

晋南黄土结构性与湿陷性的相关性研究

员康锋¹, 赵建斌¹, 李宏儒², 张 龙²

(1. 山西省交通科学研究院 黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室, 山西 太原 030006;

2. 西安理工大学 土木建筑工程学, 陕西 西安 710048)

摘要: 针对黄土结构性与湿陷性相关性研究还不够完善的问题, 采用晋南地区湿陷性黄土进行压缩试验以及湿陷试验, 主要研究湿陷系数随结构性参数的变化规律。结果表明: 黄土结构性随竖向压力增大及含水量的提高而变弱; 竖向压力为 200 kPa 时, 湿陷系数最大; 黄土结构性是造成其湿陷性的重要原因, 结构性越大, 湿陷系数相应也越大。

关键词: 压缩试验; 湿陷试验; 含水量; 结构性参数; 湿陷系数

中图分类号: TU443 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)04-0037-04

0 引言

黄土是一种典型的结构性土, 其独特的结构性是其发生脆性破坏、湿陷的重要原因。研究表明: 各地土的结构性存在较大差异, 对其力学性质的影响不同^[1]。秦立科等^[2]通过原状非饱和黄土和重塑非饱和黄土应力-应变曲线对比, 定义了结构性参数结构应力分担比, 并根据试验给出了定量化的公式, 为研究非饱和黄土结构性提供了新的路径。陈茜等^[3]认为结构性增湿系数在受水和荷载作用过程中变化规律明显, 能够较好地反映黄土的结构特性与增湿变形特性。田堪良等^[4]认为相同的受力条件下, 饱和重塑黄土的变形最大、强度最小, 基于变形条件和强度条件黄土结构性参数分别以饱和和重塑黄土的变形和强度作为标尺, 使结构性参数具有较高的精度和稳定性。结构性对土性质变化研究是土力学理论和实践中的一个重要研究领域, 然而, 针对黄土的湿陷性与黄土结构性关系的研究, 定性的多而定量的成果还不多^[5-10], 展开结构性与黄土湿陷性之间的内在机理研究, 具有一定的理论意义。

选取晋南地区湿陷性黄土进行相应的试验, 定量地探讨了黄土的结构强度与湿陷性的关系, 并得到一定的结论, 这是黄土浸水湿陷变形机理研究的一种新尝试。

1 试验土样

试验用土取自晋南地区某输水管道基坑, 土呈褐黄色, 粉质黏土, 土质均匀。土样在现场削成边长 25 ~ 35 cm 的立方体, 标明上下方向, 并用塑料纸和胶带包好, 运回实验室, 干密度 $\rho_d = 1.39 \text{ g/cm}^3$, 土样的基本物理性质指标见表 1。

表 1 晋南黄土物理性质指标

土体	液限 / %	塑限 / %	塑性指数 I_p	比重 G_s	初始含水率 / %
粉黏	27.71	17.22	10.49	2.70	9.62

2 试验仪器与试验方法

2.1 试验仪器

侧限压缩试验和湿陷试验所用仪器均为杠杆式压缩仪。根据试验具体要求, 对包含透水石在内的整

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.2014.04.07

收稿日期: 2013-07-04

作者简介: 员康锋 男 1984 年出生 工程师

基金项目: 山西省交通厅科技项目(2012-I-3)

个杠杆加压系统进行校正。

2.2 试验方法

(1) 侧限压缩试验时,配制含水量分别为 14%、18%、22%、26%、30% 的原状压缩试样和重塑压缩试样,含水量为 39.4% (饱和) 的压缩试样在压缩仪上进行浸水饱和,然后分别施加竖向压力进行压缩试验,直至较大的竖向压力为止。压力等级均为 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa, 在每一级压力作用下,测定土样变形与压力的关系,直至试样稳定为止,稳定标准为每小时试样总变形量小于 0.01 mm。

(2) 针对原状土样(同侧限压缩试验),进行湿陷试验,采用单线法进行试验,将压缩试样分别安装在压缩仪上,然后施加竖向压力进行压缩,竖向压力均为 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa, 压缩稳定之后,浸水饱和,直至变形稳定为止,稳定标准同侧限压缩试验。

3 试验结果与分析

压缩试验结果如图 1 和图 2 所示。

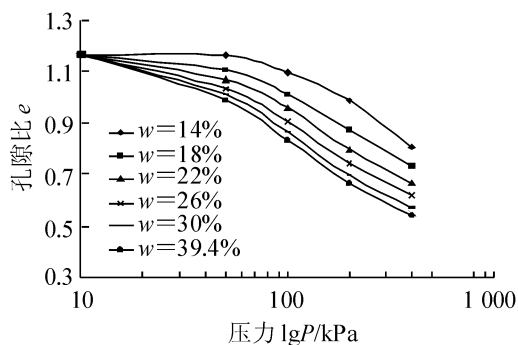


图 1 原状黄土的压缩曲线

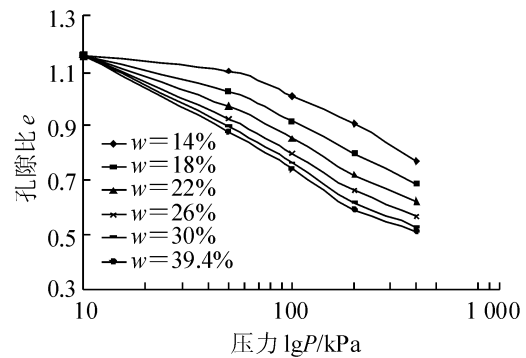


图 2 重塑黄土的压缩曲线

3.1 结构性

谢定义^[1]认为土体结构性的强弱可以通过土体颗粒之间联结的稳定性以及土体颗粒之间排列的可变性来进行衡量,在此基础上提出了结构性参数 m_p , 其表达式为

$$m_p = \frac{m_1}{m_2} = \frac{S_{\text{饱}}/S_{\text{原}}}{S_{\text{原}}/S_{\text{塑}}} = \frac{S_{\text{塑}} S_{\text{饱}}}{S_{\text{原}}^2} \quad (1)$$

式中, $S_{\text{原}}$ 为原状试样在选定压力 P 下的变形量; $S_{\text{饱}}$ 为原状饱和试样在选定压力 P 下的变形量; $S_{\text{塑}}$ 为重塑试样在选定压力 P 下的变形量。

根据压缩试验数据及式(1),结构性参数 m_p 与竖向压力 p 、含水量 w 的关系曲线如图 3、图 4 所示。

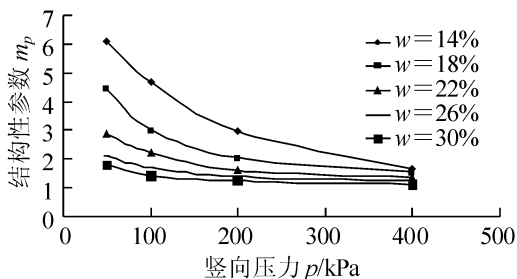


图 3 结构性参数与竖向压力的关系曲线

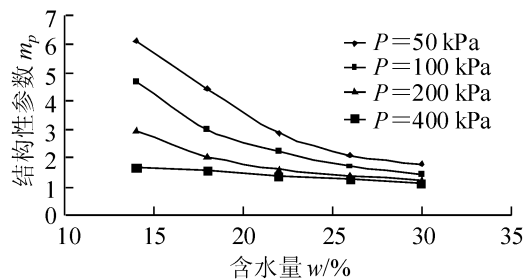


图 4 结构性参数与含水量的关系曲线

由图 3 和图 4 看出,对于结构性参数,当含水量相同时,随压力的增大而减小;当压力相同时,随含水量的增大而减小。且在较低含水量时,随压力的增大迅速减小;而在较高含水量时,减小趋势变缓。说明黄土结构性在力与水的共同作用下,当压力较小含水量较低时,结构性较强;而随压力增大以及含水量的提高,结构性变弱。

3.2 湿陷系数随结构性参数的变化规律

对于原状黄土,不同含水量下的竖向压力与湿陷系数的关系曲线见图5。

由图5可以看出,随含水量的增加原状黄土湿陷系数减小,当含水量较低时,湿陷系数随含水量的增大降低很明显,当含水量较高时,变化不大,接近饱和含水量时,湿陷性基本消失;当竖向压力为200 kPa时,湿陷系数最大,是由于当竖向压力较小时,不足以破坏土体的原生结构,结构性较强,湿陷变形量较小;当竖向压力较大时,在压力作用下土体已经被压实,土体强度较大,湿陷变形量反而又变小。

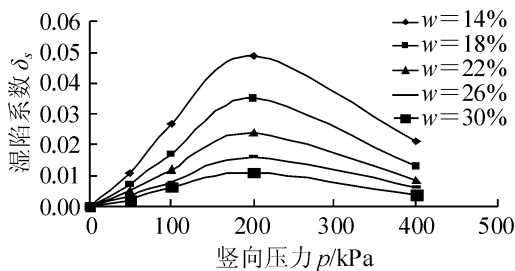
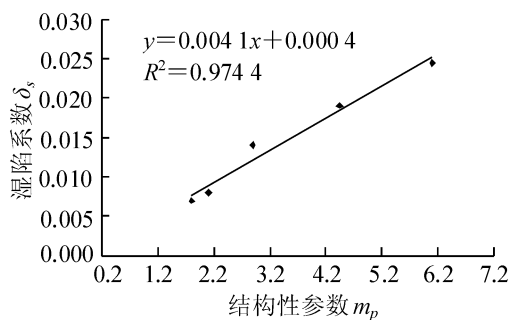
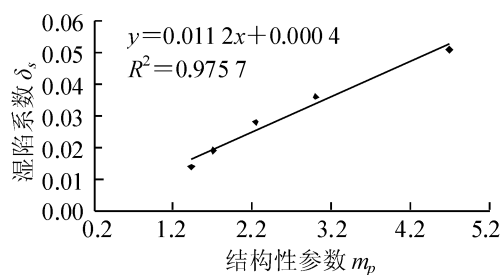


图5 原状黄土湿陷系数与竖向压力关系曲线

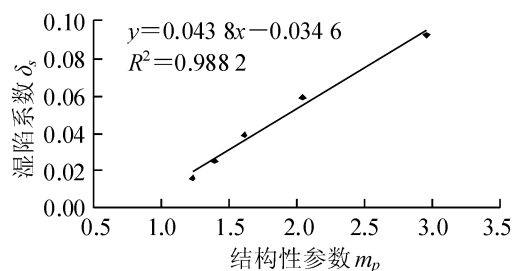
由图3,图4和图5可知,不同压力下原状黄土湿陷系数随结构性参数 m_p 变化的曲线如图6所示,拟合情况较好,且各条曲线规律基本一致,均单调递增。



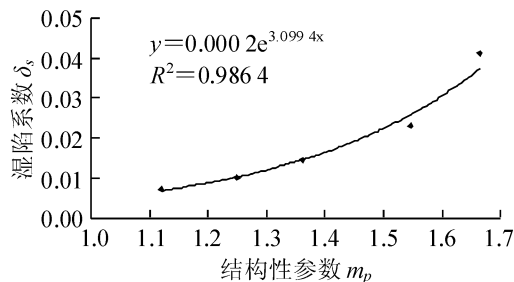
(a) $P=50$ kPa



(b) $P=100$ kPa



(c) $P=200$ kPa



(d) $P=400$ kPa

图6 结构性参数与湿陷系数的关系曲线

由图6可知,黄土的结构性参数 m_p 与湿陷系数 δ_s 之间的关系可以转换为如下的形式

$$p = 50 \text{ kPa}, \delta_s = 0.0041m_p + 0.0004 \quad (2)$$

$$p = 100 \text{ kPa}, \delta_s = 0.0112m_p + 0.0004 \quad (3)$$

$$p = 200 \text{ kPa}, \delta_s = 0.0438m_p - 0.0346 \quad (4)$$

$$p = 400 \text{ kPa}, \delta_s = 0.0002e^{3.0994x} \quad (5)$$

由以上结构性定量化分析可知,黄土的结构性是造成其湿陷性的重要原因,土体大孔隙结构及胶结强度越强,结构性越大,浸水后强度损失较大,在水的作用下变形量较大,湿陷系数相应也越大。

4 结论

采用常规压缩仪,研究了晋南黄土湿陷性与结构性之间的规律,主要结论如下:

(1) 含水量较低时,原状黄土的湿陷系数均随含水量的增大变化降低很明显;当含水量较高时,变化不大;竖向压力为200 kPa时,湿陷系数最大。

(2) 黄土结构性在力与水的共同作用下,当压力较小含水量较低时,结构性较强;而随压力增大以及含水量的提高,结构性变弱。

(3) 黄土的结构性是造成其湿陷性的重要原因,结构性越大,浸水破坏变形量越大,湿陷系数相应也越大。

参 考 文 献

- [1] 党进谦,郝月清. 含水率对黄土结构强度的影响 [J]. 西北水资源与水工程,1998,9(2):15-19.
- [2] 秦立科,李云璋,胡伟. 非饱和黄土结构性定量试验研究 [J]. 岩土力学,2011,32(S1):265-269.
- [3] 陈茜,骆亚生,程大伟. 黄土增湿特性的结构性量化参数 [J]. 武汉理工大学学报,2011,33(8):104-107.
- [4] 田堪良,马俊,李永红. 黄土结构性量化参数的探 [J]. 岩石力学与工程学报,2011,30(S1):3179-3184.
- [5] 孙志杰,董立山. 车行横洞施工对隧道主洞变形的影响 [J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2012,25(2):32-36.
- [6] 高新文. 湿陷性黄土地基处置技术研究 [J]. 山西交通科技,2008,190(1):7-9.
- [7] 余先江. 低液限粉土及其改良土干湿循环特性试验研究 [J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2012,25(1):86-88.
- [8] 范喜安. 地震荷载作用下高速公路挖方高边坡稳定性研究 [J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2012,25(3):73-77.
- [9] 潘钦锋. 强震作用下某高边坡的稳定加固分析 [J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2012,25(3):78-82.
- [10] 吴喜荣,申俊敏. 山西黄土 CBR 的影响分析 [J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2013,26(1):71-75.
- [11] 谢定义,姚仰平,党发宁. 高等土力学 [M]. 北京:高等教育出版社,2008.

Study on Correlation Between Structure and Collapse Features of Loess in Southern Shanxi

Yuan Kangfeng¹, Zhao Jianbin¹, Li Hongru², Zhang Long²

(1. Shanxi Provincial Research Institute of Communications, Key Laboratory of Highway Construction & Maintenance Technology in Loess Region, Ministry of Transport, Taiyuan 030006, China;

2. School of Civil Engineering and Architecture, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: In view of the fact that researches are still not perfect for the correlation of loess structure and collapse. Tests are carried out for the collapsible loess of Southern Shanxi to study the collapsible coefficient changes with the structural parameters. The results show that the loess structure becomes weak with the increase of pressure and water. When the pressure is 200 kPa, the collapsible coefficient is the maximum. The loess structure has direct impacts on the collapsibility. The greater the structural parameters, the greater the collapsible coefficient.

Key words: compression test; collapsible test; water content; structural parameters; collapsible coefficient

(责任编辑 刘宪福)