

Analysis of influencing factors and prevention measures of collapsibility of gravel soil

Shuzhen Nie Hao Zhang Lisheng Zhang

China Military Survey and Design Institute Co., Ltd., Beijing, 100053, China

Abstract

Collapsibility of soil, as a common factor in engineering construction, is the additional sinking problem caused by the wetting of soil by water under the influence of various factors after the soil is sinking and stable, which is often called collapsible deformation. The rate of collapse deformation is fast and the deformation range is large, which will have a serious impact on the construction quality of the project and need to be given enough attention. By understanding the influencing factors of collapsibility of gravel soil, its mechanism of action can be clarified, so as to carry out targeted prevention and control and reduce the incidence of collapsible deformation. Taking the implementation of A project in Gansu Province as an example, this study explores and analyzes the influencing factors of collapsibility of gravel soil through experiments, and explores the prevention and control measures to maintain the stability of gravel soil structure and ensure the quality of engineering construction.

Keywords

gravel soil ; collapsible deformation ; influencing factors ; prevention measures

碎石土湿陷性影响因素及防治措施分析

聂淑贞 张浩 张立昇

中兵勘察设计研究院有限公司, 中国·北京 100053

摘要

土的湿陷性作为工程施工中的常见因素,是土在完成下沉并稳定后,在各类因素的影响下导致土被水分浸湿,从而出现的附加下沉问题,常被称为湿陷变形。湿陷变形的速率快,变形幅度大,会对工程施工质量造成严重影响,需要给予足够重视。通过了解碎石土湿陷性的影响因素能够明确其作用机制,从而进行针对性防治,降低湿陷变形问题的发生率。本次研究以甘肃省A工程项目的实施为例,通过试验探究分析碎石土湿陷性的影响因素,据此探究防治措施,维持碎石土结构的稳定性,保障工程建设质量。

关键词

碎石土;湿陷变形;影响因素;防治措施

1 引言

湿陷性土在我国许多区域广泛分布,以湿陷性黄土作为常见,而在我国的西北等干旱、半干旱区域常出现湿陷性碎石土、湿陷性砂土等等。国内研究集中在湿陷性黄土的影响机制及变形问题上,而对于碎石土、砂土等的研究较少。尤其是碎石土的研究中,以研究承载力、抗剪强度等为主要方向,而较少涉及到碎石土湿陷性研究。之所以出现这种研究方向与我国发展战略有着较大关系,近年来随着我国整体经济水平的提升,对于西部开发的步伐不断加快,这使得大量工程项目进驻到西部地区,在施工中不可避免的会涉及到碎石土湿陷性的研究,因此需要对其影响因素及防治措施进行有效分析。

【作者简介】聂淑贞,女,江西上饶人,汉族,1985年,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:岩土工程勘察。

2 碎石土湿陷性影响因素分析

2.1 工程简介

本次研究选取甘肃省A工程为研究对象,其地层从上到下分别为填土、碎石、粉土以及卵石。填土以卵石为主要成分,杂色,砂质充填,层厚在0.2~1.4m;碎石为杂色,颗粒大小直径差异较大,且碎石层部分区域还存在直径较大的块石,多>2cm,组织分布无规律。母岩则为板岩,以砂质材料为填充物,层厚约5~7m,少部分区域碎石与粉土交汇,也是本次分析的主要区域;粉土为灰褐色,层厚在5.0~6.0m;卵石颗粒直径普遍在2cm以上,其中漂石含量约为30%左右,以次圆状为主,母岩为砂岩、灰岩,部分区域含有少量花岗岩,层厚在12.0~25.4m。

2.2 试验方法

本次研究参考湿陷性黄土的相关试验方案,通过现场浸水的方法来探究碎石土载荷,并开展常规土工试验及易溶

性试验。常规试验中,通过室内浸水压缩试验来对黄土的湿陷性进行探究,湿陷系数为黄土则特定压力下出现湿陷变形的反映。多方研究证实,当黄土湿陷系数在0.015及以上时则可判定为存在湿陷变形问题。但本次研究中选用的碎石土在结构、强度等性质上与黄土均存在差异,如果采用同样的试验进行检测可能存在实验误差。为此,本研究决定采用现场浸水载荷试验作为实验类型,通过研究结果判定碎石土的湿陷性。以《岩土工程勘察规范》中的GB50021-2001为依据,载荷试验的载荷压力控制在200kPa,主要持力层的深度范围 z 与承压板底面以下1.5倍承压板宽度 b 基本一致,浸水后设定为附加湿陷量 F , F 与 z 的比值为土的单位厚度的附加湿陷量 a 。将 a 作为碎石土湿陷性的判定标准,规定 a 值为0.015,即 $F/z=a=0.015$, $z=1.5b$, $F/b=1.5 \times 0.015 \approx 0.023$ 。经过计算可得当浸水后的附加湿陷量与承压板宽度比值 ≥ 0.023 时即可判定碎石土为湿陷性土^[1]。

2.3 试验结果及影响因素分析

2.3.1 碎石土湿陷特征

通过对工程实际情况进行分析,可以发现在4m以上的大部分碎石土都存在湿陷性,且分布不均匀,湿陷性为中度,2m以下为轻微湿陷性,4m以下的碎石土则不存在湿陷性。通过分析试验结果,将碎石土湿陷性发展分为三个阶段,分别为压缩变形阶段、湿陷变形阶段及复合变形阶段。在压缩变形阶段中,这时工程碎石土尚未浸水,在含水量不变的前提下,受到其他压力作用而出现压缩变形,这时碎石土结构为单粒结构,在荷载提升的过程中碎石土会伴随沉降变形。这主要是因为碎石土中相邻的颗粒物质在压力作用下会出现相对移动的情况,使得颗粒位置变换而重新排列,并且随着加荷次数的增加,当压力达到200kPa时碎石土颗粒会呈现出一个相对稳定、平衡的状态。在湿陷变形阶段中,这时碎石土外加压力达到200kPa已经趋于稳定,开始浸水后会与压力共同对碎石土产生作用,使得原本的土结构变化,附加变形量大、速度快,会在短时间内出现急剧变化。但地基土相对稳定,这表明地基尚未受到损坏,可继续加压进行下一轮试验。到了复合变形阶段,对碎石土浸水并逐渐加压到400kPa,在停止加压后的一段时间,碎石土会进入到压缩、湿陷的复合变形阶段,其中以压缩变形为主要表现。将试验结果与黄土湿陷性试验进行比较,可以看到黄土的复合变形阶段很短或不存在,在第二阶段的加压后黄土地基土会出现破坏问题而使得试验中断。

2.3.2 颗粒对湿陷性的影响

碎石土中的含水量普遍较低,且颗粒直径不一而容易出现孔隙。不同来源的碎石土在颗粒上存在较大差异,且在后期的搬运、堆积等工序中还可能对碎石土的结构特征造成影响。本次试验以碎石土为主要研究对象,其主要来源于山前坡积或洪积物,与现场施工环境距离相对较短,分选性差,沉淀期短^[2]。通过采取现场样本进行分析,探究颗粒的主要

组成成分。结果显示,在现场碎石土颗粒中 $< 0.1\text{mm}$ 的细颗粒占比在6.6~10.0%,这也印证了地层分选性较差。将细颗粒与附加湿陷性进行比较,结果显示细颗粒含量与附加湿陷性成正比,这以为当碎石土中细颗粒含量增加后,附加湿陷性不断增加,湿陷性不断提高。究其原因,在碎石土中的单粒结构较为宽松,其中颗粒较大的物质承担着骨架作用,这些大颗粒间以点对点的形式接触,无法实现大面积接触,而是需要借助细颗粒作为胶结物来实现连接。细颗粒被填充在大颗粒间的孔隙中,以黏粒、黏土矿物等构成的细颗粒,浸水会导致黏膜外的薄膜水增厚,引发黏土膨胀,降低胶结强度,从而使得大颗粒容易出现松动,导致碎石土间的孔隙大幅度减少而引发土结构变形,这表明细颗粒含量越大,碎石土的湿陷性越高。

2.3.3 易溶盐对湿陷性的影响

易溶盐与土的湿陷变形存在一定联系。考虑到本次研究所选工程常年处于半干旱环境中,便于易溶盐产生。研究样本分析结果显示,易溶盐占据总碎石土的含量在0.3%以内,且以硫酸盐、碳酸氢盐等为主,分布不均。随着土层增厚,易溶盐的浓度不断上升,这主要是受到降水或渗水的影响,使得盐类结晶在土质下层堆积。颗粒大小也会对易溶盐含量产生影响,当颗粒直径小于2mm时易溶盐浓度会明显增加,细颗粒成为易溶盐的主要存在区域^[3]。当碎石土浸水后,承担胶结物的细颗粒中的易溶盐会被溶解,使得细颗粒的胶结作用下降,当整体胶结强度小于颗粒移动压力时,会导致部分胶结点出现断裂问题,影响到胶结刚度而使得土结构发生变化,出现湿陷变形问题。由此可见,当碎石土中的易溶盐含量越高时,碎石土湿陷性越明显。

3 碎石土湿陷性的防治措施

通过对碎石土湿陷性的影响因素进行分析,可以看到影响湿陷性的主要问题在于土质结构稳定性,不论是颗粒大小、易溶盐都会导致结构稳定性下降,从而引发湿陷变形问题。因此在碎石土湿陷性的防治处理中,要通过多种途径来保障碎石土结构的稳定性。

3.1 计算碎石土稳定性

在防治处理前,首先需要对碎石土稳定性进行准确计算,明确防治方向。首先,可以静力计算为依据,研究碎石土的静力许可等。应用静力计算能够在一定程度上减少碎石分布不均对结果的影响,而是直接通过对地基土的受力变形程度进行分析,以此判断碎石层的稳定性。通过对碎石层进行区域划分,将各区域节点联系到一起,搭建有限元方程,并在生成有限元网络的前提下形成总体刚度矩阵,计算单元或节点应力。另一方面,需要对地基土的反应状态进行分析,据此构建地基模型。在建立时,要对地基的受力状态、力学参数等进行综合考量,以中心对称的形式构建平面应变状况的反映模型,为碎石土稳定性计算提供依据。除此之外,

还需要对碎石土中的土体位移、转角刚约束等进行设想，从而判定土体在忽视人为干扰的前提下的受力情况，编制出对应的等值云图。以水平方向应力作为观察角度，分析挤压力，垂直方向观察则能够看到碎石土的应力会随着土层深度的增加而减弱，形成板压力^[4]。

3.2 防治方案选择

3.2.1 浅基础方案

碎石土湿陷性防治方案的根本目的在于保障施工质量与施工进度，在保障工程基础功能正常的前提下，施工方要尽可能的规避地基湿陷问题发生。浅基础方案围绕碎石土紧密度开展，在保障整体土结构稳定性的基础上，通过对碎石土地基的处理来提升抗压承载水平。浅基础方案对现场土结构的稳定性要求较高，且整个土结构中不能存在大面积的构造物。对于覆盖层较厚的区域，地表迹象并不明显。通过浅基础方案能够降低对地基的剪切破坏，维护土结构的稳定性，还能够一定程度上降低工程成本投入，经济效益较为明显。

3.2.2 深基础方案

开挖深基坑很容易受到水的影响。在采用深基础方案处理的过程中，需要对深基础施工特点进行准确分析，确保碎石土湿陷性对地基的影响处于最小，以此来提升持力层的承载力水平，使得地基强度达到规定范围内^[5]。通过对工程碎石土的实际湿陷性情况进行分析，可选择在卵石层的特定位置设置持力层，并构建对应的柱形构件做支持。在这个过程中，施工方要对断面尺寸进行合理控制，当尺寸太小可能会影响到载荷的传递，软基作用力不足，载荷难以顺利传递到岩基上而降低承载能力。而桩基的大小、作用方式等都是深基础方案设计中需要关注的重点问题，通过合理调整能够满足不同工程的施工要求，显示出较为良好的适应性。深水软基作为一种较为特殊的型式，对于施工精确度的要求更高，需要在保持桩变形最小的基础上将桩基承载力最大限度

的发挥出来，因此常被应用于机械化施工中。

3.2.3 复合方案

复合方案是为了应付复杂情况，通过将浅基础和深基础联合到一起，能够应对不同情况下湿陷变形问题的处理需求，尽可能节省成本投入，具有较为理想的针对性。工程地基搭建完成后，要重视对地基中的排水及防水工作，有意识的控制土层碎石土中的水分占比，控制或降低湿陷变形发生率。当建筑物荷载较大时，需要采用深基础施工的形式，有意识的避开地基中容易出现碎石土湿陷变形的部位。在围墙、电杆等位置的施工中，首要问题在于保障施工的稳定性和安全性，确保碎石土湿陷变形不会对施工质量造成影响，而后利用浅基础加工来防止湿陷变形问题。但在使用过程中要实时观察施工情况，以便对方案进行管理。

4 结语

综上所述，通过对碎石土湿陷性的影响因素进行试验分析，可以得出碎石土的颗粒、孔隙度、易溶盐等都会对湿陷性造成影响，从而影响到土层结构的稳定性。因此，本文提出计算碎石土稳定性的方式，综合碎石土特征进行有目的地改善碎石土地质体，不断提升土结构稳定性，降低湿陷性对地基土的影响，避免出现湿陷变形的问题，确保工程质量。

参考文献

- [1] 潘映兵,王波,闫文秀,等.湿陷性黄土地基的地质特性与地基处理分析[J].中国住宅设施,2024,(10):106-108.
- [2] 木林隆,周晨,刘锴,等.湿陷性黄土地区碎石排水系统砂岩碎石遇水软化试验研究[J].结构工程师,2024,40(02):163-169.
- [3] 高瑞阳.再生小粒径碎石填料在湿陷性黄土路基中的应用分析[J].黑龙江交通科技,2024,47(04):50-52+56.
- [4] 刘京京.湿陷性黄土地区高速公路扩建施工关键技术分析[J].运输经理世界,2024,(11):25-27.
- [5] 肖刚.湿陷性黄土地区水泥粉煤灰碎石桩复合地基的应用[J].建材发展导向,2024,22(04):23-25.