

论市政道路项目碎石土回填路基的强夯技术

戴聪

湖南福焱建筑有限公司

DOI : 10.12238/jpm.v5i7.6974

[摘要] 为全面客观地评价强夯法在公路碎石土回填路基夯实施工中的应用效果,以某市政道路工程为依托,论述了强夯法加固的工艺原理,重点分析了强夯能量与夯沉量、有效夯基深度、路基沉降等参数的关系。研究表明:1)强夯能量可直接影响碎石土回填路基沉降量;2)路基累计沉降,随强夯次数增加而增大;单次强夯产生的路基沉降,随强夯次数增加而减少;3)强夯技术可有效加固碎石土回填路基。

[关键词] 市政道路项目;碎石土回填路基;强夯技术

On the dynamic compaction technology of gravel soil backfill subgrade for municipal road project

Dai Cong

Hunan Fuan Construction Co., LTD

[Abstract] In order to comprehensively and objectively evaluate the application effect of dynamic compaction method in the compaction construction of highway gravel soil backfill subgrade, the paper discusses a municipal road engineering based on the process principle of dynamic compaction method reinforcement, and mainly analyzes the relationship between dynamic compaction energy and compaction volume, effective compaction foundation depth, subgrade settlement and other parameters. The research results show that: 1) dynamic compaction energy can directly affect the settlement of gravel soil backfill subgrade; 2) the cumulative settlement of subgrade will increase with the increase of dynamic compaction; the subgrade settlement generated by single dynamic compaction will decrease with the increase of dynamic compaction; 3) dynamic compaction technology can effectively reinforce the gravel soil backfill subgrade.

[Key words] municipal road project; gravel soil backfill subgrade; dynamic compaction technology

引言

市政公路工程施工阶段,合理运用强夯技术可有效加固软弱回填路基,提升道路建设整体质量。然而强夯施工效果易受到路基土体类型、夯击能、夯击遍数、夯点布置等因素影响。为合理确定强夯施工参数,提升路基夯实效果,本文以实体工程为依托,通过在试验路段开展对比试验,重点分析了强夯能量与夯沉量、有效夯击深度、路基沉降等参数的关系,评价了强夯技术在碎石土回填路基施工中的应用效果,可为同类工程施工提供有益参考。

1 强夯加固原理及关键技术参数影响分析

1.1 强夯加固原理

强夯法作为一种有效的地基加固方法,通过将夯实锤提起一定高度,使其自由下落锤击夯实土层,可有效加固地基,提升地基承载力,在市政道路路基加固、房建工程地基夯实施工等领域具有广泛的应用。

市政公路建设阶段,遇软弱路基若直接采取换填施工,施工成本高、周期长,对环境和基础土体扰动大,不利于节约建设成本,保护生态环境。合理运用强夯技术,可有效加固路基,减少路基施工对环境和基础土体的扰动,提升工程建设的环保效益和经济效益。

1.2 强夯技术关键参数分析

夯锤落高、锤径、自重是影响强夯加固效果的关键因素,为简化分析模型,采用夯击能量等效替换夯锤落高、夯锤自重。通过研究不同锤径、夯击能量下的土层竖向位移、竖向应力峰值、单点夯沉量、有效影响深度等参数变化情况,全面分析两项施工参数对夯击加固效果的影响。

1.2.1 锤径对土层竖向变形及竖向应力峰值的影响

采取控制变量的思想,在同一夯击能量条件下,通过试验分析3种不同锤径对不同深度土体的作用效果,试验结果显示:1)同一锤径时,土体竖向变形随土层深度增加而降低;2)土

层深度在 0~3m 时，同一土层的竖向变形量，随锤径增加而减小；锤底半径为 1.25m 时，引起的土层竖向变形量为 1.0m 锤底半径的 56.3%；锤底半径为 1.5m 时，引起的土层竖向变形量为 1.0m 锤底半径的 37.5%；3) 土层深度在 4~6m 时，锤径对土层竖向位移影响幅度显著减弱，6m 后基本不再产生影响。

按上述研究方法，对不同深度下的土体应力峰值变化趋势展开研究，结果表明：1) 在 0~3m 范围时，不同锤径造成的土层竖向应力峰值均快速减小，其总体变化趋势基本一致；2) 同一土层的竖向应力峰值，随锤径增加而减小，锤底半径为 1.25m，同深度土层竖向应力峰值为 1.0m 锤底半径的 81.5%，锤底半径进一步增加至 1.5m 时，同深度土层竖向应力峰值减小至 1.0m 锤底半径时的 63.0%；3) 4~6m 深度内，土层竖向应力峰值减小速度较慢，且均小于 0.5MPa。

1.2.2 夯击能量对土层竖向变形及竖向应力峰值的影响

为研究夯击能对夯击效果的影响，在同一锤径、同一落距条件下，通过控制夯锤重量，研究不同深度土层竖向位移随夯击能量的变化情况，研究结果表明：1) 不同锤重造成的土体竖向位移，均随土层深度增加而减小，其总体变化趋势基本一致，0~3m 范围时减小速度较快，4~6m 范围时，减小速度较慢；2) 0~3m 范围内时，增大夯锤重，可显著增加同土层土体竖向位移；4~6m 范围时，锤重对土层竖向位移的影响幅度显著减弱，6.0m 后基本不再产生影响。

按上述研究方法，对不同深度下的土体应力峰值变化趋势展开研究，结果表明：1) 土层深度在 0~3m 内时，随土层深度增加，土层竖向应力峰值快速减小；4~6m 深度内，土层竖向应力峰值减小速度较慢，且均小于 0.6MPa；2) 土层深度相同时，土体竖向应力随锤重增加而增大；土体深度在 0~3m 范围时，随锤重增加，土体应力峰值显著增加。

2 工程概况

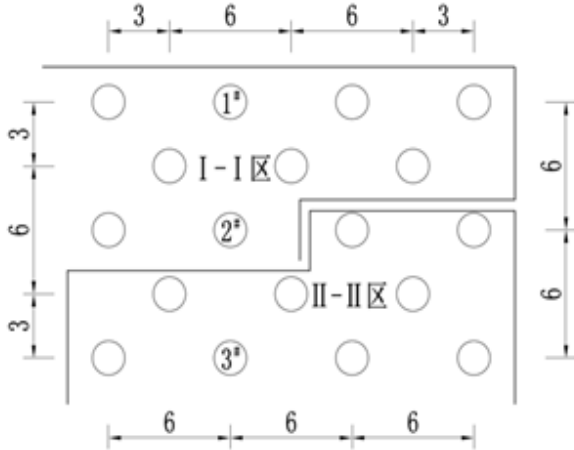


图1 试验分区及夯点布置示意图(单位:m)

本次以某市政道路碎石土回填路基加固工程为例，对强夯施工加固效果展开研究。为全面分析夯击能量、夯击次数对夯沉量、有效夯击深度的影响，选取某路段作为试验段，设置两

个不同夯击能量试验区，采用监测仪器检测夯沉量、有效夯击深度在不同夯击能量、夯击次数下的变化情况。试验分区及夯点布置示意图见图1所示。

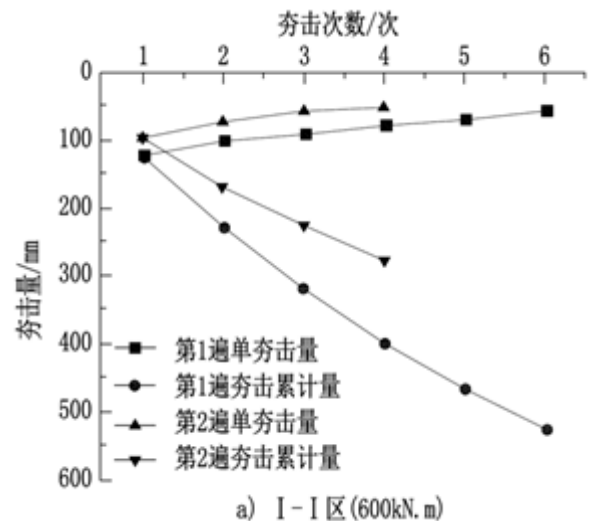
3 试验方法

根据图1可知，两个试验区内分别布置了9个夯点，共计18个夯点，随机选取其中3个点位(1#、2#、3#)为研究案例，对监测结果进行分析。

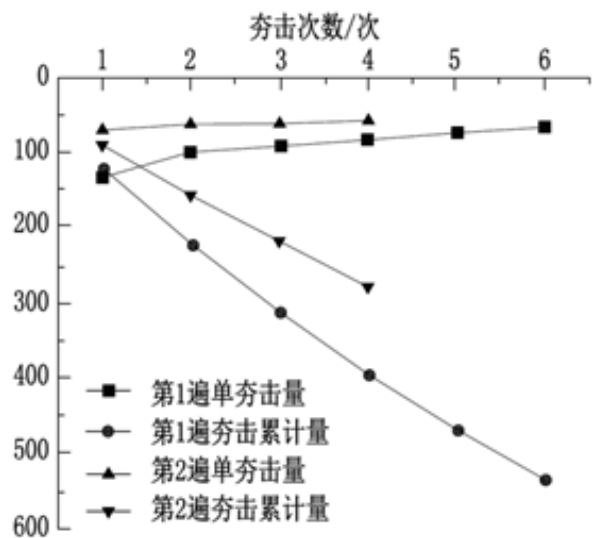
4 强夯法施工监测及结果分析

4.1 单点夯沉量分析

试验区 I-I 区夯击能量为 550kN·m，II-II 区为 750kN·m，根据监测结果，分析不同夯击能量下，单点夯沉量随夯沉次数变化的关系情况，结果分别见图 2a 和表 2b 所示。



a) I-I 区(600kN.m)



b) II-II 区(800kN.m)

图2 夯沉量与夯锤次数变化规律图

(1) 分析图 2a 可知，夯实能量为 550kN·m 时，首次夯击造成的土层沉降量峰值为 125mm，后续 5 次依次为 102、94、81、70、58mm，随夯击次数增加，单次夯击产生的沉降量

随之减小,表明路基土体在夯击作用下开始逐渐密实;

(2)分析图2b可知,夯实能量为750kN·m时,首次夯击造成的土层沉降量峰值为133mm,后续5次依次为112、95、84、77、71mm,其总体变化趋势与I-I区第一遍夯实一致;但第二遍夯击4次后,路基在后两遍夯击造成的累计沉降均超过60mm,表明路基压实度不足,需要进一步夯击。

4.2 夯击能的有效影响深度分析

为确定夯击能的有效影响深度,根据1#、2#、3#测点监测数据,建立有效夯击深度与路基土体孔隙水压力增量的关系曲线,结果见图3所示。

根据图3可知:1)第一遍夯击,在-1m标高处,1#和2#夯点处孔隙水压力增量出现拐点,3#始终处于降低趋势,但降幅减小;2)第二遍夯击,在-1m标高处,1#和3#夯点孔隙水压力增量出现拐点,总体呈先增后降趋势,拐点后下降较快;3#始终处于降低趋势,但降幅较小;3)在-3m标高处,第一遍夯击、第二遍夯击孔隙水压力平均增加值,分别为初始增加值的32.7%、14.4%,表明夯击对-3m以上土层影响较大。

本次试验结果显示,-1.5m标高处平均孔隙水压力约为26kPa,自重约为121kPa,结合以往路基强夯施工经验,孔隙水压力值等于自重应力的20%,可知该碎石土回填路基在试验夯击能量下的有效夯击深度约5.9m。

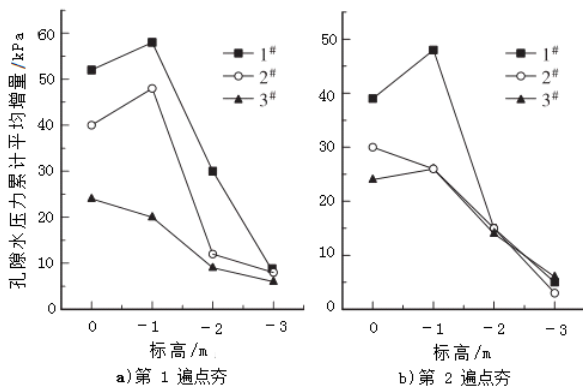


图3 影响深度与孔隙水压力平均增量关系曲线

4.3 动力触探试验结果分析

为揭示夯击数随土层深度的变化规律,对所选3个测点进行动力触探试验,试验结果分别见表1、表2,以及图4所示:

表1 强夯法试验区强夯处理前动力触探锤击数

土层深度/m	夯击次数/次	
	I-I区	II-II区
0.0~1.0	14.70	15.00
1.0~2.0	15.30	17.10
2.0~3.0	16.60	16.30
3.0~4.0	16.10	16.70
4.0~5.0	17.20	17.00

表2 强夯法试验区强夯处理后动力触探锤击数

土层深度/m	夯击次数/次	
	I-I区	II-II区
0.0~1.0	16.40	17.20
1.0~2.0	23.00	22.70
2.0~3.0	24.40	26.00
3.0~4.0	25.10	27.00
4.0~5.0	23.00	24.40

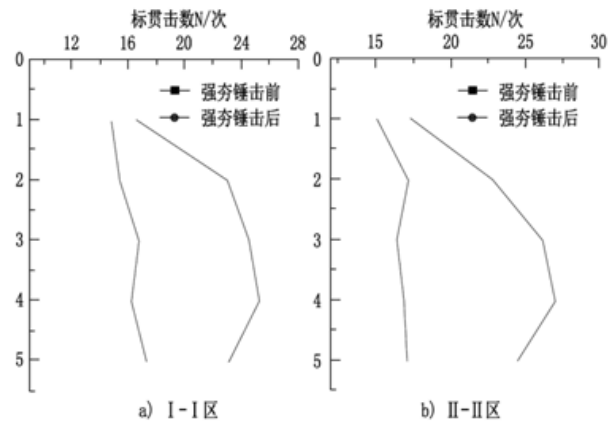


图4 动力触探击数与贯入深度关系

分析表1、表2及图4可知:1)不同土层深度的贯入深度存在较大差异,且两者无明显线性关系,表明在标贯过程中,强夯对路基土体的夯实作用变化是非线性的;2)两试验区路基在强夯作用下,夯实效果基本一致;3)路基土层深度为5m时,强夯前I-I试验区、II-II试验区的路基土体标贯次数分别为17.4次、17.2次,强夯后分别增加至23.2次、24.6次,表明强夯后路基压实度显著提升。

4.4 强夯技术应用效果评价

地表夯沉量监测结果显示,该碎石土回填路基地表夯沉量为0.776m,地基土在0~-3m范围内,密实度提升至中密,压实度显著提升,路基承载力可满足设计施工要求。

结论

综上所述,本文以某市政公路工程为依托,通过现场对比试验,研究了强夯技术对碎石土回填路基的加固作用,结论如下:

(1)土体深度在0~3m范围内时,随锤径增加,同一深度土体的竖向变形量、竖向应力峰值显著减小;随锤击能量增加,同一深度土体的竖向变形量、竖向应力峰值显著增大;

(2)第一遍、第二遍夯击时,-3m标高处孔隙水压力的平均增加值,分别为初始增加值的32.7%、14.4%,表明夯击对-3m以上土层影响较大,有效夯击深度约5.9m;

(3)强夯前I-I试验区、II-II试验区的路基土体标贯次数分别为17.4次、17.2次,强夯后分别增加至23.2次、24.6次,表明强夯后路基压实度显著提升。跟踪调查结果显示,该碎石土回填路基地表夯沉量为0.776m,0~-3m范围内土体密实度达到中密水平,表明强夯法可有效增强碎石土回填路基,提升路基密实度和承载力。

【参考文献】

[1]田大业.超高碎石土填方路基施工技术研究[J].运输经理世界,2023(03):13-16;

[2]张龙,王同德,祁朋志等.基于北斗技术的填方路基数字化施工技术[J].智能城市,2023,9(08):113-115;

到较高质量水平。孔道压浆结束后,利用专门设备对压浆密实度进行检测。

8、封锚施工与起拱值控制

孔道压浆结束后,要对预制箱梁中埋设的锚具进行凿毛、清洗,通过钢筋网进行封锚操作。封锚时要对混凝土标号、梁体长度进行控制,如果锚具暴露在外还需要开展防腐工作。对预制箱梁吊装之前,应认真检查孔道水泥砂浆具体强度,其强度应超过设计强度 85%。为防止拼装之后预制箱梁发生起拱情况,应做好桥面、湿接缝施工。

三、高速公路预制箱梁施工质量控制措施

首先,为使高速公路预制箱梁施工达到良好质量,应科学选择材料,利用强度高、弹性模量低的混凝土材料,从而对外力影响进行有效抵抗,确保高速公路整体安全稳定。

其次,要认真把握施工工艺。预制箱梁施工时应选择合适施工工艺,从而让相关施工操作达到良好质量水平。如通过压浆、张拉等技术对混凝土材料强度、弹性模量进行控制。

最后,做好质量检测工作。施工中以及施工后,必须要认真检测预制箱梁相关性能指标,使其满足设计标准。如认真检查预制箱梁外观、尺寸、承载能力等,及时发现存在问题,并根据实际技术参数进行处理。

结束语:

总而言之,在高速公路工程中,预制箱梁施工技术具有重要作用,应结合实际情况出发,明确预制箱梁施工技术相关内容与细节,确保施工达到良好效果,为高速公路工程质量效果提升打下坚实基础,维护高速公路运行安全稳定。

[参考文献]

- [1]李奇轩.高速公路工程预制箱梁施工技术分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):0040-0043.
- [2]刘国东.高速公路工程预制箱梁施工技术探讨[J].工程建设与设计,2024(3):174-176.
- [3]许泽华.预制梁施工技术用于高速公路工程建设中的对策分析[J].建材发展导向,2024,22(3):182-185.
- [4]伍飞.桥梁工程预制箱梁施工技术及质量控制分析[J].建筑与装饰,2024(5):76-78.
- [5]王景.预制梁施工技术在高速公路工程建设中的应用[J].现代工程科技,2023,2(3):46-49.
- [6]余艳,张庆.桥梁工程施工中预制T形梁施工技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(2):0013-0016.
- [7]侯伟.京秦高速公路遵秦段工程中的预制梁施工技术[J].四川建材,2023,49(1):164-166.

上接第81页

- [3]林龙强.新旧公路路基差异沉降机理与衔接控制技术应用研究[J].散装水泥,2023(06):104-106;
- [4]刘城志.红砂岩碎石土路基强夯加固工艺研究[J].公路与汽运,2021(01):63-66;
- [5]胡彦超.公路软基换填碎石土施工技术要点分析[J].中国标准化,2017(04):168-169;
- [6]项希年.高速公路扩建工程路面施工对路基沉降的影响[J].工程技术研究,2020,5(03):91-92;
- [7]魏子扬,黄彦森,黄质宏.强夯法加固回填土地基综合检测技术研究[J].采矿技术,2021,21(04):178-182;
- [8]夏春光.强夯技术在湿陷黄土铁路路基中的应用[A].《建筑科技与管理》组委会.2015年4月建筑科技与管理学术交流会议论文集[C].《建筑科技与管理》组委会:北京恒盛博雅国际文化交流中心,2015:2;
- [9]张海飞,梁伟君.强夯法施工参数控制的分析与研究[A].《施工技术》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司.2020年全国土木工程施工技术交流会论文集(中册)[C].《施工技术》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司:施工技术编辑部,2020:3;
- [10]胡芬.潮湿多雨地区路基高填方强夯施工技术[C]/中

国建筑业协会深基础与地下空间工程分会,财团法人土工技术研究发展基金会.2023 海峡两岸岩土工程/土工技术交流研讨会论文集.中国建筑工业出版社,2023:5;

- [11]党秀英,谭一鸣,刘军,陈太林,江志华.强夯法在路基处理中的应用及其引起的振动对建筑物的影响分析[C]//.全国岩土与工程学术大会论文集(下册).,2018:322-325;
- [12]石华军,周兴扬,吴亮,冯仁祥,朱斌.软土滩涂换填强夯路基碎石土参数研究[C]//.《工业建筑》2015年增刊I.[出版者不详],2015:1154-1158;

[13]董恒营,周仁,何志鹏等.红砂岩高填方地基强夯加固效果研究[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2021年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册).《施工技术(中英文)》编辑部,2021:4;

[14]李玉伟,吴月龙,刘文杰等.强夯法处理松散软黏土地基试验研究[C]//中国水利学会.2022中国水利学术大会论文集(第六分册).黄河水利出版社,2022:8;

[15]安春秀,黄磊,黄达余等.强夯处理碎石回填土地基相关性试验研究[C]//中国岩石力学与工程学会岩石动力学专业委员会.《岩土力学》vol.34 增刊1 2013.科学出版社(Science Press),2013:6;