

文章编号:1005-0523(2011)01-0038-04

浅埋双层大管棚施工引起地表沉降分析

曾润忠

(华东交通大学轨道交通学院,江西 南昌 330013)

摘要:通过分析软土地层的管棚施工对地表沉降的影响因素,应用数值模拟计算,得出单、双层管棚施工导致的地表沉降值,分析单、双层管棚施工导致地表变形值的比值关系,并与实际工程监测值进行比较,得出一些有用结论和建议。

关键词:管棚施工;地表沉降;双层管棚

中图分类号:TU433

文献标识码:A

作为隧道开挖的辅助工法之一,管棚工法具有施工速度快、安全性高、能较好控制地表变形及地面建筑物沉降的特点,在铁路、公路、市政等工程有广泛应用。但是浅埋管棚在施作过程中,不可避免地会对地层产生扰动,成孔及铺管会导致地层应力释放、水土流失,并使地表产生沉降。近年来许多专家及工程技术人员对管棚工法进行研究分析,文[1-6]根据模型试验,结合数值模拟手段及施工实测沉降记录,分析影响沉降的相关因素,发现管棚施工沉降曲线与施工地层损失相当,给出了管棚沉降的近似计算公式;文[7-10]根据现场试验及实测沉降数据对大直径管棚管幕施工引起的地表变形进行分析,用以指导管棚管幕施工;文[7,11]采用离散单元法,建立三维数值模拟,分析了管棚施工的沉降规律,较好拟合了实际施工现象;文[12]则通过分析大量不同土体样本受扰动后压缩性的变化情况,寻找土体的沉降规律。大量的研究及工程实践发现,管棚施工会引起较大的地表沉降,在软弱地层浅埋施工时可能比隧道主体施工或箱涵顶进引起的地表沉降值大,对地层土及地表的建筑物产生一定的影响。

现阶段对管棚工法的试验和研究均以单层管棚为对象,当地表或地层中附着重要的构筑物或大型管线时,需要加强超前支护的管棚刚度,可采用双层管棚。本文在已有的单层管棚施工的研究成果基础上,采用数值模拟计算方法,结合工程实测数据,分析研究浅埋双层管棚施工引起的地表变形的因素,寻找相同施工条件下单、双层管棚的沉降规律。

1 工程概况及管棚施工

1.1 工程简介

某重点工程连接线道路,按城市主干道设计施工,下穿市区主要交通干线嘉和路区段,设计为浅埋暗挖隧道,隧道按左右分修,时速60 km,双向4车道,分离式断面,单幅宽12.45 m。隧道位于剥蚀残丘地貌与滨海沉积相过渡地带,地面标高5~16 m,遂址范围内上覆第四系人工填筑土之粘土、块石土,下部局部分布有海相沉积之淤泥质砂、淤泥质粘土、粗砂。隧道主体结构型式采用单层单跨的微拱结构,开挖断面为13.37 m(宽)×9.25 m(高),采用三层复合式衬砌结构,左线隧道长76 m,右线隧道长57 m。

1.2 单双层管棚支护设计及施工

嘉和路为市区重要交通干线,车流密集,交通繁忙,且公路两侧路面下管线较多,可见的通讯信号等管线有24条,管径1.2 m及0.8 m的重要管线各一根。由于隧道埋深浅,为保证嘉和路交通畅通及重要管线的安全,隧道采取浅埋暗挖及喷锚构筑法施工,设计大管棚作为超前支护手段。首先拱部及两侧采用

收稿日期:2010-11-05

基金项目:江西省教育厅科技项目(GJJ11435)

作者简介:曾润忠(1968—),男,副教授,硕士,研究方向为岩土地下结构工程。

$\Phi 133$ 管棚贯穿隧道全长加固地层,在嘉和路埋设有重要管线的一侧加设管棚一层,形成双层管棚,以增加支护刚度,降低隧道开挖对路面及管线的影响,管棚横环向间距30 cm,双层间间距30~40 cm。管棚超前支护剖面图如图1所示。

1.3 管棚施工及地表沉降

管棚施工地层大部分为第四系人工填筑土层中,管棚施工时利用暗挖隧道端头明挖隧道开挖的基坑做工作面,采用管棚钻机施作,利用丝扣接长,长管跟进的方法钻进。由于钻进距离较长,钻进导向为管内有线信号源导向结合地表无线导向进行定位调整。为掌握管棚及隧道施工过程中的地表沉降情况,在单、双层管棚分别设沉降观测断面。

管棚施作过程中,由于现场施工条件所限,并为减少钻孔设备的往复移动距离,提高工作效率,管棚的施工顺序为从隧道一侧向另一侧推进,使钻孔土压力从一侧向另一侧推进。单、双层超前支护管棚如图2所示。

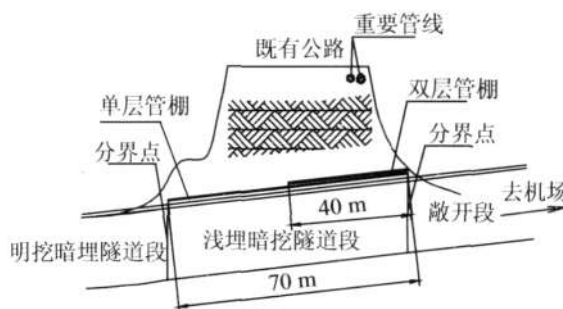


图1 下穿嘉和路左线隧道管棚支护剖面图
Fig.1 The left line tunnel under the Jiahe Road pipe roof

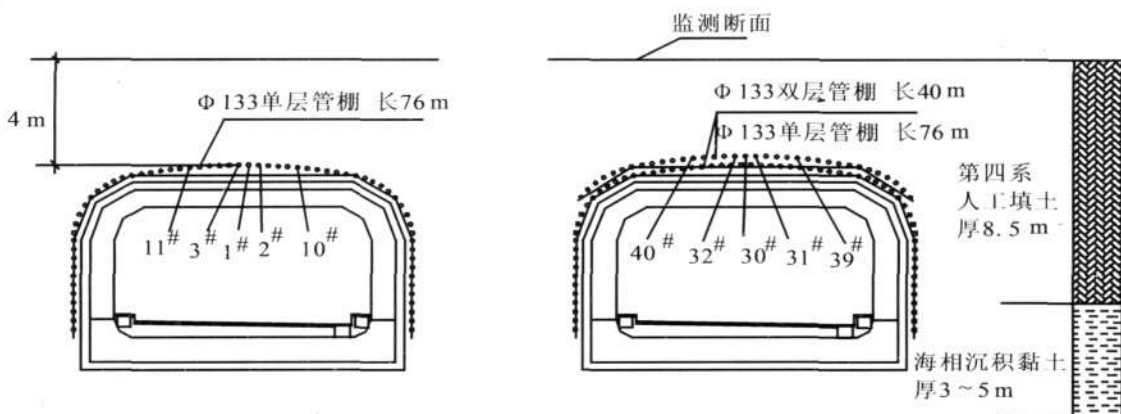


图2 单、双层管棚布置示意图
Fig.2 Collocation of sole layer and double layer pipe roof

在距管棚顶面4 m左右的地表设置沉降观测断面,单层管棚完成30根施工、双层管棚完成60根施工时,单层管棚导致地表最大沉降值为9.5 mm,双层管棚导致地表最大沉降值为21 mm,地表沉降曲线如图3所示。

2 单双层管棚施工引起地表沉降模拟计算

2.1 计算模型及条件

对管棚施工引起的地表变形可采用有限元进行分析。施工现场为高填方路基,无地下水,地层变化主要由其中应力变化引起。由于施工过程中成孔及管棚掘进长度比管棚直径大得多,而且在垂直管棚轴线的竖直剖面内,受到的土体压力均匀不变;成孔过程及管棚的顶进过程中,管棚轴线方向的受力相对稳定。管棚施工引起地表沉降数值模拟分析可简化为垂直管棚轴线平面的二维平面问题。

假设土体本构关系符合Druck—Prager模型要求,采用平面四边形等参数元离散;管棚为弹性各向同性的钢管,采用梁单元模拟。对于边界约束,采用左右两侧不发生水平位移,下部边界设竖向约束,上部边界

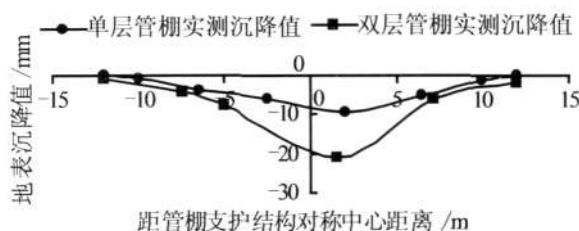


图3 单、双层管棚施工地表沉降曲线
Fig.3 Settling curve of sole layer and double layer pipe roof construction

为自由边界。整个有限元计算范围取宽 25 m,高 12.4 m。模拟分析土体及钢管材料参数如表 1 所示。

表 1 材料特性参数表

Tab.1 Specific property parameter of material

材料名称	弹性模量/Pa	泊松比	容重/ $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	内聚力/Pa	摩擦角($^{\circ}$)	惯性矩/ m^4
土体	2.0×10^7	0.35	1900	8×10^3	15	—
钢管	2.0×10^{11}	0.30	7800	—	—	1.8×10^{-6}

2.2 地表沉降模拟计算及分析

为便于分析计算,对管棚进行编号,单层管棚共分析 29 根管棚施工情况,以微拱跨中位置管棚为 1 号,然后分别向右向左跳跃增大序号致 29 号;双层管棚共分析 58 根管棚施工情况,以第二层微拱跨中为 30 号,然后向右向左跳跃增大序号致 58 号,管棚编号如图 2 所示。

单层管棚施工模拟计算:在完成地应力沉降计算后,分析按 6 个施工步进行计算,分别是 1 号管棚、2 号~5 号管棚、6 号~15 号管棚、16 号~21 号管棚、22 号~29 号管棚,各管棚以隧道中线对称施作,其中单根管棚施作引起的地表变形很小,可不计。计算地表各点处的沉降值。计算分析显示,在完成 29 根 $\Phi 133$ mm 管棚施工后,管棚中心线以上 4 m 地表最大沉降值为 8.1 mm。在相同的计算条件下,双层管棚也分析按 6 个施作步进行 58 根计算,层间距取 400 mm,管棚中心线以上 4 m 地表最大沉降值分别为 17.9 mm,单、双层管棚模拟分析及实测沉降曲线如图 4、图 5 所示。

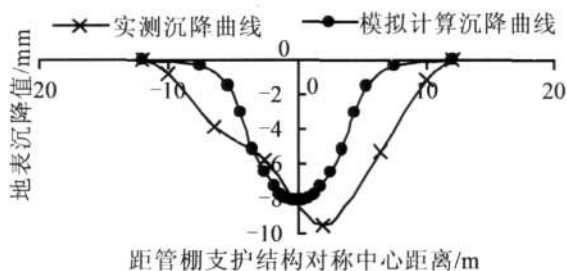


图 4 单层管棚实测及模拟计算地表沉降曲线
Fig.4 Settling curve of sole layer pipe roof construction and analysis

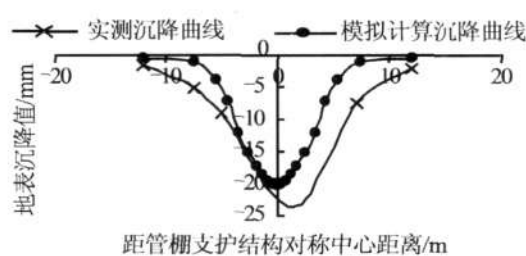


图 5 双层管棚实测及模拟计算地表沉降曲线
Fig.5 Settling curve of double layer pipe roof construction and analysis

模拟计算沉降值与实际量测较拟合,说明模拟计算参数取值较符合实际。但实测沉降值较大,且最大沉降点偏离隧道中心点,分析原因,其一与成孔过程中钻头直径稍大于钢管直径形成“超钻”有关,其次钻孔时为冷却钻头的加注的冷却水导致的土体流失及土体排水固结也有影响;最大沉降点偏离中心线与管棚单向施作对地层形成的偏压相关。

2.3 不同层间距条件下双层管棚分析

在相同分析参数条件下,分析管棚层间距对沉降影响。以下层管棚为准,上下层间距分别按 200 mm, 400 mm, 600 mm 三种工况布置,结果显示,沉降值分别为 17 mm, 17.9 mm, 18.8 mm。沉降曲线如图 6 所示。

经过以上分析,可以发现双层管棚施工引起地表沉降与单层管棚施工引起地表沉降值有一定比例关系,对应点沉降比值界于 2.31~1.98 之间。

管棚施工引起地表沉降与多种因素有关。现有研究资料及工程实践均表明,管棚施作地层的地质水文条件^[2-3]、施工时地层应力释放情况^[4]、管棚埋深、管棚管径大小、施工工艺^[5-7]、钻孔扩孔大小、水土流失、土体固结^[12]情况等因素均影响均对地表沉降有明显影响。本文的分析及工程实例是在浅埋、无地下水、施作

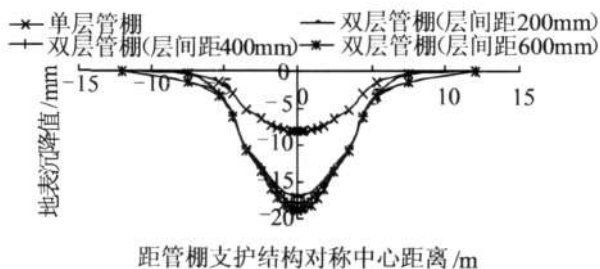


图 6 单、双层管棚模拟沉降曲线
Fig.6 Settling curve of sole layer and double layer pipe roof analysis

过程中无明显水土流失、地质条件相同等条件下获得的结果。

在上述条件下,影响地表沉降的主要因素为地层的应力释放,其它影响因素为次要。单层管棚施作时,地表沉降为各管棚成孔形成沉降的叠加效果。双层管棚施作时,上层管棚距地表更近,其施工导致的地表沉降较下层管棚大,所以两层管棚施工形成叠加沉降值会大于2倍的下层管棚施工导致的地表沉降值,且管棚的埋深越浅,两层管棚之间层间距越大,则上层管棚施作导致的地表沉降值越大。

3 结论及建议

通过数值模拟计算及工程实测分析,本文可得出如下结论并提出相关建议。

1) 作为超前支护手段的管棚辅助工法,在浅埋软弱地层中施工会引起地层的明显变形,导致地表沉降。相同地质条件及施工手段下,双层管棚施工导致的地表沉降值约为单层管棚施工引起地表沉降值的2倍以上。

2) 在无地下水的填方土层中,双层管棚施工引起地表沉降值大小与管棚的层间距有密切关系,随着层间距的增大,管棚中心的沉降明显增加,双层管棚设计时应考虑合适的层间距。

3) 相比于单层管棚,双层管棚超前支护能明显提高隧道主体开挖时围岩稳定性,减小隧道主体开挖过程中的地表沉降,但由于双层管棚施作过程中导致沉降增大,单、双层管棚支护隧道全过程施工对沉降的影响还有待研究。

参考文献:

- [1] 周顺华,李志雄,章立峰,等. 管棚成孔引起地表沉降[J]. 同济大学学报:自然科学版,2006,34(4):490-493.
- [2] 周顺华,庄丽,王炳龙,等. 管棚成孔失水引起地表沉降因素分析[J]. 中国铁道科学,2006,27(1):23-27.
- [3] 庄丽,雷震宇. 软弱地层管棚施工中管棚失水引起地表沉降计算[J]. 地下空间与工程学报,2005,1(6):383-385.
- [4] 李志雄. 浅埋暗挖隧道大管棚引起地表沉降研究[D]. 上海:同济大学,2004:52-55.
- [5] 周顺华,张先峰,余才高,等. 南京地铁软流塑地层浅埋暗挖法施工技术探讨[J]. 岩土力学与工程学报,2005,24(2):526-531.
- [6] 董新平,周顺华,胡新朋. 软弱地层管棚法施工管棚作用空间分析[J]. 岩土工程学报,2006,28(7):841-846.
- [7] 马锁柱. 大直径超前管幕施工沉降试验研究[J]. 铁道工程学报,2006(9):64-91.
- [8] 李名淦,周江天,岑冈. 下穿机场跑道管幕法箱涵顶进的变形规律研究[J]. 特种结构,2006,23(6):78-94.
- [9] 李伟,顾问宇. 管棚施工技术在北京地铁黄庄站施工中的应用[J]. 铁道建筑,2007(7):44-46.
- [10] 刘牧宇. 浅埋暗挖法施工中的沉降控制[J]. 铁道建筑,2003(8):24-26.
- [11] 孙旻,徐伟. 软土地层管幕法施工三维数值模拟[J]. 岩土工程学报:增刊,2006,28(11):1497-1500.
- [12] 王立忠,李玲玲. 结构性土体的施工扰动及其对沉降的影响[J]. 岩土工程学报,2007,29(5):697-704.

An Analysis of Ground Settlement Induced by Shallow-buried Double Layer Large Pipe Roof Construction

Zeng Runzhong

(School of Railway Tracks and Transportation, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: To deal with the ground surface settlement that occurs when pipe roof method is applied in the soft ground, theoretical analysis and numerical simulation is employed. The values of ground surface settlement resulting in the construction of sole layer and double layer pipe roof are produced. By analyzing the ratio of settlement values caused by sole layer and double layer, and compared with the real values acquired by surveying and measuring on the construction field, some valuable conclusions and suggestions are presented.

Key words: pipe roof construction; ground surface settlement; double layer pipe roof