梅河高速公路K110滑坡成因探讨

宿文姬

（华南理工大学建筑学院，广东 广州 510640）

摘　要：在查明梅河高速公路K110滑坡地质条件的基础上，对该边坡失稳的过程和形态特征进行了描述，对滑坡产生的成因和机理进行了分析。结果表明：岩石破碎，节理、断层发育且其走向与边坡坡向相近，是K110滑坡产生的内因；暴雨及边坡开挖施工的扰动是坡体内的应力平衡遭到破坏而导致滑坡的外因。

关键词：高速公路；滑坡；成因

作者简介：宿文姬(1969－　)，女，讲师，主要从事岩土工程及地质灾害的研究。

0　前　　言

随着我国经济的快速发展，高速公路建设不断向山区延伸。但由于地质条件复杂，在山区的高速公路建设过程中遇到大量的工程滑坡案例，对工期和造价都产生了一定的影响。因此必须对工程滑坡问题给予高度关注，尤其是对滑坡的成因分析，以提出经济有效的防治措施，促进山区公路建设的顺利进行。

广东梅州—河源高速公路(简称梅河高速公路)起于梅县程江镇，经兴宁市、五华县、龙川县，终于东源县蓝口镇，全长118.41 km，线路大部分穿越山岭重丘区，地质条件十分复杂，崩塌、滑坡、岩溶等不良地质现象十分发育，特别是滑坡，水土流失对线路边坡最具有潜在性威胁。2005年6月13日～6月24日龙川地区遭遇了百年一遇的特大暴雨洪灾，东江水位急剧上涨，经过近一周连续暴雨的冲刷，K110+790～K110+960左侧边坡于6月24日发生滑坡，致使一、二、三级边坡已完工的大部分框架格子梁被挤断或变形，一级平台上的抗滑桩已做好的护壁全部坍塌，二、三级平台错位下滑（图1），碎落台严重反翘，整个坡面滑动位移明显，并有逐步扩大的趋势。尽管该边坡工程设计、施工中，已经做了抗滑处理，但在特大暴雨的冲击下，仍发生了滑坡。本文应用构造地质学、地质力学和工程地质学的相关理论，从该边坡所处的区域构造条件、岩性条件及地下水几个方面，探讨该滑坡的成因机制。

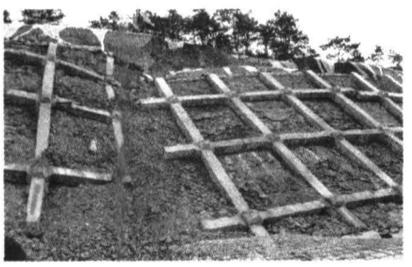

图1 边坡格子梁断裂破坏

1　边坡工程地质条件

1.1　地形地貌条件

边坡场区所处地貌总体上属剥蚀丘陵地貌，植被发育，地势较高，地形起伏大。山顶高程约162 m，沟谷地面高程约63 m。山体自然坡度上部18°～21°，下部约20°～23°，坡向近北西342°。线路以NE75°走向，在84～86m高程内横切斜坡通过。

1.2　滑坡体基本特征

边斜坡属岩质变坡，坡高达70 m，自然坡度上部约18°～21°，下部20°～23°，坡向近342°。K110+790～K110+960边坡体宽度约170 m，坡高约35 m，顺坡长约65 m，平面呈近马蹄形，断面上呈阶梯形，滑坡面积约9000 m^2，滑坡体积约140000 m^3，属中型滑坡，滑坡体滑痕指向有北东20°、南西192°。滑坡体内三级平台以上可见残积亚粘土、风化变质岩。从边坡正面可见，滑坡体中岩石节理裂隙极其发育，主要走向有北东56°、68°，北西335°，由于滑动牵引作用，裂隙拉张2～10 cm（图2），四级边坡则整体滑塌，第一、二、三级框架锚索头已完全崩坏，一级平台K110+948 m处可见滑坡鼓丘。



图2 滑坡产生的岩体拉裂

2　滑坡成因探讨

2.1　区域地质构造的影响

K110+790～K110+960场地位于梅（县）—惠阳坳陷带残存古老褶皱基底的北西外缘，其南东外缘见有北东向紫金—博罗压扭性断裂构造带通过，北西边缘则有北东向的龙川压扭转张扭性断层穿越，区域构造从属于华南褶皱系。其中龙川断裂对本场区影响最大，龙川断裂位于河源压扭性断裂构造带北段，总体走向北东400～600，倾向北西，倾角400～850，属压扭性断裂，后期扭张性断裂，发育时期为晚侏罗世末，白垩纪以来仍有活动（图3）。

收稿日期：2006－07－30

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

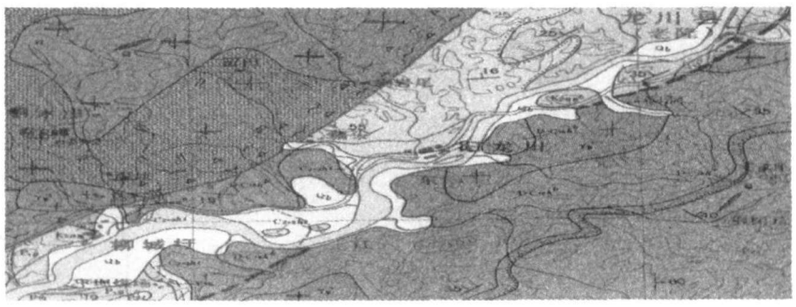

图3 梅河高速公路K110处区域地质构造图

龙川断裂经由龙川县北东，延伸贯连塘埔、罗岗、四望嶂北西侧，断续相延，全长约70 km。受龙川断裂及紫金～博罗断裂构造带的影响，场区内地层次构造痕迹明显，使得区域构造应力具有不均匀性，节理裂隙非常发育，岩石较破碎，岩性具有如下明显特征：①岩体结构面层间结合力差，摩擦系数小，结构面间多被泥夹碎屑、泥膜或云母充填；②软弱破碎带主要以碎屑、碎块、泥及形态各异的岩块组成，岩块的抗压强度极低，遇水易软化，强风化岩手搓易成粉末状，具滑感；③地下水对软弱结构的软化、泥化作用甚为明显。

在场区边坡东西两侧各存在一条张扭性断裂。

(1) K110+813 m张扭性断裂

该断裂位于公路里程K110+813 m处一级边坡坡面上，断裂主体走向为北东30°，倾向300°，倾角83°，下盘壁上见明显擦痕，上下盘间隙距离约为10 cm，上下盘地层错离距离50 cm（图4）。



图4 K110+813张扭性断裂

(2) K110+955张扭性断裂

该断裂位于公路里程K110+955 m处的一级边坡坡面上，断裂主体走向为北西339^0，露头倾向249^0，倾角87°（图5）。



图5 K110+955张扭性断裂

(3) 节理

区内节理发育，K110+813 m处节理走向56°、K110+890节理走向341°、K111+930处节理走向NW335°；另一组节理主要以走向140°延伸，规模较小。

(4) 褶皱

整个边坡段属黄村大背斜北西翼，地层主要以褶皱形式显示，受区域构造影响，其次一级的褶曲现象在场区中的K110+960处则可明显看见，其外缘产状为320°、倾角40°，与坡向相差22°，其内缘一翼则隐伏在坡体中。同时在褶皱的形成过程中，其岩层岩石产生层间位移、层间错脱。

场区内发育的两条次级断裂的倾向300°～330°、K110+890～K110+930处岩石节理的走向335°～341°及K110+820～K110+965处褶皱倾向320°～330°均与边坡坡向342°相近，这种极为不利的趋向组合，是威胁边坡稳定的致命组合。

2.2 地层岩性的影响

据区域地质资料和钻探揭露显示，本区域地层主要有第四系地层和泥盆系基岩层，根据揭露顺序，现自上而下简述如下：

(1) 第四系土层

滑塌堆积层（Q^e）：由褐黄色亚粘土和褐红色、棕褐色强风化状、弱风化状碎石基岩垮塌堆积形成，主要分布于滑坡体内，厚度约1.00～10.00 m。

坡、残积土层（Q^{dl+el}）：主要由亚粘土组成，含较多的石英质细砾，土质不均匀，主要分布于斜坡表层，粘性一般，失水易干松，吸水易软化，呈硬可塑状，厚度1～3 m。

(2) 泥盆系地层

分布于整个场区中，场区岩性主要有变质砂岩、石英岩、千枚岩、片麻岩和片岩。此类岩石在漫长的变质过程中，特别是动力构造变形中，由于造岩矿物的差异性，极易使得岩石软硬相间，岩体结构面间被泥夹碎屑、泥膜或云母所充填，使岩体层间磨擦系数减小，从而降低了岩体结构面层间的结合力。同时，风化后岩石的强度极不均匀，强风化岩石多呈半岩半土状，手搓易成粉末状，具滑感，吸水易软化崩解，失水易收缩龟裂；弱风化岩石节理裂隙异常发育，岩芯多呈碎块状、碎石状，岩质较坚硬；微风化岩芯多呈短柱状，岩石致密、坚硬，锤击难碎。

2.3 地下水活动的影响

场区内地下水按赋存特征可分为第四系土层中的孔隙水和基岩

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

裂隙水两种类型。两者之间存在着直接水力联系，其中基岩裂隙水分布最为广泛。各岩性界面特别是软弱结构面往往是富水部位和地下水径流的主要通道。

(1) 第四系土层中的孔隙潜水赋存于坡、残积层土层中，由于山坡植被发育，山体含砾较多，使得山体易于吸水，潜水富水性较好；坡脚受地表水的影响，迳流方向受地形影响，一般随地形变化由坡顶向坡脚排泄，其补给主要为大气降水补给，其次为侧向径流补给。

(2) 基岩裂隙水

赋存于泥盆系变质砂岩及片岩、千枚岩中。变质砂岩在区内多为强风化岩，多呈半岩半土状和碎块状、块状，节理、裂隙发育，透水性较好，局部可能有一定的涌水量，但涌水量受裂隙的影响，存在明显的不均匀性。而场区内片岩和千枚岩系软质岩石，泥质含量较高，吸水易软化，阻水性较强，当大气降水时，地下水通过石英岩中的节理裂隙下渗，易滞留于片岩当中，并使其软化，从而使其强度降低。场区中断裂、节理的构造主要是地表水、地下水的下泄通道，而片理面微型构造正好是储水构造，也是地下水的接受体。场区近临东江河，因广东地区近几年气候异常，2004 年整年的持久干旱，地下水位急剧下降，使山坡土体易失水收缩龟裂；2005 年 6 月中旬河源地区百年不遇的强降雨，又使得地下水位急剧上涨，使山坡土体浸泡，6 月下旬暴雨过后是暴晒。这种久旱、强雨、骤涨、饱浸、暴晒构成威胁边坡（特别是具有软弱结构面的边坡）工程的致命组合，使边坡在快速降水退水过程中产生渗透压力，饱和且软弱的山体边坡土体，最容易在地下水位下降过程中发生滑坡或崩塌。

3 结　论

(1) 综上所述，K110 滑坡是由于其自身所具有的内因（场区所处的位置恰好位于龙川断裂带上，且岩石节理裂隙、小褶皱发育，坡向与断层、节理裂隙、小褶皱走向相近，为一典型的岩土质顺层滑坡），在外因（6 月中下旬龙川百年一遇的大暴雨及边坡开挖施工的拢动）直接作用的影响下，坡体内的应力平衡遭到破坏，而导致滑坡。为今后高速公路高边坡设计、勘察、施工提供了一个很好的借鉴实例，特别是粤东、粤西、粤东北地区的山区高速公路。

(2) 笔者根据多年从事滑坡调查与治理的经验认为，滑坡的防治应从源头上去追寻，即首先判定是否存在滑坡及滑坡类型，然后才能从该滑坡的具体实际情况出发，进一步去研究分析该滑坡内在的滑动因素，特别应从滑坡场区所处区域地质构造、地层岩性、地下水活动规律等几个方面去深入研究，有针对性的去开展道路选线、滑坡防治工作。

(3) 在查明了滑坡内在的滑动因素、滑动面埋藏深度、滑床厚度以及滑坡主要计算参数（γ、c、φ）后，根据该滑坡的具体实际情况，有针对性地改善滑坡体的力学条件，增大抗滑力，消除或减轻水对滑坡的危害，预防为主，力求根治以防后患。

参考文献：

[1] 雷　明. 山区高速公路勘察设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003:83 - 98.

[2] 孙宪立, 石振明. 工程地质学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001:91 - 103.

[3] 简明工程地质手册编委会. 简明工程地质手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998:296 - 319.

[4] 汪康民, 彭胤宗. 岩土工程[M]. 武汉: 武汉工业大学出版社, 2001: 67 - 79.

[5] 程良奎, 范景仁, 韩　军, 等. 岩土锚固[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003: 207 - 247.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net