

# 不同预制梁台座对软基差异沉降的影响分析

王风波, 计 鹏

(中铁第六勘察设计院集团有限公司, 天津 300308)

**摘要:**在软基路段上建造预制梁场,合理的布设预制梁台座能有效地减小软基差异沉降。采用有限元软件 Midas/GTS 建立三维计算模型,分析不同预制梁台座布设形式对软基差异沉降的影响。结果表明:当梁台座按横向排布时,梁场中部的梁台座总沉降量与每 2 m 长度上的最大差异沉降量均比外侧要大,且每 2 m 长度上最大差异沉降量较纵向排布大,建议优先纵向布设预制梁台座;当台座采用扩大基础时,台座总体沉降量比浅基础明显减小,最大沉降量由 11.6 mm 降低至 8.5 mm,台座的 2 m 长度上的不均匀沉降量由 0.41 mm 降低至 0.12 mm,建议优先选用扩大基础台座。

**关键词:**预制梁台座;软基沉降;差异沉降;有限元;台座基础

**中图分类号:**TU447 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)12-0058-06

**Influence of Different Precast Beam Pedestal on Differential Settlement of Soft Ground/WANG Feng-bo, JI Peng**  
(China Railway No.6 Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Tianjin 300308, China)

**Abstract:** A proper layout of precast beam pedestals can effectively reduce the soft ground differential settlement in construction of the precast beam pedestal field on the soft ground section. The finite element software Midas/GTS was adopted to create a three-dimension calculation model for analysis of the influence of the different precast beam pedestal on the soft ground differential settlement. Results show that when the beam pedestals are arranged in the lengthwise direction, the middle one's total settlement and the maximum differential settlement over each 2m length is greater than the outside ones, with the maximum differential settlement over 2m length larger than that in the widthwise arrangement; thus it is recommended to employ the widthwise arrangement. When the spread foundation is adopted, the overall settlement of the pedestal is significantly reduced from that in the shallow foundation, with the maximum settlement reduced from 11.6mm to 8.5mm, and the differential settlement over each 2m length of the pedestal reduced from 0.41mm to 0.12mm. It is recommended to use the spread foundation in priority.

**Key words:** precast beam pedestal; soft ground settlement; differential settlement; the finite element; pedestal foundation

## 0 引言

公路建设过程中,受到客观因素限制,预制梁场需要布置在软基路堤上<sup>[1-2]</sup>。受到梁体自重和运输车辆动载等局部不均匀荷载的影响,使得预制梁场下的软土路基更易产生较大的差异沉降<sup>[3]</sup>。为减小因梁体自重荷载导致的较大的软基沉降,需要在预制梁下设置台座<sup>[4]</sup>。

目前,关于预制梁场下软基路段的沉降问题<sup>[5-6]</sup>和预制梁台座的布设问题<sup>[7-8]</sup>,许多学者已经开展了研究,并取得了有益的结论。马飞等<sup>[9]</sup>通过结合现场实测和数值模拟结果,分析了处于预压期软基路堤上的预制梁的沉降规律;李闻<sup>[10]</sup>基于 CFG 桩处理的存梁台座计算模型,提出箱梁存梁台

座的设计应由变形控制,并给出存梁台座施工设计流程和步骤。Tommelein 和 Zouein 等<sup>[11-13]</sup>依靠人工智能以及计算机系统等工具,开发相应的软件进行预制梁场地的布置和规划。Chiu S L 等<sup>[14]</sup>针对台湾高铁项目中铁路桥的预制梁场的底模台座的布置方式进行了分析,为预制梁场滑动底模台座的设计和施工提供了借鉴。龚燕轶<sup>[15]</sup>根据湖泛区的软基特点,给出了受载比较集中的门吊轨道基础和制梁台座两侧张拉端以及场坪区、滑模轨道区和制梁台座张拉区的地基处理方式,并对制梁台座基础进行了受荷理论验算。

可以发现,现阶段的研究工作主要是预制梁场的整体沉降规律以及预制梁场台座的规划设计和施

收稿日期:2018-04-20; 修回日期:2018-08-11

作者简介:王风波,男,汉族,1984年生,注册岩土工程师,岩土工程专业,主要从事岩土工程勘测、设计及地基检测工作,天津市空港经济区中环西路 36 号,wangfengbo5221@126.com。

工方面,考虑不同预制梁台座布置方式,如预制梁台座的基础类型、台座布置方向等,对软基差异沉降将产生不同的影响研究较少。本文拟在分析梁台座布置方向、台座基础形式的基础上,通过有限元软件 Midas/GTS 建立三维计算模型,研究预制场台座布置方向和基础类型的差异沉降变化规律,为预制场的优化布置提供依据。

## 1 梁台座布置形式

### 1.1 梁台座布置方向

在路基上建造预制梁场,常见的梁台座的布设有横向和纵向排布两种方式。类型一:沿路基纵向排布预制梁台座,在路基左侧设置运输通道,在制梁区的两侧分别设置钢筋场和存梁区,龙门吊轨道布置在路肩内侧 1 m 的位置;类型二:沿路基横向排布预制梁台座,在路基左侧设置运输通道,预制梁台座沿路基断面横向布置。梁台座布置方向如图 1 所示。

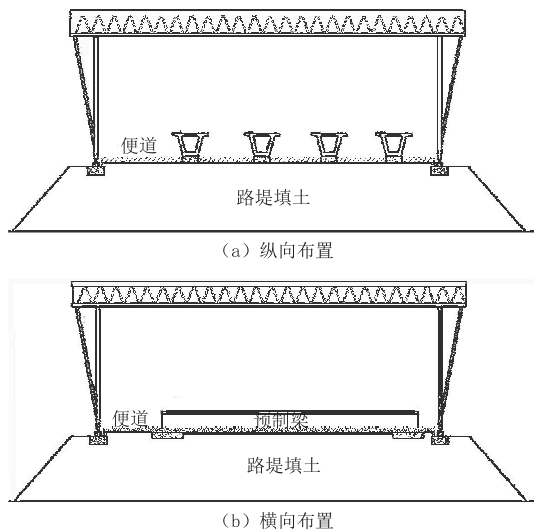


图 1 预制梁台座布置方向示意

由上述两种方案的布置示意图可知,在梁场布置时由于运输通道的存在,制梁区在路基顶部的分布沿横向呈非对称式分布。同时,制梁台座上的荷载属于局部重载,运输通道上的车辆荷载属于循环动载。从纵断面来看这两种类型的梁座布置形式横断面均呈非对称的荷载分布形式。根据相关规范,预制梁场上制梁台座底模应保证挠度 $\geq 2$  mm,台座底模上平整度要控制在 2 mm 以内<sup>[16]</sup>。因此,在路基上布置预制梁场时,预制场的布置形式以及梁台座的局部荷载作用对差异沉降的影响应该予以重视。

### 1.2 梁台座基础形式

制梁台座为预制梁的浇筑提供了平台,作为梁片浇筑过程中最主要的承载构件。梁片在台座上完成安装和拆卸、预埋件的安装、混凝土的浇筑以及养生。对于后张法预应力梁,还要在制梁台座上完成张拉及封锚等工序。预制梁台座要承受混凝土、钢筋骨架及钢模板及相关设备的重力,同时也要承受振捣设备振捣时产生的高频率振动带来的振动荷载。对于整个预制梁场而言,制梁台座是重复使用频率最高的混凝土构件。预制梁台座常常根据地质条件分别采用:桩基础、扩大基础和条形浅基础形式(图 2)。一般情况下桩基础沉降较小,因此本文主要探讨在公路预制场中常使用的条形浅基础和扩大基础作用下,台座周边的沉降及差异沉降变化规律。

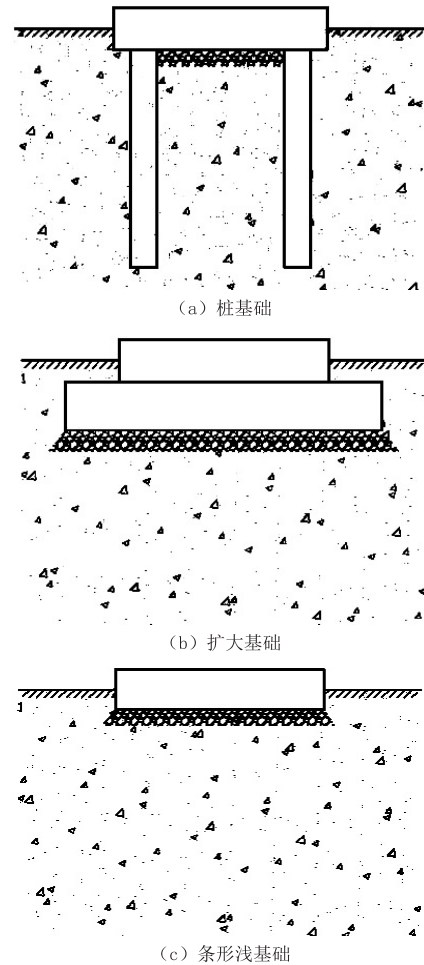


图 2 常见的梁台座基础

## 2 有限元分析简化

### 2.1 工程概况

某公路位于鱼塘分布密集、种植地和居民区集

中地带,受地质因素影响,预制梁场需设置在软土路基上。根据地质勘查资料和软基处理设计资料,填土高度8 m,路堤顶部宽26 m,边坡按1:1.5进行放坡,地基压缩土层自上而下为淤泥质土和粉质粘土,厚度分别为15 m和25 m,下卧中风化岩为基岩。软基处理方式为预制管桩复合路基,管桩完全穿过软土层。地基处理前,地表填筑1 m厚的砂垫层。

## 2.2 模型参数简化

本文基于有限元软件 Midas/GTS 建立三维计算模型,对不同预制梁台座下软基差异沉降进行分析。计算模型取自地表至地表以下50 m为计算深度,水平方向取120 m为计算宽度。根据地质勘查资料和所取土样室内土工试验结果,确定如表1所示的地基土层及其物理力学参数。为便于有限元计算,除砂垫层选用线弹性模型外,各土层均选用摩尔-库伦模型进行计算。

表1 地基材料计算参数汇总

材料名称	材料模型	重度/ (kN·m <sup>-3</sup> )	粘聚 力 c/ kPa	内摩擦 角 φ/ (°)	弹性模 量 E/ MPa	泊松 比 μ	渗透系数 k/(m· d <sup>-1</sup> )
路堤填土	摩尔-库伦	18.3	29	35	16	0.30	1.30×10 <sup>-2</sup>
淤泥质土	摩尔-库伦	17.8	8	24	8	0.35	8.64×10 <sup>-4</sup>
粉质粘土	摩尔-库伦	17.6	23	30	24	0.30	2.16×10 <sup>-3</sup>
中风化岩	摩尔-库伦	20.0	32	40	60	0.20	1.03×10 <sup>-4</sup>
砂垫层	线弹性	19.6			50	0.30	4.32

## 2.3 预制管桩的简化

利用 Midas/GTS 软件提供的桩单元进行预制管桩复合路基的模拟计算,管桩采用几何直线进行刻画,并采用桩单元进行网格划分,同时赋予桩圆环形的管桩截面属性,如图3所示。

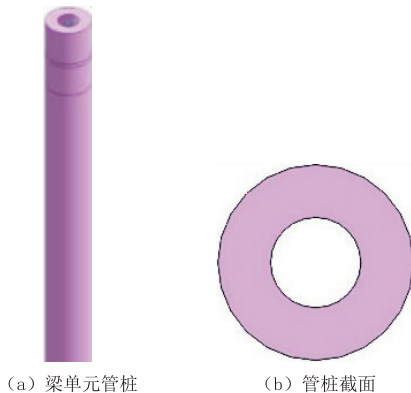


图3 桩单元模型

## 3 不同台座布置方向下的差异沉降

### 3.1 计算模型的建立

为了分析软基路段不同台座布置方向的差异沉降变化规律,针对台座排布方向的不同,建立三维有限元计算模型进行分析,其中预制梁台座长度均取20 m。预制场台座布置图和台座编号如图4所示,计算模型如图5所示。

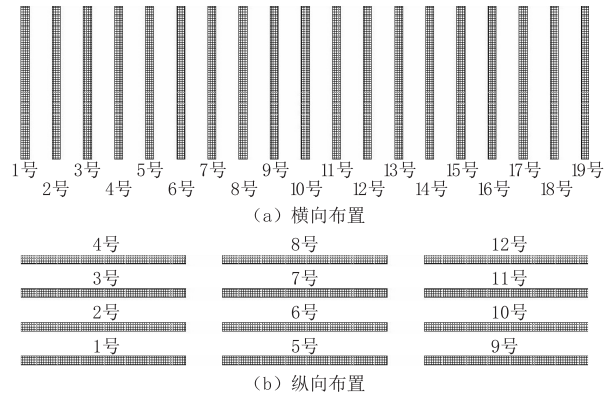
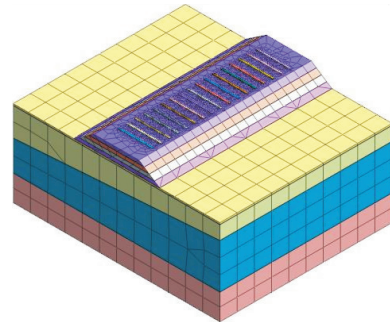
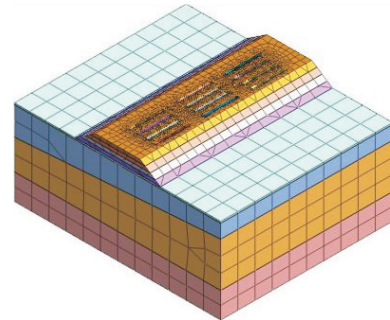


图4 台座布置示意



(a) 横向布置



(b) 纵向布置

图5 预制场不同台座排布方向

### 3.2 沿路堤纵向差异沉降规律

当梁台座按纵向布置时,梁台座周边沉降曲线如图6所示。考虑对称性,仅分析1~8号梁台座沉降情况。

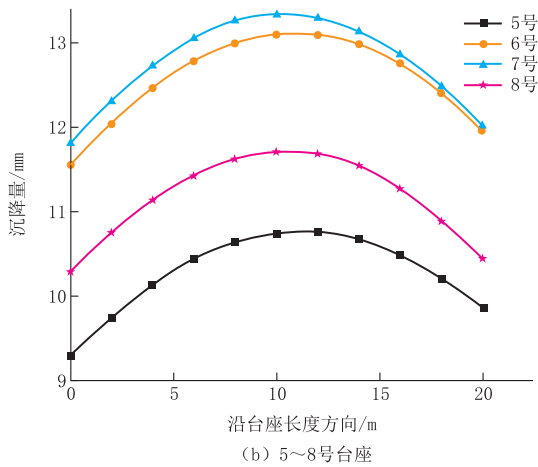
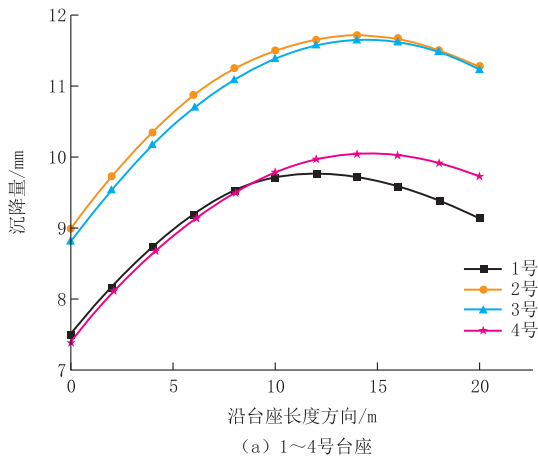


图 6 纵向布置台座沿长度方向沉降曲线

从图 6 可以看出:当梁台座纵向布置时,1~4 号梁台座沿台座方向沉降呈左侧偏小,右侧偏大;5~8 号梁台座沿台座方向呈现对称趋势;且处于梁场中部的 5~8 号台座总体沉降量更大。

因沿台座长度方向沉降曲线成抛物线形式,台座两端沉降变化速率较大,因此通过分析各台座两端 2 m 长度内最大沉降差来研究台座差异沉降,计算结果如表 2 所示。

表 2 纵向布置台座两侧 2 m 长度内最大差异沉降 mm

台座编号	左端	右端	台座编号	左端	右端
1	0.67	0.25	5	0.45	0.35
2	0.74	0.24	6	0.49	0.44
3	0.72	0.23	7	0.49	0.46
4	0.67	0.18	8	0.46	0.45

表 2 给出了各梁台座每 2 m 长度上最大不均匀沉降值,可以看出处于外侧的 1~4 号台座整体的最大差异沉降要比处于内侧的 5~8 号台座要大。对于每个断面而言,可以看出越靠近路面中心的台座,

台座 2 m 长度上最大差异沉降值越大。1~4 号断面上为 2 号梁台座差异沉降最大,最大差异沉降为 0.74 mm,5~8 号断面上为 7 号台座差异沉降最大,最大差异沉降为 0.49 mm。当采用预制管桩处理时,预制梁场的最大差异沉降值均小于 1 mm,处于规范要求的 2 mm 安全范围之内。

### 3.3 沿路堤横向的差异沉降规律

当梁台座按横向布置时,梁台座周边不均匀沉降规律如图 7 和图 8 所示。由于横向布置模型关于 9 号梁台座对称,故只取 1~9 号梁台座进行分析。

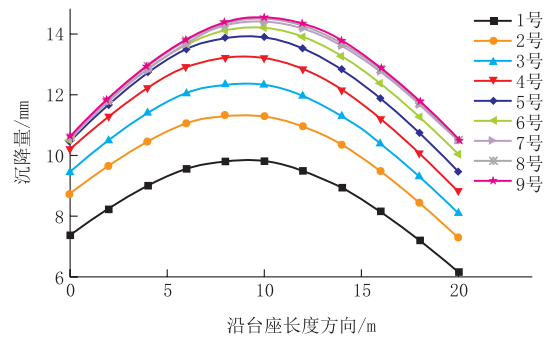


图 7 横向布置台座沿长度方向沉降曲线

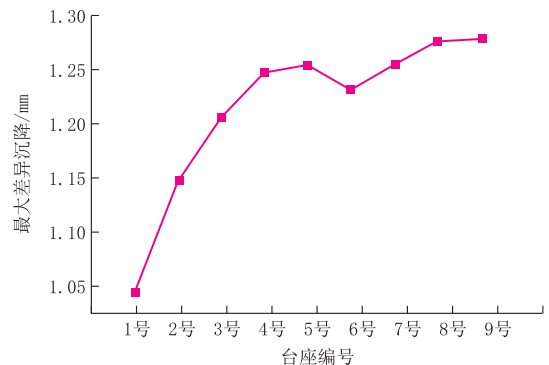


图 8 横向布置台座每 2 m 长度上最大差异沉降

从图 7 可以看出:当梁台座横向布置时,梁台座沿长度方向的沉降规律与纵向排布类似,均为两侧小中间大。其中,从 1 号梁台座到 9 号梁台座,沉降量逐渐增大,最大沉降在 9.9~14.6 mm 之间变化。同时可以发现,从 5 号梁台座到 9 号梁台座的沉降量增速已经明显减小,各台座沉降量基本接近。

图 8 给出了各梁台座每 2 m 长度上最大不均匀沉降值,即图 7 中各曲线每 2 m 横坐标上斜率的最大值。可以看出,横向布置时两侧的不均匀沉降明显小于中间的不均匀沉降值。最大不均匀沉降 1.04~1.28 mm,增加了 23%。

综合预制梁台座分别按纵向和横向布置时的差

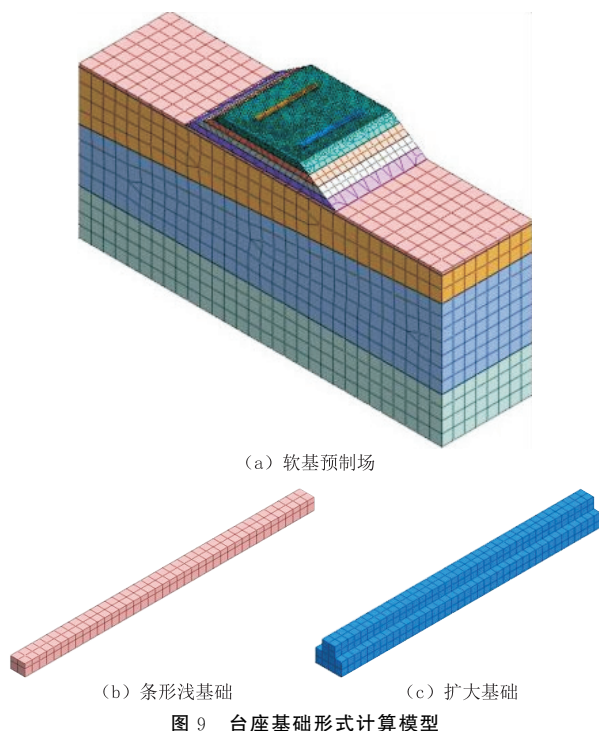


异沉降分析,可以看出预制管桩处理软基条件下,当梁台座按横向排布时,在施加梁荷载后,梁场中部的梁台座总沉降量和2 m长度上的最大差异沉降量均要比外侧大。同时,对比纵向排布时数据可以发现,横向布置时每2 m长度上最大差异沉降量虽然仍满足规范要求,但较纵向排布已经明显增大。

#### 4 不同台座类型下的差异沉降分析

##### 4.1 计算模型的建立

为了分析软基路段台座纵向布置时不同台座基础类型的差异沉降变化规律,采用有限元软件建立三维有限元计算模型。有限元计算模型如图9所示。



##### 4.2 预制梁台座采用条形浅基础

当制梁台座采用条形浅基础计算时,沿预制梁台座沉降曲线如图10所示。

在路基上纵向布置的制梁台座,在加上梁荷载前后,台座上最大沉降量为11.6 mm,沉降曲线与路堤断面沉降盆曲线类似,呈中间沉降量大,两侧沉降小。在台座两侧的差异沉降最大,最大差异沉降为0.34和0.41 mm。

##### 4.3 预制梁台座采用扩大基础

当制梁台座采用扩大基础计算时,如图11所示。

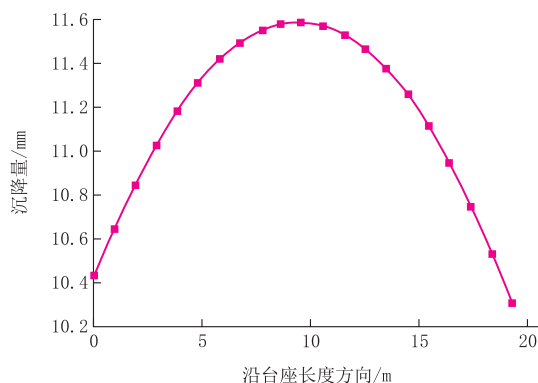


图10 条形浅基础台座沉降曲线

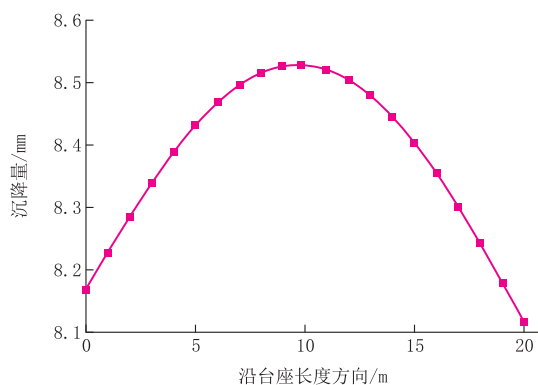


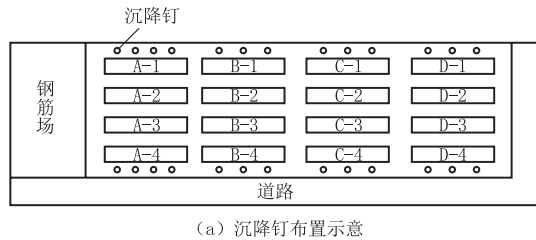
图11 扩大基础台座沉降曲线

在路基上纵向布置的制梁台座,在加上梁荷载前后,台座上最大沉降量为8.5 mm,沉降曲线与条形浅基础的类似,呈中间沉降量大,两侧沉降小。在台座两侧的差异沉降最大,最大差异沉降为0.12和0.10 mm。

综上所述,当台座采用扩大基础时,台座总体沉降量比浅基础明显减小,最大沉降量由11.6 mm降低到8.5 mm;同时,台座的2 m长度上的不均匀沉降量由0.41 mm降低至0.12 mm。当预制场台座采用浅基础处理时,台座上总沉降量及最大不均匀沉降量均比采用扩大基础时要大。当台座基础采用扩大基础时,由于台座受荷面积增大,能够有效降低台座总沉降量,同时台座的整体刚度得到了增强,能够有效地降低最大差异沉降量。

#### 5 梁场监测情况

根据数值计算结果,该公路软基路段预制梁场采用纵向布置预制梁台座,台座基础形式采用了扩大基础。在预制梁场建成后,为监测预制梁台座的差异沉降,确保预制梁的整体性,在台座周围布设表面沉降观测钉。沉降钉布设示意图如图12所示。



(a) 沉降钉布置示意



(b) 现场沉降钉标识

图 12 沉降钉现场布置

预制梁浇筑至完成耗时 21 d, 预制梁场工作期间的梁台座沉降钉监测情况如表 3 所示。

表 3 梁台座差异沉降监测情况

时间/ d	沉降量/mm				最大差异 沉降/mm
	A-1-1	A-1-2	A-1-3	A-1-4	
5	2.9	3.6	3.4	3.0	0.7
12	3.6	4.5	4.7	3.9	1.1
21	4.4	6.3	6.0	4.6	1.9

注:A-1-1、A-1-2、A-1-3 和 A-1-4 表示 A-1 梁台座由左至右的 4 个沉降钉。

由表 3 可知,沿梁台座沉降情况与图 11 中计算结果一致,即呈中间沉降量大,两侧沉降量小。在预制梁浇筑至完成过程前后,最大差异沉降为 1.9 mm,满足规范要求。虽然实际差异沉降值略大于有限元计算结果,考虑实际施工中受到施工扰动情况,表明本文有限元计算结果具有一定的可靠性和准确性。

## 6 结论

(1) 预制管桩处理软基条件下,当梁台座按横向排布时,在施加梁荷载后,梁场中部的梁台座总沉降量和 2 m 长度上的最大差异沉降量均要比外侧要大。

(2) 横向布置时每 2 m 长度上最大差异沉降量虽然仍满足规范要求,但较纵向排布已经明显增大。

建议优先纵向布设预制梁台座。

(3) 当台座采用扩大基础时,台座总体沉降量比浅基础明显减小,最大沉降量由 11.6 mm 降低到 8.5 mm;同时,台座的 2 m 长度上的不均匀沉降量由 0.41 mm 降低至 0.12 mm。软基路段上布设预制梁场建议优先选用扩大基础台座。

## 参考文献:

- [1] 孙逢宾,张宇,倪金龙.软基地区 100 t 箱梁预制场方案优化设计例析[J].洛阳理工学院学报(自然科学版),2013,23(1):13-18.
- [2] 刘龙伟,杨亚兵.三沙大桥小箱梁预制场建设方案[J].中外公路,2004,24(4):122-123.
- [3] 姜立贵,邓国才.预制梁厂的规划和筹建[J].隧道建设,2005,25(2):76-80.
- [4] 白国远.浅谈 32 m 公路箱梁制、存梁台座基础计算方法[J].北方交通,2016,(8):15-18,22.
- [5] 李荣且,彭楠楠.遂平制梁场沉降观测[J].交通标准化,2010,(19):218-223.
- [6] 胡智峰.强夯法处理山区梁场非均匀回填地基施工[J].铁道标准设计,2010,(11):41-43.
- [7] 卢维华.山区高速公路桥上预制场设置方法初探[J].西部交通科技,2009,(8):78-81.
- [8] 李玲玲,李健.桥上制梁情况下台座纵向布置形式研究[J].黑龙江交通科技,2016,39(11):72-73,75.
- [9] 马飞,洪宝宁,刘鑫.软基路堤上预制梁场的不均匀沉降分析[J].河南科学,2017,35(2):253-257.
- [10] 李闻.铁路客运专线预制梁场存梁台座设计研究[J].铁道标准设计,2009,(S1):91-94.
- [11] Tommelein I. D., Levitt R. E., Hayes-Roth B. SightPlan Model for Site Layout[J]. Journal of Construction Engineering & Management,1992,118(4):749-766.
- [12] Zouein P. P., Harmanani H., Hajar A. Genetic Algorithm for Solving Site Layout Problem with Unequal-Size and Constrained Facilities[J]. Journal of Computing in Civil Engineering,2002,16(2):143-151.
- [13] Zouein P. P., Tommelein I. D. Dynamic layout planning using a hybrid incremental solution method[J]. Journal of Construction Engineering and Management-Asce,1999,125(6):400-408.
- [14] Chiu Sou-Laung, Kang Wen-Bing, Chou Jerry L., et al. Insights of Fplm For Long-Viaduct Construction in Taiwan High-speed Railway Project: Overcoming The Interfaces [C]// International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Taipei,2007.
- [15] 龚燕轶.湖泛区大型软基预制梁场方案规划与设计[J].湖南交通科技,2015,41(2):131-135.
- [16] JTG/T F50-2011,公路桥涵施工技术规范[S].