

土-锚杆界面模型的试验研究

孔宪宾

(淮阴工业专科学校,江苏 淮阴 223001)

摘要 在对锚杆-土之间相互影响的机理和现象进行理论研究的基础上又进一步进行了试验研究,证明了理论研究结果的正确性.应用这个结果,可在给定界面参数条件下预测锚杆的特性,可在减少大量锚杆拉拔试验的情况下得到较可靠的锚杆特性数据,可根据给定的锚杆抗拔试验结果确定界面参数,从而大大方便锚杆的设计.

关键词 界面模型 剪胀效应 拉拔试验

中图分类号 :TU45

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2001)05-0103-03

土和其内含物(桩、锚杆、土钉等)之间的界面特性对控制荷载作用组合下(如土-锚系统)的响应起着重要的作用.如果需要准确地了解工作荷载作用下系统的位移特性,则需首先了解剪应力和位移之间的关系以及界面荷载传递性能.一般地,实践中要求所有安装锚杆都要进行验证性试验或至少要对锚杆总数的 3% ~ 5% 进行性能试验.所有这些试验都是以验证设计荷载、保证荷载安全传递为目的的.

很少有人研究锚杆荷载和锚杆头位移之间的关系,而所用的界面模型几乎都是经验的^[1]或是根据土的纯剪切试验的结果^[2]而定的.此外,大多数研究都是根据轴向荷载下模拟桩的性能,并假定周围土受纯剪切和受有限的侧压力作用而进行的.这个假定不能直接应用于模拟锚杆抗拔性能.实验室和现场试验都不能有效地表达锚杆拔出期间土的剪胀^[3].由于土的剪胀,径向应力可达压力的 20 倍.由于显著的剪胀效应,应用试验的土-桩界面模型判断土层锚杆拔出性能是有误差的.因此建立土-锚杆界面模型时必须考虑土的剪胀和侧压力.笔者在理论研究的基础上进行了土层锚杆的拉拔试验.

1 锚杆-土界面模型的理论研究

根据对锚杆-土界面模型的理论研究结果^[4]得到

$$\tau = R_0 \tau_0 / R \quad (1)$$

$$\tau_{\max} = \tau_0 \left(1 + \frac{E}{G} \tan^2 \varphi \right) + 2\sigma \tan \left\{ \varphi (R_1/R_0 - 1) / [\ln(R_1/R_0)] \right\} \quad (2)$$

$$u = \frac{\tau R_0}{k P_a^{1-n} \sigma_0^n} \int_{R_0}^{R_t} \frac{\tau}{R (1 + R_G R_R^{-1} R_r \tan \varphi) (1 - R_R^{-1} f_\tau)} dR \quad (3)$$

2 锚杆拉拔试验

锚杆试件 直径为 5 cm、长为 5 m 的半圆木锚杆,其中 1.5 m 长度(从锚杆底端起到中点)的半圆表面涂 2 mm 厚砂浆.以两只油压千斤顶加载(图 1),以计算的 5 倍的极限承载力作为初设极限承载力,分 10 级加载.分别在 50 MPa,60 MPa,70 MPa 三种不同的侧压下进行拉拔试验,侧压取土自重压力再加千斤顶加压(图 2).锚杆头位移以游标卡尺直接测量.试验用土的土工试验数据在河海大学土工试验实验室测得,土样在试验现场提取,土工数据见表 1.整个试验在河海大学科学馆后的特制土槽内完成.在土中布置光标,加载后测读光标的位移以测得土体由于锚杆加载产生的位移场.



图 1 加载装置
Fig.1 Loading device



图 2 加侧压装置
Fig.2 Latered pressure loading device

表 1 土工试验数据
Table 1 Geotechnical test data

容 重 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	比重 G_s	含水量 ω /%	凝聚力 C	内磨擦角 φ /($^\circ$)	压缩系数 a_v /MPa	孔隙比 e	压缩模量 E_s /MPa
16.16	2.66	9	0	29	0.14	0.701	12.15

侧压为 60 MPa 时的试验结果如图 3 所示.

3 与理论结果比较

本试验结果与本文所述的理论结果吻合得很好(图 4),特别是当施加于锚杆的荷载相对小时更如此. 另一方面,随着作用于锚杆的荷载的增加,试验结果与计算结果差异越来越显著,在最终状态时计算得到的结果比试验结果偏大. 其主要原因是由于对边界条件的处理不同. 试验中边界条件基本上是个固定不变的侧向压力,结果使得试验槽内不发生侧向位移,而在实际条件和锚杆-土界面模型中,刚体位移边界条件允许由于剪切作用而改变侧压力,这将增大界面强度. 这表明,当初始侧压力较高时边界条件效应变得更显著.

4 结 论

- a. 界面强度强烈地依赖于土的剪胀角和影响范围,通常两者之一增大就会导致剪切强度的增加,但剪胀发挥的作用更重要.
- b. 锚杆-土的界面刚度随着剪胀角的增加而急剧增加,随着影响范围尺寸的增加而减小,剪胀角 $5^\circ \sim 25^\circ$ 时,后者影响可不计.
- c. 沿锚杆粘结长度上锚杆力的分布依赖于锚杆的相对刚度系数 $\alpha = \sqrt{\frac{EA}{KL}}L^{-1}$ (L 为锚杆的粘结长度, K 为所加荷载从零到屈服时界面平均模量, A 为锚杆的横截面面积, E 为锚杆的弹性模量),当相对刚度大于 $1/10$ 时,分布是线性的.
- d. 用本文推导的计算方法,可以较合理地确定重要的界面模型参数,并可用这些参数来计算各种不同设计长度的锚杆性能.

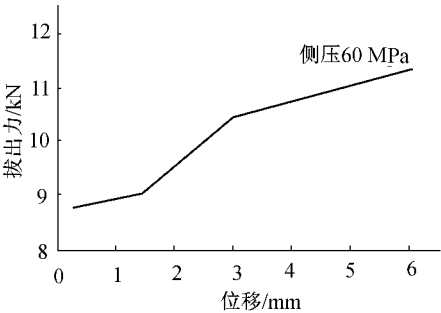


图 3 锚杆拉拔曲线
Fig.3 Pullout curve of anchor rod

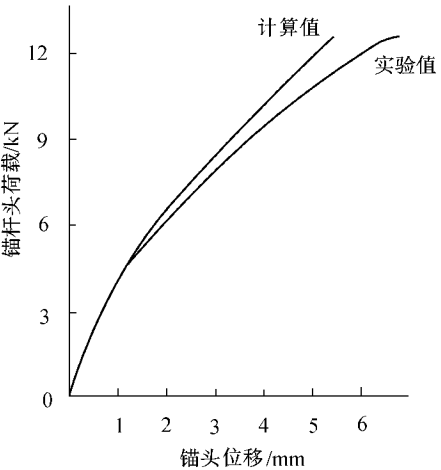


图 4 试验结果和计算结果的比较
Fig.4 Comparison of test and calculated results

参考文献：

[1] Coyle H M, Reese L C. Load transfer for axially loaded piles in clay[J]. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, 1966, 96 (SM2): 1 ~ 26.

[2] Su W, Fragazy R J. Uplift testing of modal anchors[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1988, 114(9): 961 ~ 983.

[3] Randolph M F, Worath C P. Analysis of deformation of vertical loaded piles[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1978, 114(12): 257 ~ 275.

[4] 孔宪宾, 余跃心, 汪洪武, 等. 土-锚杆界面模型的改进和应用[J]. 力学与实践, 1999, (5): 17 ~ 21.

Experimental Research on Anchor Rod-Soil Interface Models

KONG Xian-bin

(Huaiyin Institute of Technology, Huaiyin 223001, China)

Abstract On the basis of theoretical research on the mechanism and the phenomena of anchor rod-soil interaction, experimental research is made and proved to be in good agreement with the theoretical research. The result can be used to predict the anchor rod performance under the given interface parameters, and determine the interface parameters from the given anchor rod pullout test. Thus anchor rod pull out tests can be reduced and reliable anchor rod performance data can be obtained, making anchor rod design more convenient.

Key words interface models; dilatancy effect; pullout test

欢迎订阅 欢迎投稿

《水利水运工程学报》是由国家水利部主管,南京水利科学研究院主办的学术性刊物,系全国中文核心期刊,并已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”(Chinajournal.net.cn)。
《水利水运工程学报》主要报道水利水电、水运、海洋和土木建筑等工程的规划、可行性研究、设计、科研、施工、监理以及管理工作中的新理论、新技术、新方法和新成果等。读者对象为从事水利、水运工程建设事业的广大科技工作者及有关院校的师生。

《水利水运工程学报》为季刊,每季末月出版,每期 80 页,大 16 开。每期定价 6 元,全年 24 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 28-19。

编辑部地址 南京市虎踞关 34 号

邮政编码 210024

电话:(025)3739178-384

传真:(025)3734321

E-mail: njhri@njhri.edu.cn