新旧路基搭接处铺设钢塑格栅,路床中部及底面铺设3层钢塑格栅。

3.5.冲击式压路机增强补压

冲击压路机以非圆形轮沿地面对土石材料进行静压、搓揉、周期性冲击的连续作业,产生强烈的冲击波,向下具有地震波的传播特性。冲击式压路机增强补压可加速路堤的沉降变形、减少路堤的不均匀沉降和工后沉降变形,提高路基整体强度与均匀性。本段在距路基设计标高4m以下路堤填筑采用重型振动压路机分层碾压后,用冲击式压路机增强补压,每填高2m后冲击一次,但桩帽以上0.5m范围内不得采用重型碾压设备施工。

4 路基排水、防护

4.1.路基排水

4.1.1.碎石盲沟

在原冲沟上游(即路基右侧)填平区内设碎石排水盲沟,盲沟纵坡不小于1.5%,沿软基处理范围以外引排至路基边沟内,碎石盲沟外包裹反滤土工布。

4.1.2.排水沟、边沟

填方路段坡脚护坡道外设置梯形排水沟排除路面排水系统排出的流水及路基边坡流水,水流就近排入涵洞和自然河沟。

4.2.路基防护

分离式路基间填方边坡采用喷播植草绿化;路基左右两侧填方边坡采用人字形骨架护坡。

5 路堤稳定性监测设计

路堤施工应注意观测路堤填筑过程中或以后的地基变形动态,对路堤施工实行动态监控、观测。明确观测的路堤段落、观测项目、观测点的数量及位置等,确定稳定性观测控制标准,施工中应说明注意的事项。

6 结语

就目前来说,管桩水平抗剪的设计理论体系尚不完善,在不同的地质和水文条件下的计算模型各异,本次路基稳定性分析采用等效抗剪强度法,沉降计算采用附加应力法。由于管桩水平承载力较低,水平变形大,若施工质量较差时,易出现断桩、倾斜、桩长不足,导致部分桩体失效,桩体的耐久性及使用寿命得不到保障。因此,成功的关键问题是施工质量需得到保证。本设计方案无论从技术上还是从经济上都是可行的,值得类似工程借鉴。

参考文献:

- [1] 河(源)惠(州)(东)莞高速公路龙川至紫金段工程地质勘察报告,2016,08
- [2] 公路路基设计规范(JTG D30-2015) 中华人民共和国交通运输部 2015年
- [3] 公路软土地基路堤设计与施工技术细则(JTG/T D31-02-2013) 中华人民共和国交通运输部 2013年