

预应力锚索锚固力损失的控制方案设计研究

王清标

(山东科技大学 山东泰安 271019)

摘 要:预应力锚索锚固力损失导致其锚固效果的减弱甚至失效,会给工程安全带来极大的危害。在方案设计过程中研究锚固体系、锚索结构、锚索间距、锚索吨位及岩土体性质等影响因素,采取一定的设计措施,可以有效抑制、降低甚至消除锚固力损失的影响,对锚固工程的设计、施工和安全运行,提高工程的经济效益和社会效益,具有重要的理论意义和工程实践意义。

关键词:锚固力损失 方案设计 锚固体系 锚索结构

前言

预应力锚索加固已成为岩土工程的关键技术,得到迅速普及与应用,已经成为提高岩土工程稳定性和解决复杂岩土工程问题最经济最有效的方法之一。其加固的实质是对被加固岩体施加锚固力,限制岩体有害变形的发展。在预应力作用下,使松散岩体产生弹性压缩,形成较大的“自承带”,充分地调用和提高岩土体的自身强度和稳固能力,改善岩体力学性能,形成三维应力平衡,有效控制岩体有害变形,保持岩体稳定。这样可以大大缩小结构物体积和减轻结构物自重,显著节约工程材料,利于施工安全。大吨位预应力长锚索加固岩土体的技术,已广泛地应用于地质工程的各个领域,如地下洞室工程、边坡稳定工程、坝基加固工程、深基础和地下结构工程、结构物补强与加固工程等。

预应力锚索锚固力的锁定值受预应力材料性质、被锚固介质力学特性、锚索结构、锚固体系、锚夹具质量、施工工艺、工程地质环境以及运行管理水平等因素的影响而变化^[1-2],众多工程事故表明:锚固力的损失是不容忽视的重大工程问题,如果锚固力损失超过一定值时,会使得结构受力情况恶化,造成受力不均匀,将导致其锚固效果的减弱甚至失效,给工程安全带来极大的危害。此外,因锚固效果减弱而导致加强结构稳定性的工程措施还将耗费大量的人力、物力和财力。

在方案设计过程中充分研究预应力锚索锚固力损失影响因素,采取一定的设计控制措施,对锚固工程的设计、施工和安全运行,提高工程的经济效益和社会效益,具有重要的理论意义和工程实践意义。

1 锚固体系选择

预应力锚固张拉体系有上百种之多,但是根据锚具与预应力筋的锚固形式,可以将预应力锚固体系划分为夹片式、支撑式、浇筑式和锥塞式四大类型。不同的锚固体系引起的锚索锚固力损失也不同,只有选择先进完善的锚固体系,才能保证锚固工程综合加固效果,减少锚索锚固力损失。

设计过程中,应充分考虑工程地质资料、水文地质资料、地震资料、气象资料、埋设物与障碍物资料、地形地史资料、工程周围环境以及工程的重要性等,并参考本地甚至外地类似工程的加固情况,选择合理适用的锚固体系。

确定锚索锚固体系以后,在锚索具体设计工程中,应重点考虑以下几个内容:(1)根据工程地质勘察资料,选择合理的锚索锚固类型及布局。(2)根据地层情况、锚索锚固力大小确定锚索埋置深度和自由段长度。(3)确定锚索束体材料及截面面积。(4)确定锚索束体与锚索注浆体之间的粘结长度。(5)确定张拉设备和锚索张拉段长度。(6)确定外锚头的结构型

式。(7) 确定锚索的防腐措施。

2 锚索结构选择

2.1 锚索类型选择

(1) 孔斜率相近, 锚固力损失不同^[3]。虽然锚索孔的偏斜率相近, 但是无粘结锚索的沿程损失比有粘结的锚索大, 其原因是无黏结锚索采用一次灌浆, 灌浆时锚索体在孔内一般呈弯曲状态, 当浆液凝固后进行张拉使其沿程摩阻损失必然大; 对于全长粘结式锚索, 由于粘结材料的保护作用 and 润滑作用, 锚索索体与锚索孔壁的接触点少且摩阻系数小, 沿程摩阻损失小, 进而锚固力损失也就小。因此, 在条件许可的情况下尽可能的选取有粘结锚索。

(2) 外锚头形式不同, 锚固力损失不同。对于混凝土格构锚固端头, 整体连接性较好, 承压梁与岩土体接触面积较大, 整体刚度增大, 减少了局部或小范围的岩体压缩徐变, 因而锚固力损失较小; 墩台式锚头仅局部受压承压范围较小, 岩土体表层变形较大, 锚固力损失亦相对较大。因此对于较为破碎岩土体, 宜采用混凝土格构锚固。

2.2 内锚固段设计

为保证锚固效果的可靠性, 锚索内锚段必须固结在岩土体中, 设计过程中通常采用以下方法:

(1) 用机械装置(如胀卡式内锚头)把锚索固定在坚硬稳定的岩土体中。

(2) 用注浆体(如砂浆、素水泥浆或树脂类浆体)把锚索内锚段与孔壁粘结在一起。

(3) 用扩大束体与地层粘结面积(如高压注浆、扩孔)等手段把锚固段固定在稳定地层中。

2.3 外锚头设计

由于外锚头在锚索荷载作用下, 受力集中且外部工程环境复杂, 在设计过程中应特别注意:

(1) 外锚头及其部件的承载能力, 应当与锚索的最大荷载相匹配。

(2) 工作锚具是保持锚固力的关键部件, 要有可靠的锚固性能、耐久性能和可重复使用的特点。

(3) 外锚头的结构形式, 应有利于孔口设备的布置、安装、使用等。

(4) 如果采用混凝土锚垫墩, 应使锚垫墩与围岩接触面应力不致引起锚头破坏或产生过大位移, 混凝土强度等级应大于C30, 厚度应大于10cm。

(5) 外锚头应采取良好的防腐措施。

3 锚索间距控制

锚索群的力学特征与单根锚索的力学特征是完全不同的, 必须考虑群锚效应, 锚索群中各锚索承受的荷载并不是按所预想的那样均衡分布, 因此锚索群的总体承效率总是低于单根锚索的承载效率。群锚效应与锚索间距、地层硬度和地层构造有关。为了避免群锚效应的出现或降低群锚效应的影响程度, 设计过程中应特别注意:

(1) 锚索间距应大于锚固段最大直径的4倍, 并且应尽量满足: 锚索水平间距不宜小于2.5m, 垂直间距不小于3m。

(2) 应考虑到施工过程中施工偏差而造成的锚索间相互影响。

(3) 锚固段与相邻基础或地下设施的距离应大于3m。

(4) 锚固段埋深不宜小于5m。

4 锚索吨位控制

一般情况下锚索锚固力损失与张拉力大小成正比, 为保证锚固效果, 设计时应尽量避免大吨位, 应以多孔位、小吨位为宜。按照锚索预应力设计荷载, 一般不大于 $0.65 f_{ptk}$, 工程实践表明, 预应力值为 $0.5 f_{ptk}$ (极限强度值)时, 损失较小^[4]。

5 岩土体性质选择

(1) 应确保将内锚固段置于坚硬完整的岩体中, 以满足锚固要求; 外锚段桩后或梁下岩土

必须密实,以避免应力集中区岩土体徐变过大而增加锚固力损失。

(2) 对于破碎岩层,锚固力损失主要是破碎岩体的压缩变形和徐变变形,设计锚索时宜采用压力分散型锚索,这样可以使锚固段剪应力更均匀,改变锚固段区域的应力集中现象。

(3) 对过于松散破碎或含水量较大的岩土体,应尽量避免使用预应力锚索体系,因为此类岩土体压缩变形和徐变变形大且难以控制,预应力锚索不是万能的,它的应用必须满足一定的适用条件,如果必须使用时,在设计和施工中一定要采取相应的措施^[5]。

6 锚索监测系统选择

对重要或大型工程使用预应力锚索加固时,应设计锚索锚固力变化监测系统^[6]。在锚索上安装锚索测力仪,监测锚索受力变化状况,一方面可以加强信息化施工,及时反馈施工过程中的各种问题以指导施工和设计;另一方面在运行管理过程中,如果发现锚固力损失过大或出现其他异常情况,可以及时进行补偿张拉或采取其他工程措施,确保锚固工程的安全。

7 锚固工程设计实例

7.1 工程概况

浙江省金(华)—丽(水)—温(州)高速公路第十七合同段K81+635~K82+000位于浙江省南部缙云县新建镇境内。边坡路段位于浙南丘陵山区,U形沟谷发育。边坡自然坡度以35~42度为主,路堑左侧为坡度陡倾的山体,松动变形迹

象明显,右侧为沟谷、山间河流。边坡区出露的地层为上侏罗统熔结凝灰岩,岩性单一,边坡岩体十分破碎,为古塌滑体。通过地面地质调查、地质钻探、锚索孔钻探和地质雷达探测等手段,发现边坡地质情况相当复杂,边坡处于区域性断裂带附近,节理裂隙及小的断裂构造十分发育,岩体强度较低且完整性较差。岩体有沿陡倾坡外缘的结构面发生蠕滑变形,使坡面似层状岩体发生弯曲变形的趋势,潜在整体稳定性问题,必须对此边坡进行加固处理^[8]。

7.2 设计方案

7.2.1 原设计方案

该路堑防护原设计方案为:第I级边坡片石混凝土挡墙,第II~V级边坡采用中空注浆锚杆+钢筋网喷射混凝土(锚杆间距1.6~2.0m,长度3~4m)。在边坡开挖过程中,多次出现坡面裂缝和坍塌。在锚索钻孔施工过程中,普遍出现漏风和破碎岩石掉块,经常出现卡钻现象,并且在开挖边坡面15m以下深度还出现多个钻孔突然进尺,显示边坡深部有较连续分布的张开裂隙带。因此,原设计方案不能满足边坡稳定性要求,需要进行设计变更^[9-10]。

7.2.2 变更设计方案

(1) 锚固体系采用压力分散型预应力锚索,锚索外锚头采用锚墩加框格梁体系,内锚固段采用压力分散型锚固体体系,外锚固端采用夹片自锚体系,索体长度分别为22m~40m。锚索结构见图1。

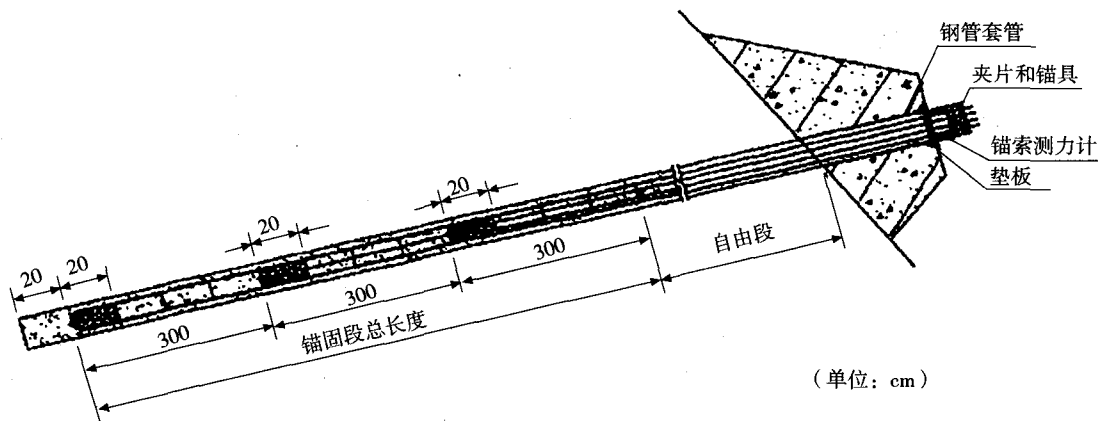


图1 锚索体结构示意图

(2) 通过系统分析边坡地质勘察资料 and 进行稳定性分析计算, 选择在二级坡和三级坡增加锚索数量加强锚固力、采用钢筋混凝土格型地梁将外锚头连成整体、在坡脚古塌滑体底界附近打水平排水孔的边坡工程加固治理措施。然后通过施工中空锚杆、普通砂浆锚杆、预应力锚索、地格梁来改善坡面的结构受力形式。设置水平排水孔, 排除坡体水, 使坡面体消除渗水的不利影响。最后在坡脚设置重型片石混凝土挡墙加固。

第一次设计变更共布置了469根预应力锚

索, 采用高强度低松弛无粘结钢绞线, 其极限抗拉强度为1860MPa。每根锚索由6根钢绞线组成, 外锚头采用锚墩加框架梁体系, 内锚头为压力分散型体系, 锚索长度根据地质条件分别为22m到32m不等。预应力锚索在施工中, 发现地质严重破碎, 且埋深较厚, 无法满足锚索锚固段的技术要求, 再次设计变更后, 根据不同的地质条件适当增长锚索长度, 锚索最深增至40米, 总根数增到512根, 设计锚索预应力为750kN, 经过再次设计变更后锚索总锚固力达到422400kN。锚索布置于边坡形态如图2。

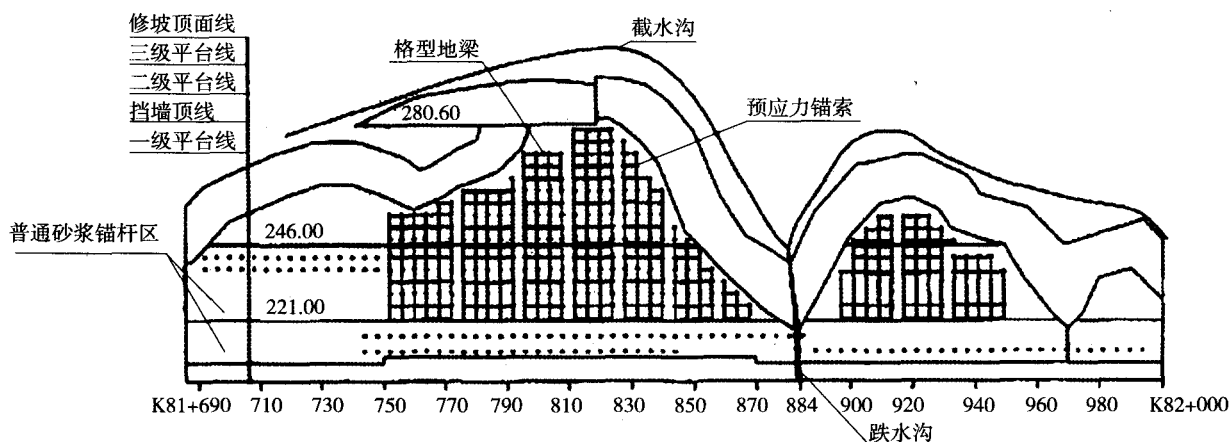


图2 边坡形态与锚索布置

7.2.3 设计变更时重点考虑问题:

(1) 古塌滑体岩体较为破碎, 在采用预应力锚索加固时, 应使外锚头的受力面积足够大, 以免外锚头位移变形过大而造成锚固力的损失和外锚头区岩体的破坏。

(2) 边坡区开挖前的自然斜坡是稳定的, 加固设计时可把达到原自然斜坡稳定程度稳定性系数作为设计的安全准则系数。

(3) 边坡岩体破碎、裂隙张开, 地下水排泄条件良好, 边坡治理过程中应确保地下水排泄条件不被破坏, 可通过在坡脚附近相对完整岩体区设置近水平排水孔, 改善边坡地下水的排泄条件。

(4) 加固锚索必须穿过破碎岩体以下足够的深度, 确保内锚固段岩体强度。

7.3 监测方案设计

由于该边坡岩体完整性差, 锚固预应力的保持成为该边坡加固效果评价的关键问题之一, 因

此选取了其中10%的锚索安置了锚索测力计, 对锚索的有效预应力进行长期监测。

7.4 锚固效果

该锚固工程竣工后, 对部分锚索进行了长期监测, 监测结果如图3所示。从监测结果来看, 预应力锚索锚固力变化趋于稳定, 锚固效果可靠, 该工程安全运行至今, 未出现任何问题, 证明设计方案的正确性和可靠性^[11]。

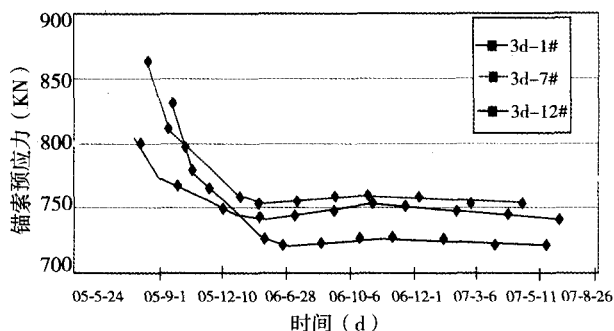


图3 锚索预应力变化曲线

8 结束语

影响预应力锚索锚固力损失的因素多而复杂,且各因素间又相互影响,在方案设计过程中完全可以采取一定的技术措施,达到抑制、减低甚至消除锚固力损失的影响,提高预应力锚索锚固工程可靠性。

参考文献

- [1] 何思明,王全才. 预应力锚索作用机理研究中的几个问题[J]. 地下空间工程学报, 2006.2(1):160-165
- [2] 李双一,王艳琴,张一玉. 浅谈后张法预应力施工过程中的应力损失分析及控制[J]. 辽宁交通科技, 2005(9):52-56.
- [3] 王清标. 孔道成孔工艺对锚固力损失的分析与控制[J]. 山东大学学报(工学版), 2009(4) 145-148

- [4] 张发明,刘宁. 影响大吨位预应力长锚索锚固力损失的因素分析[J]. 岩土力学, 2003(4):194-197.
- [5] 苏学贵,李彦斌,孟秀生. 锚索预应力损失影响因素分析[J]. 西安矿业学院学报, 1999(19): 87-90.
- [6] F.C.Dai, C.F.Lee. Frequency-volume relation and prediction of rainfall-induced landslides [J]. Engineering Geology, 2001 (59):253-266.
- [7] 王清标,贾宏俊. 矿山压力检测仪器技术新进展及其应用[J]. 地下空间与工程学报, 2006(6): :1172-1175
- [8] 朱哈逐. 破碎岩质边坡锚固技术研究[D]. 浙江大学. 2005:113-120.
- [9] 朱哈逐,尚岳全,陆锡铭等. 锚索预应力长期损失与坡体蠕变耦合分析[J]. 岩土工程学报, 2005.27(4). 464-468.
- [10] 叶惠飞. 锚索预应力损失变化规律分析[D]. 浙江大学. 2004. 38-51
- [11] 王清标. 预应力锚索锚固力损失机理研究及其岩土工程应用[D]. 山东科技大学. 2008.117-140

(上接第29页)

③启动电机使搅拌机运转,然后加水,再缓慢均匀地加入水泥,拌合时间不少于1min;然后将调好的水泥浆放入压浆罐,压浆罐水泥浆进口处设2.5mm×2.5mm过滤网,以防杂物堵管。

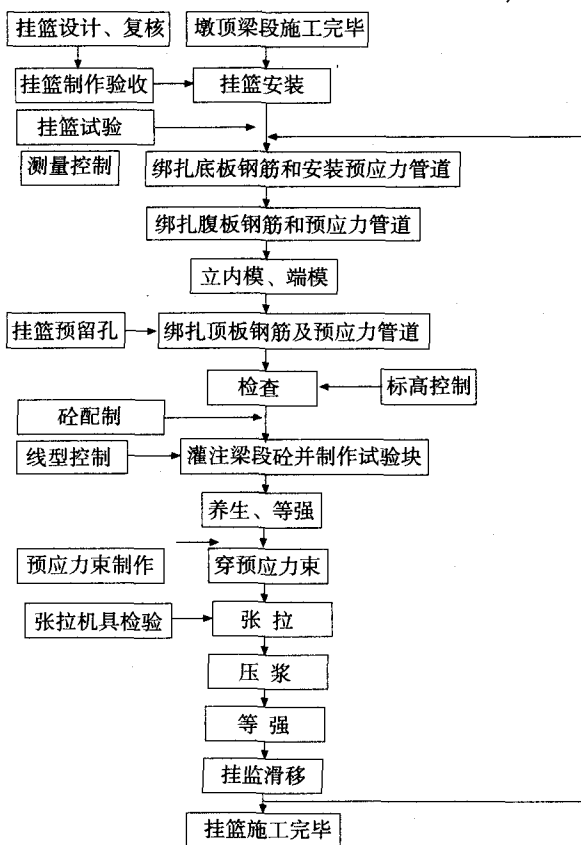
④压浆顺序:先下后上。首先由一端以0.6MPa的恒压力向另一端压送水泥浆,当另一端溢出的稀浆变浓之后,达到规定的稠度后,保压2min以上,封闭出浆口,继续压浆到压力达到0.6MPa,管道出浆口装有三通管,必需确认出浆浓度与进浆浓度一致时,方可封闭保压,浆体注满管道后,在0.50-0.60MPa下持压2min,压浆最大压力不超过0.60MPa。若无漏浆则关闭进浆阀门卸下输浆胶管。

⑤压浆用的胶管不超过30m,若超过30m则压力增加0.1MPa。水泥浆搅拌结束至压入管道的时间间隔不超过40min。

⑥压浆连续进行,不得无故中断,施工中认真做好压浆记录。为检验压浆质量,要求在压浆时试验人员在施工现场作压浆试件,测定试件的7天及28天强度。

4 施工工艺流程图

预应力混凝土梁安装施工质量直接影响桥梁质量、营运安全和使用寿命,务必引起各从业单位及从业人员的高度重视,切实抓好每道工序,每个环节的质量控制,确保预应力梁安装工程质量。



参考文献

- [1] 梁莉兰. 后张法混凝土桥梁预应力施加质量检测方法研究[J]. 城市建设理论研究, 2011,04
- [2] 袁海舟. 湖州茅安前大桥60米预应力混凝土系杆拱桥吊装施加预应力技术[C]. 第二届机电一体化与智能材料国际会议 2011, 05
- [3] 刘晓东. 对深基坑预应力锚索施工技术方法的探讨[J]. 城市建设理论研究. 2011, 08
- [4] 沈蒲生. 混凝土结构(第二版)[M]. 武汉理工大学出版社, 2005, 01
- [5] 刘虎祥. 浅谈预应力桥梁施工技术[J]. 中国新技术新产品 2011.12