

基坑支护设计中土的粘聚力和内摩擦角的取值方法分析

刘之葵

(桂林工学院 土木工程系, 广西 桂林 541004)

摘要 分析指出了在深基坑土压力计算中,对于不同的深基坑土层类型,应相应采用不同的固结排水条件剪切试验结果。

关键词 土压力;固结排水;剪切试验;内聚力;内摩擦角;深基坑支护

中图分类号: TU46⁺3 文献标识码: B 文章编号: 1000-3746(2001)01-0015-02

1 问题的提出

深基坑支护设计是当今岩土工程界热点与难点之一。深基坑支护设计的成败,不仅直接关系着工程建设的顺利进展,还与巨大的经济效益联系在一起,基坑支护与设计的费用,一般达数百万元。目前国内的深基坑支护设计正处在一个边实践、边总结、边提高的过程,有许多理论和方法有待于进一步提高和完善。

在深基坑支护设计中,深基坑土压力的计算是支护设计的根本依据和关键,而在土压力计算中,土体的粘聚力 c 、内摩擦角 φ 值又是最基本的参数。深基坑土体的 c 、 φ 值指标,可以因为固结排水条件不同而表现为不同的数值。例如,同一种饱和粘性土,在固结排水和固结不排水试验中表现为不同的内摩擦角,而在不固结不排水剪切试验中内摩擦角 $\varphi=0$ 。

人们为尽可能模拟工程中各种复杂的排水条件,在进行土体强度指标的 c 、 φ 值试验时,分为3种情况考虑,即三轴剪切试验的不固结不排水剪(UU)、固结不排水剪(CU)及固结排水剪(CD),与其相对应的直接剪切试验分别为快剪、固结快剪和慢剪。三轴剪切试验相对直剪试验更能模拟土体实际受力状况以及更能严格控制排水条件,因此,其结果更为可靠。而直剪试验由于存在诸多弊端正处于被淘汰的局面。

充分了解各种不同固结排水条件剪切的实质,在深基坑工程中显得尤为重要。正确选用合理的固结排水条件试验结果,是基坑支护设计成功的保证。但目前,在深基坑工程中,许多勘察人员有时拿不准针对具体的深基坑工程,提出合理的三轴剪切试验类型,即到底是要获得不固结不排水剪指标,还是固结不排水剪指标或固结排水剪指标,对此不是十分清楚。而有的基坑支护设计人员在计算土压力时,对勘察报告书中所提供的不同固结排水条件得出不同的 c 、 φ 值而感到棘手,不知如何选用。有时为保险安全起见而人为地取小值,造成浪费,或者走向另一面,酿成基坑垮塌事故。因此,弄清3种固结排水条件的本质及其在深基坑工程中的运用,实为必要。

2 目前支护结构设计中 c 、 φ 取值的通常办法及依据

在基坑工程支护设计中,人们比较流行用固结不排水剪 c 、 φ 值指标乘以0.7折减系数的办法。经验表明,许多基坑支护设计采用此法获得了成功,但也发生了一些基坑垮塌事故或造成很大的浪费。

基坑土体一般都有一定的原始固结度(软土和新近堆积土除外)基坑开挖一般是用机械开挖,速度较快,土中孔隙水来不及排出,因此,采用固结不排水剪 c 、 φ 指标是可以理解的。但其指标一般不直接采用,通常是乘以一个经验折减系数后再采用,依据是:

(1) 当今所采用的直接剪切仪,不能模拟土体的实际受力状态,不能严格控制排水条件,人为规定剪切破坏面,等等诸多因素,使得其试验结果偏大。

即使是三轴剪切仪克服了直剪仪的诸多弊端,但它也不能像真三轴仪那样完全模拟土体的受力状况,其采用的围压 $\sigma_2=\sigma_3$,而实际情况 $\sigma_2\neq\sigma_3$,使试验结果与实际相比仍有误差。

(2) 在试验过程中,基坑开挖侧壁土体的应力路径与常规三轴试验的加荷方式、受力次序相反。

(3) 在试验过程中,有时忽略土样的应力历史(前期固结压力 P_{cm})。

(4) 取样扰动,运样振动,将破坏土样的天然状态,而影响其试验结果。

(5) 在基坑支护结构设计中, c 、 φ 值最主要的获取途径是室内土工试验,另外的途径是原位十字板剪切试验,而十字板试验只提供土体的不排水剪 c_u 值($\varphi=0$),此时,土体的朗肯主动土压力系数等于朗肯被动土压力系数,对基坑支护设计不太适用。如果室内试验的 c 、 φ 值与实际有误差(不可避免),没有其它办法测出 c 、 φ 值加以比较,也难以发现和判断,其带来的后果是严重的基坑事故,这就使人们对试验结果持慎重态度,依据工程经验乘以折减系数加以避免。

而工民建基础工程则不同,它的试验结果可以不折减而直接采用。因为其 c 、 φ 值主要是用来计算地基土承载力,除此之外,还有野外标贯试验、载荷试验、静探试验,依据室内试验的含水量 ω 、孔隙比 e 、液性指数 I_L 等查表,经验等等诸

多方法综合确定。即使 c 、 φ 值指标有一些出入,对提供地基土承载力影响不大。

实际上,室内试验结果与实际相比,有可能偏大,也有可能偏小,一般难以判断,只有乘以一个折减系数来保证基坑支护设计的安全。当试验比实际值偏小时,再乘以一个折减系数,其结果是更趋于保守,这就是常发现实测土压力比计算土压力小很多的重要原因之一;当试验结果比实际值偏大时,这时乘以一个折减系数,可使基坑支护获得成功,但如果乘了折减系数以后,还不能弥补试验偏差时,将酿成基坑垮塌事故,这种例子也常见。

在深基坑压力计算中,应该根据场地土层的结构构造、分布、土体渗透性、场地地下水状况、基坑开挖方式等等诸多因素综合考虑,采用相应适宜的固结排水条件剪切试验 c 、 φ 值结果。

3 不固结不排水剪

我国沿海地区广泛分布厚层海相淤泥、淤泥质土等软土,这些软土孔隙比大($e=1\sim 3$),弱透水性(渗透系数 $k=10^{-6}\sim 10^{-8}$ cm/s)。这类土往往是形成深基坑土压力的主要土层。对于这类土层的深基坑的支护设计(c 、 φ 值选取及土压力计算),有的工程设计人员常习惯采用固结不排水剪试验结果乘以 0.7 的系数,结果在很多情况下得出的土压力比实际值小,造成基坑垮塌。在这些地区,由于基坑开挖一般都用机械施工,速度快,基坑中水来不及排出。所以软土地区基坑土体 c 、 φ 值应选用不固结不排水剪指标,同时应注意:

(1) 软土在进行不固结不排水试验前,应在自重应力下进行预固结。这样可避免土样扰动给试验结果带来的影响,使土样尽可能恢复原来的应力状态。如深圳市在进行基坑支护结构设计时,对软土先进行预固结处理,再作剪切试验获取 c 、 φ 值,并且很成功。但目前试验人员进行不固结不排水剪试验时,通常忽略这一点,没对试样进行预固结,使 c 、 φ 值指标偏小,给设计带来困难。

(2) 采用合理的固结度。不同的固结度,其试验结果不同,同一土样,固结度越高,强度也越大。沿海有些地区,其饱和软粘土沉积时间不太长,原始固结度并不高,如果仍采用 100% 的固结度,其强度将偏大,设计偏于危险。我们知道,土层的固结度可表示为 $U=1-U_d/U_0$ (U_d 为当前孔隙水压力, U_0 为最初孔隙水压力),如果能测得孔隙水压力 U_d ,就能算出土体的原始固结度。

因此,现有的《土工试验规程》有关不固结不排水剪的内容,建议增加一条:“对软土进行不固结不排水剪试验,其试验前应对软土进行自重应力下的预固结,所采用的固结度应根据土层的原始固结程度相应确定。”

4 固结不排水剪

目前,国内绝大部分基坑支护结构设计人员在进行深基坑土压力计算时,都是采用固结不排水剪所得出的 c 、 φ 值指标作为设计的依据。从理论上分析,固结不排水剪指标适用除软土以外的其它大部分土层。其道理很简单,基坑开挖用机械施工,速度较慢,土中水来不及排出,用不排水剪;另外,

土体本身有一定的固结(除软土或新近堆积土外),所以综合得出用固结不排水剪试验是符合实际的。各地对用固结不排水剪指标 c 、 φ 值的取用折减标准应该不一样,不能一概地用乘以 0.7 折减系数的办法。

所用折减系数的大小,除了要考虑前面所述的 5 点土工试验因素外,还应考虑基坑土体的渗透性、地下水情况、施工速度、基坑降(排)水时间等因素。

(1) 渗透性:基坑土体渗透系数相对较小时,土体的固结度不一定达到 100%,如此时采用固结不排水剪指标,可适当考虑折减其值。

(2) 场地地下水:如果场地无地下水,或在基坑降水后期,或者对于粉土、粉砂等,其固结程度相对较高,在考虑折减时就应少折减一些。反之,应相对折减多一些。

(3) 施工速度:基坑施工慢,基坑土体允许有较长时间的排水固结,那么应折减少一点,如系机械化快速施工,则折减要多一点。

5 固结排水剪

固结排水剪结果 c_d 、 φ_d 值与固结不排水剪的有效应力 c' 、 φ' 值非常接近(理论上相等),由于试验时间较长,成本较高,工程中一般用得不多。

对深基坑工程而言,基坑土层为粉土、粉、细砂等透水性好的土层,如长江两岸的武汉等地区,以及桂林漓江两岸部分范围的粉土、粉、细砂层,均可采用固结排水剪的指标 c_d 、 φ_d 值,但要求基坑开挖速度慢或人工开挖,其 c_d 、 φ_d 值结果与实际情况才较吻合。

6 结语

(1) 固结排水条件不同,深基坑土体的剪切试验指标 c 、 φ 值不同。

(2) 不固结不排水剪试验结果一般用于固结程度不高、弱透水性的软粘性土地区的基坑设计。在进行剪切试验前,一般应在自重应力下进行适当的预固结。

(3) 固结不排水剪试验结果可用于进行除弱软土、砂土以外的绝大部分土层的基坑支护设计。其指标结果是否折减或折减多少,需根据各地场地土层的渗透性、地下水及施工速度等因素综合而定,并不采用通常乘以 0.7 折减系数的习惯做法。

(4) 固结排水剪试验结果主要用于粉土、粉细砂等透水性较好的深基坑土层。

参考文献:

- [1] 唐大雄,孙懋文.工程岩土学[M].北京:地质出版社,1987.
- [2] DT-82,土工试验规程[S].
- [3] YSJ 225-92, YBJ 42-92,土工试验规程[S].
- [4] 三木五三郎.日本土工试验法[M].北京:中国铁道出版社,1985.
- [5] 赵锡宏,陈志明,胡中雄.高层建筑深基坑围护工程实践与分析[M].上海:同济大学出版社,1997.
- [6] Ming-Fang Chang. Lateral earth pressures behind rotating walls[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1997, 34(4): 498-509.