

粉土物理性质界限划分及承载力特征值修正系数的探讨

王庆来*, 张宝藏

(河北建设勘察研究院有限公司, 河北 石家庄 050031)

摘 要: 在分析大量区域性原始土工试验数据、原位测试数据及相关成果的基础上, 对可信度较高的一级土样数据进行了分析, 寻找自然沉积粉土的物理性质规律及其与工程中力学特性的对照关系, 为利于地层划分的合理性, 给出粉土密实度、湿度的划分界限, 并对粉土承载力特征值修正系数进行相应分析探讨。

关键词: 粉土; 密实度; 湿度; 划分界限; 承载力特征值修正系数; 探讨

1 前 言

在现行规范^[1]中给出了粉土密实度、湿度的划分界限, 在规范^[2]中同时给出了粉土承载力特征值修正系数。在实际工程应用中, 由于多种原因导致粉土分层的适当, 在不同地方工程使用上产生了分歧。

本文为探讨粉土密实度、湿度划分界限的合理性, 在分析大量区域性原始土工试验数据、原位测试数据及相关成果的基础上, 对可信度较高的一级土样数据进行了分析, 寻找自然沉积粉土物理性质规律及其与工程中力学特性的对照关系, 为利于地层的划分合理, 给出粉土密实度、湿度 (含水量) 的划分界限, 并进行粉土承载力特征值修正系数的相应分析探讨。

当然自然界中粉土的客观界限不可能是一个固定值, 应是呈波动性的, 因此本文给出的界限值是对客观界限值的一种近似的反映。按本文给定界限值划分工程地层时, 宜分析自然沉积粉土的规律并进行适当的调整, 以真实地揭示自然地层规律、正确地反映地层的岩土工程参数可靠性。

2 粉土概念的界定及特性

工程界将自然界中粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量不超过全重的 50%, 塑性指数 I_p 不大于 10 的土定义为粉土。

在现行规范^[1]中砂土按颗粒级配划分, 其下限粉砂定义为粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过全重的 50% 且小于全重的 85%; 粘性土按塑性指数划分定义为塑性指数 I_p 大于 10 的土。而粉土介于砂土与粘性土之间。

粉土组成主要以粉粒为主, 粉粒分界粒径为 0.075~0.005 mm, 又细分为粗粉粒 0.075~0.01 mm、细粉粒 0.01~0.005 mm; 粉粒主要矿物组成为难溶盐、伊利石、高岭石、云母、长石、少量石英等, 表现为水稳性好。

相关资料^[4]对粉土又细分为: 砂质粉土为粒径小于 0.005 mm 的颗粒含量不超过全重 10%, 其性质近于粉砂, 一般压密性较砂土差, 颗粒间摩阻力较砂土弱、粘聚力较砂土强; 粘质粉土为粒径小于 0.005 mm 的颗粒含量超过全重 10%, 颗粒间摩阻力较粘性土强, 粘聚力较粘性土弱, 据总结土工试验资料表明, 该类粉土试验表征塑性指数在 8~11 之间时, 液限值在 23~29 之间、塑限值在 13~18 之间。

由以上分析表明, 粉土作为一种介于砂土与粘性土之间力学特性具有过渡性变化的土质, 且其在工程中占有很大的比例, 对粉土物理力学性质分析的可靠性是很重要的。

3 粉土物理性质指标的分析

3.1 粉土主控物理性质指标的确定

在工程分析中找出主控指标并按其特征界限进行地层的划分可实现同类土地层划分的统一性及对照性。

在对同一地区土层指标分析可以表明固结程度不同其工程特性是不同的, 土工试验资料又表明固结程度不同的同类土其具有不同的干密度, 其表现指标表现在干密度、孔隙比上, 按干密度 (表现在孔隙比上) 划分同类土可揭示其工程特性规律, 在砂土中表现不

* 收稿日期: 2007-07-10

作者简介: 王庆来 (1968—), 男, 高级工程师, 注册土木工程师 (岩土), 从事岩土工程勘察设计及信息处理工作。

同的密实度,在粘性土中表现不同的固结度,并同时给出了其按孔隙比进行密实度的划分方法,因此看出孔隙比在工程使用中是作为主控指标采纳的。工程界主要采用孔隙比表述不同岩性土的物理性状指标,因此将干密度(孔隙比)作为粉土的物理性质主控指标进行分析。

3.2 粉土密实度的划分分析

文献^{[1][4]}对砂土密实度划分为密实、中密、稍密、松散,基本上代表了自然界地层的存在状态,满足了工程的需要,其中对细砂粉砂的划分界限按孔隙比划分为小于0.70为密实、0.70~0.85为中密、0.85~0.95为稍密、大于0.95为松散;文献^[2]中存在针对粘性土孔隙 e 、液性指数 I_L 在0.85界限时的对承载力特征值修正系数的变化给定;由此可以看出孔隙比的界限反映粉土工程特性的潜在规律。

粉土属于粉砂与粘性土之间的过渡性土类,因此按自然规律应存在其界限的潜在规律。按逻辑推理、自然存在的粉土状态及现状工程数据分析,粉土也一定存在性状划分的合理性。

从以上资料线索出发,我们对自然界中取得的粉土一级土样试验参数进行分析,在尝试多种孔隙比界限值的划分结果后,实际表明粉土的密实度划分按小于0.70为密实、0.70~0.85为中密、0.85~0.95为稍密、大于0.95为松散进行划分较为合理,其可真实反映粉土的工程特性,按该划分结果进行工程设计参数的确定更趋附于合理性。

按上述分析粉土可划分为松散、稍密、中密、密实状态,其对应的孔隙比界限值为0.70、0.85、0.95,对应的干容重级别为大于 1.58 g/cm^3 、 1.47 g/cm^3 、 1.40 g/cm^3 。

3.3 粉土区域性可变主控物理性质指标的确定

为了揭示粉土的物理性质参数的区域性变化规律,首先从粉土形成的区域性地理位置及环境特征上入手进行分析:

沿海、南方地区、东部冲积平原区,由于大气降水充沛,且属于地表河流的汇集中区,因此属于环境水充沛区,地下水位浅,土层的含水量高,以饱和土为主。

华北地区、中部山前平原区,由于气候、地理、地形等综合形成的特殊位置,大气降水相对不充沛,又由于20世纪70年代以来近30多年的人工用水活动的影响,自然水量供给不足,至使该区地下水水位剧烈下降,现状水位埋深相对较深,因此工程建设涉及的地基土中土层含水量相对变低,形成非饱和土为主,浅层

10 m以内存在大量的粉土及新近堆积粉土,由于淋滤作用,土层中易形成少量的易溶盐胶结。

太行山脉一线山西、陕西以及西北地区,气候干旱常年降水少,地形地势位置较高,形成了特殊的地理位置,属于降水量少的地区,在长期的地质沉积环境中,大气环境中水的存在相对较少,因此工程建设涉及的地基土中土层含水量低,由于特殊气候下的淋滤作用,土层中主要以易溶盐胶结为主控因素,形成黄土类特征的土质,由于存在胶结物的结构控制,当缺少水的作用时,表现了从晚更新世至全新世的长期缓慢的固结过程,在缺少水的作用下固结至相应的密实度则需要较长的时间。

相同密实度状态下的粉土,当环境水的作用不同时,表现出含水量的不同及颗粒间的粘结力不同,自然状态下出现了黄土状土、非饱和土和饱和土类型,进而表现不同的压缩性及力学剪切指标的变化,在实际工程中非饱和土、湿陷性黄土原位测试载荷试验确定的是现状环境条件下的承载力,例如黄土状土因含水量的变化试验测试所得承载力可相差30~40 kPa,低含水量条件下的中压缩性黄土状土显现湿陷性大,而工程使用运营过程所需要的承载力是较长的一段时间内保证正常工作的承载力,在一段较长时间内含水量的变化几率是较大的。

由以上分析表明粉土的区域性分类可概括分为:饱和土、非饱和土、黄土类土。形成这种差异性的主因是自然界水的作用形成的,相对于工程来说(工程使用期限一般在50年以上),由于自然环境的变化及人类活动离不开用水这一要素的存在,水是可变几率较高的因素,因此反映土层与水相关的物理性质指标含水量是一个可变因素几率较大的区域性主控指标。

由以上分析确定含水量是一个可变因素几率较大的区域性主控指标。

3.4 粉土含水量的划分分析

实际工程中,塑性指数作为粘性土的划分指标,同时进行液性指数的定义,当塑性指数大于10时,赋予了液性指数的反映工程意义的指标,其反应了土层含水量变化关系。当塑性指标小于等10时,定义为粉土,粉土土工试验计算得出的液性指数反映了粉土的表观性指标,工程使用中取消了这一指标的定义,直接给出了含水量作为粉土的划分土性界限的主控指标,实质上自然界中土层是一个渐变的过程,反映在指标上也是相互关系的,其性质的变化过程是渐变的,当粘性土与粉土相近时表现粘性土液性指数与粉土含水量

参数是具有内在相关性的。

根据收集的粉土物理性质数据分析表明,粉土的液限表观测定值在 24~30 之间,综合分析对照粉土的工程特性表明,当含水量在 25% 以上时,粉土显示了明显的现场振动水析特性变化,在粘性土与粉土的界限附近的土层其液性指数参数表现了软塑流塑特性,因此含水量为 25% 是一个较为明显的界限点。

当粉土含水量在 18% 以下时,反映在粘性土与粉土的界限附近的土层按液性指数参数划分表现了硬塑~坚硬的粘性土特性,现场观察分析表明粉土的不会表现振动水析特性,表现为粉土状或块状(干强度指)。

在含水量在 18%~25% 之间时表现为过渡状态。

对于粉土含水量大于 30% 的土在饱和土地区以外试验数据很少见,因此作为饱和土地区的指标。

由以上分析尝试进行粉土的含水量界限界定为:小于 18% 为稍湿、18%~25% 之间为湿、25%~30% 为很湿、30% 为饱和。

粉土按以上含水量进行划分避免了按液性指数定义不准确性的同时,又互映了粘性土的液性指数在坚硬~硬塑、可塑、软塑~流塑、流塑区间的界定,具有在岩性过渡区的粉土层划分的特性的连续性,可准地进行粉土工程特性的表述。

4 粉土物理性质指标划分界限

由以上分析给出粉土物理性质指标的划分界限如下:

首先由孔隙比大小划分粉土的密实度为 4 类,其次由含水量大小划分粉土的湿度为 4 类,见表 1。

粉土物理性质界限划分表 表 1

密实度	密实	中密	稍密	松散
孔隙比	<0.70	0.70~0.85	0.85~0.95	>0.95
湿度	稍湿	湿	很湿	饱和
含水量	<18%	18%~25%	25%~30%	>30%

5 粉土地基承载力深宽修正系数的探讨

据规范^[2]第 5.2.3 条可知地基承载力特征值可由载荷试验或其他原位测试、公式计算、并结合工程实践经验等方法综合确定。

据规范^[2]第 5.2.5 条可知地基承载力特征值由公式计算法进行确定考虑了基础的深宽修正问题。

据规范^[2]第 5.2.4 条可知当基础宽度大于 3 m 或埋置深度大于 0.5 m 时,从载荷试验或其他原位测试、经验值等方法确定的地基承载力特征值,尚应进行深

度宽度修正。

分析其内因可知第 5.2.4 条确定的地基承载力特征值应是归纳了原形试验及载荷试验后标准化的基础型式及埋深条件下的特征值,而按基础宽度不大于 3 m、埋置深度不大于 0.5 m 时确定有利于地方工程使用的通用性,因此通用的地基承载力特征值标准化了基础宽度埋置深度的因素。

对地基破坏机理分析表明,整体剪切破坏模式是在地基中从基础的一侧到另一侧形成连续的滑动面,基础四周的地面隆起,基础倾斜最后甚至倒塌,对于密实砂土、粉土和坚硬粘土等压缩性较小的土一般都发生这种破坏。而基础宽度与埋深的增加对阻止这种破坏是有利的,当实际基础宽度大于 3 m 埋置深度大于 0.5 m 时,宜考虑基础的深宽修正。

而对于局部剪切破坏、冲切剪切破坏模式,而基础宽度与埋深的增加对阻止其破坏效果不明显,宜削弱或不考虑基础的深宽修正,以有利于工程的安全。

由以上所述了解到规范^{[2]、[3]}给出了相应的土类的基础宽度、埋置深度的修正系数的来龙去脉。

规范^[2]中承载力修正系数见表 2。

地基承载力特征值修正系数 表 2

土的类型		η_b	η_d
淤泥和淤泥质土		0	1.0
人工填土 e 或 I_L 大于等于 0.85 的粘性土		0	1.0
红粘土	含水比 $\alpha_w > 0.8$	0	1.2
	含水比 $\alpha_w \leq 0.8$	0.15	1.4
大面积 压实填土	压实系数大于 0.95、粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0	1.5
	最大干密度大于 2.1 t/m^3 的级配砂石	0	2.0
粉土	粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0.3	1.5
	粘粒含量 $\rho_c < 10\%$ 的粉土	0.5	2.0
e 或 I_L 均小于 0.85 的粘性土		0.3	1.6
粉砂、细砂 (不饱湿与饱和时稍密状态)		2.0	3.0
		3.0	4.4
中砂、粗砂、砾砂和碎石土			

在规范^[3]中基础宽度和埋置深度的地基承载力修正系数表见表 3。

黄土地区承载力修正系数表 表 3

土的类型	有关物理指标	承载力修正系数 η_b	η_d
晚更新世 (Q_3)、全新世 (Q_4) 湿陷性黄土	$w \leq 24\%$ $w > 24\%$	0.20 0	1.25 1.10
新近堆积 (Q_4) 黄土		0	1.00
饱和黄土 ①②	e 及 I_L 都小于 0.85	0.20	1.25
	e 或 I_L 大于 0.85	0	1.10
	e 及 I_L 都不小于 1.00	0	1.00

注: ①只适用于 $I_L > 10$ 的饱和黄土

②饱和度 $S_r \geq 80\%$ 的晚更新世 (Q_3)、全新世 (Q_4) 黄土

按现行国家规范进行地基勘察及基础设计时,涉及到粉土地基承载力特征值深宽修正问题,但其给定粉土的修正系数值较单一,而许多地区又提出相关的地方经验,以适用于地方的工程应用,对其内在的规律有待研究。

根据上述粉土成因、密实度、含水量等因素分析表明,粉土孔隙比大于 0.85 时,密实度属稍密、松散状态,当其作为地基持力层时,基础破坏形式以局部剪切破坏、冲切剪切破坏模式为主;粉土孔隙比小于 0.85 时,密实度属中密、密实状态,当其作为地基持力层时,基础破坏形式以整体剪切破坏模式为主。本着工程安全的考虑,针对不同的基础破坏模式对地基承载力特征值深宽修正应予以适当调整。

由以上分析尝试给出粉土的承载力特征值修正系数见表 4。

粉土地基承载力特征值修正系数表			表 4
土的类别		η_b	η_d
粉土	粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$	$e > 0.85$	0
		$e < 0.85$	0.3
	粘粒含量 $\rho_c < 10\%$	$e > 0.85$	1.0~1.25
		$e < 0.85$	1.5

由本文给定的粉土地基承载力特征值修正系数与不同规范^{[2][3]}给定的承载力修正系数划分对比可以看出,本文给出的系数对饱和、非饱和及黄土状等不同的粉土类尝试了修正系数的统一,说明不同地区的修正系数是有一定的联系的。

6 结 论

据区域性多个地区的粉土试验数据分析,按本文粉土界限值进行合理的地层分层划分,并进行地基承载力特征值深宽修正具有一定规律性,可作为粉土地层划分的参考。

(1)土的干密实,可直观表现为孔隙比,其在工程中表现为在环境条件变化中为可变因素几率低的参数指标。

(2)含水量在工程中表现为一个可变因素几率高的参数指标。

(3)本文给出的粉土密实度、含水量划分界限,有利于粉土地层划分的统一性,参考使用可有利于地方规程建立。

(4)本文的尝试对粉土地层地基承载力特征值的修正系数具有区域对比性。

以上观点是在综合分析区域环境地质变化、相关规范对照的基础上,分析了沿海、中部山前平原及黄土高原区粉土的规律性得出的,由于资料的有限及分析的不充分,观点不妥之处敬请专家指正。

参考文献

- [1] GB50021 - 2001 岩土工程勘察规范.
- [2] GB50007 - 2002 建筑地基基础设计规范.
- [3] GB50025 - 2004 湿陷性黄土地区建筑规范.
- [4] 《工程地质手册》编委会. 工程地质手册 (第三版). 北京:中国建筑工业出版社, 1992

Physical Properties Division Limit and Ground Capacity Correction Coefficient Discussion of Silt Soil

Wang Qinglai, Zhang BaoCang

(Hebei Research Institute of Construction & Geotechnical Investigation Co. Ltd.; Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: The higher creditable silt soil sample data were analyzed in this paper, based on the analysis of a large number test data of regional silt soil, in-situ test results and related data. It is found out, the Regularity of physical properties of the natural deposition silt soil, and contrast of mechanical properties in engineering. According this, it is given, the division limits of density and humidity of the silt soil. Also, it is facilitated to demarcate stratigraphic boundaries. At the same time, it is discussed, the Ground capacity correction coefficient of silt soil.

Key words: silt soil; density; humidity; division limits; ground capacity correction coefficient; discussion