

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2021.12.044

基础不均匀沉降对上层摩天轮影响的研究

黄远飞¹, 陈荣君²

(1.中煤科工集团上海有限公司, 上海市 200030; 2.中煤科工集团上海有限公司, 上海市 200030)

摘要:近年来,与商业综合体相结合的屋顶摩天轮日渐增多,因此对摩天轮与商业综合体之间相互影响的分析凸显重要。主要研究固定索式屋顶摩天轮,针对摩天轮基础柱点的不均匀沉降,采用 midas gen 软件对其进行数值仿真分析,并通过现场测量结果与仿真结果进行对比分析,结果验证了仿真所得数值模型的合理与可靠,解决了因基础柱点不均匀沉降给摩天轮固定索带来内应力的问题,揭示了不对称布置拉索的竖向拉力与沉降之间的影响关系,提出了解决不均匀沉降对摩天轮钢结构影响的方法,为宁波等地区与商业综合体结合的摩天轮设计提供有益参考。

关键词:摩天轮;基础沉降;Midas Gen;非对称;垂直度;仿真

中图分类号: TU478

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)12-0156-03

0 引言

随着国民经济的发展,商业建筑综合体与摩天轮有机结合的案例日益增多,而建立在商业结构上的摩天轮基础的不均匀沉降,对摩天轮结构及其运行状态均有着重要影响。因此,这就对摩天轮混凝土基础的沉降对摩天轮影响的研究提出了新的要求。

关于建筑结构基础沉降的论文比较丰富:吴胜发等^[1]建筑结构基础不均匀沉降及控制研究;赵明等^[2]基础不均匀沉降对上部建筑结构位移影响研究,对基础的不均匀沉降进行了 ANSYS 有限元仿真计算;蔡凤生等^[3]某广场建筑地基-基础-上部结构共同作用分析采用了 midas gen 的桩基土弹簧来模拟土层,对 ANSYS 等有限元分析的难度和复杂性进行了简化分析计算;姜晨光等^[4]高耸钢筋混凝土结构基础不均匀沉降对上部结构变形的影响中利用实际测量结果给出了数学模型。而关于摩天轮基础沉降相关的只有沈光磊^[5]发表的盾构隧道下穿摩天轮时的地表沉降数值模拟,其采用了 ABAQUS 有限元软件研究了盾构隧道下穿摩天轮地表沉降问题。

综上,当前国内学者就建筑结构基础的沉降,对建筑本身的影响进行了大量研究。但对摩天轮与商业建筑相结合后,摩天轮基础的不均匀沉降,对摩天轮影响的研究比较缺乏。对于固定索式屋顶摩天轮

(采用拉索作为摩天轮辅助支撑的一种摩天轮)的研究目前还尚属空白。

该文在基于前人研究的基础上,采用 MIDAS GEN 的面弹性支撑中节点弹性连接的方式来模拟土层,并且采用数值分析与实际测量结果相对照的研究方法,对其基础不均匀沉降与摩天轮的影响关系进行研究。

1 工程概况

该项目位于宁波市江北区,项目总拟建物为万象城集中商业以及三姆会员店,结构类型为框架结构,柱网尺寸为 9.0 m × 12.0 m 和 8.5 m × 8.5 m,基础形式为桩筏形式。项目整体效果图见图 1。



图 1 项目整体效果图

在万象城商业西南区域三层平台建有一座 55 m 摩天轮,其结构形式为门式立架加四根固定索的立架结构,见图 2。

其中四根固定索,三根根部固定于五层平台(标高为 23.9 m),一根根部固定于四层平台(标高为 17.7 m)。,两根立柱基础位于三层平台(标高为 11.2 m),立柱两侧拉索为单边对称布置,其一侧拉索与主轴夹

收稿日期: 2021-08-27

作者简介:黄远飞(1988—),男,学士,工程师,从事摩天轮设计工作。



图2 门式立架简图

角分别为 64°、63°, 另外一侧拉索与主轴夹角均为 53°, 为非对称布置, 见图 3。

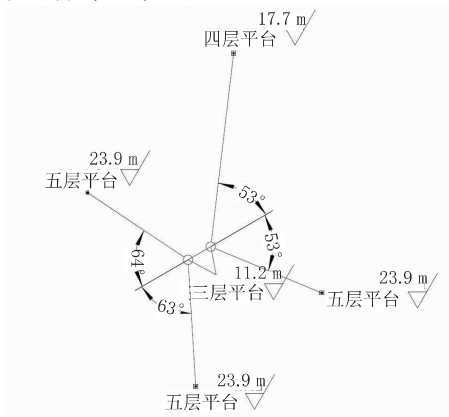


图3 基础柱点标高及位置分布俯视图

2 摩天轮及综合体建筑模型的建立及分析

2.1 有限元模型建立

根据该项目的实际情况建立 MIDAS GEN 模型, 该模型下层数据模型为混凝土构件, 上层数据模型为摩天轮钢结构构件以及拉索构件, 见图 4。其中下层模型摩天轮钢立柱及拉索基础柱点均为型钢与混凝土组合材料, 立柱基础柱点的截面规格为 $\phi 1600 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$, Q345B 的钢材与 C50 的混凝土组成 SRC 混合截面, 拉索基础柱点为截面为 $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ (十字形截面), Q345B 的钢材与 C50 混凝土组成的 SRC 混合截面, 该基础混凝土柱均延伸到基础顶面。上层模型摩天轮立柱为 $\phi 1600 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$, Q235B 的钢管圆形截面。其下层混凝土柱与上层钢结构均为梁单元, 其中摩天轮轮盘轮辐索及固定索为索单元, 规格分别为 $\phi 5 \times 19$, $\phi 7 \times 91$ 。

2.2 计算参数选取

该算例非线性类型采用几何非线性, 计算方法采用 NEWTON-RAPHSON, 子步骤迭代次数设置为 30, 收敛条件采用位移控制。设置重力加速度为 9.8 m/s^2 , 在定义材料时, 设置钢筋混凝土的密度为

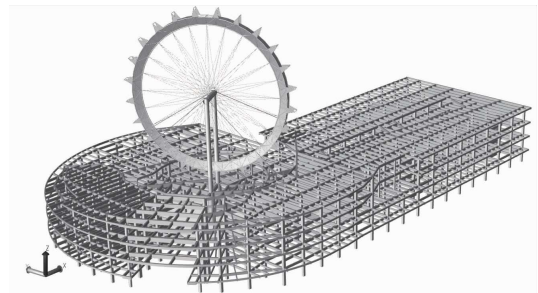


图4 计算模型简图

2549 kg/m^3 , 弹性模量为 34.5 GPa , 泊松比为 0.2; 钢材的密度为 7850 kg/m^3 , 弹性模量为 206 GPa , 索体的密度为 7698 kg/m^3 , 索体的弹性模量为 190 GPa 。

该项目采用钻孔灌注桩, 其中桩端土层估算岩土参数见表 1 (此表根据各地基土层原位测试及室内土工试验综合成果, 针对相应土层埋藏条件及拟采用的基础形式, 提供各地基土层变形估算岩土参数)。根据估算岩土参数中的压缩模量, 计算出基床系数 $K^{[6]}$, 压缩层主要为 ⑦₁、⑦₂、⑧₁₋₁。

表1 基础沉降量估算岩土参数表

层号	土层名称	压缩模量	基床
		E_s/MPa	系数 $I/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{-1})$
		$E_{SP_{cz}} \sim \Delta P_{P_{cz}}$	K
⑦ ₁	粉质黏土	16.0	80
⑦ ₂	粉质黏土	12.0	60
⑧ ₁₋₁	粉砂夹粉质黏土	25.0	125
⑧ ₁₋₂	粉砂	60.0	300

2.3 荷载工况

荷载工况考虑自重、恒荷载、活荷载以及筏板浮力荷载, 按照标准荷载进行加载。

3 数值模拟计算

将非线性工况下计算的摩天轮柱点力提取, 施加在 6 个承台上, 承台的位置分布, 见图 5; 通过 midas gen 面弹性支撑转节点弹性支撑, 输入基床系数, 模拟土层, 承台的沉降分析云图, 见图 6; 柱点承压值及沉降分析数值见表 2。

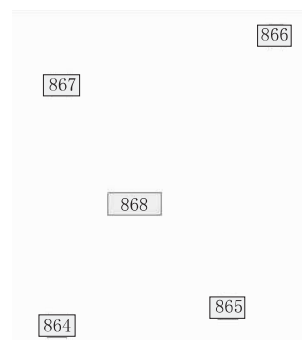


图5 各承台分布示意简图

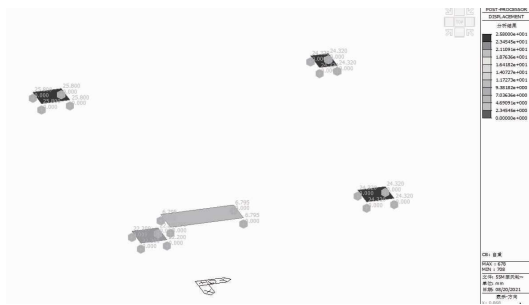


图6 承台沉降分析云图

表2 数值仿真分析柱点承压值及沉降表

承台编号	承台压力/kN	沉降数值/mm
864	1 615.9	22
865	1 871.7	24.3
866	1 506.7	24.3
867	7 855.1	25.8
868	13 522.3	6.79

虽然拉索竖向向上拉力对下部建筑结构沉降影响甚微,但是因为拉索的不对称性及立架高度较高,对立柱产生了较大弯矩,对摩天轮门式立架垂直度产生了较大影响,见图8。

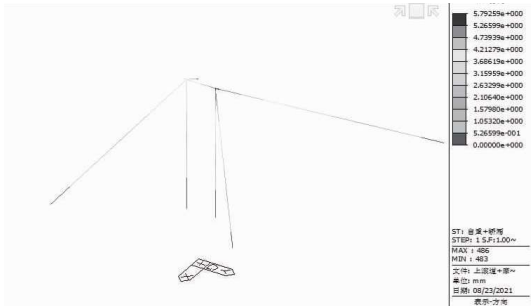


图8 拉索对立架影响分析云图

立柱的最大位移为5.79 mm,根据GB 18164—2020中立柱垂直度要求,立柱垂直度的标准要求不大于设计值的1/1 000^[7],根据图纸要求,可知,其垂直度偏差设计允许值为29 mm,因沉降带来的垂直度偏差占20%,其因素不可忽略。实际测算立柱垂直度偏差为8 mm。

4 数值模拟计算结果与实际测量结果对比

利用实测数值与midas仿真数值对比发现,其中柱点864、865、867、868仿真数值与实际沉降数值接近,而866沉降值与仿真数值有38%偏差,见图7。

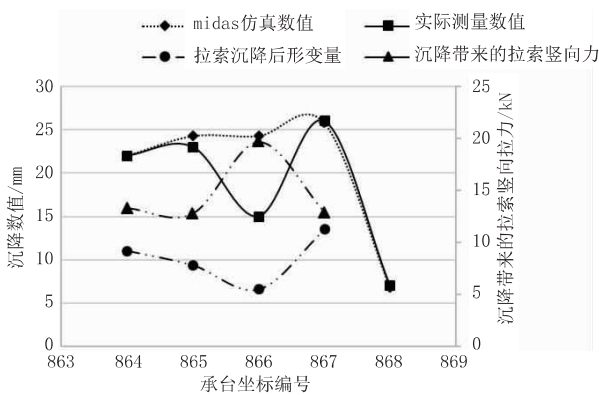


图7 仿真与实测对比图

因四根固定索均为不对称布置,且长短不一,不同的沉降值带来的不同的拉索形变量,其值的大小,见表3。其中,沉降量最小的866承台,因其相对高差大,产生了因沉降带来的最大的竖向力,其竖向力的大小仅为承台压力荷载的1.3%。

表3 实际测量柱点沉降表

承台编号	沉降数值/mm	沉降带来的拉索拉力/kN	沉降带来的竖向拉力/kN
864	22	227.2	13.29
865	23	245.4	12.79
866	15	110.0	19.69
867	26	350.9	12.85
868	7	—	—

5 结语

该文提出了采用midas gen对摩天轮进行了非线性分析,将其柱点荷载输入到沉降模型,利用面弹性连接模拟土层的仿真分析方法,分析了在标准荷载工况下,立柱的沉降的大小,立柱垂直度偏差的大小,并与实际测量结果进行了对比分析,得出以下结论:

(1)该项目实测沉降数值与仿真分析沉降数值对比,发现仿真结果数据与实测数据基本吻合,该分析方法是合理可行的,具有参考意义。

(2)该项目沉降值所引起的拉索拉力增加对沉降影响影响可忽略。

(3)该沉降值,给拉索带来的拉力为11~35 t,因着不均匀沉降,该拉力对摩天轮垂直度有影响,应进行二次拉索调整,才可以保证立架垂直度,同时,拉索首次拉力张紧应在后浇带封闭后进行。

(4)摩天轮的钢立柱应位于同一个承台,使其沉降为均匀同步沉降,以避免给摩天轮钢结构带来次应力影响。

参考文献:

[1] 吴胜发. 建筑结构基础不均匀沉降及控制研究[D]. 广东广州: 广东大学, 2006.
 [2] 赵明, 曹志飞, 张博. 基础不均匀沉降对上部建筑结构的位移影响研究[J]. 居业, 2021(6): 100-101.
 [3] 蔡凤生. 某广场建筑地基—基础—上部结构共同作用分析研究[D]. 浙江杭州: 浙江大学, 2013.