

湿陷性黄土地区的地基处理方法

杨世明 宋宇飞 刘胜南 关志豪

北京城建集团有限责任公司

摘要: 湿陷性黄土是一种广泛分布的黄土,一旦遇水或外力作用,就会发生很大的变形。在工程施工中,如果没有正确的治理措施,不仅会影响到施工过程中的安全,还会给施工中的工人带来更大的危害。通过对湿陷性黄土的概况和影响因素的分析,提出了较为科学、合理的地基处理方案,从而提高地基的承载力,降低土体的变形和沉降。

关键词: 湿陷性黄土; 地基处理; 稳定性; 施工方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.022

引言:

黄土是一种特殊的黄土,其主要特征是:结构致密,天然含水量高(20%~60%),颗粒间有较多空隙(<2%),含灰量高(≥20%),结构松散、松软。在外部荷载的作用下,黄土在自重应力和附加应力的作用下,遇水后发生湿陷。黄土是一种遇水即陷落的特殊土。黄土高原是我国黄土分布最广、发育最典型的地区之一,包括宁夏、甘肃、陕西、山西、河南及山东等省的大部地区。该区域黄土覆盖面积约占全国的30%,其中以陕西、甘肃两省面积最大。因此,黄土高原地区对工程建设具有重要意义。由于黄土地区地质结构复杂多变,这使得施工中发生地基湿陷性破坏的概率较大。所以,在工程建设中,在湿陷性黄土地区进行地基处理,具有十分重要的意义。

湿陷性黄土的湿陷机理,一般认为是由其特殊的天然结构所决定的。黄土主要由石英、长石、云母和黏土矿物组成,它们与水作用时,由于发生物理变化,生成不同类型的水化硅酸盐胶结物质;由于水作用后产生膨胀,在结构中形成空隙、贯通通道、孔隙;当水压力增加到一定程度时,孔隙中的物质膨胀和孔隙内水的压缩使结构破坏,引起湿陷。黄土在天然含水量条件下具有很强的自重湿陷性。一般认为,当含水量小于10%时,不会产生湿陷;当含水量大于12%时,即饱和状态时,则产生湿陷。在自重压力下黄土达到湿陷平衡时的含水量范围为15%~20%。

黄土中水含量、土粒大小、结构以及所受自重压力大小和作用时间等因素对黄土的湿陷性有很大影响。在正常情况下,黄土自重湿陷不明显;但在外力作用下(如浸水),土中含水量增加或作用时间延长后(如浸水后再干燥),土中所含的孔隙水压力增大,当压力超过土的自重应力时,土将发生湿陷。

湿陷性黄土主要位于我国宁夏、山西、陕西、甘肃

以及河南西部等地区,此外在我国新疆、辽宁及河北等地亦有部分非连续性黄土构造^[1]。作为一种较为普遍的工程地质状况,湿陷性黄土在受雨水浸泡后产生增湿软化现象,导致整体强度受到较大影响并在承受额外压力时出现地面快速塌陷现象^[2]。因此,湿陷性黄土地区施工需事先进行基础加固,以防止其破坏上部建筑物。

一、湿陷性黄土的概述

(一) 黄土特性

黄土是一种由新构造阶段所形成的土壤,主要有黄色、褐色和灰黄色,其性质大多较为疏松、特殊^[3]。典型的黄土是黄灰色和棕色的,主要是灰尘和细沙,而且颗粒很均匀,用手一搓就能变成粉末,其中含有大量的钙质和黄土,系统中有孔洞,有明显的竖向节理,没有层理,干燥的时候很硬,但如果被水打湿,就会脱落,甚至会导致坍塌。因此,在黄土地区进行各类工程施工必须引起足够的重视,如果不能充分认识到黄土的性质,不但会使工程施工中出现的问题,而且会给当地的生态环境带来很大的影响。因此,黄土的性质早就受到有关科研人员和工程技术人员的重视,经过长期的研究,总结出其基本特征:水分含量低,结构疏松,层理不明显,抗水性弱,透水性好。

黄土分布很广,但是在全国范围内来说,分布是比较集中的,并且黄土的分布也是比较有规律的。黄土的颗粒组成成分比较复杂,主要成分是黏土和石英。其中黏土占了约80%左右,并且这些黏土都是含有大量的黏土矿物的,就像砂砾一样。所以这些黏土矿物就可以把土壤分为砂土和粉土。黄土里面含有的颗粒大部分都是比较小的,而且颗粒之间的空隙比较多,所以当水分进入黄土以后就会形成很好的分散作用,使得在土壤里面分布的水分子和空气分子更加靠近,这样也可以使水分更好地渗透到土壤里面去。而对于那些比较细或者是比较大颗粒组成成分比较少的土来说,它的结构就不是那么稳定了。

(二) 基本概念

在水压作用下,土壤结构会很快地发生破坏,形成明显的附加沉降,这就是所谓的湿陷性黄土。在工程上,常用的方法是以湿陷系数(δ_s)来评估黄土的湿陷性。当 δ_s 大于0.015时,说明黄土易受水分侵蚀而变形,是一种湿陷黄土。根据自身的压力值,湿陷性黄色土壤可分为自重型、非重力型。首先,如果没有外力的话,在水流的冲刷下,就会出现潮湿的现象,这就是黄土的性质。其次,在没有外力作用的情况下,不会发生

沉降，除非是受到外力的作用，否则不会发生沉降^[4]。

（三）湿陷性黄土的特殊性

（1）结构性

湿陷性黄土的结构性特征是：在特定的条件下，可以使土壤原有的结构形态不受损伤，这一特性称为结构性。湿陷性黄土在结构强度不变或软化时，往往表现出低压缩性和高剪切强度，但当结构强度受到损伤时，会表现出屈服、软化和湿陷等特征。因此，在湿陷性黄土中，结构性是其最根本的特性^[5]。

（2）欠密实性

在特殊的地质条件下，黄土的沉降速度普遍较慢，而土粒之间的粘结结合强度的增加速度比土粒之间的粘结强度要低，因此，土壤的粒间接触强度比上覆压力大，从而形成松散、高孔隙度的低压密状态。

（3）湿陷性

湿陷性黄土在一定的上覆压力下，结构会因遇水而变得软弱，从而失去强度；但由于湿陷性黄土的低压密特性，使其具有较大的孔隙率和较大的孔隙，这为湿陷性黄土在水分作用下发生明显的附加形变提供了必要条件。没有欠压密实度和结构，黄土的湿陷性是不存在的。

（四）湿陷发生的机理

黄土的浸润是一种非常复杂的物理反应。它是由各种因素所制约和制约的。一是出现了一定的外在条件，在一定的压强下，把水打湿，然后湿陷性黄土也会产生湿陷。湿陷量黄土在一定的压强下，遇水后会有很大的压缩和降温，一方面是由于天气干燥，土层并不紧密，无论风积黄土层面、坡积黄土层面、洪水积黄土层面，从影响程度来看，蒸汽总量明显超过大气降雨总量。因为这些细颗粒组成成分比较多的土，它的结构也会比较松散，这样水分在经过这些颗粒之间的空隙以后，就不会很好地渗透到土壤里面去。这也就是为什么一些土壤结构不是很好的地方，它的水分也很难渗透到土壤里面去。而黄土是由一层一层的黏土组成的，就像石头一样。但是黄土又和石头有一点不同，就是石头它可以被水冲走，但是黄土却不能被水冲走。因为黄土里面含有大量的粘粒，所以这些粘粒又可以形成一个比较稳定的结构。这个结构可以让水分在经过很长时间以后才会发生渗透现象，也就是让水分更好地渗透到土壤里面去。这样也就可以让水分更好地渗透到土壤里面去了。因此湿陷性黄土的产生往往没有足够的压力和适宜的相对湿度^[6]。

二、湿陷性黄土的影响因素

影响黄土湿陷的因素很多，其中最重要的是：形成时期、密度、粘粒含量、孔隙率、含水率等。

（1）形成时期：总体上，在整个黄土层的剖面上，从表层到底层，以一层为中度湿陷；第二个土体具

有轻度的湿陷性；第三和第四层的黄土是不湿润的。上述三个层次都是非均质性的。

（2）密度：黄土的致密程度普遍偏低。随着密度的增大，土壤致密度增大，孔隙率减小，土体的湿陷性也随之降低。

（3）粘粒含量：粘粒是一种细小的颗粒，其粒度在0.005毫米以下。泥沙含量愈低，则泥沙的湿陷性愈大；而在湿陷度较低时，则含有较少的黏性颗粒。

（4）空隙性：黄土中的孔隙分为开放孔隙和封闭孔隙。由于黄土中的孔隙度对湿陷性的影响，已有许多专家和学者进行了大量的探讨，认为黄土的孔隙度愈大，其湿陷性愈大，其稳定性愈差。

（5）形成过程：在黄土形成的过程中，许多因素都会对其产生重要的影响。其中，黄土形成的时间、形成过程中的渗透次数对黄土的形成有很大的影响。因此，对黄土的湿陷性进行深入的研究，就显得非常必要。

（6）含水性：一般而言，黄土水分含量低，一般为10%~30%。由于黄土的含水量增加，其结构强度将会随著土壤含水量的增加而减小，因此，在外界的压力下，其结构强度不会显著地下降，从而不会继续发生强的湿陷性。

（7）压力：当土层上的压力增大时，其湿陷性也随之增大。但是，在一定的湿陷量下，在较高的压力下，黄土的湿陷程度会降低。

三、湿陷性黄土地基对工程建设的影响

湿陷性黄土是在重力和外加应力作用下，受水分的影响而产生明显的附加沉降。一旦被浸泡，土壤的结构就会发生变化，从而出现明显的附加变形，从而导致地基出现大范围的不均匀沉降，从而造成烟囱、塔台、信号塔、水塔等高层建筑的严重倾斜，墙体开裂，桩、柱、梁、杆等承重结构的损坏，严重者会导致建筑的崩塌，造成不可挽回的损坏和人员的死亡。

（1）对桥梁的影响：在黄土地基上施工的桥梁，地基大多是桩基，桩周黄土浸泡后，会发生湿陷性变形，桩顶受荷后，湿陷性变形会加重，在高荷载作用下，桩基础会产生相对滑动，从而使其不稳定，从而影响到桥梁的使用和使用。

（2）对房屋的影响：由于地面荷载与地下水的共同作用，使地基出现了湿陷性的变形，随着时间的推移，地基将出现较大的非均匀沉降，从而造成柱、梁等承重构件的受力不均，从而造成墙体开裂、整体倾斜，乃至坍塌。

（3）对高铁、地铁建设工程的影响：地铁是在地下修建的，有一定的深度，很有可能会穿越湿陷黄土层，施工的时候，施工单位没有及时的治理，很有可能会导致隧道坍塌，而地基则会因为黄土的潮湿而产生各

种形状不一的坑洞,严重影响地铁的安全。

在湿陷性黄土上进行施工时,有关部门要充分考虑到黄土的湿陷性对基础的不稳定效应,如果出现湿陷,将会引起附加的沉降力,从而严重危害到工程的安全。因此,对于湿陷性黄土地区,进行基础加固是十分重要和重要的。

四、湿陷性黄土地基的处理方法

(一) 垫层处理法

垫层处理方法是将地基下面的湿陷性黄土开挖,根据工程的要求,根据黄土的性质,将其开挖或全部开挖,然后采用三七灰土作为垫层,或其他不具有湿陷性的土层。一般而言,对于甲型房屋,应全面处理基础下的湿陷性土壤;对于B型房屋,必须将地基以下的湿陷性黄土清理干净;对于丙型建筑物,应确保处理后的黄土厚度不低于2.5米。在采用垫层处理时,应着重于确保建筑物的稳定,防止地基变形,从而达到稳定的目的。

(二) 强夯处理法

在饱和度小于60%的情况下,采用强夯加固湿陷性黄土是最合理的方法。强夯法又称重锤夯实,是指在搬运过程中,将重锤提升至一定高度,再自由落下,用锤击夯实湿陷性黄土。一般情况下,采用强夯法处理1.5m厚的湿陷性土壤,锤体质量2.5~3t,夯点间距4.0~4.5m是最好的。对于一个夯击点,落锤次数应以2~3次为宜。采用强夯法可以有效地改善土体的物理性能和化学性能,提高其干密度,提高其承载能力,减少其可压缩性,从根本上解决了黄土的渗透性。

(三) 浸水处理法

采用预浸法应满足有关规定,首先,浸渍坑与工程建筑的间距应大于50米,若间距不足,则应采用其他适当的处理方式。另外,浸泡水坑的边长应该比有湿陷性土壤的深度要大,若有较大的浸水区域,施工人员也可反复发现,而且存在重大的安全隐患时,应及时向总监理工程师汇报,并组织多个部门联合进行处理。

(四) 挤密桩处理法

压密桩法消除黄土湿陷性的基本原则是使桩基与湿陷性黄土协同工作,以提高其承载能力。采用挤密桩的方法,可以将地基的上部荷载转移到黄土地层下面,从而解决了地基承载力降低的问题。在湿陷性黄土中,桩基遇水后,桩基与黄土的摩擦力就会降低,因此,在黄土中不能用摩擦式桩基,而要用端承式的桩基,这样才能满足一定的强度要求。挤密桩不仅要达到一定的强度,而且要保证桩基的承力层是不会塌陷的,不会塌陷的土层。若基础为自重、湿陷的黄土,应确保其在施工时能达到特定的承载量。

(五) 化学加固法

化学加固法是一种比较稳定的湿陷性黄土地基处理

技术,它是利用碱性液体的自流式渗入地基,使其在水中溶解,强度高,不易溶于水。这种方法目前还没有得到广泛的应用,必须在施工前进行试验,以确定其可行性和适用性,然后再进行扩展,而且加固深度不能超过5米,这是一个很大的缺点。同时,它与硅化法一样,在渗入油脂、沥青和石油化合物的基础上,也很难起到很好的加固作用,因此,必须采用其他的处理措施。碱液处理技术是一种比较安全、稳定的处理技术,对于非自重、湿陷性黄土基础和基础,可以防止沉降和裂缝的继续发生,不会产生不良的影响。

(六) 组合法

结合两种或多种地基处理技术,可构成一种复合处理方法。将地基处理与桩基结合起来,也是一种复合处理方法。

在湿陷性黄土场地中,应采取适当的地基处理措施,以消除浅层的湿陷性,使地基的承载力在一定程度上得到提高,压缩性能也有所提高,接着采用刚性桩法或桩基法,以弥补地基的承载力不足,从而使各处理方式的优点得以充分发挥,既能满足设计要求又能降低地基处理成本,又能取得较好的经济效益。

结束语

在某一特定的土体中,黄土变形随应力水平和饱和度的变化而变化。因此,在实际施工中,既要掌握黄土的湿陷性,又要了解其在施工中可能出现的饱和度的变化规律,以便准确评估其湿陷变形及预测其可能造成的附加变形。

在实际应用中,要根据不同的地质条件、地基土质、地基结构等因素,进行相应的处理,以确保地基在施工中具有较高的承载能力,从而达到施工的要求。然而,无论采用何种方法,都必须保证严格的质量管理,以达到更好的施工效果。

参考文献

- [1] 李林芳.湿陷性黄土地区地基处理方案优选研究[J].交通世界,2019(13):3.
- [2] 曾宇光.湿陷性黄土地基处理方法探讨[J].山西建筑,2009,35(36):2.
- [3] 钱鸿缙.湿陷性黄土地基[M].中国建筑工业出版社,1985.
- [4] 翟礼生.中国湿陷性黄土区域建筑工程地质概要[M].科学出版社,1983.
- [5] 陈福刚.湿陷性黄土路基强夯法施工工艺分析[J].商品与质量,2015(21):298-298,299.
- [6] 中国建筑科学研究院.建筑地基处理技术规范[M].中国计划出版社,1992.

作者简介:杨世明(1981.10.14-),男,汉族,河北省深泽县,研究生,土木工程师,研究方向:工程施工管理。