

换填垫层地基处理方法设计研究

徐有成

中冶地勘岩土工程有限责任公司

[摘要]岩土工程勘察的主要目的是查明建设场地的地层分布,通过原位测试和室内土工试验确定各地层的承载力。对于建筑工地来说,设计师最关心的也是地基的承载力,也就是地基的承载力。当建筑场地地基承载力不能满足设计要求时,需要进行地基处理。所谓地基处理,是指为提高地基的承载力和变形或渗透性而采取的技术措施。由于建设工程的需要,建筑功能要求不断提高,需要地基处理的场地范围进一步扩大。地基处理费用在建设项目投资中所占的比重越来越大。工程中常用的地基处理方法有:换垫层、夯实、预压、强夯、复合地基。其中,垫层换填法因其原料易得、施工方便、成本低廉而被广泛采用。

[关键词]换填垫层;地基处理方法;方法设计

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.101

在一些常见的地基处理方法中,换填垫层法的应用较为广泛。《建筑地基处理技术规范》中提出的设计原则在和工程实践的结合作用下将换填垫层的设计方法进行了简明处理,并在简化后的计算公式和计算曲线基础上进一步简化计算过程,减少工作量的同时也能够减少误差。

一、换填垫层法概述

换填垫层法是指将基础底面下一定范围内的软弱或不均匀土层挖出,换填其他性能稳定的、无侵蚀性的、强度较高的材料,并夯压密实形成垫层。从规范给出的定义我们可以看出,换填垫层法并不一定要清除所有范围的软弱土层,而是还有残留的。换填垫层法是浅层地基处理方法,通过垫层把上部荷载扩散到下卧层地基中,来满足提高地基承载力和减少不均匀沉降的目的。垫层的主要作用是:提高地基承载力;减少地基沉降量;加速软土排水固结;防止地基土发生冻胀;同时还可以消除膨胀土的胀缩和湿陷型黄土的湿陷性。换填垫层法可以适用各类软弱浅层地基,垫层厚度应根据需置换的软弱土层的深度和下卧土层的承载力来确定的,厚度宜在0.5~3.0m范围内,在这个厚度范围内较为经济。如果软弱土层深度较大或是土层较厚,都不适合采用此种方法,可以考虑采用复合地基或是桩基础。当在建筑场地上层软弱土层较薄时,可以采用全部置换处理。对于较深厚的软弱土层,当仅用垫层来置换局部软弱土层,下卧软弱土层在荷载长期作用下,变形依然会很大,所以对于整体刚度差、体型复杂或是对差异变形敏感的建筑,均不宜采用局部换填的处理方法。对于建筑地基范围内局部存在暗沟、暗塘、古井、松填土或是拆除旧基础后的坑穴,可以采用局部此种方法来处理地基。在这种处理过程中,应该遵循的基本原则是保持建筑地基整体变形均匀。垫层的材料可以选用砂石、粉质粘土、灰土、粉煤灰、矿渣、其他工业废渣以及土工合成材料。其中,粉质粘土要求有机质含量不得超过5%,且不得含有膨胀土或是冻土;灰土宜选用新鲜的消石灰,体积配合比为2:8或是3:7;粉煤灰应该满足相关对腐蚀性和放射性的要求;矿渣在设计、施工前要对选用的矿渣进行试验,来确定其稳定性,同时也要满足腐蚀性和放射性的要求;土工

合成材料应该采用抗拉强度、耐久性好、抗腐蚀的土工带、土工格栅或土工织物等。

二、换填垫层法的重要性

1. 在地基土层承载力的提高方面,运用该方法所产生的最为直接和关键的作用就是在原有地基土层基础上全面提高土层的承载力,改变原有的土层特性和结构,针对性增强土层的强度。在土层强度增强的前提下,后续施工流程也能够更加顺利的开展,减少施工安全隐患,提高施工效率和质量。

2. 在建筑物沉降方面,开展换填垫层法能够有效降低建筑的沉降量,在地基处理换填法的应用下,软土层内部的土体、土质都进行了更换,原本的土层结构有效转变,土层硬度明显增强,建筑物在建设过程中所产生的沉降问题可以得到有效改善。在建筑地基更为牢固的基础上,建筑物的使用寿命也会进一步提高。

3. 在冰冻气温下对土层造成的损害方面,地基处理换填法的应用能够及时清理软土,填入硬度较大的砂石材料起到类似疏水层的作用,促使水体不在土层停留。这种情况下的地基含水量可以得到有效控制,整体含水量较低,只有这样才能有效避免冬天中地基由于含水量过高而产生冰冻现象,减少破坏。

4. 开展换填方法对周边环境造成的污染相对较低。该方法从本质上来看是对地基表面的土层进行更换,将原本不具备高承载力的土体置换成硬度较大的材料,整个流程并不涉及化学反应等情况,因此不会对周边环境造成影响。

三、换填垫层法常用设计方法

换填垫层法的设计内容主要是科学选择垫层的具体材料,并明确施工方法,计算垫层的厚度 z 以及宽度 b 、 b' 。通常,此类数据必须根据土层的实际情况和设计需求进行换填深度的确定,若土质为浅层软土,且厚度不大,则此类工程需提前置换软土,在软弱土层的厚度进一步加大时结合下卧土层的实际承载力计算垫层厚度。当前应用较为普遍的一种计算方式需提前假定 z 的厚度,验算后若不能满足实际需求,则必须进行厚度调整。但这种方式存在一定缺陷,一旦 z 的

厚度不适合,整个实验过程会涉及到大量的计算,耗费时间长,整体效率较低。

四、换填垫层法的设计步骤

基础埋深较浅,基底压力较大,由于造价有限不选择加大埋深或是其它基础形式,采用换填垫层法进行地基处理。先进行基坑开挖,挖走梯形(范围内的淤泥,在梯形范围内回填砂夹石材料),然后分层压实。砂夹石垫层可以起到两个作用:一是,砂夹石垫层是被压密实的土层,本身的抗剪强度高,不易破坏,可以将上部荷载和基础自重向下传递;二是,承载面积变大了,单位面积上的压强减小,小于垫层底的淤泥的承载力特征值。砂夹石垫层底面处受到的荷载小于淤泥层的承载力特征值,即满足设计要求。在没有进行换填前,垫层底部受到的荷载只有上部淤泥的自重;进行开挖换填后,垫层底处受到的荷载增加变为基础自重和垫层自重。没开挖换填前建筑场地是稳定,开挖使土体受到扰动,所以换填后,垫层底部的荷载不是两部自重的简单叠加。当基底标高处的压力超过了原有土层标高处的自重应力,需要做垫层,把超出的应力进行扩散,扩散到更大的面积上,使单位面积上的压强变小。因此,此标高处受到的压力就是开挖前作用于此底面的自重应力与基础底面附加应力扩散到垫层底面上的应力之和。每种垫层材料都有自己的扩散角,当垫层的扩散角小于等于材料的扩散角时,基底的附加应力可在垫层内部向下传递,当垫层的扩散角过大,垫层材料开裂,垫层失去作用。规范中规定,垫层压力扩散角宜通过试验来确定,当无试验资料时,可在规范中查表。当 $\theta=0^{\circ}$ 时,垫层没有起到扩散的作用,只是把基底附加应力直接传递给下卧层。垫层底面宽度 b' 应满足公式的要求: $b' \geq b+2z \tan \theta$,但是垫层底面宽度也不宜取太大,垫层受到上部荷载作用,超过扩散角以外的垫层与中间垫层开裂,导致基底压力无法扩散到两侧的垫层,还是由扩散角以内的垫层来承担。垫层顶面的宽度理论上应该与基底同宽,但是在实际工程中,为了施工方便,基坑是放坡开挖的,垫层都是从基坑底部回填到基础底面标高处,按基坑尺寸进行回填,分层夯实。需要注意的是下卧层承载力特征值只进行深度修正,是因为垫层土层都是散体材料,基底的摩擦力可以束缚的土体有限,当基础宽度较大时,垫层底部的淤泥层发生破坏,垫层也随之被拉裂,所以在进行下卧层承载力计算时不进行宽度修正。还有在修正时,土的重度取换填前土层的平均重度,水位以下取浮重度。原因有:一是,对局部进行处理,下卧土层的边坡是原土层的而不是换填后的土层;二是,如果用重度无限大的材料进行换填,则换填后的承载力也是无限大,但是实际上,换填材料本身就造成下卧层的破坏,也无法为上部结构提供承载力了。

五、换填法的适用范围和地基处理方式

1. 适用范围。换填法一般适合在整体承载力且施工规模

较小的建筑物中运用,如堆料场、道路工程或地坪等。需要置换土体,土体的类型主要为湿陷性黄土、淤泥质土、素填土和暗沟等,最佳置换深度通常控制在0.5~3 m。

2. 地基处理方式。(1)机械碾压法。在运用机械碾压法时,施工人员需充分挖除建筑范围中的软土,完成后碾压基坑的底层。在开展碾压法的施工期间,必须有效控制机械装置的运作速度,避免破坏土层结构。机械碾压速度需控制在2 km/h以内,振动压实机装置的运行速度需控制在0.5 km/h以内,碾压装置的运行速度需控制在3 km/h以内。(2)重锤夯击法。起重机械装置将夯锤提高距离地面一段距离后自由下落,通过重力加速度和势能转化对地基进行反复夯实。在运用重锤夯击法施工期间,需有效控制土体内部的含水量,确保土体材料中的水分能够得到一定的润滑效果,便于土粒的挤压、密实。(3)平板振冲法。平板振冲法的开展原理是通过振动压实机装置,对无粘性土体以及粘度较低、透水性能较好的松散土进行压实来实现。施工过程中,施工人员可以先对基槽的两边进行振冲,再振中间区域。具体的施工效果和填土的成分、作业时间等方面有关,因此在开展此方法时相关人员需及时观察土层情况,避免效果不明显或对地基土造成过度影响的情况。

3. 施工要点。(1)素土垫土层。在开展地基处理换填方法的施工过程中,相关技术人员需根据换填土层材料的主要类型进行分析,不同类型的土层所涉及到的施工要点不尽相同。当换填土类型为素土时,相关技术人员需对素土层的承载力进行计算,使其符合建筑建设的承载力需求,减少安全隐患的出现。压缩模量的起重环节非常重要,压缩模量需控制在14.0~30.5 MPa以内,同时需有效控制素土层的含水量,确保含水量范围为19%~21%。(2)灰土垫土层。若换填土类型为灰土,灰土垫由土体和石灰在一定比例下混合而成,其中石灰和土体的比例为3:7。在达到该比例后,需有效控制土层的含水量,确保分层回填以及压实环节的有序执行,避免灰土材料被水浸泡。

总之,对于浅层存在软弱土层的建筑场地,进行地基处理。但是因为工程造价有限,不适合采用加大基础埋深或采用复合地基等方法时,换填垫层法是特别好的选择。这种方法取材方便,施工简单,垫层时一般都是密实的土层,抗剪强度较高,可以有效传递上部荷载,同时还增大了承载面积,降低了单位面积上的压强,有效提高地基承载力。在施工过程中应该注意的是:垫层一定要分层回填,分层夯实,每层都要取样检验。

参考文献

- [1]王艳红.用换填垫层法处理地基的设计计算[J].西部探矿工程,2012,24(10):8-9,12.
- [2]王琪.换填垫层地基处理方法设计研究[J].中国建筑装饰装修,2019(12):150-152.