

Study on Urban Collapsibility Soil

Zigang Han¹, Gangzhu Zhang²

¹Ningxia Architectural Design and Research Academy Co., Ltd., Yinchuan Ningxia

²School of Civil Engineering and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia

Email: Hanzigangx@163.com, zgz8667@126.com

Received: Oct. 12th, 2018; accepted: Nov. 1st, 2018; published: Nov. 8th, 2018

Abstract

In non-slumping loess areas, collapsibility of foundation soil is often overlooked by surveyors. With the rapid development and expansion of urban construction, a large number of filling sites have been formed, and groundwater stage has also dropped significantly. As a result, a mass of shallow collapsible fill and secondary collapsible foundation soil have emerged in urban construction. It adopts qualitative analysis and experimental research methods for practical engineering, verifying the objective existence, evolution mechanism and harm of shallow collapsible fill and secondary collapsible foundation soil. At the same time, the concept of secondary collapsible soil was first proposed. The shallow collapsible fill and secondary collapsible foundation soil should cause surveyors to pay enough attention to do a better job of surveying.

Keywords

City, Collapsibility, Secondary Collapsibility, Foundation Soil, Dry Strength

城市湿陷性土的研究

韩自刚¹, 张刚柱²

¹宁夏建筑设计研究院有限公司, 宁夏 银川

²宁夏大学, 土木与水利工程学院, 宁夏 银川

Email: Hanzigangx@163.com, zgz8667@126.com

收稿日期: 2018年10月12日; 录用日期: 2018年11月1日; 发布日期: 2018年11月8日

摘要

在非湿陷性黄土地区, 随着城市建设的高速发展和扩张, 形成大量的填方场地, 同时地下水位大幅下降,

文章引用: 韩自刚, 张刚柱. 城市湿陷性土的研究[J]. 土木工程, 2018, 7(6): 790-794.

DOI: 10.12677/hjce.2018.76095

在城市建设中出现了大量的浅层湿陷性填土和次生湿陷性地基土, 该地基土的湿陷性不易被发现, 在勘察中往往被勘察人员忽视, 针对此问题, 采用定性分析和试验的研究方法, 验证了浅层湿陷性填土和次生湿陷性地基土的客观存在、演变机理及其危害性, 以引起勘察工作者对浅层湿陷性填土和次生湿陷性地基土湿陷性的足够重视, 以便更好地做好勘察工作。

关键词

城市, 湿陷性, 次生湿陷性, 地基土, 干强度

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 城市湿陷性土的成因、湿陷机理及分布特征

1.1. 城市湿陷性土的成因

地基土在自然状态下沉积和在人工状态下堆填, 在一定的条件下由于物理化学因素在土骨架颗粒间形成不同程度和强度的固化联结键[1], 这种固化联结键使土具有一定的结构强度, 当结构一旦遭受破坏时, 地基土将呈现压密或湿陷等性状, 即为城市湿陷性土。

1.2. 城市湿陷性土的湿陷机理

目前对于湿陷性黄土的研究成果非常丰硕, 对于我国湿陷性黄土的处理起到了巨大的作用, 而对于城市湿陷性土的研究较少。一方面, 城市建设初期阶段遇到的这类问题较少, 缺乏研究环境; 另一方面, 湿陷性土在未浸水的条件下具有较高承载力, 浸水后才表现出湿陷性, 因此不易被发现, 致使将城市湿陷性土当作较好的地基土使用。关于城市湿陷性土的湿陷机理可参考汪吉林等人[2]的试验研究成果, 该研究初步推断: 非黄土类湿陷性土的湿陷机理与黄土的湿陷机理不同。由于它一般不存在大孔、节理等黄土的结构特征, 其湿陷机理可能是水的淋滤作用破坏了土中的初始的土-水-电解质系统, 使土的粒间力降低, 因而在浸水条件下, 结构失稳, 强度急剧下降, 进一步被压缩, 从而表现出湿陷性。

1.3. 城市湿陷性土的分布特征

无黏性土的结构强度主要来源于土粒之间的咬合摩阻力[1], 与作用在剪切面上的法向应力、土的密实度、土粒大小及形状、颗粒级配等因素有关。水对无黏性土的作用一般较小, 因此, 除盐渍土地和典型湿陷性黄土(粉、细砂土)场地外, 无黏性土在压力下一般表现为压密而非湿陷。

黏性土的结构强度除源于土粒之间的咬合摩阻力外, 还来源于土粒间吸附水膜与相邻土粒间的电分子引力所形成的黏聚力及土中胶结物对土粒的胶结作用所产生的固化黏聚力。当土的天然结构被破坏时, 其黏聚力丧失, 随着时间的推移, 来源于土粒间吸附水膜与相邻土粒间的电分子引力所形成的黏聚力可以部分或全部恢复[1], 但来源于土中胶结物对土粒的胶结作用所产生的固化黏聚力一般很难恢复。

综上所述, 城市中湿陷性土主要为处于地下水位以上, 含水量较低, 如稍湿状态的粉土, 可塑~硬塑、坚硬状态的黏性土, 松散~稍密状态的以黏性土和粉土为主的填土。该类土埋藏深度较浅, 多为欠固结状态, 上覆有效应力约为 50~100 kPa。

不同于常见的湿陷性黄土及在我国干旱和半干旱地区的山前洪、坡积地带常遇到的湿陷性碎石土、湿陷性砂土等, 此类城市中的浅层湿陷性土及次生湿陷性土往往未引起勘察人员的注意, 在勘察成果中常常作为较好的地基土使用。勘察人员常因其较高的标贯测试数据而采用较高的承载力特征值, 可能在建筑物使用期间由于供排水渗漏或地下水位回升而产生不均匀沉降导致建筑物开裂。笔者在施工图审查中经常遇到此类问题, 进行纠正时, 由于勘察人员的认识不到位而阻力较大。因此, 城市湿陷性土的性质研究显得尤其具工程价值。

2. 工程实例

以宁夏小巨人机床有限公司勘察成果为例。通过测定以黏性土和以粉土、黏性土为主的浅层填土层由于水位升降使得标贯击数和结构强度的变化, 进而研究土体形成次生湿陷性土的演变机理。在此基础上, 通过湿陷性试验, 研究该类湿陷性土在浸水或饱和后结构强度与含水量较低时干强度的大小关系。

2.1. 测定土体各项主要指标变化

该场地原为农田, 1999年后陆续整平填方, 简单压实, 形成现地面, 现地面平均标高为 1110.18 m, 平均填土厚度 3.69 m, 为以粉质黏土和粉土为主的素填土, 于场区做标贯试验, 并取样做室内试验, 1999年、2005年、2007年土体各项主要指标变化如表 1。

Table 1. Change table of main indexes of soil
表 1. 土体各项主要指标变化表

勘察日期	水位标高(m)	标贯击数及压缩模量平均值(MPa)	平均含水量(%)	孔隙比	承载力特征值(kPa)
1999年8月	1107.80	N = 4.6 击、Es = 5.2	23.2	0.641~0.957, 平均 0.725	100~125
2005年3月	1106.56	N = 4.5 击、Es = 5.3	22.7	0.623~0.924, 平均 0.702	100~125
2007年9月	1101.22	N = 7.6 击、Es = 9.2	13.7	0.616~0.915, 平均 0.770	160 左右

2.2. 原状土湿陷性试验

2007年9月, 场区地下水大幅下降至标高 1101.22 m, 水位埋深约 8.96 m, 浅层素填土和粘性土、粉土的含水量明显下降, 标贯击数明显提高, 表现出低含水量下较高的强度。笔者在宁夏小巨人机床有限公司扩建三期工程勘察中, 在场区地下水大幅下降的情况下, 在探井内用环刀采取原状土进行湿陷性试验, 于场区 6 处取样, 每 1 处取 2 个环刀试样, 共取 12 个环刀试样, 土样编号见表 2, 测得湿陷系数和湿陷起始压力(采用双线法)。湿陷系数测定流程见图 1, 施加第一级压力为 50 kPa, 加压等级取 50 kPa, 每隔 1 h 测记百分表读数一次, 直至试样变形稳定为止。然后浸水饱和, 直到湿陷变形稳定为止, 稳定标准为 0.01 mm/h [3]。湿陷起始压力测定流程见图 2, 测定方法可依据土工试验标准。试验结果详见表 2。

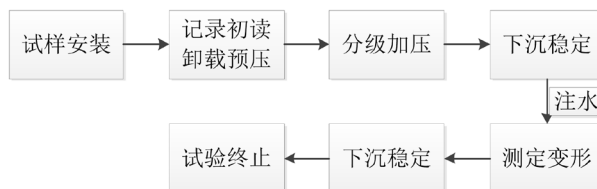


Figure 1. Flow chart for measuring coefficient of collapsibility
图 1. 湿陷系数测定流程图

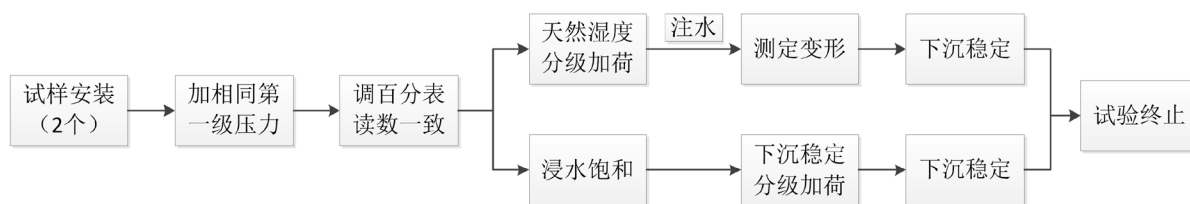


Figure 2. Flow chart for the initial pressure of the collapse

图 2. 湿陷起始压力测定流程图

Table 2. Result table of soil collapsibility test

表 2. 原状土湿陷性试验结果表

土样号码	试验状态	取样深度(m)	土样成份	天然含水量(%)	天然孔隙比	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	湿陷系数	湿陷起始压力(kPa)
1-1	天然湿陷	1.50~1.70	粉质黏土	13.3	0.845	10.20	-	-
1-2	浸水饱和						0.016	194
2-1	天然湿陷	1.50~1.70	粉质黏土	12.8	0.848	14.93	-	-
2-2	浸水饱和						0.067	111
3-1	天然湿陷	1.50~1.70	粉质黏土	13.5	0.871	14.49	-	-
3-2	浸水饱和						0.035	141
4-1	天然湿陷	1.50~1.70	粉质黏土	14.6	0.771	14.08	-	-
4-2	浸水饱和						0.055	104
5-1	天然湿陷	1.50~1.70	粉质黏土	14.4	0.852	9.17	-	-
5-2	浸水饱和						0.052	119
6-1	天然湿陷	1.50~1.70	粉质黏土	14.9	0.766	12.20	-	-
6-2	浸水饱和						0.047	123

由表 1 可知, 该场地填土在地下水位下降前(1999 年~2005 年), 土层含水量较高, 以可塑状态为主, 稍密~中密, 中等~高压缩性; 在地下水位大幅下降后(2007 年), 土层含水量也大幅下降, 以硬塑~坚硬状态为主, 呈中等~低压缩性。依据有效应力原理, 在填土层因水位下降造成的有效应力最大增加值仅为 10 kPa 的情况下, 对土层的压密作用可忽略不计, 因此填土层演变为次生湿陷性土。

从表 1 也可以看出, 在地下水位大幅下降后, 该场地填土含水量下降, 形成较高的干强度。由表 2 湿陷性试验结果可知, 湿陷起始压力均在 100 kPa 以上, 与该层土含水量较高时的承载力特征值(100~125 kPa)较为接近, 说明该层土在浸水后由原来水位下降形成较高的干强度又重新变为含水量较高时的低强度, 也即次生湿陷性土浸水后强度大幅降低。

综上, 当上述具湿陷潜势的土层在天然含水量下受压后, 首先表现为较高的视先期固结压力, 超固结比 OCR 值常大于 1 [4], 具有较高的干强度, 实际为欠固结土, 表现出低压缩性、高强度等特性, 在 200 kPa 压力下较难压密。此类现象在日常生活中比较可见, 如土坯, 为重塑的黏性土, 在含水量降低至 15%~20% 以下时, 表现为硬可塑~硬塑、坚硬状态, 手掰不碎, 需锤击才能破碎。当此类土体在压力下浸水或饱和后, 土体状态迅速转变为软可塑~软塑, 部分孔隙比大于 1 的土体甚至呈流塑状态, 强度极低, 呈现出较大的压缩性。相对浸水前的极小压缩变形量, 浸水后的附加沉降较大[5], 表现出湿陷的特性。

3. 结论

- 1) 浅层黏性土和以粉土、黏性土为主的填土成为湿陷土的前提条件是较低的含水量, 一般以稍湿为

主, 硬可塑~坚硬状态, 具有较高的视先期固结压力及较高的干强度。

2) 由于地下水位的大幅下降, 致使土层含水量也相应下降, 在 100~200 kPa 压力段, 原有的中等~高压缩性土会演化为中等~低压缩性土, 形成次生湿陷性土。

3) 由于该类土层处于湿陷性黄土分布区域之外, 一般勘察设计人员在勘察工作中较容易忽略其湿陷的可能性, 在该类土层的评价中, 首先需通过室内湿陷性试验确定其是否具有湿陷性, 然后根据拟建物的浸水概率及地下水位是否可能回升等具体情况进行承载力特征值推荐及采取有效的地基处理措施。如需考虑地基土可能存在含水量回升时, 承载力特征值可按液性指数 $I_L \geq 0.5$ 的状态, 结合湿陷起始压力、孔隙比考虑推荐值。

4) 标准贯入试验在低含水量的黏性土、粉土和以粉土、黏性土为主的填土中使用, 仅具有判断土层均匀性和取样的作用, 不可简单的使用其测试结果作为土层承载力的确定依据。

参考文献

- [1] 陈仲颐, 周景星, 王洪瑾. 土力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013: 1-10.
- [2] 汪吉林, 丁陈建. 徐州地区非黄土类湿陷性土的工程特性及其湿陷性机理[J]. 地质灾害与环境保护, 2003, 14(3): 69-73.
- [3] 湿陷性黄土地区建筑规范. GB 50025-2004 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [4] 工程地质手册编委会. 工程地质手册[M]. 第四版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 419-430.
- [5] 陈仲颐. 区域性土——主题之二简介[J]. 岩土工程学报, 1988, 10(3): 55-59.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org