

玻纤土工布在造地工程围堰结构中的应用

李荣华, 史小康

(华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘 要: 玻璃纤维经编复合土工布作为新型环保的土工材料, 其抗拉性能突出, 耐久性好, 近年来多次被应用到市政、道路等工程项目中, 在水运行业应用尚不广泛, 文中主要从技术角度分析玻纤土工布在围堰工程中的应用优势以及从经济角度研究玻纤土工布在围堰工程中的适用情况。

关键词: 玻纤土工布; 抗拉性能; 围堰; 技术性; 经济性; 适用情况

中图分类号: U656

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2023) 01-0148-03

玻璃纤维经编复合土工布 (以下简称玻纤土工布) 是采用高强度涤纶线用针刺捆绑法将无碱玻璃纤维与无纺土工布复合在一起, 为与袋装砂袋体缝合, 把这种复合材料与机织布进行二次复合的新型土工材料, 其抗拉强度可达到 200~400kN/m, 延伸率小、耐腐蚀性好, 近年来逐渐被广泛应用到工程建设行业中。杜伟等对玻纤土工布与充填袋的接缝工艺进行了研究, 为该材料的制作加工提供了宝贵经验; 牛言增等分析了玻纤土工布在斜坡式防波堤中的应用情况, 从社会效益、经济效益、应用前景等各个方面阐述了玻纤土工布在防波堤工程中应用的优势; 蔡辉等依托连云港 30 万 t 级航道徐圩港区航道配套的围堤工程, 从稳定效果、围堤沉降、水平位移、经济性等方面对几种不同的加筋材料在淤泥地基袋装砂斜坡堤工程中应用做了详细对比分析, 初步解决了玻纤土工布在淤泥地基袋装砂斜坡堤应用的技术问题。

一、工程概况

某填海造地工程中, 在近、远期交地之间设置有边界围堰, 长约 9km, 顶高程为 5.5m, 宽为 8m, 为袋装砂斜坡式结构。围堰近期交地侧, 使用期高程为 5.0m, 远期交地侧, 使用期高程为 1.5m (图 1)。

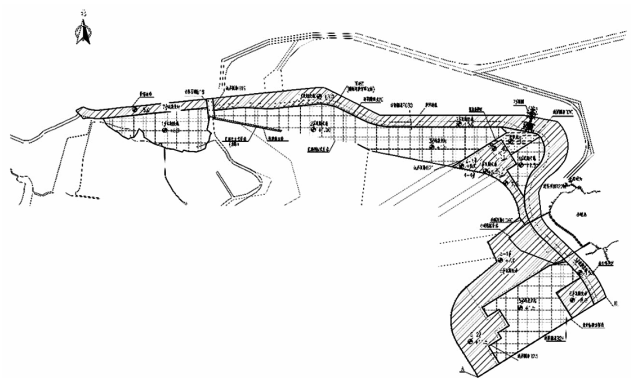


图 1 近、远期分块平面布置图

1. 地形

本工程区域, 海底地形相对平缓, 围堰处泥面标高在 -0.4 至 -2m 之间, 局部在航道附近泥面标高约为 -6.0m (图 2)。

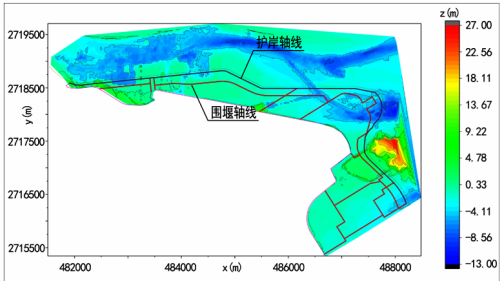


图 2 围堰轴线及地形分布图

2. 地质

表层为淤泥或淤泥混砂, 一般厚度 0.5~8.0m, 具高压缩性、高触变性、高含水量、工程地质性质极差 (图 3)。

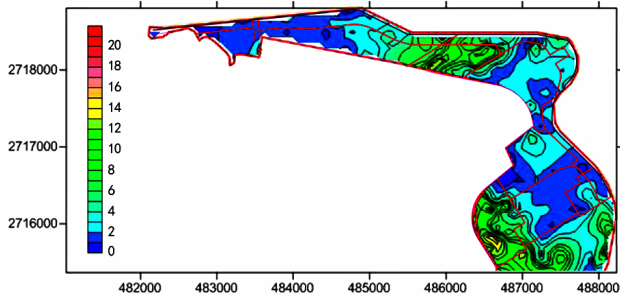


图 3 淤泥厚度分布图

下层为粉质粘土或砂层。地质物理学指标见表 1。

表 1 主要物理力学指标表

岩土名称	重度 γ , kN/m ³	天然快剪		固结快剪	
		C , kPa	ϕ , 度	C , kPa	ϕ , 度
淤泥	埋深 ≤ 4m	16.0	8	2.5	9
	埋深 > 4m	16.5	10	3	10
淤泥混	埋深 ≤ 4m	16.5	7	3	9
	埋深 > 4m	16.8	8	4	9
砂	埋深 > 4m	18.3	25	18	28
粉质粘土					

3. 堆载条件

收稿日期: 2022-02-24

作者简介: 李荣华 (1980-), 男, 华设设计集团股份有限公司, 高级工程师, 研究方向为水运工程。

史小康 (1991-), 男, 华设设计集团股份有限公司, 工程师, 研究方向为水运工程。

根据陆域形成和地基处理方案，近期交地区域在施工过程中（陆域形成和地基处理施工）堆载高度为 7.2~16m 不等，满载边线距围堰轴线 30m（图 4），远高于使用高程。

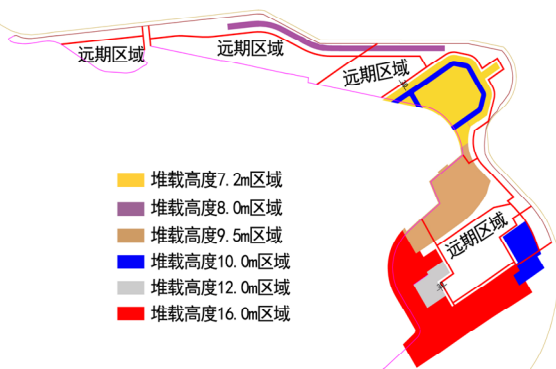


图 4 堆载高度分布图

根据牛言增等人的研究^[2]，采用玻纤土工布造价会节省 6%~10%，因此，围堰设计时考虑两种结构进行对比，方案一为有玻纤土工布方案，堤心采用袋装砂和吹填砂形成，堤身设置 300kN/m 的玻璃纤维经编复合土工布一层或多层，围堰内外侧坡比为 1: 2.0 或 1: 2.5。在围堰外侧 3.0m 高程处设置二级平台，二级平台宽度为 3~25m；内侧 3.0m 高程处设置二级平台，平台宽度 3~15m；部分位置由于淤泥层较厚还需在高程 1.0m、-1.0m 处设置分级平台。方案二为无玻纤土工布方案，堤心采用袋装砂和吹填砂形成，其内外侧同样设置有多级平台，典型结构断面如图 5、6 所示。

二、方案对比

1. 方案提出

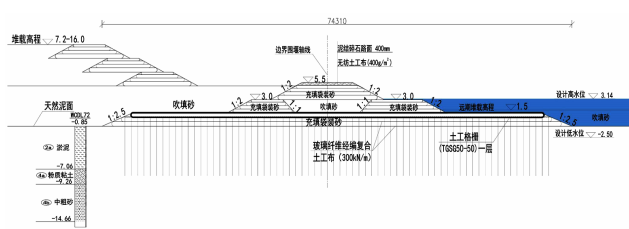


图 5 方案一有玻纤方案

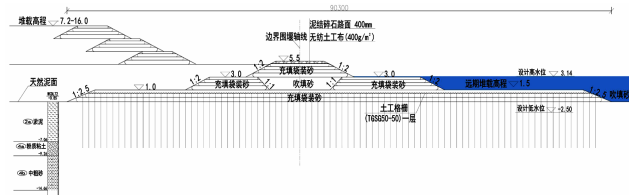


图 6 方案二无玻纤方案

2. 稳定验算

本工程围堰安全等级为三级，结合现场施工要求及造地标高，围堰顶高程取 5.5m，堤顶宽度取 8.0m。

（1）围堰整体稳定计算时，淤泥质土体初始强度取十字板指标，并考虑强度增长，危险滑动面稳定验算应满足下式要求。

$$\gamma_0 M_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_d} (M_{Rk} + \Delta M_{gk})$$

（2）施工期荷载：10kPa。

（3）由于堆载时的标高远大于使用期标高，因此未计算卸载至使用期标高的工况，计算工况如表 2 所示。

表 2 计算工况表

工况	围堰断面两侧水位	
	近期交地侧	远期交地侧
短暂工况 1：施工初期	设计低水位与原泥面取高值	设计低水位与原泥面取高值
短暂工况 2：施工吹填期	吹填高程 5.0m	设计低水位与原泥面取高值
短暂工况 3：远期	吹填上载高程 7.2~16m	设计低水位与原泥面取高值
	计算水位 3.14m	

3. 对比分析

（1）仅围堰本身作对比

方案二不设置玻纤土工布，要保持与方案一结构安全稳定系数大致相同的水平时，两侧肩台会增加，堰体相应扩大，袋装砂编织袋会相应增加。

通过咨询多家产家得知市场上抗拉强度 300kN/m 的玻纤土工布的价格平均价约为 20 元/m²，其他材料根据水运工程定额标准查询得到，两种方案的造价对比见表 3。

表 3 方案一与方案二围堰造价对比表

材料	方案一	方案二	工程量差 方案二-方案一	单价	造价差（万元）
				（元）	方案二-方案一
水上充填袋装砂（m ³ ）	1,071,466.56	1,301,127.43	229,660.87	92.70	2,128.96
陆上充填袋装砂（m ³ ）	862,212.58	1,079,587.98	217,375.40	92.70	2,015.07
吹填外海砂（m ³ ）	807,588.27	961,462.69	153,874.42	59.81	920.32
玻纤土工布（m ² ）	814,522.62	0.00	-814,522.62	20.00	-1,629.05
合计（万元）					3,435.30

从上表可以看出，从造价角度考虑，方案一更经济。

（2）围堰与造地统筹考虑造价对比

通常围堰一侧或两侧有填方造地工程，因此造价对比时，围堰需要与造地（远期交地为 1.5m）统筹考虑，围堰与造地用砂量之和一样，两种方案的主要土工材料充填袋及玻纤土工布用量不同。方案一与方案二造价对比见表 4。从表中可看出两方案造价相当。

表 4 方案一与方案二围堰与造地统筹考虑造价对比表

材料	方案一	方案二	工程量差 方案二-方案一	单价（元）	造价差（万元）
					方案二-方案一
水上充填袋（m ³ ）	1,071,466.56	1,301,127.43	229,660.87	32.89	755.35
陆上充填袋（m ³ ）	862,212.58	1,079,587.98	217,375.40	32.89	714.95
玻纤土工布（m ² ）	814,522.62	0.00	-814,522.62	20.00	-1,629.05
合计（万元）					-15.87

（3）工期对比

方案一较方案二围堰堤体稍小，围堰用砂量较少，围堰施工速度快，能较快形成围堰，能为大范围吹填造地及外围护岸的施工提供有利条件。单从砂量增加角度分析，围堰单延米会增加工期 0.15h（正常情况 2 万方/d），本标段围堰长度约 9km，估计方案一较方案二节省围堰工期约 6 个月，因此，从工期角度分析，采用玻纤土工布占明显优势占优。

（4）其他方面对比

蔡辉等结合连云港 30 万 t 级航道工程配套围堤工程，通

过现场试验,从稳定效果、减少围堤沉降效果、减小水平位移效果等方面,对玻纤土工布与加筋软体排进行了对比分析,结果表明,玻纤土工布均具有明显优势。

从缩短工期,节省造价、降低不均匀沉降量等方面考虑,本工程围堰推荐采用有玻纤方案。

三、玻纤土工布经济性分析

1. 与造地条件的变化

从表 3 与表 4 的对比可知,方案一考虑造地标高后经济性有所降低,表 4 中远期交地为 1.5m,随着远期交地高程的抬高,方案一的经济性将从优势变为劣势。因此,设计过程中应考虑使用者的需求,如交地时序、高程、荷载标准等。

2. 与材料价格的变化

玻纤价格变化幅度较大,报价多在 14~28 元/m²不等,在其他材料价格不变的条件下,玻纤土工布价格对方案的经济性影响较大,因此,方案设计时,需要关注材料供应商的供货运输能力和价格等因素,及时锁定价格区间。

3. 随淤泥深度的变化

方案一、二随着所处区域的软土厚度不同,其断面差异较大。因此,在分析淤泥厚度对两种方案的经济性影响时,要与远期造地统筹考虑,因此,两种方案的经济性比选主要是方案一比方案二增加的玻纤土工布与方案二比方案一增加的充填袋的造价对比。(注:表中单价采用施工单位中标价。)

表 5 各代表钻孔方案一与方案二每延米造价对比表

钻孔号	材料	工程量差	单价 (元)	每延米造价差(元) (方案二-方案一)	合计 (元)	淤泥厚度 (m)
		(m ³ 或 m ²) (方案二-方案一)				
BJ03	充填袋	0.00	33.4	0.00	-433.97	0.60
	玻纤	-47.9	9.06	-433.97		
WC DL06	充填袋	8.07	33.4	269.54	-178.03	1.00
	玻纤	-49.40	9.06	-447.56		
WC DL12	充填袋	9.00	33.4	300.60	-93.51	1.50
	玻纤	-43.50	9.06	-394.11		

(上接第 116 页) K1+935 滑面在各工况下均处于稳定状态。此外,桩板墙处治方案既不影响既有治超站场地且滑坡体安全风险较低,可确保项目运营安全。

参考文献

- [1] 张杰豪,胡新丽,徐楚等.基于物理模型试验的多层滑带堆积层滑坡抗滑桩受力特征[J].地质科技通报,2021,40(4):171-178.
- [2] 曾文辉.抗滑桩在滑坡治理中的应用分析[J].工程技术研究,2019,4(8):62-63.
- [3] 蒋楚生,邹川,黄献璋等.锚索与桩共同加固边(滑)坡的设计方法探讨[J].铁道工程学报,2017,12:6-8.

续表 5

钻孔号	材料	工程量差	单价 (元)	每延米造价差(元) (方案二-方案一)	合计 (元)	淤泥厚度 (m)
		(m ³ 或 m ²) (方案二-方案一)				
WC DL11	充填袋	15.00	33.4	501.00	22.63	1.96
	玻纤	-52.80	9.06	-478.37		
JZ199	充填袋	20.80	33.4	694.72	109.44	3.53
	玻纤	-64.60	9.06	-585.28		
WC DL35	充填袋	21.00	33.4	701.40	253.84	4.00
	玻纤	-49.40	9.06	-447.56		
DJ1-23	充填袋	60.00	33.4	2,004.00	1,014.65	6.00
	玻纤	-109.20	9.06	-989.35		

随着淤泥厚度变大,围堰采用玻纤方案占优,需要注意的是,垫层平整度要有保证,这样玻纤土工布可以同步变形,从而同步工作,起到加筋效果。

四、结语

1.围堰结构方案比选不仅要比选其本身技术经济性,还应结合造地方案统筹考虑。

2.可根据造地条件、材料价格、软土厚度、荷载限制条件等对玻纤的布置进行优化设计。

3.玻纤土工布的应用不仅要考虑从结构经济方面考虑,还应考虑使用者的需求(如交地时序、高程、荷载标准等)、材料供应商的供货运输能力和价格等因素,文中为玻纤土工布在造地工程围堰结构中的应用提供参考。

参考文献

- [1] 范开翼,杜伟.玻纤复合土工布充填袋施工技术[J].中国水运(下半月),2015,15(6):308-310.
- [2] 牛言增,吴春艳.玻璃纤维经编复合土工布在斜坡式防波堤中的应用[J].中国水运(下半月),2017,17(2):128-129.
- [3] 蔡辉,李增勇,沈雪松等.玻璃纤维经编复合土工布加筋层在连云港淤泥地基筑堤的应用[J].中国港湾建设,2016,36(9):17-21.

- [4] 年廷凯,徐海洋,刘红帅.抗滑桩加固边坡三维数值分析中的几个问题[J].岩土力学,2012,33(8):2521-2526+2535.
- [5] 陈源海.孔隙水压力对抗滑桩加固边坡稳定性影响分析[J].东北水利水电,2021,39(9):22-25+71.
- [6] 白凯文,解惠.基于滑坡位移特征的抗滑桩桩位优化研究[J].工程技术研究,2021,6(20):217-219.
- [7] 魏少伟,隋颜阳,杨建民.圆形与矩形截面抗滑桩抗滑性状的模型试验研究[J].岩土力学,2019,(3):951-961.
- [8] 公路路基设计规范:JTG D30—2015[S].北京:人民交通出版社,2015.