

# 基于废旧轮胎的路堤局部塌方快速抢修方法

刘金龙 祝 磊

(合肥学院建筑工程系,安徽合肥 230601)

**【摘 要】** 提出了一种基于废旧轮胎的公路路堤局部坍塌快速抢修方法,主要使用废旧轮胎配重块与工字钢。废旧轮胎配重块为在废旧轮胎内部浇筑钢筋混凝土形成,制作简单,价格低廉,组装形成的护坡结构整体强度高、稳定性大,施工简单方便,施工速度快,满足路堤坍塌抢修的紧迫性需求。

**【关键词】** 路堤;塌方;抢修;废旧轮胎

**【中图分类号】** U 418.52

**【文献标识码】** A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2018.02.006

## Quick Repair Method of Local Collapse of Embankment Area Using Waste Tires

Liu Jinlong Zhu Lei

(Department of Civil Engineering, Hefei University, Hefei 230601, Anhui, China)

**【Abstract】** A quick repair method of local collapse of embankment area using waste tires is proposed in this article, which mainly using waste tire heavy blocks and I-beam. Waste tire heavy block is made by reinforced concrete poured into the waste tire interior space, with low price and simple production. The protection structure of embankment slope assembled by waste tire heavy blocks and I-beams has the advantages of high overall strength, high stability, simple and convenient construction, fast construction speed, and meets the urgent needs of embankment collapse repair.

**【Key words】** embankment; collapse; quick repair; waste tires

### 0 引 言

公路路堤(边坡)坍塌是公路工程中最为常见的路基病害之一。公路路堤边坡通常由软质土料填筑而成,在连续降雨后,较容易发生边坡坍塌病害。尽管其坍塌规模从由几十到上万  $m^3$  不等,但往往造成交通中断,带来较大的社会影响<sup>[1-4]</sup>。因此,不论路堤坍塌规模有多大,都应及时进行抢修,尽快恢复交通,把坍塌的影响降低到最低。

如何确保后续交通荷载作用下坍塌区新填筑体的稳定性,是路堤坍塌抢修中的关键技术问题。一般可采用片石混凝土挡墙、土工编织袋挡墙、柔性加筋注浆快速回填技术、微型桩快速加固技术、锚杆(索)施工与锚固系统快速承载技术等方法,维护坍塌侧路堤边坡的稳定性<sup>[5-10]</sup>。

另一方面,我国每年产生的废旧轮胎居世界前列,2013 年我国废旧轮胎产生量已经达到 2.99 亿条、质量达到 1080 万吨,并以每年约 8%~10% 的

速度增长。到 2020 年,我国废旧轮胎年产量将达 2000 万吨。如何安全、环保地处理与日俱增的废旧轮胎,是亟待解决的问题。

若能够把废旧轮胎用于路堤坍塌侧边坡挡土墙的修建,一方面可以降低抢修工程造价、提高抢修速度,另一方面也为废旧轮胎的再利用提供新途径,显然符合资源再利用的发展需求。

### 1 路堤局部塌方快速抢修方法

本文拟提供一种基于废旧轮胎的公路路堤局部坍塌快速抢修方法,其操作简单、施工速度快,为路堤坍塌快速抢修提供一种可靠的施工技术。

#### 1.1 废旧轮胎配重块

路堤坍塌快速抢修中主要用到废旧轮胎配重块。废旧轮胎配重块为废旧轮胎内部凹槽空间内绑扎构造钢筋并浇筑混凝土形成,且在对称轴处设置预留孔,见图 1 所示。文中插图标记统一说明如下:1—废旧轮胎;2—钢筋混凝土;3—工字型孔;4—横

**基金项目:**安徽省教育厅“高校优秀中青年骨干人才国内外访学研修重点项目”(gxfxZD2016216)、合肥学院学科带头人培养对象(2016dtr01)项目联合资助

**作者简介:**刘金龙,男,1979 年生,江西宜丰人,教授。研究方向:岩土工程。E-mail:alnile@163.com

向连接钢板;5—方孔;6—纵向连接钢板;7—原路堤;8—新填土;9—工字钢;10—塌方部分;11—潜在滑裂面。

废旧轮胎配重块为废旧轮胎内部凹槽空间内绑扎构造钢筋并浇筑混凝土形成。以常见小轿车轮胎型号 195/60R15 为例,其内腔体积约为 0.055 m<sup>3</sup>,内槽浇筑钢筋混凝土后整体质量约为 130 kg。2~4 人能把该质量的废旧轮胎配重块抬起套入工字钢中。同一工程中应选用同一规格的废旧轮胎制作配置块。施工中应尽可能地减少废旧轮胎配重块对工字钢的碰撞,以维护整体的稳定性与安全性。废旧轮胎配重块与工字钢组装过程中,需用到横向连接钢板与纵向连接钢板进行连接加固。横向连接钢板与纵向连接钢板的结构见图 2 与图 3 所示。

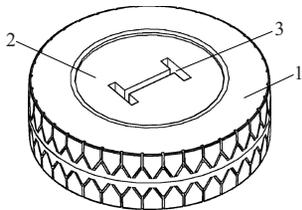


图 1 废旧轮胎配重块结构示意图

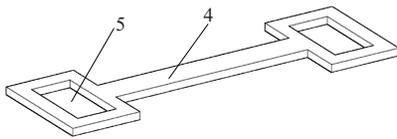


图 2 横向连接钢板结构示意图

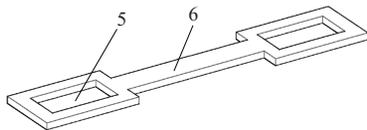


图 3 纵向连接钢板结构示意图

废旧轮胎配重块为废旧轮胎内部凹槽空间内绑扎构造钢筋并浇筑混凝土形成,且在中心处设有工字形孔,工字形孔的尺寸略大于工字钢的外轮廓尺寸,方便工字形孔套在工字钢上。由于废旧轮胎可有效保护其内槽内的钢筋混凝土,故混凝土中可掺入适度粒径的建筑垃圾与碎石等,进一步降低造价。

横向连接钢板的两端设置方孔,方孔呈矩形,其长度与宽度分别大于工字钢的高度与翼缘宽度。纵向连接钢板的两端也设有方孔。横向连接钢板与纵向连接钢板两端两端方孔之间的中心距离,等于废旧轮胎的外轮廓直径。

上述提及的“横向”是指护坡工程的延伸方向即长度方向,“纵向”是护坡工程的宽度方向。如在图

4 中,横向指五个废旧轮胎排列形成的长度方向,纵向指两个(列)废旧轮胎排列形成的宽度方向。

可见,横向连接钢板与纵向连接钢板上方孔的尺寸完全相同,仅布置方向不同,以适应两个方向套入工字钢的位置区别。

### 1.2 公路路堤局部坍塌快速抢修方法

#### 1) 设计路堤边坡支护方案

根据公路路堤坍塌的位置、规模、地质条件、环境条件、填料特征等因素,设计坍塌区域护坡工程的位置及参数,确定工字钢的入土深度。由于横向连接钢板与纵向连接钢板把各个套入废旧轮胎配重块的工字钢连接形成整体,且工字钢的抗弯与抗剪强度较大,故所提护坡结构的抗弯与抗剪较容易得到满足。设计中主要考虑护坡结构的整体抗滑稳定性强度需满足规范要求,可按相关规范方法进行计算与校核。

可根据实际情况使用单排、双排等高、双排不等高及多排废旧轮胎配重块的护坡构型。图 4—图 6 给出了双排等高的布置方式,图 7 与图 8 给出了双排不等高的布置方式,形成两种不同的实施方式。当路堤坍塌区域的填筑高度不大时,可采用单排或双排不等高的废旧轮胎配重块组成的护坡结构;当路堤坍塌区域的填筑高度较大时,其产生的土压力较大,可采用双排等高或多排废旧轮胎配重块组成的护坡结构,其整体抗侧移刚度大,能有效维护填筑体的稳定性。

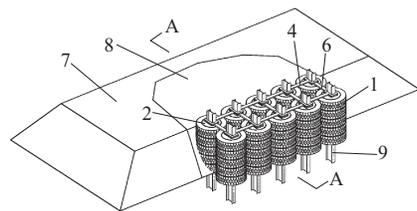


图 4 双排等高护坡结构示意图

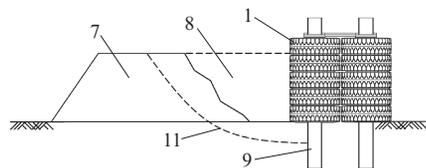


图 5 A-A 剖面图

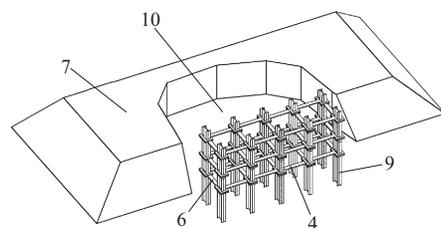


图 6 连接钢板与工字钢搭接示意图

路堤坍塌抢修具有紧迫性,故所提抢修方法中涉及的工字钢、横向连接钢板、纵向连接钢板、废旧轮胎配重块、打桩设备及其他辅助工具,应提前储备,在灾害期间能够迅速运至抢险现场,满足抢险的应急需要。

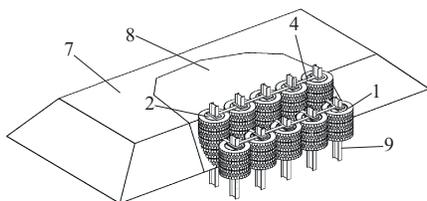


图7 双排不等高护坡结构示意图

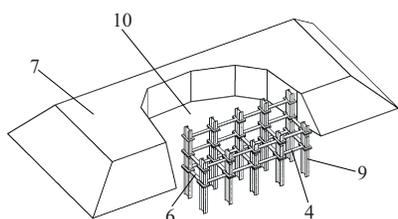


图8 双排不等高护坡结构支撑骨架示意图

## 2) 打入工字钢

根据设计方案,在坍塌区域路肩位置打入工字钢,使工字钢穿过潜在滑裂面且插入强度较高的地层中,且处于竖直状态。其可发挥类似抗滑桩的作用。

实际施工过程中,工字钢的位置有一定误差也是正常的。由于方孔的尺寸略大于工字钢外轮廓,其能够适应工字钢在一定范围内的偏移。但若工字钢的位置偏移太大,导致横向连接钢板及纵向连接钢板无法套入相邻的工字钢时,需重新打设工字钢。故施工过程中尽可能保证施工精度。

## 3) 组装护坡结构

平整各工字钢根部的泥土面,基于工字型孔把废旧轮胎配重块均匀、对称地套在各工字钢上,并选择合适位置在各相邻工字钢上套入横向连接钢板与纵向连接钢板,组装形成若干废旧轮胎配重块与连接钢板交替分布、各列废旧轮胎配重块的高度超过路面的高度且各列废旧轮胎配重块的顶部标高一致的护坡结构。

## 4) 分层填筑坍塌区域

采用符合路基填料最小强度和最大粒径要求的填方材料,对坍塌区域进行分层回填并压实,且纵、横向排水设计与压实度满足相关规范要求。抢修后的公路能满足临时性交通通行需求。

坍塌区域路堤采用水平分层填筑,按照横断面

全宽分成水平层次,逐层向上填筑。土料摊铺平整后即开始碾压,先用推土机或轻型压路机对松铺层表面进行预压,然后再用大吨位振动压路机压实。

路基压实后,可在表面铺设一层碎石,即可对路段进行交通放行,把坍塌对交通中断的影响降低到最小。在后续交通荷载的作用下,填筑区域会进一步压实,应进一步补充填筑粗骨料,维护路面的平整性。

## 5) 水泥砂浆抹面

抢修结束且通车一段时间后,上述废旧轮胎配重块修建的护坡结构经评估满足要求后可成为永久性护坡工程。

前期的快速抢险工作,是为了尽快恢复交通。当然,前期的护坡结构设计应满足长期的稳定性要求,以便形成永久性护坡工程,降低工程造价。恢复通车一段时间后,在交通量较小的时间段,应尽快使用原路面相同的材料补修路面,恢复原样,并对废旧轮胎配重块修建的护坡结构进行抹面处理。

在特殊情况下,如雷击、明火引燃等作用下,废旧轮胎可能发生燃烧,造成护坡工程的失效。故应在废旧轮胎外露面喷射水泥砂浆形成抹面,防止废旧轮胎在特殊情况下发生燃烧,也可有效延缓废旧轮胎中橡胶的老化。施工中,可在废旧轮胎表面附着、固定、包裹辅助土工织物,使水泥砂浆能牢固、有效地包裹住废旧轮胎外表面,形成稳定的保护层。

## 1.3 所提抢修方法的优点

1) 本发明利用废旧轮胎制作配重块,一方面废旧轮胎为外框架可省去模板,另一方面废旧轮胎可有效保护其内槽内的钢筋混凝土,混凝土内仅配少量构造钢筋即可,且可把适度粒径的建筑垃圾、碎石等拌入混凝土中,取材方便,提前预制备用,整体价格低廉。

2) 各工字钢穿过潜在滑裂面打入较深的土层中,其上部通过横向与纵向连接钢板进行相互固定,整体抗弯与抗剪强度大,能抵抗路堤边坡产生的土压力,整体稳定性高。

3) 通过废旧轮胎配重块套入工字钢形成的路堤护坡结构,施工简单方便,施工速度快,满足路堤坍塌抢修的紧迫性需求。

## 2 结语

公路塌方往往造成交通中断,带来较大的社会影响,需及时进行抢修、尽快恢复交通,把坍塌的影响降低到最小。本文提供了一种基于废旧轮胎的公路路堤局部坍塌快速抢修方法,其施工简

单方便,施工速度快,满足路堤坍塌抢修的紧迫性需求。

#### 参 考 文 献

- [1] 徐忠伟,武必群.公路边坡塌方处理技术例析[J].建筑,2012(15):63-64.
- [2] 张栋平,王立文.秦岭灞源公路隧道软弱千枚岩地层塌方段施工技术[J].公路交通科技(应用技术版),2012(3):176-178.
- [3] 于宝胜.张家口至涿州高速公路黑山隧道左线 K23+562 塌方处理工程[J].公路交通科技(应用技术版),2013(2):157-160.
- [4] 刘志成.炎陵高速公路边坡塌方处理介绍[J].湖南交通科技,2013(1):13-15.
- [5] 陈俊宇.四面体及钢丝绳石笼在映汶公路抢通工程中

的应用[J].西南公路,2014(3):10-12.

- [6] 宋晓磊.天津高速公路路桥设施损毁抢通保畅能力建设研究[J].公路交通科技(应用技术版),2016(1):285-287.
- [7] 赵欢,田伟平,齐洪亮,等.陕西公路边坡灾害危险性分区研究[J].灾害学,2016(4):75-81.
- [8] 赵晓峰.山区公路边坡崩塌的成因及处理[J].土工基础,2016(5):563-565.
- [9] 林俊勇,汪益敏,王兆阳.高速公路路堑高边坡施工安全风险控制研究[J].中国安全生产科学技术,2017(3):186-192.
- [10] 陈祥文.山区公路水毁塌方原因分析及处治措施[J].福建交通科技,2017(3):37-40.

收稿日期:2017-12-12

(上接第78页)

#### 4 结 语

1)边坡稳定性分析中,经典的圆弧滑面条分法是数值方法,每次迭代搜索圆弧滑面都需要重新计算土条的几何参数值,计算工作量大,十分繁琐。圆弧滑面积分方法是解析方法,迭代搜索圆弧滑面不需要计算土条的几何量,计算工作量大大减少。积分解析方法的解算结果好于经典条分数值方法的解算结果。

2)滑面的搜索是非线性最优化问题,经典的搜索方法难以保证解算的滑面为全局最优解。数学软件 Mathcad 解算的局部最优解的好坏取决于给出的参数初值,需试用不同的参数初值进行求解以找到较好的局部最优解。

3)1stOpt 是目前不需提供参数初值的通用最优化软件,其非线性最优化的核心是独特的通用全局优化算法,可以大概率找到全局最优滑面(最危险滑面),解算结果令人满意。

鸣谢 七维高科有限公司张伟先生在使用 1stOpt 软件方面给予了热情的帮助与指导,在此深表谢意!

#### 参 考 文 献

- [1] 肖专文,张奇志.遗传进化算法在边坡稳定性分析中的应用[J].岩土工程学报,1998,20(1):44-46.
- [2] 莫海鸿,唐超宏,等.应用模式搜索法寻找最危险滑动圆弧[J].岩土工程学报,1999,21(6):696-699.
- [3] 迟丽华,王元战.土坡最危险圆弧滑面的优化算法[J].港工技术,2001(3):38-39.
- [4] 邹广电.边坡稳定性分析条分法的一个全局优化算法[J].岩土工程学报,2002,24(3):209-312.

- [5] 戴自航,沈蒲生.土坡稳定性分析 Bishop 法的数值解[J].岩土力学,2002,23(6):760-764.
- [6] 高 玮,冯夏庭.基于仿生算法的滑坡危险滑动面反演(1)—滑动面搜索[J].岩土力学与工程学报,2005,24(13):2237-2241.
- [7] 李同录,王刘华,等.土质边坡空间临界滑动面搜索的优化算法[J].地球科学与环境学报,2011,33(3):300-305.
- [8] 邓东平,李 亮,等.基于 Janbu 法的边坡整体稳定性滑动面搜索新方法[J].岩土力学,2011,32(3):891-897.
- [9] 蔡征龙,等.基于 Matlab 的土坡稳定性分析的解析计算[J].三峡大学学报(自然科学版),2014,36(5):60-63.
- [10] 王俊奇,李 闯,等. Bishop 法的半解析解及其广义数学模型[J].水利与建筑工程学报,2015,13(6):123-128.
- [11] 程先云,张 伟,等.优化拟合建模—1stOpt 应用详解[M].北京:中国建材工业出版社,2012.
- [12] 邵龙潭,郭 莹.新编土力学教程[M].北京:冶金工业出版社,2013:1-8.
- [13] 沈 扬.土力学原理十记[M].北京:中国建筑工业出版社,2015:145-147.
- [14] 李广信,张丙印,于玉贞.土力学(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2013:73-81,115-122.
- [15] 邵龙潭,李红军.土工结构稳定分析—有限元极限平衡法及其应用[M].北京:中国科学出版社,2011:1-8.

收稿日期:2017-08-10