

铁路桥台基坑开挖支护方案及稳定性计算

唐小军, 袁仕贵

(云南省铁路集团有限公司, 云南 昆明 650118)

摘 要: 以某铁路桥台基坑为例, 针对基坑现场地质情况先浇筑桩径为 1m 的灌注桩单排桩, 等灌注桩混凝土达到设计强度后再开挖基坑, 并运用 Flac3D 进行相应的模拟分析与计算, 经计算并现场施工检验, 该支护方案安全可靠。

关键词: 铁路桥台, 基坑开挖, 支护方案, 稳定性计算

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 08-0146-03

在公路、铁路、建筑行业中, 基坑开挖与支护是不可缺少的分部分项工程, 而基坑事故屡有发生, 引起了广大学者与工程技术人员的关注。郑刚等^[1]运用有限元方法研究了倾斜桩支护结构的工作性能和基坑的稳定性。陈云钢等^[2]运用有限元软件 Abaqus 建立临近铁路侧桩锚复合支护结构模型, 模拟分析铁路两侧沉降、桩顶水平位移、桩顶沉降, 并与监测结果进行对比。孙超等^[3]运用 Midas GTS 软件模拟计算得出的桩顶水平位移和围护结构最大水平位移与实际监测数据基本吻合。郑刚等^[4]采用有限差分法, 研究了局部超挖对双排桩内力、变形及稳定性的影响。辛鹏飞等^[5]采用 FLAC3D 建立基坑开挖对周边环境影响的数值模型, 对基坑开挖引起的坑底变形与位移进行分析计算。以上取得了丰富的研究成果, 并运用于工程实践中。本文以某铁路桥台基坑为例, 分析基坑开挖支护方案并运用 Flac 3D 进行相应的模拟分析与计算, 以期工程实践提供依据与参考。

1 工程概况及基坑支护方案

某新建铁路双线大桥桥台位于某隧道进口的斜坡上, 承台边缘距离正在施工的隧道口 11m, 桥台基坑后缘开挖深度 7.5m。根据地勘报告地下水位线在承台以下, 基坑开挖不受地下水影响, 地层分别为回填土、全风化带页岩, 砂岩和强风化带页岩、砂岩, 无不良地质及特殊岩土。桥台处地层岩土物理力学指标如表 1 所示。

根据现场施工场地情况, 为确保该桥台基坑开挖时不影响其上方施工便道正常通行及隧道洞口的稳定, 确定该桥台基坑开挖支护方案为: 基坑开挖深度 7.5m, 基坑采用直径为 1.0m 钻孔灌注排桩进行支护, 防护桩灌注前下放钢筋笼, 采用 C30 混凝土。排桩间净距 1.5m, 桩长 12m, 如图 1。

表 1 岩土体及支护桩物理力学参数

土层	土体重度 (kg/m³)	弹性模 量(Gpa)	泊松 比	粘聚力 (kpa)	内摩 擦角 (度)
强风化砂 岩层	2000	0.24	0.35	25	18
中风化砂 岩层	2200	1.3	0.32	25	40
支护桩	2300	30	0.25	弹性模型	

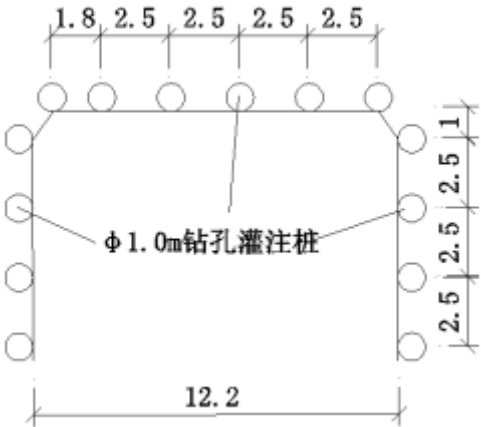


图 1 基坑开挖支护示意图

2 桩基支护稳定性验算

该基坑开挖支护采用平面杆系结构弹性支点法计算, 计算作用在支护结构上的水平荷载时^[6], 考虑下列因素: ①基坑内外土的自重(包括地下水); ②基坑周边既有和在建的建(构)筑物荷载; ③基坑周边施工材料和设备荷载; ④基坑周边道路车辆荷载; ⑤冻胀、温度变化及其他因素产生的作用。因本工程基坑地下水埋深较深, 基坑开挖地下水不出露, 故只需考虑地下水位以上土层情况。

排桩悬臂式支挡结构的嵌固深度(l_d)应符合式(1),嵌固稳定性受力如图2所示。

$$\frac{E_{pk} \alpha_{pl}}{E_{ak} \alpha_{al}} \geq k_e \quad (1)$$

式中: K_e —嵌固稳定安全系数;安全等级为一级、二级、三级的悬臂式支挡结构, K_e 分别不应小于 1.25、1.2、1.15;

E_{ak} 、 E_{pk} 分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力标准值 (kN);

a_{al} 、 a_{pl} 分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力合力作用点至挡土构件底端的距离 (m)。

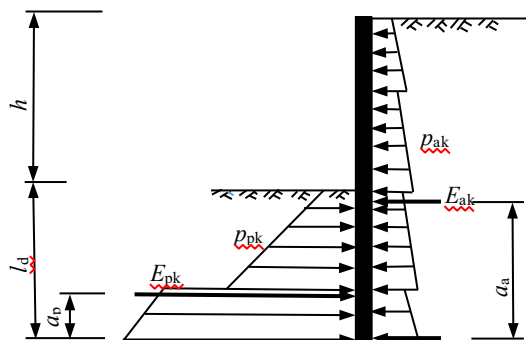


图2 悬臂式结构嵌固稳定性验算

经计算,

$$\frac{E_{pk} \alpha_{pl}}{E_{ak} \alpha_{al}} = \frac{381.915}{\left(\frac{107.65 + 71.765}{2} \right) \cdot \frac{1}{3} \times 12} \cdot \frac{\frac{1}{3} \times 4.5}{\frac{1}{3} \times 12} = 1.6 > 1.25$$

计算结果大于安全等级为1级的悬臂式支挡结构嵌固稳定安全系数1.25,符合要求。

3 桥台基坑支护结构模拟计算

3.1 模型构建

模型取长、宽、高分别为80.0m、63.0m、76.0m,根据地勘资料,模型地层结构划分从地表至基岩分别为:隧道山体为强风化砂岩、基坑地面以下4米为强风化砂岩、4米以下为中风化砂岩层,构建的三维斜坡开挖支护后的模型如图3所示。采用位移边界约束条件,对模型的四个侧向边界固定其法向约束,基坑临空面为自由边界;底面边界固定了X、Y、Z三个方向的约束,不允许产生位移,模型只考虑模型体自重应力场作用,分析原位斜坡在自重应力场作用下的位移和应力响应行为。

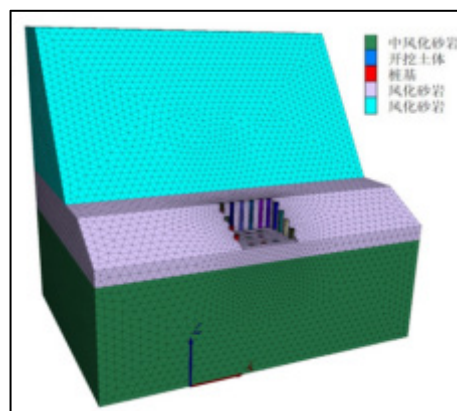


图3 基坑开挖支护模型

3.2 基坑开挖应力与位移

3.2.1 应力分析

基坑开挖后最大剪切应力如图4所示,支护桩基后侧土体应力明显高于周围土体的应力值,这是由于基坑土体开挖后支护桩后侧土体在自重作用下向基坑临空面产生滑动趋势,下滑力明显增加,且由于支护桩对土体的支护使得土体不能往下滑动,因而后侧土体出现较大的应力集中区域,其中剪应力最为明显。

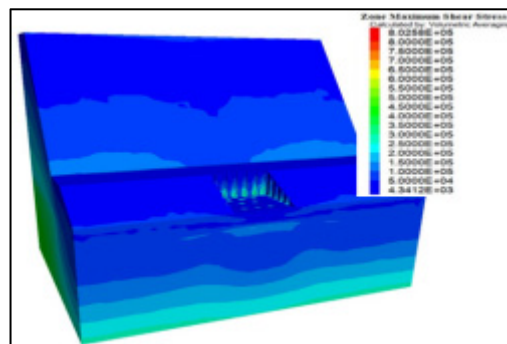


图4 基坑开挖后最大剪应力分布图

3.2.2 位移分析

基坑开挖后基坑周围土体的位移区域分布如图5所示,最大位移区域主要分布在基坑后侧(临近山体侧),且最大位移值约为7.8mm;左右两侧坑壁的最大位移值约为3mm;基坑底部出现的隆起高度约为2mm,因此整个基坑壁最大位移区域为基坑后侧壁上土体,但总体来说位移值较小。

3.3 支护桩基受力及变形

3.3.1 应力分析

桥台基坑支护桩基的剪切应力分布情况如图6所示,桩基承受的最大剪切应力值约为 $8.03 \times 10^5 \text{pa}$,出现在基坑后壁左起第一根桩基底部及右起第一根桩基中部位置;剪切应力较大区域主要集中在桩基底部及基坑

开挖最大深度 7.5m 位置附近；而左右侧壁支护桩中最大剪切应力主要集中在最大开挖深度区域且应力值远小于后壁支护桩基。

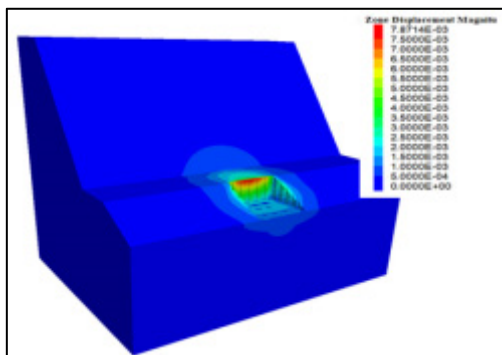


图 5 开挖后最大位移图

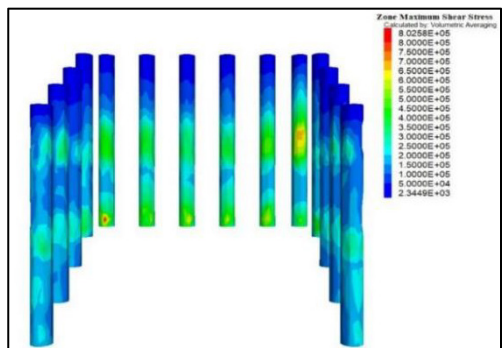


图 6 支护桩基最大剪切应力图

3.3.2 位移分析

基坑边坡支护桩基最大位移情况如图 7 所示，桩基的最大位移出现在基坑后侧坑壁支护桩中左起第二至第四根，最大位移值区域为桩基顶部，其值为 7.76mm；而基坑左右两侧侧壁边坡中的位移值较小，且随着距离后侧坑壁越远桩基顶部的位移值越小。表明基坑边坡土体中后壁边坡土体位移量最大，两侧边坡位移值小。

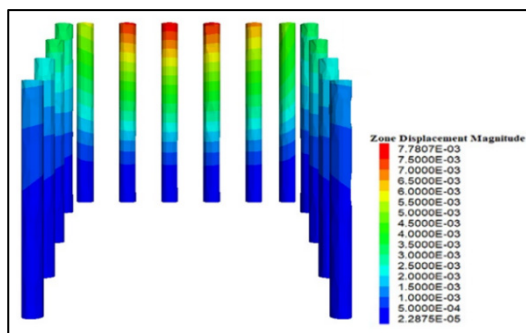


图 7 支护桩基最大位移图

3.4 基坑边坡稳定性分析

桥台基坑开挖后边坡稳定性计算采用强度折减法进行模拟分析，最终计算获得的基坑边坡安全系数为 1.574。根据文^[6]中对边坡工程安全等级的划分以及对

边坡安全系数的定义，可以认为本基坑开挖后基坑边坡的安全系数符合规范要求。采用强度折减法进行边坡稳定性分析时，随着折减系数的不断增大，边坡各个部位必然会逐步发生不同程度的塑性变形，因此，如果发生塑性变形的区域相互贯通，那么代表整个边坡已经发生整体失稳。从图 8 可以看出基坑边坡土体塑性变形土体并没有形成贯通的大片区域，因此基坑边坡处于稳定状态。

4 结论

(1) 采用排桩支护方案的嵌固稳定性验算计算结果大于安全等级为 1 级的悬臂式支挡结构稳定系数 1.25，说明该支护方案是可行的。

(2) 桥台基坑在钻孔灌注桩支护下进行开挖基坑边坡土体没有出现贯通的塑性区，最大位移值较小，剪切应力集中区域不大，因此基坑开挖后其边坡处于稳定状态。

(3) 支护桩基最大剪切应力值、剪切应变增量区面积、轴向应力值均较小，桩基的最大位移值也符合相关规范要求值，表明桩基在基坑开挖完成后对边坡的支护作用满足要求。

(4) 采用有强度折减法对整个基坑边坡进行安全系数求解，安全系数为 1.574，满足要求。

参考文献：

- [1] 郑刚, 王玉萍, 程雪松, 等. 倾斜桩支护结构的工作性能和基坑稳定性 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2021,(1):115-124.
- [2] 陈云钢, 张胜, 许立, 等. 桩锚复合支护结构对临近铁路侧基坑开挖的影响 [J]. 安徽工业大学学报: 自然科学版, 2021,(1):90-96.
- [3] 孙超, 陈军君, 孙益哲. 基于 Midas GTS 软件对某基坑支护的数值模拟分析 [J]. 2021,(1):21-26.
- [4] 郑刚, 衣凡, 黄天明, 等. 超挖引起双排桩支护基坑倾覆型连续破坏机理研究 [J]. 岩土工程学报, 2021,(8):1373-1381.
- [5] 辛鹏飞, 吴刚, 余斌, 等. 排桩-锚索支护结构在地下车库深基坑中的应用 [J]. 建筑结构, 2021(S01):2018-2022.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑基坑支护技术规程. 中国建筑工业出版社: 北京 2012.