

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.02.028

基于有限元的亲水平台设计

王璐璐

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 采用 ROBOT 对亲水平台进行数值模拟分析,验证了 ROBOT 对实际工程计算的适用性。通过较为完整的荷载组合计算分析,研究表明:采用 ROBOT 数值模拟方法分析高桩亲水平台结构受力性能是可行的,计算结果真实可靠,能够用于实际工程设计;亲水平台最大正弯矩和负弯矩都在船舶撞击力产生的横梁上;亲水平台桩基轴力最大出现在第二排排架第6排桩;桩基弯矩第1~4排桩基弯矩值小,第5和第6排桩基弯矩较大。

关键词: 亲水平台;ROBOT;有限元分析

中图分类号: TV33

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0099-03

0 引言

亲水平台是向人群提供亲水休闲功能的一种特殊建筑物,其出发点就是在保证结构安全前提下充分体现亲水功能,展现人文平台与自然景观的完美融合。目前,亲水平台并没有统一的设计标准及规范,设计荷载不仅需满足码头等水工建筑物的临时靠泊功能,更需满足各种景观荷载。本文结合上海某亲水平台结构设计,通过 ROBOT 数值模拟对结构的受力性能进行计算,研究结构在临时系靠泊及复杂景观荷载条件下的受力特点进行分析。

1 工程概况

亲水平台计算分段长 400 m,宽 20 m,排架间距为 6 m,每榀排架设有 6 根 $\Phi 800$ 钢管桩,其中斜桩 1 对,上部结构由现浇横梁、纵梁、叠合面板等组成。亲水平台前沿设置 550 kN 系船柱,前沿靠船构件布置 DA-B800H 低反力型橡胶护舷。图 1 为亲水平台结构断面图。

2 有限元计算模型

2.1 ROBOT 软件功能简介

ROBOT 是用于结构分析和结构设计的应用软件,其网格划分算法和内孔识别算法为工程师提供了易于使用且功能强大的有限元前处理方法。这些功能完全是通过用户熟悉的图形化窗口界面呈现

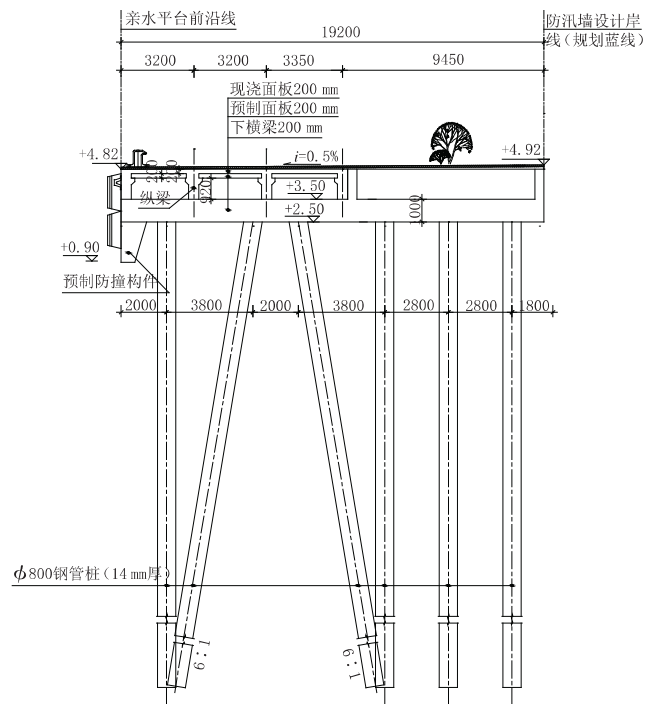


图 1 亲水平台结构断面(单位:mm)

在用户面前的,可以解决工程中的结构静力分析、动力分析、非线性分析、屈服分析、弹性地基板、多种材料组合截面、拉索结构等问题。

ROBOT 有非常强大的后处理功能,为计算结果整理提供了方便,计算报告完全可以按用户要求进行组合编辑,并随模型的修改而实时变化。ROBOT 还可以应用先进的筛选技术,能迅速准确地查看相关结果,如极限值、包络值及指定结构单元尺寸、材料等^[1,2]。

2.2 有限元模型建立

取亲水平台一个结构段 62 m 为研究对象,建模并根据结构的尺寸和材料计算。现浇横梁、纵梁、前

收稿日期:2020-07-09

作者简介:王璐璐(1988—),女,硕士,工程师,从事水利及水运工程设计。

边梁、后边梁及面板采用 C40 混凝土,弹性模量为 30.0 GPa,泊松 0.167,密度为 2.5 t/m³;钢管桩、钢管系靠船梁及钢靠船构件采用 Q235 钢弹性模量为 2.06 GPa,泊松比 0.3,密度为 7.85 t/m³。

钢管桩、靠船构件、现浇横梁、纵梁、前边梁、后边梁均采用梁单元建模,面板采用壳单元建模。整个亲水平台结构分为梁单元和壳单元两个部分。亲水平台桩基按摩擦桩考虑,由于梁单元各节点具有 6 个自由度,故在桩基嵌固点设置 UX、UY、RX、RY、RZ 向固定支座约束,UZ 向设置弹性支座约束。UZ 向支座弹性系数即桩的轴向刚性系数,根据钢管桩的截面尺寸、弹性模量及本工程单桩垂直极限承载力标准值按 JTS 167-1-2010《高桩码头设计与施工规范》计算得 708 500 kN/m。有限元模型见图 2。



图 2 亲水平台结构有限元模型

3 荷载施加

ROBOT 可以将每种荷载工况的标准值施加到模型中,计算出每种工况下的作用效应值,然后对荷载作用效应进行组合,提取控制性的荷载工况组合。

3.1 荷载资料

- (1)施工荷载:20 kN/m²;
- (2)树池码头面:60 kN/m²(亲水平台后部 10 m);
- (3)人群荷载:10 kN/m²;
- (4)景观铺装荷载:10 kN/m²(亲水平台前部 10 m);
- (5)使用期集中荷载:

a. 系缆力:前后沿分别有 550 kN 双柱系船柱。

b. 靠船力:1 000 kN/樁(采用拱形 500 H×2000 L 标准反力橡胶护舷,竖向二根,撞击能量 144 kJ,考虑低水位靠泊需要,竖向设拱形橡胶护弦 TD-B600HX2000 L+2300 L,拱形橡胶护弦 TD-B600HX2500 L+2800 L)。

3.2 荷载系数

计算荷载系数分为施工期和使用期,具体参数见表 1 和表 2。

表 1 施工期荷载

荷载名称	荷载类型	荷载分项系数
永久荷载	永久荷载	1.2
施工均布荷载	人群荷载	1.4

表 2 使用期荷载

荷载名称	荷载类型	荷载分项系数	地震组合系数	偶然状态
第二阶段永久荷载	永久荷载	1.2	1	非偶然
人群荷载	均布荷载	1.5	0.7	非偶然
景观铺装均布荷载	均布荷载	1.5	0.7	非偶然
树池荷载	均布荷载	1.2	0.7	非偶然
船舶系缆力	船舶系缆力	1.4	0.5	非偶然
船舶挤靠力	船舶挤靠力	1.4	0.5	非偶然
船舶撞击力	船舶靠岸撞击力	1.5	0	非偶然

3.2 荷载组合

计算组合分为施工期和使用期,具体组合见表 3 和表 4。

表 3 施工期组合

编号	组合内容
1	永久荷载
2	永久荷载+施工均布荷载

表 4 使用期组合

编号	组合内容
1	永久荷载+景观铺装均布荷载
2	永久荷载+景观铺装均布荷载+树池荷载+人群荷载
3	永久荷载+景观铺装均布荷载+树池荷载+人群荷载
4	永久荷载+船舶系缆力+景观铺装均布荷载+树池荷载+人群荷载
5	永久荷载+船舶撞击力+景观铺装均布荷载+树池荷载+人群荷载
6	永久荷载船舶挤靠力+景观铺装均布荷载+树池荷载+人群荷载

4 计算结果及分析

根据实际可能出现的荷载组合,将各工况荷载作用标准值按 JTS 167-1—2010《高桩码头设计与施工规范》第 3.2 节规定进行组合,分析亲水平台结构在船舶荷载和景观荷载作用下内力特性。

4.1 亲水平台横梁内力计算

对于亲水平台设计时需要分别计算承载能力极限状态持久组合和正常使用极限状态持久组合。承载能力极限状态持久组合工况下,最大正弯矩(横梁下部)1 363.31 kN·m,最大负弯矩(横梁上部)

1 391.23 kN·m; 正常使用极限状态持久组合工况下,最大正弯矩(横梁下部)641.19 kN·m,最大负弯矩(横梁上部)909.26 kN·m(见图3)。承载能力极限状态持久组合工况下,最大剪力为1 017.33 kN。正弯矩、负弯矩和剪力最大值都在船舶撞击力产生的对应横梁上(见图4)。

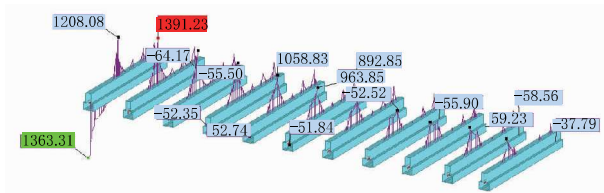


图3 亲水平台横梁弯矩计算结果

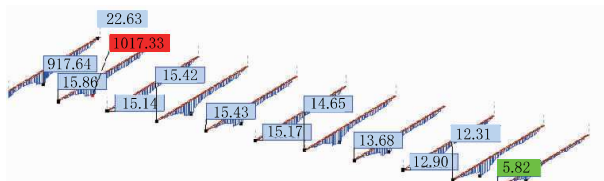


图4 亲水平台横梁剪力计算结果

4.2 桩基内力分析

为方便分析,定义模型中每个排架从亲水平台前沿起的第1根桩为第1排桩,依此排序至亲水平台后侧第6排桩。桩基内力按承载能力极限状态持久作用效应的持久组合设计值计算;通过比较可能同时出现的荷载工况组合,计算出亲水平台桩基内力最不利的工况组合。

(1)轴力:第1,2排桩基轴力很小,主要是因为这2排桩上部荷载仅为10 kN/m²,后4排桩基轴力较大,最大轴力出现在第二排排架第6排桩,最大弯矩为3 342.71 kN,这主要是上部60 kN/m²荷载与船舶撞击力的叠加作用造成(见图5)。

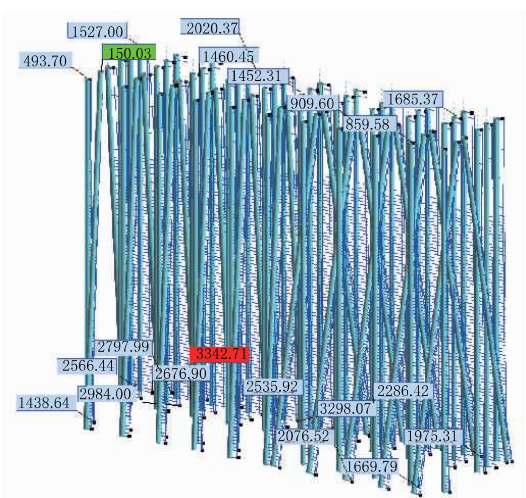


图5 亲水平台桩基轴力计算结果

(2)弯矩:第1~4排桩基弯矩值小,第5和第6排桩基弯矩较大,主要是因为后沿撞击力使亲水平

台结构产生横向位移变形,后沿撞击力通过亲水平台排架的分配传递过程,使亲水平台结构的变形体现在桩基的变形上。后沿第5和第6排为直桩,分配的水平撞击力和变形较大,故第5和第6排桩基的弯矩值较大(见图6)。

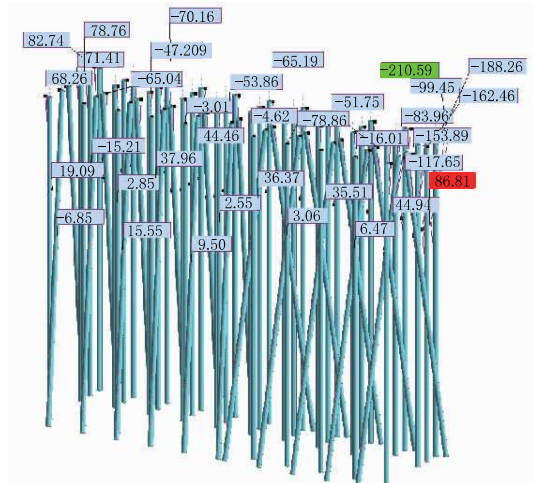


图6 亲水平台桩基弯矩计算结果

5 结论

结合工程实例对亲水平台临时系靠泊及复杂工艺条件下进行ROBOT数值模拟,分析亲水平台结构内力变化特性,得出主要结论如下:

(1)采用ROBOT数值模拟方法分析高桩亲水平台结构受力性能是可行的,能够将高桩亲水平台结构同时承受的复杂荷载分成单一荷载,并对各单一荷载工况分别进行计算,然后根据实际可能出现的荷载组合,将各工况荷载作用标准值按规范规定进行组合,通过比较求出最大值,其计算结果真实可靠,能够用于实际工程设计。

(2)亲水平台设计时需要分别计算承载能力极限状态持久组合和正常使用极限状态持久组合。最大正弯矩和负弯矩都在船舶撞击力产生的横梁上。

(3)亲水平台桩基轴力:第1,2排桩基轴力较小,最大轴力出现在第二排排架第6排桩,这主要是上部荷载与船舶撞击力的叠加作用造成。桩基弯矩:第1~4排桩基弯矩值小,第5和第6排桩基弯矩较大,主要是因为后沿撞击力使亲水平台结构产生横向位移变形,后沿撞击力通过亲水平台排架的分配传递过程,使亲水平台结构的变形体现在桩基的变形上。

参考文献:

[1] 张吕伟. ROBOT 软件在特种结构计算中的应用 [J]. 特种结构, 2006, 23(2):65-66.
 [2] 邓振洲,周永,田茂金.美国 ASCE7-10 规范在高桩码头抗震设计中的应用浅析[J].港工技术,2015,52(33):36-41.