

爆破挤淤在深厚软土海堤合龙方案中的应用

乔伟, 方后春

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 针对深厚软基中爆破挤淤堤头隆起大量淤泥包影响龙口处海堤落底效果的问题, 展开龙口合龙方案的分析研究。依托鱼山南堤工程, 首先分析爆破挤淤的装药工艺, 测量淤泥包隆起厚度, 再结合龙口流速确定合理的口门宽度, 最后通过设置子堤向堤身两侧多次侧爆形成龙口处的堤身结构。经钻孔检测, 龙口处爆破挤淤落底质量良好, 合龙方案可满足设计断面要求。

关键词: 爆破挤淤; 龙口宽度; 沉降位移; 深厚软土; 施工技术

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)05-0061-04

Application of blasting compaction technology in closure section construction of breakwater in deep soft foundation

QIAO Wei, FANG Hou-chun

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: To solve the problem that a large number of silt bulges at the head of the deep soft foundation and affects the bottom falling effect at the embankment gap, we carry out an analysis and research on the closure method of the embankment gap. Based on the Yushan south embankment project, we firstly analyze the charging technology of blasting compaction and measure the thickness of silt bulge, and then determine the width of the embankment gap according to the flow velocity. Finally, the embankment structure at the gap is formed by setting a temporary dam and blasting several times to both sides of the dam. The drilling test results show that the quality of blasting compaction and bottom falling at the embankment gap is good, and the closure method can meet the requirements of the design section.

Keywords: blasting compaction; width of embankment gap; settlement and displacement; deep soft foundation; construction technology

爆破挤淤技术是 20 世纪 80 年代研究发明的国家专利技术, 并在连云港若干工程中得到运用^[1]。随着施工技术及爆破材料的突破, 置换淤泥质地基的厚度能够达到 4~25 m^[2]。该技术广泛应用于软基处理、驳岸、海堤等水工建筑物, 在海堤龙口合龙工程中也有应用。在浅软基中该技术得到成功运用^[3], 但在深厚软基中合龙段落底效果并不理想, 其他堤段爆填石体可完全落底^[4]。针对爆破挤淤在深厚软土中龙口位置满足落底要求的合龙方案尚无相关研究。因此, 本文

依托鱼山南防波堤工程, 首先分析爆破挤淤的装药工艺, 测量淤泥包隆起厚度, 再结合龙口流速确定合理的口门宽度, 提出龙口合龙方案, 最后通过钻孔检测爆填石体落底效果, 验证合龙方案的合理性。

1 工程概况

鱼山南防波堤工程全长 3 284 m, 采用抛石斜坡堤结构形式, 堤基处理形式采用爆破挤淤法, 施工桩号范围 SK0+000~SK3+238。本工程爆破挤

淤施工由大、小鱼山岛 2 个堤头同时向中间推进,于防波堤中段形成合龙段,通过爆破挤淤的方式,

成功合龙。累计消耗石料 505 万 m³,消耗炸药 476 t。防波堤断面见图 1。

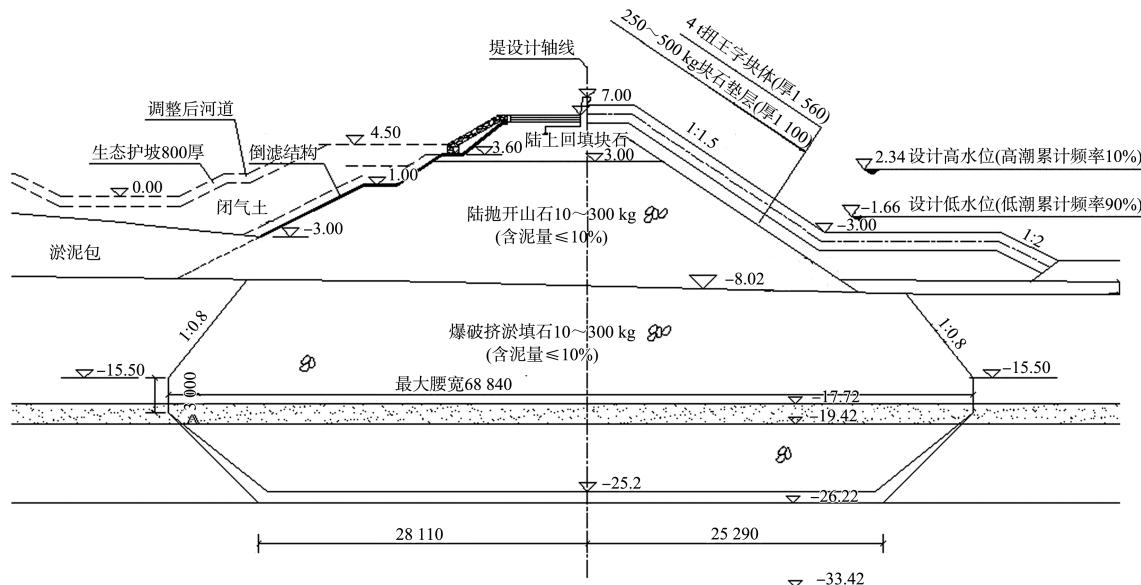


图 1 合龙位置防波堤堤身断面(高程: m; 尺寸: mm)

2 爆破挤淤工艺

2.1 爆破挤淤填石

在抛石体外缘一定距离和深度的淤泥质地基中埋放群药包,起爆瞬间在淤泥中形成空腔,抛石体随即坍塌充填空腔,经多次爆破推进,最终达到置换淤泥的目的。

2.2 装药

根据工程淤泥地质情况,为确保爆破挤淤装药效果,选用履带式吊机振冲装药设备,如图 2 所示。由于工程所处海域地质条件复杂,且局部存在夹砂层,部分厚度超过 3 m,采用改装后的挖机装药难以埋置。因此,选用履带式吊机振冲选用注水振冲的方式,将振动锤连接在装药器上,用吊机将装药器放至药孔设计位置,通过振动锤的外力振动使装药器里的药包埋至设计位置。



图 2 履带式吊机振冲装机

2.3 布药及起爆

爆破挤淤布药线与石舌前缘线平行,两者水平距离取 1~2 m,布药线长度根据设计堤身断面稳定验算确定。爆破挤淤的起爆网路首先使用导爆索加工形成起爆体装入药包,药包埋入泥面下一定深度,同时导爆索引出水面,并与主导爆索相连(并联),主导爆索可用单股或双股,最后用非电雷管起爆(图 3)。

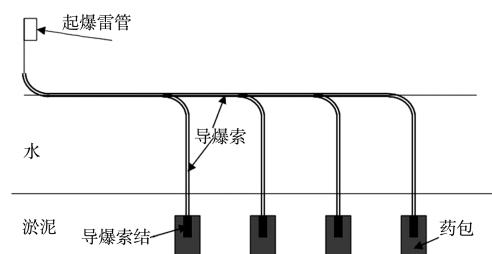


图 3 起爆网路

2.4 堤头淤泥包厚度

本工程置换的淤泥质粉质黏土土层较厚,底高程一般为-11.5~-2.0m。在合龙处,经实地测量,超高填石后,堤头淤泥包已高出设计低水位,达到 0.00 m 左右。隆起淤泥包近堤头处厚约 12 m。淤泥包隆起情况见图 4。



图4 超高填石后爆炸前堤头隆起淤泥包

3 龙口合龙方案

3.1 方案制定原则

龙口合龙一般为堤坝的最后一个施工阶段。龙口处水流较大、流速较急,很容易对施工安全和工程质量造成不良影响。因此,合龙施工须进行专项施工方案设计,方案制定原则如下:

- 1)根据施工进度、水流流场及流速等确定龙口位置与宽度;
- 2)根据堤坝的施工结构及强度要求针对性地选取施工工艺,如爆破挤淤、抛石挤淤等,并确定工艺参数^[5];
- 3)制定施工流程,确保海堤成功安全合龙;
- 4)确定龙口宽度。

当龙口口门压缩到一定程度、采用土堤断面难以进占而需采用堆石堤进占时的口门称为大龙口。算例中根据工程规模,按300~800 m口门宽度来确定大龙口尺寸的范围;考虑安全渡汛要求,采用设计标准10 a一遇的汛期典型潮型,进行大龙口口门的水力计算。计算中研究300、400、500、600、700、800 m口门宽度和龙口底槛高程1.3、1.5 m的组合情况。确定大龙口宽度时,一般以流速作为控制因素^[6]。该工程控制流速取4 m/s。计算公式为:

$$Q = u' B h_2 g (h_1 - h_2) \quad (1)$$

式中: Q 为过堰流量; u' 为流量系数; B 为堰宽; h_1 、 h_2 分别为以堰顶为基准的上游与下游水深。计算结果表明,当口门宽度为300、400 m时涨潮流速明显偏大,当口门宽度为800 m时口门石方工程量也较大。因此,初选口门宽度为500、600、700 m,进行水流观测后,确定以500 m作为龙口

合龙尺寸。

3.2 合龙段爆破挤淤方案实施

3.2.1 抛设子堤并爆填

首先,在合龙段防波堤轴线位置抛设1条子堤,抛填高程为4.0 m,宽8 m(轴线内侧6 m,轴线外侧2 m),装载机配合自卸运输车自合龙段两端向中间推进。子堤抛填时需做好开山石料的备料工作,两侧堤头配备足够的运输设备及开山石料,连续抛填至堵口合龙。合龙截流后在堤身内侧和外侧同时进行爆破处理,药包间距4 m,单药包质量60 kg,每侧埋设18个药包,药包埋深14~16 m(图5)。

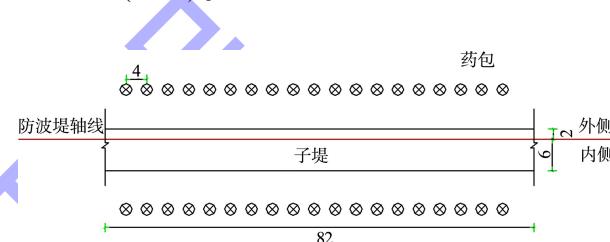


图5 子堤侧爆布药 (单位: m)

3.2.2 子堤补抛并进行第2次侧爆

子堤爆填处理后及时进行补抛,并向堤身两侧各加宽4 m(轴线内侧10 m,轴线外侧6 m),抛填高程6.0 m。抛填完毕后进行侧向爆破,药包间距4 m,单药包质量60 kg,每侧埋设18个药包,药包埋深14~16 m。

3.2.3 抛设石料平台(镇压平台)

在堤身段形成后,在堤身内外侧各抛设1个石料平台,石料平台宽4~6 m,高程3.0 m。石料平台三面均布置药包,药包间距4 m,单药包质量36 kg,每侧埋设20个药包,药包埋深14~16 m(图6)。



图6 石料平台布药 (单位: m)

3.2.4 合龙段侧爆

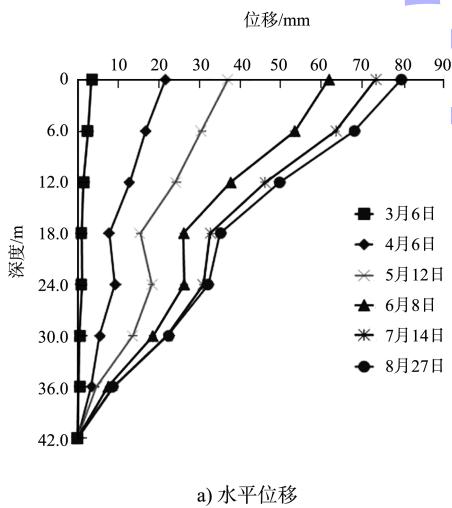
装药施工前使用挖掘机将内外侧石料平台上超高石料降到 1.0 m 高程, 药包间距 4 m, 单包质量 24 kg, 每侧埋设 20 个药包, 药包埋深 14~16 m。

经过子堤进占截流, 两侧多次侧爆堤身增宽, 最终形成设计断面, 成功实现了合龙, 堤身结构稳定。

4 龙口合龙效果检测

通过钻孔检测的方式对大堤合龙段落底情况进行检测。结果表明, 大堤抛石落底高程达到大堤设计断面高程, 泥石混合层厚度不大于 1 m, 满足设计要求。

根据测斜孔数据可知, 合龙段水平位移趋于稳定, 合龙段表层日最大沉降 0.4 mm、周最大沉降量 11 mm(图 7), 表明大堤合龙段横向位移、表层沉降满足设计要求, 爆破合龙方案实施效果良好。



(上接第 21 页)

- [6] 肖智旺, 闫澍旺, 刘润. 海洋地基土的随机场特性[J]. 海洋技术, 2005, 24(4): 73-79.
- [7] 闫澍旺, 贾晓黎, 郭怀志, 等. 土性剖面随机场模型的平稳性和各态历经性验证[J]. 岩土工程学报, 1995, 17(3): 1-9.
- [8] 张梅, 丁继辉, 宋向东. 对求解土性相关距离的空间递

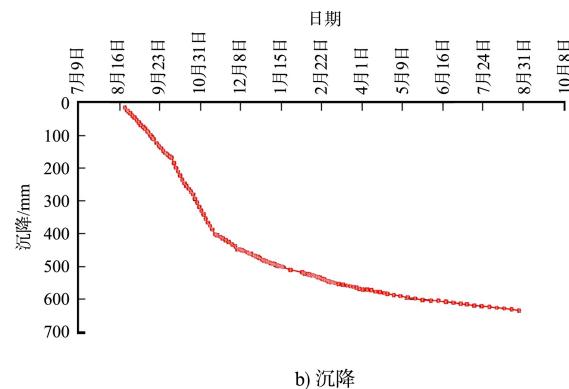


图 7 合龙段断面观测结果

5 结论

1) 深厚软基中采用爆破挤淤施工工艺, 炸药用量大, 堤头隆起淤泥包厚, 须采用合理的龙口合龙方案, 才能满足龙口位置海堤稳定要求。

2) 龙口宽度选择 500 m, 龙口处先设置 8 m 宽的子堤, 再通过子堤向堤身两侧进行多次侧爆形成海堤断面。钻孔检测显示龙口处爆破挤淤落底质量良好, 满足设计要求。

参考文献:

- [1] 高兆福, 宋兵. 爆破挤淤筑堤技术的发展研究[J]. 中国水运(下半月), 2013, 13(12): 338-339, 342.
- [2] 中交水运规划设计院有限公司. 水运工程爆破技术规范: JTS 204—2008[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [3] 吴建星, 梅甫定. 水下爆破挤淤法处理软基技术[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2007, 30(5): 545-546, 549.
- [4] 金罕, 王相国. 某工程围堤爆破挤淤合龙口的处理方法[J]. 中国港湾建设, 2006(5): 59-60.
- [5] 徐学勇, 汪稔, 孟庆山, 等. 深厚淤泥爆破挤淤震动效应测试与控制技术[J]. 岩土力学, 2008, 29(12): 3256-3260.
- [6] 陈德春, 吴继伟, 李宇, 等. 围海工程堵口合龙技术研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2002, 30(5): 67-70.

(本文编辑 郭雪珍)

- [9] 中交天津港湾工程研究院有限公司. 水运工程地基设计规范: JTS 147—2017[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

(本文编辑 王璁)