

# 土钉与桩锚复合支护方案设计方法探讨

张心剑

(河南省有色金属地质矿产局第一地质大队,河南 郑州 450016)

**摘要:**讨论了土钉与桩锚复合支护方案的 3 种计算方法,分析了各自的优缺点和适用性。对一特定假设的工程问题,分别采用 3 种方法进行计算对比,结果表明有限元数值分析法最接近实际,可用于辅助设计。

**关键词:**土钉;桩锚;复合支护;有限元

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)11-0039-03

**Research on the Design Method of the Combined Retaining Structure of Soil Nailing and Pile-anchor/ZHANG Xin-jian** (No. 1 Geological Unit Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

**Abstract:** In the paper, 3 calculation methods of the combined retaining structure of soil nailing and pile-anchor are discussed, analysis was made on each advantages and disadvantages. 3 methods were taken for a specific assumptive engineering case, the calculation contrast indicated that the finite element numerical analysis is the closest to the actual, which can be applied to aided design.

**Key words:** soil nailing; pile-anchor; combined retaining structure; finite element

## 0 引言

在一些复杂的工程中,工程师们常常采用土钉和桩锚相结合的复合支护型式来进行设计施工<sup>[1,2]</sup>,两种结构能发挥各自的优点,受力合理、施工方便、安全可靠,具有明显的经济效益<sup>[3,4]</sup>。但对于这种联合支护结构的设计计算方法没有统一的规范,不同设计人员的设计结果差异较大,给设计和施工都带来了很大的困惑。本文就土钉与桩锚复合支护结构的计算方法做简单探讨。

## 1 作用机理

土钉与桩锚复合支护型式一般有 2 种情况。一种是土钉和桩锚组成联合支护结构,如图 1(a)所示。土钉支护结构部分土体产生水平侧压力的同时,也使作用于桩锚结构上的水平侧压力的分布特征发生改变,土钉底部水平摩擦阻力的存在还可有效地降低桩锚结构中桩体嵌入深度和锚杆预应力水平;此外,桩锚结构强度的预先形成,可显著提高土钉支护结构的施工进度,并有效提高土钉结构的内部稳定性<sup>[5]</sup>。另一种是上部土钉、下部桩锚的复合围护结构形式,见图 1(b)。采用这种支护型式时,土钉的存在保持了上部区域的稳定,滑裂面出现在土钉末端附近而不会穿越土钉中部,在一定程度上

起到了将滑裂面向后向下推移的作用,相对于单纯的桩锚支护体系来说,增加了稳定性<sup>[6]</sup>。

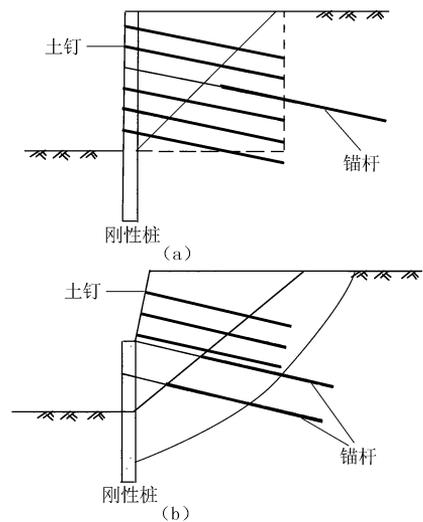


图 1 土钉与桩锚复合支护方案示意图

## 2 分析方法

对于第一种联合支护结构的设计计算方法,郭院成等<sup>[7-10]</sup>人已经进行了大量的研究工作,提出了一些行之有效的计算方法,本文不再重复讨论,而把重点放在“上钉下桩”这种支护型式上面,文章后面所说的复合支护结构均只表示此类型。针对此种围护结构,一般有以下 3 种分析方法<sup>[6]</sup>。

收稿日期:2010-06-17; 修回日期:2010-09-05

作者简介:张心剑(1965-),男(汉族),河南人,河南省有色金属地质矿产局第一地质大队高级工程师,探矿工程专业,从事钻探、岩土工程施工技术管理工作,河南省郑州市金水东路 16 号,hnyszhangxj@sina.com。

### 2.1 将上部土钉简化为超载

将上部土钉加固区域等代为与其自重(有效重度或者天然重度)相等的超载作用在下部的桩锚结构上,然后采用规范方法计算下部桩锚结构的支锚内力,然后采用规范方法计算下部桩锚结构的支锚内力和围护桩的内力、变形。

### 2.2 将上部土钉简化为人工边坡

该法假定上部土钉加固区域为一能够自立的人工边坡。由于土钉的加固作用,虽然其实际坡度较天然边坡的坡度陡很多,也可以保持稳定。或者将土钉的贡献考虑为“准内聚力”,即提高人工边坡的强度参数。然后,沿用规范方法计算参照“上部放坡+下部桩锚结构”的型式计算支锚内力和维护桩的内力、变形。

### 2.3 数值分析方法(有限元方法)

有限元是一种强力的数值分析方法,在岩土工程领域有着广泛的应用,在解决土体的变形、固结、渗流和桩土相互作用等方面具有很大的优势。国内不少学者已经利用有限单元法来研究土钉和桩锚的共同作用<sup>[11]</sup>。

## 3 计算实例

为了比较3种方法的差异,现取一均质土层进行对比分析。岩土参数  $c' = 20 \text{ kPa}$ ,  $\varphi' = 20^\circ$ ,  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ , 地下水位取地表以下1.0 m, 见图2。

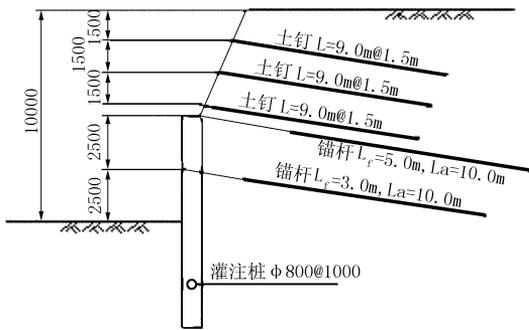


图2 土钉与桩锚复合支护计算模型图

针对方法一和方法二采用理正深基坑计算软件计算支护结构的位移和内力,计算模型如图3所示,计算结果见表1。

表1为3种方法水土分算、合算的计算结果。由表中的计算数据可以看出,对于水土合算,方法二得出的锚杆内力、桩结构变形和桩身弯矩计算结果都比方法一得出的结果大。对于水土分算,两种方法得出的结果差异较合算小。有限元分析结果在第二道锚杆内力和桩身变形方面较大。数值模拟是对实际情况的简化抽象,不是事实,难免出现差异,只

是在各种相同条件下,不同方法做对比分析。

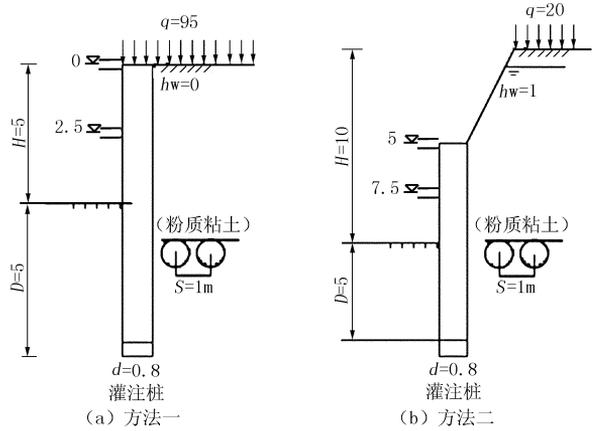


图3 理正计算模型图

表1 计算结果对比

计算方式	简化方法	第一道锚杆轴力 / (kN · m <sup>-1</sup> )	第二道锚杆轴力 / (kN · m <sup>-1</sup> )	支护桩最大变形/mm	支护桩最大弯矩 / (kN · m)
水土分算	一	93.4	52.7	9.3	204.6
	二	114	62.2	11.4	240.3
水土合算	一	119.6	71	12	282.4
	二	184.9	107	21.5	362.6
流固耦合有限元分析		96.4	151.3	38.4	209

采用有限元法进行建模分析。模型尺寸 20 m × 40 m, 土体采用 D-P 模型, 锚杆和土钉采用弹塑性锚杆单元, 围护桩采用梁单元, 土体与支护结构体系之间设置接触单元。边界条件为两侧限制水平位移, 底部限制水平和垂直位移。有限元网格划分见图4, 计算结果如图5和图6所示。

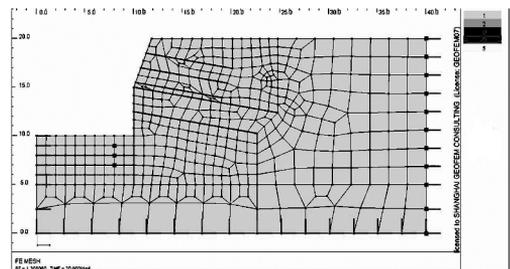
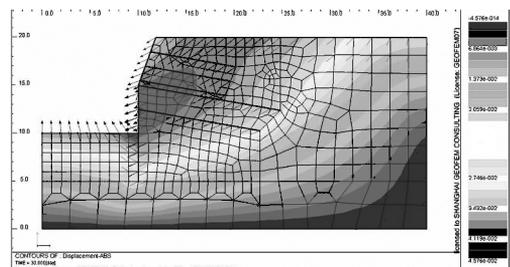
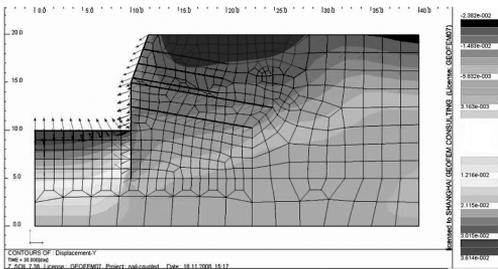


图4 流固耦合有限元网格计算图

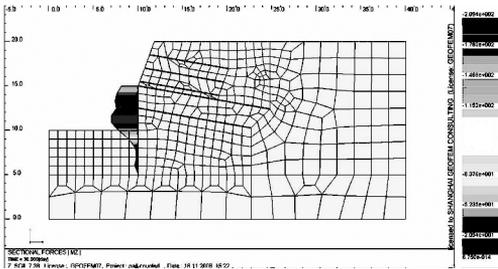


(a) 坑底位移图

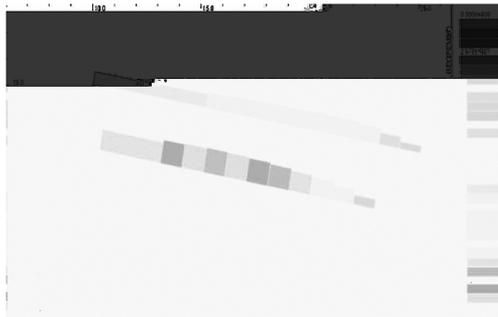


(b) 地表沉降图

图 5 位移、沉降云图



(a) 灌注桩弯矩



(b) 锚杆轴力

图 6 支护体系计算结果

表 2 基坑四周部分位移监测点的累计变形量

监测点	水平位移 累计值/mm	垂直位移 累计值/mm	时间 /(年.月)
JC01	8.5	7.7	2008.4~2009.12
JC05	16.3	12.5	2008.4~2009.12
JC09	27.1	17.3	2008.4~2009.12
JC12	10.2	5.6	2008.4~2009.12
JC16	23.4	11.7	2008.4~2009.12

与该基坑在施工过程和施工后的监测结果对比分析,得到如下结论:

(1)“将上部土钉简化为超载”简化过程中忽视了地下水和超固结土的影响,也未考虑上部土钉支护开挖的卸载效应影响,计算结果过于乐观;

(2)“将上部土钉支护简化为人工边坡”未考虑上部土钉支护与土体及下部桩锚结构的共同作用,计算锚杆受力较实际偏大,偏于保守;

(3)数值分析方法最接近实际,但其广泛实用性在一定程度受限,需要大量的经验积累和建立高级本构模型,可作辅助分析使用。

参考文献:

- [1] 黄强. 建筑基坑支护技术规程应用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] 陈肇元, 崔京浩. 土钉支护在基坑工程中的应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [3] 司亚蔚, 夏晋华, 厉玲玲. 排桩锚杆与土钉墙联合支护在深基坑工程中的应用[J]. 河南科学, 2008, 26(11): 1388 - 1391.
- [4] 胡瑞, 颜海春, 蔡灿柳. 桩锚与土钉联合支护的应用研究[J]. 施工技术, 2005, 34(9): 50 - 53.
- [5] 郭院成, 刘建伟, 李峰. 桩锚与土钉联合支护结构的概念优化设计[J]. 河南科学, 2006, 24(2): 233 - 236.
- [6] 尹骥, 李象范. 上部土钉、下部桩锚结构的复合型围护结构计算方法的探讨[J]. 岩土锚固工程, 2008, 12(4): 26 - 30.
- [7] 郭院成, 宋建学, 周同和. 桩锚与复合土钉联合支护结构的工程设计[J]. 建筑施工, 2001, 23(1): 375 - 377.
- [8] 郭院成, 王立明, 郑秀丽. 土钉与桩锚联合支护的计算模式[J]. 河南科学, 2003, 21(3): 315 - 319.
- [9] 郭院成, 李峰, 刘建伟, 等. 桩锚与土钉联合支护结构的土压力分配机制[J]. 河南科学, 2003, 24(2): 564 - 566.
- [10] 郭院成, 周同和, 宋建学. 桩锚与土钉联合支护的工程实例[J]. 郑州大学学报(工学版), 2003, 24(2): 26 - 28.
- [11] 马平, 申平, 秦四清, 等. 深基坑桩锚与土钉墙联合支护的数值模拟[J]. 工程地质学报, 2008, 16(3): 401 - 406.

4 工程实例监测结果

将土钉与桩锚复合支护运用于湖南长沙某广场商住楼项目的深基坑支护设计, 在该基坑在开挖过程中和施工后, 对基坑和周边建筑物进行了水平位移和竖直位移的连续监测, 部分监测点的累计位移量见表 2。

5 结论

通过对 3 种计算方法结果进行分析评价, 并且

内蒙古 4 个整装勘查区列入全国地质找矿行动计划

国土资源部网站消息 近日, 国土资源部在《地质矿产保障工程总体方案》的基础上, 根据国土资源大调查、战略性矿产远景调查、危机矿山接替资源找矿等专项成果, 以及全国矿产资源潜力评价阶段性成果, 编制了全国地质找矿行动计划, 初步确定 46 个整装勘查区, 内蒙古占据其中 4 个。分别是《鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀矿整装勘查》、《二连盆地中东部地区铀矿整装勘查》、《内蒙古哈达门沟地区金矿整装勘查》、《内蒙古东乌旗地区铅锌矿整装勘查》。

实施全国地质找矿行动, 是以铀、铁、铜、铝土矿、钾盐、金、铅锌等国家急需和支柱性矿产为重点, 围绕工作程度相对较高、近期有望取得重大突破的重点勘查区, 在对基础地质调查和矿产资源远景调查评价工作进行详细安排的基础上, 统一项目部署, 统一组织实施, 统一工作调度, 多专业、多方法综合部署, 产学研紧密结合, 中央、地方、企业和地勘单位相互联动, 形成较大规模的“会战”, 开展整装勘查, 尽快实现找矿重大突破, 形成新的战略资源接替基地。