

柬埔寨 New chroy changva 桥问题桩在 AASHTO 标准下的修复与计算

杨勇

(河南省交通规划设计研究院股份有限公司 河南郑州 450000)

摘要: 以柬埔寨桥梁工程桩基质量缺陷为背景,依据 AASHTO 相关规定并调查设计图纸、现场施工情况,分析混凝土质量问题原因,提出修复方案并对方案进行承载能力验算,以证明其可行性。在进行承载能力验算时,钢护筒包裹下的桩基不能单纯认为是普通混凝土结构,按照 AASHTO 中钢和混凝土结合柱计算进行弯矩放大系数的折减更为符合实际情况。该研究可为国外类似工程项目提供参考。

关键词: 桩基混凝土;质量缺陷;AASHTO;弯矩放大系数;钢混结合柱

Repair and calculation of defective piles of Cambodia new chroy changva bridge under AASHTO

Yang Yong 413024197812176338

(Henan Provincial Communications Planning & Design Institute Co.,Ltd.,ZhengZhou 450000)

Abstract: Based on the quality defects of Cambodian bridge pile foundation, according to the relevant regulations of AASHTO and the investigation of design drawings and on-site construction, the causes of concrete quality problems are analyzed, the repair scheme is put forward, and the bearing capacity of the scheme is checked to prove its feasibility. In the calculation of bearing capacity, the pile foundation wrapped by steel casing can not be simply considered as ordinary concrete structure. It is more in line with the actual situation to reduce the moment magnification factor according to the calculation of steel and concrete composite column in AASHTO. This study can provide reference for similar projects abroad.

Key words: pile concrete; quality defect; AASHTO; moment magnification factor; steel/concrete composite column

0 引言

在“一带一路”国际合作的大背景下,中资企业越来越多的进入国外市场参与路桥的施工与设计,这就面临着与国内截然不同的工作环境。工作中首先要遵循的不再是中国规范,而是美国、英国、欧洲等适用性比较广泛的国际规范与行业惯例。能否适应国际规范的理念与要求并应用于现场施工、建设高品质的路桥工程,是对中资企业的长期挑战。

本文以位于柬埔寨金边市的实际工程为背景,研究分析了问题桩基的形成原因,提出修复方案并依据美国桥梁设计规范 AASHTO 对该方案进行计算,可为类似工程提供参考。

1 工程背景

New chroy changva 桥梁位于柬埔寨金边市,桥梁上跨 Tonle Sap river,桥址距离下游友谊大桥约 2.5km,距离下游湄公河约 5.5km,主桥设计为(72+3×120+72)m 矮塔斜拉桥,中间桥墩墩梁固结,两侧桥墩均采用纵向活动支座,桥梁布置为双向四车道,主桥总宽 20.5m。

桥梁共计 2 个桥台,4 个桥墩。其中 P4 桥墩承台布置有 13 根桩基,桩基分布图如下:

2 桩基的缺陷调查与原因分析

在对 P4 承台 13 根桩基进行破除桩头操作时,发现该处 13 根桩基都有不同程度的质量缺陷。主要表现为桩基保护层混凝土质量较差,混凝土内掺杂泥浆、缺少骨料,部分位置有混凝土完全缺失和离析的现象,初步判断会影响桩基外侧钢筋的耐久性和桩基的承载能力。

受业主委托,对桩基混凝土缺陷进行原因调查与修复方案设计。

经现场查勘,查阅原设计图纸与 AASHTO 相关规定,分析桩基缺陷原因如下:

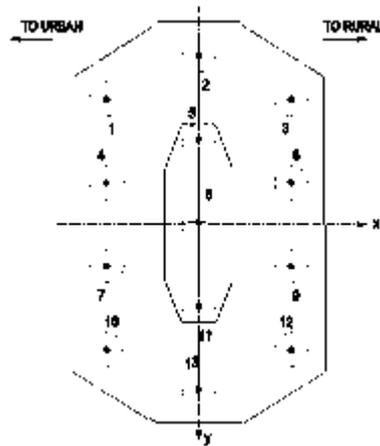


图 1 P4 承台桩基分布图

1) 桩基纵向主筋间距过密,灌注桩基时钢筋笼内部的混凝土不能自由流动到外侧,导致钢筋笼外侧的混凝土缺少骨料,混杂泥浆。

根据 AASHTO 5.13.4.5.2,桩基纵向钢筋间距不得小于最大骨料直径的 5 倍或 125mm,箍筋间距不得不得小于 150mm。本桥设计中桩基上部节段纵向钢筋间距最小达到 62mm,箍筋间距仅为 75mm,致使混凝土骨料流动不畅,保护层混凝土掺杂泥浆。

2) 现场施工人员缺乏经验,混凝土振捣不到位,未及时发现混凝土质量问题。

3 桩基缺陷的修复方案

根据现场查勘情况与缺陷原因分析,拟定修复方案如下:

1) 从桩顶起切碎不良混凝土至少 4m;

2)在钢筋笼内部的桩基截面上钻12个直径130mm的孔至高程-13m处,在孔中植入直径50mm长12m的高强度钢筋($f_t=830\text{Mpa}$, $f_c=1080\text{Mpa}$),对孔进行灌浆;

3)在桩端位置套上钢护筒(直径2.2m,厚16mm),浇筑4m长的新混凝土至0.0m高程,以替代已去除的不良混凝土。

4 修复方案的验算

提出桩基修复方案后,依据AASHTO相关规定对方案进行了复核算,重点是验算修复后的桩基竖向承载力及桩基截面承载能力是否满足成桥荷载需要。

采用有限元软件MIDAS进行桩基受力验算。P4桩长43m。根据修复方案,自桩顶凿除4m长原桩基混凝土,保留原有钢筋,浇筑新混凝土。-4m以下因保护层混凝土质量差,对钢筋的保护作用差,难以满足耐久性需要,保守考虑认为桩基主筋不再发挥承载力,不考虑原有桩基钢筋作用。桩基各截面、混凝土与钢筋布置情况如下:

自桩顶至-4m:浇筑新C35混凝土,桩径2.2m,除原有桩基钢筋之外,纵向增加12根D50高强度钢筋($f_t=830\text{Mpa}$, $f_c=1080\text{Mpa}$),纵筋外布置箍筋D12@100。

表1 各截面内力与抗力表

位置	荷载			抗力			荷载/抗力			计算结果
	轴力(kN)	弯矩(kN.m)	剪力(kN)	轴力(kN)	弯矩(kN.m)	剪力(kN)	轴力	弯矩	剪力	
-4m	15866.1	7468.4	1073.5	20393.4	9686.6	2508.2	0.77	0.77	0.42	ok
-6m	15993.8	5321.3	1073.5	27108.1	9034.5	2514.1	0.59	0.58	0.42	ok
-8m	16121.4	3174.3	1073.5	35046.5	6945.9	2520.0	0.46	0.45	0.42	ok
-15m	16568.2	4340.6	1073.5	26509.1	6967.2	2543.9	0.62	0.62	0.42	ok
-17m	16695.9	6487.6	265.9	19550.2	7605.6	2556.9	0.85	0.85	0.10	ok
-19m	16823.6	5955.8	1212.0	21541.1	7596.7	2551.5	0.78	0.78	0.47	ok

根据复核计算,桩基修复方案中修复后的桩基各截面轴力、弯矩及剪力等的抗力满足AASHTO的相关要求,修复方案可行。

5 弯矩放大系数计算研究

AASHTO对偏心受压构件进行计算时,与中国规范的不同之处在于有一个弯矩放大系数,即为弯矩放大法。该方法通过一个大于1.0的系数,将弯矩或应力放大一定的倍数,以反映变形的影响。弯矩放大法是近似方法的几种不同形式之一,综合考虑了精确度与简便性,计算结果是偏安全的。但是在某些情况下,根据弯矩法放大得到的位移结果过于保守,弯矩放大过程隐含的位移大小实际上并未达到。例如,桥墩的实际位移可能不会超过纵梁端部和桥台背墙之间的距离。本例中,由于桩侧土抗力和桩身外的钢护筒的影响,桩身在合力下实际位移极小。在位移受限制的情况下,可以适当折减受限构件的弯矩放大系数。

按照AASHTO规定进行试算,混凝土截面按照直径为1.768m的桩基,混凝土强度30MPa,钢护筒厚度12mm、内径2.2m,最终得到的弯矩放大系数为0.98;混凝土截面按照直径为2.2m的桩基,混凝土强度24MPa,钢护筒厚度12mm、内径2.2m,最终得到的弯矩放大系数为0.93,均小于1。

根据AASHTO要求,弯矩放大系数必须大于等于1.0,因此将弯矩放大系数取值为1.0。

6 结语

本文通过对柬埔寨New chroy changva桥梁问题桩基进行调查分析,并提出修复方案,对该方案进行验算,证明了该方

自-4m至-13m:混凝土为原桩基C30混凝土,考虑混凝土质量,桩径按照1.768m计算,纵向钢筋为12根D50高强度钢筋($f_y=830\text{Mpa}$, $f_u=1080\text{Mpa}$),无箍筋。

自-13m至-43m:混凝土为原C30混凝土,桩径1.768m,不考虑纵向筋,不考虑箍筋,按素混凝土计算。

根据AASHTO 5.4.3.1,普通钢筋的设计屈服强度不能大于690MPa,因此D50钢筋按 $f_y=690\text{Mpa}$ 计算。

按照实际土层特性模拟桩土相互作用,该处桩基自由桩长17m。将整体模型计算出的承台底最危险受力加到桩基模型上,得到各桩顶轴力、剪力、弯矩值。通过比较第13号桩顶受力最大,因此对13号桩基进行受力分析。其桩顶轴力为-15470.77kN,桩底轴力-18355.5kN,桩身剪力至-25m时为0,弯矩反弯点在-11m位置,-17m处负弯矩最大,-25m处弯矩为0。对桩截面按照AASHTO进行钢筋混凝土结构受力验算,计算过程不再赘述,取出承台底以下4m、6m、8m、15m、17m、19m共计6个截面的验算结果,列表如下:

案的可行性,以下结论可为类似工程项目的处理提供参考。

1、桩基缺陷的形成有设计与施工两方面原因。施工图设计工程师对美国规范钢筋间距的要求不熟悉,桩基主筋与箍筋间距过小。现场施工人员缺乏施工经验与责任心,没有在第一时间发现混凝土骨料不能分布全截面,导致钢筋笼外侧混凝土被泥浆掺杂。

2、本文提出的修复方案非常保守,凿除4m的劣质混凝土,植入高强钢筋,并认为4m以下的原桩基钢筋已不能发挥作用。上部结构传递的力完全由植入的高强钢筋和桩基底部素混凝土承担。该方案安全性极高,经验算完全可以满足桥梁正常运营与耐久性要求。

3、根据AASHTO在计算偏心受压构件时,钢护筒包裹下的桩基不能单纯认为是普通混凝土结构,按照AASHTO中钢和混凝土结合柱计算进行弯矩放大系数的折减更为符合实际情况。但钢护筒与桩基的联合作用效应对全桥受力的影响仍需详细研究。

参考文献:

- [1]胡会星,陈伟志,吴沛沛,等.中国标准与AASHTO标准的预制桩计算对比分析[J].路基工程,2019,(1):126-130.
 - [2]缪林昌,周贻鑫,李植准,等.中美欧规范桩基承载力计算设计对比[J].中外公路,2016,36(1):77-81.
 - [3]师亚忠.美国AASHTO下的桩基静载试验在哥斯达黎加的实践[J].中国科技纵横,2020,(1):102-103,105.
- 杨勇 413024197812176338