DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.250579

明敷管道对周边既有桥墩的影响分析

何远威
(广东省建筑设计研究院集团股份有限公司,广东 广州 510010)

摘 要: 随着城市中建筑密集化程度加深,在密集的城市建筑群中明敷给排水管道的情况时有发生,这对设计及施工方案提出更高的要求。通过对穿越既有桥墩的给排水管道进行有限元模拟,分析管槽开挖对桥墩水平位移和竖向位移的影响,发现当管槽距离桥墩较近时,管槽开挖引起的桥墩变形偏大。为保证桥墩的安全运行,应充分保证管槽与既有桥墩之间的安全距离;同时,当相近的管道同步施工时,应尽可能采取单管管槽开挖形式,避免沟槽开挖宽度过大。通过分析讨论,期望对类似项目的设计和施工有一定的借鉴。

关键词: 给排水管道;明敷;软土地质;横穿既有桥墩;有限元分析
中图分类号: TU43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-7716(2026)01-0234-04

Analysis on Impact of Exposed Pipelines on Adjacent Existing Bridges Piers

HE Yuanwei
(Guangdong Architectural Design & Research Institute Co.,Ltd., Guangzhou 510010, China)

Abstract: With the increasing density of buildings in cities, the exposed installation of water supply and drainage pipelines within densely urban building clusters has become increasingly common. Consequently, there is a growing demand for design and construction schemes. A finite element simulation is conducted to the water supply and drainage pipelines crossing the existing bridge piers, which analyzes the impact of pipe trench excavation on the horizontal and vertical displacements of these bridge piers. It is found that when the pipe trench is close to the bridge pier, the deformation of the bridge pier caused by the excavation of the pipe trench is relatively large. To ensure the safe operation of bridge piers, the safety distance should be fully ensured between the pipe trenches and the existing bridge piers. At the same time, when adjacent pipelines are constructed simultaneously, the single-pipe trench excavation form should be adopted as much as possible to avoid excessive trench excavation width. Through analysis and discussion, it is expected to provide certain references for the design and construction of similar projects.

Keywords: water supply and drainage pipelines; exposed; soft soil geology; crossing existing bridge piers; finite element analysis

0 引 言

随着城市化的高速发展,作为城市基础设施之一的市政给排水系统面临越来越大的压力[1]。而市政给排水管道施工过程中的质量控制与保障尤为关键[2]。城市给排水管道敷设受到周边建(构)筑物、地下管线等复杂条件限制的情况越来越常见,管道基坑支护施工难度也越来越大[3]。在建筑密集的城市中心区,管道明挖敷设的设计和施工要求越来越高。

陈华雷等[4]分析了深基坑开挖对周边环境的影响,通过对基坑围护方案的评价,预测基坑施工时的影响范围。王建等[5]采用有限元分析软件,结合某新建桥墩工程案例,发现基坑开挖施工对周边土层的影响主要表现为开挖施工过程中引起地表沉降,进而导致既有桥梁结构发生变形。邓三军等[6]通过对基坑工程开挖力学相应特征的分析发现,基坑开挖极易引发周边土体扰动变形,进而引起构筑物的基础变形,并对此提出相应的控制措施。季凡凡等[7]结合有限元分析软件,分析了超近距离下市政管道基坑对运营地铁高架桥墩的影响,并通过采用水泥土搅拌桩加固等措施,有效控制基坑引起的水平变形。王超等[8]通过有限元软件分析输油管线下穿公路桥梁对既有桥梁桩基的影响,建议在施工过程中应对桥墩加强保护和监控测量。

收稿日期:2025-06-06
作者简介:何远威(1996—),男,硕士,工程师,从事岩土工程设计工作。

李向群等[9]通过分析、总结管道开挖对周边管线影响的研究成果发现,施工前不仅要进行模拟分析,还要结合现场监测数据进行总结分析。对于基坑开挖地区周边环境较为复杂的情况,黄宏伟等[10]通过对基坑开挖风险管理的讨论与研究,提出强化设计施工的风险意识,进一步强化风险预警系统设计。

综上所述,当前国内学者对管道开挖对周边环境的影响进行了大量研究,总体而言,需要基于现场复杂的施工条件和地质等因素,对管道敷设工况进行分析设计,同时结合监测数据,研究管道明挖施工对既有建(构)筑物的影响。然而,明挖管道施工对邻近既有桥墩影响的分析案例仍然较少。本文通过对给排水管道穿越既有桥墩的明挖敷设工况进行有限元分析,评估其对既有桥墩的影响,期望此次实践能够为今后类似的工程施工提供一定的参考经验。

1　工程概况

某城市给排水管道属于供水泵站配套管网设施,包含 DN300 污水管道、DN1000 雨水管道、DN1200 进出水供水管道。管道采用明挖敷设,并从高架桥桥墩之间穿越,管槽边界与桥墩外边线的距离为 3.4 ~ 17.0 m(见图 1)。该高架桥建于 20 世纪 90 年代,本工程管道主要从主桥的 2 个辅助墩(1 个过渡墩和 1 个边墩)之间穿过,2 根墩柱均为 250 cm×200 cm 矩形截面的立柱墩身,分离式钻孔桩低桩承台基础,承台长、宽、高尺寸分别为 5.6、3 和 2 m,基础为 D150 嵌岩桩基础。

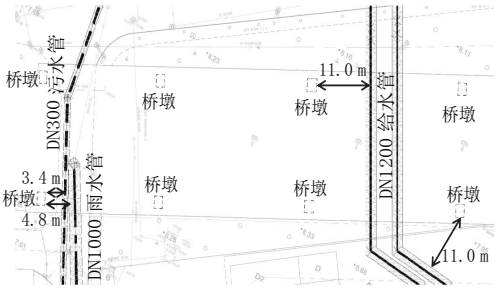

图 1　管道与桥墩平面关系图(单位:m)

2　工程设计方案

鉴于管道距离既有桥墩较近,若采用暗挖法,无法保证顶管施工的精准性,且设计管道走向为折线段,顶管施工需要设置的工作井较多,相应的造价更高。因此,给排水管道工程采用明挖敷设方案。根据勘察地质报告,管槽挖深范围内的土层分别为填土、淤泥质土、粉质黏土、全风化泥质粉砂岩,属于上软下硬地层。其中,填土厚度为 2.5 ~ 4.0 m,淤泥质土厚度为 1.8 m,管底位于填土层。

根据详勘资料,管槽范围内土体的初始参数和各层土的基本物理力学参数如表 1 所示,共分为 7 个土层,分别为杂填土、素填土、淤泥质土、粉质黏土、全风化粉砂质泥岩、土状强风化粉砂质泥岩,以及中风化粉砂质泥岩。

表 1　地勘土体参数表

编号	γ/(kN·m^{-3})	压缩模量/MPa	地基承载力特征值/kPa	c/kPa	φ/(°)
1	19.0	4.0	80	5	15
2	18.0	3.5	85	10	10
3	17.5	2.0	60	6	5
4	19.5	5.5	180	18	16
5	20.0	9.0	350	30	25
6	20.5	12.0	500	40	28
7	24.0	15.0	1 200	250	32

随着管槽基坑的开挖,土体应力得到释放,打破了原有的土体平衡状态,坑内土体发生回弹,坑外土体则会产生一定的变形。常见的由土体变形造成的影响主要包括围护结构水平和竖向变形、基坑坑底土体隆起,以及坑顶附近地面发生沉降。由于管道位于相对较软的软土地层中,在开挖过程中,管槽坑顶范围内的土体变形较大,须注意开挖过程对周边既有桥墩造成的不利影响。

2.1　污水管道敷设

本工程污水管道为 DN300 混凝土管,采用换填 1∶1 粗砂碎石的方法进行地基处理。管道埋深为 3.4 m,坑槽与桥墩边最小距离为 3.43 m(见图 2),采用 6 m 拉森Ⅲ型钢板桩支护。在风化岩深度范围内,钢板桩采取旋挖钻成孔方式引孔,成孔后用中粗砂回填。

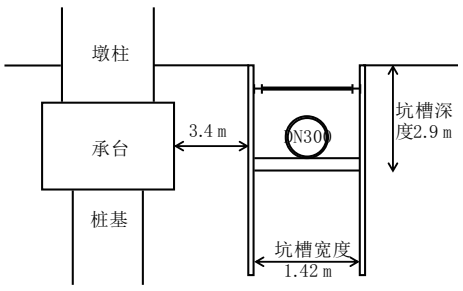

图 2　污水管道与桥墩关系图(单位:m)

2.2　雨水管道敷设

本工程雨水管道为 DN1000 混凝土管,与桥墩边的最小距离为 4.8 m;管道埋深约为 4.2 m,采用 9 m 拉森Ⅲ型钢板桩支护(见图 3)。雨、污水管道间距为 2 m,可采用同槽开挖,但由于同槽开挖的支护宽度

大,开挖可能引起的坑顶土体变形将更大,且考虑到临时施工通车的需求,采用单管管槽倒边施工的方案实施。

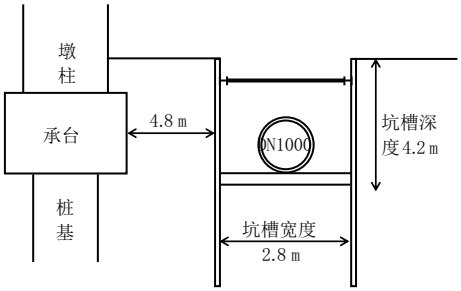

图 3　雨水管道与桥墩关系图(单位:m)

2.3　给水管道敷设

本工程给水管道为 DN1200 钢管,分为进、出水管,2 条管道并排穿越既有桥墩。管道与桥墩边的最小距离为 11.0 m;管道埋深约为 3.0 m,采用 6 m 拉森Ⅲ型钢板桩支护(见图 4)。

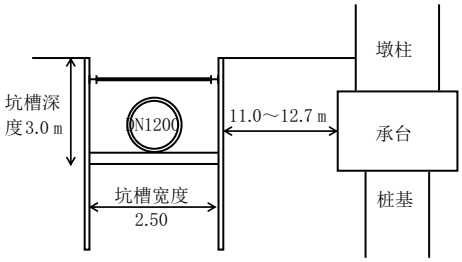

图 4　给水管道与桥墩关系图(单位:m)

3　给排水管道开挖施工有限元分析

根据本项目设计方案,结合既有桥梁现状情况,采用 MIDAS GTS NX 软件建立三维有限元模型,模拟分析管槽开挖过程对周边既有桥墩的影响,进而评判桥梁结构的安全运行状态。

3.1　基本假定和本构参数

本次有限元分析计算主要做如下 4 种假定:一是场地初始应力场考虑为土体的自重应力;二是桥梁结构位于一定范围内上的三维土体内上,同一种土体采用各向同性连续材料,变形连续;三是土层根据地勘报告简化模拟为成层土;四是假定土体变形与时间无关,不考虑土体固结和次固结作用。

在本次有限元模拟中,素填土、淤泥质土、粉质黏土、全风化粉砂质泥岩、强风化粉砂质泥岩采用修正莫尔-库伦模型,中风化粉砂质泥岩和混凝土结构采用弹性本构模型;所有土体均划分 3D 实体单元,桥梁承台和桥墩简化为实体单元,桩基础简化为一维梁单元。模型参数取值如表 1 所示。计算过程中约束模型底部竖向位移和侧面法向位移。

3.2　污水管、雨水管道开挖施工计算与分析

在模型中,对雨、污水管道采用同槽开挖的模式进行分析,开挖宽度约为 4 m,开挖深度约为 4.2 m。采用混合网格,对雨、污水管管槽开挖施工工况进行建模,共划分为 18 400 个单元和 9 400 个节点,整体模型如图 5 所示。

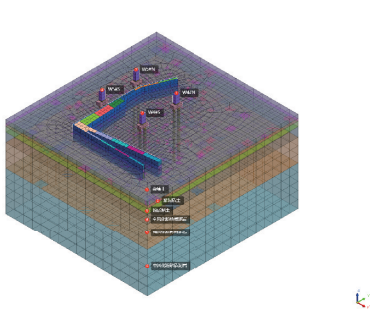

图 5　雨、污水管管槽开挖整体模型图

根据管槽开挖的实际施工情况,将其划分为 5 种分析工况。工况 1:初始地应力平衡+位移清零。工况 2:既有桥梁施工+荷载+位移清零,其中,桥梁荷载简化为上部结构集中作用于桥墩柱。工况 3:施工管槽的钢板桩支护。工况 4:开挖管槽,进行分段开挖模拟。通过不同施工工况的累加,最终得到位移计算值,其必然是模型位移的最终状态,其中也包括各阶段施工引起的不同位移效应。最终得到的桥墩水平位移和竖向位移图如图 6 ~ 图 8 所示。

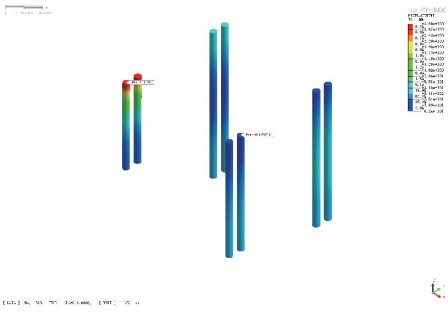

图 6　开挖工况下沿桥梁方向的桥墩水平位移图

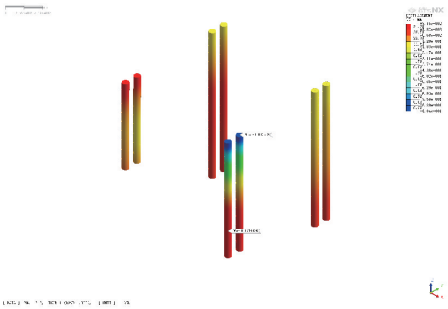

图 7　开挖工况下横桥梁方向的桥墩水平位移图

根据分析计算结果,管槽开挖过程会对周围土体造成一定的扰动,进而导致桥梁结构产生不可逆的变形,其中,桥墩顶最大水平位移为 2.90 mm,最大

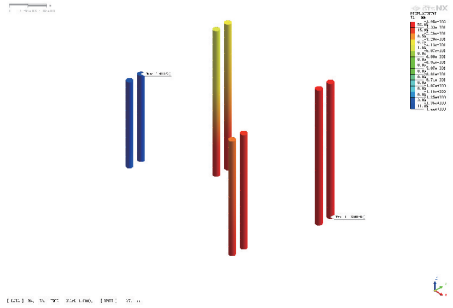

图 8　开挖工况下的桥墩竖向位移图

竖向位移为 1.44 mm。可见，坑顶土体变形对桥梁造成的影响主要体现在水平位移上。

本次模拟分析结果，均小于《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》（TB 10314—2021）第 7.2.1 条要求的控制值 3 mm，符合规范的要求。

3.3　给水管道开挖施工计算与分析

本工程设计方案对进出水管进行了分槽开挖。采用混合网格，对管槽开挖施工工况进行建模，共划分为 11 850 个单元和 6 250 个节点，整体模型如图 9 所示。

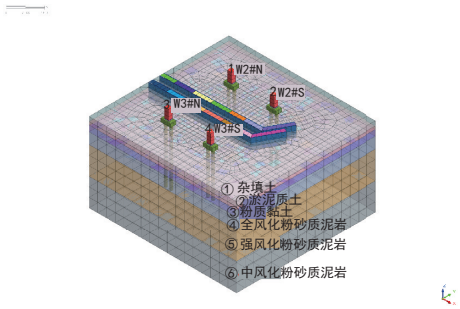

图 9　给水管管槽开挖整体模型图

通过模拟分析，得到给水管管槽开挖过程对既有桥墩水平位移和竖向位移的影响，具体如图 10～图 12 所示。

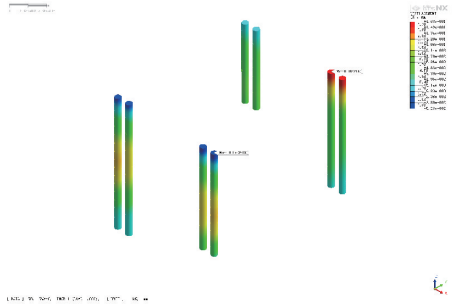

图 10　开挖工况下沿桥梁方向的桥墩水平位移图

根据分析计算结果，给水管管槽开挖过程会对周围土体造成一定的扰动，进而导致桥梁结构产生不可逆的变形，其中，桥墩顶最大水平位移为 0.83 mm，最大竖向位移为 0.54 mm。本次模拟分析结果均小于《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》要求的

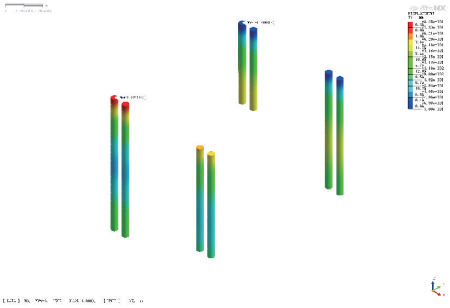

图 11　开挖工况下横桥梁方向的桥墩水平位移图

图 12　开挖工况下的桥墩竖向位移图

控制值 3 mm，满足规范的要求。

综上所述，雨、污水管同槽开挖会对桥墩产生较大的位移影响，其原因是管道同槽开挖，会对距离仅有 4 m 的桥墩水平位移产生较大影响。因此，设计方案采取雨、污水管道分槽开挖更加合理。对于给水管道，考虑到其对桥墩位移变形的影响较小，应采取分槽开挖。

4　结　语

（1）当明挖管槽距离既有桥墩较近时，管道开挖将导致周边土体受扰动并发生变形，进而引发桥墩结构变形，且水平位移相较于竖向位移更大。

（2）对于距离桥墩较近的多管槽开挖，应尽可能采取单管管槽开挖形式，避免多管管槽开挖宽度过大，进而引发坑顶土体变形及周边建（构）筑物位移偏大。

（3）坑槽开挖应遵循“分层、分步、对称、平衡、限时、先撑后挖、随挖随撑”的原则，应减少坑槽开挖面上围护结构的无支撑暴露时间及变形。坑槽开挖至设计高程时，应及时施工垫层及管道。

（4）设计单位应重视在管槽开挖过程中对周边建（构）筑物的监测方案编制，明确变形控制值及预警值，便于监测方和施工方执行，做好风险预警系统设计和管理。

参考文献：

[1] 周海军．市政工程雨污分流管道施工技术分析[J]．城市建设理论研究（电子版），2024（32）：205-207.

（下转第 257 页）