

文章编号: 0451-0712(2005)11-0081-05

中图分类号: TU447; U443. 21

文献标识码: B

广珠西线高速公路软基桥头 成套工程技术研究应用

苏堪祥

(广东省公路建设有限公司 广州市 510600)

摘 要: 广珠西线高速公路(一期)建于软基之上, 桥头填土高, 工期短, 如何采取有效的技术措施解决桥头路基稳定、通车后桥头跳车及桥头结构安全是问题的关键。本文以广珠西线高速公路为实例, 对软基桥头设计与施工管理技术进行了探讨。

关键词: 高速公路; 软基桥头; 设计与施工技术

广州至珠海(西线)高速公路南海至碧江段(一期工程)北起广州市芳村区南海村, 跨珠江, 经南海三山、顺德陈村, 终点在顺德北窖镇碧江与碧桂一级公路相接, 是广东省珠江三角洲地区高速公路网的重要组成部分。

广珠西线位于珠江三角洲冲积平原, 地势较为平坦, 河流纵横、水网交错, 河流水网间广泛分布着鱼塘、花圃等经济作物, 全线路段均有不同程度的软土分布。软基分布极为不均, 软土层厚度和深度变化较大, 一般软土厚度在 10 m 左右, 局部最大深度超过 20 m。

广珠西线主要路段均为桥梁和软基交错, 且桥梁里程占全线的 61%, 故相当一部分路基为桥头地段, 桥头路堤填土普遍较高, 一般为 6~9 m。全线软基处理采用袋装砂井加土工合成材料堆载预压法, 一般路段设置了 1.0 m 的等载预压, 桥头地段在等载基础上再设置 0.5~3 m 的超载。

软土地区一般经济较为发达, 所以在软基上建造高速公路, 由于征地拆迁费用高、建设规模大、桥梁多、互通多、环保费用高等种种原因, 平均每公里造价普遍较高, 项目在审批时也因造价指标高很难通过。为降低造价, 所以在设计时桥头路堤填土普遍较高, 并经常出现人为降低工程造价而放弃效果较好的设计方案的现象, 最终给施工和运营留下了很多隐患。

1 采取的技术措施

广珠西线高速公路在建设中采取了一些相应的技术措施, 以期能从设计和施工两方面将软基桥头病害降至最低程度。在所采用的方案中, 主要综合了其他高速公路成功的经验, 同时我们也探讨了一些新技术。

1.1 桥头路基设计的优化

一般路段的桥头路基都有较规范和成熟的设计, 而软基路段的桥头路基设计要增加软基处理和台前反压路基两个内容。由于设计标准不统一, 各设计单位的施工图也都不一样。针对此情况, 广珠西线高速公路开工后, 业主根据实际情况采取了一些技术措施对全线所有桥头路基设计进行了优化。

(1) 补勘是完善软基处理设计的首要措施

广珠西线沿线地方经济发达, 路线所经过的地方不是花圃、鱼塘, 就是房屋, 征地拆迁难度大, 设计阶段的地质勘探难度更大, 普遍存在布孔后因农民阻挠无法进场, 有些孔进场后也无法在孔位开钻的情况(这也是为什么出现同一孔位, 补勘的地质资料与原来的差异较大的主要原因之一)。此外设计勘探时偏重于土层界面和桩基持力层, 而对软土的技术指标普遍重视不够。所以施工单位进场, 征地拆迁解决后, 地质补勘必不可少, 设计单位根据补勘的情况对全线的软基处理做了合理调整。

(2) 适当加强了台前软基处理

台前部分属于桥梁范围,软基处理容易被忽视,应该如何根据软基情况处理到什么范围没有统一标准,一般设计很少考虑到软基情况。因台前软基处理力度不够甚至不做处理,台前与台背差异太大,软基不均匀下沉产生附加应力和台背的侧压力,直接后果就是桥台推移变形。广珠西线针对不同的设计单位就台前软基处理范围统一做了调整。

(3)适当加大了台前反压路基的尺寸

台前部分的路基是作为预压荷载,桥台施工后将会卸走,设计单位通常只沿锥坡线放线(广珠西线原设计见图1虚线),这虽然可减小土方量,但因预压荷载太小,台前软基排水固结与台背差异明显,因此将其变更为图中实线形式。

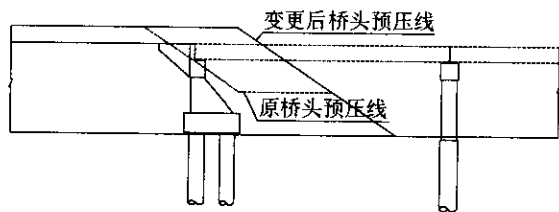


图1

(4)超载技术的应用

软基桥头段设计一般都有超载,但如何超、超多少,没有统一标准。超载技术是在软基处理中常用的一种措施,特别是在桥头路段,但在实际应用中出于经济上的考虑,超载厚度很少超过1.0 m,而桥头本身填土高度一般都不小于5.0 m,相对来说这种超载量很难有明显的效果。所以笔者认为桥头超载要想在短期内有明显效果,厚度要达到一定程度。广珠西线原设计是主线加等载1.0 m,匝道加等载0.8 m,桥头在等载基础上全部加超载0.5 m。由于工期紧,预压时间短,我们针对每个桥头沉降稳定的情况又分别进行了多次桥头超载,预压期沉降速率最大和预压时间最短的几个桥头,最大超载量厚达2.7 m。多次超载一段时间后,沉降速率迅速降低,保障了西线整体工期要求,超载技术在广珠西线取得了显著效果。

1.2 桥台设计方案的研究应用

早期在软基上修建的高速公路桥台多采用桩柱式或薄壁式桥台,桥台基础采用单排桩,在淤泥较深的情况下,桩基上部主要处于淤泥层,很少有足够厚硬土层支撑,在台背填土侧压力的作用下,单排桩基础容易受到推移甚至剪断,薄壁桥台也容易开裂。所以近期修建的高速公路多采用双排桩肋式桥台,以

加强抵抗侧压力的能力。由于现有桥台设计均考虑超载预压至路基沉降基本稳定后再进行反开挖施工,而传统的肋式桥台反开挖量大,对桥头预压沉降不利,且因开挖范围大,回填方量大,回填时间长,不利台背压实。所以,在通过验算可行的前提下,目前也多采用座板式桥台。

广珠西线原设计除了个别匝道桥和低路堤小桥外,桥台均设计为肋式桥台。考虑上述因素的影响,实际施工时根据桥头路基施工及沉降观测的情况,做了变更设计。

(1)用座板式桥台替换肋式桥台或将肋式台的承台提高

根据前述,在桥头路基施工前,对原设计进行了优化,同时在后来的施工中通过加强管理取得较好效果。设计单位根据现场施工及后期软基观测资料,将绝大部分肋式桥台变更为座板式桥台,其余肋式台也根据情况将承台适当提高,以尽可能减小开挖量和回填量。

(2)桥台的锥坡改为反压护道

传统设计中桥台前面设锥坡,而要解决好桥台位移问题,除了软基处理设计上尽可能减小台前和台背软基的附加应力,加强台身和基础的刚度外,还要减小桥台水平推力。这可通过减小台背侧面土压力如采用降低台背填土高度或采用轻质材料回填台背等措施加以解决。同时也可以通过在台前施加反压来抵消部分台背侧压力以达到减小桥台水平推力的目的。图2和图3就是广珠西线采用的施工图。

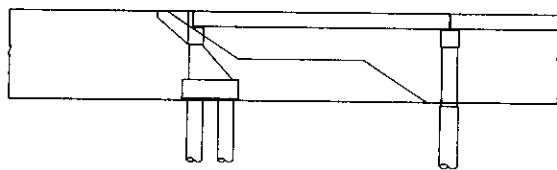


图2

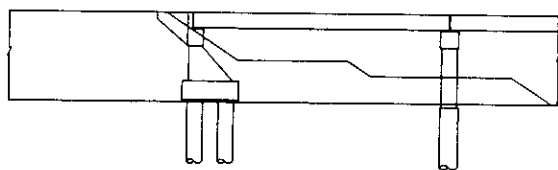


图3

(3)桥台反开挖线的变更

按原桥台施工图设计(见图4)的思路和规范上有关台背回填的要求,桥台施工时反开挖量很大。根据广珠西线的实际情况,我们经研究后做了3个调

整(见图 5)。

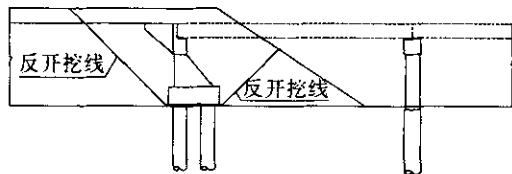


图 4

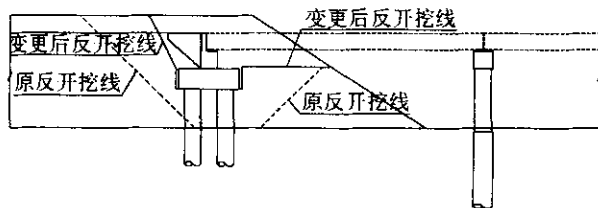


图 5

①反开挖线底线由承台底(或座板底)调至承台顶面,承台可挖基坑施工。

②台背底部开挖宽度不做定性要求,可尽量少挖,以能满足施工工作面为宜。

③台背反开挖线的坡比不做定性要求,在边坡稳定的前提下可尽量陡。

广珠西线大部分桥台路基填筑的是风化石土,施工时压实度高,水稳定性好,即使开挖成垂直面,下中小雨也不会塌方。桥台开挖量减少,卸载、弃方、回填量也相应变小,造价可减少,对桥头沉降预压和台背回填压实都有利。

开挖面减小后,很多桥台搭板的自由端可跨过台背回填段直接搭在压实度较高、水稳性较好的原已填筑好的路基上,可有效降低因台背回填压缩或冲刷下沉造成的桥头跳车现象。

1.3 路基与桥梁方案的比较应用

在珠三角地区修建高速公路普遍是桥梁占的比例大,这也是造价较高的主要原因之一,所以在设计方案选用时,有尽可能缩短桥梁长度来降低工程造价的指导思想,这样易出现桥头填土较高、桥头位置跨越地方路及河道位置不够等不利情况。广珠西线开工后也发现不少类似情况,我们分别采取了以下技术措施。

(1)将单孔小桥取消或变更为暗涵,尽可能减少桥头数量

广珠西线原设计主线上共设有 3 座 8 m 小桥作为通道,另应地方水利部门要求需增设一座 9 m 小桥用于过水。考虑到桥头对行车舒适性的影响,将小

桥取消或变更为暗涵后,共减少了 8 个桥头,全线的主线桥台由原来的 24 个变为 16 个,对行车效果来说是相当明显的。另外,单从经济角度考虑更应做类似变更,可节省大量投资。

(2)桥头避开不利地质、地貌

设计时桥头桩号一般根据纵断面图确定,而较少考虑地质情况和现场地貌情况。事实上将桥头设于地质较好的位置不易做到,但可以考虑在软基较好的地段可适当加大桥头填土高度,那种在设计时全线采用同一桥头填土高度指标的通常做法,是不合理的。另一个易被忽视的情况是纵断面图不能全面反映地面标高,且有时出入较大,特别是遇到鱼塘或河涌,勘测时水深、塘(河)底淤泥厚度测量误差过大,施工图中的桥头填土高度不能真实反映实际桥头填土高度,这对路基稳定(桥头不只填土高,施工期还有附加的超载高度)和工后沉降是很不利的,所以桥头应尽量避免不良地质、地貌。

(3)合理加跨可有效解决征地拆迁遗留问题和施工难题

广珠西线征地拆迁难度大,遗留问题多,成为全线工期的瓶颈,特别在桥头部位,由于预压时间短,工后沉降量大将不可避免。如大塘高架桥桥头段征地拆迁 2005 年 3 月才落实,桥头填土高度 6.5 m,且有一通道横穿,通道处为原地方路且车流量大,无法封路进行软基和通道施工,最后变更为增加 4 跨共 80 m 长桥梁的方案,解决了施工难题并将通道取消,改善了工后不均匀沉降的影响。陈村涌大桥第一跨也是村民出行的唯一通道,无法封路进行台前软基处理,桥台质量隐患多,管线拆迁费用也不低,经综合考虑后变更增加了一跨。

(4)通过延长桥梁长度来降低桥头填土高度

在施工图设计时,由于受各种客观因素的影响,有些桥头填土较高,而在施工时,考虑到总工期、施工稳定、工后沉降等原因,可能会通过采取延长桥梁长度的措施来降低桥头填土高度。但在采取此项措施时,笔者认为不能单纯以桥头填土高度作为变更的唯一指标,而应结合地质、地貌、纵坡等做经济和技术比较。

1.4 施工管理技术措施

广珠西线路基除了 300 m 的挖方段外均为软土路基。设计时采用了常规的袋装砂井排水堆载预压法处理软基,在部分软弱高填土路段设置少量土工织物加筋,并建立了完善的软基监控系统,按照薄层

轮加法进行路基填筑施工。

根据广珠西线创优目标的要求,结合工期短、桥头填土高的特点,除了在设计上进行优化和完善外,在施工管理上我们也采取了一些技术措施。

(1)组织技术培训,提高施工管理员对软基施工的认识

广东省近年来对软基施工积累了成熟的经验,但由于经验推广时间不长,且还在不断完善中,实际有软基施工经验的施工管理员不多。广珠西线施工队伍进场后,据了解包括部分项目经理、项目总工、监理在内,软基施工经验普遍不足。针对现状,我们先后多次组织软基基本理论和施工技术培训,聘请权威专家和施工经验丰富的项目经理给全线施工管理人员进行培训。

(2)编制《软基施工作业指导书》指导施工

在通过技术培训提高认识的同时,我们又组织编写了《软基施工作业指导书》指导施工,以确保施工质量,通过双管直下,全线软基施工取得了较满意效果。

(3)加强桥头段软基施工质量控制

桥头段软基在设计上与普通路段没有多大区别,在施工时如果没有得到重视,会出现一些意想不到的后果,我们通过强化管理,落实了几项措施。

①优先安排桥头段施工。这属于施工组织问题,关键是管理手段、管理力度及对桥头段软基认识的深度和软基监控的水平。

②确保软基施工质量。一是袋装砂井正式施工前一定要试打,以确定袋装砂井的最佳长度;二是袋装砂井处理的纵横向范围要足够。很多施工单位只顾照图施工,设计与实际有较大出入也未能及时发现,这对软基稳定和处理效果很不利。

③保证路基填筑的宽度和压实度。软土路基在填筑后,由于下沉会出现原填筑路基宽度不够的现象,所以在施工放样时要将这因素充分考虑在内。否则,补填的土很难与原填筑的路基成为一个整体。另外后补填土也不利于堆载预压。对桥头高填路基更应重视。

桥头路基由于涉及桥台反开挖施工,且处于路基末端,压实度不够和填筑不到位是常见的现象。填筑不到位将对桥台造成危害;压实度不够,如反开挖施工时正处于反开挖范围,也无影响,否则路基通车后压缩变形会引起桥头跳车。广珠西线原桥台设计一般都是肋式桥台,由于施工时我们严格控制压实

度,虽然后来绝大多数变更为座板式桥台且反开挖量很小,但台前台背的路基压实度都得到了保障。

④桥头预压堆载的及时跟进。经调查几条高速公路的建设,均存有一个认识上的误区,即软土路基填筑至设计标高后就完成了合同工程量。这也是很多施工单位急于将路基填至设计标高的原因之一。事实上路基在填至设计标高后,在预压的过程,路基还在不断沉降,甚至超载土沉至路槽底都有可能,所以软基规范规定,虚压过程下沉每超过 20 cm 要及时补填荷载,这在施工时却很难得到落实,原因有三:一是业主没有明确要求;二是施工单位已暂时退场;三是费用纠纷。

(4)严格控制桥台相邻桥墩桩基的施工

如果桥台相邻桥墩桩基的桥台侧有软基处理且有预压荷载,而另一侧却没有,桩基如提前施工,会受很大的侧压力,产生推移或剪断。吸取一些高速公路的经验和教训,我们对广珠西线所有此类桩基施工进行控制,施工单位要等路基沉降基本稳定后,根据桥头软基监控数据申报,经业主同意后才能开工。

(5)统一组织桥台反开挖施工

为尽量减小工后沉降,我们建立了广珠西线桥台台账,统一组织全线桥台的反开挖施工。台账包含每座桥台的桥台形式(含可能变更的形式)、上部结构形式、软基状况、桥头填土高度、填到设计标高的时间、超载高度及完成时间(含二次、三次超载)、累计沉降、近期沉降速率等内容。

建立了桥台台账对全线桥台进行信息化管理后,我们制定了几个桥台反开挖施工原则。

①根据路面施工计划、桥梁上部结构形式、标段桥梁施工整体进度及沉降速率等倒排桥台开工时间,而不只考虑沉降速率满足设计要求就开工,以争取尽可能多的预压时间。

②每座桥台必须经上报审批同意后才能开工,且要求每座桥台不能少于 2~3 台性能良好的桩机同时施工,以尽量缩短桥台工期。

③允许并指导施工单位尽量减少反开挖量(前面桥台变更设计已说明),工作面以能满足施工要求即可。

④制定《广珠西线结构物台背回填质量控制要求》,并落实现场监控措施。

(6)严格控制桥头卸载

工程到了后期,工期很紧,虽按路面工期倒排了卸载计划,但卸载和交验也需要一定的时间,遇到下

雨天,更是很难交出路床,所以卸载也不能安排得太迟,通过合理组织,对桥头段特别是沉降速率还较大的桥头段,在影响路面施工不大的前提下都可考虑尽量拖后卸载。采取的措施为如下。

①路基卸载时,将主线桥头 60 m 范围、匝道桥头 30 m 范围安排在卸载最后完成,从广珠西线的经验看,桥头可多争取 2 个月的预压时间。

②个别沉降速率过大的桥头,安排在路面基层施工的后期,倒排卸载时间,效果明显。

(7)在桥头设预抛高

考虑路基卸载后还会继续沉降,在桥台搭板施工和路面底基层施工时设置一定的预抛高,来抵消一定量的工后沉降。因广珠西线桥头段的软基处理方法与普通路基段没有区别,桥台附近的工后沉降量应为最大,所以设置抛高时,以搭板的末端为最大值,在桥头路基段 50 m 范围路面底基层施工时,按二次抛物线递减至零。

预抛高值的确定应不能产生因预抛高引起的纵坡变化使行车有不适感。参照国内外的一些研究成果,西线采用 $\leq 3\% \sim 6\%$ 的纵坡变化,对全线沉降速率最大的几个桥头采用高值,一般桥头采用低值。

2 体会和建议

(1)桥台位置的确定要综合全面

桥台位置确定是桥头质量的关键,建议设计时尽量避开河涌、鱼塘、地方道路等不利地貌,充分考虑到后期施工及营运管理,在造价比较时应综合考虑征地、拆迁、营运维修的费用及行车条件。

(2)单孔小桥的采用要慎重

软基路段的桥台跳车无法避免,特别是单孔小桥在短距离内存在两个桥台,行车条件更为不顺,且单孔小桥造价不低,建议设计时多采用暗涵或通过改沟、改道来取代。

(3)桥台形式的选用要考虑施工方案

软基桥台的施工一般是在桥头路基软基处理并填筑预压稳定后才进行反开挖施工,然后再回填,所以桥台形式的选用宜考虑反开挖量少为好,这样可有利桥头预压,减少开挖量和回填量,有利台后压

实。建议选用“座板式”桥台或将肋式桥台的承台抬高。

(4)要重视台前软基处理

台前软基处理的力度不够是目前软基处理设计的通病,而导致的后果是桥台受到损害。建议设计时适当加强台前软基处理,并适当加大台前反压路基的尺寸。

(5)桥台锥坡应改为反压护道

在传统设计中,台前设锥坡,由于台背的高填土和汽车荷载,对桥台产生较大水平推力。建议将锥坡改为反压护道,以减小水平推力,降低桥台损坏的风险。

(6)超载技术的应用要灵活

超载可有效缩短软基沉降的预压时间,减小工后沉降,降低营运维护成本。超载技术在桥头路段应用得好是一种较为经济有效的措施。

(7)桥台跨结构的施工要严格控制

桥台跨结构指桥台及相邻桥墩。因桥台跨结构处于路基与桥梁连接部,一侧有软基处理和堆载预压,而另一侧则没有,在预压至基本稳定前,软基处于向一侧滑移挤压状态,如果提前施工,将可能产生推移等结构损害。建议建立桥台台账进行信息化管理,严格控制开工审批。

(8)台背开挖及回填应按现场情况确定

因软基规范对反开挖没有规定,而路基施工规范对回填都有明确规定(非针对软基),故设计、施工一般都按路基施工规范操作,导致大开挖量和大回填量,压实度也难保证。建议反开挖至能满足工作面要求即可。

(9)卸载安排要统一规划

由于高速公路全线软基的不均匀性、施工进度不平衡及路面施工的周期性,所有桥头同时卸载并交验是不合理的。建议由业主和路面施工承包人根据路面施工计划来安排全线卸载,特别是桥头卸载。

(10)在桥头设预抛高

既然工后沉降在短期内无法避免,可在桥头设预抛高作为一种较为经济和有效的措施。