

桥梁工程施工对既有轨道交通隧道结构的影响分析

张娜

(北京市市政四建设工程有限责任公司 100080)

摘要: 该工程涉及设计时速 50km/h 的城市次干路西延工程, 其中主要包括一座 490m 长的高架桥, 跨越城市轨道交通工程, 采用钻孔灌注桩群桩基础。在高架桥的一部分, 即第七、第八、第九号桥墩, 与既有的城市轨道交通工程中的明挖隧道结构存在一定的净距, 分别为 7.51m、13.85m 和 43.16m。数值仿真分析涵盖了模型网格划分、施工过程模拟以及位移变形分析, 以评估高架桥建设对轨道交通隧道结构的影响。

关键词: 明挖隧道; 桥梁; 桩基; 数值模拟

1 引言

城市次干路西延工程涉及到一座高架桥的建设, 其复杂性主要体现在与城市轨道交通工程的交叉设计上。在建设过程中, 特别是在高架桥与明挖隧道结构之间的净距较小时, 可能会对既有结构产生一定的影响。为了全面评估这种影响, 进行了三维数值仿真分析, 以便更好地理解和管理施工风险。现有研究多采用整体有限元法, 模拟桥梁施工过程, 将周边土、隧道作为一个整体来研究。Plaxis 软件是荷兰人研制的一种专用于岩土工程计算的大型软件, 已被各国普遍采用。本项目所开发的程序具有计算功能强、运行稳定、人机界面友好等特点, 可为当今及将来的岩土工程领域提供专门的计算分析手段。

2 工程概况

2.1 项目工程概况

本工程包括一座设计时速 50km/h 的高架桥, 该桥的总长为 490m。这座高架桥跨越城市轨道交通工程, 采用钻孔灌注桩群桩基础。在高架桥的一部分, 即第七、第八、第九号桥墩, 与既有的城市轨道交通工程中的明挖隧道结构存在一定的净距, 分别为 7.51m、13.85m 和 43.16m。值得注意的是, 高架桥跨越明挖隧道段时, 隧道采用 U 形结构, 侧墙厚度为 600mm, 底板厚度为 600mm, 而基础则使用预应力管桩, 桩径为 0.6m, 桩长为 42m。整体而言, 该工程涉及复杂的桥梁结构和与城市轨道交通隧道的交叉设计。

2.2 高架桥设计概况

高架桥标准横断面布置如下: 0.5m(防撞护栏)+3.0m(人行道)+0.5m(分隔墩)+8.0m(机动车道)+0.5m(分隔墩)+8.0m(机动车道)+0.5m(分隔墩)+3.0m(人行

道)+0.5m(防撞护栏)=24.5m。

3 三维数值仿真分析

3.1 模型网格划分

根据工程桩基、承台和桥墩的设计图纸和施工情况等有关资料, 对其进行了简化, 并对其进行了上表面荷载的简化。在此基础上, 采用实体单元对承台和桥墩进行有限元仿真, 并对已建的明洞隧道进行了有限元仿真, 并对钻孔灌注桩和管桩进行了数值模拟。土的本构模型都是以土的硬化 (hydraulic hardening, HS) 来描述。在表 1 中详细列出了模式的使用参数。为了避免模型边界效应的影响, 同时兼顾计算的高效性, 本项目拟在已有的研究基础上, 以模型主结构为基准, 将土体的长度和宽度扩大约 2 倍。该模型对基础进行了横向、纵向和总高度分别计算 200m、100m 和 100m。如图 1~2 所示。

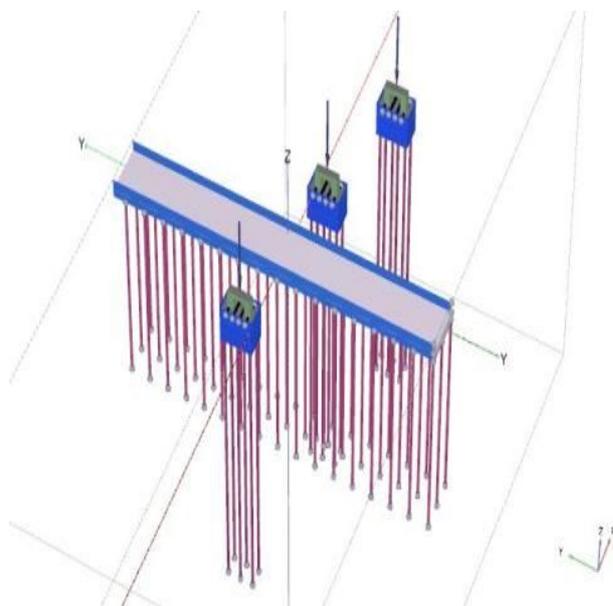


图 1 高架桥与明挖隧道三维模型图

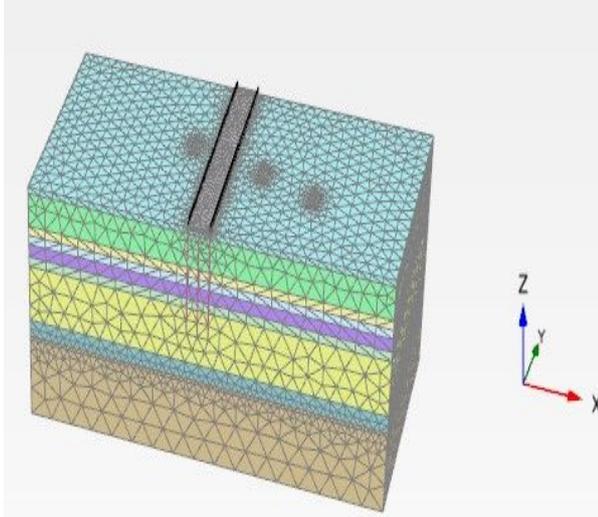


图2 高架桥桩基等与明挖隧道相对位置关系模型图

表1 模型计算参数

岩土名称	天然重	孔隙比	压缩模量	固结快剪	
	度			c (kPa)	ϕ (°)
	γ (kN/m ³)	e	E_{s1-2} (MPa)		
1-1 粘土	18.2	1.109	4.77	14.1	22.3
2 淤泥	16.2	1.8	1.71	5.8	8.1
3-2 淤泥质 粘土	17.9	1.118	2.36	11.3	13.6
4-1 粉质粘 土	19.1	0.85	5.65	16.7	24.7
4-2 粘土	18.4	1.049	4.45	14.1	21.5
5-1 粘土	18.4	1.05	4.96	15.4	27.4
5-2 粘土	19	0.92	5.97	16.7	31.1
5-3 圆砾	22	0.5	40	-	-
6-粘土	18.9	0.939	5.48	17.1	30

3.2 施工过程模拟

该计算条件下，对相邻的地铁明洞隧道⑦、⑧、⑨承台和桥墩的施工情况进行了分析，并给出了相应的计算条件，如表2所示。

表2 数值模拟计算工况表

计算步骤	工况	工况模拟
1	一	⑦号桥墩钻孔灌注桩施工
2	二	⑧号桥墩钻孔灌注桩施工
3	三	⑨号桥墩钻孔灌注桩施工
4	四	⑦号承台基坑围护结构施工

5	五	⑦号承台基坑开挖
6	六	⑦号承台施工
7	七	⑦号桥墩施工
8	八	⑧号承台基坑围护结构施工
9	九	⑧号承台基坑开挖
10	十	⑧号承台施工
11	十一	⑧号桥墩施工
12	十二	⑨号承台基坑围护结构施工
13	十三	⑨号承台基坑开挖
14	十四	⑨号承台施工
15	十五	⑨号桥墩施工
16	十六	上部结构施工

4 计算结果及分析

4.1 位移变形分析

通过以上的计算过程，得到了在高架桥完工后，既有明洞隧道的位移云图。详见3-6所示：

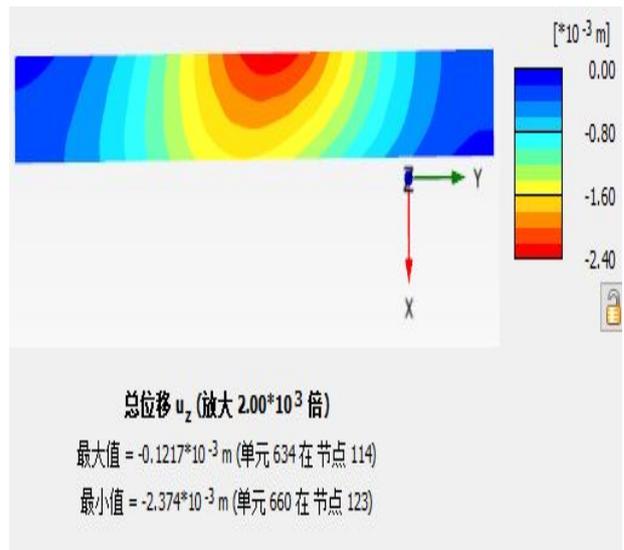


图3 主体结构底板竖向变形云图

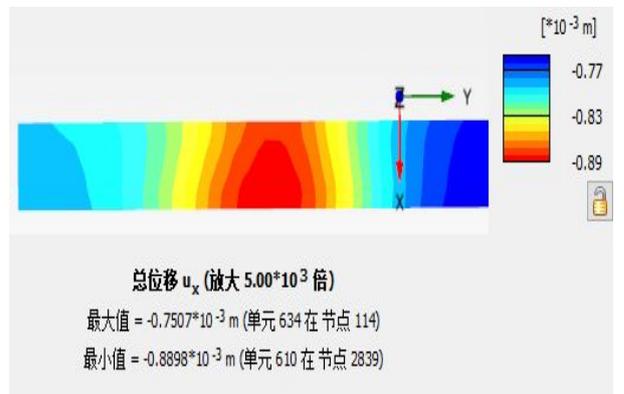


图4 主体结构底板水平位移云图

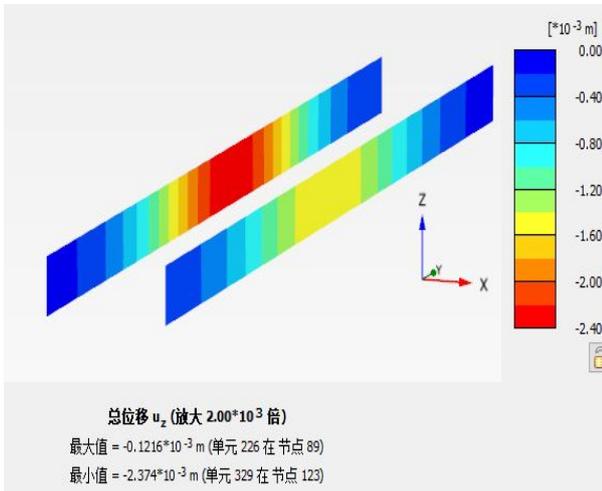


图 5 主体结构侧墙竖向变形云图

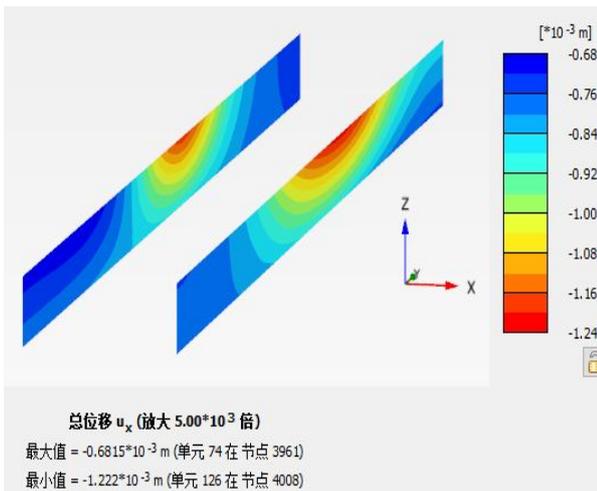


图 6 主体结构侧墙水平位移云图

4.2 明挖隧道主体结构变形分析

通过对上述数值仿真结果的梳理，可以看出，在承台、桥墩、桥梁上部结构施工过程中，对主体结构产生了一些影响，但主要体现在竖向位移和沉降上，例如，在建成以后，底板竖向最大竖向位移 -2.37 mm，顺桥向为 0.89 mm，横桥向为 0.09 mm；而在施工过程中，⑦号承台和桥墩的施工对底板竖向变形的影响较大。通过数值分析，发现：①号承台、桥墩施工期间，侧墙水平变形最大值为 0.71 mm，而在⑦号桥墩施工完毕后，最大水平位移为 0.71 mm，而在⑧号桥墩施工完毕后，最大水平位移仅增加至 0.73 mm，但在⑧号承台、桥墩施工期间，侧墙水平变形在 0.30 mm左右；结果表明，尽管⑧号承台墩和桥墩的修建对边墙的最大水平位移没有显著的影响，但是其最大水平位移面积却有所增大；最终，由于

施工中的⑨顶、墩的共同作用，使边墙的最大水平位移增大到 1.22 mm。

5 分析总结

1号桥⑦号墩与既有市政地铁明挖隧道之间的距离最小，只有 7.51 m，⑧号桥墩与既有高架桥之间的净距为 13.85 m，⑨号桥墩与既有市政轨道交通工程明挖隧道之间的净距为 43.16 m，经过数值仿真，发现高架桥的修建会对其主体结构造成一定的影响。高架桥建设给地铁建设带来了很大的影响，尤其是明洞隧道的最大沉降和最大侧向变形分别为 2.37 mm和 1.22 mm。然而，这只是理论上的计算，在高架桥施工中还会遇到一些不确定的危险，这是不能用来计算的。为此，在高架桥施工时，应采取相应的措施，以保证地铁工程中的明洞结构的安全性。

6 结论

通过数值仿真的综合分析，我们得知高架桥建设对地铁明挖结构的影响是显著的。尤其在施工过程中，承台、桥墩等建设活动对主体结构的竖向位移和沉降造成了一定的影响。为了确保地铁工程的安全性，特别是明挖结构的稳定性，建议在实际施工中采取相应的预防措施。这项研究为类似的城市交通工程提供了有益的参考，强调了施工前的全面分析的重要性，以更好地管理潜在的工程风险。

参考文献:

- [1] 杨成. 上跨地铁基坑施工对地铁隧道结构安全影响分析[J]. 低温建筑技术, 2017, 39(6): 4.
- [2] 谭双全, 刘廷伟. 拟建上跨桥梁对下方既有隧道的安全影响分析[J]. 城市道桥与防洪, 2018(6): 4.
- [3] 张治国, 张谢东, 王卫东. 临近基坑施工对地铁隧道影响的数值模拟分析[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(11): 5.
- [4] 罗蓓. 基于 PLAXIS 的地基沉降计算及相关参数分析[J]. 湖南交通科技, 2009, 35(1): 5.
- [5] 徐辰春. 隧道工作井基坑 PLAXIS 计算与信息化施工[C]// 中国国际隧道工程研讨会. 2011.