

复合土钉支护技术研究现状及存在的问题分析

张晓东

四川省冶勘设计集团有限公司

[摘要]通过国内外专家学者的努力得出很多可喜的成果,但是,这种研究成果仍未形成统一的认识,很多结论的适用性还有待验证。一些特定的土钉复合形式还有待进行专门的论证,以探明其复合形式之间相互的力学机理和相互作用的影响,在此基础上分析复合土钉支护结构的稳定性,并给出相应的设计计算方法。

[关键词]复合土钉; 基坑加固; 支护技术

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.1579

一、国内研究现状

土钉支护形式最早在法国人的努力下进行研究并成功实践,首个土钉支护的案例出现在

1972年,土钉支护技术首次在基坑和边坡工程中被成功运用,德国和美国察觉到了土钉支护技术存在的巨大的研究价值,第一时间开始了对土钉研究。在我国,第一个成功运用土钉支护的案例是在山西柳湾煤矿边坡加固中,之后其应用范围迅速扩大。

复合土钉支护在工程中应用程度极大,跟其他岩土方面的技术方法一样,其理论的研究远远落后于实践的脚步。目前主要的研究方法有以下两种:试验研究和理论研究。目前现行的规范有2012年5月1日启用的《复合土钉墙基坑支护技术规范》,该规范对土钉施工的勘察、设计、施工、检测和监测等各个过程都有着具体详细的要求。

目前,复合土钉支护技术的理论研究正如火如荼地进行,前人通过复合土钉支护技术的力学机理、变形机理、失稳破坏机理、设计理论等方面对其失稳原因等问题进行了卓有成效的研究,得出了一些探索性的结论。

杨志银等通过深圳畔山花园大厦基坑工程的监测及试验,通过研究,对复合土钉技术在复杂地质条件下的应用进行了研究总结。简要介绍了4种复合土钉支护形式在基坑工程中的应用,并对其构造型式、使用条件及设计计算方法进行了深入研究。通过监测及试验结果可以得出复合土钉支护技术在地层条件复杂地区使用时具有明显的优势^[1]。

刘彦忠对太原市东大花园基坑进行了支护设计、试验及监测等工作,研究发现了复合土钉支护技术在杂填土中的工作规律,总结了地层为杂填土的基坑工程的特点以及在具体的设计施工中存在问题的解决方案,为复合土钉技术在杂填土基坑支护中的应用奠定了理论基础^[2]。

张尚根在江苏淮安市金马广场深基坑中通过FLAC3D软件,对水泥土搅拌桩复合土钉形式进行数值分析,其模拟分析结果与实测结果基本吻合,对实际工程的施工与设计贡献较大^[3]。

屠毓敏等研究探讨了超前桩与土钉复合支护方式在实际基坑工程中的应用,着重探究了超前支护桩的桩长对整个复合土钉支护结构稳定性的影响。分析了各个因素对临界桩长的影响程度,研究发现,土钉长度对临界桩长的影响最大^[4]。

段建立等在南京市某隧道支护工程通过现场监测与试验研究,深入研究了搅拌桩复合土钉支护技术的设计与施工方法,

根据现场测试数据整理分析并总结了该工程的基坑位移形式及搅拌桩复合土钉支护中土钉受力特点,对该类支护形式在岩土工程中的应用进行了系统总结^[5]。

郑志辉等对预应力锚杆复合土钉支护技术在长沙市星电公寓深基坑工程中的研究应用了现场试验,首次总结并提出了土钉在杂填土中应变的双弓形分布形态,指出在杂填土边坡中存在两个或以上潜在滑动面。通过试验还得出土钉具有临界锚固长度这一结论,并通过试验分析总结了临界锚固长度的形成原因^[6]。

孙铁成等对土钉复合水泥土搅拌桩支护形式进行了深入的探讨和研究,并着重对这种支护形式下面层的受力情况进行了系统的分析总结。最后得出面层的内力计算公式,通过对上海某基坑支护工程的面层计算,得出竖直方向面层的内力是设计的主要控制因素这一结论,对之后的工程实践指导意义重大^[7]。

尹骥,李象范等根据复合土钉支护结构中通过对位移产生原理的分析总结,提出了一种计算位移的方法,通过理论推导和反演分析,得出计算复合土钉支护结构位移的公式。通过该方法可计算得到“鼓肚子”的位移模式^[8]。

曾宪明,文高原等通过对长沙某基坑复合土钉支护进行了模型试验研究,研究了在深厚杂填土条件下对基坑实施进行复合土钉支护的一系列问题。主要研究内容有:无支护、降雨与不降雨三种不同条件下非夯实或夯实的深厚杂填土边壁的破坏模式,并对其边壁的受力变形特征及作用机理进行了系统总结分析^[9]。

汤连生等通过把预应力锚杆复合土钉支护技术在深圳市假日广场基坑项目为研究背景,通过现场监测及有限元模拟分析,对预应力锚杆复合土钉支护体系中土钉和锚杆的内力进行了系统研究,揭示了预应力锚杆复合土钉支护的内力作用规律并总结了支护结构的变形特征^[10]。

徐长节等以工程实践为基础,研究了复合土钉支护中支护参数的影响规律,通过平面弹塑性有限元法,计算出基坑侧向变形特性。研究表明,复合支护结构的最大变形发生在基坑基底附近,这与采用单纯土钉支护的基坑不同。对于采用复合土钉支护形式进行加固的基坑,适当的采取放坡处理可有效地提高支护效果^[11]。

吴仲城,汤连生等在对预应力锚杆复合土钉支护的研究中采用FLAC3D软件进行模拟,并通过现场原位测试对支护结构位移、土钉及锚杆内力变化规律、土体应力应变情况进行监测和

数据的收集。通过分析数值模拟的结果与原位测试的结果发现数值分析模型的模拟结果与实际工程中的监测结果吻合度较高^[12]。研究结果可为实际工程设计和施工提供指导。

尹骥, 杨林德等利用FLAC3D软件, 并在此基础上结合强度折减法来对复合土钉支护形式的安全稳定系数进行计算, 并将该计算结果与通过条分法计算出的结果进行比较, 发现这两种计算方法得出的结果很相近, 为强度折减法在实际的复合土钉支护工程中的应用奠定了理论基础^[13]。

宋二祥等借助PLAXIS软件对复合土钉支护的作用机理进行了分析, 在分析水泥搅拌桩复合土钉支护方式时, 与普通土钉支护方式进行了对比, 结果表明采用复合土钉支护得到的基坑位移量要比普通土钉支护的变形量更小; 通过对比还发现在墙背及面层后两者的土压力分布形态有所不同、土钉轴力的大小分布特征也有明显差别, 普通土钉的轴力有明显分布规律, 而复合土钉中的土钉轴力分布呈现无序性。此外, 在预应力锚杆复合土钉支护研究中还发现, 锚杆附近的侧壁位移明显减小, 与普通土钉支护形式相比, 土钉轴力最大值明显减小^[14]。

孙铁成等通过所做的大比例尺模型实验对复合土钉的三种支护形式的作用机理进行了初步探讨研究, 发现复合土钉支护形式对控制基坑变形很有效, 并且提高了基坑的稳定系数, 对确保基坑的安全施工意义重大^[15]。

杨志银等通过对某实际基坑工程监测数据的研究, 总结出复杂地质条件下复合土钉的工作规律。试验结果表明, 复合土钉在地质条件较复杂地区有着很大发展空间^[16]。

张明聚等借助数值模拟分析的方法, 通过选择合理的分析单元来分析土钉和土体间的力的传递问题。通过这种方式反映出较贴近实际情况的土钉的拉力作用以及土体与土钉间的相互作用规律。将模拟计算结果与实测数据比对, 发现两种方式得出的变化趋势很相近^[17]。

宋二祥等通过对水泥搅拌桩复合土钉形式的研究, 并结合支护结构受力特征来选择模型的参数, 研究了土体的变形模式等问题, 对实际工程指导意义重大^[18]。

张尚根通过三维有限元软件采用M-C模型对某深基坑工程开挖支护模拟, 用“杆单元”分析方法处理土体与土钉间的接触问题, 得到的计算结果与实际吻合度较高, 具有很大意义^[19]。

杨茜等对边坡坡面受力情况进行了初步的探讨, 对基坑支护设计指导作用重大^[20]。

李象范等通过建立Goodman单元来对混凝土搅拌桩复合土钉支护形式进行模拟, 并将模拟所得结果与实际监测数据对比总结, 证明了模拟结果的合理性^[21]。

徐帮树等通过FLAC3D对某实际工程进行模拟计算并现场监测收集数据, 并对支护结构的变形、内力以及对周边环境的影响进行了系统分析等, 通过研究不同参数间的相互影响得到其计算结果, 对支护设计时参数的选型指导意义重大^[22]。

二、国外研究现状

Vikas Pratap Singh等通过模拟计算对土钉墙进行二维数

值模拟, 发现较先进的土体模型在压力元素和土钉墙稳定性分析的发展中影响甚微^[23]。

King H. Chin等借助有限元软件进行数值模拟, 进而指导对永久性土钉墙设计, 该方法通过对华盛顿某基坑土钉墙的数据收集和分析, 得出在基坑工程中运用永久性土钉墙能减少挡土墙自重荷载的结论, 对工程实践指导意义重大^[24]。

Jankes. V. Singh等对复合土钉墙进行二维数值模拟, 得出典型复合土钉墙中基于平面应变模型的数值分析结果表明: 目前常用的土钉稳定性分析模型在复合土钉墙稳定性分析中并不适用^[25]。

三、研究成果局限性及发展方向分析

虽然通过国内外专家学者的努力得出很多可喜的成果, 但是, 这种研究成果仍未形成统一的认识, 很多结论的适用性还有待验证。一些特定的土钉复合形式还有待进行专门的论证, 以探明其复合形式之间相互的力学机理和相互作用的影响, 在此基础上分析复合土钉支护结构的稳定性, 并给出相应的设计计算方法。这样, 有利于将科学问题归一化、系统化, 在此基础上各个击破, 使复合土钉支护技术以问题明确、方法条理清晰的面貌呈现出来。这必将使得复合土钉支护技术理论的发展更加完善、合理。同时使得该项技术更加规范化, 工程实践有理可依、有据可查。

参考文献:

- [1] 杨志银, 张俊, 王凯旭. 复合土钉墙技术的研究及应用[J]. 岩土工程学报, 2005.
- [2] 刘彦忠. 复合土钉墙技术在杂填土层基坑支护中的应用[J]. 岩土工程学报, 2002
- [3] 张尚根. 复合土钉墙支护FLAC3D数值模拟与实测结果对比[J]. 岩土工程学报, 2008
- [4] 屠毓敏, 鲁美霞. 复合土钉墙中垂直支护桩临界桩长的研究[J]. 岩土工程学报, 2006
- [5] 段建立, 谭跃虎, 樊有维, 等. 复合土钉支护的现场测试研究[J]. 岩土力学与工程学报, 2004
- [6] 郑志辉, 贺若兰, 徐勋长, 等. 复合土钉支护厚杂填土边坡现场试验研究[J]. 岩土力学与工程学报, 2005
- [7] 杨茜, 张明聚, 孙铁成. 复合土钉支护面层设计分析方法研究[J]. 岩土力学与工程学报, 2005
- [8] 尹骥, 魏建华, 李象范. 计算复合土钉支护变形的增量方法[J]. 岩土工程学报, 2007
- [9] 文高原, 姚鹏运, 曾宪明, 等. 降雨前、后夯实填土边坡破坏模式试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005
- [10] 汤连生, 宋明健, 廖化荣. 预应力锚杆复合土钉支护内力及变形分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2008
- [11] 徐长节, 李庆金. 支护参数对复合支护基坑变形的影响分析[J]. 岩土力学, 2005
- [12] 吴忠诚, 汤连生, 廖志强, 等. 大型现场原位测试研究所. 岩土工程学报, 2006