

文章编号: 1002-0268 (2004) 09-0009-04

高填方路基单纯侧滑失稳治理的 理论研究及工程应用

高永涛¹, 张怀静², 孙金海¹, 吴顺川¹

(1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 北京建筑工程学院, 北京 100044)

摘要: 高填方路基侧滑失稳是公路建设过程和运行以后常见的工程病害。在对不同类型侧滑问题研究的基础上, 针对其中的一种——单纯侧滑问题展开深入研究, 并结合具体实例, 得到具有一定推广应用价值的理论及工程成果。

关键词: 高填方; 路基; 侧滑; 加固

中图分类号: U416.1⁺2

文献标识码: A

Theoretical Study on Treatment of Side Slope in High Filled Road Subgrade and Its Application in Engineering

GAO Yong-tao¹, ZHANG Huai-jing², SUN Jin-hai¹, WU Shun-chuan¹

(1. University of Science & Technology of Beijing, Beijing 100083, China;

2. Beijing Institute of Civil Engineering & Architecture, Beijing 100044, China)

Abstract: The side slope in high filled road subgrade would occur during the construction or use of road. This paper studies the several types of side slope. One type of side slope—simplicity side slope has been studied in detail with engineering practice. The conclusions with extensive application value have been obtained.

Key words: High filled; Road subgrade; Side slope; Reinforcement

近年来我国高速公路的建设速度不断加快, 但是在建设过程中及开通以后, 经常会出现不同类型的工程事故, 其中高填方路基的侧滑失稳最为突出。此类事故不仅造成路面的破坏, 甚至直接导致路基的沉陷和塌方, 已对公路交通安全构成了严重威胁。因此, 如何对高填方路基的侧滑失稳问题加以预防与治理, 是一项事关公路交通安全的重大技术难题, 亟待加以解决。笔者结合多项具体的工程, 对此展开了专项研究, 本文仅对高填方路基侧滑形式的一种——单纯侧滑处治的理论及工程成果进行专门介绍。

1 路基侧滑的基本类型

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 3 种主要类型:

1.1 单纯侧滑

如图 1 (a) 所示, 此类侧滑单是指路基填方部分本身的失稳滑移, 是路基侧滑失稳的主要形式, 约占 50%。

1.2 软基诱发侧滑

如图 1 (b) 所示, 此类侧滑一般发生在软土路基段, 其特点是填方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, 约占 10%。

1.3 坡间侧滑

如图 1 (c) 所示, 此类侧滑一般发生在半填半挖的路段, 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路基塌陷, 约占 30%。

1.4 其它形式的侧滑

由于填方路基侧面洪水侵蚀、地表以下采空区活动、地震等影响也可导致路基侧滑失稳, 约占 10%。

收稿日期: 2003-07-21

作者简介: 高永涛 (1962—), 男, 山东乳山人, 北京科技大学教授, 博导, 主要从事岩土工程、土木工程、采矿工程的研究。

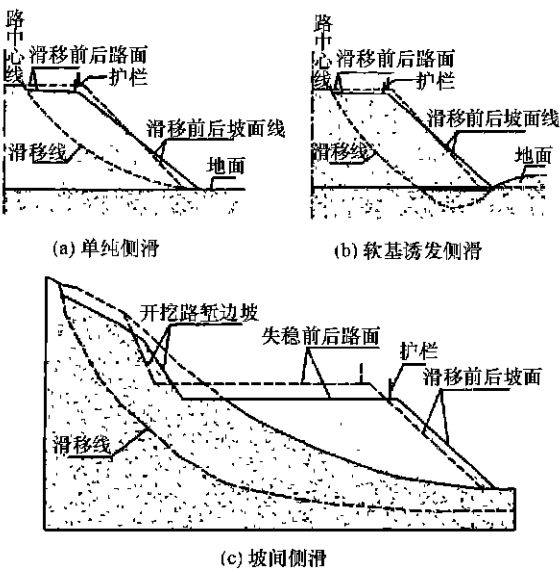


图 1 侧滑基本类型

2 单纯侧滑的基本特征及原因分析

2.1 基本特征

经对国内 56 处高填方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:

- (1) 路面形成纵向开裂,一般有 3~5 条裂缝,严重者可可在路面上沿裂缝断开成横向阶梯状。
- (2) 滑移面为弧形,符合土体边坡滑坡的一般特征。
- (3) 一般在填方高度大于 3.5m 时,才有可能发生单纯侧滑。

2.2 原因分析

一般来说,只要严格按照规范设计和施工,在设计荷载下不会出现单纯侧滑失稳。但由于人为和非人为原因,在实际施工和运行过程中,此类事故却经常发生,主要原因有以下几点:

- (1) 荷载过大。目前我国高速公路一般设计荷载为汽-20 挂-100,但实际运行过程中,汽车超载现象普遍且十分严重(最大单车车货总重超过 100t),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,这是通车以后出现的路基单纯侧滑的主要起因。
- (2) 渗水影响。近年来,我国高速公路一般都采用绿化隔离带,隔离带的底部大多没有采取相应的隔水措施或隔水效果不好。雨季时,大量的雨水下渗,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。

(3) 施工质量。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,但施工过程中,常常由于工期紧、取土场的限制等人为原因,出现填方压实度不够,超标土代替标准土的情况,在施工过程中即会产生路基侧滑失稳问题。

3 主要的工程对策

对于单纯侧滑的处治可根据其发生的时间不同区别对待,一种是施工过程中发生的侧滑,宜采用在路面实施加固的方案;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侧面加固方案。

3.1 施工过程侧滑加固

对填方土进行整体改性以使路基达到或超过设计承载能力是加固设计考虑的重点。

(1) 总体方案(参见图 2)。在填方路基的顶面外侧打 2~3 排钻孔,孔深比填方路基高度多 2~3m,在路基顶面中心位置打一排钻孔,孔深与路基高度相同,每孔插 2 根 $\Phi 25$ 螺纹钢筋,外露 250mm。其后分别进行注浆,形成锚杆桩,然后在路基中基层布置钢筋网,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。

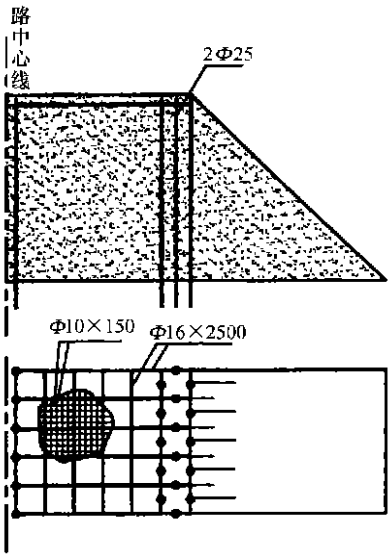


图 2 方案 1 设计图

(2) 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。

3.2 通车后侧滑加固

对通车后出现的单纯侧滑失稳的处理,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。

别。

(1) 总体方案 (参见图 3)。首先在路基侧面打 2~3 排下向斜孔, 排间距为 1.5~2.5m, 孔底越过滑移面 2~3m, 坡面布设混凝土连梁, 锚杆由 3 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。整个坡面喷射一层钢筋混凝土使之形成整体。

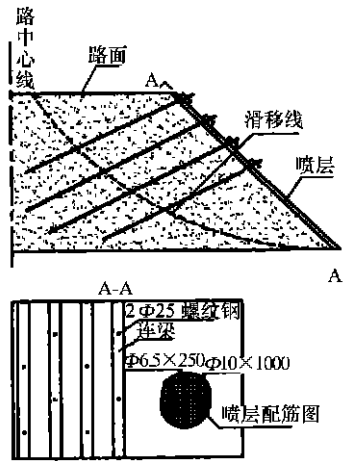


图 3 方案 2 设计图

(2) 锚杆注浆如同前者, 以期对失稳填土实现整体改性。

3.3 方案的比较

(1) 前一种方案可使失稳路基形成一个由中基层、内外两侧锚杆桩与路基基础构成的箱式结构, 整体稳定性好于后者。

(2) 后一种方案可有效地制止滑移面的扩大及滑体的移动, 但注浆不均匀, 路面有可能产生不均匀沉降, 施工工艺要求更为严格, 其主要优点是不影响道路交通。

4 工程实例

4.1 实例 1

1999 年 8 月, 京沪高速公路 (化临段) k69+200~310 路段高填路基 (填方高度为 7.5m) 底基层完成以后, 即发现路基表面有 3~4 条纵向裂缝, 缝宽最大达 25mm, 路基已整体失稳。当时由于工期紧迫, 已不可能返工重填, 只能就地整体加固。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质量未达标而产生的单纯侧滑。

4.2 实例 2

2000 年 4 月, 同一条路的 k87+200~700 路段在全线通车半年后, 即发生严重的双向侧滑。两幅车道各有 3 条延长 300m 的纵向裂缝, 裂缝最大宽度达

30mm, 路基已整体失稳, 并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。

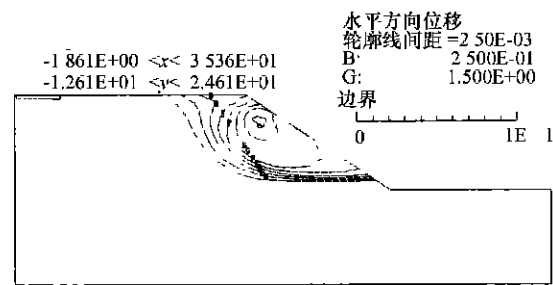
4.3 施工方案设计

上述两处侧滑事故发生在通车前后, 分别适用 3.1 节和 3.2 节推荐的两种加固方案, 图 2 和图 3 即是根据推荐参数作出的施工方案设计。

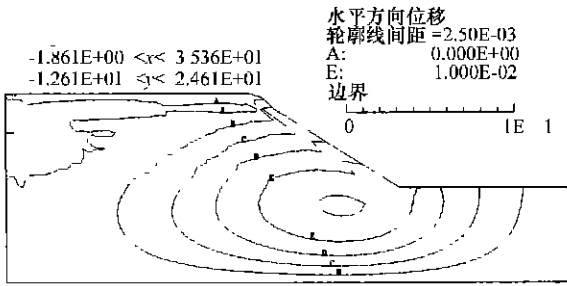
4.4 理论计算

(1) 采用国际流行和公认的岩土工程数值计算软件 FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continue), 按方案设计建立数学模型, 分别对以上两种方案进行了计算。

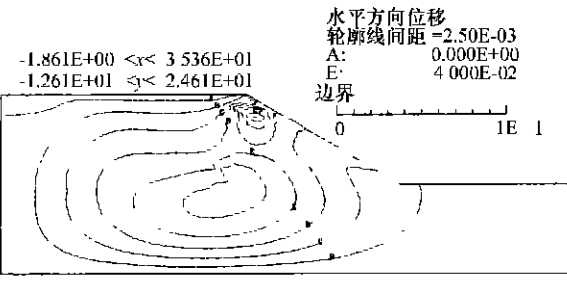
(2) 结果分析。图 4 表示侧滑路段加固前后的稳定性情况。计算参数为实测。



(a) 加固前



(b) 加固后 (方案 1)



(c) 加固后 (方案 2)

图 4 加固前后效果对比图

计算结果表明, 加固后, 整个路基处于稳定状态, 尤其在强大的动荷载下, 最大水平位移能控制在 2mm 以下, 其中第一种方案能控制在 0.8mm, 加固效果尤为明显。

(3) 计算时分别对设计参数进行了验证, 结果证

明，设计参数的选择从理论上证明是合理的。

4.5 工程实践

实例 1 和实例 2 分别按上述两种方案进行加固，取得了宝贵的工程成果。

(1) 原路基填料为碎石与土的混合体，碎石硬度较大 (f 最大达 12.5)，土为粉砂土，虽曾经压实，但侧滑失稳后局部处于松散状态，无法一次成孔，多数钻孔随凿随塌。施工中采用了用普通冲击钻在松散填土层中的成孔工艺——非套管成孔术，成功地克服了钻孔难题。

(2) 通过实施分层多次高压注浆，使浆液在土层中均匀且有规律的扩散，填方土层得到彻底改性，标贯击数由加固前的 12 击提高到 17 击以上，路基的整体承载力得到提高。

(3) 第一种方案由于在通车前实施，锚杆桩、钢筋混凝土的中基层与路基基础构成整体的箱式结构体，稳定性好。通车后经 2 年的观测，路基的工后沉降量低于 50mm，完全合乎规范要求，路面没有新的开裂，证明加固是成功的。

(4) 后一种方案是在通车后实施的。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 50mm，但没有产生新的裂缝，证明路基是稳定的，不影响交通。

(5) 后一种方案的侧边锚杆，经简单锁定（用应力扳手拧紧），锚杆应力值增大到一定程度后，逐渐趋于稳定（见图 5）。

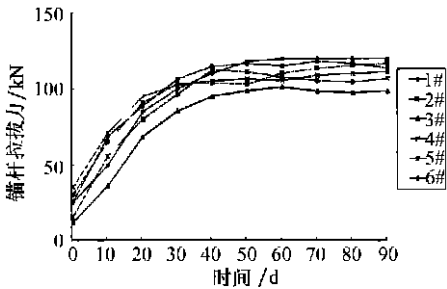


图 5 锚杆应力变化曲线

图 5 表明，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。

5 结束语

本文所述方案已在国内多项工程中应用，均取得 圆满成功。实际应用过程中，由于事故产生的时间、 地点及规模各不相同，不能机械地照搬，两种方案可 灵活交叉使用以适用不同情况，但本文中所提出的思 路和取得的实际工程成果可在类似工程中广泛借鉴和 推广。

参考文献:

[1] 王松根, 高永涛. 失稳加筋土挡土墙加固问题的探讨 [J]. 中国公路, 2001, 15 (3): 34—37.

[2] Monti, Giorgio, Filippou, Spacone. Analysis of Hysteretic Behavior of Anchored Reinforcing Bar [J]. Aci Structure Journal 1997, 94 (3): 248—261.

[3] 高永涛, 张友葩, 吴顺川. 土质边坡抗滑桩机理分析 [J]. 北京科技大学学报, 2003, 25 (2).

[4] 程良奎. 岩土锚固技术的新进展 [C]. 北京: 人民交通出版社, 2000.

[5] 张友葩, 高永涛, 方祖烈, 等. 双动载源下土质边坡的失稳机理 [J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 21 (9).

[6] 张友葩, 高永涛, 吴顺川, 等. 动载荷下边坡的失稳分析 [J]. 北京科技大学学报, 2003, 25 (2).

[7] Tomio Ito Design Method for the Stability Piles Against Landslide-one Row of Piles [J]. Soil and Foundations, 1981, 21 (1): 21—37.

[8] 张友葩, 高永涛, 吴顺川, 等. 基于改进神经网络的预应力锚杆布置间距的研究 [J]. 西安公路交通大学学报, 2003, 23 (3).