

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.02.038

某桥梁桩基施工对高铁隧道影响分析

李 炼

(广东省建筑设计研究院有限公司, 广东 广州 510000)

摘 要: 随着社会经济的发展,越来越多的城市开始兴建大型高架桥梁,但是由于城市里面用地位置受限很多高架桥梁在桥跨布置以及下部结构选择的时候,都面临着与周边构筑物比较近甚至相冲突的现象。故如何分析桥梁下部结构对既有构筑物的影响,在实际的城市桥梁建设中越来越突出。利用有限元软件 GTS,结合实际工程实例,建立三维土体单元,考虑了土体的非线性,来分析桥梁桩基施工对临近高铁隧道的影响。

关键词: 本构模型;高铁隧道;内力;变形

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)02-0149-05

0 引言

随着经济社会的发展,城市用地条件越来越紧张,市政桥梁建设条件也越来越受限。越来越多的高架桥梁在设计和施工时都不可避免的与周边构筑物发生关系,尤其是许多高架桥梁在下部结构施工时,会对周边或地下结构物造成扰动,如何减少或避免扰动,成为城市桥梁设计和施工中较为突出的问题。

土是由岩石风化而成的松散颗粒集合体,其本构模型十分复杂。弹性本构模型主要有:线弹性模型、非线性模型(如 Duncan-Chang)双曲线模型、高阶非线性弹性理论模型(如 Cauchy 弹性理论、Green 超弹性理论)等。其中 Duncan-Chang 模型应用比较广泛。弹塑性模型主要有:剑桥模型(Cam-Clay)、莱特-邓肯(Lade-Duncan)模型、清华弹塑性模型等,其中剑桥模型较为广泛。土体的屈服准则或破坏准则主要有:特雷斯卡(Tresca)准则与广义特雷斯卡(Tresca)准则、米塞斯(Von-mises)准则和广义米塞斯准则等。

近些年来,结合各自施工工程项目,有大量科研工作者和设计人员对桩基施工对周边结构物的扰动做了大量研究:李智彦^[1]采用 GTS 值方法,对钻孔灌注桩对临近桩基的影响进行了数值模拟;陈建华^[2]采用 PLAXIS 对冲孔桩施工对桥梁桩基的动力影响进行了分析;李永盛^[3]等通过按照弹性地基梁理论,推导了盾构施工过程中土体对现状构筑物的内力和

挠曲影响的计算公式;

张志强^[4]等针对隧道施工对既有桩基的影响,进行了三维有限元数值模拟。目前关于桩基施工对高铁隧道的影响还不多见

本文结合工程实例,通过三维有限元软件 MIDAS GTS 对桩基进行数值模拟,研究分析了桩基施工各个阶段对高铁隧道的影响,可用于工程施工参考。

1 工程概况

某工程新建桥梁位置受限,需要在高速铁路隧道两边设置桩基,桩基最近距离隧道结构边线最近处约 7.8 m。新建桥梁桩基采用钻孔灌注桩,桩径 2 m,按照嵌岩桩设计,桩长 80 m,其中 14 号墩桥梁桩基距离隧道结构边线最近约 7.8 m(见图 1),隧道为单洞隧道,埋深约 15 m,隧道直径约 14 m。桥梁桩基在施工时对既有隧道有一定影响,应对桩基施工周边的土体和隧道的变形和受力变化进行分析,评估施工过程对既有隧道的影响。

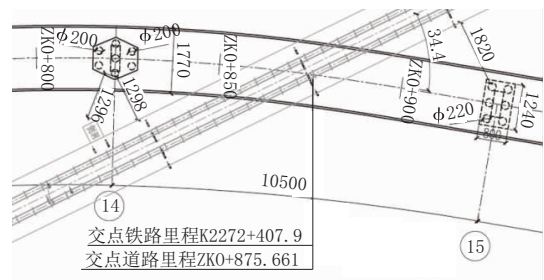


图 1 新建桥梁桩基与既有隧道平面关系

2 计算建模

2.1 整体模型

采用 MIDAS GTS 建立桩基和隧道三维有限元模型。

收稿日期: 2022-03-23

作者简介: 李炼(1987—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁设计工作。

根据圣维南原理,建模时选取足够大尺寸的模型,模型尺寸为长(Y)×宽(X)×高(Z)=240 m×180 m×120 m,共有 258 373 个单元,45 055 个节点,模型整体网格划分见图 2。模型中,隧道采用 2D 壳单元,土层和桩体采用 3D 实体单元,土体采用 Drucker-Prager 屈服准则,桥桩采用线弹性本构模型。

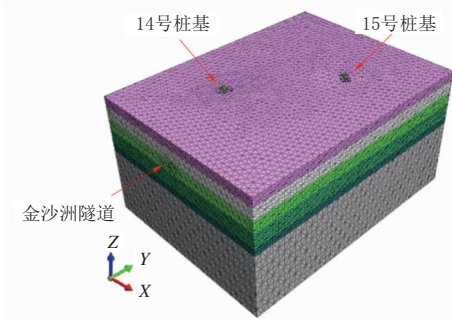


图 2 模型网格划分图

2.2 计算参数选取

边界条件:模型采用位移边界条件,底面为固定约束,侧面为法向约束。

土体由上至下共分为 5 层,最下面一层为岩层,每层参数按照勘察报告中选取,见表 1、表 2。

表 1 土体参数表

编号	土层名称	压缩模量/MPa	泊松比	$\gamma/(kN \cdot m^{-3})$	c/kPa	$\varphi/(\circ)$
1	素填土	3.5	0.28	19	8	10
2	软塑粉质黏土	3.5	0.30	18.9	14.9	16.1
3	可塑粉质黏土	5	0.32	19.5	22.8	19
4	硬塑粉质黏土	10	0.35	19.6	26.8	21.9
5	强风化灰岩	10	0.35	20	24	20.5
6	中风化灰岩	100	0.35	21	35	30

表 2 钢筋混凝土结构参数

混凝土标号	弹性模量/GPa	$\gamma/(kN \cdot m^{-3})$	备注
C35	31.5	25	桩基
C40	32.5	25	隧道

2.3 计算工况

为了模拟桩基施工对高铁隧道的影响,本次计算选取如下 2 个工况进行分析:

- 工况 1: 桩基成孔过程中;
- 工况 2: 桥梁运营后。

3 分析结果

3.1 工况 1

3.1.1 承台周边变形分析

在工况 1 时,桩基成孔过程中产生的桩基周边土的竖向位移见图 3~图 6。

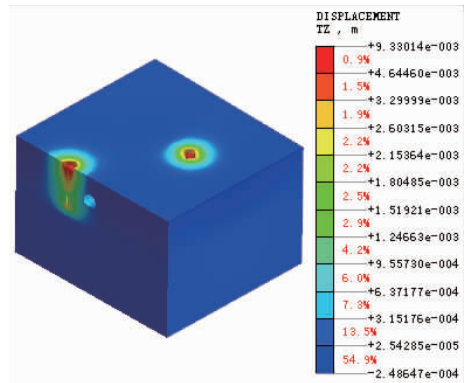


图 3 14号墩桩基周边竖向位移云图

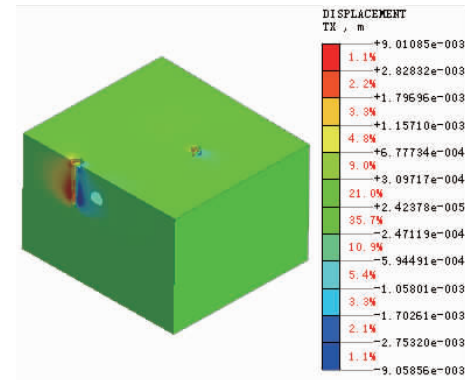


图 4 14号墩桩基横向位移云图

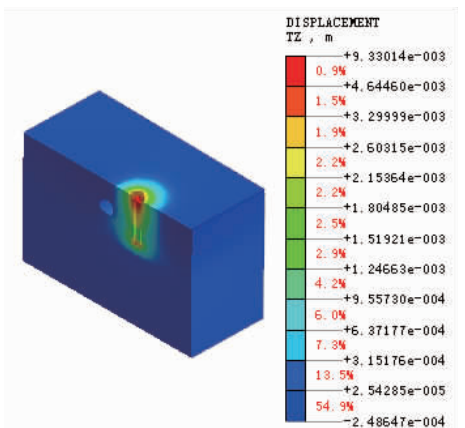


图 5 15号墩桩基竖向位移云图

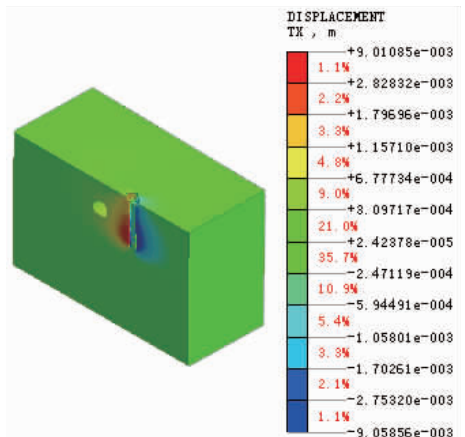


图 6 15号墩桩基横向位移云图

由上述地层竖向和横向位移云图可知,在工况 1 情况下,地层位移主要由于桩基开挖导致,由于桩基

成孔以及承台开挖施工,导致承台处在周边地层应力作用下,产生了隆起,竖向最大隆起为 9.3 mm;最大沉降 0.2 mm,在桩基周边。横向由于桩基成孔,在地层应力作用下,桩位处产生了横向位移,最大为 9.0 mm,位于桩底。

3.1.2 隧道变形分析

在工况 1 时,桩基成孔过程中产生的隧道变形见图 7、图 8。

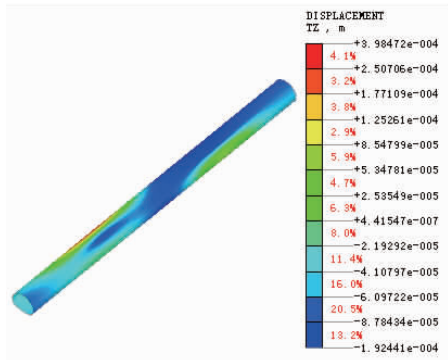


图 7 隧道竖向变形

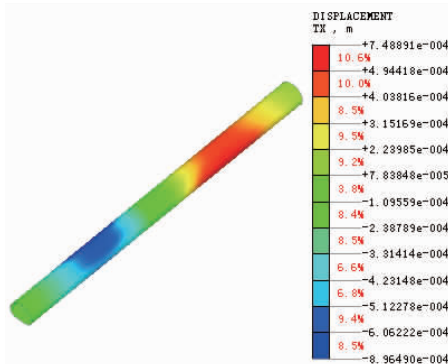


图 8 隧道横向变形

由上述隧道竖向和横向位移云图可知,在工况 1 情况下,隧道受桩基旋挖施工影响,在临近桩基位置出现较大位移。竖向最大隆起为 0.4 mm,位于拱腰。最大沉降为 0.2 mm,位于拱顶。横向最大位移为 0.9 mm,位于拱腰。纵向最大位移为 0.1 mm,位于拱腰。

3.1.3 隧道内力分析

在工况 1 时,桩基成孔过程中产生的隧道内力见图 9、图 10。

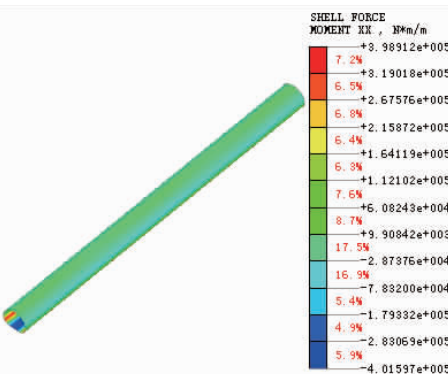


图 9 隧道横向弯矩图

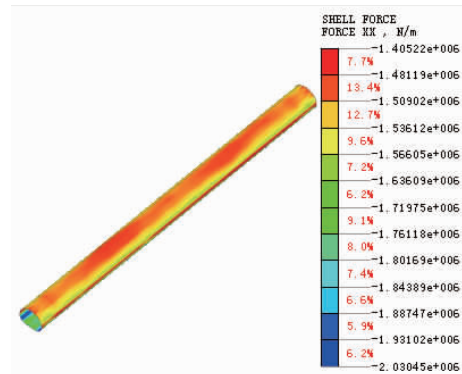


图 10 隧道横向轴力

由上述隧道横向和纵向弯矩云图可知,在工况 1 情况下,隧道横向最大正弯矩为 398.9 kN·m,位于拱脚,最大负弯矩为 401.6 kN·m,位于拱底;隧道横向最大轴力为 2 030.5 kN,位于拱脚。

3.2 工况 2

3.2.1 桩基周边变形分析

由上述桩基周边地层位移云图(见图 11~图 14)可知,在工况 2 情况下,在运营阶段,桩基在承受桩顶力工况下,会产生竖向变形,从而导致周边土产生一定的隆起,竖向最大隆起为 3.5 mm,位于桩基承台周边处;同时桩基底部由于桩身自身受压弹性变形,导致周边土体也发生沉降,最大沉降 4.6 mm。桩基由于竖向变形在桩底同时也产生横向变形,最大为 9.0 mm。

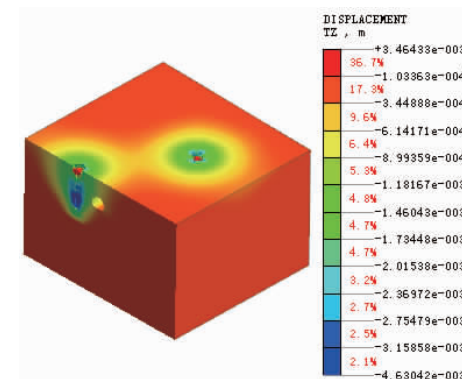


图 11 14 号墩桩基周边竖向位移云图

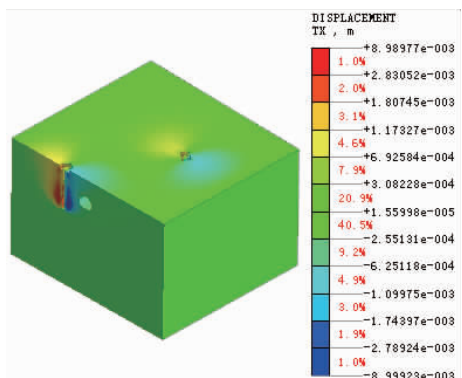


图 12 14 号墩桩基周边横向位移云图

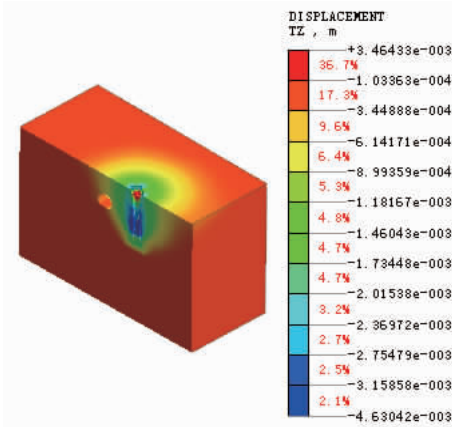


图 13 15号墩桩基周边竖向位移云图

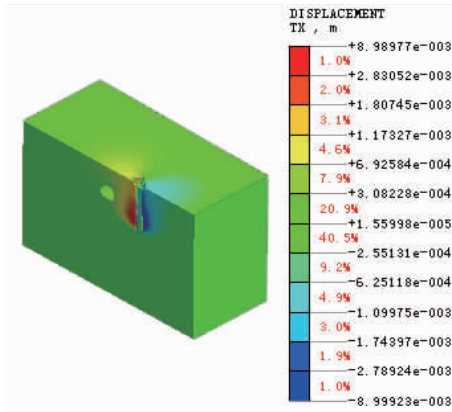


图 14 15号墩桩基周边横向位移云图

3.2.2 隧道变形分析

由上述隧道位移云图(见图 15、图 16)可知,在工况 2 情况下,隧道竖向最大变形为 1.0 mm,位于拱腰。横向最大位移为 0.8 mm,位于拱腰。

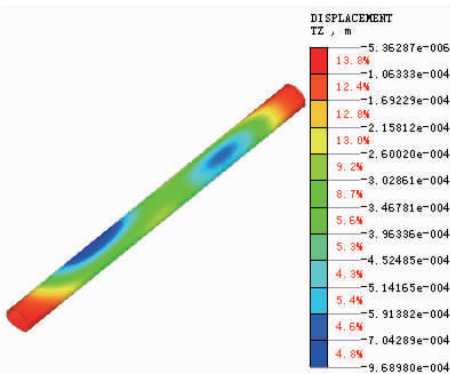


图 15 隧道竖向变形

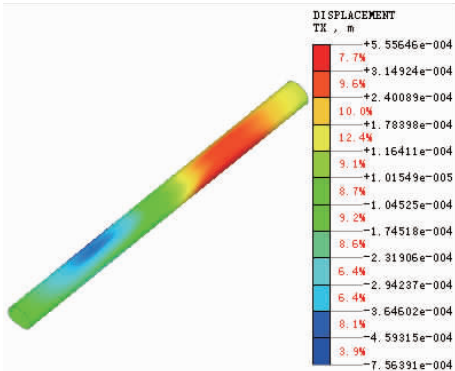


图 16 隧道横向变形

3.2.3 隧道内力分析

由上述隧道位移云图(见图 17、图 18)可知,在工况 2 情况下,隧道横向最大正弯矩为 417.4 kN·m,位于拱脚,最大负弯矩为 409.2 kN·m,位于拱底;隧道横向最大轴力为 2 031.8 kN,位于拱脚。

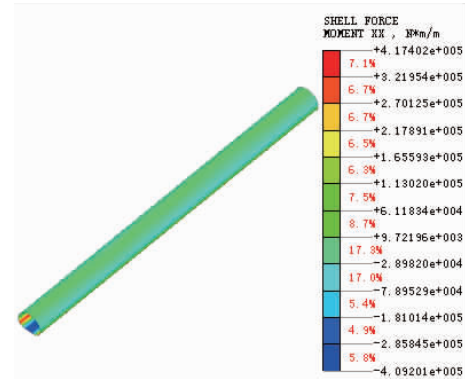


图 17 隧道横向弯矩

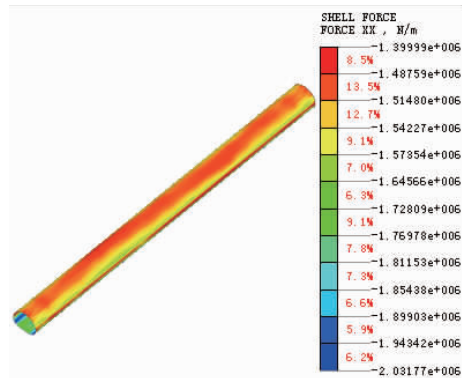


图 18 隧道横向轴力

4 隧道受力分析

由工况 1 和工况 2 的分析可知,隧道在工况 1 和工况 2 的作用下,都会产生一定的横向和纵向弯矩,该弯矩主要是由于桩基施工所导致的。由于在进行 GTS 分析时,是单独将工况 1 和工况 2 分开分析的,实则最终运营状况下工况 1 和工况 2 是受力叠加的过程,工况 2 是在工况 1 内力和变形已经发生的基础上进一步的发生变形和内力。故在进行隧道受力分析时,应综合考虑两个阶段的变形和内力,鉴于工况 2 成桩后,对周边土体变形有一定的抑制作用,在此为了方便分析,将工况 1 和工况 2 产生的内力和变形进行叠加来对隧道受力进行分析。

隧道主要受力模式与变形为横向变形,在此根据上述工况 1 和工况 2 的计算结果,隧道在横向弯矩作用下,计算由此隧道裂缝见表 3。

由以上计算可知,隧道在工况 1 和工况 2 条件下,隧道在拱脚处产生较大的裂缝,最大裂缝约 0.19 mm。可以看出,裂缝虽小于规范要求的 0.2 mm,但已经比

表 3 隧道裂缝表

状况	隧道最大弯矩 /kN	隧道最大轴力 /kN	受力构件类型	裂缝 / mm
运营状况下	818	8 060	偏压	0.19

较接近,设计和施工时建议对地层考虑预先加固措施。。

5 结 语

由以上分析可见,受桩基施工的影响,从桩基开挖至施工完成,地层及隧道结构的受力均有一定变化。主要表现在以下几个方面:

(1)工况 1 下桩基成孔施做阶段,由于基坑开挖,导致周边土产生隆起,故建议在工况下基坑开挖时做好支护。

(2)就地层而言,地层最大变形均发生在桩基处,竖向隆起减小,竖向沉降增大。横向变形及纵向变形变化不明显。隧道结构最大位移始终出现在临近桩基区域。当桩基开挖时,隧道结构上同时存在隆起及沉降位移,而桩基施做完成后,隆起消失,最大沉降位移增大。隧道横向及纵向位移变化不明显。

(3)就隧道内力而言,随着桩基施做完成,隧道

横向轴力略有增大。隧道纵向整体沉降趋同,纵向轴力有所减小。隧道横向、纵向弯矩均略有增加。

综上所述,相对于桩基的开挖半径,桩基与隧道结构的间距较大,桩基开挖与施做对隧道结构的影响有限。隧道受力和变形影响基本在规范和铁路部门允许范围内。以后类似桥桩与地下结构物较近的工程项目,采用 MIDAS GTS 进行三维实体分析,不失为一种有效的方法。

参考文献:

[1] 李智彦,丁振明.钻孔灌注桩施工对临近桥桩基影响的数值模拟[J].公路交通科技,2013(4):70-75.

[2] 李龙剑,杨宏伟,李政林,等.基坑开挖对邻近桥梁桩基的影响分析[J].地下空间与工程学报,2011,7(S2):1697-1701.

[3] 刘登攀,刘国彬.邻近建筑物对某基坑变形影响的分析[J].岩土技术工程,2007,21(1):28-31,45.

[4] 张志强,何川.深圳地铁隧道邻接桩基施工力学行为研究[J].岩土工程学报,2003,25(2):204-207.

[5] 雷杨.基坑开挖对临近桩基影响的实测及三维有限元数值模拟分析[D].天津:天津大学,2005.

[6] 张博恒.基于 MIDAS GTS 探讨冲击钻对临近桥的影响[J].道路桥梁,2016(7):23.

(上接第 148 页)

4 结 语

莫干山路提升改造(石祥路—绕城北线 104 国道收费站)工程桥梁预制拼装施工技术对桥梁构件进行标准化、机械化、模块化、精细化管理,作业时交通压力小、安全系数高,施工速度快^[4]、整体进度可控、质量有保证^[5]。通过采用预制立柱快速精确安装、双立柱一体化盖梁精确定位、超长超重盖梁快速安装、长大多节段盖梁预制及干接精确安装、套筒灌浆质量保证、多轮 18 轴液压均衡平板车运输、机械化集中吊装、吊具设计及软吊带使用等方法,大大提高了城市桥梁施工效率,可实现在复杂交通环境下城市桥梁绿色、快速化施工,将对交通、人文、环境的影

响降至最低,在城市桥梁施工技术中具有广泛应用前景^[6]。

参考文献:

[1] 孙衍,杨光强.桥梁预制拼装技术在城市密集区的应用与思考[J].公路,2021(4):62-65,77.

[2] 高剑容.市政桥梁预制墩柱拼装关键技术应用研究[J].福建建设科技,2022(5):104-106.

[3] 王彬.桥梁下部结构预制拼装关键技术[J].天津建设科技,2021,31(5):17-19.

[4] 刘远炜.装配式高架桥梁预制拼装技术及经济效益分析[J].工程机械与维修,2021(5):120-121.

[5] 卢永成,陈明,王冠男.公路桥梁预制拼装技术与实践[C]//第 26 届华东六省一市土木建筑工程建造技术交流会论文集(下册).

[6] 徐双.城市桥梁预制拼装施工技术展望[J].市政技术,2021,39(S1):20-23,52.