

边坡工程安全等级划分有关问题的探讨

吴占廷

(贵州凯里众业地质工程勘测有限公司, 贵州 凯里 556000)

[摘 要]《建筑边坡工程技术规范》关于边坡工程安全等级划分依据是破坏后果严重性、边坡高度、边坡类型三个因素,与基础性的标准《工程结构可靠性设计统一标准》及行业其他相关规范主要以破坏后果严重性为划分依据存在不一致现象。本文通过对比基础性的《工程结构可靠性设计统一标准》和行业其他规范的基础上提出工程破坏后果的严重性为主,以地质环境复杂程度为辅的安全等级划分方案,新的边坡工程安全等级划分方案在基础性标准的基础上结合边坡地质环境复杂程度进行边坡安全等级的划分,使得边坡工程安全等级的划分有一个统一的表达形式。

[关键词] 边坡工程;安全等级划分;破坏后果

[中图分类号] TU47 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2022)01-0060-06

1 引言

边坡工程安全等级直接关系着边坡工程的安全性、经济性、合理性,目前国内对边坡(包含滑坡防治工程)的勘察、设计、施工尚无统一的规范和标准可循(张发明等,2009)。近年来随着《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013的发布使用(付文光等,2012;方玉树,2015),边坡安全等级的划分方案得到广泛应用,但《建筑边坡工程技术规范》关于边坡安全等级的划分存在一些认识的分歧(付文光等,2012;方玉树,2015,方玉树,2020),同时《建筑边坡工程技术规范》与行业其它相关规范存在形式及依据的不一致。

笔者从通过对前人关于边坡工程安全等级的划分的观点学习(付文光等,2012,方玉树,2015,方玉树,2020),结合其他行业规范的基础上对边坡工程安全级划分提出新的方案,期盼有抛砖引玉之效。

2 边坡工程安全等级划分存在的问题

2.1 边坡工程安全等级划分表的形式问题

《建筑边坡工程技术规范》表3.2.1边坡工程安全等级(见表1),边坡工程安全等级由破坏后果严重性、坡高和边坡类型共同决定。使得《建筑边坡工程技术规范》关于边坡工程安全等级的定义与《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008的形式(见表1)存在不完全一致的现象(方玉树,2015,方玉树,2020)。

2.2 边坡类别和坡高在边坡工程破坏后果严重性划分中的作用问题

方玉树(2015、2020)注意到边坡类别和坡高与边坡工程破坏后果严重性无对应关系。从《建

[收稿日期] 2020-07-23 [修回日期] 2022-01-03

[作者简介] 吴占廷(1988—),男,贵州石阡人,本科,工程师,主要地质工程勘察设计等工作。E-mail: 1031782691@qq.com。

表1 《建筑边坡工程技术规范》边坡工程安全等级

| Table 1 Safety Grade of Slope Engineering of National Standard 'Code for Engineering Technology of Construction Slopes' | | | |
|---|------------------|----------|--------|
| 边坡类型 | 边坡高度 H(m) | 破坏后果安全等级 | |
| 岩质边坡 | 岩体类型为 I 或 II 类 | H ≤ 30 | 很严重 一级 |
| | | | 严重 二级 |
| | | | 不严重 三级 |
| | 15 < H ≤ 30 | | 很严重 一级 |
| | | | 严重 二级 |
| | | | 不严重 三级 |
| 土质边坡 | 岩体类型为 III 或 IV 类 | H ≤ 15 | 很严重 一级 |
| | | | 严重 二级 |
| | | | 不严重 三级 |
| | 10 < H ≤ 15 | | 很严重 一级 |
| | | | 严重 二级 |
| | | | 很严重 一级 |
| ≤ 10 | | 严重 二级 | |
| | | 不严重 三级 | |

注:1 一个边坡工程的各段,可根据实际情况采用不同的安全等级;2 对危害性极严重、环境和地质条件复杂的边坡工程,其安全等级应根据工程情况适当提高;3 很严重:造成重大人员伤亡或财产损失;严重:可能造成人员伤亡或财产损失;不严重:可能造成财产损失。

《建筑边坡工程技术规范》3.2.1 条文说明解释到边坡安全等级主要是基于边坡失稳影响考虑,目前仅考虑到边坡岩土体类型和坡高影响,边坡的区域地质背景、地形地貌条件、地质构造、工程地质条件、水文地质条件及人类工程活动影响等因素暂时还没有考虑到其中。故仅将边坡的岩土类别和坡高作为安全等级划分的考虑不健全。

2.3 《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条相关问题

2.3.1 外倾软弱结构面在边坡工程安全等级划分中的作用问题

《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条:由外倾结构面控制的破坏后果很严重、严重的边坡安全等级定位一级。方玉树(2015、2020)研究认为:(1)外倾软弱结构面与外倾硬性结构面相比,只是强度低一些,边坡破坏范围有可能大一些,工程安全等级本来就是由工程破坏后果严重性决定的,在破坏后果严重性已经明确为严重而未提高到很严重时,将边坡工程安全等级要提升一级是很不合理的;(2)对由外倾软弱结构面控制的边坡,当破坏后果不严重时,工程安全等级仍定为三级而未提高到二级。可见,上述规则还造成由外倾软弱结构面控制的边坡工程,其安全等级不

是一级就是三级而缺二级的谬误。

2.3.2 工程滑坡地段边坡工程安全等级划分问题

国标《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条:工程滑坡地段的边坡工程的破坏后果很严重、严重的边坡安全等级定位一级理由不够充分(方玉树,2015,方玉,2020):(1)处于工程滑坡地段的边坡,在破坏后果严重性已明确为严重,将边坡工程安全等级要提升一级是不恰当;(2)处于工程滑坡地段的边坡,当破坏后果不严重时,工程安全等级未提高到二级,不存在统一的规律,亦属于不恰当现象。

2.3.3 坡顶建(构)筑物重要性在边坡工程安全等级划分中问题

《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条:边坡塌滑区内有重要建(构)筑物时边坡工程的边坡工程的破坏后果很严重、严重的边坡安全等级定位一级。方玉树教授认为坡顶破坏后果很严重和严重的建(构)筑物均列为坡顶重要建(构)筑物,这意味着坡顶破坏后果严重(而非很严重)的建(构)筑物也是坡顶重要建(构)筑物,相应边坡工程安全等级定为一。

3 其他标准对安全等级划分

3.1 从 GB50153 看边坡工程安全等级划分的形式及判定因素

从工程结构荷载与可靠度设计原理基和《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 关于工程结构的安全等级的形式看,工程安全等级仅与破坏后果有关,工程结构安全等级根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、对社会或环境产生影响等)的严重性采用不同的安全等级,《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 表 3.2.1 工程结构安全的安全等级见表 2(付文光等,2012,方玉树,2015,方玉树,2020)。从表 2 看工程结构的安全等级宜与结构的安全等级相同,工程结构安全等级与破坏后果有单一的对应关系。基于此方玉树教授建议将《建筑边坡工程技术规范》中边坡类型和边坡高度两列进行删除,使得《建筑边坡工程技术规范》关于边坡工程安全等级的定义与《工程结构可靠性设计统一标准》的定义一致(方玉树,2015,方玉树,2020)。

表2 工程结构的安全等级

Table 2 Safety level of engineering structure

| 安全等级 | 破坏后果 |
|------|------|
| 一级 | 很严重 |
| 二级 | 严重 |
| 三级 | 不严重 |

注:对重要的结构,其安全等级应取为一级;对一般的结构,其安全等级宜取为二级;对次要结构,其安全等级可取为三级。

3.2 从 T00/CAGHP027 看工程安全等级划分表的形式及判定因素

地质灾害防治工程行业协会团体标准《坡面防护工程设计规范》(T00/CAGHP027—2017)根据其破坏后可能造成的人类生命财产损失的程度,将坡工程安全等级划分为三级(见表3),但该规范是主要参考《建筑边坡工程技术规范》编制而成,在其坡面防护工程安全等级划分表(见表3)的备注中说明对地质环境条件复杂的坡面防护工程,其安全等级应根据工程情况适当提高。同时《坡面防护工程设计规范》4.2.3 条条文明,安全等级是支护工程设计根据不同的地质环境条件及工程具体情况加以区别对待的重要标准,提出坡面防护安全等级分类,主要根据《建筑结构可靠度设计统一标准》按破坏后果严重性分为很严重、严重、不严重。根据可能造成的安全后果,将威胁人数大于100人定为一级,只造成财产损失,定为三级,其余定为二级。对危害性极严重、环境和地质条件复杂的边坡工程,当安全等级已为一级时,主要通过组织专家进行专项论证的方式来保证坡面防护工程的安全性和合理性。

表4 水利水电工程边坡类别和级别划分

Table 4 Type and classification of slope in hydraulic and hydropower projects

| 级别 / 类别 | A类枢纽工程边坡 | B类枢纽工程边坡 |
|---------|-------------------|------------------------------|
| I级 | 影响1级水工建筑物安全的边坡 | 滑坡产生危害性涌浪或滑坡危害可能危及1级建筑物安全的边坡 |
| II级 | 影响2级、3级水工建筑物安全的边坡 | 可能发生滑坡并危及2级、3级建筑物安全的边坡 |
| III级 | 影响4级、5级水工建筑物安全的边坡 | 要求整体稳定而允许局部失稳或缓慢滑坡的边坡 |

从《水利水电工程边坡设计规范》DL/T5353-2006对于安全等级的规定看,水利水电工程边坡的安全等级基本是符合《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008工程结构的安全等级形式的,工程安全等级主要根据结构破坏可能产生的后果的严重性采用不同的安全等级。

表3 坡面防护工程安全等级

Table 3 Safety grade of slope protection projects

| 安全等级 | 破坏后果 |
|------|---------------------------------|
| 一级 | 很严重:坡面防护结构失效、坡体变形,造成重大人员伤亡或财产损失 |
| 二级 | 严重:坡面防护结构失效、坡体变形,可能造成人员伤亡或财产损失 |
| 三级 | 不严重:坡面防护结构失效、坡体变形,可能造成财产损失 |

注:对地质环境条件复杂的坡面防护工程,其安全等级应根据工程情况适当提高。

从《坡面防护工程设计规范》(T00/CAGHP027—2017)看工程安全等级的定义与《工程结构可靠性设计统一标准》的定义及表达是极为一致,但备注中仍然留有调整空间,使得工程安全等级可以根据特殊情况进行调整。

3.3 水利水电边坡工程安全等级划分表的形式及判定因素

《水利水电工程边坡设计规范》DL/T5353-2006按其所属枢纽工程等级、建筑物级别、边坡所处位置、边坡重要性和失事后的危害程度,对边坡类别和安全等级划分(见表4)(中国水利水电科学研究院,2009)。枢纽工程区边坡失事仅对建筑物正常运行有影响而不危害建筑物安全和人身安全的经论证,边坡级别可降低一级,经研究确认水库滑坡或潜在不稳定岸坡属于蠕变破坏类型,通过安全监测可以预测、预报其稳定性变化,并能够采取措施对其失稳进行防范的,边坡或滑坡的级别可以降低一级或二级。

4 讨论

4.1 工程安全等级划分表的形式及判定因素的讨论

4.1.1 其他标准工程安全等级划分表的形式

式及判定因素的分析

(1)从基础性的标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 关于工程结构的安全等级的形式看,工程安全等级仅与破坏后果有关;(2)边坡工程从广义上说属于地质灾害防治工程范畴,从地质灾害防治工程行业协会团体标准《坡面防护工程设计规范》(T00/CAGHP027—2018)安全等级的划分根据其破坏后果直接对应,但对地质环境条件复杂的工程安全等级应根据工程情况作适当提高,表明在其地质灾害防治中工程安全等级考虑了一定的地质环境条件的影响;(3)从相近行业《水利水电工程边坡设计规范》DL/T5353-2006 中可以看出,边坡工程安全等级除考虑失事后的危害程度外,还考虑到按其所属工程等级、建筑物级别、边坡所处位置、边坡重要性等因素。

4.1.2 《建筑边坡工程技术规范》边坡工程安全等级划的形式及判定因素分析

《建筑边坡工程技术规范》3.2.1 条条文说明:边坡安全等级分类的原则除根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50153 按破坏后果严重性分为很严重、严重、不严重外,尚考虑了边坡稳定性因素(岩土类别和坡高)。从边坡工程事故分析看,高度大、稳定性差的边坡(土质较软弱、滑坡区、外倾软弱结构面发育的边坡等)发生事故的效率高,破坏后果也较严重,因此将稳定性差、坡高较大的边坡划入一级边坡。从国标边坡规范条文说明可以看出,存在一定的缺陷,因为边坡的稳定性除了边坡岩土体类型和坡高外,更多的取决于边坡的所在位置区域地质背景、地形地貌条件、地质构造、工程地质条件、水文地质条件及人类工程活动影响等因素有关。故将边坡的岩土类别和坡高作为安全等级划分的考虑是可行的,但是仅考虑边坡岩土类别和坡高是不健全,同时过多的强调外倾软弱结构面、工程滑坡地段及边坡塌滑区内有重要建(构)筑物的分布是不合理,正视因为过多的强调单一因素的控制,忽略了主要矛盾,造成方玉树、付文光等认为的诸多不适宜的现象。

4.2 《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条相关问题的讨论

4.2.1 外倾软弱结构面在边坡工程安全等级划分中的作用的讨论

《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条:由外倾结构面控制的破坏后果很严重、严重的边坡安全等级定位一级是不合理的,不符合《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 关于工程结构的安全的规定。但在现在的技术条件下外倾软弱结构面发育的边坡发生事故的效率高的认识也是有一定道理的,笔者认为参照地质灾害防治工程行业协会团体标准《坡面防护工程设计规范》(T00/CAGHP027—2018)的规定,将破坏后果很严重的一级边坡,如果软弱结构面控制做边坡的稳定,那么对其支护设计应进行论证。

4.2.2 工程滑坡地段的边坡工程安全等级划分的讨论

《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条:工程滑坡地段的边坡工程的破坏后果很严重、严重的边坡安全等级定位一级,不符合《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 关于工程结构的安全的规定。但在现在的技术条件下工程滑坡地段的边坡发生事故的效率高,笔者认为参照地质灾害防治工程行业协会团体标准《坡面防护工程设计规范》(T00/CAGHP027—2018)的规定,将破坏后果很严重的一级边坡,如果边坡工程位于滑坡地段应对滑坡体进行专项勘察,当滑坡防治工程等级为一级其地质复杂程度复杂时支护设计应进行论证。

4.2.3 边坡塌滑区内有重要建(构)筑物的边坡工程安全等级划分的讨论

《建筑边坡工程技术规范》3.2.2 条:边坡塌滑区内有重要建(构)筑物时边坡工程的破坏后果很严重、严重的边坡安全等级定位一级,不符合《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 关于工程结构的安全的规定。但《建筑边坡工程技术规范》认为边坡塌滑区内有重要建(构)筑物的边坡工程,破坏后直接危及到重要建造物的安全,后果极其严重,因此对上述边坡工程安全等级定为一,这样的认识是不合理的,破坏后果极其严重了,边坡安全等级自然是一级,这里应该表现出了边坡规范对建筑物自身的重要等级或边坡安全等级理解上是混乱的,边坡影响范围内的建筑物的重要等级和边坡失事的后果存在联系,但不等同。

4.3 边坡工程安全等级划分表的思考

从《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153

-2008 和《坡面防护工程设计规范》(T00/CAGHP027—2018)的形式看,工程安全等级主要取决于破坏后果的严重性,但从其他规范看工程安全等级普遍有考虑工程自身特征或重要性及地质环境对工程等级的影响,但《建筑边坡工程技术规范》2013 版将边坡高度、岩土类型、外倾软弱结构面、工程滑坡地段、边坡塌滑区内有重要建(构)筑物等因素引入边坡安全时间已久,形成工程习惯,同时在地质条件复杂时适当提高安全等级的做法是为了保证边坡工程安全,是普遍采用且合理的方式。

综上所述:边坡工程安全等级应该以破坏后果的严重性为决定因素,必要时可以根据地质环境条件适当调整安全等级,故笔者提出一个根据工程破坏后果的严重性为主,以地质环境(包含坡高、岩土类型)复杂程度为辅(边坡工程地质环境复杂程度划分另文讨论)的安全等级划分方案

表 6 危害对象分级

Table 6 Classification of Hazardous Objects

| 危害程度等级 | 很严重 | 严重 | 不严重 |
|-------------|--------|-------------|------|
| 潜在经济损失/万元 | ≥5 000 | 5 000>且≥500 | <500 |
| 威胁对象 威胁人数/人 | ≥500 | 500>且≥100 | <100 |
| 工矿交通设施等 | 重要 | 较重要 | 一般 |

注:满足潜在经济损失或威胁对象中的其中之一条,即划分为相对应的防治危害等级。

5 结论

(1)通过对《建筑边坡工程技术规范》边坡工程安全等级的分析,建立新的边坡安全等级划分表,新建的边坡工程安全等级划分表突出边坡工程破坏后果的重要性,考虑地质环境复杂程度对边坡工程安全等级的影响。

(2)新建的边坡安全等级划分表避免了方玉树、付文光所发现的原《建筑边坡工程技术规范》边坡工程安全等级中的系列矛盾,但新建的边坡安全等级划分表对破坏后果严重的地质环境复杂或破坏影响的建构筑物等级为一级的边坡工程提高一个安全等级。

(3)新建的边坡安全等级划分表对:①土质边坡高度大于 15m 或严重边坡高度大于 30m 的一级边坡;②受外倾结构面控制的一级边坡;③工程滑坡地段,滑坡防治工程等级为一级且地质复杂程度复杂;④边坡工程安全等级为一级、破坏影响的建(构)筑物的重要等级为一级的边坡需进行论证。

(见表 5)。其中破坏后果的严重性主要参照《滑坡防治工程勘查规范》(GB/T32864-2016)滑坡防治工程分级表(见表 6),破坏影响的建(构)筑物的重要等级按《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 表 3.2.1 工程结构安全的安全等级(表 2)进行确定。

表 5 边坡安全等级划分表

Table 5 Classification of Slope Safety Grades

| 安全等级 | 破坏后果 | 地质环境复杂程度 |
|------|------|----------|
| 一级 | 很严重 | 简单、中等、复杂 |
| | 严重 | 复杂 |
| 二级 | 严重 | 简单、中等 |
| 三级 | 不严重 | 简单、中等、复杂 |

注:下列情况应进行论证:(1)对土质边坡高度大于 15m 或岩质边坡高度大于 30m 的一级边坡;(2)受外倾结构面控制的的一级边坡;(3)工程滑坡地段,滑坡防治工程等级为一级且地质复杂程度复杂;(4)边坡工程安全等级为一级、破坏影响的建(构)筑物的重要等级为一级时。

(4)使得边坡工程安全等级的划分有一个统一的表达形式,不在根据边坡岩土类型、岩体类别及坡高等因素进行确定,将边坡破坏后果以外的其他因素统一用地质环境复杂程度进行表达。

[参考文献]

DL/T 5353-2006. 2009. 工水利水电工程边坡设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社.

方玉树. 2015. 边坡工程安全等级的划分及应用[J]. 重庆建筑,8(8):14.

方玉树. 2020. 建筑边坡工程技术规范(GB50330-2013)修改建议[M]. 重庆:重庆出版社,172-179.

付文光,罗小满,孙春阳. 2012. 浅议建筑边坡工程技术规范中的若干规定[J]. 岩土力学,33(增刊1):156-160.

GB50330-2013. 2004. 建筑边坡工程技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,7-19.

GB50153--2008. 2009. 工程结构可靠性设计统一标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社.

GB/T32864-2016. 2016. 滑坡防治工程勘查规范[S]. 北京:中国标准出版社.

T00/CAGHP027—2018. 2018. 坡面防护工程设计规范[S]. 北京:中国地质灾害防治工程行业协会.

张发明,赵法锁,陈俊,等. 2009. 地质工程设计手册[M]. 北京:地质出版社,204-286.

Discussion on Safety Classification in Slope Engineering

Wu Zhan-ting

(Guizhou Kaili Zhongye Geological Engineering Survey Co., Ltd., Kaili 556000, Guizhou, China)

[**Abstract**] National standard ‘code for building slope engineering technology’ on slope engineering safety hierarchy is based on the failure consequences severity, slope height, slope type three factors, national standard ‘code for building slope engineering technology’, the basic standard of ‘the engineering structure reliability design standard’ and other related industry standard main divisions of failure consequences severity based on inconsistent situation exists. In this paper, by comparing the foundational engineering structure reliability design standard and industry on the basis of the other specifications of the destruction of the severity of the consequences of the proposed project is given priority to, with the security level of geological environmental complexity is complementary classification scheme, a new slope engineering safety hierarchy scheme on the basis of the basic standard combined with slope geological environmental complexity slope safety level division, It makes the division of slope engineering safety grade have a unified standard.

[**Key Words**] Slope Engineering; Safety Grade division; Damage consequence

(上接第 59 页)

Pore Characteristics and The Regular of Regional Distribution of Red Clay in Guizhou

YOU Ying-feng, ZHANG Hong

(1. Guizhou Institute of Geo-environment Monitoring, Guiyang 550081, Guizhou, China;
2. Dihuan Engineering Co. LTD Of Guizhou Province, Guiyang, 550081, Guizhou, China)

[**Abstract**] In this paper, it studies the microstructure of red clay by using red clay electron microscope data, confirming that its microstructure is a complex dual space structure, 1858 groups of experiment data of seven regions in Guizhou are statistically analyzed by using SPSS data analysis software, and the distribution in horizontal direction and the changing rule of the depth direction of the porosity index of the red clay are studied, it is concluded that the general trend of the porosity index of Guizhou red clay in the horizontal direction is gradually decreasing from west to east. The horizontal vertical pore index shows a decreasing trend from north to south, the pore index also shows a decreasing trend from north to south in the south area, in the depth direction of the profile, the porosity index shows an increasing trend from top to bottom.

[**Key Words**] Red clay; Pore characteristics; Porosity index; Distribution rule; Guizhou