

单一黄土层中隧道结构与周围土体相互作用特征分析

贾倩

陕西艺术职业学院规划建设处 陕西 西安 710054

【摘要】本文应用大型通用有限元软件 ANSYS 建立模型,从单一黄土地层中隧道结构与周围土体相互作用特征分析入手,在两种衬砌厚度不相同的工况下分别进行了研究分析。

【关键词】黄土;数值计算;隧道工程

本文对单一黄土体作用下的隧道洞室衬砌结构和周围土体的性质进行了系统的分析,并将两者隧道地层工况进行了比较研究,并对不同衬砌厚度和衬砌结构情况下的隧道洞室情况也进行了具体分析,对不同的工况建立了有限元模型,用大型计算机软件 ANSYS 进行计算分析,并根据不同工况条件下建立的模型,将其中一次衬砌和二次衬砌上的关键点处的受力情况汇总成表格的形式进行比较分析。

1 模型建立

1.1 计算数值模拟条件

因为隧道洞室的结构特殊性,因此它的受力状态可以看成是平面应变问题,利用 ANSYS 二维平面应变弹塑性非线性方法来模拟。

1.2 计算假定

(1) 计算模型取为线弹性体,土体和衬砌结构的受力、变形都在弹性范围内考虑;

(2) 隧道的受力和变形按照平面应变问题的解法进行计算;

(3) 土体的变形是各向同性的;

(4) 土体的初始应力场仅仅考虑其自重应力,不考虑其构造应力。

1.3 屈服准则

以摩尔-库仑 (Mohr-Coulomb) 屈服准则作为土体塑性区的判断依据,材料进入塑性的判断标准是屈服接近度 μ $\mu > 1$ 时,材料就发生塑性破坏。

1.4 隧道洞室和周围土体的基本参数选取

对于直墙拱的隧道洞室形式,给出其模型参数如

作者简介:贾倩 1984 (6-29);籍贯河北保定,学历硕士研究生,职称初级,研究方向:土木工程。

下:净跨 $l_0 = 14m$,拱顶厚度为 $d_0 = 1.0m$,拱脚厚度为 $d_j = 1.0m$,内拱矢高为 $f_0 = 3.75m$,侧墙厚度为 $d = 1.0m$,内墙高为 $h_0 = 2.75m$,底板厚度为 $d = 0.12m$,在建立有限元模型时,计算模型所采用的地层范围为:在水平方向上隧道两边的宽度取为 $35m$,在垂直方向隧道下的距离取为 $35m$,隧道上方取为 $30m$,左右边界为水平约束,下边界为水平和垂直约束。

表 1 单一黄土、一次衬砌和二次衬砌的物理力学参数

	弹性模量 (Mpa)	泊松比	天然容重 (KN/m ³)	C (Kpa)	ϕ
黄土	15	0.25	15.96	28	28°
C30 混凝土	30000	0.2	25	2324	53.8°

2 两种工况下的隧道结构与周围土体相互作用特征分析

2.1 第一种工况下的隧道结构与周围土体相互作用特征分析

单一黄土地层作用下的隧道洞室,一次衬砌厚度取为 $30cm$,二次衬砌厚度取为 $40cm$ 的工况下,隧道洞室的有限元模型图如下,从图中我们不难发现越接近隧道洞室周围的土体发生变形的情况越明显,隧道洞室底部发生变形的部位主要集中在拱脚和直墙交接处,其他位置的变形较小,这说明在拱脚处所受的力越来越大,处于受力不利的部位。在接近地表的位置土体也发生了变形,在隧道洞室顶部的土体变形要明显大于远离隧道洞室周围土体的变形。

2.2 第二种工况下的隧道结构与周围土体相互作用特征分析

单一黄土地层作用下的隧道洞室,一次衬砌厚度取为 $40cm$,二次衬砌厚度取为 $50cm$ 的工况下,隧道洞室

的有限元模型图如下,越接近隧道洞室的围岩发生的变形越明显,隧道洞室结构直墙和拱脚交接处发生的变形最大,变形量与一次衬砌为 30cm,二次衬砌为 40cm 的工况相比较来说要大很多,在底板的中部变形量也比第一种工况要大的多,在接近地表位置的土体也发生了变形,且变形量和第一种工况相比较也要大的多。这说明衬砌厚度的增加对隧道洞室的影响还是存在的,而且随着衬砌厚度的增大,土体的变形量也要增大。

2.3 两种工况隧道结构与周围土体相互作用特征比较

对于在两种工况下的隧道结构与周围土体相互作用的比较我们可以从两个方面出发,一个是定性的研究,另一个是定量的研究。在定性研究中我们主要从两种工况下的变形图这个角度出发,对变形的大体形状进行分析比较,发现两者的区别与联系。在定量的研究中,我们从模型中取出一些关键点,就这些关键点处的受力情况进行对比分析,关键点的位置要有代表性,取得的关键点如下:一次衬砌内侧左右墙底处、左右拱脚处、拱顶位置处;二次衬砌外侧左右墙底处、左右拱脚处、拱顶位置处。由这 10 个位置处的受力具体分析两种工况的相同点和不同点,得出结论。

对于土体的有限元模型来说,土体在一次衬砌厚度为 40cm,二次衬砌厚度为 50cm 工况下的变形量要大于土体在一次衬砌厚度为 30cm,二次衬砌厚度为 40cm 的情况,但是两种工况的共同点是变形的部位是相同的,变形都是发生在接近地表的隧道洞室上部的土体和隧道洞室底板和直墙交接处。对于在 Y 方向上的位移,第一种工况下位移量小于第二种工况下的位移量,第一种工况的最大值为 1.402,最小值为 1.55798,第二种工况的最大值为 3.078,最小值为 0.341954。第一种工况的最大值范围接近隧道洞室上部的土体,较第二种工况的范围大,在隧道洞室底板的中心位置处还有 Y 方向的位移最小值出现,而在第二种工况下无此现象的出现。在纵长 Z 方向上,第一种工况较第二种工况位移变化较多。两种工况的塑性变形也大相径庭,第一种工况的最大值出现在隧道洞室的底板位置处,第二种工况的最大值出现在接近地表的位置处,第二种工况的最大值远大于第一种工况的最大值,最小值亦是如此。对两种工况的关键点处受力的情况统计,得出结论。

3 结论

由上述表格和曲线图中各个关键点处的位移、应力、剪应力值可以看出,第一种工况下的隧道结构和周围土体的受力变形较小,不论是从一次衬砌结构、拱脚还是拱顶位置处,第一种工况下的变形都较第二种工况下的变形要小,而且在第一种工况下的曲线我们可以看出,在 X 方向的应力值拱顶处的值非最小值,而是左右拱脚处为最小,但是曲线大致是以对称形式分布的。而在第二种工况下的则是以拱顶点处的值为最大值,曲线大致是以对称形式分布。从此我们可以得到如下结论,在单一黄土层中的隧道洞室结构与周围土体在其他条件不变的情况下,衬砌厚度的改变对整体的变形受力产生一定的影响,衬砌结构厚度较薄,对隧道洞室和周围土体的分担较少,每个关键点处产生的力就越小;相反的,衬砌结构厚度较大者,对力的分担较多,作用在每个关键点处的力也就越大,结构也就越稳定。

对单一黄土层作用下的隧道洞室在不同的衬砌厚度情况下的位移、应力等进行了有限元计算分析,衬砌厚度对隧道洞室周围土体还是有一定的影响,衬砌厚度越厚对土体变形的影响越明显,塑性变形亦是如此。但在纵长 Z 方向上,衬砌厚度相对较薄的工况的位移量较多。

由于地下结构的复杂性和黄土隧道洞室的特殊工程特性,对于衬砌的设置时间问题、分层土体形式的多样性、隧道洞室的形式等问题均未能全部考虑进入,希望能通过以后的工程实践反馈数据加入到模型中,对以后的实际工程具有一定的指导意义。

【参考文献】

- [1] 张炜,张苏民.我国黄土工程性质研究的发展.岩土工程学报[J],1995.11.(6).
- [2] 李围等.隧道及地下工程 ANSYS 实例分析.[M].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [3] 李广信,黄永男.土体平面应变方向上的主应力[J].岩土工程学报[J],2001,23(3).
- [4] 郑海乐,黄土地区隧道初期支护衬砌结构形式研究[D].长安大学,2015.
- [5] 贾倩,分层黄土中隧道结构与周围土体的相互作用特征研究[D].西安建筑科技大学,2010.