

暗挖隧道施工对下穿既有铁路路基沉降规律分析

余敦猛

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430023)

摘要:为研究暗挖隧道施工对既有铁路路基沉降变形的影响,采用有限元法模拟分析隧道开挖不同时期路基纵向和横向沉降规律,路基两侧水平偏差沉降模拟以及不同隧道埋深、不同岩土强度参数对铁路路基沉降的影响。结果表明:隧道开挖对路基沉降差值曲线呈现出明显的正态分布规律;在隧道掌子面距前方将要开挖形成拱顶的地层位置较远时,沉降较缓慢,沉降值也较小;在掌子面到达该拱顶位置时,沉降量将以较大的速率快速上升,拱顶沉降较明显;隧道埋深越大,路基沉降最大值越小;导致路基沉降变形的主要岩土强度参数是内摩擦角。

关键词:隧道下穿施工;路基沉降;有限元分析

中图分类号: U456

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)01-0250-06

0 引言

目前,我国交通运输体系不断增强,截至2020年,高速铁路总里程达3.6万km,已建隧道越16798座。隧道的开挖会在土层中产生卸载效应,导致土体应力应变变化,孔隙水压力等参数变化,诱发上方路基沉降变形。由于铁路路基变形调整能力有限,隧道下穿施工对既有铁路路基的影响必须经过严格的分析,以保证铁路的安全运营。

隧道施工引起地表变形最早来源于煤矿开采时巷道施工引发的地表沉降。针对这一现象,已经开展了大量的研究和扩展。Peck^[1]提出Peck公式来估算地表下沉。模型试验法在隧道施工研究中既可以检验计算结果,也可以指导施工。Kimura^[2]模拟隧道在不同土层条件和埋深下引起的地表沉降规律。Shinichir等^[3]研究了不同的隧洞埋深条件和不同施工参数情况下衬砌拱顶受力及地表的沉降变形。Loganathan等^[4]采用弹性半平面解法来分析隧道施工引起的土体垂直位移规律。数值分析法可以考虑不同开挖方式、不同地质条件,应用较为广泛,常用的有有限元法、离散元法、有限差分法。张向东等^[5]利用有限元法模拟分析不同埋深、不同开挖距离隧道施工对路基沉降破坏规律。房倩等^[6]利用有限元数值模拟,分析了不同边界尺寸对圆形隧道开挖引起的地表沉降影响。

本文主要通过有限元模拟,分析暗挖隧道施工对既有路基影响。利用Midas/GTS NX软件分析隧道开挖前后地表和路基位移变化情况和沉降规律,以及不同隧道埋深、不同岩土强度参数对铁路路基沉降的影响。

1 概况

依托云南省某隧道工程,全长3618m,隧道拱顶以上最大埋深209.4m。隧道上方与永久铁路成84°下穿而过,埋深为30m,穿越寒武系统下统牛蹄塘组 $\epsilon 1n$,含碳泥岩,属于低瓦斯段,工程地质较差,围岩级别属于V级围岩,采用大拱脚台阶法开挖施工。

2 建立有限元模型

模拟隧道长120m,宽150m,自西北向东南方向开挖,地表铁路路基截取段的中点与下方隧道截取段的中点在地表的投影点重合,即模型中点,两线斜交成84°,土层厚度为60m,隧道埋深30m,依照《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2016)选取断面尺寸。铁路路基面宽13.2m,分为4层,加固层、上层路基、下层路基和挖除换填层,厚度依次为2.8m、3.2m、5.3m和5m;加固层及上层路基边坡坡度为1:1.5,上、下路基边坡坡度为1:1.75。路基采用弹性模型,土层采用符合莫尔-库伦准则的弹塑性模型。模型网格划分见图1。

应力边界条件:隧道洞室开挖后,围岩的初始应力状态遭到破坏,围岩应力在洞室周围一定范围内重新调整。这种应力状态应做如下假设:视围岩为均质、

收稿日期:2022-03-10

作者简介:余敦猛(1983—),男,硕士,高级工程师,主要从事岩土与地下工程设计工作。

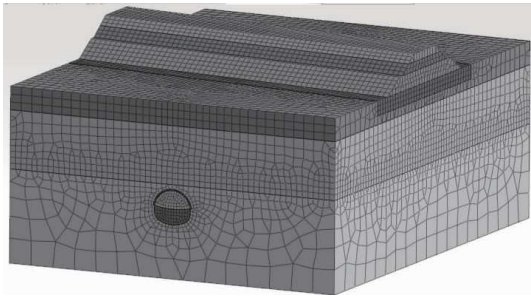


图 1 模型网格划分

各向同性的连续介质;只考虑自重产生的初始应力场;隧道形状以规定的圆形为主;隧道位于地下一定深度处,可简化成无限体中的孔洞问题。

位移边界条件:侧面边界为水平位移约束,底面边界为竖向位移约束,上部边界为自由边界,无任何约束。

模型参数包括土层参数、路基参数和隧道内部构建参数。地基土层主要包括 3 层不同土体,由上至下分别为粉质黏土、强风化含炭泥岩及弱风化含炭泥岩;路基总共为 4 层,包括加固层、上层路基、下层路基和挖除换填层;隧道开挖方式为大拱脚台阶法,开挖过程中所需要的内部构件主要有隧道喷射混凝土、超前小导管加固层及中间钢支撑。由于本文主要研究隧道开挖阶段路基沉降规律,在简化路基加固层上等效施加 60 kPa 的均布静定荷载。

计算模型参数见表 1。

表 1 计算模型参数

模型参数	地层	厚度 /m	容重 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	弹性模量 /kPa	泊松比	内摩擦角 /($^{\circ}$)	黏聚力 /kPa
地基土层力学参数	粉质黏土	8	18.5	50 000	0.300	13	20
	强风化含炭泥岩	20	21.0	400 000	0.232	35	45
	弱风化含炭泥岩	32	22.0	500 000	0.232	45	50
路基力学参数	加固层	1.8	93 000	0.25	20.100		35
	上部路基	4.2	42 000	0.35	19.000	15	31
	下部路基	5.3	110 000	0.32	21.130	12	40
	挖除换填层	5	110 000	0.32	21.013	12	40
隧道内部构建力学参数	隧道喷混	0.3		15 000 000			
	中间钢支撑			300 000			
	导管加固层	0.5	20	800 000	0.2	48	60

隆起值为 11.08 mm,开挖面正上方地表沉降值为 1.04 mm。地层沉降等高线呈锥形分布,隧道中心线附近 10 m 范围为地表变形较大区域,距隧道中心线越远,变形值越小。沿隧道纵向,地层变形向开挖面前方及侧方扩展,由近及远、从下至上逐渐减小,距边界面 5 m 处地表沉降值为 0.97 mm,10 m 处地表沉降值为 0.81 mm。路基中线两侧的竖向位移情况有所不同,近隧道掌子面一侧的路基边缘沉降值较另

3 下穿隧道对铁路路基沉降规律分析

新奥法作为隧道施工常用的喷锚暗挖法施工技术,由于地表位移波动范围过大,影响周围构筑物或建筑物而使其不能正常使用。因此需对地表位移进行数值模拟分析。

为综合反映隧道施工开挖对地层竖向位移以及地基竖向位移的影响,取隧道开挖初始第 1 步和开挖完成这 2 个工况阶段作数值模拟情况说明。

隧道开挖地层和地基竖向位移云图见图 2。

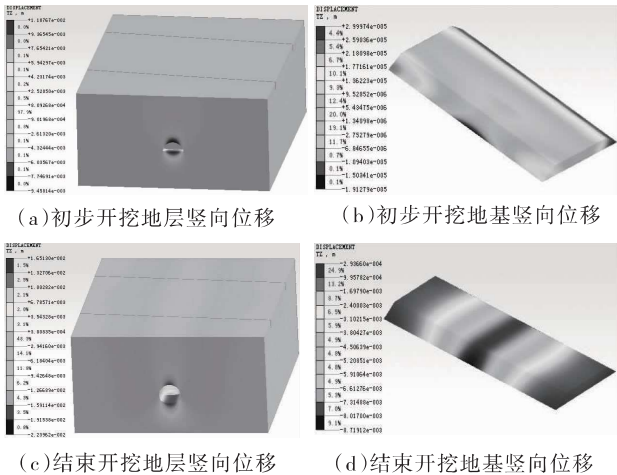


图 2 隧道开挖地层与地基竖向位移云图(单位:m)

由图 2(a)、图 2(b)可知:隧道初步开挖上台阶时,拱顶沉降最大,最大值为 9.46 mm;下台阶隆起,

一侧路基边缘大。

由图 2(c)、图 2(d)可知:当隧道都开挖之后,地表沉降槽宽度趋于稳定,距隧道中心线外侧 10 m 处地表沉降值为 7.51 mm。开挖时间越早,地表沉降值越大,沿隧道纵向地表沉降值趋于减小。隧道开挖完成后,拱顶地层沉降量 22.4 mm,沿 Z 轴正向至地表沉降量越来越小,地表最大沉降值为 8.71 mm,此时拱底处隆起量为 16.5 mm。

隧道开挖完成后,路基两侧边缘差异沉降现象明显减轻,基本无差异。因此在实际隧道开挖下穿路基过程中,要加强监测,做好防范措施,防止或减轻路基差异沉降对铁路轨道正常运营造成的影响。

3.1 参数敏感度分析方法

敏感度分析方法是系统分析中常用的分析系统稳定性的一种方法,现在已经被人们较为广泛地应用在岩土工程领域。它首先假设有一系统,其某一系统特性为 P ,有 k 个主要因素, $X=\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$,构成 $P=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$,式中 $x_1, x_2, \dots, x_k$ 为输入的参变量。为工程应用简便起见,以单因素敏感度分析方法进行敏感度分析,即一次改变一个特定参数变量,保持其他因素均不发生变化,观察其对基坑支护沉降的影响。

常用的参数敏感度分析方法为扰动分析法,即在参数合理初值的附近产生一定的扰动,从而判断在扰动范围内对控制目标所产生的影响大小。具体做法为选取一系列的待分析参数,利用控制变量法一次只变动一种参数,保持其他参数不变,然后将各参数代入数值有限元模型进行计算分析,计算各参数扰动对结构控制目标的影响。

一般常用扰动分析方法的步骤为:

(1)选择与结构状态相关的主要影响参数,并确定参数的初值与扰动范围。

(2)选择主要影响参数所影响的控制目标,分析在参数扰动范围内对控制目标产生的影响大小。

(3)引入敏感度系数 S ,定量分析各影响参数的敏感度,区分主要影响参数和次要影响参数。

$$S = \frac{|\Delta dx/dx|}{r} \quad (1)$$

式中: Δdx 为参数扰动引起的控制目标增量; dx 为初始参数对应的控制目标值; r 为参数扰动的大小。

3.2 影响参数的敏感度分析

针对隧道施工对下穿既有铁路路基沉降变形影响的量化分析,主要是对影响路基变形沉降的各个因素进行分析,而路基沉降变形的影响因素很多,有些还相互影响。本文主要分析隧道开挖、隧道埋深、岩土体强度参数这3种因素对路基沉降变形的影响规律,对岩土体强度参数进行分析时,主要取黏聚力 c 和内摩擦角 φ 作为参数敏感性的影响因素。

3.2.1 隧道开挖引起的路基沉降规律

隧道开挖过程中路基沉降演进见图3。

隧道开挖过程中的路基纵向沉降变形规律可大

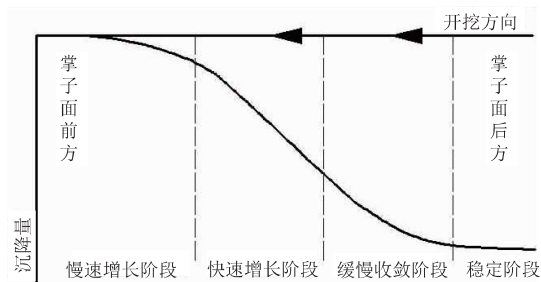


图3 隧道开挖过程中路基沉降演进

致划分为慢速增长阶段、快速增长阶段、缓慢收敛阶段和稳定阶段4个阶段。前期沉降慢速增长阶段一般发生于掌子面距离测点1~2倍洞径外,占总沉降量的10%~15%。隧道开挖产生的卸载效应导致附近岩土层应力场变化,地层损失造成的地下水排出导致土体排水固结。不同的隧道开挖工法(例如盾构法、暗挖法等),不同的开挖步骤(例如台阶法、CD法、CRD法等),不同的衬砌类型(例如整体式混凝土衬砌、拼装式衬砌),以及不同的断面大小和支护时间,还包括地质条件因素和施工降雨影响,都与开挖前期沉降有一定的关联。通常,浅埋暗挖法引起的地表前期变形以沉降为主,也可能出现隆起现象。沉降快速增长阶段一般在隧道开挖面距观测点1~3倍洞径内,占总沉降量的50%~60%。由于隧道开挖扰动导致岩土体内部应力场、渗流场等边界条件改变,隧道上覆土层应力、孔隙水压力、渗流速率发生变化,此阶段地表沉降速率加快,沉降变形明显加大。沉降缓慢收敛阶段在隧道开挖工作面距离测点3~5倍洞径外,占总沉降量的15%~20%。由于隧道初期衬砌支护施作完成,上覆土层压密趋于稳定,变形速率基本不变,沉降量增长缓慢。沉降稳定阶段在隧道开挖工作面远离测点5倍洞径,占总沉降量的5%~10%。由于衬砌支护已经完成,衬砌支撑明显,围岩变化稳定,周围土体进一步稳定,地表沉降进一步减小,沉降趋于平缓。

隧道开挖引起路基的横向沉降变形符合正态曲线分布规律(见图4)。根据Peck理论和既有文献研究,隧道下穿施工所引起的路基横向沉降槽沉降规律与地表沉降规律相似,均可采用高斯曲线拟合,不受开挖方式、岩土参数及路基高低等因素影响。图4的数值模拟曲线也很好地证明了隧道开挖过后路基基底中线的沉降分布呈现明显的正态分布规律,且接近于隧道正上方位置达到最大沉降值,最大沉降值为 $9.37 \times 10^{-3} \text{ m}$,沿两侧沉降值呈正态分布趋势减小。

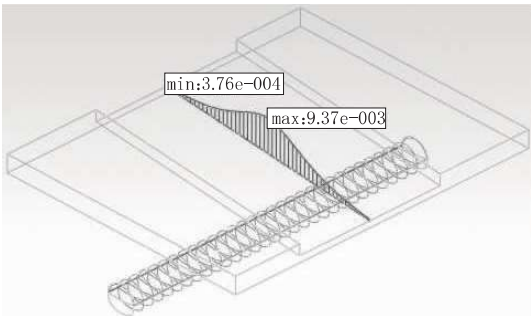


图 4 路基横向沉降数值模拟

3.2.2 隧道开挖对路基两侧沉降水平偏差的影响

隧道下穿施工会引起路基的不均匀沉降,引发铁路线路水平高差的产生,威胁列车的行驶安全。自隧道开挖始,为反映隧道开挖对路基两侧沉降水平偏差的影响,分别取开挖第 1 步、第 10 步、第 20 步、第 30 步、第 34 步这 4 种工况做模拟分析,综合结果见图 5、图 6。

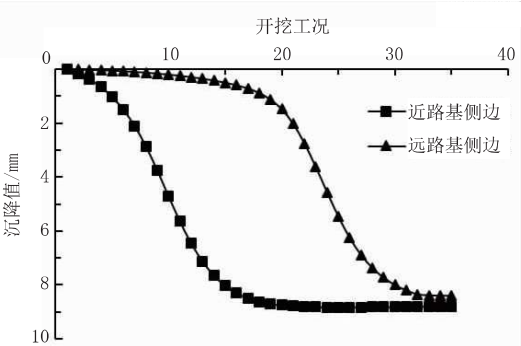


图 5 路基两侧开挖过程不均匀沉降图

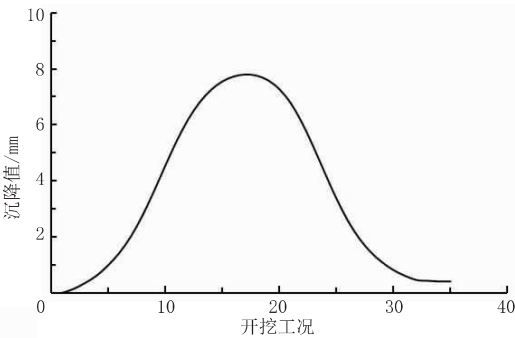


图 6 路基两侧边开挖过程沉降差异分析图

由图 5、图 6 可以明显看出,路基两侧的沉降虽然在沉降曲线及最终沉降量上差别不大,但在时间上存在明显的差异性。隧道开挖率先下穿的近路基侧边的沉降速率在开始阶段明显大于远路基侧边,两者在同时刻存在沉降量差异,并呈现出明显的正态曲线分布规律。在隧道掌子面临近路基时差异沉降尤为明显,此阶段要做好路基监测工作,提高监测频率,加强监测,防止或减小因路基差异沉降造成的铁轨水平偏差,进而消除列车行驶的安全隐患。

3.2.3 隧道拱顶下沉规律

图 7 为隧道拱顶位置随开挖过程的沉降变化图。该拱顶位置位于路基中线与隧道中线的公垂线上,即路基中线某点的正下方。在隧道掌子面距前方将要开挖形成拱顶的地层位置较远时,地层沉降较缓慢,沉降值也较小;在掌子面到达该拱顶位置时,沉降量将以较大的速率快速上升,拱顶沉降较明显。随着支护的完成及隧道掌子面的继续推进,拱顶沉降量虽有增加,但沉降速率逐渐减小并趋于收敛。最终收敛于最大沉降值 2.11×10^{-2} m。

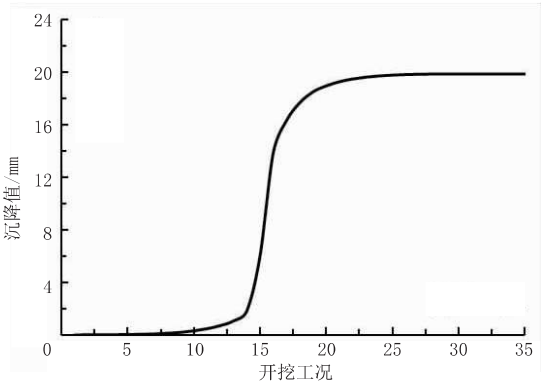


图 7 隧道拱顶位置开挖过程沉降变化图

图 8 为拱顶地层位置沉降分布示意图,图 9 为隧道中线两侧拱顶位置水平沉降分布图。由图 9 可知,在隧道中线两侧各 10 m 范围内,沉降量的变化率较大,即由隧道中线向两侧地层沉降量以较大的速率减小分布;在距隧道中线 10 m 以外的地层,沉降量变化率逐渐减小,且沉降量缓慢减小,最终趋近于 0。

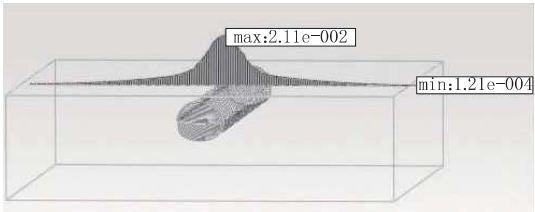


图 8 拱顶位置沉降分布示意图

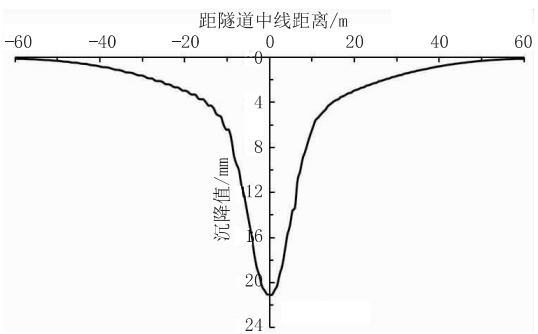


图 9 隧道中线两侧拱顶位置水平沉降分布图

图 10 为隧道开挖过后拱顶上方不同深度地层中水平方向的沉降分布对比图,包括拱顶处、拱顶上方竖向距离 10 m、20 m 及 25 m 处。

由图 10 可知,隧道开挖引起岩土层中不同深度处的沉降分布曲线依旧符合正态分布规律,但随着与拱顶位置距离的增大,最大沉降值不断减小,沉降槽宽度不断增大,即对地层的影响范围不断扩大。

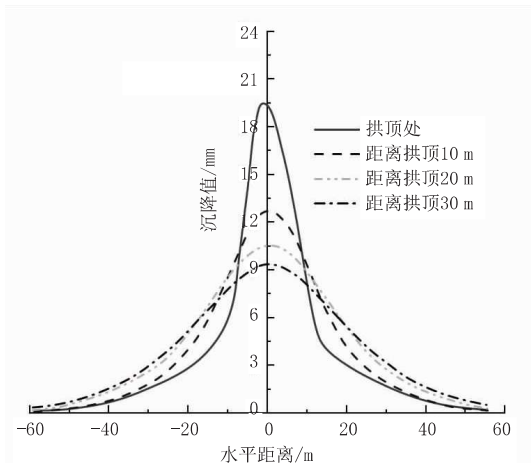


图 10 距拱顶上方不同深度地层中水平方向的沉降分布对比图

3.3 隧道埋深对铁路路基沉降影响分析

根据隧道施工经验,隧道埋深与路基沉降变形具有一定的关系。通常情况下,隧道埋深越大,路基受开挖扰动越小,沉降变形越不明显。为综合反映施工隧道不同下穿深度对铁路路基的影响,分别取路基以下埋深为 5 m、10 m、20 m、30 m 处暗挖隧道施工,针对每种下穿深度施工对路基变形的影响,分别进行数值模拟。图 11 为隧道在不同埋深 H 下的地表沉降分布曲线图,图 12 为地表最大沉降值与隧道埋深 H 关系图。不同埋深隧道施工对既有铁路路基沉降量的影响不同。计算结果显示:浅埋隧道施工对上覆地层扰动较大,引起既有铁路路基沉降变形较大;深埋隧道施工扰动远离上方既有铁路路基,引起的沉降变形较小。由经验公式可知,地表沉降与地层损失直接相关,在相同开挖情况下,隧道上覆岩土层越厚,自稳能力越好,可承受的变形能力越大,沉降槽范围越大,地表最大沉降值越小。

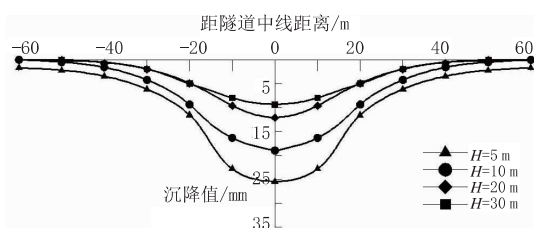


图 11 隧道在不同埋深下地表沉降分布曲线图

隧道下穿施工引起路基沉降变形,路基的横向沉降槽大小、陡缓程度都会影响到既有铁路的运营安全。沉降槽反弯点宽度 i 反映开挖对路基的影响范围, i 值越大,表明路基沉降槽越宽,相应的沉降变形

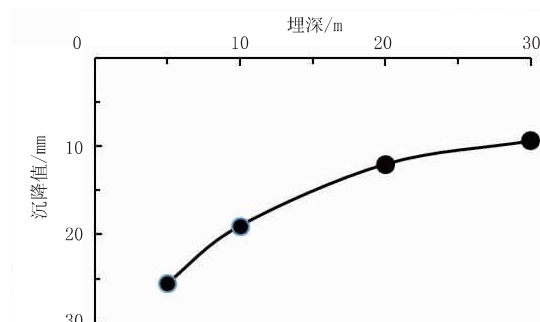


图 12 地表最大沉降值与隧道埋深关系图

相对平缓,不均匀沉降相对较小,对铁路安全运营的影响也相对较小;反之, i 值越小,表明路基产生的沉降槽相对较窄,相应的沉降变形相对较陡,不均匀沉降相对较大,从而对铁路安全运营的影响也较大。图 13 为沉降槽反弯点宽度 i 与隧道埋深 H 关系图。

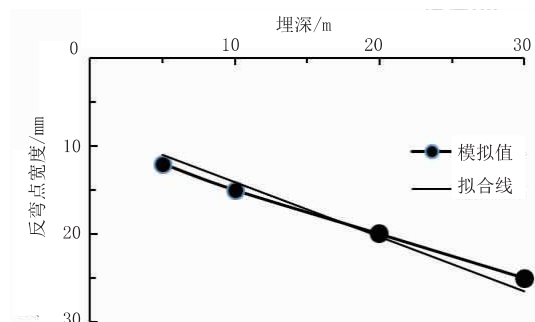


图 13 沉降槽反弯点宽度与隧道埋深关系图

从计算结果可以看出,隧道下穿既有铁路线路引起的沉降槽反弯点宽度值与隧道埋深呈线性关系,隧道埋深越大,产生的沉降槽反弯点宽度就越大,即产生的沉降槽对既有线路的影响范围越宽。由于隧道洞径具有一定宽度,故该线性应为 1 条不过原点的直线,其相关系数 $R=0.953\ 2$ 。通过最小二乘法拟合之后的线性方程为:

$$i = 0.620\ 1H + 7.902 \quad (2)$$

3.4 隧道上覆岩土体强度参数对铁路路基沉降影响分析

土体的抗剪强度可以认为是由颗粒间的内摩擦阻力以及由胶结物和束缚水膜的分子引力所造成的黏聚力组成。土体强度较好的地区,隧道开挖对地表的影响较小。为了得到隧道上覆岩土体强度参数对因隧道开挖引起的路基沉降变形的影响,针对岩土体强度参数,黏聚力分别选取 10 kPa、15 kPa、20 kPa、30 kPa,内摩擦角分别选取 15° 、 20° 、 25° 、 30° 进行有限元计算分析,得到了不同岩土体强度参数下路面最大沉降及沉降分布规律。

黏聚力 c 对最大沉降量的影响见图 14,内摩擦角 φ 对最大沉降量的影响见图 15。

由图 14、图 15 可见:在隧道埋深为 30 m 情况下,最大沉降值随着黏聚力的增大而缓慢减小,但减幅很小,两者基本呈线性关系;对于内摩擦角,随着内摩擦角的增大,最大沉降值呈先急剧降低后缓慢减小的现象,两者呈非线性关系。综上所述,岩土体强度参数中黏聚力对路基沉降变形影响相对较小,而内摩擦角是影响路基沉降变形的主要因素。

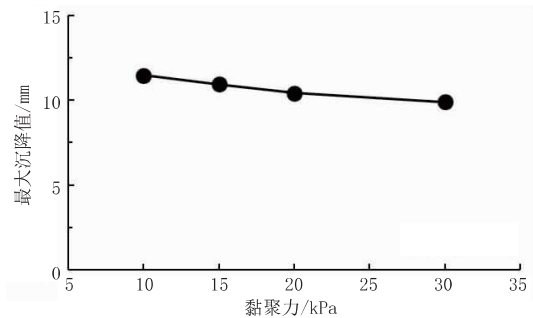


图 14 黏聚力对最大沉降量的影响

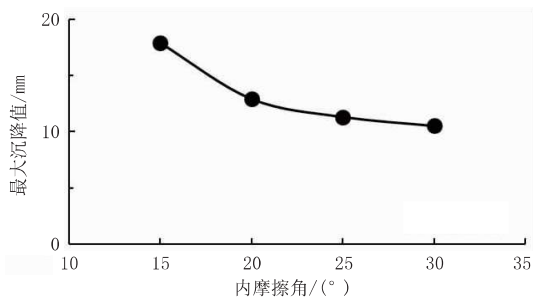


图 15 内摩擦角对最大沉降量的影响

本文中参数扰动 r 一律取 10%,对于不同的 c 、 φ 值,依据沉降规律影响,采用式(1)进行计算,得到参数敏感系数 S ,见表 2。

表 2 不同 c 、 φ 对路基沉降敏感系数 S 的分析结果

黏聚力 c/kPa				内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$			
10	15	20	30	15	20	25	30
0.16	0.24	0.27	0.32	0.28	0.65	0.52	0.43

由表 2 可知,内摩擦角 φ 的变化对路基沉降的影响较大,而黏聚力 c 的变化对沉降的影响不明显。

4 结 语

- (1)路基两侧边缘的沉降虽然在沉降曲线及最终沉降量上差别不大,但在时间上存在明显的沉降差异性,且沉降差值曲线呈现出明显的正态分布规律。
- (2)隧道掌子面距前方将要开挖形成拱顶的地层位置较远时,地层沉降较缓慢,沉降值也较小;在掌子面到达该拱顶位置时,沉降量将以较大的速率快速上升,拱顶沉降较明显;随着支护的完成及隧道掌子面的继续推进,拱顶沉降量虽有增加,但沉降速率逐渐减小并趋于收敛。
- (3)在隧道不同埋深情况下,埋深越大路基沉降最大值越小,且呈非线性变化;埋深较浅时,随深度增大最大沉降值急剧减小;埋深较深时,随深度增大最大沉降值减小相对缓慢。
- (4)在不同岩土体强度参数情况下,强度参数中黏聚力对路基沉降变形影响相对较小,而内摩擦角是影响路基沉降变形的主要因素。

参考文献:

[1] PECK R B. Deep excavations and tunneling in soft ground[C]//Proc 7th ICSMFE. [S.l.]:[s.n.],1969: 225-290.

[2] KIMURA T. Centrifugal testing of model tunnels in soft clay[C]//Proc 10th Int Conf Soil Mech and Found. [S.l.]:ENG, 1981:319-322.

[3] SHINICHIRO I, TOSHIYUKI H, KENJI M. Settlement through above a model shield observed in a centrifuge [C]//Centrifuge98. Tokyo:[s. n.],1988: 713-719.

[4] LOGANATHAN N,POULOS H G. Analytical prediction for tunneling-induced ground movements in clays [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1998, 124(9): 846-856.

[5] 张向东,苏伟林,张晋. 隧道下穿高速公路路基沉降规律[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2016,35(8): 831-835.

[6] 房倩,杜建明,王赶,等.模型边界对圆形隧道开挖引起地表沉降的影响分析[J].隧道与地下工程灾害防治,2022,4(1): 10-17.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com

TBM 下穿施工对邻近建筑物影响分析

赵明春¹, 张永娟², 李树光¹, 孔德森², 李锁在¹

(1.中铁三局集团第四工程有限公司, 北京市 102300; 2.山东科技大学 土木工程与建筑学院, 山东 青岛 266590)

摘要:以青岛地铁2号线TBM隧道下穿建筑物为背景,通过数值模拟,对TBM隧道施工影响下建筑物及地表变形规律进行了深入研究。结果表明:下穿2栋相邻砖混结构建筑物时,引起的地表及建筑物的最大沉降并未出现在两隧道中心线处;地表沉降最大值会向较高大建筑物所在处偏移;建筑物的最大沉降值出现在2栋建筑物相邻位置处,对于存在凹凸不规则的建筑物,最大沉降值会向凸出部分所在处和相邻建筑物所在处这两个方向的叠加方向偏移;下穿框架结构建筑物时,地表中独立基础所在处会出现沉降峰值,距离隧道越近,峰值越大,砖混结构所采用的条形基础并未对地表沉降产生此种影响;在远离隧道一侧会出现隆起现象,距隧道超过一定距离,建筑物隆起量会趋于一个定值。

关键词:隧道工程;数值模拟;隧道下穿建筑物;地表沉降;建筑物沉降

中图分类号: U456

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)01-0256-04

0 引言

目前,国内外大量学者对隧道下穿建筑物的影响进行了深入研究,研究方法有理论分析^[1]、数值模拟^[2]、试验研究^[3]、现场实测^[4]分析等。

戴轩等^[5]以实际工程为背景,通过现场实测数据分析和三维有限元数值模型,研究了盾构平行穿越引发的建筑物空间变形规律,并分析了不同建筑物平面长宽比的影响;魏纲等^[6]通过分析现场实测沉降数据,研究了双线盾构隧道施工对不同位置、不同结构建筑物沉降规律的影响;路平等^[7]采用三维数值模拟分析和现场监测验证的方法,研究了平行双线隧道的穿越形式对砌体建筑物沉降与倾斜规律的影响;孙鹤明等^[8]利用数值模拟与现场监测的方法,对复合地层双线TBM隧道施工影响下单栋建筑物的变形及力学特性进行了研究。

研究隧道下穿对上部建筑物产生的影响已有较丰富的成果,但目前研究大多只针对上部单栋建筑物的变形影响规律,其结构形式较为简单,而在实际穿越工程中往往会遇到穿越不规则建筑物和建筑物紧邻的情况,相邻建筑物之间通常会互相影响,使建筑物的变形规律不同于单栋建筑物。另外,目前在隧道下穿对上部建筑物的影响研究成果中,有关盾构机在砂土、粉土、软岩地层中施工对上部建筑物的影

响研究相对较多,而对于双线TBM隧道在复合地层中施工对建筑物的影响研究还不多见。

本文以青岛地铁2号线工程为背景,利用有限元软件分别建立了双线隧道下穿2栋相邻且不规则的砖混结构建筑和斜下穿1栋框架结构建筑的三维数值模型,分析了2类建筑物的存在对地表沉降的影响规律和TBM下穿施工引起的建筑物沉降变形规律,以为类似工程施工提供依据。

1 工程概况

区间线路出青岛轮渡有限公司南侧轮渡站后,下穿七八一一厂6栋1~3层厂房,建筑物无地下室,但厂内有大量精密仪器,对变形控制要求较高。地层条件由上到下依次为素填土、强风化花岗岩上亚带、强风化花岗岩下亚带、中等风化粗粒花岗岩、微风化粗粒花岗岩,TBM在微风化花岗岩中掘进。

隧道与建筑物的平面位置关系图、剖面关系图见图1、图2。

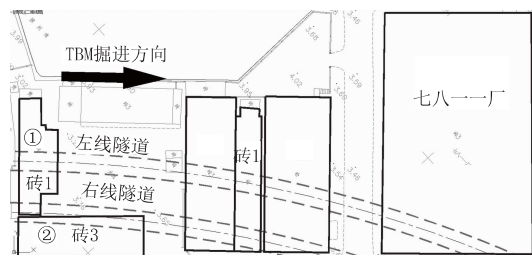


图1 隧道与建筑物平面位置关系图

2 数值模拟方案确定

根据本段工程特点,建筑物下穿模拟选取砖混建

收稿日期: 2022-03-10

基金项目: 中铁三局集团有限公司科研项目(K20-重大-01)

作者简介: 赵明春(1981—),男,本科,高级工程师,主要从事隧道与地下工程研究工作。