

公路设计中深路堑边坡稳定性分析方法

赵岩

合肥市飞建公路工程设计有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i9.5288

[摘要] 在山区公路设计中,因为地形、地貌、水文、地质限制,道路选线布设经常会使用傍山线或者越岭线,在设计中就会出现多处深挖路堑的情况。深路堑的边坡稳定性较为复杂,但是其边坡稳定性严重制约着行车安全。在深路堑设计中选择合理的分析方法和支护措施极其重要。本文结合实例,通过各种方法来分析深路堑边坡稳定性,计算其稳定性系数,为山区道路提供设计参考。

[关键词] 深路堑; 稳定性; 分析方法

中图分类号: U412.36 **文献标识码:** A

Stability Analysis Method of Deep Cutting Slope in Highway Design

Yan Zhao

Hefei Feijian Highway Engineering Design Co., LTD

[Abstract] In the design of mountain roads, because of the terrain, landform, hydrology, geology restrictions, road line layout will often use near the mountain line or ridge line, in the design will appear many deep cutting situation. The slope stability of deep cutting is more complex, but its slope stability seriously restricts the driving safety. It is extremely important to choose reasonable analysis methods and support measures in the deep cutting design. This paper analyzes the deep cutting slope stability through various methods and calculates its stability coefficient to provide design reference for mountain roads.

[Key words] deep cutting; stability; analysis method

前言

深路堑设计是公路设计中重要组成部分,深路堑应按照国家要求进行独立的工点设计;深路堑边坡稳定性评价应遵循“以定性分析为基础,以定量计算为手段”为原则。进行边坡稳定性计算时,应根据边坡工程地质条件或者已经出现的变形破坏迹象,判断边坡可能的破坏形式和边坡稳定性状态。边坡稳定性分析方法,应根据边坡类型、地质勘查资料采用以下几种方法:(1)极射赤平投影法,(2)简化毕绍普法,(3)不平衡推力法,(4)平面滑动面解析法。

1 极射赤平投影法

1.1 极射赤平投影法应用背景

路堑岩质边坡的变形和破坏主要受岩质边坡中节理控制,利用极射赤平投影法可以快速的方便分析出路堑岩体结构中各节理面,节理面与边坡面的组合关系,以及相互结合面的失稳滑动方向,和失稳概率大小,判断边坡稳定性情况,并依据岩土参数计算路堑边坡稳定系数。从上世纪八十年代,极射赤平投影法逐渐推广应用于岩土工程地质中,现已成为研究岩体边坡稳定性主要方法。

1.2 极射赤平投影基本原理

极射赤平投影是利用一个球体作投影工具,把物体置于球体中心,将物体三维空间的几何要素(点、线、面)通过极射投影于赤平面上,化立体为平面。岩体边坡分析中,则是把边坡和结构产状三要素投影在赤平面上分析问题;这是一种将三维空间问题转换为二维平面问题,简化分析过程。赤平投影法是通过解决平面问题来空间问题的有效方法。

1.3 极射赤平投影法分析过程

极射赤平投影分析前提,边坡岩体为刚性体,不考虑岩体之间变形影响,只考虑岩体至间相互之间滑动力,不考虑其它情况下受力影响。

1.3.1 坡面与一组结构面边坡稳定性分析

岩体发育一组结构面时,边坡稳定性分析较为简单,存在以下五种情况:

(1)结构面内倾,边坡面与结构面方向相反,不需考虑内倾角大小,边坡是稳定的,滑动可能性小。(2)坡面与结构面倾向一致,外倾结构面倾角 β 小于坡面角 α ,边坡是不稳定的,易发生滑动。(3)坡面与结构面倾向一致,外倾结构面倾角 β 大于坡面角 α ,边坡滑动可能性较小,但可能沿软弱滑动面产生深层滑动。(4)结构面外倾,结构面与边坡面斜交,斜交角大于,边坡一

般较稳定,坚硬岩层滑动可能性较小。(5)结构面外倾,结构面与边坡面斜交,斜交角小于,边坡不是很稳定,局部可能产生滑动。

1.3.2 两组结构面与坡面走向基本一致稳定性分析

岩体边坡中发育两组结构面时,边坡稳定性手结构面组合情况影响,有以下五种情况:

(1)两组结构面全部内倾,则结构面组合切割体为倾向坡内,边坡较稳定,坚硬岩层发生滑动可能性较小。(2)两组结构面全部外倾,结构面交线倾角 β 小于坡面角 α ,边坡不稳定,较破碎、易滑动。(3)两组结构面全部外倾,结构面交线倾角 β 大于坡面角 α ,边坡较稳定,但是可能发生深层滑动。(4)一组结构面外倾,一组结构面内倾,结构面交线倾角 β 小于坡面角 α ,边坡不稳定,较易发生滑动。(5)一组结构面外倾,一组结构面内倾,结构面交线倾角 β 大于坡面角 α ,边坡可能产生深层滑动,内倾结构面倾角越小越易滑动。

1.3.3 两组结构面与坡面走向斜交稳定性分析

(1)结构面交线倾向与坡面倾向相反,边坡较稳定,滑动可能性较小。(2)结构面交线倾向与坡面倾向相同,倾角 β 大于坡面角 α ,无滑动临空面,边坡较稳定。(3)结构面交线倾向与坡面倾向相同,倾角 β 小于坡面角 α ,边坡不稳定,可能沿交线方向滑动。

在实际情况下,边坡岩体可能发育两组以上结构面,结构面之间相互组合情况更为复杂,但是可以把超过两组的结构面,两两组合分析,将其转化成两组结构面组合情况,按照上述方法进行分析。

1.4 极射赤平投影法应用实例

1.4.1 工程概况

拟建路堑边坡位于K1+960~K2+145之间,长度约185m,边坡位于路线右侧,开挖最大级数为7级,每级高约8m,边坡最大高度约为55m。

1.4.2 工程地质条件

(1)地形地貌。该路段为低山地貌,拟开挖路段位于山体斜坡处,横向上地形起伏较大,场区横向地形坡度约 45° ,自然状态下边坡较稳定。地表植被较发育,多为竹林、杂木。(2)地质构造。根据区域地质资料,经1:2000工程地质调绘及钻探,岩石节理较发育,测得发育2组节理: J1: $184^\circ \angle 77^\circ$, J2: $89^\circ \angle 62^\circ$ 。强风化灰岩属于破碎较软岩,中风化灰岩属于较破碎-较完整坚硬岩,未见深大断裂构造和全新活动断裂通过,区域稳定性较好,适宜工程建设。

1.4.3 边坡稳定性分析评价

拟建场地位于山体斜坡处,地层岩性主要为寒武系(ϵ)灰岩,本次钻探深度范围内揭露岩性为强风化~中风化灰岩,局部发育软弱夹层,未发现明显破碎带。根据设计资料,拟建边坡最大开挖深度约56m,开挖深度主要位于中风化灰岩层。

据调查,场区岩层层产状 $278^\circ \angle 42^\circ$,节理较发育,测得发育2组节理: J1: $184^\circ \angle 77^\circ$, J2: $89^\circ \angle 62^\circ$ 。人工边坡产状 $304^\circ \angle 35^\circ$ 。根据以上结构面关系见图一赤平投影分析图。

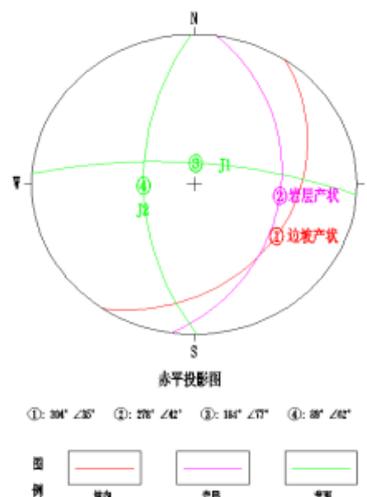


图1 人工边坡赤平投影分析图

通过赤平投影图对边坡进行稳定性分析:

由赤平投影图可以看出,岩层面投影弧与边坡投影弧同向,斜交夹角小于 40° ,可能产生局部滑动,属不稳定结构面; J1节理面投影弧与边坡投影弧呈大角度相交,属于较稳定结构面; J2节理面投影弧与边坡投影弧呈大角度相交,属于较稳定结构面。

J1、J2节理面投影弧的交点位于边坡投影弧的对侧,交线倾向坡内,属于稳定结构面; J1节理面投影弧与岩层面投影弧的交点位于边坡投影弧的同侧,结构面的组合交线倾向坡内,倾角大于边坡倾角,属于稳定结构面; J2节理面投影弧与岩层面投影弧的交点位于人工边坡投影弧的同侧,交线倾向坡内,倾角小于边坡倾角,属于不稳定结构面。

综上所述,人工边坡坡体稳定性较差。

2 简化毕绍普法

对于破碎结构岩质或土质边坡采用简化毕绍普法来分析深路堑稳定性是非常适宜的方法。简化毕绍普法是基于极限平衡原理,把滑裂土体当作刚体绕圆心旋转,并分条计算其滑动力与抗滑力,最后求出稳定安全系数。

$$F_s = \frac{\sum [c_i b_i + (W_i + Q_i) \tan \varphi_i] / m_{ci}}{\sum (W_i + Q_i) \sin \alpha_i}$$

式中: F_s —稳定性系数;

b_i —第*i*土条宽度(m)

—第*i*土条底滑面倾角(。)

φ_i —第*i*土条华弧所在土层的粘聚力和内摩擦角,依滑弧所在位置,取对应土层的粘聚力(kpa)和内摩擦角(。)

m_{ci} —系数,按下式计算,式中各符号的意义同前;

$$m_{ci} = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \tan \varphi_i}{F_s}$$

W_i —第*i*土条重力(kN)

Q_i —第*i*土条垂直方向重力(kN)

3 不平衡推力法

不平衡推力法亦称传递系数法,是折线形破坏路堑边坡稳定性计算常用方法,它适应于任何形状的滑裂面,其在建立模型时所采用的简化的简化假定是土条间的条间力合力与上一土条底面平行。

$$E_i = W_{Qi} \sin \alpha_i - \frac{1}{F_s} [c_i l_i + W_{Qi} \cos \alpha_i \tan \varphi_i] + E_{i-1} \omega_{i-1}$$

$$\omega_{i-1} = \cos (\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \frac{\tan \varphi_i}{F_s} \sin (\alpha_{i-1} - \alpha_i)$$

式中: W_{Qi} —第*i*个土条的重力与外加竖向荷载之和(kN)

α_i —第*i*个土条底滑面倾角(°)

c_i, φ_i —第*i*个土条底的粘聚力(kpa)和内摩擦角(°)

l_i —第*i*个土条底滑面长度(m)

α_{i-1} —第*i-1*个土条底滑面倾角(°)

E_{i-1} —第*i-1*个土条传递给第*i*土条的下滑力(kN)

4 平面滑动面解析法

对可能产生直线形破坏的边坡采用平面滑动面解析方法。其基本思路是假设岩土体破坏是由于在滑体内的滑动面上发生滑动造成的,滑动面上的岩土体服从破坏条件,通过考虑由滑动面形成的隔离体静力平衡分析边坡的稳定性。边坡的滑动面的形状可以是平面,圆弧面和其它不规则的曲面,均质的沙土路堑边坡滑动面多为平面,此外,岩体路堑边坡常沿顺层或者软弱夹层作平面滑动。

[参考文献]

[1]《公路路基设计规范》(JTG D30-2015).

[2]李忠,郝娜娜,王京.构造地质学[M].西南交通大学出版社,2019.

[3]王金淑.浅谈构造地质学[J].才智,2013(15):212-212,213.