

文章编号:1006-2106(2007)05-0082-04

既有公路下软基浅埋隧道综合修建技术的研究*

袁明^{1**} 曹小林¹ 刘伟²

(1. 中国铁路工程集团公司, 北京 100055; 2. 中铁隧道集团四处有限公司, 南宁 530003)

摘要:研究目的:岑梧高速公路牛岭界隧道岑溪端洞口段存在多种复杂的不利因素(小型滑坡、浅埋、下卧软基、繁忙国道从上方通过),通过总结此段设计与施工方案,为今后类似工程提供参考和借鉴。

研究方法:采用工程类比和结构分析的方法进行研究和分析。

研究结果:通过分析和类比,确定采用超前双侧壁小导坑及钢管灌注桩来改善隧道基底承载能力的方案。

研究结论:双下侧导坑施工方案适用于浅埋特大跨、地表下沉量要求严格、围岩条件极差的隧道,且更着重于基础的处理。双下侧导坑断面小,易于操作和控制变形,采用全断面封闭支护,大大改善了导坑的受力状况。同时导坑的超前施工先行,可超前探明地质情况,提前处理基础,为整个隧道支护提供足够地基承载力;基础钢管桩能够提高桩间土的承载力,改善隧道仰拱基础,形成大仰拱基础,且能抵御隧道整体下沉。

关键词:下卧软基;双侧壁导坑;钢管灌注桩

中图分类号:U455 **文献标识码:**A

Research on Comprehensive Construction Technique for Shallow Tunnel with Soft Foundation Under Existing Highway

YUAN Ming, CAO Xiao-lin, LIU Wei

(1. China Railway Engineering Group Co. Ltd, Beijing 100055, China; 2. The Fourth Division Co. Ltd of China Railway Tunnel Group Co. Ltd., Nanning, Guangxi 530003, China)

Abstract; Research purposes: There are many kinds of unfavourable factors in the opening section on Cenxi side of Niulingjie Tunnel of Cenwu Express Highway, such as small landslide, shallow, subjacent soft foundation and busy state highway passing through above. The purposes are to provide the reference to the similar construction in future through summing up the design and construction of this highway.

Research methods: The research and analysis are made for construction of the tunnel by adopting engineering analogy and structural analysis methods.

Research results: Through making analogy and analysis, it is decided to adopt the program of application of pilot tunnel with double-sided wall and steel pipe cast-in-place pile in construction so as to improve the bearing capacity of foundation base of the tunnel.

Research conclusions: The construction program of adopting double-under-wall pilot tunnel is suitable for treatment of the foundation of shallow and extra large span tunnel which requires strict control of decline volume of surface under bad condition of building wall rock. It is easy to operate and control deformation because of the small section of double-under-wall pilot tunnel, and the stressed condition is improved much because of adopting the support with full section enclosure. In addition, the geological condition can be surveyed clearly and the foundation can be treated in advance for providing enough bearing capacity of foundation for supporting tunnel because of the construction of pilot tunnel in

* 收稿日期:2007-02-26

** 作者简介:袁明,1976年出生,男,工程师。

advance. The steel pipe pile for treating foundation can enhance the bearing capacity of the soils between the piles, improve the inverted arch foundation of the tunnel and form large inverted arch foundation against the settlement of entire tunnel.

Key words: subjacent soft foundation; pilot tunnel with double-sided wall; steel pipe cast-in-place pile

岑梧高速公路牛岭界隧道岑溪端洞口段由于同时集中了多种不利因素,如小型滑坡、浅埋、下卧软基、繁忙国道从上方通过等,给施工带来了很大困难,施工过程中也出现了一系列的问题。通过分析现场实际地质状况和施工现状,变更原有的设计施工方案,采用超前双侧壁小导坑及钢管灌注桩改善隧道基底承载力,有效地保证了该段隧道施工的质量和安

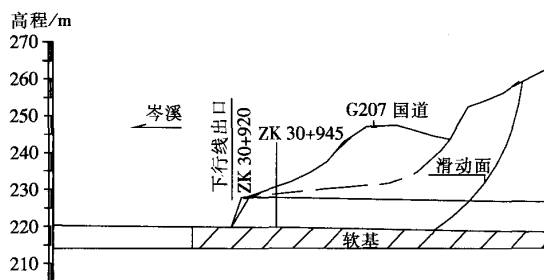


图1 牛岭界隧道岑溪端示意图

1 工程概况

1.1 基本情况

该公路隧道设计为2座独立的分离隧道,隧道轴线间距50 m,下行线长1 440 m(ZK 30+920~ZK 32+360),上行线长1 452 m(YK 30+935~YK 32+387)。隧道建筑限界宽10.25 m,高为5 m;紧急停车带较正常断面宽2.5 m。隧道内轮廓采用半径为5.8 m的单心圆断面,隧道最大埋深128 m。

1.2 隧道下行线进口段的不利因素

1.2.1 滑坡

该隧道在下行线ZK 31+020~ZK 31+210段存在一个老滑坡,坡体由粘性土和强风化泥质砂岩、页岩,变质砂岩及全风化花岗岩组成,坡体前缘在修建G207国道时已被挖除,形成一个5~8 m高的直立崖壁,造成坡体应力释放,同时坡体的风化岩层产状倾向于隧道洞口方向,在重力和雨水入渗的作用下极易形成顺层滑坡。

1.2.2 浅埋、下卧软基及下穿公路

隧道洞口端浅埋段上覆为第四系人工填筑层素填土段,厚度小,力学性质差,土质结构松散,自稳能力差,隧道围岩风化强烈,岩土体工程性状差,在一定的范围内围岩容易变形和坍塌失稳。覆盖层最厚处约有14 m(下穿国道段),最薄处仅有4 m左右。并且由于该隧道进口段以约40°左右的交角穿过一个冲沟,在隧道基底下卧有约4 m左右深的软弱土层。其中,软基浅埋隧道段右线长115 m(YK 30+960~YK 31+075),左线长115 m(ZK 30+940~ZK 31+055)。该段隧道为浅埋、下卧软基、下穿G207国道段,如何安全顺利地通过该下穿公路段,不因覆盖层太薄、土体松散而发生坍方事故,并且不会由于下卧软基而使隧道发生大的沉降与变形,是该段隧道施工中最需要解决的难题。具体如图1所示。

2 原设计施工方案

原设计施工方案采用上下断面环形开挖法施工。开挖前先做好超前管棚支护,超前管棚采用 $\phi 89$ 、长45 m的钢管,管棚内侧施工混凝土套拱,拱内设五根I20a工字钢,在其中布61个 $\phi 108$ 孔口管,孔口管与I20a工字钢焊为整体,作为进暗洞前第一环管棚的固定端。套拱完成后,施做超前管棚支护;超前管棚施作完毕且达到设计要求强度后,即开始洞身开挖。洞身开挖采用上、下半断面环形开挖方案。

3 施工中出现的问题

完成上述套拱、管棚施工后,开始按设计施工方案进行上、下半断面环形开挖,上半断面开挖完成后,隧道的变形和沉降并不明显;但下半断面开挖完成后,隧道的变形和沉降开始变大,且沉降速率有越来越大的趋势,拱顶沉降最大值达47 cm;伴随着地表出现多道环形裂缝的情况,裂缝围着隧道横断面几乎形成一闭合环(已开挖的洞口处除外),裂缝最大宽度达5 cm。施工不得不被迫停止。

4 原因分析

由于隧道埋深浅,土体松软,上半断面拱架承受着较大垂直压力和侧压力;从已有量测结果看,拱架下沉值最大,水平收敛值次之,拱架的下沉也是诱发侧压力的主要原因。从已支护成型的支护结构看,拱脚喷混凝土开裂、脱落、拱脚钢架扭曲,拱顶支护未见大的异常。这说明拱顶的垂直压力通过拱架整体下沉进行释放,但由于隧道基底下卧有约4 m左右深的软弱土层,不能提供足够地基承载力,并且拱脚部位属于开口结

构(未封闭成环),同时土体松软无法提供足够水平摩擦力,引起拱脚向内侧变形,最终导致初期支护结构的喷射混凝土开裂,钢架扭曲。地基承载力不足的问题,是造成各种沉降的主要原因。

5 方案变更

为了解决基础承载力不足的问题,我们决定采用超前双侧壁小导坑方案。即在隧道开挖前,先在隧道两侧壁边墙基础位置开挖小导坑,在开挖小导坑的同时,在隧道侧墙处的软弱基础上施工钢管灌注桩,钢管桩嵌入承载力能够满足需要的地层,然后在钢管桩上面施工混凝土条形基础,让以后的隧道侧壁初期支护及后期的隧道衬砌全部落在坚实的条形混凝土基础上。双侧壁超前小导坑及仰拱钢管桩布置如图2所示。

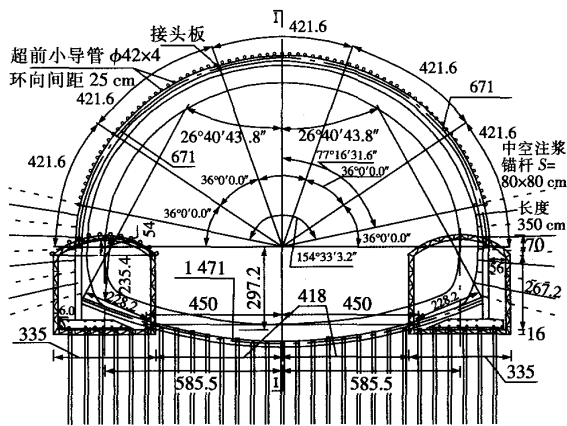


图2 双侧壁小导坑及底部钢管桩布置图(单位:cm)

对已经完成下半断面开挖的隧道洞段,为加强两侧壁处的基础承载能力,决定在隧道两侧壁墙脚处设钢管灌注桩,钢管灌注桩采用 $\phi 89 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ 的钢管,长度为3.50 m,沿隧道轴线方向分2排布置,每排钢管桩间距50 cm,排间距50 cm;梅花形布置;最外一排尽量垂直于水平线打入;靠近隧道中心线一排与水平线呈 60° 角打入,以便使钢管桩能进入到隧道边墙基础下部,起到加固基础的作用,钢管桩内灌入超细水泥浆,以加强钢管的抗弯和抗剪能力。

6 变更方案施工

施工步骤共分5步:

6.1 由于该段隧道地质条件过于复杂,影响施工安全的不利因素较多,且多种不利因素集中在了一段隧道上,为了保证G207国道的安全和畅通,我们首先对G207国道进行了改道,待隧道开挖通过了G207国道,

且国道下方隧道洞段二次衬砌完成并达到设计强度后,才将G207国道改回。

6.2 为了保证已开挖洞段不再继续沉降,我们对已经开挖的洞段施工边墙脚钢管灌注桩,锁住边墙脚,并提高隧道两侧边墙脚的承载能力,确保已开挖洞段不再整体沉降。

6.3 由于隧道已经发生较大的沉降和变形,且隧道上方地表已出现环形裂缝,为了防止隧道上方古滑坡被扰动,首先在古滑坡体上方检查有没有新的裂缝、错台出现。如有,则及时采取措施;如没有,也要设置观察点、量测点,对古滑坡采取严密的监视措施。对已经出现的裂缝填塞粘土、砂浆抹面,并在裂缝上方设截水沟,防止地表水渗入裂缝。为了保证在小导坑施工期间,已开挖隧道洞段的掌子面不发生前移、崩塌,我们先对掌子面挂网、喷混凝土,封闭掌子面;然后,在掌子面上打4~4.5 m的长锚杆,以锁固掌子面土体。

6.4 打隧道一侧的超前侧壁小导坑,小导坑的断面尺寸以能够进出小型运输机械为标准,尽可能地缩小小导坑断面尺寸。牛岭界隧道的超前小导坑断面尺寸为 $b \times h = 3.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$,以能够进出运碴的农用拖拉机为标准。小导坑开挖要稳步进行,一次不宜开挖过长,开挖后要及时施做强度满足需要的临时支护;做好临时支护后,进行下一循环的小导坑施工。一侧的侧壁小导坑开挖至软弱地基以外的里程后,施工小导坑底部钢管灌注桩和条形混凝土基础,以改善隧道两侧墙基础的受力情况;一侧小导坑施工完成后,施工另一侧侧壁小导坑,以免同时开挖双侧小导坑,造成沉降过大,或出现突发问题难以处理。

6.5 双侧壁小导坑施工完成后,分上下断面进行隧道开挖。上、下半断面错开距离以保持在15 m以内为宜,由于隧道土质比较松软,一般采用人工配合反铲挖掘机进行开挖。隧道开挖后要及时施做初期支护。下半断面开挖后,要及时施做仰拱下部钢管灌注桩,以改善隧道底部软基承载力,然后及时施做仰拱,让整个隧道的初期支护闭合成环,改善隧道初期支护受力结构。

7 采用变更方案施工的效果

采用超前双侧壁小导坑施工方案施工,从根本上改善了隧道两侧边墙基础的承载能力,并提前探明了前方隧道的地质情况,及时扭转了隧道变形过大和沉降加剧的情况。

由于ZK 30+950是施工方案变更前后的分界断面,即ZK 30+920~+950段采用原设计的上下断面环形开挖法施工,ZK 30+950~ZK 30+055段采用变更后的双侧壁超前小导坑法施工。因此用ZK 30+

950~ZK 30+055 段采用变更后的双侧壁超前小导坑法施工。因此用 ZK 30+950 断面处的隧道拱顶下沉曲线能够直观、形象地展示 2 种不同的施工方法下,隧道拱顶下沉的情况和变化。具体如图 3 所示。

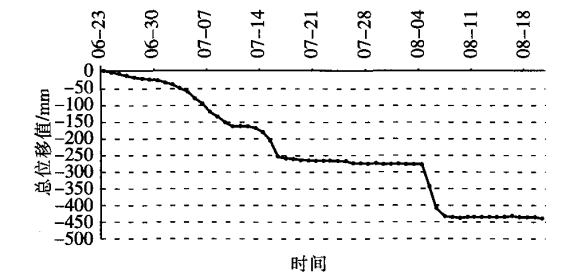


图 3 ZK 30+950 中拱顶下沉位移图

8 结论

在软土和浅埋条件下进行隧道施工,需解决的难题较多,在国内外也不乏成功案例,但同时又下穿繁忙国道的却极为少见,因此对下穿公路的软基浅埋隧道施工技术进行全方面研究极为重要,可为今后类似隧道施工提供有益借鉴。通过本研究,可得如下结论:

(1) 双下侧导坑施工方案适用于浅埋特大跨、地表下沉量要求严格、围岩条件极差的隧道,且更着重于基础的处理。双下侧导坑断面小,易于操作和控制变形,采用全断面封闭支护,大大改善了导坑的受力状

况。同时导坑的超前施工先行,可超前探明地质情况,提前处理基础,为整个隧道支护提供足够地基承载力,从而为安全施工创造条件。

(2) 基础钢管桩能够提高桩间土的承载力,改善隧道仰拱基础,形成大仰拱基础,且能抵御隧道整体下沉。

参考文献:

[1] 郑战清. 高速公路超浅埋下穿 318 国道施工技术[J]. 隧道建设,2005(4):29-33.

[2] 陈宇,曾建雄,刘建国,等. 既有公路下超浅埋软弱土层四车道隧道施工技术研究[J]. 铁道标准设计,2005(10):89-92.

[3] 黄南清. 浅埋软岩大跨度铁路隧道施工技术研究[J]. 施工技术,2006(11):75-77.

[4] 贺建端. 老鸦冲隧道浅埋穿越高速公路施工[J]. 隧道建设,2006(5):50-52.

[5] 刘坤鹏,管泽英. 沪杭铁路下浅埋公路隧道施工技术[J]. 国防交通工程与技术,2006(2):50-53.

[6] 赵方青. 石太铁路下穿高速公路浅埋暗挖施工[J]. 路基工程,2005(2):44-47.

[7] 王新明. 浅埋公路隧道洞口段施工技术[J]. 铁道标准设计,2005(8):68-69.

[8] 顾刚,邵月莉. 垆头岭隧道穿越公路松软路基的施工技术[J]. 西部探矿工程,2002(增刊):192-194.

(编辑 马 丽)

(上接第 81 页)

节都应进行风险辨识,制定相应的风险对策。

(2) 岩溶隧道设计阶段,应对岩溶隧道进行风险等级划分。根据等级标准,对超前预测预报、反坡抽水、岩溶治理方案、辅助坑道、支护体系、衬砌体系、逃生系统、预警系统和照明系统进行必要的设计,从而有效地减少施工阶段风险。

(3) 岩溶隧道施工阶段,应加强安全培训,将施工原则、施工方法、风险辨识,以及逃生系统有效地贯穿于施工过程中,从而规避施工风险。

(4) 有效的管理是规避岩溶隧道施工风险的关键,因此,建议对复杂的岩溶隧道应进行超前预测预报专项化管理,对岩溶的治理应进行程序化、制度化和专

项费用管理。

参考文献:

[1] 朱鹏飞. 宜万线隧道工程施工地质超前预测预报策划与应用效果评价[J]. 现代隧道技术,2005(5):52-59.

[2] 刘招伟,张民庆. 隧道深埋充填型溶洞注浆施工技术探讨[J]. 隧道建设,2003(5):48-51.

[3] 张民庆. 宜万铁路重点难点隧道工程地质难题与施工对策浅析[J]. 现代隧道技术,2004(增刊):117-131.

[4] 曾蔚,张民庆. 高压动水粉细砂层充填型溶洞注浆材料研究[J]. 铁道工程学报,2005(6):60-65.

(编辑 马 丽)

既有公路下软基浅埋隧道综合修建技术的研究

作者：[袁明](#), [曹小林](#), [刘伟](#), [YUAN Ming](#), [CAO Xiao-lin](#), [LIU Wei](#)

作者单位：[袁明, 曹小林, YUAN Ming, CAO Xiao-lin\(中国铁路工程集团公司, 北京, 100055\)](#), [刘伟, LIU Wei\(中铁隧道集团四处有限公司, 南宁, 530003\)](#)

刊名：[铁道工程学报](#) 

英文刊名：[JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)

年, 卷(期)：2007, 24 (5)

被引用次数：1次

参考文献(8条)

1. [郑战清](#) 高速公路超浅埋下穿318国道施工技术[期刊论文]-[隧道建设](#) 2005 (04)
2. [陈宇](#); [曾建雄](#); [刘建国](#) 既有公路下超浅埋软弱土层四车道隧道施工技术研究[期刊论文]-[铁道标准设计](#) 2005 (10)
3. [黄南清](#) 浅埋软岩大跨度铁路隧道施工技术研究[期刊论文]-[施工技术](#) 2006 (11)
4. [贺建端](#) 老鸦冲隧道浅埋穿越高速公路施工[期刊论文]-[隧道建设](#) 2006 (05)
5. [刘坤鹏](#); [管泽英](#) 沪杭铁路下浅埋公路隧道施工技术[期刊论文]-[国防交通工程与技术](#) 2006 (02)
6. [赵方青](#) 石太铁路下穿高速公路浅埋暗挖施工[期刊论文]-[路基工程](#) 2005 (02)
7. [王新明](#) 浅埋公路隧道洞口段施工技术[期刊论文]-[铁道标准设计](#) 2005 (08)
8. [顾刚](#); [邵月莉](#) 瑷头岭隧道穿越公路松软路基的施工技术[期刊论文]-[西部探矿工程](#) 2002 (zk)

引证文献(1条)

1. [刘庭金](#) 下穿隧道施工对高速公路影响的三维数值分析[期刊论文]-[广州建筑](#) 2009 (5)

引用本文格式：[袁明](#). [曹小林](#). [刘伟](#). [YUAN Ming](#). [CAO Xiao-lin](#). [LIU Wei](#) 既有公路下软基浅埋隧道综合修建技术的研究[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2007 (5)