

.地 基.

深厚淤泥软基的爆破挤淤施工

徐瑞宝¹, 张嘉华²

(1.温州深水港工程建设指挥部, 浙江 温州 325700; 2.中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘 要: 深厚淤泥软基的爆破处理与浅淤泥软基(小于12m)的施工方法和参数是不同的。针对深厚淤泥软基的特点, 结合温州深水港围堤工程的爆破挤淤施工实践, 介绍了深厚淤泥软基爆破挤淤的原理、施工工艺、施工参数的选择和检测方法, 为类似工程的施工提供参考。

关键词: 深厚淤泥; 爆破挤淤; 施工参数及工艺

中图分类号: TU447

文献标识码: B

文章编号: 1002-4972(2006)-0074-03

Blasting Compaction Construction of Deep & Thick Silty Soil

XU Rui-bao¹, ZHANG Jia-hua²

(1. Wenzhou Deepwater Port Engineering Construction Headquarters, Wenzhou 325700, China;

2. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: The construction method and parameters of blasting compaction engineering for deep & thick silty soil and those for shallow silty soil are different. According to the features of deep & thick silty soil and combining the real practice of blasting compaction construction of Wenzhou Deepwater Port Embankment Project, this paper deals with the principle, construction technology, construction parameters selection and inspection of blasting compaction for deep & thick silty soil, which may serve as a reference for construction of similar projects.

Key words: deep & thick silt; blasting compaction; construction parameters and technology

1 工程概况

温州深水港状元岙港区一期围堤工程长1300m, 淤泥厚度3.92~26.32m, 原淤泥面高程-4.0~-5.0m, 淤泥含水量约60%。设计要求爆破挤淤后, 堤身落底宽度为35m, 堤中线外侧为23m, 内侧为12m; 抛石体下泥石混合层的厚度小于2.5m, 对爆破挤淤的范围和深度要同时采用体积平衡法、钻孔探摸法、探地雷达法检查施工质量。

2 爆破挤淤的原理

深厚淤泥爆破挤淤是在抛填堤头“泥—石”交点前方1~2m距离, 深度在0~0.45倍的淤泥层

厚度的位置埋置群药包。爆炸将淤泥挤向四周压缩成坑, 在爆炸负压与震动作用下, 邻近的抛石体定向滑至爆坑。强大的爆炸压力将深层淤泥扰动, 使其强度大大降低, 造成了深层淤泥沿轴线方向定向滑移的条件。爆后抛填时, 随抛填自重荷载的增加, 当被爆炸强扰动的深层淤泥内的剪应力超过其抗剪强度时, 抛石体沿滑移线朝轴线方向定向滑移下沉, 实现泥石置换, 这和浅淤泥的爆填原理是不一样的^[1]。

随爆炸参数、淤泥厚度及淤泥性质而异, 这种“抛填—定向滑移下沉”过程将出现多次, 直到抛石体接近下部硬土层为止。重复进行上述

收稿日期: 2006-03-03

作者简介: 徐瑞宝(1963-), 男, 工程师, 从事港口工程的技术管理工作。

“抛填—爆炸—定向滑移下沉”循环施工作业直至达到全堤设计要求。深厚淤泥爆破挤淤施工过程见图 1。

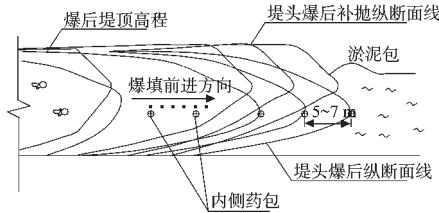


图 1 深厚淤泥堤头爆破施工示意图

3 施工工艺

深厚淤泥爆破挤淤施工关键是装药工艺, 爆破挤淤施工最难点是装药机具的配备^[2]。施工水域水深 6.0~8.0 m, 装药深度最深为 10.0 m。利用现有的挖掘机陆上装药机具是不能保证装药深度的。

选用陆上成孔水上装药的装药工艺进行爆破挤淤, 该工艺是在陆上用吊机和装药器成孔, 水上船机装药。该装药机具组成主要为 1 台履带式吊机 (或轮胎)、1 台振动器、1 台发动机和装药圆管。30~50 t 吊机, 臂长不小于 24 m; 管内径为 250 mm, 管长 16 m, 装药量为 35 kg/m。装药工艺见图 2, 施工流程见图 3。

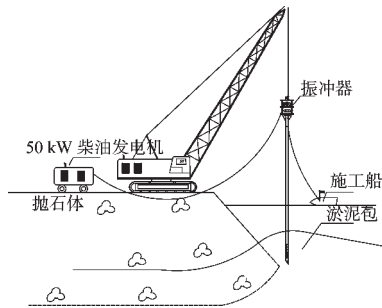


图 2 深厚淤泥爆破挤淤装药工艺图

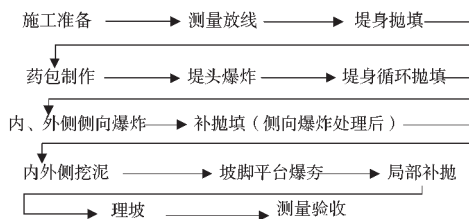


图 3 施工流程

4 工程施工参数

4.1 抛填参数

设计堤心石顶高程为 4.3 m, 泥上堤心石高度

H_s 为 8.0~9.0 m, 原泥面高程为 -4.0~5.0 m, 淤泥厚度 H_m 为 25 m。为增加堤头的动力惯性, 使堤头在爆炸荷载作用下沉降加大, 要求堤头超高抛填, 施工时按 5.0~6.0 m 控制。

4.2 布药宽度 L

堤心石落底宽度 B 设计要求为 35 m, 按照经验值, 布药宽度 L 取设计落底宽度 B 值的 0.8~1.2 倍, 本工程布药宽度 L 取 33 m。

4.3 爆破药量 q

堤头爆破时, 每米平均装药量 q 是爆破挤淤效果的重要参数。 q 值过大, 将浪费能量, 同时也带来不安全的隐患; q 值过小, 达不到完全挤淤的效果。根据经验和淤泥性质特征, 施工时 q 值取 20~23 kg。

4.4 堤头进尺 s

深厚淤泥的爆破挤淤施工, 堤头推进不宜采用大进尺, 主要堤心石是靠堤头多次爆破作用逐步下沉落底的。本工程堤头一次抛填进尺 s 控制在 3~5 m。

4.5 药包埋深 H_w

深厚淤泥的埋药深度不能按规范要求选取, 药包的作用不是把淤泥完全抛开, 而是使土体产生强扰动, 破坏土体的结构, 丧失强度。所以药包埋深 H_w 一般取淤泥厚度 H_m 的 0.3~0.4 倍。

本工程淤泥厚, 落底宽度大, 以上几个参数是决定爆破挤淤施工效果的关键因素^[3], 在实际施工时要按照施工参数调整。在本工程中, 经试验段和全堤施工, 证明以上几个参数选取是合理的, 能够保证爆破挤淤施工的效果, 达到设计要求的落底深度和落底宽度。

5 检测方法和结果

按照规程的要求^[4], 采用了 3 种检测方法, 根据厚淤泥爆破挤淤的特点, 补充了堤顶爆破累积沉降法来控制施工过程中的爆破挤淤效果。

5.1 体积平衡法

深厚淤泥爆破挤淤施工需经多次堤头爆破后堤心石才能落底, 所以, 体积平衡分析不能按规范要求每 1 炮都进行, 在试验段和全堤施工时, 分段进行体积平衡, 每段长度约 30 m, 统

计上堤方量和设计断面方量，每段抛填量达到设计方量的 80% ~90% 时，基本能达到要求的设计落底深度。

5.2 钻孔检验法

依设计要求，每 200m 一个钻孔检测断面，每个断面布置 1~3 个钻孔，钻孔检测结果见表 1。

表 1 钻孔检测参数表

孔号	ZK1	ZK2	ZK3	ZK4	ZK5	ZK6	ZK7	ZK8	ZK9	ZK10	ZK11	ZK12	ZK13
桩号	K0+70	K0+120	K0+120	K0+150	K0+480	K0+480	K0+820	K0+820	K0+680	K0+360	K1+030	K1+300	K1+300
孔口高程/m	3.94	3.48	3.42	3.54	3.72	3.72	3.08	3.31	3.84	3.51	3.87	3.88	3.90
原泥面高程/m	-3.90	-4.20	-4.00	-4.00	-5.00	-5.00	-6.70	-5.60	-3.80	-3.70	-7.00	-6.80	-6.80
淤泥厚度/m	19.80	23.00	25.30	22.80	20.90	22.50	20.80	22.50	21.80	26.30	25.23	25.12	26.0
钻孔深度/m	27.20	28.80	32.10	32.70	32.10	33.30	33.40	32.90	33.90	33.00	36.60	36.20	37.90
孔底高程/m	-23.26	-25.32	-28.68	-29.16	-28.38	-29.58	-30.32	-29.59	-30.06	-29.49	-32.73	-32.32	-34.90
堤心石底高程/m	-20.96	-24.82	-26.78	-26.16	-26.38	-27.18	-28.02	-26.99	-27.76	-27.09	-31.93	-31.22	-32.30
持力层高程/m	-20.96	-24.82	-26.78	-28.16	-26.38	-27.18	-28.22	-27.49	-27.76	-27.29	-32.23	-31.92	-32.80
混合层厚度/m	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.2	0.3	0.7	0.5
落底状况	优	优	优	合格	优	优	优良	优良	优	优良	优良	优良	优良

从表 1 可以看出，设计要求混合层的厚度为 2.50 m，除 4# 孔为合格外，其他孔揭示的堤心石落底情况均很好，说明在施工时选取的爆炸参数能够满足设计要求。

5.3 物探法

在钻孔数据的基础上，对声波在爆填堤心石中传播速度进行标定，从而测定堤身任 1 点的落底情况。按照设计要求，每 20 m 1 个物探断面，对全堤进行物探检测。测量结果：全堤爆破挤淤施工质量满足设计要求，落底宽度大于设计宽度，内、外侧超宽 2~4 m。

5.4 堤顶爆破累积沉降法

根据爆前、爆后断面测量资料，分析统计堤面固定点的爆破过程累积沉降量，与该点原始淤泥厚度比较，判断爆破挤淤落底状况。表 2 为某点的爆破累积沉降结果。

全堤长 1 300 m，按 5 m 1 个点进行累积沉降

表 2 固定点爆破累积沉降统计表

	沉降量/m	累积沉降量/m	累积沉降率/%
1	3.83	3.83	17.02
2	4.04	7.87	35.0
3	3.05	10.92	48.5
4	2.12	13.04	58.0
5	1.17	14.21	63.2
6	0.85	15.06	66.9
7	0.48	15.54	69.1
8	0.23	15.77	70.0
9	0.05	15.82	70.3

注：该点处原始淤泥厚度为 22.5m。

量统计，爆破过程中的下沉量与原始淤泥厚度相比，比值为 60% ~80%，其它为抛填自重挤淤下沉量。

6 结论

深厚淤泥软基的爆破挤淤施工与浅淤泥软基(小于 12m) 的施工是有区别的，主要为：

- 1) 深厚淤泥爆破需要多次堤头爆破后才能落底，一般堤头推进 30~40 m 后才能达到落底要求。
- 2) 深厚淤泥爆破处理，需要比较大的装药深度，采用吊机加振动装药器，能够有效保证装药深度参数。
- 3) 深厚淤泥爆破处理施工参数选取有所不同，爆破挤淤施工效果是几个参数的综合作用结果。
- 4) 堤顶爆破累积沉降法是施工过程中施工质量控制的有效方法，爆破下沉量占 60% ~80%。
- 5) 本工程中采用的装药工艺和爆炸参数，可为类似工程施工提供参考。

参考文献：

[1] Zheng zhenm in, Yang zhengshen, Jin liu. Underwater Explosion Treatment of Marine Soft Foundation [J]. China Ocean Engineering, 1990, 5(2): 213-234.

[2] 高兆福, 姚明善. 爆炸法处理水下软基的布药工艺 [J]. 水运工程, 1998(2): 28-31.

[3] 乔继延, 郑哲敏. 爆炸排淤填石法参数变化规律 [C]//第八届全国工程爆破会议文集 [A]. 2004: 458-463.

[4] 中华人民共和国交通部. 爆炸法处理水下地基和基础技术规程 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.