

## 公路边坡冻融滑塌原因分析及防治措施

崔成南<sup>1</sup>, 王 鹏<sup>2</sup>

(1. 辽宁省路桥建设总公司; 2. 黑龙江省交通科学研究所)

**摘 要:**分析了边坡冻融滑塌的原因,提出了防治措施及边坡浅层冻融滑塌稳定性验算公式。

**关键词:**冻融滑塌;防治措施;稳定性

**中图分类号:**U416.1 **文献标识码:**C **文章编号:**1008-3383(2008)04-0060-01

## Causes Analysis of Highway Slope Freeze - Thaw Collapse and Prevention Measure

CU I Cheng - nan<sup>1</sup>, WANG Peng<sup>2</sup>

(1. Liaoning Road and Bridge Construction Parent Company;

2. Heilongjiang Institute of Highways and Transport Research)

**Abstract:** Analyzed the reason of slope freeze - thaw collapse, advanced prevention measure and checking formula of slope freeze - thaw collapse.

**Key words:** freeze - thaw collapse; prevention measure; stability

公路边坡沿路线分布的范围广,影响面大,其坡面的稳定性直接关系到沿线的水土流失和景观的协调,并直接或间接地影响着公路的使用功能与使用寿命。路基边坡冻融破坏是寒区特有的边坡病害之一,在填方路堤边坡和挖方路堑边坡都不同程度地存在,两者病害机理相似,但以挖方路段较为常见。其主要表现形式有:(1)圪工防护结构的冻胀隆起或融沉,严重时导致防护结构松散、滑落;(2)边坡浅层失稳滑塌。前者主要由坡面渗水或层间水冻胀及融化引起,后者与冰冻地区边坡的浅层稳定性有关,二者都与边坡土壤中的水分及冻融有关,但浅层失稳的影响因素相对复杂,因此本文着重对边坡冻融滑塌的原因进行分析。

### 1 冻融滑塌原因分析

分析边坡冻融滑塌的原因,其影响因素主要包括边坡土壤本身自重产生的下滑力、层间水或坡面下渗水增加土体重力并降低土的抗剪强度、冻结及融化形成的冻融交界处的水分积聚和滑床作用(实际滑动面一般稍高于冻融交界面)、坡面圪工防护形成的附加荷载等。滑塌的主要原因为:由于秋末冬初雨雪的存在,加上入冻前气温反复变化产生的冻融影响,路基边坡土体上层水分将有一定程度的蓄积,冬季边坡坡面被冰雪覆盖,春融期冰雪逐渐融化渗入坡面土中,此时边坡上部土层开始融化,但下部土层仍处于冻结状态,上部土层中的水分无法继续下渗,使边坡上部土壤饱和甚至过饱和,土体抗剪强度大大降低,而冻融交界面成为可能的滑床,再附加昼夜气温的反复和重力作用下的蠕动,融化的土层将沿冻结层面向下蠕动及滑动,最终导致边坡浅层滑塌。

### 2 防治措施

(1)根据土质、“水线”发育的特征,对路堑边坡稳定性进行现场调查,利用冻融滑塌稳定性验算公式(公式附后),计算需要进行排水处理的有效深度、范围,并考虑“水线”位置、聚冰层深度、相邻类似边坡的滑塌深度,综合确定排水处

理的有效深度。另外,考虑到植被恢复后,春融时水分的富集层位会有一定提高,应考虑适当减小排水处理的有效深度,减小多少视具体情况而定。

(2)在需要进行排水稳定的边坡上挖设树型渗排水沟槽,沟槽深度为最终确定的排水处理的有效深度。沟槽间距视水分多少而定,一般主沟槽间距6~10m,支沟槽间距2~3m。在渗排水沟槽内布设土工滤排水材料,以便将可能积聚的水分引入边沟或排除到边坡之外。该材料是一种自带反滤层的柔性材料,竖直放入,要求其排水能力能够满足该处边坡的排水需要,必要时可估算需要的排水量,某些边坡层间水的出露具有季节性,因此可以在冻融前后及雨季探查坡面一定深度内的含水量作为参考。土工滤排水材料周围可适当地部分回填砂砾等粗颗粒材料。

(3)将渗排水沟槽填平、踏实,平整坡面并铺设土工格室,铺设土工格室时由坡顶向边坡下方顺序铺设、连接,坡顶平铺部分的土工格室宽度不少于50cm。固定桩间隔和打入深度根据实际坡度等确定,一般间隔为1m,深度40~60cm,木桩或钢筋均可,按坡面垂直方向并稍微向上倾斜打入为好。

(4)在土工格室内填土(填土要稍高于格室高度。土工格室高度一般为5~20cm)、踏实(用机械施工时可以利用施工机械适当拍实)。另外,在经历一、二场雨后,填土往往会有一定的下沉,此时需要向格室内再补填一次土并踏实。土工格室的铺设宜早,以便及时防止或减轻雨水对坡面的冲刷,稳固坡面。

(5)种植护坡植物。由于马蔺草不怕旱、不怕强烈日照,但不喜背阴潮湿,建议在其他草本植物难以生长的干旱阳坡种植马蔺,并与“德碧”或“黑麦草”一同播种,可在短时间内形成植被,防止坡面冲蚀,马蔺可在一年后逐渐取代先

(下转第62页)

收稿日期:2008-01-15

作者简介:崔成南,男,负责大中型桥梁的质量监督和检测工作。

长常高速公路益常段的路面施工中,每 m<sup>3</sup> 粉煤灰水泥混凝土水泥用量为 360 kg,粉煤灰为 45 kg,胶凝材料总量为 405 kg。显然,胶凝材料的总量过多在夏季高温大风天气施工容易产生塑性收缩裂缝。研究表明,粉煤灰水泥混凝土在 0.57 kg/m<sup>2</sup>·h 蒸发率的条件下就会产生塑性收缩裂缝,而普通水泥混凝土则产生塑性收缩裂缝的临界蒸发率为 0.75 kg/m<sup>2</sup>·h,这一点是值得高度重视的。在益常路的路面施工中即遇到此问题,1999 年 7 月某天施工的段落连续产生了纵向塑性收缩裂缝,长的有 6 m,短的只有 30 cm,裂缝分布很有规律,大多在距纵向假缝两侧 20~50 cm 处。这样的分布规律与假缝拉杆的约束有关。

通过一定技术措施,完全可以控制裂缝的产生。在益常路的施工中,在摊铺成型的混凝土路面拉毛喷洒养护剂后,马上用土工布覆盖,避免烈日的照射,降低蒸发率,并在土工布上洒水,保持湿润,补充蒸发的水分。另外,还采用了在摊铺成型路面拉毛喷洒养护剂后喷洒雾化水的方法来控制裂缝的产生。前者比后者更保险。在施工过程中,要提高对裂缝产生的警惕性,在气温大于 28℃,或是多风的季节,要做好控制裂缝产生的准备工作。

3.2 低温季节施工易发生施工期断板和裂缝

粉煤灰水泥混凝土路面早期强度低,导致发生施工期断板和裂缝,断板和裂缝分三种情况。

(1) 冬季施工,由于水泥化较慢,板块早期强度很低,由于板块内应力和外部因素的影响,产生断板。益常路路面由于在冬季施工时开放施工交通的时间远远迟于 28 d 和加强了施工质量管理,此类型的断板几乎没有发生。

(2) 在两幅路面连接施工时产生断板。前一幅路面摊铺后,由于温度应力的作用,横向缩缝处大部分断裂。由于温度的变化,裂缝通过拉杆向刚施工的、强度偏低的路面传递开裂变形,致使刚施工的面板出现大量断板。此类型断板在益常路,其中 26 km 的路面中已经出现 68 块断板,超过规范容许值,花费了一定的资金进行处理。其中有一段落的 3.75 m 块的板块连续有 15 块断板。这些断板大多集中产

生、分布在几个路段,都在低温季节施工时产生的。大部分断板靠近缩缝位置,显然也与缩缝传力杆的约束有关。之所以产生了大量断板,一是由于承包人没能及时发现断板的形成原因;二是管理上的松懈,导致切缝时间延误和切缝的质量下降。通过采用软切割技术提早锯横缝,并适当加深锯缝,保证锯缝质量,解决了此问题。

4 社会效益

4.1 社会效益

取得的社会效益主经体现为对环境的贡献:全线 75 km 粉煤灰水泥混凝土路面使用了 2.25 万 t 粉煤灰,减少热电厂用于存放粉煤灰的土地 1 094 亩,保护了土地资源。少用 525# 水泥 1.08 万 t,减少了生产水泥时 CO<sub>2</sub> 的排放量 1.08 万 t,减少了对大气的直接污染。

路面平整度、强度、外观等工程质量的提高获得了社会的赞誉,还为公路营运时保障畅通打下了基础。

4.2 直接经济效益

全线 75 km 粉煤灰水泥混凝土路面使用了 2.25 万 t 粉煤灰,为电厂节约存放粉煤灰的资金 300 万元,减少使用水泥 1.08 万 t,节约工程成本 228 万元。每 1 km 路面节约工程成本 3.04 万元,直接获得经济效益 7.04 万元。

5 结 论

在水泥混凝土中适当地掺入粉煤灰后,改善了混凝土的工作性能,降低了泌水率和水泥水化速度,使之更适合滑模摊铺施工,提高了路面的抗折强度和抗磨性,提高了高速公路工程质量,保护环境,取得了可观的社会效益和经济效益。虽然存在干缩性大、早期强度低等缺陷,但通过合理的技术措施和加强施工管理,这些问题完全可以解决,并不妨碍粉煤灰的使用。粉煤灰水泥混凝土在高速公路水泥路面工程中值得推广。

参考文献:

[1] 覃维祖.粉煤灰在混凝土中的应用.粉煤灰综合利用,2000,(3).

(上接第 60 页)

锋草形成植被。因为马蔺“分蘖”(植物近根处长出新的分枝)比较快,故在格室上每隔一格种一株。初期养护可每隔半个月左右浇一次水,后期养护只需锄去过高的杂草即可。

3 边坡浅层冻融滑塌稳定性验算公式

$$F_s = \frac{c' + [(Y_0 - nY_w) h \cos\theta + q] \cos\theta \tan\varphi'}{Y_0 h \sin\theta \cos\theta + q \sin\theta} \quad (1)$$

式中: F<sub>s</sub> 为边坡稳定安全系数; Y<sub>0</sub> 为土的复合容重, Y<sub>0</sub> = (1 - n)Y + nY<sub>sat</sub>, kN/m<sup>3</sup>; Y 为非饱和土容重, kN/m<sup>3</sup>; Y<sub>sat</sub> 为饱和土容重, kN/m<sup>3</sup>; Y<sub>w</sub> 水的容重, kN/m<sup>3</sup>; n 为滑动土体饱和度 (0 ≤ n ≤ 1); θ 为边坡坡角; c', φ 为边坡土体有效抗剪强度指标 (粘聚力、内摩擦角); q 为附加荷载顺坡方向的线应力, q = P/l, kN/m; P 为附加荷载, kN; l 为坡长, m; h 为边坡垂直融化深度, m。

上式中,当滑动土体 100% 为水饱和且上部附加荷载为 0 (相当于无圬工防护) 时, n = 1.0, q = 0, 则

$$F_s = \frac{c' \sec\theta + (Y_{sat} - Y_w) h \cos\theta \tan\varphi'}{Y_{sat} h \sin\theta} \quad (2)$$

当滑动土体 50% 为水饱和且上部附加荷载为 0 (相当于无圬工防护) 时, n = 0.5, q = 0, 则

$$F_s = \frac{c' \sec\theta + \frac{1}{2} (Y + Y_{sat} - Y_w) h \cos\theta \tan\varphi'}{\frac{1}{2} (Y + Y_{sat}) h \sin\theta} \quad (3)$$

当滑动土体未饱和且上部附加荷载为 0 (相当于无圬工防护) 时, n = 0, q = 0, 则

$$F_s = \frac{c' \sec\theta + Y h \cos\theta \tan\varphi'}{Y h \sin\theta} \quad (4)$$

4 结 语

可以在很大程度上解决目前季冻区公路路基边坡在竣工通车后仍需要投入大量资金进行维修的问题,从而延长公路的使用寿命,具有重要的现实意义和广阔的应用前景。由于能够有效避免或减少季冻区公路边坡的冻融滑塌、减少前期养护工作量和后期维修工作量、减少水土流失和环境污染,因此能够大大节省公路路基边坡防护绿化和维护资金,并通过提高公路路基边坡的浅层稳定性来改善公路的使用功能。在环境保护倍受重视、环保观念深入人心的今天,其综合经济效益和社会效益十分显著。

参考文献:

[1] 赵明阶,何光春,王多垠.边坡工程处治技术[J].2003,(10).  
[2] 杨宇航,颜志平,等.公路边坡防护与治理[J].2002,(10).  
[3] 王家臣.边坡工程随机分析原理[M].煤炭工业出版社,1996.  
[4] 高民欢,等.高等级公路边坡冲刷理论与植被防护技术[M].人民交通出版社,2005.  
[5] 周志刚,郑健龙.公路土工合成材料设计原理及工程应用[M].人民交通出版社,2001.  
[6] 中华人民共和国交通部.公路路基设计规范[M].人民交通出版社,2004.

