

黄土的饱和自重和饱和密度

张苏民

(机械工业部勘察研究院, 西安 710043)

【摘要】 在测定自重湿陷系数时, 计算黄土饱和自重所需的饱和密度, 根据土的天然含水量的经验估值可用所列公式或表得到, 其精度能满足工程要求。

【关键词】 黄土; 饱和自重; 饱和密度。

【Abstract】 When determining the coefficient of collapsibility for dead weight, the saturated density which is asked to calculate saturated dead weight of loess can be obtained from the formulae and tables, its precision can satisfy engineering demand

【Key words】 loess; saturated dead weight; saturated unit density

1 黄土的饱和自重

按照《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ25—90, 在测定自重湿陷系数 δ_s 时, 土样应在饱和自重压力作用下稳定后浸水。饱和自重压力 p_{sz} 可按按下式计算:

$$p_{sz} = g \sum_{i=1}^n \rho_{si} h_i \quad (1)$$

式中: p_{sz} ——该土样深度处上覆土饱和自重压力, kPa;

g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$;

n ——该深度范围内土的分层数;

ρ_{si} ——第 i 层土的饱和密度, g/cm^3 ;

h_i ——第 i 层土的厚度, m。

2 黄土的饱和密度

从式(1)可看到, 在计算饱和自重压力时, 决定性的土性指标是各上覆土层的饱和密度 ρ_{si} , 可按按下式算得:

$$\rho_{si} = \frac{\rho_{0i}}{1 + 0.01\omega_{0i}} \left[1 - \frac{0.01S_r}{G_{si}} \right] +$$

$$0.01S_r \rho_w, \text{g/cm}^3; \quad (2)$$

式中: ρ_{0i} ——第 i 层土的天然密度, g/cm^3 ;

ω_{0i} ——第 i 层土的天然含水量, %;

G_{si} ——第 i 层土的相对体积质量(比重);

S_r ——土层浸水饱和后的饱和度, %;

ρ_w ——水的密度, $\rho_w = 1.0 \text{ g/cm}^3$ 。

如果将黄土的 G_s 取值 2.71, 将 S_r 取值 85%, 则式(2)可简化写成:

$$\rho_s = \alpha \rho_0 + 0.85, \text{g/cm}^3; \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{0.686}{1 + 0.01\omega_0} \quad (4)$$

式中: ρ_s 、 ρ_0 和 ω_0 分别表示土的饱和密度, 天然密度和天然含水量, α 为黄土的饱和修正系数, 与天然含水量有关。

在实际工作中, 可以将式(3)、(4)两式列成表 1。

作者简介: 张苏民, 1933年生, 男, 1952年毕业于上海交通大学土木系, 主要从事地基勘察与研究。现为机械工业部勘察研究院顾问总工程师, 博士生导师、国家勘察大师, 《岩土工程技术》杂志副主编。

表1 黄土的饱和密度 ρ_s

ω_0 α	ρ_s												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
1.15	1.58	1.57											
1.20	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	$e_0 > 1.6$							
1.25	1.64	1.63	1.62	1.60	1.59	1.58	1.57						
1.30	1.68	1.66	1.65	1.63	1.62	1.61	1.59	1.58	1.57	1.56			
1.35	1.71	1.69	1.68	1.66	1.65	1.64	1.62	1.61	1.60	1.59	1.57		
1.40	1.74	1.72	1.71	1.69	1.68	1.66	1.65	1.64	1.63	1.61	1.60	1.59	
1.45	1.77	1.76	1.74	1.72	1.71	1.69	1.68	1.67	1.65	1.64	1.63	1.62	
1.50	1.80	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.71	1.69	1.68	1.67	1.65	1.64	
1.55	1.84	1.82	1.80	1.78	1.77	1.75	1.74	1.72	1.71	1.69	1.68	1.67	
1.60	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.77	1.75	1.74	1.72	1.71	1.70	
1.65	1.90	1.88	1.86	1.84	1.83	1.81	1.79	1.78	1.76	1.75	1.74	1.72	
1.70	1.93	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.79	1.78	1.76	1.75	
1.75	1.96	1.94	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.77	
1.80	1.99	1.97	1.95	1.93	1.92	1.90	1.88	1.86	1.85	1.83	1.82	1.80	
1.85	IV 2.00		1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.86			
1.90	$e_0 < 0.6$		2.01	1.99	1.97	1.96	1.94	1.92	1.90	$S_r > 85\%$			
1.95					2.00	1.98	1.97						

注: e_0 ——天然孔隙比

在进行室内土工试验时, 土的天然密度可以用环刀法直接测定, 而用烘干法测定天然含水量则需要较长时间才能得出结果, 使得在制备土样时, 不能当即计算土的饱和密度和饱和自重。所切取的环刀土样存放过久就很难严格保持其天然含水量不发生变化。黄土湿陷性对土的含水量极为敏感, 一般要求切取环刀后应及时进行湿陷性试验。为了解决上述矛盾, 我院试验室曾进行过研究并提出了“饱和重度经验推算值”^① 在生产中起到了保证试验质量, 提高工作效率的良好效

果。本文对此进一步作了研究。

3 用估计天然含水量计算饱和密度

如果在测定黄土天然密度 ρ_0 的同时, 能估计该土样的天然含水量 ω_0 , 就能从式(3)、(4)两式或表1得出相当于饱和度 $S_r = 85\%$ 时的饱和密度 ρ_s 。问题是这样得出的饱和密度是否可信。

根据误差传递理论, 天然含水量 ω_0 的估计误差 $\Delta\omega_0$ 对饱和密度 ρ_s 产生的可能误差 $\Delta\rho_s$ 为:

① 研究成果见: 张世荣. 推算湿陷性黄土的饱和重度. 机电勘察, 1992, (2): 11~15

$$\Delta\rho_s = \beta \cdot \Delta\omega_0 \quad (5)$$

$$\beta = \frac{\Delta\rho_s}{\Delta\omega_0} = - \frac{0.686\rho_0}{(1+0.01\omega_0)^2} \times 10^{-2} \quad (6)$$

式中: β —— 误差传递系数。

式(6)也可用图1所示的曲线族表示。可以看出,在大多数情况下 β 值变化在 $(0.6 \sim 1.0) \times 10^{-2}$ 之间。

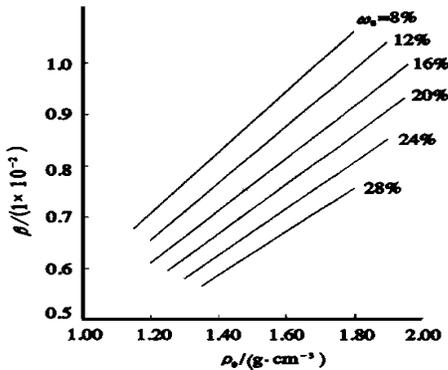


图1 $\Delta\omega_0$ 对 $\Delta\rho_s$ 的误差传递系数 β

在表1中,我们将表列数值用粗线划分为I、II、III、IV四个区域。它们各自反映了当饱和密度误差要求不超过同一限值(例如 $\Delta\rho_s \leq 0.02 \text{ g/cm}^3$)时,对于天然含水量估计误差 $\Delta\omega_0$ 的不同限值要求,如表2所示。

表2 天然含水量估计误差 $\Delta\omega_0$ 的限值
($\Delta\rho_s \leq 0.02 \text{ g/cm}^3$)

区域	I	II	III	IV
估计误差 $\Delta\omega_0/\%$	<3	<2.5	<2.0	<1.8

对于一般熟练的土工试验人员来说,黄土天然含水量的经验估计值与实测值之间的误差是能够满足表2所列的限值要求的。可以认为,只要黄土天然含水量的估计误差 $\Delta\omega_0$ 能满足表2的限值要求,根据经验估计的黄土天然含水量 ω_0 用表1就能查得相应的饱和密度 ρ_s ,其误差 $\Delta\rho_s$ 将在 0.02 g/cm^3 之内,其相对误差 $\Delta\rho_s/\rho_s$ 将不会超过 $0.010 \sim 0.013$ 。

4 结论

1) 在直接测定黄土天然密度 ρ_0 的同时,可凭经验得出其天然含水量的估计值 ω_0 ,根据(3)、(4)两式或表1便可即时得出相应的黄土饱和密度 ρ_s ,然后再按式(1)计算黄土的饱和自重,对于提高工作效率,缩短试验周期是很有利的。

2) 在使用表1时,如果天然含水量的估计误差 $\Delta\omega_0$ 能满足相应区域的限值要求(表2)时,查表得出的饱和密度的误差 $\Delta\rho_s$ 将在 0.02 g/cm^3 之内,影响到计算饱和自重的相对误差将不会超过 $0.010 \sim 0.013$,是能够满足工程要求的。

3) 根据对试验人员估计黄土天然含水量的误差统计,基本上都能达到表2所列的误差限值要求,因此可以认为本文所述方法是有实际意义的。

参 考 文 献

1 陕西省计划委员会. GB125—90湿陷性黄土地区建筑规范. 北京:中国计划出版社,1991

收稿日期:1999-01-29