

节理裂隙岩体地基输电线路复合基础数值模拟算例分析

Numerical simulation analysis of the composite foundation of the fracture rock mass transmission line

程 峰 徐玉波 潘晓冬 谢 文 李 俊 殷 飞

(国网新疆电力有限公司经济技术研究院, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 本文通过 FLAC3D 数值计算方法对掏挖+岩石锚杆新型复合基础进行模拟分析, 确定出上部掏挖部分极限强度发挥度 k_1 、岩石锚杆部分极限强度发挥度 k_2 的参数取值, 很好地解决了杆塔结构对基础的上拔荷载如何合理地分配到上部原状土掏挖基础与下部岩层岩石锚杆基础上的问题, 为新疆山区岩体地基的输电线路杆塔基础模块化和标准化设计及施工技术提供依据。

关键词: FLAC3D; 掏挖+岩石锚杆新型复合基础; 数值模拟分析

Abstract: In this paper, FLAC3D numerical calculation method of excavation+rock anchor new type of composite foundation is simulated analysis, determine the degree of upper excavation section ultimate strength to play k_1 k_2 , rock anchor rod part of the ultimate strength play degrees parameter selection, the tower structure on the basis of a good solution on how to reasonably allocated to pull load upper undisturbed soil excavation of foundation and problems, on the basis of the lower strata of rock bolt for xinjiang mountain rock foundation of transmission line tower foundation modularization and standardization technology provides the basis for design and construction.

Key words: FLAC3D; a new composite foundation of excavated+rock bolt; numerical simulation analysis

中图分类号: TU47 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-8965 (2018) 02-0047-02

随着新疆特高压工程的快速建设, 新疆输电线路越来越多地需要途径低山丘陵或高山地形地貌, 在这些丘陵或山地地区, 比较广泛地存在一类“上土下岩”地层分布条件, 针对“上土下岩”的地质条件, 理想的基础型式是将掏挖基础与岩石锚杆基础结合起来, 形成上部掏挖基础与下部岩石锚杆基础联合承载的新型复合式基础(以下简称复合基础)。这种新型复合基础能够显著减少基础埋深, 减小基础材料耗量, 降低基础工程造价, 还提高了基础整体的承载力特性^[3]。

在掏挖+岩石锚杆新型环保型复合基础的抗拔承载力设计过程中, 关键要解决的是上部掏挖部分极限强度发挥度 k_1 、岩石锚杆部分极限强度发挥度 k_2 的取值参数^[2]。因此新疆节理裂隙岩体地基就需开展适用于覆盖层不同的复合锚杆基础等理论与试验的系统化研究, 本文通过 FLAC3D 数值计算方法对掏挖+岩石锚杆新型复合基础进行模拟分析, 对其承载力的传递机理提供参考。

1 数值计算方法简介

FLAC3D (Fast Lagrangian Analysis of Continuum in 3 Dimensions) 是美国 ITASCA 咨询集团公司 (Itasca Consulting Group Inc.) 开发的三维快速拉格朗日分析程序。该程序较好地模拟地质材料在达到强度极限或屈服极限时发生的破坏或塑性流动的力学特性, 特别适用于分析渐进破坏失稳以及模拟大变形^[1]。

2 计算模型与边界条件

复合基础的的影响范围取决于基础的尺寸与开挖深度及周围的地质条件。在确定计算边界时, 根据掏挖基础的上拔角确定周围的影响边界, 根据上下土层相对坚硬程度来确定下边界, 如在粘土层下的弱风化岩可作为竖向零位移边界, 一般认为当下层材料的变形模量为上层材料的 500~1000 倍时, 则可以取接触面处为计算边界。

通常模型的边界条件分为两类: 位移边界条件和应力边界条件, 而土体自由表面仅仅是应力边界条件的一种特殊情况。边界条件的确定原则为: 在模型两侧施加位移边界条件, 使得模型在该方向上的水平位移为零; 而在模型上表面施加应力边界条件, 模拟基础的上拔应力状态或水平应力状态; 在模型底部边界条件通常简化为固定边界条件, 即固定底部不产生竖向与水平位移。

3 算例模拟

3.1 算例概况

数值模拟共包括 6 种不同的工况, 其中工况二与工况五的取值参数均相同, 为基准工况, 其土体力学参数根据现场试验的地质勘察资料获得, 其基础尺寸与现场试验基础基本一致。

工况一、工况二、工况三对比分析了不同土体力学参数条件下的基础上拔承载力比较分析, 其中工况一的土体弹性模量比工况二的土体弹性模量低 10 倍, 工况三的土体弹性模量比工况二的土体弹性模量高 2.5 倍, 与下部岩体的弹性模量一致。

3.1.1 力学参数取值

数值计算中岩土体采用理想弹塑性本构模型—摩尔库

表 1 岩土体 Mohr-Coulomb 模型特性参数

模拟工况	土体名称	土厚（m）	弹性模量 E（MPa）	泊松比 μ	密度 γ（kNm ³ ）	粘聚力 C（kPa）	摩擦角 φ	抗拉强度 τ
工况一	上部杂填土	2.8	3	0.3	18.8	8.8	37	25
工况二			30					
工况三			73.8					
工况四		2.0	30					
工况五		2.8						
工况六		3.6						
五种工况	下部中风化岩	>10	73.8	0.22	23	50	35	2500

仑（Mohr-Coulomb）模型，它是最通用的岩土本构模型，摩尔库仑模型中的相关特性参数取值如表 1 所示，工况一、工况二、工况三的土体硬度不同，工况四、工况五、工况六的上部土体厚度不同，其余土体参数一样；数值模拟中的岩体强度参数全部一致。

3.1.2 复合基础模型模拟尺寸

以工况二为例，掏挖 + 岩石锚杆新型复合基础的计算模型宽度为 8m、模拟深度为 6m。网格单元共划分为 13392 个立体单元，其尺寸大小不同，平均尺寸为 0.1m×0.1m×0.1m。模型采用半模结构，模型左右两侧限制 X 向水平约束，模型前后两侧限制 Y 向水平约束，模型底部限制 X、Y、Z 三个方向的约束（相当于固定支座）。

3.2 荷载位移结果分析

复合基础的荷载位移曲线表明，复合基础的上拔极限承载力不能简单的叠加，其中岩石锚杆部分极限强度发挥程度 k2 可取 1.0，掏挖部分的极限强度发挥程度 k1 小于 1.0，具体取值范围仍需要进行理论分析与大量现场试验的佐证。

4 结 语

通过 FLAC3D 数值计算方法对掏挖 + 岩石锚杆新型复合基础进行模拟分析，确定出上部掏挖部分极限强度发挥度 k1、岩石锚杆部分极限强度发挥度 k2 的参数取值，为新疆山区岩体地基的输电线路杆塔基础模块化和标准化设计及施工技术提供依据。

参考文献

[1] 鲁先龙，程永锋，张宇. 输电线路杆塔原状土基
础抗拔力承载力计算探讨. 银川：中国电机工程学会输电
线路专业委员会输电结构第五届第一次学术年会论文集.
2007.8：428-449.

[2] 郑卫锋，杨文智. 掏挖 + 岩石锚杆复合式基础的
关键技术研究. 北京：中国电力科学研究院，2012.

[3] 鲁先龙. 输电线路新型环保基础型式的应用研究.
北京：中国电力科学研究院，2009.

中国建材集团副董事长、党委副书记刘志江到中国建材总院调研

3月1日，中国建材集团副董事长、党委副书记刘志江一行到中国建材总院调研指导工作。中国建材集团副董事长、党委常委，中国建材总院院长姚燕对刘志江一行的到来表示欢迎，并详细介绍了总院历史沿革、组织结构、经营发展、科技创新和党建工作情况。中国建材总院深入贯彻落实党的十九大精神以及党中央和国资委“稳中求进”等要求，在中国建材集团的正确领导下，坚持集团“稳增长、抓改革、防风险、强党建”十二字工作方针和“早细精实、干字当头”“稳价、保量、降本、收款、压库、调整”等经营管理原则，2017年实现收入68.37亿元，同比增长24%，利润总额7.75亿元，同口径增长22%，取得良好的经营业绩。姚燕对中国建材集团的正确领导和中材股份的大力支持表示感谢。

刘志江对总院多年来贯彻落实集团战略部署，大力实施调整转型、科技创新和党建文化等工作所取得的成绩给予了充分肯定和高度评价，并对总院下一步工作提出了希望和具体要求。一是强化战略引领。总院要紧紧围绕集团“创新驱动、绿色发展、国际合作”的三大战略部署和集团“六大业务平台”发展方向，加强顶层设计和战略布局，切实发挥科技引领作用，促进集团科技平台的升级，支撑集团转型发展；二是加大创新驱动。创新是企业发展的第一动力，关键在人才。总院要加大科研设计院所的体制机制的改革探索，丰富创新模式，创新激励机制，充分激发企业发展动力和人才创新活力；三是加强业务协同和资源配置。充分利用集团和总院在技术、产品和市场优势，服务于集团战略，切实做好产学研业务协同和科技资源的优化配置，加大技术推广和成果产业化，探索新的协同共享方式，拓展协同合作空间，提升总院可持续发展的软实力；四是突出绿色发展。大力构建符合国家发展战略的产业模式，为行业和集团的绿色发展提供有力科技支撑；五是着眼开放视野。要勇于解放思想，加大国际交流与合作，积极实施“走出去”战略，以国际化的视野、勇于开放的信心和国际化的人才队伍，构建总院发展新格局，拓展发展新空间，培育发展新动能；六是强党建促发展。以十九大精神为指引，始终牢记两个“一以贯之”，切实加强基层党建，探索党建工作新模式，在四个结合上下功夫，开创总院改革发展和党建工作的新局面。

调研期间，刘志江参观了总院光纤面板生产基地、绿色建材国家重点实验室、国检集团实验室和总院展室。

中材股份总裁、党委副书记彭建新，中材股份党委副书记、副总裁傅金光，中材股份副总裁、中材科技董事长薛忠民，中国建材总院党委书记、副院长王益民，总院副院长、总会计师朱全英，总院副院长、瑞泰科技党委书记、董事长曾大凡，总院党委副书记、国检集团党委书记、总经理马振珠，总院副院长、北京凯盛总经理马明亮等陪同调研参观。