

隧道开挖与支护方案的研究

未巍

唐山劳动技师学院

[摘要]最近20年我国公路建设发展迅速,公路隧道的建设越来越多,带来的问题也是多种多样。案例以福建省泉三高速公路的二号连拱隧道为例,对二号隧道所遇到的地质情况进行分析,通过比选获得最佳的隧道开挖和支护的方案,决定在隧道的软基础内设置挖孔灌注桩基础,并且成功的运用到了二号隧道的开挖与支护中。通过对隧道小净空内施做挖孔灌注桩,在中隔墙内设置桩顶暗系梁,加密注浆锚杆的布置,布置特殊的测量监控等措施,解决了隧道开挖和支护过程中的沉降控制问题。二号隧道问题的成功解决对于以后有类似地质的连拱隧道和其他形式的隧道都有一定的借鉴作用。

[关键词]连拱隧道;挖孔灌注桩;开挖;支护

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.1000

一、引言

福建省泉三高速公路建设项目二号隧道为连拱隧道,长度为124m,都为浅埋段,V级围岩。研究主要集中在连拱隧道开挖和支护方面,重点为隧道内施工人工挖孔灌注桩基础方案的设计及实施。案例研究的目的是以泉三高速公路二号隧道为研究对象,对隧道的初期开挖与支护情况进行对比分析总结,施工过程中把桥梁基础的施工方法运用到隧道中,根据实际情况调整施工措施,使施工得以顺利进行,最后得到质量合格的隧道工程。案例将对小净空隧道的软基础处理方案进行研究,并总结出比较成熟的施工方案,对有类似地质的连拱隧道和其他形式的隧道基础施工有一定的借鉴作用。

二、二号隧道的施工特点

二号隧道位于东南沿海,地处雨水比较丰富地区,水对工程地质影响较大。二号隧道地处溶蚀性丘陵地貌,隧道垂直穿过一脊向为东西的丘体,地质条件比较复杂。施工期间正是雨季,台风活动较频繁,台风带来大量降雨,连雨天较多,工程土质逐渐恶化。

二号隧道上方土体埋深比较浅,尤其是洞口段,埋深仅为5~20m;洞口段洞身为溶岩发育段,填充物为软流塑状黄土,吸水性强,隧道施工中如果处理不好极易坍塌;地形偏压严重,山体有较陡的坡面,局部坡脚达45度;隧道洞身处强风化岩层中,岩土的性质为黄土携带砂质泥岩,原岩石结构已经破坏严重,风化岩土状和碎石状土,遇水极易软化。由于降水量丰富,毛细水作用较大,地层水发育丰富,隧道开挖过程中土体极易坍塌。

二号隧道开挖方法采用新奥法结合人工和机械开挖的方法。在左右两侧行车道中间进行人工开挖中导洞,1m为一个循环,采用边开挖边浇筑中导洞支撑墙,开挖前先加固破碎岩层,采用机械和人工组合的施工方法,尽量少用炸药,防止扰动岩层。整体岩层处洞身开挖采用小范围“钻爆法”,岩洞上拱部采用光面爆破,边墙部位预裂爆破;出渣采用无轨运输,挖掘机械、装土机械和自卸汽车配合施工^[1]。

三、二号隧道开挖与支护发生的问题

(一)中导洞施工前发现的问题和对土体的处理

洞口施工过程中发生如下问题,隧道进口开挖在浅埋和偏压段进行,隧道进洞5m后发现洞口仰坡和地表横向裂纹严重。经过现场勘查和观测,仰坡有向下滑趋势,土体必须进行二次加固处理。本隧道施工队采取一系列措施对洞口土体进行加固。首先对已加固好的仰坡进行二次刷坡减小坡度,仰坡面上采用间距为1.5m梅花型布置的 $\phi 22$ 砂浆锚杆加固,锚杆长度为6m,锚杆外侧挂钢筋网,钢筋网紧贴土体,

最后喷射表面混凝土。地表边坡加固采用 $\phi 22$ 注浆锚杆,加固范围为开挖轮廓线以外5m范围。地表和仰坡通过加固处理后洞口土体稳定,然后继续中导洞开挖。

中隔墙施工前首先检查地基承载力,由于地基较弱,暂对地基采用WTD25锚杆加固措施,防止中隔墙在今后受力时会产生沉降,酿成事故。

(二)加强监控量测发现问题

在中导洞施工5m后,进口段洞顶浅埋地表出现裂纹,施工过程中对地表下沉、中线位移、中隔墙等下沉进行观测并分析发现:K20+210断面下沉最大,达到8cm,K20+215下沉量为5.5cm,并且有发展趋势。地表有多道裂纹,以纵向为主,裂纹宽度在0.5~1cm。中导洞上方地表下沉较明显,中隔墙最大下沉量为2cm,并且有发展趋势,有中导洞整体下沉的征兆。

四、事故分析及新开挖与支护方案的设计

(一)技术分析

通过监控测量发现中隔墙上方地表有沿着隧道纵向的裂纹,这主要是因为中隔墙下方土体不稳定、承载力低、土体下沉造成的。围岩土体为软塑性黄土,并包有风化碎石,正值雨季,雨水通过空隙渗入到隧道周边岩层,虽然对地基进行了WTD25锚杆加固处理,但由于地下软塑性黄土层比较厚,而且受水侵蚀严重,无法承载隧道上方土体及中隔墙的压力,造成中隔墙和地表土体下沉。

靠近洞口侧的地表下沉比较大,是因为开挖较早,下沉时间较长,连续发育,长时间得不到有力支撑。远离洞口侧地表下沉较少,是因为两点:一是靠近洞口侧的土方下沉造成远离洞口土体支撑减弱,二是土体下中导洞刚开始开挖,下沉量发展不是很多。地表裂纹以纵向为主,主要在中导洞上方两侧5~10m范围,因为中导洞下沉影响到中导洞上面V型土体,影响范围以外的土体几乎没有下沉,裂缝主要在影响和非影响土体的分界线上,在远离洞口侧开始到洞口处发散分布。横向裂纹比较少,裂缝宽度也比较小,主要因为工程对仰坡和地表土体加固措施较好,土体暂时没有向洞口滑动的趋势。

出现事故后重新对二号隧道进行地质勘查发现隧道基础下方土体有5~6m是黄土携带砂质泥岩,6~8m为风化岩石,8m以下为微风化岩石,承载力较好,适合永久承载。

基础下方5~6m原岩石结构已经破坏严重,风化岩土状和碎石土状,遇水极易软化。由于降水量丰富,毛细水作用较大,地层水发育丰富,隧道开挖过程中土体极易坍塌。泉州正是雨季来临,当年雨水比正常年份都要多,二号隧道所处土体为强风化岩层,复杂多变,水分大量渗入到地基中,

使地基承载力下降,原有设计无法满足地基承载力的要求。现在只是中导洞的施工中出现下沉和裂缝,如果两侧主洞施工,中隔墙荷载继续加大,将会产生更严重的后果。

本工程虽然对原有地基进行了WTD25锚杆注浆加固处理,但效果不好,中隔墙和地表土都发生了下沉,并且有所发展,主要因为地基饱和土体比较厚,范围较大,而且隧道土体处于地质破碎带,地基处理不好容易产生偏压,隧道容易偏离中心线。

解决方案应能使基础固化,在施工期间和完工后达到所需要的承载能力,并且不产生偏压移动。解决问题需要考虑以下方面:

1. 由于隧道空间比较小,中导洞开挖后,最大净空高度只有5m,一般机械高度超过4m就无法进入,施工方法要考虑施工机械是否能进入隧道的问题。

2. 工期问题不大,因为隧道比较短,只有124m,只要不出现大的事故就不会影响到整个标段的施工工期。

3. 施工方法应该考虑现有施工方法的成熟程度,不成熟的施工方法必须做实验,实验验证施工方法可靠后才能使用,用时较长,安全性也难以保证。

4. 应该考虑本标段或者附近标段正在施工的地基处理工艺,哪些适合隧道来用,既节省时间,又不用费时找队伍,还能降低处理问题的造价。

(二) 方案比选

1. 在隧道内进行挖孔桩施工,浇筑钢筋混凝土灌注桩作为处理地基的方法,桩基采用嵌岩桩,以微风化岩层作为嵌岩桩的持力层,桩基嵌入微风化岩层1m,桩基直径为1m,每10m设置一根桩,桩顶设置连系梁,连系梁以暗梁的形式布置在中隔墙内,和中隔墙一起浇筑。

2. 继续采用WTD25锚杆注浆加固的方法,加密注浆孔和锚杆的布置,但这种方法加固土体范围有限,因为中导洞空间很小,在基础部位垂直打入锚杆,打入的最大长度只有3m左右,无法加固全部软弱土体,锚杆加固无法解决隧道破碎断面的滑动问题,隧道有整体向东滑动的趋势。

3. 采用换填方式,把隧道土体换填,软弱土体挖出后,把承载力好的土体换填进隧道,这种方法对隧道地基扰动较大,增加了施工的危险程度,建议不采用。

最后得出的结果为选用第一种方案进行施工,根据地质勘探的结果,设计的桩长为9m,沿隧道每10m设置一根桩基,由于隧道净空较小,所以采用挖孔灌注桩施工工艺。桩顶设置系梁,系梁大小为宽1m,高0.5m,沿隧道通长布置。桩基施工前采用第二种施工方法进行加固土体,加密WTD25锚杆的布置,以提高中导洞四周土体的稳定性。施工中桩基和中隔墙随隧道中导洞开挖每1m一个循环施工,上道工序钢筋预留出连接长度,下道工序钢筋和上道钢筋有效连接,最后成为整体结构。

(三) 新支护方案的设计

先加固已经做好的5m长中隔墙基础,采用加密注浆法,打孔后采用WTD25锚杆注浆加固。在洞口向洞内斜向打入,利用洞外空间大的特点,加深洞口锚杆的处理深度,加固隧道设计地面以下8m深的土体,保证洞口中隔墙稳定,不会继续下沉。

对于5m后的中隔墙基础,由于隧道空间较小,无法像洞口那样处理的较深,设计采用挖孔灌注桩基础,桩基的间距

为10m,一直做到隧道出口,共设置13根桩基,为了保证整体性,基础上设置桩顶系梁,系梁设置在中隔墙内,为暗梁。由于桩基内水量较大,灌注混凝土采用水下灌注。

五、结论

案例对二号隧道所遇到的地质情况进行分析,通过比选获得最佳的隧道开挖和支护方案,决定在隧道的软基础内设置挖孔灌注桩基础,并且成功地运用到二号隧道的开挖与支护中。通过对隧道小净空内施做挖孔灌注桩,在中隔墙内设置桩顶暗系梁,加密注浆锚杆的布置,应用特殊的测量监控等措施,解决了隧道开挖和支护过程中的沉降控制问题。课题研究得出了以下几方面结论:

1. 建立了以挖孔灌注桩为基础的隧道内软基础加固体系。在整条隧道内设置挖孔灌注桩,解决了在小净空隧道内无法进入大的施工机械施工钻孔灌注桩的问题;把桩基设计为嵌岩桩,隧道上方土体的重量和施工中隔墙重量可通过桩基传递给岩石,解决了承载问题。

2. 桩顶设计系梁连接,使整个隧道内桩体均匀受力。参照桥梁桩基的做法,桩基顶一般都设置桩顶系梁或者桩顶承台,来增加整体性,隧道内设置桩顶系梁连接,可以把力均匀地分配到桩基上,桩基再传递给岩石,使受力更加合理。

3. 根据隧道内施工的空间特点采用1m长导管,解决了小净空灌注混凝土问题。普通水下灌注桩所用导管长度为2m,然后有其他长度的调节管备用,考虑到本工程的净空高度,导管长度由通常的2m调节为1m,这样更方便施工。

4. 桩基钢筋笼分两节加工,解决了小净空隧道内吊放钢筋笼问题。二号隧道问题的成功解决将对有类似地质的连拱隧道和其他形式的隧道基础施工有一定的借鉴作用。本工程得出的结论,适用于小净空连拱隧道软基础的施工,对于以后其他工程中有类似基础的隧道工程研究有一定的理论参考价值,对于编写类似工程的施工文件和规范也有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 葛蔚敏,邹育麟,汪波. 新建隧道下穿既有高速公路三维仿真分析[J]. 工程与建设, 2010, 4(4): 517-520.
- [2] 寿克坚. 长大隧道之自然通风应用及节能减碳[J]. 隧道建设, 2011, S1: 96-97.
- [3] 蒋坤,夏才初. 双向八车道小净距公路隧道监控量测分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, A02: 7-8.
- [4] IVOR H SEELEY. Building economics (fourth edition) [M]. New York: Macmillan Press LTD, 2002: 149-151.
- [5] 杨森森. 高原特长隧道快速施工及机械配套技术研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2012.
- [6] 刘进军. 高速铁路长大隧道施工机械配套技术研究[D]. 西安: 西南交通大学, 2012.
- [7] LEI HUANG, CHENG QIAN. Research on soil erosion prediction of highway rebuilding project in Tibet [J]. 中国地球化学学报, 2006, B08(2): 108-109.
- [8] HAN QIANG. Seismic damage of highway bridges during the 2008 Wenchuan earthquake [J]. EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING VIBRATION, 2009, 8(2): 23-25.