



岸坡被动桩承载性状三维有限元分析*

蒋建平, 马恒

(上海海事大学海洋环境与工程学院, 上海 201306)

摘要: 为深化研究岸坡被动桩的承载特性, 运用国际大型通用有限元软件ABAQUS对岸坡被动桩进行三维模拟。研究发现, 坡顶荷载是被动桩桩身位移与桩身弯矩的主要影响因素, 桩身位移与桩身弯矩随着破顶荷载的增大而增大; 坡顶荷载对桩身弯矩的影响主要集中在斜坡范围内; 坡顶荷载对减小桩身弯矩有利。结果表明, 基于ABAQUS的三维有限元模拟是研究岸坡被动桩的有效方法。

关键词: 被动桩; ABAQUS; 坡顶荷载; 桩顶荷载; 位移; 弯矩

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)07-0058-04

Bearing behaviors of passive piles with 3D finite element

JIANG Jian-ping, MA Heng

(College of Ocean Environment and Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To deepen the study of bearing characteristics of slope passive piles, based on the international general-purpose finite element software ABAQUS, this paper carries out a 3D simulation of slope passive pile. It is found that: The peak load is the main factor of pile displacement and pile bending moment, pile displacement and pile bending moment increase with the increment of the peak load; The influences of the peak load on the pile bending moment is mainly within the slope. The load on the pile top is favorable to reduce the pile shaft moment. The conclusion can be drawn that the ABAQUS finite element simulation is an effective method for studying the bearing behaviors of passive piles of bank slopes.

Key words: passive pile; ABAQUS; peak load; load on pile top; displacement; bending

根据桩基的受载原因, 可将工程桩基分为两大类, 即主动桩和被动桩^[1-5]: 前者由于桩基承受外荷载的作用, 致使桩周地基土产生位移, 该类桩受荷是因, 位移为果。在工程中最为常见, 研究的也最多; 后者与前者截然不同, 桩身的荷载是由于承受地基土的位移作用而致, 即地基位移为因, 桩侧产生荷载为果。工程中此类桩也较常见, 如负摩擦桩, 另外还有如护坡桩、地面超载作用下的桩体、码头结构中的高桩、公路桥台下的桩、受基坑开挖位移影响的工程桩基等。分析被动桩时, 首先应弄

清桩-土间的相互作用问题, 但由于被动桩所受荷载以及桩-土相互作用很复杂^[6-10], 这给被动桩的研究带来了不少困难。为此, 开展被动桩的受力和变形特性的研究, 尤其是被动桩桩-土的相互作用及其桩基性状研究具有十分重要的现实意义。本文就是对岸坡中被动桩的承载性状进行三维有限元分析。

1 ABAQUS有限元模型的建立及工况的设置

1.1 有限元模型的建立

基于ABAQUS软件的三维有限元计算模型

收稿日期: 2011-12-23

*基金项目: 上海海事大学科研基金项目上(20120074); 港口、海岸及近海工程校重点学科项目(A2120016001X)

作者简介: 蒋建平(1966—), 男, 博士后, 专业为港口航道与海岸工程。

如图1所示。计算域长为27 m, 高为22 m, 宽为17 m, 方桩桩长15 m, 边长0.5 m, 桩间距7 m。

桩采用C3D8R实体单元, 土采用C3D4实体单元。桩端与土采用绑定约束, 桩土接触后不

允许分离; 桩侧与土采用面面接触, 桩土接触后允许有相对位移; 桩采用理想弹性模型, 土采用理想弹塑性模型。土层和桩的参数如表1和表2所示。

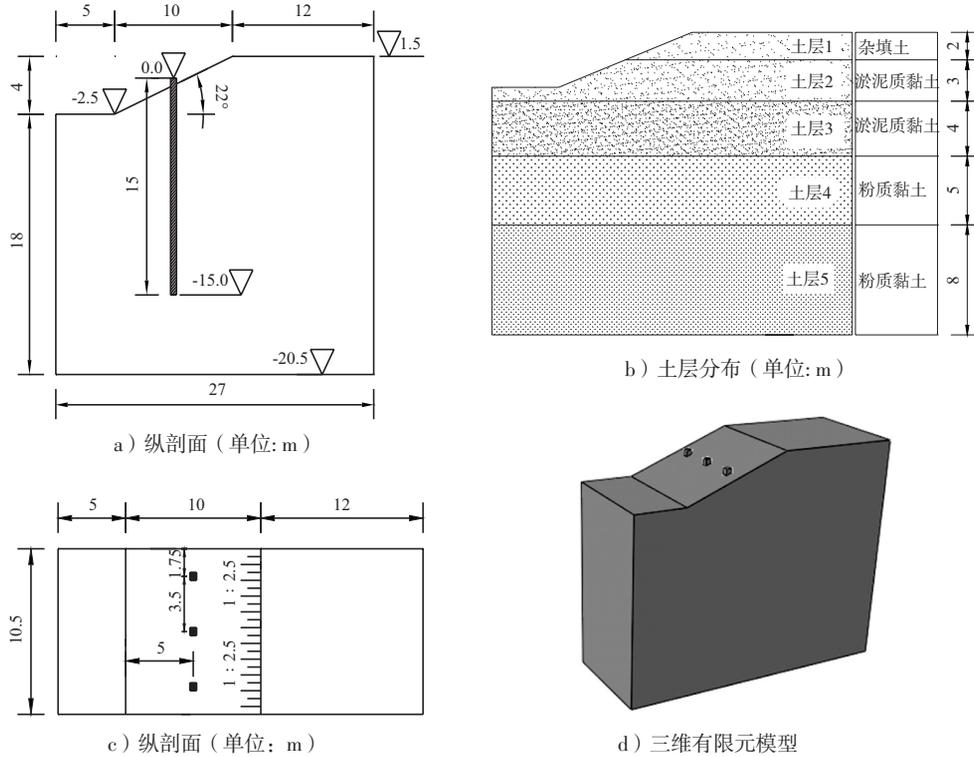


图1 岸坡剖面及三维有限元模型

表1 各土层参数

土层	弹性模量/Pa	密度/(kg·m ⁻³)	泊松比	粘聚力/kPa	摩擦角/(°)	剪胀角/(°)
杂填土	4 × 10 ⁻⁶	1 734	0.45	10	10	4
淤泥质黏土	4 × 10 ⁻⁶	1 730	0.45	11	15	4
黏土	4 × 10 ⁻⁶	1 734	0.45	14	25	10
粉质黏土	2 × 10 ⁻⁶	1 800	0.40	20	25	6
黏质粉土	2 × 10 ⁻⁶	1 835	0.40	24	25	6

表2 桩及简化后的土参数

材料	密度/(kg·m ⁻³)	弹性模量/mPa	泊松比	粘聚力/kPa	摩擦角/(°)	剪胀角/(°)
桩	2 400	3 250	0.17			
土	1 800	15	0.40	24	24	6

1.2 数值模拟中工况的设置

基于ABAQUS软件的三维有限元计算中, 设置了以下3种工况:

1) 工况1: 桩顶荷载为0, 坡顶荷载分别为50 kPa, 80 kPa, 110 kPa;

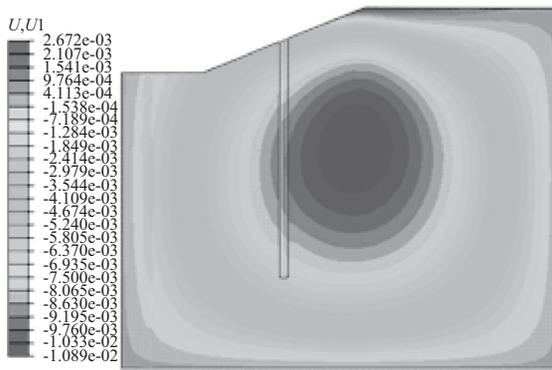
2) 工况2: 桩顶荷载分别为250 kN, 375 kN, 500 kN, 坡顶荷载为80 kPa;

3) 工况3: 桩顶荷载分别为250 kN, 375 kN, 500 kN, 坡顶荷载为0。

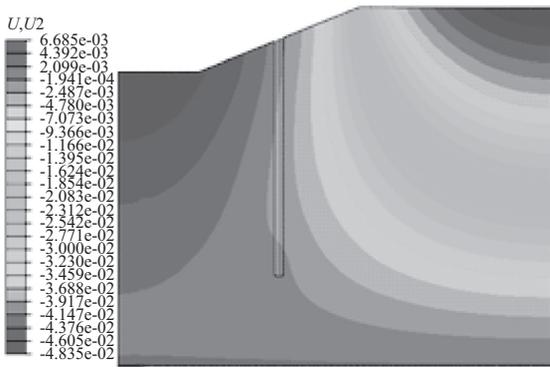
2 岸坡被动桩承载性状分析

从三维有限元结果图中可出平面截面图, 如图2所示。由水平位移云图图2 a) 可看出, 在坡顶荷载作用下除坡顶部分土体向右运动外其它部位

土体均向左运动，而位于桩中间部位的土体位移量最大，由于土的不均匀位移使桩不同部位受到不同的挤压，桩的中间部分受到的挤压力相对较大，在这种作用下使桩产生向左的弯曲；由竖向位移云图图2 b) 可看出，在坡顶荷载挤压其下方土体向左下方运动，进而挤压坡脚部分的土体向上运动。



a) 水平位移

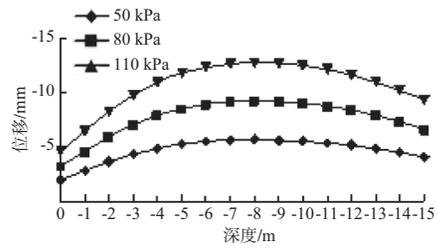


b) 竖向位移

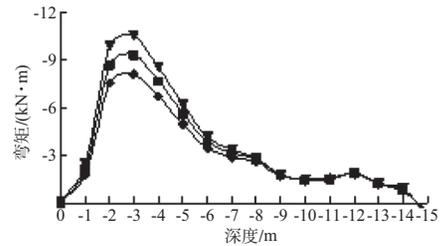
图2 工况1坡顶荷载为50 kPa时的土位移云图(单位:m)

根据位移与弯矩的曲线图(图3)可知,被动桩受坡顶荷载的影响很明显,其位移随坡顶荷载的增加显著增大,其中最大位移出现在桩身8 m处,即桩身的中间部位;弯矩随坡顶荷载的增加而增大,弯矩增加较明显的部位主要集中在桩身最大弯矩附近,另外在模拟过程中随着桩顶荷载的增加,深度9 m以下桩身弯矩不断变小。

对比图4与图2发现:由于桩顶荷载的存在使得桩后土向右下方运动,桩前土向左下方运动,这种运动趋势能够在一定程度上抵消坡顶荷载对土体的作用,因此有桩顶荷载作用时坡脚土体向上的位移量有所减小,桩中间部位土体向左的位移量也有所减小,即桩顶荷载可以减小桩身弯曲。

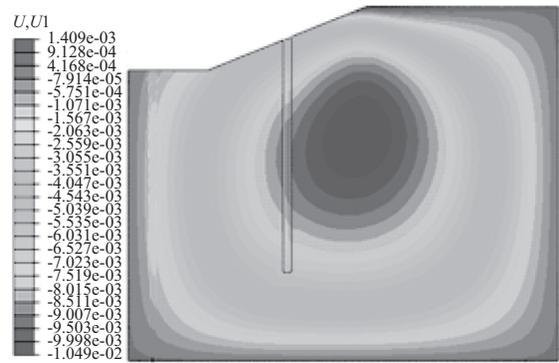


a) 位移

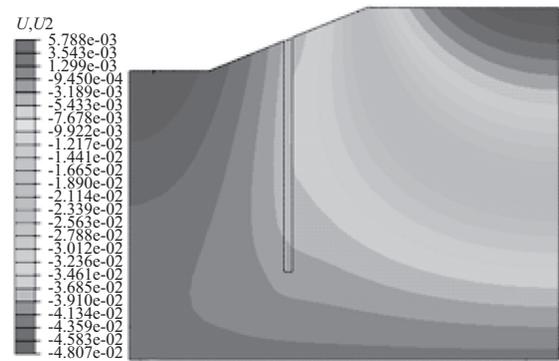


b) 弯矩

图3 工况1下的桩身位移和弯矩



a) 水平位移



b) 竖向位移

图4 工况2桩顶荷载为375 kN时的土位移云图(单位:m)

由位移图(图5)可得出,随着深度的增加桩顶荷载对桩身位移的影响越来越小,这与桩顶荷载影响桩身沉降的规律相同,即随荷载的增大沉降增大,随深度的荷载对沉降的影响减小;由弯

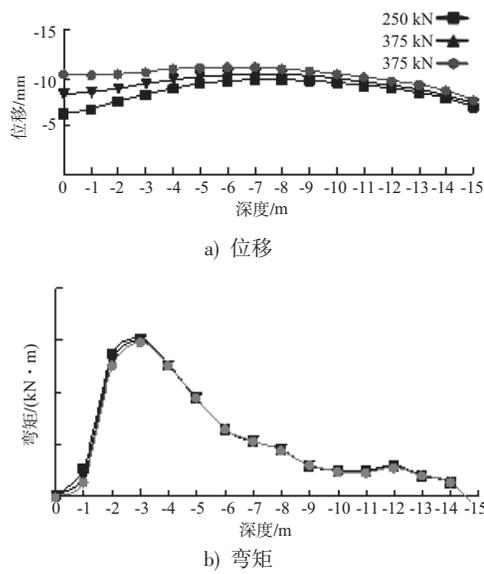


图5 工况2下的桩身位移和弯矩

矩图(图5)可得出桩顶荷载可以减小桩身弯矩对桩的整体弯矩稳定有利,但桩顶荷载对桩弯矩影响有限且不会影响桩身的最大弯矩。

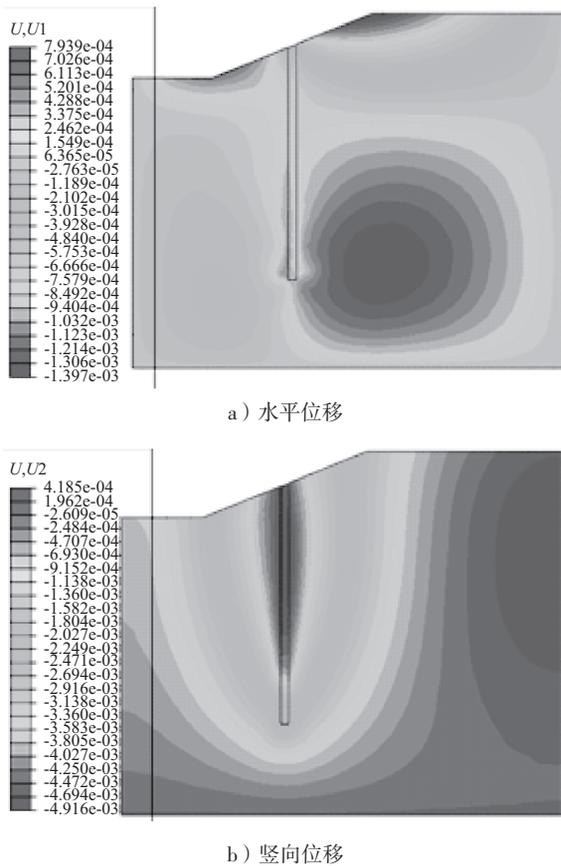


图6 工况3桩顶荷载为375 kN时的土位移云图(单位:m)

由图6可知:当桩顶受力时,由于桩的沉降带动土体向下运动,并且向四周挤压桩周土体,使靠近右边界土体有向上运动的趋势,左边界土体有向下运动的趋势。由图7可知:当坡顶受力时,坡上土体向下运动进而挤压坡下土体,使桩向左弯曲并使坡下土体有向上运动的趋势。因此当桩顶坡顶荷载共同作用时由于桩顶荷载对坡下土体的作用会抵消一部分坡顶荷载对坡下土体的作用,进而可以减小桩身的弯矩。

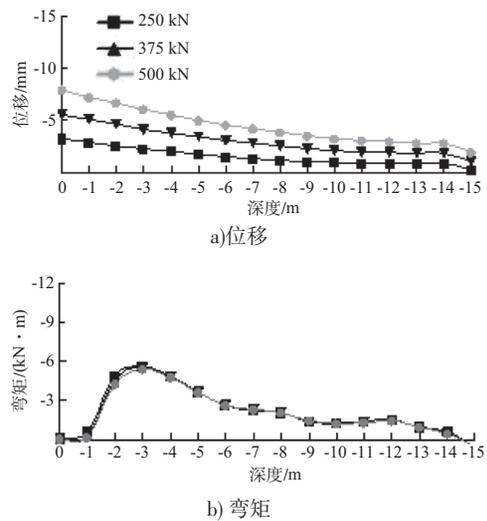


图7 工况3下的桩身位移和弯矩

随着桩顶荷载的增加桩身的压缩量、沉降都在增加,但随着深度的增加其变化率在减小;弯矩变化规律与工况2相同。

3 结语

- 1) 坡顶荷载是被动桩桩身位移与桩身弯矩的主要影响因素,桩身位移与桩身弯矩随着破顶荷载的增大而增大;
- 2) 无论是坡顶荷载还是桩顶荷载,它们对桩身弯矩的影响主要集中在斜坡范围内,对桩身下部的弯矩影响很小;
- 3) 桩顶荷载可以减小桩身弯矩,但对最大弯矩不会产生影响,桩顶荷载对桩的整体弯矩稳定有利。

(下转第66页)