

超前小导管参数对超前支护的影响分析

刘运生¹ 董 敏²

(1. 铁道第三勘察设计院集团有限公司 天津 300251; 2. 天津生态城市政景观有限公司 天津 300486)

摘 要 为充分研究超前小导管参数对其超前支护的影响程度,通过三维数值模拟计算,重点研究超前小导管管径和小导管长度对其超前支护“棚架”效应的影响规律。研究结果表明:超前小导管管径的改变对超前支护的影响较小,增大管径不能明显控制围岩变形,超前小导管长度的增加对超前支护的影响趋势由强而趋于平缓,从而得出小导管的最优长度。

关键词 超前小导管;数值模拟;超前支护;“棚架”效应

中图分类号 U455.49 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)01-0097-03

在城市地铁建设过程中,矿山法因其对边界条件适用的特有的灵活性被广泛采用。由于土质隧道自稳能力较差,且地铁沿线周边建筑物、构筑物控制标准较严格,为保证作业面人员的安全和控制土体发生较大变形,需对土体采取一定的超前支护措施,增强土体自稳能力^[1]。

超前小导管因其施工便捷灵活、工艺易于掌握、造价较低而成为最为常用的预支护措施,通过小导管注浆加固前方土体和自身刚度起到超前支护的作用。目前,关于超前小导管布置范围^[2-3]的研究较多且相对成熟,而对于小导管管径和长度的研究成果较少,且基本停留于较早的经验公式^[4],经验公式中采用的参数塌落角度和塌落高度亦难以确定。因此,针对超前小导管管径和长度的研究具有极其重要的意义。

1 作用机理

小导管超前支护的作用主要体现为加固土体和利

用自身刚度分散和传递荷载的“棚架”作用,作用机理分析如下:

1) 小导管在超前支护中利用自身刚度和“棚架”的作用主要起到荷载传递的作用。超前小导管的存在,改变了因掌子面开挖导致周边土体卸载量、地应力重分布的路径和分布范围,将隧道开挖释放的荷载向前传递给掌子面前方的围岩,向后传递给已封闭的初期支护结构,使得掌子面所承受的荷载减少,尤其是临空面的土体所受的荷载。超前小导管的存在,不仅使掌子面上承受的开挖释放荷载减小,竖向位移减小,而且在纵向对掌子面起到了一定的约束作用,使掌子面纵向位移减小,稳定性增强。

2) 小导管注浆的目的是改良土和风化岩体的现有性质,从根本上改变岩土的物理化学性,在被注范围内产生一种具有一定强度的胶结体^[5]。

2 研究路线

笔者重点研究处于黏土、粉质黏土层隧道工程,理论研究和现实生产过程均表明,该类土层颗粒细密,注浆可注性较差,因此,主要研究超前小导管在不注浆的情况下“棚架”效应。通过在其他条件不变的情况下,改变管径或长度中的一个参数,进行数值分析,通过对不同参数对应的隧道开挖后的位移、内力等效应进行的对比分析,研究管径、长度对超前支护的影响规律。

3 工程实例

3.1 工程概况

以哈尔滨岗阜状平原地区的地铁暗挖区间工程为例,通过采用岩土工程计算软件 flac-3d 数值分析,研究小导管管径、管长在隧道开挖掌子面临空阶段(即毛洞阶段)、初期支护阶段等整个隧道施工过程中对超前支护的综合影响程度。

收稿日期: 2012-06-20 修回日期: 2012-07-12

作者简介: 刘运生,男,工学硕士,工程师,项目总工程师,主要从事隧道与地下工程的结构设计与研究,liuyunsheng1230@163.com

区间主要位于粉质黏土层,中压缩性,主要力学参数见表1。区间结构覆土厚度约11 m,开挖跨度为6.24 m,采用台阶法施工,初期支护为喷射混凝土,厚度为0.25 m,格栅间距为0.75 m,结构断面见图1。区间施工采用台阶法,上台阶预留核心土以增强掌子面的稳定性,每循环进尺0.75 m,见图2。

表1 土层力学参数

项目	密度/(kg/m ³)	黏聚力/KPa	内摩擦角	泊松比	压缩模量/MPa
数值	1.92 × 103	19.3	21.6	0.35	8.97

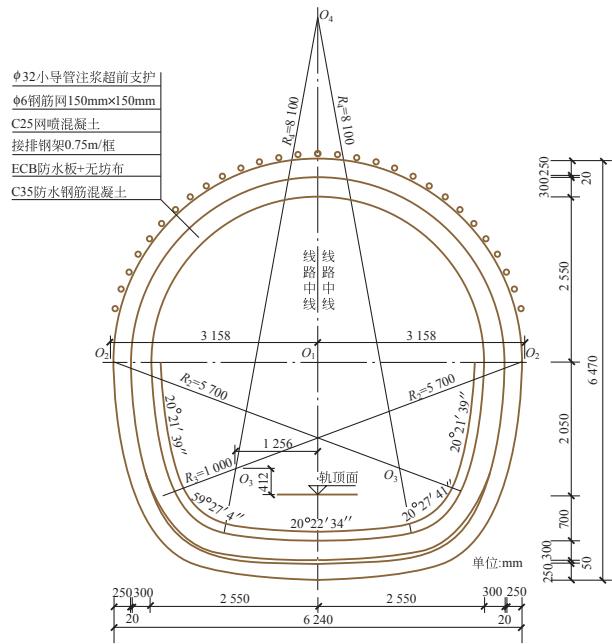


图1 结构横断面图

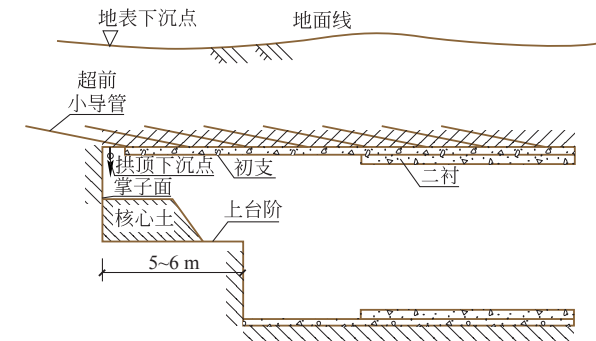


图2 隧道施工工序纵断面图

3.2 模型建立

根据围岩地质条件、开挖断面跨度等选取区间隧道为5倍洞跨作为计算范围。一般地铁区间均位于地表下10~30 m范围,构造应力残存较少,以围岩自重应力场为主。边界条件是模型左右、前后边界为水平法向约束,下边界为竖向约束,地表为自由面,围岩采

用实体单元模拟,本构模型采用 mohr - coulomb 模型,初期支护采用 shell 结构单元模拟,超前小导管采用 beam 梁结构单元模拟,与每开挖循环处围岩或初期支护单元的节点采用铰接,计算模型见图3。

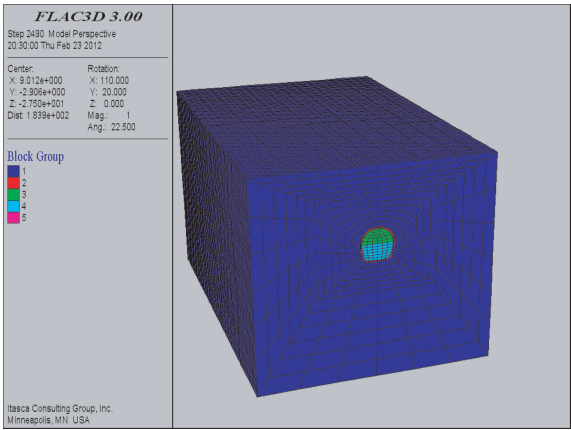


图3 三维有限元模型图

3.3 计算工况

为揭示小导管管径、长度对其超前支护作用的影响,在开挖进尺、初支厚度等一致的情况下,分别改变小导管管径(32、38、42、45、50、52、58、60 mm)和长度(1.0、1.5、2.0、2.25、2.5、3.0、3.25、3.5、4.0、4.5、5、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0 m)进行数值模拟,通过对比各自对应的位移而分析各参数的影响趋势。

3.4 计算分析

1) 管径的影响分析。小导钢管径的大小决定了导管刚度,且以4次方增加,从而增强了其超前支护的“棚架”作用。图4为拱顶和土体位移云图,图5为位移随管径的变化曲线,通过分析表明,虽然随着管径的增大,拱顶和土体的位移呈减小趋势,但影响甚小,管径由32 mm增大1.9倍至60 mm时,位移仅仅减小1.3 mm,占原位移的5%。

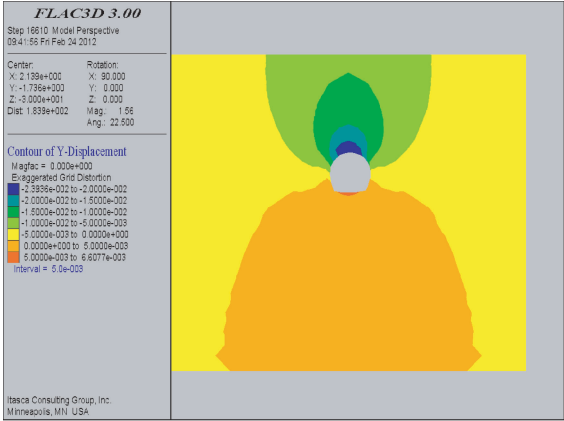


图4 拱顶和土体位移云图

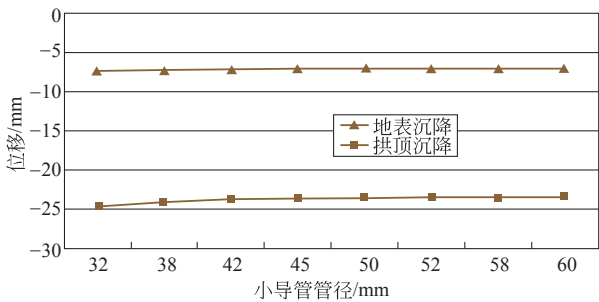


图5 位移随小导钢管径的变化曲线

可见,管径的增大不能明显提高其“棚架”效应、有效控制隧道初支和土体位移。主要原因是:超前小导管直径相对于其管长较小,整体刚度较小,即超前小导管本身承受荷载的能力较小;且初支刚度、土体刚度和超前小导管刚度不匹配,在一定程度上影响了超前小导管的发挥。

2) 超前小导管长度的影响分析。隧道掌子面土体开挖后,处于临空面的土体失去既有平衡,将按照自身土力学特性进行地应力重分布,而超前小导管的存在,在地应力重分布的过程中,起到桥梁的作用,重分布的范围扩大,以扩大至已施作初支或掌子面后方未处于屈服状态的土体为宜,从而降低了处于临空范围或处于屈服状态的土体的地应力,使其处于暂时的稳定状态,以便安全地进行隧道施工。

图6为位移随小导管长度变化的曲线,随导管长度的增加,地表沉降和拱顶沉降均呈减小趋势,但变化程度由剧减而趋于平缓,在2.5 m时出现拐点。

可见,对于地铁单线单洞常采用的断面形式,超前小导管长度采用2.5 m为最优,这样才能保证对已处于屈服状态的土体进行有效加固。

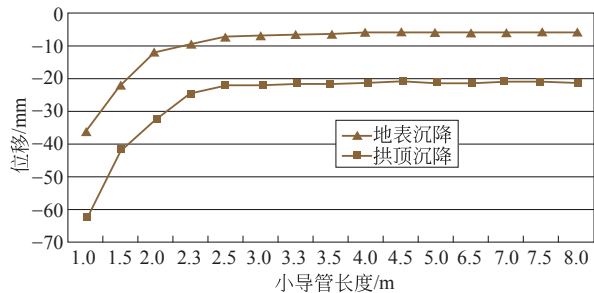


图6 位移随小导钢管长变化曲线

4 结论

经过上述研究、分析,结论如下:
1) 由于超前小导钢管径远小于其长度,其整体刚度较小,超前小导钢管径对其“棚架”效应的影响不大,

其直径的选取以方便注浆工艺为宜。
2) 超前小导管长度决定了其加固和“棚架”的范围,在一定程度上影响了地应力重分布的范围。对于地铁单线单洞常采用的断面形式,超前小导管长度采用2.5 m为最优,这样才能保证对已处于屈服状态的土体进行有效加固。
本文通过理论分析和数值分析,研究了隧道超前小导管作用机理,对隧道工程的设计、施工具有积极的指导意义,今后将深化研究初支刚度和土体压缩模量对合理选用超前小导管设计参数的影响。

参考文献

[1] 关宝树. 隧道工程施工要点集[M]. 北京:人民交通出版社,2003:267-274.
[2] 王铁男,郝哲,杨青潮. 超前小导管注浆布置范围对地铁隧道开挖的影响分析[J]. 现代隧道技术,2010,47(5): 55-58.
[3] 王建鹏. 隧道超前小导管作用机理及影响因素分析[D]. 郑州:郑州大学,2006.
[4] 张民庆. 小导管超前预注浆中注浆管管长和偏角的确定[J]. 西部探矿工程,1997,9(4) 28-30.
[5] 张常委. 小导管注浆预加固中小导管数值模拟问题[J]. 西部公路隧道技术,2006,170-173.

(编辑:郝京红)

Analysis on the Influence of Parameters on the Behavior of Advanced Support

Liu Yunsheng¹ Dong Min²

- (1. The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300251;
2. Tianjin ECO-city Municipal Engineering Landscape Architecture Corporation, Tianjin 300486)

Abstract: The influence on advanced support due to the parameters of advanced small pipes is studied via three-dimensional numerical simulation. The research focused on the effect of the advanced support with the change of small pipes' diameter and length. Results showed the pipe diameter has little influence on the advanced support and increasing pipe diameter cannot markedly alleviate surrounding rock deformation, and the impact of the pipes' length of advanced support on the rock reinforcement reduced from the strong to gentle scales. The optimal length of pipes was obtained.

Key words: advanced small pipes; numerical simulation; advanced support; effect of support