

PHC管桩与水泥搅拌桩在地基处理中运用研究

林健斌

深圳市广汇源水利建筑工程有限公司

摘要：随着我国基础设施建设的不断发展，各种地基处理技术的应用也越来越广泛。目前在各类工程的地基处理环节，桩基础的应用极为广泛。基于此，本文介绍了PHC管桩与水泥搅拌桩在地基处理中的作用，并且详细对地基处理施工要点进行分析，以供参考。

关键词：PHC管桩；水泥搅拌桩；地基处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.11.029

引言：我国对水泥搅拌桩存在明确技术要求：第一，混凝土强度等级要达到C30以上。第二，桩间距不宜大于30m。第三，钻进速度不宜大于50mm/min。第四，桩直径不宜小于75mm。第五，桩长不宜小于150cm。但结合实际调研可以发现，各类因素均会影响水泥搅拌桩在工程中的具体应用，为更好满足地基处理需要，多种地基处理技术的综合应用具有较高现实意义，为优化综合应用效果，正是本文研究的主要内容。

一、PHC管桩与水泥搅拌桩在地基处理中的作用

（一）PHC管桩的作用

1. 提高基底承载力

对于承载力高，地基不均匀沉降较大的基础层，可采用砂土混合地基进行处理，以达到控制地基不均匀沉降的目的，同时也可以改善土层结构，提高结构承载力。PHC管桩适用于各种地基条件下，通过管端焊接技术，将管内钢筋和混凝土焊接在一起，形成网状结构，从而达到提高根底承载力的目的。根据工程实际，桩身一般分为两种：一种为无支撑（仅在必要时才需支撑）；另一种为有支撑（有部分特殊要求时可采用人工支撑）。无支撑PHC方桩的基础处理方法是将PHC管桩埋入地下50~100cm，形成桩与土的“无缝连接”。采用无支撑PHC管桩后，可避免桩身受不均匀产生位移，而且还能防止地下水对管桩产生渗透渗流作用。无支撑PHC管桩施工简单快捷，对地基影响小。通过预埋连接件保证钢管底部埋入土中，使桩身固定在土中。同时在混凝土浇筑过程中不需要支撑也能使桩与土更好地连接^[1]。

2. 提高桩身的强度

随着PHC桩在桩基础工程中应用的不断深入，其在桩身结构方面还具有其他桩基不可替代的优点和作用。在桩基结构设计过程中，应充分考虑PHC套管桩在桩身结构中和土结构在桩身结构设计过程中的作用。通过大量研究和实践，已经确定了PHC管桩具有良好桩身结构的关键因素。PHC套管桩能够显著提高桩身的抗剪强度及桩身刚度，从而提高PHC管桩桩周抗剪强度和桩身刚度，进而提高桩身强度。PHC套管桩具有良好桩身结构

的关键因素是能够提供桩身稳定而可靠的连接方式。而PHC管桩的连接方式与桩身结构有着密切关系。PHC套管桩具有很多良好的连接方式，可根据需要采用专用桩头焊接方式或者法兰连接方式，如PHC管桩常用焊接方式与法兰连接。

（二）水泥搅拌桩的作用

1. 减少桩身位移

由于钻孔过程中钢筋笼没有混凝土保护，桩身可能出现位移，这是由于钢筋笼表面的水泥浆和混凝土凝固过程中孔壁出现收缩。因此，如果钻孔中出现桩身位移，则可能导致钻杆失稳、偏心。另外，如果没有混凝土保护层，钻孔中可能会出现钻孔内的空气而影响周围地层的稳定和土体的物理力学性能以及桩身稳定性。此外，在钻孔中会形成泥饼。泥饼是附着在钻头上、带水泥浆颗粒。它会影响钻头和钻杆的正常旋转和摩擦力。在施工中必须进行处理^[2]。

2. 减少施工误差

一般来说在施工过程中，由于桩孔尺寸或位置等问题，会导致水泥搅拌桩的施工误差。因此，工程项目技术人员为了控制误差大小，通常需要测量钻孔长度和孔深，以控制孔径误差。由于水泥搅拌桩具有桩孔尺寸误差小、成孔质量高的特点，这样就显著降低了施工过程中的孔深误差。并且，由于混凝土搅拌桩具有搅拌均匀、强度高、成孔质量高的特点，因此它可以直接在土层中进行打桩作业。此外，对于施工精度要求高的基础工程可以采用浇筑混凝土或直接灌注混凝土等方式。虽然搅拌桩施工过程中可能会出现一些问题，但是只要做好相应的措施，其对建筑工程质量依然有着很好的保障作用。水泥搅拌桩施工过程中产生偏差时，首先要及时对问题进行分析。然后根据实际情况对问题进行调整和解决措施。

3. 提高地基强度和稳定性

通过重复施打水泥搅拌桩桩头，可以有效提高地基的抗剪强度和耐久性。同时，水泥搅拌桩还可以起到抗渗、耐久、抗冻的作用。尤其是在大直径桩（直径大于40m）中，通常需要同时使用多种钻头和拉拔设备施工。水泥搅拌桩只需开挖一次就可以完成桩身施工的全部工作。因此可以节省大量时间和费用！如果采用人工挖掘桩头也不需要挖断桩身。这不仅大大降低了施工成本、加快了施工进度、提高了成桩质量和成桩速度，而且缩短了施工周期和成桩速度，还大大提高了桩身质量和成桩速度。因此水泥佐料搅拌桩桩头具有良好的经济效益和社会效益^[3]。

二、地基处理施工要点分析

(一) 工程概况

某道路工程位于C省某市，工程位于淤泥质、淤泥质软土地基上，周围分布有大片人工沼泽。场地内有大量淤泥质砂土、粉质黏土等土层，周围有众多小河流水库淹没区域以及部分城市道路等地下管线。场地内有数个小型水库（蓄水量在6000m³以上），平均深度在20m以上，地下水位可达3m，周围环境为潮汐潮流和风暴潮，现场附近有一片人工沼泽和4座人工沼泽。工程地下水位达到1.2m时，开挖排水沟排放积水到排水沟。第四，本工程场地内地基为砂层、粉质岩、泥质粉砂岩等不均匀黏性土层。地面以下部分为砂层，地面以上部分为黏土或其他含粉质黏土和砂质黏土等不均匀黏性土层。场地内地下水类型主要为弱酸性水及中碱性水。表1为工程基底应力计算成果。

表1 工程基底应力计算成果

工况组合	基本组合		特殊组合	
	设计防洪水位	校核防洪水位	地震工况	地陷
基底应力 (kPa)	204.97	158.79	164.53	221.45
不均匀系数 σ	1.79	2.53	2.59	1.89
允许不均匀系数 [6]	2.5	2.5	3.0	3.0
基底应力允许值 [6]	100			

(二) 地基土的物理力学性质和软土地基承载力测试

由于地基土存在着一定的物理力学性质，这会直接影响到地基处理的效果。在对软土层进行PHC管桩处理后，在软土层地基承载力测试中，由于试验桩端不能达到软土地区标准，导致PHC管桩地基处理不能达到施工要求。但是经过现场实际试验，发现桩端可以达到标准。由此可以得出结论：从试验的情况分析出桩端桩壁摩擦系数过大影响了PHC管桩基础的施工质量和施工速度。为了解决这一问题，根据现场情况需要对桩采用钻孔灌注桩工艺进行施工，同时对桩端摩擦系数也要进行严格控制。由于孔隙率不同于体积密度越大承载力越高，所以可以提高钻头钻孔过程对地层作用程度来达到提高承载力性能效果。在进行PHC管桩基础工程设计之前应先对地下水进行勘察。根据测量结果了解到地下水位不是很深。而且地下水位低于工程设计要求水平。因此在进行工程设计以及施工时应该综合考虑不同深度下地基承载力测试和处理结果^[4]。

(三) 软土地基处理中应用PHC管桩

在对软土地基进行处理过程中，可以使用PHC管桩，具体实践需要确保相关设计时能够合理计算各种地基土的承载力，而在对已经发生沉降和稳定性差的软土地基进行处理时，应该对软土地基进行处理。其次，要根据不同的含水量要求设计出合理的处理方法。在处理软土层时，可以通过控制PHC管桩底面高程、桩底位置水平位移和水平应力来控制其沉降量。在一些相对较大或者较深的含水量影响区域采用较小管桩顶面高程来保

持软土地基的稳定或者进行处理，可以使地下水位达到一个相对平衡位置。然后，合理地确定各项指标在软土地基处理中的比例：根据软土材料性质和含水量控制PHC管桩在软土地基中的用量。例如：当桩基础内含大量水时，可以适当降低PHC管桩用量；当含水量超过20%时，应适当提高PHC管桩用量；如果含水量太低时，则可降低PHC管桩用量；如果含水量太高时则可以增加PHC管桩长度。当地基含水量较高时，要适当增加PHC管内注浆数量。通常需加塞三个孔来使土体之间进行流动和摩擦从而减少沉降；当基坑开挖深度超过6m的时候要适当加大钢管尺寸以保证钢管与地下水位保持一个相对平衡状态。

(四) PHC预制管桩施工

1. 单桩沉降量计算

由于地基在进行相关工作时所使用的管桩都是成品预制桩，并且统一标准为 $\Phi 400\text{mm}$ PHC管桩，长度一般来说不会发生变化。并且施工场地桩位布置相对密集，这就导致了在进行场地勘探的时候不能实现一桩一孔，因此管桩进入持力层深度还有实际厚度不能直接观察。所以，应该对管桩的单桩沉降量提前进行计算，从而对现场使用的PHC管桩桩长进行标准确定。预估管桩通过泥炭质土还有粉质黏土，分层综合计算沉降量，具体计算结果如表2所示。

表2 计算结果

桩长/m	荷载/kN	进入淤泥质土层厚度/m	进入粉质黏土(硬塑)深度/m	预估单桩沉降/mm
9	800	4	5	112.68
9	800	8	1	112.75
11	800	4	7	110.76
11	800	8	3	111.45
12	800	4	8	110.38
12	800	8	4	110.17

基于最终的计算结果可以发现，9-12m的PHC管桩预计沉降量大概维持在100mm，进一步加长PHC管桩长度并不能非常直接导致单桩的沉降量下降^[5]。

2. 现场试验

根据现场的实际测试结果能够发现，只有一小部分管桩的最终2m锤击数不是处在10到20范围内。想要对单桩承载能力进行检测，就需要根据单桩竖向抗压承载力试验来对一定数量的样品进行检测，并且根据电子位移计采集位移数据，最终得到的实际试验结果如表3所示。

(五) 水泥搅拌桩施工技术要点

经过研究发现，水泥搅拌桩的优点就是施工过程中无噪声且不会产生环境污染以及破坏土体结构，所以适用于地基处理以及不开挖基坑等情况之下。但是水泥搅拌桩也有一些缺点，首先是水泥搅拌桩的生产需要大量的水来稀释水泥，其生产过程中所产生的噪声会影响周

表3 试验结果

桩基编号	桩长/m	设计承载力特征值/kN	相应沉降量/mm	极限承载力/kN	相应沉降量/mm
B-8-81	12	400	8.13	800	28.97
B-7-48	11	500	9.98	1000	26.01
Z-109-28	9	350	4.97	700	28.27
Z-109-19	11	350	9.58	700	25.99
Z-109-32	11	350	6.87	700	27.14

围居民的生活。而且水泥搅拌桩容易在施工过程中产生塌孔情况，因此施工前需要进行一定的加固处理之后才能使用它作为建筑工程的主要基础施工方法。另外水泥搅拌桩施工难度较大，因此在选择桩基桩型时需要与工程建设要求相匹配。

1. 搅拌桩的应用

在工程施工中，搅拌桩主要应用于软弱土层的处理，主要原因是搅拌桩具备较强的黏聚力和抗拔力，而且搅拌桩在不同阶段有着不同的作用。首先，搅拌桩适用于一般工程中浅层地基处理或者是土层比较复杂、地基基础薄弱的情况下。另外，对于深基础部位应用水泥搅拌桩有以下几个方面的优势：第一是搅拌桩的应用较广；第二是搅拌桩施工起来比较方便；第三是搅拌桩在地质条件比较复杂的情况下其适用范围较广；第四是采用搅拌桩作为基础桩来进行路基处理的方法比较科学；第五是其不会对周围环境产生影响。为了保证水泥搅拌桩能够很好地被应用到基础处建筑物的基础处设计当中，必须要充分考虑其施工难度、质量、环境要求、基础施工工期和成本等因素，才能确保水泥搅拌桩的充分应用对于地基处理工程有着很好的效果。因为水泥搅拌桩具有优良的黏聚力和抗拔力、低摩擦系数以及极低沉降等特性。

2. 搅拌桩在地下土层中的埋置位置

在进行施工之前，必须确定施工深度以及土层的实际情况。而且要确定搅拌桩在土中埋设位置有哪些具体要求，一般情况下搅拌桩埋置位置应该是靠近土层顶端位置或者在临近土层顶部位置距离土体顶部大约为10m范围之内。具体的埋置位置应该根据实际地层、土层以及地基类型而定。如果是在地基处理工作中需要开挖基坑时一定要确保土方和地基的深度符合要求；如果是进行混凝土搅拌桩桩基础的修建工作时要确保混凝土量充足、设计中需要按照具体的标准来设计桩基；如果是混凝土搅拌桩桩基需要采取混凝土加工桩进行加固处理时必须将混凝土浇筑完成后立即进行灌注才可以避免桩基因为含水量过大而产生坍塌情况；最后搅拌桩在土体表面可以采用夯实桩的方式进行处理，这样才能保证搅拌桩在土质底部能够承受压力，从而确保土体结构性能更加稳定；如果是混凝土搅拌桩桩基具有一定压力的话需要对搅拌桩在地下土层中的埋置位置进行一定的限制。

3. 搅拌桩桩身质量控制

由于混凝土搅拌桩会和桩身混凝土出现较大的相互影响，所以在施工时需要控制好混凝土搅拌质量。应针对混凝土搅拌质量问题来进行及时处理，从而确保搅拌桩在施工过程中有着良好的泥浆流动性，同时对搅拌桩桩身的混凝土浇筑过程中所用浇筑设备的参数也要进行有效控制。比如要将搅拌桩桩身混凝土的含水率控制在15%以下以及拌和后成型要达到100%以上，一般情况下混凝土搅拌桩桩身混凝土必须达到S20级以上的标准。混凝土搅拌桩桩身混凝土如果出现严重开裂的情况，就说明该混凝土搅拌桩已经达到了强度的极限条件。因此对混凝土搅拌桩的质量问题要从水泥搅拌桩出厂前或者在后期进行混凝土搅拌过程中进行控制。对其进行质量控制还应该做到混凝土搅拌桩桩身混凝土浇筑质量合格以及混凝土强度满足设计要求才能使用水泥搅拌桩去施工地下建筑，但是也需要在混凝土搅拌桩成型完成之后进行养护管理工作这就要求混凝土搅拌桩在完成建设工程之后要及时对其混凝土进行养护管理工作。

结束语

综上所述，目前的科学技术水平还不能完全满足我国相关工程项目建设过程中存在的大量基础需求。因此要加强对地基处理技术研究发展，建立完善地基处理技术知识体系以及基础设施建设技术管理体系，为国家解决城市地基处理问题创造有利条件，同时也能够最大程度地节省人工成本。同时进一步深化相关技术的研究和应用，将更好满足各领域建设需要，这同样需要得到业内人士重视。

参考文献

- [1] 蒋爱辞, 戴菊英. PHC桩及水泥搅拌桩联合技术在水闸地基处理中的应用[J]. 水利建设与管理, 2021, 41(12).
- [2] 张俊杰, 王强. 小直径PHC管桩复合地基在变电站地基处理中的应用分析[J]. 电气技术与经济, 2021, (05): 33-35.
- [3] 李永超. 基于PHC管桩处理的软土地基沉降规律研究[J]. 四川建材, 2021, 47(09): 69-71.
- [4] 汪敏. 围堤水泥搅拌桩加固工程地基沉降预测模型对比研究[J]. 水利技术监督, 2021, (04): 147-150.
- [5] 汪雄. 洞庭湖区高速公路水泥搅拌桩处治的软土地基等效力学参数数值计算[J]. 长沙理工大学, 2021.