

抗滑桩或桩板墙桩底支承错误选用的设计风险

黄钊鑫¹, 晁洋洋¹, 吴 坚¹, 吴 平²

¹重庆路威土木工程设计有限公司, 重庆

²中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州

Email: 224148476@qq.com, 648156679@qq.com, 245416931@qq.com, 297234560@qq.com

收稿日期: 2021年4月3日; 录用日期: 2021年4月22日; 发布日期: 2021年4月29日

摘 要

抗滑桩和桩板墙设计计算时,很多规范认为嵌入岩石较深时可选用自由或铰接,个别规范甚至支持固定。本文通过Midas civil软件模拟抗滑桩计算,讨论桩底自由、铰接和固定不同约束的计算结果差异,并提出支承错误选用的风险,建议规范对桩底约束宜采用自由端进行计算,尤其是在变形控制时应采用自由端,而对于桩底铰接和固定端的约束应删除,避免采用错误的模型,导致实际工程的变形过大。

关键词

抗滑桩, 桩板墙, 桩底支撑

Design Risk of Incorrect Selection of Bottom Support of Anti-Slide Pile or Pile Wall

Chuanxin Huang¹, Yangyang Chao¹, Jian Wu¹, Ping Wu²

¹Chongqing LeWay Civil Engineering Design Co., Ltd., Chongqing

²China Northwest Municipal Engineering Design and Research Institute, Lanzhou Gansu

Email: 224148476@qq.com, 648156679@qq.com, 245416931@qq.com, 297234560@qq.com

Received: Apr. 3rd, 2021; accepted: Apr. 22nd, 2021; published: Apr. 29th, 2021

Abstract

In the design and calculation of anti-slide piles and pile walls, many codes believe that when the rock is embedded in deep, free joints or hinge joints can be used, and some codes even support fixing. In

this paper, the calculation of anti-slide piles is simulated by Midas-Civil software geotechnical calculation. The differences in the calculation results of free pile bottom, hinged pile bottom and fixed pile bottom are discussed, and the risk of wrong choice of support is put forward. It is recommended that the free end should be used in the calculation of the pile bottom constraint in the code, especially in the deformation control, the constraint of the hinged and fixed pile bottom should be deleted to avoid use the wrong model, and the actual engineering deformation is too large.

Keywords

Anti-Slide Pile, Pile Wall, Bottom Support

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

抗滑桩和桩板墙设计计算时,很多规范认为嵌入岩石较深时可选用自由或铰接,仅《滑坡防治设计规范》(GB/T38509-2020) [1]和《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(DZT0219-2006) [2]规范有桩底固定的提法;桩端不同的约束模式下的桩身弯矩、剪力、土反力、桩顶位移计算结果均有差异[3],通过 Midas Civil 软件对相同荷载和相同岩层条件下,桩底采用自由、铰接和固定进行结果对比,分析讨论不同桩端支承结果的差异,并分析错误支承存在的风险:采用桩端铰接或固定时,极易导致工程实际位移超过计算位移。

2. 通用有限元节点单元划分

1) 岩质地基弹簧刚度系数模拟

通用软件中弹簧模拟,建议每延米分4(或8段,越细越精确),由于第1个节点与最后第*i*个节点与中间节点(2,⋯, *i*-1)单元长度差异见图1,导致他们的弹簧刚度系数差异[4]。

2) 有限元节点的岩土体横向压应力计算:

$$\sigma_{xi} = F_{xi} / (nB_p), \text{ 其中 } i = 2, \dots, i-1 \quad (\text{式-1})$$

$$\sigma_{si} = F_{xi} / (2nB_p), \text{ 其中 } i = 1, i \quad (\text{式-2})$$

式中: σ_{xi} ——第*i*个节点岩土体应力(kPa); F_{xi} ——第*i*个节点反力(kN); *n*——每延米节点分段数; B_p ——参照《通用有限元模拟抗滑桩或桩板墙计算》式4~7计算桩的计算宽度(m) [4]。

3. 项目概况

某一级路,滑体厚度6m,滑面为岩土界面,嵌固岩层为泥岩,单轴极限抗压强度6.7Mpa,滑坡推力为300kN/m,抗滑桩悬臂段为6米,嵌固段为5米,桩中心间距为5米,桩采用C30砼,截面为1.5×2m(宽×高),嵌固段(中风化泥岩)岩体水地系数 $K = 60 \text{ MN/m}^3$, (滑坡推力按矩形分布计算),桩结构由滑坡推力控制,按照《公路路基设计规范》(JTGD30-2015) [5]表H.0.1-2滑坡推力为偶然荷载,其分项系数取1.0。

本模型桩上均布荷载[4] $q = 300 \times 5/6 = 250 \text{ kN/m}$

模型按照每延米4个节点进行划分,节点的弹簧刚度系数[4]:

$$K_{s1} = K_{si} = 60000 \times 2.5 / (2 \times 4) = 18750 \text{ kN/m.}$$

$$K_{s2} = K_{si-1} = 60000 \times 2.5 / 4 = 37500 \text{ kN/m.}$$

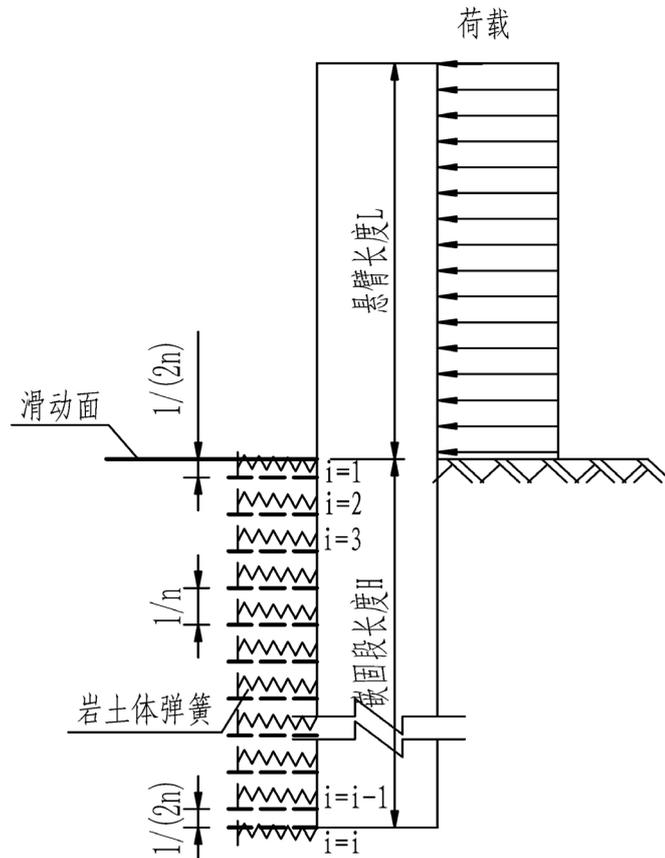


Figure 1. Element division model of fixed block joint

图 1. 嵌固段节点单元划分模型

4. Midas 软件对于不同桩底约束计算结果对比分析

1) Midas 计算结果

Midas 软件桩底不同约束条件的弯矩汇总见图 2;

Midas 软件桩底不同约束条件的剪力汇总见图 3;

Midas 软件桩底不同约束条件的位移汇总见图 4, 反力见图 5。

约束类型 比较项目	自由		铰接			固定		
	距离桩顶位置(m)	数值	距离桩顶位置(m)	数值	与自由相对值	距离桩顶位置(m)	数值	与自由相对值
最大弯矩(kN.m)	6.75	5028	7.25	5310	5.61%	11	8882.9	76.67%
最大剪力(kN)	6	1500	6	1500	0.00%	6	1500	0.00%
反向最大剪力(kN)	9	1767.9	11	2050.3	15.97%	-	-	-
桩底岩土应力(kPa)	11	658.4	11	6560.96	896.50%	11	2123	222.45%
桩顶位移(mm)	0	50.31	0	25.68	48.96%	0	11.57	77.00%
嵌固点位移(mm)	6	15.39	6	10.02	34.89%	6	3.21	79.14%

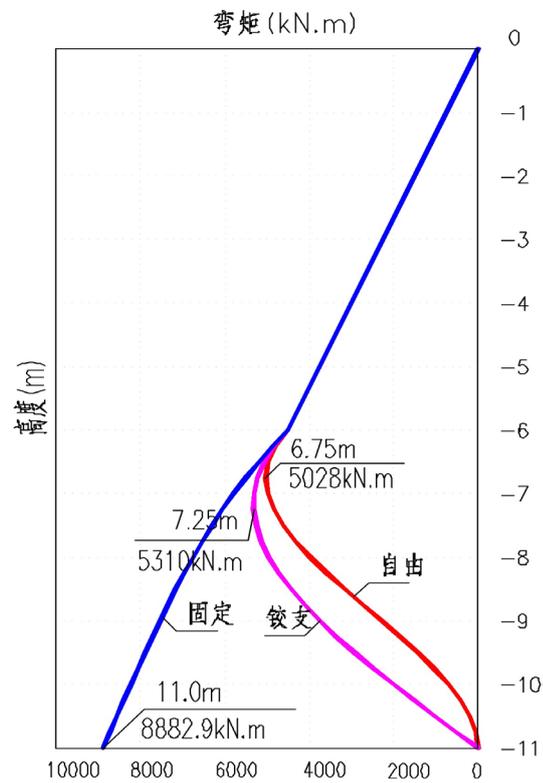


Figure 2. Bending moment diagram (kN.m)

图 2. 弯矩图(kN.m)

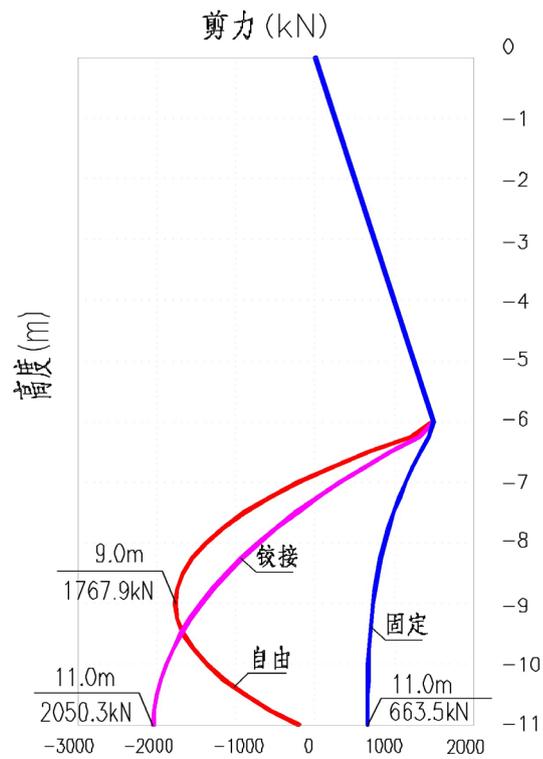


Figure 3. Shear diagram (kN)

图 3. 剪力图(kN)

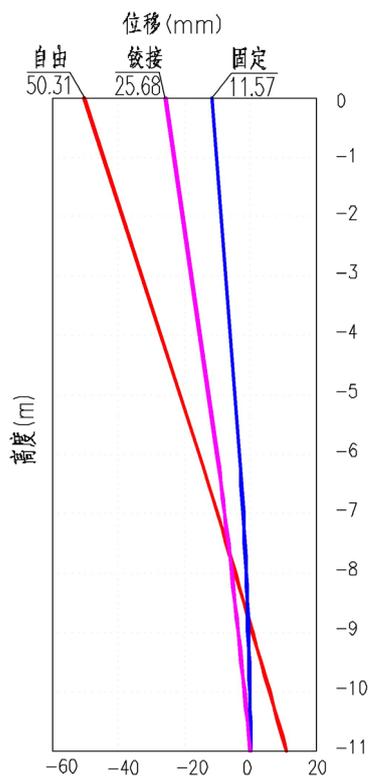


Figure 4. Displacement diagram (mm)

图 4. 位移图(mm)

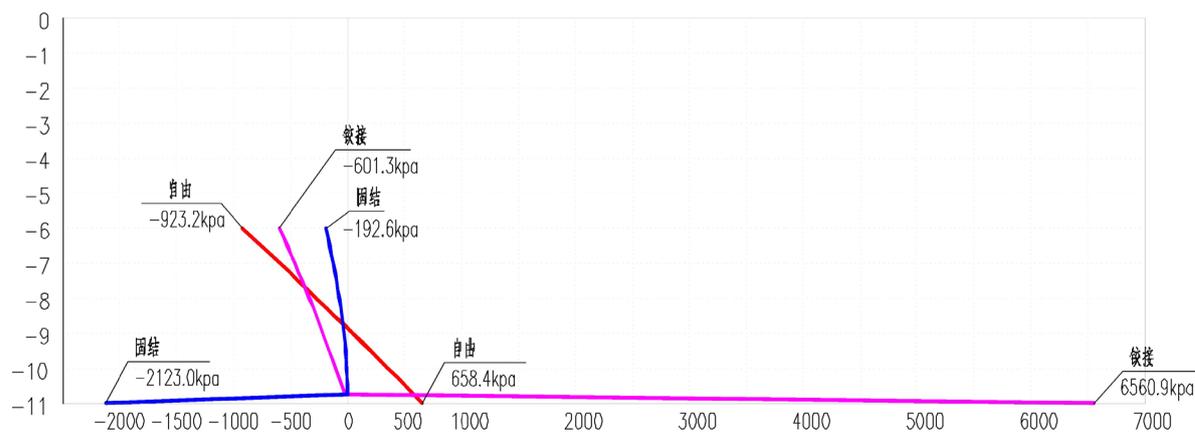


Figure 5. Soil inverse force diagram (kpa)

图 5. 土反力图(kpa)

由于铰结和固定约束，桩端反力很大(尤其是桩端铰接)，存在应力集中问题。桩端应力极易超过岩土体的承载能力，而进入塑性状态，荷载不变的情况下内力变形都会调整，使得计算更加复杂，常规的勘察和计算方法都无法准确计算，因此不宜采用桩端铰接和固定计算。

2) 不同约束条件结果对比

目前对于桩端约束只有少数规范提了固定端的约束，此约束桩端弯矩最大。但桩与岩体无钢筋连接，不能受拉传递弯矩，这种模型的理论与实际是不相符的，其桩顶位移是几种约束中最小的，极易导致工程实际位移超过计算位移。

桩底铰接与桩底自由最大弯矩和剪力比值分别为 $5310/5028 \times 100\% = 105.6\%$ 、 $2050.3/1767.9 \times 100\% = 115.9\%$ ，说明通过桩底铰接比桩底自由的配筋量更大，但桩底铰接约束方式计算的桩顶位移偏小(本案例桩底铰接与自由计算出桩顶的位移比为 $= 25.68/50.31 = 51\%$)，对需要控制变形的边坡，可能存在实际变形超计算变形的风险。

5. 结论

本文结合现行《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025-2019)、《公路路基设计规范》(JTGD30-2015)、等规范，采用 Midas Civil 软件模拟抗滑桩在桩底自由、铰接和固定三种约束下的计算结果，对比后发现：桩底铰接比桩底自由计算的弯矩和配筋略大，桩端反力极易超过规范容许值，部分软件未能正确计算桩端节点反力(或应力)。但桩底铰接计算的桩顶位移偏小，对需要控制变形的边坡，可能导致工程实际位移超过计算位移。

桩底固定约束条件下，计算弯矩最大、计算桩顶位移最小，桩端弯矩与实际情况不符。建议规范对桩底约束应采用自由端进行计算，对于桩底固定端和铰接端的约束应删除，避免误导设计师，采用错误的桩端约束，导致实际工程的变形过大。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建筑行业标准. GB/T 38509-2020 滑坡防治设计规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [2] 中华人民共和国建筑行业标准. DZT0219-2006 滑坡防治工程设计与施工技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 黄小鹏, 杨树宝, 刘光华, 郭映忠. 嵌岩抗滑桩端支撑条件有限元分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2011, 30(增刊 1): 526-529.
- [4] 黄钊鑫, 唐家富, 王升堂. 通用有限元模拟抗滑桩或桩板墙计算[J]. 土木工程, 2020, 9(4): 321-329. <https://doi.org/10.12677/HJCE.2020.94035>
- [5] 中华人民共和国交通行业标准. JTG D30-2015 公路路基设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.