

浅谈岩土工程勘察中对软土地基处理的重要性

孙赛

海南深勘勘察设计有限公司

摘要：软土地基处理在岩土工程勘察中是非常重要的一个环节。本文以软土地基项目为例，对软土地基的定义、类型及其特点、处理方法和应用进行了研究和分析。本文介绍了物理加固、化学加固和土工合成材料加固三种软土地基处理方法，并阐述了在道路工程、管道工程和综合管廊工程中的应用实例。本文旨在帮助岩土工程勘察工程师更好地了解软土地基处理的重要性，为软土地基工程提供指导和借鉴。

关键词：软土地基处理；物理加固；化学加固；土工合成材料

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.035

引言

岩土工程勘察中，软土地基处理是一个非常重要的环节。软土地基在工程中常常是一种不稳定的土层，对建筑物或基础设施的安全性、稳定性和使用寿命产生重大影响。因此，在软土地基项目中，对软土地基进行科学、合理的处理至关重要。本文旨在对软土地基的处理方法及其应用进行研究和探讨，以期对岩土工程勘察工程师提供有价值的参考。

一、软土地基概念

（一）软土地基的定义

软土地基是指在工程地质中，土层的强度和稳定性不足以承受设计荷载和应力水平的土地基。软土地基的特点是压缩性强、水分含量高、抗剪强度低、稳定性差，容易发生沉降和变形，对工程安全性造成威胁。

（二）软土地基的类型及其特点

根据不同的土性和成因，软土地基可以分为多种类型。例如，海洋沉积物软土、河流冲积物软土、淤泥质软土、高液限黏土等。不同类型的软土地基具有不同的物理和力学性质，因此在处理时需要根据实际情况进行针对性处理。

二、软土地基处理方法

（一）物理加固

物理加固是一种软土地基处理方法，通过改变土体的结构和形态，增加土体的密实度和强度，以提高软土地基的承载力和稳定性。常见的物理加固方法包括振动加固、加筋加固、压实加固等。在实际工程中，物理加固方法被广泛应用于各种类型的软土地基处理，如路基、堤坝、地基处理、地下工程等。第一，路基工程。

物理加固方法在路基工程中应用广泛。例如，在铁路路基加固中，通过利用动力钻孔桩和静力压桩实现路基的加固，这种方法可以有效地提高路基的承载能力和稳定性。第二，堤坝工程。物理加固方法在堤坝工程中也有很好的应用。例如，在建造水利工程的过程中，可以利用振动加固方法来加固堤坝土体，这种方法可以有效地提高堤坝的抗震性和稳定性。第三，地基处理。对于一些需要建造高层建筑或大型工业设施的场所，如油田、码头等，土壤的承载能力往往不足，需要进行地基处理。在这种情况下，可以采用物理加固方法来改善土体的结构，提高土体的承载能力和稳定性。第四，地下工程。物理加固方法也被广泛应用于地下工程中，如地铁、隧道等。在地铁建设中，可以采用压实加固方法来加固地基土体，以提高地铁的稳定性和安全性。物理加固方法具有施工方便、效果明显、成本低等优点，在实际工程中具有广泛的应用前景，可以有效地提高软土地基的承载能力和稳定性。

（二）化学加固

化学加固是一种利用化学反应来加固软土地基的方法，通过注入化学物质，使土体的物理性质发生变化，从而提高土体的强度和稳定性。常见的化学加固方法包括注浆加固、化学固化加固、化学橡胶加固等。在实际工程中，化学加固方法被广泛应用于各种类型的软土地基处理，如桥梁、隧道、管道等工程中。第一，桥梁工程。在桥梁工程中，由于土壤基础的不稳定性，经常会导致桥梁的倾斜和下沉等问题。可以采用化学注浆加固方法来加固桥梁基础。例如，在一些桥梁的修缮和加固中，采用了化学注浆加固方法，使土体形成了固体骨架，提高了土体的强度和稳定性。第二，隧道工程。在隧道工程中，为了提高隧道的稳定性和安全性，可以采用化学固化加固方法。例如，在一些隧道施工中，利用化学固化剂对土体进行处理，加强土体的黏结能力和强度，提高隧道的稳定性和安全性。第三，管道工程。在管道工程中，经常需要处理软土地基，以确保管道的稳定和安全。可以采用化学橡胶加固方法。例如，在一些油气管道施工中，注入了化学橡胶，使土体形成了具有一定强度的固体结构，提高了土体的承载能力和稳定性。化学加固方法具有施工方便、效果显著、成本较低等优点，在实际工程中具有广泛的应用前景，可以有效地提高软土地基的承载能力和稳定性。

(三) 土工合成材料加固

土工合成材料是一种由高分子材料制成的复合材料，具有高强度、高韧性、高透水性和耐化学腐蚀等特点。在软土地基处理中，土工合成材料常用于加固土体、改善土壤的力学性质和稳定性。第一，路基工程。在道路工程中，为了加强路基的承载能力和稳定性，可以采用土工合成材料加固方法。例如，在一些公路建设中，采用了土工合成材料覆盖路基，使路基形成了具有一定强度的复合结构，从而提高了路基的承载能力和稳定性。第二，地基处理工程。在建筑工程中，为了解决地基沉降和土壤松软等问题，可以采用土工合成材料加固方法。例如，在一些建筑物的地基处理中，采用了土工合成材料覆盖地基，增加了地基的承载能力和稳定性，减少了地基的沉降。第三，管道工程。在管道工程中，为了加强管道的承载能力和稳定性，可以采用土工合成材料加固方法。例如，在一些输油管道的施工中，采用了土工合成材料覆盖管道，增加了管道的承载能力

和稳定性，减少了管道的变形和破坏。土工合成材料加固方法具有施工方便、效果显著、成本较低等优点，在实际工程中具有广泛的应用前景，可以有效地提高软土地基的承载能力和稳定性。

三、软土地基处理的应用——以三亚市崖州中心渔港片区路网建设三期工程为例

拟建的三亚市崖州中心渔港片区路网建设三期工程位于三亚市崖州区中心渔港内，主要建设内容有包括道路工程、交通工程、交通信号灯及监控工程、管线综合、给水（再生水）工程、排水工程、缆线型管廊工程、电力工程、通信工程、照明工程、景观工程等，燃气仅预留管位。道路工程由规划滨海路、花园路、渔港7号路和港口路共4条道路组成。沿线揭露的地层为①层杂填土、②层中砂、②₁层粉砂、③层淤泥质粉质黏土、③₁层中砂、④层粉质黏土、⑤层砾砂、⑥层粉质黏土、⑥₁层粗砂、⑦层中砂、⑧层粉质黏土、⑨层中砂和⑩层粉质黏土，其地基土设计参数见表1。

表1 地基土设计参数建议值

地层编号及名称	f _{ak} (kPa)	E _s (MPa)	E ₀ (MPa)	γ (kN/m ³)	C _k (kPa)	Φ _k (°)	休止角		渗透系数 (K) cm/s
							水上	水下	
①层杂填土	80	/	(4.0)	(17.5)	(5.0)	(10.0)	/	/	/
②层中砂	130	/	(6.0)	(19.0)	/	/	34.8	28.5	4.02×10 ⁻²
② ₁ 层粉砂	100	/	(3.5)	(18.0)	/	/	33.0	26.5	5.25×10 ⁻³
③层淤泥质粉质黏土	70	2.48	/	16.8	14.6	6.5	/	/	6.72×10 ⁻⁶
③ ₁ 层中砂	130	/	(6.0)	(19.0)	/	(25.0)	/	/	/
④层粉质黏土	160	6.3	/	19.7	41.2	15.2	/	/	/
⑤层砾砂	180	/	(11.0)	(20.0)	/	(30)	/	/	/
⑥层粉质黏土	190	7.55	/	19.7	58.8	18.8	/	/	/
⑥ ₁ 层粗砂	180	/	(10.0)	(19.5)	/	(35.0)	/	/	/
⑦层中砂	170	/	(8.5)	(19.0)	/	(35.0)	/	/	/
⑧层粉质黏土	200	7.0	/	19.2	51.1	16.5	/	/	/
⑨层中砂	200	/	(13.5)	(19.0)	/	(35.0)	/	/	/
⑩层粉质黏土	220	7.5	/	18.8	34.6	12.8	/	/	/

注：E_s、γ为建议平均值，C_k、Φ_k为建议标准值，（）为经验值。

根据勘探揭示，场地内软土发育，②₁层粉砂，松散，含淤泥，局部岩性过渡变性为淤泥质粉质黏土，揭露厚度较薄，且埋深较浅，分布不稳定，呈透镜体分布；③层淤泥质粉质黏土，呈流塑~软塑状。揭露厚差异很大，且厚薄不一，分布相对稳定，局部缺失。其特点表现在：地基承载力低、含水量高、孔隙比大、透水性差、强度低、压缩性高、高灵敏度等特殊性能。当其受到震动时，土层结构易受破坏，抗剪强度和承载力随之大幅下降，从而引起地面震陷和天然地基浅基础的建筑物的下陷。基础设计和施工时应考虑其影响。

(一) 软土地基处理在道路工程中的应用

软土地基在道路工程中常常会导致路面变形和沉降等问题。为了解决这些问题，常用的软土地基处理方法包括地基处理、换填法和抛石挤淤等。

本项目包括滨海路、花园路、渔港7号路和港口路，总长约2.75km。其中，滨海路长1.4km，宽30m~43m，设计速度50km/h，双向四车道；花园路长0.38km，宽30m~37m，设计速度50km/h，双向四车道；渔港7号路长0.82km，宽20m，设计速度30km/h，对向两车道；港口路长0.135km，宽24m，设计速度30km/h，对向两车道。据工程地质条件以及结合路面设计标高，拟建道路均为填方路基，最大填方高度约3.82m，因此，

建议清除①层杂填土，同时对②层中砂进行清表处理后，以②层中砂可作为路基基础持力层，鉴于②₁层粉砂，含淤泥，③层淤泥质粉质黏土，呈流塑~软塑状，且厚度差异较大，作为路基下卧层时，应进行下卧层验算，若不满足要求时，可采用复合地基进行加固处理，如水泥土搅拌桩、CFG桩、碎石桩等进行加固处理，处理深度满足沉降变形设计要求。水泥土搅拌桩干法施工机械必须配置经国家计量部门确认的具有能瞬时检测并记录出粉体计量装置及搅拌深度自动记录仪。施工时应注意保持搅拌机底盘的水平和导向架的竖直，桩位的偏差不得大于150mm，成桩直径和桩长不得小于设计值。施工过程中必须随时检查施工记录和计量记录。施工过程中应采取有效措施控制粉尘外扬。施工完毕后，应进行单桩承载力特征值检测和复合地基承载力检测，检测合格后方可进行下步施工。开挖时，应注意开挖深度，避免挖到桩头。并通过现场静载试验确定复合地基承载力特征值。采用各种桩型的桩基施工前均应先进行试桩，以确定沉（成）桩的可行性，然后进行静载荷试验，以确定单桩竖向承载力特征值，为工程桩的施工获取有效的全面的技术工艺参数。水泥土搅拌桩验收检验数量不少于总桩数1%，复合地基静载荷试验数量不少于3台；CFG桩复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验的数量不应少于总桩数的1%，且每个单体工程的复合地基静载荷试验的数量不应少于3点，碎石桩施工质量的检验，对桩体可采用重型动力触探试验；对桩间土可采用标准贯入、静力触探、动力触探或其他原位测试等方法；对消除液化的地基检验应采用标准贯入试验。桩间土质量的检测位置应在等边三角形或正方形的中心。检验深度不应小于处理地基深度，检测数量不应少于桩孔总数的2%。竣工验收时，地基承载力检验应采用复合地基静载荷试验，试验数量不应少于总桩数的1%，且每个单体建筑不应少于3点。

（二）软土地基处理在管道工程中的应用

管道工程中的软土地基处理主要是为了保证管道的稳定运行。本项目为滨海路设计起点为渔港8号路，终点至工业路，总长度约1399.875m，管廊仅在鱼港9号路~工业路段范围敷设，管廊总长度为1195m。花园路设计起点为滨海路，终点至渔家路，总长度约379.958m，管廊按道路全线敷设，与道路长度一致。港口路设计起点为滨海路，终点至鱼港7号路，总长度约133.95m，管廊按道路全线敷设，与道路长度一致。管廊累计长度1708.91m。

根据工程地质条件以及结合路面设计标高，对于②₁层粉砂③层淤泥质粉质黏土埋深较浅的部位，建议进行下卧层验算，若不满足变形要求，建议采用复合地基进行加固

处理，如CFG桩、水泥土搅拌桩对②₁层粉砂和③层淤泥质粉质黏土进行加固，加固深度应满足变形要求。

（三）软土地基处理在综合管廊中的应用

综合管廊是指在一个地下管道中布置多种不同用途的管线，由于各种管线的要求不同，因此软土地基处理在综合管廊中的应用也有所不同。

本项目包括给水管道、雨水管道以及污水管道三种。第一，给水管道。采用球墨铸铁管，累计长度约2920.00m，管径为DN150-DN300，敷设于滨海路、花园路、渔港7号路和港口路等区域。第二，雨水管道。采用混凝土管，累计长度约2091m，管径为d600-d1000mm，敷设于滨海路、花园路、渔港7号路和港口路等区域。第三，污水管道。采用DN400mm管道，敷设于滨海路、花园路和工业路等区域，全线分为5段排水。基底涉及的地层主要为②层中砂，局部为②₁层粉砂和③层淤泥质粉质黏土，②层中砂工程性能一般，其余两层工程性能较差，因此，直接以②层中砂作为管道基础持力层，对于局部②₁层粉砂和③层淤泥质粉质黏土的部位，建议进行适当超挖或进行抛石挤淤，铺设级配碎石，夯实检验合格后，方可作为管道基础持力层；亦可采用复合地基进行加固处理，如CFG桩、水泥土搅拌桩对②₁层粉砂和③层淤泥质粉质黏土进行加固，加固深度应满足变形要求。

结束语

软土地基直接影响工程的质量和稳定性，因此，软土地基处理包括加固、改良和加压等。在不同的工程项目中，需要根据地质条件、工程要求和经济可行性等因素来选择适当的方法。在道路工程中，软土地基处理可以通过加固土壤来改良和提高道路的稳定性和承载能力，从而提高道路的使用寿命和安全性。在管道工程中，软土地基处理可以避免管道的沉降和变形，从而保证管道的正常运行。在综合管廊中，软土地基处理可以使管廊的稳定性和安全性得到保障，同时减少维护成本和时间。

参考文献

- [1] 阮祺, 刘国栋. 公路工程软土地基处理技术措施研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(08): 71-73.
- [2] 廖鹏, 孙世达. 软土地基病害与沉降预测方法研究现状[J]. 科技与创新, 2023(04): 129-131+134.
- [3] 王晓静. 关于软土地基浆喷桩新工艺及应用实践[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(02): 67-69.
- [4] 《三亚市崖州中心渔港片区路网建设三期工程》工程地质勘察报告[J]. 海南深勘勘察设计有限公司, 2022(07).