

隧道开挖对既有排水箱涵受力影响的数值模拟研究

黎连回

中铁二十局集团第三工程有限公司 重庆 400065

摘要: 城市中的地下管网错综复杂, 隧道开挖会对其造成一定的影响。为了探索其中的规律, 以重庆轨道交通十号线兰花湖停车场出入段线暗挖区间隧道为研究背景, 通过有限元软件 ANSYS, 模拟了隧道开挖对不同水平位置箱涵的影响。结果表明: 随着箱涵与隧道中轴线距离的增加, 箱涵的竖向位移不断减小; 箱涵弯矩随着距离的增加先增加后减小, 箱涵上部的轴力远远大于下部, 并且波动较大。

关键词: 排水箱涵; ANSYS; 不同位置; 安全系数; 数值模拟

Numerical simulation study on the influence of tunnel excavation on the existing drainage tank culvert

LI Lian-hui

Chinese Railway Twenty Bureau Group Engineering Co., Ltd., 400065, Chongqing, China

Abstract: The underground pipe network in the city is very complicated, and the tunnel excavation will have a certain influence on it. In order to explore the rules, the influence of tunnel excavation on box culverts at different horizontal positions was simulated by using finite element software ANSYS, taking the underground tunnel of the entrance and exit line of The Lanhuahu parking lot of Chongqing rail transit Line 10 as the research background. The results show that the vertical displacement of the box culvert decreases with the increase of the distance between the box culvert and the tunnel axis. The bending moment of the box culvert increases first and then decreases with the increase of distance, and the axial force at the upper part of the box culvert is much larger than that at the lower part, and fluctuates greatly.

Keywords: Drainage tank culvert; ANSYS; Different positions; Safety factor; The numerical simulation

在城市的建设过程中, 城市轨道交通的发展越来越快, 城市地下管网纵横交错, 隧道开挖对不同位置箱涵的影响也不同^[1], 为了研究其中的规律, 本文以重庆轨道交通十号线兰花湖停车场出入段线暗挖区间隧道为研究对象, 通过有限元软件 ANSYS, 模拟了隧道开挖对不同水平位置箱涵的影响, 可以为类似工程的箱涵保护措施和隧道选线设计提供参考依据。

1 工程概况

重庆轨道交通十号线兰花湖停车场出入段线暗挖区间隧道位于重庆市南岸区, 隧道下穿兰花湖花市、隆

鑫动力部件有限公司厂房和多条排水箱涵, 埋深约为 9m~33.8m, 其中排水箱涵截面尺寸为 1.8m × 1.5m。地层分布主要以第四系全新统填土层、残坡积层和侏罗系中统沙溪庙组沉积岩层为主, 岩性主要为砂岩、砂质泥岩。在 YCK0+969.7~YCK0+981.5 段, 隧道下穿多条排水箱涵, 在隧道的开挖过程中会对其造成一定的影响。

2 数值模拟及分析

2.1 模拟工况

为了分析隧道开挖对不同水平位置箱涵的影响, 共设置了 11 种不同的工况并分别对其进行模拟, 如图 1 所示。箱涵的间距为 8m, 箱涵距离隧道拱顶的竖向距离为 7.5m。

2.2 数值模型的建立

本次模拟采用德鲁克-普拉格 (Drucker-Prager) 弹

作者简介: 黎连回 (1987-), 男, 甘肃静宁, 工程师, 本科, 主要从事深基坑、地下暗挖工程领域方面研究工作。

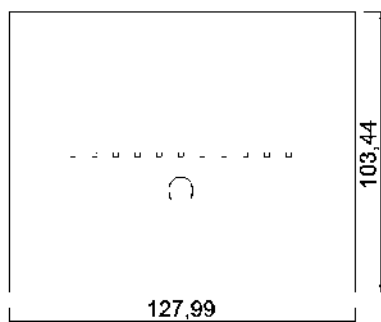


图1 不同水平位置箱涵

塑性本构模型来模拟回填土的弹塑性^[2], 并且忽略其体积膨胀, 箱涵的模拟则采用弹性模型, 不考虑其非线性变形。采用plane42实体单元模拟隧道围岩和开挖土体, 箱涵则采用二维梁单元beam3模拟以输出其内力。为了使隧道开挖对箱涵的影响更加明显, 本次模拟不考虑初支和二衬对围岩的支承作用。模拟所取参数均根据现场实测和规范确定, 具体情况见表1。

圣维南原理指出^[3], 隧道开挖对隧道3~5倍洞跨以外的围岩的影响可以忽略不计, 因此最终确定的模拟边界尺寸为: 上边界和左右边界均为7倍洞高, 下边界为4倍洞高。模型建好后, 对其施加重力荷载并进行地应力平衡, 杀死开挖土体单元后进行模型求解, 并在后处理中输出箱涵的位移和内力。

表1 物理力学参数表

名称	弹性模量/ MPa	泊松比	重度/ (kN/m ³)	凝聚力/ MPa	摩擦角/ (°)
回填土	12	0.3	22.4	0.0085	22.7
回填土 (开挖)	12	0.3	22.4	0.0085	22.7
箱涵	30000	0.2	25	-	-

2.3 模拟结果与分析

对箱涵进行位移、弯矩和轴力分析, 研究其在开挖工程中的受力变化, 考虑到箱涵最危险的地方在四个角点, 因此选取四个角点进行内力分析, 分别为1、3、5、7点。

2.3.1 箱涵竖向位移分析

模拟的结果如图2所示, 随着箱涵与隧道中轴线距离的增加, 箱涵各点的竖向位移均减小, 当箱涵距离隧道中轴线的距离超过35m后, 各点的竖向位移趋于平缓, 隧道开挖对箱涵造成的影响很小。当箱涵位于隧道正上方时, 各点的位移均为最大, 此时的竖向位移分布如图3。箱涵顶板的位移呈两端大、中间小的趋势; 相反, 箱涵底板位移则呈现出中间大、两端小的趋势。

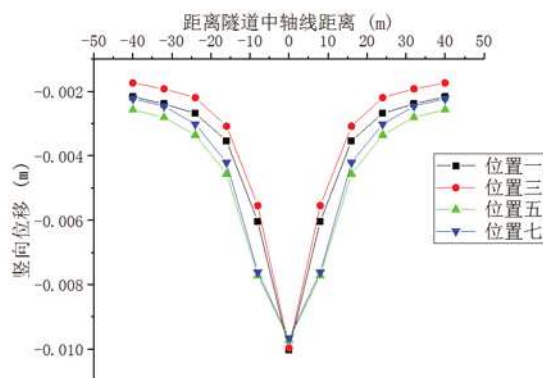


图2 不同竖向位置箱涵竖向位移图

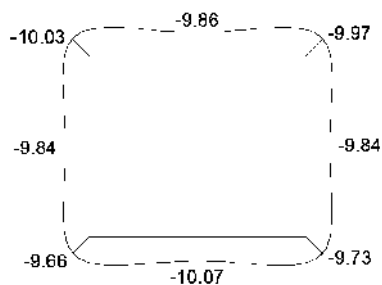


图3 箱涵竖向位移分布 (mm)

2.3.2 箱涵弯矩分析

箱涵弯矩模拟结果如图4所示, 随着距离隧道中轴线距离的增加, 箱涵各个角点的弯矩呈现出先增大后减小的趋势, 最大弯矩出现在距离隧道中轴线24m处的点5, 达到了53647N/m, 此时箱涵处于最危险的状态, 具体的弯矩分布如图5所以。各个角点的弯矩值远远大于其他点, 这是因为在四个角点处容易产生应力集中, 造成四个角点的弯矩值远远大于其他点。

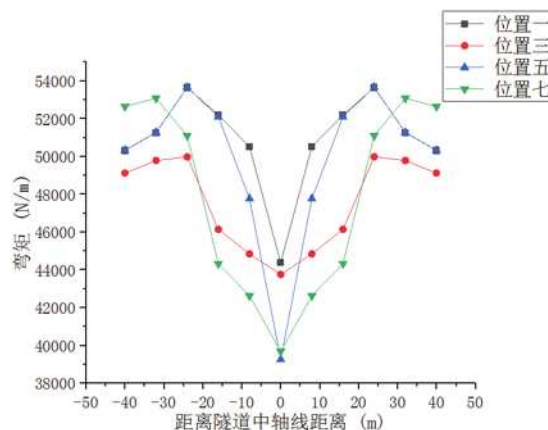


图4 不同水平位置箱涵弯矩图

2.3.3 箱涵轴力分析

箱涵轴力模拟的结果如图6所示, 随着箱涵距离隧道中轴线的距离不断增加, 底板角点的轴力先减小后上升最后趋于稳定; 顶板角点轴力波动较大, 当距离隧道中轴线的距离超过24m后, 轴力呈现出不断减小的趋势。

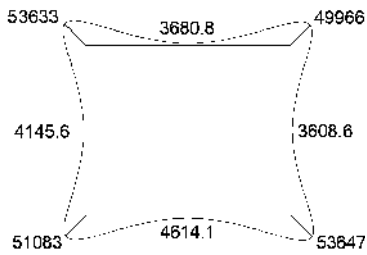


图5 箱涵弯矩分布 (N/m)

箱涵距离隧道中轴线16m时的弯矩分布如图7所以，从图中可以看出，箱涵的轴力主要分布在顶板和右侧板，左侧板和底板的轴力很小，这是因为箱涵位于隧道的侧方，对箱涵左右土体的扰动程度不同，从而造成了不同位置板的轴力相差很大。

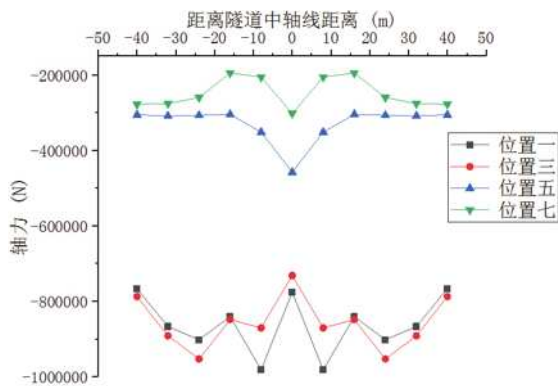


图6 不同水平位置箱涵轴力图

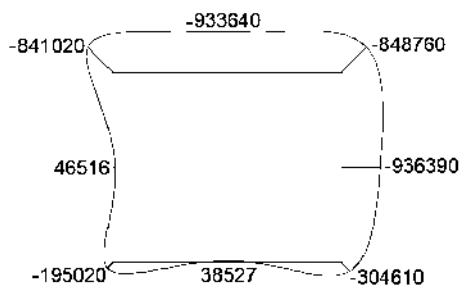


图7 箱涵轴力分布 (N)

3 结论

本文运用ANSYS软件进行了隧道开挖对不同水平位置箱涵影响的数值模拟计算，可以得出以下结论：

(1) 箱涵距离隧道中轴线的距离越近，箱涵的竖向位移越大，当距离超过35m后，箱涵的竖向位移趋于平缓，隧道开挖对箱涵的影响很小。

(2) 随着箱涵距离隧道中轴线距离的增加，箱涵各个角点的弯矩呈现出先增大后减小的趋势，最大弯矩出现在四个角点，最小弯矩均出现在各板的中点。

(3) 随着箱涵距离隧道中轴线距离的增加，底板角点的轴力先减小后上升最后趋于稳定；顶板角点轴力波动较大，当距离隧道中轴线的距离超过24m后，轴力呈现出不断减小的趋势。

参考文献：

- [1]郑刚，张扶正，张天奇，等.盾构隧道开挖及补偿注浆对地层扰动影响的室内试验及数值模拟研究[J].岩土工程学报，2016.
- [2]张辛，宋宏伟，闫晓.DP与EDP模型及其在隧道稳定分析中的应用[J].地下空间与工程学报，2018，v.14; No.109 (06): 225-230.
- [3]郑刚，杜一鸣，刁钰，等.基坑开挖引起邻近既有隧道变形的影响区研究[J].岩土工程学报，2016，38 (004): 599-612.