



T 型地下连续墙结构在深水码头中的应用

孙新鹏, 张 飞

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 通过理论计算与技术经济比较, 推出 T 型地连墙结构, 并将其成功应用于深水码头工程中。T 型结构较常规矩形地连墙具有刚度大、位移小、抗弯能力强、造价较低等特点, 应用前景广阔。

关键词: T 型地下连续墙; 结构特点; 计算参数选取; 经济性比较

中图分类号: U 655.54⁺4.6

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2015)10-0063-04

Application of T-type underground continuous wall in deep water wharf

SUN Xin-peng, ZHANG Fei

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Based on the theoretical calculations and by the economic and technical analysis, the T-type underground continuous wall was proposed and applied successfully to the deep water wharf. Comparing to the conventional rectangular continuous wall, the T-type continuous wall has the characteristics of high stiffness, small displacement, high flexural capacity and low cost, which has a broad prospect in application.

Keywords: T-type underground continuous wall; structural characteristics; selection of calculation parameter; economical comparison

传统矩形地连墙结构在国内工程实例较多, 尤以京唐港区已建成的多个大型地连墙码头为代表。设计过程中不断优化, 遮帘式及半遮帘式结构成功应用, 并已写入规范^[1]。

本文介绍的 T 型地连墙结构是对传统矩形地连墙优化而得到的一种结构, 同样适用于采用干地施工的挖入式港池, 形成大吨级码头直立岸壁。与常规矩形地连墙结构相比, T 型地连墙具有独特的自身优势, 并已成功应用于工程实践中。

本文以某 T 型地连墙码头工程为背景材料, 说明其设计过程及结构特点。

1 工程概况^[2]

1.1 方案简述

本工程建设 4 个通用杂货泊位, 其中 5 万吨

级通用泊位 2 个, 3 万吨级通用泊位 2 个 (水工结构按照 5 万吨级设计), 前沿水深 -13.5 m。码头年设计通过能力 602 万 t。

1) 水工推荐方案 (图 1a)): 码头主体采用单锚板桩结构, 前墙采用 T 形地下连续墙结构, 前墙底高程为 -32.0 m, 前墙顶高程为 0.0 m。码头前沿线向后 44.3 m 设锚碇结构, 锚碇结构由锚碇墙和帽梁组成, 锚碇墙采用间断布置, 单片锚碇墙宽度为 4.1 m, 锚碇墙间距 4.5 m。

系船柱对应位置地连墙设 6 根 $\phi 80$ mm 钢拉杆, 拉杆间距 1.4 m, 其余位置布置 $\phi 75$ mm 钢拉杆, 拉杆间距 1.7 m。

2) 水工比选方案 (图 1b)): 码头主体采用地连墙结构, 地连墙采用矩形结构形式, 前墙厚度

收稿日期: 2015-02-16

作者简介: 孙新鹏 (1983—), 男, 工程师, 从事港口水工结构设计。

1.4 m，墙底高程为-32.0 m，墙顶高程为0.0 m。地连墙后设直径 1 200 mm 灌注桩，间距 6.0 m，桩底高程-38.0 m，桩顶高程 0.0 m，桩顶设桩帽，桩帽上部搭有简支块体，门机前轨荷载由简支块体传递给灌注桩及前墙。

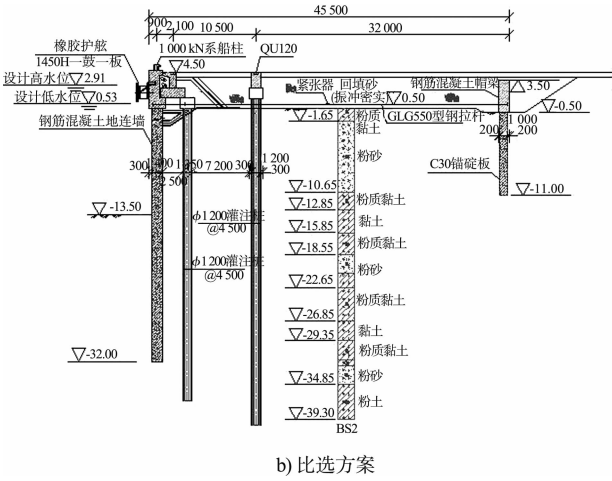
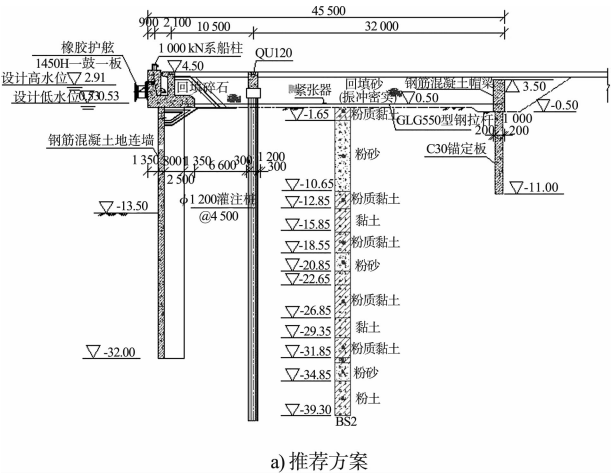


图 1 码头剖面 (高程: m, 尺寸: mm, 下同)

1.2 工程地质条件

工程区域土体物理力学指标见表 1。

1.3 波浪水文条件

码头前沿设计波浪要素 $H_{1\%} = 2.25\text{ m}$ ， $T = 8.1\text{ s}$ 。

表 1 土体物理力学指标

土层编号	名称	快剪指标		固快指标		三轴试验有效应力	
		粘聚力/kN	摩擦角/(°)	粘聚力/kN	摩擦角/(°)	粘聚力/kN	摩擦角/(°)
	回填砂		28.0		28.0		28.0
① ₃	粉质黏土	13.50	25.1	20.3	27.3	29.8	29.9
① ₄	粉砂		28.9		28.9		28.9
② ₁	粉质黏土	32.00	22.5	26.4	26.0	41.5	29.2
	黏土夹层	24.30	1.3	28.0	17.3	25.0	26.0
② ₁	粉质黏土	32.00	22.5	26.4	26.0	41.5	29.2
② ₂	粉砂		29.1		29.1		29.1
	粉土夹层		28.0		28.0	25.0	30.3
② ₃	粉质黏土	25.80	14.3	25.4	21.9	34.5	29.1
	黏土夹层	49.70	5.2	32.0	17.2	22.0	26.2
③ ₁	粉质黏土	27.00	11.4	30.4	21.6	39.1	29.5
④ ₂	粉土	17.00	25.2	23.0	28.5		
④ ₁	粉砂		29.1		29.1		

2 结构特点

相对于矩形地连墙，T 型地连墙结构刚度大、抗弯能力强。相同条件下，混凝土用量较省、钢材用量少。相同截面积条件下，T 型结构受力方向上的面积矩更大。本工程 T 型截面尺寸见图 2a)，截面积 5.6 m²，截面受力方向惯性矩 4.734 m⁴；比选方案矩形地连墙截面尺寸见图 2b)，截面积 6.3 m²，截面惯性矩 1.029 m⁴。T 型结构在截面积

略小情况下，实现截面惯性矩提高 4.6 倍。

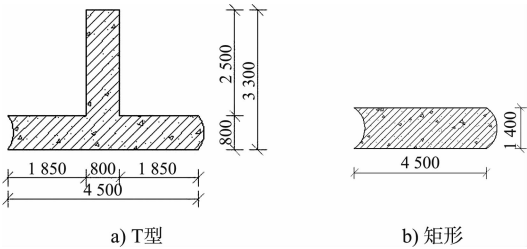


图 2 地连墙截面

常规矩形地连墙码头, 门机前轨作用位置与地连墙形心偏心较大, 使作用于地连墙与胸墙连接位置弯矩值较大, 结构难以承受, 因而常规做法在码头门机前轨下单独设置灌注桩基础, 以承受门机前轨的竖向力作用。T 型结构腹板高度大, 可涵盖至前轨范围, 完全可以实现前轨作用位置与结构形心在同一直线, 因而不需单独设置灌注桩基础, 节省工期及造价。地连墙上部结构见图 3。

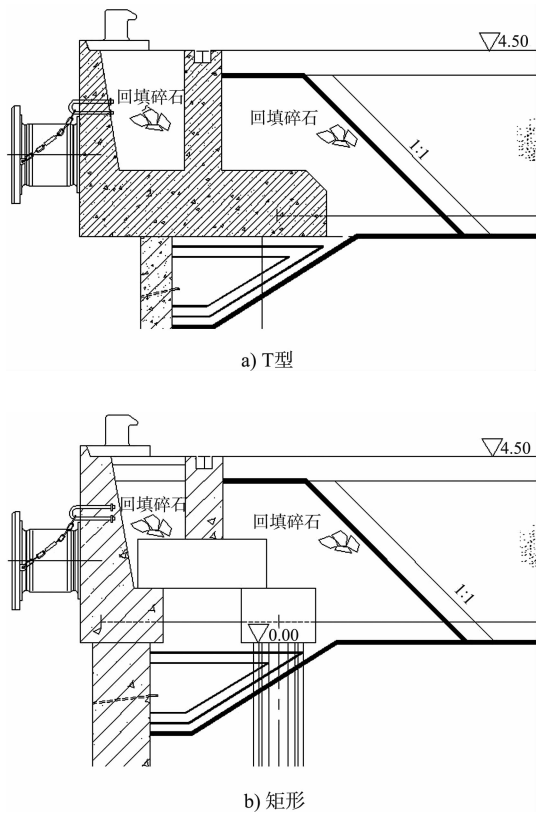


图 3 地连墙上部结构

2 种方案的技术、经济比较见表 2。

表 2 结构方案经济、技术比较			
结构方案	优点	缺点	水工造价/(万元·延米 ⁻¹)
T 型地连墙	混凝土用量较矩形地连墙少, 造价较省, 截面横向刚度较大, 承受弯矩能力较强	T 形地连墙结构开槽困难、施工难度较大, 施工质量控制有一定难度	28.59
矩形地连墙	矩形地连墙开槽较 T 型地连墙方便, 前墙壁较 T 型地连墙厚, 耐久性较。	相对于 T 型地连墙, 后方增加了一排灌注桩, 增加了混凝土用量	31.61

3 计算

3.1 土体物理力学指标的取用

板桩规范^[3]和地连墙规范^[4]规定, “当前墙后地基土固结程度较高时, 可采用固结快剪指标; 当固结程度不高时, 宜适当考虑未固结因素影响。黏性填料指标可通过试验确定。”

地连墙海侧土体, 由于港池为后开挖, 表层松散状粉砂及软塑夹层已挖除, 开挖后下层土体处于超固结状态, 因而地连墙前被动土压力采用固结快剪指标; 港池开挖后, 重新对底高程 20 m 以下土体进行了液化判别, 判别结果为不液化。

墙后主动压力考虑地面均载作用时地基土固结速率较慢, 采用三轴有效剪应力指标。土体 m 值参照板桩规范^[3]附录 A 选用。

3.2 拉杆参数的选取

由于拉杆采用分段不等间距布置, 系船柱位置 $\phi 80@1\,400$, 其余位置 $\phi 75@1\,700$, 按照等截面积折算, 单块地连墙范围内 (4.5 m 宽) 等效直径分别为 13.85 cm 和 12.99 cm。钢拉杆选用 GLG550 型号, 抗拉强度设计值 550 MPa。

3.3 计算工况

工况 1: 自重 + 填料土压力 + 波吸力 (使用期) + 均载土压力;

工况 2: 自重 + 填料土压力 + 波吸力 (允许靠泊) + 均载土压力 + 系缆力;

工况 3: 自重 + 填料土压力 + 波吸力 (允许靠泊) + 均载土压力 + 撞击力。

3.4 前墙内力计算结果

前墙内力计算结果见表 3。图 4 为前墙弯矩包络。

表 3 前墙内力计算结果					
结构	泥面上最大弯矩/(kN·m)	泥面下最大弯矩/(kN·m)	拉杆拉力/kN	锚着点位移/mm	反弯点位置距泥面下距离/m
T 型前墙	12 800	13 500	3 032	48.6	2.4
矩形前墙	12 900	11 400	3 040	48.7	2.6

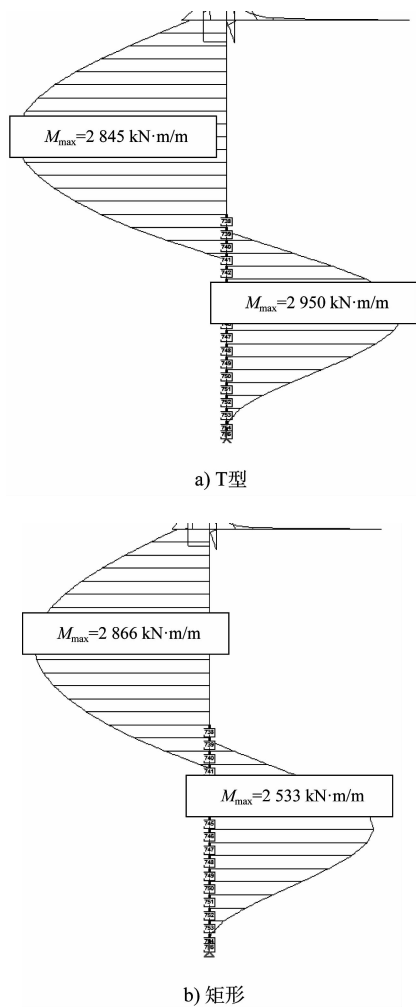


图 4 前墙弯矩包络

4 结语

- 1) T 型地连墙由于刚度大, 使用期墙身正负弯矩均较大, 对于常规海相沉积地层往往出现泥面以下最大弯矩值略大于泥面以上最大弯矩值。
- 2) 拉杆拉力较大, 锚着点的位移较小, 较易控制在规范规定的 50 mm 以内。施工 1 a 后, 码头正常作业, 现场实测位移值小于 10 mm, 前墙几乎无变位。

- 3) 由于前墙入土深度计算与墙体刚度无关, 实际墙体受力变形后, 对于大刚度前墙, 墙前被动土压力性质及分布可能发生变化, 需进一步深入研究。
- 4) 拉杆截面刚度的取用对计算结果的影响较为敏感, 对于本工程 80 mm 和 75 mm 拉杆, 对前墙结构内力值影响泥面上和泥面下分别减小和增加约 5%。
- 5) 前墙底端支座类型对计算结果的影响, 按常规小刚度地连墙经验, 底端取用自由端和铰支座对于前墙内力影响不大, 对于 T 型结构, 底端支座属性对前墙内力影响较大, 分析认为较经济的前墙入土深度往往达不到理想嵌固效果, 即允许墙底出现少量位移。
- 6) 在相同使用荷载要求下, T 型结构较常规矩形结构节省投资约 10% (仅工程费用), 市场推广前景较好。目前该码头已投产使用, 业主反映使用状况良好, 码头各项监测指标均达到设计要求。

参考文献:

[1] 王成环. 唐山港京唐港区地连墙码头结构研究与应用[J]. 港工技术, 2005(12): 25-26.

[2] 中交水运规划设计院有限公司. 唐山港曹妃甸港区文丰通用杂货泊位工程初步设计[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2013.

[3] JTS 167-3—2009 板桩码头设计与施工规范[S].

[4] JTJ 303—2003 港口工程地下连续墙结构设计与施工规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)

著作权授权声明

全体著作权人同意: 论文将提交《水运工程》期刊发表, 一经录用, 本论文数字化复制权、发行权、汇编权及信息网络传播权将转让予《水运工程》期刊编辑部。