河岸重力式挡土墙土压力分布的 AD INA分析

武 霖 张发明 邓成发
(河海大学地质及岩土工程系)

摘 要 挡土墙的作用是防止墙后土体坍塌下滑。挡土墙设计中需要考虑的主要荷载是作用在其上的土压力,并确定土压力的大小和分布。本文以工程中常见的河岸重力式挡土墙为对象,计算挡土墙在软土逐步填埋过程中对墙面产生的土压力分布。

关键词 挡土墙 AD NA 莫尔 - 库仑材料模型 单元生死 土压力分布

在建筑工程中,遇到在土坡上、下修筑建筑物时,为了防止土坡发生滑坡和坍塌,需用各种类型的挡土结构物加以支档,挡土墙是最常用的支护结构。由于挡土墙和地基的材料与填土材料有很大差异,所以填土填埋以后会对挡土墙产生一定土压力并发生竖直方向的位移。

近年来,发展迅速的有限单元法不仅可以考虑土体应力应变的非线性特征,而且可以考虑不同时刻土压力的分布和初始地应力对位移的影响。本文基于莫尔 - 库仑材料模型,用有限单元法对填土的土压力分布进行分析并且把土压力之与郎肯土压力的计算结果进行对比。[1]

1 弹塑性模型[2]

弹塑性模型把总的变形分成弹性变形和塑性变形两部分,莫尔 - 库仑材料模型就是其中的一类模型。在挡土墙结构中,填土属于莫尔 - 库仑材料,莫尔 - 库仑材料模型基于非关联的流动法则和纯塑性莫尔 - 库仑屈服条件,非关联的流动法则就是认为屈服面与塑性势面不一致,莫尔 - 库仑屈服准则通过下式给出:

$$ {}^{t}f_{MC} = {}^{t}I_1 \sin\varphi + \frac{1}{2}(3(1 - \sin\varphi)\sin{}^{t}\theta + \sqrt{3}(3 + \sin\varphi)\cos{}^{t}\theta)\sqrt{{}^{t}J_2} - 3C \quad (1) $$

相应的势函数写成:

$$ {}^{t}g_{MC} = {}^{t}I_1 \sin\psi + \frac{1}{2}(3 - (1 - \sin\psi)\sin{}^{t}\theta + \sqrt{3}(3 + \sin\psi)\cos{}^{t}\theta)\sqrt{{}^{t}J_2}3C \quad (2) $$

式中: $ {}^{t}\theta = \frac{1}{3}\cos^{-1}\left(\frac{3\sqrt{3}}{2}\frac{{}^{t}J_3}{{}^{t}J_2^{3/2}}\right) $

φ是摩擦角(材料常数), C是内聚力(材料常数), Ψ是扩展角(材料常数), ${}^{t}J_1$是 t时刻的第一应变不变量, ${}^{t}J_2$是 t时刻的第二偏应力不变量, ${}^{t}J_3$是 t时刻的第三偏应力不变量。

2 计算模型的建立

根据有限单元法,基于莫尔 - 库仑材料模型对挡土墙上填土的土压力分布、地基的位移变形进行模拟研究。

(1) 模型参数:本文以工程中常用的重力式挡土墙为对象,考虑一个河岸挡土墙(图 1)的土压力分布特征,如图中混凝土挡土墙,墙背竖直,墙后填土表面水平,土层的物理参数如表 1所示。

表 1 各土层物理参数表

层号	重度	粘聚力	内摩擦角
	r/ kN·m^{-1}	C/kPa	φ/(°)
1	18.1	—	—
2	18.9	28	13
3	18.4	24	11.5
4	17.8	14	9
5	19.2	39	14

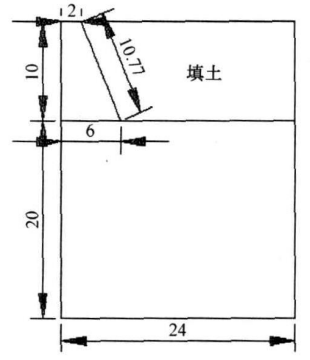


图 1 挡土墙的 CAD尺寸图

收稿日期〕 2007 - 5 - 29

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(2) 计算模型:用 ADINA对挡土墙的土压力分析的过程就是分析挡土墙在软土逐步填埋过程中对墙面产生的土压力分布。挡土墙和地基在填土之前已经存在,填土前,首先要对挡土墙和地基的模型进行网格划分(图 2)。

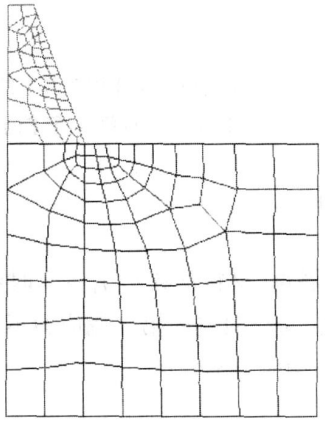


图 2 计算模型网格划分图

填土的过程分为 10层,每层填土都采用单元生死定义。由于填土的一层层叠加是在模型中加入材料的过程,在这个过程中模型的相应单元就产生了,单元生死就是用于在这种情况下激活所选择的单元的方法。在填土填埋的过程中会发生位移,而且可以看到每一层填土施加到地基上时的土压力分布情况。

(3) 接触条件:由于挡土墙和地基为弹性材料,而填土为莫尔库仑材料,这两种性质相差很远的材料在一定的受力条件下,他们的接触面极其容易产生错动滑移或开裂,所以需要定义一个面与面的接触组。这个接触组由 11个接触面组成,其中第 11个面与其他 10个面组成 10个接触对。

古德曼(Goodman)等人提出一种接触面单元[2],其切向剪切刚度为:

$$K_s = K_1 \gamma_w \left[\frac{\sigma_n}{P_a}\right]^{n_1} \left[1 - \frac{R_f \tau}{\sigma_n \operatorname{tg}\delta + c}\right] \qquad (3)$$

式中,K_1、n_1、R_f、δ、c都为试验参数。

(4) 边界条件:由于此挡土墙结构不施加外荷载,所以只在挡土墙和地基左右两侧边界以及填土的右端面施加 Y向位移约束,在地基底部施加 Z向位移约束。

3 计算结果分析

(1) 位移分析:当 10层填土全部填埋以后,结构的 Y向和 Z向位移分布如图 3、4所示。图 3为 10层填土全部填埋后结构的 Y向位移云图,从图 3种能够清楚直观地看到填土区内绿色的部分,就表明了位移的大小。从图 5中可看出,Z向位移的最大值为 0.08590m,也就是 85.9mm。这对于 30m高的土体来说,位移基本上是平衡的,也就是说填土对整个挡土墙结构的位移影响可以忽略。并且,随着软土的逐层填埋,结构的 Z向位移随着时间的增长呈上升趋势(表 1)。

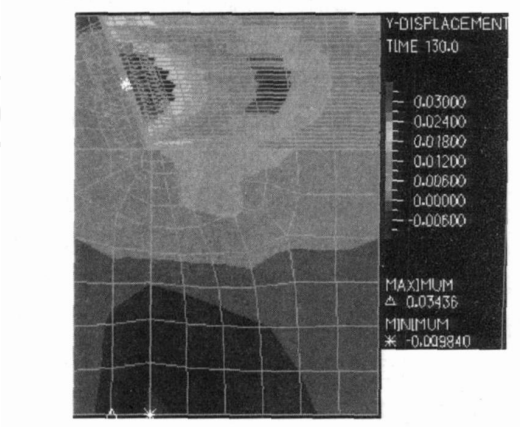


图 3 填土填埋后 Y向位移云图

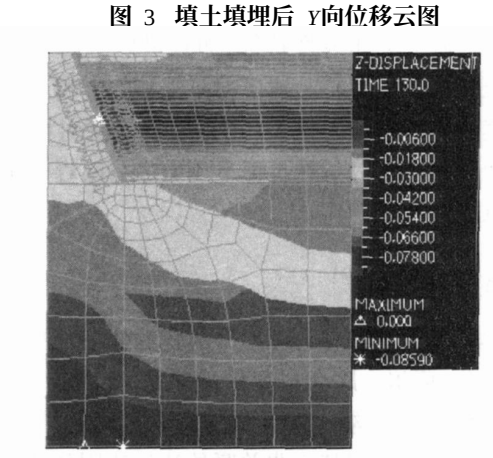


图 4 填土填埋后 Z向位移云图

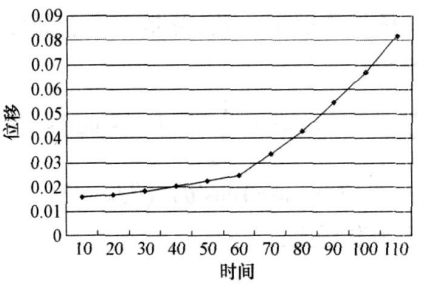


图 5 时间与位移的曲线关系图

(2) 土压力分析:随着填土的增加,填土对挡土墙的土压力逐渐增加,在不同时刻土压力有不同的分布状况。图 6为一半填土填埋后的土压力分布状况,图中右上角部分即为填土区域。图 7为全部填土填埋后的土压力分布状况,在填土与挡土墙的接触面上可以看到每层填土填埋后压力的增加情况,

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

压力箭头代表不同大小的压力。

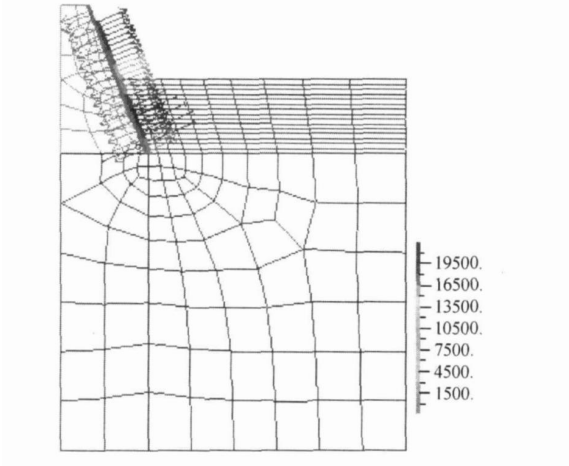


图 6 一半填土填埋后的土压力分布状况

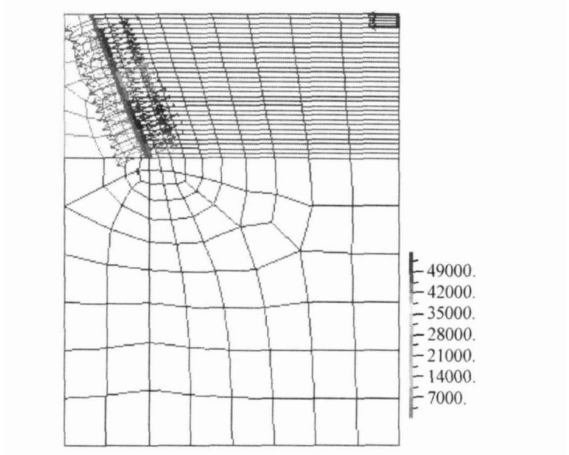


图 7 全部填土填埋后的土压力分布状况

挡土墙的位移不仅对土压力大小有影响,还影响土压力的分布情况。如果挡土墙上端的移动达到一定的数值后,墙后填土内会发生主动破坏,此时作用在墙上的土压力成为主动土压力。本文利用郎肯土压力的计算结果与有限元的计算结果进行对比。郎肯土压力计算公式:

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma (H - z_0)^2 K_a \qquad (4)$$

由于填土和挡土墙的接触面为斜面,所以要把竖直和水平方向的力进行合成,得到公式如下:

$$W' = \frac{1}{2}\gamma H^2 \tan\varepsilon \qquad (5)$$

$$E_a' = \sqrt{(E_a)^2 + (W')^2} \qquad (6)$$

E_a'即为最终郎肯土压力值,其中 W 为竖直方向的力,ε为斜面与垂直方向的夹角。[3]

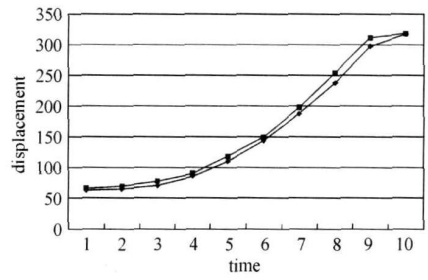


图 8 土压力分布有限元计算值与郎肯土压力计算值对比曲线图

图 8为土压力分布有限元计算值与郎肯土压力计算值随时间的变化曲线,可见随时间的增加,沉降量逐渐增大,且有限元计算值和郎肯土压力计算值吻合较好,偏差不大,说明有限元法完全能成功地运用于挡土墙的土压力分布分析。从计算值来看,开始 3层填土填埋后的土压力增加较小,从第 4层到第 8层填土填埋的情况来看,土压力增加的速度明显加快,到了第 9和第 10层填土,随着填土的填埋逐渐完成,曲线慢慢变缓,并趋于稳定,说明土压力增加速率变小,整个结构向稳定的方向发展。

4 结论

本文成功地应用了莫尔 - 库仑材料模型和有限元程序,对挡土墙的填土填埋过程进行了数值仿真,较好地模拟了填土填埋过程中的结构位移、土压力分布规律以及土压力大小和曲线的形态。

从土压力的计算理论来看,常规的土压力计算方法理论简单,并且有相当的工程经验,不过本文证实了常规计算与有限元计算结果相差不大,可以应用于工程设计。

参 考 文 献

[1] 杨万托,殷海华,王光军,等. 重力式挡土墙有限元分析. 建筑技术开发. 2002, 29(5): 1.

[2] 钱家欢、殷宗泽. 土工原理与计算. 北京:中国水利电力出版社. 1996. 68 - 98.

[3] 王保田,张福海. 土力学与地基处理. 南京:河海大学出版社. 2005. 156 - 158.

第一作者通讯地址:南京市西康路 1号河海大学 215#信箱
邮编: 210098

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net