

某深基坑复合土钉墙支护的有限元分析

章与非 杨明月

长春工程学院 吉林长春 130012

摘要: 如今, 建筑用地日益紧张, 施工难度不断加大, 深基坑支护的设计及施工受到越来越多的重视, 成为决定工程成败的关键。其中, 复合土钉墙支护技术因安全可靠、工艺简单被广泛应用。本文以长春某基坑工程为依托工程, 利用有限元软件 Midas GTS NX 对复合土钉墙施工阶段进行模拟, 分析各构件受力变形, 重点分析桩身弯矩及锚索轴力, 并对土钉与锚索受力情况作对比分析。

关键词: 复合土钉墙; 有限元; 锚索轴力

引言

复合土钉墙是近几年兴起的一种基坑支护施工工艺, 是将土钉墙与预应力锚杆(锚索)、截水帷幕、微型钢管桩中的一类或几类结合在一起的支护形式[1-2]。与普通土钉墙相比, 复合土钉墙应用范围更广、支护更稳定, 更能满足各种复杂地质条件和工程要求, 是一种改进或加强型土钉墙。结合长春地区经验, 利用有限元分析法, 对土钉墙、预应力锚索、微型钢管桩相结合支护方案进行变形分析。

1. 工程案例分析

1.1 工程概况

本工程为长春市某深基坑工程, 拟建建筑为住宅、售楼处、商业楼、地下2层纯地下室等组成。基坑底面周长810m, 南北方向总长162m, 东西方向总长248m。场区地势平坦, 建筑±0标高相当于绝对高程的193.55~194.70m, 场地自然标高按193.0m设计, 基坑深度最深处于7.65m。

1.2 工程地质条件

根据勘察报告可知, 拟建场地地基土按地层岩性及其物理力学数据指标划分为9个大层, 土的物理力学性能指标见表1-1所示。

1.3 基坑支护方案

根据地质勘察报告、开挖深度、基坑周边环境、地下管线、道路和施工荷载等综合因素考虑^[3], 本基坑采用微型钢管桩+预应力锚索复合土钉墙支护, 既能减小支护水平位移, 又能确保安全经济。基坑深度最深为7.65m, 基坑周边地面附加超载条件为20kPa, 坡顶边线2m范围内不允许荷载。微型钢管桩采用A140X4.5钢管, 水平间距1m。自上而下布置2层土钉、2层预应力锚索, 土钉采用HRB400C20mm钢筋, 倾角为10°, 水平间距为1m, 预应力锚索采用低松弛高强度钢绞线 $f_{ptk}=1860\text{MPa}$, 倾角为15°, 水平间距为2m。每层开挖支护的土钉与锚索的竖向间距均为1.5m, 支护面挂A6@200*200钢筋网, 面层喷射C20混凝土。

2. 数值分析

2.1 计算模型

利用有限元软件, 将复杂的基坑问题简单化, 再求解出支护结构的受力变形情况。通过建立有限元模型, 将基坑划分为若干单元, 并且这若干单元相互之间具有连续性, 从而达到模拟基坑施工过程、分析各结构之间的作用的目的。为了方便计算, 采用基本假定如下:

表 1-1 土的物理力学性能指标

层号	岩土名称	厚度 (m)	重度 γ (kN/m ³)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 ϕ (°)	弹性模量 E_s (Mpa)
①	杂填土	4	(19.0)	(9.8)	(10.1)	25000
②	粉质黏土	1.1	19.0	31.7	11.8	27500
③	中砂	0.7	(20.0)	(0.0)	(31.2)	50000
④	粗砂	2.6	(22.0)	(0.0)	(30.3)	50000
⑤	全风化泥岩	1.7	19.8	(50.0)	(20.0)	46000
⑥	强风化泥岩	5.5	20.4	(60.0)	(25.0)	43000
⑦	中等风化泥岩	15	21.3	(80.0)	(30.0)	40000

假设各类土体属于弹塑性材料；

假设基坑是完全对称的，计算时选取 1/2 基坑进行有限元分析；

假设基坑开挖范围内不存在地下水，故不考虑地下水对支护结构的影响^[4]。

建模时考虑基坑影响深度为基坑开挖深度的 3~5 倍，影响宽度为基坑宽度 3~5 倍^[5]，故建立高为 32m，宽为 60m 的二维几何模型进行数值计算。土体本构模型为修正摩尔-库伦模型，采用 2D 平面应变单元；微型钢管桩、土钉、锚索本构模型为弹性模型，微型钢管桩采用梁单元模拟；土钉、锚索采用植入式桁架单元模拟。

2.2 施工阶段

定义基坑开挖共分为 5 步：第一步施作微型钢管桩，桩顶标高为 0.0m，桩顶放坡，继续向下开挖 2m，打入第一层土钉；第二步基坑开挖至桩顶以下 3.5m，打入第一道锚索；第三步基坑开挖至桩顶以下 5m，打入第二道土钉；第四步开挖至桩顶以下 6.5m，打入第二道锚索；第五步开挖至基坑设计底面。

3. 结果分析

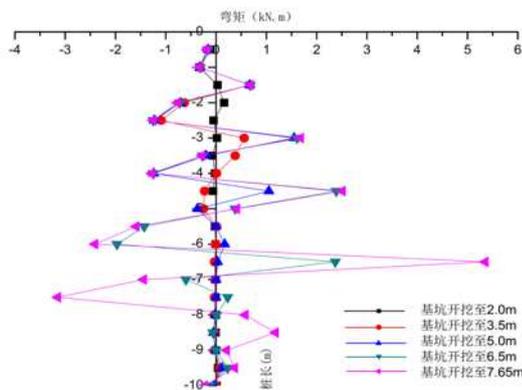


图 3-1 桩身弯矩图

由图 3-1 可以看出，沿着基坑深度方向，微型钢管桩的桩身弯矩可分为正弯矩和负弯矩，基坑内侧为正弯矩，基坑外侧为负弯矩。随着基坑开挖深度增加，桩身正、负弯矩最大值均增大，最大正弯矩位于基坑深度 6.5 m 处，最大负弯矩位于基坑深度 7.5 m 处。桩身锚固段弯矩变化不大，产生很小的正弯矩，几乎为 0，产生这一现象的原因在于嵌固面以下的土体限制桩体变形，说明土体对于维护桩身稳定性有很大作用。

3.2 预应力锚索轴力分析

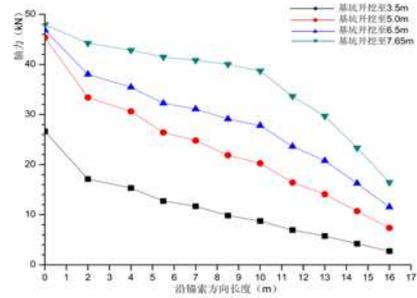


图 3-2 第一道锚索轴力图

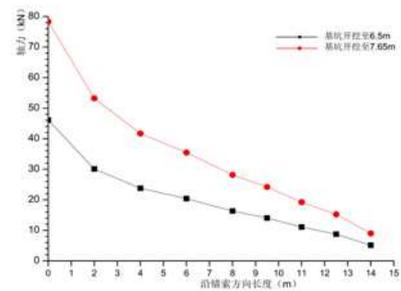


图 3-3 第二道锚索轴力图

对比分析图 3-2 和图 3-3 得出：

- (1) 两道锚索轴力呈曲线变化，沿锚索方向逐渐减小，其轴力最大值位于靠近基坑内侧位置，最小值位于锚索末端，并且各开挖阶段锚索末端轴力很接近，抗拉能力较小；
- (2) 随着开挖深度增加，锚索各点轴力均增大；
- (3) 第一道锚索位于基坑开挖 3m 处，最大轴力为 47.97kN，最小轴力为 2.74kN；第二道锚索位于基坑开挖 6m 处，最大轴力为 78.32kN，最小轴力为 5.13kN。因此，锚索位置是影响锚索轴力大小的关键因素，锚索位置越接近基坑底，轴力越大。

3.3 土钉与锚索对比分析

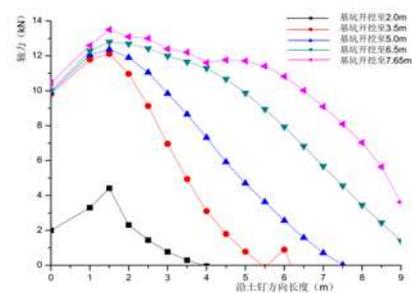


图 3-4 第一道土钉轴力图

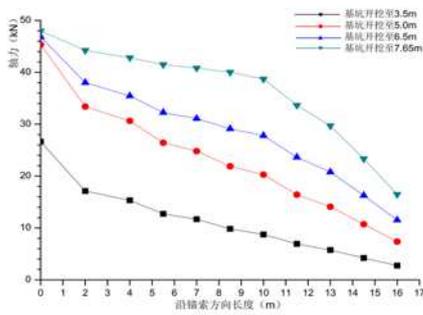


图 3-5 第一道锚索轴力图

对比分析图 3-4 和图 3-5 得出: 随着基坑开挖深度增加, 土钉、锚索轴力均增大。与锚索的区别是, 土钉轴力变化曲线呈抛物线形式, 基坑开挖至坑顶以下 2m 时, 土钉的轴力最大值位于距基坑侧壁 1.5m 处, 随着开挖深度的增加, 最大值位置向坑内靠近, 达到峰值后, 其轴力沿土钉长度方向急剧下降。

4. 结论

本文基于有限元分析软件 Midas GTS NX 对某基坑工程复合土钉墙支护结构进行受力及变形分析, 可以得出以下结论:

微型钢管桩沿基坑深度方向分为正弯矩和负弯矩, 随着开挖深度增加, 弯矩最大值也增大。

预应力锚索轴力沿着锚索长度方向递减, 最大轴力位

于靠近基坑内侧位置, 随着开挖深度增加, 轴力增大。

土钉与锚索受力不同, 土钉轴力最大值位置距基坑侧壁有一定距离, 但随着基坑开挖深度的增加, 轴力最大点逐渐向基坑内靠近。

参考文献

- [1] 于力. 某深基坑复合土钉墙支护结构变形的数值模拟分析 [J]. 粉煤灰综合利用, 2021, 35(03): 47-50+103.
- [2] 张波, 张娇, 陈金祥. 新型组合支护体系在回填土基坑工程中的应用研究 [J]. 岩土工程技术, 2019, 33(06): 353-357+366.
- [3] 朱嘉毅. 建筑工程基坑支护设计分析 [J]. 四川建筑, 2021, 41(02): 58-59+63.
- [4] 宋辰辰. 基于 MIDAS/GTS 对某深基坑开挖变形的数值模拟研究 [J]. 黑龙江工业学院学报 (综合版), 2019, 19(04): 60-65.
- [5] 吴丽萍, 杨明月, 赵彦星. 长春市某深基坑工程的预应力锚索轴力分布研究 [J]. 四川建材, 2020, 46(01): 80-82.

作者简介:

章与非 (1993-), 男, 汉族, 浙江象山人, 研究实习员, 硕士研究生, 研究方向: 岩土工程。

杨明月 (1996-) 女, 汉族, 吉林长春人, 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 岩土工程。