

压力型锚杆锚固段流变特性试验研究

渠红霞

(湖南科技大学 土木工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:为了研究压力型锚杆锚固段流变特性,进行了室内锚固系统拉拔蠕变试验。通过设计不同锚固段长度和灌浆体强度,试验研究了不同长度的锚固体在不同荷载作用下轴向位移随时间变化的规律,深入对比了不同强度的砂浆和不同锚固段长度对锚固效果的影响。试验得出:试件的破坏形式与灌浆体的长度和灌浆体的强度等级密切相关,灌浆体长度为300 mm的试件发生钢筋断裂,长度小于300 mm的试件则沿第二锚固界面的破坏,基体强度较小时在径向压力增大到一定值时,基体率先开裂。

关键词:压力型锚杆;室内拉拔试验;锚固段长度;砂浆强度;第二锚固界面

中图分类号:TU45

文献标识码:A

Test research on mechanical behavior of pressure - type anchors

QU Hong - xia

(Hunan University of Science and Technology, Civil engineering, Hunan Xiangtan 411201, China)

Abstract: Rheological properties of pressure - type anchors are studied by the pulling - out test of anchorage system in laboratory. The anchorage system is well designed and produced. The test data is reliable and is in line with scientific laws. By designing with the different fixed anchor lengths and mortar strengths, the test studies that the displacements change over time along the axial direction under different load. Compare deeply the different strength of mortar and the different anchorage length on the anchoring effect. It concluded that the fracture of the grouting body whose length is 300 mm reinforcement, the destruction of the specimen whose grouting body's length is less than 300 mm is on the second interface of anchorage; when the concrete strength is small, if the radial stress increases to a certain value, the matrix was to crack in the first.

Key words: pressure - type anchors; pulling test in laboratory; anchorage length; mortar strength; the second anchorage interface

岩土锚固技术是牢系工程之根,其流变性将增加结构安全的风险^[1-2]。在过去的二十年里,人们逐渐认识到压力型锚杆技术在工程实践中的重要性^[3]。目前,国内很多学者分别从理论或试验中研究这类锚杆的各种力学特性。贺建清等^[3]通过进行压力型与拉力型锚杆工作性状的室内足尺模型对比试验,得出锚固段应力分布形式及锚杆破坏形式;张四平等^[4]通过现场试验研究了压力分散型锚杆的剪应力分布等流变特性;赵同

彬^[5]通过室内拉拔蠕变试验得出锚固体的应力蠕变曲线等;卢黎等^[6]通过对压力型锚杆的试验研究得出锚固段的应力分布不是均匀的,剪应力起初端部较大,随着时间推移最大值向杆内方向移动的规律;许宏发^[8]自制两根土层锚杆进行蠕变试验,研究得出锚固系统中灌浆体与岩土体之间的相互作用与众多因素有关。由于当下理论体系还不够完善,缺乏统一的试验标准,故试验研究与计算方法各异,本文采用室内拉拔试验方法对压

收稿日期:2015-06-09

基金项目:湖南科技大学研究生创新基金资助项目(S140005)

作者简介:渠红霞(1989-)女,山西大同人,硕士,从事岩土工程和地下结构方面的研究工作。

力型锚杆流变特性进行研究,为锚固系统流变特性研究提供了一种思路。

1 压力型锚杆室内蠕变试验

1.1 试件制作

1.1.1 模型设计

为了能够更加准确地分析压力型锚杆锚固段的应力分布规律,更好地体现压力型锚杆的锚固效果,此次室内试验方案中锚固系统基体和灌浆体的制作模具都采用PVC管,锚固段长度分别设计为150、200、250、300 mm。

1.1.2 锚杆杆体制作

选择一定规格长度的钢筋,清洁并处理钢筋表面的锈,在钢筋表面涂抹黄油后缠裹塑料薄膜。在准备试验过程中,将脱黏段穿过PVC管,再灌浆,砂浆达到一定强度后,用手即可抽出钢筋,套管套在钢筋外表面,证明了这种脱黏方式不会对试验结果造成不利影响;在钢筋锚固端头安装承压板和螺母,待用。承压板是压力型锚杆关键组成部位,承载力是通过其将力传递给灌浆体,故要求其有很好的强度。本次方案采用自行制作的钢板承压板,为保证承压板能精准地作用在锚固体底端,故制作承压板的直径比锚固孔径小1~2 mm。锚杆杆体力学性能指标见表1。

表1 锚杆杆体力学性能指标

Tab.1 Mechanical properties of anchor bar

强度级别	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%
HRB400	370	400	28.0

1.1.3 灌浆体制作

考虑到在混凝土基体中做成一定尺寸的圆孔难度较大,又由于在基体内部制作灌浆体会导致基体和灌浆体难以拆分,故在本次试验中采用基

体、灌浆体分开制作的方法。

首先将灌浆材料按标准配合比混合;同时将制作好的锚杆放在灌浆体模具的中心并定位,将配合好的砂浆灌入模具中,边灌浆边振捣,并同时保持锚杆的铅直;待灌浆完毕后,马上清理表面并及时养护($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度和相对湿度在95%以上的潮湿空气中养护28 d)。养护完毕,拆模后将注浆体表面进行打磨处理,处理完毕,在注浆体事先预留位置粘贴应变片,应变片外侧用环氧树脂保护。应变片间距视灌浆体长度而定,灌浆体长度为150 mm,间距为25 mm,共计6个;灌浆体长度为200 mm,间距为30 mm,共计7个;灌浆体长度为250 mm,间距为35 mm,共计7个;灌浆体长度为300 mm,间距为40 mm,共计8个。应变片型号为B×120-5AA电阻应变片(电阻值 $120 \Omega \pm 0.2 \Omega$,灵敏系数 $2.08 \pm 1\%$,栅长×栅宽为5 mm×3 mm。)灌浆配合比及力学性能指标见表2。

1.1.4 基体制作

本试验采用混凝土模拟工程岩土。具体制作方法为混凝土按标准配合比混合;将锚杆杆体和灌浆体模具一起放在基体模具中心并定位;浇筑混凝土并振捣(采用震动台成型,将混凝土拌合物一次装入试件模具,装料时用抹刀沿试模内壁略加插捣并同时保证混凝土拌合物高出试模上口。振动时应防止试模在震动台上自由跳动,振动应持续到混凝土表面出浆为止,并用抹刀刮除多余的混凝土,随后抹平);制作完毕后放在保温保湿室养护($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度和相对湿度在95%以上的潮湿空气中养护28 d)。混凝土配合比及力学性能指标见表3。

1.2 试验加载

本次试验采用增量加载方式进行拉拔,载荷

表2 灌浆体力学性能指标

Tab.2 Mechanical properties of grouting body

砂浆强度	水灰比	配合比 水:水泥:砂	28天立方体抗压强度/MPa	弹性模量 /GPa	泊松比
M30	0.67	0.67:1:3.25	34.2	20.80	0.15
M50	0.57	0.57:1:2.70	53.8	23.22	0.18

表3 基体力学性能指标

Tab.3 Mechanical properties of substrate

混凝土强度	水灰比	配合比 水:水泥:砂:石子	28天立方体抗压强度/MPa	弹性模量 /GPa	泊松比
C20	0.51	0.51:1:1.62:3.15	21.6	26.7	0.2

设计为 10、20、30、40 kN, 此后以每级荷载增量 5 kN 加载直至锚固系统破坏试验完成, 每级荷载的恒定时间 24 h。加载试验机是在原有 RYL-600 型岩石伺服流变试验机基础上, 利用原有试验机的硬件设备、控制和数据采集系统改进而成的, 最终实现锚固系统的流变拉拔试验。改进后的设备能提供 600 kN 的垂直(法向)拉力, 精度 $\leq \pm 3\%$, 完全能满足试验精度的要求。在加载的同时通过扬州科动电子有限责任公司生产的应变采集设备采集应变片上的实时数据。

2 试验结果及分析

这里采用本次试验的试件 Y50-250-1、Y50-300-1、Y30-250-1、Y30-300-1 (Y: 压力型锚杆; 50: 灌浆体强度 M50; 250/300: 灌浆体长度; 1: 试件编号) 的试验数据来说明不同长度的锚固

体在不同荷载作用下沿轴向方向的位移随时间变化的规律。各级荷载作用下压力型锚杆锚固段沿轴向方向的位移随时间变化规律如图 1、图 2 所示。

从 Y-50-250-1 试件的位移变化规律曲线很显然得出当荷载处于低等水平时, 在初始产生瞬时变形后锚固体的时间-位移曲线基本处于一个水平状态, 即位移不再增加; 当荷载处于中等水平时, 锚固体的位移量随时间增加有明显的变化量, 时间-位移曲线为一条斜率一定的直线; 当荷载处于很高的水平时, 加载初期位移随时间的变化十分明显, 曲线的斜率不断变大, 位移急剧增加, 最终达到极限, 试件沿第二界面破坏。同时, Y-50-300-1 试件前期变化与 Y-50-250-1 试件情况类似, 但是在高应力水平下没有出现位移随时间急剧增大的现象, 也就没有出现锚固界

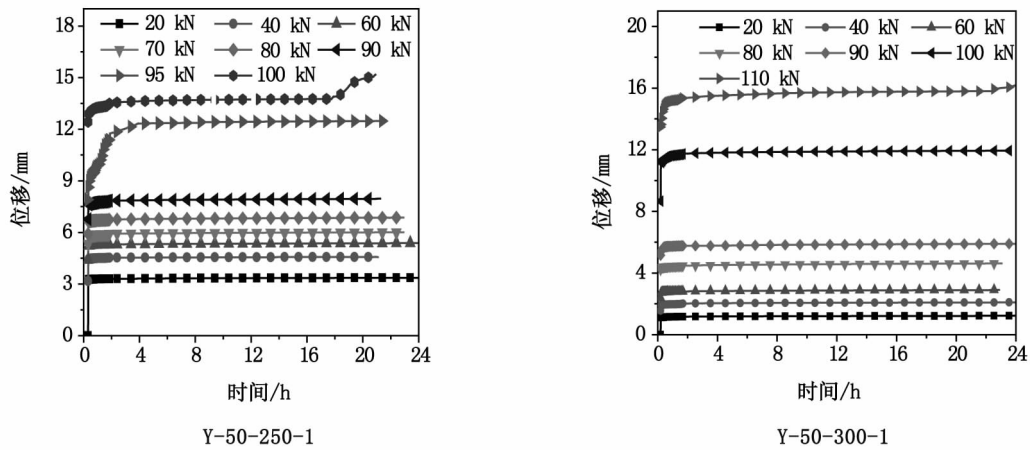


图1 压力型锚杆锚固段轴向位移与时间关系曲线

Fig.1 The relation curve of the axial displacement and time on pressure-dispersive anchor

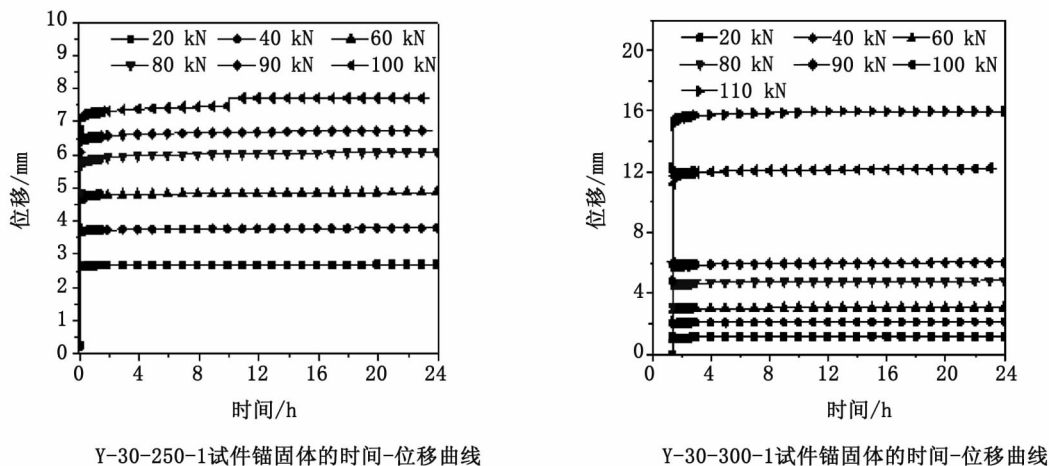


图2 压力型锚杆锚固段轴向位移与时间关系曲线

Fig.2 the relation curve of the axial displacement and time on pressure-dispersive anchor

面破坏的极限,反而由于钢筋达到屈服极限荷载,最终试件为钢筋断裂破坏。由此可见在试件灌浆体强度达到一定要求,改变锚固体的长度可以决定锚固系统的破坏模式,判断锚固系统的极限承载力。这主要取决于钢筋的极限承载力是一定的,而第二锚固界面上粘结力的大小在其他因素一定情况下与锚固长度有着重要关系。当试件的锚固长度为250 mm和300 mm时,不同的破坏模式说明锚固系统的极限承载力取决于系统的最薄弱面,故在工程实践中要综合两者的相互影响关系。另外,在界面发生局部脱粘现象,试件破坏的过程必会经过一个屈服点,即存在屈服荷载,屈服荷载都将发生在高应力水平下,但是荷载的大小与锚固体长度和灌浆体的强度有着密不可分的联系,其定量关系还需进一步研究。

从Y-30-250-1试件Y-30-300-1试件的位移变化规律曲线很显然得出与上述试件类似的变化规律,但是这两个试件的最终破坏模式为基体开裂而非锚固界面滑移或者钢筋拉断。这主要由于锚固体在受到外力时产生一定量的变形,径向变形会产生一定的径向压力,当径向压力达到基体的极限抗拉强度时,基体就出现开裂现象,很明显在锚固体砂浆的强度较低时此种模式出现,这种破坏模式为锚固体的鼓胀破坏。锚固系统的极限承载力主要取决于锚固段周围基体的约束条件。脱粘的锚固段会在受到承压板的作用力后发生径向的变形,产生了径向压力的同时也增加了界面的摩擦,正是这个摩擦力保证试件锚固界面暂时不会破坏,但是由于灌浆体的径向压力使基体率先开裂。以上三种破坏模式的出现更进一步肯定了锚固体强度和长度对锚固系统的极限承载力的影响作用。

3 结论

1) 试件的破坏形式主要是沿第二锚固界面的

破坏和钢筋达到抗拉极限断裂,并且试件的破坏形式与灌浆体的长度和灌浆体的强度等级密切相关,凡是灌浆体长度为300 mm的都发生钢筋断裂,而灌浆体长度小于300 mm的试件则发生沿第二锚固界面的破坏。

2) 试件在外荷载逐渐增加的作用下发生基体的开裂,其发生是由于灌浆体粘结强度减小,摩擦强度增大所导致的。

3) 锚固体在荷载的作用下产生径向变形,当这种径向压力过大,达到基体的承载力时,而塑性区域未发展到锚固尾端时,基体就会率先开裂。当锚固长度很长时,第二锚固界面的粘结力很大,这时容易出现钢筋达到极限承载力,钢筋断裂,锚固系统失效。故在进行锚固系统的设计时,盲目地增加锚固长度是没有什么意义,应综合考虑锚固系统材料的力学特性。

参考文献:

- [1]程良奎. 岩土锚固研究与新进展[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(21):3803-3811.
- [2]贺建清,陈清,陈秋南. 压力型与拉力型锚杆工作性状的室内足尺模型对比试验研究[J]. 水文地质工程地质,2013,40(4):50-54.
- [3]尤春安. 锚固系统应力传递机理理论及应用研究[D]. 泰安:山东科技大学,2004.
- [4]张四平,候庆. 压力分散型锚杆剪应力分布与现场试验研究[J]. 重庆建筑大学学报,2004,26(2):41-47.
- [5]赵同彬. 深部岩石蠕变特性试验及锚固围岩变形机理研究[D]. 青岛:山东科技大学,2009.
- [6]卢黎,张永兴,吴曙光,等. 压力型锚杆锚固段的应力分析规律研究[J]. 岩土力学,2008,29(6):1517-1520.
- [7]许宏发,孙远,陈应才. 土层锚杆蠕变试验研究[J]. 工程勘察,2006(9):6-8.

(责任编辑 王利君)