

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.10.056

# 近海填土对既有桥梁桩基影响分析与建议

田 帅

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘 要:** 随着沿海城市建设的发展,土地资源逐渐成为制约其城市发展的瓶颈。工程建设中常常出现由于地面填筑、堆载等施工导致邻近结构物桩基拉应力和位移过大的情况。结合沿海某人工岛填筑项目对桥桩影响为例,运用 Midas GTS NX 三维数值模拟方法分析了填土方向以及分层填土衔接顺序对桥梁桩基的影响,同时对对比分析了填土对不同桥桩桩径的影响以及对桥墩采用不同保护措施后桥桩的影响,研究结果可以为类似工程设计施工提供参考。

**关键词:** 填土;桥桩;数值模拟;影响

**中图分类号:** U443.15

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)10-0216-03

## 0 引 言

随着沿海城市的发展,土地资源逐渐成为制约其城市发展的瓶颈。工程建设中常常出现由于地面填筑、堆载等施工导致邻近结构物桩基拉应力和位移过大的情况。

目前很多学者针对填土对桩基的影响做了许多研究工作,兰南<sup>[1]</sup>等分析了填土在不同距离、不同堆载速率的条件下,对桥梁基础的影响情况。聂磊<sup>[2]</sup>研究了不同堆载分布宽度和高度对邻近桩基的影响。陈富强<sup>[3]</sup>等就填土加高对桥梁桩基的内力和变形研究进行了研究分析。但对于填土的方向以及分层填土的顺序缺乏相关研究。本文结合沿海某项目采用 Midas GTS NX 三维数值模拟方法分析了填土方向以及分层填土衔接顺序对桥墩桩基的影响,同时对对比分析了填土对不同桥墩桩径的影响以及对桥墩采用不同保护措施下填土对桥墩桩基的影响,研究结果可以为类似工程设计施工提供参考。

## 1 工程概况

沿海某项目通过填海筑岛形成稳定陆域,为岛上隧道、道路、桥台、风塔等岛内构筑物的施工创造相对良好的施工条件。岛壁结构施工完毕后,岛壁内侧区域回填中粗砂至标高 2.5 m,然后分区域分层回填中粗砂至标高 7.5 m。由于人工岛目前尚未施工,而且筑岛区域与沿江高速部分桥桩位置重合,存在

相互影响。为了保障邻近高速桥梁的运营安全,有必要研究人工岛在填筑过程中对沿江高速桥墩的影响。图 1 为沿江高速桥墩平面布置图。

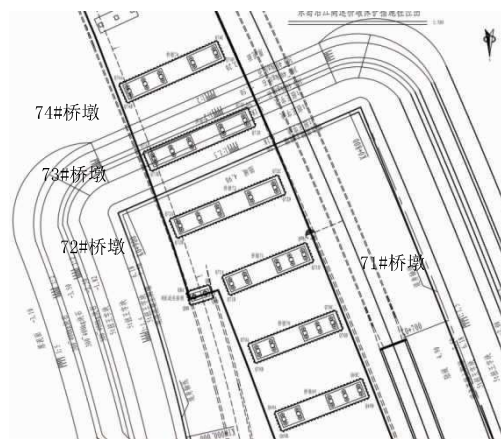


图 1 填土范围内桥墩桩位图

## 2 计算模型

为了研究岛内填土对邻近桥桩的影响,根据东人工岛南端的实际施工现场情况,利用 MIDAS GTS NX 三维有限元软件建立以 71#~74# 桥墩为背景的计算模型,研究相关施工过程对其造成的影响,坝内填土厚度共 7.5 m,第一层填土 2.5 m,随后按 1 m 分层填土至设计标高。

模型中土体均采用实体单元模拟,计算模型见图 2 和图 3,具体参数见表 1。

桥墩与桩基分别采用实体单元与梁单元模拟,为了降低筑岛对邻近桥桩的影响,利用钢板桩保护桥墩,采用板单元模拟钢板桩的保护作用,板厚取 20 mm,具体参数见表 2。

收稿日期: 2021-03-03

作者简介: 田帅(1991—),男,硕士,工程师,从事隧道工程设计工作。

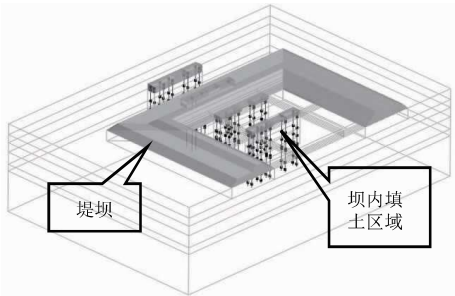


图 2 桥梁承台与桩基透视图



图 3 整体模型网格图

表 1 土体模型参数

| 层号                 | 岩土名称      | 重度 /<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ ) | 黏聚力 /<br>kPa | 内摩擦<br>角 / ( $^{\circ}$ ) | 压缩模<br>量 /MPa | 本构<br>类型 |
|--------------------|-----------|-------------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------|----------|
|                    | 回填土       | 21                                        | 5            | 36.2                      | 30            | 摩尔 - 库伦  |
| 2-2                | 淤泥        | 15.4                                      | 4.1          | 4.4                       | 1.8           | 摩尔 - 库伦  |
| 3-2                | 粉质黏土      | 19.3                                      | 29.8         | 9.7                       | 6             | 摩尔 - 库伦  |
| 4-1                | 残积粉质黏土    | 19.2                                      | 29.5         | 20.3                      | 4.3           | 摩尔 - 库伦  |
| ⑥ <sub>1w4</sub>   | 全风化花岗岩    | 19                                        | 16.8         | 28.3                      | 7.7           | 摩尔 - 库伦  |
| ⑥ <sub>1-1w3</sub> | 碎块状全风化花岗岩 | 19.2                                      | 17.4         | 30.1                      | 8.6           | 摩尔 - 库伦  |
| ⑥ <sub>1w2</sub>   | 中风化花岗岩    | 26.1                                      | 15 000       | 41                        | 200           | 摩尔 - 库伦  |

表 2 桥梁承台、桩基与钢板桩参数

| 名称      | 重度 /( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ ) | 弹性模量 /MPa | 泊松比 | 桩径    |
|---------|---------------------------------------|-----------|-----|-------|
| 混凝土桩、承台 | 25                                    | 30 000    | 0.2 | 1.6 m |
| 钢板桩     | 75                                    | 206 000   | 0.2 | —     |

为了防护海浪影响,人工岛边缘采用堤坝加固,堤坝拟采用块石基础,利用 3 t 扭王字块进行护面,堤坝外海侧采用分级放坡处理。由于堤坝整体性较好,强度高,根据工程经验,模型中采用重度为  $22\text{ kN/m}^3$ ,泊松比为 0.3,弹性模量为  $150\text{ MPa}$ 。

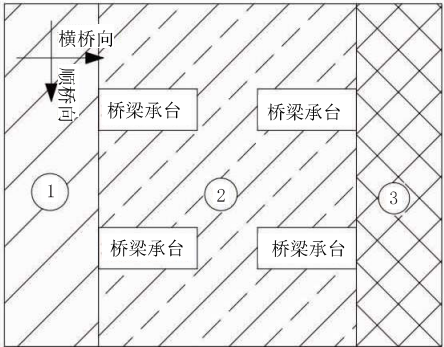
堤坝下方土体采用水泥搅拌桩加固,水泥搅拌桩采用等效为提高同等范围内的土体参数,等效的水泥土参数根据工程经验进行取值,重度取为  $19.5\text{ kN/m}^3$ ,弹性模量取  $120\text{ MPa}$ ,泊松比取 0.3,粘聚力取  $80\text{ kPa}$ ,

内摩擦角取  $20^{\circ}$

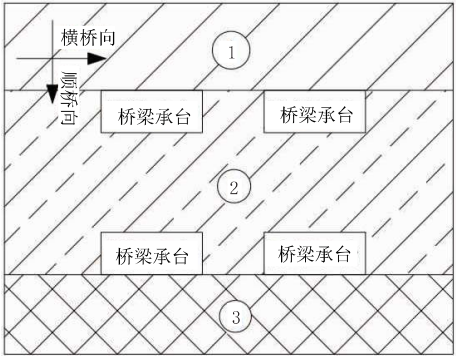
3 计算结果分析

(1)顺桥向填土与横桥向填土对比分析

由于桥桩的顺桥向方向和横桥向方向布置存在差异,那么不同方向的填土便会对桥桩产生不同的影响。对比分析横桥向填土与顺桥向填土的填筑方式对桥桩变形影响的差异。两种填筑方法示意图图 4。



(a)横桥向填土



(b)顺桥向填土

图 4 不同填土方式示意图

每层填土共分三个区域,①区、②区和③区,若第一层填土按照①区~③区的顺序填筑,则第二层土按照③区~①区的顺序填筑,依次类推。

表 3 为两种填土填筑方式下,不同施工步骤桥桩顺桥向位移的最大值,采用横桥向填土方式,桥桩最大变形值为  $50.4\text{ mm}$ ,而采用顺桥向填土方式最终变形为  $63.9\text{ mm}$ 。由此可见,采用横桥向填土方式对桥桩的顺桥向位移影响相对较小。

表 3 不同填土方式顺桥向最大位移值

| 施工步骤    | 横桥向填土 /mm | 顺桥向填土 /mm | 出现位置   |
|---------|-----------|-----------|--------|
| 填完第一层土  | -4.6      | -4.9      | 72# 桥墩 |
| 填完第二层土  | -11.2     | -11.3     | 72# 桥墩 |
| 填完第三层土  | -17.8     | -18.5     | 72# 桥墩 |
| 填完第四层土  | -24.2     | -24.5     | 72# 桥墩 |
| 填完第五层土  | -30.2     | -30.9     | 72# 桥墩 |
| 填土至设计高程 | -50.4     | -63.9     | 71# 桥墩 |

表 4 为两种填土填筑方式下,不同施工步骤桥桩横桥向位移的最大值,采用横桥向填土方式,桥桩最终变形值为 4.38 mm,而采用顺桥向填土方式最终变形为 4.15 mm。由此可见,采用顺桥向填土方式对桥桩的横桥向位移影响相对较小。

表 4 不同填土方式横桥向最大位移值

| 施工步骤    | 横桥向填土 /mm | 顺桥向填土 /mm | 出现位置   |
|---------|-----------|-----------|--------|
| 填完第一层土  | 0.79      | 0.56      | 71# 桥墩 |
| 填完第二层土  | 1.44      | 1.22      | 71# 桥墩 |
| 填完第三层土  | 2.30      | 1.85      | 71# 桥墩 |
| 填完第四层土  | -2.64     | 2.41      | 71# 桥墩 |
| 填完第五层土  | 3.49      | 3.02      | 71# 桥墩 |
| 填土至设计高程 | 4.38      | 4.15      | 71# 桥墩 |

综合上述分析可以看出,填土对桥桩的影响主要以桩基的顺桥向位移变形为主,而采用横桥向填土方式更有利于控制桥桩的顺桥向位移,因此,采用横桥向的填土方式完成岛内土体填筑对控制桥桩变形更加有利。

(2)分层填土不同衔接顺序对桥桩位移影响

以横桥向填土方式为例,分析由本层填土过渡到下一层填土的衔接顺序对桥桩顺桥向位移的影响,具体对比分析以下两种工况:

工况一:本层土按①区~③区的顺序填土,而下一层土按照③区~①区顺序填土。

工况二:本层土按①区~③区的顺序填土,而下一层土按照①区~③区顺序填土。

结合表 5 和表 6 数据对比可以发现,第一层填土和第二层填土衔接时,工况一与工况二引起的位移变化值分别为 0.49 mm 和 0.78 mm;第三层填土与第四层填土衔接时引起的位移变化值分别为 0.62 mm 和 0.96 mm,这说明工况二对桥桩的变形影响较大,故采用工况一中的填土衔接方式更有利于控制分层填土对桥桩变形的影响。

表 5 第一层填土和第二层填土衔接时顺桥向位移变化值

| 工况  | 第一层土填土完毕<br>顺桥向位移值 /mm | 第二层土开始<br>回填 | 位移变化值   |
|-----|------------------------|--------------|---------|
| 工况一 | 4.65                   | 5.14         | 0.49 mm |
| 工况二 | 4.6                    | 5.43         | 0.78 mm |

表 6 第三层填土和第四层填土衔接时顺桥向位移变化值

| 工况  | 第三层土<br>填土完毕 | 第四层土开始<br>回填 | 位移变化值   |
|-----|--------------|--------------|---------|
| 工况一 | 17.86 mm     | 18.48 mm     | 0.62 mm |
| 工况二 | 17.82 mm     | 18.78 mm     | 0.96 mm |

(3)桥桩桩径变化的影响

由于桥桩外套钢管,实际桩径接近 1.8 m,故对

比分析了 1.6 m 桩径和 1.8 m 桩径的桥梁桩基在填土作用下的变形和受力特征。

根据表 7 中计算结果数据,分析可以知道,桩径增大导致桩基的水平位移值有所减小,但会引起桩身附加弯矩的增大,桩身附加弯矩增大约 30%。

表 7 不同桩径变形与附加弯矩统计表

| 施工步骤        | 桩基顺桥向<br>位移 /mm | 桩基横桥向<br>位移 /mm | 桩身附加弯矩 /<br>(kN·m) |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 桩径<br>1.6 m | 50.4            | 3.23            | Max:5 490          |
| 填土至<br>设计高程 |                 |                 | Min:-4 673         |
| 桩径<br>1.8 m | 46.3            | 3.07            | Max:7 183          |
|             |                 |                 | Min:-6 282         |

(4)不同桥墩保护方案对比分析

以横桥向填土方式,工况一填土衔接顺序为例研究不同保护方案下填土对桥桩的影响。

分别模拟钢板桩保护方案与钻孔灌注桩保护方案下填土对桥桩的影响,钢板桩采用 IV 型拉森钢板桩,灌注桩直径为 1.5 m。计算结果见表 8。

表 8 不同桥梁桩基保护措施桥桩变形结果

| 保护方案    | 施工步骤 | 桩基顺桥向<br>位移 /mm | 桩基横桥向<br>位移 /mm |
|---------|------|-----------------|-----------------|
| 钢板桩保护   | 填土至  | 50.4            | 3.23            |
| 钻孔灌注桩保护 | 设计高程 | 14.9            | 2.00            |

根据表 8 结果分析可知,采用钻孔灌注桩保护邻近桥墩可以显著控制桥桩的变形,桩基顺桥向位移降低约 70%。

若采用钢板桩保护,最终填土区域内桥桩变形将达到 50.4 mm,会对桥桩产生极大不利影响,故最终坝内填土区域桥墩采用灌注桩保护,邻近坝堤以及坝堤处桥墩采用钢板桩保护,不同保护措施下的桥桩变形均得到了有效控制。

4 结 语

本文借助 Midas GTS NX 软件建立三维数值模型对桥桩周边填土进行模拟,研究了不同填土方向、逐层填土不同衔接顺序,桥桩桩径变化以及不同桥墩保护方案对桥桩的影响规律,主要结论如下:

(1)填土对桥桩的影响主要以桩基的顺桥向位移变形为主,而采用横桥向填土方式更有利于控制桥桩的顺桥向位移,因此,建议采用横桥向的填土方式完成岛内土体填筑。

(2)采用工况一(本层土按①区~③区的顺序填土,而下一层土按照③区~①区顺序填土)的填土衔

(下转第 234 页)



二是生态优先。人工湿地水质净化工程应当优先利用自然或近自然的生态方式,通过湿地生态系统中物理、化学、生物等协同作用提升水的生态品质,不宜采用投加药剂等强化措施净化水质。应当坚持选择本土物种,避免外来物种入侵。

三是因地制宜。根据当地气温、降雨、地形地貌、土地资源等实际情况选择人工湿地水质净化工程的场址、布局、工艺、参数、植被等。鼓励利用坑塘、洼地、荒地等便于利用的土地和城镇绿化带、边角地等开展人工湿地建设。

四是绩效明确。作为污染治理设施,人工湿地水质净化工程应当加强进出水监管,明确污染物削减要求。坚持建管并重,健全运行维护机制,保障运行维护经费,实现长效运行。

问:2010 年,原环境保护部发布了《人工湿地污水处理工程技术规范》,请问此次发布的《指南》有哪些不同和亮点?

答:一是适用范围不同,对进出水进一步明确要求。《指南》规定,人工湿地水质净化工程的处理对象为达标排放的污水处理厂出水、微污染河水、农田退水及类似性质的低污染水。当处理对象为集中式污水处理厂出水时,进水应达到当地水污染物排放标准;当处理对象为河湖水、农田退水时,进水应优于当地水污染物排放标准。《指南》明确,出水水质原则上应达到受纳水体水生态环境保护目标要求,当有再生水回用需求时,出水水质需满足再生水回用相关水质标准的要求。

二是增加气候分区、工艺比选、常见问题措施清单,实现分区分类精准指导。根据各省市气候情况,把全国分为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区等五个气候区,分别提出建设建议。结合当前人工湿地生态保护修复工作现状,针对性地提出场址选择和适宜的工艺类型建议。针对大家普遍反映的重建轻管影响湿地水质净化效果和使用寿命的问题,从生产调试、日常运行养护、出水监测等方面对湿地运行维护做出详细指导,并就湿地淤堵、出水水质下降等 5 类 18 项常见问题,给出了原因和对策清单,方便操作者使用。

三是进一步深化设计、施工、验收与运行维护的全流程指导。从实用性和操作性的角度,全面细化、实化各个环节的操作要求、关键参数和技术标准。不仅满足技术人员的“好用”,也能满足管理人员的“好管”。另外,面对湿地长期存在的“重建设、轻管理”的问题,我们更是在《指南》中突出强调运行维护的要求,从技术层面规定好如何有效保障人工湿地长期运行和养护。

来源:生态环境部网站(2021-06-12)

(上接第 218 页)

接方式更有利于控制分层填土对桥桩变形的影响。

(3)桩径增大导致桩基的水平位移值有所减小,但会引起桩身附加弯矩的增大。

(4)相比于钢板桩保护措施,邻近人工岛南端填土区域内的桥墩采用钻孔灌注桩保护措施更有力于控制桥桩变形。

#### 参考文献:

- [1] 兰南,陈军锋.填土对桥梁基础影响的 Plaxis3D 数值模拟研究[J].公路,2019,64(9):199-204.
- [2] 聂磊.不同堆载形式对邻近既有桥梁桩基的影响[J].湖南交通科技,2019,45(1):104-108.
- [3] 陈富强,杨光华,孙树楷,等.某堤防加高对既有城市公路桥梁桩基影响的案例分析[J].工程建设与设计,2019(13):71-76.