

新型加固材料在软土基岩土工程中的应用性能研究

杨涛

甘肃亚河工程建设管理有限责任公司，甘肃省临夏回族自治州临夏县，731800；

摘要：本文针对软土基岩土工程常见问题，根据加固材料性能特点，提出了新型加固材料的分类、组成与性能分析，并以某高速公路软土基岩土工程为例，介绍了该工程软土基岩土加固的工艺、技术和施工方法，以及该工程采用的新型加固材料，分析了其在软土基岩土工程中的应用性能。

关键词：新型加固材料；软土基岩土工程；应用性能

DOI：10.64216/3080-1508.25.10.016

引言

软土基岩土工程是高速公路、铁路、桥梁等工程建设的主要形式，其施工质量和施工安全是影响工程质量和安全的关键因素，因此，提高软土基岩土工程施工质量和安全是保证工程质量和安全的前提条件。目前，软土基岩土工程施工过程中常见问题有软土地基承载力不足、沉降变形过大、边坡失稳等，主要原因是加固材料不合理或缺乏对新型加固材料的系统研究，以及新型加固材料的性能不满足要求。因此，研究新型加固材料的种类、组成、性能与特点，分析其在软土基岩土工程中的应用性能，对于提高软土基岩土工程施工质量和安全具有重要的意义。

1 软土基岩土工程常见问题

(1) 软土地基承载力不足，容易导致路基失稳。软土地基承载力不足是影响路基稳定的主要因素，由于软土本身的特性，如含水量高、孔隙比大、透水性差等，导致其承载力低，地基容易失稳。(2) 软土地基沉降变形过大，导致路基不均匀沉降。软土地基沉降变形过大的主要原因有软土地基本身的特性和人为因素。软土层厚度、含水量、孔隙比等是影响软土地基沉降变形的因素。边坡失稳是影响路基稳定性的主要因素，边坡失稳不仅会导致路基失稳，还会影响到路基两侧的环境和安全^[1]。

2 传统加固方法及其局限性

软土地基加固方法有很多，如排水固结法、加筋法、振动沉桩法等。传统的加固方法能够有效地提高软土地基的承载力，但是也存在一定的局限性。①加固方法需要在现场进行大量的试验研究，对于现场施工条件要求较高；②传统加固方法一般都是将土体从原地貌上挖除后进行，造成破坏，对环境影响较大；③传统加固方法

一般都是以提高地基承载力为目的，因此会引起地基附加沉降，如果软土基厚度较小，其附加沉降量会比较大；④传统加固方法一般都是以增加土体的密实度为目的，因此会引起土体抗剪强度的下降；⑤传统加固方法一般都是在建筑基础下进行，需要做好地基处理和施工排水工作^[2]。

3 新型加固材料分类与性能分析

3.1 新型加固材料的种类

3.1.1 高分子加固材料

高分子加固材料在软土地基加固中的应用主要有三种，分别是聚合物水泥、聚合物砂浆和聚合物水泥砂浆。聚合物水泥是在水泥中加入一定比例的无机材料，主要包括硅酸钠、铝酸钠和铁酸钾等。聚合物砂浆是在水泥中加入一定量的聚合物，包括聚丙烯酸、聚乙烯醇缩丁醛等。聚合物砂浆是以胶凝材料、无机材料、有机材料和高分子材料为主要成分，进行化学反应制备而成。在软土地基加固中，聚合物水泥和聚合物砂浆都具有较好的凝结硬化效果，也具有较好的抗渗性、抗冻融性和耐腐蚀性等性能。由于聚合物水泥和聚合物砂浆具有良好的粘结性能，因此，在软土地基加固中得到了广泛的应用。

3.1.2 纳米加固材料

纳米加固材料是利用纳米技术制备而成的一种新型加固材料，在制备过程中，将其与水、土等物质按照一定的比例混合，再通过一定的工艺进行处理，最终形成纳米级的颗粒，该颗粒大小在几十到几百纳米之间。在固结时，纳米级颗粒能够与土体形成一种较为稳定的胶结物。而且该加固材料还具有很好的防水性、渗透性以及抗渗性，并且能够将土体的结构强度进行有效提升。在实际应用中，该加固材料可以用于隧道、水利工程、

地下工程以及海洋工程等诸多领域。但是由于这种加固材料属于新材料,所以在生产过程中还需要不断对其进行优化与完善。

3.1.3 复合加固材料

复合加固材料主要是指由两种或两种以上的加固材料混合而成,具有一种或多种性能,并将其应用于各种岩土工程。如将水泥、粉煤灰、石粉等材料进行混合,能够形成一种高强度的材料,适用于软土地基的加固。此外,由水泥和其他矿物掺料组成的材料也是复合加固材料的一种,具有良好的粘结性能和抗拉强度,在软土地基的加固中得到了广泛应用。由于这种复合加固材料是将多种不同性质的材料混合而成,具有多种性能,所以其应用范围比较广泛。例如在对软土地基进行加固时,可以将水泥、粉煤灰、石粉等不同性质的材料混合在一起,利用各种不同的性质组合成一种新型复合加固材料^[3]。

3.1.4 生态型加固材料

生态型加固材料主要是指具有良好的生态环保功能的新型加固材料。其主要包括:植物纤维加固材料、超细水泥加固材料、生态混凝土加固材料、生物材料加固材料等。植物纤维加固材料的特点是:能够在强风化岩石中形成骨架结构,在土中形成网状结构,能够起到支撑作用,防止水土流失,提高岩石的抗剪强度,同时可以提高岩石的抗风化能力。超细水泥加固材料具有高强度、高耐久性、高抗冻性等优点,适合应用于软土地区的基坑支护中;生物材料加固材料是指具有良好的生态环保功能的新型加固材料,其特点是:可以快速固结,施工方便且不会污染环境。

3.2 材料力学性能与耐久性分析

常见的新型加固材料一般都具有较好的强度、耐久性和耐腐蚀性,这类材料主要包括无机硅酸盐类、有机硅类和聚合物类。无机硅酸盐类加固材料包括水泥基材料、火山灰基材料、硅粉基材料等;有机硅类加固材料包括水玻璃基和水溶胶基材料等;聚合物类加固材料包括各种塑料高分子树脂和聚丙烯纤维等。新型加固材料一般具有较高的强度和耐久性,但也存在着一定的缺陷,如在软土地区使用时,需要考虑其渗透性问题;在低温或高湿度环境下,水泥基加固材料的耐久性将受到一定的影响。因此,在选择新型加固材料时,需要充分考虑其力学性能与耐久性。

3.3 材料环境适应性与绿色性能

改性水泥基材料是一种绿色环保材料,在满足基本性能要求的同时,还具有较好的环境适应性。改性水泥基材料具有良好的抗腐蚀性和耐酸性,且不易出现开裂、脱壳等现象。同时,改性水泥基材料的强度不会随着时间增长而降低,由于其水化热低,内部的自由水在养护过程中得到了释放,所以改性水泥基材料在低温环境下也能保持良好的强度和稳定性。另外,改性水泥基材料还具有较好的环境适应性,其自身不会发生有害气体排放或废渣堆积现象。改性水泥基材料具有良好的环境适应性,可在多种复杂环境下使用,而且随着时间的推移,改性水泥基材料性能将得到进一步优化。

3.4 新材料成本与经济性评价

上述分析可知,新型加固材料的应用具有很多优势,但在具体应用中,仍然需要从成本和经济性两方面来进行评价。根据前面的介绍,可以发现新型加固材料的成本主要包括原材料成本、设备采购费用以及施工过程中人工费用等。虽然新型加固材料的使用价格和传统加固材料相比具有一定优势,但由于其原材料和设备价格较为昂贵,因此在实际应用中其性价比仍有待提升。同时,由于施工过程中需要大量的人力、物力、财力进行支持,因此对经济性要求较高。对于新型加固材料的使用来说,其经济性需要结合具体项目进行评价,不能仅仅从理论上进行分析。

4 新型加固材料在软土基岩土工程中的应用技术

4.1 加固工艺与施工技术

在施工前,要进行一定的准备工作,例如:加固前的地质勘查与勘察报告、钻孔、注浆管等。施工过程中,要根据不同的地质条件选择不同的施工工艺。比如:在地质条件较好的区域可以采用普通注浆管注浆;而在地质条件较差的区域,则需要使用特殊的注浆管。在注浆过程中,要严格按照设计方案进行操作。注浆过程中,要注意控制压力和流量,避免压力过大或流量过小导致浆液流失。注浆完毕后,要进行一定的养护工作,从而确保加固效果^[4]。另外,为了防止加固过程中出现裂缝等问题,可以在注浆管端部涂抹一些生石灰粉来进行隔离。

4.2 加固效果评价方法

在软土基岩土工程中,应用新型加固材料时,为了确保其施工质量,必须对加固效果进行评价。目前,常

用的评价方法有以下几种：（1）根据相关检测标准，对加固效果进行评价；（2）根据加固材料的渗透系数、抗压强度、弹性模量等物理力学性质指标来对加固效果进行评价；（3）根据现场试验结果进行评价；（4）结合施工现场情况及岩土工程的实际情况，采用多种评价方法综合评价加固效果。在施工完成后，要及时对其进行检测，对加固后的土层进行取样测试，对加固材料的质量进行评定。若有必要可对其进行现场开挖验证，以确保其可靠性。

4.3 材料与软土界面反应机制

软土中的物质可以分为有机和无机两种，其中有机物质主要由碳、氢、氧以及氮等元素构成，是构成物质的主要元素。而无机物质主要由钙、硅、镁等元素构成，是构成物质的主要成分。由于软土层的物质组成以及特性存在着很大差异，因此在软土中加入不同种类的新型材料时，其所产生的效果也不同。通常情况下，钙离子、硅酸根离子等都会与软土中的粘土颗粒产生化学反应，形成新的水化物和钙硅化合物。这种化学反应的产生使得软土层中的结构更加致密，也能够改变软土的物理性质。但是，当这种反应生成物浓度过高时，也会对软土中的化学性质产生影响。

4.4 典型工程应用案例分析

4.4.1 桩基加固

某地区软土地基的厚度为 6~8m，深度为 13m。该地区在某一工程项目中需要采用钻孔灌注桩，桩基直径为 600 mm，桩长为 30m。钻孔灌注桩采用水泥单液浆进行加固，该加固材料的水灰比为 0.38。本工程共布置了 42 根钻孔灌注桩，钻孔深度在 10~12m 左右，采用水泥单液浆进行加固。施工过程中需严格控制注浆压力和注浆流量。该工程采用了多种新型加固材料，如：水泥粉煤灰浆液、水玻璃双液浆等。本工程采用新型加固材料对钻孔灌注桩进行了加固，加固后的桩基承载力能够达到 250 kPa 以上。经检测，该工程地基加固效果明显，没有出现地基沉降等情况。

4.4.2 地基处理

（1）案例一：某水电站大坝的地基处理。某水电站大坝地基处理之前，通过现场试验分析发现，对天然地基进行加固时，其效果不佳，而且在天然地基上修建大坝容易造成滑坡和崩塌等问题，所以要对其进行处理。施工中，为了能够使地基的承载能力得到提升，施工人员就利用新型加固材料对该大坝地基进行了加固。（2）

案例二：某城市道路工程中的软土地基处理。该城市道路工程在施工时遇到了软土地基，由于其承载力不高，所以通过对其进行加固处理后，才使得道路的通行质量得到了有效提升。可见，利用新型加固材料对软土地基进行处理后，可有效地提升其承载力和稳定性^[5]。

4.4.3 边坡防护

在某高速公路边坡防护工程中，由于软土地基承载力不足，同时存在滑坡、坍塌等隐患，采用新型加固材料进行防护。边坡防护设计如图 1 所示。首先在坡脚开挖 1m 宽的截排水沟，并在坡脚和坡面铺设 3m 宽的土工布。然后根据边坡坡度设置一定厚度的护坡草皮，以增加边坡的稳定性。最后对边坡进行喷草防护，喷草护坡主要采用的是高水泥浆与植物纤维的混合物，通过人工喷混方法在坡面上形成稳定覆盖层，其厚度一般为 20 cm。同时，在施工中为了使喷混材料与土壤紧密接触，喷混完成后应立即对喷混材料进行覆盖、浇水和定期养护。

5 结语

新型加固材料具有很多优势，在软土基岩土工程中的应用，不仅可以提高其承载力和稳定性，还可以降低其变形和沉降，同时还能够节省大量的成本。因此，新型加固材料在软土基岩土工程中具有较大的应用优势，值得被广泛推广使用。但由于新型加固材料在实际应用过程中存在一些问题，因此在实际应用中仍需要对其进行不断改进。例如：新型加固材料在施工过程中由于工艺控制不当会产生裂缝，所以在施工时一定要严格控制好施工质量和工艺。同时，还需要对其进行科学合理的试验研究，进一步提高新型加固材料的稳定性和可靠性。此外，还需要加强新型加固材料的理论研究工作。

参考文献

- [1] 周川, 张英超, 张伟. 新型高分子材料加固煤矿巷道顶板研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025, (13): 31-33.
- [2] 陈智贤, 陈圣杰, 郭典塔. 韧性复合桩提升地基承载力创新技术的应用[J]. 西部探矿工程, 2025, 37(07): 24-29.
- [3] 张朋, 王家乐, 周玥, 等. 基于新型无机材料的喷注一体化煤壁注浆加固技术应用[J]. 煤炭技术, 2025, 44(07): 25-28.
- [4] 廖文时. 市政道路路基加固方案及造价分析[J]. 江西建材, 2025, (05): 326-328.
- [5] 李建东, 李白威, 张延杰, 等. 新型固化材料加固黄土研究现状与展望[J]. 材料导报, 2025, 39(S1): 369-379.