

39-41
土层锚杆应力传递特征及其预应力水平分析

李 峰 (陕西省一八六煤田地质队, 西安 710054)

TU 473.2

摘 要:通过分析土层锚杆锚固段应变分布测试结果, 对不同土层中锚杆锚固段应力分布规律进行了研究, 并在建立计算模型的基础上, 对锚杆预应力水平进行了探讨。

关键词:应力分布; 预应力水平; 应力传递; 土层锚杆

中图分类号: TU473.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-9177(2000)02-0039-03

土层锚杆在我国深基坑支护、边坡加固、滑坡治理等工程中的应用日益广泛。但目前对于土层锚杆锚固段应力分布特征、预应力水平取值等方面的认识和研究还很不夠, 常引发许多不良的工程事故, 造成巨大的浪费。基于此, 本文对这方面的问题时行了探讨。

1 土层锚杆应力分布特征

土层锚杆不同于岩层锚杆, 其锚固段应力分布是反映锚杆工作特征的重要因素, 它在很大程度上决定了锚杆的经济性和适应性, 主要包括以下两方面的内容: 一是荷载力在锚杆与水泥浆体及锚杆杆材间的应力分布; 二是荷载力在水泥浆体与土层界面间的应力分布。

水泥浆体对杆材的握裹力与抗拉型钢筋混凝土相类似, 主要由两方面的力来提供:

①、土层所提供的正应力和水泥浆体凝结后与钢筋的摩阻力、机械咬合力;

②、水泥浆体与杆材间的胶结力。

大量土层锚杆工程试验表明: 只要工程施工质量可靠, 水泥浆体固结强度达到设计值, 它与杆材间的握裹力大于水泥浆体的抗拉强度。因此决定土层锚杆工作特征的主要因素是水泥浆体与土层界面间的应力分布。这正是土层锚杆与岩层锚杆的区别。

由于不同土层所能提供的摩阻力不同, 因此锚固段上应力分布也不相同。图 1、图 2、图 3 分别

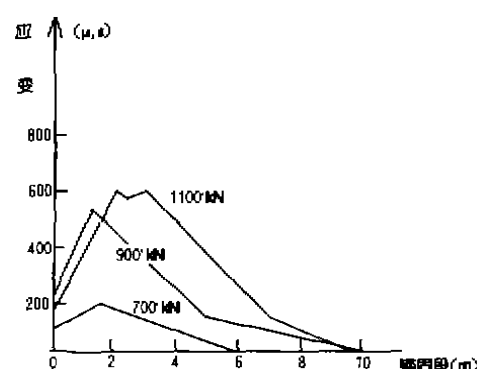


图 1 砂土中锚固段上的应变曲线

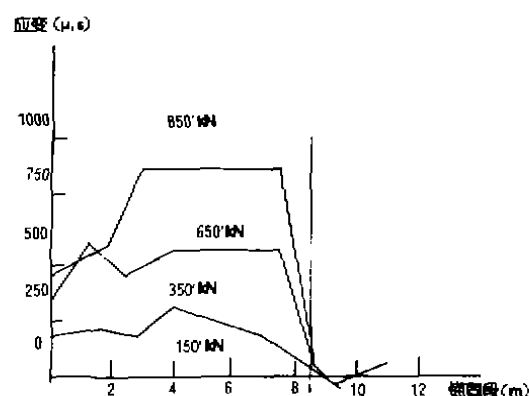


图 2 硬粘土层中锚固段应变曲线

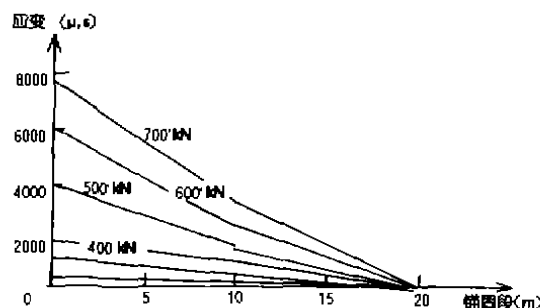


图 3 淤泥质土层中锚固段应变曲线

作者简介: 李峰(1967—), 男, 1988年毕业于中国矿业大学。

收稿日期: 1999-3-17

编 辑: 孙常长

为锚固段位于砂土层、硬粘土层、软粘土层中锚固段应变测试成果图。

从测试结果可以得到如下规律。

①沿锚固段土体与锚固体间应变不均一,说明土体提供给锚固段摩阻力不是一个定值。

②当外载较小时,锚固段界面上的应变分布较为均匀,说明应力分布也很均匀。

③随着荷载的增加,锚固段应变峰值也增加。锚固段的应变主要发生在前端 2/3。也就是说在锚固段前端出现应力集中现象,一般砂土层、硬粘土层中应力主要分布在锚固段前端 8~10m 段,软粘土层中应变分布在前端 15~18m 段。

④对于较小的荷载(如图 1 中 900kN 以下),锚杆的承载力并没有得到全部调用,较大的荷载(如图 1 中 1100kN),也仅调用了承载力的一部分。因此土层与锚固段界面间的摩阻力,并不是沿锚固段全长都得以调用,当锚固段长度超过某一定值后,增加锚固段的长度对于提高承载力极为有限。

⑤随着荷载的增加,砂土与硬粘土层中锚固段上的应变峰值向锚固段后端转移,反映出过频、过大的荷载波动,会引起锚杆的加速破坏。

⑥砂土层中锚固段应变分布与硬粘土层基本相似,而软粘土层则不同,其应变比砂土层、硬粘土层大一个数量级,表明锚固段在外载作用下发生了蠕变变形。

2 土层锚杆预应力水平分析

在深基坑锚杆护坡支护结构中,土层锚杆已不仅仅作为支撑结构,以维持深基坑的稳定性,而且对基坑变形起到控制作用。锚杆预应力的施加,起初是为了防止锚头松弛而采取的一种措施。随着土层锚杆在深基坑工程中广泛应用,人们发现对土层锚杆施加预应力能有效地控制挡土结构的变形发展。目前对其施加预应力已作为挡土结构变形控制的有效手段。如何确定预应力水平大小?仍是目前尚待解决的问题。

2.1 土层锚杆锚固段界面粘结应力弹塑性模型建立

从前面分析可知:锚杆的承载力取决于锚杆锚固段与土层的摩阻力,且摩阻力主要分布于锚

固段前端 2/3 处。图 4 为北京百事得商厦锚杆张拉试验 P—S 曲线,从曲线上可以反映出:当荷载较小时,土层锚杆 P—S 曲线为一近似的直线(oa 段),此时锚杆处于弹性状态;当荷载进一步增加, P—S 曲线为一条曲线(ab 段),此时锚杆的变形包括弹性变形和塑性变形两部分,锚杆处于弹塑性状态;进一步增加荷载,锚杆产生较大的位移(bc 段),说明锚杆处于塑性状态。将图中的 a 点称之为弹性极限点, b 点称之为弹塑性极限点, c 点称之为塑性极限状态点。当变形达到 c 点之后,锚杆破坏。

通过上述 P—S 曲线分析,锚杆在荷载作用下可分为如下几个发展过程:

①、弹性状态:锚固段界面应力峰值达到其极值。

②、弹性极限点:锚固段高水平力峰值正好达到极限值。

③、弹塑性状态:在锚固段上有部分区段达到应力峰值。

④、塑性状态:锚固段前段塑性区段达到饱和,范围不再扩展,界面应力峰值达到极限。

⑤、锚固段破坏,承载力减少,锚杆失效。

依据土层锚杆锚固段应力分布特征和大量的工程试验表明:锚固段所提供的摩阻力主要分布在锚固段前端 2/3 处,即 8~12m 段(淤泥、软粘土除外),应力峰值则出现在前端 1/4~1/3 处。根据锚固段摩阻力分布规律及其在荷载作用下的变形发展过程,假定锚固段土质均匀,界面应力极值为一定值,建立如图 5 所示的模型。

图 5a 反映出锚杆的锚固段处于弹性状态,界面的摩阻力并没有得到充分发挥。我们希望锚杆在与挡土结构协同工作时,不仅能有效的发挥其抵抗外载作用,而且又具有一定的安全性。因此在锚杆工作时,最好处于弹塑性状态的初期,这样即

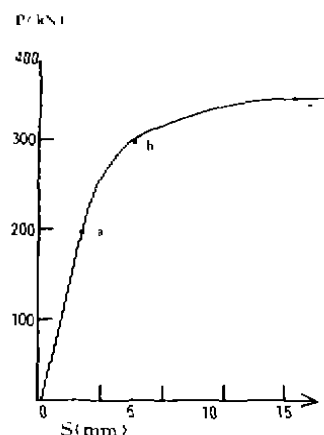


图 4 土层锚杆 P—S 曲线

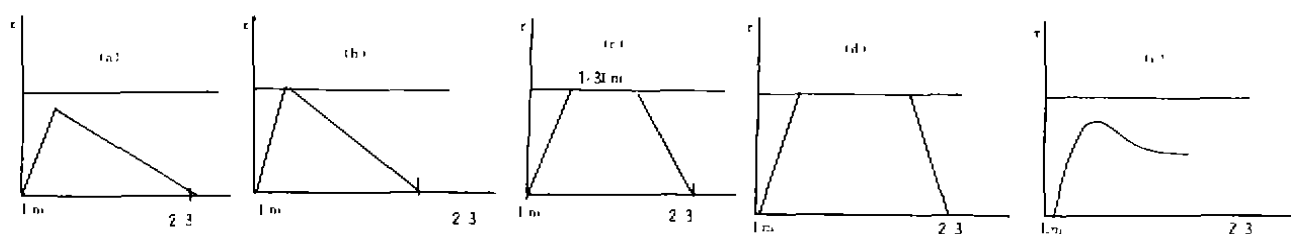


图5 锚固段应力分布及发展模型

a. 弹性状态 b. 弹性极限状态 c. 弹塑性状态 d. 塑性状态 e. 破坏状态

有一定的安全储备,又可抵抗锚杆与支护结构协同工作时的外载作用。

2.2 锚杆预应力水平下限与设计值

以图 5c 所示的界面应力状态作为确定预应力水平的设计状态,图 5b 状态作为预应力水平的设计下限。预应力水平设计上限值为 1.0,即锚杆承载力设计值。锚杆极限承载力公式:

$$T_u = \int_0^L \pi \cdot D \cdot \tau_u dx$$

锚杆承载力设计值:

$$T = T_u / K = l / K \tau_u \cdot D \cdot \pi \cdot L_m$$

式中: T_u ——锚杆极限承载力。

T ——锚杆承载设计值。

D ——锚杆直径。

L_m ——锚杆锚固段长度。

τ_u ——锚固段与土体间的平均粘结

力。

K ——安全系数。由于基坑为临界时支护结构, L 取值见表 1:

表1 锚杆安全系数

锚杆危害程度	临界时锚杆
轻微	1.4
较大	1.6
大	1.8

锚杆预应力下限值 P_1 (图 5b):

$$P_1 = 1/2 \times 2/3 \cdot \tau_u \cdot D \cdot \pi \cdot L_m = 1/3 \tau_u \cdot D \cdot \pi \cdot L_m$$

Stress Transmit Properties of Soil Anchor and Its Prestressing Force Level Analyses

LI Feng (186 Coal Geological Team of Shanxi Province, Xi'an, 710054)

Abstract: According to the strain test result of the soil anchor, in this paper, the law of anchorage stress distribution in different soil have been analyzed, and the problem of prestressing force level is discussed on the basis of building computational model.

Key words: stress transmit; stress distribution; prestressing force level; soil anchor

《中国煤质论评》出版

《中国煤质论评论》一书是在重点科研项目—第三次全国煤田预测(煤质专业报告)的基础上补充、改写成的。该书由煤炭工业出版社于 1999 年 12 月出版发行,中国工程院院士韩德馨教授作序。

《中国煤质论评》以我国的煤田地质概况为背景,以近半个世纪以来全国煤田地质勘探、煤矿生产所积累的煤质资料和试验研究成果为基础,采用综述与专论结合的形式,对我国煤炭资源的分布、各时代煤的煤质特征、煤层中微量元素、煤的变质特征、洁净煤技术与煤质要求、煤的综合利用和煤质评价等方面有较全面的论述。该书注重将科学性、系统性和适用性相结合,从宏观上较详细地评述了我国煤炭资源背景与基本特征。

该书内容丰富,资料翔实,既有一定理论又便于应用。可供煤炭工业持续发展规划、煤田地质勘探、煤炭科研院校专业人员参考。全书分 7 章 32 节,共 47.7 万字,定价:50 元。欲购者,请与河北省涿州市中国煤田地质总局资料档案馆联系。

刘志强