

文章编号: 1674—8247(2012)06—0071—04

南昆铁路南宁至那厘段红黏土成因分析与对策

张明学¹ 刘继宝²

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司离退休人员管理中心, 成都 610031;

2. 中国有色金属工业昆明勘察设计研究院, 昆明 650051)

摘 要:文章针对南昆铁路南宁至那厘段红黏土地面开裂问题深入分析,得出该地区地面开裂是红黏土内在特性在特定气候、植被、地理环境的作用下发生的,不是岩溶塌陷前奏。采取加强排水,在路基基底换填砂卵石垫层,在坡脚设置护脚墙,在坡脚设挡土墙的工程措施,按原方案继续开展施工,取得良好效果。

关键词:南昆铁路;红黏土特性;特殊地裂;工程措施

中图分类号:U212.22

文献标识码:A

Genetic Analysis and Countermeasure of Red Clay in Nanning-Nali of Nanning-Kunming Railway

ZHANG Ming-xue¹ LIU Ji-bao²

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd, Chengdu 610031, China;

2. Kunming Prospecting Design Institute of China Nonferrous Metals Industry, Kunming 650051, China)

Abstract: In line with the deep analysis on the cracking of red clay ground in the section of Nanning-Nali of Nanning-Kunming railway, it is concluded that it is because the inherent characteristics of red clay change by the factors of climate, vegetation and geographic environment, but the omen of karst collapse. Engineering measures are adopted, like strengthening drainage, refilling sandy pebble cushion on the base of subgrade, setting protection wall on the base of slope and setting retaining wall on the toe. Construction is carried on according to the original plan and good results are obtained.

Key words: Nanning-Kunming railway; features of red clay; special cracking of ground; engineering measures

1 引言

红黏土是一种区域性的特殊土,具有独特的物理力学性质,构成了特殊的工程地质条件。我国地域辽阔,红黏土分布很广,所处自然地理气候条件千差万别,成因各异。南昆线南宁至那厘段,自南宁枢纽沙井站湘桂线 K802 起,至那厘站 DK108 止,途经江西村、杨美镇、方村、龙床、隆安、平果,沿线属低丘岩溶峰丛区。红黏土地段山丘多秃岭,冲沟、裂隙发育,具膨胀土地貌特征,如图 1 所示。



图 1 红黏土地貌

收稿日期:2012-04-20

作者简介:张明学(1954-),男,高级工程师。

2 红黏土物质成分

在南昆铁路 50 ~ 61 km 区段广西隆安县境内对红黏土进行不同深度的取样作矿物试验分析,其物质成分如表 1 所示。

表 1 隆安红黏土物质成分表

取样深度 (m)	pH 值	蒙脱石	游离氧化物			阳离子交换总量 (ml/100 g)
		含量%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
1.2 ~ 1.4	5.47	8.084	3.75	7.48	6.78	8.643
4.1 ~ 4.5	5.45	8.641	3.49	6.18	5.74	10.501
6.2 ~ 6.6	5.36	10.063	3.59	5.93	5.87	12.794
9.02 ~ 11.02	5.11	9.558	4.19	7.64	8.70	11.045
10.04 ~ 10.54	5.25	10.616	3.51	6.32	6.39	13.315

从表 1 的数据可见:红黏土的蒙脱石含量为 10% 或低于 10% ,且有随深度增加其含量增大的趋势。游离氧化物含量比较高,它对土体起胶结作用,使红黏土具有较高的强度和较低的压缩性。pH 值比较低,在 5.11 ~ 5.47 之间,表征土是酸性土壤。在酸性环境中,蒙脱石矿物不易生成。这是蒙脱石含量少的原因之一。

据参考文献及有关资料,红黏土中的伊利石含量最高(为 40% ~ 50%),其次是高岭石(约占 30% ~ 40%),蒙脱石含量最少(为 10% ~ 20%)。可见,红黏土的矿物成分是以伊利石为主,而膨胀土的矿物成分则是以蒙脱石为主。

伊利石与蒙脱石在结构上是不同的。粘土矿物的种类很多,分为 3 个组:高岭石组、伊利石组和蒙脱石组。所有这 3 个组在化学结构上都是由基本单元 Si—O

四面体和 Al—OH 八面体构成。多个四面体或八面体在平面上延伸,构成四面体或八面体层。这些四面体和八面体层结合在一起就形成一个层组,许多个层组迭加在一起就形成了颗粒的晶格。

蒙脱石的晶格是由 2 个 Si—O 四面体层和 1 个 Al—OH 八面体层构成的 O⁻ 和 OH 重合的地方,就由 O⁻ 占据了。这样,层组表面分布的都是氧离子,因而层组间的结合力很弱,容易吸进很多水分子。从而使相邻层组之间失去联接,分成更小的颗粒。所以蒙脱石含量多的土,在吸收水分后就会显著膨胀。

伊利石的层组结构与蒙脱石层组结构的区别在于,伊利石层组结构有部分四面体中的 Si 为 Al 或 Fe 所取代(多数为钾)来补偿。由于阳离子的中间联接,伊利石晶格的层组间的结合力较大。因此吸水膨胀没有蒙脱石那样强烈。

3 红黏土收缩特性

经过对 100 多组土样的试验结果统计,土的天然含水量(平均值)为 35.96% ,天然空隙比在 1.0 ~ 1.2 之间,饱和度为 82.73% ,液限含量为 50.27% ~ 89.59% 。塑性指数为 32.27% ,黏粒含量 78.34% ,其中小于 0.002 mm 的颗粒含量占 65.67% 。可见,土的黏粒含量很高,高于一般地区红黏土,我国一般地区红黏土的黏粒含量为 55% ~ 70% 。黏粒含量高,其比表面积就大,比表面积大,土粒与水在交界面上发生物理化学作用的场所就大,从而使红黏土具有较大的胀缩变形潜能,如表 2 所示。

土体收缩是由于土粒间结合水化膜变薄的原故。收缩时除了土的体积变小外,还由于收缩的不均匀性而导致土体局部开裂,如表 3 所示。

表 2 隆安红黏土胀缩性指标表

自由膨胀率	膨胀力	膨胀量		缩限		线缩率		体缩率		收缩率	
		垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
F_s	P_p	V_v	V_H	W_{sv}	W_{sh}	e_{sLv}	e_{sLh}	e_{sv}	e_{sh}	e_{sLv}	e_{sLh}
%	Kpa	%	%	%	%	%	%	%	%	—	—
28.32	12.12	1.96	1.52	29.39	31.50	2.23	3.76	11.05	13.92	0.21	0.69

表 3 膨胀土的膨胀性指标

自由膨胀率 F_s (%)	膨胀量 I_p (%)	膨胀压力 P_p (kPa)	体缩率 e_s (%)	线缩率 e_{sl} (%)	缩限 W_s (%)	收缩系数 C_{sL}
40 ~ 58	1 ~ 4	10 ~ 110	4 ~ 153	2 ~ 8	11 ~ 18	0.2 ~ 0.6

土的孔隙比反映土体的密实程度。在所含矿物成分基本相同的条件下,孔隙比小的土体在吸收水分后膨胀变形较大,而失水收缩变形相对较小。相反,孔隙比大的土体在吸收水分后产生较小的膨胀变形,失水

后产生较大的收缩变形。这正是这一地区红黏土的显著特性。

(1)红黏土的膨胀性指标(自由膨胀率 F_s ,膨胀量 V ,膨胀压力 P_p)均远小于膨胀土。

(2)红黏土收缩性指标接近或等于膨胀土。

(3)红黏土水平收缩量大于垂直收缩量。

由此可见,红黏土特点是收缩显著开裂,所以有的文献把它叫做“裂土”,当地老百姓也把它叫做“裂土”。

4 特殊地裂及其成因分析

对南昆铁路南那段那桐乡龙床村一带出现的地面裂缝,经现场勘察测量,裂缝宽度为20~100 cm,深度为4 m。长度不等,一般为30~40 m,最长则延续1 000余m。这一特殊地质现象实为罕见,如发生过地震一般,地面被拉开一道道裂口。当地居民住房也出现墙体开裂,有的甚至被破坏,如图2所示。

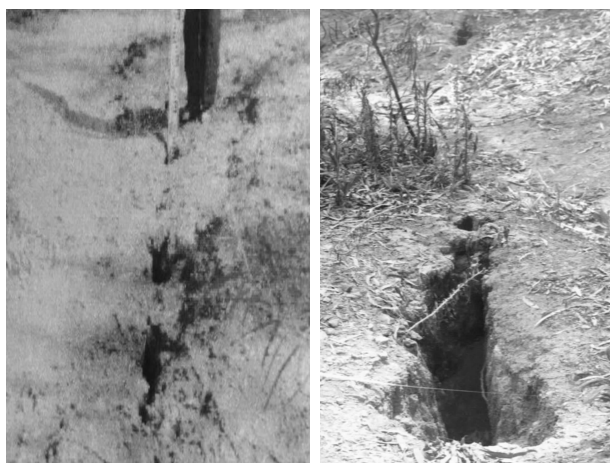


图2 当地居民住房开裂情况图

地面开裂地带地处右江右岸一宽浅的封闭状蝶形洼地,且周围有丘陵岗地貌。下状泥盆系石灰岩,且岩溶发育。地面开裂是否与岩溶有关?是岩溶塌陷的前奏,还是由于红黏土的特性所引起的?搞清这个问题至关重要,它是关系到该段线路要不要改线的重大问题。如果地面开裂是岩溶塌陷的前奏,就必须绕避,这将引起本段线路大幅改线。经过多方案比选、反复研究、精心选定的最佳方案经铁道部鉴定审查批准,已完成定测和大部分施工图设计的成果,舍去实在可惜。于是,把问题的着眼点放在红黏土的性质上,根据试验分析、研究结果,红黏土具有显著收缩开裂的特性,但其裂缝张开的程度又似乎超出了红黏土的性质所能达到的限度。这必然另有原因,经进一步的调查研究发现:除红黏土特性这个内在因素外,气候、植被、地理环境等是加剧地面裂缝发展的外部因素。

4.1 气候

广西属热带季风气候,夏季漫长而炎热,秋冬两季干旱少雨。一年明显地分为雨季和旱季,4~9月份为

雨季,全年降雨量集中在这段时间,10月至次年3月为旱季。根据隆安县水文站资料:多年平均降雨量为1 200~1 800 mm。年平均蒸发量为1 719.8 mm,在一般年份蒸发量为降雨量的3.5倍,而大旱年景可达降雨量的9倍。土体在雨季吸收大量水分后,一方面土颗粒的结合水膜变厚,另一方面土的孔隙中充满大量自由水,土的饱和度达80%以上。雨季之后,出现长期持续干旱,土体受到强烈的蒸发作用失水收缩而开裂。

4.2 植被

地裂区种植有大片桉树,均已成林。它对土体的影响主要是吸收土中的水分,产生蒸发和蒸腾作用。不同的树种,它的蒸腾量也各不相同,据植物学资料,桉树的吸水量较一般植物大得多,一株6 m高的桉树每天耗水373~457 kg,相当于一棵同样大的女贞树耗水量的5~7倍。加之桉树生长快,个体高大,挺直,树杆上部,叶形窄长,阳光易透射,林内空气流通,所以在炎热的旱季,桉树林地区特别干燥,土体较其他地带收缩更为强烈。

4.3 地理环境

地理环境对土体的影响主要表现为:槽谷洼地有利于地表水和大气降水的汇集,土中含水量较大;而周围边缘坡麓地带保水条件差,土体易于失水收缩开裂。居民区由于人畜活动,给土以不同程度的水分补给,建筑物也对蒸发作用起了一定的限制,这些地带土体收缩较小,地面裂缝较窄。

经综合研究分析,得出结论:该地区特殊地裂不是岩溶塌陷的前奏,而是红黏土特性在气候、植被和地理环境等外因条件综合作用的结果,因而铁路不需改线,仍按原方案继续开展施工图设计,并采取了针对性更强的工程措施。

5 工程措施

红黏土中裂隙是水的活动场所,而水是铁路路基的大敌。一方面,水进入路基道床下的裂隙中,很不易排出,从而软化路基基底,在列车振动作用下,久而久之形成一个积水塘,使得路基翻浆冒泥、污染道床、凝结道碴,从而造成铁路病害,影响行车安全,运营部门养护维修非常困难。另一方面,水渗入边坡的裂隙,软化坡面土体,造成边坡冲蚀、表面剥落、坍塌等病害。裂隙与水形成迭加效应,这对红黏土地区路基工程极为不利,须采取相应的处理措施。

(1)加强排水。在路堑边坡的堑顶设置天沟拦截

地表水,把水引出路堑,不让其进入堑坡,确保堑坡不受水侵蚀。当边坡较高时,采取在平台处设置中间截水沟分拦坡面水,以免坡面受冲刷。边坡上有地下水渗出的地段,则必须设置边坡支撑渗沟,把水引出坡体。在路基两侧须设侧沟,有效排除地下水。

(2)在路基基底换填砂卵石垫层,或铺设防水布,以隔离地下水与路基道床的联系,防止路基翻浆冒泥。在南昆线红黏土地段路基基底均换填了0.5 m厚的砂卵石垫层。

(3)当路堑边坡高度 ≤ 6 m时,在坡脚设置护脚墙。墙顶留1 m宽平台,平台上侧边坡率为1:1.25~1:1.75,坡面铺种草皮,以保持坡面土体水分,防止开裂。

(4)当边坡高度 >6 m时,在坡脚设挡土墙。墙顶以上设置两级边坡率,第一级为1:1.25~1:1.5,第二级为1:1.5~1:1.75。边坡设置网格骨架护坡或浆砌片石护坡,如图3所示。



图3 网格骨架护坡

6 结语

碳酸盐类岩石在亚热带温湿气候条件下经风化作

用形成的红黏土,属于岩土工程的特殊土。其在我国西南山区分布极为广泛,对岩土工程影响很大,当时普遍认为是岩溶塌陷的前奏。为了彻底弄清这类红黏土的成因,配合施工组对沿线红黏土地段作了深入的调查研究,并辅以物探、钻探、挖探和取样试验,搜集了大量能够反映当地红黏土特性的第一手资料。通过对资料的分析研究,提高了对红黏土的理性认识。依据这些认识成果,一是否定了“地裂属岩溶塌陷前奏”的论断,不需改线,巩固了设计成果;二是重新确定了加深红黏土地段的工程设计原则;三是选择了更加符合实际的工程建筑物结构形式。设计文件交付工程实践后,收到满意的效果,经受住历史的检验。迄今,南昆线已建成通车多年,本段铁路工程完好无损,运营正常。

参考文献:

- [1] 肖执中,刘惠珊,张毅.地基与基础[M].北京:中国建筑工业出版社出版,1978.
Xiao Zhi-zhong, Wang Yuan-hui, Zhang Yi. Subsoil and Foundation [M]. Beijing: China Building Industry Press, 1978.
- [2] 马骥,湛壮丽,牛怀俊.膨胀土的基本特性及铁路路基工程应用技术条件[J].铁道工程学报,2005(增刊):360-365.
Ma Ji, Chen Zhuang-li, Niu Huai-jun. Basic Characteristics of Expansive Soil and Application Technology Condition for Railway Subgrade Engineering [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2005 (supplementary issue): 360-365.
- [3] TB 10038-2001 铁路工程特殊岩土勘察规程[S].
TB 10038-2001 Investigation regulation for special rock and soil of railway engineering[S].
- [4] TB 10027-2012 铁路工程不良地质勘察规程[S].
TB 10027-2012 Investigation regulation for unfavorable geology of railway engineering[S].