

顶管工程土与结构性状的理论研究

魏 纲

(浙江大学城市学院, 浙江 杭州 310015)

博士学位论文摘要: 随着社会城市化进程的推进, 地下空间的开发和利用越来越受到人们的重视。顶管法作为一种暗挖施工技术, 可以在不开挖地表土的情况下将管道铺设完毕, 具有无可比拟的优点, 因而得到越来越广泛的应用。但是顶管法施工不可避免地会引起地面和地下土体的移动, 在土中产生附加应力。当土体位移过大时, 将对周围建(构)筑物和邻近地下管线构成危害。对顶管施工中管土相互作用、土体变形及工作井土体反力计算方法进行研究。主要工作和研究成果如下: (1) 假定开挖面失稳时滑动块的形状为一个梯形楔体, 滑动块上部为一梯形棱柱。采用太沙基松动土压力理论, 根据滑动块的整体受力平衡, 推导出砂性土中考虑成层土的开挖面最小支护压力计算公式。算例分析表明, 该方法的计算结果小于楔形体模型的计算结果, 更接近离心模型试验结果。(2) 对顶进过程中管道纵向与环向钢筋应力及管土接触压力进行现场测试。结果表明, 轴力和管土接触压力都随顶进距离增大而增大, 顶进到一定距离后基本稳定。管道顶部和底部的内侧钢筋受拉, 外侧钢筋受压; 管道左右两侧的内侧钢筋受压, 外侧钢筋受拉; 环向钢筋受力很小, 但变动较大。注浆对管顶接触压力影响较大, 注浆后压力明显减小, 对左右两侧接触压力影响较小。(3) 对长距离直线顶管施工中管土相互作用进行分析后认为, 管道在承受对角荷载时产生转动扭矩, 当管道端部的最大土体反力超过土体承载力时土体产生破坏, 造成管道失稳。分析传统曲线顶管施工中管土之间的相互作用; 采用考虑位移的土压力计算方法计算环向土压力, 得出首节管道和后续管道的最大土体反力计算公式; 提出长距离直线和曲线顶管施工中防止管道失稳的控制措施。(4) 考虑土的内摩擦角 φ 对土体移动的影响, 认为垂直土体变形区域边界线的水平倾角应等于 $45^\circ + \varphi/2$, 而不是 45° , 提出修正的 Loganathan 公式及剪切扰动区范围的计算公式。考虑土体初始应力场, 假定土体是均匀线弹性材料, 通过向掘进机周围土体施加向外侧的椭圆形径向位移来模拟顶管挤土过程。在小应变情况下, 推导出半无限空间中土体位移场的近似解析解。考虑空间效应, 给出修正的计算公式。该方法也适用于盾构法施工。(5) 假定土体不排水, 利用弹性力学的 Mindlin 解推导正面附加推力、掘进机和后续管道与土体之间的摩擦力引起的土体变形计算公式, 结合土体损失引起的土体变形计算公式, 得到顶管施工引起的总的土体变形计算公式, 该方法适用于施工阶段。当不考虑后续管道摩擦力时, 该方法也适用于盾构法施工。(6) 对某欠固结土中水平平行顶管施工引起的地面变形规律进行分析, 提出地面横向和纵向扰动区范围及工后沉降的计算方法。考虑先建顶管的影响, 提出一种新的后建顶管地面沉降计算方法。利用 Mindlin 解, 推导出正面附加推力、掘进机和后续管道与土体之间的摩擦力在相邻水平平行管道上引起的附加荷载计算公式。探讨管道净间距、直径、埋深以及土体泊松比对附加荷载分布的影响。(7) 假定矩形沉井工作井后座墙在顶进力反力作用下变形为抛物线形, 采用考虑位移的土压力计算方法来计算土体反力。分析矩形沉井工作井的受力性状, 假定后背竖向土体反力呈梯形分布, 考虑井底摩阻力、井侧壁摩阻力和前壁主动土压力的作用, 根据沉井的整体受力平衡, 求得横向中心顶位和横向偏心顶位最大土体反力和允许顶力的计算公式。(8) 假定圆形沉井产生整体位移, 采用考虑位移的土压力计算方法计算后座井壁环向土体反力, 竖向土体反力按朗肯被动土压力理论计算。考虑井底摩阻力、井侧壁摩阻力和前壁主动土压力的作用, 根据圆形沉井的整体受力平衡, 得出其最大土体反力和允许顶力的计算公式。(9) 分析圆形 SMW 工法工作井在顶进力反力作用下的受力机制。提出承载半圆后背土体的竖向和环向反力分布呈正态分布, 求得后背土体所能承受的最大土体反力计算公式。与有限元计算结果比较表明, 正态分布曲线与有限元计算得到的土体反力分布曲线较吻合。假定矩形 SMW 工法工作井后背竖向土体反力呈正态分布、水平向呈均匀分布, 前壁土体达到主动状态, 得到其最大土体反力和允许顶力的计算公式。

关键词: 隧道工程; 顶管; 盾构隧道; 支护压力; 管道失稳; 土体变形; 工作井; 土体反力

中图分类号: U 45

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 6915(2006)07 - 1512 - 01

THEORETICAL STUDY ON BEHAVIORS OF SOIL AND STRUCTURE DURING PIPE JACKING CONSTRUCTION

WEI Gang

(Zhejiang University City College, Hangzhou, Zhejiang 310015, China)

收稿日期: 2005 - 04 - 04

作者简介: 魏 纲(1977 -), 男, 2000 年毕业于宁波大学建筑工程专业, 导师为徐日庆教授, 主要从事顶管、盾构施工对周边环境影响方面的研究工作。E-mail: weig@zucc.edu.cn