

公路穿越山体滑坡区泥石流拦挡导流坝效果数值分析

徐飞飞¹, 韩雨缪²

(1. 曹妃甸临港商务区管理委员会, 河北 唐山 063200; 2. 武汉大学土木建筑工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘 要:我国山地面积占全国总面积比例较大,公路在山区中穿行,很容易遭受山体滑坡泥石流的侵害。以某公路穿越陕西省古滑坡体为工程背景,利用实际地形资料建立泥石流演进和拦挡导流坝三维数值模型,对泥石流在不同拦挡措施下的运动进行了数值模拟,得到滑坡泥石流的淹没范围、淹没厚度和演进流速。通过对泥石流数据进行分析,验证了拦挡导流坝对泥石流的防控效果。

关键词:公路;泥石流;数值模拟;防护措施;拦挡导流坝

DOI:10.13219/j.gjgyat.2018.02.008

中图分类号:U416.165 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-3953(2018)02-0031-03

泥石流是发生在山区及山前地区的一种含有大量泥砂和石块的暂时性急水流^[1]。我国是一个多山的国家,幅员辽阔,山脉纵横,地质构造复杂,第四纪松散堆积物丰富,泥石流不仅分布广泛,而且类型多样,活动频繁,造成的灾害也十分严重。目前全国有众多公路受到泥石流的严重威胁。鉴于泥石流的严重危害性,了解泥石流的防治措施非常必要。拦挡工程用以控制泥石流的固体物质和雨洪径流,削弱泥石流的流量、下泄总量和能量,以减少泥石流对下游的冲刷、撞击和淤埋等,形式有拦渣坝、储淤场、支挡工程、截洪工程等^[2]。高守义等^[3]提出在进行拦挡坝的选址工作时要综合考虑当地实际地形以及地质构造等问题。敬小非等^[4]通过模型试验的方法,对拦挡坝对尾矿库溃决泥沙缓冲效应进行研究,认为拦挡坝的高度是决定拦挡泥砂量的关键因素,尾矿坝拦挡坝的作用主要在于减小泥石流的运动速度,从而减小对下游的危害。刘洋等^[5]利用数值模拟的方法,证明了通过设置拦挡导流坝,能够有效减小泥石流对下游的淹没范围及淹没深度。

本文以某公路穿越山体滑坡区为例,在滑坡区下游设置两道泥石流拦挡导流坝,通过数值模拟方法验证拦挡导流坝对山体滑坡泥石流的防护效果。

1 工程概况

本文所研究的滑坡体位于陕西省,曾于1981年发生滑动,对下游区域造成了巨大的危害,若山体一

旦再次发生滑坡,后果将不堪设想。某公路选线拟位于该滑坡体西侧下游区域,距滑坡体距离较近,很容易受到冲击,因此必须对该滑坡泥石流采取必要的防护措施。拟在滑坡体下游山谷中修建两道拦挡导流坝对公路进行防护。第1道拦挡导流坝高15 m,长30 m;第2道拦挡导流坝高15 m,长90 m。

所选择的滑坡区山顶高程1 040 m,山坡较陡,纵向剖面呈直线形,横向上滑体部分低于周围围岩。滑体长约950 m,宽约200 m,平均厚度约为25 m,面积约为 $1.9 \times 10^5 \text{ m}^2$,体积约为 $4.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。滑坡全貌如图1所示。

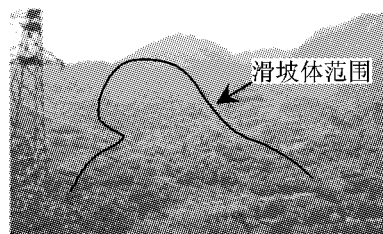


图1 滑坡体全貌图

2 模型建立

本文利用数值模拟方法分析拦挡导流坝对泥石流的防护效果。所建立的模型长3 000 m、宽2 500 m、高800 m,如图2所示。为了较好的拟合滑坡体运动,本次计算采用矩形网格对计算区域进行划分,网格大小为 $30 \text{ m} \times 50 \text{ m} \times 4 \text{ m}$,网格总数100万,其中拦挡导流坝采用嵌套网格进行局部加密,尺寸为 $9 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

3 计算结果

在长期降雨作用下,山体在发生滑坡时土体含水

收稿日期:2017-11-24

第一作者简介:徐飞飞(1984—),男,工程师,主要从事道路工程技术管理工作。cfd-xf@163.com

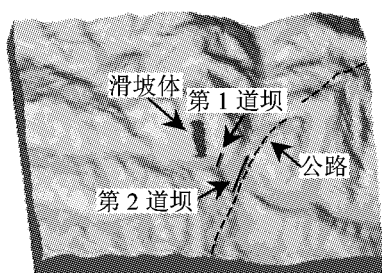


图2 三维模型图

量处于饱和状态,土体流动性大,滑坡体粘滞性小,近似认为滑坡泥石流为宾汉流体。对泥石流的运动进行模拟,验证拦挡导流坝对泥石流的防护效果。

3.1 泥石流淹没厚度

山体滑坡运动初始时刻($t = 0$ s),此时滑坡体尚未沿滑裂面滑动,整体形成了一个静止状态的高势能危险源(图3(a))。滑坡体由于失稳形成滑坡泥石流,在重力作用下沿地形向下游运动。滑坡发生17 s后,滑坡体前缘部分到达山谷右侧边缘,滑坡体龙头堆积厚度约14.2 m,此时泥石流堆积厚度最深处位于滑坡体对面山脚处,此处堆积厚度达到85.0 m(图3(b)),正被第1道导流坝所拦截,此时导流坝附近堆积厚度为30.0 m,向前运动趋势逐渐减缓。滑坡发生43 s后,滑坡体前缘到达山谷中心海拔最低处,此时滑坡体前缘龙头堆积厚度约为7.3 m,此时已越过第1道导流坝,继续向第2道导流坝方向涌动,泥石流最深处位于第1道导流坝附近,堆积厚度达到40.1 m(图3(c))。滑坡发生约98 s后,滑坡体被第2道导流坝所彻底拦挡,滑坡体运动趋于平缓,堆积状态趋于平衡,滑坡体龙头堆积厚度约为20.3 m(图3(d))。

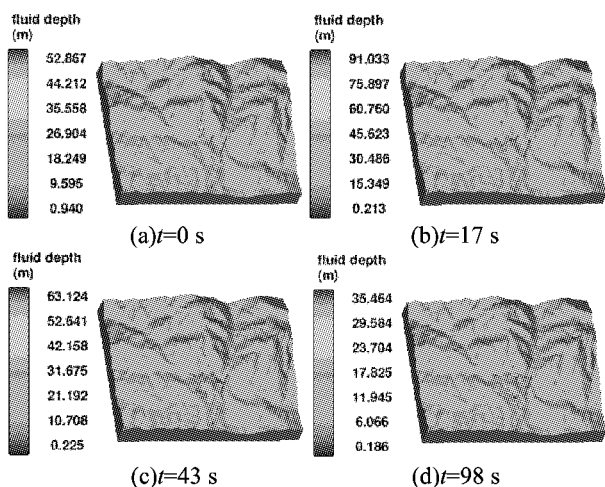


图3 不同时刻滑坡体厚度

3.2 泥石流流动速度

山体滑坡运动初始时刻($t = 0$ s),速度均为0 m/s(图4(a)),此时滑坡体处于静止状态,整体为高势能危险源。发生滑坡后第17 s,滑坡体前缘到达山谷右侧,正在越过第1道导流坝,滑坡体前缘流动速度约为26.7 m/s左右,此时滑坡体流动速度最大处位于整个滑坡体的中部,速度约为73.2 m/s(图4(b))。滑坡发生后第43 s时,滑坡体前缘到达山谷中心海拔最低处,此时滑坡体前缘龙头流动速度达到59.1 m/s左右,滑坡体流速最大位置位于第1道拦挡导流坝右后方,最大速度为79.7 m/s(图4(c))。滑坡发生98 s后,滑坡体整体运动速度接近于0 m/s,运动极为缓慢,堆积状态趋于平衡,滑坡泥石流运动基本停止且都拦挡在第2道拦挡坝前(图4(d))。

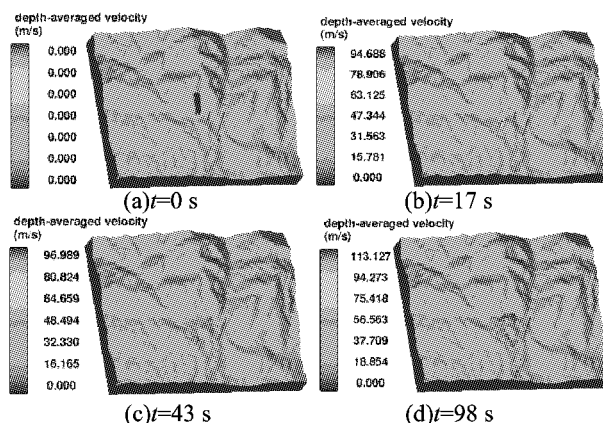


图4 不同时刻滑坡体速度

3.3 泥石流淹没面积

山体滑坡运动初始时刻($t = 0$ m/s),泥石流淹没面积为 2.68×10^5 m²;发生滑坡后第7 s,泥石流前缘到达对面山坡坡脚处,泥石流淹没范围达到 3.29×10^5 m²。滑坡发生17 s后,泥石流前缘到达山谷右侧,正越过第1道拦挡坝,泥石流淹没面积达到 4.16×10^5 m²。滑坡发生43 s后,泥石流前缘到达第2道拦挡导流坝前方附近,此时泥石流淹没面积达到 6.26×10^5 m²。滑坡发生98 s后,泥石流前缘龙头运动速度接近0 m/s,运动趋于平缓,堆积状态趋于平衡,泥石流整体向前缓慢蠕动,拦挡在第2道导流坝下,此时泥石流淹没范围约为 7.32×10^5 m²。

4 结束语

本文利用数值模拟方法对公路穿越山体滑坡泥石流区防护措施进行了研究,验证了拦挡导流坝对泥

石流的防护效果,对其他类似工程提供了科学经验。

参考文献

- [1]吴平,郑文晓.泥石流的形成条件及其防治措施[J].西部探矿工程,2008(03):4-5
[2]赵健.我国泥石流防治措施研究[J].中国水利,2007(14):50-52
[3]高守义,史正涛,崔炳田.马槽沟泥石流工程治理及效益

分析[J].中国地质灾害与防治学报,1998(01):135-137,139-141

- [4]敬小非,蔡治勇,刘克辉.拦挡坝对尾矿库溃决泥沙缓冲效应试验研究[J].中国安全科学学报,2013,23(06):98-102
[5]刘洋,齐清兰,张力霆.尾矿库溃坝泥石流的演进过程及防护措施研究[J].金属矿山,2015(12):139-143

A Numerical Simulation Analysis of the Protective Effect of a Blocking Dam on a Highway Through the Debris Flow Area

XU Feifei¹, HAN Yumou²

(1. Managing Committee of the Caofeidian Port Business Zone, Tangshan 063200, China;

2 College of Civil Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Mountainous districts account for a relatively large proportion of the total area of China. Going through mountain bodies, highways are very vulnerable to landslides or debris flow. With a certain highway through the ancient landslide mass of Shanxi Province as the engineering background, the actual terrain data are used to establish a three-dimensional numerical model for the evolution of debris flows and a blocking dam, with the help of which the movement of the debris flows under different blocking conditions when different measures are taken is numerically simulated, upon the basis of which the flooding range, the submerged thickness and the velocity of the landslide are obtained. Through the analysis of the data of debris flows, the protective effect of the blocking dam on the highway is testified.

Key words: highway; debris flow; numerical simulation; protective measures; blocking dam

(上接第18页)

4 结论及建议

本文结合城市规划及地区客运作业量等因素,经过技术经济比较推荐新建长白山站方案为敦白客专引入白河地区方案。该方案线路顺直,地区内车站实现“客运集中、客货分站”格局布置,便于地区内运输组织,车站周边可开发用地较大,可充分发挥长白山站作为旅游客流的集散中心的作用,对促进长白山地

区旅游事业发展和带动沿线经济发展具有深远意义。

参考文献

- [1]铁道第三勘察设计院集团有限公司.新建铁路敦化至白河铁路客运专线工程可行性研究报告[R].天津:铁道第三勘察设计院集团有限公司,2016
[2]王午生.铁道线路工程[M].上海:上海科学技术出版社,1998
[3]易思蓉.线路选线设计[M].北京:中国铁道出版社,2003

A Study of the Schemes for Leading the Dunhua-Baihe DPL into Baihe District

ZHAN Gang

(The Railway Design Group Co. Ltd. of China Railway, Tianjin 300142, China)

Abstract: According to the general situation of the existing railways in Baihe District, and the predicted results of the passenger volume in Baihe District, studied in the present paper are the schemes of leading the Dunhua-Baihe DPL into Baihe District, namely, two series and totally 4 schemes, which include respectively leading it into the existing the Baihe Railway Station and newly build two passenger railway stations in the district. Respectively from the angles of the municipal planning, the organization of transportation, the route conditions and the engineering costs, all the schemes of leading the railway into Baihe District are comprehensively compared, upon the basis of which the scheme of leading the Dunhua-Baihe DPL into the newly-built Changbaishan Railway Station is finally chosen as the recommended one.

Key words: Dunhua-Baihe DPL; passenger station; Changbaishan Railway Station; line selection