

文章编号:1673-9469(2015)02-0040-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2015.02.010

非对称基坑开挖监测位移下数值对比分析

刘云波¹,朱有奇²,杨德¹,赵建¹

(1.河海大学岩土工程科学研究所,江苏南京210098;2.上海瀚联建筑设计咨询公司河南分公司,河南郑州450000)

摘要:以南京市青奥轴线地下交通工程主隧道基坑非对称开挖水平位移监测数据为依据,对水平位移监测值与ABAQUS数值模拟值进行对比分析。得出结论:墙体水平位移首先是悬臂开挖的墙顶向外发生三角形分布的位移,然后随着支撑的架设,墙体发生转动,数值模拟值与实际监测值基本符合;在开挖面附近的土压力,随着墙体高度的增加而增大;在支撑以上部分,模拟值要小于计算值,而在开挖面以下部分,则模拟值大于计算值;随着悬臂段开挖深度的增加,悬臂段最大土压力值也在逐渐增加,墙底土压力值在逐渐减小。

关键词:非对称基坑监测;ABAQUS;数值模拟;对比分析

中图分类号:U451

文献标识码:A

Comparison of numerical simulation of asymmetric excavation based displacement monitoring

LIU Yun-bo¹, ZHU You-qi², YANG De¹, ZHAO Jian¹

(1. Geotechnical Research institute, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China;

2. He'nan Branch, Shanghai Hanlian Architectural Design Consulting Company He'nan Zhengzhou 450000, China)

Abstract: In this paper, the Youth Olympic Games in Nanjing underground traffic engineering tunnel axis of the main excavation pit asymmetric horizontal displacement monitoring data were taken as the basis for horizontal displacement monitoring. The numerical values of the ABAQUS simulation values were analyzed. It was concluded that Wall horizontal displacement occurs firstly at the top of the wall outward displacement of the cantilever excavation triangular distribution, and with the support of the erection, wall rotation occurs. The numerical simulations meet with actual monitored values; the pressure in the soil near the excavation face increases with increasing height of the wall. Above supporting section, the analog value is less than the calculated value; and in the following part of the excavation face, the analog value is greater than the calculated value; with the increasing depth of the excavation boom segment, the largest segment cantilever earth pressure is gradually increased, wall subsoil pressure value decreases.

Key words: asymmetric excavation monitoring; numerical simulation ABAQUS; comparative analysis

目前,实际工程中有很多问题由于边界条件较为复杂,很难通过计算求出其解析解,只有当边界条件比较简单、规则,且方程的性质比较特殊时,才能进行解析解的计算。随着有限单元法和计算机技术的发展,使有限元分析成为解决复杂工程问题的一个有效途径^[1]。朱有奇、卢国胜等^[2-6]在分析主动土压力、被动土压力和静止土压力与位移关系的基础上,根据朗肯土压力理论,提出了考虑位移的土压力计算方法;徐日庆、龚

慈^[7-9]等针对绕墙底向外转动的刚性挡土墙,提出了一种简单可行的土压力计算方法,采用改进的库仑主动土压力公式计算各转角下的土压力分布,用于绕墙底向外转动位移模式下挡土墙的设计及验算;徐日庆^[9]等研究了考虑平动位移效应的非极限状态土压力计算理论,通过比较,发现理论公式计算结果与模型试验结果较吻合。

本文主要以现场监测数据为依据,根据ABAQUS数值模拟,对现场监测数据位移与数值

收稿日期:2014-12-15

作者简介:刘云波(1989-),男,山东聊城人,硕士,从事桩基础处理研究工作。

模拟位移进行比较分析。

1 工程概况

本工程监测区域为南京青奥轴线地下工程 B2 - J1 区基坑工程,该区为盆式基坑,开挖 8 m 深度以下包含数个内嵌基坑,具体为梅子洲主线隧道 YK10 + 312 - - YK10 + 525 段基坑、J 匝道 JK0 + 206.5 - - JK + 0319.354 段基坑、M 匝道 MK0 + 228.142 - - MK0 + 346.043 段基坑、L 匝道 LK0 + 228.632 - - LK0 + 381.551 段基坑、I 匝道 IK0 + 082.139 - IK0 + 117.646 段基坑与青奥中心、国际风情街的地下连通道基坑^[2]。本文重点对 B2 - J1 区主隧道基坑的开挖情况进行监测分析,并与 ABAQUS 数值模拟分析对比。

2 ABAQUS 基坑开挖的有限元模拟

有限元法不仅可以模拟基坑开挖的全过程,还可以计算支护结构弯矩、支撑轴力以及土体的应力和位移。根据实际情况在数值分析中做出以下假设^[1]:

- (1) 不考虑土体的流变影响。
- (2) 不考虑温度对支撑轴力的影响。
- (3) 土体性质为各向均质同性,土体本构模型采用 Mohr - Coulomb 理想弹塑性模型。
- (4) 不考虑基坑降水开挖对土体性质的影响。

2.1 模型建立

2.1.1 计算区域及边界条件

我们所要计算的区域一般是开挖时对土体有影响的区域,理想情况下,当土体不发生位移时,土体的受力也就不会改变,也就是说计算区域要取到土体不发生变形的边界处。但是由于计算条件有限,不可能完全实现这种情况,因此为重点分

析支护结构变形和作用在支护结构上的作用力,模型侧边界取大于基坑开挖深度的 2 倍,模型底面边界取大于基坑开挖深度的 3 倍。模型上施加的边界约束条件为:模型两侧边界的水平位移被限制,底部边界的水平和竖向位移都被限制^[3]。

2.1.2 单元划分

在有限元模型中,土层采用 4 节点的 CPE4 实体单元模拟,地下连续墙采用梁单元 B21 进行模拟,划分网格。

2.1.3 参数选取

根据地质勘察报告揭示的土层情况,计算中将土层简化,划分为 5 层,综合考虑地质资料后,各层土和地下连续墙的计算参数取值见表 1^[2]。

2.1.4 初始地应力的平衡

在岩土工程中,初始地应力的实际存在使得土体开挖导致开挖土体应力关系的改变,因此基坑周围的应力场也随之发生改变。随着开挖的施工进程的进行,基坑的性状也不断改变。ABAQUS 提供了实现初始地应力平衡的功能,利用单元的“生死功能”和分步分析计算的方式来模拟开挖过程,使得土体开挖过程和应力情况与实际情况基本符合^[4]。

2.1.5 开挖过程模拟

根据基坑开挖和支护结构的施工工序,模拟分析中主要考虑四个施工阶段。针对分步开挖的情况,我们可以利用 ABAQUS 中的“生死单元”功能来实现分步开挖土体的模拟,而支撑的架设可以通过开挖后控制土体边界条件来实现,基本步骤为:

步骤 1:施加土体重力,建立初始地应力场。

步骤 2:开挖第一层土体,开挖深度为 8.5 m,通过 * Model change, remove 实现。

步骤 3:开挖第二层土体,开挖深度为 5 m,通

表 1 各层土和地下连续墙的计算参数取值

Tab. 1 Parameter values of layers of soil and underground continuous wall

材料	弹性模量 E/MPa	泊松比 ν	密度 $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	内聚力 C/kPa	内摩擦角 $\varphi/^\circ$	剪胀角 $\psi/^\circ$
土层 1	5.00	0.296	19.3	20	16	0
土层 2	3.27	0.333	18.0	24	13	0
土层 3	15.00	0.265	19.4	12	32	2
土层 4	30.00	0.269	19.3	32	18	0
土层 5	45.00	0.248	19.9	6	35	5
地下连续墙	3.00E + 04	0.200				
混凝土支撑	2.40E + 04	0.200				

过 * Model change, remove 实现。

步骤4:开挖第三层土体,开挖深度为4 m,通过 * Model change, remove 实现。

步骤5:开挖第四层土体,开挖深度为4 m,通过 * Model change, remove 实现。

2.2 数值模拟的结果分析

2.2.1 实测水平位移与模拟结果的分析

从图1—图3中可以看出:墙体水平位移与实际监测变化趋势基本符合,首先是悬臂开挖的墙顶向外发生三角形分布的位移^[5],然后随着开挖深度的增加和支撑的架设,墙体开始发生转动,支撑以上墙体向坑外移动,支撑以下土体发生鼓形变形^[5];最大位移点位置逐渐地下降,且最大位移也逐渐增大。当开挖至基坑底部时,墙体因为土体卸荷的原因,导致基坑底部以下土体对墙体低端的约束减弱,从而使得墙低端出现了向坑内的位移。

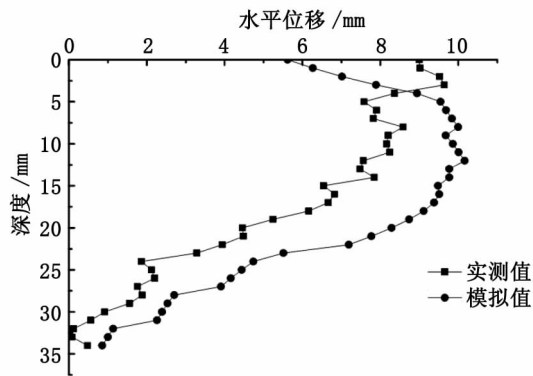


图1 第二层土体开挖后墙体水平位移曲线
Fig.1 Wall horizontal displacement graph of second layer of soil after the excavation

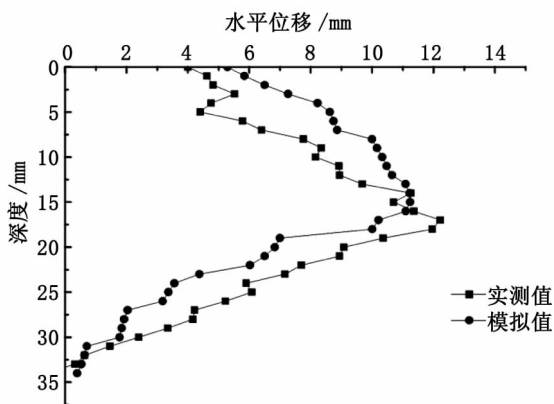


图2 第三层土体开挖后墙体水平位移曲线
Fig.2 Wall horizontal displacement graph of third layer of soil after the excavation

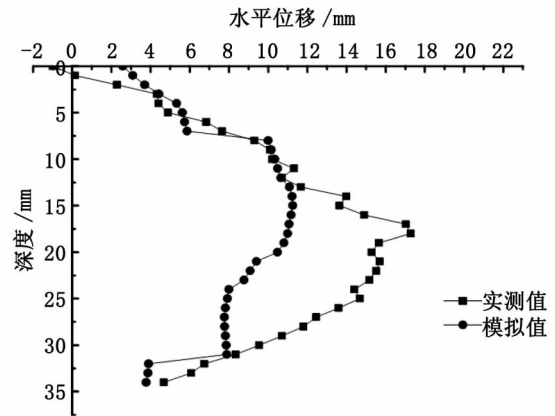


图3 第四层土体开挖后墙体水平位移曲线
Fig.3 Wall horizontal displacement curve of the fourth layer of soil after the excavation

2.2.2 土压力数值结果与计算结果对比分析

当 $h_1 = 8、4$ m 时,分别取 $H = 20、30$ m 时土压力分布图如图4、图5。

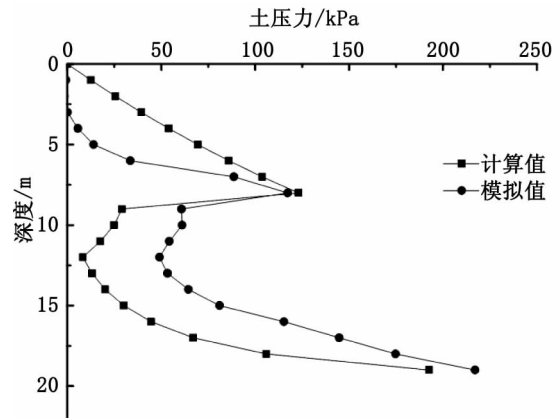


图4 $H=20$ m
Fig.4 $H=20$ m

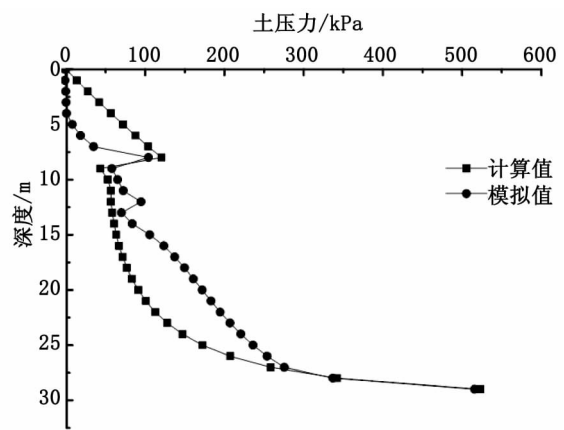


图5 $H=30$ m
Fig.5 $H=30$ m

从图中可以看出:在开挖面附近的土压力,随着墙体高度的增加而增大^[7]。在支撑以上部分,模拟值要小于计算值;而在开挖面以下部分,则模拟值大于计算值^[8]。反映出了模拟值并未达到极

限状态,而计算值是按照极限状态来计算的。悬臂段土体还要受到墙体的被动土压力的影响而增加,二级开挖段墙体还要继续向前移动,土压力继续减小^[9]。

3 结论

1)墙体水平位移首先是悬臂开挖的墙顶向外发生三角形分布的位移,然后随着支撑的架设,墙体发生转动,与实际监测值基本符合。

2)在开挖面附近的土压力,随着墙体高度的增加而增大。在支撑以上部分,模拟值要小于计算值;而在开挖面以下部分,则模拟值大于计算值。

3)随着悬臂段开挖深度的增加,悬臂段最大土压力值也在逐渐增加,墙底土压力值在逐渐减小;二级开挖面附近土压力随着悬臂开挖深度的增加而逐渐减小;同样随着二级开挖深度的增加,墙底土压力和二级开挖段土压力值逐渐减小。

参考文献:

[1]卢廷浩.岩土数值分析[M].北京:中国水利水电出版

(上接第39页)3)在天津波作用下,隔震结构减震效果最差,由于EI Centro波与Taft波的能量分布较为分散,天津波能量相对集中,为冲击型地震波,隔震支座耗能能力有限,因此从耗能角度来讲,天津波较前两类波不利于能量的耗散。

图4绘出在EI Centro波地震激励下,网壳结构最大节点地震响应的时程曲线,可以明显看出,结构的各振动参数响应均得到良好的控制。

4 结论

1)隔震支座对结构的振动可以起到良好的控制作用,但地震强度对隔震支座耗能能力影响较大,在最大水平行程内,地震强度越大,橡胶隔震支座塑性变形越大,耗能能力越强。

2)在不同地震波作用下,隔振网壳结构体系的振动控制效果有所不同,其中:EL Centro波作用的结构被动控制效果最佳,Taft波次之,天津波作用的结构振动控制效果最差。

参考文献:

[1]沈聚敏,周锡元,高小旺,等.抗震工程学[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.

[2]中国建筑科学研究院,JG 118-2000,建筑橡胶隔震支

座,2008.

[2]朱有奇,周云东,赵元海,等.非对称深基坑变形规律现场监测[J].水利与建筑工程学报,2013,11(6):157-161.

[3]费康,张建伟.ABAQUS在岩土工程中的应用[M].北京:中国水利水电出版社,2010.

[4]张磊.某深基坑工程施工监测及有限元模拟分析[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.

[5]卢国胜.考虑位移的土压力计算方法[J].岩土力学,2004(4):586-589.

[6]刘波,刘清楠,赵一燕.超深基坑内支撑拆除过程中基坑变形规律研究[J].河北工程大学学报:自然科学版,2014,31(3):17-21.

[7]徐日庆,龚慈,魏纲,等.考虑平动位移效应的刚性挡土墙土压力理论[J].浙江大学学报:工学版,2005,39(1):119-122.

[8]龚慈,俞建霖,徐日庆,等.绕墙底向外转动刚性挡土墙的土压力计算[J].浙江大学学报:工学版,2005,39(11):1690-1694.

[9]章瑞文,徐日庆,郭印.考虑挡土墙墙体平移的墙后分层填土主动土压力分布[J].水利学报,2008,39(2):250-255.

(责任编辑 王利君)

座[M].北京:中国建筑业出版社,2000.

[3]SOONG T T, DARGUSH G F. Passive energy dissipation systems in structural engineering [M]. New York: John Wiley and Sons,1997.

[4]刘文光,周福霖,庄学真,等.铅芯夹层橡胶隔震垫基本力学性能研究[J].地震工程与工程振动,1999,19(1):93-99.

[5]苏经宇,曾德民.我国建筑结构隔震技术的研究和应用[J].地震工程与工程振动,2001,21(4):94-101.

[6]李慧,刘迪,杜永峰.附设耗能装置的高层基础隔震建筑抗震性能研究[J].土木工程学报,2010(Z1):276-281.

[7]徐赵东,李爱群,叶继红.大跨空间网壳结构减震控制的研究与发展[J].振动与冲击,2005,03:59-61.

[8]KOH C G, KELLY J M. A simple mehcnaieal model of elastomeric beamngs used in the isolation [J]. J. Mech. Sci. 1988. 30(12):933-943.

[9]FENG DEMIN, MIYAMA TAKAFUMI. A new analytical model for the lead rubber bearing [A]. 12WCEE [C]. NewZealand,2000.

[10]李秋英,刘丽丽,董宏伟.基础隔震异形柱框架结构的参数优化[J].河北工程大学学报:自然科学版,2010,27(3):5-8.

(责任编辑 刘存英)