

Application of Circular Hole Expansion Theory in the Study of Squeezed Branch Pile

Qingzheng Wang

College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

Abstract

As one of the pile types with variable cross-section, squeezed branch-disk pile has the characteristics of increasing bearing capacity and reducing settlement. In this paper, the forming process of the soil at the branch and disc of the branch and disc pile is analyzed by the theory of the expansion of the circular hole, the bearing capacity of soil will be improved. By analyzing the mechanism of uplift bearing of squeezed branch-disk pile, the theory of round hole expansion is mainly applied to the uplift resistance of branch-disk.

Keywords

squeezed branch pile; circular cavity expansion theory; squeezing effect

圆孔扩张理论在挤扩支盘桩研究中的应用

王清正

河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056038

摘要

挤扩支盘桩作为变截面桩型中的一种, 其支盘体具有提高承载力, 降低沉降的特点, 在满足实际应用的条件下, 还可以减少桩身用料, 从而提高经济效益。论文采用圆孔扩张理论对支盘桩支盘处土体成型过程进行理论分析, 说明土体的承载力在压力作用下土体的干密度会增大, 土体的压缩模量会减少, 土体的承载力会得到提高, 通过分析挤扩支盘桩的抗拔承载机理, 分析圆孔扩张理论主要应用在支盘的抗拔阻力处。

关键词

挤扩支盘桩; 圆孔扩张理论; 挤密效应

1 引言

支盘桩是一种变截面桩型, 是在普通灌注桩基础上通过扩大局部桩身直径形成扩径体, 通过扩径体的端阻力使其承载性能提高, 沉降量减小, 广泛应用于工程建设中。支盘桩应用发展几十年来, 已经取得丰硕的研究成果, 张延庆^[1]等对某现场支盘桩进行抗拔试验, 总结在受压和受拉荷载下的承载机理的不同点; 卢成原^[2]等采取模型试验, 在非饱和土体中对支盘处土体的挤密效应进行研究, 提出挤密效应综合影响系数概念; 李连祥^[3]等利用圆孔扩张理论, 采用分段位移协调迭代算法对支盘桩的荷载传递进行研究, 推导出扩径端阻力与竖向位移的关系。

支盘桩在挤扩成型过程中, 挤扩机通过对周围土体进行挤压, 逐渐形成支盘体, 支盘体周围的土体受到扰动, 土体参数已经发生改变, 土体被压密, 密实度提升, 支盘处土体存在明显的挤密效应, 论文采用圆孔扩张理论对挤扩支盘处挤密土体进行分析。

【作者简介】王清正(1995-), 男, 中国河北保定, 硕士, 从事土木工程(桩基础)研究。

2 圆孔扩张理论假设及模型分析

2.1 圆孔扩张理论基本假设

Gibson^[4]最开始以圆孔扩张理论解释岩土问题, 之后该理论被广泛应用到岩土领域中来解释相关问题。

在挤扩支盘桩中应用该理论, 假设土体均为理想弹性体, 现做出假设:

- ①支盘处土体为弹性体, 不会发生剪切破坏;
- ②支盘成型后, 周围土体处于受力平衡状态;
- ③土体服从 Mohr-Coulomb 屈服准则。

2.2 模型分析

圆孔扩张过程示意如图 1 所示, 在挤扩作用下, 圆孔受到均匀的挤扩压力 P , 土体由初始孔径 R_0 逐渐扩大到 R 。在扩张过程中, 土体受挤扩作用, 土体出现塑性变形, 远处土体仍然保持弹性体。

假设一单元体 r , 在圆孔扩张过程中其法向应力为 σ_r , 切向应力为 σ_θ , 参考周航等人的相关文献^[5]。在荷载情况下, 水平内压力与扩张半径的关系为:

$$p = 2G(1 - \frac{R_0}{r}) \quad (1)$$

式中, G 为土体剪切模量。

挤扩前土体密度假设为 e_0 , 挤扩完成后土体密度为 e , 在挤扩过程中的单位体的土体密度为 e_r , 则土的压缩模量 E_s (MPa):

$$E_s = \frac{\Delta p}{(e_0 - e_r)/(1 + e_0)} \quad (2)$$

土体的压缩模量 E_s 值越小, 土体的压缩性越高, 土体的承载力越强。通过比较圆孔扩张过程中不同位置处的土体压缩模量, 就可以判断土体的压缩性。

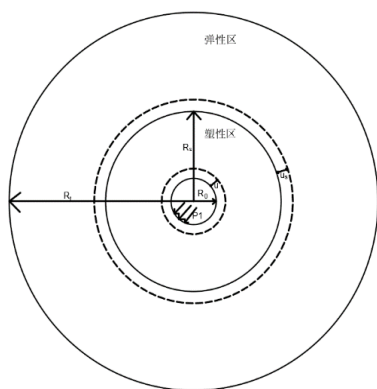


图1 圆孔扩张理论模型示意图

3 挤扩支盘桩抗拔承载机理

挤扩支盘桩在受到竖向拔荷载时, 发挥抗拔作用的是桩侧摩阻力。随着荷载的增加, 在达到一定值时, 桩侧摩阻力达到最大值, 这时支盘端阻力开始发挥作用, 支盘的受力面积增大, 荷载被传递到周围土层中较多, 因此抗拔能力提升, 在多支盘体中, 首个支盘在承受较多荷载之后, 相继第二个支盘开始发挥作用, 随着荷载增加, 之后支盘随着开始发挥作用。

支盘在设置的时候, 往往会选择持力层较好的土层, 实际工程中桩径为 600~800mm。支盘桩的支盘桩直径一般在 1400mm 以上, 根据某桩基础公司提供的支盘机参数, 其提供最大推力在 4000N 以上。可想而知, 在这样大的挤扩力下, 对土体的挤密效果是非常可观的, 土体密度增大, 压缩模量和土体强度都会随着提高, 承载力就会随之提高。

钱德玲^[6]提出, 支盘桩的抗拔承载力由四部分组成, 即桩侧摩阻力 P_s 、支盘的抗拔阻力 P_z 、倒圆台土体的有效自重 P_{cz} 和桩体的有效自重 W_c 。

$$P_U = P_s + P_z + P_{cz} + W_c \quad (3)$$

根据钱德玲博士的研究可知, 圆孔扩张理论主要与支

盘的抗拔阻力有联系。通过圆孔扩张理论对支盘处的土体分析, 其压缩模量减少, 土体的压缩性提高, 土体的承载能力提高。

4 非饱和土体挤密试验验证

根据卢成原学者对非饱和土体中土体挤密试验的研究, 其土质情况均匀, 在成盘位置处属于中等压缩土, 所有土样均为不饱和状态。试验挤扩支盘桩的桩径为 600mm, 支盘处直径最大为 1400mm, 通过钻孔, 挤压成型。挤扩支盘桩的挤压应力对桩周土的影响范围进行研究, 实验包括对桩周土水平方向和竖直方向上的影响范围的变化规律。

在桩体成型后, 对桩体支盘周围的土的干密度进行分层取样, 试验结果表明桩周土的挤密效应十分明显, 挤压区内的干密度增幅最大可达 20% 以上, 这也证明了挤压土体的压缩性增大, 从而土体的承载力提高。

利用式 (1) 计算初始和挤扩结束两个状态的土体干密度对应压强 R_0 和 P 。利用式 (2) 对土体压缩模量 E_s 进行计算, 对比初始状态时的压缩模量。可以得知, 土体压缩模量变小, 土体压缩性提高。

5 结语

第一, 支盘桩支盘处土体在挤扩压力的作用下会被挤密, 土体的干密度提高, 压缩性提高, 挤扩支盘桩的抗拔承载力得到提高。

第二, 应用圆孔扩张理论对支盘成型过程中进行理论分析, 说明支盘成型过程土体受压缩, 土体压缩模量减小, 土的压缩性提高。

第三, 挤扩支盘桩的抗拔承载可以分为四个部分, 抗拔过程中桩侧摩阻力首先发挥作用, 随着荷载的增大, 支盘端阻力逐渐发挥作用。

参考文献

- [1] 张延庆,苑辉,彭建宇.基于圆孔扩张理论的支盘桩成型过程挤土效应分析[J].工业建筑,2007(z1):3.
- [2] 卢成原,孟繁丽,周明芳,等.挤扩支盘桩在非饱和土体中的挤密效应探讨[J].浙江工业大学学报,2002,30(1):4.
- [3] 李连祥,李先军,成晓阳,等.考虑圆孔扩张理论的支盘桩荷载传递法[J].中国公路学报,2018,31(8):10.
- [4] GIBSON R E,ANDERSON W F.In-situ Measurement of Soil Properties With the Pressure Meter[J].Civil Engineering Public Works Reviews,1961,56(658):615-618.
- [5] 周航,孔纲强,刘汉龙.基于圆孔扩张理论的静压楔形桩沉桩挤土效应研究[J].中国公路学报,2014,27(4):7.
- [6] 钱德玲.具有高抗拔性能的支盘桩在工程中的应用研究[J].岩石力学与工程学报,2003,22(4):5.