文章编号:1004 —5716(2005)08 —0191 —02　　中图分类号:X4　文献标识码:B

广东省碳酸盐岩地区形成岩溶塌陷的基本条件

陈建新,余革淼
(广州市综合勘探大队,广东 广州 510440)

摘　要:通过阐述广东碳酸盐岩地区具备形成岩溶地面塌陷的三个要素,说明近年来广东省境内发生的多起地陷、地裂的地质背景。唤起人们对广东碳酸盐岩地区岩溶灾害的重视,以免造成不必要的损失。

关键词:岩溶;塌陷;形成;条件

广东省近年来与岩溶地面塌陷有关的地质灾害有明显回升的势头,据不完全统计,自 2000 年至今,全省约有 11 处发生不同程度的岩溶地面沉降或塌陷灾害,造成一定的经济损失和社会影响。仅广州市附近半年来就有 3 处碳酸盐岩溶引起的地面沉降或塌陷,分别为:

①广州从化市良口镇石岭大理石矿 2003 年 12 月 27 日晚,由于坑道排水造成附近村庄地裂、墙裂;

②广州市花都区花山镇东湖村裕丰庄东北侧 2004 年 3 月 24 日下午出现直径约 6m、深约 3m 的塌坑;

③G107 国道广州 —清远路段 2004 年 5 月 21 日下午在修补路面时出现直径约 5m、深约 4m 的溶坑。

这些塌陷灾害的发生,都不是偶然的,都有其地质背景 ——碳酸盐岩溶。广东所处的地理位置及气候特点,决定了广东碳酸盐岩地区具备了岩溶地面塌陷形成的基本条件,即岩溶洞隙的存在、一定厚度的盖层、地下水活动是岩溶地面塌陷形成的三要素。

1　洞隙是塌陷产生的基础

广东岩溶地区岩溶洞隙在以往漫长的地质时期中早已形成,主要分布于构造断裂带、褶皱轴部、相对易溶的地层岩性地段,或者与非可溶岩接触地带,且多形成谷地、洼地、岩溶平原等负地形,如广州地区的广花平原等。

在广东碳酸盐岩分布区,岩溶普遍较发育。根据广东主要岩溶矿区统计,溶洞主要分布于地表以下 150m 范围内(图 1)。由于广东属沿海省份,且雨量充沛(大部分地区年降雨量 > 1600mm),浅部岩溶洞隙由于地下水活动频繁、交替强烈,一般连通性较好,地下往往形成错综复杂的洞隙网络系统,岩溶以地下厅堂、溶洞、管道、溶蚀裂隙为主,并且通过各种途径与向上开口的溶洞裂隙连通。这些向上开口的溶洞裂隙,是接受塌陷物质的门户和窗口,是塌陷产生的重要因素。这与我国北方以小溶洞、裂隙、溶孔为主,并且闭合的岩溶明显不同。

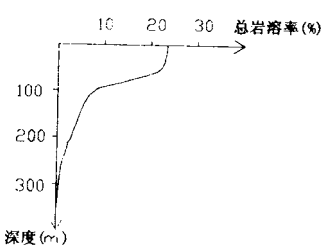

图 1　广东主要岩溶矿区岩溶率随深度变化曲线

广东碳酸盐岩地区岩溶洞隙的这些特征,不单为塌陷物质提供必要的储集空间和运移场所,还控制着岩溶塌陷的分布和规模,岩溶发育程度强烈的,塌陷产生的数量多且强度大。并因岩溶发育的不均一性,使塌陷具有带状、零星状、面状分布的特点。

2　松散第四系盖层是产生塌陷的主体

广东省碳酸盐岩的分布面积约 $2.9 \times 10^4 km^2$,其中约 $1.4 \times 10^4 km^2$ 出露地表,约 $1.5 \times 10^4 km^2$ 被第四系覆盖。

第四系盖层上部为砂、砾、碎石或粘性土等松散沉积物,往下为碳酸盐岩风化残积且较均一的粘性土或含有碎石的粘性土。这些残积而成的粘性土,含水量由上向下逐渐增高,土层由坚硬状态逐渐过渡为软塑或流塑状态的软土。在地下水活动情况下,这种软土容易流失,而形成基岩面上早期的土洞,为塌陷的形成创造条件。土洞在地下多呈球形或半球形空洞,直径数十厘米到数米不等,可在地下隐伏几天至几年以上,逐渐扩展,直至土洞顶板不足以支撑上部压力,从而发生地面塌陷。大量的工程钻孔资料显示,广东碳酸盐岩地区第四系盖层厚度大多数 < 25m,属于易产生塌陷的厚度范围。

应该指出的是,在松散土层覆盖的岩溶地区,由于上部土层孔隙性含水层与下部溶洞裂隙岩溶含水层,其含水特性、水力性质、渗透性能等差异较大。当水位降低时,上部孔隙含水层较下部岩溶含水层滞后疏干,而在孔隙含水层中沿下部溶洞裂隙分布的地方,形成一集中渗漏点,沿此渗漏点形成一些降落中心,增大土层渗透压力,有利于潜蚀作用的产生,促进土洞的形成。

3　地下水活动是塌陷产生的主要动力

广东省每年降雨量的 80 %集中在雨季(4～9 月),雨季常有暴雨天气,如广州地区历史上日最大降雨量达 284.9mm(1955 年 6 月 6 日),最大降雨量达 82.4mm/ h(1994 年 4 月 16 日);最长连续降雨天数 33d,总降雨量 884.0mm(1975 年 4 月 28 日～5 月 20 日),占全年降雨量的 42.1 %。充沛且集中的降雨使地下水位升降和补、径、排活动非常活跃,不单因土层含水量的增减改变着土体的容重和状态,还因渗透水流产生的渗透压力引起激烈的潜蚀作用,使土粒或土体迁移。地下水位的升降还可使位于地下水位以下土体所受浮托力产生变化,使封闭较好的岩溶空腔中的气体出现向上的冲压或负压腔,产生冲爆或吸蚀,引起岩土体的破坏。地下水本身具有的侵蚀、搬运能力,可使溶洞中的充填物部分被迁移,使充填的溶洞重新开启。

地下水的这些作用,将使岩土体产生失托增荷效应、渗透潜蚀

(下转第 193 页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.25,每 8m 分级,平台宽 1.5m。为减少滑坡体自重,现将设计坡比调整为 1 ∶1、1 ∶1.25、1 ∶1.5、1 ∶1.75、1 ∶2,每 5m 分级,平台宽为 3.0m。

3.2 钢管桩设计

第一、二级平台采用 ∅280 钢管桩加固:通过受力分析和计算,采用 ∅146 ×8 的无缝钢管;第一级平台自 K24 + 050～K24 + 100 段,共设置 31 根钢管桩,设计桩身长度为 15m,第二级平面自 K24 + 050～K24 + 105,设置 34 根钢管桩,设计桩身长度为 20m,完成后用横梁现浇成整体。

3.3 锚杆及钢筋混凝土框架设计

第一至五级平台间坡面采用钢筋混凝土框架加锚杆加固,第五级平台以上坡面采用人字骨架防护,整个坡面满铺草皮封面。框架成 45°角交叉,交叉点先施工锚杆,锚杆设计长度为 10～20m,其中最小锚固段长度 ≥15m,共设 4 排锚杆,第一坡面为 13 根,设计深度为 21m;第二坡面 13 根,设计深度为 25m;第三坡面为 11 根,设计深度为 25m;第四坡面为 7 根,设计深度为 15m,共设置 44 根。锚杆钻孔直径为 ∅130,俯角 $\theta = 30°～35°$,每根设计荷载为 250kN,锚拉钢筋均采用 Ⅱ级 ∅28,预加100kN拉力,然后与混凝土框架现浇成整体,框架尺寸为 300 ×300,用 6 - ∅16钢筋,箍筋用 ∅16 @200,砼标号不低于 20 号。

3.4 锚式挡土墙设计

坡脚采用锚杆式混凝土挡土墙,墙高 4.5m,锚杆长 18m。

4 排水设计

坡顶设截水沟、坡面交结处设急流槽,人字骨架及框架设流水凹槽排坡面水、挡墙顶设排水沟。坡面水通过流水凹槽汇集于挡墙顶排水沟或急流槽集中排出边坡外。

5 滑坡治理施工注意事项

滑坡治理应严格按照有关规范施工外,还应注意以下事项:

(1)施工顺序。为安全施工,防止滑坡体继续滑动,首先施工第一级平台上的 31 根钢管桩和第二级平面上的 34 根钢管桩,然后施工第一级和第二级的锚杆和混凝土框架,再逐级向上施工,然后最后施工挡土墙。

(2)钢管桩施工。钢管成孔后,先压注浓水泥浆,水泥浆的水灰比控制在 0.4 左右,待孔内泥浆排尽后,再插入钢管,钢管经插接后再焊接,插接长度满足规范要求,均在 100mm 以上。若钢管桩施工过程中没达到设计深度遇到基石,特别是东边,则以嵌岩深度 ≥0.5m 终孔。

(3)锚杆施工。施工锚杆成孔后,清尽沉渣、将孔清洗干净,以增加砂浆与孔壁的粘结力;然后锚定,最后与框架焊接后浇成整体。

实际施工砂浆配比水泥标号采用广东英德南华牌 425# 水泥,施工过程中所用砂按要求做了净化处理,并且通过筛分,对搅拌的砂浆再次过筛,防止有水泥结块堵塞管路,施工砂浆配比采用水泥 ∶砂 ∶水 = 1 ∶1 ∶0.45,灌浆压力一般为 300～600kPa。实际施工满足设计及有关规范要求。

6 结束语

清佛一级公路是连接国道 106、107 以及京珠高速公路、广清高速公路的重要干道,全长 41.2km,工程总投资 4.2 亿元人民币。清远市位于广东省西北部,是一个欠发达山区,经济严重滞后。在工程资金相当缺乏的情况下,我们对清佛一级公路 K24 + 030～K24 + 110 路段高危边坡的治理进行了多方案比较,经过现场多次踏勘及邀请专家论证,最后趋向于采用抗滑桩和钢管桩加锚杆两种治理方法,采用抗滑桩治理法,其工程投资预算为 185 万元,而采用钢管桩加锚杆工程投资预算为 155 万元(实际施工投资为 150 万元),而后者在实际施工实施中更优于前者,治理更安全、更彻底、更经济。因此采用了后者。

钢管桩、锚杆在清佛一级公路 K24 + 030～K24 + 110 路段高危边坡治理中的成功应用,对山区公路建设具有积极的意义,值得推广。

Application of Steel Pipe Pile and Anchor Bar in Harnessing of Highway High Risk Slope

TAN Xiao-bing
(Qingyuan Highway Bureau of Guangdong Province, Qingyuan Guangdong 511515, China)

Abstract: The design and construction for the high risk slopes in K24 + 030 - K24 + 110 part of Qingfo first class highway are introduced, which adopt comprehensive harnessing of steel pipe pile, anchor bar and anchor retaining wall. Practice states that this method is economical and practical for the harnessing of deep digging cutting and high risk slope in mountain areas.

Key words: steel pipe pile; anchor bar; harnessing of high risk slope

(上接第 191 页)

效应、负压吸蚀效应、水气冲爆效应、水位波动解散效应等多种力学效应,从而引起岩土体破坏,形成土洞,或直接导致塌陷的产生。

天然状态下,地下水水位波动及其流量流速的变化都是有一定的范围,产生塌陷的数量及影响范围一般较小。但在人工抽水、矿坑排水、水库蓄水等人类活动中,引起的地下水位、流量、流速的变化,往往十分剧烈迅速,由地下水产生的各种作用和力学效应很强烈。因而在人为的作用下产生的塌陷,在数量及影响范围上远远超过自然条件下产生的塌陷。

近年来,有些人由于利益的驱使,不顾(或未认识到)碳酸盐岩地区潜在岩溶地面塌陷的危险性,盲目进行矿坑排水,或其它工程活动,引起岩溶地面沉降或地面塌陷,造成重大的损失。如 2003 年 12 月 27 日广州从化市良口镇石岭大理石矿区坑道(约 - 80m 标高)抽水造成附近村庄大量的地裂、墙裂,直接经济损失 > 500 万元。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net