

普惠高速公路青南径山路堑边坡滑塌的治理

肖 云¹ 林建业² 杨华洲² 蓝 健²

(1. 华南理工大学交通学院, 广州 510641 2. 广东省高速公路公司, 广州 510100)

摘要: 普惠高速公路青南径山右侧边坡为挖方边坡, 最大挖深 43m。在 II 级边坡开挖成型后, 发生小型失稳滑塌。介绍对边坡工程地质条件的分析, 采用预应力锚索加固防护边坡, 以及对断层、碎裂风化岩的高边坡加固防护的治理措施。

关键词: 路堑边坡 预应力锚索 加固防护

中图分类号: U417.1

文献标识码: B

1 概述

普惠高速公路起自普宁池尾, 与国道 324 线相接, 终至惠来东港, 与已建成通车的深汕高速公路相接, 全长 41km。为山岭重丘高速公路, 双向四车道, 设计行车速度为 100km/h。设计荷载为汽车—超 20 级, 挂车—120。

普惠高速公路青南径山地处峰岭起伏的剥蚀丘陵区, 右侧边坡为深挖方边坡, 最大挖深 43m, 最小挖深亦在 25m 以上。在 II 级边坡开挖成型后, 于 2000 年 11 月 1 日下午, K41+942~K41+960 (长 18m) 处的 II 级边坡失稳滑塌。滑塌体呈锥体状, 上宽 7m, 下宽 18m, II 级边坡顶的碎落平台 (2m) 有 1.4m 宽下塌 1m 左右, 受影响的范围约 70m 以上 (见图 1), III 级边坡已完成的矮墙及浆砌片石拱架均见有受张拉的裂缝。根据现场开挖断面观察, 滑体处于断层破碎带范围内, 岩性为强风化的断层碎裂岩, 裂隙发育, 磨光面 (镜面) 明显而光滑, 多呈弧型和扭曲型。褐铁矿化和赤铁矿化明显, 原岩为安山岩类岩石, 经断层挤压碎裂形成断层角砾及碎裂岩。

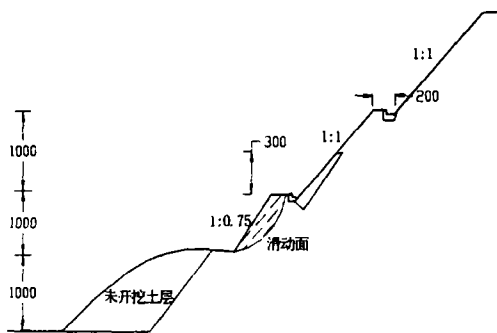


图 1 滑坡面示意图

2 青南径山段工程地质特征

2.1 地层岩性

青南径山路段出露的基岩为侏罗系上统高基坪群 (J_3gr^d) 的属燕山二期的喷出岩, 上部已风化成粘土土层。岩、土层结构自外向里如下:

(1) 坡残积层 (Q^{dl+cl}): 为黄色~紫红色, 以紫红色残积粘土层为主, 上部为厚 1~2m 的含碎石亚粘土, 结构紧密, 硬塑。层厚 9.5~26.5m。

(2) 全风化晶屑凝灰质安山岩、英安岩 (J_3): 呈紫红色、黄色、硬塑状, 以晶屑凝灰质安山岩为主。厚 2.6~15.0m。

(3) 强风化安山岩、英安岩 (J_3): 呈黄色、紫红色, 半坚硬~坚状。厚 2.1~15.8m。

(4) 弱~微风化安山岩、英安岩 (J_3): 为深灰色, 晶屑结构, 块状构造, 坚硬。弱风化岩的风化构造裂隙发育, 岩石多成碎块状, 厚度在 2.0~8.0m 以上。微风化岩完整性较好, 岩石普遍有 2 组节理较发育, 一组为高倾角 ($65^\circ \sim 75^\circ$), 一组为低倾角 ($15^\circ \sim 20^\circ$), 其余节理均为不规则闭合状, 沿节理裂隙面常见铁、锰质浸染, 局部可见有次生方解石充填。

2.2 岩土的物理力学性质

经 5 条勘察横断面, 14 个勘察钻孔 (总进尺 408.75m) 的地质勘察成果表明: 青南径山路段属凝灰质安山岩类浅成火山喷出岩及其风化土。坡残积土、全风化岩 (粘土土) 和强风化岩等土质总厚在 23.8~30.0m 以上。对土质的物理—力学试验成果整理统计 (表 1) 后可得出:

(1) 原状土的抗剪强度一般较好, $C = 15.0 \sim 39.2 \text{ kPa}$, $\phi = 17^\circ \sim 30^\circ$, 无侧限抗压强度 $q_u = 61.02 \sim 244.08 \text{ kPa}$ 。按此抗剪强度指标推算, 边坡开挖时, 若边坡按 10m 为一级, 则坡率应 $\geq 1:1$, 土质边

表 1 土的物理力学性质指标统计表

	天然容重 $\gamma/(\text{kN/m}^3)$	含水率 $\omega/(\%)$	孔隙比 e	粘聚力 C/kPa	内摩擦角 $\phi/(\circ)$	无侧限 抗压强度 q_u/kPa	自由膨胀率 $/(\%)$
统计个数	27	26	23	20	24	12	11
范围值	15.4 ~19.7	25.1 ~42.0	0.718 ~1.316	15.0 ~39.2	17.0 ~30.5	61.02 ~244.08	13.39 ~29.46
平均值	18.2	33.5	0.971	24.32	24.1	127.50	21.02

坡方能趋于稳定。

(2)土的自由膨胀率为 13.39~29.46%,属非膨胀土;但胀缩总率为 2.02~3.33%,则为中等膨胀土。

3 地质构造

3.1 路基区段的地质构造

青南径山区段内为丘陵山地,地质构造的发育明显受区域性北东向断裂所制约。其次一级北西向断裂组为区域构造应力场的牵引所形成的左旋应力形成的张扭性断裂,走向 NW335°,倾向北东,局部倾向南西,倾角 65~75°。断裂带岩性为硅质构造角砾岩及压碎岩,是区内一组斜交线路中轴的张扭性断裂结构面,宽约 40~100m 以上。断裂带内构造节理裂隙异常发育,据对地表岩石露头及开挖断面的节理测量统计(30 条),优势节理一般有 3~4 组,其中以倾向北东的构造节理最为发育,其次为南西向和北西向(图 2)。

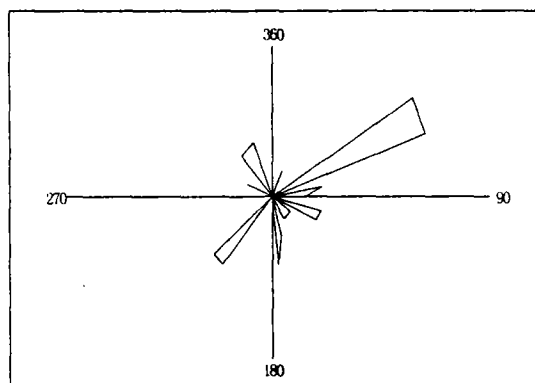


图 2 构造节理玫瑰图

3.2 构造分析和边坡稳定性评价

从图 2 及相关资料分析可知高速公路中轴和北西向断裂成大角度斜交,与东西向区域性断裂带近于正交。按岩土层的工程力学性质和结构及构造特征分析,天然状态下地基岩土体不会影响边坡的稳定性。张扭性构造角砾岩带倾向虽为北东(同向顺坡),但倾角高达 70°,远大于天然坡角,不易造成大面积滑坡。在一般情况下,因地下水

位较低,地下水对边坡的稳定也不会有大的影响,故区段内天然边坡应属基本稳定坡。但开挖后,原始地形遭到破坏改造,张扭性断裂结构面、构造节理和基岩强风化带与粘性土层接触面等软弱结构面,在应力重新分配和地下水的大量补给及充水条件下,都有可能转化为影响边坡稳定的切割面或滑动面。特别是倾向北东的节理裂隙(同向坡),是诱发边坡局部滑塌的危险结构面。

4 边坡局部滑塌原因分析

按上述岩、土层结构和地质断裂构造力学组合模式,不难看出,路堑边坡开挖至Ⅱ级边坡时,北西向张扭性断裂的构造岩(角砾岩、压碎岩、断层透镜体、断层泥、糜棱岩)已大片地暴露出来。这些断裂构造岩节理构造和碎裂构造异常发育,将构造岩切割成大小不一、形态各异的岩块,裂隙面光滑,镜面明显,一般均有褐铁矿化,并且均已风化为强及弱风化岩。这种既破碎又风化的岩石,粘聚力低,抗剪强度弱。按矿山露天开挖而言,其安息角一般均应小于 45°,即坡率为大于 1:1,但路堑边坡设计时是采用 1:0.75 的坡比,这是造成边坡失稳滑塌的原因之一。边坡开挖后,碎裂岩失去了原有应力的牵制力,当开挖机具在其附近进行作业时产生震动波,以及开挖爆破时所产生的震动波亦会直接或间接地波及碎裂岩块的共振而产生位移。边坡开挖后,碎裂岩体和土体由封闭系统转化为开放系统,原有的力学平衡被打破,碎裂岩处在临空面上,以及受山体岩土层重力和推力的联合作用等,都是造成边坡碎裂岩形成坍塌和滑塌甚至滑坡的客观因素。

5 滑塌边坡的加固治理

K41+780~K42+100(青南径山)右侧路堑边坡,按垂直 10m 为一级,共分四级,Ⅵ、Ⅲ级为 1:1,Ⅱ、Ⅰ级为 1:0.75。受征地问题所制约,而且Ⅵ、Ⅲ级边坡开挖后已及时进行了矮墙及拱架植草护坡,对Ⅲ级边坡开挖出的断层碎裂岩亦及时进行矮墙和浆砌片石护坡。因此,采用放缓边坡或刷坡减重卸载均已受到条件的制约;采用挡墙方案

亦受开挖断面和路基宽度的限制。经对比研究,Ⅰ、Ⅱ级边坡保持 1:0.75 坡率,Ⅱ级边坡滑塌段及受影响地段采用预应力锚索加固防护,其余地段采用浆砌片石护面墙防护;Ⅰ级边坡采用预应力锚索+护面墙防护。具体护坡方案见图 3。

5.1 预应力锚索设计验算

在选用预应力锚索加固边坡时,为了简化验算程序,假设边坡率为 1:1.25 时,边坡即处于极限平衡状态,取 $\varphi = 35^\circ$,求出综合摩擦系数 $f = 0.61$ 。经验算,锚孔的最佳倾角为 15° 。每个锚孔锚索需钢绞线 4 根,采用直径为 15.24mm 低松弛高强度的钢绞线,每根破断力 $F_0 \geq 260\text{kN}$,每根设计拉力

168.4kN。

5.2 锚索加固防护

(1) K41+906~K41+976 右侧Ⅱ级边坡加设 2 排共 38 根高强度预应力锚索进行加固。锚索长 23~25m,锚固段长 15m,锚索纵向间距 4m。锚索采用 $4\phi 15.24\text{mm}$ 低松弛高强度的钢绞线,钻孔直径 $\phi 110\text{mm}$,孔内灌注水泥浆。锚索预应力为 650kN,超张拉 10%。锚索固定在锚梁上,锚梁截面为 $0.6\text{m} \times 0.8\text{m}$ (图 3)。

(2) K41+840~K42+080 右侧Ⅰ级边坡加设 2 排(局部设 3 排)共 130 根高强度预应力锚索进行加固,锚索长 20~21m。

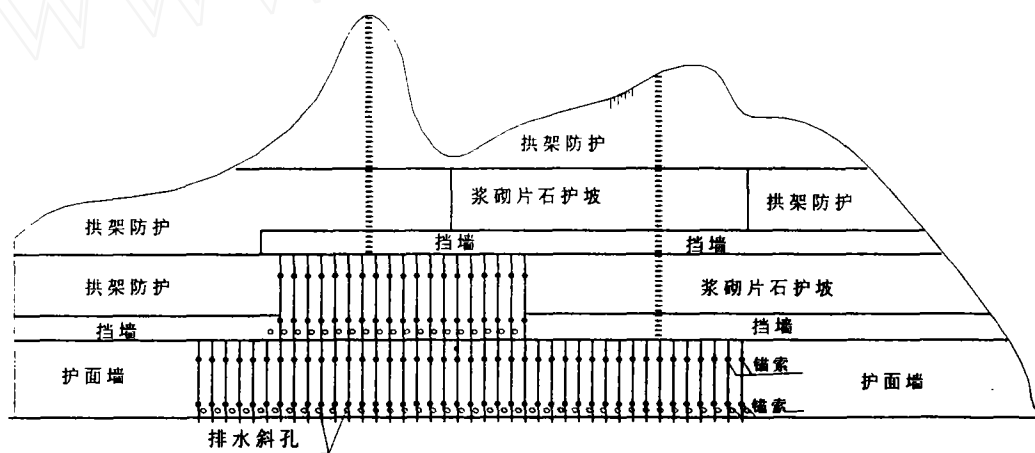


图 3 锚索布置立面图

(3) 锚梁间坡面采用浆砌片石护面墙护坡。

(2) 锚索编束要确保一束钢绞线始终均匀排列、

6 锚索施工工艺及要求

6.1 钻孔

(1) 锚索钻孔不取岩芯,钻孔过程中禁止水冲,以确保锚索施工不至于使边坡地质条件恶化。

(2) 锚孔下倾(与水平交角)均为 15° ,钻孔端部的偏斜尺寸不大于锚索长的 2%。

(3) 钻进过程中若遇坍孔严重,应立即停钻,进行灌浆固壁处理(灌浆固壁压力 $0.1 \sim 0.2\text{MPa}$),灌浆 36h 后,重新扫孔钻进。

(4) 钻孔完成后用高压空气(风压 $0.2 \sim 0.4\text{MPa}$),将孔中岩粉及水全部除出孔外,以免降低水泥浆及孔壁岩体的粘结强度。

(5) 锚孔造成后,经检查后方可进行下一步工序。

6.2 锚索制作

(1) 锚索材料选用高强、低松弛预应力钢绞线。钢绞线技术标准:ASTMA416-88b 型 270 级,直径 $\phi = 15.24\text{mm}$ 。锚具采用 OVM15-3 锚具。

• 30 •

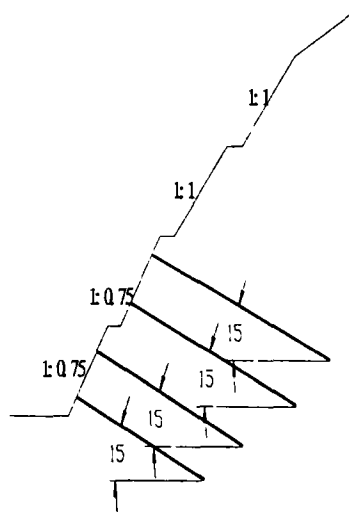


图 4 典型横断面图

注:图中锚索自上而下的长度分别为 25m、23m、21m、20m。平直、不扭不叉并需要除锈、除油污,对有死弯、机械损伤及锈坑应剔出。

6.3 注浆

(1) 锚孔内灌注 525 # 普通硅酸盐水泥浆, 水泥浆体单轴抗压强度应 $\geq 25\text{MPa}$ 。根据实际情况在水泥浆内适当增加减水剂及早强剂等外加剂。

(2) 采用孔底返浆法进行注浆。即注浆过程中, 注浆管从孔底缓慢抽出(注浆管不能与钢绞线绑死), 当浆液和锚梁混凝土强度达到设计强度 70% 后进行张拉。

6.4 张拉

(1) 张拉作业前必须对张拉机具进行标定。

(2) 为了使钢绞线受力均匀, 在成束张拉之前, 采用小千斤顶对钢绞线进行单根分别张拉, 确保钢绞线平顺和均匀受力。

(3) 锚索成束张拉前先取 0.1 ~ 0.2 倍设计张拉力预张拉 1 ~ 2 次, 使其各部位接触紧密, 锚索完全平直。

(4) 锚索张拉分 5 级进行, 即设计张拉力的 25%、50%、75%、100% 及 110%。除最后一级需要稳定 20 ~ 30min 外, 其余每一级需要稳定 2 ~ 5min,

并分别记录每根钢绞线的伸长量。

(5) 为了克服地层除变等因素造成的预应力损失, 锚索张拉 6 ~ 10d 后, 用较大千斤顶(如 YCW100)进行一次整体补偿张拉, 然后锁定, 切除多余钢绞线, 用混凝土封闭锚头。

7 结语

青南径路堑边坡小型滑塌后, 得到了及时的加固防护处理, 消除了隐患。经锚索加固后, 高边坡经过几场大雨和暴雨的考验, 已没有蠕动变形, 说明边坡已得到稳定。实践表明, 对路堑高边坡的设计应加强工程地质勘探, 充分掌握高边坡岩土层工程地质条件和地质构造特征。对边坡比的设计要因地制宜, 该缓则缓, 该陡则陡。并要着重于边坡稳定性分析和计算为依据, 进行高边坡的分级设计。施工开挖时, 对开挖后形成的边坡应随时跟踪观察。高路堑边坡工程地质条件一般都比较复杂, 应遵循动态设计、动态施工、动态管理的原则, 及时消除工程建设中的隐患。

(收稿日期: 2001 - 10 - 09)