

成果与方法

对黄土地区钻孔和探井试样试验指标的分析评价

高喜政¹, 盛根来²

(1. 济南市建设工程勘察设计质量监督站, 山东 济南 250014; 2. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:通过对济南地区次生黄土所采集的钻孔和探井土样进行浸水试验,并其主要物理力学指标进行了分析评价,得出探井试样比钻孔试样所具有的试验指标更为真实可靠,因此次生黄土分布区采集探井试样进行湿陷性浸水试验是十分必要的。

关键词:次生黄土;湿陷性;浸水试验;试验指标评价;钻孔土样;探井土样

中图分类号:P642.13⁺1;TU41

文献标识码:A

0 引言

黄土包括黄土和黄土状土。黄土是指以风力搬运沉积且未经过次生扰动的、无层理的黄色粉质、含碳酸盐岩质并具有肉眼可见、大孔的土状沉积物(也称为原生黄土);黄土状土是指其他成因的、黄色的、又常具有层理和夹有砂、砾石层的土状沉积物(也称为次生黄土)。黄土一般具有下列特征^[1]:①在一定压力作用下受水浸湿后发生显著附加下沉的现象;②天然孔隙比较大;③颗粒组成以粉土为主,常在60%以上;④含大量的可溶盐;⑤颜色为黄色或褐黄色;⑥天然剖面形成垂直节理;⑦一般具有肉眼可见的大孔隙。

黄土的湿陷机理众说纷纭,有毛细管假说、溶盐假说、胶体不足说、水膜楔入说、欠压密理论^[2]和结构学说等。其中欠压密理论在解析黄土的湿陷机理上更加合理和可信。该理论认为黄土是在干旱和半干旱条件下形成的,在干燥少雨的条件下,由于蒸发量大,水分不断减少,盐类析出,胶体凝结,产生了加固黏聚力,在土湿度不很大的情况下,上覆土层不足以克服土中形成的加固黏聚力,因而形成欠压密状态,一旦受水浸湿,加固黏聚力消失,就产生湿陷。

济南市南部山区有大量次生黄土(下文中的黄土均指次生黄土)分布,其厚度一般几米至十几米,

多具有I级非自重湿陷性。在对黄土场地进行岩土工程勘察时,准确查明黄土地层的时代、成因、厚度、湿陷系数、湿陷起始压力、湿陷类型及湿陷等级,提出合理的地基处理措施和地基基础方案,是《湿陷性黄土地区建筑规范》强制性条文规定的内容,同时对于消除黄土地基的安全隐患也是十分必要的。

1 黄土场地常用取样方法分析

在黄土场区进行岩土工程勘察时,比较常用的勘察方法是钻探和挖探井。要查明勘察区黄土的湿陷性,取土样做浸水湿陷性试验是必要的手段。在黄土场地取土样可以取钻孔土样和探井土样2种。钻孔土样采取方便但原状性较差,探井土样保持土的原状性更好但采取较麻烦。因此有不少勘察单位在黄土地区进行勘察时,都不挖探井取样做浸水试验,而仅仅用钻孔土样进行相关试验。

1.1 钻孔与探井土样主要物理力学指标对比

钻孔土样由于受到挤压、扰动等因素,不可能取到I级土样,其试验指标已经大大失真,难以反映黄土的本质特征;相反,探井土样不存在挤压、扰动等因素,基本能够达到I级土样标准,其试验指标可以比较真实地反映黄土的湿陷性质。通过对20组钻孔土样和探井土样的有关试验指标进行对比分析

* 收稿日期:2008-03-11;修订日期:2008-07-08;编辑:曹丽丽

作者简介:高喜政(1968-),男,山东栖霞人,高级工程师,主要从事岩土工程勘察工作。

(表 1), 根据钻孔土样和探井土样试验结果的差异 确查明黄土湿陷性质是非常重要的。性, 说明黄土地区挖探井取样进行浸水试验, 对于准

表 1 钻孔和探井试样试验指标

工程	$\omega(\%)$		$\gamma(\text{kN}/\text{m}^3)$		e		$a_{1-2}(\text{MPa}^{-1})$		$E_s(\text{MPa})$		I_L		δ_s	
	孔	井	孔	井	孔	井	孔	井	孔	井	孔	井	孔	井
1	25.2	23.4	19.1	18.1	0.764	0.842	0.29	0.42	6.7	6.7	0.45	0.3		0.020
2	21.7	18.1	19.1	17.7	0.733	0.812	0.35	0.18	5.5	10.7	0.23	0.15		0.026
3	20.8	20.3	18.9	16.6	0.699	0.928	0.28	0.33	6.2	6.1	0.40	0.33		0.017
4	20.9	19.9	18.7	16.8	0.717	0.900	0.24	0.21	6.9	9.6	0.38	0.26		0.020
5	19.4	16.8	18.5	17.6	0.771	0.819	0.3	0.11	7.7	17.7	0.19	0.18		0.044
6	20.5	20.0	19.1	17.0	0.710	0.911	0.2	0.15	9.7	13.1	0.2	0.15		0.019
7	22.0	23.1	19.2	17.4	0.732	0.934	0.19	0.36	9.6	6.4	0.15	0.17	0.004	0.024
8	23.8	21.1	19.2	17.0	0.746	0.927	0.28	0.41	6.2	6.4	0.33	0.13		0.033
9	22.1	21.1	18.6	16.6	0.787	0.967	0.31	0.48	7.2	5.3	0.12	0.12		0.03
10	18.9	18.6	18.6	17.1	0.744	0.891	0.19	0.18	10.7	11.3	0.09	0.05	0.010	0.038
11	20.1	20.3	19.1	17.6	0.726	0.863	0.2	0.2	10.0	9.2	0.00	0.01		0.024
12	19.9	17.0	18.8	17.7	0.691	0.784	0.2	0.34	10.6	5.9	0	0.06		0.042
13	19.6	18.0	18.9	18.0	0.710	0.769	0.25	0.27	7.6	7.8	0.07	0.14	0.015	0.040
14	24.1	22.7	19.2	18.4	0.756	0.811	0.31	0.47	5.8	3.9	0.39	0.34		0.018
15	13.6	14.8	18.0	17.1	0.711	0.817	0.30	0.42	7.3	6.8	0	0		0.032
16	21.4	19.1	19.2	17.1	0.704	0.885	0.28	0.47	6.6	6.4	0.22	0		0.026
17	18.2	20.5	18.7	17.1	0.709	0.806	0.28	0.31	7.1	7.0				0.020
18	20.8	14.4	18.2	17.2	0.868	0.793	0.59	0.3	4.1	6.0	0.15	0		0.033
19	15.1	13.1	18.1	16.4	0.73	0.857	0.24	0.38	9.4	7.5	0	0		0.036
20	16.6	19.7	18.7	17.0	0.659	0.852	0.23	0.4	8.0	4.8	0.07	0.13	0.012	0.021
n	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	19	2	20
x_{\max}	25.2	23.4	19.2	18.4	0.811	0.967	0.59	0.48	10.7	13.1	0.45	0.34	0.015	0.044
x_{\min}	13.6	13.1	18.0	16.4	0.659	0.769	0.19	0.11	5.5	3.9	<0	<0	0.004	0.017
μ	20.2	19.1	18.8	17.3	0.733	0.858	0.27	0.32	7.6	7.9	0.18	0.13	0.010	0.028
σ	2.85	2.82	0.38	0.52	0.044	0.057	0.08	0.12	1.8	3.2	0.15	0.11		0.008
δ	0.14	0.15	0.02	0.03	0.06	0.066	0.32	0.37	0.24	0.41	0.83	0.85		0.29

x_{\max} —最大值; x_{\min} —最小值; μ —平均值; σ —标准差; δ —变异系数; n —样本数

(1) 含水量 ω

从表 1 中, 可以看出, 含水量 ω 范围值: 钻孔为 25.2% ~ 13.6%, 探井为 23.4% ~ 13.1%; 含水量 ω 平均值钻孔为 20.2%, 探井为 19.1%: 二者比较接近, 以探井为标准(下同), 钻孔比探井大 5.7%, 多数情况下, 钻孔的 ω 大于探井的。

(2) 容重 γ 及孔隙比 e

γ 范围值: 钻孔一般为 18.0 ~ 19.2 kN/m^3 , 探井一般为 16.4 ~ 18.4 kN/m^3 , 前者的低值相当于后者的高值; 平均值: 钻孔为 18.8 kN/m^3 , 探井为 17.3 kN/m^3 , 钻孔比探井大 8.6%。钻孔土样的 γ 值全部高于探井土样的 γ 值。

e 范围值: 钻孔一般为 0.811 ~ 0.659, 探井一般为 0.967 ~ 0.769; 平均值: 钻孔为 0.733, 探井为 0.858, 钻孔比探井小 14.5%。钻孔土样的 e 值全部小于探井的 e 值。

对于钻孔和探井 γ, e 指标的这种有规律性的差异, 其实并不难找出原因。钻孔土样在采取过程中, 受到挤压, 其中的大量的孔隙被压缩变小, 土体被压密, 因此, 土的孔隙比变小, 容重(密度)变大, 导致其试验指标的可靠性较差。而探井土样基本保持了土体的天然状态, 所做出的实验结果能够比较真实地反映黄土的物理力学性质, 可靠性较高。

(3) 压缩系数 a_{1-2} 、压缩模量 E_s

对于钻孔和探井来说, 压缩系数 a_{1-2} 、压缩模量 E_s 指标规律性不是很强。在所统计的工程中, 钻孔试验指标大于探井试验指标或者前者小于后者的情况均可见到, 出现的几率都比较接近。

a_{1-2} 范围值: 钻孔为 0.59 ~ 0.19 MPa^{-1} , 探井为 0.48 ~ 0.11 MPa^{-1} ; 平均值: 钻孔为 0.27 MPa^{-1} , 探井为 0.32 MPa^{-1} , 钻孔比探井小 15.6%。

E_s 范围值: 钻孔为 10.7 ~ 5.5 MPa , 探井为 13.1

~3.9 MPa;平均值:钻孔为7.6 MPa,探井为7.9 MPa,钻孔比探井小3.8%。钻孔 a_{1-2} 指标既有高于探井的情况,也有低于探井的情况,出现这种情况的原因,可以从钻孔取样过程中受到的挤密和扰动这两方面因素来考虑。当钻孔取样过程中受到的挤密因素大于扰动因素,则会出现 a_{1-2} 低于探井试验指标(相应地, E_s 一般大于探井试验指标)的情况;当受到的扰动因素大于挤密因素,则会出现 a_{1-2} 高于探井试验指标(相应地, E_s 一般小于探井试验指标)的情况。从这一方面来看,尽可能采取I级原状土样(比如探井土样),对于准确查明勘察区黄土的湿陷性质是十分重要的。

(4)液性指数 I_L

I_L 范围值:钻孔为0.45~0,探井为0.34~0;平均值:钻孔0.18,探井0.13;一般情况下钻孔的 I_L 指标大于探井的,钻孔比探井大38.5%。从 I_L 指标可以看出,黄土一般为硬塑—坚硬状态。

(5)湿陷系数 δ_s

δ_s 范围值:钻孔0.004~0.015,探井0.017~0.044,钻孔的 δ_s 指标全部小于探井的 δ_s 指标;平均值:钻孔0.010,探井0.028,钻孔比探井小64.3%。二者的差距是极为明显的。从 δ_s 指标可以看出,探井土样的 δ_s 能准确反映黄土的湿陷性质,是钻孔土样所无法替代的。不挖探井采取I级原状土样,就难以准确查明勘察区黄土的湿陷系数 δ_s 这一最重要的指标。查不清勘察区黄土的湿陷性,就会给工程建设活动埋下安全隐患。

1.2 两种方法的差异性和规律性

(1)容重 γ ,钻孔一般大于 18 kN/m^3 ,范围值 $18.0 \sim 19.2 \text{ kN/m}^3$;探井一般小于 18 kN/m^3 ,范围值 $16.4 \sim 18.4 \text{ kN/m}^3$;钻孔土样的 γ 值全部高于探井土样的 γ 值。同一场地的 γ 值,钻孔比探井高 $1.0 \sim 2.0 \text{ kN/m}^3$ 左右。

(2)孔隙比 e ,钻孔平均值为0.733,探井平均值为0.858,钻孔土样的 e 值全部小于探井土样的 e 值。同一场地的 e 值,钻孔比探井小约10%~20%。

(3)湿陷系数 δ_s ,钻孔土样一般做不出有湿陷性,其范围值为0.004~0.015,平均值为0.010;从探井土样的湿陷系数看,济南地区黄土的湿陷系数一般为0.017~0.044,平均值为0.028,主要为I级

非自重湿陷性黄土场地。

(4)从含水量 ω 指标可以看出,黄土含水量一般小于23%;从液性指数 I_L 可以看出,黄土一般为硬塑—坚硬状态;对于压缩系数 a_{1-2} 、压缩模量 E_s ,钻孔和探井试样的试验指标没有很大的规律性可循。

(5)在黄土场区进行岩土工程勘察,挖探井取样进行浸水试验,是查明勘察区黄土湿陷性质和湿陷等级的最为有效的手段,是钻孔试样难以代替的。

2 结语

通过对钻孔和探井试验指标的对比分析,不难看出,探井试样的试验指标所具有的真实可靠性,是钻孔试样的试验指标所无法替代的。为此,《湿陷性黄土地区建筑规范》明确规定:采取不扰动土样,必须保持其天然的湿度、密度和结构,并应符合I级土样质量的要求(强条)。取土勘探点中,应有足够数量的探井,其数量应为取土勘探点总数的 $1/3 \sim 1/2$ 。

在实际工程中,因为不挖探井而不能准确查明勘察区是否存在湿陷性黄土的例子是很多的。例如某工程位于济南第七中学院内,属于黄土分布地带。勘察单位在先期勘察中未挖探井取样进行浸水试验,仅将上部土层定为一般黏性土。济南市建设工程勘察设计质量监督站在审查过程中,提出在勘察区补挖适量探井、取样做浸水试验的建议,勘察单位认可了该建议,在勘察区补挖了2个探井,结果表明勘察区存在湿陷性黄土,探井土样的湿陷系数达到0.022,场地属I级非自重湿陷性黄土场地。据此更改了原设计方案,消除了工程建设活动中的隐患。因此在黄土分布地区挖探井取样进行浸水试验,对准确查明勘察区是否存在湿陷性黄土及其湿陷性质是十分必要的。

参考文献:

- [1] 工程地质手册编写委员会. 工程地质手册(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [2] 顾晓鲁,钱鸿缙,刘惠珊,汪时敏. 地基与基础(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.

Analysis and Evaluation to Test Indicators Gained from Drilling and Borehole Samples in Jinan Loess Area

GAO Xi-zheng¹, SHENG Gen-lai²

(1. Jinan Construction Engineering Exploration and Designing Quality Monitoring Station, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Though water test of drilling and test borehole soil samples collected from secondary loess area in Jinan city, and analyzing and evaluating its main indicators, it is regarded that test results gained from drilling soil samples is more true and reliable than its gained from test borehole soil samples. Thus, it is necessary to collect drilling soil samples to carry out water test in secondary loess areas in Jinan city.

Key words: Loess; collapsibility nature; water test; test evaluation; drilling soil samples; test borehole soil samples