

高原机场冰碛土地基强夯处理及试验检测

王庭博 宋德朝 顿志元

(喀斯特环境与地质灾害防治教育部重点实验室(贵州大学),贵州贵阳 550003)

【摘要】以四川稻城亚丁机场土石方工程原地面地基处理后冲兴段为例,阐述高原冰碛土地基的强夯处理及效果检测。采用波速测试与动力触探试验相结合的检测方法,并以载荷试验结果作参照对比,评价强夯效果达到了设计要求。此联合检测的方法,对类似加固地基效果检测具有一定的参考价值。

【关键词】机场;冰碛土;强夯;瑞雷面波;动力触探

【中图分类号】 TU 472.31

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2012.03.011

Dynamic Consolidation and Tests on Plateau Moraine Soil

Wang Tingbo Song Dechao Dun Zhiyuan

(Key Laboratory of Karst Environment and Geohazard Prevention,

Ministry of Education, Guizhou University, Guiyan 550003, Guizhou, China)

【Abstract】 Taking Daocheng—Yading airport as an example, the effect of dynamic consolidation method for moraine soil is discussed in this paper. Using Rayleigh surface wave method and dynamic penetration test, the results proved that the foundation meets the design requirements in comparison to the load test after the reinforcement of moraine soil. As to the similar situations, it has a certain reference value to combine the two test methods.

【Key words】 airport; moraine soil; dynamic consolidation; rayleigh surface wave; DPT

1 概述

强夯法是 1969 年法国 Ménard 技术公司首创的一种地基加固方法^[1]。它用巨锤、高落距,对地基施加强大的冲击能,强制压实地基,提高地基土的强度,降低土的压缩性。现今对强夯效果的常规检测手段主要有载荷试验、标准贯入试验、静力触探、动力触探、十字板剪切试验、旁压试验、现场剪切试验、波速测试等。在国内,通常情况下常规检测会因检测点数多、工期紧、检测范围小等各种实际因素而受到一定的限制^[2]。比如静力平板载荷试验得出的结果比较真实可靠,但是只能反映深度在承压板直径 1.5 倍范围内的土层的物理力学性状,而且该试验方法太费时、费力,不可能大规模使用^[3]。另外,单一一种检测方法只能从某一个片面角度说明检测效果,并不能真实地反应强夯效果。

在建的四川稻城亚丁机场位于稻城县北部高原区,距离县城直线距离约 35 km,公路路程约 50 km,距离亚丁景区约 130 km。机场高程为 4410 m,建成后将成为世界上海拔最高的民用机场。场区为冰川丘陵地貌,大部分地区被末次冰期冰积物覆盖,冰碛

土厚 1~20 m,由含漂砾、砂土的碎石组成,坳地地区存在砂土液化问题,且块碎石架空现象普遍。场区最大填方高度近 30 m,原地面冰碛土地基不能满足高填方地基承载力及变形要求,须进行地基处理。

2 地基处理

2.1 冰碛土特点

高原冰碛土一般为碎石类土,层位变化较大^[4],具有块石含量大、级配差、分布不均匀、结构复杂、力学特征差异性大,架空现象和松散土体普通等特点,为典型的不均匀地基^[5]。场区后冲兴一带冰碛土地基压缩变形大,为中高压缩性土;承载力较小,现场载荷试验实测承载力特征值仅 140 kPa。

2.2 地基处理方法

后冲兴段属于 I—2 区(填方 2 区),最大填方高度为 25.84 m,工程地质条件复杂,地下水丰富,存在砂土液化现象。通过地基处理要解决不均匀沉降、砂土液化以及排水等问题。在地下水丰富易发生砂土液化的区域采用 3000 kN·m 能级的强夯处理(包括道槽影响区及部分土面区)。其北侧原地面强夯面积为 71 921 m²,夯点间距为 5 m,落锤(圆形

铸铁锤,带气孔)重 24.6 t,落距 12.4 m,每点夯击数为 8~10 次,最后两击平均夯沉量小于 8 cm 停夯。强夯处理结束 14 天后进行检测,评价其强夯效果。

3 试验检测

采用瑞雷面波法与动力触探法联合检测强夯效果。瑞雷波是一种面波,面波是一种特殊的地震波^[6]。瑞雷波的传播速度与介质的物理力学性质密切相关^[2]。面波速度的高低,直接反映了介质的压实程度。地基强夯后,土体被振密压实,压缩比减

小,波速随介质密度增大而增大,承载力亦得到提高。动力触探是利用一定的锤击动能,将一定规格的圆锥探头打入土中,通过对探头的连续贯入,根据每打入土中一定深度的锤击数(或动贯入阻力)判别土层的变化,确定土的工程性质^[7]。

3.1 原地面强夯试验检测

根据设计文件要求,在该强夯区按每 3000 m² 一点,共布置 24 个波速检测点,每 5000 m² 一点,共布置 14 个动力触探检测点。动力触探检测点布在与面波检测点相对应的位置。(见图 1)

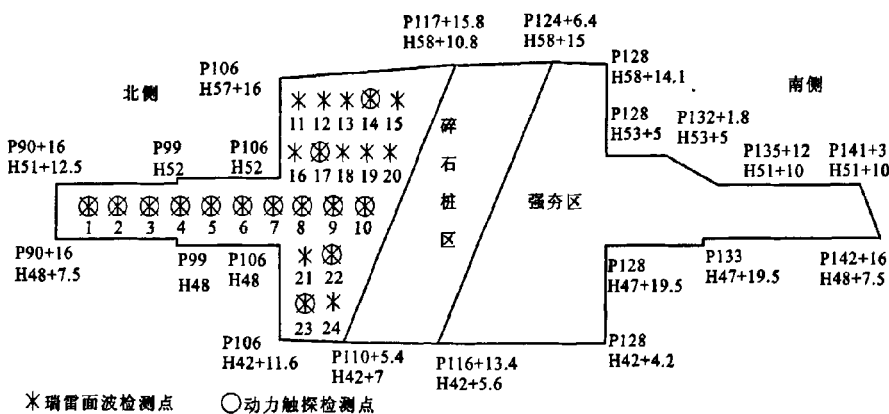


图 1 后冲兴原地面强夯范围及北侧强夯区检测点布置图

瑞雷面波检测使用重庆奔腾数控技术研究所研制的 WZG-12A 型面波测试仪,采用 12 道检波器,检波器间距为 2 m,炮点偏移距为 2 m,采用 4 kg 大锤人工激发瑞雷面波。面波处理系统使用核工业北京地质研究所开发的 SWSview 地震瑞雷面波测深数据处理软件。瞬态瑞雷波处理后,根据频散曲线变化特征进行速度分层,拟合计算得出分层剪切波速结果^[8]。

动力触探试验采用重型动力触探,记录每贯入 10 cm 探杆的锤击数 $N_{63.5}$ ^[9],根据不同深度的击数 $N_{63.5}$ 确定承载力。

3.2 填筑强夯试验检测

后冲兴属于填方区,每层 4 m 填筑体要求强夯处理。第一层填筑体强夯结束后,在与原地面检测点对应的位置进行波速测试和动力触探检测。剪切波速分层结果与原地面对比分析,波速相当(或波速线相交)的深度处视为强夯影响深度。

填筑前后 11#、16#、20# 对应的波速分析见图 2—图 4,推断强夯影响深度见表 1。

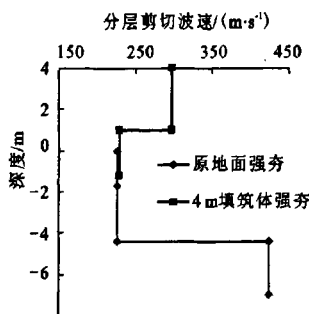


图 2 11# 波速分析图

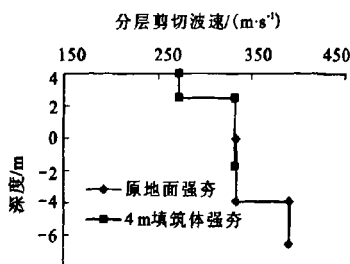


图 3 16# 波速分析图

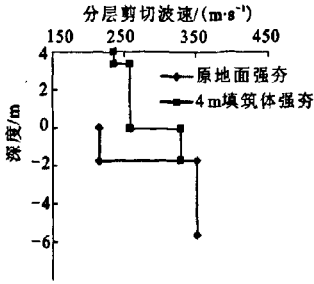


图4 20#波速分析图

表1 强夯影响深度

检测点	强夯影响深度/m	面波波速/(m·s ⁻¹)	
		原地面	4 m 填筑体
11#	5.24	225.3	229.3

表2 后冲兴原地面北侧强夯区检测结果

检测点号	影响深度/m	面波波速/(m·s ⁻¹)	修正击数 N _{63.5}	检测点号	影响深度/m	面波波速/(m·s ⁻¹)	修正击数 N _{63.5}
1	3.89	254	6.9	13	4.63	277.7	9.2
2	3.81	219.7	5.5	14	4.15	262.5	8.3
3	4	242	6	15	5.73	312.4	11.9
4	4.17	262.9	8.7	16	4.96	313.1	11.9
5	4.61	277.1	9.2	17	3.79	251	6.3
6	3.84	252.4	6.5	18	7.13	356.9	15.3
7	3.92	255	7.1	19	4.96	288.2	10
8	4.24	265.1	8.8	20	5.60	308.3	11.5
9	4.32	267.7	8.9	21	6.59	339.8	14
10	4.03	258.7	7.3	22	4.13	261.8	7.4
11	5.29	298.6	10.8	23	4.57	275.6	9.1
12	4.62	277.4	9.1	24	4.85	284.7	9.7

说明:影响深度由填筑前后两次面波检测推断的强夯影响深度;平均击数 N_{63.5}部分由经验公式计算得出

4 结 语

该强夯区共进行了24个瑞雷面波测点检测、14个动力触探测点检测,测点均匀布置在强夯工作区内。根据原地面强夯和填筑强夯后的两次波速测试,推断强夯影响深度在4~7 m范围内。动力触探平均击数 N_{63.5} 为9击。评估地基平均承载力特征值大于200 kPa。该区对应检测点的载荷试验检测得出的承载力特征值为235 kPa,设计文件要求强夯处理后地基承载力大于180 kPa。因此,强夯后的地基承载力满足设计要求。

瑞雷面波与动力触探试验联合对强夯加固效果的检测,效果显著,方便快捷,数据准确,对于大面积检测更为适用。由此建立的回归分析经验公式,对该机场其它强夯区的强夯效果检测具有一定的借鉴和指导意义。

参 考 文 献

[1] 陈希哲. 土力学地基基础(第4版)[M]. 北京:清华

续表

检测点	强夯影响深度/m	面波波速/(m·s ⁻¹)	
		原地面	4 m 填筑体
16#	5.64	333.4	332.9
20#	5.77	350.5	328.9

对原地面强夯14个测点的检测数据,利用回归分析建立该强夯区动力触探平均修正击数 N_{63.5} 与面波波速 v_R 的经验公式:

$$N_{63.5} = 0.0781 v_R - 12.535$$

其相关系数 R=0.9。以显著性水平 α=0.05 对回归方程进行检验,回归效果非常显著。

每个动力触探检测点的平均修正击数 N_{63.5} 及对应的面波波速见表2。

大学出版社,2004.
 [2] 刘全峰. 强夯法地基处理检测方法探讨[J]. 建筑科技与管理,2009(2):35-37.
 [3] 徐培红. 强夯地基处理检测方法浅析[J]. 建材技术与应用,2006(5):40-42.
 [4] 谢春庆. 冰硕土工程性能的研究[J]. 山地学报,2002,20(sup.):129-132.
 [5] 李公水,任 剑,刘 宏. 康定机场冰硕土特性及地基处理[J]. 地质灾害与环境保护,2007,18(4):35-39.
 [6] 程建伟. 瑞雷波检测人工填土强夯地基效果的评价[J]. 低温建筑技术,2009,31(9):114-115.
 [7] 郑宝平. 重型(N63.5)动力触探试验的应用[J]. 甘肃水利水电技术,2007,43(1):57-58.
 [8] JGJ/T 143-2004 面波勘察规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
 [9] YS 5219-2000 圆锥动力触探试验规程[S]. 北京:中国计划出版社,2001.

收稿日期:2012-03-12