

预制桥墩存储期间裂缝变形控制技术研究

张基成¹, 陈欣², 闫畅², 冯晓楠²

(1.徐州市公路事业发展中心, 江苏 徐州 221000; 2.苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 211112)

摘要:为研究预制桥墩存储期间的裂缝变形状况,以徐州某快速化改造工程的桥梁为工程背景,采用有限元法建立预制桥墩实体模型进行静力分析,研究存储期间不同影响因素对其受力性能和位移变形的影响。结果表明:预制桥墩水平存储期间,支撑布置在正负弯矩相等处、叠放层数为一层时,可避免预制桥墩在自重荷载及下部支撑作用下产生裂缝和变形。

关键词:预制桥墩;存储期间;裂缝变形控制;有限元分析

中图分类号: U448.21+8

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0128-04

0 引言

传统的桥梁建造技术在当代中国的社会环境下,显现出越来越多的弊端。全预制装配式技术的出现,实现了节能环保、全生命周期价值最大化的桥梁生产方式,符合交通产业转型升级的要求,是未来发展的必然趋势^[1-2]。

实际工程中预制桥墩的存储方式如图1所示。竖直存储只需考虑安全防护的问题,而水平存储还有许多问题尚待研究。如不合理的支撑布置平面位置、桥墩叠放层数以及支撑布置数量可能导致预制桥墩产生裂缝和变形,极大地影响工程质量,因此开展了预制桥墩存储期间裂缝变形控制的研究。



(a) 竖直存储

(b) 水平存储

图1 预制桥墩存储现状

2013年,黄荣等^[3]运用工程力学知识,针对预制桥墩的单点和多点起吊进行了研究。研究既考虑了吊绳的安全性,又考虑了构件的安全性。研究得出了单点和多点起吊的合理位置,做到了构件吊装的安全与合理。2019年,郑晏华^[4]为解决大型预制桥墩的运输问题,针对预制桥墩的结构特点进行研究。研究采用了预制桥墩的翻转装车技术,提高了构件运输效率。

收稿日期: 2021-01-07

作者简介: 张基成(1969—),男,工程硕士,高级工程师,从事公路桥梁建设管理工作。

的效率,确保构件在运输期间的结构受力稳定,降低了运输安全风险,取得了良好的实施效果。

2019年,河南省发布的地方标准《装配式混凝土箱梁桥设计与施工技术规范》规定:(1)当桥墩采用竖向存放时,应采取安全支护措施;(2)当桥墩采用水平叠放方式存放时,叠放的层数不宜超过两层^[5]。2020年,交通运输部发布的《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650—2020)规定:(1)构件堆放时,应放置在垫木上,吊环向上,标志向外;混凝土养护期未满足的,应继续洒水养护。(2)雨季和春季融冻期间,必须注意防止因地面软化下沉而造成构件断裂及损坏^[6]。2010年,美国PCI协会发布的《预制和预应力混凝土设计手册》规定:(1)预制构件应放置在支撑上,不得直接放置于地面;(2)预制构件在运输和存储期的支撑位置应一致,误差控制在2.5英尺(1英尺=30.48 cm)以内^[7]。

综上,当前针对预制桥墩存储期间裂缝变形控制的研究较少,规范只对预制桥墩的水平存储方式提出了大致要求。因此,以徐州某快速化改造工程的桥梁为工程背景,比选不同的支撑布置平面位置、桥墩叠放层数以及支撑布置数量,提出相应的控制指标,以确保预制桥墩在存储期间的安全。

1 工程概况

徐州某快速化改造工程桥梁全长4974.1 m,标准桥宽33 m,全桥总计160跨。桥墩尺寸为2 m×2 m矩形断面,角点处采用半径0.15 m的圆倒角,墩柱高2~10.8 m。预制桥墩采用C40混凝土,HRB400级钢筋,纵向钢筋采用直径40 mm钢筋,横向钢筋采用直

径 16 mm 钢筋。桥墩横截面如图 2 所示。

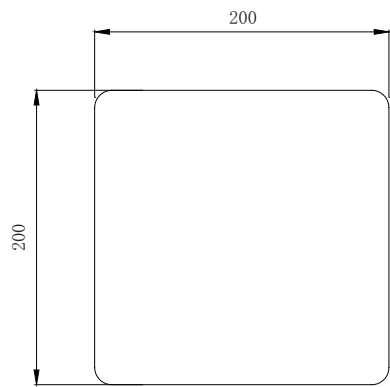


图 2 桥墩横断面图(单位:cm)

2 有限元模型建立

采用 ABAQUS 软件建立有限元模型:预制桥墩采用 3D 实体单元,高 10.8 m;钢筋采用 3D 线单元嵌入桥墩。有限元模型如图 3 所示。

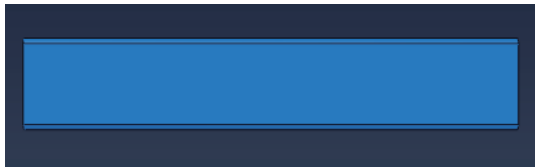


图 3 有限元模型

混凝土和钢筋的具体参数见表 1。

表 1 材料参数

材料	密度 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	弹性模量 /MPa	泊松比
混凝土	2 500	3.25×10^4	0.2
钢筋	7 850	2.06×10^5	0.3
垫木	700	0.9×10^4	0.4

垫木与预制桥墩之间的接触,采用库仑摩擦,用摩擦系数表示接触面之间的摩擦特性,摩擦力等于法向力与摩擦系数的乘积。由工程地质手册可知^[8],混凝土与垫木间摩擦系数为 0.62。

3 有限元分析

3.1 分析工况

有限元分析主要研究预制桥墩水平存储期间支撑布置平面位置、桥墩叠放层数及支撑布置数量对其受力性能和位移变形的影响,具体分析工况见表 2。

3.2 支撑布置平面位置

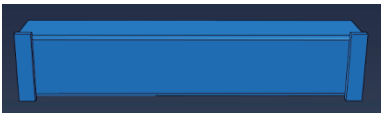
针对一层桥墩叠放,计算桥墩在图 4 中的支撑布置平面位置下的受力及变形情况。

将工况 1~3 静力有限元分析结果进行对比分析,其应力及变形情况如图 5 和图 6 所示。

根据图 5 可知:工况 3 支撑布置在正负弯矩相等处,预制桥墩应力最小,达到 0.35 MPa;工况 1 支撑布置

表 2 有限元分析工况

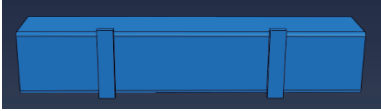
工况	支撑布置数量	桥墩叠放层数	支撑布置平面位置	分析内容
1	长条垫木(2 个)	一层	底面两端	支撑布置平面位置
2	长条垫木(2 个)	一层	底面四等分点	
3	长条垫木(2 个)	一层	底面正负弯矩相等处	
4	长条垫木(2 个)	两层	底面两端	桥墩叠放层数
5	长条垫木(2 个)	三层	底面两端	
6	长条垫木(3 个)	一层	底面两端和中点	支撑布置数量
7	长条垫木(4 个)	一层	底面四等分点	



(a)支撑布置平面位置一(底面两端)



(b)支撑布置平面位置二(底面四等分点)



(c)支撑布置平面位置三(底面正负弯矩相等处)

图 4 支撑布置平面位置

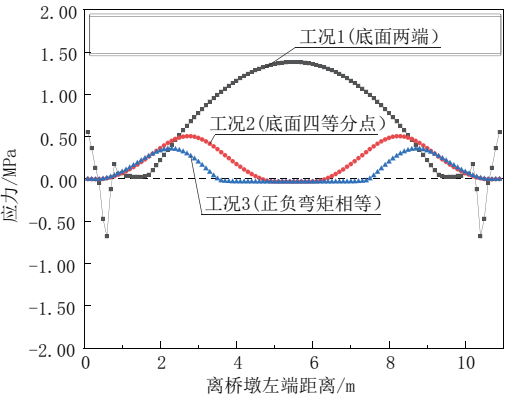


图 5 不同支撑平面位置应力对比图

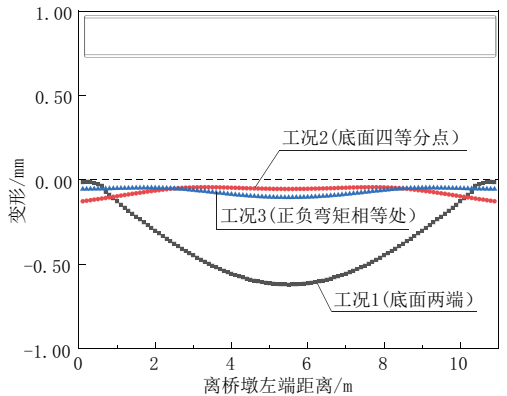


图 6 不同支撑平面位置变形对比图

在底面两端时,预制桥墩应力最大,达到 1.31 MPa,尚未超过 C40 混凝土的轴心抗拉强度标准值 2.40 MPa。

根据图6可知:工况3支撑布置在正负弯矩相等处,预制桥墩变形最小,达到0.12 mm;工况1支撑布置在底面两端时,预制桥墩变形最大,达到0.62 mm,尚未超过预制桥墩平整度5 mm的要求。

当支撑布置在底面正负弯矩相等处时,桥墩无明显变形且应力最小,可避免预制桥墩在自重荷载及下部支撑作用下产生裂缝和变形。因此,支撑应布置在正负弯矩相等处。

3.3 桥墩叠放层数

针对支撑布置在底面两端,计算底层桥墩在不同叠放层数下的受力及变形情况。将工况1、4、5静力有限元分析结果进行对比分析,其应力及变形情况如图7和图8所示。

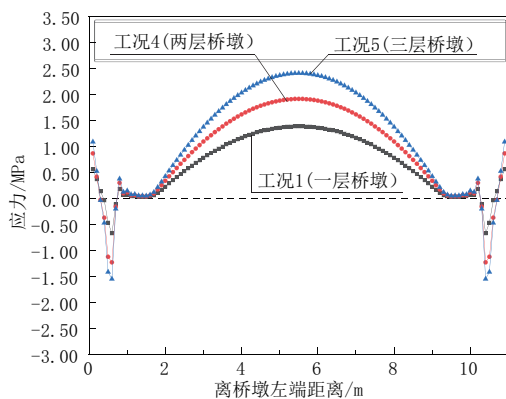


图7 不同桥墩叠放层数应力对比图

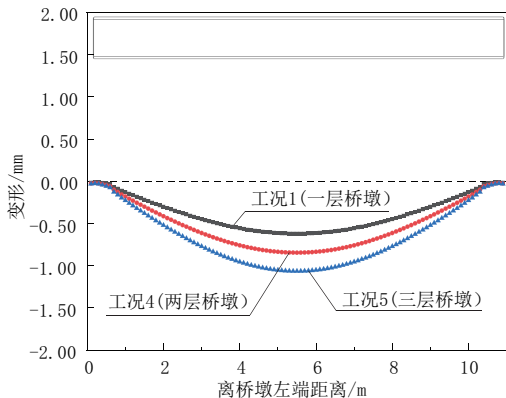


图8 不同桥墩叠放层数变形对比图

根据图7可知:工况1中,一层桥墩叠放时,预制桥墩应力最小,达到1.31 MPa;工况5中,三层桥墩叠放时,预制桥墩应力最大,达到2.41 MPa,超过C40混凝土的轴心抗拉强度标准值2.40 MPa,会导致桥墩产生裂缝。

根据图8可知:工况1中,一层桥墩叠放时,预制桥墩变形最小,达到0.62 mm;工况5中,三层桥墩叠放时,预制桥墩变形最大,达到1.06 mm,尚未超过预制桥墩平整度5 mm的要求。

当桥墩叠放层数为一层时,桥墩无明显变形且

应力最小,可避免桥墩在自重荷载及下部支撑作用下产生裂缝和变形。当叠放层数为三层时,应力和变形的变化趋势虽然一致,但是最大应力超过混凝土轴心抗拉强度,会导致桥墩产生裂缝。因此,叠放层数一层为宜。

3.4 支撑布置数量

针对一层桥墩叠放,计算桥墩在图9所示的支撑布置数量下的受力及变形情况。

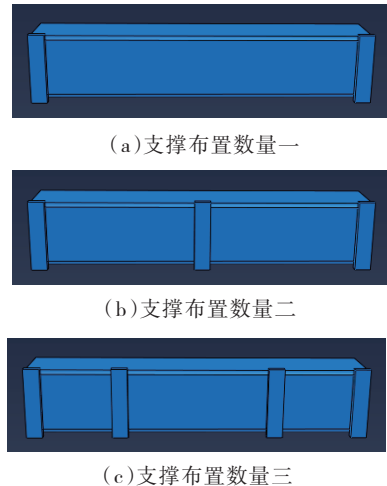


图9 支撑布置平面位置及数量图

将工况1、6、7静力有限元分析结果进行对比分析,其应力及变形情况如图10和图11所示。

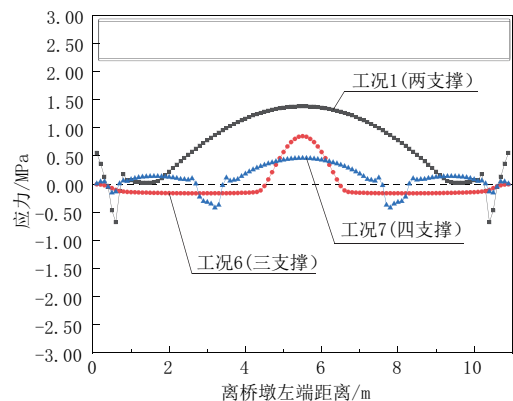


图10 不同支撑布置数量应力对比图

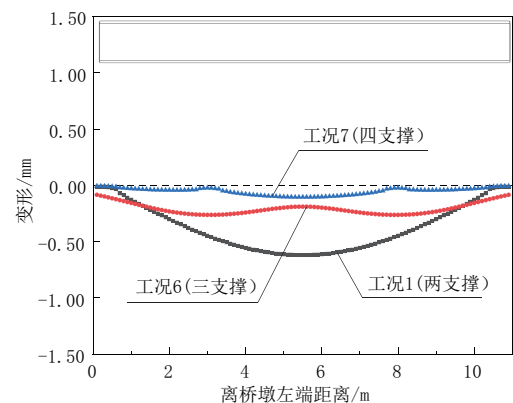


图11 不同支撑布置数量变形对比图

根据图 10 可知:工况 7 布置四支撑时,预制桥墩应力最小,达到 0.35 MPa;工况 1 布置两支撑时,预制桥墩应力最大,达到 1.31 MPa,尚未超过 C40 混凝土的轴心抗拉强度标准值 2.40 MPa。

根据图 11 可知:工况 7 布置四支撑时,预制桥墩变形最小,达到 0.11 mm;工况 1 布置两支撑时,预制桥墩变形最大,达到 0.62 mm,尚未超过预制桥墩平整度 5 mm 的要求。

当布置四支撑时,桥墩无明显变形且应力最小;当布置两支撑和三支撑时,对应力和变形影响不大,应根据现场实际情况来考虑支撑布置数量。

4 结 语

为确保预制桥墩在存储期间的安全,对预制桥墩的存储进行有限元分析。模拟了不同的支撑布置平面位置、桥墩叠放层数以及支撑布置数量,共 7 种工况。通过对比分析得出以下结论:

(1)预制桥墩水平存储期间,支撑应布置在底面正负弯矩相等处,可避免预制桥墩产生裂缝,保证弯矩平衡。

(2)预制桥墩水平存储期间,叠放层数一层为宜,当叠放层数为三层时,桥墩的抗拉强度将不满足规范要求,导致桥墩产生裂缝。

(3)预制桥墩水平存储期间,应根据现场实际情况来考虑支撑布置数量。

参考文献:

- [1] 郭忆.城市高架预制装配式桥梁方案研究[J].城市道桥与防洪,2017(6):95-98.
- [2] 王继全.全预制装配式桥梁方案研究[J].城市道桥与防洪,2018(4):75-77.
- [3] 黄荣,王立临.桥梁预制构件合理吊点位置确定[C]//中国公路学会,重庆市公路学会,中国西部地区公路学会.2013 年科技论文集.北京:中国公路学会,2013.
- [4] 郑晏华.装配式城市高架桥预制桥墩、桥梁的运输方法[J].建筑施工,2019,41(3):354-355.
- [5] DB41/T 1847—2019,装配式混凝土箱梁桥设计与施工技术规范[S].
- [6] TG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].
- [7] Prestressed Concrete Institute.PCI design handbook(7th Edition)[S]. Chicago:Precast/Prestressed Concrete Institute,2010.
- [8] 常士骠,张苏民.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.

(上接第 117 页)

对性的施工监测方案。

顶推施工过程中,对主桁线形、应力、主墩变位等结构响应进行了监测。顶推施工完成后,支点抄垫实测高程与理论高程总体接近,经过合龙前的纠偏调整,合龙口的高程相对偏差满足要求;整个顶推施工过程中,关键杆件应力与计算值基本符合,桥墩变位也处于合理范围内。

由此可知,本桥施工控制取得了良好效果,对同类型桥梁的施工控制具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 苏磊.多跨简支拱型钢桁梁桥拖拉施工技术[J].铁道建筑,2019,59(12):22-25.
- [2] 陈旭勇,李建强,杨宏印,等.基于改进设备的钢桁梁顶推施工线形及应力控制[J].土木工程与管理学报,2018,35(1):43-47.
- [3] 黄小峰,王荣辉.钢桁梁制造和拼装误差对桁架内力的影响分析[J].科学技术与工程,2012,12(19):4833-4838.
- [4] 冯祁.官厅水库特大桥拱形钢桁梁顶推主桥应力控制技术[J].铁道勘察,2016,42(6):82-85.
- [5] 刘洋.下承式钢管混凝土刚架系杆拱桥施工阶段主墩变位的研究[D].武汉:武汉理工大学,2004.