

强夯法处理可液化地基施工实践

王相印

(河北省廊坊市城乡规划设计院,河北 廊坊 065000)

摘要:地基液化是高地震烈度区影响地基稳定性的重要因素之一,是引起构筑物破坏的主要形式。通过工程实例说明采用强夯法处理可液化地基,可有效消除液化,提高地基承载力。

关键词:液化地基;强夯;地基处理

中图分类号: TU472.3⁺1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2007)06-0043-01

采用强夯法处理可液化地基,除可提高地基土承载力外,还可有效地消除液化,因而强夯法在处理可液化地基中的应用越来越广泛。最近,河北省廊坊市污水处理厂工程应用该工法成功处理了中等可液化地基,将地基承载力提高了 62.5%。

1 工程概况

河北省廊坊市污水处理厂项目所在地处于华北平原北部,地貌单元少,形态简单,地形特征为西北高东南低,地下水丰富,最高地下水位埋深 0.65 m。地层属中软土,建筑场地类别为Ⅲ类,地震基本烈度为Ⅷ度,基底为饱和砂土,层厚 6.4 m,孔隙比为 0.875。地震基本烈度为Ⅷ度时,液化指数为 12.2,场地地基土将发生中等液化,如果处理不好,可能造成基础倾斜,甚至破坏。我们通过认真比较处理地基液化的方案,选用了强夯法加固地基方法。

2 可液化地基分析

所谓液化是指由于孔隙水压增加及有效应力降低而引起粒状材料(砂土、粉土甚至包括砾石)由固态转变成液态的过程。饱和砂土、粉土地基,由于土的孔隙中含有大量水分,地震时水分不能及时排出,引起孔隙压力上升,使土处于离散状态,即产生液化,从而使土丧失了承受上部荷载的能力,导致建筑物破坏。地震产生的大面积砂土液化危害极大,会引起房屋下沉、高耸建筑物倾斜、土坡滑动等灾难。地基土的液化与否对工程结构至关重要,当在液化地基上建造建筑物时,必须对地基采取有效的抗液化措施,较为经济的做法就是对液化地基进行加固处理,消散土中孔隙水压力,提高地基土的加密效应

和排水效应,从而达到消除液化、加固地基的目的。

影响液化主要有以下几个因素:(1)颗粒级配,包括粘粒、粉粒含量,平均粒径 d_{50} ;(2)透水性能;(3)相对密度;(4)结构;(5)饱和度;(6)动荷载,包括振幅、持时等。

3 强夯法消除地基液化施工参数

强夯法处理地基是 20 世纪 60 年代末 Menard 技术公司首先创立的,该方法将 80~400 kN 重锤从落距 6~40 m 自由落下,给地基以冲击和振动,使土体结构破坏,孔隙压缩,土体局部液化,通过裂缝排出孔隙水和气体,地基土在新的状况下固结,提高地基土的强度并降低其压缩性,从而提高承载能力。实践证明,用强夯法加固地基,一定要根据现场的地质条件和工程使用要求,正确选用强夯参数,一般通过试验来确定以下强夯参数。

(1)有效加固深度:有效加固深度既是选择地基处理方法的重要依据,又反映了处理效果。

(2)单击夯击能:单击夯击能 = 锤重 × 落距。

(3)最佳夯击能:从理论上讲,在最佳夯击能作用下,地基土中出现的孔隙水压力达到土的自重压力,这样的夯击能称最佳夯击能。因此可根据孔隙水压力的叠加值来确定最佳夯击能。在砂性土中,孔隙水压力增长及消散过程仅为几分钟,因此孔隙水压力不能随夯击能增加而叠加,可根据最大孔隙水压力增量与夯击次数关系来确定最佳夯击能。

(4)夯击遍数:夯击遍数应根据地基土的性质确定,地基土渗透系数低,含水量高,需分 3~4 遍夯击,反之可分 2 遍夯击,最后再以低能量“搭夯”一

(下转第 46 页)

收稿日期:2007-04-12

作者简介:王相印(1970-),男(汉族),河北宣化人,河北省廊坊市城乡规划设计院工程师,道桥工程专业,从事道桥设计工作,河北省廊坊市康庄道 8 号。

密度,一般可取 1.3 kg/L ; V ——管材体积; G ——管材自重; N ——产生相应挠度所需的力, $N = 384EIh/(5L^3)$; E ——材料的弹性模量; I ——材料的惯性矩, $I = 0.0982(D^4 - d^4)$; D 、 d ——分别为管材的外径和内径; h ——管材在孔道内的挠度,即孔道底与入土点、出土点高差的均值, $h = (h_1 + h_2 - 2h_3)/2$; h_1 、 h_2 、 h_3 ——分别为入土点、出土点及孔道底的标高; S ——管材表面积; k ——管材与孔道的摩擦系数,取 $0.2 \sim 0.4$; m ——与泥浆粘阻系数及其它因素有关的系数,取 $0.01 \sim 0.03$ 。

在(1)式中,减小 k 、 m 是减小 F_{\max} 的有效手段。 S 是个常量, N 受条件限制,可变范围不大,在 $(T - G - N)$ 中,一般都有 $T > (G + N)$,所以若能增加 G 也能减小 F_{\max} ,增大 G 的办法一般可以考虑在管材内注水,使 $(G + N)$ 接近于 T 。在计算注水量时可以考虑整段管材,一次性把水注足,也可以随着管材回拖而逐步加水,因为在孔外面的管材只有摩擦力,增加自重,就会增大摩擦力,导致初始拉力加大,所以,建议分步加水,这样效果最佳。

2006 年底我所在河北廊坊施工时,回拖的钢管直径为 900 mm ,壁厚 10 mm ,长度为 120 m ,管道在

孔内的挠度 h 为 500 mm ,钻机回拖能力为 350 kN ,取泥浆的密度 $\rho = 1.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,管材密度 $\rho = 7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,管材弹性模量 $E = 200 \text{ GPa}$, $k = 0.3$, $m = 0.03$,计算得泥浆对管材的浮力 $T = 991.9 \text{ kN}$,管材自重 $G = 26.16 \text{ t}$,产生相应挠度所需的力 $N = 44.4 \text{ kN}$,管材的表面积 $S = 339.12 \text{ m}^2$,那么回拖力 $F_{\max} = 376.1 \text{ kN}$,钻机回拖能力 350 kN ,小于回拖管材所需要的力 F_{\max} ,如果不采取措施,该设备无法完成该工程。在回拖的过程中,施工人员向管材里面加入了 30 m^3 水(根据计算结果,加水量可以在 60 m^3 内,综合考虑各方面因素,加水量定为 30 m^3),因此所需回拉力变为 256.1 kN ,顺利回拖成功。

9 结语

非开挖技术在我国的发展历史虽然不长,但在我国广大工程技术人员共同努力下,使它在我国得到了高速的发展和广泛的应用。我们需要继续进行研发,一方面,研制出技术更先进、性能更可靠、自动化更高的施工设备和器具;另一方面,要善于总结施工中的经验教训,提高应用技术水平,才能使非开挖事业更加发展壮大。

(上接第 43 页)

遍,其目的是将松动的表层土夯实。

(5) 间歇时间:所谓间歇时间,是指相邻夯击两遍之间的时间间隔。Menard 指出,一旦孔隙水压力消散,即可进行新的夯击作业。

(6) 夯点布置和夯点间距:为了使夯后地基比较均匀,对于较大面积的强夯处理,夯击点一般可按等边三角形或正方形布置,这样布置比较规整,也便于强夯施工。由于基础的应力扩散作用,强夯处理范围应大于基础范围,其具体放大范围,可根据构筑物类型和重要性等因素考虑确定。夯点间距可根据所要求加固的地基土性质和要求处理深度而定。当土质差、软土层厚时应适当增大夯点间距,当软土层较薄而又有砂类土夹层或土夹石填土等时,可适当减小夯距。夯距太小,相邻夯点的加固效应将在浅处叠加而形成硬层,影响夯击能向深部传递。

本工程施工设备主要采用 20 t 电动履带起重机,并配有卷扬和龙门支架,夯锤为 15 t 重的铸铁锤,锤底直径 2.5 m ,脱锤器为拉索牵引脱锤式。设计要求强夯处理深度 $6 \sim 9 \text{ m}$,处理后的液化指数 > 2.0 。铺设 0.8 m 厚的碎石垫层。夯点布置采用正三角形形式,夯点间距 4.2 m ,夯区外侧边缘以夯锤

外缘和夯区外缘平齐为准,夯区外侧夯点间距可作小范围调整。满夯时相邻夯点彼此搭接 $1/4$ 。单点夯能根据梅那强夯公式并结合设计处理深度、施工机械等因素确定,采用 $1850 \text{ kN} \cdot \text{m}$,满夯采用 $1050 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。单点夯击数 8 击。夯击遍数选择 2 遍主夯,最后一遍满夯。

4 施工效果

本工程共完成强夯面积 3560 m^2 ,回填土夯实面积 1440 m^2 ,总工期 39 天。

施工完成 15 天后,采用动力触探及标贯试验进行检测。其中,共做 12 个标贯孔,实验锤击数一般为 $9 \sim 23$,各点的锤击数均大于按地震烈度为 VIII 度时计算的临界击数,液化指数为 0,说明地基土基本消除了液化。经验算地基土承载力标准值由原来的 120 kPa 提高至 195 kPa 。

5 结语

强夯法具有设备简单,施工便捷,适应范围广,节省材料,降低投资,工期短等优点。本工程实例证明,强夯法用于处理砂土液化地基可以取得良好的处理效果。