

Engineering Geology Study on Permeation Deformation

Dingfu Li

Civil Engineering College, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, China

Abstract: The flow of water in the pores of rock and soil is called infiltration. Penetration of rock and soil properties known as the permeability of rock and soil. The slope stability of rock and soil slope, deformation of slope, deformation of foundation, infiltration and collapse of karst, all belong to the problem of seepage stability of rock and soil body caused by water infiltration. The penetration of water in porous media is currently on the experimental and theoretical level, and can well reflect the movement of soil seepage in porous media in solving practical problems. Seepage continues to develop. The formation of percolation channels or caves in rock and soil bodies leads to the collapse of dyke works, surface subsidence, collapse, cracks and landslides. The most common deformation occurs due to human engineering activities changing groundwater dynamic conditions. In human activities, hydraulic hydropower projects have the greatest impact on the groundwater hydrodynamic conditions, causing the most serious infiltration and deformation disasters.

Keywords: Rock mass; Flow process; Penetration; Stability issues

渗透变形工程地质研究

李鼎夫

重庆交通大学, 重庆, 40074

摘要: 水流在岩石和土壤孔隙中的流动过程称为渗透。岩土体的渗透性是指岩土体具有的渗透能力。岩质边坡破坏, 边坡变形, 地表变形, 岩溶渗透破坏都是由水的渗透引起的, 属于岩土渗透稳定性问题。孔隙介质中水的渗透问题, 是目前研究的重点问题, 也能反映土在孔隙介质中的渗流的运动规律在更好解决实际问题。渗流不断进行, 渗流通道或洞穴在岩土体中形成从而导致堤坝工程溃决, 地表发生坍塌、沉降、裂隙和滑坡等渗透变形现象。人类活动中以水力水电工程对地下水动力条件影响最大, 诱发的渗透变形灾害也最为严重。

关键词: 岩体; 流动过程; 渗透; 稳定问题

1 引言

本地下水的渗透力作用在岩土体上, 部分颗粒或整体发生移动, 引起岩土体的变形和破坏的作用和现象称为渗透[1]。表现为浮动、鼓胀、泉眼、断裂、土体翻动、沙浮等。

作用于岩土上的渗透水流的力称为动水压力或渗透水压, 一旦有渗流的存在就有这种压力, 当这种压力达到相应的大小后, 岩土体中的一些颗粒就会被渗透的水流搬运和携带, 并且引起岩土体的强度降低, 结构发生松化, 严重可能导致整体发生破坏, 在土坝、土堤、基坑边坡和大坝地基中均有可能发生, 并且将导致工程事故的发生, 渗透变形的形式一般有流土与管涌、接触流土和接触冲刷等[2]。

2 渗透变形的条件和机理

2.1 存在可能被渗流带走的松软土石

卵砾类土体和沙土状土体没有内在的凝聚力或极小的凝聚力。它们的强度由颗粒的组成和紧密度决定, 因此它们的渗透阻力很低。最容易发生渗透变形的是沙粒状土壤中的细沙和粉土。

2.2 具备强烈的水动力条件

导致渗流变形的主要因素是存在水动力条件。通常由渗透率和水力坡度来表示渗流的强度。在地下水滞后于洪水下降的斜坡和山坡地带水动力环境变得很强大。人类工程活动是引起渗流的水动力条件的主要因素。例如, 地下水的抽取会使水头差增加, 导致水动力条件加强。

2.3 存在渗流出逸的临空条件

当渗流出逸的临空条件时存在时, 往往出逸段的

水力坡度会很大, 导致土粒不断流失, 这样可能不断促近渗流变形向上游溯源发展。

在洪水过程中威胁堤防安全的主要原因有渗透变形和与渗透有关的问题。对堤坝渗透变形过程发展的研究对于预知渗透破坏的位置及形态, 对堤坝的安全性的合理评价, 以及对堤坝的科学加固具有重要的理论和实践意义。水分在土壤中的渗透不仅对某一接触表面具有浮力效应, 而且孔隙水流的阻力的孔隙水压力也作用在土壤颗粒本身。孔隙水压力作用在土体可以分成两种类型: 静水压力, 即与土壤颗粒之间的接触无关只由颗粒间孔隙中的水分传递压力, 并且对土壤骨架, 力学性质和土壤颗粒之间的结构形式没有影响。饱和时的动水压力, 当土壤中有水头时, 土壤颗粒间的孔隙为水体流动提供条件, 土体颗粒沿渗流方向向前流动。静水压力和水动压力与土壤的渗透稳定性有关。虽然静水压力产生的浮力不会直接破坏土壤, 但会降低土壤抵抗破坏的能力和土壤的有效重量。因此可以把动水压力产生的会影响渗透变形破坏程度的力当做是一种正向破坏力而把静水压力当做是一种消极破坏力。

3 渗透变形的土力学分类和判别

渗透破坏也被称为渗透变形, 由于土质条件和渗流条件的差别, 渗透变形发生的机理、过程的变化及产生的结果也都不相同, 以渗透变形产生的原理来看, 可以将渗透变形分成四种类型。

3.1 流土

流土是泥土中的颗粒在渗透力的作用下开始同时流失的现象。它主要发生在土坝下游或地基当中, 是渗透破坏的基本形式。流土可产生在粘性土体中, 也可产生在非粘土土体中。在非粘性的土体中发生如泉眼, 沙沸腾以及土体翻滚最终会因渗流而拱起; 在粘土土体中, 它们表现出膨胀, 隆起, 悬浮, 断裂等。

3.2 管涌

管涌是指沿河岸的泥土和从河岸流向下游的水流在汛期受到周边的限制, 特殊的渗漏流过强大的渗透层并流经地下, 路堤后仍然存在很大的压力, 突破粘性土覆盖层, 带出下面的淤泥, 细沙和涌水沙现象, 这就是所谓的管涌现象, 也叫吹砂鼓水。

3.3 接触流土

当渗透系数差异较大的两个相邻土层的接触面存在渗流垂直作用时会将渗透系数较低的土层中的细颗粒携带到具有较大渗透系数的土层中的现象称为接触流土[2]。在具有较大差异的颗粒厚度的两层土壤层的接触区域, 这种现象时常会发生。

3.4 接触冲刷

两种介质不同的接触面具有的携带细微颗粒的渗流流动现象称为接触冲刷[3]。如连接面的渗透和建筑物和堤坝的裂缝。

在工程地质界常把沙土的流动称为流沙, 黏土的流动称为突涌。当然流沙的范围更加广泛, 包括在沙质地区边坡的不稳定流动现象[4]。但实际上, 其原理非常清晰, 不需要区分土壤的不同, 其原理也非常清晰。从不相同的两个方面来看, 分析获得的结果都是相同的。不断发生的洪水使人们都熟悉了管涌这个土力学名词。从严格意义上来说这种理解是不准确的。我们以长江堤坝来分析, 在均匀沙层上分布着一层弱渗透性粉土或粘性土的堤坝基础为二元结构。如上所述, 粘性土中由于土的结构紧密一般不会出现管涌。大部分的情况发生的是流土引起的地基和堤坝的缺陷或孔的侵蚀。为了防止粗粒土壤和细粒土壤接触的界面出现病害, 粗粒土壤的比例往往比细粒土的比例多15%。

流土一般在垂直渗流时产生, 而流沙可以在任何方向出现。岩土工程中指出当剪切应力在饱和松砂中增大时, 无排水条件下的剪切收缩导致了孔隙水压力在土体中的增大, 土体强度突然降低, 致使沙土无限制的流动的现象被称为流沙。实际上, 流沙的概念从目前来说似乎更广泛。例如, 在隧道施工中, 由于衬砌设计不合格或衬砌质量没达到要求, 在压力水的作用下饱和砂可能从隧道顶部和侧墙涌出。也可以把这种现象称为流沙。另外, 在饱和沙坡中, 由于倾斜方向与渗流方向成一定角度引起的滑坡也可以称为流沙。但是, 与渗流有关的一些问题超过了土壤力学中达西定律的范围, 变成了双相或多相混合流。这是由于项目中的湍流流沙, 土壤和管道引起的土壤破坏, 泥石流, 河流的变化以及由于洪水导致的大坝溃坝等。这需要两个不同学科的合作。

土壤滑移是土壤不稳定的现象。这与土壤对干扰的敏感性有关。北欧部分地区的高灵敏度粘土可能由于人为挖掘或水冲刷等轻微干扰而自发形成大面积滑

动并逐渐受损。这种滑动产生的原因主要是由于土壤中的水分运动破坏了粘土敏感的结构类型,使其结构强度完全丧失。另一常见的情况是在振动载荷的作用下饱和松散砂土产生液化,也可以将其归类为瞬时产生的流动滑移。然而,由静载荷引起的静态应变也可能发生饱和松散砂的滑移。在中国的一些地方,短期内高含水量的淤泥库也是类似的情况。这两种问题的原理是:由于排水不足,瞬时产生的超孔隙水压力使有效的应力减小到接近零,剪切强度丧失。就导致了泥石流的形成。它的根本原因在于松散的沙具有的强烈的剪切特性。因此,可以把流沙归为滑移的一种。并且因为它是静态载荷下发生的类似液化的现象,所以它也被称为静态液化或静态破坏。

4 堤身渗透破坏的成因和分类

4.1 堤坡冲刷

堤坡冲刷是由回水岸坡的渗垂直流引起的。一方面是渗水集中时对坡面造成的侵蚀,另一方面是岸坡的排水比率大于允许排水比率造成的渗透损害。

由于地下水位在背水侧维持在一个较高的高度,那么堤坡的渗水是不可避免的。关键在于出逸点的位置选择不宜过高,渗流量不宜过大,以免导致岸坡水流侵蚀和渗透破坏,甚至造成滑坡等更大的危害,这要求我们必须采取措施队这种危险的渗漏进行防护。高出逸点的主要原因是:路堤坡度较大和路堤横断面宽度不够导致路堤水平渗透系数过大;薄弱的结合面存在于新堤坡和旧堤坡之间。如果底座未完全清洁或未清洁,则堤段的接缝不能紧密压实,雨水侵入堤身开裂处。

4.2 堤身漏洞

漏水洞是堤身堤脚附近或背水一面产生的贯穿堤身的流水孔洞。由于漏水洞中水的流速很大对土体的冲刷力很强,因此对堤坝的破坏性极大[5]。

漏洞的产生主要是由于:堤身施工中使用了杂质多,含砂量率过高的材料,堤身存在动物洞窟或其它易腐朽的物料[6]。

即便渗流孔洞不完全穿过堤坝,渗透路径也会因此而产生很大程度上的缩短,从而加大出口渗透率,增大渗透和破坏发生的风险。同时,孔洞中的高速水流也会造成对土壤的侵蚀,使得漏洞口径变大,长度变长最终穿透堤身,导致堤坝崩塌。因此,必须加强

坝身的隐患排查。

4.3 堤身接触冲刷

当渗流在堤身出现,土体抗渗性小于冲刷力时,接触冲刷就会因为集中水流而发生。堤身集中渗漏的主要原因包括构筑物与堤身之间的裂隙;新旧堤身接触面未清洁或清洁达不到要求;由于接触冲刷对堤身产生的危害很大,发展速度通常很迅速,所以对接触冲刷的预防必须加强。

5 堤基渗透破坏的成因和分类

堤基的渗透破坏常常以泡泉、沙沸、地层隆起、浮动、膨胀、断裂等为表现形式,通常统称为管涌。一般来说,堤防堤基的表土很少是砾石层。因此,堤基的渗透破坏一般都是土力学中的流土破坏。其原因在于,随着汛期水位上升,回水侧岸边的入渗逸比增大,一旦超过堤防抗渗的临界比例,就会发生渗透破坏。渗透破坏首先发生在路堤的脆弱点,如坑或表层土的薄层。对于大致均匀的可渗透堤防,渗透损伤首先发生在路堤的底部。基础管涌,特别是在堤脚下的管涌成长速率很快。很容易形成管道孔。一旦紧急情况不及时处理或者采取的措施不当,可能会由于堤坝崩塌而造成灾难。因此,有必要对管涌段进行加固。

据相关统计分析,大部分岩土工程和地质灾害事故都与地下水有关[7]。土壤中水分的增加会使非饱和土的基础材质吸力急剧减小使部分岩石变软,土壤结构将被破坏,由于静态孔隙压力过大,土体中的有效应力会减小土壤中水分引起的土壤自身应力变化通常会增加荷载并降低阻力,当渗透发生时,由于渗透作用,也可能增加许多不利因素。目前中国有6万多座水库,数字居世界首位。其中土石坝占90%以上,其中危害病害的水坝占比很大(约一半以上),主要是渗透问题[8]。大多数大坝失败案例都是土石坝,其中主要原因是渗透破坏。

地质灾害可能是人为引发的,也可能是自然发生的。但各类泥石流和滑坡的产生几乎都与土体中水有关。大多数天然山体滑坡发生在雨季或雪融化时,三峡库区蓄水后,库区水位上涨引发的山体滑坡已成为一个值得关注的重大课题。对于地下工程和矿山工程,由地下水引起的各种工程病害对工程安全危害极大。基坑挖掘工程也是频繁发生的事故的地方。如果

认真的分析发生事故的原因,很大多数都与泥土中含有的水有关。例如关于水土压力的计算有误;对降雨和表层管线漏水形成表层滞水处理不当,承压水处理不到位等。事故原因分析可能有很多方面,而泥土中的水往往是最主要的原因处。

6 结论

我们的生活不能没有工程建设。工程灾害防治是工程建设过程中不可缺少的关键学科。因此,工程灾害防治与我们的生活密切相关。从工程灾害防治的角度来看,我们可以把工程分为三种类型。第一类是以岩土地质为基础的工程,如各种工业和民用建筑工程。为保证该类工程的施工和使用安全,需要解决的主要工程地质问题是基础的承载力和稳定性。第二类是把边坡岩石和土壤作为利用对象,如露天开采,港口工程和坝体工程。需要解决的主要问题就是以确保建设和使用这些项目的安全和重力稳定性问题。第三类是利用地下洞穴作为工程对象,如人防隧道,交通隧道等,以保证该类工程施工和使用的安全性,解决主体工程 and 整个洞穴环境的稳定性。因此,工程灾害问题复杂多样。在工程施工过程中,必须紧密结合工程地质条件和具体工程设计的要求。有针对性地开展工程灾害防治工作避免产生不利影响或严重后果。

References (参考文献)

[1] Zhuoyuan Zhang, Shitian Wang. The fourth edition of the principle of engineering geological analysis. Geological Publishing House. 2009.

- 张倬元, 王士天. 工程地质分析原理第四版. 地质出版社. 2009.
- [2] Xiangong Zhang. Engineering Geology (upper and lower volumes). Geological Publishing House. 1979.
- 张咸恭, 工程地质学(上,下册). 地质出版社. 1979.
- [3] Wenxuan Fu, Dexin Nie. Analysis of main engineering geological problems and utilization conditions of dams in the dam of Jiangjiang River. Journal of Engineering Geology. 1998, 6, 249-252.
- 符文熹, 聂德新. 堵江滑坡作坝的主要工程地质问题及利用情况分析. 工程地质学报. 1998, 6, 249-252.
- [4] Shumao Wang, Yishan Gao. A discussion on the seepage deformation of deep foundation pits and its countermeasures. Journal of Engineering Geology. 2008, 212-216.
- 王庶懋, 高倚山. 浅谈深基坑的渗透变形及对策. 工程地质学报. 2008, 212-216.
- [5] Shurong Feng, Haibin Zhao, Zhongming Jiang, Xiangxi Zeng. Experimental study on seepage deformation characteristics of fractured rock mass of left bank of Xiangjiaba Hydropower Station. Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2012, 34, 600-605.
- 冯树荣, 赵海斌, 蒋中明, 曾祥喜. 向家坝水电站左岸坝基破碎岩体渗透变形特性试验研究. 岩土工程学报. 2012, 34, 600-605.
- [6] Dongsheng Cao, Wenfeng Han, Shude Li, et al. Analysis of Seepage Deformation in Weak Strata of Dalishu Dam Site in Heishanxia of the Yellow River. Research of Soil and Water Conservation. 2003, 10.
- 曹东盛, 韩文峰, 李树德等. 黄河黑山峡大柳树坝址区软弱层带渗透变形分析. 水土保持研究. 2003, 10.
- [7] Zheng-xia Gao, Hai-bin Zhao. In-situ test study on seepage deformation of weak interlayer of Xiangjiaba rock mass. Journal of Xi'an Shiyou University. Natural Science. 2007, 22, 152-153.
- 高正夏, 赵海斌. 向家坝坝基岩体软弱夹层渗透变形现场试验研究. 西安石油大学学报(自然科学版). 2007, 22, 152 - 153.
- [8] Wenwu Ruan, Guanping Sun, Chang Song, Qiyun Lei. Penetration characteristics of weak intercalated rock in low stress environment. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2003, 2578-2581.
- 谌文武, 孙冠平, 宋畅, 雷启云. 低应力环境岩体软弱夹层的渗透特征. 岩石力学与工程学报. 2003, 2578-2581.