

地下水对建设工程的影响分析

潘宏毅

湖南省国土空间调查监测所

摘要:地下水不但对岩土性质和地质体的地质作用有着很大影响,也对建设工程有着十分重要的影响。本文简要地从地下水位上升、地下水位下降、地下水对桩基施工、地下水对基坑工程、地下水对地震效应、地下水腐蚀性以及地下水对岩溶地质等7个方面的影响进行分析和阐述;并指出地下水对建设工程的影响将始终存在,这种影响甚至会越来越剧烈;在工程实践中,必须把地下水放在最重要的位置,掌握其运动变化规律和本质,并遵循岩土工程和建设工程的科学原理和基本规律,趋利避害,才能在建设工程中少走弯路,避免工程事故。

关键词:地下水;重力水;建设工程;影响;岩土工程;工程事故

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.069

一、前言

常言道:“生命离不开水,没有水就没有生命”,水在自然界中可以说是无处不在,它在岩土孔隙中以气态水、毛细管水、薄膜水、吸着水、重力水和固态水等形式存在,在土的三相组合中,水是最活跃的因素,而岩土的性质也伴随着与水的相互作用而显示出复杂多变的特性。地质学和工程领域研究和分析的水常常以埋藏在地面以下的重力水(自由水)为主,故称之为地下水。地下水可分为包气带水、潜水、承压水三个大类,按其埋藏和产出特点又可分为孔隙水、裂隙水、岩溶水、多年冻土带水、火山活动区温热矿水等。因地下水能够溶解各种无机盐、有机物和气体,所以它的物理化学性质多种多样、纷繁复杂,进而使地质情况变得更加复杂化,给工程建设带来困难,甚至造成工程事故。多彩善变的地下水让工程师防不胜防,必须时刻予以关注,把地下水的问题及其对工程的影响放在最突出的位置。

二、地下水对工程的影响分析

(一) 地下水位上升的影响

通常,人类对地下水的控制方法有降水、隔水、回灌三种方法,这就使得地下水位在工程建设中会人为地产生升降运动。比如,在山区或沟谷、斜坡场地进行整

平之后,会因为大挖大填带来诸多岩土工程问题,其中以水文地质条件的改变而造成地下水位壅高最为常见;当然,这也可能会促成场地水位下降。地下水位抬升后一般会降低地基承载力,或将造成地面沉降、开裂。地下水位的上升,相当于卸载,对于正常固结土而言就形成了土层的超压密条件,可能会引起如浅基础的地基承载力降低,建筑物的地下结构上浮事故,或使建筑物失稳破坏,砂土地震液化加剧、建筑物震陷加剧,土壤被沼泽化、盐渍化,道路路基翻浆破坏,冻胀效应加剧,膨胀性岩土产生胀缩变形等;当地层不均匀时,可能产生较大沉降量和差异沉降,从而引起上部结构开裂甚至倒塌;挡墙的墙背侧水位上涨时,墙背压力会增大,可能造成挡墙滑移或倾覆;对于湿陷性黄土、崩解性岩土、盐渍土地基,可能引起建筑物倾斜、失稳、开裂、地面或地下管道被拉断等破坏。对于边坡工程,坡顶、坡体地下水位上升后,土体含水率也增大,土层的抗剪力和抗滑力都下降,从而导致坡体变形或产生滑坡破坏。许多边坡和自然山体都是在数日的暴雨冲刷、浸泡条件下发生崩塌或滑坡的。据此,边坡稳定性验算时,都是取滑带(滑面)岩土层的饱水工况时的岩土参数作为验算依据的。

由于地下水位埋藏过浅,或是浅层地基被积水浸泡后,地基承载力会下降,不同部位的地层性质及浸泡程度不一而可能导致地基的不均匀沉降。人工地基强夯处理施工时,也会因人工填土层的含水率过高而形成“橡皮土”,影响到强夯施工的处理效果。因此,勘察报告大多会建议基础开挖尽量避开雨季,达到设计持力层之后尽快浇筑垫层和基础,以防地基土被雨水浸泡软化而降低其承载力。

(二) 地下水位下降的影响

地下水位下降时,相当于加载,对于正常固结土层而言就形成了欠压密条件(即土层继续压密),可能会引起如地表塌陷或地面沉降,地裂缝的产生或复活,地下水源枯竭或水质恶化,使基础自重和岩土的自重应力增加,进而使地基产生较大的附加沉降;当地下水位在基底以下压缩层范围内下降时,还可使建筑物发生变形、破坏。

众所周知,建筑地基应满足两个基本条件:一个是强度条件,要求地基有足够的承载力,在荷载作用下不致发生剪切破坏或失稳。二是变形条件,要求地基不产生过大变形,能保证建筑物正常使用。在一定条件下,降低地下水位会提高地基的承载力,但也可能带来地层压缩沉降的问题。如长沙河西某学校体艺馆建设场地基岩为元古界板岩,全风化层厚度很大,且富含地下水,在桩孔施工成孔后,基桩桩底的持力层强度不满足设计要求,经组织专家论证,建议采取对全风化层进行注浆加固和降水的措施,方案实施后取得成功。在此案例中,降水措施对持力层承载力提高是起了重要作用的,同时也为注浆加固创造了适宜条件,即采取了先降水后注浆的技术方案。

多数地下水位下降工程事故表现为地面或道路路面变形开裂、上部结构拉裂变形。地面沉降的主要原因是抽吸地下水引起水位或水压下降,使上覆土层有效自重应力增加,所产生的附加荷载使土层固结,产生地面沉降。发生地面沉降的部位,所见案例中都无一例外地发生在较细的砂土层,或是砂土层与黏性土的互层之上。如湖南长沙某干部休养所某房屋为地上2层的低层砖混结构,建筑高度小于10m,原有的基础形式为浅基础,地基土层中含有粉土和圆砾层,该小区有个使用了大概40余年的老水井(口径达2.8m以上,现已停用),由于该水井多年、长期抽吸地下水供给小区内的生活用水(可能也有间歇性的生产用水),使地下水位大幅下降,地基土产生了不均匀沉降,导致房屋墙体结构多处有轻微的变形、开裂现象。据调查,该小区内还有其他数处房屋也存在类似的墙体轻微变形裂缝现象。

(三) 地下水对桩基施工的影响

地下水对桩基施工的影响主要是成孔过程的困难和塌孔。在桩基施工中,要穿过含水层成桩,就需要对含水层降水,而降水则会引起邻近区域地下水位下降,极有可能引起地面漏斗状沉降。人工挖孔桩开挖过程中,在渗透水流作用下,土中的细颗粒在粗颗粒间的孔隙中移动、流失;随着的孔隙不断扩大,渗透速度不断增加,较粗的颗粒也相继被水流逐渐带走,最终导致土体内形成贯通的渗流管道,形成流沙及管涌现象,使土体塌陷,给施工造成困难,还可能会因为流沙崩塌淹埋而造成人员伤亡。基坑内的挖孔桩群体施工时的大量抽排地下水还可能会使周边环境或建筑物产生变形或破坏。如临湘市某基坑内人工挖孔灌注桩项目就曾产生过周边建筑物沉降争议,前后经过了房屋鉴定、地质钻探、专

家论证等多道程序;经现场考察得知:基础型式为桩基础的房屋基本没有影响,而浅基础的低层房屋均有不同程度的影响或是有争议。正因为如此,政府主管部门已将人工挖孔桩列为限制使用的桩型。

(四) 地下水对基坑工程的影响

在基坑工程事故中,绝大多数是在暴雨和地表水的冲刷中,使静水压力增加的情况下促成、产生的。常见的问题和事故有坑壁或支挡结构失稳、坑底隆起破坏、地下结构上浮、地下水突涌或是产生流土、管涌、流沙、流滑等。突涌是上部隔水层的有效自重压力小于下部承压水水头压力时,承压水冲破隔水层,造成隆起、突水、涌土的现象,属于坑底隆起的一种特定形式。流土是向上渗流的地下水,流速或水压超过临界状态时,渗透力使得随着水流逸出处的较细而均匀的土颗粒处于悬浮状态,造成地面隆起,土体全面迅速破坏、水土流失的现象。流沙则是砂土在空气或水的作用下发生流动的现象。管涌是在渗流作用下,土中的细颗粒通过骨架孔隙通道随渗流水从内部逐步向外流失,细颗粒沿着层间界面被接触冲刷,形成管状通道而被带走,使土体破坏的现象。管涌多发生在非黏性土中,多半是颗粒大小差别较大、粗细不均匀的粗粒土,往往缺少某种粒径,孔隙直径大而相互连通,细粒含量少而不能全部充满孔隙,颗粒多由比重较小的矿物构成,易随水流移动,有较大的、良好的渗透水流出路和通道,并呈渐进式管状破坏。值得一提的是,流土与管涌很容易混淆,流土破坏是渗流向上的、全面迅速的、程度严重的,较多的发生在细粒土中;而管涌渗透破坏则不一定是向上的、可能仅是局部的、缓慢的、渐进式的、程度也不一定很严重的,且多发生在粗细不均的土粒之中。

地下室上浮是由于结构自重及抗浮构件的抗拔力不足以平衡地下水的垂直向上的浮托力引起的。可能发生在施工期间,也可能发生竣工后使用期间。地下水大多从基坑外侧肥槽处渗入,使整个地下室因坑内地下水位抬升而产生了“水盆效应”。这个“水盆效应”所产生的浮力、顶托破坏力相当大,上浮的尺度不定,而且不一定均衡,即可能造成局部破坏或倾斜。如长沙某医院地下室曾上浮约1.20m;某项目建成后地下室柱子因基坑肥槽大量渗水而发生开裂。又如,浏阳市某医院在施工超前钻探时遇基岩破碎带裂隙水大量的喷涌,不得不停工数月处理;据传,该项目因地下水突涌增加了土石方场内转运和淤泥转外运费,增加了支撑梁区域封底和坑壁加固费用,同时局部地下室设计由两层变更为一

层（造价相应地减少了），这三项折合后增加造价100多万元。

（五）地下水对地震效应的影响

地下水对地震效应的影响主要是液化。液化是饱和砂土或粉土在地震动作用下，即有变紧密趋势，使孔隙水压力骤然上升，这时孔隙水压力就来不及消散，使得颗粒之间接触点传递的有效压力减少，当孔隙水有效压力瞬间完全消失时，砂土层就完全丧失抗剪力及承载力，变成像液体似的，即所谓的振动液化，从而上部地层或地表也就产生了不均匀的震陷。工程中，一般通过抗震概念设计以及抗液化措施全部或部分消除液化震陷的影响。

（六）地下水腐蚀性影响

水对建筑材料的腐蚀性（又称侵蚀性），主要指地下水对混凝土结构和钢筋混凝土结构中的钢筋的腐蚀性。由于水中含有各种无机盐化合物，所以对建材具有腐蚀性。水质的腐蚀类型可分为结晶类、分解类、结晶分解复合类几种。根据现行规范，当地下水中的硫酸根离子、镁离子、铵根离子、碳酸氢根离子、氯离子和侵蚀性 CO_2 、总矿化度、PH值、苛性碱含量等指标超标时即对建材具有腐蚀性。建设工程产品的寿命期除了它本身的质量优劣外，一个很重要的影响因子就是地下水腐蚀性的影响。这个问题集中体现在边坡支护、桩基础、桥隧工程、河岸堤坝、水利水电及城市轨道交通工程等地下结构或是直接临水的工程中。有地下水腐蚀环境的构件或工程，其寿命期可能会缩短。原因是岩土层和地质体中的水土（包括微生物）腐蚀因素总是千变万化和“生机勃勃”的，仿佛进行腐蚀破坏就是它们生来就固有的使命。现行岩土勘察规范（2009年版）也将腐蚀等级从“强、中、弱”修改为“强、中、弱、微”四个等级。据此，建议勘察文件不要对场地的水土腐蚀性进行肤浅的认定，只需阐明勘察期间所取水样试样的腐蚀性即好。

（七）地下水对岩溶地质的影响

地下水不但对建筑材料有腐蚀性，而且对地质体也具“腐蚀性”，前提是下伏基岩必须为可溶性碳酸盐岩。易溶岩石中的空隙和裂隙是地下水良好的径流集中带，水中的 CO_2 和碳酸氢根离子会与岩石中的碳酸盐发生化学反应而溶解部分岩石，进而使水体的流动通道更加畅通，如地下水还伴有升降变化、运动，则会加剧这种反应和溶蚀程度，形成岩溶地貌及地下洞穴，给工程建设带来困难和风险。岩溶不良地质作用可繁衍出溶洞、

土洞、岩溶塌陷、地面沉降、地裂缝等地质灾害，这些灾害基本又是由地下水动力条件的改变而引发的。

三、结语

地下水既对岩土性质和地质体的地质作用有着很大影响，又对建设工程有着十分重要的影响。在土的三相组合中，水是最活跃、最不稳定也是最关键的因素。岩土工程之难，难于地下水，最难懂、最难查、最难防、最易造成事故和灾害；而岩土工程的奥妙、活性、魅力也在于地下水。地下水对建设工程的影响将始终存在，这种影响甚至会越来越剧烈；在工程实践中，必须把地下水放在最重要的位置，掌握其运动变化规律和本质，并遵循岩土工程和建设工程的科学原理和基本规律，趋利避害，才能在建设工程中少走弯路，避免工程事故。

参考文献

- [1] 顾宝和. 求索岩土之路[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 250-259
 - [2] 李广信. 岩土工程50讲[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010: 139-148
 - [3] 中国地质调查局. 水文地质手册(第二版)[K]. 北京: 地质出版社, 2012: 78-134
 - [4] 高大钊. 岩土工程勘察与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010: 264-663
 - [5] 高大钊. 土力学与岩土工程师[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008: 283-284
 - [6] 沈扬. 土力学原理十记[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015: 21-26
 - [7] 顾宝和. 毛尚之. 李镜培. 岩土工程设计安全度[M]. 北京: 中国计划出版社, 2009: 188-191
 - [8] 李广信. 漫话土力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2019: 39-57
 - [9] CECS 241: 2008. 工程建设水文地质勘察标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008: 2-35
 - [10] 化建新. 郑建国. 工程地质手册(第五版)[K]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 1209-1293
 - [11] 赵凯. 黄河阿什贡电站砂土振动液化问题分析与处理. 湖南地质新进展(9)[R], 2012: 378-381
 - [12] 方玉树. 基于水压率讨论土中孔隙水压力及有关问题. 岩土工程界[J]. 2007(5): 21-26
- 作者简介: 潘宏毅, 男, 生于1970年, 瑶族, 湖南永州人, 本科, 高级工程师, 注册岩土师, 研究方向: 水工环地质、岩土工程勘察设计、地质灾害防治。