

道路地基处理技术研究综述

张兴宇, 薛丹璇, 郝东旭, 郭丽苹

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘要: 伴随我国交通基础设施的大力建设, 道路地基处理技术逐步有了较多研究成果和成功实践经验, 新技术、新方法层出不穷。总结了常用的道路地基处理技术的特点和研究进展, 并探讨近几年较为典型的地基处理新技术、新方法; 以相关标准规范的编制、修订情况为基础, 分析道路地基处理标准化的建设情况, 并展望道路地基处理技术应用发展趋势。

关键词: 道路地基处理; 研究进展; 多手段联合加固技术; 综述

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0031-03

0 引言

随着社会经济水平的提升, 道路工程建设飞速发展。作为道路建设的重要环节, 路基质量往往决定着道路建设的质量以及后期运营是否安全。地基处理更是路基设计中的难点, 若处理不良, 则可能导致后期沉降不均匀、路基失稳等一系列问题^[1], 因此在道路设计、施工过程中, 对地基的处理要有足够的重视。

地基处理领域在 20 世纪 90 年代引进大量国外先进理念, 后来在大量实践和研究中, 我国得到持续、快速进步。目前道路地基处理技术已逐步从单一加固技术向多手段联合加固技术发展, 从低成本、高污染向节约资源、绿色低碳方向发展^[2]。本文在收集国内外大量研究文献的基础上, 归纳具有特色和代表性的道路地基处理方法, 以其相关研究成果为主线, 探讨各类方法的特点和适用性, 并结合道路地基处理相关规范的编制情况, 对道路地基研究的发展方向进行展望。

1 常用道路地基处理技术研究回顾

1.1 换土垫层法

换土垫层法是指将基础下指定范围内的不良土质挖除, 再分层换填强度较高的砂砾、碎石、灰土、粉煤灰, 或其他性能稳定、无腐蚀性的填料, 并压实到相应密实度^[3]。由于该方法经济可靠, 又利于施工, 是目前道路工程中采用最为广泛的浅层软基处理方法。近年来, 相关人员主要对换填厚度、材料进行了研究。例如匡仁钢^[4]针对换填垫层

试算设计法的不足, 构建换填砂垫层优化设计模型, 并通过实例计算证明优化设计相比于规范试算法, 砂垫层厚可减少 43%。

1.2 排水固结法

排水固结法是解决软弱地基较为简便、经济的地基处理方法之一, 大体可分为堆载预压法、真空排水预压法、电渗法、真空联合堆载预压法等。

1.2.1 堆载预压法

堆载预压法一般由排水体系和预压体系组成。其中排水体系分为普通砂井、袋袋砂井、塑料排水板等。加压体系根据荷载多少划分成欠载、等载和超载等预压方式。该方法施工难度小、造价低, 但是要求工期长, 一般适用于工后沉降要求低、施工周期不紧张的道路。

1.2.2 真空排水预压法

真空排水预压法是利用抽真空来加固软土地基的一种加固方法。其于 1955 年左右在我国发展起来, 早期开展了多项真空预压室内、室外试验, 但由于施工工艺问题未能大面积推广。直到 1980 年后一航局解决了抽气设备问题后才得到了大力推广和应用, 并逐步发展到真空联合堆载、真空联合电渗等工法。通过相关实测结果表明, 真空联合堆载比传统堆载预压缩短周期达 1/3^[5]。

1.3 复合地基

复合地基指天然地基在处治后, 部分土体被增强或置换, 构成由地基土和增强体共同承担荷载的人工地基。目前广泛应用于道路地基处理。常用的方法有水泥搅拌桩、高压旋喷桩、预应力管桩、CFG 桩等。

1.3.1 水泥搅拌桩、高压旋喷桩

这两种方法主要是将水泥作为固化剂, 采取搅

收稿日期: 2020-05-19

作者简介: 张兴宇(1992—), 女, 工程师, 从事道路工程设计工作。

拌桩机或高压喷嘴把水泥喷射至土体并搅拌均匀,令水泥与土产生一系列物理化学反应,使地基土硬结而提高地基承载力。这两种方法均充分利用了原状土,加固效果好,对周围原有建筑物、地下管线的影响小,广泛用于软弱地基处理。但在施工中往往出现水泥掺入量难控制、均匀性较差等不良现象而降低加固效果。

1.3.2 预应力管桩

预应力混凝土管桩是利用离心成型的先张法混凝土构件。管桩依据混凝土强度和壁厚划分为预应力混凝土管桩(PC桩)、预应力高强度混凝土管桩(PHC桩)、预应力混凝土薄壁管桩(PTC桩)。该方法单桩承载力高、施工速度快、效果好,目前已经广泛应用于高填方路堤、桥头与路堤衔接部位等沉降变形要求较高的工程。

1.4 加筋法

加筋法是指将一定数量的土工合成材料埋设在土体内,利用筋材和土颗粒之间的摩擦力,使筋材附近一定范围内土体形成“加筋土体”的方法。其可在一定程度上提高土体强度,增强整体稳定性。目前加筋法广泛应用于以下几个方面,并取得了显著效果。

(1)加筋垫层。将土工合成材料铺设在换填垫层中,提升土体的抗拉、抗剪强度,同时可以保持垫层的完整性。或埋设于褥垫层中,与竖向加固体(如水泥搅拌桩、CFG桩等)形成复合地基,应用于桥头地基,控制沉降变形。

(2)加筋路堤。将土工合成材料布设在填土路堤中,减少地基的不均匀沉降,提升路堤的稳定性。此外,还可提高放坡坡度,节省占地面积。

(3)加筋挡土墙。在挡土墙的填土适当位置铺设抗拉强度高的土工合成材料,提高墙体的水平向抗力,保证结构内部稳定。

2 近年来道路地基处理技术新进展

为提升常规道路地基处理技术处治效果,近年来呈现向多手段联合加固技术方向发展,涌现多种道路地基处理新技术。

2.1 排水固结法

2.1.1 真空预压下静动排水固结法

为降低软弱地基处理工程造价,有学者提出了真空预压下静动排水固结法(真空联合堆载预压+强夯)。该方法的原理是先采用真空联合堆载预压方法,约3~5个月后,地基中孔隙水与预压荷载基本处于静平衡状态,孔隙水难以继续排出,再采用强夯法在堆载填土上施加一定冲击力打破

平衡,加快孔隙水的排出,并夯实压密填土层。目前已在东南沿海地区展开应用,加固效果、经济效益显著^[5]。

2.1.2 化学电渗法

化学电渗法是近几年在普通电渗法基础上发展起来的新技术,处理软黏土地基快速有效。其原理是在饱和软黏土中布置金属电极,并分别在阴阳电极中注入不同化学溶液,在直流电场作用下发生电渗-化学反应,产生沉淀物,加速地基土固结,提高地基强度,主要在处理桥头地基、治理软黏土路基冻害等工程中得到了应用。

2.2 复合地基

2.2.1 双向水泥搅拌桩

针对水泥搅拌桩存在浆液搅拌不均匀、水泥掺入量难控制等问题,近年来,人们对水泥搅拌桩施工机械进行改进,提出利用双向水泥搅拌桩搅拌设备。其原理是将原钻杆改良成同心双轴钻杆,在内、外钻杆上分别设置正反向旋转叶片,同时双向搅拌水泥土成桩。与常规水泥搅拌桩工法相比,该技术通过外钻叶片的反向旋转可解决冒浆问题,确保成桩质量,同时极大提升工作效率,节省工期和造价。

2.2.2 现浇混凝土大直径管桩

一般情况下,柔性桩复合地基工程费用较低,但加固效果偏弱,工后沉降较大;刚性桩复合地基加固效果强,但费用相对高。因此近几年发展起来一种兼具刚性桩加固效果、柔性桩加固费用的桩基技术——现浇混凝土大直径管桩(PCC桩)。该技术最大限度地利用了单方混凝土的效能,减少混凝土用量并提升桩基承载力,现已成功应用于江苏盐通高速公路、天津威武高速公路、镇江金阳市政大道等。

2.2.3 插芯组合桩

高喷搅拌水泥土插芯组合桩复合地基是由强度较高的芯桩(预应力混凝土桩或钢桩等)和高压旋喷水泥土桩两部分竖向增强体构成,与桩间土共同承担上部荷载的新技术。该技术综合刚、柔性桩各自优点,可最大限度发挥水泥土桩桩身侧阻力和芯桩材料强度,具有可调节性强、成本低、经济环保等特点,特别适合沿海地区软弱地基处理。

2.3 现浇泡沫轻质土

现浇泡沫轻质土是水泥基胶凝材料、水、掺合料制成的浆料与泡沫按一定比例均匀混合,固化后形成的材料,具备轻质多孔、耐久性和环保性良好等优势。相关研究表明,填筑同样高度的路基,因泡沫轻质土整体性和轻质性良好,与灰土或粉

煤灰相比,对其上部荷载有更好的分担作用,目前可应用于软基桥头路基回填、管线回填、旧路改扩建等多种场景。

3 道路地基处理标准化

随着路基设计质量要求越来越高,各地区因地制宜提出了众多路基设计和地基处理的新技术、新工艺。各级科研单位和相关研究人员在归纳科研成果与实践经验的基础上,编制、修订了多本相关的规范、规程。

3.1 《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)

自《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)发布以来,执行历时超过10 a,此间国内外在新材料、新技术或新理论方法取得较大创新,原规范已日渐局限,因此对该规范进行修订,于2015年发布新版本。主要补充了高路堤与陡坡路堤在降雨工况下的稳定安全系数,新增了“土工泡沫塑料路堤”“泡沫轻质土路堤”“土工格栅反包式加筋土挡墙”等新技术的内容,力求规范技术先进、指标合理、可操作性强。

3.2 《城市道路路基设计规范》(CJJ 194—2013)

为适应城市道路发展需要,使城市道路路基工程设计符合安全、经济、合理的需求,启动了该标准的编制。该规范也集中反映了我国近年来在城市道路路基设计领域取得的理论进展和工程经验,对软土地区、红黏土与高液限土地区、膨胀土地区、黄土地区等特殊路基的设计方法进行了明文规定。

3.3 其他道路特殊路基处理相关规范

《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017—96)作为我国第一项关于公路软基处理的行业标准,首次提出了软土地基公路路堤的设

计方法、软基处理措施和工后观测方法,对提升我国软土地基公路设计、施工水平具有重要价值。随着新技术、新材料在软土地基处理的应用,于2013年重新编制了《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T D31-02—2013),优化了软土鉴别指标、沉降稳定设计计算方法,并且增加了土工泡沫塑料路堤、真空预压、CFG、吹填砂路堤设计和施工等内容。《黄土地区公路路基设计与施工技术规范》(JTG/T D31-05—2017)总结了国内外近十余年来有关黄土地区公路建设的技术资料,对黄土地区的地基处理、路基设计、路基施工等内容进行详细规定,为黄土路基设计与施工提供指导。

4 结论与展望

本文结合近几年来地基处理技术的创新探索,从常用道路地基处理技术、道路地基处理新技术发展、道路地基处理技术标准化3个方面阐述了地基处理技术的发展现状和趋势。上述介绍的地基处理新技术、新工法体现了道路地基处理方法由单一加固技术向多手段联合加固技术发展,也逐步向绿色低碳方向发展,但在技术实践与推广方面仍有不足,存在理论落后于实践的问题。希望在研究、发展新方法的同时,及时开展技术的实践与总结,纳入相关规范,进一步得到推广应用。

参考文献:

- [1] 刘松玉.公路地基处理[M].南京:东南大学出版社,2009.
- [2] 刘汉龙,赵明华.地基处理研究进展[J].土木工程学报,2016, v.49(1):103-122.
- [3] 龚晓南.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [4] 匡仁钢,何光春.换填砂垫层的实用优化设计法[J].水运工程,2012(6):160-163.
- [5] 肖策,褚丝绪,孟繁奇,等.真空堆载联合预压法在市政道路软基处理中的应用[J].施工技术,2013(S1):368-373.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

电话:021-55008118 传真:021-55008850 投稿及联系邮箱:cdq@smedi.com