



连云港港旗台港区10万吨级散化泊位 后方西围堤加固方案比选

杨华东^{1,2}, 魏凤龙²

(1. 河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏南京 210098;

2. 连云港港口集团有限公司, 江苏连云港 222042)

摘要: 连云港港旗台港区10万吨级散化泊位后方西围堤为在港区原防波堤的基础上经爆破挤淤抛石施工工艺拓宽形成, 受形成条件限制, 形成的堤身下部存在淤泥层, 需进行加固处理。通过对不同加固处理方案的比较分析, 确定了最终实施方案, 节约了工程投资, 满足工程施工和使用期安全稳定的要求。

关键词: 围堤; 限制条件; 加固处理

中图分类号: U 656.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)01-0081-05

Comparison and selection of reinforcement processing program about west breakwater behind Lianyungang Qitai port's 100 000-ton bulk berth

YANG Hua-dong^{1,2}, WEI Feng-long²

(1. College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Lianyungang Port Group Co., Ltd., Lianyungang 222042, China)

Abstract: The west breakwater behind Lianyungang Qitai port's 100 000-ton bulk berth is formed on the basis of the original breakwater by blasting riprap construction process. Restricted by the formation conditions, the lower part of the breakwater is the silt layer which needs to be reinforced. Based on the comparative analysis of different reinforcement processing programs, we determine the final scheme which can not only reduce the project investment, but also meet the requirements of both construction and stability during construction.

Key words: breakwater; limiting condition; reinforcement

1 工程概况^[1]

连云港港旗台港区10万吨级散化泊位共建设两个10万吨级专业化泊位, 码头与后方陆域通过6座引桥相连。后方陆域主要通过爆破挤淤抛石施工工艺形成四周围堤, 然后吹填前方泊位及港池淤泥, 最后经真空联合堆载预压形成。

该项目内围堤总长2 110.241 m, 共包括东围堤、南围堤、西围堤、北围堤。围堤内部滩面高程-2.4~0.0 m, 淤泥底高程-21.4~-13.4 m, 局部地势变化较为平缓。围堤工程在工程建设期主

要为陆域四周吹填所用, 远期将作为陆域维护建筑, 围堤平面布置见图1。

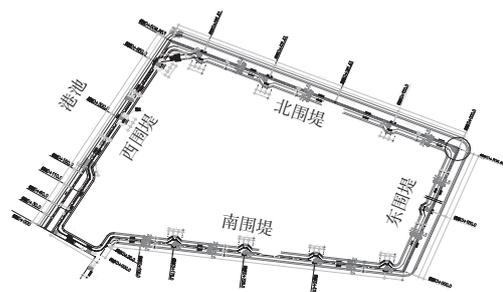


图1 围堤平面布置

收稿日期: 2013-05-09

作者简介: 杨华东(1981—), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事港口、航道及港口相关配套基础设施的建设和管理工作。

在围堤施工过程中，东围堤、南围堤和北围堤采用爆破挤淤抛石工艺的端爆和侧爆方法一次性形成，经钻孔检测，新形成堤身达到设计标准，且满足施工和使用期安全稳定要求。西围堤则是在老港区原有防波堤基础上通过爆破挤淤抛石工艺向东拓宽形成，经钻孔检测，新形成堤身下部普遍存在3~5 m厚淤泥（灰色、流塑、土质均匀、光滑、局部夹少量粉砂薄层、偶见贝壳碎片、高压缩性、承载力低），且原防波堤堤身下也残留10~13.5 m厚淤泥（原防波堤于1933年

形成，直接由抛石挤淤形成，堤身下部淤泥经长时间压缩固结后，快剪指标 $C=36\text{ kPa}$ ， $\varphi=1.8^\circ$ ， $\rho=1.55\text{ t/m}^3$ ）。后经设计单位计算复核，其稳定系数达到 $K=1.102$ ，由此可知，拓宽形成的西围堤本身已处于稳定状态（图2），但随着后续吹填施工的进一步开展（吹填厚度会达到5~7 m），港区整体高程逐步抬高，在吹填侧向力和水头差作用下，西堤侧向将不稳定，需进行加固处理。

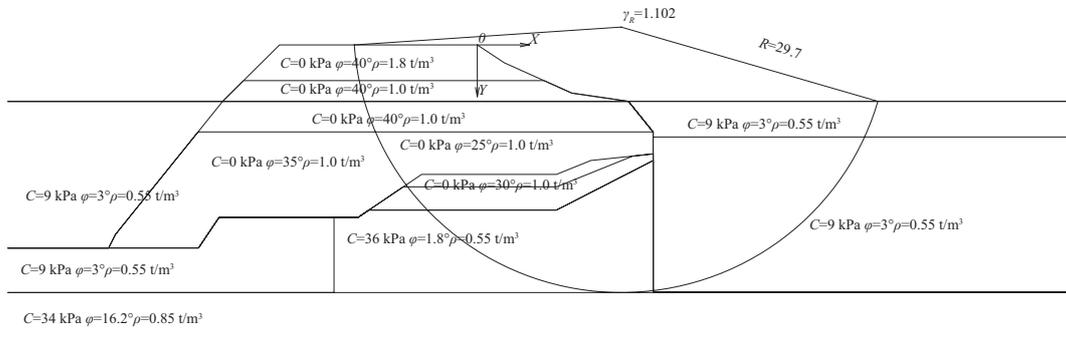


图2 西围堤本身稳定性计算

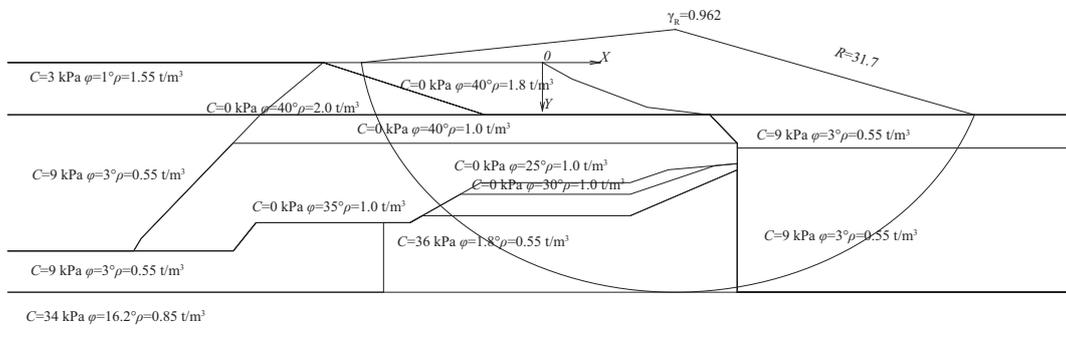


图3 吹填施工期间西围堤稳定性计算

根据以往连云港港区类似工程施工经验，如围堤在吹填施工期间稳定系数介于1.0~1.1，需严格控制吹填施工加载速率，通过加强施工监测的方法，可保证围堤稳定。考虑到西围堤工程已整体加宽至22 m，加宽段虽可削弱部分吹填内外水差渗流对围堤产生的侧向压力，但为确保堤身在吹填期和使用期的稳定性，仍需对西围堤整体进行加固处理。本文通过对各种加固方案在实施工期、稳定性及投资等方面进行比较分析的基础上确定最终的加固实施方案，同时对加固方案实施后的加固效果进行分析总结。

2 加固方案前提

2.1 地形地貌

因新拓宽形成西围堤内侧为吹填泥塘，不具备加固实施条件，故加固处理方案选择在其外侧（即西侧）进行。其中，西围堤外侧地貌类型为水下淤泥质浅滩，宽度约70 m，水下地形总体较为平坦，由南向北略微倾斜，淤泥面顶高程为-0.30~0.60 m，底高程为-21.50~-18.05 m；浅滩外侧由1:5坡比过渡到老港区港池，港池底高程为-8.00 m；西围堤内侧为待吹填前方泊位及港池开挖出土的泥塘，吹填前泥面高程为-2.4~0.0 m。

2.2 地质条件^[2]

根据西围堤外侧工程地质勘察报告显示, 地层按其成因时代、成因类型、岩性特征及其物理力学指标从上至下分为2个岩土层(即全新统地层与上更新统地层), 其中①层可细分为3个亚层: ①₁淤泥层, 该层含水量平均值 $W=66.1\%$, 孔隙比 $e=1.822$, 液性指数 $I_L=1.66$, 压缩系数 $a=2.06 \text{ MPa}^{-1}$; ①₂淤泥层, 该层含水量平均值 $W=71.7\%$, 孔隙比 $e=1.961$, 液性指数 $I_L=1.33$, 压缩系数 $a=2.25 \text{ MPa}^{-1}$; ①₃粉质黏土层, 浅灰黄色, 湿, 软塑, 土质较均, 粉粒含量较高。各岩土层地基容许承载力见表1。

表1 各岩土层地基容许承载力

岩土层层号	岩土名称	容许承载力/kPa
① ₁	淤泥	35
① ₂	淤泥	25
① ₃	粉质黏土	200
②	黏土/粉质黏土	230

整个场区抗震设防烈度为7度, 设计基本地震加速度为 $0.10g$, 设计地震分组为第3组, 场地土类型属软弱场地土, 场地类别为Ⅲ类。

3 加固方案确定

3.1 设计荷载^[3]

3.1.1 施工期及陆域吹填期荷载

施工期主要荷载包括车辆荷载, 临时堆料荷载及施工机械荷载等, 按 5 kN/m^2 和 150 kN/卡车 计; 后方需考虑陆域吹填荷载, 吹填晾晒后顶高程为 6.80 m 。

3.1.2 使用期荷载

使用期后方需考虑铁路荷载和门机轨道荷载(满载轮压 250 kN/轮 , 每腿4轮, 轨距 13 m , QU80轨), 以及堆场堆货荷载(120 kN)。

3.2 加固方案设计

根据西围堤外侧的地质情况, 结合连云港港区其它工程的加固施工经验, 加固方案主要考虑了塑料排水板+抛石反压法、砂桩复合地基+抛石反压法、侧向爆破挤淤法、侧向开挖换填+抛石反压法、水泥搅拌桩+抛石反压法等。考虑到北围堤外侧码头结构正在施工, 同时西围堤后方与陆

上建筑物距离较近, 侧向爆破挤淤法对周边影响较大, 不宜采用; 此外, 西围堤堤身下残留淤泥层较厚, 且内侧为吹填陆域, 如果在外侧开挖换填, 会导致堤身在开挖施工时发生局部滑坡和坍塌, 故侧向开挖换填+抛石反压法也不宜采用; 再者, 海上施打搅拌桩的工艺不成熟, 质量、费用很难控制, 所以水泥搅拌桩+抛石反压法也不宜采用。经专题分析讨论, 加固方案可采用塑料排水板+抛石反压法、砂桩复合地基+抛石反压法2种。

3.2.1 方案1: 塑料排水板+抛石反压法^[4-5]

在西堤外侧一定宽度范围内的原始滩面上先铺设袋装砂被(共铺设3层, 每层厚度 50 cm , 顶部层的砂被充填中粗砂), 为后续排水板打设提供施工条件和排水通道要求; 然后施打塑料排水板, 排水板采用SPB-C型原生板, 板宽 10 cm , 纵向通水量 $\geq 40 \text{ cm}^3/\text{s}$, 滤膜等效孔径 $< 75 \mu\text{m}$, 滤膜渗透系数 $> 5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$, 布置方案采用 $0.8 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$ 正方形布置, 要求打穿软土层并进入黏土层 1.5 m ; 最终上部通过分层回填开山石进行堆载排水预压, 抛石体本身可作为西堤外侧的反压层, 满足施工期西堤内侧吹填整体稳定的要求。同时, 考虑到随着软土的固结, 其强度会逐步增长, 故可满足远期堆场的堆料使用要求。塑料排水板+抛石反压法典型设计断面见图4。

采用塑料排水板+抛石反压法处理后, 施工期吹填稳定性完全可以满足($K > 1.1$)^[6], 核算使用期后方场地堆料情况下的整体稳定性见图5。

从图5可以看出, 为确保使用期稳定系数大于 1.2 ^[6], 后方堆料场地(设计荷载为 120 kPa)需后退一定的安全距离, 理论后退值为 20 m , 这是因为排水板加固后地基强度增长有限。随着远期地基土的逐步固结, 20 m 安全距离区亦可按照设计标准逐步恢复堆料。

3.2.2 方案2: 砂桩+抛石反压法^[7]

在西堤外侧一定范围内施打砂桩, 砂桩置换率为 28% , 桩径为 600 mm , 要求打穿软土层, 通过施打砂桩形成高强度复合地基, 上部通过分层回填开山石进行堆载排水预压, 抛石体本身可作为西堤外侧的反压层, 可满足施工期及使用期稳定要求, 典型设计断面见图6。

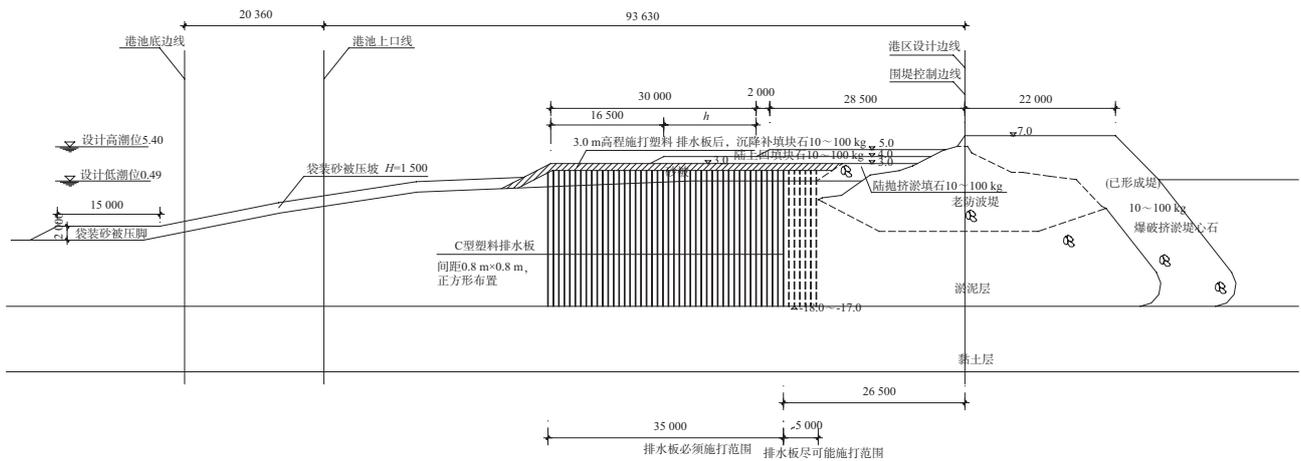


图4 西围堤加固方案1典型断面

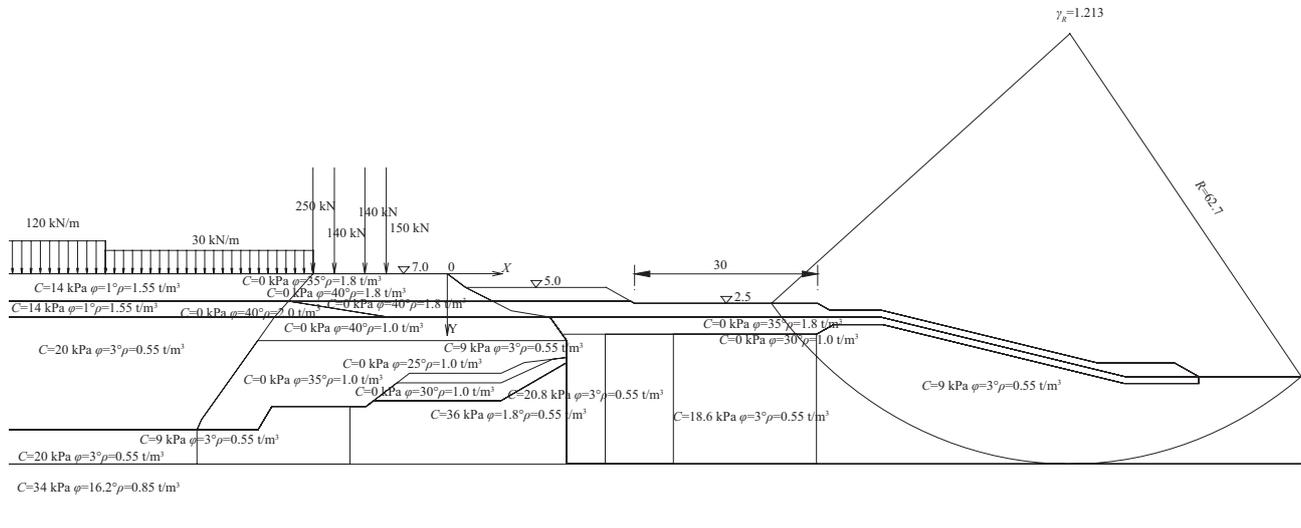


图5 塑料排水板+抛石法处理后整体稳定性

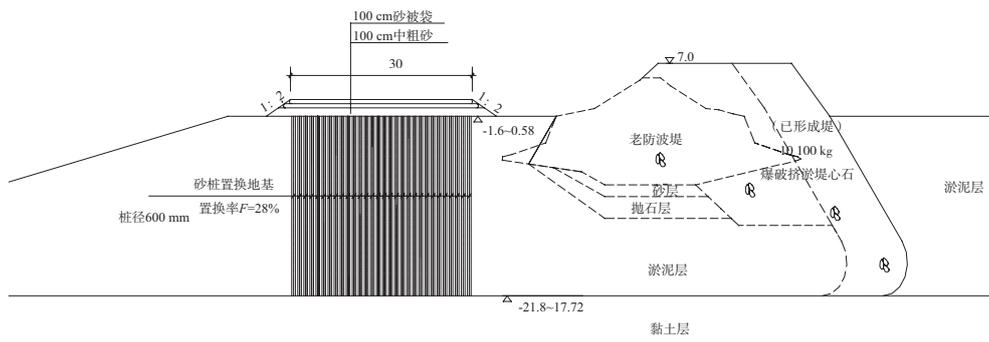


图6 砂桩+抛石反压法处理典型断面

3.3 加固方案比较

3.3.1 方案造价比较

具体方案造价估算见表2。

3.3.2 方案综合比较

通过对技术方案、施工工艺、工期、造价和远期使用方面的综合比较,上述2个方案在技术上

均可行,对两方案优缺点综合比较见表3。

由表3可知,塑料排水板+抛石反压方案具有施工简单、地基可有效加固、费用较低等优点,虽然排水板预压固结时间较长,但考虑到西堤外侧泥面较高,且西堤内侧陆域吹填和地基处理有比较长的周期,采用此方案后,施工期堤身稳定

表2 费用估算

方案	项目名称	工程数量	单价/元	合计/元
塑料排水板+抛石法	陆上打C型排水板	365 475.00 m	3.16	1 154 901
	水上打C型排水板	1 26 000.00 m	3.68	463 680
	回填块石	47 742.00 m ³	50.65	2 418 132
	沉降补填块石	15 885.00 m ³	50.65	804 575
	水抛填块石	60 640.00 m ³	77.10	4 675 344
	砂被	46 559.00 m ³	136.13	6 338 077
	水抛袋装砂垫层	13 200.00 m ³	177.72	2 345 904
	袋装砂被压坡	50 354.00 m ³	130.00	6 546 020
	袋装砂被压脚	21 190.00 m ³	130.00	2 754 700
工程费合计				27 501 333
砂桩+抛石法	陆抛开山石	95547.95 m ³	50.65	4 839 503.67
	中粗砂	13650.00 m ³	130.00	1 774 500.00
	吹砂砂被袋 $h=1\ 000$	13650.00 m ³	130.00	1 774 500.00
	砂桩($D=600\ \text{mm}$)	77 149.800 m ³	350.00	27 002 430.00
工程费合计				35 390 933.67

表3 塑料排水板+抛石法和砂桩+抛石法综合比较

处理工艺	优点	缺点
塑料排水板+抛石反压法	加固区设置塑料排水板竖向通道, 结合反压平台, 利用回填土石料进行预压, 地基逐步可以得到比较充分的固结, 满足吹填期稳定要求, 施工工艺简单, 设备及材料配置单一, 工程费用较低	排水板施工预压时间较长, 地基强度增长有限, 后期使用需先牺牲一定安全距离内的堆料生产使用区
砂桩+抛石反压法	在软黏土中采用振动沉管形成砂桩, 兼起排水作用, 能有效消除地基沉降, 形成复合地基强度高, 施工工艺成熟, 完全满足使用要求	需购中粗砂和打砂桩设备, 工艺较繁, 质量较难控制, 费用高

性有保证, 虽然使用期需先牺牲一部分场地的堆载使用, 但对整个场地的使用影响不大, 且随着后期地基强度的逐步增长, 先期禁止堆料的场地也可逐步恢复使用, 因此, 推荐方案1作为实施方案。砂桩方案有一次加固到位、完全满足使用的特点, 但费用较高, 比方案1增加工程费近30%, 不予推荐。

4 结语

通过模拟理论复核计算, 结合工程周边实际条件, 从施工可行性、工期、投资等方面, 对连云港港旗台港区10万吨级散化泊位后方西围堤加固处理方案进行了比较分析, 最终确定塑料排水板+抛石法加固方案。

目前, 加固方案已实施完毕。经施工期监测及工后检测加固达到了预期效果, 满足施工和使

用期围堤的安全稳定。

参考文献:

- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 连云港港旗台港区10万吨级散化泊位西围堰外侧加固工程设计文件[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2010.
- [2] 江苏省水文地质工程地质勘察院. 连云港港旗台港区10万吨级散化泊位西围堰外侧地质勘察报告[R]. 南京: 江苏省水文地质工程地质勘察院, 2009.
- [3] JTJ 215—1998 港口工程荷载规范[S].
- [4] JTS 206-1—2009 水运工程塑料排水板应用技术规程[S].
- [5] JTJ 239—2005 水运工程土工合成材料应用技术规范[S].
- [6] JTJ 298—1998 防波堤设计与施工规范[S].
- [7] JTJ 254—1998 港口工程桩基规范[S].

(本文编辑 武亚庆)