

# 潮位对桩基础沉降影响的研究

周 浩<sup>1,2</sup>, 张宁宁<sup>1</sup>, 凌海蓉<sup>3</sup>

- 1. 华电电力科学研究院, 浙江 杭州 310030;
- 2. 河海大学 土木与交通学院, 江苏 南京 210098;
- 3. 中国建设银行泰州分行造价中心, 江苏 泰州 225300

**摘要:**深水环境中,大型桥梁的群桩基础沉降的影响因素是复杂的,其中包括有利的和不利的。通过实测数据分析潮位对桩基础受力的影响,借助数值分析的方法对潮位引起的群桩基础沉降进行定量。采用 Duncan - Chang 非线性模型与 Biot 固结理论相结合的方法建立群桩基础有限元模型模拟潮位对群桩基础沉降的影响。研究表明,潮位有加速桩基土体固结的作用,潮差越大这种作用越明显,沉降也就越小,对群桩基础的受力是有利的。

**关键词:**潮位; 桩基础沉降; Duncan - Chang 非线性模型; Biot 固结

**中图分类号:** TU473.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1671 - 5322(2012)04 - 0005 - 03

## 1 潮位对桩基础受力的影响

某大桥桥位区位于长江下游感潮河段,距长江口约 110 km,河段以落潮流为主,涨落潮流共同作用的河段。每年春分至秋分为夜大潮,秋分至次年春分为日大潮。潮流在一日内有两个变化周期,每个周期历时一般为 12 h 25 min,流息(即涨、落潮流速为 0 的时刻)发生在最高或最低潮位 20 min ~ 40 min 之后。桥位区附近的水文站实测最大潮差达 4.01 m,平均潮差为 2.07 m。

不同潮位条件下群桩基础承受的浮力存在较大差异。该大桥处于感潮河段的深水环境,而且体积巨大的主桥群桩基础的承台位于涨跌水位范围内,承台的平面面积达 4 214 m<sup>2</sup>,每米潮差将产生 42.14 MN 的浮力波动。如上所述,桥位区潮位每日两涨两落,平均潮差为 2.07 m,将产生 90.53 MN 浮力。所以,潮位涨跌使群桩基础长期承受高强度的低频循环荷载作用,对群桩基础的受力产生一定的影响。

为查清涨跌潮现象对深水环境中桩基础受力影响,对潮位观测点以及基桩内部轴力观测点进行观测,选择某一基桩在不施加任何荷载的情况下测得的各个断面的轴力来加以对比分析。在此

期间,由于上部荷载保持不变,故影响桩身轴力因素主要有潮位以及其它复杂的环境条件。

图 1 为桩各断面轴力与潮位的对比图,从图中可以看出,桩身各断面轴力除了由于一些不确定的因素而导致的局部变化外,与潮位具有较好的负相关性,同时从基桩上部到下部各个不同高程的断面的轴力值随潮位变化产生的不同幅度变化可知,潮位对基桩的影响在桩顶到桩入土段(-12 m ~ -30 m)表现的最明显,随着桩入土深度的增加,基桩轴力随潮位波动产生的响应量依次减弱。

## 2 潮位对桩基础沉降影响的数值模拟

为了进一步查清这种日复一日的潮位涨跌现象对群桩基础稳定性的影响是利还是有弊,本文通过有限元建模方法对比分析有无潮差情况下群桩基础的沉降变化。

结合工程实例,利用 ABAQUS 计算软件对该大桥主塔群桩基础进行了 3 维非线性有限元分析,建立群桩基础的有限元模型。

### 2.1 计算范围选取

在群桩基础沉降计算的有限元分析中采用完整的计算模型。承台模型尺寸与实际一致,其平

收稿日期:2012 - 08 - 11

作者简介:周浩(1984 - ),男,山东临沂人,博士,主要研究方向为岩土体工程稳定与安全监测。

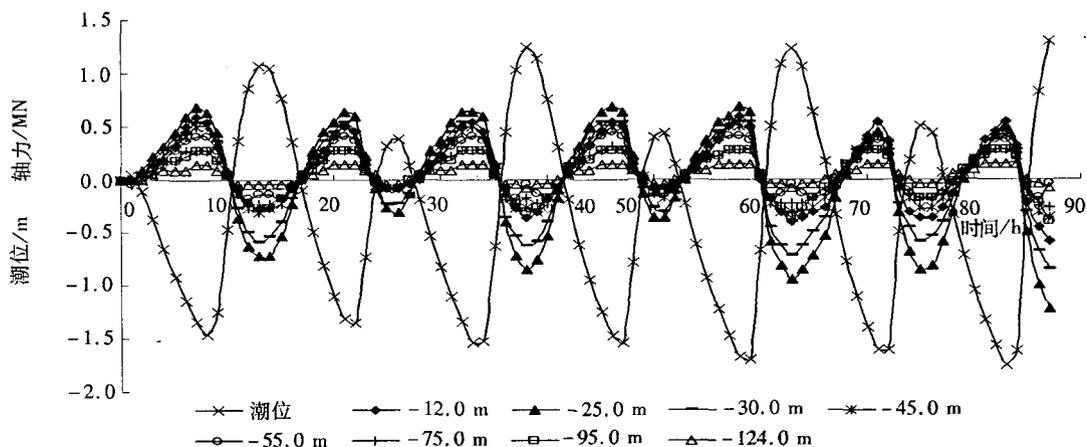


图 1 某桩各断面实测轴力与潮位对比图

Fig.1 A pile of all sections measured axial force and tidal level comparison chart

面尺寸为 98 m × 43 m。根据有限元计算经验,计算范围取基础平面尺寸的 2.5 ~ 4.0 倍,故土体横桥向方向取 400 m,纵桥向方向取 200 m,竖直方向的深度通过试算确定,以不影响桩端沉降为原则,竖直方向取 165 m。

### 2.2 计算参数取值

多年的研究表明,特别是在变形相对小的情况下,Duncan - Chang 非线性弹性模型模拟桩基工程的变形性状效果较好<sup>[1,2]</sup>。它通过调整弹性系数近似地考虑了土体的弹塑性变形的特性,并用于增量计算,能反映应力路径对变形的影响。

桥位区勘察资料显示:桥位区共分为 18 个工程地质层。在现有的计算条件下,18 个工程地质层是不能一一考虑的,必须进行概化,土层的概化按相似的原则进行,概化后的材料参数可按土层厚度进行加权平均<sup>[3]</sup>。

桩截面是圆形,利用周长等效将其简化为八角形。桩和承台的本构模型采用线弹性模型,材料参数采用混凝土与钢筋的等效参数,承台各部分参数按照体积等效原则确定。桩基础包括基桩和承台,根据其对称性,以半幅承台作为计算域建立概化模型如图 2 所示。

潮差的模拟假设是土体表面作用 25 m 的水头压力,以余弦函数简化潮位的变化,分别模拟平均潮差 2.07 m 和最大潮差 4.01 m 时的沉降情况。

通过在承台逐级施加荷载的方式,分别计算索塔浇注过程中每级荷载作用下有无潮差时群桩基础的沉降量<sup>[4,5]</sup>。索塔浇注完成后作用于群桩基础的设计荷载约 780 MN,分 6 级对承台加载,每级 130 MN。

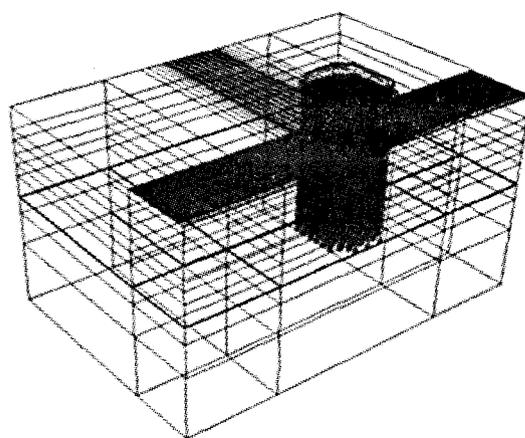


图 2 群桩基础模型剖分网格

Fig.2 Group pile foundation model split grid

下面将承台顶面系梁区中心点处的沉降值视为群桩承台的沉降量来进行有无潮差情况下群桩基础沉降计算分析。

(1) 无潮差情况下群桩基础沉降计算结果见图 3。

(2) 不同潮差情况下群桩基础沉降计算结果见图 4。

对以上各种情况下计算结果的进行对比,由图 4 的荷载 - 沉降曲线可知,随着荷载的不断施加,潮位对群桩基础沉降的影响越来越显著,由于潮差的作用,使沉降呈现减小趋势。设计荷载加载完成后,2.07 m 潮差情况下,群桩基础沉降比无潮差情况下最多可减小 4.9%;4.01 m 潮差情况下,最多可减小 9.2%。

由图 5 中群桩基础的潮差 - 沉降曲线可知,

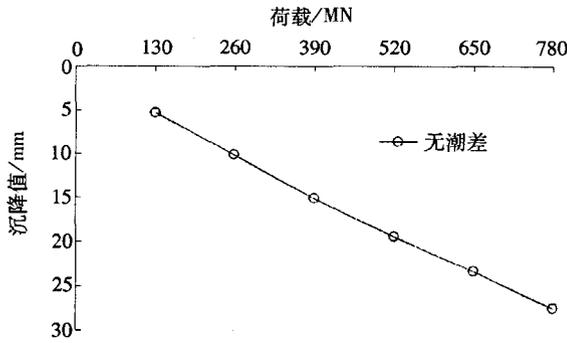


图3 无潮差情况下群桩基础荷载—沉降曲线  
Fig.3 Tidal range case group pile foundation load - settlement curve

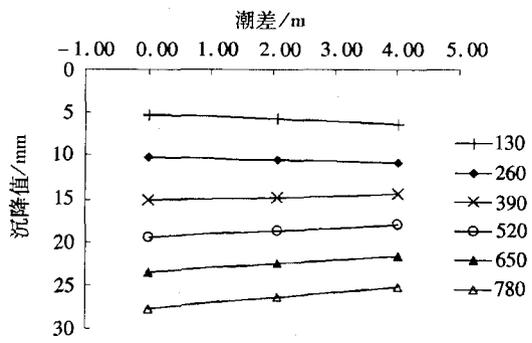


图5 不同荷载作用下群桩基础潮差—沉降曲线  
Fig.5 Group pile foundation under different loads tidal range - settlement curve

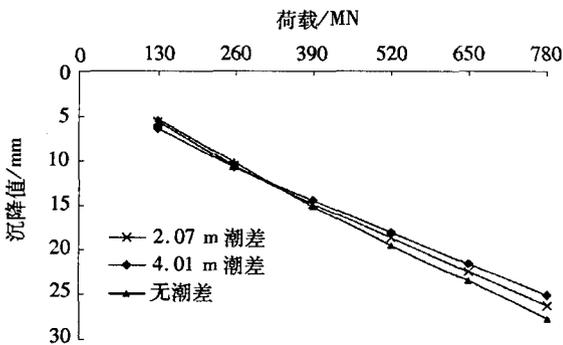


图4 不同潮差情况下群桩基础荷载—沉降曲线  
Fig.4 Different tidal range case group pile foundation load - settlement curve

荷载加载初期,潮差越大,沉降越大;而随着荷载的逐渐施加,潮差越大,沉降则越小,这说明,潮位的涨落作用有加速土体固结的作用,大大地提高

了桩基土体的变形模量,潮差越大,这种作用越明显。

### 3 结论

通过实测的某桩各断面轴力与潮位的对比可知,桩身各断面轴力与潮位具有较好的负相关性,且随着桩入土深度的增加,基桩轴力随潮位波动产生的响应量依次减弱。

采用 Duncan - Chang 非线性模型与 Biot 固结理论相结合的方法建立群桩基础有限元模型来分别模拟有无潮差情况下群桩基础沉降的变化情况,通过对比各种不同条件下的荷载—沉降曲线,得出以下结论:潮位涨落使群桩基础长期承受的高强度低频循环荷载作用可使土体固结硬化,对群桩基础的受力是有利的,一定程度上改善了群桩基础的承载性能和稳定性。

### 参考文献:

[1] 魏鸿,唐伯明,董元帅.基于 Biot 理论的沙井地基因固结沉降分析[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2009,28(5): 887 - 891.

[2] HE Xu - hui, YU Zhi - wu, CHEN Zheng - qing. Finite element model updating of existing steel bridge based on structural health monitoring[J]. J. Cent. South Univ. Technol, 2008(15):399 - 403.

[3] 王俊杰,朱俊高,魏松.不同桩底地层超长桩工作性能的数值模拟[J].岩土力学,2005,26(2):328 - 331.

[4] Poulos H G. 群桩沉降的估算——从理论研究到工程实践(1)[J].岩土工程界,2007,10(4):17 - 21.

[5] 胡德贵.轴向荷载作用下群桩基础的沉降研究[D].成都:西南交通大学,2001.

(下转第 12 页)

- [5] Fu H C, Ng S F. Thermal behavior of composite bridges[J]. Journal of Structural Engineering, 1990, 116(12): 3302 – 3323.
- [6] 肖建庄, 宋志文, 赵勇, 等. 基于气象参数的混凝土结构日照温度作用分析[J]. 土木工程学报, 2010, 43(4): 30 – 36.

## Measurement and Simulation Analysis for the Solar Temperature Field of Concrete Box Girder Bridge

GU Bin<sup>1</sup>, GU Zhi-hu<sup>2</sup>, ZHANG Ning-ning<sup>3</sup>

- ( 1. College of Civil and Transportation Engineering Hehai University, Nanjing Jiangsu 210098, China; 2. The City Draining Pump Management Station of Huaian District, Huaian Jiangsu 223200, China; 3. China Huadian Electric Research Institute, Hangzhou Zhejiang 310030, China )

**Abstract:** The law of temperature change and vertical temperature gradient distribution of the concrete box girder were studied, according to the measured temperature data of one large concrete box girder bridge, the result shows that the vertical temperature gradient distribution of the concrete box girder nearly obeys index distribution. A finite element model of solar temperature field of concrete box girder based on meteorological parameters is established and the accuracy of the model is verified. Finally, the temperature gradient distribution of the concrete box girder is analyzed with the meteorological parameter standard values of 50 – year and the extreme temperature difference can reach 18.5 °C.

**Keywords:** concrete box girder; solar temperature field; simulation analysis; measured data

(责任编辑: 沈建新)

(上接第 7 页)

## Study on the Effect of Tidal Level on Settlement of Pile Foundation

ZHOU Hao<sup>1,2</sup>, ZHANG Ning-ning<sup>1</sup>, LING Hai-rong<sup>3</sup>

- ( 1. China Huadian electric research institute, Hangzhou Zhejiang 310030, China; 2. College of civil and transportation engineering Hohai University, Nanjing Jiangsu 210098 China; 3. China Construction Bank branch in Taizhou costcenter, Taizhou Jiangsu 225300, China )

**Abstract:** In deep water, the pros and cons that influence the settlement of pile foundation are complicated. The effect of tidal level on settlement of pile foundation was analyzed by monitoring data, settlement of pile – group caused by tidal level foundation was quantitative by means of numerical analysis method. By combined Duncan – Chang nonlinear model with Biot consolidation theory, finite element model of pile – group foundation is established. The influence of tidal level on settlement of pile – group foundation are simulated. The research result indicates that tidal level has effect on accelerating Soil Consolidation of pile foundation. The bigger the tidal level, more obviously the effect, the smaller settlement and the more favorable the force of pile foundation.

**Keywords:** tidal level; settlement of pile foundation; Duncan – Chang nonlinear model; Biot consolidation

(责任编辑: 沈建新)