

岩溶地区中小跨径桥梁下部结构设计新思路

王如寒

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘 要:岩溶地区桥梁桩基施工难度大、风险高、工期慢、造价高,对于中小跨径桥梁,甚至会出现桥梁桩基、溶洞处理的造价远高于桥梁上部结构的情况。针对此现象,结合清远市某景观桥的设计实例,取消其下部结构中的桩基,改为扩大基础,并通过一系列创新性的优化设计方式减小扩大基础的基底应力,使结构安全可靠。此方法避开了岩溶发育地区桩基的施工难度与风险,缩短了施工工期,节约了工程造价,为岩溶发育地区中小跨径桥梁下部结构的设计提供了一种新思路。

关键词:岩溶;中小跨径桥梁;下部结构设计

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0089-03

0 引言

桥梁桩基在岩溶发育地区的设计与施工一直是工程的重点与难点^[1]。《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)^[2]中规定:桩端以下硬持力层厚度不宜小于 $3d$ (d 为桩径)。若进岩深度为 $1d$ (若上覆盖较深,淤泥层还需增加),总持力层厚度需要 $4d$ 。按此设计准则,当桩径为 1.2 m 时,所需的持力层厚度为 4.8 m ,桩径越大,所需的持力层厚度越大^[1]。这对岩面起伏较大的岩溶发育地区是很难满足的。此时加长桩基穿过溶洞,会大大增加投资而不经济,同时继续往下又有可能碰到溶洞不满足完整持力层厚度的情况^[1]。加长桩基也会增大桩基的施工风险。稍不注意就会造成掉钻、卡锤、埋锤、漏浆、塌孔等事故发生,严重影响施工工期与桥梁运营安全。

在岩溶发育地区实际工程中,中小跨径桥梁桩基的受力并不大,往往不是桩基的受力控制桩长,而是岩溶发育情况和持力层厚度控制桩长。因此,本文提出,在岩溶发育地区,中小跨径桥梁的桩基能不能取消不做?将这个难题避而不谈,带来的效益是巨大的。于是本文以清远市X号景观中桥为实例,提出新的桥梁下部结构设计模式,为同类型的桥梁下部结构设计提供一种新思路。

1 工程概况

清远市X号景观中桥跨径为 $1\times 30\text{ m}$,桥梁横

断面布置为 3 m (人行道)+ 2.5 m (非机动车道)+ 2.4 m (侧绿化带)+ 7.5 m (车行道)+ 9.9 m (车行道)+ 2.5 m (非机动车道)+ 3 m (人行道)= 30.8 m 。该桥有一定的景观要求,初始方案采用上承式拱桥,但由于该区域岩溶发育、地质条件差,做有推力的拱桥造价太高。经优化后,上部结构采用简支箱梁,外带拱形装饰,采用支架现浇法施工;下部结构采用扶壁台配双排直径 1.2 m 钻孔灌注桩,结构示意图如图1所示。

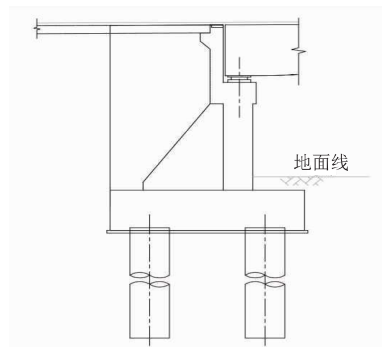


图1 扶壁台配钻孔灌注桩结构横断面示意

根据地质勘察报告,场区上覆地层为第四系全新统人工填土层(Q4ml)、第四系河流相冲积层(Qal)、坡积层(Qdl)、残积层(Qel),基岩主要为三叠系小坪组(T3x)粉砂岩、泥质粉砂岩、砂砾岩、炭质页岩、页岩,石炭系(C)石灰岩。场区的不良地质现象主要为岩溶。场区揭露基岩为灰岩,溶洞发育。在目前自然状态下,溶洞暂时不会发生顶板坍塌现象,但部分溶洞顶板基岩厚度小于 2.5 m ,在外界动力作用和人为改造情况下易发生顶板坍塌的可能。并且溶洞存在相连通的可能,故其稳定性需要特别考虑。全桥共24根桩基,钻孔采用一桩一钻,具有代表性的钻孔资料如图2所示。

收稿日期: 2021-01-28

作者简介:王如寒(1991—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

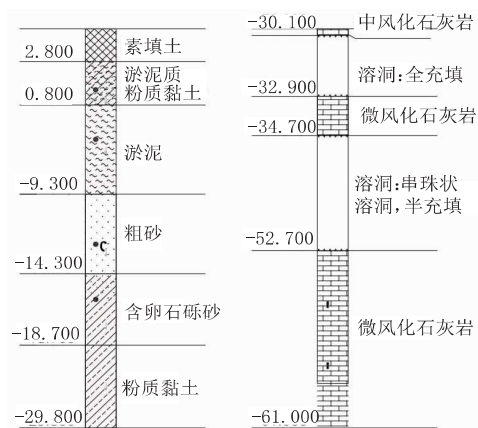


图2 钻孔资料(单位:m)

根据钻孔资料,标高在 $-32.9\sim-30.1$ m 为全充填溶洞, $-52.7\sim-34.7$ m 为串珠状半充填溶洞, -52.7 m 以下才是稳定的微风化石灰岩。若按摩擦桩设计,光靠溶洞上方土层提供的摩擦力不足以满足设计要求;按嵌岩桩设计,桩基需进入 -52.7 m 埋深的微风化石灰岩1倍桩径,桩底标高为 -53.9 m,而桩顶标高为 9.7 m,故设计桩长为 63.6 m。全桥共24根直径 1.2 m 桩基,桩基C30混凝土用量为 $1\,726.3$ m³。同时施工桩基前需对溶洞进行处理,对单层洞高小于 3 m 的溶洞采用片石黄泥、袋装水泥反复充填;单层洞高 $3\sim6$ m 的溶洞采用低压水泥浆预处理;单层洞高大于 6 m 的溶洞采用双液高压旋喷注浆预处理。根据钻孔资料,片石黄泥、袋装水泥设计用量为 $1\,098$ m³;低压水泥浆预处理设计用量为 868 m³;双液高压旋喷注浆设计用量为 $5\,488$ m³。根据工程清单报价,溶洞处理费用高达 980.8 万元。整个工程费用清单见表1。

表1 采用钻孔灌注桩的工程建安费

项目	小计/万元	合计/万元
上部结构	369.60	
桥台、承台	175.54	
桩基	345.26	1 871.20
溶洞处理	980.80	

根据工程建安费报价,溶洞处理费用占整个工程建安费的 52.4% 。同时,溶洞处理工期长、难度大,实际施工中很容易出现掉钻、卡锤、埋锤、漏浆、塌孔等事故。如果仍按此设计施工,相当于花费巨大的时间、精力、金钱去打造一个黄金基础,而这个黄金基础上方放的却是一个简单便宜的现浇中小桥。这显然是非常不经济、不合理的。针对此现象,本文提出一种新思路:取消桩基的设计,改为扩大基础下部结构;避开溶洞处理,改为用水泥搅拌桩软基处理。

2 取消桩基的下部结构设计

扩大基础又称明挖扩大基础,属于浅基础,承受上部结构荷载,并通过底板直接传递给地基基础^[3]。扩大基础比桩基与土体的接触面积更大,稳定性好,埋深较浅,施工相对简单,一般用于埋深较浅的岩石地区。若上部覆盖软弱土层,通常需要对地基进行加固处理,才能达到承载力、沉降等要求^[3]。

通过水泥搅拌桩进行地基处理后的地基承载力一般情况下最大为 180 kPa,故取消桩基后很重要的一点就是需要减小其基底应力,使之在 180 kPa 以内。本文通过采用以下措施来优化设计:

(1)类比挡土墙墙趾墙踵的设计思路,将承台外挑长度加长。

(2)由于不再有桩基,承台厚度不再受制于拉压杆计算,以及《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363—2019)中对承台厚度的构造要求。为减轻自重,将承台减小。

(3)类比箱涵的设计思路,通过将台身后压重的部分做成一个箱室的形状来减轻自重,箱室内用多道隔板来支撑其后侧的土压力。

(4)通过设置倒角来扩散应力。台身与承台连接部分设置倒角,直接承受土压力的侧板设置倒角,箱涵侧板与台身连接部分设置倒角。

优化后的下部结构示意图如图3所示。

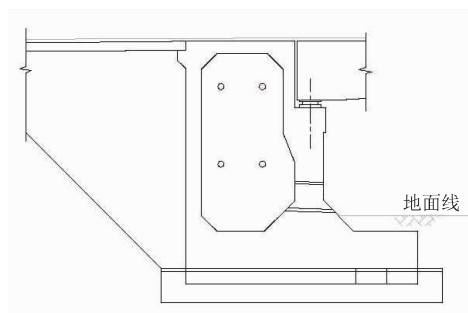


图3 取消桩基的下部结构横断面示意

优化结构的设计思路是,在细部尺寸满足受力要求的情况下,尽量减少基底所受的轴力和弯矩。

经过计算,基底所受轴力为 $15\,377$ kN;弯矩为 $1\,235$ kN·m;最大基底应力 143 kPa,最小基底应力为 126 kPa。

此外,还有两处细部构造值得注意。一是扩大基础桥台箱室外墙直接承担土压力作用,用中隔板的形式减小其受力。由于本桥台较高,受土压力作用时按双向板进行计算,尺寸和配筋满足受力要求即可。二是扩大基础桥台箱室顶板直接承担车辆荷载作

用,同样按双向板进行计算,尺寸和配筋满足受力要求即可。

扩大基础桥台 C40 用量共 1 642 m³。软基处理采用 1.2 m 间距的水泥搅拌桩施工,单根水泥搅拌桩按 22 m 长计,要求处理后的的地基承载力不小于 180 kPa。采用扩大基础桥台的工程建安费见表 2。

表 2 采用扩大基础桥台的工程建安费

项目	小计 / 万元	合计 / 万元
上部结构	369.6	
扩大基础桥台	328.4	816.3
软基处理	118.3	

相比于原先采用桩基础的设计,工程建安费减少了 56.4%,约 1 055 万元。同时降低了施工难度,加快了施工工期。

3 结 语

(1)溶洞处理难度大、工期慢、费用高。在清远市

X 号景观中桥的设计中,溶洞处理费用占整个工程建安费的 52.4%。对于中小跨径桥梁,下部结构受力并不大,将桩基础改为扩大基础,省去繁杂的溶洞处理,使工程建安费大幅减少,经济效益明显,同时施工难度降低且加快了施工工期。

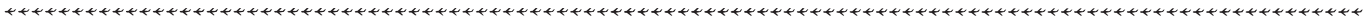
(2)在扩大基础桥台的设计中,创新性地借鉴挡土墙和箱涵的设计思路,通过加长承台外挑长度、增加箱室内隔板等方法减小基地应力,使结构安全可靠,为岩溶地区中小跨径桥梁下部结构的设计提供了一种新思路。

参考文献:

[1] 唐明裴,王如寒,宁平华.基于双液高压旋喷注浆处理后桩基持力层安全厚度分析[J].北京交通大学学报.2020,44(1):129-134.

[2] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].

[3] 王兵.岩石地区桥梁工程扩大基础与桩基础对比分析[J].人民交通.2018(7):60-61.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com