

临海地质软弱土层处理办法分析

张建国 丁光毅 蔡井超 李艳秋 田旭

中建一局集团第五建筑有限公司、中国建筑一局(集团)有限公司 广东 深圳 518000

摘要:沿海工程普遍存在数米至数十米淤泥和淤泥质土,且现场涌水严重,给工程施工和建筑安全带来严峻的考验。通过工程实例,介绍水泥拌和土快速加固软弱土层技术,给沿海工程软弱土层处理提供参考。

关键词:软弱土层;水泥拌和;沿海工程

引言:近年,以深圳为代表的沿海城市建设高速发展,但沿海地区的陆地多数是由多年来的海退或人工围堤填海造陆形成,主要分布有数米至数十米的泥沙和淤泥质土地,普遍存在着地质情况复杂、承载力低、砂土液化现象。万丈高楼平地起,对地基处理不当,容易出现地基沉降不均匀,造成建筑倾斜、墙体开裂,达到不可修复状态,以致建筑物倒塌,造成大量的人力物力资源的浪费。总结经验,吸取教训,科学处理软弱地基,提高建设工程质量,对沿海地区的城市建设具有重要意义。

1 软弱土层概述及介绍

软弱土层,是由泥沙、部分冲填泥土、杂填土层及其他强压缩性土堆砌而成的软弱土层;而以软弱土层为持力土层的基础即为软弱地基。这类土层基本很少受到地址变动和地形影响,也未受到荷载、地政等物理作用影响,更未受到土颗粒间化学作用,为不良的特殊性土壤。特点主要是具有触变特性、高压缩力、低透水力、不均匀特性和流变特性等,由于在强荷载作用下,地基承载力较低,因此地基的下沉变化比较大,不平衡沉降量也较大,且下沉保持时限比较长,易产生滑动或固结沉降,当以软弱层为地基支持力层开展工程时,极易由于软弱地层强度不够大,而出现变化,无法适应施工建设质量要求,所以,须合理制订处理对策,改善软弱土层稳定性,以防止地面下沉、变形等事件出现,从而提高工程施工质量。

1.1 淤泥及淤泥质土

系指在静止或慢性流水条件中自然沉积的、由生物化学过程所产生的、自然含水率高的、强度(抗剪强度)低的、软塑到流塑状态的饱和粘性土。当土经生物化工过程形成,并富含大量天然有机质时,且自然孔隙比 e 值等于一点五的称为淤泥;当自然孔隙比低于一点五且超过温度系数的为淤泥质土,而淤泥又与淤泥质土壤总成软(粘)土壤。

1.2 充填土

系由水力冲填泥沙沉淀而产生的填土。主要可见于中国沿海地带和河流的二侧。冲填土的特征主要与其粒度成分相关,该类土壤水分差很大,压缩性较高,硬度低,有软粘土特性。它的施工特性也随土壤的粒度成分、均匀性质以及对排水固结要求的不同而异,在含沙量较多时,其特征性质基本上和粉细砂一致或差不多,就不构成软弱粘土了;当粘土粒度成分较多时,则往往欠胶结,其稳定性和压缩性等也较自然沉积土差。

1.3 杂填土

系含大量的建筑废弃物、工业生产垃圾和生活废弃物等杂质的填土。常见于中国某些较老城市和工矿区中。它的形成过程缺乏规律性,成分复杂,分布形态极不一致,土壤厚度变异较大,有机质含量较多,物理性质亦不一致,且无明显规律。它的主要特点是地质构造相对疏松,均匀性差,变化量大,强度低,压缩力高,还具有淹水湿陷性,也就是在相邻建筑地点的不同情况,地基承载能力和压缩性也有很大的差别,因此通常都必须先经处理方可作为建筑地基。对天然有机质含量较多的生活废弃物,以及对基础油侵蚀性强的工业垃圾等杂填土地基,未经适当处理,不得做持力层。

1.4 其他高压缩性土

如饱和的松散粉细沙(含部分粉质粘土),在受机械振动和地震荷载的重复影响时,将形成土壤液化现象;地基开挖会形成流沙及管涌,再由于构筑物的荷重和地面水的沉降,就会导致砂土沉降。

2 软弱土层处理方法

软弱土层因地而异,因层而异,不可预见性大。因此软弱土层的处理要因地制宜,根据不同的地质情况有选择的进行处理才能达到预期的结果。软弱土层处理方法可以按照土层处理的原因、目的、性质、时效等不同的角度进行分类,一般可分为以下几类:

2.1 表面处理法

在原软弱地层顶面,铺设了一层具有提高剪切稳定性、压力特性以及透水特性的其他建筑材料或结构工程施工材料,以增加土基强度以及安全性的表面处理技术。

主要有砂垫板法、逆向压力护道法、土工合成材料法。

2.2 开挖置换法

使用物理力学特性较好的岩石建筑材料,以替代自然地基中部分(或全部)的软弱土或不良地基,或者建立双层地基或改良地基,以实现增加地基承载能力、减少沉降量的目的。

置换方法分为:换土垫层方法、抛石挤淤强夯置换法、振冲置换方法(振冲碎石桩法)、沉管碎石桩法、砂桩法、石灰桩法以及超轻质料填土法(轻质混凝)等。

2.3 排水固结法

对天然基础,或先在基础上设计砂井(袋装砂井或塑料排水板)作为竖向排水载体,然后再依靠基础本身重力分级逐层加载;或在结构施工中在场磨碎前先行增加预压,同时将强度逐步提高的做法。

2.4 灌入固化物

向混凝土内灌入,或拌入水泥、莱姆或其他化学固化浆材(水玻璃+氯化钙浆液、纸浆液如重铬酸盐类),使土壤内生成增强物质,从而实现了土壤处理的目的。

灌入性固化物法主要分为:深层搅拌法、高压喷射灌注成管法渗入性灌浆法、劈裂灌浆法、电动化学注浆成型法。

2.5 加筋法

在地基土中,还设置了抗拉强度高、模数大的筋材(钢筋混凝土、土工格栅、土工织物等),以达到提高地基承载力,减少工后沉淀率的目的。本法主要有:加筋土法、土钉墙法锚固法、低强度混凝土桩复合地基法等。

2.6 冷热处理法

冷热处理法是指通过利用冷却混凝土体,并焙烧、加热地基土来改善土壤物理力学特性以实现土壤处理的目的,它主要可以分为冷却法和烧结法两类。

2.7 托换法

托换是指对既有楼房地面的结构所作的调整与补强。其主要分为:基础加宽法、墩型托换法、桩型托换法、基础强化法、整体强化法。

2.8 纠偏(倾)法

纠偏,是指对因为沉降力不平衡而导致倾倒的建筑物,加以纠正的手段。主要分为:加载补偏救弊法、掏土补偏救弊法等。

3 沿海某工程软弱土层处理案例分析

3.1 工程概况

某工程项目南、西、北三面临海,总占地面积2.6万 m^2 ,建筑面积约为28万 m^2 ,包含了3层地下室,5层裙楼以及57层主体结构,总高度达到了260m,属于商住综合性建筑。考虑工程所处区域地下水水位较高,基础承载能力不足,基础部分采用了桩筏基础,裙街部分则是钢筋砼框架结构,塔楼使用的则是组合结构。

3.2 水文地质分析

依据岩土工程勘察中心研究,根据颗粒组成及状态特征大致可划分为海积相的淤泥/淤泥质土(①)、粗、砾砂(②),以及海积-冲积相的粉质黏土(③)等3个亚层,在部分区段①层和②层为互层状产出。①层(淤泥/淤泥质土)味鲜臭,天然有机质含量约为5%粘性较好,刀切面平滑,土状层光滑,干强度低,韧性强,揭露厚度0.2~8.9m,层顶高程-10.12~-0.50m。淤泥和淤泥质土土性很差,天然地基承载力不超过50kPa,且现场支护桩底部区域渗漏水、坑底涌水现象明显,筏板垫层底标高一下1.5米左右的原持力层也变为软土层,人走时常有下沉风险,施工机具更无法通过,不能满足现场施工要求,因此对现场软弱土层进行处理。

3.3 实例应用

该工程初步采用换填法对软弱土进行处理,换填法主要是将地面浅层或相当深的软弱土壤全部挖除,然后回填硬度大、压缩力较小、料源比较稳定的细沙性土、碎岩、石渣、矿渣和其他性能比较稳定的物料,然后分层夯实至规定的压实程度作为支持力层,以实现提高承载力、减少地面下沉的目的。但由于软弱土层区域车辆无法通行,砂石、砖渣等无法转运至该区域进行回填,故现场先采用水泥拌合土进行土体加强。

水泥土搅拌法的工作原理为水泥土搅拌法是采用混凝土物质为主要固化剂,利用专用的搅拌机设备在土壤的一定深度范围内把原位土物质与固化剂强制混匀,并进行各种物理化学反应,从而产生物质。当混凝土的各种水化物形成后,有的会自身硬化而产生水泥石骨架有的还与土壤中硅酸胶状颗粒反应,产生混凝土的团粒结构,以增强地基的总体承载能力。

3.3.1 水泥土搅拌法的特点:

适应性强。本办法适合于厚度大、含水率高、空隙比高、硬度小的各种土壤层。

对下部地层的影响较小。由于拌入了混凝土,虽然水泥的密度较自然粘土的密度有所提高,但在提高地基的同时,更有效地降低对邻近建筑的危害。

渗透率较小,但有关实验已证明对水泥土的渗透系数一般在 10^{-5} ~或 10^{-8} cm/s,因此防渗性能良好。

部分改变水泥桩周土壤的性质。在复合地基中，桩、地共同承受负荷的同时增加了地基中高应力区域，从而增加了地基的强度。

混凝土的无侧限抗压强度最高，通常为300~4000Kpa之间，比自然软泥大几微秒甚至数百倍，而抗拉、抗剪强度也相应增加，所以复合地基硬度明显比自然水泥体高出。所以，水泥混凝土法在房屋建筑、高速公路和海港工程的软基加固以及屋顶漏水、防滑处理中获得了应用。

先划取3.3m×3.2m矩形区域插入止水钢板，进行水泥拌和试验，土体拌和深度为500mm，采用机械拌和，待拌和土体达稳定状态，表面不沁水，站人不下陷后，记录数据计算水泥含量，待土体加固48小时后，做轻型动力触探验算承载力。经计算水泥用量占试验区土的质量13.46%，地基承载力达到245kPa，满足施工要求。

软弱土层加固相关参数及计算方法：

名称	参数数值	计算公式
试验区轴线编号	D-10~D-11--1/ D-V~D-V	/
试验区面积	10.56m ²	长*宽 = 3.3m*3.2m
试验深度	0.5m	现场丈量
实际水泥用量M1	27包 (1350kg)	现场见证 (50kg/包)
试验区粘性土体积V	5.28m ³	试验区面积*深度 = 10.56*0.5
粘性土密度ρ	取1.9g/cm ³	参考范围：1.8-2.0g/cm ³
土的质量M2	10.032t	ρ *V = 5.28*1.9*1000000
水泥用量占试验区土的质量百分比	13.46%	M1/M2*100% = 1350/1000/10.032

3.3.2 施工工艺：验槽→检查土料和水泥砂浆的质量→与混凝土拌合→沟底处理→分层铺填混凝土→分级碾压密实→找平检查和验收

1) 验槽：基坑在铺水混凝土时应当进行钎探性验槽，并由监理机构、勘测机构、工程人员进行对隐蔽施工的审查检验。

2) 检验电管和洋灰的品质：对电管要求不得过草皮，天然有机质含量不应超过百分之五，对大块颗粒应粉碎、筛分，使其最大颗粒不大于十五mm。水泥用P.O四十二点五为普通硅酸盐材料，检验其产品合格证书和经见证取样的送检文件是否符合要求，并经检验合格后才能投入生产使用。

3) 水泥混合均匀：以混凝土的配制比为最大重量比，本工程要求混凝土的比重占百分之十以上，拌制时要严格控制配合比。混凝土料与水泥砂浆通过混合均匀设备

进行拌和制，与搅拌机混合时表面要平整一致，要按照最优含水量进行加水和调节，拌和制好的混凝土色泽也要统一。

4) 槽底处理：槽底都要清扫一遍，尤其注意面上的虚土，坑底素土应夯实，压实系数不低于零点九五。

5) 分层摊垫混凝土：水泥的摊铺通过反铲挖掘机完成，由边角的人工协助完成。各个楼层的虚垫厚度约为200~300mm。在各个楼层摊垫后用木耙找平，用在基坑边墙上的木槌或土坪上的标准柱础进行测试。

结语

软弱土壤的大含水量和高空隙比不仅表现土壤中的矿物元素和溶质相互作用的特性，而且还表现出软弱土壤的耐剪切程度和压缩力的高低。含水率愈高，土的抗剪性强愈小，压缩性也愈大，相反，强度愈大，压缩性也愈小。因此，欲想提高较弱土的强度和压缩性的能力，可首先考虑降低土的含水率，使用水泥拌合土可快速吸水固化，加速软弱土层强度的提高，对于沿海地区软弱土层的处理、水泥参量需结合现场实际情况，可最大利用现有资源和降低施工成本，而且由于本技术的施工机械、装置较简易，便于使用施工简单，且加固费低廉易于推广应用，具有显著的社会经济效益。

参考文献

[1]吴忠强.超高层施工升降机基础免支撑加固施工技术[J].建筑机械化, 2022, (05):25-27.

[2]徐忠.高层建筑施工中小型液压爬升钢平台设计及应用[J].建筑施工, 2022, (04):759-762.

[3]吴学松, 江楚杰.智能控制施工升降机关键技术研究与应用[J].建筑机械化, 2022, (03):9-12.

[4]冯露超, 李永卓.高层建筑施工中内置垂直升降方式的优势分析[J].居舍, 2022, (01):174-176.

[5]倪瑾瑾, 万福源, 周文斌, 等.井道内施工升降机在高层建筑施工中的应用[J].建筑技术开发, 2021, (22):27-29.

[6]蒋佳炜, 孙祖根, 杨晓凤, 等.超高层建筑施工升降机停层转换施工技术[J].建筑施工, 2020, (11):2099-2101.

[7]张纯为.异形超高层建筑斜装施工升降机技术应用[J].施工技术, 2020, (S1):550-552.

[8]钱一介.超高层建筑施工升降机选型及管理[J].中国住宅设施, 2020, (03):112-113, 117.