

大支坪隧道岩溶水文地质特征及其对隧道的影响

於开炳, 黄 琨

(中国地质大学(武汉)研究生院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 通过大支坪隧道区多阶段的地质勘察成果, 以及隧道施工揭示的地质和涌水情况, 对隧道区岩溶水文地质条件进行了重新分析和总结, 全面阐述了隧道区地岩溶水文地质特征及其对隧道的影响, 为隧道的施工动态设计提供参考。

关键词: 大支坪隧道; 岩溶; 地下水; 评价

中图分类号: U455

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973(2009)03-0161-03

一、大支坪隧道概况

大支坪隧道是正在施工的宜万铁路中最复杂的岩溶隧道之一, 隧道位于湖北省巴东县大支坪镇, 东起支井河、下穿大支坪镇、西至野三河, 全长 8 770m, 隧道最大埋深 495m, 进口路肩设计标高为 814m、出口为 780m, 纵坡为人字坡。隧道通过岩溶发育的灰岩地段 7.93km, 占隧道全长的 90%。该隧道是宜万铁路的重要控制工程之一。

二、隧道区地貌及地质特征

隧道区属构造剥蚀—溶蚀深切割中山, 基本地形配置为台原山地和深切峡谷, 岩溶地貌。岩溶发育总体呈深切峡谷型特征。大支坪隧道上方地表发育有水洞坪、水谷坝、向家坪、大支坪等大型岩溶洼地。

隧道区处于长江一级支流清江流域的 2 条 2 级支流——支井河、野三河之间, 溪沟总体呈 NNE 向展布。线路附近支井河标高 810m、野三河标高 640m。

隧道区属新华夏系构造体系, 主要构造形迹有褶皱、断裂。区内褶皱主要为—复式背斜, 由养长河背斜和次级唐坪向斜组成; 断裂主要有 9 条, 其中养长河背斜核部发育区域性断裂—向家坪断裂 (F7)。

隧道沿线出露的地层有泥盆系、石炭系、二叠系和三叠系地层, 其中二叠系、三叠系灰岩地层占主要部分。附大支坪隧道地质纵断面图。

三、隧道区岩溶水文地质特征

区内水文地质条件主要表现为岩溶水文地质特征, 地下水以岩溶水为主, 岩溶发育程度、规模及地貌特征决定地下水的补给、径流和排泄条件。

1. 隧道区岩溶发育特征

影响区内岩溶发育的主要因素有碳酸盐岩层组结构类型、地质构造、地形条件和气候条件等。

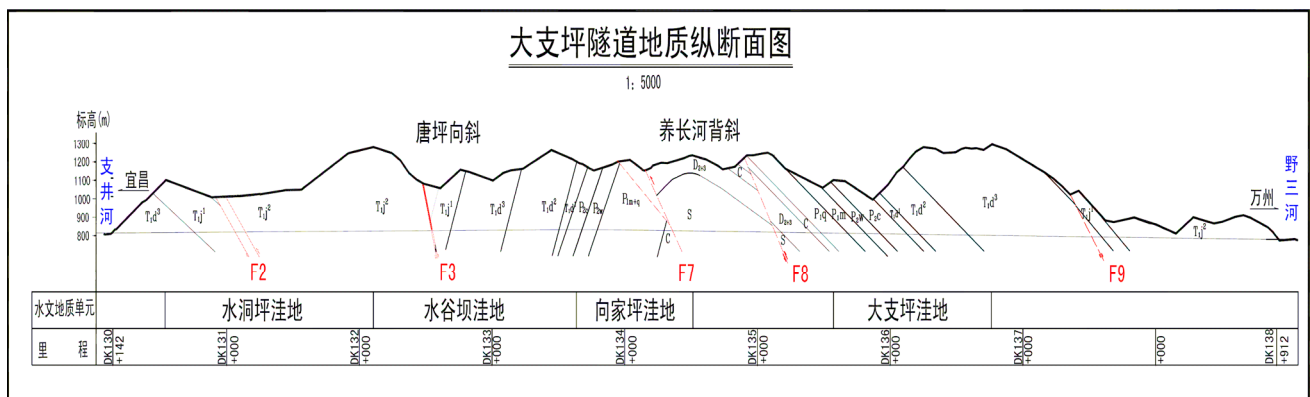
区内 T_{1j} 、 T_{1d} 、 P_{1m} 为中厚—厚层连续型灰岩, P_{2c} 、 P_{1q} 为中厚层间夹型灰岩, 分别有利于和较有利于岩溶发育。

区内地质构造由一个向斜和一个背斜构成, 有利于岩溶发育和岩溶水富集, 地下水主要富集于向斜核部和背斜两翼的灰岩地层中。缓倾岩层的倾向和陡倾岩层的走向多是区域性岩溶水运移方向, 隧道区内岩溶水运移总体格局符合这一特点。该区的突出特点是由于地层倾角较大 ($40^{\circ} \sim 80^{\circ}$), 造成大部分地下水由地势较高的东北部顺层向西南方向运移, 具有较明显的区域性“渠流”特征。

地形条件控制区内岩溶水输入方式和地下水势能, 从而影响岩溶发育。隧道区处于尚未解体之高原面上, 岩溶洼地、落水洞密布, 地表径流差, 大气降水就地补给, 垂向岩溶强, 岩溶发育非均一性强; 区内以脊状山—峡谷为主, 大气降水成面状和线状补给地下水, 岩溶发育以单斜岩溶管道为主。

区内湿热多雨的气候条件是岩溶发育的有利因素之一, 形成了丰富多彩的岩溶形态。

区内岩溶发育垂向上分带性明显, 由上向下划分为: 表



收稿日期: 2009-03-04

作者简介: 於开炳 (1985-), 男, 湖北江陵人, 中国地质大学(武汉)在读研究生, 主要研究方向为水文地质与工程地质。

层岩溶带—垂向渗滤带—水平径流带—深部循环带。表层岩溶带为强烈岩溶化的包气带表层部分,与饱水带之间没有直接水力联系,对隧道不构成直接涌水威胁,隧道工程排水也不会造成其水源枯竭。垂向渗滤带为包气带的主体,为较强岩溶发育带,以垂向型岩溶为主,如竖井、落水洞、垂向溶缝等,该带发育有季节性单支岩溶管道流,雨季接受降水补给后水量较大,当隧道线经过该带时构成直接涌水威胁,大支坪隧道进出口地段穿越该带。水平径流带为饱水带的主体,为强岩溶发育带,以水平渗流型岩溶为主,如岩溶地下河、溶蚀缝洞等,当隧道线经过该带时构成直接涌水威胁,大支坪隧道中部地段位于该带。深部循环带为饱水带的下部,埋藏深度较大,测区内埋深大于 200m,水动力循环微弱,岩溶发育程度相对较差,岩溶形态以溶蚀孔缝为主,规模较小,大支坪隧道中部处于该带。

2. 岩溶水的补给、径流、排泄条件

区内碳酸盐岩分布极广,其岩溶水的补给均源于大气降水,除水面蒸发、植物蒸腾、人畜利用、地表径流外,均入渗地下补给岩溶水。具体入渗方式视地质条件不同有所差异,其一是通过裂隙、溶隙面状直接入渗补给,其二是经浅谷、洼地汇集后,通过落水洞等集中点状补给,补给迅速。

大支坪隧道岩溶水在当地形成以岩溶洼地为主要富水形式、以大泉和暗河为主的小流域系统,管道流特征突出,以排向两侧河谷(支井河、野三河)为主要特征。

3. 隧道区主要岩溶水文地质单元

不同的地貌和地质构造形成不同的岩溶水文地质单元,大支坪隧道区主要发育有四个岩溶水文地质单元,分别为水洞坪、水谷坝、向家坪和大支坪,其共同特征都是为峡谷型洼地,走向近 NNE 向,与隧道大角度相交,地下水流向都近似横穿隧道,不同是四个单元在隧道附近范围内为四个相对独立的水文地质单元,地下水方向不同,水洞坪洼地地下水由南西流向北东,排泄于支井河;水谷坝、向家坪、大支坪洼地地下水由北东流向南西,进入野三河下游。附大支坪隧道区地下水分布图。

(1) 水洞坪洼地

该区发育地层为三叠系嘉陵江组 (T_{1j}) 灰岩,洼地间发

育有 F_2 断层,岩溶和地下水发育主要受断层和层间裂隙控制,地下水流向由南西流向北东,排泄于支井河。洼地发育有小鱼泉暗河,其排泄口在隧道进口右侧附近。地下水主要接受大气降雨补给,洼地的汇水面积 3.30km^2 。

该洼地漏斗、落水洞发育,隧道穿越该区揭示的岩溶多为少量充填或没有充填的垂直性管道,地下水多为季节性涌水。

(2) 水谷坝洼地

该区发育地层为三叠系嘉陵江组 (T_{1j}) 下部和大冶组 (T_{1d}) 上部灰岩,向斜构造,期间发育有 F_3 地层。岩溶和地下水发育主要受构造和地层控制,由于大冶组底部 (T_{1d}^1) 为泥岩和页岩地层,为相对阻水层,有利于处于该阻水层上部的灰岩地层岩溶和地下水发育。地下水流向由北东流向南西,排泄于野三河下游。地下水主要接受大气降水补给,地表深孔测得的地下水位埋深 160m 左右 (标高 950m),洼地汇水面积 6.06km^2 。

该洼地漏斗、落水洞等垂直岩溶管道发育,隧道处揭示的岩溶为顺层发育的充填型溶腔,充填物为淤泥和卵砾石,具典型的古暗河冲积物性质,透水性好,地下水为长流水。

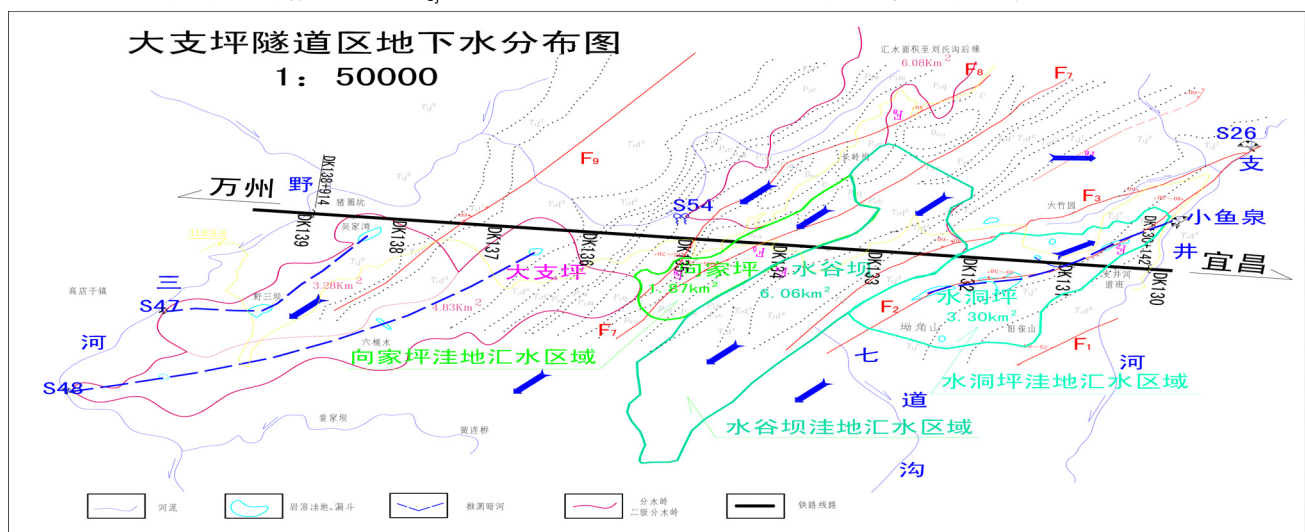
(3) 向家坪洼地

该区发育地层为二叠系茅口栖霞组 (P_{1m+q}) 灰岩,洼地间发育有区域大断层 F_7 ,两侧地层分别为二叠系吴家坪组 (P_{2w}) 炭质灰岩、页岩和泥盆系 (D)、志留系 (S) 泥砂岩、页岩地层,为相对阻水层,岩溶和地下水发育主要受断层和地层控制。地下水流向由北东流向南西,排泄于野三河下游。地下水主要接受大气降水补给,地表深孔测得的地下水位埋深 100m 左右 (标高 1025m),洼地汇水面积 1.87km^2 。

该洼地被第四系覆盖,隧道揭示溶腔为顺层发育的粘土夹卵砾石充填,密实,透水性差,探孔少量渗水。

(4) 大支坪洼地

该区发育地层为三叠系大冶组 (T_{1d}) 灰岩,岩层倾向野三河,处于养长河背斜的西翼,单斜岩层,岩溶和地下水发育主要受大冶组底部 (T_{1d}^1) 泥岩、页岩等非岩溶岩控制,发育有 S48 管道流,地下水流向由北东流向南西,排泄于野三河下游。地下水主要接受大气降水补给,管道流汇水面积 4.83km^2 。



(下转 169 页)

按照桩间土的压缩模量,采用分层总和法计算加固区土层的压缩量。在计算分析中忽略增强体的存在。

(3) 桩身压缩量法

在荷载作用下复合地基加固区的压缩量也可通过计算桩身压缩量来得到。设桩底端刺入下卧层的沉降变形量为 Δ ,则相应加固土层的压缩量 S_1 的计算式为

$$S_1 = S_p + \Delta \quad (3)$$

式中, S_p ——桩身压缩量。

在桩身压缩量法中根据作用在桩体上的荷载和桩体变形模量计算桩身压缩量。

(4) S_1 的计算方法比较

应力修正法虽然形式简单,但在设计计算中应力修正系数 μ_s 是较难合理确定的。复合地基置换率 m 值是可由设计人员确定的,应该说是明确的,但桩土应力比 n 值的影响因素较多,很难选用合理值,特别是当桩土相对刚度较大时。另外在设计计算中忽略增强体的存在将使计算值大于实际压缩量。采用该法计算压缩量往往偏大。

桩身压缩量法需要计算桩身的应力,但是桩身应力计算牵涉到摩擦力的分布、端承力的大小以及桩顶应力等极难获得的量值,即使在最为简单的情况下,如假设摩擦力均匀分布和端承力为零的情况,也要牵涉到计算桩土应力比 n 值, n 值也不易获得。特别是对于粉喷桩复合地基,以上计算将更加复杂,因此,该法不适合于粉喷桩复合地基。

复合模量法是等应变条件下的推导结果,对于基础和下

卧层均为刚性的复合地基有一定的合理性。然而,在道路工程中,除了下卧层具有一定的压缩性外,在复合地基与路基之间还常设置一定厚度的垫层,导致桩体向下卧层和垫层有一定的刺入量,也就不再符合等应变条件。若在这种情况下仍采用复合模量法,即要求桩体变形和桩间土变形一致,实际由桩间土承担的荷载被假设转移到了桩体上,就会高估桩体的承载能力而低估桩间土的抗压缩能力,致使计算结果偏小,给工程安全造成隐患。

四、结论

加固区压缩量 S_1 的三种计算方法都有其局限性,且合同段内的软土区域较多,其地质分层及土性参数区别较大;软土范围内分布有通道、涵洞、桥梁等构筑物,因此为确保路堤填土施工的顺利进行,实际工程中在进行理论计算的基础上,对其软土地基处理的断面进行了实时的沉降观测。

经过对粉喷桩复合地基的实时沉降观测值的论证分析,结合不同的沉降计算理论,对该区域的粉喷桩复合地基的沉降计算方法进行了修正与改进,取得了一定的效果。

参考文献

- [1] 《建筑地基处理技术规范》(JGJ79~91).北京:中国建筑工业出版社.
- [2] 地基处理手册编写委员会.地基处理手册.北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [3] 祝 鸿.高速公路粉喷桩复合地基沉降分析与预测方法研究.南京工业大学学位论文.2004.

(上接 162 页)

该洼地漏斗、落水洞等垂直岩溶管道发育,隧道揭示的岩溶多为少量充填或没有充填的垂直性管道,受野三河深切的影响,岩溶管道为季节性过水通道。

4. 隧道揭示涌水特征

通过现施工阶段的涌水观测,大支坪隧道涌水有如下特征:

(1) 大支坪隧道揭示的一些岩溶管道大多为季节性涌水管道,平时无水,或水量很小,大~暴雨后才会大量涌水,如处于水洞坪、大支坪洼地水文地质单元地段的岩溶管道。

(2) 隧道揭示的岩溶一般沿层面发育,溶洞大多为近垂直的漏斗型溶腔,涌水主要来自大气降水及洼地地下水补给,与降雨关系密切,涌水大小与降雨量相关。

(3) 涌水来得快,消失得也快,一般雨后 8~12 小时地下水开始明显增大,当天或第二日涌水量至峰值,如不连续下雨,1~3 天涌水量就恢复正常状态,洪峰一般持续 1~8 小时不等,隧道涌水总量不大。

四、岩溶地下水对隧道的影响评价

大支坪隧道为深埋岩溶隧道,岩溶地下水对隧道影响大,深入分析和掌握隧道区不同地段岩溶水的特征,方能防止隧道突水突泥,保证隧道安全。

1. 大支坪隧道进口和出口地段,如水洞坪、大支坪洼地,由于支井河和野三河的深切,隧道处于岩溶垂直分带的垂向渗透带,发育有季节性岩溶管道流,雨季接受降水补给后水量较大,开挖揭示岩溶管道会直接构成涌水威胁。该段

应尽量避免雨时开挖,注意施工防范。

2. 大支坪隧道中部穿越水谷坝、向家坪洼地时,处于水平径流带和深部缓流带中,隧道及隧道的上方为饱水带的主体,为强岩溶发育带,隧道通过时会直接构成涌水、或诱发突水突泥的威胁。该段隧道施工应加强超前支护措施和衬砌结构。

3. 隧道揭示的溶腔与地表岩溶洼地通过岩溶管道、裂隙相通,水力联系密切,受大气降水控制的地下水补给条件好,降雨后雨水补给地下水迅速,易造成隧道突发性涌水,尤其是大雨、暴雨后易发生突水突泥。

4. 目前隧道已穿越水洞坪和大支坪洼地区,正在穿越水谷坝和向家坪洼地区。超前地质探测表明,水谷坝和向家坪洼地地下部在隧道处充填溶腔发育,两洼地地下水水位高于隧道洞身 100~200m,隧道开挖极易造成溶腔充填物下滑,产生突水突泥,隧道穿越该两段时应加强超前支护和衬砌结构。

参考文献

- [1] 中国地质科学院岩溶地质研究所.《新建铁路万宜线野三关、大支坪隧道区岩溶水文地质调查报告》.夏日元、王廷等.2002.5.
- [2] 铁道第四勘察设计院.《宜昌至万州段长大岩溶隧道专项地质勘察-大支坪隧道工程地质勘察报告》.周启霞.2004.4.
- [3] 中铁第四勘察设计院集团有限公司.《大支坪隧道水文地质分析报告》.汪继锋.2008.5.