

廣東交通規劃設計

GUANGDONG COMMUNICATIONS PLANNING AND DESIGN



技术交流 信息共享

广东省交通规划设计研究院股份有限公司

地 址：广州市沙河兴华路22号

邮 政 编 码：510507

电 话：020-3739 3172

传 真：020-3739 3172

E-mail : 841622401@qq.com

网 址：www.ghdi.com.cn

3
总第167期

2017



准印证号：(粤O)L0150076号

内部资料 免费交流

根据粤勘设协[2017]31号文，公司“广佛江快速通道江顺大桥工程”等25个项目喜获2017年度广东省优秀工程勘察设计奖，其中5个项目获得一等奖。



由公司开发的“广东省公路工程水文设计检算系统（粤路水文）”获第十四届全国优秀工程勘察设计奖银奖。



根据粤建学[2017]24号文，公司“广东省岩溶地区公路工程地质勘察技术规定研究”等3个科研项目喜获2017年度广东省土木建筑学会科学技术奖。



技术质量部于7月11日召开“汕头市牛田洋快速通道工程”（桥梁及立交方案），“清远西部一级公路工程”（含清新大桥方案）公司级设计评审会议。



会议由梁立农总工程师主持

项目组人员向专家介绍设计情况

与会专家听取和讨论技术方案

由公司负责设计的“广佛江快速通道江顺大桥工程”荣获第九届广东省土木工程詹天佑故乡杯。



技术质量部于7月11日召开“中山东部外环高速公路工程”公司级设计评审会议。



会议由陈新富副总工程师主持

项目组人员向专家介绍设计情况

与会专家为完善方案献计献策

技术质量部于8月29日邀请省交通运输档案信息管理中心巫建文主任和丁力副主任对我司档案工作进行指导。8月31日、9月4日、9月12日由王强副总工带队分别参观学习省交通运输档案信息管理中心、广州市市政设计研究总院、广东省建筑设计研究院的档案管理工作。



广东交通规划设计

(季刊)

2017年9月30日出版

2017年第3期

(总第167期)

内部资料 免费交流

准印证号: (粤O)L0150076号

编辑委员会

主任: 黄湛军

副主任: 梁立农 王强

委员: 谢伟强 彭向荣 陈潮锐

孙向东 王景奇 陈新富

梁志勇

主编: 梁立农

副主编: 王强

责任编辑: 刘祥兴

编辑: 《广东交通规划设计》编辑部

编印单位: 广东省交通规划设计研究院
股份有限公司

地址: 广州市沙河兴华路22号

邮政编码: 510507

电话: 020-37393172

传真: 020-37393172

E-mail: 841622401@qq.com

本刊供交通行业内部免费交流

本期印刷数量: 600本

印刷单位: 广州广卫印刷厂

封面封底: 珠江三角洲环线高速公路黄
岗至花山段

目 次

桥梁工程

高烈度地震区桥型方案比选 王同(1)

山区高速公路深谷地形桥梁选型设计研究 梁余定(5)

在役钢筋混凝土刚架拱桥动力特性研究 顾长青(9)

道路工程

云湛高速公路坡头枢纽立交方案设计 李志彬(13)

浅析公路路线设计对路面排水优化的影响 尹健标(17)

岩土工程

浅谈软土路段下沉式隧道的地基处理 李钊(20)

考虑强降雨影响的路堑边坡稳定性分析 张金平(23)

交通工程

高速公路全计重收费改造工程的分析 黄宇东(27)

造价工程

悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥工程造价编制的研究 刘惠云(30)

检测工程

基于冲击弹性波检测预应力孔道压浆质量的评价体系研究 钟辉武, 江茂盛, 钟建国, 吴佳晔(36)

信息专栏

广东省绿色公路建设技术培训报道 (40)

中国建筑勘察设计协会 2017 年岩土工程概念性问题案例分
析高级研讨会报道 (41)

中国公路学会工程地质和岩土分会 2017 年技术交流会报
..... (42)

第二届交通领域 BIM 技术应用与推广交流会报道 (45)

广东省公路学会 2017 年隧道工程学术交流会报道 (46)

公路勘察设计协会绿色公路研讨会报道 (47)

首个省级水土保持设施验收技术评估项目顺利完成 (49)

第三届全国绿色公路技术交流会暨广佛肇高速公路绿色低
碳工程现场观摩会报道 (49)

工程建设行业数字化交付和数字化审图暨新技术、新模式成
果交流会报道 (50)





高烈度地震区桥型方案比选

王 同

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

摘要:以潮州市外环大桥新建项目为背景,对于类似高烈度地震区、城市景观性要求高的桥梁从抗震适应性、景观角度提出了三个桥型方案,并从技术难度及可行性、施工工期、后期养护维修及经济性等多方面进行综合比选,最终确定技术可行、经济合理的方案予以推荐,可为类似桥梁借鉴。

关键字:高烈度;景观;桥型比选

1 概述

城市桥梁既是一种结构构筑物,同时它本身又形成一个环境,它是都市人文景观的一个组成部分,桥梁景观效果是桥梁建设的主要考虑因素。同时在地震烈度较高的地区,地震的结构反应往往成为控制设计的因素。在桥型方案确定时,对结构的总体构思、结构体系、基础形式等方案构思必须考虑它的抗震性能,有利于抗震的体系方案,容易获得较好的结构抗震性能。反之,选择对抗震不利的体系方案,为了满足地震荷载的承载能力,需要付出一定的经济代价。但对于桥梁跨径不大时,付出一定的经济代价却可以获得良好的景观效果,对于景观性要求较高的城市桥梁可进行综合比选考虑。

2 项目情况

2.1 项目概述

外环大桥位于潮州市北部湘桥区,横跨韩江,是连接韩江两岸的又一重要通道。桥址处韩江河道总宽约0.55km,河谷断面呈U字型,以沉积作用为主。项目属于南亚热带季节风气候。主要技术标准:一级公路兼城市道路,设计行车速度60km/h;公路-I级、城-A级设计荷载;设计洪水频率P=1/300;规划内河Ⅲ级通航标准;地震动峰值加速度0.15g;场地类别为Ⅱ类。

2.2 项目特点

根据潮州市城市总体规划及城市交通规划城区路网规划,本桥跨越韩江处桥位唯一。为满足通航及防洪要求,主桥确定采用150m跨径。桥型

方案确定时需考虑以下方面:

- (1)桥梁抗震设防烈度为7度,设计基本动加速度值为0.15g,需重视桥梁抗震设计;
- (2)潮州作为国家历史文化名城,是潮州文化的重要发源地,同时是粤东地区文化中心,主桥宜适度注重景观设计,着力打造为符合美学要素同时具有地域文化气息的滨水建筑。
- (3)本项目面临工期压力大的特点,桥型方案要着重从节约投资、缩短工期、提高施工期安全度考虑。

结合以上项目特点,推荐了以下三种桥型方案进行综合比选。

3 桥型方案比选

3.1 方案简介

3.1.1 预应力混凝土连续箱梁

方案一主桥总体布置为(90+150+90)m,主桥总长330m,采用预应力混凝土连续箱梁。

(1)结构体系

梁桥常用的结构形式主要有连续箱梁或连续刚构。连续刚构采用墩梁固结体系,桥墩可以分配墩顶一部分弯矩,提高了竖向刚度,减小了主跨墩顶及跨中内力,省去了主墩处支座,避免大吨位支座的养护和更换,省去后期养护费用。但对于类似本项目的高烈度地震区,上部结构重量大,下部结构地震响应大,需采用较大的下部尺寸及配筋来抵抗地震效应,经济性较差。而连续箱梁体系可以通过设置减隔震措施大大降低下部结构地震力,减小下部结构尺寸及配筋,具有良好的经济



效益。

(2)上部结构

单幅箱梁尺寸：顶板宽16.75m，底板宽8.75m；梁高：根部9m，高跨比为1/16.67；跨中3.5m，高跨比为1/42.86；腹板厚度：0.50~0.705~0.90m；纵向预应力：顶板束采用15-22和15-19，顶板直接锚固和下弯相结合，以克服主拉应力；腹板束采用15-22；边跨底板合龙束采用15-22；中跨底板合龙束采用15-25。横向预应力束：采用15-3，单端交错张拉。

(3)下部结构

主墩采用整体基础，分幅墩身；桥墩采用空心

薄壁墩，墩身截面尺寸8.75×3.5m；采用群桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。承台采用矩形倒圆角，外轮廓尺寸为11.8×43.0m，承台厚5.0m。整幅式承台下设12根直径D250cm钻孔灌注桩。

过渡墩采用分离基础、分离墩身的结构形式，过渡墩采用截面尺寸为9.25×2.5m的实心墩。采用群桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。承台采用矩形倒圆角，外轮廓尺寸为7.5×14.0m，承台厚3m。单幅桥承台下设6根直径D180cm钻孔灌注桩。

减隔震体系纵向采用粘滞阻尼器+抗震球型钢支座的减隔震措施，横向采用弹塑性钢阻尼+抗震球型钢支座，纵横向正交分离。

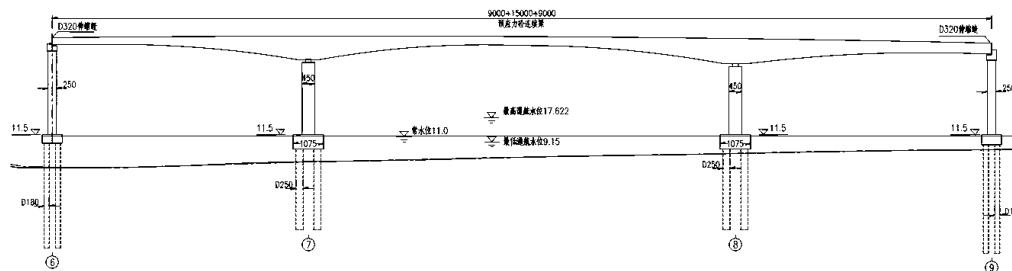


图1 方案一桥型布置立面

3.1.2 波形钢腹板预应力混凝土连续刚构

方案二主桥总体布置为(90+150+90)m，主桥总长330m，采用波形钢腹板预应力混凝土连续刚构。

(1)上部结构

上部结构主梁采用波形钢腹板预应力混凝土主梁。

单幅箱梁尺寸：顶板宽16.75m，底板宽8.75m；梁高：根部9m，高跨比为1/16.67；跨中3.75m，高跨比为1/40；除端横梁及根部墩上0号和1~3号块腹板分别为砼腹板及钢-砼组合腹板外，其余均为波形钢腹板，波形钢腹板钢材为Q345qc，钢板厚12~25mm，采用1600mm长波腹板。跨中设置5道横隔板。

波形钢腹板PC箱梁纵向预应力钢束分两种：体内束和体外束。体内束设置同通常的预应力砼连续梁，主要用于承担一期恒载及施工时的临时荷载，而体外束的作用则用于承担二期恒载及运营阶段的活载。纵向体内预应力：顶板束采用15-

22，中跨底板合龙束采用15-22和15-19；边、中跨顶板合龙束采用15-12；边跨顶板合龙束采用15-19。纵向体外预应力：采用TSK15-22环氧喷涂无粘结成品索锚具采用可调可换式体外束专用夹片式锚具。横向预应力束：采用15-4，单端交错张拉。

波形钢腹板与砼顶板的连接采用波形钢腹板顶端焊有翼缘板与穿孔板的Twin-PBL键连接方式，与底板的连接则采用S-PBL与栓钉连接方式；波形钢腹板与横隔板采用开孔钢板剪力键连接；波形钢腹板之间采用重叠贴角焊接形式。

(2)下部结构

主墩采用整体基础，分幅墩身；桥墩采用双肢薄壁墩，墩身截面尺寸8.75×2.2m；采用群桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。承台采用矩形倒圆角，外轮廓尺寸为11.8×43.0m，承台厚5.0m。整幅式承台下设12根直径D250cm钻孔灌注桩。

过渡墩采用分离基础、分离墩身的结构形式，过渡墩采用截面尺寸为9.25×2.0m的实心墩。采



用群桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。承台采用矩形倒圆角，外轮廓尺寸为 $7.5 \times 14.0\text{m}$ ，承台厚3m。单幅桥承台下设6根直径D180cm钻孔灌注桩。

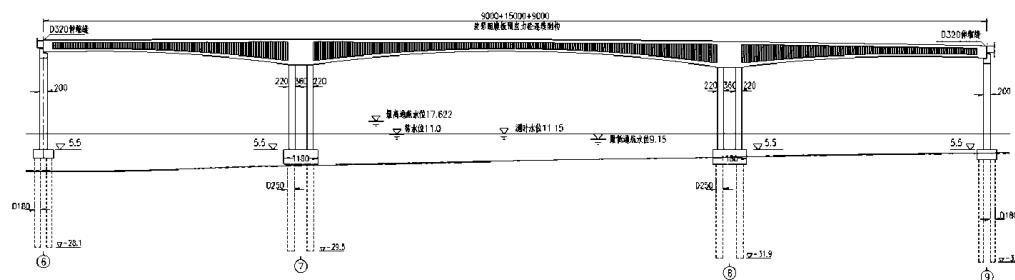


图 2 方案二桥型布置立面

3.1.3 双塔双索面斜拉桥

主桥总体布置为(75+150+75)m，主桥总长300m，主桥为双塔双索面钢-砼组合梁斜拉桥。

(1) 结构支撑体系

本桥采用墩塔梁固结的刚构体系，过渡墩设减隔震支座。

(2) 主梁

主梁采用双工字型钢主梁，主梁间距为29.5m。工字钢主梁跨中高2.24m，墩顶22.5m范围内由2.24m加高至3.24m。横隔梁采用工字型截面并与桥面板连接，全桥间距为3m，以减小桥面板受力及满足全桥抗扭刚度要求，并在横梁中部设置了全桥通长的小纵梁。混凝土桥面板设计采用分块预制吊装、板间设现浇缝的方式，混凝土板厚为26cm，采用C55砼。

(3) 拉索

本方案拉索采用标准强度 1770MPa 镀锌平行钢丝拉索,空间呈竖琴形布置,每索面 5 根;钢主梁上索距 12m,塔上索距 $2 \times 5.6m + 2 \times 6m$ 。拉索锚固方式在索塔上采用环向预应力锚固,在主梁上采用锚拉板锚固。斜拉索布置在主梁两侧,主梁标准索距 12m。

(4) 主塔及下部结构

主桥推荐采用H形塔身。主梁以上塔高约33.5m，采用5~7.4m单箱单室变截面，采用C50砼。主梁以下塔高约30m，采用2.0m双肢薄壁，肢间距为5.4m。

主桥下部结构桩基础采用8根直径2.5~3.0m的变截面钻孔灌注桩。主墩承台为钢筋混凝土结构,单个承台顺桥向尺寸10.5m,横桥向尺寸11.1m,厚度6m,中间设横系梁连接,采用C40砼。

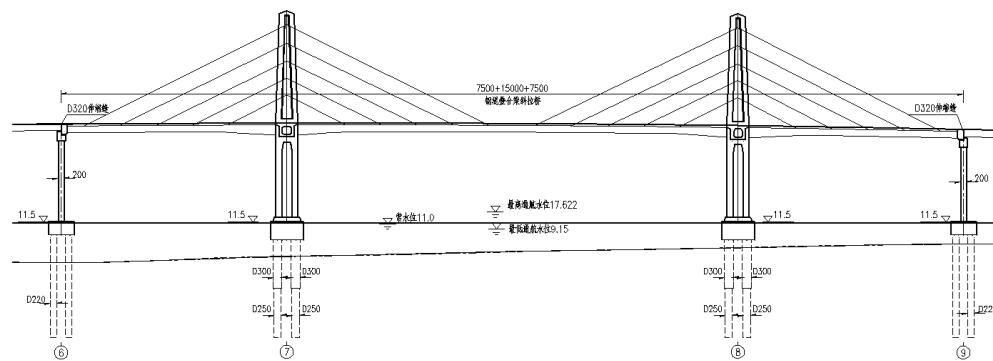


图 3 方案三桥型布置立面



4 桥型方案比选

方案名称	方案一	方案二	方案三
主桥桥长	330m	330m	300m
主桥结构形式	(90+150+90)m 预应力混凝土连续箱梁	(90+150+90)m 波形钢腹板预应力混凝土连续刚构	(75+150+75)m 双塔双索面斜拉桥
技术难度及可行性	常规桥型,技术成熟	技术难度不大,但国内实施相对较少	常规桥型,技术成熟
抗震性能	设置减隔震措施,抗震性能好	抗震性能较差,下部结构尺寸及配筋较高,承台标高需降低至常水位以下	采用墩塔梁固结体系,抗震性能稍差,下部结构尺寸及配筋稍高,承台尺寸相对较大
施工	承台采用套箱围堰施工,箱梁顶底板采用挂篮悬臂浇筑,波腹板吊装施工	承台采用钢板桩围堰施工,箱梁顶底板采用挂篮悬臂浇筑,现浇,钢主梁采用整体吊装,桥面板采用分块预制吊装加设现浇缝	
难度	挂篮悬臂施工,施工难度低	挂篮悬臂施工,国内实施不多,施工技术成熟度相对较低	钢主梁整体吊装,桥面板分块吊装,施工难度一般
工期	27个月	24个月	20个月
养护维修	后期需进行大吨位支座养护、更换等问题,养护费用较高	需进行波腹板防腐涂装维护等,养护费用高	使用一定年限后需进行换索处理,钢主梁维护,养护费用高
景观效果	形态简洁优美,力线明确,富于动感与轻快感,结构整体性好,桥面视野开阔,行车视线好	波形钢腹板形态生动、颜色鲜艳,可使桥梁获得较强的美感	斜拉桥轻盈流畅,主塔造型简洁明快,配以竖琴式拉索布置,给人以明快、积极向上、锐意进取的视觉感受,景观效果好
造价估算	1.4亿元	1.5亿元	1.8亿元
综合评述	良好,推荐方案	较好,比较方案	较好,比较方案

综合分析以上比较情况,方案一在抗震性能、施工工艺成熟度、造价用等方面具有较明显的优势;方案二在景观效果及工期上有一定的优势,类似桥型国内实施不多,技术成熟度相对较低;方案三具有景观效果突出、施工工期较短的明显优势,但造价相对较高,且后期养护维修费用较高。综上,拟推荐采用方案一。

5 结论

本文以潮州市外环大桥新建项目为背景,对于类似高烈度地震区、城市景观性要求高的桥梁从抗震适应性、景观角度提出了三个桥型方案,并从技术难度及可行性、施工工期、后期养护维修及经济性等多方面进行综合比选,最终确定技术可

行、经济合理的方案予以推荐,可为类似桥梁借鉴。

参考文献

- [1]项海帆等.桥梁概念设计.人民交通出版社。
- [2]巩雯.高烈度地震区连续梁桥减隔震设计初步分析研究.重庆:重庆交通大学。
- [3]吴陶晶、李建中、管仲国,减隔震装置作用机理及其在大跨度连续梁桥中的应用.结构工程师,第25卷第4期。
- [4]陈金旺.波形钢腹板箱梁设计与计算.中外公路,第29卷第5期。
- [5]吴继峰,汤意,吴萍.卫河大桥波形钢腹板箱梁的设计.公路,2010年1月第1期。
- [6]现代斜拉桥,严国敏,西南交通大学出版社。



山区高速公路深谷地形桥梁选型设计研究

梁余定

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

摘要:以广东省龙川至怀集公路的桥梁为典型例子,介绍了山区典型地貌下的高墩桥梁的选型原则及设计特点。详细介绍了龙门大桥桥型方案的选择分析过程,对山区高墩桥梁方案选型及设计时应考虑和注意的实际问题进行探讨,给出了解决方法。

关键字:山区;高墩;连续刚构;方案;设计;施工

1 工程概况

广东省龙川至怀集公路怀集县境内龙门大桥为跨越U形山谷而设。项目地处于粤西隆起带,地貌单元属山岭重丘,局部为台地,溶蚀平原或山间洼地。桥区位于山间谷地,地势起伏较大,谷底区域地势平坦,主要为农田及民房。桥位区地面标高约115~254m,两侧山地纵横向坡度较陡,山上植被茂密。桥梁跨越龙门村寨、省道S349和桃花水支流。

主要技术指标:设计荷载为公路—I级;设计速度100km/h;桥面宽度:0.5(防撞梁)+11.5(行车道)+1.5(中央分隔带)+11.5(行车道)+0.5m(防撞栏)=25.5m;单幅桥面宽度12.5m。

2 桥型方案选择原则

(1)考虑高速公路的路桥配合,原则上桥位服从路线,不因桥位选择造成路线过度绕行或线形指标的降低;同时,在路线方案设计中,尽量考虑大型构造物两头接线顺畅的需要^[1]。

(2)山区高速公路地形起伏变化大,桥梁墩高变化剧烈,桥梁的跨径除满足功能需求外,高跨比通常结合桥梁美学原则及经济性进行比较,一般比值控制在0.618~1之间^[2]。由于山区地形起伏变化频繁,一座桥梁应根据地形尽量选择一种跨径,不宜根据墩高频繁变化跨径,墩柱高度变化很大时,可根据全桥平均墩高综合考虑^[3]。

(3)桥墩高度在60m以内时,桥梁上部结构形式一般选择空心板、T梁和小箱梁的预制吊装结构,常用的跨径有16m、20m、25m、30m、40m、50m^[4]。

(4)跨越大型深谷和河川时,考虑造价、施工

条件和美学等因素,宜采用大跨径结构桥梁。

综合上述原则,在一般情况下,桥梁上部结构宜采用标准跨径的预制梁板。但山区高速须跨越沟谷,墩高普遍较高,在跨越深谷地形时桥梁结构型式的选择会影响桥梁受力的合理性、整体造价、施工的难易和美观。

3 桥型方案的选择

3.1 桥型方案

根据龙门大桥桥位场区地形地貌情况,综合路线线形、地质、水文及桥下道路等因素分析,桥型方案设计以梁桥体系为主。对于拱桥、斜拉桥和悬索桥方案,由于其造价高,且运营养护期间需要定期的更换斜拉索或吊索,养护费用高,故不考虑进行同深度的比较。

对于山区梁式桥可选择的梁桥方案较多,同一地形桥梁单跨可以从40~200m进行比选^[5]。为充分的进行比较分析,设计拟定了3个不同主桥跨径的连续刚构桥方案和1个40m跨预应力混凝土先简支后结构连续T梁桥方案进行同深度比较。具体方案情况分别如下:

(1)方案一:采用1~30m预应力混凝土简支T梁+5×40m预应力混凝土先简支后结构连续T梁+(50+90+50)m预应力混凝土连续刚构+(5×40m+5×40m)预应力混凝土先简支后结构连续T梁(图1)。

(2)方案二:采用4×40m预应力混凝土先简支后结构连续T梁+(55+100+100+55)m预应力混凝土连续刚构+(4×40m+5×40m)预应力混凝土先简支后结构连续T梁(图2)。

(3)方案三:采用5×40m预应力混凝土先简支

后结构连续T梁+(72+130+72)m预应力混凝土连续刚构+(4×40m+5×40m)预应力混凝土先简支后结构连续T梁(图3)。

(4)方案四:采用21×40m预应力混凝土先简支后结构连续T梁(图4)。

在对桥梁方案的下部结构进行静力分析及稳定性验算后,结合结构经济性、美观性和施工工艺等影响因素确定。下部结构形式的选取原则:①预应力混凝土T梁结构,当墩高 $H < 35m$ 时,采用双圆柱墩^[6];当墩高 $35m \leq H < 45m$ 时,采用双方柱墩或薄壁T型墩;当墩高 $H > 45m$ 时,采用等截面单薄壁空心墩,空心墩壁厚根据墩高采用50cm或60cm。②预应力混凝土连续刚构,当墩高 $40m \leq H < 80m$ 时,采用双薄壁墩或等截面单薄壁空心墩;当墩高 $80m \leq H < 100m$ 时,采用等截面单薄壁空心墩或单薄壁空心+双薄壁的混合式墩。当墩高 $H > 100m$ 时,采用增加横向宽度的等截面薄壁空心墩或者变截面空心薄壁墩,空心墩壁厚采用60~80cm^[7-9]。当桥墩高度达到一定高度时,下部结构的稳定设计等显得尤为重要,需根据具体的桥型和桥位情况做专门的计算分析。

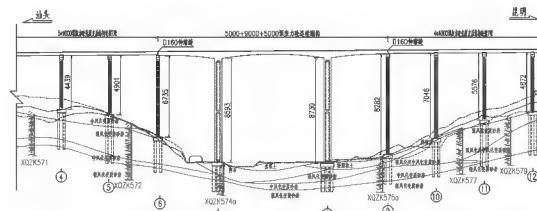


图1 方案一桥型布置立面图(局部)(单位:cm)

表1 方案造价对比分析表

项目	方案一	方案二	方案三	方案四
跨径组合	30m+5x40m+(50+90+50m)+10x40m+30m	4x40m+(55+2x100+55m)+9x40m	5x40m+(72+130+72m)+9x40m	21x40m
主墩个数	4	6	4	
引桥薄壁墩个数($h < 50m$)	14	12	14	14
引桥薄壁墩个数($55 < h < 65m$)	2	0	0	0
引桥薄壁墩个数($65 < h < 75m$)	4	0	0	2
引桥薄壁墩个数($h > 75m$)	0	0	0	10
引桥柱式墩个数	13	14	14	14

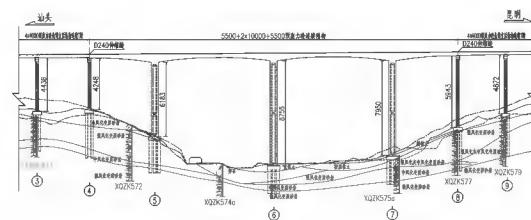


图2 方案二桥型布置立面图(局部)(单位:cm)

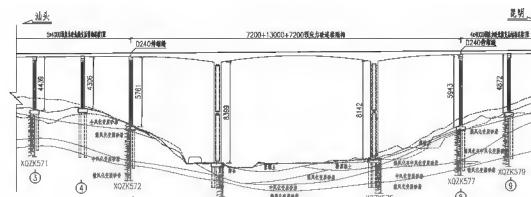


图3 方案三桥型布置立面图(局部)(单位:cm)

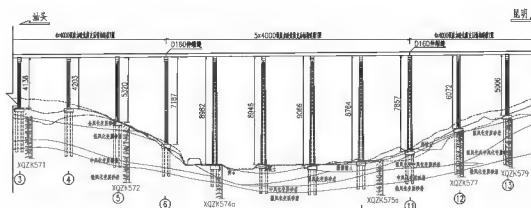


图4 方案四桥型布置立面图(局部)(单位:cm)

3.2 连续刚构方案间的比较

连续刚构方案主桥上部结构均采用预应力混凝土结构,主梁断面采用单箱单室,箱梁梁高按二次抛物线变化;下部结构采用等截面单薄壁空心墩。引桥上部结构为40m跨预应力混凝土先简支后结构连续预制T梁;下部结构根据墩高情况采用等截面单空心薄壁墩或柱式墩。方案详细对比情况见表1。



项目	方案一	方案二	方案三	方案四
主桥下部	造价(万元)	2829.8	3984.2	3071.3
	指标(元/m ²)	1966	3190.9	2980.7
主桥上部	造价(万元)	4139	4117.3	4354.6
	指标(元/m ²)	4795.9	7175.1	6052.1
主桥合计	造价(万元)	10096.7	9258.2	8835.2
	指标(元/m ²)	5818.2	3717.4	4162
引桥下部	造价(万元)	3968.3	3055.8	3282.4
	指标(元/m ²)	2376.2	2350.6	2344.6
引桥上部	造价(万元)	9786.5	6773.2	7444.4
	指标(元/m ²)	5860.2	5131.2	5242.5
引桥合计	造价(万元)	14582.4	13948.3	13496.5
	指标(元/m ²)	6798.3	6657.9	6411.7
全桥总计	造价(万元)	13311.6	13311.6	13311.6
	指标(元/m ²)	6338.9	6338.9	6338.9

方案一与方案二比较:在主桥总造价方面,由于方案一只有2个主墩和1孔主跨,主墩个数比方案二少,且主桥长度短,因此造价比方案二低。在主桥造价指标方面,方案一、二的上部结构指标基本相当,但由于方案一主墩造价占主桥总造价59%的比重,而方案二的主墩造价占主桥总造价的比重为55.5%,导致方案一的主桥造价指标比方案二高。引桥方面,由于方案一引桥较长,且薄壁高墩个数较多,以致其引桥造价比方案二高。在引桥造价指标方面,由于方案一引桥下部造价占引桥总造价59%的比重,而方案二的引桥下部造价占引桥总造价的比重为54.8%,导致方案一的指标比方案二的高。总体综合比较,方案一由于主跨和主桥长度相对较小,没有有效的减少引桥的长度和引桥高墩的个数,下部结构造价占比偏高,导致总体造价相对较高。

方案二与方案三比较:在主桥总造价方面,由于方案二有3个主墩,比方案三多1个,同时主桥长度比方案三长36m,由此导致方案二主桥总体造价比方案三高。在主桥造价指标方面,方案三的上部结构指标比方案二的高;但由于方案二主墩造价偏高,占主桥总造价55.5%的比重,而方案三的主墩造价较低,占主桥总造价的比重为50.7%,以致方案二的造价指标比方案三高。两个方案的引桥高度基本相当,但方案二的引桥比方

案三的引桥短40m,以致方案二引桥总造价比方案三低。总体综合比较,方案三由于主墩个数比方案二少,主桥造价指标相对较低,在引桥基本相当的情况下,方案三更为经济。

综合连续刚构方案的对比分析发现,由于单个高墩结构的造价相对较高,当主桥跨径较小时,受自身主墩造价高的影响,主桥总体造价指标偏高同时,由于主桥长度较小,不能有效的减少引桥高墩个数,以致引桥造价指标仍会偏高。随着主桥跨径的增加,引桥高墩个数减少,主桥造价指标和引桥造价指标均逐渐变优。

3.3 预制吊装方案与连续刚构方案的比较

上部结构采用40m跨预应力混凝土先简支后结构连续预制T梁;下部结构根据墩高情况采用柱式墩、等截面空心薄壁墩或变截面单空心薄壁墩^[10]。根据连续刚构桥的对比结果,采用方案三与方案四进行比较分析,详细对比情况见表1。

方案四由于上部结构为预制吊装的40mT梁,上部结构造价指标较连续刚构低很多。但由于预制吊装结构跨径较小,导致造价较高的高墩个数较多,桥梁下部结构造价占总造价比重高,全桥总造价与连续刚构桥方案趋近。

3.4 综合比选

根据经济比选的结果知,方案三和方案四的经济指标较优。为更好的选出适合本项目的方



案,需结合项目的特点,在环境影响、施工难度、施工工期及桥梁的景观性方面做进一步的比选。

(1)环境影响方面:方案三与地形的匹配较协调,桥墩个数少,基础开挖少,对环境的破坏较小;方案四桥墩个数较多,下部基础开挖多,对环境破坏较大。

(2)施工难度方面:方案三采用悬臂浇筑施工,施工工艺成熟;方案四上部结构全为预制安装,施工工艺成熟,但桥墩高度较高,个数多,施工安全风险较大。

(3)施工工期方面:方案四上部采用预制吊装结构,可与下部结构同步施工,工期相对较短。

(4)景观性方面:本桥两次跨越省道,桥下有龙门村和桃花水支流,方案三主桥跨径大,整体通透性好,与周边环境协调,景观效果好;方案四由于跨径小,桥墩高,总体不协调,柱林现象明显,桥梁景观效果较差。

综合以上比较分析,考虑到采用连续刚构方案增加的造价不多,桥梁施工工期不直接影响项目的整体施工进度,且能兼顾到桥梁的美观性要求,故龙门大桥最终选取主桥(72+130+72)m的连续刚构桥方案进行施工图设计。

4 结束语

随着桥墩高度的增加,桥梁下部结构造价明显增大,其造价占桥梁总体造价的比重增大。对于预制吊装结构,由于下部墩柱个数较多,下部结构造价随着墩高的增加,桥梁总体造价大幅增加。对于适当的大跨径连续刚构,由于可以减少引桥或主桥的高墩个数,有效的降低桥梁的下部

结构造价,从而使采用大跨连续刚构桥梁的方案更为经济。

由于山区地形地质复杂,适当的采用大跨的连续刚构方案不仅能增加桥梁的美观性,使桥梁更好的与环境融合,而且可以减少由于桥梁下部结构基础施工、修建施工便道和开辟施工平台时造成的开挖凌空面对山体稳定性的不利影响,避免次生灾害的发生。

参考文献

- [1] 吴玲正,墩形选择对山区高速公路桥梁设计的影响[J],中外公路,2011,33(3):167-170.
- [2] 王常青,山区高速公路桥型选择[J]. 交通标准化,2005(5):20-21.
- [3] 葛胜锦,王学军. 山区高速公路桥梁的设计方法与实践[J],公路,2008(9):238.
- [4] 杨金宝,吴建敏,李国清,等.86m墩高高架桥的设计与施工[J],公路,2005(1):121-124.
- [5] 邓晓红,陈冠桦,万麟,山区高墩梁桥方案的经济性比较[J],交通科技,2011(1):4-6.
- [6] 时翠芳.山区高墩墩顶水平位移及墩型比选探讨[D].西安:长安大学,2013.
- [7] 郭梅,高墩大跨连续刚构桥稳定性分析[J],西安公路交通大学学报,1999(3):32-35,38.
- [8] 徐岳,郝宪武,张丽芳. 连续刚构双薄壁墩参数方法研究[J],中国公路学报,2002,15(2):79-82.
- [9] 蒋银萍,刚构桥中的高墩计算研究[J],中国水运,2007,5(9):88-89.
- [10] 王银辉,吴建敏,刘东,变截面空心薄壁墩的稳定计算[J].公路,2004(1):74-77.



在役钢筋混凝土刚架拱桥动力特性研究

顾长青

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司)

摘要:为研究在役混凝土刚架拱桥动力特性,通过有限元软件,采用子空间迭代法对结构振型进行参数敏感性分析,并通过现场测试进行验证。结果表明,对于在役刚架拱桥桥面恒载对于全部振型均有较大影响,承重构件刚度对于竖向振型频率影响明显,横隔板刚度对于桥面扭转振型频率影响明显,拱脚位移对于结构动力特性影响较小。

关键词:在役;刚架拱;动力特性;敏感性分析

1 概述

上世纪末钢筋混凝土双曲拱桥、刚架拱桥在全国范围内得到广泛的应用。尤其以刚架拱桥凭借构件较少、节省材料、方便施工等优点在城市桥梁中得到大量修建。时至今日,大多数刚架拱桥已经服役超过20年,由于日益加重的超载重载^[1]、材料老化以及管养方式落后等原因,刚架拱桥在服役期间出现了诸多病害,承载能力下降。

如何快速有效的评定在役桥梁承载力是目前研究的热点方向。通过对桥梁定期检查以及特殊检查可以对在役桥梁进行承载能力评定,其中桥梁自身固有的动力学特性可以为承载力的评定提供有效的数据支撑。目前众多学者对在役的刚架拱桥承载力进行了大量研究,李洪江^[2-4]等提出现有在役刚架拱桥主要病害为微弯板及实腹板开裂、大小节点开裂等,陈虎城^[5]在总结刚架拱桥病害的基础上对黄土地区刚架拱桥进行了结构分析,提出改拱脚基础为地下连续墙的改进措施,李晓光^[6]通过对某在役刚架拱进行有限元分析,分析了横向联系对固有频率的影响并结合实测数据进行了安全性评估。本文以某实际工程为背景,通过有限元软件采用可考虑非线性有限元计算结果的子空间迭代法对其动力特性进行参数分析,并结合实际检测数据进行对比分析。

2 工程概况及有限元模型

某钢筋混凝土刚架拱桥建成于2000年,主要采用《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021-89)、《公

路工程技术标准》(JTJ 001-97)进行设计,主跨为40m,矢跨比为1/10,全桥由7片拱肋组成,每片拱肋间隔3.2m,混凝土采用30#混凝土,汽车荷载为汽-15级。桥梁刚架拱片结构形式及横断面如图1、2所示。

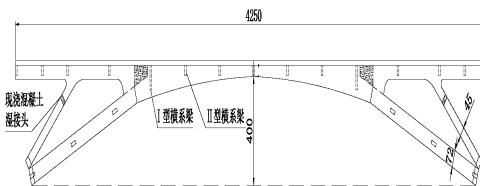


图1 刚架拱片立面图(单位:cm)

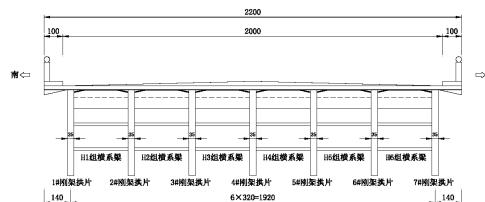


图2 桥梁横断面图(单位:cm)

全桥模型采用Midas/civil建立,拱片以及横系梁用空间6自由度梁单元模拟,桥面板采用板单元模拟,模型中二期恒载转化为质量单元施加。拱片拱脚采用全固节方式模拟,同时为保证精确在大小节点处进行了单元细分处理。

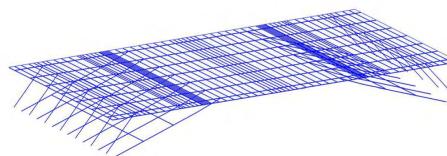


图3 结构有限元模型



3 动力特性分析及计算方法

在动力学中对于结构的自振频率以及振型计算主要是对特征值进行分析。特征值的计算主要有特征向量法、利兹向量法以及 Rayleigh 能量法，其中特征向量法包括子空间迭代法和兰佐斯法 (Lanczos)。本文对于多自由度的刚架拱桥结构采用子空间迭代法进行分析。

子空间迭代法简而言之是将构成子空间的 E_k 的 N_s 个向量 \mathbf{X}_k 通过迭代计算使其收敛于特征向量 $[\phi_1 \phi_2 \dots \phi_{N_s}]^{[7-8]}$ 。在分析多自由度结构时，首先通过总体刚度矩阵和总体质量矩阵计算得出总体动力矩阵 D ，同时①选取构成子空间 E_1 的 N_s 个初始向量 \mathbf{X}_1 构成初始矩阵 \mathbf{Y}_0 。②通过 k 次迭代计算获得新的向量矩阵：

$$\begin{array}{ll} \text{解线形方程} & \mathbf{K}\mathbf{Y}_k = \mathbf{M}\mathbf{X}_k \\ \text{刚度矩阵映射} & \mathbf{K}_{k+1} = \mathbf{Y}_k^T \mathbf{K} \mathbf{Y}_k \\ \text{质量矩阵映射} & \mathbf{M}_{k+1} = \mathbf{Y}_k^T \mathbf{M} \mathbf{Y}_k \\ \text{解投影后的特征值} & \mathbf{K}_{k+1} \mathbf{Q}_{k+1} = \mathbf{M}_{k+1} \mathbf{Q}_{k+1} \Lambda_{k+1} \\ & \mathbf{Q}_{k+1} = [\psi_1^* \psi_2^* \dots \psi_{N_s}^*] \end{array}$$

$$\Lambda_{k+1} = \begin{bmatrix} \lambda_1^* & & & \\ & \lambda_2^* & & \\ & & \ddots & \\ & & & \lambda_{N_s}^* \end{bmatrix}$$

计算 $\mathbf{X}_{k+1} = \mathbf{Y}_k \mathbf{Q}_{k+1}$

通过上述过程的迭代计算使得特征值与特征向量收敛。

$$\text{收敛条件为 } \left\| \frac{\lambda_m^{(k+1)} - \lambda_m^{(k)}}{\lambda_m^{(k+1)}} \right\| \leq \varepsilon, \text{ 其中 } \varepsilon \text{ 为最小容差。}$$

4 动力特性敏感性分析

对于在役的刚架拱桥，其动力特性会随着自身某些因素的变化而变化，考虑到刚架拱桥的病害，本文考虑了包括上部恒载变化、承重结构刚度变化、横向联系刚度变化以及拱脚沉降，主要探讨了结构自振频率随以上因素变化的敏感性。

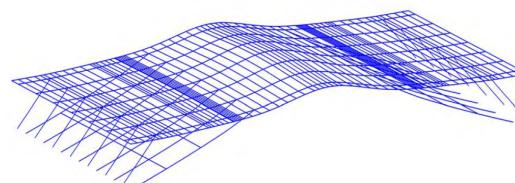
4.1 成桥状态动力特性

· 10 ·

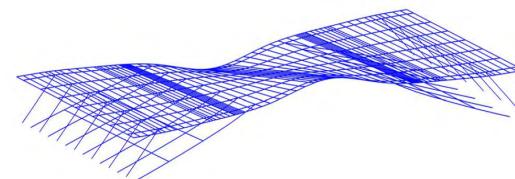
对全桥动力特性进行计算分析，计算结果如表 1 所示。

表 1 刚架拱桥结构自振频率与振型

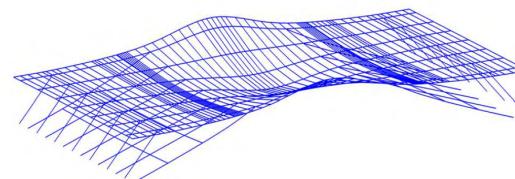
振型阶数	频率/Hz	振型
1	6.02	正对称竖弯、拱腿部分参与竖弯
2	6.12	桥面板为主的反对称扭转
3	6.76	桥面板为主的正对称扭转
4	7.88	反对称竖弯



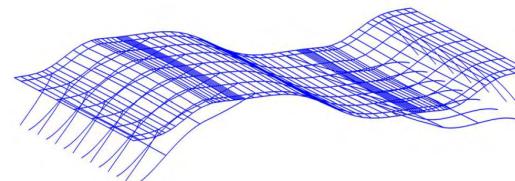
(a) 正对称竖弯



(b) 桥面板为主的反对称扭转



(c) 桥面板为主的正对称扭转



(d) 反对称竖弯

图 4 刚架拱桥的计算振型

由表 1 可知，结构自身基频为 6.02Hz，一阶振型为正对称竖弯。结构本身跨度较小，同时桥面较宽，桥面板与拱片相互影响颇为正对称竖弯振型。结构二阶、三阶振型均为桥面板的扭转振型，说明该桥横向联系刚度较小，桥面板较早的参与扭转振型。

4.2 动力特性影响因素敏感性分析

对于在役刚架拱桥其对动力特性影响因素较

多,本文主要考虑了桥面恒载、承重结构(即拱片及桥面板)刚度、横向联系刚度以及拱脚沉降四个因素。

桥面恒载主要是指铺装层以及后续的护栏等设施产生的荷载,由于施工误差、服役期间铺装层破损亦或重载拥堵、大范围拥堵等原因,桥面的实际承载会偏离设计值,为方便说明下文中采用设计荷载的0.8~1.2倍来说明桥面恒载对于结构动力特性的影响。计算结果如图5所示。由图5可以看出随着恒载由0.8倍增大至1.2倍,结构的自振频率均呈现减小趋势,对称竖弯频率减小了9.0%、桥面板反对称扭转频率减小了9.3%、桥面板正对称扭转频率减小了10.8%、反对称竖弯频率减小了12.2%,以上表明结构前4阶代表振型对于桥面恒载的变化较为敏感,究其原因桥面恒载发生变化结构的质量矩阵、刚度矩阵均随之发生变化。顾在实际测试过程中应细致考虑桥面恒载的影响。

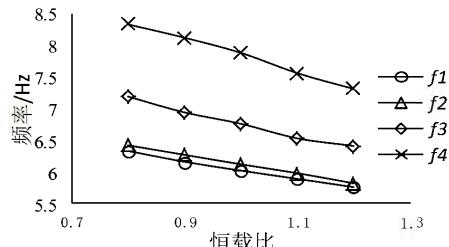


图5 恒载对自振频率的影响

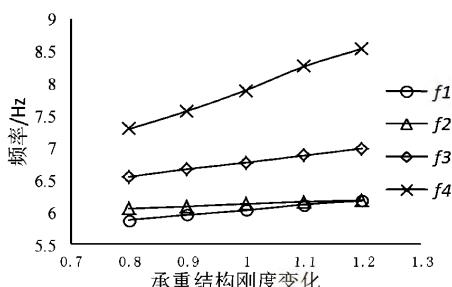


图6 刚度对自振频率影响

由于结构动力方程中一个重要因素为结构自身刚度矩阵,顾结构自身的刚度对于刚架拱桥服役期间的动力特性有着直接影响。已有研究表明^[9-11]存有裂缝的钢筋混凝土梁整体刚度会下降12%~23%。下文通过改变材料的弹性模量来改变结构的刚度,一方面将主拱及桥面板混凝土弹模

在0.8~1.2范围内变化,以研究结构主要承重构件刚度对于自身频率的影响,另一方面通过改变横向联系的弹模(0.8~1.2倍)以研究结构横向联系刚度对于自振频率的影响。计算结果如图6、图7所示。

由图6可以看出承重结构刚度的变化对于桥面板扭转振型影响较小,对于结构竖弯较为明显,尤其以4阶振型反对称竖弯振型影响最大刚度由0.8变化至1.2倍频率增长了17.2%,而结构的前三阶振型频率分别增长5.1%、2.2%、6.7%。通过以上分析可以看出由于1阶振型拱脚部分参与竖向弯曲,其刚度变化产生的没有4阶振型中全桥反对称竖弯来的大,同时结构2阶、3阶振型为桥面板的扭转振型,结构的竖向刚度对其影响也较小。

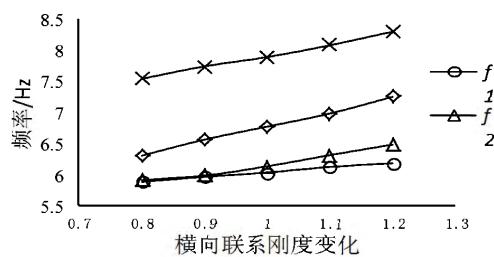


图7 横向联系刚度对自振频率影响

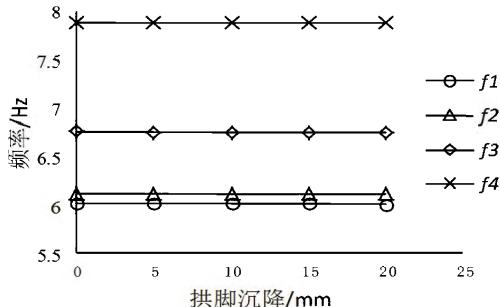


图8 拱脚沉降对自振频率影响

由图7可以看出横向联系刚度的变化对于桥面板扭转振型影响较大,当刚度由0.8变化至1.2倍时,2阶振型反对称扭转频率增长了9.7%,3阶正对称扭转频率增长了15.1%,而结构的竖向弯曲振型对于横向联系刚度的变化敏感性相比较而言较低,1阶竖弯频率仅增加了5.1%,4阶竖弯频率仅增加10.1%。故在结构动力现场测试前应对刚架拱构件裂缝情况细致检测以准确估计构件刚度折减情况。

服役期间拱桥还有较大可能会出现拱脚沉降



病害,本文分析中采用单侧拱脚分别沉降0mm、5mm、10mm、15mm、20mm来分析研究拱脚沉降对于结构动力特性的影响规律。计算结果如图8所示。由图8可以看出,拱脚的沉降对于结构自身动力特性几乎没有太大影响。结构自振频率对于拱脚的沉降敏感度较低,变化率小于0.5%。故在结构进行现场动力特性测试时,拱脚位移的影响可忽略不计。

5 现场检测结果

经现场实地检测,本桥的病害主要为桥面铺装层出现贯通纵缝(3#~5#拱片上方)、7#拱片跨中实腹段多处竖向裂缝甚至有露筋现象、横隔板也多处出现混凝土老化钙化析白。现场实测基频与理论计算对比如表2所示。

表2 动力特性现场测试与理论计算对比

阶次	理论值/Hz	实测值/Hz	相对变化值/%
1	6.02	5.78	3.99
2	6.12	5.94	2.94
3	6.76	6.41	5.18
4	7.88	7.24	8.12

由表2可以看出现场实测数据均小于理论计算值。产生原因主要为结构自身部分拱片出现裂缝、桥面铺装出现贯通纵缝、横隔板出现钙化析白,这不同程度上均对结构的刚度产生了不利的影响。此外通过相对变化值可以看出,结构的横向联系刚度衰减较小,向比较而言竖向刚度衰减明显。

6 结论

本文通过对在役钢筋混凝土刚架拱桥进行动力特性参数敏感性分析,同时与现场实测数据进行对比分析,得出以下结论:

(1)通过子空间迭代法分析得出结构基频为6.02Hz,振型为正对称竖弯。结构2、3阶振型均为桥面板的扭转振型,结构横向刚度较小。

(2)对于本桥其自身动力特性主要影响因素为桥面恒载、承重构件刚度、横向联系刚度以及拱脚沉降等。参数敏感性分析表明:桥面恒载对于自振频率均有较大影响,恒载增大自振频率减小;

承重构件的刚度变化对于结构竖弯振型影响明显;横向联系的刚度变化对桥面板扭转振型影响较大;拱脚的沉降对于动力特性几乎没有影响,在实际测试当中可选择忽略。

(3)现场实际检测发现桥面板出现贯通纵缝、拱片出现竖向裂缝、横隔板出现钙化析白,结构自身刚度减小,动力特性实测值均小于理论计算值。

参考文献

- [1]刘洪瑞,周俊锋.超载作用下刚架拱桥的病害分析与防治[J].广东工业大学学报,2003,20(2):42~45.
- [2]李宏江,叶见曙,虞建成.伊家河刚架拱桥病害的结构分析[J].桥梁建设,2002(5):19~22.
- [3]李万恒,王荣石,李宏江,郝玉峰.混凝土刚架拱桥综合加固技术的研究与应用[J].公路交通科技,2006,(S1):124~126.
- [4]宋东方.刚架拱桥加固技术探讨[J].中外公路,2009,(02):162~164.
- [5]陈虎成,刘明虎,陈晓东.刚架拱桥病害分析及上部和基础结构优化设计[J].桥梁建设,2010,2010(4):65~68.
- [6]李晓光,周晶,范颖芳,等.在役钢筋混凝土拱桥病害分析和力学性能研究[J].防灾减灾工程学报,2004,24(1):66~71.
- [7]In-Won Lee,Hyung-Jo Jung,Man-Cheol Kim,Arthur R. Robinson. Eigensolution Method for Structures with Multiple or Close Eigenvalues [J]. Journal of Engineering Mechanics,1999,125(11):.
- [8]Miloslav Bagoňa,Jozef Šimíček,Richard Baláž. Solution of Own Window Pane Oscillation by Subspace Iteration Method [J]. Applied Mechanics and Materials,2016,4049(820):.
- [9]赵煜,贺拴海,李春风,葛耀君.在役预应力混凝土箱梁开裂后承载力评估[J].同济大学学报(自然科学版),2010,(09):1271~1275.
- [10]贺拴海,徐兴.多梁式混凝土桥梁结构刚度的裂缝特征——动力分解综合识别法[J].土木工程学报,2006,(08):91~95.
- [11]丁大钧,黄德富,金芷生,等.钢筋混凝土构件刚度和裂缝的试验研究和对计算的建议[J].土木工程学报,1985(4):3~15.



云湛高速公路坡头枢纽立交方案设计

李志彬

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

摘要:互通式立体交叉是高速公路的重要组成部分,它是在高速公路与高速公路或高速公路与一般干线公路交叉处起连接作用的专用设施,立交方案的选择显得尤为重要。立交方案型式的选择,应充分考虑交通量预测结果、沿线地形、地物,以及远期发展规划等实际情况,其型式的确定影响整个立交的功能、投资、安全、经济效益等方面。

关键词:高速公路;枢纽立交;方案比选;分期建设

1 概述

互通式立交方案的选择,是一个多因素考虑、多目标决策的过程。要找到互通立交最合理的形式,应在大量相关资料的基础上,综合考虑各方面的因素并经比选而得。

2 立交方案主要影响因素

互通式立交方案的选择主要包含构形和方案比选两个阶段。交叉公路的功能、性质、出入交通量以及是否设置收费站等决定了互通式立交的基本类型,即一般互通式立交或枢纽互通式立交。而根据与交通量的具体分布、地形、地质、用地和施工期间维持临时通车以及是否需分期修建等的适应性,可以初步确定匝道的具体布局,并可构造出两种或两种以上的可比方案。再对这些方案在交通适应性、环境适应性、安全性、技术特征和经济效益等方面进行比选,可以最终选择出合理的互通式立交形式。

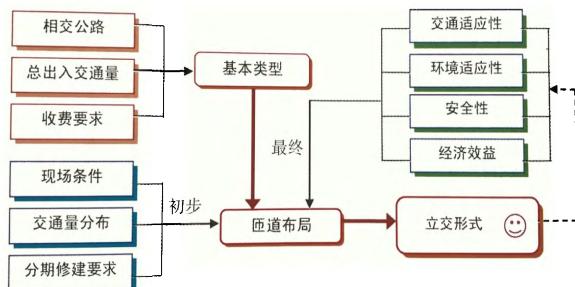


图1 互通式立交选形过程及需要考虑的主要影响因素

3 工程实例

汕(头)湛(江)高速公路云浮至湛江段(下称“云湛高速”)是广东省高速公路网规划的“九纵五横两环”之“第二横”的重要组成部分,是粤西北、粤西地区的重要快速通道和连接海南、广西、大西南地区的又一通道。

坡头枢纽立交为云湛高速与省道S373相交而设置的枢纽型立交,主要服务于湛江市坡头区、吴川及周边地区,该立交位于云湛高速终点湛江市吴川市黄陂镇。

3.1 相交公路

云湛高速在该路段为双向六车道高速公路,设计速度为120km/h,路基宽度为34.5m;省道S373为城市主干道,远期规划主道双向八车道,设计速度80km/h,辅道双向四车道,设计速度60km/h,路基总宽度为53.5m。

相交公路的道路等级差异决定该立交必须考虑设置收费站,但是是否合并设置收费站仍需进一步考虑其他因素。

被交道路省道S373为城市主干道,在被交路设置平交口将很大程度的影响省道S373的通行能力,因此,设置平交口的一般式互通立交并不合适。

3.2 交通量分布

根据工可交通量预测结果,坡头枢纽立交转向交通量见图1。根据该交通量预测,本立交最大



交通量为汕头至湛江市区往返方向(38622pcu/日),最小交通量为汕头至吴川往返方向(2063pcu/日)。

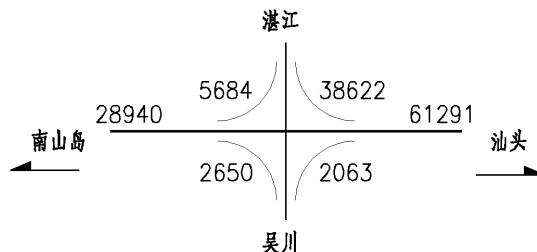


图2 坡头枢纽立交交通量图

交通量的分布特点进一步确定在省道设置平交口将无法满足交通量的快速转换,考虑通行能力更好的全互通方案或枢纽互通方案更为合适;汕头往返湛江方向交通量占整个立交转换交通量的比例约为78.8%,因此,汕头往返湛江方向匝道布局应更为便捷,匝道平纵指标应更高。

3.3 现场条件

本立交处于沿海平原的台地地貌区,地势较为平坦。岩性为北海组棕黄、灰白色局部带棕红色砾石层及粉质粘土层,地下水水位较浅,一般埋深为2~3m,北海组地层厚,北海组地层中普遍分布一层花斑状高液限的粉质粘土。

在立交的东南象限省道路边分布密集的房屋建筑,考虑到减少拆迁,确保项目的顺利实施,在匝道布设时应尽量避免在东南象限布设占用较大范围面积的立交匝道。

3.4 方案比选

通过以上影响因素的论述,初步设计阶段共提出了4个方案进行比选:

方案一:双喇叭互通立交方案,与主线立交形式采用采用B型单喇叭,与省道S373立交形式采用A型单喇叭;

方案二:单喇叭+变异Y型立交方案,与云湛高速立交方案采用变异Y型立交,与省道S373立交方案采用采用A型单喇叭;

方案三:混合型枢纽立交方案,东北和西北象限为双环的混合型立交;

方案四:混合型枢纽立交方案,东北和西南象限为双环的混合型立交。

3.4.1 收费站设置情况

方案一、二为合并收费站,集中设置一处,有利于营运管理;方案三、四为分散设置收费站,不利于营运管理。

根据交通量预测结果,如合并设置一处收费站,通过收费车道数的计算,需设置6入16出收费广场,总宽度达到121.9米,由于渐变因素收费广场两段分叉口间距较长,会导致匝道及用地规模增大;在收费广场前后存在交织情况,将影响匝道的通行能力。

3.4.2 分期修建要求

云湛高速主线近期还将继续往南延伸通往南山岛,省道S373升级改造也不同步,坡头枢纽立交设计时考虑一次设计,分期实施:本项目近期主要考虑修建主流交通汕头往返湛江方向的匝道,其余匝道由规划的连接南山岛的高速公路实施。

分期修建的要求可有效减少近期工程投资成本。在对互通式立交形式进行比选时,有关经济指标的比较往往仅局限于不同方案投资成本的比较。其实为了选择出最有价值的方案,在对相关指标进行估算的基础上,对不同方案做出较为全面的效益/成本比的分析和比较相当必要。

互通式立交的效益主要指相对于其他方案所减少的一些费用,包括减少延误损失费、减少车辆运营费用和事故减少的费用等。互通式立交的成本包括工程造价和用地费用,以及进一步的整个寿命期内的维护、修复和改建成本等等,亦即现代设计所提倡的全寿命周期成本。

3.4.3 匝道布局

在各种形式的互通式立交中,苜蓿叶互通的形式选择最具灵活性。按照交通量由大到小的次序,左转弯匝道可以采用内转弯半直连式、外转弯半直连式和环形。

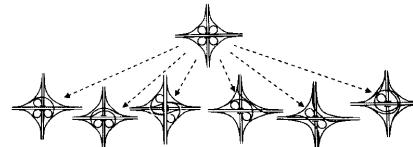


图3 苜蓿叶互通式立交可以演变成各种不同的形式

方案三、四均为混合型枢纽立交;方案三湛江往汕头左转弯匝道采用外转弯半直连式,两环形

匝道存在交织,不利于行车安全;方案四主流左转匝道采用内转弯半直连式,两环形匝道设置对角,不存在交织,更有利于行车。

根据坡头枢纽立交交通量的分布情况,湛江往汕头的左转弯匝道采用内转弯半直连式更为合适。

3.4.4 技术经济比较

表1 坡头互通立交各方案技术经济比较表

序号	指标名称	单位	方案一	方案二	方案三	方案四	备注
1	平面示意						
2	匝道设计车速 km/h		40、60	40、60	40、70	40、70	
3	匝道长度 m		4931(近期) 750(远期)	4814(近期) 1522(远期)	—	3520(近期) 3620(远期)	
4	最小平曲线半径 m		60	60	60	60	
5	匝道最大纵坡 %		3.50	3.5	3.5	3.5	
6	匝道桥梁 m/座		260/1(近期) 185/1(远期)	260/1(近期) 820/2(远期)	761/5(近期) 846/6(远期)	1120/4(近期) (远期)	2209/7 表中方 案三为 定性比 较方案, 仅列出 部分数 量。
7	匝道涵洞 道		4	4	2	2	
8	计价土石方 m ³		1553577(近期) 3402967(远期)	1474028(近期) 32027(远期)	—	916503(近期) 872964.5(远期)	
9	匝道防护排水工 程 m ³		1141.5(近期) 118.6(远期)	978(近期) 97(远期)	—	1864(近期) 2243(远期)	
10	占用土地 亩		713	708	765.8	726.5	
11	耕地 亩		256	265	126	123	
12	匝道路面 m ²		95814.4(近期) 3808(远期)	99069.4(近期) 3133(远期)	—	51245(近期) 19579(远期)	
13	匝道建安费 万元		9264.62(近期)	10011.42(近期)		12326.77(近期)	
14	推荐意见		比较	比较	定性	推荐	

综上所述,方案一和方案二对周边重要厂房基本无影响,拆迁小,占地规模小,工程造价低,收费站房集中,便于集中管理,方案四规模较大、拆迁较大、工程造价高,但方案四考虑了湛江市城市远期交通路网的规划,并作为交通性枢纽立交考虑,近期可以根据交通流的大小,合理组织交通,分期建设。推荐采用方案四。

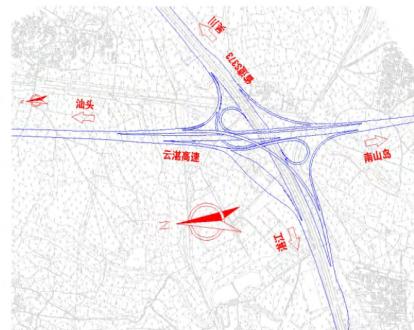


图4 坡头枢纽立交 推荐方案平面图



4 结语

互通立交的选择应充分考虑各方面影响因素,首先,根据相交公路、总出入交通量、收费要求等因素选定立交的基本类型;其次,根据现场条件、交通量分布、分期修建要求等因素考虑匝道布局,构思几个可比方案;再次,根据交通适应性、环境适应性、安全性、经济效益等因素综合比选,最终选定合理的立交形式。期望对类似项目立交方

案选择及设计提供参考。

参考文献:

- [1]JTG B01 – 2014,公路工程技术标准[S].
- [2]JTG D20 – 2006,公路路线设计规范[S].
- [3]JTG/T D21–2014,公路立体交叉设计细则[S].
- [4]新理念公路设计指南(2005版),交通部公路司[M].



浅析公路路线设计对路面排水优化的影响

尹健标

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,510507)

摘要:本文分析了由于公路路线设计不良导致的路面排水不畅带来的危害,并从公路路线设计角度提出了优化路面排水的方法,为今后类似工程的设计提供参考。

关键词:公路;路线设计;路面排水

随着我国公路里程的增加,公路建设过程中由于排水不畅或水损害所造成的经济损失和交通安全事故变得越来越严重,排水设计的重要性日益突出。

在公路工程设计中,通过加强路基路面排水措施、改善路面结构排水性能是路面排水设计的常规方法,但是从公路路线平、纵、横设计的角度来改善路面排水则能够更有效、更彻底地解决路面排水的问题。因此,研究公路路线设计对公路路面排水优化的影响具有重要意义。

1 常规路线设计对排水的影响

路线设计包括路线平面、纵断面、横断面及平纵组合设计^[1]。其中常规的可优化排水的设计主要从纵断面、横断面和平纵组合设计角度考虑^[2]。

1.1 纵断面设计

在纵断面设计中,应尽量满足排水的纵坡要求,采用不小于0.3%的纵坡,一般情况不小于0.5%,合成坡度不应小于0.5%,以保证路面排水畅通。

1.2 横断面设计

在横断面设计中,道路的横向坡度越大,路表雨水的排除就越顺畅,路基、路面的水毁可能性就越小。然而,由于路拱坡度所产生的水平分力会增加行车的不稳定性,增加侧向滑移的危险,同时也使乘客产生不适,因此,横坡确定应同时考虑排水和行驶稳定性,不设超高的一般路段采用2%~2.5%的路拱横坡。

1.3 平纵组合设计

在平纵组合设计中^[3],应尽量做到平曲线与竖曲线完全对应,采用“平”包“纵”组合能较好地满

足路面排水的要求。如果平曲线与竖曲线完全对应,则圆曲线段与竖曲线的底部(顶部)对应,而圆曲线上存在的超高有较大的横向坡度,有利于路面排水。当平曲线与竖曲线错开时,要避免竖曲线的顶点位于平曲线的缓和曲线上,特别要避免位于超高过渡的零坡断面处。

2 路线设计造成排水不良影响的案例分析

在进行公路路线设计时,受到地形和结构物(桥梁、隧道等)的制约,难以避免地会出现小于1%的缓坡路段。虽然《公路路线设计规范》^[4]第8.2.3条规定“公路的纵坡不宜小于0.3%”,意味着只要纵坡大于0.3%是允许的,但是从实际工程案例中可发现,在0.3%~0.8%这些缓坡路段,经常出现排水不畅导致交通事故频发的交通黑点^[5]。

以广东某山区高速公路为例,该公路通车一年多,有几处固定路段在雨季时交通事故频发。经排查肇事原因,均为路面积水引起的车辆滑移导致的。核查原设计图纸,发现事故频发点均位于小纵坡路段。

表1 事故频发路段一览表

序号	起止桩号	方向	长度	路段半径	路段纵坡	超高变化	备注
1	K157+640~K157+810	左行	170	2000	-0.50%	超高从0变为+3%	
2	K211+955~K212+155	右行	200	1400	-0.55%	超高从0变为+5%	
3	K213+405~K213+685	右行	280	1400	0.66%	超高从+5%凹曲变为-2%线上	
4	K213+405~K213+532	左行	127	1400	0.66%	超高从-5%凹曲变为-2%线上	



由表1可知,事故路段均为纵坡小于1%的路段,且位于超高横坡变化范围。

下图为表1中K157+640~K157+810路段的纵断面设计图。该路段纵坡为-0.5%,中分带的高程是逐渐下降的;左幅的超高横坡在该路段则由0变为+3%,行车道外侧的高程相对中分带是逐渐上升的。

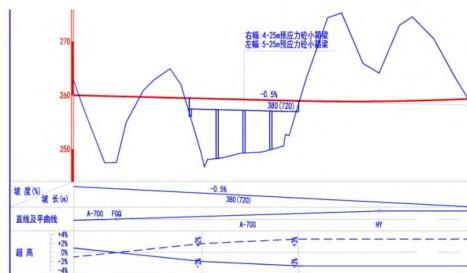


图1 事故频发路段纵断面设计图

对中分带处高程与行车道外侧的高程进行实地测量,得到以下高程数据图。

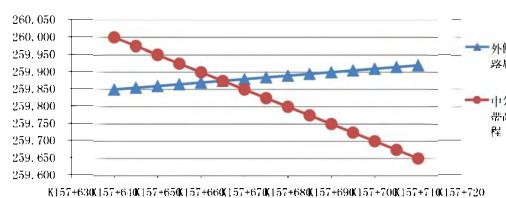


图2 事故频发路段实测高程数据图

由图2可知,中分带的高程是随-0.5%的纵坡逐渐下降的,而行车道外侧路肩的高程随着横坡的增大而逐渐上抬,超高上抬趋势大于纵坡下降,此时纵坡与超高渐变的高程叠加后,将形成合成纵坡为0的排水不畅带。同理,当纵坡逐渐上抬的,而行车道外侧路肩的高程随着横坡的减小而逐渐下降,超高下降趋势大于纵坡上抬时,同样也会形成合成纵坡为0的排水不畅带。表1中的交通黑点路段均属于此类排水不畅路段。

由于此类排水不畅路段是路线的平面、纵面几何设计造成,工程竣工后难以进行纠正,通过加强路面排水措施也很难纠正排水不畅情况,只能通过交通安全标志进行提醒与引导以避免事故的频繁发生。因此,在设计阶段应尽量避免在超高过渡段上设置缓坡。

3 路线设计改善排水不畅路段的设计案例

广东沿海地势平坦,部分地区取土困难,在进

行公路设计时会采用低路堤设计,以控制填土高度、减少土方与用地,响应“绿色公路”中设计期“降低路堤,集约节约”的号召。

采用低路堤设计将不可避免地大量采用1%以下的纵坡,因此将不可避免地在缓和曲线上设置缓坡。以下湛江地区某高速公路设计案例中,设计人员通过在缓和曲线上设置不同方向的小纵坡,进行方案对比后,较好地避免了排水不畅路段的出现。

3.1 设计路段概况

该高速K27+000至K27+500段所在地形起伏较小,受涵洞与桥梁结构物限制,同时也为了降低填方高度,该路段原设计采用了纵坡-0.5%的缓坡路段,后接纵坡为2%,其中K27+200至K27+360段位于平面圆曲线的缓和曲线上,缓和曲线上设置了超高过渡段,超高由-2%渐变至+2%,如图3所示。显然该原设计的左幅路段为典型的在超高过渡段上设置缓坡的排水不畅设计,且凹曲线最低点接近超高过渡段,进一步加剧了排水不畅的情况。

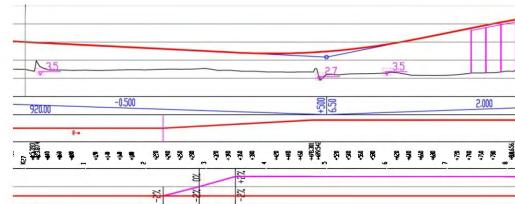


图3 原纵面设计图

3.2 设计方案比选

由于平面线形无调整余地,因此设计从调整纵面的角度提出两个方案进行优化设计。

方案一为改变该路段的纵坡方向,增设一变坡点于K27+100处,并把原K27+500的变坡点移至K27+660,保持后面桥梁段的纵坡2%不变,在K27+100至K27+660路段形成+0.4%的缓坡。该方案填土高度平均增加了约0.68m。

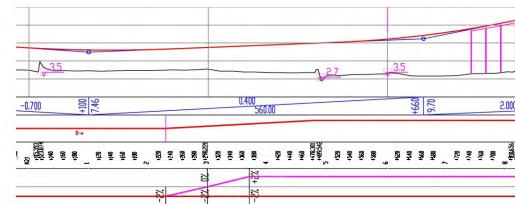


图4 方案一纵面设计图

方案二为把原K27+500的变坡点移至K27+540,使凹曲线最低点远离超高过渡段,同时保持

变坡点前后的纵坡为-0.5%和2%不变。该方案填土高度平均增加了约0.32m。

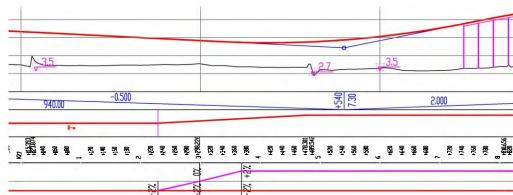


图5 方案二纵面设计图

对上述两方案的左幅路面高程进行等高线描绘可知:方案一在缓和曲线上设置了+0.4%的缓坡,虽然其坡率比原设计的-0.5%更缓,但由于超高与纵坡均为上抬趋势,两者是正叠加,因此路面高程呈均匀上升,无排水不畅路段(见图6);方案二改移变坡点后凹曲线最低点远离超高过渡段,但-0.5%的缓坡仍处于超高渐变段上,且两者为互相叠加抵消,导致路拱横坡为0%的路段附近路面高程变化较小,靠近外侧路肩处出现了积水路段(见图7)。因此,方案一虽然抬高了路基填土高度,增加了一定的工程量,但保证了路面排水,避免了公路建成后出现积水路段,从交通安全和后期维护的角度来说,具有较高的社会经济效益。

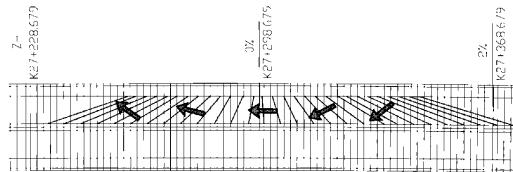


图6 方案一路面等高线图

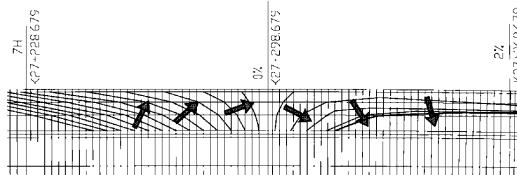


图7 方案二路面等高线图

综上所述,当在超高过渡段上不可避免设置缓坡时,可通过改变纵坡方向,使纵坡与超高渐变的上抬或下降趋势一致,可保证路面排水通畅,避免路面积水。

4 结语

路基路面排水设计除了常规的加强路基路面排水措施、改善路面结构排水性能外,通过路线平、纵、横设计的角度改善路面排水更能彻底有效地解决路面排水的问题,且能防患于未然。因此,在保证公路路线设计满足规范的同时,应对疑排水不畅路段提出不同的路线设计方案进行详细比选,特别针对位于超高渐变段上的缓坡路段,应采取纵坡与超高渐变的上抬或下降趋势一致的设计,以保证路面排水顺畅,在设计阶段杜绝公路建成后积水路段的出现,提高公路的使用年限,确保运营期间的交通行驶安全。

参考文献:

- [1] 张雨化.道路勘测设计[M].北京:人民交通出版社,1999.
- [2] 刘俊宝.公路设计因素对交通安全的影响研究[D].长安大学硕士学位论文,2002.3.
- [3] 潘兵宏,赵一飞.基于路面排水要求的公路几何设计[J].中南公路工程,2005.9:109-112.
- [4] JTGD20-2006,公路路线设计规范[S].北京:人民交通出版社,2006.
- [5] 邹健.浅论道路线形设计对交通安全的影响及改善措施[J].公路,2002.6:42-47.
- [6] JTJB01-2014,公路工程技术标准[S].北京:人民交通出版社,2014.



浅谈软土路段下沉式隧道的地基处理

李 刨

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司)

摘要:本文对隧道地基处理的原则、影响因素进行介绍,针对下沉式隧道不同的开挖深度、基底地质条件及抗浮设计,所采用不同的处理方案进行论述,供其他类似项目参考。

关键词:下沉式隧道;地基处理;设计;施工

1 概述

近年,随着社会经济的发展,在城区公路及城市快速路在新建或快速化改造中,交叉节点的下沉式隧道方案以其景观效果好、对周边地块开发影响小的优势,得到广泛采用。下沉式隧道由于其建设功能、自身结构安全及所处的地下特殊位置,对地基整体强度及稳定性有较高的要求。在软土路基上修筑下沉式隧道,当地基承载力或沉降不能满足设计要求时,须对基底土层进行加固处理,使其达到设计要求。

本文对隧道地基处理的原则、影响因素进行介绍,针对下沉式隧道不同的开挖深度、基底地质条件及抗浮设计,所采用不同的处理方案进行论述,供其他类似项目参考。

2 下沉式隧道地基处理的要求及影响因素分析

2.1 地基处理原理

地基在路基填方、构造物、交通荷载作用下,产生附加应力引起沉降。为满足工后沉降或构造物承载力要求,需对地基进行处理。

而对于下沉式隧道地基,主要考虑隧道闭合框架或U型槽结构自重与开挖置换土体重力的对比,即重点研究隧道开挖后附加应力的增减,确定地基处理方案。

处理后,应满足:

- (1)、满足隧道结构的承载力要求;
- (2)、隧道均匀沉降的要求:不同开挖深度隧道节段之间的差异沉降(1‰)及隧道与引道路基

过渡沉降小于5cm。

2.2 下沉式隧道地基处理的影响因素

2.2.1 不同开挖深度对隧道地基处理的影响

1、开挖深度较浅,隧道结构自重(W) > 置换土体重力(q)时

隧道基底将产生新的附加应力。尤其是原始地貌新建工程,需对基底进行处理,满足承载力及沉降要求;

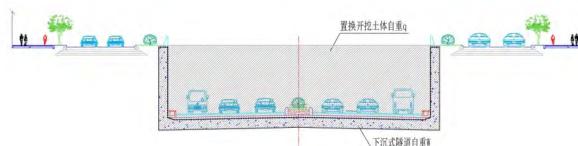
2、开挖深度较深,隧道结构自重(W) < 置换土体重力(q)时

理论上基底不会产生新的附加应力,但还需根据基底地质条件确定是否处理。

a:若基底地质较好,则进行适当换填,满足工作面需求即可;

b:若基底为软土(淤泥、淤泥质类),承载力极低,不满足施工工作面需求,

亦须进行加固处理。



下沉式隧道附加应力计算简图

2.2.2 隧道抗浮方案对隧道地基处理的影响

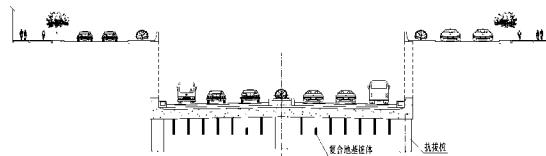
下沉式隧道开挖深度较大、临近闭口段的U型开口段,由于地下水位作用,浮力大于结构自重,隧道结构底应设置抗浮设施,确保结构稳定。

抗浮方案一般包括:抗浮桩、抗浮锚杆及结构自重结合压重层的方案。

1、隧道采用抗浮桩方案



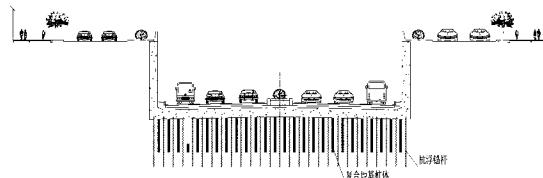
抗浮桩属刚性支撑，在满足结构抗浮的同时，亦可同时满足承载需求。且抗浮桩先行施工，基坑开挖后，施工隧道底板成型后可结合抗浮桩承载。故采用抗浮桩抗浮，地基处理只要满足隧道底板承载力及施工工作面即可。



抗拔桩抗浮 隧道的地基处理图式

2、隧道采用抗浮锚杆方案

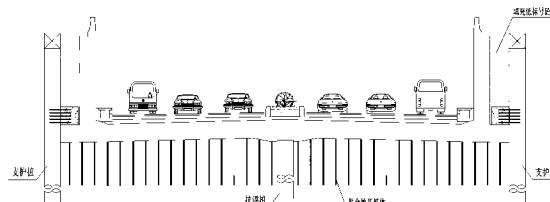
抗浮锚杆属多点弹性纯受拉体系，不提供承载能力，需配以较强的地基处理。



锚杆抗浮 隧道的地基处理图式

③隧道采用结构自重结合压重层的抗浮方案

该种方案采用加大隧道底板结构厚度或设置压重层，并通过支护桩与底板设置牛腿植筋连接抵抗浮力，该种方案应配以较强的地基处理。



自重抗浮隧道的地基处理图式

2.2.3 隧道地基处理方案对基坑支护的影响

隧道地基处理与常规路基处理不同在于：不仅需考虑承载力要求，还需适当考虑地基处理后，对基坑内土的有一定的横向加固作用，以适当优化支护体系。

水泥搅拌桩或旋喷桩(注浆)，对地基土有较好的加固作用，而CFG桩及预制管桩，因其桩间距较大，且为刚形状，对地基土的横向加固作用较弱。

3 下沉式隧道地基处理的方案选择

3.1 地基处理的理论计算

(1)、下沉式隧道基底附加应力计算

实际应用中，仅考虑隧道结构自重，不考虑开挖土体自重。

$$F(\text{隧道基底应力}) = W(\text{结构自重}) / A(\text{隧道底板面积})$$

(2)、复合地基承载力计算

下沉式隧道底板均匀受力，一般要求复合地基承载力满足即可。

$$\text{复合地基承载力: } f_{sp,k} = m \times R_k / A_p + \beta \times (1-m) \times f_{s,k}$$

其中， m 为置换率， R_k 为单桩承载力， A_p 为桩截面积， β 为桩间土发挥系数， $f_{s,k}$ 为天然地基承载力；

单桩承载力计算：

按桩强度计算： $R_k = \mu \times f_{cu} \times A_p$, μ 桩身强度折减系数， f_{cu} 为桩体抗压强度；

按桩体受力体系计算： $R_k = q_s \times U_p \times L + \alpha \times A_p \times q_p$, q_s 桩周平均摩阻力， U_p 桩周长， L 为桩长， α 为桩端承载力折减系数， q_p 为桩端承载力

当复合地基承载力($f_{sp,k}$) > $W(\text{结构自重}) / B$ (隧道底板宽度)时，即满足隧道承载力要求。

3.2 地基处理方案介绍

目前，常规的地基处理方法有排水固结法、换填法、复合地基处理法等。

复合地基处理一般包括水泥搅拌桩、CFG 柱及预制管桩等。实践表明，在施工质量控制较好的情况下，复合地基处理效果较好，基本能满足工程需要，适用于各类隧道工程的地基处理。按处理深度考虑，可采用悬浮桩或穿透软土层。另，在施工空间受限路段亦可采用高压旋喷桩。

3.3 地基处理方案的选择

在下沉式隧道地基处理设计中，应根据开挖深度和基底土的性质，结合抗浮设计，采用不同地基加固方法。同时要注意地下水的影响，做到安全适用，确保质量、经济合理，技术先进。



地基处理方案比较一览表

处理方案	排水固结	换填	水泥搅拌桩	CFG 桩	管桩
加固机理及工艺	结合堆载预压加 速排水沉降、稳定	换填透水性好、强 度较高的材料	拌入水泥浆形成原状 土桩	分为振动沉管(挤密型)或 长螺旋施工(置换型)	分为锤击法或静压 法施工,挤密型桩
优点	1、工艺成熟。 2、造价低。 3、处理深度较大	1、工期短; 2、造价低;	1、工艺简单; 2、可有效提高承载力 及减小沉降; 3、工期短; 4、造价较低;	1、成桩可控; 2、承载力提高及减小沉降 效果显著	1、质量可控; 2、检测方便; 3、承载能力强;
缺点	1、堆载工期长; 2、需大量的堆载 土方; 3、承载力提高有 限;	1、处理深度有限; 2、导致大量的废弃 方;	1、含水量大、含有机 质时,成桩困难。	1、造价较高; 2、易断桩; 3、振动沉管施工噪音大;长 螺旋施工导致大量废弃土。 4、桩顶托板施工工期长;	1、造价高; 2、机械占地大; 3、桩顶托板施工工 期长;
适用性	不适用隧道地基 处理	考虑换填越深,对 基坑支护要求越 高,一般适用于基 底换填深度小于 1.5m	1、用于15m内的处理 深度。 2、基坑边缘适当加密 桩距,可有效加固基 坑内土	1、用于20m内的处理深度。 2、桩距较大,对基坑内土加 固不明显,需加强基坑支护	1、用于40m内的处 理深度。 2、桩距较大,对基坑 内土加固不明显,需 加强基坑支护

另外,还需适当考虑地基处理后,对基坑内土的有一定的横向加固作用,以适当优化支护体系。原则上处理深度满足的情况下,优先选用水泥搅拌桩处理。

(1)、基底软弱土层深度小于1.5m时

若软土下卧层较好,满足承载力要求,则采用换填上层软土处理。但须考虑换填处理临时增加了基坑的深度,应适当加强基坑支护措施。

若软土下卧层地质一般,不满足承载力要求,推荐采用水泥搅拌桩短桩加固基底。

(2)、基底软弱土层深度大于1.5m时

①抗浮桩抗浮段

推荐采用浅层复合地基处理方法(悬浮型或穿透型)。处理深度小于15m采用水泥搅拌桩穿透处理;处理深度大于15m时,采用悬浮、加密的水泥搅拌桩处理。

②其他路段

应采用穿透型复合地基处理,常规的搅拌桩、CFG 桩、管桩即可,根据处理深度选取。

4 结语

本文通过对下沉式隧道地基处理原则、影响因素及处理方案进行综合论述后,阐明以下几个论点:

(1)、理论上,下沉式隧道基底附加应力为结构自重扣减置换土体重力。实际应用中,①隧道基坑开挖后,层状土体应力释放,实际上仍以基底原状土体承载隧道结构;②降水施工后,地下水位恢复需1年左右,且后期因季节转换,地下水位经常发生变化,水位浮力不连续。考虑隧道工程为永久地下结构,从安全角度考虑,建议不考虑置换土体重力因素。

(2)、隧道基底复合地基方案,结合地基条件、处理深度,可选用水泥搅拌桩、CFG 桩、预制管桩等。结合基坑支护考虑,处理深度满足时,优先选用水泥搅拌桩。

(3)、采用抗浮桩抗浮时,因其先行施工,可提供承载。实际工程中,隧道地基处理只要满足隧道底板承载力及施工工作面即可。根据地质情况可用换填法或浅层复合地基处理,基底软土较深时,可采用悬浮型水泥搅拌桩处理。

参考文献:

- 1、《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011。
- 2、《公路软土地基路堤设计规范》DB33/T 904-2013。
- 3、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63-2007
- 4、《土力学及地基基础》丁金粟.虞石民.刘彦生 清华大学出版社



考虑强降雨影响的路堑边坡稳定性分析

张金平

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

摘要:由于突发性强降雨,佛山市广明高速公路西樵至更楼段,路堑右侧边坡发生滑坡病害。针对此工程问题,本文通过开展工程地质及水文地质调绘、钻探、水文观测等勘察工作,查明了滑坡的工程地质条件及其基本特征。进一步开展了一系列原位测试(标准贯入试验、动力触探试验)及室内试验,全面掌握滑坡土体的物理状态特征及其强度、变形指标值,并分析滑坡产生的原因。所得数据成果可以为相似工况的设计及施工提供参考。

关键词:边坡工程;现场勘测;降雨;强度;变形

长期以来,公路边坡是公路灾害中最脆弱和敏感的部位,成为治理的难点和重点,一直是业内广大工程师及学者研究的焦点^[1-6]。总体而言,由于边坡稳定性问题受到土质、地质、水文、设计和施工等诸多因素的影响,单一依靠理论计算指导设计施工尚不能完全满足边坡长期稳定性要求,边坡失稳滑动的事故仍时有报道^[7-9]。从这个角度考虑,有必要通过对失稳边坡开展全面勘察调研,分析边坡失稳内在机理,总结边坡失稳案例积累丰富经验,来辅助边坡设计与施工。

佛山市广明高速公路西樵至更楼段SG1标段K40+060~K40+400路堑右侧一5级边坡,受超强台风“彩虹”特大暴雨影响,整体发生严重变形:边坡左侧一级坡脚出现剪出变形,局部出现裂缝,一级边沟变形;边坡右侧一、二、三级边坡已发育严重错台下滑,滑动后壁错台陡壁高度最大达2.5m;一级坡脚挡墙、边沟完全损毁,坡脚已在道路防撞栏处剪出,构成典型的滑坡形态。

事故发生后,对病害边坡坡体本身及其一定范围内进行了详尽的现场勘查及试验,采用现场及理论公式确定了边坡滑动面,并分析此类土质路堑边坡滑塌原因进行分析。

1 滑坡体工程地质概况

1.1 地形地貌

滑坡所在山体地貌单元属构造剥蚀低缓丘陵,地形起伏较大,标高26.38~90.97m,山体高差

达65m。K40+280~K40+380滑坡处于山体前缘,属于K39+873~K40+425段边坡的一部分,最大坡高约45m,为5级坡。滑体标高24.45~51.06m,高差26.61m,为原边坡路面至堑顶,坡度角在30°~45°之间,地表为护坡草皮。

1.2 地质构造

区内内地质构造主要为北东向恩平—新丰褶断构造带和北北西向西江断裂带。此外,根据测绘结果,发现在坡体范围发育多条小型断裂:①走向约311°,带宽10~15m,构造挤压严重,岩体破碎,见断层泥;②断层破碎带,倾向341°,带宽10~20m,构造挤压严重,炭化泥化现象明显,破碎带呈夹灰黑色、灰黄色;③走向北西,倾向东南,带宽约30m,破碎带岩体破碎,碎裂结构明显,地表水容易沿构造破碎带下渗。对有露头的岩层进行了岩体节理裂隙调查,所测得的节理裂隙发育情况绘制节理倾向玫瑰花图及赤平投影图分别如图1及图2所示。

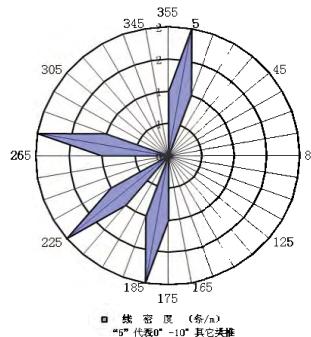


图1 节理倾向玫瑰花图

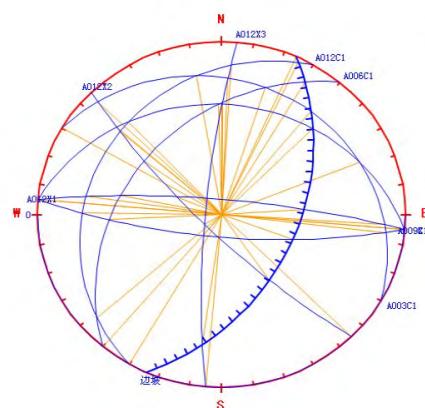


图2 赤平投影图

可以看出,节理裂隙总体倾向西南,层面倾向北西、北东,相对于开挖坡面为有利结构面,对塌滑体的稳定性影响较小;而A009X1与A012X1交线与滑坡倾向基本一致,倾角较滑坡面倾角小,相对于滑坡为不利结构面。

1.3 地层岩性

根据野外地质调查,边坡区内按其工程地质特征分为5层,分述如下:

(1)素填土(Q^m):灰褐色,稍湿,由碎石土铺切而成,边坡台阶处零星分布,厚0.90m。地层编号为1-1。

(2)粉质粘土(Q^d):黄褐色,稍湿,硬塑,坡积成因。层厚不均匀,最薄处为0.90m,最厚处为4.80m,平均厚度约为2.36m。地层编号为10。

(3)粉质粘土(Q^e):4.2~7.0m灰黑色,7.0~14.0m灰褐色,稍湿,硬塑,残积成因,全场地分布;层厚不均匀,最薄处为2.20m,最厚处为15.20m,平均厚度约为6.15m。地层编号为11-1_1。

(4)全风化变质粉砂岩(D_3):黄褐色,岩石风化完全,呈坚硬土状,手捏易散,遇水软化易散,全场地分布;最薄处为1.70m,最厚处为11.00m,平均厚度约为4.65m。地层编号为12a_27。

(5)强风化变质粉砂岩(D_3):灰褐色,岩质极软,岩芯呈半岩半土状,手折可断,遇水软化,全场地分布;层厚不均匀,最薄处为2.20m,最厚处为36.90m,平均厚度约为21.11m,地层编号为12b_27。

1.4 水文地质条件

区内气候较温和,雨量充沛,山体范围内地下水类型为第四系松散层潜水及基岩裂隙水,松散

层潜水主要分布在第四系坡残积粉质粘土中,赋水量较少;基岩裂隙水主要分布在泥盆系全~中风化变质砂岩裂隙中,赋水量较少,受裂隙控制而分布不均。地下水主要受大气降雨补给,以侧向径流由坡顶向坡脚、向沟谷排泄。外业勘察期间,属旱季,仅个别钻孔探得稳定水位标高约为15.5m。

1.5 气象

广明高速公路西樵至更楼段位于北回归线以南,属南亚热带季风海洋性气候,温湿多雨,夏无暴暑,冬无严寒,四季草木常青。年均降水量1702mm,最大降雨量可达2000mm。雨季一般在3月份开始,结束期在10月份,雨季长达半年多。其中5~8月雨量最多,占全年降水量的80%左右。年蒸发量在1400~1600mm,潮湿系数大于1。

综上所述,该边坡地质为典型的人工开挖形成的土质路堑边坡,特别是对于山区、丘陵地区的浅层松散土体,这种明挖施工方法在高速公路及铁路工程中极为常见。

2 滑坡基本特征

2.1 滑坡规模

滑坡边界的判定主要以滑坡的后缘错落、两侧的裂缝及滑坡前缘的隆起剪出等一系列变形特征和微地貌特征为依据。滑坡平面形态总体呈鸭梨状,主滑方向为114°,前缘高程约25m,后缘高程51.99m,相对高差26.99m,总体坡度角35~40°。滑坡纵向长约63m,前部宽约95m,后缘宽约38m,中部宽约78m,圈定的滑坡体面积约4663m²。滑体最大厚度约12.0m,平均厚度约10m,滑坡总方量约4.663万m³。

2.2 滑坡形态特征

滑坡前缘产生大量的扇形裂隙和鼓胀裂隙,在边坡坡面可见剪出口隆起,两侧及后缘均出现较大的下错,滑坡体中前部出现大量的裂缝,前缘剪出口出现了明显的隆起。综合以上分析,本段山体滑坡为典型的牵引式小型土体滑坡。

另外,对滑坡周界以外100~200m进行了详细地质调绘,结合现有资料分析,滑坡体后缘周界30m开外,地表未见裂隙产生,但地形开始变陡,自然坡度角介于30~35°,整体处于稳定状态。



2.3 潜在滑面特征

一般情况下,在钻探过程中,以以下两种情况来判断滑动带位置:钻探过程中出现钻进加快、塌孔及漏水等异常位置;岩芯土体松散、层位变化、粘性土含量较高,含水量明显偏高等位置。本滑坡滑动面的确定,除了考虑以上钻探过程中变化情况外,还考虑了地层分布发育情况、滑坡周界特征来综合判定。

3 滑坡岩土体物理力学性质

本次调查进一步对滑坡本身内及其周边一

定空间范围内所得土体开展了原位和室内试验,全面掌握边坡土体基本的物理力学特性及其参数,具体如下:

3.1 滑体土及滑床土

根据前一阶段勘察结果,在不同土层及同一土层不同平面位置取样,开展了土体物理状态测试、原位测试、直剪试验和固结试验测得土体基本强度及变形关键参数。为减少随机误差的影响,每一参数测定样本量均不少于6个。所得成果分别如表1、表2所示。

表1 各岩土层物理力学指标(76g锥常规试验)

土层	w %	ρ g/cm ³	Gs	e	W _L %	W _P %	c kPa	ϕ 度	a MPa ⁻¹	E MPa
11-1_1	36.5	1.73	2.69	1.13	43.0	27.7	14.3	24.1	0.527	4.11
12a_27	33.3	1.77	2.69	1.05	42.9	27.0	5.3	29.5	0.513	4.09
12b_27	28.0	1.76	2.69	0.96	43.3	27.0	3.8	26.1	0.455	4.82

表2 各岩土层物理力学指标(100g锥试验)

土层	w %	ρ g/cm ³	Gs	e	W _L %	W _P %	c kPa	ϕ 度	自由 膨胀率
11-1_1	34.4	1.87	2.70	0.95	49.4	27.2	15.5	20.9	48.3
12a_27	36.9	1.78	2.69	1.07	49.5	27.4	4.6	28.9	24.4
12b_27	30.3	1.85	2.68	0.99	45.9	26.6	5.0	26.5	2.0

可以看出,11-1_1层土体类型为典型的粉质粘土,12a_27层为全风化变质砂岩,局部分布的高液限土略具膨胀性。

3.2 滑带土

滑动带是整个坡体强度最薄弱的部分,确定该部分土体的关键力学参数对评价整个边坡稳定性及其预测其发展趋势起着决定性的作用。由于滑坡仍处于蠕动变形状态,滑动带并不明显且厚度薄与滑体土差异性不大,滑带土故难以精确鉴别,在钻孔中不易获取。因此,笔者首先利用目前得到广泛应用的毕肖普强度折减法,对滑坡稳定性进行反演计算,确定滑动带的大致范围;进一步通过大量取样并开展多组土工试验获取滑带土力学性质。最终所得关键性指标如表3所示,滑动带如图3所示。

表3 滑带附近土体抗剪强度指标统计

天然土(安全系数1.0)		饱水(安全系数0.90)	
C(kPa)	φ (°)	C(kPa)	φ (°)
10.0	12.43	9	11.4

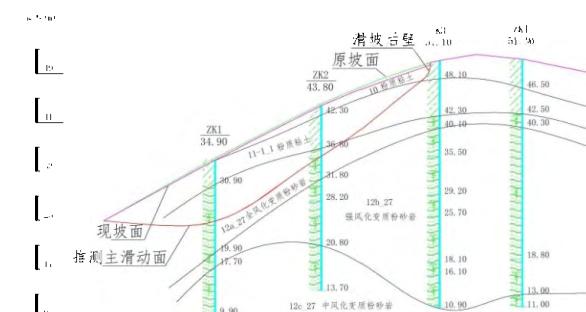


图3 K40+330主滑动面工程地质横断面

4 滑坡成因分析

4.1 地层岩性

构成坡体的岩层主要上部为第四系松散层—残积粉质粘土,下部为全~强风化变质砂岩,风化强烈呈半岩半土状,强度极低。存在的第四系松散层及全风化层其渗水性较好,且残积粉质粘土、全风化变质砂岩局部存在高液限土下部的强风化岩渗透性较小。残积粉质粘土、全风化变质砂岩遇水抗剪强度大大降低,容易产生滑坡。



4.2 地质构造

滑坡体处于恩平-新丰断裂带及西江断裂带附近,滑坡体范围发育多条小型断裂,构造挤压严重,岩体破碎,炭化泥化现象明显,破碎带呈灰黑色、灰黄色,雨水容易沿构造破碎带下渗,会降低岩层抗剪强度,不利于坡体稳定。

4.3 地形地貌

滑坡地处山体中前部平缓位置,坡度角约35°,其上部较陡,自然坡度角达40~45°,上部为强风化基岩出露,利于基岩风化剥落。

4.4 雨水的作用

滑坡所处较缓地形,坡体后缘设置截水沟,坡体小里程及大里程截水沟外侧均为沟谷负地形,不利于地表雨水的径流。特大暴雨期雨水透过较厚的残积层及全风化层下渗,使得滑体之残积层及全风化层具有较高的含水率。下伏滑床主要为强风化变质砂岩,其界面属滞水面,经常间歇性的雨水下渗作用使滑带土体软化、层间结合力变差、抗剪强度降低。

4.5 人类工程活动

坡体未开挖之前,处于稳定状态。当进行高路堑开挖后形成了临空面,即破坏了原来坡体平衡条件,为滑坡滑移提供了剪出空间。

综上,该路段山体滑坡的形成是地层岩性、地质构造、地下水及路堑开挖作用的结果。总体属于残积土、全风化层的滑体结构松散,有利于地下水的渗透和赋存;小型构造发育有利于雨水汇集、入渗;经常间歇性的雨水下渗作用使得滑带软化、抗剪强度降低;当在一定的条件下,如路堑边坡的开挖破坏了原来山体的平衡条件,当滑体下滑力大于滑面的粘阻力时,就开始逐渐形成了滑坡,滑坡总体处于蠕动状态。

5 结论

1、根据滑坡周界、形态及变形特征综合判定,滑坡运移方式为牵引式,属全风化层滑坡,主滑动方向约为114°,主滑坡周界面积约为4663m²,平均埋深约10m,滑坡方量约4.663万m³。

2、本次滑坡主要原因是:滑坡体自身结构松散,在雨水汇集、入渗作用下土体自身抗滑能力下降;超强台风“彩虹”特大暴雨是滑坡产生的主要诱因。主要外因是路堑开挖破坏了原坡体的平衡条件,为滑坡滑动提供的剪出空间。

3、根据现场试验,并结合理论反算结果,建议滑面土体天然状态下取重度 $\gamma = 20\text{kN/m}^3$ 、粘聚力 $C=10.0\text{ kPa}$ 、内摩擦角 $\varphi=12.4^\circ$;滑面在饱水状态下取重度 $\gamma_{sat}=22\text{kN/m}^3$ 、粘聚力 $C=9.0\text{ kPa}$ 、内摩擦角 $\varphi=11.4^\circ$ 。

4、进一步研究工作可以对此典型土质滑坡服变形发展规律展开长期监测,获取边坡劣化变形的发生发展规律,掌握实际边坡工程变形的第一手资料。

参考文献:

- [1] 沈水进,孙红月,尚岳全,等.降雨作用下路堤边坡的冲刷-渗透耦合分析[J].岩石力学与工程学报,2011,30(12):2456-2462.
- [2] 宋娅芬,陈从新,郑允,等.缓倾软硬岩互层边坡变形破坏机制模型试验研究[J].岩土力学,2015(2):487-494.
- [3] 张严,司光晔.基于可靠度理论的榆佳高速公路某堆积体边坡稳定性分析[J].公路,2013(6):44-49.
- [4] 胡勇军,柳厚祥,甘济平,等.基于模糊相似聚类神经网络模型的公路边坡稳定性分析[J].公路,2015(7):29-37.
- [5] 刘丽萍,王思长.公路高边坡抗震稳定性计算及监测分析[J].公路,2015(1):13-17.
- [6] 李文军,刘少文,贾春峰,等.黄土地区高速公路边坡土质特征试验研究[J].公路,2015(7).
- [7] 罗陵,刘层林.公路边坡稳定性快速评价研究[J].公路,2012(11):156-161.
- [8] 于国功.荣乌高速公路高边坡加固技术对策分析[J].公路,2015(9):61-65.
- [9] 虞兴福,周红武,张莉,等.公路高陡病害边坡的三次治理浅析[C]//中国岩石力学与工程学会2005年边坡、基坑与地下工程新技术新方法研讨会.2005:5619-5624.
- [10] 郭彪,李果,张发春,等.路基边坡支挡结构物大比例模型试验系统的开发[J].公路,2015(2):6-11.

高速公路全计重收费改造工程的分析

黄宇东

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

摘要:本文概述了广东省全计重收费实施的背景,分析了全计重收费系统的构成和工作原理,总结了实施计重收费改造对收费土建和收费系统的影响。

关键词:全计重收费;收费土建;收费系统

1 引言

广东省高速公路实施计重收费已有多年,前期实施的计重设备采用弯板(单/双)或石英(单/双)称台,计重精度为5级。(单/双)弯板、石英称台主要存在以下弊端:

(1)计重设备精度不高。弯板称台的精度度为5级,使用误差在 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$,计重结果存在较大的偏差,容易引起纠纷,影响通行效率,造成不良社会影响。

(2)车辆通过称台时容易作弊,造成少缴或漏缴通行费。车辆过称台常用的作弊方式有压边、走S型、跳称、冲称、刹称、用液压千斤顶改装车辆、垫钢板等,弯板和石英计重称台无法有效识别这些作弊方式。

针对目前计重收费存在的弊端,结合国内其他省份计重收费的开展情况,广东省交通运输厅进行了相关的调研工作,并经省政府批复同意在全省实施高速公路货车全计重收费工作,并颁布《广东省高速公路及其他封闭式收费公路货车全计重收费指导意见》,明确了货车全计重的相关改造技术方案。

全计重收费改造是一项与收费土建、收费系统密切相关的工程,本文针对全计重收费改造的特点,分析和总结了实施全计重收费改造对收费土建和收费系统的影响。

2 全计重收费系统构成及工作原理

2.1 全计重收费系统构成

全计重收费系统是一套安装在高速公路出口收费车道的称重系统,通过对通行车辆进行整车

或轴组称重,对载货车辆按计重收费方式收取通行费。其系统一般由红外线车辆分离器、称重传感器、轮胎识别器、线圈、称重控制器等设备组成,设备布设如图1所示。

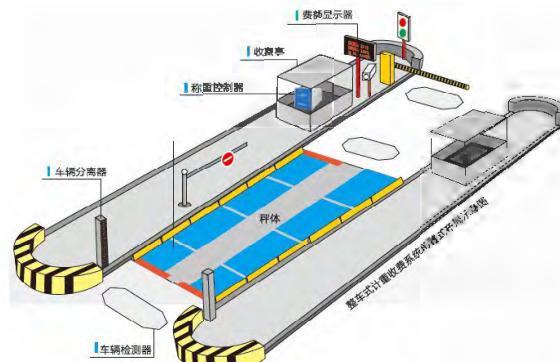


图1 (整车式)全计重收费系统设备布设

(1)称重传感器:主要完成车轴组及整车的称重、速度检测、轴型判断等工作。

(2)车辆分离器:用来进行车辆的分离及提供开始、结束等信号。

(3)轮胎识别器:主要用来检测通过车辆每轴的轮胎数。

(4)线圈:主要用来完成测速、倒车的检测,并与红外线车辆分离器一起对车辆以外的物体或人通过时进行判断,以减少对车辆判断的出错。

(5)称重控制器:处理来自于各传感器的信号、称重数据,把相关数据传送给收费计算机。

2.2 计重收费系统工作原理

系统的工作原理是当车辆进入收费车道时,车辆前部遮挡红外线车辆分离器,称重控制器启动称重传感器测量车辆的轴重;车辆轮轴通过称重传感器时,系统测量一个轴重数据。各轴车轮

均通过称重传感器后，系统记录了车辆轴组重。车辆完全通过红外线车辆分离器后，系统自动计算出车辆总重。同时，轮胎识别器检测出每轴每边轮胎个数并记录于系统中。称重控制器统计出通行车辆的轴数、轴(组)重、轮胎数等信息并上传到称重控制器，控制器自动计算车辆重量等信息，并上传至收费亭工控机显示。其工作流程如图2所示。

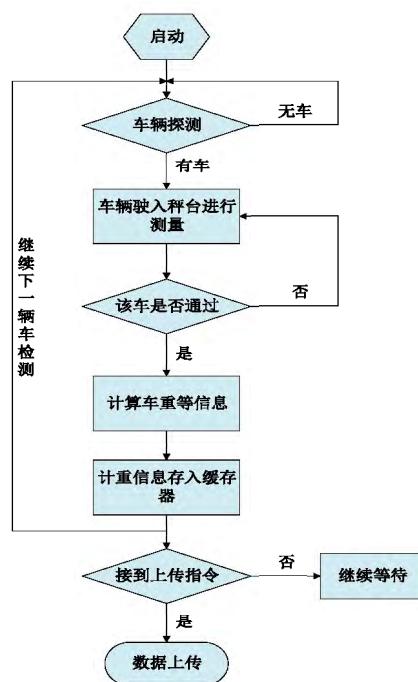


图2 计重收费系统工作流程

3 全计重收费改造对收费土建的影响

计重收费系统设备安装在收费站出口车道，根据相关的国家标准《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》规定，车辆最长为20m。为确保完整记录车辆的轴数、轴重等信息，出口侧收费岛需进行相应的改造，在收费岛上增设控制柜基础、光幕基础、手孔、接线井等设施，并预埋排水管以满足计重设备的排水要求。设备基础及管线预埋可参照图3所示。

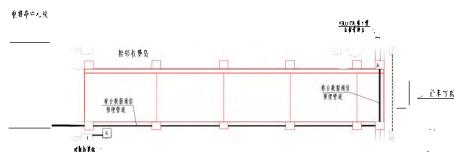


图3 设备基础及管线设计图(以整车式称台为例)

计重收费改造对收费土建的影响归纳起来主要有以下几点：

3.1 称台基坑设计

(1)基坑开挖：根据称台尺寸进行基坑开挖，称重平台两端与秤体相邻的板块应整体破除，破除长度为5m左右。将该区间浇筑为一个整体板块与称重平台基础相连。检修井位置与基坑同步进行开挖。开挖时应注意对横穿管道进行保护，避免对现有管线进行破坏。

(2)基坑预埋件埋设：预埋件在同一水平线。

(3)传感器埋件埋设：单个预埋件自身应水平，所有预埋件应在同一水平线。

(4)预埋管：基坑内检修井之间预埋管道。

(5)称台检修井：称台检修井个数与传感器基础对应，应满足称台检修、排水、清淤等功能。超宽车道外侧负重检修井需设置检修钢板，钢板的厚度及承载能力需满足荷载要求。

3.2 称台基坑排水设计

称台基坑排水主要包括以下三种方案：

(1)排水方案一

本方案适用于收费广场排水设施完善，排水边沟或边坡底部标高距路面标高大于一米的情况。此类收费广场计重称台基坑内部积水通过排水管排入边沟或边坡，排水管布设坡度大于1%。

(2)排水方案二

本方案适用于收费广场排水设施完善，排水边沟底部标高距路面标高小于一米的情况。此类情况对收费广场排水沟下水方向挖深至1米深后，超宽车道计重称台基坑内部积水通过排水检修井经Φ300 PVC 排水管排入边沟，排水管布设坡度大于1%。

(3)排水方案三

本方案适用于收费广场排水设施较差，无排水边沟的情况。此类情况在路侧开挖集水井，基坑积水排至集水井后，利用水泵抽水进行排水。

3.3 收费岛改造设计

(1)延长收费岛，使收费岛岛头至收费亭中心线的距离 $\geq 28m$ ；

(2)称重传感器离收费岛岛头的距离约6m；

(3)收费岛上预留1~2m的工艺缺口，以便制



作接线井和光幕基础；

(4)称重传感器安装区域的素混凝土板不得有横向纵向伸缩缝，板块平整度 $\pm 3\text{mm}$ 范围内，满足GB/T21296—2007对于路面的相关要求；

(5)收费岛立面标记和岛面铺装与原有收费岛面保持一致。

4 全计重收费改造对收费系统的影响

高速公路实施全计重收费，除了增加全计重收费设备和对现有的收费车道进行土建改造外，还必须对收费系统进行相应的改造，包括对硬件系统、应用软件及其他相关部分进行相应的设计调整和改造，使其适应全计重收费的要求。

4.1 收费系统硬件改造

实施全计重收费后，原有的收费系统需要对硬件设备进行相应的改造，涉及的内容包括计算机硬件系统、数据通讯、数据显示、收费员操作、设备供电等方面，归纳起来有以下几点：

(1)计算机硬件系统：主要考虑CPU数据处理能力、数据存储能力。当前，绝大部分的计算机仍能满足数据处理要求，由于增加全计重设备后增加了数据处理量，需要为系统配备有一定余量的数据存储设备。

(2)车道计算机：至少有一个空闲的RS232串口与全计重收费控制器进行数据通讯；

(3)费额显示器：增加总重和超重等显示信息；

(4)设备供电：估算每条车道计重设备的耗电量，当车道供电能力接近饱和时，供电回路需要进行扩容或为计重设备更换供电回路。

4.2 收费系统软件改造

实施全计重收费后，应对原有的联网收费软件进行改造，增加全计重收费的相关内容，主要包括以下内容：

括以下内容：

(1)车道级收费软件改造：在原有收费数据库的基础上添加计重收费数据，包括车辆的总重、轴数、轴型、轴重、总超限重等；出口车道收费软件应增加在收费员显示器和称重费额显示器上显示总重、超重、入口及收费金额等信息；视频图像上增加记录车辆总重和超重数据信息、客车/货车信息等；票据内容增加总重、超重等信息。

(2)站级/中心收费软件改造：系统参数表中增加计重收费费率表、超限超载费率表、超限超载认定标准等；对超限超载车辆进行监视和稽查；统计分析计重数据，设计各类计重汇总报表。

5 结束语

全计重收费实施是一项系统工程，在维持交通运营的情况下，全计重收费改造具有技术难度较大、交通组织和运营保障任务繁重等特点。因此，在实施全计重收费改造时，各收费站应根据本站的交通流量，合理安排工期，避开交通流量峰值，并提前进行告示，确保公路行车畅通和行车安全。

参考文献

- [1] 赵文文.珠三角区域高速公路计重收费改造方案.交通世界(运输车辆),第06期,2013年
- [2] 杜永生.高速公路货车不停车计重收费研究.中国交通信息化,第01期,2016年
- [3] 王砚萍.高速公路动静两用整车式称重系统.中国交通信息化,第06期,2016年
- [4] 胡非与,徐建闽.一种适用于货车的完全计重收费模型.广东公路交通,第21期总第303期,2011年
- [5] 王军,聂宏海.整车式称重系统在陕西高速公路计重收费中的应用与实践.交通标准化,第12期,2012年



悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥工程造价 编制的研究

刘惠云

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州510507)

摘要:文中以某工程设计的(70+120+70)m悬臂浇筑预应力混凝土连续箱桥为背景,根据设计资料对连续箱桥进行工程造价的分析探讨,获得了悬臂浇筑预应力混凝土连续箱桥的工程造价情况。本文的造价分析过程可以为其他同类型桥梁的工程造价编制提供参考借鉴。

关键词:悬臂浇筑;连续梁桥;工程造价

1 前言

随着桥梁事业的不断发展,悬臂浇筑施工法在我国已有成熟的经验,悬臂浇筑预应力混凝土连续桥得到飞跃发展,并成为当代桥梁建设中最基本上的桥型之一。悬臂浇筑施工法同样还可在混凝土连续刚构桥、斜拉桥和拱桥中应用。悬臂浇筑预应力混凝土连续桥的工程造价的编制,必须先了解悬臂浇筑预应力连续梁桥的特点、施工工艺和施工流程,然后根据设计资料对其进行工程造价的计算分析,这是对公路造价人员的最基本要求。

2 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的特点

预应力混凝土连续梁桥结构体系具有变形小,结构刚度好、行车平顺舒适,伸缩缝少,养护简易,抗震能力强等优点。而在20世纪50年代前,预应力混凝土连续梁虽是常被采用的一种体系,但跨径均在100m以下。当时主要采用满堂支架施工,费工费时,限制了它的发展。50年代后,预应力混凝土桥梁应用悬臂施工方法后,加速了它的发展步伐。在60年代,跨径100~200m范围内,悬臂浇筑法施工预应力混凝土连续梁桥几乎是大跨预应力混凝土梁桥中的优胜方案。其具有如下特点:

(1)预应力混凝土连续梁桥的结构受力状态有(2)作为无支架施工,有利于通航河流建桥、有利于深山峡谷之间建桥、有利于城市立交建桥,不

妨碍桥下净空,不影响桥下交通。

- (3)有利于节省施工费用,降低工程造价。
- (4)有利于施工作业,加快施工进度。
- (5)有利于变高度箱梁施工。

3 悬臂浇筑预应力混凝土连续桥在我国的发展

我国预应力混凝土连续梁桥在20世纪70年代首次应用于城市桥梁工程,1975年修建的河北通惠河桥(26.7+40.7+26.7)m为单室预应力混凝土连续梁桥,1985年修建的湖北沙洋汉江公路桥,其主跨布置为(63+6*111+63)m,全长大达到792m,从而进一步推动了预应力混凝土连续梁桥的发展,此后相继建成了湖北三峡乐天溪公路大桥、浙江钱江公路二桥、山西风陵渡黄河公路桥、江苏南京长江公路二桥北汊桥等一系列特大型公路桥梁。从我国已建成的大跨度预应力混凝土连续梁桥实践来看,大部分采用的是悬臂浇筑法施工,由此可见悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥在跨径60~150m范围内具有较强的生命力和竞争力。通过大量的工程实践,施工工艺在不断革新,施工质量在不断提高,如悬臂的作业循环周期不断缩短,施工效率和混凝土整体质量不断提高,在施工机具、挂篮设备、现浇技术等方面取得了很大的发展和进步。

4 悬臂浇筑预应力混凝土连续桥施工

4.1 悬浇梁体分段

悬臂浇筑施工时,梁体一般分为墩顶梁段、对称悬浇梁段、边跨现浇梁段和合龙梁段四大部分浇筑。墩顶梁段一般为0号块,如0号块顶空间不足拼装挂篮,则还包括1号块,长度一般在10m左右;对称悬浇段单个块段长度一般为2~5m,常见3~4m,每个节段的施工周期一般为7~10d左右;边跨现浇梁段一般为2~3个悬臂浇筑分段长,常见6~9m;合龙段长度一般为1~3.0m,常见1.5~2m。

4.2 一般悬浇程序

(1)首先搭设支架或托架浇筑0号块和1号块。对于预应力混凝土悬臂梁桥、连续梁桥,由于墩顶设置支座,墩梁为铰接状态,不能承受弯矩,需将0号块与桥墩临时固结以承受对称悬浇施工中的不平衡弯矩。对于T形刚构、连续刚构,墩梁本身固结,结构自身已有一定的抗弯能力,不必进行临时固结;若墩身无法抵抗悬浇过程中的不平衡弯矩,可增设临时支撑加强。

(2)在墩顶梁段拼接挂篮,两侧对称分段浇筑悬浇梁段。

(3)在悬浇梁段施工后,再施工边跨现浇段。

(4)悬浇段与边跨现浇段施工完成后,进行合龙施工与体系转换。合龙程序一般为先边跨、后次边跨,最后中跨,也有从一端向另一端主跨合龙、多跨同时合龙等其他合龙顺序。体系转换时,梁体由合龙前呈T形刚构、悬臂梁逐步转变为连续梁。根据梁体合龙顺序逐步解除临时锚固。

4.3 连续梁悬臂浇筑施工流程

0号块支架搭设、预压→0号块混凝土浇筑→0号块预应力钢束张拉→墩梁临时固结→组拼挂篮→挂篮预压→对称悬臂浇筑1号块→1号块预应力钢束张拉→前移就位→悬臂浇筑2号块→前移就位→悬臂浇筑3号块→……→边跨现浇段混凝土浇筑→边跨合龙→解除临时固结→中跨合龙。

5 悬臂浇筑预应力混凝土连续桥工程造价编制

以台城河特大桥主桥(70+120+70)m悬臂浇筑预应力混凝土连续箱桥(宽43.9m)为例,分析施工图预算的造价编制全过程。

5.1 悬浇连续箱梁工程数量(表1):

表1 悬浇连续箱梁工程数量表

名称	规格	单位	数量	名称	规格	单位	数量
混凝土	C55	m ³	10342.1		YMB15-3	套	1036
钢筋	HRB400	kg	2700761		YM15-9	套	128
钢绞线 (计量) f_{pk} 1860	$\phi^s 15.2$	kg	850321	张拉端锚具	YM15-12	套	72
钢绞线 (非计量) f_{pk} 1860	$\phi^s 15.2$	kg	29745		YM15-15	套	432
预应力定位钢筋	HRB400	kg	36093		YM15-17	套	728
预应力定位 防崩钢筋	HRB400	kg	12192		YM15-21	套	72
	60x19mm	m	21760	二次张拉端锚具	15-3G	套	5100
	SBG-50Y	m	26428		15P-3G	套	5100
塑料波纹管	SBG-80Y	m	2440	固定端挤压式锚具	YMPB15-3	套	1036
	SBG-85Y	m	2161	连接器	YMJ15-15	套	24
	SBG-90Y	m	33340		Q345c钢板 厚8mm	kg	1774
	SBG-120Y	m	2161	合龙劲性骨架	(Q345c钢板) 200x75x9	kg	5529



5.2 组价方案(表2):

表2 组价方案

序号	定额编号	定额名称	定额单位	工程量	取费类别	调整状态
1	4-6-10-1	支架现浇箱梁混凝土(非泵送)	10 m ³	77.252	11)技术复杂大桥	普C50-42.5-2,-10.2, 普C55-52.5-2,+10.2
2	4-9-3-9	满堂式轻型钢支架(墩台高8m内)	10m ²	26.400	13)钢材及钢结构	
3	4-11-1-2	场地需碾压	1000m ³	0.810	8)构造物 I	
4	2-1-1-15	机械铺碎石垫层厚15cm	1000m ²	0.810	7)其他路面	
5	2-2-17-3	轨道摊铺机铺筑混凝土厚15cm	1000m ³	0.810	6)高级路面	+4x-5, 普C30-32.5- 4,-153, 普C20-32.5-4, +153
6	4-6-11-1	连续梁0号块箱梁混凝土	10 m ³	254.846	11)技术复杂大桥	泵C50-42.5-2,-10.4, 泵C55-52.5-2,+10.4
7	4-6-11-2	连续梁悬浇段箱梁混凝土	10 m ³	702.112	11)技术复杂大桥	泵C50-42.5-2,-10.4, 泵C55-52.5-2,+10.4
8	4-7-31-6	悬浇挂篮	10t	148.434	13)钢材及钢结构	997量6156
9	4-7-31-6	0号块托架安拆	10t	121.520	13)钢材及钢结构	
10	4-9-6-1	支架预压	10 m ³	77.252	8)构造物 I	
11	4-11-11-12	混凝土搅拌站拌和(60m ³ /h内)	100 m ³	107.403	8)构造物 I	
12	4-11-11-20	6m ³ 内混凝土搅运车运1km	100 m ³	107.403	3)汽车运输	
13	4-6-10-4	现浇箱梁钢筋	1t	131.796	13)钢材及钢结构	111量0,112量1.025
14	4-6-11-5	0号块箱梁钢筋	1t	238.794	13)钢材及钢结构	111量0,112量1.025
15	4-6-11-6	悬浇段箱梁钢筋	1t	2330.171	13)钢材及钢结构	111量0,112量1.025
16	4-7-20-27	钢绞线束长40m内3孔4.009束/t	1t	880.066	13)钢材及钢结构	+28x-4.901
17	4-6-11-6	预应力定位带肋钢筋、防崩钢筋	1t	48.285	13)钢材及钢结构	111量0,112量1.025
18	4-6-5-8	劲性骨架	1t	7.303	13)钢材及钢结构	

5.3 组价方案分析

(1)边跨现浇梁段一般为2~3个悬臂浇筑分段长,常见6~9m。从“边跨箱梁一般构造图及节段参数表”(图1)中找到边跨现浇段的节段体积193.13 m³。从“边跨现浇段及0#~1#段钢筋数量汇总表”(表3)中找到一个边跨现浇段钢筋小计32948.9kg。全桥一共有4个边跨现浇段,混凝土

工程量为772.52 m³,钢筋为131795.6 kg。支架上现浇箱梁,支架、地基处理、支架预压需要另外计算。本桥边跨现浇段长度8.8m,根据预算定额算出桥梁立面积264 m²。地基处理包括场地清理、碎石垫层、混凝土垫层,地基处理面积为810 m²。支架预压的工程量按支架上现浇混凝土的体积计算。

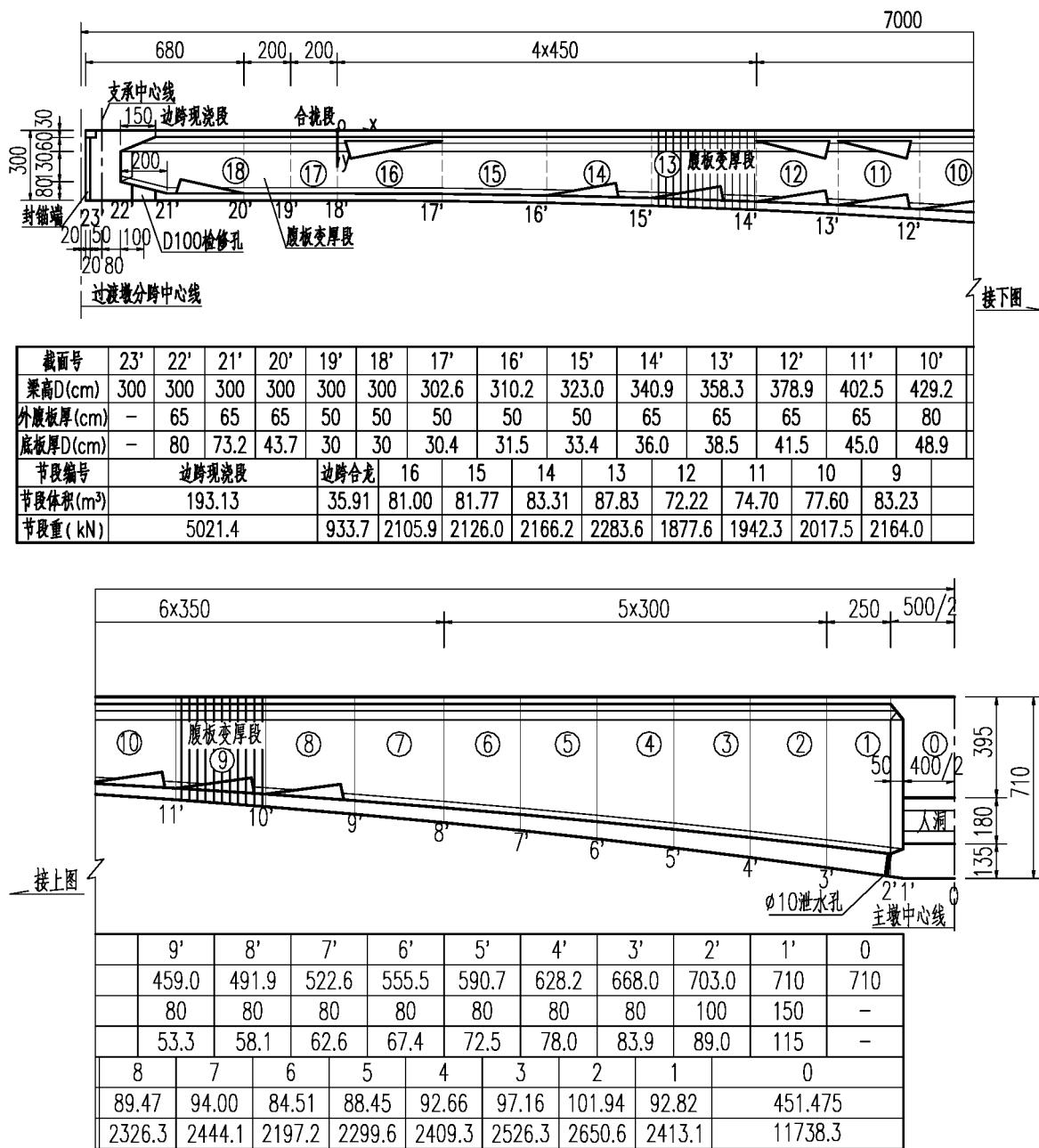


图1 边跨箱梁一般构造图及节段参数表

(2)墩顶梁段一般为0号块,如0号块顶空间不足拼装挂篮,则还包括1号块,长度一般在10m左右。从“边跨箱梁一般构造图及节段参数表”(图1)中找到0号块节段体积451.475 m³,1号块节段体积92.82 m³。从“边跨现浇段及0#~1#段钢筋数量汇总表”(表3)中找到一个梁段钢筋小计59698.6kg。全桥一共有4个梁段,混凝土工程量为(451.475*4 + 92.82*8)=2548.46 m³,钢筋为238794.4 kg。0号块浇筑采用托架施工,顶面梁宽

7t/m,单侧长度为21.7m,计算得出0号块托架工程量为1215.2 t。从“边跨箱梁一般构造图及节段参数表”(图1)中找到2号块块件重2650.6KN(即265.06t)最大,根据预算定额“一个悬臂吊机及悬浇挂篮设备质量表”,块件重200t相对应的挂篮质量140t,挂篮均是成对使用,重量乘以2,即一共需要8个挂篮,计算得出悬浇挂篮工程量为1484.34t。定额中设备摊销费为4个月的费用,桥梁施工工期8个月,调整定额设备摊销费。

表3 边跨现浇段及0#~1#段钢筋数量汇总表

梁段	直径mm	数量kg
	12	1731.0
	16	14963.4
一个边跨现浇段小计:	18	5711.3
	22	10543.2
	小计	32948.9
全桥4个边跨现浇段合计:	合计	131795.6
	12	1080.0
	16	10483.3
一个0#~1#梁段小计	18	32235.8
	20	11619.6
	22	4279.9
	小计	59698.6
全桥共4个梁段合计:	合计	238794.4

(3)对称悬浇段单个块段长度一般为2~5m,常见3~4m,每个节段的施工周期一般为7~10d左右。

表4 悬臂浇筑预应力混凝土连续桥上部结构造价计算结果

序号	名称	单位	工程量	单价/元	建安费/元	造价指标/元·m ²
1	支架现浇箱梁混凝土(非泵送)	m ³	772.52	1039.84	803294	71.19
2	满堂式轻型钢支架(墩台高8m内)	m ³	264	116.37	30721	2.72
3	场地需碾压	m ³	810	5.10	4134	0.37
4	机械铺碎石垫层厚15cm	m ³	810	25.24	20444	1.81
5	轨道摊铺机铺筑混凝土厚15cm	m ³	810	69.42	56230	4.98
6	T构 连续梁 斜拉桥0号块箱梁混凝土	m ³	2548.46	882.37	2248688	199.28
7	T构 连续梁 斜拉桥悬浇段箱梁混凝土	m ³	7021.12	986.08	6923367	613.56
8	悬浇挂篮	t	1484.340	2509.36	3724747	330.09
9	0号块托架安拆	t	1215.200	2102.85	2555388	226.46
10	支架预压	m ³	772.52	13.44	10382	0.92
11	混凝土搅拌站拌和(60m ³ /h内)	m ³	10740.3	14.01	150451	13.33
12	6m ³ 内混凝土搅运车运1km	m ³	10740.3	20.82	223562	19.81
13	现浇箱梁钢筋	1t	131.796	4851.54	639413	56.67
14	0号块箱梁钢筋	1t	238.794	4877.81	1164791	103.23
15	悬浇段箱梁钢筋	1t	2330.171	4914.25	11451033	1014.80
16	钢绞线束长40m内3孔4.009束/t	1t	880.066	8151.74	7174069	635.77
17	预应力定位带肋钢筋、防崩钢筋	1t	48.285	4914.26	237285	21.03
18	劲性骨架	1t	7.303	5664.38	41367	3.67
	合计				37459366	3319.69



6 悬浇工程造价编制注意事项

(1)定额中已综合考虑了模板、混凝土浇筑、箱梁内模及翼缘板模板支架、挂篮移位、合龙段劲性骨架等的消耗,使用定额时不应另行计算。

(2)如桥梁高度超过40m,应适当考虑设置必要的施工电梯及塔吊配合施工。

7 结论

通过(70+120+70)m悬臂浇筑预应力混凝土连续箱桥案例分析,作为公路造价人员,我们不仅要学会看图纸、摘数量、套定额,而且要熟悉定额内容,掌握软件使用方法,更重要的是对设计理念、工程内容、施工组织等要深入了解,才能让造价文

件越来越完善,尽量与工程实际吻合,合理确定悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥工程造价。

参考文献:

- [1]张继尧,王昌将.悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,2004:1-7,94-150.
- [2]徐岳,王亚君,万振江.预应力混凝土连续梁桥设计[M].北京:人民交通出版社.2000:7-14.
- [3]范立础.预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社.1988:127-146.
- [4]JTGT F50-2011.公路桥涵施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2011.
- [5]JTGD60-2015.公路桥涵设计通用规范[S].北京:人民交通出版社,2015.



基于冲击弹性波检测预应力孔道压浆质量的评价体系研究

钟辉武^{1,2},江茂盛^{1,2},钟建国^{1,2},吴佳晔³

(1.广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州510507;2.广东盛翔交通工程检测有限公司,广州511400;3.四川升拓检测技术有限责任公司,成都610072)

摘要:国内外多家机构都对孔道压浆密实度检测进行了相关研究,但是各种检测方法都具有一定的局限性,大部分并不适合应用于孔道压浆质量的检测,目前,检测预应力孔道压浆质量最有发展前景的方法是基于冲击弹性波。本文建立了基于定性检测的压浆质量评价标准及基于定位检测的压浆质量评价标准,提出了冲击弹性波检测预应力孔道压浆质量及评价结果出现争议时的解决办法,为孔道压浆密实度检测定量分析评价提供参考。

关键词:冲击弹性波;孔道压浆质量;检测;评价体系

1 引言

随着我国公路桥梁建设事业的快速发展,预应力混凝土桥梁已在我国桥梁建设中占据主导地位,桥梁建设延米数几乎以每年10%的速度高速增长,且这个统计数据还不包括铁路桥梁和地方市政桥梁^[1]。

在工程施工过程中难免会存在质量事故,在对预应力孔道进行注浆过程中,会存在不密实现象,然而,灌浆不密实不仅对预应力混凝土桥梁的耐久性有很大的影响,而且对桥梁的即时承载力也有相当的影响。因此,行业规程、设计均要求压浆饱满,不得存在缺陷。但是,由于现场施工水平、材料水平的限制,很难完全消除压浆缺陷,从而造成了突出的矛盾。同时,在检测工作中,评分标准及评价体系尚未配套,在实际应用中也产生了不便。

因此,我们首先收集了多个检测工程的样本,统计了不同施工工艺中出现压浆缺陷的概率,在此基础上提出了基于无损检测结果的评价体系。

1.1 压浆质量评价指标^[3]

(1) 定性检测的评价指标

为了定性测试的结果定量化,我们引入了综合压浆指数 I_f 。当压浆饱满时, $I_f=1$,而完全未灌时, $I_f=0$ 。因此,定性检测的各方法(FLEA、FLPV、PFTF)可得到相应的压浆指数 I_{EA} (全长衰

减), I_{PV} (全长波速)和 I_{TF} (传递函数)。同时,综合压浆指数可以定义为:

$$I_f = (I_{EA} \times I_{PV} \times I_{TF})^{1/3}$$

只要某一项的压浆指数较低,综合压浆指数就会有较明显的反映。

(2) 定量检测的评价指标

为了定位测试的结果量化,我们引入了压浆密实度指数 D 。当压浆饱满时 $D=1$,而完全未灌时, $D=0$;

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \beta_i \times 100\%$$

其中, N 为定位测试的点数, β 为测点的压浆状态,即良好:1,小规模空洞:0.5,大规模空洞:0。上式也可改写成

$$D = \frac{N_J \times 1 + N_X \times 0.5 + N_D \times 0}{N} \times 100\%$$

其中, N_J 代表健全测点数;

N_X 代表小空洞测点数;

N_D 代表大空洞测点数

N 为总测点数,有 $N = N_J + N_X + N_D$

2 基于冲击弹性波的压浆密实度无损检测技术原理^[2]

基于冲击弹性波的压浆密实度无损检测方法包括快速定性检测和缺陷定位检测。

定性检测:利用露出的锚索,在一端激发信号,另一端接收信号。通过分析在传播过程中信号的能量、频率、波速等参数的变化,从而定性地判断该孔道压浆质量的优劣。该方法测试效率高,但测试精度和对缺陷的分辨力较差,一般适用于对漏灌、管道堵塞等压浆事故的检测。

定位检测:沿孔道轴线的位置,逐点进行激振和接收信号。通过分析激振信号从波纹管以及对面梁侧反射信号的有无、强弱、传播时间等特性,来判断测试点下方波纹管内缺陷的有无及形态。该方法检测精度高、分辨力强,适用范围较广,目前使用最多。但该方法耗时较长,且受波纹管位置影响较大。

3 基于检测结果的压浆质量评价

3.2 压浆质量现场统计(定性检测)

结合在数个工程上的试验结果,对定性检测的压浆密实度指数进行了统计,推定得出以下经验结果。

①定性检测目前主要用于预制梁,对于现浇梁,定性检测的应用较少;

②对于未压浆孔道,定性检测的综合压浆指数 I_f 均趋近于0;

③对于绝大多数正常施工的孔道,综合压浆指数 I_f 均在0.88~0.99之间;

④当 I_f 在0.80以下时,经验证,压浆均出现明显缺陷;

⑤当 I_f 在0.88以上时,综合压浆指数 I_f 与更能反映实际情况的压浆密实度指数之间的相关性离散较大;

⑥定性检测的综合压浆指数 I_f 可以用来反映是否存在漏灌、堵塞等严重、恶性施工事故,但用于判断梁体质量其分辨力不够。

3.3 压浆质量现场统计(定位检测)

在数十个工程上,对定位检测的压浆密实度指数进行了统计。预制梁的定位检测统计结果(压浆密实度指数 D)见图1,修正后现浇梁定位检测统计结果见图2(修正方法参照2.4节中描述)。

通过对上述检测结果的分析,可以得到规律性的结果如下:

①预制梁一般质量较好,但也有少部分梁(7%左右)压浆质量较差;

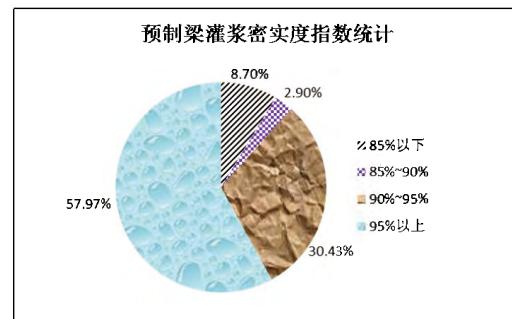


图1 预制梁压浆密实度指数分布图

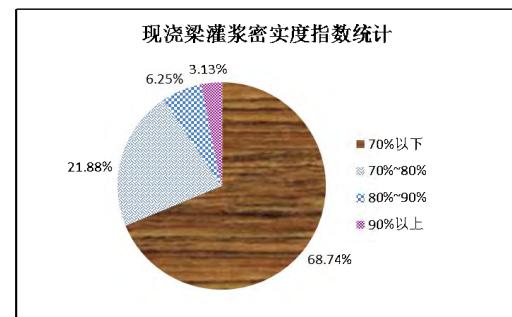


图2 (修正后)现浇梁压浆密实度指数分布图

②现浇梁普遍压浆质量较差,特别是负弯矩处和先剪后连孔道的压浆。

此外,采用压浆密实度指数 D 时,要注意测点选取位置以及测点数的影响。在实际测试中,可以对孔道全长进行检测,也可以对易于出现缺陷的区域进行局部抽检。显然,对孔道全长的检测得到的 D 会高于局部抽检得到的 D 值,这也就可以部分解释现浇梁 D 偏低的现象。

3.4 定性与定位检测相结合

主要针对预制梁进行了定性检测。其中,对定性检测中发现问题的梁体进行了定位检测和钻孔验证。

例如,对某高架桥预制箱梁进行压浆密实度定性检测的结果,发现某梁N3孔道CH1端压浆指数较低,仅为77.8%(见图3),且其传递函数法CH1端的压浆指数仅为67.3%,推断孔道端部附近存在压浆不密实情况。为了确定缺陷的具体位置,对CH1端进行定位检测,测试结果(见图4)。

为了验证测试结果,现场在0.6~0.8m的区域内开了3个窗口进行验证(见图5),从开窗结果来看,在端头到0.8m范围出现缺陷,与定性测试结果十分吻合。

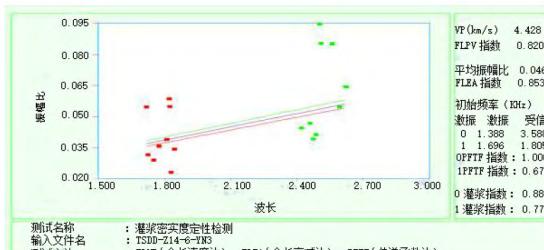


图3 定性测试结果

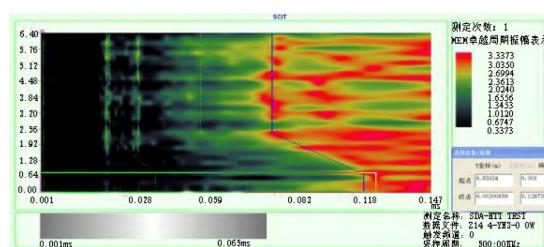


图4 定位测试结果

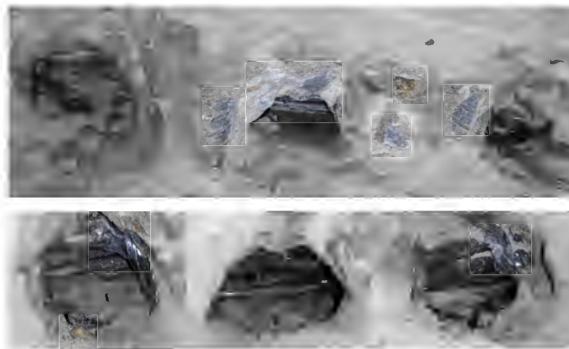
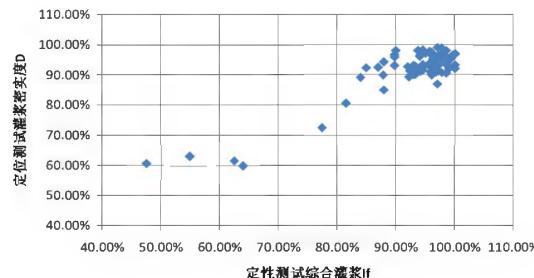


图5 现场钻孔开窗验证结果

下图6是整理的定性检测统计结果(综合压浆指数 I_f)与定位检测结果(压浆密实度指数 D)的相关关系。

图6 综合压浆指数 I_f ~ 压浆密实度指数 D 的相关关系

3.5 孔道压浆质量评价标准

(1) 基于定性检测的压浆质量评价标准

对于长度在50m之内的预制梁,根据综合压浆指数 I_f :

① $I_f < 0.80$: 有较大的压浆质量缺陷,应进行定位检测;

② $I_f \geq 0.80$: 无较大的压浆质量缺陷;

对于现浇梁,评价标准应进行现场试验后确定。

(2) 基于定位检测的压浆质量评价标准

根据压浆密实度指数 D 进行判定。但在实际的检测工程中,检测点的位置并不同,主要有:

① 对孔道的全长(或者仅避开检测盲区)进行检测;

② 对容易出现问题的部位(如预制梁的端头、反弯点、起弯点附近,先剪后连的部分)进行局部检测。

显然,对孔道的全长范围内进行检测得到的 D 值要大于局部范围检测得到的 D 值。为了修正由于测试区间不同而造成的评价结果的过大差别,引入修正压浆密实度指数 D_e :

$$D_e = \frac{DL_d + D_k(L_0 - L_d)}{L_0}$$

其中, D 为检测区段的压浆密实度指数;

L_d 为检测区段长度;

L_0 为孔道全长;

D_k 为当该孔道各检测区段中,压浆质量较好的连续区段的压浆密实度指数。该连续区段的长度取检测区段的1/2。

根据修正压浆密实度指数 D_e ,有:

(1) $D_e \geq 0.95$: 良好

(2) $0.90 \leq D_e < 0.95$: 为一般(合格)

(3) $D_e < 0.90$: 较差(不合格)

4 检测及评价结果出现争议时的处理

当检测方和被检方对测试结果出现争议时,应对测试存在疑问区域进行开孔验证,以确保测试结果的可靠性。但是,考虑到客观性等多方面因素,在钻孔验证时,应该遵循以下原则:

1. 应有一定的钻孔数量: 考虑到无损检测和钻孔验证各自均有一定的误差,因此每个争议地的钻孔数量应不少于3个;



2. 钻孔口径不宜太小;
3. 钻孔的位置应尽量位于管道的上部;
4. 条件允许时,应从上向下钻孔,避免从下向上钻孔;
5. 钻孔后宜用内窥镜观察,可辅以挂钩法,但不应仅用挂钩法;
6. 当钻孔后未发现波纹管时,表明波纹管位置与设计位置偏差过大,应按相关规定处理;
7. 当钻孔验证的结果有一半以上与检测结果不符时:
 检测结果偏严:从理论上讲,无损检测和钻孔验证的方法均存在漏检的可能性。相比而言,钻孔验证对于小缺陷(B、C类)漏检的可能性更大。此时,检测单位应对测试结果重新判定,并适当改变钻孔位置(如略微提高,以便打到管道上部);
 检测结果偏宽:表明检测数据或者判定依据出现问题,应重新解析检测数据,必要时重测;
 无有意义偏差:表明测试数据可能存在较大偏差,应重测。
8. 当钻孔验证的结果有一半以上与检测结果相符时,应以检测结果为准;
9. 当钻孔时未找到波纹管时,一方面说明施工时波纹管定位有误,另一方面也说明混凝土可能存在浇筑缺陷(显示为压浆缺陷)。此时应该上

下改变位置钻孔,继续验证;
10. 当钻孔后发现虽无空洞,但压浆料较为松软时,表明存在疏松型缺陷。

5 结语

- (1) 定性检测的评价指标,引入了综合压浆指数 I_f ,当压浆饱满时, $I_f = 1$,而完全未灌时, $I_f = 0$,定性检测的综合压浆指数 I_f 可以用来反映是否存在漏灌、堵塞等严重、恶性施工事故;
- (2) 定量检测的评价指标,引入了压浆密实度指数 D 。当压浆饱满时 $D=1$,而完全未灌时, $D=0$;
- (3) 得出了基于定性检测的压浆质量评价标准及基于定位检测的压浆质量评价标准;
- (4) 给出了基于冲击弹性波检测预应力孔道压浆质量及评价结果出现争议时的解决办法。

参考文献:

- [1] 张武毅,预应力孔道灌浆密实度检测评价技术体系的研究[J].四川理工学院学报(自然科学版),2015, 28(1).
- [2] 侯海元,吴进星,吴佳晔,预应力孔道压浆密实度检测方法应用分析[J] 西部交通科技 2013,(10)
- [3] 余靖辉, BGM2000 桥梁预应力管道智能注浆控制仪注浆质量现场对比试验研究[J].公路工程,2012,37(6).



广东省绿色公路建设技术培训报道

为贯彻落实《交通运输部办公厅关于实施绿色公路建设的指导意见》和《关于进一步做好实施绿色公路建设和推进钢结构桥梁建设相关工作的通知》要求,广东省交通运输厅印发了《广东省推进绿色公路建设实施方案》和《广东省绿色公路建设技术指南(试行)》,广东省公路学会于6月28日在广州组织全省交通行业开展绿色公路建设技术专项培训,在重点公路工程建设中全面推进绿色公路建设。各地级以上市交通运输局(委)、省公路局,高速公路在建项目及设计、施工单位等主要负责人和技术人员约180多人参加培训。

培训班由厅基建管理处处长陈明星主持,基建处主任科员梅晓亮解读了《关于实施绿色公路建设的指导意见》、交通运输部绿色公路示范工程--惠清高速公路公司副总经理王玉文介绍了惠清高速公路绿色公路建设典型示范工程创建情况、交通运输部公路研究院邵社刚主任对《广东省绿色公路建设技术指南(试行)》进行了宣贯。

由广东省交通运输厅牵头并组织部公路科学

研究院编制的《广东省绿色公路建设技术指南(试行)》,从实现交通运输部绿色公路建设指导意见提出的“建设以质量优良为前提,以资源节约、生态环保、节能高效、服务提升为主要特征的绿色公路”目标出发,提出了广东省绿色公路建设的基本要求,提出了广东省绿色公路的设计、施工及运营与养护管理等方面的技术要求。是国内领先的省级绿色公路建设的技术指南。

《实施方案》提出了对于重点公路建设项目的“四个提升”专项行动,即:在建项目绿色公路建设提升、拟建项目绿色公路设计建设提升、高速公路服务区绿色提升改造、国省干线公路旅游服务功能提升等。同时,积极创建部绿色公路示范工程和组织开展广东省绿色公路建设试点示范工程等重点工作,力争到2020年实现绿色公路建设新理念、新技术及新制度全省重点公路工程建设项目全覆盖,形成独具特色的广东绿色公路技术体系、标准体系和品牌。

(报道者:刘祥兴)



中国建筑勘察设计协会2017年岩土工程 概念性问题案例分析高级研讨会报道

中国建筑勘察设计协会2017年岩土工程概念性问题案例分析高级研讨会于2017年7月30日~2017年7月31日在海南省海口市召开,我公司岩土勘察分公司副总工张金平及技术人员苏绍峰参加了会议。本次会议由中国建筑勘察设计协会主办。

随着工程建设事业的不断发展,岩土工程面对的是千变万化的地质条件和多种多样的岩土特性,需因时制宜,因地制宜,视工程要求不同而酌情处置,处理办法又常常因人而异,各具特点和个性。工程措施及处理方案不当容易引起不必要的工程安全事故,造成巨大的经济损失及人身伤亡。而要做到处理方案经济可行,对岩土概念的理解十分必要。

本次会议主讲清华大学土力学教授李广信主要列举众多岩土工程事故案例,从中剖析原因,讲解岩土概念性问题。如2008年11月15日杭州地铁事故、北京安贞雅园地下车库基坑事故等。李广信教授还就自己多年总结的岩坛十大误区和大家进行了分析,深入浅出,形象生动。如一种“创新”的桩型、可能渐进破坏的桩基础、不存在的负摩阻力等。最后李广信教授还就经常引起工程事故的原因——地下水的渗流进行了概念性的讲解,对基坑坑底隆起公式进行了深入的探讨,对基坑破坏原因进行了剖析。本次会议让我们对岩土概念及其重要性有了新的认识,取得了很好的效果。

(报道者:张金平)



中国公路学会工程地质和岩土分会 2017年技术交流会报道

中国公路学会工程地质和岩土分会换届大会暨公路地质和岩土工程新技术交流会于2017年7月26日在西藏自治区林芝市召开。本次会议由中国公路学会、西藏自治区交通运输厅和中交第一公路勘察设计研究院有限公司联合主办，中国公路学会工程地质和岩土分会与四川省蜀通岩土工程公司承办。交通运输部副部长、中国公路学会理事长翁孟勇，交通运输部原总工程师周海涛，西藏自治区交通运输厅副厅长王锦河等领导出席了会议，来自全国公路勘察设计、科研、施工及监理等相关单位近两百名代表参加了会议，我公司岩土勘察分公司张修杰参加了会议。

会议于2017年7月28日上午首先进行了换届选举。中国公路学会工程地质和岩土分会，原名

为“中国公路学会工程地质分会”，挂靠单位为山西省公路勘察设计院，经中国公路学会批准，自本届更名为“工程地质和岩土分会”，挂靠单位为中交第一公路勘察设计研究院有限公司。经选举，中交第一公路勘察设计研究院有限公司党委书记、中国勘察设计大师汪双杰任第四届工程地质和岩土分会理事长，我公司岩土勘察分公司总经理张修杰任常务理事。会议总结了第三届分会工作，展望未来，对如何更好的发展全国公路工程地质和岩土工程技术进行了讨论。周海涛、汪双杰等8位与会代表就川藏公路等典型项目、地震、特殊岩土与不良地质、新技术等进行了交流，会后与会代表针对各自感兴趣的问题进行了较为充分的沟通、交流。会议具体交流的内容如下表：

会议交流内容一览表

序号	题目	主要内容
1	汶川地震公路震害特征与规律	根据汶川地震后对相关公路破坏情况的多年调查情况，进行了详细的研究分析，按路基、桥梁和隧道分别介绍了震害特征和规律。
2	高寒高海拔地区高速公路建设技术发展	简要介绍了高寒高海拔地区高速公路建设存在的问题，深入分析了冻土的形成原因，划分了青藏公路冻土类型，详细介绍了冻土的特征及其处理措施。
3	隧道冻害防治技术研究及应用	根据多年对隧道冻害情况、气候水文和治理措施的调查研究，归纳总结了高寒地区隧道冻害类型、冻害防治措施，提出了高寒地区隧道修建过程中存在的问题及其相应的处理原则和处理措施。
4	高烈度深切峡谷山区公路边坡中评估与防治	根据多年对高烈度深切峡谷公路边坡的破坏情况、气候水文和治理措施的调查研究，分析了其形成原因，归纳总结了边坡破坏类型、防治措施，提出了高烈度深切峡谷公路边坡修建过程中存在的问题及其相应的处理原则和处理措施。
5	旋转触探测试技术研究	简单介绍了国内外触探测试的现状，结合工程实践，详细介绍了新发明的旋转触探测试技术的应用情况，为勘察数据采集自动化、处理智能化和成果网络化奠定了基础，具有较大的推广前途。
6	川藏公路地质灾害整治与典型工程介绍	主要介绍了川藏公路地质环境、地质灾害特点、勘察方法及治理对策、结合迫龙沟大桥、通麦大桥和102滑坡群等工程实例，提出了针对不同地质灾害特征对灾害整治的原则和措施。
7	黄河三角洲地区砂土路基微震液化机理与沉降变形预测处理研究	简单介绍了黄河三角洲饱和砂土特征，通过研究建立了研究区路基动力学参数、孔压上升模型和液化判别标准，提出了黄河三角洲路基土微震动防治与改良的措施。
8	西藏自治区道桥隧涵坡安全健康监测研究	主要介绍了国内首个基于远程数据的专家平台，该平台可收集项目的地址勘测、激光扫描、监测收集等相关数据源，供业主或政府决策。



会议组织与会代表实地考察了川藏公路,重点考察了迫龙沟大桥、通麦大桥、102滑坡群等工点。鉴于川藏公路工程地质的复杂性和代表性,下面进行简单介绍。

1、川藏公路南线概况

自古以来,川藏的交通极为不便,艰险异常。直至新中国的筑路大军在四年多的时间内劈山治水,修筑了成都至拉萨的第一条公路后,这一情况才有所缓解。今天川藏公路已经是国道318的重要组成部分,始于四川成都,经雅安、康定,在新都桥分为南北两线:北线经甘孜、德格,进入西藏昌都、邦达;南线经雅安、理塘、巴塘,进入西藏芒康,后在邦达与北线会合,再经巴宿、波密、林芝到拉萨。北线全长2400公里,沿途最高点是海拔4916米的雀儿山,于1954年12月正式通车;南线总长为2554公里,途径海拔4700米的理塘,于1969年通车。它以里程之长,跨越高山大河之众,修筑及维护之艰令世界瞩目。

川藏公路南线在西藏境内全长1286公里,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司勘察设计。沿线泥石流、滑坡、崩塌、水毁、溜砂、雪灾、涎流冰和路基翻浆等地质灾害异常发育,素有“灾害博物馆”之称,全线各类灾害频发导致早期的川藏公路已产生过直接危害的各类灾害点近2000处,直接危害达220公里,灾害密度达平均每公里长度内1.23处,其中102滑坡群、易贡藏布泥石流、迫龙沟泥石流、小老虎嘴等天险路段等重点灾害多年来一直影响当地居民生产、生活,严重影响公路通行,制约西藏经济发展。

2、102滑坡群概况

该滑坡群位于通麦以东10公里附近,分布有6处滑坡,影响公路里程近3公里,危害与规模以2号滑坡为最。因规模巨大、成因复杂、危害严重、治理极难而位列世界第三、亚洲第一滑坡群,一直是千里川藏线上“险名昭著”的瓶颈。该滑坡群自上世纪九十年代开始治理,至2002年11月临时保通工程完成,在巨厚层松散冰碛物上形成宽7.5米的路基。2012年完成了该滑坡群整治工程勘察设计,采用隧道绕避方案,目前隧道已通车。

3、迫龙沟大桥概况

该大桥是横跨迫龙沟泥石流的一座特大桥,位于西藏林芝地区波密县境内的迫龙沟与帕隆藏布江交汇的沟口向上游约100米处,它是西藏自治区内最大的公路双塔斜拉桥,桥长743米,其中1号索塔高146.7米,2号索塔高139.7米,桥面以上塔柱为A型,桥面以下合并为单柱形式,下部采用群桩基础。2015年11月26日合龙。迫龙沟属帕隆藏布江右岸一级支流,上世纪八十年代连续3年爆发6次特大规模泥石流,前后阻断交通100余天,多次冲毁桥梁及公路,改建前,迫龙沟沟口公路以钢梁便桥通过。

针对桥位处迫龙沟泥石流灾害、成都岸横向陡峻地形及欠稳定地质等复杂地形地质条件,基于桥梁施工及营运阶段的安全性考虑,迫龙沟大桥采用跨径布置为156+430+156的混合梁斜拉桥,为适应复杂的建设条件,施工因地制宜,中跨组合梁采用悬臂拼装,边跨混凝土梁采用挂篮悬臂浇筑的不对称悬臂施工方法。迫龙沟大桥是西藏公路建设规模最大的斜拉桥,也是国内外首创采用不对称悬臂施工技术的混合梁斜拉桥。

4、通麦大桥概况

该桥是川藏公路跨越易贡藏布江的一座特大桥,大桥位于西藏林芝地区波密县境内的易贡湖下游14公里,易贡藏布江与帕隆藏布江交汇处上游约300米处。易贡藏布江是雅鲁藏布江左岸的一级支流,该流域雪崩、泥石流、滑坡堵塞河道的事件屡有发生。原通麦镇(通麦大桥开始)排龙乡的14公里路段天险,号称“通麦坟场”是川藏线最险的一段路,14公里平均要走两个小时左右,“川藏难,难于上西天”。行走川藏南线,沿线的山体土质较为疏松,高山滚石难以预料,且附近遍布雪山河流,一遇风雨或冰雪融化,极易发生泥石流和塌方,加之路窄导致错车的空间极小,故通麦、排龙一线有“死亡路段”之称。2000年4月9日扎木弄巴沟再次发生特大雪崩、滑坡、泥石流灾害,松散堆积物堵塞易贡藏布江,2000年6月10日形成特大溃发型洪水,冲毁了老通麦大桥及通麦大桥至迫龙沟段公路,造成川藏公路长时间交通中断。

针对桥位处雪崩、滑坡和泥石流灾害多发情况及拉萨岸陡崖危岩体等复杂地形地质条件,基于桥



梁施工及营运阶段的安全性考虑,通麦大桥采用主跨256米的单塔单跨地锚式悬索桥,适应桥位处特殊建设条件。该桥结构新颖,造型美观,是目前国内外最大跨径的单塔单跨地锚式悬索桥,该桥

被称为川藏线上的白哈达。桥位处保留了前期的两座吊桥,三桥并列,成为西藏公路交通发展的见证。

(报道者:张修杰)



迫龙沟大桥



通麦大桥



第二届交通领域BIM技术应用与推广交流会报

近年来,建筑信息模型(BIM)技术在交通领域发展迅速,成功案例逐年增加,交通运输部相继印发《推进智慧交通发展行动计划(2017—2020年)》、《关于推进公路水运工程应用BIM技术的指导意见》等文件,鼓励应用BIM新技术,并开展“积极应用建筑信息模型(BIM)新技术”等五个专项行动。为加快交通领域BIM新技术的推广应用,交通运输部公路科学研究院主办了“第二届交通领域BIM技术应用与推广交流会”。交流会于7月26~28日在上海举行,大会吸引了市政交通领域的建设、设计、施工、监理、平台开发等专业人士200余人参加。

交流会围绕BIM技术的应用共组织了15个专题演讲报告,包括清华大学土木工程系张建平教授的《工程建设BIM最新应用与发展》、上海市政

设计院的《BIM技术城市快捷路工程中的应用实践》、部公路科学研究院的《BIM技术与桥梁工业化》和《BIM+互联网在公路交通领域的应用》、中交公路规划设计院的《桥梁工程全生命周期BIM应用》、中铁大桥局的《超大型桥梁施工方案研究与项目管理BIM技术综合应用实践》等。

本次为交通领域BIM技术应用的第二届交流会,与建筑、市政行业,交通领域的BIM应用起步较晚,但随着交通行业BIM技术的应用推广,行业内已有多家设计院和项目在前期和实施过程中有所应用,案例也逐步增加,与会代表也分享了在研究、设计、管理养护方面的经验和心得,也探讨了BIM应用的价值体现,对交通领域BIM技术的应用起到了推到和促进作用。

(报道者:郭月利)



广东省公路学会2017年隧道工程学术交流会报道

为切实提高公路隧道技术水平,加强业内同行间经验技术交流,由广东省公路学会隧道工程专业委员会、广东省高速公路有限公司承办的2017年隧道工程学术交流会于6月29-30日在英德市盛大举行,大会吸引了隧道管理、设计、施工、监理等专业人士300多人参加。

交流会由广东省高速公路有限公司副总经理敖道朝主持,省公路学会会长陈冠雄,隧道专委会理事长、省高速公路有限公司总经理叶永城分别为交流会作了开幕致辞。龙怀高速公路龙英管理处主任李斌就龙怀高速项目及隧道建设管理作了经验交流,并带领与会人员参观了TJ23标金门隧道、TJ25标跨京广高铁转体连续梁施工及预制梁场等。

交流会邀请行业精英作了隧道学术讲座与技

术交流。广东省高速公路有限公司副总经理兼总工敖道朝介绍了高速公路隧道建管养一体化经验;西南交通大学教授、博导仇文革讲述了隧道寿命全过程力学与控制的信息化技术;荷兰隧道工程咨询公司 Tunnel Engineering Consultants-TEC驻中国代表李英介绍了世界沉管隧道的发展和应用;中交二公院副总工、隧道院院长程勇介绍了拱北隧道管幕冻结创新工法设计与研究;中铁隧道集团方俊波作了隧道变形控制及施工新技术报告。

本次交流会来自隧道工程界专家学者共聚一堂,探讨交流和共享工程设计、施工、管养的经验和技术成果,为促进我省隧道工程技术的进步具有重要意义。

(报道者:庄富盛)



中国公路勘察设计协会绿色公路研讨会报道

2017年9月9日,由中国公路勘察设计协会主办、福建省交通规划设计研究院协办的绿色公路研讨会在平潭召开。交通运输部公路局工程管理处处长张竹彬、福建省交通厅副厅长陈培健、平潭综合实验区管委会副主任林舜杰、中国勘察设计协会理事长裴岷山等出席会议并致辞。会议由福建省交通规划设计院院长寇军主持,来自全国24个省共100余人参加会议。



林舜杰在致辞中介绍了平潭近年来的发展,平潭大桥、平潭绿色公路以及其他投资建设情况;陈培健对大家的到来表示欢迎,介绍了福建历史及交通发展情况,希望通过这次研讨能够进一步促进福建省绿色公路设计建设和品质的提高。

张竹彬指出,公路行业正处在转型升级的关键时期,公路行业的发展要适应国民经济的需要,是国民经济发展的先行官,要用先进的理念来引领。他围绕绿色公路的一个核心、两个重点、三个

着力点,四个关系进行详细的阐述。他指出,绿色公路的核心就是把握时代脉搏,将过去规模扩张型、资源消耗型的发展思路转变为可持续的、健康的发展思路,这种转型发展就是绿色公路的核心。第二,绿色公路从根本上来说应围绕两方面的重点,一是公路建设和环境的关系;二是公路本身的全生命周期理念。第三,推进绿色公路要把握三个着力点。一是对资源的占有,要做到最小的占有最大的使用;二是要着力于创作与创新;三是要着力摆正公路的属性,“公”的根本属性决定它是为社会服务的,所以我们更要关注工程建设给社会带来的效益。此外,张竹彬还介绍了绿色公路与品质工程、与安全和平安交通、与造价、与行业发展四个交通和国民经济五位一体之间的关系,深刻阐述了绿色公路的内涵和理念。

裴岷山指出,设计是工程建设的龙头,设计单位也责无旁贷地成为贯彻新思想和新理念的先锋队。在贯彻落实绿色公路建设指导意见过程中把握两个方面的重点。一是深入思考,准确把握绿色公路建设的基本内涵。坚持“两个统筹”是绿色公路建设的思想精髓。把握“四大要素”是推动绿色公路建设的关键。二是各勘察设计单位贯彻绿色公路建设理念应开展的主要工作。一要加强新理念引领和宣传推广。二要做好技术积累和支撑。三要深化全生命周期设计,做出精品绿色工程。协会也将在未来的工作中,持续关注和推动绿色公路发展,积极打造绿色公路勘察设计的交流与合作平台,为推进绿色公路建设贡献力量。

会议邀请到交通运输部科学研究院交通与安全研究中心孔亚平主任、中交公路规划设计院有限公司华康昇泰环境科技(北京)有限公司副总经理衷平、福建省交通规划设计院总工程师刘秋江、东南大学建筑设计研究院有限公司丁建明院长对绿色公路主题做了精彩的交流报告。

会议还安排实地考察了平潭环岛绿色公路的建设情况。



环岛公路



生态公交车站



防撞护栏



光伏、风力发电路灯

(报道者:王雷)



首个省级水土保持设施验收技术评估项目 顺利完成

9月4日,我司承担的华电徐闻前山风电场工程项目水土保持设施验收技术评估顺利通过广东省水利厅组织的验收。该项目是我司承担的首个水土保持设施验收技术评估,也是首次获得的水行政主管部门委托的项目。

首次承担并顺利通过验收,体现了我司水保团队过硬的技术能力,进一步提高了我司在广东水保行业的影响力,对我司开展、开拓水保验收业务具有重大意义。

按照水土保持法,生产建设项目竣工投产前均需进行水土保持设施竣工验收。水行政主管部门在组织水保验收前委托第三方承担生产建设项目水土保持设施验收技术评估,技术评估结论是行政验收的重要依据。我司是广东省水利厅的水土保持设施验收技术评估单位之一,可承担省内各级水土保持设施验收工作。

(报道者:张翔宇)

第三届全国绿色公路技术交流会 暨广佛肇高速公路绿色低碳工程现场观摩会报道

为了进一步推动全行业对绿色公路发展理念的认识,将其提升到全局性、战略性高度,让绿色公路发展理念深入人心;同时,让科技创新推动新工艺、新技术、新产业前进,带动绿色公路建设发展,提升绿色公路设计施工水平,中国公路学会联合广东省公路学会,于9月20日在广州花都召开了第三届全国绿色公路技术交流会暨广佛肇高速公路绿色低碳工程现场观摩会。

中国公路学会理事长翁孟勇、交通运输部科技司副巡视员郑代珍、交通运输部科学研究院副院长陈济丁、广东省交通运输厅副厅长贾绍明、江西省交通运输厅副厅长王昭春、广东省公路学会理事长陈冠雄等领导、专家出席了交流会。会议为期两天,来自全国各省市的600余名代表到场参会。

交流会以“全生命周期的绿色公路”为主题,开幕式当天,交通运输部科学研究院副院长陈济丁、交通运输部规划研究院主任工程师杨星、安徽

省交通控股集团有限公司总工程师胡可、广东省长大公路工程有限公司副总经理林才奎分别就绿色思维贯穿公路建设全过程、绿色公路建设政策解读、绿色公路工业化建设的安徽实践、广佛肇绿色公路建设模式与技术体系创新实践做了主旨报告,上午的这4场重量级主旨报告和下午的9场专题报告将为参会代表带来前沿的绿色公路新理念、新技术、新做法,将这一抹“绿色”带回全国各地。

9月21日,参会代表还将前往广佛肇高速公路参观学习,实地考察绿色公路低碳工程建设。

本次会议中,进一步对绿色公路理念的进行的诠释,与会专家也做了精彩的主旨报告,特别是绿色公路建设政策解读、BIM技术在绿色公路设计应用、新技术新工艺在改扩建道路的应用等报告,对我们接下来的改扩建、绿色公路的设计工作有很好的借鉴作用。

(报道者:程正刚)



工程建设行业数字化交付和数字化审图 暨新技术、新模式成果交流会报道

随着数字化交付工作的全面铺开,建设行业中数字图档、数字签名、数字化管理、数字化交付等工作已全面开展,为了帮助勘察设计企业人员了解政策变化的方向,把准方向调整生产经营模式,增强企业技术竞争力,适应新技术、新要求。中国城市科学研究院数字城市专业委员会于9月20-22日在长沙召开了工程建设行业数字化交付和数字化审图暨新技术、新模式成果交流会。

上海现代建筑设计(集团)有限公司王国俭总工,主要分享了基于云架构的工程设计全过程数字化管理平台,可以主动在工程图纸及过程文件等设计文档的产生源头实施采集和控制,保证了归档文件的完整性,一定程度上实现了项目的质量管控,通过加密方式形成数字化文件的数字签名,可以方位、防篡改、防编辑。可以保证档案工作前置,与生产过程结合,档案产生的源头采集数据,档案管理真正落实到位,通过图纸和信息的“电子化”、数据化,汇集成工程参数库和工作成果

知识库。

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司信息部副总经理虞祥分享了该院应用IMIS集成管理信息系统的心得,该系统重点在于协同管理,强调人与人、部门与部门、跨组织间的协作管理。

江苏省电力设计院有限公司科技信息部主任郑晓东博士分享了该院工程项目管理系统、CAD圈阅与电子签名、数字化出版、知识与档案管理的关键环节、技术要点与解决方案。

北京市建筑设计研究院图茂科技有限公司副总经理马奕分享了工程项目数字化归档与出版建设工作的成果,该院的数字化归档保证交付图纸与归档电子版文件的一致性,做到了图纸信息完整规范、利于统计、查询、分析等精细化管理。

通过本次交流,对公司的数字化出版及归档具有很大的指导作用。

(报道者:刘祥兴)