

强夯置换法在沿海地区的应用及其检测

卢运波 李家柱

广州建设工程质量安全检测中心有限公司; 广西壮族自治区公路桥梁工程总公司

摘要: 本文简要介绍了四种常用的检测方法, 分析了其各自的检测原理。通过以上四种检测方法的检测, 确定了强夯置换法在沿海地区的可行性, 并根据试验结果进行分析, 解决了工程实际问题。

关键词: 强夯置换法; 静载试验; 地基承载力特征值

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号:

The Application and Testing of Dynamic Replacement Method in Coastal Area

Abstract: This paper introduces four common testing methods and analyzes testing theories. By dealing with tests of four common testing methods, dynamic replacement method is effective in coastal area. Furthermore, based on the data, the issues of the projects are solved.

Key words: dynamic replacement method; static loading test; characteristic value of subgrade bearing capacity

1、前言

我国南方地区, 由于工程需要, 不得不对海域范围内的地基进行加固处理, 一以提高其地基承载力, 满足工程的需要。考虑到工程造价、施工工期等各方面的因素, 对于大面积范围的海域加固, 我们常采用分层回填碾压及强夯的方法进行加固处理^[1]。按照《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2002)^[2]的规定, 强夯置换法在设计前必须通过现场试验确定其适用性和处理效果, 由此可见, 选用适当的检测方法来对试验的适用性和处理效果做出评价就显得相当重要。

2、工程概况

广东某工程位于阳江市南部海边, 部分位于海域回填区, 将采用挖方区的开挖土回填。回填区采用分层回填碾压及强夯进行处理, 回填料主要有砂质残积土、坡积土、全风化土、强风化土组成, 回填料中不允许含有粒径大于 20cm 的块石, 且 10~20cm 的块石含量不大于土体的 15%。由于在回填过程中出现回填料不足的情况, 经设计等有关各方协商确定回填料可以使用风化石(块茎不大于 50cm), 并在大规模施工前先进行试夯区的试夯, 试夯区

面积可为 24×24 m²。设计技术要求：强夯处理后土层承载力特征值≥200kPa，变形模量 E₀≥20.0kPa。场区内地层为：素填土、粉砂、分之粘土、全风化混合岩、强风化混合岩、中风化混合岩。

3、检测方案

检测单位就上述工程实际情况提出了采用静载（压板）试验、钻孔取样试验、动力触探、瑞雷波测试四种方法对强夯加固效果进行检测。对于以上四种检测方法的具体检测数量见表 1，具体各点位置见图 1。

表 1 检测项目及检测数量表

检测项目	载荷试验	钻孔取样试验	动力触探试验	瑞雷波法测试
单位	点	点	点	点
检测数量	3	3	3	3+3

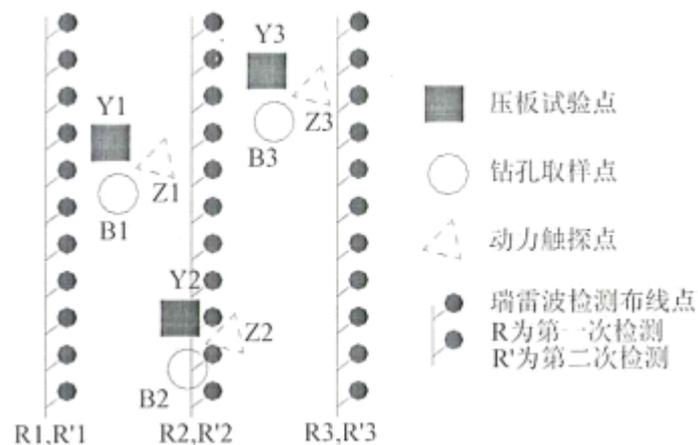


图 1 检测点平面布置示意图

3.1 静载试验^[3]

采用平板载荷试验，对强夯处理地基的承载力及压缩变形指标作出评估。总加载量为 400kPa，分 8 级，采用相对稳定法，在每级荷载作用下，当连续两个小时内的沉降量小于 0.1mm 时，即可认为达到相对稳定标准，即可加载下一级荷载，按 2 倍分级加载值卸载，观测地基土的回弹变形量。采用压重平台反力装置，试验装置主要由主梁、副梁、砂包、油压泵、千斤顶组成，采用 1.0m×1.0m 方形厚钢板作为试验用承压板。

3.2 钻孔取样试验^[4]

利用钻探设备，尽可能采用无水冲击或转钻进并取样，以鉴别地基土成份并了解地基土的分层厚度，实验设备：北京探矿厂生产的 XY-1A 型钻机， $\phi 110\text{mm}$ 单管合金或金刚石钻具、重锤（锤重 120kg）。

3.3 动力触探试验^[4]

动力触探试验检测先采用重型动力触探进行试验，当达到重型触探的终止试验条件后，再改用超重型动力触探试验，如遇到达石块，则采用钻探方式钻穿再进行动力触探试验。

试验要点：利用钻机将触探器具稳固架设在预定试验点之上，用自动落锤连续锤击，记录每贯入 10cm 的锤击数作为实测击数（ $N'_{63.5}$ 或 N'_{120} ），根据实测击数换算地基土的承载力特征值。

主要实验设备：XY-1A 型钻机、圆锥探头（ $\phi 74\text{mm}$ ， 60° ）、探杆（ $\phi 42\text{mm}$ ）、自动落锤（锤重 63.5kg 或 120kg、自由落距 $76\text{cm} \pm 2\text{cm}$ 或 $100\text{cm} \pm 2\text{cm}$ ）。

3.4 瑞雷波法测试^{[5][6]}

瑞雷波是沿地表传播的一种弹性波（也称面波），由于它具有频散特性，故通过接受不同频率的瑞雷信号进行计算后，得到瑞雷波频散曲线的特性分析进行分层并取得各层的层速度，根据瑞雷波速度与其他力学参数的相关性对地基做出工程评价，并可得到地基承载力特征值

$$f_{ak} = av_R^b \quad (1)$$

本次瑞雷波检测采用稳态法。稳态法就是震源使用一台能产生不同频率的激振器，在其纵方向上放置数个检波器，利用各检波器接收的瑞雷波信号的相应差计算出相应的瑞雷波速度：

$$v_R = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

式中： v_R 为地下介质的瑞雷波速度（m/s）；

Δx 为检波器的间距（m）；

Δt 为检波器信号的相位差（s）。

实际检测时，激振器产生不同频率的波动，随着激振器频率的减少，波长增大，探测深度也随之增大。求出不同频率的瑞雷波速度后可得到测点的频散曲线，根据频散曲线的变化

规律，可以对地下介质的力学性质进行分析评价。在地面人工激发地震波，通过检波器采集数据输送到数据采集仪，经处理和计算后得到相关数据（波速、地层分层、承载力等）。所需的仪器设备为：R1-1X 型瑞雷波激振系统信号源、DIQ-60Y 电磁激振器、SM98 瑞雷波仪。

4、各检测方法的检测结果比较

4.1 压板静载试验结果

各试验点在压板影响深度范围内的地基承载力特征值均满足 200kPa 的设计要求，各点的变形模量均满足 200kPa 的设计要求，详细的数据见表 2

表 2 压板静载试验结果表

试验编号	试验标高	压板面积	最大加载量	累计加载量	承载力特征值 f_{ak}	承载力特征值对应沉降量	残余沉降量	变形模量 E_0
#	m	m ²	kPa	mm	kPa	mm	mm	MPa
Y ₁	4.80	1.00	400	13.12	200	6.65	8.39	24.54
Y ₂	4.80	1.00	400	10.49	200	4.90	5.39	33.30
Y ₃	4.80	1.00	400	14.48	200	7.06	8.50	23.11

4.2 钻孔取样试验结果

现场的钻探孔结果表明，大部分以填土为主，且填土中含砾石，不适宜进行标准贯入试验和取土样做土工试验。本次布置的钻孔，主要为了鉴别回填土的成份，并了解回填土的分层、厚度等情况。

4.3 动力触探试验结果

除浅层部分（Z1:0.0~0.3m、Z2:0.0~0.2m、Z3:0.0~0.2m）承载力特征值不满足 200kPa 外，其余各点夯实填土层承载力特征值均 200kPa 设计要求。

4.4 瑞雷波法测试结果

分两次进行：强夯前测 3 点，强夯后测 3 点，共测 6 点。实测所得到的各测点的地震波数据资料首先经过解编和道编辑处理，最终得到所分各层的地基承载力特征值。

本场地由于在试夯区所做的检测点较少，因此地基承载力特征值与瑞雷波速度的统计关

系的确定，通过利用类似的工程地质条件的地基承载力特征值与瑞雷波速度的统计关系。并通过本场地压板试验结果的修正与验证，得到参数 $\alpha=4.4558, b=0.7260$ 。从检测点的实测数

表 3 瑞雷波法测试结果统计表

测点编号	层面深度	强夯前面波 波速度	强夯后面波 波速度	强夯后估算 的地基承载力
#	m	m/s	m/s	kPa
1	0.00~.32	201	231	>200
	2.32~4.16	215	277	>200
	4.16~9.96	236	292	>200
2	0.00~2.52	187	230	>200
	2.52~4.32	222	272	>200
	4.32~10.12	187	276	>200
3	0.00~1.92	180	240	>200
	1.92~3.84	193	274	>200
	3.84~9.52	203	260	>200

据可见：强夯后与强夯前瑞雷波波速相比，波速度明显增加，表明强夯效果明显。通过与压板静载试验、动力触探试验结果的对比分析，该测区各点强夯后的地基承载力特征值在给出的最大深度内均大于 200kPa，达到了设计要求。夯后各点的承载力特征值检测结果见表 3，实测曲线见图 2。

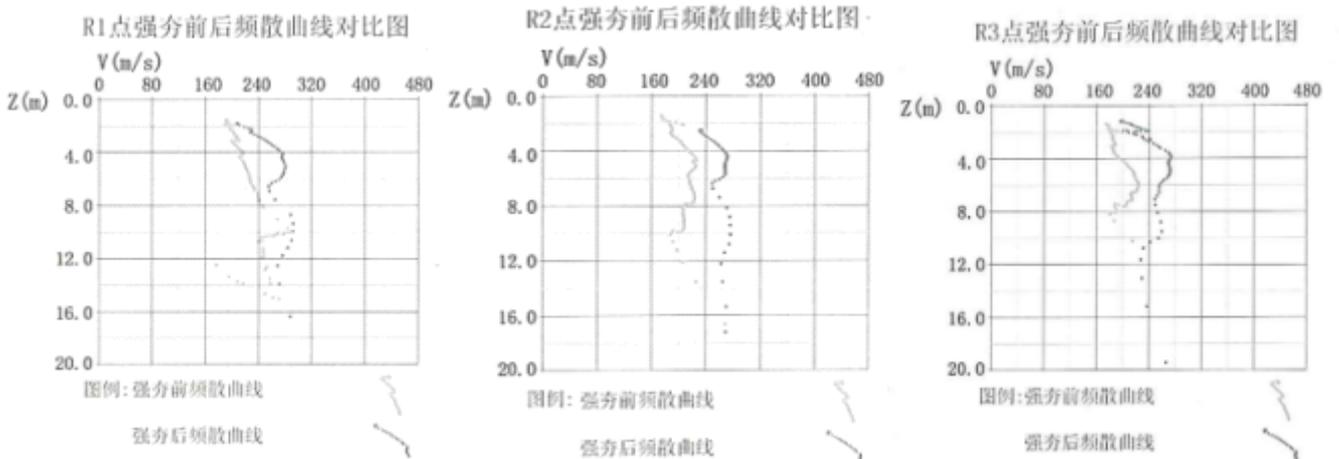


图 2 强夯前后频散曲线对比

5、 结语

本文通过静载试验、钻孔取样试验、动力触探试验及瑞雷波测试四种检测方法对大范围海域内的回填区进行检测,证实了通过分层回填碾压及强夯的处理方法对大范围海域回填区的地基加固的可行性。同时,通过对同一工程项目的检测,对比了四种检测方法各自的检测结果及其适应性,可减少施工的盲目性,为类似工程的项目处理及其检测提供了一定的借鉴作用。

参考文献

- [1] 50007-2002 建筑地基基础设计规范 [S]。
- [2] JGJ79-2002 建筑地基处理技术规范 [S]。
- [3] JGJ106-2003 建筑基桩检测技术规范 [S]。
- [4] GB50021-2001 岩土工程勘察规范 [S]。
- [5] DZ/T 0170-1997 浅层地震勘察技术规范 [S]。
- [6] JGJ/T 143-2004 多道瞬态面波勘察技术规范 [S]。