

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.01.022

岩溶区上承式箱型拱桥抗推基础设计研究

王亮¹, 余章亮²

(1.中冶京诚工程技术有限公司,北京市100176; 2.中冶京诚工程技术有限公司,北京市100176)

摘要:我国南方多山,地质条件一般较好,跨河桥梁多选用上承式箱型拱桥方案。但是在某些区域,如地质条件为灰岩,地层中存在一定的岩溶发育,会对拱桥的设计增加一定的困难。上承式箱型拱桥水平推力较大,一般采用重力式的扩大基础直接作用在基岩上,如果基岩存在岩溶,基础的稳定性会存在一定的风险。如何选择合适的拱桥基础形式,确保结构的安全成为设计师需要研究的关键性问题。以某岩溶区上承式箱型拱桥设计为实例,分析了拱脚基础方案的可行性,提出了一种新型的拱桥组合抗推结构,对今后类似工程项目提供了一定的参考价值。

关键词:岩溶;箱型拱;抗推

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)01-0088-03

0 引言

在桥梁建设市场中,从经济、施工难易程度等考虑,30~200 m跨径的拱桥,往往采用上承式的箱型拱,有推力结构,利用地基土来承担水平推力。

在非岩石地质条件下,建造拱桥往往需要设置大体积的重力式基础或者大规模的群桩基础。大体积的重力式基础首先是开挖工作面很大,基坑很深,造价很高。群桩基础由于桩身截面结构尺寸偏小,往往不适用。在一些软弱土质地区、岩溶地区修建拱桥往往受到限制,要不就是要花费较大的经济成本来做大做强基础,要不就是需要改变桥梁结构形式。

国内,诸多学者对格栅式地下连续墙的承载性状进行了相关研究。孟凡超^[1]等在黄土中对桥梁实体基础与矩形闭合型地下连续墙基础开展了对比水平荷载模型试验和有限元分析,结果表明,地下连续墙的惯性矩和侧表面积较大,具有更好的整体稳定性,基础内部土体不提供竖向摩擦力和水平力。罗鑫^[2]通过室内对比试验及数值模拟,考虑墙体内土芯的作用,对闭合型地下连续墙基础的沉降特性、土芯的负摩阻力、墙体内外侧摩阻力、端阻力、土芯顶部反力及其荷载分担比特性等进行分析和研究,探讨了矩形闭合型地下连续墙基础的墙-土-承台相互作用过程。戴国亮等^[3]对单室型和四室型井筒式地下连续

墙进行了水平静荷载试验,研究了不同格室井筒式地下连续墙基础的水平承载性状和破坏特性。吴九江、程谦恭等^[4]为分析地下连续墙的竖向承载力性状,对单室、两室地下连续墙及群桩开展了对比模型试验,并结合数值模拟进行了较详尽的研究,提出了一种基于荷载传递法的格栅式地连墙基础沉降的计算方法。

综上所述,国内部分学者对将地下连续墙作为基础使用的方法进行了一定的研究,一般是基本基于均匀土层,主要研究的是其摩阻力和水平承载力。但是,对于岩溶区地下连续墙作为拱桥抗推基础少有研究,因此,本项目的设计技术研究很有必要。

1 工程概况

某上承式箱型拱桥桥梁跨径布置为:10 m(现浇板)+25 m(现浇箱梁)+13 m(简支空心板)+108 m(钢筋混凝土拱)+25 m(现浇箱梁)。主拱净跨105 m,矢高13.125 m,矢跨比为1/8,如图1所示。桥梁全宽16.75 m,断面布置为4.5 m人行道+11.75 m行车道+0.58 m防撞护栏,如图2所示。拱肋结构采用箱型结构,梁高2.0 m,宽11.4 m,腹板厚0.5 m。

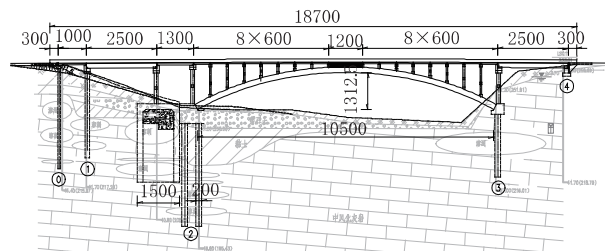


图1 上承式拱桥立面图(单位:cm)

收稿日期:2022-04-11

作者简介:王亮(1983—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

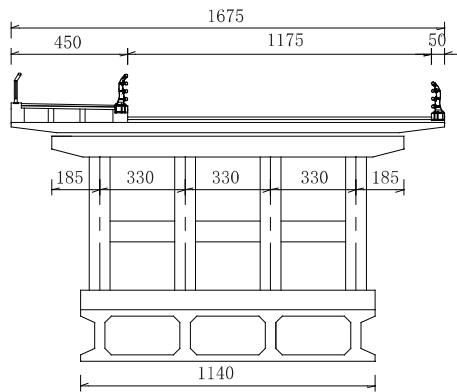


图 2 上承式拱桥横断面图(单位:cm)

设计汽车荷载:公路 - I 级,人群荷载 5 kPa。

2 桥址工程区地层岩性

桥址区出露地层岩性主要有第四系人工填土(Qml),第四系全新统(Q4al+pl)粉质黏土及卵石土,残坡积层(Qel+dl)红黏土,下伏基岩为寒武系下统清虚洞组(∈1q2)灰岩。

中风化灰岩(∈1q1):灰白,青灰色,隐晶质结构,厚层状构造,岩芯呈碎块状、短柱状,节理裂隙较发育,由方解石充填,节理面有大量黑云母片,块径 1~3 cm,节长 10~60 cm,锤击声脆,局部有溶蚀现象。根据勘察揭露结果,已完成钻孔 54 个,共有 31 个钻孔发现溶洞,溶洞最大高度为 11.6 m。其中单洞 17 个,双洞 8 个,3 洞 4 个,4 洞 2 个。见洞率 57.4%。桥台、桥墩、及拱脚位置溶洞极为发育,应考虑其是否有连通的可能性。拟建场地为岩溶复杂地段,岩溶为强发育。岩土物理力学性质及设计参数见表 1。

表 1 岩土物理力学性质及设计参数

岩土名称	天然重度 γ / (kN·m ⁻³)	地基承载力基本容许值 [fa0]/kPa	土的抗剪强度		基底摩擦系数 μ
			C/kPa	ϕ / (°)	
填土	17.5	-	8	5	-
粉质黏土	18.5	140	16	8	0.25
卵石土	24.1	250	5	15	0.30
红黏土	19.0	180	20	10	0.25
灰岩	27.7	2 500/4 500 (水平)	3.81	46	0.60

3 拱脚基础设计方案

桥梁上部结构采用平面杆系有限元进行计算,拱脚约束采用固结约束,主桥有限元模型如图 3 所示。

经计算,标准组合作用下拱脚最大水平支反力为 72 931 kN,竖向力为 37 030 kN。

根据地勘资料 2 号拱脚处溶洞非常发育,溶洞

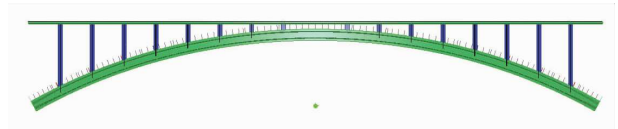


图 3 拱桥上部结构有限元模型

呈串珠状,且厚度较厚,从 0 号台、1 号墩和 2 号拱脚基础钻孔柱状图中的溶洞规律可以发现,该地层岩溶基本联通呈层状,这对于拱脚的受力极为不利。

首先,由于底层卵石土层和黏土层较厚,地基承载力较小,2 号拱脚基础不适用重力式基础。然后,考虑群桩基础,群桩基础穿过溶洞承担拱脚竖向力是可行的;但是由于溶洞的存在,桩基横断面面积小,缺少足够的侧向支撑,无法承担巨大的水平推力。因此,需要选择一种基础形式具有较大纵向刚度和较大横向面积,以抵抗拱脚水平推力。

地下连续墙基础纵横向可成框架体系,纵向刚度和横向面积均较大,是合适的拱脚抗推基础形式,同时采用常规桩基础来承担竖向力,形成桩基和地下连续墙组合体系来分担竖向力和水平力。地下连续墙与桩基础承台之间设置竖向隔离层,保证自由沉降,以确保受力分工明确。地下连续墙内部挖除顶部杂填土,挖至岩层,设置抗剪齿块,保证水平向力的传递。2 号拱脚基础一般构造如图 4 和图 5 所示。

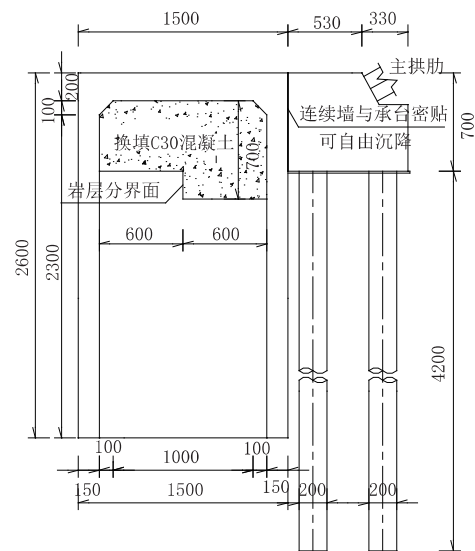


图 4 拱脚基础立面图(单位:cm)

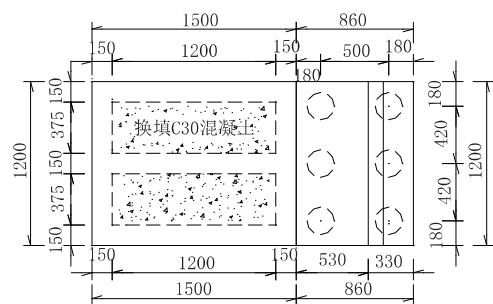


图 5 拱脚基础平面图(单位:cm)

4 拱脚基础有限元计算

本文采用 ANSYS 实体有限元模型进行计算分析,结构和岩体采用 Soild45 单元进行模拟。由于本桥上覆杂填土覆盖层,且存在串珠状溶洞,计算偏安全的不考虑上部杂填土的抗力,不考虑溶洞填充部分的抗力,有限元模型如图 6 所示。

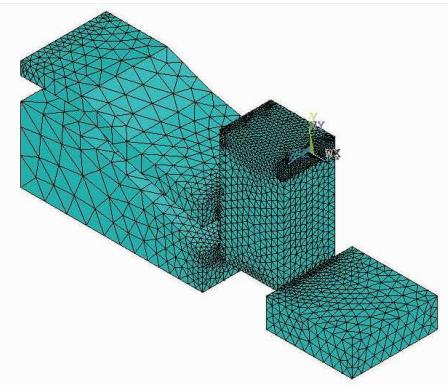


图 6 基础实体有限元模型

计算内容主要确定地下连续墙和基岩的应力分布规律和变形分布规律,计算应力如图 7 所示,计算变形如图 8 所示。

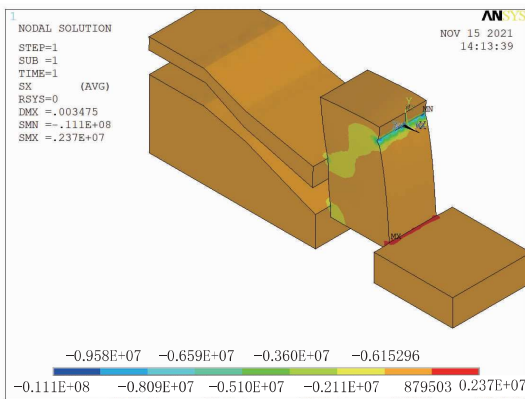


图 7 基础顺桥向正应力云图(单位:Pa)

从图 7 可以看出,在水平力作用下,地下连续墙基础的正应力从受力点到基础岩层呈 45°斜向传递,除去去应力集中点位值,最大正应力约 2 110 kPa,小于中风化岩层水平向承载力 4 500 kPa。

从图 8 可以看出,在水平力作用下,地下连续墙墙体水平向变形规律沿高度逐渐减小,其中拱脚作用点位置约 1.6 mm,小于拱桥上部结构计算采用值 5 mm。

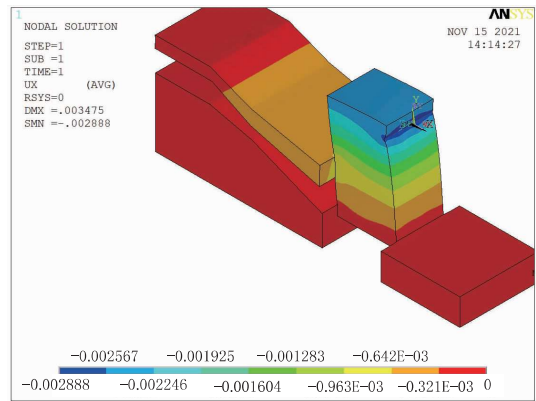


图 8 基础顺桥向变形云图(单位:m)

由此可以看出地下连续墙结构具有纵向结构的连续性,具有较大的纵向刚度,计算应力和变形均较小,可以满足方案设计要求。

5 结论

(1)上承式箱型拱桥拱脚水平推力很大,在地质不良地区尤其是岩溶地区修建存在一定的难度,常规的重力式基础和桩基础方案适用性存在的问题;因此,创新的研究出一种新型的抗推组合结构,利用桩基承担竖向力,利用地下连续墙承担水平力,充分发挥了各自结构的受力能力。

(2)地下连续墙作为拱桥抗推基础具有较大的纵向刚度和横向受力面积,可以起到应力从上到下传递的作用,可以对应力进行有效扩散。地下连续墙对于拱桥拱脚的纵向变位有利,其较大的纵向刚度决定了其纵向变位很小。

(3)地下连续墙可同时作为基坑的维护结构,避免了基坑的大面积开挖,减少了安全风险。

参考文献:

[1] 孟凡超,李涛,陈晓东,等.黄土地区单片地下连续墙水平承载特性试验研究[J].土木工程学报,2006,12(11):96-100.
 [2] 罗鑫.变截面井筒式地下连续墙桥梁基础水平承载特性研究[D].四川:西南科技大学,2017.
 [3] 戴国亮,龚维明,李辉,等.井筒式地下连续墙基础荷载传递法[J].土木建筑与环境工程,2011(S1):96-99.
 [4] 吴九江.软土地基中格栅式地下连续墙桥梁基础竖向承载性状研究[D].四川:西南交通大学,2015.