



文章编号:1006-7329(2003)03-0022-04

基于岩层的压力型锚杆抗拔试验研究

张四平, 陈超

(重庆大学, 重庆 400044)

摘要:在参考国内一些单位已经进行的部分压力型锚杆抗拔试验的基础上,针对基于岩层的该类型试验还是空白的现状,结合重庆大学沿江危岩边坡治理工程设计了岩层中的压力型锚杆与传统拉力型锚杆抗拔力对比实验。在参考文献的基础上自己设计制作了压力型锚杆杆体,在试验中得到了相关的 $P-s$ 曲线,比较了两种锚杆的荷载传递性状,探讨了影响压力型锚杆承载力的因素。为实际工程中设计和应用压力型锚杆提供参考。

关键词:压力型锚杆;抗拔试验;边坡治理

中图分类号:TU459

文献标识码:A

Study on Pull-out Tests of Pressure Type Anchor in Rock

ZHANG Si-ping, CHEN Chao

(College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P.R. China)

Abstract: In China, no pullout test of pressure type anchor in rock has ever been made till now. In this paper, consulting some pullout tests of pressure type anchor made by some domestic researchers, comparative pullout tests of pressure type and tensile type anchor in rock are designed in crag slope treatment in Chongqing University. The authors have designed the pressure type anchor rods based on some reference documents and the $P-s$ curves are obtained. Loading transmission characteristics of the pressure type anchor and tensile type one are compared through the study of their pull out tests. Factors influencing the bearing capacity of the pressure type anchor are described. Tests results of this study give some valuable reference for design and application of pressure type anchor in practical engineering.

Keywords: pressure type anchor; pullout test; crag slope treatment

在我国土木建筑工程中,岩土锚固得到了日益广泛的应用。随着城市化进程的加快和基础设施的建设,工程界对岩土锚固提出一些新的和更高的要求:如要求进一步调用岩土体的自身强度,锚杆应具有足够的耐久性,锚杆的使用应不影响周边地层的开发等。近年来,在我国出现了一种新型的锚杆形式——压力型锚杆(见图1)。它克服了拉力型锚杆粘结应力峰值突出、防腐性能较差、杆体无法拆除等性能缺陷,具有独特传力机制和良好工作性能^[1]。

其杆体将钢绞线施加的拉力转化为对砂浆体的压力,使得注浆体与周围岩土体之间产生剪切抗力,以此提供锚杆所需承载力。同时,压力分散型(可拆芯式)锚杆使用功能完成后,预应力钢绞线可方便地抽出,不会构成对相邻地下工程建造的干扰,也不致发生由于锚杆超越红线带来侵犯相

* 收稿日期:2003-04-20

作者简介:张四平(1955-),男,山东临沂人,教授,副校长,主要从事岩土工程研究。

邻房产主主权的争议。另一方面,传统拉伸型锚杆杆体受拉,使得杆体与岩土体摩擦力减小,进而影响杆体与岩土体之间的粘结力,存在大量浪费和安全隐患,没有能够发挥锚杆的潜力。而压力型锚杆变杆体单轴受拉为三围受压,杆体体积的膨胀大大加大了其与岩土体的摩擦力,充分挖掘锚杆潜力^[2]。

1 试验目的及方案

要在实际工程中使用压力型锚杆进行设计和施工,我们必然面临这样的问题:与传统拉伸型锚杆相比,同等条件下的压力型锚杆抗拔力到底能有多程度的提高?在实际应用中,压力型锚杆的破坏形式有哪些,应该采取什么措施防范?现场抗拔力基本实验成为了解压力型锚杆的有效途径。另外,目前国内一些压力型锚杆的抗拔试验几乎都是基于土层的。西南山区特别是重庆地区,岩石边坡、危岩治理占到岩土工程的相当部分,压力型锚杆在岩石中的工作性能自然成为我们最关心的问题之一。下面介绍结合重庆大学危岩边坡治理在岩层中进行的压力型锚杆抗拔试验方案。

参考有关锚杆工作机理的摩擦作用观点^[3],压力型锚杆的破坏形式可能会是以下几种:

钢绞线断裂破坏;承载体前端局部水泥浆体压碎破坏;注浆体-岩土体之间的滑移破坏。程良奎等针对这三种可能的破坏方式提出锚固体的极限承载力应同时满足以下三个条件^[4]:

$$P \leq F_a \cdot f_{pk}$$

$$P \leq F_c \cdot f_c \cdot \alpha$$

$$P \leq q \cdot \pi \cdot D \cdot L$$

式中: F_a 为钢绞线的截面积; f_{pk} 为钢绞线的强度标准值; n 为承载体个数; F_c 为灌浆体受压面积; f_c 灌浆体的抗压强度标准值; α 为灌浆体在局部承压及有侧限条件下其抗压强度增高系数; q_1, q_2, q_3 为不同承压区段的平均粘结摩阻强度标准值; L_1, L_2, \dots, L_n 为不同承压区段长度; D 为锚固段灌浆体直径。

上述基本条件中第一个基本条件可人为控制,试验主要集中在对第二、三基本条件研究上面。本次试验结合重庆大学(A区)沿江危岩治理工程进行,取场地岩样做单轴抗压强度试验,其饱和单轴抗压强度 $f_c = 22.5 \text{ MPa}$ 。本次试验分为两组,共12根锚杆,每组压力型锚杆、拉力型锚杆各三根。两组的锚径、锚固深度不同,但同一组内压力型、拉力型锚杆锚径、锚深完全相同,以便比较同一条件下两种类型锚杆抗拔力的差异。锚杆类型、尺寸及分组见下表1。

表1 实验锚杆详情表

锚杆编号	锚杆类型	锚径(mm)	锚固段长度(mm)
1 [#]	压力型	130	2 500
2 [#]	压力型	110	2 500
3 [#]	压力型	110	2 500
4 [#]	压力型	130	2 500
5 [#]	压力型	110	2 500
6 [#]	拉力型	110	2 500
7 [#]	压力型	130	2 500
8 [#]	拉力型	110	2 500
9 [#]	拉力型	110	2 500
10 [#]	拉力型	130	2 500
11 [#]	拉力型	130	2 500
12 [#]	拉力型	130	2 500

注:1[#],4[#],7[#],10[#],11[#],12[#]锚杆为第一组;2[#],3[#],5[#],6[#],8[#],9[#]锚杆为第二组。

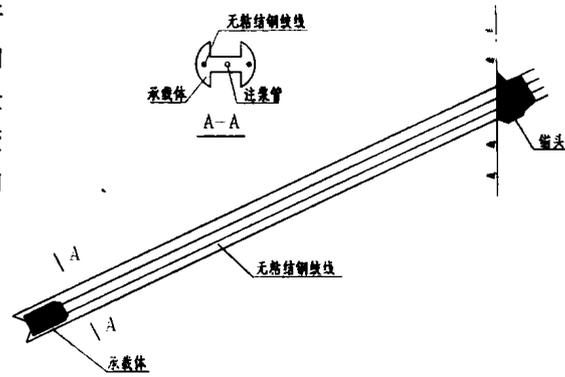


图1 压力型锚杆构造示意图

关于试验用锚杆杆体的制作限于篇幅,不一一详细介绍,只是重点介绍一下承载体的制备。承载体是压力型锚杆的关键受力部位,对钢绞线施加的拉力通过承载体转化为对水泥砂浆的压力,要求有很好的强度和韧性。本次试验,自行制作如图2示的承载体,材料为30 mm厚钢板,钢绞线穿过承载体后,用P锚将其锁定,优点在于钢绞线不用弯折,传力直接、可靠。

试验加载方案系根据重庆市地方标准《建筑边坡支护技术规范》(DB50/5018-2001)附录G《锚杆抗拔试验》中有关规定进行。为了使加荷装置与反力装置,以及反力装置与桩体间紧密贴合,试验前对杆体进行预拉,预拉荷载取 Q_{max} 的5%。



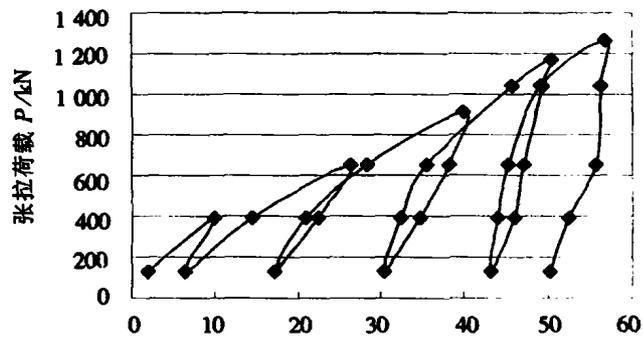
图2 承载体

2 试验结果分析

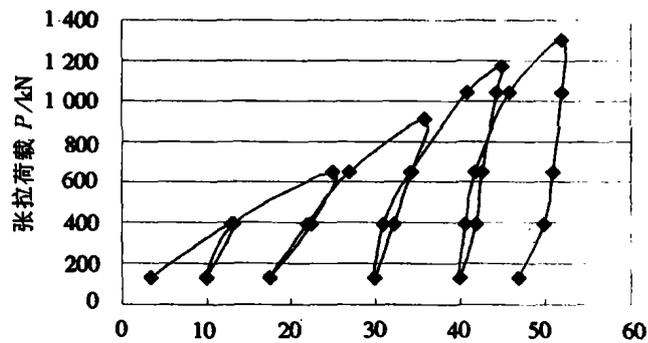
限于篇幅,不一一列出每根锚杆的试验数据,只是列出比较典型的2#、3#压力型锚杆的 $P-s$ 曲线(见图3)。

表2是全部试验锚杆的破坏形式列表及极限承载力平均值。

从表3可以看出,在岩层中压力型锚杆的极限抗拔力远大于拉力型锚杆。以第二组实验数据为例,同等条件下拉力型锚杆在800 kN的荷载下就已经破坏,破坏特征比较明显,或者是锚头位移不收敛,表现为油泵出现回油现象,无法继续加载,或者锚头位移突然增加一个比较大的幅度;而压力型锚杆在本次试验中极限承载力的得出仅仅是因为外加荷载达到了钢绞线标准值的0.8倍而停止了加荷,并未表现出明显破坏特征。从压力型锚杆的 $P-s$ 曲线也可以看出,这个时候压力型锚杆锚固段位移随荷载的增加还十分保守,极限承载力应该还可以有一个上升空间。但由于受各种条件的制约,本次试验没有能达到明显的破坏,这也是本次试验的一个遗憾。但即使照此计算,压力型锚杆极限承载力仍然较之拉力型锚杆提高了50%左右。



(a)2# 锚头位移 s/mm



(b)3# 锚头位移 s/mm

图3 典型的压力型锚杆 $P-s$ 曲线

从压力型锚杆的 $P-s$ 曲线也可以看出,这个时候压力型锚杆锚固段位移随荷载的增加还十分保守,极限承载力应该还可以有一个上升空间。但由于受各种条件的制约,本次试验没有能达到明显的破坏,这也是本次试验的一个遗憾。但即使照此计算,压力型锚杆极限承载力仍然较之拉力型锚杆提高了50%左右。

3 基于岩层的压力型锚杆的破坏特点

试验结果的分析参照中国建筑东北设计研究院岩土公司在大连亚太国际金融中心基坑支护工程中进行的基于土层的压力型锚杆抗拔试验进行^[5]。

3.1 基于岩层的压力型锚杆的典型破坏形式探讨

表2 试验锚杆破坏形式及极限承载力

序号	类型	锚径(mm)	锚深(mm)	破坏形式	极限承载力(kN)	备注
1	压力型	130	2 500	荷载达钢绞线标准值的0.84倍,已达最大试验荷载	1 300	
2	压力型	110	2 500	荷载达钢绞线标准值的0.82倍,已达最大试验荷载	1 266	
3	压力型	110	2 500	荷载达钢绞线标准值的0.84倍,已达最大试验荷载	1 300	
4	压力型	130	2 500	因就位原因,钢绞线意外断裂,安全起见未继续张拉	1 100	
5	压力型	110	2 500	荷载达钢绞线标准值的0.82倍,已达最大试验荷载	1 266	
6	拉力型	110	2 500	从张拉开始,锚头位移即迅速增加,不收敛		失败
7	拉力型	130	2 500	400 kN以后锚头位移即迅速增加,不收敛		失败
8	拉力型	110	2 500	800 kN以后,油泵出现回油现象,锚头位移不收敛	800	
9	拉力型	110	2 500	锚头位移增量超过规范规定	800	
10	拉力型	130	2 500	锚头位移增量超过规范规定	800	
11	拉力型	130	2 500	1 000 kN以后,油泵出现回油现象,锚头位移不收敛	1 000	
12	拉力型	130	2 500	1 000 kN以后,油泵出现回油现象,锚头位移不收敛	1 000	

表3 极限承载力平均值

试验锚杆类型	压力型锚杆	拉力型锚杆
第一组:锚径130 mm,锚深2 500 mm	1 200(kN) 1 ^o ,4 ^o ,7 ^o (失败)	933(kN) 10 ^o ,11 ^o ,12 ^o
第二组:锚径110 mm,锚深2 500 mm	1 277(kN) 2 ^o ,3 ^o ,5 ^o	800(kN) 6 ^o (失败),8 ^o ,9 ^o

我们知道,对于拉力型锚杆,杆体抗拉强度、杆体与注浆体间的抗剪强度以及锚固段注浆体与周围岩土体的抗剪强度决定了锚杆抗拔力的大小,通常情况下3个强度中最后一项最小。压力型锚杆与拉力型锚杆有所不同,其破坏受杆体抗拉强度、承载体前注浆体局部局部抗压强度以及注浆体与周围岩土体的抗剪强度控制。

从基于土层的压力型锚杆抗拔试验来看,在孔底锚固体与岩土体剪切强度还未充分发挥的情况下锚杆已经因孔底注浆体压碎而破坏,也就是说注浆体并未将杆体拉力全部传递给周围岩土体,注浆体底端局部抗压强度低于锚固体与岩土体抗剪强度。在土层进行的那次试验中,因为端部压应力与砂浆体极限抗压强度之比达到1.72,从而使压力型锚杆远未发挥优势即告破坏。

在本次试验中,对锚径110 cm的压力型锚杆最大施加了1 300 kN的荷载。承载体前部砂浆体承受的压应力为: $N = P/A_0 = 171 \text{ MPa}$,砂浆体局部受压的强度提高系数: $\beta = 1.12$,砂浆体局部抗压强度极限值 $F_m = 5.12 \text{ MPa}$, $N/F_m = 3.35$ 。

从试验结果来看,端部砂浆体并没有因此发生破坏,表现在锚固段位移的增量仍然十分保守,承载力稳步上升。与其在土层中的情况相比,局部承载力有了相当大的提高。分析其原因在于,在岩层内端部砂浆体处于三围受压状态,径向膨胀收到约束,一方面如此大的侧向压力大大提高了注浆体-岩体界面上的粘结摩阻强度,另一方面保证端部砂浆继续发挥作用,不致于被挤压破碎。在实际工程中, N/F_m 不可能再有较大的提高,因此从中我们可以得出,在岩层中,压力型锚杆的破坏主要还是受钢绞线抗拉强度、注浆体与周围岩体的抗剪强度控制。这与其在土层中的表现有较大的不同。

3.2 压力型锚杆锚固段位移的特点

根据对压力型锚杆轴力的计算以及文献的相关论述,压力型锚杆轴力在尾部最大,然后迅速降低。据此分析,其锚固段的位移趋势也应该是大致相同,即在尾部不长的范围内相当大,越接近锚头位移越小,在孔口附近位移几乎为零。

(下转第90页)

整个策划流程有机结合,二者取长补短,对于实现整体策划目标是非常有利的。

3 结语

我国的房地产业现在正处于快速发展时期,房地产策划理论也随着市场的发展而不断的变化。今后,肯定会有更多的策划模式出现,但是每一种策划模式都会有其优点和缺点,没有一种策划模式会是项目策划的万金油,策划模式的选择和运用要适应项目所处的市场环境的要求。

参考文献:

- [1] 卢盛忠.管理心理学[M].杭州:浙江教育出版社,1998.
- [2] 刘洪涛,何飞,曾晓达.社会住宅的发展原则[J].住宅与房地产,2002,(5):50-53.
- [3] 冯柯.现代人居模式:亲都市亲自然[J].住宅与房地产,2002,(4):60-61.
- [4] 喻颖正,章伟杰,胡仲云.现代房地产营销全录[M].广州:暨南大学出版社,1999.
- [5] 喻颖正,章伟杰,胡仲云.现代房地产全程操作实战解码[M].广州:暨南大学出版社,2000.
- [6] 菲利普·科特勒.营销管理[M].北京:中国人民大学出版社,2001.
- [7] 晁钢令.市场营销学教程[M].上海:上海财经大学出版社,1999.

(上接第 25 页)

在本次试验中为了验证这一特点,在试验开始前,将洞口 5 cm 范围内的砂浆凿去,并做好标记。实验结束后再对砂浆体的位移进行观测发现,孔口位置砂浆几乎没有明显的移动。也就是说,第一,整个锚固段产生的位移不是沿杆长均匀分布;第二,注浆体与岩体的摩阻强度相当大,以致实际产生的位移都“消化”在了内部,即砂浆之间挤压消耗了锚固段的位移,而不是表现为注浆体与岩体的滑移。图 4 为试验后的孔口情况。



图 4 破坏后的孔口

参考文献:

- [1] 范景伦,曹虹.压力分散型锚杆技术[J].建筑技术开发,2001,28(1):7-12.
- [2] 刘忠臣.压力分散型锚杆技术[J].包头钢铁学院学报,2001,20(2):165-169.
- [3] 陈善纛.卢肇钧院士科技论文选集[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [4] 程良奎.深基坑锚杆支护的新进展[A].岩土锚固新技术[C].北京:人民交通出版社,1998.
- [5] 顾亮.压力型锚杆的抗拔实验研究[J].工程勘察,1999,(1):10-12.