

高速公路路基沉陷注浆施工技术分析

赵战丰

中信建设有限责任公司

摘要:我国西部地区自推行交通强国战略后,高速公路总里程成倍式增长,覆盖面由市通高速,逐步发展为县县通高速,进入了高速发展阶段。但在山区进行高速公路建设,路基工程受工程地质、施工环境影响因素较大,无论是施工期还是运营期,均面临路基沉陷、边坡滑塌、防护结构物失效等问题。本文以西部山区某高速公路路基沉陷为例,深入剖析路基沉陷的常见形式、影响因素以及注浆工艺,并对注浆工艺产生效果进行评价,进一步提高我国公路路基沉陷病害处理工艺的水平。

关键词:高速公路;公路病害;路基沉降;注浆工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.049

ANALYSIS OF GROUTING CONSTRUCTION TECHNOLOGY FOR EXPRESSWAY ROADBED SUBSIDENCE ABSTRACT

Since the implementation of the strategy of strengthening the transportation country in western China, the total mileage of expressways has doubled, and the coverage has gradually developed from city-to-city highways to county-to-county highways, entering a stage of rapid development. However, in the construction of expressways in mountainous areas, the roadbed project is greatly affected by the environmental impact of engineering geology and construction, and whether it is during the construction period or the operation period, it faces problems such as subsidence, slope collapse, and failure of protective structures. Taking the subsidence of a highway subsidence in the western mountainous area as an example, this paper deeply analyzes the common forms, influencing factors and grouting process of subgrade subsidence, and evaluates the effect of grouting process, so as to further improve the level of subsidence disease treatment technology of highway subgrade in China.

Key words: Expressway, highway diseases, roadbed settlement, grouting technology

一、工程概况

本文涉及工程为云南省某高速公路,标段位于山区,地形复杂、地势陡峭,且常年降雨量较大,大型机械进场困难。标段内包含桥梁工程、隧道工程、路基工程,桥隧比高达70%,路基设计为整体式和分离式路基,长约3.52km,填方188.6万方,挖方28.4万方,填方路段采用强夯工艺,软弱土段落采用挖淤换填、局部注浆处治,对部分沟谷、软土较深的位置采用桥梁跨越方式处治,标头位置存在一处高填方,施工过程中采用挖方土体填筑,在交付后路面开裂,路基局部沉陷。

二、高速公路路基沉陷形式及影响因素

(一) 路基沉陷形式

路基沉陷主要发生在压实度不足、软弱土层处理不当、回填料不符合规范的情况下,经过外部环境侵蚀作用,尤其是雨水较多的环境,局部路基将会出现路基沉陷,其主要表现形式为路堤沉陷、路基两侧隆起、边坡滑塌^[1]。



图1-1 路基沉陷图

1. 路堤沉陷

在高液限黏土高填方路段,若选用填料过软,同时没有按照规范分层进行填筑,分层压实,从而导致压实度不足,将会造成路基开裂、局部沉降现象,进而发生路堤沉陷。

2. 路基两侧隆起

路基两侧隆起常发生在软土地基之上,由于下方软基未经处理或未完全达到地基承载力,上方填料在自重作用下对下方基础进行挤压,从而导致路基发生整体性沉陷,表现形式为中间凹,两侧凸起。

3. 边坡滑塌

边坡滑塌包含路堑边坡崩塌以及路堤坍塌,导致该问题的原因主要由于路基内部含水率过高,填料水过大以及未按规范进行压实,从而导致路堑边坡崩塌,既有土体开裂发生路基沉陷。

(二) 路基沉陷影响因素

1. 内部因素

内部因素是影响路基工程质量的决定性因素，其主要包含路基填料以及压实度。路基填料要求采用强度较高、水稳性好的材料，涉水区域还应采用透水性较好的材料，像湿陷性黄土、膨胀土等特殊土质，在使用后影响路基强度，承受外部荷载时易开裂、沉陷，因此不允许作为填筑材料。压实度作为关键控制指标，其高低反映了土体颗粒的密实程度，因此在施工过程中，结合设计路基情况以及地方环境采用合理的压实措施，确保压实度达到设计标准^[2]。

2. 外部因素

外部因素是影响路基工程全周期的因素，主要包含降雨以及行车荷载。雨水主要由路面的横纵坡进行输排，当降雨量过大时，雨水渗透在沥青路面的下方，长期积压下路基含水率增大，强度降低，土体内部摩阻力减小，导致路基产生沉陷。行车荷载作用于路面，在养护不到位、超载以及长期汽车荷载作用下，路基弹性形变降低，土体内部不断被压缩，在内部形成剪切面，从而发生剪切破坏。

3. 案例分析

本文涉及工程出现路面沉陷，经调查主要有以下方面因素：

(1) 施工过程中填料颗粒过大，孔隙率较大，回填时按照规范充分压实，导致压实度不足，产生沉陷；

(2) 该处高填方基础早期存在软土，施工过程中换填不到位，从而导致局部承载力不足，致使路基产生不均匀沉降；

(3) 通车后路面养护不及时，由于当地降雨较多，路面产生裂缝后未能及时处理，雨水通过裂隙不断渗透路基，导致路床内强度降低，造成路基沉陷、开裂。

经过沉陷原因分析，该段路基采用注浆工艺进行加固处置。

三、国内外注浆工艺研究现状

(一) 国外注浆工艺研究现状

国外注浆工艺起始于法国，是通过高压将固化土体的液体压入到基底中，从而进一步改善土体的不良性质，早期主要用于地基处理。经历了百年的研究及探索，注浆工艺已发展到建筑业、交通业、水利及煤矿等领域，注浆材料由早期的水玻璃发展成为高分子注浆材料^[3]，其研究重心主要经历了三个阶段：

(1) 重点研究施工便捷、成本较低、固结强度大的注浆材料。

(2) 将原有工艺进行改革，创新研发了电渗法、井点法、喷射法等注浆工艺。

(3) 结合不同地质条件，研发新型材料以及进一步改善注浆工艺，推进注浆工艺环保化，可持续发展。

(二) 国内注浆工艺研究现状

国内注浆工艺发展较晚，约为20世纪中期开始注浆

工艺研究，但创新发展较快，并将其广泛用于软土路基处理中，如浆液扩散半径的计算、浆液吸渗理论的研究、软弱夹层及断层破碎带的水泥化学复合注浆，这些技术都是我国在开始投入研究后，创新研发的国际先进技术；在高速公路路基沉陷注浆加固方面，我国目前已研发了钢花管压浆法、静压注浆一桩体复合路基综合施工法、黏土固化浆液法等多种新工艺，满足了国内常见路基病害的处理，解决了众多工程难题^[4]。

四、注浆工艺

(一) 工艺及材料选择

通过沉陷因素分析，已知该路段存在填料含水率高、压实度不足等问题，选用注浆工艺进行加固^[5]。国内常用注浆材料为水泥、水玻璃、有机高分子注浆材料，考虑加固强度、环保性能、稳定性及性价比多方面因素，决定选用水泥—水玻璃—氯化钙复合浆液进行加固。水泥浆作为主要材料，水玻璃作为促凝剂，氯化钙起早强作用。

(二) 配比优化

为确保达到加固强度，同时具有良好的操作性，首先在试验室进行各项材料配比试验。试验以单一变量为基础，对水灰比、水玻璃、氯化钙展开浆液凝固时间及强度的研究，将不同变量下的浆液导入试杯后，按照15s/次的频率对浆液进行搅动，直至凝固，记录最终凝固时间。同时将浆液制作为简易圆柱形试件，养生7天后进行抗压强度试验，具体流程如下。

1. 水灰比试验

选用水灰比为1: 0.5、1: 0.75、1: 1、1: 1.25，水玻璃及氯化钙定量掺入，得到数据如下：

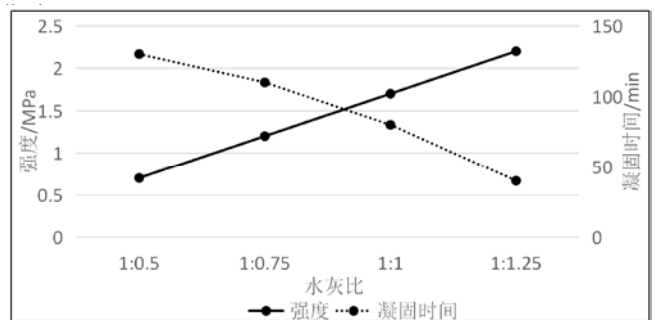


图3-1 水灰比试验图

由试验结果可得，伴随水灰比增加，试件强度逐步增大，凝固时间逐步缩短，为确保整体效果最佳，结合现场作业时间，选用水灰比为1:1最合理。

2. 水玻璃、氯化钙试验

由4.2.1已得水灰比选用1:1，进一步开展水玻璃以及氯化钙对浆液影响研究试验。

由试验数据得，伴随水玻璃增加，凝固时间逐步缩短，考虑现场作业时间，选择1:0.02的比例进行配置，保持水灰比以及水玻璃两个定量不变，通过观察氯化钙数据显示，在0.015-0.02比例之间，氯化钙对浆液凝固时间影响最长，最终确定质量比选择1:0.0175。

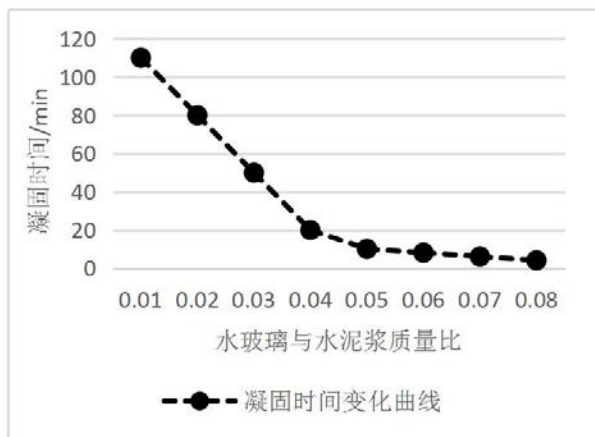


图3-2 水玻璃试验图

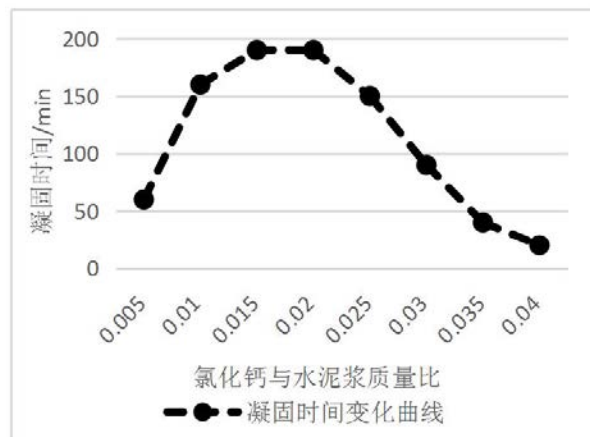


图3-3 氯化钙试验图

(三) 现场施工

根据上述试验已确定注浆材料原始配比,准备现场施工所用钻机、钢管管等设备进行施工。水泥浆在现场进行调配,搅拌时间超过3min,随后加入氯化钙及水玻璃,两者之间间隔30s-1min添加,并充分搅拌^[6]。

按照行车道行车轨迹,注浆孔布设于行车道中央,按照梅花形布置,间距2m,根据路基沉陷深度以及路基构造,钻孔深度控制在3m,采用钻机完成钻孔后,预埋注浆管,注浆管在下端1.8m位置进行布孔,孔径3-5mm,止浆阀设置在路面结构层以下,防止浆液外渗。

注浆时采用先外后内,间隔注浆方式连续注浆,注浆压力为0.2MPa,当注浆压力达到最大压力2倍后仍然不进浆液,停止注浆。完成注浆后采用细石混凝土进行封孔。



图3-4 现场注浆图

(四) 效果检验

国内常用落锤弯沉仪法、钻孔取芯法、标准针入度法进行检测,以确保注浆加固达到预期效果,本工程采用钻孔取芯法以及针入度法进行检测,取芯位置选择为两个注浆孔之间,共取5处,观察芯样内水泥块含量以及浆液扩散范围。经过取芯查看,注浆孔的浆液扩散范围内均已达到预期效果,各芯样均含有水泥块,且加

固范围与水泥块分布位置基本保持一致。采用针入度法对加固后地基承载力进行检验,其最大承载力已达到260MPa,较加固前提升1.2倍,充分证明本次加固达到理想效果。

五、结语

注浆加固工艺在我国高速公路路基沉陷处理中表现优异,具有经济效益高、施工简便灵活、对环境破坏小、加固效果明显等优势,可以充分利用既有路面强度,减少不必要的开挖,降低养护成本。在注浆施工中使用机械设备较少,操作简单,工效较高。同时不受地区限制,在山区狭窄弯道中均可使用,具有较强的适用性和灵活性,大幅度提升了我国处理路基沉陷的工艺水平,具有重要的经济意义和社会意义。

现阶段我国正处于高速发展阶段,注浆工艺虽然已经达到一定水平,但仍要展开深入的探讨研究,如注浆工艺对路基结构使用寿命的影响、加固体在路基内部受力状况的研究、如何提升注浆工艺在液限土中的渗透性能、如何采用新材料进一步提升注浆加固效果,降低养护成本等等,均是推动注浆工艺水平提升的重要研究课题。下一步将紧抓以上研究方向,以试验理论为基础,工程实践为操手,助力我国注浆工艺再次迈上新台阶。

参考文献

- [1] 敦洋. 公路路基沉陷的成因及对策分析[J]. 工程建设与设计, 2017(08): 29-30.
- [2] 江旭文. 注浆处理在路基沉陷中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(05): 34-36.
- [3] 张森. 高速公路路基沉陷注浆处治技术研究[D]. 中南大学, 2014.
- [4] 周国永. 唐津高速公路扩建工程软土路基化学注浆加固技术研究[D]. 河北工业大学, 2018.
- [5] 马亚青. 高速公路路基常见病害及防治措施[J]. 交通世界, 2020(09): 42-43.
- [6] 任晓光. 高速公路路基沉陷注浆施工技术研究[J]. 交通世界, 2023(08): 94-9.