

General Finite Element Calculation of Anti-Slide Pile or Pile Wall

Chuanxin Huang¹, Jiafu Tang², Shengtang Wang¹

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

²Chongqing Research Institute of Building Science, Chongqing

Email: 224148476@qq.com, 3070206683@qq.com, towangshengtang@qq.com

Received: Mar. 23rd, 2020; accepted: Apr. 17th, 2020; published: Apr. 24th, 2020

Abstract

With the development of economy and the increasing demand of landscape and modeling for structural engineering, there are many restrictions on the calculation of special-shaped structure through conventional software, which is mainly limited by the software modules or models, so it is impossible to calculate the variable cross-section or special-shaped structure. In this paper, through research and simulation, the general finite element simulation of rock horizontal constraint and beam element simulation of anti slide pile (or pile sheet wall) are introduced, in this paper are verified by comparison between the simulation calculation of spa2000 and midas Civil software and Li-zheng geotechnical software. Verify the correctness and reliability of the stiffness calculation method of rock soil joints proposed in this paper.

Keywords

General Finite Element, Anti-Slide Pile, Pile Wall, Calculation

通用有限元模拟抗滑桩或桩板墙计算

黄钊鑫¹, 唐家富², 王升堂¹

¹重庆路威土木工程设计有限公司, 重庆

²重庆市建筑科学研究院, 重庆

Email: 224148476@qq.com, 3070206683@qq.com, towangshengtang@qq.com

收稿日期: 2020年3月23日; 录用日期: 2020年4月17日; 发布日期: 2020年4月24日

摘要

随着经济的发展和景观、造型对结构工程有越来越高的要求, 通过常规软件对异型结构进行计算会存在

文章引用: 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.

DOI: 10.12677/hjce.2020.94035

较多限制, 主要受软件的模块或者模型限制, 无法对变截面或异形结构进行计算。本文通过研究模拟, 介绍通用有限元模拟岩体水平约束、梁单元模拟抗滑桩(或桩板墙), 并通过spa2000及midas Civil软件模拟计算与理正岩土进行对比, 验证本文提出的岩土体节点刚度计算方法的正确性和可靠性。

关键词

通用有限元, 抗滑桩, 桩板墙, 计算

Copyright © 2020 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

常规软件对异型结构进行计算会存在较多限制, 无法对变截面或者复杂的异形结构进行计算, 需要借用通用有限元软件进行计算, 而通用有限元中岩土与结构之间的约束模拟是计算的关键技术, 本文通过案例结合现行《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)、《建筑桩基技术规范》(JCJ 94-2008)等规范, 介绍通用有限元如何模拟岩土体对水平受荷结构的约束, 采用 spa2000 及 midas Civil 软件模拟抗滑桩计算与理正岩土进行对比, 以验证本文所提出的岩土体对水平受荷结构的节点弹簧刚度计算方法的准确性和可靠性, 经验证本文所述的土体节点刚度计算模拟方法与现行规范要求一致, 计算结果准确可靠。

2. 通用有限元模型建模技巧

1) 滑坡推力分布模拟: 桩上滑坡推力均布荷载 q 的计算

$$q = P \times L / h \quad (\text{式-1})$$

式中: P ——桩后滑坡推力剩余下滑力的水平分力(kN/m);

L ——抗滑桩中心间距(m);

h ——抗滑桩的悬臂端长度(m)。

2) 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), 节点劲度系数 K_{si} , 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。

$$K_{si} = K * B_p / n, \quad \text{其中 } i = 2, \dots, i-1 \quad (\text{式-2})$$

$$K_{si} = K * B_p / (2n), \quad \text{其中 } i = 1, i \quad (\text{式-3})$$

式中: K_{si} ——第 i 个节点等效节点刚度(kN/m)

K ——岩体抗力系数(kN/m³);

n ——每延米节点分段数;

B_p ——桩的计算宽度(m)。

桩的计算宽度 B_p , 参考《铁路路基支挡结构设计规范》(TB10025-2019)第 13.2.8 条[1], 方桩 $b > 1$, $B_p = b + 1$ (由于铁路上为尽量发挥桩的抗弯刚度, 常用人工挖孔方桩)。

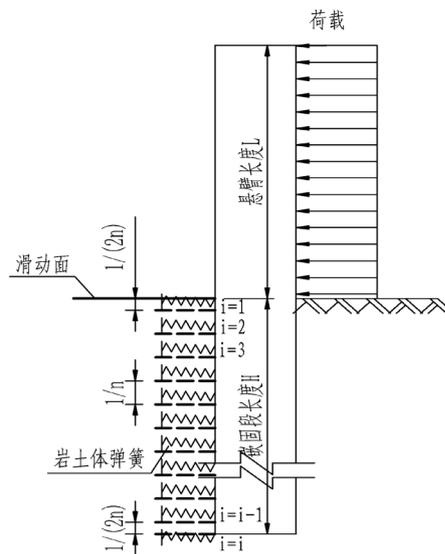


Figure 1. Conversion calculation model of spring stiffness coefficient of foundation

图 1. 岩质地基弹簧刚度系数换算计算模型

《铁路路基支挡结构设计规范》(TB10025-2019)第 13.1.2 条[1]桩的截面尺寸应根据滑坡推力的大小、桩间距以及锚固段地基的横向容许承载力等因素确定。抗滑桩的截面形状宜为矩形。桩最小边宽度不宜小于 1.25 m。

参照《建筑桩基技术规范》(JCJ 94-2008)第 5.7.5 条[2]:

$$\text{矩形桩 } b \geq 1 \text{ 时, } B_p = b + 1 \quad (\text{式-4})$$

$$\text{圆形桩 } b \geq 1 \text{ 时, } B_p = 0.9(d + 1) \quad (\text{式-5})$$

$$\text{矩形桩 } b < 1 \text{ 时, } B_p = 1.5b + 0.5 \quad (\text{式-6})$$

$$\text{圆形桩 } d < 1 \text{ 时, } B_p = 0.9 \times (1.5d + 0.5) \quad (\text{式-7})$$

3. 项目概况

某二级路,土质滑坡,土层厚度 6 m,滑面为岩土界面,嵌固岩层为泥岩,单轴极限抗压强度 6.7 Mpa,滑坡推力为 300 kN/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 m × 2 m(宽 × 高),嵌固段(中风化泥岩)岩体水地基系数 $K = 60 \text{ MN/m}^3$ (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》(JTG D30-2015)表 H.0.1-2 [3]滑坡推力为偶然荷载,其分项系数取 1.0。

按(式-1),本模型桩上均布荷载 $q = 300 \times 5/6 = 250 \text{ kN/m}$ 。

本案例 midas 和 sap2000 模型按照每延米 4 个节点进行划分,则节点的弹簧刚度系数按(式-2):

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

按(式-3): $K_{s2} = K_{si-1} = 60000 \times 2.5 / 4 = 37500 \text{ kN/m}$ 。

4. 各软件计算结果对比分析

4.1. 理正抗滑桩计算结果

最大弯矩距离顶面 6.682 m 为 5025.088 kN·m, 见图 2;

最大剪力距离顶面 6.0 m 为 1500 kN, 8.955 米 1760.714 kN (反向), 见图 3;
桩顶最大位移为 50.35 mm, 嵌固点位移 15.4 mm, 见图 4; 土反力图, 见图 5。

4.2. SAP2000 计算结果

最大弯矩距离顶面 6.75 m 为 5026.815 kN·m, 见图 6;
最大剪力距离顶面 6.0 m 为 1500 kN, 8.875 米 1766.25 kN (反向), 见图 7;
桩顶最大位移为 50.7 mm, 嵌固点位移 15.4 mm, 见图 8。

4.3. midas 计算结果

最大弯矩距离顶面 6.75 m 为 5026.81 kN·m, 见图 9;
最大剪力距离顶面 6.0 m 为 1500 kN, 8.875 米 1766.25 kN (反向), 见图 10;
桩顶最大位移为 50.73 mm, 嵌固点位移 15.43 mm, 见图 11。

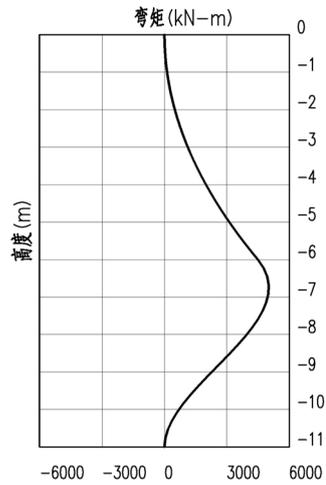


Figure 2. Bending moment diagram (kN·m)
图 2. 弯矩图(kN·m)

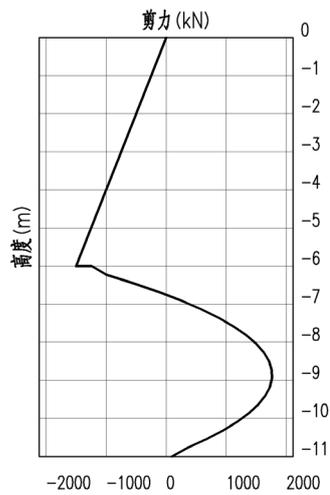


Figure 3. Shear diagram (kN)
图 3. 剪力图(kN)

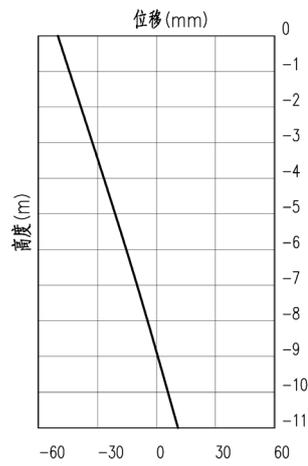


Figure 4. Displacement diagram (mm)
图 4. 位移图(mm)

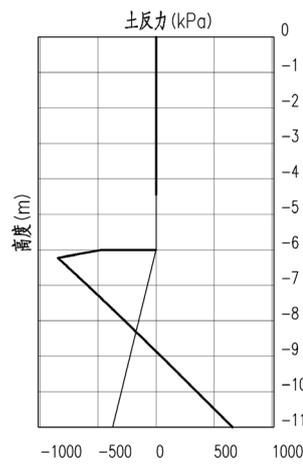


Figure 5. Soil inverse force diagram(kN)
图 5. 土反力图(kN)



Figure 6. Bending moment diagram (kN·m)
图 6. 弯矩图(kN·m)

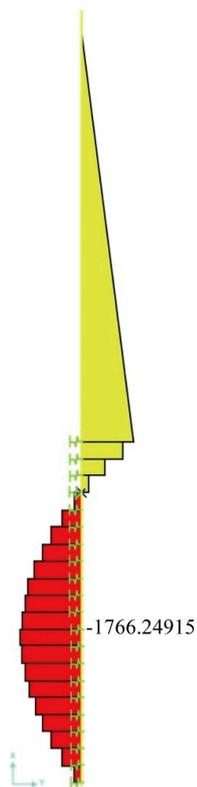


Figure 7. Shear diagram (kN)

图 7. 剪力图(kN)

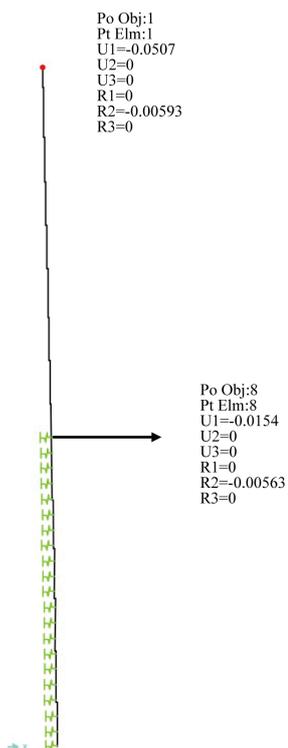


Figure 8. Displacement diagram (mm)

图 8. 位移图(mm)

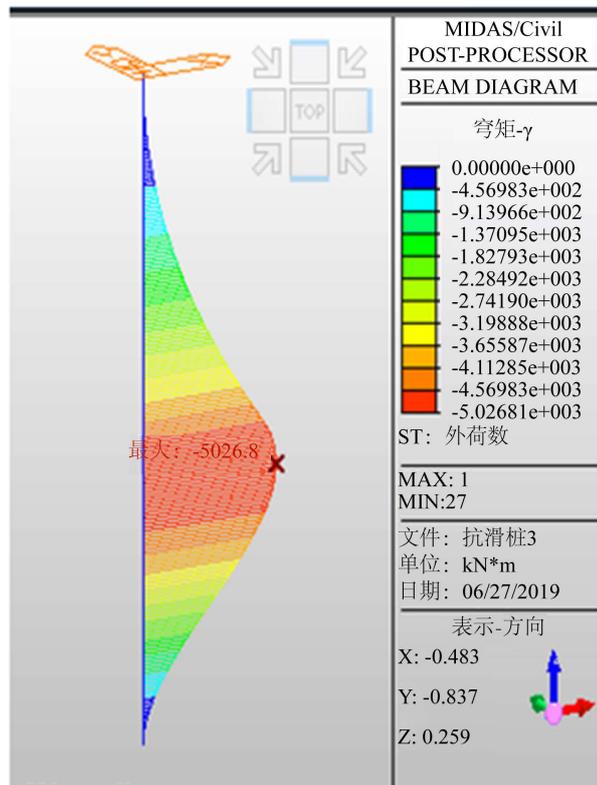


Figure 9. Bending moment diagram (kN·m)
图 9. 弯矩图(kN·m)

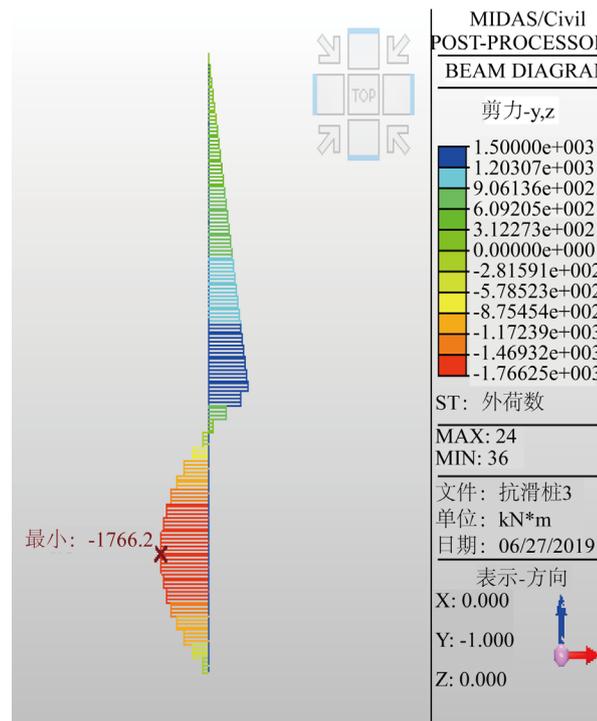


Figure 10. Shear diagram (kN)
图 10. 剪力图(kN)

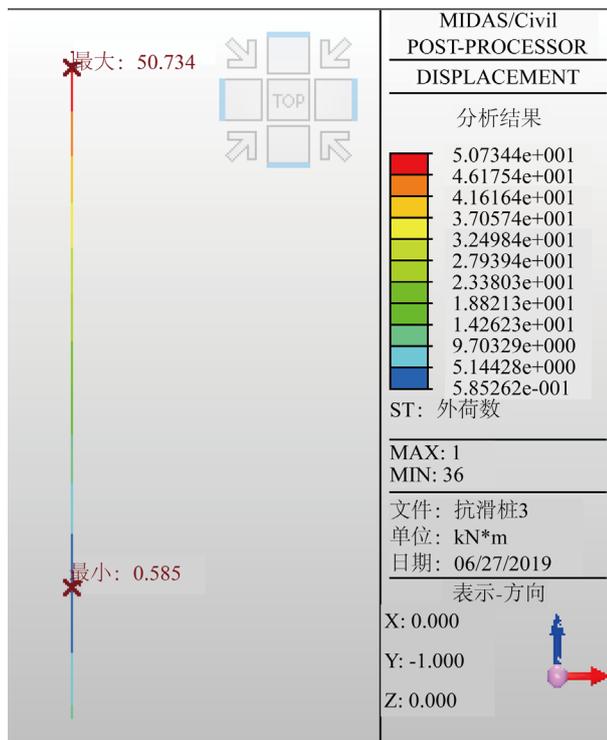


Figure 11. Displacement diagram (mm)

图 11. 位移图(mm)

4.4. 各软件计算结果对比(表 1)

对比发现 3 种软件计算结果基本吻合，弯矩、剪力和位移的出入都在 0.5% 以内，桩顶位移本身很小，桩顶位移相对误差 0.7%，但绝对误差也不大，这些出入是单元划分精度导致的出入，对于结构设计而言，精度是满足要求的。

Table 1. Comparison of calculation results

表 1. 计算结果对比表

比较项目	软件类型	理正结果	SPA2000结果		midas结果	
			数字结果	与理正相对误差	数字结果	与理正相对误差
最大弯矩(KN·m)		5025.088	5026.815	0.03%	5026.81	0.03%
最大剪力(KN)		1500	1500	0.00%	1500	0.00%
反向最大剪力(KN)		1760.714	1766.25	0.31%	1766.25	0.31%
桩顶位移(mm)		50.35	50.7	0.70%	50.37	0.04%
嵌固点位移(mm)		15.4	15.4	0.00%	15.43	0.19%

5. 结论

本文结合现行《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)、《建筑桩基技术规范》(JCJ 94-2008)等规范，采用 spa2000 及 midas Civil 软件模拟抗滑桩计算与理正岩土进行对比，验证本文所述的土体节点刚度计算模拟方法与现行规范要求一致，计算结果准确可靠，掌握了通用有限元节点刚度换算方法，可以对复杂异形结构进行计算，以解决常规软件不能解决的结构计算问题。

参考文献

- [1] 中华人民共和国行业标准. TB 10025-2019 铁路路基支挡结构设计规范[S]. 北京: 中国铁道出版社有限公司, 2019.
- [2] 中华人民共和国建筑行业标准. JCJ 94-2008 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [3] 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.