

# 高能级强夯处理冲填土地基的效果分析

黄江涛

中国有色金属工业西安勘察设计研究院有限公司 陕西西安 710054

**摘要:** 本文介绍一个以海底泥砂作为吹填料,采用高能级强夯进行地基预先处理的工程实例。通过对高能级强夯施工后的冲填土进行岩土测试,与初步勘察进行对比,分析其工程性能的变化,最终对高能级强夯处理效果作出综合评价,对同类工程有借鉴意义。

**关键词:** 高能级强夯; 冲填土; 地基处理

## 引言:

随着我国经济的发展,东部沿海地区出现了许多由冲填土形成建设场地。冲填土主要由海底泥砂吹填形成,未完成自重固结,具有不均匀、易液化、强度低和承载力低等特点,未经处理不能作为地基使用。冲填土地基的处理效果直接关系到整个项目的质量和安全。

## 1 工程概况

拟建场地位于山东省龙口市,吹填时间10年,面积15万 $m^2$ ,海底高程-11.90m,吹填后地面高程2.00m,上部砂性冲填土厚8.6m,下部黏性冲填土厚5.3m,海底为第四系全新统海相沉积的粉质黏土,稳定地下水位埋深0.5m。在3年前进行过初步勘察。

## 2 工作内容和方法

本次工作内容主要是在初步勘察的基础上,对处理后的冲填土进行岩土测试<sup>[1]</sup>,分析其工程性能的变化情况,综合评价高能级强夯的处理效果。

①初步勘察:勘探点按照方格网布置,间距100m,深度60m。

②高能级强夯:强夯前采用管井降水,水位降至坑底以下2.0m。主夯点间距8.0m,正方形布置,第一、二遍能级8000KN·m,第三遍能级4000KN·m,停锤标准按最后两击平均夯沉量不大于200mm、击数不小于8击进行双控。点夯完成后采用能级2000KN·m满夯,每点2击,夯印1/4搭接。

③岩土测试:在强夯结束间歇30天后进行岩土测试,试验严格按照《岩土工程勘察规范》规定进行。

## 3 测试结果与分析

### 3.1 标准贯入试验

代表性勘探点的标准贯入试验锤击数N的对比结果见图1。

由图1可以看出,砂性冲填土的N值由6~14击增长到15~36击,由松散~稍密变为中密~密实状态。经计

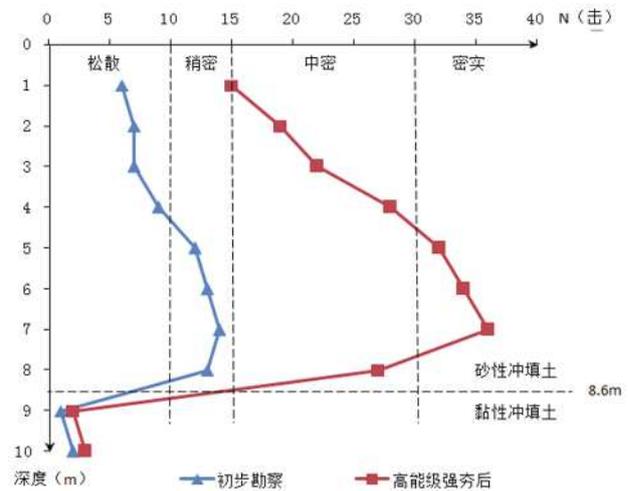


图1 标准贯入试验曲线图

算,液化指数 $I_{Lr}$ 由20.43变为0,由严重液化变为无液化;承载力特征值 $f_{ak}$ 由150kPa增长到310kPa;压缩模量 $E_s$ 由12.5MPa增长到25.0MPa。黏性冲填土增长不大,呈软塑~流塑状态。8m处的N值均出现下降,分析原因为下卧层较弱,“界面效应”导致试验尚未达到下卧层时,其影响已经超前反应出来,超前反应量为0.6m<sup>[2]</sup>。

### 3.2 静力触探试验

代表性勘探点的测试数据对比结果见表1。

表1 静力触探试验统计表

地层	统计指标 (MPa)	初步勘察	高能级强夯后
砂性冲填土	$q_c$	2.56	11.55
	$p_s$	2.82	12.71
黏性冲填土	$q_c$	0.18	0.24
	$p_s$	0.198	0.264

由表1可以看出,砂性冲填土的锥尖阻力 $q_c$ 和比贯入阻力 $p_s$ 均有较大增长,经计算,锥尖阻力临界值 $q_{ccr}$ 为6.22MPa,由液化土变为不液化土; $f_{ak}$ 由130kPa增长到300kPa; $E_s$ 由10.5MPa增长到26.5MPa。黏性冲填土增长不大, $f_{ak}$ 为50kPa, $E_s$ 为2.0MPa,呈软塑~流塑状态,与

标准贯入试验结果相互验证。

### 3.3 土工试验

黏性冲填土的土工试验对比结果见表2。

表2 土工试验对比结果

地层	统计指标	初步勘察	高能级强夯后
黏性冲填土	天然含水量 $w$ (%)	33.5	31.3
	孔隙比 $e$	0.957	0.869
	液性指数 $I_L$	0.98	0.93
	压缩系数 $a_{1-2}$ ( $\text{MPa}^{-1}$ )	0.63	0.52
	压缩模量 $E_{s1-2}$ (MPa)	3.9	4.0

由表2可以看出,黏性冲填土的主要指标略有改善,分析原因为初步勘察完成于3年前,土层在自重作用下发生了排水固结。经计算, $f_{ak}$ 为100kPa, $E_s$ 为4.0MPa,呈软塑状态,强度优于原位测试结果,结合现场钻探情况,分析原因为局部地段黏性冲填土含水量很高,取样扰动过大或无法取样,土工试验难以准确反映实际情况。

### 3.4 面波试验

各测点的面波波速 $V_R$ 列于表3。

表3 面波波速 $V_R$ 统计值

深度	范围值 (m/s)	平均值	变异系数	极差/平均值
0 ~ 1m	93~133	116.6	0.114	34.3%
1 ~ 5m	110~139	126.4	0.084	22.9%
5 ~ 10m	125~153	137.2	0.058	20.4%

由表3可以看出,0~1m极差/平均值大于30%,且变异系数较大,地基不均匀;1m以下极差/平均值均小于30%,变异系数较小,地基较均匀。结合施工情况分析,造成表层土体强度降低的原因有两点:一是冬季施工时未清除冻土层,天暖融化形成松土;二是大件路和大件码头经常行驶重型机械和堆放大量材料,扰动了表层土体。经低能级补夯后,重新试验为均匀地基。

### 3.5 载荷试验

代表性测试点的 $p \sim s$ 曲线见图2。

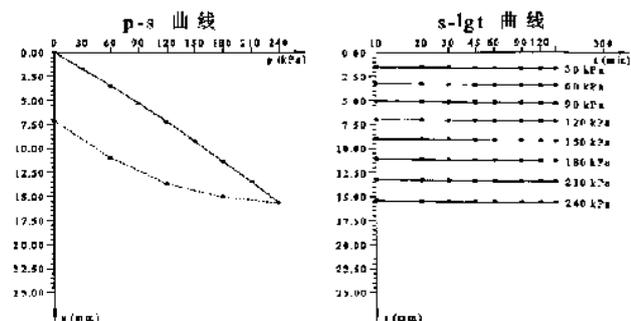


图2  $p \sim s$ 曲线

由图2可以看出, $p \sim s$ 曲线直线段长,未出现明显沉降增大现象,试验点未达到极限承载状态,故取最大加荷量的一半120kPa作为承载力特征值,满足设计要求<sup>[3]</sup>。由于试验未做至破坏,承载力特征值与原位测试结果差距较大。

### 4 高能级强夯处理效果综合评价

综合以上五种岩土测试的结果<sup>[4]</sup>,对高能级强夯处理冲填土地基的效果评价如下:

①砂性冲填土不液化, $f_{ak}$ 为300kPa, $E_s$ 为25.0MPa。

②黏性冲填土的 $f_{ak}$ 为50kPa, $E_s$ 为2.0MPa。

③高能级强夯有效加固深度为8m左右,即砂性冲填土层底。

④0~1m地基不均匀,1m以下地基较均匀。低能级补夯后为均匀地基。

⑤高能级强夯处理效果较好,达到设计要求,满足后续桩基施工等的需要。

### 5 结语

①高能级强夯对砂性冲填土的处理效果较好,液化消除,强度增长,改善了地基的均匀性,承载力满足设计要求,对深部的饱和黏性土效果不明显。

②在冲填土中进行岩土测试时,应以原位测试为主,土工试验为辅,综合运用多种方法,互相验证,互相参考,互相补充。

③上硬下软的地层分界面附近的标准贯入试验,统计分析时应根据需要进行取舍,据此确定地层分界线时应根据超前反应量作适当调整。

④表层土体易受扰动变为不均匀地基,应避免在冬季施工及重型机械扰动,处理方法可采用低能级补夯。

⑤用载荷试验确定高能级强夯处理后的砂性冲填土地基承载力特征值时,应做至破坏。

### 参考文献:

[1]中华人民共和国国家标准.岩土工程勘察规范GB50021-2001(2009年版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[2]中华人民共和国行业标准.建筑地基处理技术规范JGJ79-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3]中华人民共和国行业标准.建筑地基检测技术规范JGJ340-2015[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.

[4]《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册[第四版].北京:中国建筑工业出版社,2007.