

沿海区域几种深层软基处理施工技术应用探讨

羊山发

深圳市深汕特别合作区建设工程质量安全监督站

摘要：本研究从沿海区域的深层软基处理施工技术角度出发，分析了几种常用的处理方法。通过实地调研和理论分析，探讨了这些方法的优缺点及质量控制要点。本文首先介绍了研究领域的背景和重要性，说明了沿海区域深层软基处理的必要性。接着，阐述了研究的目的和意义，即解决沿海区域工程建设中深层软基问题的需求，然后明确陈述了本研究的主要结果和发现，重点从施工工艺和材料选择、质量控制等方面进行了分析。最后，总结了本研究的主要结论和意义，强调了对沿海地区的工程建设具有重要参考价值。

关键词：沿海区域；深层软基处理；DJP水泥土复合管桩；水泥搅拌桩；CFG桩

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.017

一、引言

沿海地区的工程建设面临着深层软基问题的严重挑战，这是由于沿海地区地质条件复杂、涂土地区、杂填石性质特殊所导致的。因此，对于沿海地区深层软基的处理施工技术进行深入研究和分析，具有重要的理论价值和实际意义。

当前，针对沿海地区的深层软基处理施工技术的研究尚不完善。尽管已有大量的研究对其进行了探索，但仍然存在诸多问题亟待解决。为此，本研究旨在从实地调研和理论分析的角度出发，对沿海区域常用的深层软基处理施工技术进行浅析，以期能为沿海地区的工程建设提供参考和借鉴。

在广泛的文献查阅和实地调研的基础上，本研究旨在揭示沿海地区深层软基的问题，分析当前新技术应用及常见的处理方法的优缺点、质量控制关键点，总结并归纳出适用于沿海地区的几种常用深层软基处理施工技术。本研究将对各种处理方法的关键工艺和质量控制等方面进行深入分析，以期能够提供可靠的指导和可行的方案。

本研究的主要目的在于解决沿海地区工程建设中深层软基问题所面临的困境和挑战。通过对深层软基处理施工技术的深入研究，本研究将为沿海地区的工程建设提供理论基础和实际操作指南，有助于保障沿海地区工程建设的安全性和可行性。同时，本研究的结论和发现对于相关研究领域的发展和工程建设的改进都具有重要的科学价值和实践意义。

综上所述，本文旨在通过深入分析和详细探讨沿海区域几种常用的深层软基处理施工技术，为工程建设提

供有效的解决方案。随后，我们将对常见的沿海区域深层软基问题进行介绍，包括地质条件介绍、涂土地区、填石地区性质分析以及存在的问题和挑战。随后，我们将重点讨论几种深层软基处理施工技术。最后，我们将总结本研究的主要结论和意义，并强调其对沿海地区工程建设的重要参考价值。

通过本研究的开展，相信能够为沿海地区工程建设提供可靠的深层软基处理施工技术，为相关领域的发展和进步做出积极贡献。

二、常见的沿海区域深层软基问题

（一）地质条件介绍

沿海区域深层软基处理是沿海道路工程建设中的质量技术的关键。在进行深层软基处理施工前，我们首先需要当地的地质条件进行全面的了解和分析。

沿海区域的地质条件通常复杂多变。这些地区由于地质构造和地貌形态的不同，地层结构和性质也存在差异。有些地区是由于长期的海水侵蚀和波浪冲刷，形成了较为松散的土质以及较厚的有机质淤泥层，在施工中需要特别加以注意。另一些地区则是由人工填筑，存在较大块石的填石层，其较大缝隙，与周边海水相连，存在动水的影响，使常规的软基处理存在较大的难度，且耐久性较差。

软弱淤泥层分析也是深层软基处理施工前的关键工作之一。沿海区域通常存在较厚的软弱淤泥层，其含水量高、压缩性高、透水性差、抗剪强度低且含有有机质。这种土质的特点使得深层软基处理施工时会面临一些挑战，如软基处理成桩问题、深基础的施工安全等问题。

在深层软基处理施工过程中，我们还需要面对一系列的问题和挑战。首先，施工区域的环境条件复杂，对施工工艺和设备要求较高。其次，施工需要克服地下水位高、土层湿度大、强度低等问题，确保施工的安全和有效性。此外，随着施工的深入，施工所产生的变形和应力会对周边环境产生一定的影响，需要进行合理的工程监测和管理。

因此，在深层软基处理施工中，需要综合运用多种方法和技术来解决问题。

（二）存在的问题及挑战

沿海区域作为我国经济发展的重要区域之一，其土地资源显得尤为宝贵。然而，由于地理位置的特殊性及气候条件的影响，沿海区域往往存在着深层软基问题。深层软基问题的主要表现是土壤的不稳定性、杂填石、

与海水联通的动水作用影响成桩以及后期可能出现的地面不均沉降等问题，给沿海地区的道路工程建设和发展带来了巨大的挑战。

在沿海地区的施工中，常常会出现土质塌陷、沉降、地基不稳定等问题。这些问题的出现，既影响了地基工程的安全性和稳定性，也对周边环境造成了一定的影响。因此，解决深层软基问题具有重要的现实意义。

针对沿海区域的深层软基问题，有采用的DJP水泥土复合管桩新技术，有常见的水泥搅拌桩、CFG桩技术。DJP复合管桩主要是通过水泥土与高强度预应力管桩共同受力，充分利用管桩强度高的特点，同时又能抵御海水侵蚀，提高地基的稳定性和承载力。水泥搅拌桩主要通过固化剂对软土进行加固，利用相互之间的物理化学反应，改变加固土的性能，提高土体的抗压、抗剪强度。CFG桩主要是通过对软弱土层的置换，与桩周边土形成复合地基，增加地基承载力。

综上所述，沿海区域的深层软基问题具有一定的复杂性和特殊性，但通过合适的处理施工技术，这些问题都可以得到较好的解决。

三、深层软基处理施工技术

（一）DJP 水泥土复合管桩

DJP水泥土复合管桩技术利用位于钻杆下方的潜孔锤冲击器在钻进过程中产生的高频振动冲击作用，结合冲击器底部喷出的高压空气对土体结构进行破坏，同时冲击器上部高压水射流切割土体；在高压水、高压气、高频振动的联动作用下，使钻杆周围土体迅速崩解，处于流塑或悬浮状态，再钻杆上提过程，通过喷嘴喷射高压水泥浆对钻杆四周的土体进行二次切割和搅拌，加上垂直高压气流的微气爆作用，使已成悬浮状态的土体颗粒与高压水泥浆充分混合，形成直径较大、混合均匀、强度较高的水泥土桩，水泥土桩完成后，在水泥土初凝前，桩内同心植入预制芯桩，形成DJP复合管桩。该技术可以有效解决较厚抛填层成孔难的问题，以及局部基岩起伏较大区域管桩嵌岩的问题，同时水泥土外桩对管桩的包裹，增加了基桩抗水平承载力，解决了管桩腐蚀问题。初凝前静植管桩，施工过程对管桩桩身影响小，避免对桩身造成破坏。该复合桩利用刚度更大、更适合传递竖向荷载的预应力高强混凝土管桩做桩芯，其中空的构造使得在高强度混凝土和水泥土用量一致的情况下，能够增加水泥土与桩周土体的接触面积，提高复合桩的竖向承载能力，减少沉降。该技术质量控制关键在于水泥土成桩的垂直度、桩身完整性、芯桩压桩时间、芯桩与水泥土外桩的同心度控制，在实际过程中通过采用先进北斗定位系统，使桩位误差小于5mm；采用倾角传感垂直度系统，确保垂直度偏差 $\leq 0.3\%$ ；采用电子流量计随时监控泵送过程中复合浆液流量，精度达到1%升；水泥净浆内加入不同掺量添加剂，控制复合浆液在

碎石土内的流动度，既确保浆液在沿海动水区不流失，确保外桩成桩质量。

（二）水泥搅拌桩

水泥土搅拌桩是沿海地区道路软基处理常用的有效手段之一，其对于软弱地基加固效果较好。在沿海区域，由于地质条件的特殊性，软基地质层往往是松散的、含水量高的，不稳定、淤泥层埋置深、层厚较大。水泥搅拌桩通过固化剂对软土进行加固，提高地基承载力，从而解决深层软基问题。

水泥搅拌桩属于加固土桩的一种，主要以水泥为固化剂，通过深层搅拌机械，将固化剂和地基土强制搅拌形成，利用相互之间的物理化学反应，使软弱地层胶结、固化。根据钻头形式不同又分为单向水泥搅拌桩和双向水泥搅拌桩，后者对土体搅拌更均匀。水泥搅拌桩适宜深度不大于20m米的正常固结的淤泥、粉土、饱和黄土、黏性土等地质，不适宜于杂填土、硬塑、坚硬状地层及水流速度较大的地基加固层。水泥搅拌桩加固后可以提高沿海软土地基的强度和增大变形模量及稳定性，可有效减少路基总沉降和侧向位移。水泥搅拌桩施工前应掌握地基的地质资料，并进行必要的土工试验，初步确定固化剂和可能的外掺剂，并测试90天龄期的立方体抗压强度。正式实施前根据工艺要求做好试桩，每种参量一般不少于3根，根据试桩结果确定水泥搅拌桩施工的钻进、提升速度、搅拌转速、喷浆压力、单位时间喷浆量和水灰比，确保桩身的均匀性、强度、承载力满足要求。桩基需要配备经标定检验合格的全自动电脑记录仪、压力表、泥浆比重仪等，过程中严格控制水泥进场质量，要求浆液放置时间不宜超过两个小时，同时浆液应加筛过滤，以免浆内产生结块。桩位控制要求偏差不大于5cm，成桩桩顶应比设计高50cm，确保桩头质量。搅拌机底盘的水平和导向架的竖直，在桩机井架的正面和侧面一般用重量不小于2kg的吊锤进行控制。垂直度偏差不大于1.5%，其主要是通过主机上悬挂吊锤测量确认。水泥搅拌桩桩顶应采用碎石、级配碎石设置褥垫层，并可设置土工格栅加强其应力、应变调节能力。水泥搅拌主要是通过3天轻型动力触探、28天后取芯、单桩承载力及复合地基承载力检测确认成桩质量。

（三）CFG 桩

CFG桩也称水泥粉煤灰碎石桩，主要以承载力和压缩模量相对较高的土层作为桩底持力层，同时与桩间土共同受力，形成复合地基。对沿海滩涂区域、深厚淤泥层、粉土、黏性土加固效果较好。

CFG桩主要是采用低标号混凝土对桩身范围软弱土进行置换，能够减少流塑状淤土液化，使桩基的侧摩阻力进一步增强，提升复合地基的承载力，减少沿海区域道路的不均匀承载，同时无须进行桩间置换土的处理，经济、环保。其主要采用沉管灌注成桩、长螺旋钻孔灌

注、泥浆护壁钻孔成桩等工艺，工艺流程包括测量放线定位、钻机就位、调整、钻机成孔、泵送混合料及拔管至桩顶上50cm。质控要点：（1）保证打桩顺序正确。施打的顺序和土性、桩距等均有关联，饱和软土内，桩机震动偏小，若使用连打，新桩会对已打桩造成挤压，导致已成桩挤变形，甚至出现缩颈、断桩情况，所以，可采用隔桩跳打。饱和松散粉土内，不能实行跳打，由于粉土振密性好，若先进性打桩，会导致土密度增加，土的密度随打桩数量增加增强。新桩补打时，会使沉管难度增加，还易出现断桩问题。布桩较满时，打桩可从中心逐渐向外。（2）沉管和投料的管控。装机就位，需确保其平稳，所以，应调整沉管，让其垂直于地面，偏差在1%之内，沉管合格，进行投料，并留振10s，投料应持续。（3）控制拔管速度。若过快拔管，会使桩径缩小，还可能出现断桩，若过慢拔管，会导致桩体的混凝土出现分布不均的情况，桩顶的浮浆偏多，会使桩身强度不均，进而造成离析。因此，拔管使速率为0.8-1.0m/min最佳。成桩时，钻机启动之后留振10s左右，其他过程不得留振，防止混合料离析，降低桩身强度。拔管不得反插，避免垂直度不佳抑或桩身掺土。（4）确保混凝土配置比合理。施工时需重点管控坍落度，避免其过大抑或过小，导致桩体强度不合格。根据实际设计需求，坍落度最好控制在3-5cm。冬季施工，需进行保温处理，桩基完工应覆盖表面；雨季施工需控制好材料的含水量，现场排水需得到保障。（5）桩头开挖后应采用环切工艺，避免干扰有效桩，防止浅层位置断桩。进行环切，深度超过15cm，环切结束，确保切缝为同一平面，从相同角度插进3根钢钎，使用锤击处理超出桩头，通过铁钎修整桩头。CFG桩完工后一周，应采取低应变无损方式检查（10%），竣工一月左右，实行单桩静载检验（2%），检验时，需保证每个工点至少3根。

结语

本研究从沿海区域的深层软基处理施工技术角度出发，对几种处理方法进行了深入分析。通过实地调研和理论分析，我们对这些方法的优缺点、工艺要求、质量控制进行了探讨，并取得了一些重要的结果和发现。

首先，我们介绍了研究领域的背景和重要性，说明了沿海区域深层软基处理的必要性。这为本文的研究提供了理论依据和实践意义。其次，我们明确了本研究的目的和意义，即解决沿海区域工程建设中深层软基问题的需求。这有助于指导工程实践和提高工程质量。

然后，我们深入分析了施工工艺和技术选择等方面的关键问题，为深层软基处理提供了一些可行性建议和技术性指导。

综上所述，本文的研究内容主要包括沿海区域深层软基问题的分析、处理施工技术的介绍等。我们深入探

讨了这些问题，并得出了一些重要的结论。

然而，我们也要承认，本研究还存在一些不足之处。首先，由于篇幅和研究条件的限制，我们未能对所有的方法进行全面细致的研究和逐一比较。其次，由于时间和资源的有限性，我们尚未进行大规模的实际工程应用和验证。因此，我们建议未来的研究可以进一步深化和扩展我们的研究内容，以进一步完善和改进沿海区域深层软基处理的技术方法。

鉴于以上的研究成果和不足之处，我们提出以下几点未来研究的方向和实践建议。首先，可以进一步开展长期监测和实测反馈研究，以验证深层软基处理的效果和可靠性。其次，可以结合其他相关领域的研究成果，进一步改进和创新处理方法。最后，可以拓宽研究视野，将深层软基处理与其他地质、土木工程问题相结合，提出综合解决方案。

总之，本研究的主要结论和意义是在沿海区域的工程建设中，几种常用的深层软基处理施工技术是可行和有效的。本研究对于沿海地区的工程建设具有重要的参考价值，同时也为未来的研究和实践提供了一定的方向和建议。我们希望通过我们的努力，能够为沿海区域工程建设的发展和进步做出一些贡献。

参考文献

- [1]李培庆.滨海公路快速施工软基处治及施工关键技术研究[J], 2018
- [2]朱毅.沿海地区公路工程深层软基处理真空联合堆载预压施工技术[J].中国水电三局施工技术, 2020
- [3]徐灿然.沿海地区高速公路软基处理施工技术[J].智能城市, 2018
- [4]刘鹏程.多向加芯搅拌桩在丰南钢厂软基处理工程中的应用研究[J], 2019
- [5]李欣刚.“HVDM”在软基处理工程中的风险管理研究[J], 2018
- [6]王浩.沿海地区道路软基处理施工技术的应用分析[J].建筑工程技术与设计, 2018
- [7]刘奇鹰.浙江沿海典型产业集聚区海洋生态风险评估技术研究[J], 2018
- [8]许先武.沿海地区公路拓宽改造中软基处理方案与技术特点研究[J].华东科技(综合), 2019
- [9]党忠友.沿海地区软基处理技术与控制管理措施研究[J], 2019
- [10]秦源材.微探水利工程施工中软基基础的处理技术[J].水电水利, 2022
- [11]杨启惠.水利堤防建设中的软基处理技术分析[J].华东科技:学术版, 2018
- [12]贺飞,鲁义强,代恩虎,等.煤矿岩巷TBM适用性与新技术发展[J], 2023