

地基处理研究进展

张亚伟

北京东方新星勘察设计有限公司 北京市 100070

摘要：现阶段我国公路和建筑施工行业发展速度逐步加快，在地基处理技术研究工作中投入了大量的时间，主要就是创新施工技术，在满足地基处理要求的基础上，明确地基处理标准化建设方向。工程施工建设过程中，会涉及多个方面的施工内容，地基处理就是其中非常重要的一个施工环节，不仅会对工程整体建设质量造成影响，也会影响施工成本和施工效益。一些工程施工区域的地基条件比较差，对地基处理技术具有较高要求。为了提升施工质量，地基处理工作人员，就要结合施工区域具体状况，选择针对性的地基处理技术，同时也要严格按照设计和规范要求，合理编制地基处理标准化建设方案，为后续提升地基处理效率和质量提供保障。

关键词：地基处理技术；地质条件；道路工程；新型技术

引言：我国地域辽阔，不同区域的地质条件不同。现阶段城市化建设工作备受关注，无形中对基础设施建设提出了严格要求。地质条件比较好的区域被相继开发，地质条件比较差的区域，需要高效落实软土地基处理或是不良地基处理工作，改善承载力，提升地基强度，在提升地基处理效果的基础上，满足道路工程施工要求，为人们出行运输提供便利。细致研究“地基处理”，可知其中包含了多个学科的知识和技术，对施工人员的综合能力提出严格要求。地质条件越差的施工区域，对环境保护和地基处理工作提出的要求越严格。一旦没能按照标准要求开展地基处理工作，就会加大产生地基沉降不均匀、地基失稳等问题，严重威胁人们安全。本文从地基处理目的和类型入手，展开阐述，针对地基处理研究最新进展进行全面探讨。

1 地基处理概述

1.1 地基处理工作目的

道路工程施工建设过程中，非常重视地基处理工作，主要目的就是采取针对性的地基处理方法，对地基进行加固，在改良地基土工程特性的基础上，保证施工区域的地基状况符合施工要求。地基处理对施工人员的专业能力具有较高要求，如果想要提升地基处理效果，施工人员就要在细致分析施工区域地基处理要求之后，选用科学合理的地基处理技术，防止完成建设的道路在后期使用时产生裂缝、塌陷等质量问题，否则就会引发更加严重的安全事故。

1.2 地基处理技术种类

对地基处理技术进行分类时，一般状况下都会按照不同的地基加固原理，具体分为以下几种类型。

一是置换：施工人员在应用置换法处理地基时，主

要就是移除不符合施工要求的地基土层，换为强度高、压缩性强、抗腐蚀能力强的地基土层，具体包括强夯置换法、振冲置换法、换土垫层法等多种方式。

二是排水固结：在实际应用这种方法处理地基时，需要在地基中合理布置竖向排水井，之后结合具体施工要求加载重量，逐步排出土中的孔隙水，在有效减少小孔隙比的基础上，使地基发生固结变形达到提升地基土强度的目的，具体包括堆载预压法、超载预压法、真空预压法等。

三是灌入固化物：通常状况下都是在软土地基中灌入水泥浆液、粘土浆液、其他多种类型的化学浆液等固化物，充分利用气压、液压、电化学等方式，使浆液固化物与土壤颗粒胶结形成固化土，在改善地基土物理性质和化学性质方面具有重要作用^[1]。常见的灌入固化物方法有高压喷射注浆法、深层搅拌法、电动化学灌浆法等。

四是振密或是挤密：主要是指在软土地基中，科学合理的加入质坚硬的骨料，形成一种新型的复合地基，为后续提升地基土层强度提供保障，具体包括振动挤密法、爆破挤密法等。

五是加筋：在施工区域的地基中合理添加较高强度的特殊材料，在强化地基力性能的基础上，提升地基处理效果，如加筋土法、锚固法等都是道路工程处理地基时应用率非常高的方法。

六是冷热处理：充分应用低温处理、高温处理的方式，有效改变地基土的物理性能，最终目的是提高地基承载能力和强度。在此基础上，按照具体的处理方法，可以将冷热处理方法分为冻结法和烧结法。

2 地基处理研究最新进展

2.1 排水固结法的研究进展

排水固结法充分发挥作用,不仅能够提高软土地基承载力,也能有效减少构造物的沉降量。现阶段有很多施工区域,都需要进行软土地基处理工作,不可避免的会应用到排水固结法。目前排水固结法中的真空预压技术取得了突破性的研究进展,如电渗联合真空法、强夯-真空联合加固法、真空联合堆载预压法被研发和应用。除此之外,无膜直排式真空预压技术、气压臂裂式真空预压等多种新型的方法,也被应用在地基处理工作中。

一是电渗联合真空预压法。

地基处理人员在使用电渗法期间,会在地基中插入阴阳电极,主要目的就是保证直流电通入其中;之后在电场的作用下,地基中实际存在的自由水、一部分的弱结合水具体产生的电渗流,会从阳极流入阴极,并且还会经过阴极排出地面。严格按照标准要求使用此种地基处理技术,不仅可以降低地基土的含水率,也能提高地基土强度。在实际研究电渗联合真空预压法期间,从控制因素、技术创新、电化学改良、研发新材料等多个方面入手,制定完善的研究方案。开展一系列模型试验,研究pH值、电导率、电渗流速率等因素对电渗效果产生的具体影响。总结研究成果,可知在外加电压逐步增加的状况下,土体液限会降低、抗剪强度会增大,对于提升电渗加固效果具有重要帮助。不仅如此,以矩形、六边形、交错排列三种不同的电极布置方式为主,积极开展电渗试验,细致分析排水量、土的最终含水率、抗剪强度结果,可知六边形布置方式下的电渗状况处于最佳状态,并且此时的耗能最低。为了进一步提升电渗法的地基加固处理效果,还提出了电渗-堆载联合、电渗-强夯联合、电渗-真空预压联合等多种方法。

以“电渗-真空预压联合”方法为例进行分析,了解到此种方法充分发挥作用,能够体现出电渗和真空预压二者之间的相互促进作用,如电渗可以提升远离塑料排水板的土地加固效果,真空预压可以降低电渗阴极区域中土体的含水率,这样就会使土体处理效果变得更加均匀。在多次开展实验之后,可知将真空预压和电渗的交替加固具体时间,设置为10min,此时地基加固效果最佳。在研究这些电渗法的工程应用范围之后,可以为后续工程提升地基处理效果提供帮助。

二是真空联合强夯预压法。

强夯法充分发挥作用,不仅可以使土体超孔隙水压力快速增长,也能科学合理的改变土体的渗透性,真空法的重要作用就是加快排水速度^[2]。在将这两种方式结合之后,可以提升联合预压法的应用效果,现阶段此种方法被广泛应用在含水量高的吹填土地基加固施工中。

例如:研究人员积极开展表层为黏性土和粉质黏土、下卧土层为粉质土场地的试验,经过细致分析可知使用低能量、小间距进行两降两夯,可以显著提升地基加固效果。在大面积软土地基处理工作中,充分应用真空联合强夯预压法,可以加快超孔隙水压力消散的速度,甚至在缩短施工时间和提升加固效果等方面也具有重要作用。

三是无膜直排式真空预压法。

地基处理技术人员,在使用直排式真空预压法过程中,不需要铺设砂垫层,而是在密闭的真空管网系统的辅助下,可以直接连接真空管和排水板。这样既能提高真空传递效率,也能将真空负压荷载高效的传递到土体内部,对于缩短加固处理时间具有重要意义。

在实际研究时应用吹填淤泥这种方法,并将其作为密封层。在此之后,直接由水平管网和纵向排水组成具有立体特征的排水系统,并且排水管道也会直接传递真空负压荷。密封泥层下的真空负压荷载,会处在80-90kPa的范围内。

2.2 复合地基技术的研究进展

一是水泥搅拌桩复合地基。

细致研究“水泥土搅拌桩”,可知其是复合地基的一种重要形式。研究人员充分应用新技术对搅拌桩特种技术进行研究,研发出多种类型的搅拌桩创新技术,并被我国公路、地铁、民用建筑等多个领域广泛应用^[3]。不仅如此,一些工程用水泥搅拌桩复合地基技术,代替单向搅拌桩。结合工程的加固处理、低净空加固要求,研发出一种接杆式双向搅拌桩。在实际操作期间,高效落实接杆施工,可以在净空4m下施工30m深的施工双向搅拌桩,这种方法被我国高铁工程和高架桥下路基工程广泛应用。

二是整体搅拌复合地基。

早在20世纪90年代芬兰的建筑公司,就已经开发了整体搅拌加固技术,主要应用在大面积浅层软土加固处理工作中。现阶段的整体搅拌技术,具体的应用深度可以达到地表以下5m。对这种方法进行研究,了解到其粉喷桩法具有相似性,如主要就是通过高压空气将浆液注入到土中,之后在水平和竖直方向进行同时搅拌,在提升固化土搅拌均匀性这项工作中发挥重要作用。除此之外,为了提升加固处理效果,还为这种方法配置了3D定位系统,主要目的就是提升搅拌点位置准确性、增强整体搅拌均匀性。

将整体搅拌技术与搅拌桩、刚性桩进行结合,可以形成“桩-板式复合地基”。充分利用各项现有资源,

研发整体搅拌施工装备，如PMX强力搅拌头等其他类型的控制系统就是典型代表，将这一装置称为“强有力搅拌土体固化技术”。我国围海工程吹填土、浅层软基等工程，在实际开展地基处理工作时高效应用这项技术，在浅层污染土的固化处理、封盖隔离等方面发挥重要优势。

三是桩网复合地基。

刚性桩、桩帽、加筋层、垫层是桩网复合地基的重要组成部分。通常状况下，将桩网复合地基处理技术，应用在填土路堤、柔性面层堆场、机场跑道等多种类型的地基加固处理工作中。在实际研究该项技术过程中，注重分析土拱效应发挥程度对动应力造成的影响，并且还会精准计算桩承式路堤定动应力^[4]。比如：将“H&R”土拱模型作为基础依据，科学合理的引入拱顶或是桩顶土单位状态系数。在有效改进土拱效应分析方法和张拉膜效应分析方法的基础上，推导并确定承式加筋路堤荷载传递效率的具体计算方法。不仅如此，还要一些研究人员在长桩路堤土拱效应的Hewlett分析方法的基础上，提出新型的方法，如均布荷载作业状况下，等刚度长短桩组合路堤桩的三维复合拱土效应分析方法。经过细致分析，能够发现在柔性荷载的作用下，长短桩组合路堤中长桩-长桩-、长桩-短桩之间，具体会形成半径不同的两种土拱，并会在共同支撑路堤填土自重、路堤顶部荷载这两方面发挥重要作用。

在桩网复合地基中加筋垫层的作用无可替代，研究人员充分利用先进技术，开展设备研制工作，并对桩承式加筋路堤中的钢筋的拉膜效应进行模拟，主要就是结合具体状况，开展物理模拟试验。在此之后，总结并利用试验结果，如在张拉膜效应下，钢材应变和受力状况缺乏均匀性；在正方形布桩情况下，为了更加精准的模拟加筋材料空间的变形形态，可以应用抛物面或是抛物柱面组合的方式进行模拟。

2.3 灌入固化物法的研究进展

一是高聚物注浆法。

高分子材料具体是指聚合物材料，结合我国对高分子材料的研究进行分析，不难发现最初是在20世纪50年代进行研究，将其应用在工程施工建设中仍然具有较大的进步空间。

高聚物注浆技术之所以被应用在地基处理工作中，主要就是因为应用了高聚物材料混合物的膨胀特征^[5]。在此基础上，不仅可以稳定土基和抬升路面，也能显著提高地基承载。“聚氨酯”这种类型的高聚物材料具有多个方面的特征，如膨胀、抵抗霉菌、防止真菌侵蚀，

将其应用在高聚物注浆这项工作中，可以做好填充、稳定、密封等工作。

以我国高速公路工程为例，在实际开展维修养护工作时，将高聚物注浆技术，应用在水泥混凝土到道路中具有一定成效。我国研究人员非常注重高聚物处治道路孔洞、高聚物防渗墙、高聚物注浆锚杆内容的研究；甚至也对路基表层和轨道混凝土底座之间，高聚合物注浆的方式进行分析，在保证其充分发挥应用价值，有效提升轨道结构整体均匀性的基础上，保证实际抬升之后的路基在列车长期荷载的作用下，动力具有较强稳定性。虽然高聚物注浆技术在地基处理工作中具有诸多优势，但是具体操作时会产生较多成本，这一弊端是改进高聚物注浆技术的一项关键原因。

二是微生物注浆法。

研究人员充分应用目前社会中的先进技术，对微生物注浆加固处理方法进行研究，如主要就是利用微生物诱导碳酸钙沉淀技术，保证最新研发出的新型技术符合地基处理要求。地基处理技术人员在操作时，通过向松散砂土地基中，低压传输微生物细胞，以及低压传输营养盐的方式，保证砂土孔隙中能够在较短的时间内析出碳酸钙胶凝结晶，这是现阶段科学改善地力力学性能的一种重要方法。将微生物注浆加固处理方法与其他方法进行对比，可知其具有扰动小、施工时间短、地基加固效果显著等多项优势，现阶段被广泛应用在地基加固处理工作中。

近年来，国内和国外的研究机构，在研究微生物灌浆技术这项工作中投入了大量的时间和精力，主要就是以开展试验的方式进行研究，目前取得了良好效果^[6]。例如：从“微观尺度”这一角度进行研究，细致分析MICP加固机理，之后也要对影响菌液浓度、酶活性、营养液浓度的各项因素进行研究。在室内具体开展试验过程中，研究人员开展固结不排水三轴剪切试验，在其中发现微生物诱导碳酸盐沉淀，在提升高砂土的剪切刚度和极限承载力方面发挥重要作用，甚至砂土试件剪切破坏过程中，也会出现明显的应变软化行为。为了进一步提升微生物注浆法研究效果，研究人员在后续研究时，也要积极开展大尺度灌浆模型试验、现场应用试验，通过全面总结软弱地基中微生物灌浆技术应用效果的方式，提升该项技术在岩土加固领域中的应用效果。

结束语：

综上所述，我国经济发展水平逐步提升，为工程施工行业发展创新提供了重要保障。在开发和利用不良土质期间，需要严格按照标准要求开展地基处理工作，这

就要求地基处理施工人员,结合具体要求,选用针对性的地基处理技术,在节省施工成本同时,还要提升地基处理效果,延长道路或是建筑物的使用年限。地基处理工作质量非常关键,既要保证完成处理的地基承载力满足施工要求,也要将新型材料和技术和应用到地基处理技术创新工作中,在不断扩大地基处理技术使用范围之后,提升工程施工建设效益。

参考文献:

[1]王志宇.公路桥梁软土地基施工的关键技术分析[J].技术与市场,2021,28(12):110-111.

[2]汤洪洁,关志诚.砂砾石地基处理技术研究[J].水利

规划与设计,2021(12):104-107+112.

[3]王宝明.高速铁路软土地基处理工程中CFG桩的应用研究[J].智能城市,2021,7(22):123-124.

[4]周崇刚.建筑工程施工中的软土地基处理技术[J].建筑技术开发,2021,48(21):159-160.

[5]吴创周,楚剑,成亮,何稼.微生物注浆地基处理技术研究进展[J].地基处理,2020,2(03):181-186.

[6]李明东,潘耀森,郎钊棚,戴仁辉,董金奎,牛刚,柴新军.真空预压法处理吹填超软地基进展及展望[J].科学技术与工程,2020,20(01):15-22.