

公路路基侧滑失稳的防治技术

王松根

(山东省交通厅公路局 济南市 250002)

摘 要: 公路路基侧滑失稳对公路建设和运营安全构成严重威胁,而且具有突发性,危险极大。由于情况复杂,此类工程处治技术难度较大,本文结合多项具体的工程实例对此进行详细介绍,具有较高的参考价值。

关键词: 公路路基; 侧滑失稳; 加固技术

公路在建设过程中及运营以后,经常会出现不同类型的工程事故,其中路基的侧滑失稳问题最为突出。此类事故不仅能造成路面的损毁破坏,更由于其常常直接导致路基的沉陷和塌方,对公路建设和运营安全构成了严重威胁。因此,如何对路基的侧滑失稳问题加以预防与治理,是一项事关公路建设和运营安全的重大技术难题,亟待加以解决。本文结合多项具体的工程,对此展开了专项探讨,对路基侧滑失稳的防治技术及工程成果进行介绍。

1 路基侧滑失稳的基本类型

路基侧滑失稳的外在形式多种多样,据其诱发原因大致可分为以下几种主要类型。

1.1 单纯侧滑(图 1-a)

此类侧滑是单指路基填方部分本身的失稳滑移,多发生于填方高度大于 3.5 m 或半填半挖的路段,是路基侧滑失稳的主要形式。

1.2 软基诱发侧滑(图 1-b)

此类侧滑一般发生在软土地基路段,其特点是路基随地表以下软土一起下陷并向路基两侧滑移,严重者可导致路基两侧地面隆起,路面受损,影响交通安全。

1.3 坡间侧滑(图 1-c)

此类侧滑一般发生在单侧开挖或半填半挖的路段,路基随边坡滑移,是边坡滑体的一部分,严重者甚至可能导致整个路基塌陷、交通中断、人员伤亡的严重事故,此为路基侧滑失稳的最危险形式。

1.4 其他形式的侧滑

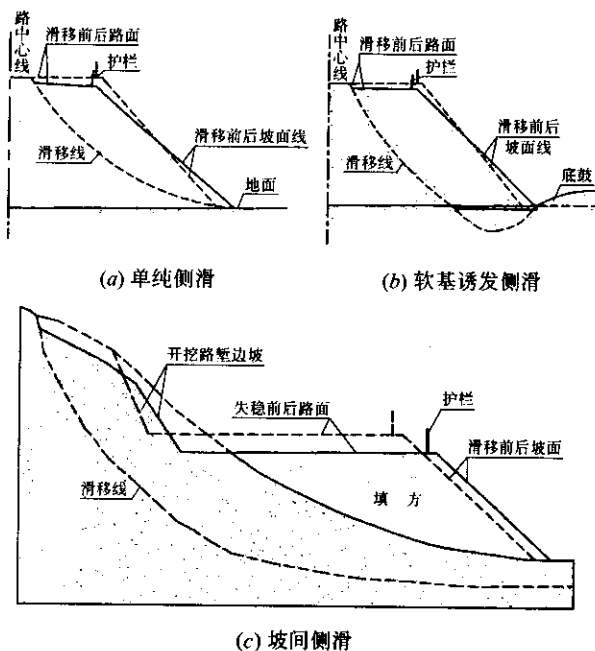


图 1 路基侧滑基本类型

由于填方路基侧面洪水的侵蚀、地表以下采空区活动、地震等影响也可导致路基侧滑失稳。

2 路基侧滑失稳的基本特征及原因分析

2.1 基本特征

经对国内数十处路基侧滑失稳情况综合分析,发现虽然事故发生的时间、地点各不相同,但其发生破坏的外在形式却有着共同的基本特征:一是路面发生纵向开裂,一般有 3~5 条裂缝,严重者可路面上沿裂缝断开成横向阶梯状;二是滑移面为弧形,

符合土体边坡滑坡的一般特征。

2.2 原因分析

一般来说,只要严格按照规范设计和施工,在设计荷载下路堤不会出现侧滑失稳。但由于人为和非人为的原因,在实际施工和运营过程中,此类事故却经常发生,主要原因有以下几点。

(1)设计中的遗漏。设计的主要依据是现场踏勘和地质钻探资料,但往往由于地质情况复杂多变和设计周期太短等原因,得到的有关资料不能反映实际的地质情况,造成在设计中遗漏了应该采取的技术措施,为路基侧滑失稳留下了隐患。

(2)施工中的缺陷。尽管规范对路基填方土的质量、压实度都有明确和具体的要求,但在施工过程中,常常由于施工人员的忽视,质量管理不严,加上工期紧、取土场的限制等原因,出现填土压实度不够,超标土代替合格土的情况,在施工或运营过程中会产生路基侧滑失稳问题。

(3)渗水影响。虽然,公路路基在设计时会考虑防水、排水的问题,但由于设计理念的差距和为了节省资金的因素,往往做的不够。公路运营以后,由于地下水位的变化,毛细水不断上升集聚,填方一侧洪水的侵蚀,挖方一侧裂隙水的渗透,加上大量的雨水通过绿化隔离带和路面上的裂缝下渗。随着时间的推移,原压实土的力学特性逐渐发生变化,填方路基整体承载能力降低,容易诱发路基的侧滑失稳。

(4)超载因素。目前我国的干线公路一般设计荷载为:汽—20、挂—100 或汽—超 20、挂 120。但在实际运营过程中,汽车超载现象普遍且十分严重(最大单车车货总重超过 100 t,且经常出现几列车队并排行驶的现象),大大超过了路基的设计承载能力,对路面及路基的稳定性造成了严重影响。这也是通车以后出现路基侧滑失稳的主要起因。

3 主要的工程对策

对于路基侧滑的处治可根据其发生的时间不同区别对待,一种是路基施工过程中发生的侧滑,可采用结合路面基层施工同步加固的方案;另一种是通车以后发生的侧滑,应尽量采用既不影响交通,又能保证最终加固效果的加固方案。

3.1 注浆

注浆是路基处理中最常用的工程措施之一,其原理是通过向路基内注入水泥或水泥—粉煤灰浆体,以改善路基土的特性,提高路基整体的承载能

力。要注意的是路基注浆的范围、注浆孔的平面布置、注浆深度、浆液的配制和注浆压力的控制。必要时,可采用分层多次高压注浆技术^[1]。

3.2 复合锚杆桩

复合锚杆桩是利用锚杆技术及其机理而衍生出的一种新的失稳岩土体加固技术,其结构见图 2,该项技术的要点是^[2]:

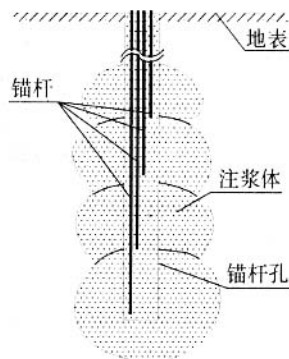


图 2 复合锚杆桩结构示意图

(1)顺钻孔垂直插入不同长度的钢筋若干根,每根钢筋配一根相同长度的注浆管;

(2)钢筋 2 m 以上(从底部起)作为自由端;

(3)最后进行分段多次注浆,以保证浆液在每根钢筋的根部定点扩散,整体则形成一串“葫芦”形状的承载体,同时由于浆液在高压下的有效扩散,实现了路基土的整体改性,大大提高承载能力。

此项技术可以将桩顶承受载荷有效地分布在不同的承载部位,比一般锚杆可提高承载力 3~5 倍,特别适用于失稳路基的加固。

3.3 抗滑钢管桩

抗滑钢管桩技术就是利用钢管桩的刚度和强度来抵抗路基土的侧滑力,其技术要点是:

(1)沿路基边坡顶部设置一排钢管桩,间距为 1.0~1.5 m,钻孔直径为 25 cm,深度为穿透路基填方入岩 4~6 m;

(2)将直径为 180~250 mm、壁厚为 10 mm 的钢管(长度按实际需要)垂直插入钻孔并尽量对中;

(3)钢管内灌注 C20 混凝土,外部采用压力注浆,注浆压力控制在 0.4~1.0 MPa;

(4)钢管桩顶部设置纵向联系梁,联系梁可采用 C20~C30 钢筋混凝土,钢筋与钢管焊接在一起。

有条件的话,辅以横向水平拉杆或与斜向锚杆相组合则效果更好。

3.4 侧向预应力锚杆

预应力锚杆是岩土加固工程中最常用的技术,当采用侧向预应力锚杆技术加固失稳侧滑的路基时,应注意以下几点。

(1) 锚杆的布置。锚杆布置型式为方形或梅花形,间距由加固土质、锚杆长度、预应力大小等因素确定,与水平向交角取决于滑坡体形式和坡角。

(2) 锚杆的长度。锚杆长度根据加固体锚固力大小由计算确定,关键是要确保锚固端的长度。

(3) 锚杆的制作。锚杆一般采用螺纹钢,要特别注意焊接质量,应沿杆身每隔 1.5 m 设置对中定位支架,以保证钢筋有足够的混凝土保护层厚度。

(4) 施加预应力。锚杆预应力施加时应分级张拉,锁头和夹片要满足要求,根据预应力损失情况,可进行二次补偿张拉。

需要说明的是,在实际加固工程中,不是一种技术可以解决所有的技术问题,往往需要几项技术的组合,而且还要注意相关工艺和先后次序,才能达到预期的加固效果。

4 工程实例

4.1 京沪高速 I

1998 年 8 月,京沪高速公路(化临段)K69+200~K69+310 路段高填路基(填方高度为 7.5 m),底基层完成以后,即发现路基表面发生纵向开裂,产生 3~4 条纵向裂缝,缝宽最大达 25 mm,路基已整体失稳。经过详细的工程地质调查和科学计算,初步判断此处塌落是由于填料(碎石与土的混合体)质量未达标而产生的单纯侧滑。综合考虑工期、经济等因素,决定采用就地整体加固方案(见图 3)。在路基的顶面外侧打 2~3 排钻孔,孔深比填方路基高度多 2~3 m,在路基顶面中心位置打 1 排钻孔,孔深与路基高度相同,每孔插入 2 根 $\phi 25$ 螺纹钢,外露头 250 mm。其后分别进行注浆,形成锚杆桩(此处也可采用更先进的复合锚杆桩技术,其加固效果更好),然后在路基中基层位置编排钢筋网,其与锚杆桩相联,整个中基层用 C15 混凝土取代,这样可在侧滑路基段形成一个稳定的箱式结构。

注浆过程中,采用“分层多次高压注浆技术”,实现对填方土的整体改性,使其总体承载力超过原设计值。通车后经过几年的观测,路基的工后沉降量低于 50 mm,完全符合规范要求,路面没有新的开裂,证明加固是成功的。

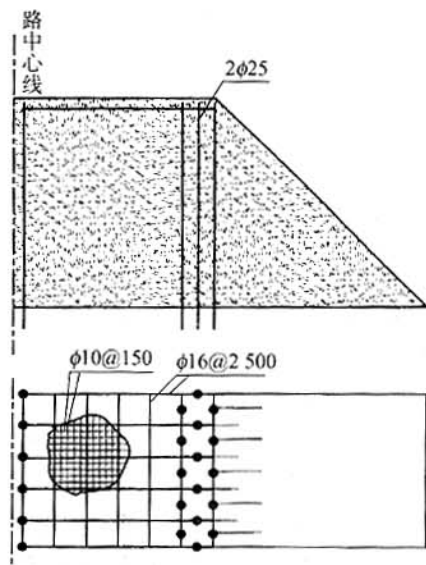


图 3 K69+200~K69+310 路段加固设计

4.2 京沪高速 II

2000 年 4 月,同一条路的 K87+200~K87+700 路段(填方路基高度 13 m)在全线通车半年后,即发生严重的双向侧滑。两幅车道各有 3 条 300 m 的纵向裂缝,裂缝最大宽度达 30 mm,路基已整体失稳,并且有不断加剧的明显趋势。经调查和计算证实,此处属由于路面超载和填方土不合格共同造成的单纯侧滑,必须立即进行加固处理。由于加固施工不能影响道路交通,具体方案应与前者有所区别,参见图 4。首先在路基侧面上打 3~4 排下向斜孔,排间距为 1.5~2.5 m,孔底越过滑移面 5~6 m,坡面布设混凝土连梁,锚杆由 2 根 $\phi 25$ 螺纹钢加工而成,端头由连梁预留孔露出,注浆后端头锁定(用应力扳手拧紧)。整个坡面喷射一层钢筋混凝土使之形成整体。

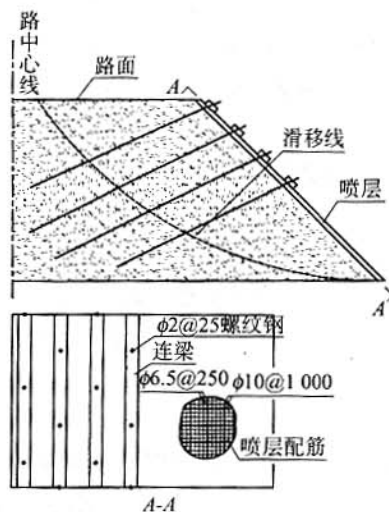


图 4 K87+200~K87+700 路段加固

锚杆注浆如同前者,以期对失稳填土实现整体改性。该方案是在通车后实施的,加固完成后,在 3 个月的时间内,路基继续产生侧向变形,致使锚杆应力增大,3 个月后,路基变形被锚杆有效抑制,其侧向变形力与锚杆的有效承载力达到平衡状态,锚杆应力值逐渐趋于稳定^[2]。由于所有工程集中在路基侧面,填方改性不均匀,加固后的路面发生不均匀沉降,断面沉降量相差最大值达 50 mm,但没有产生新的裂缝,证明路基是稳定的,不影响交通。

4.3 济南高速外环南线

2003 年 9 月,济南高速公路外环南线 K25+490~K25+590 路段,在路面施工完成时曾出现较严重的裂缝,进行过路基灌浆处理,并对路面进行铣刨罩面。但在通车后,裂缝仍继续发展,在路面行车道上出现较严重的纵向裂缝,并有发生侧滑的趋势。经现场调查及勘察,该处路基填土高度为 8.6 m,一侧边坡上设有高度约 5 m 的重力式挡土墙,沉陷裂缝原因主要为路基座落在压缩性较高的深厚软弱粘土层上(厚度约 19.4 m),路基填土较高,通车后继续沉降变形,导致高陡边坡挡土墙地基不稳定,在土压力作用下,高回填路基边坡挡土墙向外位移及不均匀沉降,致使路面产生纵向裂缝。通过方案比较,决定采用钢筋混凝土格梁加预应力锚杆的联合加固技术进行处理^[3](见图 5),以增强路基边坡的稳定性。同时,为防止挡土墙继续外移,在挡土墙基础外侧增设一排抗滑钢管桩,并辅以斜拉锚杆。

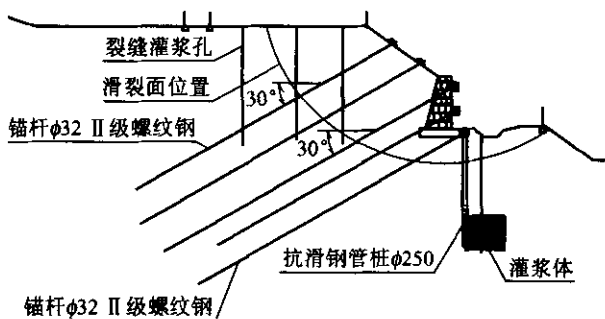


图 5 K25+490~K25+590 路基加固

在路基边坡和下部挡土墙上各布置 2 排锚杆,锚杆采用 $\phi 32$ mm 螺纹钢筋,呈梅花形布置。边坡上第一排锚杆距路基顶部 3.0 m,第二排距第一排 3.0 m (斜坡向),没有达到基岩的锚杆长度为 25 m,达到基岩的确保入岩 6 m,锚杆施加拉力 50 kN,其后进行压力注浆,在锚杆处设置混凝土格梁。挡土墙上第一排锚杆距墙顶 1.5 m,第二排距第一排 2.0 m,没

有达到基岩的锚杆长度为 23 m,达到基岩的确保入岩 6 m,锚杆施加拉力 60 kN,施加应力后进行压力注浆,在锚杆处设置混凝土横梁。

4.4 省道 327 线

省道 327 线济南锦绣川水库大坝上游段,自 2000 年改建以来,发生较严重的路基沉陷、裂缝、滑移等病害问题。该路段走向与水岸坡走向基本一致,公路一面靠山,一面靠水,靠水库一侧凌空离水面高约 6 m。路面沿公路走向出现了严重的沉陷裂缝,长约 150 m,宽约 5~10 cm,最大沉陷差 5 cm,公路靠水库一侧明显下陷,并向水库方向位移。据现场调查及勘察情况分析,沉陷裂缝原因主要是填土路基孔隙率较大,雨水浸湿后造成路基不均匀沉降,加上沿水库方向路基坡度较陡又受水库水位涨落影响,土体浸湿后抗剪强度降低,诱使路基失稳侧滑。

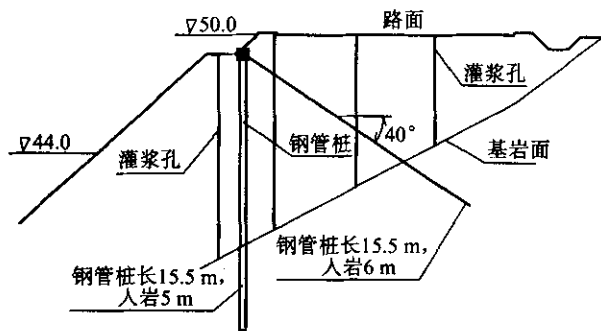


图 6 S327 线路基加固

经反复比较,确定采用钻孔灌浆、锚杆、抗滑钢管桩的联合加固技术进行治疗^[4],具体方案见图 6。

5 结语

综上所述,公路路基发生侧滑失稳的原因是多方面的,对其防治的技术组合也是多种多样的,关键是要对易发生侧滑失稳的路基加强观测,做到早发现、早治理。一旦决定采取加固措施时,要做好充分的调查和勘察,在切实掌握了路基产生侧滑失稳的原因后,综合考虑安全、交通、效果、经济等因素进行处治方案的比较和选择,并详细做好技术设计。施工时要严格控制工艺和质量。工程完成后,还要注意观测,发现问题及时补救。总之,确保公路的运营安全和选择合理的处治方案并确保工程质量是我们公路养护管理部门不容推卸的职责。

参考文献:

[1] 王松根,高永涛,等.公路路基支挡结构物加固技术研

文章编号: 0451-0712(2005)11-0106-06

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

沙漠地区典型沥青混凝土路面结构温度场的仿真分析

宋存牛¹, 王选仓², 赵光海³

(1. 长安大学理学院 西安市 710064; 2. 长安大学公路学院 西安市 710064; 3. 长安大学 西安市 710064)

摘 要: 为了确定沙漠地区高等级路面结构温度变化规律,提供路面工作环境温度指标,利用文献[1]建立的层状路面结构非线性温度场的数学模型和计算方法,对内蒙古自治区沙漠地区典型气候条件下,典型路面结构温度场、温度变化速率以及温度梯度进行了仿真分析,分析结果能够为沙漠地区高等级路面设计和材料选择提供理论依据和指导作用。

关键词: 沥青混凝土路面; 温度场; 温度梯度; 沙漠地区

温度场的研究是针对各地道路所处的具体环境,揭示在最不利的自然环境下,路面温度场的变化规律及其影响因素,探索道路性能与环境主要因素之间的联系,预测路面在设计年限内路面温度极端情况,确保路面具有足够的高温稳定性和低温抗裂性。沙漠地区自然环境恶劣,夏天温度特别高,容易引起沥青混凝土面层的推挤和车辙;冬天温度很低,

会使沥青混凝土面层形成温缩裂缝。过去修建的二、三级公路已经不能满足西部发展需要,随着我国公路建设向西部转移,沙漠地区修建高等级公路将是未来发展趋势。文献[1]中作者建立了层状路面结构温度场的数学模型和计算方法,利用它能够根据气象资料 and 材料热物参数,方便、准确地确定出路面结构内的温度分布。通过对内蒙古沙漠公路 207 国道

基金项目:西部交通建设科技项目(2001-318-772-05);长安大学科技发展基金项目(0305-1001)

收稿日期:2005-04-11

究[J]. 岩土力学,2004, 25(增).

[2] 山东省交通厅公路局,北京科技大学,等. “公路工程灾害预防与治理综合技术研究及工程应用”国家科技进步奖申报材料[R]. 济南:山东省交通厅公路局, 2003.

[3] 山东大学土建与水利学院. 济南高速外环南线路基裂隙加固治理设计施工图[R]. 济南:山东大学,2004.

[4] 山东大学土建与水利学院. 省道327线路基裂隙加固治理设计施工图[R]. 济南:山东大学,2004.

Preventive Technology for Sideslip of Highway Subgrade

WANG Song-gen

(Highway Bureau of Communication Department of Shandong Province, Jinan 250002, China)

Abstract: The sideslip of highway subgrade consists of a serious menace to the construction and working of the highway. Moreover, this kind of destruction commonly is both paroxysmal and dangerous. On the other hand, owing to the complicated field circumstance, so the treatment of this kind of project is full of difficulties. In connection with a number of project examples, this matter is introduced exhaustively in this paper, it has reference value for similar projects.

Key words: highway subgrade; sideslip; reinforcement technology