

某工程土的物理性质相关性分析

Mechanical Properties of a Project Related to Analysis

贾富舒

(徐州机电工程高等职业学校 采矿工程系, 江苏 徐州 221011)

【摘要】土的物理指标都是通过室内土工试验来获得的,物理性试验可以在短时间内完成,但是人为的误差还是存在的。为了更精确的测定土的各个物理性质指标,我们可以测出几个相对来说精度高的物理指标,再通过各指标之间的联系推算出其他物理指标,不失为一种有益的尝试。

【关键词】土;物理性质;相关性

【Abstract】We can get the physical indicators of soil through soil test in the room, physical test can be completed in a short period of time, However, human error still exists. For more accurate determination of soil physical properties of the various indicators, We can measure the relative accuracy of several physical indicators, and then through the linkages between the various indicators of other physical indicators of projected, and does not have the concrete functional relations.

【Key words】Soil; Physical properties; Correlation

0 引言

作为自然界中多相体系的土,其性质是千变万化的。在工程实践中,有重要意义的是固体相和液体相或气体相三相的比例关系、相互作用以及在外力作用下所表现出来的系列性质,即所谓土的物理性质和力学性质。土的物理性质实际是研究土中三相物质在质量与体积间的相互比例关系,以及固、液两相相互作用所表现出来的性质,前者称为土的基本物理性质,主要研究土的密实程度及土的干湿状况;后者反应固、液两相的相互作用,亦称为土的水理性质,主要研究土的稠度与塑性、土的膨胀性与收缩性、土的透水性及毛细性等。

土的物理力学指标测定在岩土工程中非常重要。常见的物理力学性质指标如表 1 所示。

表 1 土的常规物理力学指标

类别	指标	工程应用
物理性质	含水率 ω	土的基本参数计算
	密度 ρ	
	比重 G	
	孔隙比 e	
	可塑性	黏性土的分类,判定黏性土状态

土的物理指标都是通过室内土工试验来获得的,物理性试验可以在短时间内完成,但是认为的误差还是存在的,为了更精确的测定土的各个物理性质指标,我们可以测出几个相对来说精度高的物理指标,再通过各指标之间的联系推算出其他物理指标,不失为一种有益的尝试。

1 本论文的主要研究工作

本论文通过对松花江干流大顶子山航电枢纽土坝及副坝地区的工程地质勘察,取不同深度土样 533 个进行室内土工试验。针对该地区土的含水率、天然密度、颗粒、土粒密度(比重)、液塑限性、饱和渗透、饱和固结、饱和压缩。试验项目包括天然含水率、土粒密度、天然密度、颗粒分析、液塑限、饱和固结快剪、饱和固结压缩和渗透性等试验,其中饱和固结压缩试验要求加压到 400Kpa,提供 a_{1-3} 和 E_{1-3} 的数值。根据试验得到的各项指标进行相关性分析,运用统计矩阵法、回归分析法等,进行物理性质指标相关性研究,如含水率与孔隙比的相关性研究,液限与塑性指数的相关性研究,塑限与液限的相关性研究。

2 物理性质指标相关性研究

土的物理指标间是相互关联的,因此,当这些指标出来以后,可以将这些指标放到一起,进行综合的分析,从而对这些指标的准确性进行判别。比如,在有些成果中,会出现饱和度 $>100\%$ 的现象,这就说明,在某些实验数据中,存在误差或者错误,就需要根据实际情况进行调整,必要的情况下要重做实验。再如,本来在开土的时候,发现土是处在硬塑状态,而结果却是土处在流塑状态,这种情况下,一则说明含水量测定有问题;二则可能液限、塑限结果存在误差。大多数情况下,会是因为天然含水量不准造成土的状态确定不准。通过一系列对物理性质指标间关系统一分析,使得实验成果的精度进一步提高,为工程提供准确的数据。

本试验 533 个土样中有 6 个损坏,故在研究土的各项指标相关性时将这六组数据去掉。另外,为增加研究的可靠性,将试样中 115 组高液限粘土、63 组低液限粘土及 3 组砂土去掉,用剩下的 346 组数据进行相关性研究。

2.1 含水率与孔隙比的相关性研究

土的含水性是指土中含水情况,说明土的干湿程度,可用土中含水的质量来表示,也可用水充填孔隙的程度来表示。土中所含水分的质量与固体颗粒质量之比,称为土的含水率,也称为含水量,通常用百分比表示,在计算时则化为小数,表达式为:

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1)$$

土在天然状态下的含水率称天然含水率,它在很大程度上决定了土的力学性质。土的天然含水率,由于土层所处的自然条件(如水的补给条件、气候条件、距地下水面距离等)及土层孔隙发育程度的不同,数值差别很大。如近代沉积的某些结构疏松的粘性土,天然含水率可达 50%~200%,而全新世以前形成的粘土,经过了较长时间的压密,孔隙体积小,即使全部被水充满时天然含水率也可能小于 20%。一般砂土的天然含水率不超过 40%,常见值为 10%~30%。一般粘性土大多在 10%~80%之间,常见值为 20%~50%。

土的孔隙全部被水充满时的含水率称饱和含水率,用 ω_{sat} 表示,表达式为:

$$\omega_{sat} = \frac{V_v \cdot \rho_w}{m_s} \times 100\% \quad (2)$$

饱和含水率反映了土中孔隙充满液态水时的含水特征,也反映了孔隙体积的多少。粘性土饱水时体积将膨胀,孔隙体积随之改变,水的质量也相应改变,故粘性土饱和含水率不能实测,可通过其他指标计算得到;而无粘性土可以用灌水饱和的方法测定。

孔隙是土的重要结构特征之一。土的孔隙性主要是指土孔隙的大小、形状、分布特征、连通情况及总体积等。土的孔隙性主要取决于土的粒度成分和土粒排列的疏密程度。一般情况下,土颗粒愈大,颗粒均匀程度愈高,则土粒彼此间形成的孔隙愈大;反之,颗粒愈小,颗粒不均匀或细小颗粒充填在大孔隙中,则土的孔隙就愈小;土粒排列疏松的土中孔隙较结构紧密的土孔隙大。

孔隙率比 e 是土的孔隙体积与土粒体积之比,常用小数表示:

作者简介:贾富舒(1985.01—),女,山东梁山人,学士,研究工程地质方向。

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (3)$$

孔隙比的大小取决于土的结构状态,是表征土结构特征的重要指标。其数值愈大,表明土中孔隙体积愈多,土的结构愈疏松。反之,土的结构愈密实。一般情况下,孔隙比的常见值在 0.5~1.0 之间,粘土孔隙比有时可大于 1,而某些深海沉积的粘土孔隙比可超过 5.0。

图 1 是含水率与孔隙比的关系图。以含水率为横坐标,孔隙比为纵坐标,通过 Excel 电子表格整理数据,运用回归法拟合两者之间的关系。由图中各坐标点的分布情况可以看到,两者存在着线性关系。

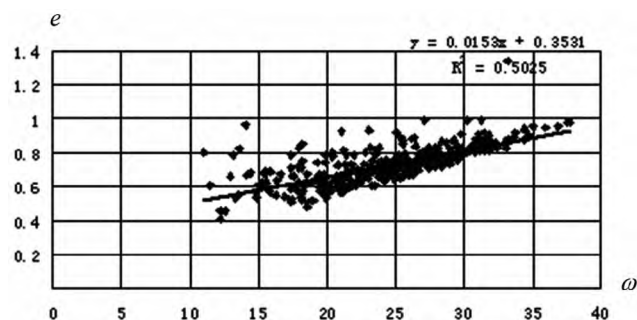


图 1 含水率与孔隙比的关系图

可得到其线性方程 $e = 0.0153\omega + 0.3531$ 。其趋势线的 R 平方值为 0.5025。即 $R = 0.709$, 根据公式:

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{D(X)D(Y)}} \quad (4)$$

$\rho_{x,y}$ 为相关系数, $D(X)D(Y)$ 为随机变量的方差。

可以得到相关系数 $\rho_{x,y} = 0.709$, 可以认为含水率与孔隙比的函数关系可靠性高,此关系式成立。

2.2 塑限与液限的相关性研究

细粒土,因土中水分在量和质方面的变化而明显地表现出不同的物理状态,具有不同的性质,如随着含水率从少到多,土可以由固态、半固态变为可塑态,最后变为流动状态。细粒土这种因含水率的变化而表现出的各种不同物理状态,称为细粒土的稠度。

土的不同稠度状态表明了由于含水量不同,土粒相对活动的难易程度或土粒间的连结强度。如当含水较少时,土处于固态或半固态,粒间连结牢固,力学强度较高,能抵抗较大外力;当水量增加到一定时,土变为塑态,土粒间连结减弱,在外力作用下易变形,且可被揉塑成任意形状而不破坏土粒间的连结;当含水很多时,土变为流动状态,此时土粒间连结极弱或者丧失连结,几乎丧失抵抗外力的能力,在重力作用下可流动,难以维持一定形状。随着含水率的变化,土由一种稠度状态转变为另一种稠度状态,相应于转变点的含水率称界限含水率,也称稠度界限。从半固态转变为塑态的转变点含水率称为塑限含水率 ω_p (也称塑性下限)。从粘塑态转变为粘流态的转变点含水率称为液限含水率 ω_L (也称塑性上限)。

图 2 是液限与塑限的关系图。以液限为横坐标,塑限为纵坐标,通过 Excel 电子表格整理数据,运用回归法拟合两者之间的关系。由图中各坐标点的分布情况可以看到,两者存在着线性关系。可得到其线性方程 $\omega_p = 0.4911\omega_L + 2.6872$ 。其趋势线的 R 平方值为 0.6152。即 $R = 0.784$, 根据公式(4),可以得到相关系数 $\rho_{x,y} = 0.784$, 因此可以认为塑限与液限的函数关系可靠性高,此关系式成立。

2.3 液限与塑性指数的相关性研究

当土的含水率在塑限和液限范围内时,土处于塑态稠度,具有可塑性,即土在外力作用下可以揉塑成任意形状而不破坏土粒间连结,并且在外力解除后也不恢复原来的形状,保持已有的变形,细粒土的这种性质称为可塑性。细粒土的可塑性主要是在含水率介于液限和塑限之间才表现出来的。因此,可塑性的高低可以由 ω_L 和 ω_p 这两个界限含水率的差值大小来反映,二者差值愈大,意味着细粒土处于塑态的含水率变化范围大,可塑性愈高,反之两者差值愈小,土的可塑性愈

低。将液限含水率和塑限含水率的差值称为塑性指数,应用时通常去掉百分符号,用 I_p 表示:

$$I_p = \omega_L - \omega_p \quad (5)$$

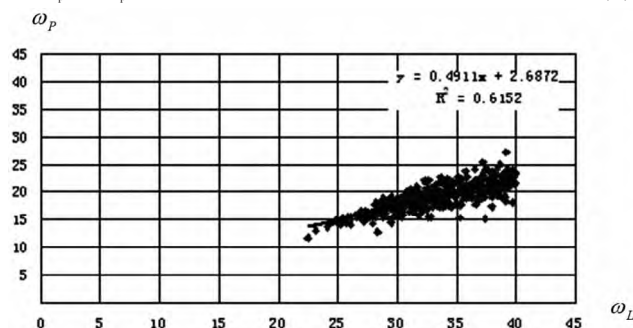


图 2 液限与塑限关系图

图 3 是液限与塑性指数的关系图。以液限为横坐标,塑性指数为纵坐标,通过 Excel 电子表格整理数据,运用回归法拟合两者之间的关系。由图中各坐标点的分布情况可以看到,两者存在着线性关系。可得到其线性方程 $I_p = 0.5089\omega_L - 2.6872$ 。

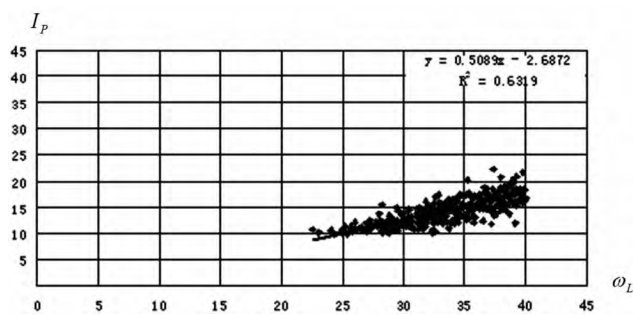


图 3 液限与塑性指数关系图

其趋势线的 R 平方值为 0.6319。即 $R = 0.795$, 根据公式(4),可以得到相关系数 $\rho_{x,y} = 0.795$, 由此可以认为液限与塑性指数的函数关系可靠性高,此关系式成立。

3 结论

笔者在本次调研中,得出如下结论:

- 1) 天然含水率与孔隙比的相关性很好,两者呈线性关系,其具体函数关系为 $e = 0.0153\omega + 0.3531$;
- 2) 塑限与液限的相关性很好,两者呈线性关系,其具体函数关系为 $\omega_p = 0.4911\omega_L + 2.6872$;
- 3) 液限与塑性指数的相关性很好,两者呈线性关系,其具体函数关系为 $I_p = 0.5089\omega_L - 2.6872$ 。

【参考文献】

- [1] 米切尔 JK. 岩土工程土性分析原理[M]. 南京: 南京工学院出版社, 1988.
- [2] SEED H B, WOODWARD R J, LUNDGREN R. Fundamental aspects of the atterberg limits[J]. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division. 1964, 90 (SM6): 75-105.
- [3] 包承纲. 谈岩土工程概率分析中的若干基本问题[J]. 岩土工程学报, 1989, 11 (4): 94-98.
- [4] 包承纲. 贝叶斯定理及其在三峡工程中的应用[J]. 人民长江, 1085, 16(1): 46-52.
- [5] TANG W H. A Bayesian evaluation of information engineering design, Statistics and Probability in Civil Engineering[M]. Hong Kong: Hong Kong University Press, 1972.

[责任编辑: 丁艳]