

文章编号:1673-9469(2009)03-0037-03

邯郸新近沉积饱和粉粘土本构归一性探讨

王晓磊,李京涛

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:土的应力-应变关系与固结压力水平密切相关,体现为土的归一化性状。粉质粘土作为邯郸地区建筑的持力土层,分布范围广,地层连续稳定。针对固结不排水三轴试验的应力-应变关系,对邯郸粉性土归一化性状的存在条件进行了分析研究,研究表明当应力-应变关系为Kondner双曲线方程形式,粉质粘土采用归一化因子 σ_3 、 σ_m 和 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{ult}}$ 效果较差,采用 $(\sigma_3)^n$ 或 $(\sigma_m)^n$ 进行归一化,则效果较好,并得出适合其的归一化拟合曲线。

关键词:粉质粘土;三轴试验;应力-应变关系;归一化

中图分类号: TU432

文献标识码: A

Study on normalized constitutive relation of newly - deposited saturated silty clay in Handan

WANG Xiao-lei, LI Jing-tao

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: Stress - strain relations for soils depend heavily on consolidation stress. The relativity appears as normalization character of clays silty. Clay is wildly distributed over Handan area, and often used as the bearing stratum of buildings. This paper analyses the normalization condition of stress - strain relation for clays of Handan in consolidated undrained triaxial test. The results show that if stress - strain relation of soils is considered as the Kondner hyperbolic function, the normalization character is bad when σ_3 , σ_m and $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{ult}}$ serve as parameters, and good when $(\sigma_3)^n$ and $(\sigma_m)^n$ are adopted; the best normalized curve is chosen then.

Key words: silty clay; triaxial test; stress - strain relation; normalization

邯郸地区位于太行山东麓,地处海河流域,地貌形态单一,地层结构简单。主要为第四系新近沉积物,沉积韵律明显,地层连续稳定。在太行山以东,粉质粘土皆有分布,被广泛用作本地区地基的持力土层。因此,有关邯郸粉质粘土工程特性的研究,具有十分重要的理论意义和实用价值。

土的应力-应变关系由于受围压、应力路径等边界条件的影响,其工程力学性质是很复杂的^[1]。因而用一个统一的公式表达土的应力-应变关系,实现应力-应变关系的归一化成为人们研究的重要课题。研究也表明粉质粘土的应力-应变关系的归一化特性是存在的^[2,3]。

归一化因子的选取将直接影响软土应力-应变关系的归一化程度^[4]。本文基于Konder提出的关于应力-应变关系的双曲线方程,利用常见的归一化方法对邯郸粉质粘土的固结不排水试验结果进行归一化研究,对试验结果进行分析,以寻求最合理的归一化方法。

1 材料与方法

1.1 三轴试验

粉质粘土样品取自邯郸某工地软土地基,其物理力学指标如表1所示。

表 1 土样的基本物理力学性质指标
Tab.1 Basic physics mechanics index of soil

土样类型	取土深度 h/m	含水 $w/\%$	密度 γ ($/g \cdot cm^{-3}$)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L
粉质粘土	2.0~2.5	26.1	1.89	0.806	16.3	0.63

用钢丝锯和削土刀切取直径 $d = 39.1mm$, 高度 $h = 80.0mm$ 的实心圆柱状土样 4 组。对试样进行真空抽气饱和, 并进行固结不排水三轴试验, 围压分别取 $\sigma_3 = 100kPa, 200kPa, 300kPa, 400kPa$ 。

1.2 归一化方法

目前关于粉质粘土的归一化方法很多, 但他们都存在一个共同点就是基于 Konder 提出的可以近似用双曲线方程^[6]表示常规静三轴试验的应力-应变关系, 如式(1)所示。

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\epsilon_1}{a + b\epsilon_1} \quad (1)$$

式中 $a = 1/E_i, E_i$ - 土样初始弹性模量; $b = (\sigma_1 - \sigma_3)_{ub}, (\sigma_1 - \sigma_3)_{ub}$ - 偏应力极限值, 是双曲线的一条渐近线。

现在假定 $[\sigma]$ 为可以对此类土进行归一化的应力因子, 此方程可以进一步变形为

$$\frac{\epsilon_1 [\sigma]}{\sigma_1 - \sigma_3} = a[\sigma] + b[\sigma]\epsilon_1 \quad (2)$$

Ladd 等^[7] 根据试验结果, 认为大多数饱和粘性土三轴试验的应力-应变关系曲线可以用围压 σ_3 或平均固结压力 σ_m 进行归一化, 见式(3)、式(4)。

$$\frac{\epsilon_1 \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} = a\sigma_3 + b\sigma_3\epsilon_1 \quad (3)$$

$$\frac{\epsilon_1 \sigma_m}{\sigma_1 - \sigma_3} = a\sigma_m + b\sigma_m\epsilon_1 \quad (4)$$

张勇, 孔令伟等^[4] 用 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ub}$ 分析了武汉软土固结不排水应力-应变归一化特性, 得出了很好的结果, 见式(5)。

$$\frac{\epsilon_1 (\sigma_1 - \sigma_3)_{ub}}{\sigma_1 - \sigma_3} = a(\sigma_1 - \sigma_3)_{ub} + b(\sigma_1 - \sigma_3)_{ub}\epsilon_1 \quad (5)$$

徐舜华等对粘性土应用 $(\sigma_3)^n$ 和 $(\sigma_m)^n$ 进行归一化研究, 见式(6)、式(7)。

$$\frac{\epsilon_1 (\sigma_3)^n}{\sigma_1 - \sigma_3} = a(\sigma_3)^n + b(\sigma_3)^n\epsilon_1 \quad (6)$$

$$\frac{\epsilon_1 (\sigma_m)^n}{\sigma_1 - \sigma_3} = a(\sigma_m)^n + b(\sigma_m)^n\epsilon_1 \quad (7)$$

研究选取以上五种方法对土样数据进行归一化处理。

2 结果与分析

2.1 三轴试验结果与分析

根据试验的测试数据, 在固结不排水实验中, 粉质粘土不同围压下的应力-应变关系曲线见图 1。

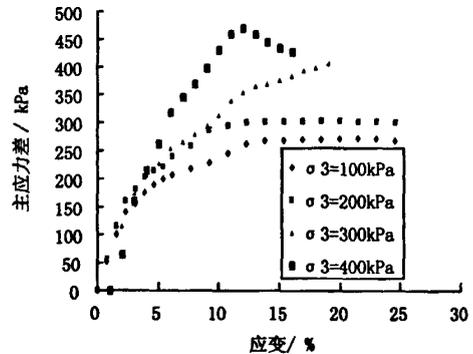


图1 不同围压固结不排水应力-应变曲线

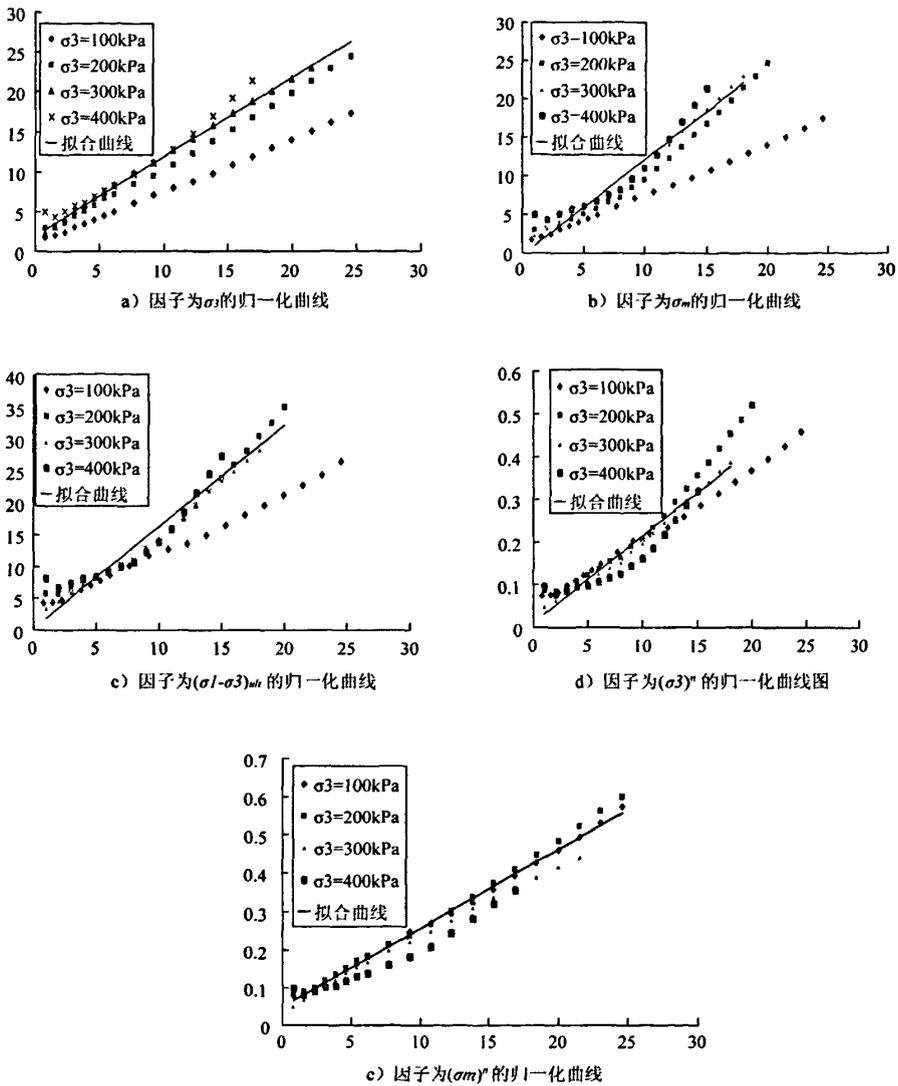
Fig.1 Consolidated undrained stress-strain curve under different peripheral stress

1) 由图 1 可得, 进行不固结不排水实验, 在围压为 100kPa、200kPa、300kPa 时, 土样破坏时应变约为 25%, 在围压为 400kPa 时, 土样破坏时应变约为 17%。

2) 在低围压下, 土体基本表现为稳定型或弱应变硬化型, 主应力差随着应变的增加而增长较慢, 土体强度在较小的轴向应变条件下就出现了峰值。随着围压的增大, 如当围压达到 400kPa 时, 土体表现出应变软化特性, 但软化程度较弱, 主应力差随着应变的增加而增长较快。

2.2 归一化结果与分析

对三轴试验结果得出的应力-应变关系应用上述的五种方法进行归一化处理。结果见图 2。



注: 横坐标表示轴向应变百分值, 纵坐标表示 $\epsilon_1/(\sigma_1-\sigma_3)$ 与归一化因子 $[\sigma]$ 的乘积。

图2 归一化结果

Fig.2 The result of normalization

从图2可以看出,方法1和方法2的归一化效果都不太理想。存在较高的离散性,无法对邯郸粉质粘土的应力-应变关系进行很好的拟合。方法3高围压状态下有着很好的的归一化特性,但是在低围压100kPa的时候无法与高围压的状态一起进行归一化处理。

方法4和方法5显然有着较好的归一化结果,但相比之下方法5的处理效果最好,拟合曲线如式(3)所示。

$$\frac{\epsilon_1(\sigma_m)^n}{\sigma_1 - \sigma_3} = 0.0424 + 0.0164\epsilon_1 \quad (8)$$

回归平方和与总离均差平方和之比 $R^2 = 0.991$ 。

由式(2)要使 $\frac{\epsilon_1[\sigma]}{\sigma - \sigma_3}$ 与 ϵ_1 有良好的线性关系,

那么 $a[\sigma]$ 应为一个定值,及 $\frac{[\sigma]}{E_i}$ 同比例增长,同时

$$b[\sigma] = \frac{[\sigma]}{(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}}$$

(下转第43页)

可见的建筑、环境和可意象的校园空间感受充满诗情画意的校园。从规划上应注意以下几点:首先功能的集中式布局不仅适应了教育改革学科发展的综合化需要,为不同学科的渗透沟通创造了条件,而且强化了功能组成的有机性。这样相对集中而空余的土地,可以用作发展园林绿地、活动场地等。建筑集中布局还可以节省设备管线、道路的投资,提高设施的利用率,因而具有明显的经济效益。其次,功能分区的核心问题是组织好校园内外的各种人流、车流。扩展步行系统,减少汽车污染,做到人车分流,互不干扰是校园交通设计的关键,也是校园静谧质朴的必然选择。

(上接第39页)

根据 Ducan 等^[8]的研究, E_i 与围压 σ_3 的关系可用 Janbu 公式表示为

$$E_i = K_i p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n$$

因此用 $([\sigma])^n$ 做归一化因子可以使许多 n 不等于 1.0 的土同样取得很好的归一化效果。

3 结论

1) 邯郸粉质粘土在固结不排水条件下, 应力-应变关系呈现典型的双曲线关系。在低围压下, 土体表现出稳定型或弱应变硬化型; 在高围压下, 土体呈现出弱应变软化型。

2) 用 $(\sigma_m)^n$ 做归一化因子, 使邯郸粉质粘土具有良好的归一化特性。运用标准归一化因子所建立的邯郸粉质粘土在固结不排水条件下的应力-应变关系方程(式 8), 能够对其在固结不排水三轴剪切作用下, 在不同围压下的应力-应变关系进行很好地预测。

参考文献:

[1] 殷宗泽. 土工原理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社,

参考文献:

- [1] 张岱年, 方克立. 中国文化概论 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1994.
- [2] 陈从周. 园林清议 [M]. 南京: 江苏文艺出版社, 2005.
- [3] 杨明, 王国义. 当代中小校园规划建设理念与实践 [J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2007(7): 265-268.
- [4] 张建华, 刘建军. 对当今大学新校园规划设计中若干问题的思考 [J]. 城市规划, 2005(3): 80-83.
- [5] 周博. 人道的栖居 [J]. 读书, 2008(10): 155-163.

(责任编辑 刘存英)

2007.

- [2] 李作勤. 黏土归一化性状的分析 [J]. 岩土工程学报, 1987, 9(5): 67-75.
- [3] 史三元, 李群, 刘德乾. 邯郸市粉质粘土邓肯-张模型参数试验研究 [J]. 河北建筑科技学院学报, 2006, 23(2): 1-3.
- [4] 张勇, 孔令伟, 孟庆山. 武汉软土固结不排水应力-应变归一化特性分析 [J]. 岩土力学, 2006, 27(9): 1509-1518.
- [5] PAWLAK Z. Rough sets [J]. International Journal of Information and Computer Science, 1982 (11): 341-356.
- [6] 周庆敏, 李永生, 殷晨波. 粗糙集的知识获取及其应用 [J]. 苏州科技学院学报, 2003, 20(4): 9-13.
- [7] LADD C, FOOTT R, JSHIHARA K, et al. Stress-deformation and strength characteristics [C]. Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (Vol. 2), Tokyo, 1977: 421-440.
- [8] DUCAN J M, CHANG C Y. Nonlinear analysis of stress and strain in soils [J]. Soil Mech. & Found. div. ASCE, 1970 (5): 1625-1654.

(责任编辑 马立)

邯郸新近沉积饱和粉粘土本构归一性探讨

作者: [王晓磊](#), [李京涛](#), [WANG Xiao-lei](#), [LI Jing-tao](#)
作者单位: [河北工程大学土木工程学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26 (3)
被引用次数: 2次

参考文献(8条)

1. [殷宗泽](#) [土工原理](#) 2007
2. [李作勤](#) [黏土归一化性状的分析](#) 1987(05)
3. [史三元](#); [李群](#); [刘德乾](#) [邯郸市粉质粘土邓肯-张模型参数试验研究](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2006(02)
4. [张勇](#); [孔令伟](#); [孟庆山](#) [武汉软土固结不排水应力-应变归一化特性分析](#)[期刊论文]-[岩土力学](#) 2006(09)
5. [PAWLAK Z](#) [Rough sets](#) 1982(11)
6. [周庆敏](#); [李永生](#); [殷展波](#) [粗糙集的知识获取及其应用](#)[期刊论文]-[苏州科技学院学报\(自然科学版\)](#) 2003(04)
7. [LADD C](#); [FOOTT R](#); [JSHIHARA K](#) [Stria-deformation and strength characteristics](#) 1977
8. [DUCAN J M](#); [CHANG C Y](#) [Nonlinear analysis of stress and strain in soils](#) 1970(05)

引证文献(2条)

1. [刘历波](#), [王晓磊](#), [史三元](#) [基坑开挖过程中地下水渗流数值模拟](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2013(3)
2. [赵鑫](#), [陈学军](#), [王经](#), [王经国](#) [桂林粘土应力-应变关系归一化性状研究](#)[期刊论文]-[建筑科学](#) 2011(1)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200903010.aspx