

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.02.025

重力U形台非常规裂缝分析及加固对策

程坤,杜引光,刘漳

(浙江交工集团股份有限公司,浙江 杭州 310000)

摘要:基础水平向开裂在重力式U形桥台中较为少见。针对某高速公路桥梁重力U形桥台出现的基础水平向非常规裂缝和台身竖向裂缝,开展病害成因分析和加固对策研究工作。勘察及分析结果表明:台身竖向裂缝是恒载支反力过大及伸缩缝处车辆冲击荷载共同作用导致的受力裂缝;基础水平裂缝是由于基底存在填料夹层且长期遇水软化后引起基底脱空或接触不密实,长期车辆荷载的冲击作用下出现的层裂破坏。根据裂缝产生原因,提出“钢花管注浆+混凝土增大截面+新增辅助支座”的加固对策。

关键词:重力式U形桥台;水平裂缝;机理;分析;加固

中图分类号:U443.21

文献标志码:A

0 引言

重力式桥台是公路桥梁中应用较为广泛的桥台形式^[1-3]。由于设计、施工、运营等原因,加之圬工体的特点,重力式桥台也是病害较为突出的桥台形式。

在重力式桥台的病害机理分析及加固领域,有系列的研究成果。周水兴等^[4]研究了台内填土对桥台产生的土压力影响,给出了侧墙滑动面受限制的土压力公式;肖溢华^[5]、张理^[6]结合具体工程,研究了重力式桥台的病害机理及加固对策;柳爱等^[7]研究了滨海软土地基重力式桥台台身水平裂缝产生机理;江利民等^[8]采用数值方法分析了带桩基重力式U形桥台台身裂纹成因。这些研究加深了对重力式桥台的受力特点和裂缝开展机理的认识,但尚未见重力式桥台扩大基础出现水平向裂缝这种非常规裂缝病害的相关研究及工程实例报道。

本文结合某高速公路桥梁重力式U形桥台出现的扩大基础水平裂缝及台身竖向、斜向裂缝等病害,进行钻探勘察和检测,以揭示裂缝的产生机理,并提出加固对策。

1 工程概况

某大桥为双向四车道高速公路上的一座跨水库桥梁,桥面净宽 2×11.35 m。桥梁上部结构采用预应力混凝土等截面现浇箱梁,跨径布置为 $3\times (5\times 40)$ m;下部结构桥墩采用花瓶墩、钻孔灌注桩基础,0#和15#桥台采用重力式U形桥台。单墩台处均采用双盆式支座。桥台台帽和背墙采用钢筋混凝土结构,设计混凝土强度等级为C30,台身、基础、侧墙均为素混凝土结构,设计混凝土强度等级为C25,台身高3.5 m,基础高1.5 m,单层台阶,基础设计坐落于山体山腰处的弱风化凝灰岩面。桥梁设计荷载为汽车-超20级、挂车-120级。

大桥在运营过程中两侧重力式桥台均出现不同程度的开裂现象,典型裂缝的分布情况见图1。裂缝具有以下特点:

(1) 右幅15#桥台扩大基础存在两道水平裂缝,下层裂缝缝宽较大(最大宽度约5 mm),上层裂缝缝宽较小(最大宽度约1.5 mm);台身竖向裂缝与基础上层水平裂缝贯通,裂缝下宽上窄,多数贯通至台帽顶。

(2) 桥台其余基础均未出现开裂现象,台身裂缝

收稿日期:2023-03-06(修改稿)

作者简介:程坤,男,博士,高级工程师.E-mail:532568952@qq.com

以竖向或斜向为主,向上贯通台帽,向下未发展至基础,裂缝上下窄中间宽,其中右幅0#台和左幅15#台的最宽裂缝均为斜向裂缝。

(3) 靠近山体一侧的左幅0#台和左幅15#台侧墙出现斜向裂缝,其中左幅0#台侧墙裂缝错台明显,其

余侧墙状况良好。

(4) 多数裂缝均呈发展状态,裂缝封闭处治后出现二次开裂或裂缝长度扩展的情况。

(5) 15#台处地下水位高于基础底面约0.5 m,0#台处地下水位位于基底以下。

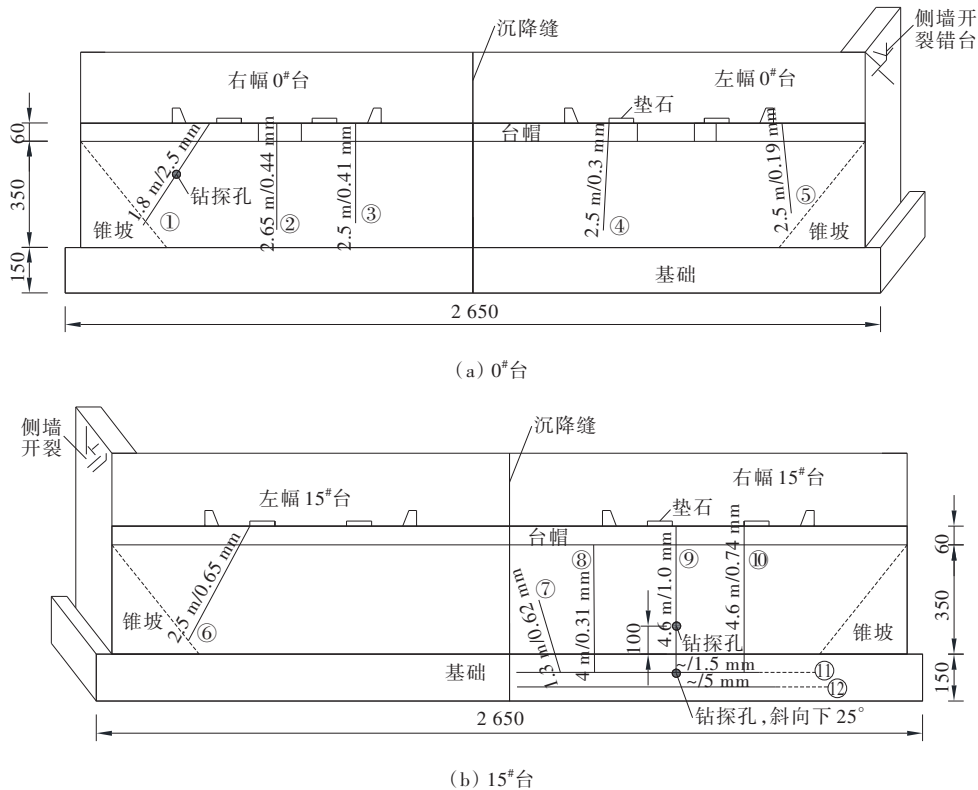


图1 桥台典型裂缝分布图(单位:cm)

2 检测与勘察

鉴于裂缝分布的特殊性,首先对典型裂缝位置进行钻探勘察,共布置3个钻探孔,分别为图1中①号、⑨号裂缝的水平向钻孔和⑪号裂缝斜向下25°钻孔,结果表明:

(1) ①号斜向裂缝深度为23 cm(对应台身厚2.4 m),⑨号竖向裂缝深度为1.4 m(对应台身厚2.8 m),⑪号裂缝处斜向下钻孔未发现⑫号水平裂缝。

(2) 斜向钻孔至基底后发现基底存在泥质夹层,基底基岩为凝灰岩,但风化程度较高,且裂隙较为发育。

(3) 在⑨号裂缝钻孔过程中,相邻的⑧号裂缝有水流出现,说明裂缝间存在贯通现象。

(4) 台后为碎石填料,表观略干燥,外观状态

正常。

(5) 各钻探芯样混凝土外观质量良好,混凝土回弹参考强度也高于设计强度。

3 病害分析

根据检测结果,桥台混凝土强度满足设计要求,台后填料正常,首先可以排除混凝土强度不足、台后土压力偏大、台后沉降等导致病害产生原因的可能性。

3.1 台身竖向、斜向裂缝分析

从裂缝形态看,左、右幅0#台及左幅15#台台身竖向和斜向裂缝分布特点类似,裂缝向上贯通台帽,向下未发展至基础,中间宽,向下越来越窄,比较符合受力裂缝的特征,其成因分析如下:

(1) 通过对台身裂缝发展历史调研发现,桥梁在通车两年后各桥台均在台帽处首次出现竖向裂缝,

表明台帽裂缝既不是温缩裂缝,也不是因支座安装误差等导致的支座反力异常引起的裂缝。

(2) 分别按照现行规范^[9]和实体有限元方法对台帽进行局部承压和应力计算(图2),结果表明台帽处局部承压能够满足规范要求,但在标准荷载组合下(尚不考虑冲击效应),由于上部结构为整体式箱梁,支反力较大,垫石旁边将存在较大剥裂力,台帽上缘横桥向拉应力接近1 MPa。如考虑台身素混凝土的压缩不均匀性以及伸缩缝处车辆荷载的冲击作用,台帽很容易出现开裂,而实际上伸缩缝处车辆冲击荷载作用是不容忽视的^[10]。

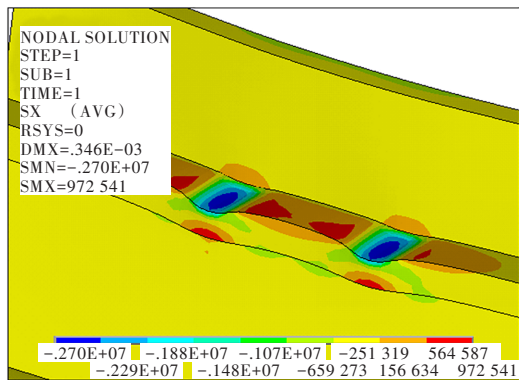


图2 荷载标准组合下台帽应力(单位:Pa)

(3) 从裂缝分布位置看,右幅0#台和左幅15#台身宽度最大的裂缝均对应上桥侧的主车道,且伸缩缝处存在异响,可见裂缝的加剧与上桥重车的冲击作用关系很大。

通过以上分析可知:0#台及左幅15#台裂缝产生的原因主要是在支座支反力较大以及不可预见的冲击效应共同作用下,垫石附近台帽出现竖向剥裂裂缝,进一步导致台身素混凝土出现冲剪裂缝,且由于车辆冲击荷载的持续作用,裂缝一直处于发展状态。

3.2 基础水平裂缝分析

基础水平向裂缝在重力式桥台结构中较为少见,结合桥位特点和勘察结果,对该裂缝的分析如下:

(1) 桥台坐落于山体山腰处,该处基底岩面本身为斜向分布,且基底填料夹层长期遇水软化后极易导致桥台基础前沿出现脱空或接触不密实状态。

(2) 由于台身竖向裂缝的出现,垫石处支座反力的横桥向扩散效应基本消失,台身类似于单向受压柱体,此时上部车辆荷载的冲击能量也只能向下传

递,按照一维应力波理论,在长期上部车辆冲击荷载作用下,底部悬空或支撑不密实的素混凝土结构容易在底部出现层裂破坏^[11]。

(3) 从现场检测结果来看,虽然基础处于高压应力状态,基底⑫号水平裂缝最大缝宽约5 mm,认为该裂缝以下的混凝土应处于零应力状态,通过钻孔并未发现水平裂缝向里延伸的情况,可以判定该裂缝应斜向下贯穿至基底,如图3所示。该裂缝形态与上述冲击荷载下底部混凝土开裂掉落的推断基本吻合。

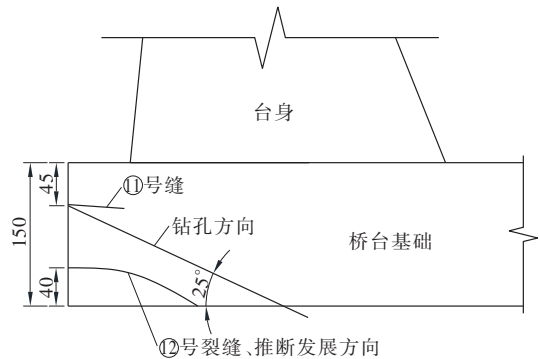


图3 ⑫号裂缝形态示意(单位:cm)

(4) ⑫号裂缝出现后,基础前沿进一步形成悬臂凌空面,受上部动荷载冲击能量的影响,会进一步产生二次层裂破坏,即⑪号裂缝。

3.3 侧墙裂缝

桥台侧墙病害主要位于左幅0#台及15#台,从病害形态看与裂缝较为严重的桥台不存在明显的相关性,表明侧墙开裂与台身开裂并无直接关系,且台后填料基本正常,也可以排除台后土压力的不利作用。综合判断认为侧墙裂缝的出现与混凝土的浇筑质量、搭板与侧墙间预留缝隙不足导致温度作用下的水平推力等有关,且侧墙病害对结构的耐久性和安全性影响不大。

4 加固对策

通过上述分析,对于该桥重力式U形桥台主要存在有基底局部脱空或接触不密实、基础及台身整体性不足、支座处受力偏大、侧墙开裂4方面的问题。针对这些问题,提出以下加固处治对策:

(1) 针对右幅15#桥台基底局部脱空或接触不密实的状态,并且考虑到现场施工条件,选择采用斜向和竖向注浆钢花管相结合的方式进行了加固,通过斜

向钢花管注浆解决基底填料软化和基岩裂隙发育的问题,同时通过竖向注浆后形成的微型钢花管桩基础对桥台起到一定的辅助支撑和应力波传递作用。

(2) 针对基础、台身及台帽的开裂问题,采用新增钢筋混凝土增大截面的加固处治措施,加固前应对现有裂缝进行灌浆处理。

(3) 为改善支座的受力问题,采用新增辅助板式橡胶支座承载部分活载的处治措施(新增板式橡胶支座的位置位于桥梁原盆式支座内侧),但在新增支座前,需进一步采取监测方式核实原盆式支座是否存在脱空病害。

(4) 对于侧墙开裂问题,采用新增钢筋混凝土增大截面的加固处治措施,加固前对搭板与侧墙间预留缝隙进行检查,存在密贴情况的应进行同步处治。

以右幅15#台为例,加固处治示意图如图4所示。

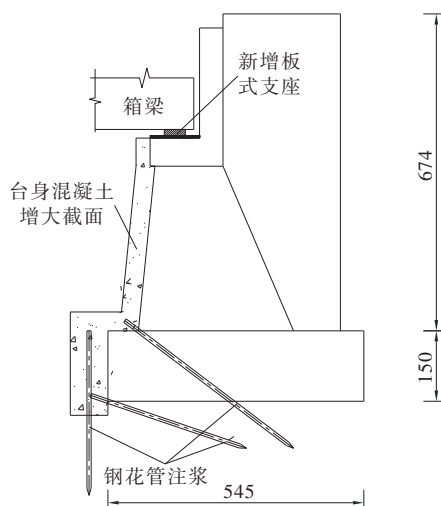


图4 右幅15#桥台加固总体布置图(单位:cm)

5 结论

(1) 由于该桥上部结构为40 m现浇整体箱梁,双支座支撑,恒载下支反力较大,加之长期的车辆不利冲击荷载作用,垫石旁台帽出现剥裂裂缝,进一步导致台身出现竖向和斜向冲切裂缝;且由于车辆冲击荷载的存在,裂缝处于持续发展状态。

(2) 台身竖向裂缝的出现使得桥台台身形成一维受压柱体,限制了上部冲击荷载能量在台身横向的传递,加之基底填料夹层长期遇水软化后引起的基底脱空或接触不密实等问题,在长期上部车辆荷载冲击作用下台身出现层裂破坏,基础出现水平向裂缝。

(3) 针对该桥重力式桥台基础水平裂缝和台身竖向裂缝的特点,提出了“钢花管注浆+混凝土增大截面+新增辅助支座”的加固对策。

该加固项目于2022年上半年完成现场施工,目前加固效果良好。

参考文献:

- [1] 江利民,刘江,曾勇,等.带桩基重力式U型桥台台身裂纹成因的数值分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(10):121-124.
- [2] 房艺捷,王策.重力式U型桥台加固设计研究[J].黑龙江交通科技,2018,41(5):133-134.
- [3] 吴文杰,杨凯.黄土地区重力式U型桥台尺寸效应对其力学性能的影响研究[J].内江科技,2019,40(3):90-91,66.
- [4] 周水兴,胡娟,张敏.重力式桥台开裂的机理分析[J].重庆交通学院学报,2005,24(4):9-12.
- [5] 肖溢华.重力式U型桥台病害机理和加固研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [6] 张理.重力式U型桥台病害机理分析及加固研究[D].西安:长安大学,2017.
- [7] 柳爱,邹永诚.滨海软土地基重力式桥台水平裂缝分析及防治措施[J].公路交通科技(应用技术版),2007,3(6):125-126.
- [8] 江利民,刘江,曾勇,等.带桩基重力式U型桥台台身裂纹成因的数值分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(10):121-124.
- [9] 中交公路规划设计院有限公司.公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范:JTG 3362—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [10] 丁勇,黄奇,谢旭,等.载重汽车桥梁伸缩缝跳车动力荷载计算方法与影响因素分析[J].土木工程学报,2013,46(7):98-107.
- [11] 俞鑫炉,付应乾,董新龙,等.轴向钢筋增强混凝土一维应力层裂实验研究[J].工程力学,2020,37(1):80-87.