

基于形状记忆合金实时监测的堤防及其施工方法

柏亚奇¹ 李秋元² 黄启明³

1. 盐城市大丰区刘庄水利管理服务站, 中国·江苏 盐城 224100

2. 盐城市大丰水利勘测设计院有限公司, 中国·江苏 盐城 224100

3. 盐城市大丰区水利工程建设中心, 中国·江苏 盐城 224100

摘要: 一种基于形状记忆合金实时监测的堤防及其施工方法, 包括堤防本体、合金监测层 I、合金监测层 II 和监测系统, 合金监测层 I 和合金监测层 II 均为多个, 多个合金监测层 I 和多个合金监测层 II 相互平行设置在堤防本体内, 且各个合金监测层 I 和各个合金监测层 II 在堤防本体垂直方向上交替设置; 所述合金监测层 I 由多个形状记忆合金丝 I 沿堤防本体横截面方向间隔相同距离并排组成, 多个形状记忆合金丝 I 的两端均与监测系统电连接, 所述监测系统为电阻监测仪; 本方法结构简单, 施工方便, 能对堤防实时监测, 一旦任意位置发生问题能及时精确得出该位置, 便于工作人员采取相应措施, 阻止更大灾害的发生。

关键词: 形状合金; 实时监测; 堤防; 施工方法

Embankment and its construction method based on real-time monitoring using shape memory alloy

Bai Yaqi¹, Li Qiuyuan², Huang Qiming³

1. Liuzhuang Water Conservancy Management Service Station, Dafeng District, Yancheng City, China Jiangsu Yancheng 224100

2. Yancheng Dafeng District Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., China Jiangsu Yancheng 224100

3. Water Conservancy Construction Center, Dafeng District, Yancheng City, China Jiangsu Yancheng 224100

Abstract: A dike and its construction method based on real-time monitoring using shape memory alloys, comprising a dike body, an alloy monitoring layer I, an alloy monitoring layer II, and a monitoring system. Both alloy monitoring layer I and alloy monitoring layer II are multiple, and multiple alloy monitoring layers I and multiple alloy monitoring layers II are arranged in parallel within the dike body, with each alloy monitoring layer I and each alloy monitoring layer II alternately arranged in the vertical direction of the dike body. The alloy monitoring layer I is composed of multiple shape memory alloy wires I arranged side by side at the same distance along the cross-sectional direction of the dike body, with both ends of the multiple shape memory alloy wires I electrically connected to the monitoring system, which is a resistance monitor. This method has a simple structure and convenient construction, enabling real-time monitoring of the dike. Once a problem occurs at any location, the location can be accurately determined in a timely manner, facilitating staff to take corresponding measures to prevent the occurrence of larger disasters.

Keywords: Shape alloy; Real-time monitoring; Embankment; Construction method

1 背景技术

堤防是世界上广为采用的一种最普遍、最有效的水利防洪工程, 大多分布在河、渠、湖、海岸或行洪区、分洪区、围垦区的边缘等区域。河堤约束洪水后, 将洪水限制在预定的洪道内流动, 起到保护耕地、挡水和排水的作用, 同时使同等流量的水深增加, 行洪流速增大, 因此也有利于水流的泄洪排沙, 另外, 堤防还可以起到抵挡风浪及抗御海潮的作用。由此可见, 这类工程是防御洪水泛滥的重要屏障, 同时更是保护居民和工农业安全生产的主要措施

之一。而在我国现有堤防大概有 30 万 km, 由于历史长时间使用或其它原因, 已有的堤防存在着不同的安全隐患。因此, 构建防、监、控三位一体的堤防系统尤为重要。

作为堤防构筑物的重要参数, 其所处的堤基条件、堤身质量及堤防环境等关键指标一直是工程技术领域中的三个难点。若堤基条件差, 尤其对于傍河而建的软弱地基堤防, 则堤防的工后沉降大, 易导致堤身发生滑体塌岸破坏; 同时如果堤身质量不佳, 又容易造成堤身迎水坡滑坡(脱坡)、崩岸、裂缝、跌窝、渗流的发生或其它形式的堤

坝功能丧失;即使堤基条件好和堤身质量高,若堤防所处环境复杂,比如堤前或堤后坑塘较多,深浅不一,且没有相应的安全处理,往往也会造成堤防滑坡、渗流等发生。

堤防按其修筑的位置不同,可分为河堤、江堤、湖堤、海堤以及水库、蓄滞洪区低洼地区的围堤等;按其功能可分为干堤、支堤、子堤、遥堤、隔堤、行洪堤、防洪堤、围堤(圩垸)、防浪堤等;按建筑材料可分为:土堤、石堤、土石混合堤和混凝土防洪墙等。但是这些堤防在工程应用中均存在一些隐患和缺陷或不足,即,一方面,由于相当多堤防本身的质量和所处环境较差,因此极易造成堤防的滑坡、渗流等问题发生;另一方面,工程中许多堤防没有条件增建安全监测系统,即使有些堤防安装了安全监测系统,但是许多监测设备存在落后、老化、造价高等现实,并且监测系统给出的分析普遍存在信息不完善及预警准确性差等现象,而堤防的安全监测及资料分析是真实掌握其实际工作状态、评价建筑物健康和指导运行调度的有效手段,由此看来,这些缺点直接影响着堤防的安全性。因此,对于传统的堤防结构所采用的施工工艺来说,都无法实时、精确的对堤防的状态进行监测,从而导致堤防存在问题后无法及时进行处理。

2 技术方案

针对上述现有技术存在的问题,提供一种基于形状记忆合金实时监测的堤防及其施工方法,结构简单,施工方便,能对堤防实时监测,一旦任意位置发现问题能及时精确得出该位置,便于工作人员采取相应措施,阻止更大灾害的发生。

为了实现上述目的,采用的技术方案是:一种基于形状记忆合金实时监测的堤防,包括堤防本体、合金监测层Ⅰ、合金监测层Ⅱ和监测系统。

合金监测层Ⅰ和合金监测层Ⅱ均为多个,多个合金监测层Ⅰ和多个合金监测层Ⅱ相互平行设置在堤防本体内,且各个合金监测层Ⅰ和各个合金监测层Ⅱ在堤防本体竖直方向上交替设置;

所述合金监测层Ⅰ由多个形状记忆合金丝Ⅰ沿堤防本体横截面方向间隔相同距离并排组成,多个形状记忆合金丝Ⅰ的两端均与监测系统电连接,每个形状记忆合金丝Ⅰ上均缠绕多个金属环体Ⅰ,且各个金属环体Ⅰ之间的间距相同,每个金属环体Ⅰ分别被一个混凝土块Ⅰ包裹;

所述合金监测层Ⅱ由多个形状记忆合金丝Ⅱ沿堤防本体长度方向间隔相同距离并排组成,多个形状记忆合金丝Ⅱ的两端均与监测系统电连接,每个形状记忆合金丝Ⅱ上

均缠绕多个金属环体Ⅱ,且各个金属环体Ⅱ之间的间距相同,每个金属环体Ⅱ分别被一个混凝土块Ⅱ包裹;

所述监测系统为电阻监测仪。

进一步,相邻形状记忆合金丝Ⅰ之间的间距为 $0.2\text{m} \sim 0.5\text{m}$;相邻形状记忆合金丝Ⅱ之间的间距为 $0.2\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

进一步,相邻的合金监测层Ⅰ和合金监测层Ⅱ之间的距离为 $0.2\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

进一步,所述混凝土块Ⅰ的径向宽度为形状记忆合金丝Ⅰ直径的 $3 \sim 5$ 倍;所述混凝土块Ⅱ的径向宽度为形状记忆合金丝Ⅱ直径的 $3 \sim 5$ 倍。

进一步,所述形状记忆合金丝Ⅰ和形状记忆合金丝Ⅱ结构相同且均为镍钛合金。

一种基于形状记忆合金实时监测堤防的施工方法具体步骤为:

(1)金属环体Ⅰ和金属环体Ⅱ的制作:金属环体Ⅰ和金属环体Ⅱ结构相同,利用已知金属材料制成环体,环体本身的直径为形状记忆合金丝Ⅰ直径的 $1 \sim 2$ 倍,环体围成的内直径为形状记忆合金丝Ⅰ直径的 $3 \sim 4$ 倍;

(2)金属环体Ⅰ和金属环体Ⅱ的装配:对形状记忆合金丝Ⅰ和形状记忆合金丝Ⅱ均进行热处理,处理后使两者均处于马氏体状态,此时在形状记忆合金丝Ⅰ上每隔 1m 缠绕一个金属环体Ⅰ,形状记忆合金丝Ⅱ上每隔 1m 缠绕一个金属环体Ⅱ;

(3)施工准备及堤底和堤身处理:开工前,做好运料、放样和核查的施工准备;对堤底或堤身需要放置合金监测层Ⅰ或合金监测层Ⅱ的每一层进行整平、碾压和加固处理,要求平整度不大于 15mm ,压实度达到所需设计要求,表面严禁有碎石、块石等坚硬凸出物,加固要求满足防护、防水等附属工程需要。

(4)合金监测层Ⅰ和合金监测层Ⅱ的形成:

在进行合金监测层Ⅰ铺设时,将已经装配金属环体Ⅰ的多个形状记忆合金丝Ⅰ沿堤防本体横截面方向间隔相同距离并排铺设,在铺设施工过程中保持其连续性,不出现扭曲、折皱,同时绷紧形状记忆合金丝Ⅰ使其拉直、拉紧、拉平,以保证其均匀、平整、紧贴下承面,同时采用插钉进行固定,之后对其上金属环体Ⅰ所处的位置分别浇筑混凝土,从而形成多个混凝土块Ⅰ,当混凝土块Ⅰ的强度达到 75% 以上后,完成一层的合金监测层Ⅰ铺设,按照设计要求进行其它堤防工序(比如进行填料填筑、防水、防护等附属工程);

在进行合金监测层Ⅱ铺设时,将已经装配金属环体Ⅱ

的多个形状记忆合金丝Ⅱ沿堤防本体长度方向间隔相同距离并排铺设,在铺设施工过程中保持其连续性,不出现扭曲、折皱,同时绷紧形状记忆合金丝Ⅱ使其拉直、拉紧、拉平,以保证其均匀、平整、紧贴下承面,同时采用插钉进行固定,之后对其上金属环体Ⅱ所处的位置分别浇筑混凝土,从而形成多个混凝土块Ⅱ,当混凝土块Ⅱ的强度达到75%以上后,完成一层的合金监测层Ⅱ铺设,按照设计要求进行其它堤防工序(比如进行填料填筑、防水、防护等附属工程);

(5) 重复步骤(4)在堤防内的每层上交替铺设合金监测层Ⅰ和合金监测层Ⅱ,直至完成整个堤防的建设;

(6) 形状记忆合金实时监测系统的形成:通过导线将多个形状记忆合金丝Ⅰ的两端和多个形状记忆合金丝Ⅱ的两端均与监测系统电连接,最终得到形状记忆合金实时监测系统的堤防。

3 附图说明

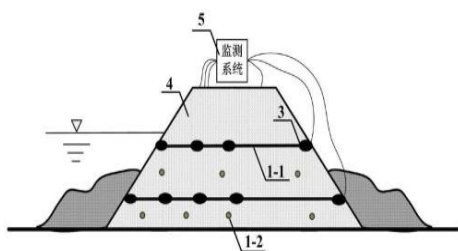


图1 本方法的安装位置示意图

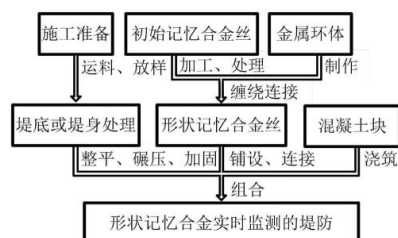


图2 本方法的施工过程流程图

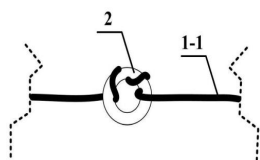


图3 中金属环体Ⅰ安装在形状记忆合金丝Ⅰ上的示意图

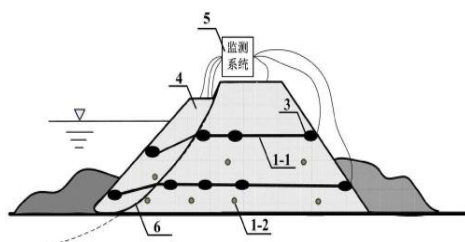


图4 发生滑坡破坏的平面示意图

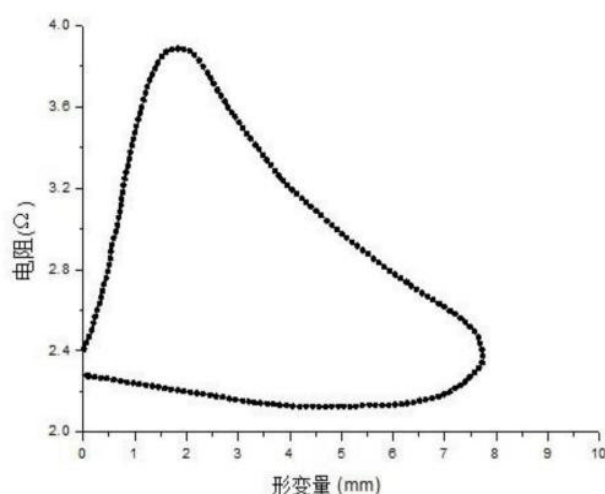


图5 形状记忆合金丝Ⅰ的形变—电阻值关系图

图中: 1-1、形状记忆合金丝Ⅰ, 1-2、形状记忆合金丝Ⅱ, 2、金属环体Ⅰ, 3、混凝土块Ⅰ, 4、堤防本体, 5、监测系统, 6、滑坡面, 7、渗流变形。

4 技术优点

与现有技术相比,本方法采用合金监测层Ⅰ、合金监测层Ⅱ和监测系统相结合方式,具有如下优点:

4.1 安全可靠

由于堤防增建了安全监测系统,只要某位置发生滑堤或渗流变形,相应位置处形状记忆合金丝的电阻变化就会通过监测系统体现出来,系统就会给出位置信息,同时整个监测系统受温度、气候、场地等的影响小,提高了堤防的安全可靠。

4.2 实时性

本方法所采用的监测系统,主要是利用形状记忆合金丝的电阻随着其应变或状态的变化而变化来实现结构自监测目的,不需要对数据转换分析,一旦堤防某处出现险情,监测系统能够第一时间给出位置信息,为抢险救灾提供了最佳的时机和赢得了足够宝贵抢修时间。

4.3 准确性

堤防中铺设的合金监测层Ⅰ和合金监测层Ⅱ交错形成了位置准确的经纬网,为及时找到险情位置提供了准确定位,并且每根形状记忆合金丝犹如一个应变片一样紧贴堤防填料,时刻测量着堤防的变化情况,同时该方法也避免了常规测量仪器在测量数据过程中产生的误差。

4.4 耐久性

由于系统所使用形状记忆合金丝具有较大的电阻率、回复力、变形和良好的耐腐蚀性、较好的塑性、较高的强度以及疲劳寿命长和电阻环境因素影响小等优点,使得形状记忆合金堤防的耐久性较高。

4.5 经济性

该方法监测系统主要利用形状记忆合金丝变形后, 根据其电阻的变化来达到目的, 相比常规的堤防形变监测或渗漏监测专用测量仪器, 如位移计、沉降仪、水准测量仪、雷达差分干涉仪、GPS 测量以及测压管、渗压计、光纤温度传感器、量水堰等技术手段, 成本要低得多, 并且该方法施工工艺简单、操作方便。

4.6 适用范围广

将专用测量仪器监测用形状记忆合金丝来代替, 显著地扩大了监测系统堤防的应用范围, 使得此类监测系统不仅适用于各类土堤、石堤、土石混合堤, 而且也适用于各类混凝土防洪墙等堤防; 当然, 此类监测系统也可以在不

同季节中的使用, 不受时间、季节和气候等因素限制。

参考文献:

- [1] 王健, 李强. 形状记忆合金在土木工程中的研究与应用进展[J]. 建筑结构学报, 2018, 39(10): 1-10.
- [2] 孙伟, 张磊. NiTi 形状记忆合金电阻率与应变关系的试验研究[J]. 功能材料, 2015, 46(14): 14005-14009.
- [3] Janke, L., et al. Applications of shape memory alloys in civil engineering structures—Overview, limits and new ideas[J]. Materials and Structures, 2005, 38(5): 578-592.
- [4] 陈祖煜, 汪小刚. 堤防工程安全监测与预警技术研究[J]. 水利学报, 2007, 38(增刊): 112-117.