

文章编号: 0451-0712(2001)03-0041-02

中图分类号: U41

文献标识码: B

动力排水固结设计与施工监控

王建荣, 潘兼荣

(深圳市宝安区城市建设投资发展公司 深圳市 518101)

摘 要: 文中主要介绍动力排水固结的特点, 并给出该法的设计原则和固结度计算方法。

关键词: 动力排水固结; 设计; 施工

1 动力排水固结法的特点

动力排水固结法是动力固结法与堆载预压法结合对软土进行加固的方法。与强夯法不同之处在于动力排水固结法强调软土的排水固结特性。软土由于其含水量高、高孔隙比、低强度和易流动等特点, 不可能象粗颗粒土那样在强夯后迅速提高其承载力和压缩模量, 过量夯击将产生大量剪切变形和侧向挤出破坏, 甚至会产生“橡皮土”现象。软土性质的改善取决于孔隙水压力能否迅速消散, 孔隙水能否迅速排出, 以及软土不被过分扰动而破坏其微结构。因此, 动力排水固结法强调排水体的设置, 即采用该法时应首先按排水固结法在软土中设立竖向排水体(如塑料排水板、袋装砂井等)和水平排水体(如砂垫层、盲沟、集水井等), 并强调及时用水泵强制排水与强夯法的另一个不同之处在于对夯击能的使用方面。强夯法通常先加固深层土再加固浅层土, 最后用低能量满夯加固表层土。而动力排水固结法则先加固浅层软土, 待浅层排水固结强度有所提高后, 再逐渐加大能量, 以加固深层软土。

该法的另一特点是强调动静荷载的联合使用, 此法要求有一定厚度的回填土作静载, 因为只有当软土上有一定静固结压力(即静载)时, 强夯才能激发较高的动孔隙水压力且不至于使软土产生大量挤出破坏。动、静荷载相辅相成, 互相激发, 其作用不是两者的简单叠加。动力排水固结法还有另一特点, 就是强调现场监控, 实行信息化施工。

2 动力排水固结法的监控方法

由于软土多变, 除精心设计及精心施工外, 实施

以现场为主, 室内试验为辅的监控方法是必要的。

2.1 孔隙水压力观测

观测强夯在软土不同深度产生的动孔隙水压力的大小和消散过程, 可以测到强夯影响深度。同时可用控制夯击之间的间隔时间, 当 u_d 消散 85% 以后可进行下一遍夯击。

2.2 沉降与边桩位移观测

通过对软土表层设沉降观测板, 可以掌握软土沉降与时间关系, 从而控制整个施工进度, 推算软土固结度, 判断加固效果。此外, 尚应在软土不同深度埋设沉降磁杯或沉降块, 以观测软土分层沉降值。

在现场四周设置边桩观测点, 可以防止加载速度过快而造成的失稳破坏。另外, 在试夯区设置测斜杆, 每次试夯时监测各土层水平向位移, 这对于防止软土在夯击时大量水平挤出破坏是有益的。

2.3 现场十字板剪切和静力触探试验

在加固前和加固后大量进行现场十字板剪切和静力触探试验, 以便及时调整施工参数, 了解加固效果。此外, 在整个加固过程中随时取土样了解软土的含水量和孔隙比的变化, 这对于了解软土加固效果是非常有益的。通过以上的现场监测和室内土工试验, 可有效地控制施工进度, 适时调整施工参数, 及时了解加固效果, 避免盲目施工带来的工程失误。

3 动力排水固结法的设计

动力排水固结法集强夯法和排水固结等方法的优点, 在设计时主要考虑: ①排水体的设计; ②分级堆载的高度; ③强夯参数的选取。

3.1 排水体的设计

水平排水体通常由砂垫层、排水盲沟等组成。砂垫层一般要求用透水性好的中粗砂,含泥量应小于3%~5%,砂垫层厚度应 ≥ 50 cm,盲沟间距一般为20~30 m,在纵横盲沟交汇处设置集水井,用水泵降水,必须保证加固期间加固区域内地下水位不上升,并使地下水位在砂垫层底面以下。

垂直排水体可用袋装砂井,更好的办法是,插入塑料排水板,后者便于机械化快速施工,短时间内能完成大面积软基处理任务,加上静力放插可减小对淤泥的扰动,增强排水效果。塑料排水板适应地基变形能力较强,当在其上施加动载时,不会发生折断或破裂而丧失透水性能的事故。

排水板间距应根据沉降和软土固结度验算后确定,一般为0.8~1.5 m,常用1.0~1.2 m。

对于动孔隙水压力 u_d 所引起的固结度计算,把它与超静孔压消散引起的固结计算认为是相似的,则模仿超静孔压固结度推导方法,很容易导出由动孔隙水压力 u_d 引起的固结度 u_{rd} 为:

$$\bar{D}_{u_{rd}} = 1 - \frac{32 + (16\pi - 32)\alpha}{(1 + \alpha)\pi^3} \exp(-\pi^2 T_h / 4)$$

式中: $T_h = C_v t / H^2$ 为时间因子; $\alpha = u_{d2} / u_{d1}$ = 软土顶面动孔压/软土底面动孔压。

如果认为固结沉降值是可以叠加就可求得软土的平均固结度。

3.2 分级堆载的高度

分级堆载高度的确定原则是:在满足软土地基稳定前提条件下尽快将回填土填至设计标高,以使软土满荷载预压时间尽可能长,珠海三角洲地区围海造地或池塘、江河滩地改造工程中,通常要求在软土上回填3.0~6.0 m厚或者更厚的土作为第一级静荷载,然后在第一级填土地基上进行强夯,对软土施加动载。通常强夯2~6遍,再填下一层土,每次填土后均强夯,随填土厚度的增加而加大。

3.3 强夯参数的选取

参数的选取应考虑两方面的因素:①应给软土施加充分的动载,使土中动孔隙水压力 u_d 大幅度增长;②要避免过高夯击能使软土大量隆起或水平挤出,即避免过分扰动和破坏土的结构。以前认为强夯应彻底破坏土的结构,使土产生液化,然后再排水固结,触变恢复。这样做不妥,至少在细粒软土中不宜采用这个思路。因为软土灵敏度高,结构严重破坏后其强度将难以恢复,充分扰动后其渗透性下降,反而不利于排水固结。

基于以上分析,一般第一级击能为1 000~1 500 kN·m,以后可逐渐加大到3 000~5 000 kN·m。几个工地实测 u_d 可达30~70 kPa,10 d左右动孔压可消散80%以上。此后再逐渐加大能量,一方面软土强度已有所提高,另一方面软土已承受了一次动荷载,故只要增加幅度不是太大,更关键的是单点击数少,并不会造成过量的水平挤出,于是强夯能量得以向深层传递。

我国地基处理规范中要求最后2击平均夯沉量小于5~10 cm,这在软土中难以达到。按此标准可能导致单点击数很大甚至无法收锤,而且极有可能夯成“橡皮土”而导致工程失败。也有的建议在饱和粘土中以孔隙水压力上升值小于土体自重应力进行控制,但因强夯产生孔压在土中随深度递增,以哪一点作为控制为好?从几个工程实例中总结出:

①当软土层上覆填土较薄时(小于2.0 m),以夯坑深度进行控制,一般夯坑深小于80~100 cm;②当软土层较厚时,实测每击夯沉量,当 n 击后,连续两次后一击夯沉量比前一击更大,则单点击数定为 n 击。因为夯沉量没有减少反而加大的原因是土体水平挤出,而且可能垂直压缩量小于水平挤出时,反映软土的扰动已十分严重,应立即停夯;③如果试夯时发现第 n 击邻近测点各个深度孔压不增甚至为负值时,应停夯。因为动孔压不再上升时,再夯也是无益的。

满足以上任何一条即停止夯击,以便确定该点停夯标准。单点击数虽受到限制,而夯击遍数则可增加,用反复多遍的方法来保证软土的充分排水固结。如果多遍夯击后仍达不到预期效果,宜考虑加密排水板距离,加强降排水等措施来改善排水固结的效果,这可减少夯击遍数,加快施工进度。以上各项初选的参数均应根据监测结果及时进行调整,以确保加固效果。应指出的是,以下3种情况不宜使用动力固结排水法:①当淤泥厚度大于10 m时;②当粘粒(粒径小于0.005 mm)占25%以上(以重量计)时;③当淤泥含量大于80%或用于新填的淤泥土时。

当软土厚度不大于5~10 m,且透水性较好(如淤泥质砂土)时用该法可取得良好的加固效果。

参考文献:

- [1] 丘建金,张旷成. 动力排水固结法在软基加固工程中的应用. 工程勘察,1995(6).
- [2] 钱家欢等. 动力固结的理论与实践. 岩土工程学报,1986,8(6).