打入式锚管在高填方边坡治理中的应用研究

张跃亭[1], 胡青峰[2], 雷 斌[2]
(1. 河南省煤田地质局,河南 郑州 450046; 2. 华北水利水电学院,河南 郑州 450045)

摘 要:针对某工程工业广场高填方边坡治理中,传统方法存在难以成孔、施工难度大等工程难题,采用对地层适应能力很强的打入式锚管进行加固。对打入式锚管加固高填方边坡的加固机理进行数值模拟分析,分析其应力、位移和塑性区等变化规律,最后给出具体的施工工艺,为类似工程的治理加固提供参考。

关键词:高填方边坡;边坡治理;打入式锚管;应力;位移;数值模拟
中图分类号:P642.22 **文献标识码**:A **文章编号**:1672-7428(2013)10-0060-04

Application and Research on Driving Anchor Tube in High Filling Slope/*ZHANG Yue-ting*[1], *HU Qing-feng*[2], *LEI Bin*[2] (1. Henan Provincial Coalfield Geology Bureau, Zhengzhou Henan 450046, China; 2. North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou Henan 450045, China)

Abstract: In a treatment of high filling slope, it was difficult for hole construction with traditional methods, driving anchor tube method was adopted, which is well adapted to soil layers. Based on the numerical stimulation analysis on the reinforcement mechanism of high filling slope by driving anchor tube, the stress, displacement and plastic district are analyzed, finally the specific construction technology of driving anchor tube was given, which could be the reference for similar engineering.

Key words: high filling slope; slope treatment; driving anchor tube; stress; displacement; numerical stimulation

随着大型铁路、公路工程的兴建及大规模矿产资源的开发利用,必然会出现很多高填方边坡工程。高填方边坡具有处理难度大,处理后隐患多等特点,如果处理不好必然会带来不可估量的损失,因此该类边坡治理也越来越受到人们的重视。目前对于高填方边坡治理,国内常采用的手段为重力式挡墙、加筋挡土墙、微型桩、锚索等,但是这些都存在工程量大、施工难度大和难以成孔等难题。锚管加固是近年出现的一种边坡治理的新工艺[1~3],而打入式锚管技术是在锚管杆体上设置注浆孔,采用气动冲击打管机直接打入土层并注浆,通过浆体向周围地层的渗透硬化后形成坚实的灌浆体将锚管与周围土层锚固在一起,使锚管锚固段与土体间产生粘结摩阻力,把高填方边坡土产生的主动侧压力传至土层深处,从而很大程度地提高原状土体的强度和刚度,并能显著提高高填方边坡的整体稳定性。

工程实践证明,锚管支护技术能有效达到支护高边坡、控制变形的目的,而且对地层的适应能力强,特别是能解决砂卵石、杂填土等难于成孔的地层中的施工难题,锚管支护结构设计施工优势明显,经济、环境效益好,推广应用前景广阔。本文在工程实践的基础上,对打入式锚管加固高填方边坡的加固机理进行数值模拟分析,然后给出其具体的施工工艺,为类似工程提供参考。

1 工程概况

拟建某工程工业广场高填方边坡位于河南省新密县,地形起伏不平,地势南北高中间低,为“两山夹一沟”,总体趋势西南高东北低,地面高程最高点在西南朝阳处,最低点在中间沟内,相对高差约 60 m。本区地貌成因类型属构造剥蚀地貌,地貌单元为低山丘陵,场地内局部基岩裸露,其余大部分为第四系堆(沉)积物所掩盖,因此该场地可称为基岩半裸露区。

2 地质条件

本场地地层属第四系全新统、上更新统和三叠系砂岩,场地土分为 5 个地质单元层,自上而下分层描述如下。

①$_1$ 层:素填土(Q_4^{ml}),以黄褐~褐黄色粉土为主,局部夹有卵石等,属于新近回填土,平均厚度 3.72 m;

①层:粉土(Q_4^{al+pl}),该层主要分布在场地北部山上,南部山上表层分布薄层,平均厚度 3.98 m;

②层:粉质粘土(Q_3^{al+pl}),层底局部夹有碎石,

收稿日期:2013-05-31
基金项目:河南省国土资源厅科研项目
作者简介:张跃亭(1962-),男(汉族),辽宁昌图人,河南省煤田地质局卓越建设工程有限公司总经理、高级工程师,物探工程专业,从事岩土工程施工,煤田、石油、煤层气勘探等方面的生产及研究工作,河南省郑州市郑东新区正光北街 19 号 10 楼,zhangyt371@163.com。

平均厚度 5.47 m;

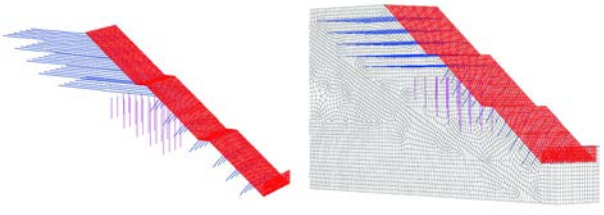
③层:微风化砂岩(T),岩层倾角约 300°,东高西低,平均厚度 0.96 m;

④层:砂岩(T),岩层倾角约 300°,东高西低,该层在勘探孔深度内未能揭穿,最大揭露厚度 19.0 m。

3　高边坡数值模拟分析

3.1　计算模型的建立

计算模型结合《某工程工业广场岩土工程勘察报告》,对该高填方边坡的一个典型地质剖面加固治理进行数值模拟,侧向扩展 10 m 范围设计模型,模型计算范围(图 1):长 × 宽 × 高 = 97 m × 10 m × 26 m,合计共划分 161940 个单元,174930 个节点。模型地表表面设为自由边界,侧面限制水平移动,底部固定。计算仅考虑自重应力产生的初始应力场。初始地应力计算材料符合弹性本构,材料破坏符合 Mohr – Coulomb 强度准则。



(a) 结构单元模型图　　(b) 结构单元与地质模型耦合图

图 1　边坡工程地质模型

3.2　土层参数

土层计算参数见表 1。

表 1　工业广场边坡工程土体物理力学参数取值表

序号	标志颜色	土性名称	密度/(kg·m^{-3})	体积模量/GPa	剪切模量/GPa	抗拉强度/kPa	粘结力/kPa	内摩擦角/(°)
1		素填土	2000	11.11	3.7	1	50	25
2		粉土	1790	8.03	4.14	10	140	27
3		粉质粘土	1860	11	5.08	38	300	30
4		砂岩	2250	37	22	740	750	33

3.3　计算方法及过程

根据原始地貌,只考虑重力作用,生成初始应力场,对边坡稳定性的应力应变情况进行力学分析。设定体系最大不平衡力与典型内力比值下限为 1×10^{-5},以此作为计算迭代终止的判定标准。图 2 为边坡在进行经历计算时各自的系统不平衡力演化过程曲线。

4　计算结果分析

4.1　应力场演变分析

4.1.1　最大主应力分析

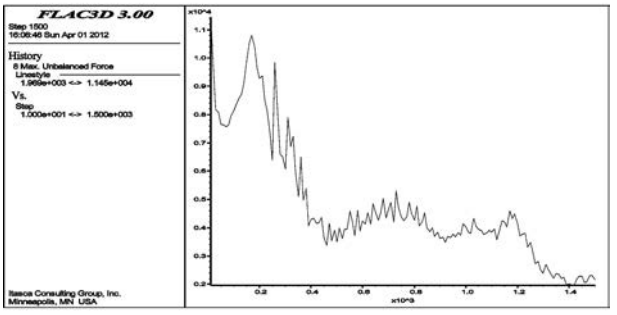


图 2　边坡计算时的系统不平衡力演化全过程曲线

图 3 为边坡的第一主应力云图,从图中可以看出,在坡脚处出现较小区域的拉应力集中区,应力值小,在 0 ~ 40 kPa 范围。在坡顶的地表后沿,出现逐渐扩散的拉应力区域,拉应力值也同样在 0 ~ 40 kPa 范围,其它区域基本上以压应力为主。由于锚管支护的影响,坡体表面的最大主应力从高到底有逐渐增大的趋势,但数值较小,说明土体较为稳定,但坡脚与坡顶后沿出现拉应力,容易引起坡脚土体的破坏和边坡后沿的拉裂缝破坏。

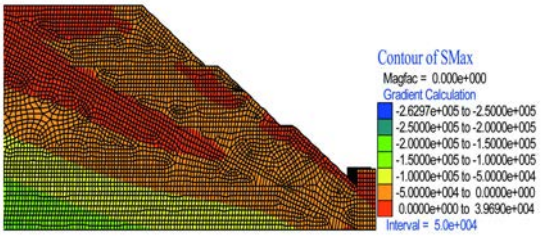


图 3　边坡最大主应力场分布图

4.1.2　最小主力分析

从图 4 中可以看出,浅部最小主应力等值线平滑,几乎相互平行,未出现应力集中效应。在深部的最小主应力等值线也基本相互平行,基本没有出现突变。最小主应力无论浅部还是深部均为压应力,仅在边坡表面形成了一定的拉应力区域,但是数值较小,不会对边坡稳定造成太大的影响。

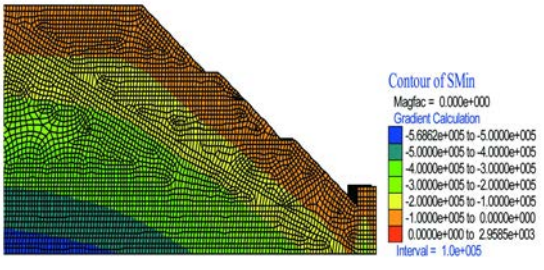


图 4　边坡最小主应力场分布图

4.2　变形场演变分析

4.2.1　边坡整体位移场变形分析

为节省篇幅,图 5 仅仅给出了边坡最大位移场分

布图,从最大位移场分布图可以看出,最大位移区域迅速向坡脚集中和转移,并且随着坡脚最大位移区域的产生,整个边坡的最大位移场也发生了明显变化。

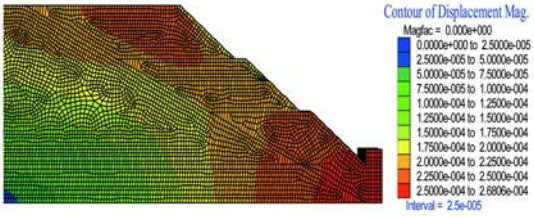


图 5 边坡最大位移场分布图

从垂直位移场分布图可以看出,坡顶处地表位移变化量较大,而坡脚处位移变化量较小。这一现象说明边坡的位移变化的主要影响因素是 x 方向的位移。而水平位移随着计算的进行不断增大,越靠近坡脚位移增量越反而越小;整体变化较为稳定,说明支护效果较为显著。

从边坡的位移矢量场分布情况可以看出,边坡的位移场整体相对比较均匀,这说明锚管支护措施对于边坡的位移控制起到了较好的作用。

4.2.2 边坡剪应变增量变化分析

剪应变增量反映了边坡剪切变形发生明显增长的部位,是边坡剪切变形的集中区域,对于土体边坡,剪应变增量的分布区域即是边坡的潜在滑动面分布区域,从图 6 可以看出,剪应变增量主要分布在坡顶区域,但是影响范围较小,说明上方的素填土层可能的破坏模式和发生剪切破坏变形最大的分布区域。

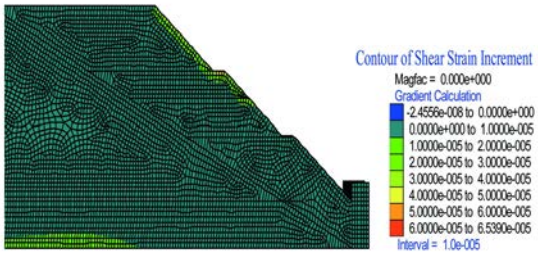


图 6 边坡剪应变增量分布图

4.2.3 边坡塑性区分析

塑性区反映了土体集中破坏的部位,从图 7 可以看出,塑性区主要附着在边坡表面以及坡顶地表附近,破坏形式主要是拉伸破坏,没有发现剪切破坏形式,结合土体剪应变增量的分布图,这说明锚管能够极大限度的抑制土体的剪切变形。

5 主要施工工艺

5.1 锚管的选材及加工

本工程施工中所用锚管尽量使用同一种规格,

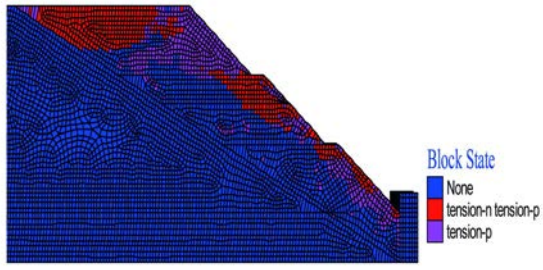


图 7 边坡塑性区分布图

锚管采用 Ø48 mm×3.5 mm 钢管制作(图 8),在管壁上呈梅花形开设 Ø10 mm 注浆孔[2];按设计要求长度进行焊接或断料。钢管焊接时用 6 根 Ø16 mm 的螺纹钢,长度 20 mm,沿钢管周围均匀分布搭接焊接。把钢管加工成扁头以利进土,同时便于注浆时形成蘑菇形扩大头。

图 8 锚管外形图[1]

5.2 锚管施工

锚管采用人工操作气动冲击锤打入边坡,一般情况下应先喷射第一层混凝土,使坑壁稳定,再打入锚管,锚管不够长时应进行分段分别打入,打入一段焊接一段,焊接接长采用周边帮条焊对接。

5.3 注浆

注浆分第一次常压注浆和第二次分段劈裂注浆。

(1)一次常压注浆:当锚管打入土体后,先泵送少量清水将孔底残渣托出,然后进行第一次注浆,使得水泥浆从锚管底向外回流,当流出的浆液为纯水泥浆时,即停止注浆,然后用棉纱和水泥砂浆封孔。

(2)二次分段劈裂注浆[1]:一次注浆后大约 12 h 后即可开始进行二次劈裂注浆,劈裂注浆从孔底向上进行,先将注浆钢管伸入到锚管底端附近,安装密封盖,连接高压注浆管,打开排气阀,逐渐加压注浆,排出管内气体或残留水,当排气阀流出水泥浆液时,将排气阀封堵,继续加压注浆,操作过程中注意观察、记录注浆量和孔口压力表压力的变化。

5.4 框架施工[1,4,5]

框架采用 C20 混凝土浇筑,框架嵌入坡面 20 cm,横梁、竖梁基础先采用 5 cm 水泥砂浆调平,再

进行钢筋制作安装,钢筋接头需错开,因锚管无预应力,锚管尾部不需外露、不需加工丝口、不用螺帽和混凝土锚头封块,只需将锚管尾部与竖梁钢筋相焊接成一整体,若锚管与箍筋相干扰可局部调整箍筋的间距。模板采用木模板,用短锚管固定在坡面上,混凝土浇注时,尤其在锚孔周围,钢筋较密集,一定要仔细振捣,保证质量。框架分片施工,横梁每 10 ~15 m 设一道伸缩缝,缝宽 2 cm,以沥青麻絮填塞。

6　结论

通过对该高填方边坡打入式锚管加固机理的研究,取得以下几点主要结论。

(1)高边坡坡脚与坡顶后沿出现拉应力,容易引起坡脚土体的破坏和边坡后沿的拉裂缝破坏。

(2)从边坡的位移矢量场分布情况可以看出,边坡的位移场整体比较均匀,这说明支护措施对于边坡的位移控制起到了较好的作用。

(3)剪应变增量主要分布在坡顶区域,但是影响范围较小,说明上方的素填土层可能的破坏模式和发生剪切破坏变形最大的分布区域。

(4)塑性区主要附着在边坡表面以及坡顶地表附近,破坏形式主要是拉伸破坏,没有发现剪切破坏形式,结合土体剪应变增量的分布图,这说明锚管能够极大限度的抑制土体的剪切变形。

(5)本工程的顺利实施为打入式锚管加固高填方边坡提供了宝贵的实践经验,具有很好的推广应用价值。

参考文献:

[1] 汪勉涛. 锚管式土钉支护技术及其应用研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2010.
[2] 朱英,王迪,赵宪富. 松江河石龙电站边坡加固工程施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):71 - 74.
[3] 赵明阶,何光春,王多垠. 边坡工程处置技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
[4] 吕庆,孙红月,尚岳全,等. 预应力锚索框格梁体系加固破碎岩质边坡合理间距研究[J]. 岩石力学与工程学报,2006,25(1):136 - 140.
[5] 张全文,杨波,刘胜. 深路堑格梁式锚索挡土墙施工[J]. 路基工程,2008,(2):164 - 165.

(上接第 48 页)

(3)盐水泥浆对喷焊镍基合金工艺(Type E)和电镀硬铬工艺(Type C)处理的转子试件的腐蚀作用明显,对其它处理工艺处理转子试件影响不大;

(4)在各种井下工况下,各种螺杆钻具转子表面材料加工处理工艺与材料耐磨性能逐渐降低(A ~E),而各种工艺与材料对井下环境的敏感程度不同。

3　结论

本文通过测试不同泥浆条件下多种转子表面材料的磨损情况,初步发现了不同螺杆钻具转子表面处理加工工艺与材料的损失规律。

在保持现有转子表面处理工艺所具有硬度的前提下,如果能提高其抗腐蚀性,将可以提高现有转子的有效工作寿命。工艺允许的情况下,可以在硬铬镀层中加入某些耐腐蚀材料,并在一次加工成型后,提高质检工作要求,对于露底(基体材料未被硬铬镀层有效覆盖)等瑕疵,进行修复,从而从根本上提高转子的稳定性和工作寿命。

参考文献:

[1] 苏义脑. 螺杆钻具研究与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
[2] Meysam Zarchi. Failure analysis of chromium plated rotor of downhole drilling motors[J]. MJoM,2010,16(4):233 - 240.
[3] 杨森,赵映辉. 螺杆钻具失效情况统计分析[J]. 钻采工艺,2010,33(3):81 - 82.
[4] 章发明,刘社明,等. 螺杆钻具失效情况统计分析[J]. 石油矿场机械,1998,27(2):31 - 34.
[5] 李敏. 等壁厚螺杆钻具定子加工工艺研究[D]. 四川南充:西南石油大学,2006.
[6] 杜玉昆,王瑞和,倪红坚,等. 超临界二氧化碳射流破岩试验[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2012,36(4):93 - 96.
[7] Du Yu-kun, Wang Rui-he, Ni Hong-jian and Yue Wei-min. Design and test of drilling and completion experimental system with supercritical carbon dioxide[J]. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology,2013,6(2):320 - 324.