

Application of Non-excavation Technology in Treating Highway Soft Foundation Diseases

Ximao Xu

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400067, China

Abstract: With the development of trenchless technology, the highway industry has gradually received attention. This paper explains the application of trenchless technology on the operating road. In recent years, scholars have adopted different methods including process principle, process flow, engineering application, etc., and tried to manage the soft foundation, and summarized its advantages and disadvantages and the research that needs to be carried out in the next step.

Keywords: Non-excavation; Soft foundation; Treatment method

非开挖技术在处治运营公路软基病害上的应用

胥锡茂

重庆交通大学, 重庆, 400067

摘要: 随着非开挖技术的发展在公路行业上逐渐受到关注, 本文就非开挖技术在运营公路上的应用做出了说明。列举了近年来学者们采用不同的方法包括工艺原理、工艺流程、工程应用等, 在治理软基上的尝试, 并总结了其优缺点和下一步需要展开的研究。

关键词: 非开挖; 软基; 处治方法

1 引言

随着我国公路建设逐渐进行运营养护期, 针对在役公路病害的处治研究也逐渐增加。由于交通压力大, 当在役公路出现病害后传统的开挖处治方式显然不适合现在的交通形式。而非开挖技术因其施工便捷、非封闭施工、环境友好等特点被逐渐应用到公路行业。近年来随着非开挖技术的发展, 学者们将非开挖技术应用到公路典型病害中, 如堆积体地基, 岩溶地基, 深厚软基等。本文归纳总结了近年来学者们应用非开挖技术治理软基上的研究成果和结论。

2 工艺介绍

2.1 施工阶段软基处治

在早期的设计中对软基的处理主要采用排水固结法、联合真空预压、强夯法、桩基复合地基法等, 近年来被广泛使用的 CFG, 气泡混合轻质土等, 在软基治理上取得了一定得效果。在这些方法中复合地基应用最广, 所谓复合地基就是通过注浆或者打桩的方

式和天然地基土形成一种新的地基形式。随着我国运营公路的增加, 在建设期使用处治软基的方式显然不在使用。出于对交通压力, 环境保护, 节约经济等考虑, 需要研究一种新的针对在役公路软基沉降病害的处治方案。

2.2 运营阶段软基处治

近年来运营公路软基病害增多, 针对这种情况现今普遍使用开挖的形式进行处治, 但开挖不仅造价昂贵造成环境污染, 还会中断交通导致间接经济损失, 长期加铺会形成纵坡影响行车安全, 加铺产生附加应力从而导致软基再次沉降造成恶性循环。鉴于上述情况学者们引入非开挖方式来处理运营期软基沉降病害, 非开挖最早兴起于国外用于城市管道修复, 上世纪被引入国内在市政工程和管网工程中大量的使用。这种方法最大的特点就是非封闭, 对于保通要求很小适用于现今交通压力巨大的情况。正是由于这种特点学者们将其引入到公路行业的病害治理中。近年来应用在软基治理上的非开挖方法, 根据其处治原理大致分为两种: 注浆和置换。其中注浆最早来源于化工领域, 上世纪被引入国内如劈裂注浆, 静脉注浆等。而

应用在运营期治理中的注浆方式如侧向辐射注浆，高压喷注浆等，注浆的原理是通过浆液和天然地基复合成为新的地基进行加固，相当于运营期进行复合地基处理。置换这种方式来源于管网工程，通过定向或导向钻孔置换出路基填土，换填成轻质材料。如轻质材料置换（EPS）。顶管置换是另外一种置换方式，通过顶进小孔径管置换出路基土，置换的原理是通过置换出原有的路基填土换填更轻质的材料来减轻路基重量，从而到底减轻路基沉降的效果。在这两种方式中，注浆目前在工程上应用最多。

3 工程案例

以下介绍学者们应用非开挖治理软基沉降的工程案例。

3.1 侧向辐射注浆

3.1.1 工艺流程

该技术来源于油阀管劈裂注浆，施工流程：①利用定向钻机从路堤边坡垂直或倾斜钻孔，穿过路堤后至软弱地基继续钻进，直至达到设计深度；②钻孔完成后，将连接好的底端封闭的袖阀管埋设在倾斜孔内；③将流动性较好的混凝土拌和料压灌入袖阀管周边空隙（路堤部分），且振捣密实；④待混凝土达到一定强度（养护 3 ~ 5 d）后，将带双塞的注浆钢管放入袖阀管内，开启注浆泵并调节注浆压力，实施自下而上分段劈裂注浆；⑤注浆结束后，检查注浆效果，并对原路堤进行边坡植被、护坡的恢复工作。

3.1.2 工程应用

王安辉、丁选明等在连盐高速进行了工程实践，利用 plaxis 进行数值模拟。给出注浆压力、注浆量的计算公式，并给出了数值模拟的一些参数选取公式。分析了不同的注浆率（6%，8%，10%，12%）对沉降量的影响，结果表明随着注浆率的提升沉降量相应减少，但注浆量达到超过一定值后，地基沉降量减少趋于饱和且易出现冒浆等现象。同时分析了不同填土高度的影响，分别以 1.8，2.8，3.8，4.8 为例，结果表明对于低填路堤该方法效果明显，填方高度较高时需要加大注浆率才有一定效果。

李建斌、刘汉龙等也同样在连盐高速进行了工程实践，并利用 ABAQUS 进行了数值模拟，也给出了一些参数选取。该文章主要以实例验证数值模拟的正确性。得出注浆率越大沉降越小，加固时间对最终沉

降有较大影响。

江苏沿海高速公路管理公司的卢传忠，杨海彤和河海大学的曾垂昌在连盐高速进行了试验，该研究直接给出了工艺参数并未进行比较。在其研究的路段上进行了布设监控，结果表明侧向辐射注浆有较好的效果。

3.1.3 小结

综合来说，学者们对侧向辐射注浆有着较多的研究，对注浆的孔位布置，注浆扩散范围和注浆深度有详细阐述。但是注浆深度和注浆材料的配合比涉猎很少，需要更加深入的研究和现场试验确立，在之后的工程实践中是需要注意的问题。且已有的研究表明侧向辐射注浆对高填方的影响有限，具体应用时应注意该问题。再者以上几个工程试验的地基淤泥土厚度均在 10m 左右，对于深厚软土地基这是否会对辐射注浆产生影响还需验证。

3.2 轻质材料置换

3.2.1 工艺流程

该方法最早是在施工阶段使用气泡混合轻质土（原料土中按照一定比例添加固化剂、水和预先制作的气泡群）以下（简称 FCB）填筑桥头路基，该工艺的流程为：基坑开挖——搭板钢筋绑扎，混凝土浇筑——配料制浆——高压管道输送泡沫混凝土——施工面浇注——找平——自然养护。

3.2.2 工程应用

但该方法需要进行道路封闭开挖处理，对于交通流量大的公路并不是适用，下面介绍一种新的工艺轻质材料置换（EPS）。该方法由河海大学的吴跃东在申嘉湖高速上进行了试验，通过置换出原有路堤土并换填轻质材料的方式达到处治效果。该方法原理上是轻质材料换填跟上述介绍的一致，重点在于原有的换填在施工阶段，现改进了该方法进行非开挖处治。满足了交通流量大的需求。吴跃东在文章中介绍了材料的制备和打孔的布置，并进行了现场试验和检测，取得了较好的结果。

3.2.3 小结

这种方法近年来有一定的应用，其中吴跃东教授在这方面做了相当多的研究。但该方法仅通过减轻路基重量没有对地基进行处治，对于深层病害特别是地基病害来说可能效果不佳如浙江甬台温高速软基厚度

达 20m, 对于这种深厚软土地基减轻路基重量是否有较好效果还需要进一步研究。

3.3 顶管置换

3.3.1 工艺流程

顶管置换在市政管网和隧道中已经是较为成熟的技术, 但应用于软基处理目前较少, 可参考的案例不多。简而言之, 顶管置换就是使用顶管置换出路堤土从而减小路堤自重, 原理上和轻质材料换填是一样的。

3.3.2 工程应用

目前该方法应用较少, 主要由于在顶管置换过程中的顶力, 顶进速度对施工要求较高, 且在施工过程中需要进行车辆减载减速, 对交通有一定影响。目前浙江中交通力工程设计有限公司的江正覃和蒋云昕在沪杭甬高速上做了类似的尝试。

3.3.3 小结

综合来说, 对于顶管置换技术, 目前应用的实例较少属于探索阶段。可借鉴的工程案例不多有关参数的选取也比较模糊, 这是由于如此处理顶管推力和反推力没有得到有效解决, 且置换过程中对于底填路堤还需要考虑路面隆起问题

4 总结

在役公路深层软土地基病害非开挖技术, 目前应用较广的是侧向辐射注浆, 有相对较为成熟的施工工艺和参数选取公式, 但该方法在处理高填方和深厚软土地基上还有待研究。轻质材料置换技术目前来说尚未成熟, 现场试验应用较少, 且对于软土地基深层病害的有效性并未得到验证, 在未来的研究中还需展开深入研究。顶管置换技术存在较大的技术难题, 在进一步研究中需解决推力和反推力问题。但其在市政和隧道中应用较多, 可以参考借鉴相关工程经验。

总而言之, 非开挖技术在治理在役公路软土地基沉降的问题上有着很好的应用前景, 市场对于这种非封闭, 环境友好的技术有着广阔的前景。如何形成完整的技术方案, 配套设备和材料, 加固评价体系等需要展开深入。

References (参考文献)

- [1] 葛家良. 化学灌浆技术的发展与展望. 岩土力学与工程学报. 2006, 25(2), 3384-3393.
- [2] 王安辉, 丁选明, 章定文. 在役高速公路软基不均匀沉降病害注浆处治技术. 东南大学学报. 2017, 47(2), 397-404.
- [3] 李建斌, 刘汉龙, 孔纲强等. 侧向辐射注浆技术处治现役高速公路沉降分析. 岩土力学. 2017, 38(1), 479-488.
- [4] Wu Yuedong, Zeng Chuichang, Liu Jian, Diao Hongguo. Measured settlement of highways improved by lightweight backfilling without road closure. King Fahd University of Petroleum & Minerals. 2015, 3(1), 68-69.
- [5] 江正覃, 蒋云昕. 顶管减载在处理桥头路基沉降中的应用. 科技创新导报. 2018, 04, 69-72.