

预制插板在青岛港老码头改造中的应用

柴信众

(中交第一航务工程勘察设计院, 天津 300222)

摘要:在青岛港老码头改造中, 采用了预制插板技术。结合不同泊位的设计, 对预制插板方案在设计计算、构造等方面进行了经验总结。

关键词:青岛港; 预制插板; 老码头; 改造设计

中图分类号: U656.108

文献标识码: B

文章编号: 1004-9592(2003)03-0017-03

青岛港老港区有 14 个泊位建于 20 世纪初, 码头结构型式为木桩高承台结构。由于缺少维护, 年久失修, 导致码头漏砂、地面塌陷, 损坏严重。1958 年, 采用在原码头木桩中间灌注水下混凝土的方法对所有的码头进行了加固。30 年后, 码头状况再度恶化。1990 年进行了改造规划, 1991 年对破损严重的 16 号泊位进行了改造。1993 年 9 月, 4 号泊位部分岸线倒塌, 随后进行了修复, 此后陆续对 5 号以及 12~15 号泊位进行了改造。

由于历史原因, 青岛港老港水域狭窄, 港池宽度小, 改造后新码头不能侵占较多水域。4 号泊位位于港池以外, 经与港方研究, 新码头前沿线外移 7.0 m, 其余泊位只能外移 6.0 m。为避免影响港内其它泊位的正常作业, 施工中不允许动用大型施工船舶, 以免占用水域影响生产; 同时陆上用于改造施工的场地也很狭窄。以上条件的限制, 给改造设计带来很大难度。到目前为止, 已经陆续完成了 8 个泊位的改造, 全部采用预制插板方案, 根据每个泊位的具体特点, 其结构方案略有不同。本文对预制插板方案的设计和在码头改造中具体问题的处理进行了总结。

1 地质资料

老港区各泊位土层分布基本相同, 主要土层分布如下:

①人工素填土层: 该层仅在原码头后方存在, 由中粗砂及少量细砂、砾砂及小碎石组成, 结构松散, 密实性差。②淤泥层: 该层分布普遍, 位于海底表面或上部, 结构松软, 压缩性大, 强度低。③淤泥质亚粘土: 该层仅在原码头后方存在, 位于人工素填土层之

下, 结构松软, 压缩性中等。④中细砂层: 该层分布普遍, 位于淤泥或淤泥质亚粘土层之下, 结构松散, 密实性差。⑤亚粘土层: 该层分布普遍, 位于中细砂层之下, 结构一般较密实, 压缩性中等, 具有一定强度, 工程性质尚好。⑥中粗砂混粘土层: 该层分布普遍, 位于亚粘土层之下, 半粘结状, 结构较密实, 压缩性中等, 具有一定强度, 工程性质较好。⑦粘土层: 该层局部存在, 位于中粗砂混粘土层之下, 基岩强风化层之上, 结构较密实, 压缩性中等, 工程性质较好。⑧强风化岩: 该层分布普遍, 位于中粗砂混粘土层或粘土层之下, 为中粗砂花岗岩, 风化剧烈, 大部分矿物质已风化变质。

表 1 土壤主要物理力学指标统计表

层次	土名	含水量 ω (%)	γ / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	液性 指数 I_L	快剪		固结快剪	
					φ / ($^\circ$)	C / kPa	φ / ($^\circ$)	C / kPa
③	淤泥质亚粘土	30.2	19.0	1.05	9.0	17.5	21.8	13.9
⑤	亚粘土	23.2	20.1	0.54	10.0	27.9	20.8	30.3
⑥	中粗砂混粘土	19.3	19.4		34.6	16.5		

2 方案选定

原码头为木桩高承台结构, 木桩直径 400 mm, 间距 1 000 mm(图 1), 码头顶面高程 6.2 m, 码头为 1:4 的倾斜岸壁。改造后, 码头岸壁为直立式, 水深加深, 部分泊位需要增设门机。改造后 4 号泊位断面见图 2。

由于改造后码头前沿线最多外移 6~7 m, 而原码头岸壁又有 1:4 的坡度, 在泥面下, 原码头前板桩桩尖距新的码头前沿线仅有 3.0 m 左右, 难以适应重力式码头的要求; 原码头木桩间距较密, 纵、横向间距均为 1 000 mm, 在原码头上施打混凝土方桩

收稿日期: 2003-05-23

困难较大,在4号泊位施工中曾经开挖过一段,证实了以上问题的存在,因此,采用高桩方案也有较大难度。在此情况下,板桩类方案则体现出较大的优越性,考虑到打桩船占用水域大,对周围泊位的运营有影响,加上打桩的振动对原码头的安全也有一定影

响,拟采用地连墙方案。又因施工场地狭小,砂石料堆存场地及钢筋加工场地狭小,港内运输繁忙,相互干扰较大,综合考虑,最终确定采用预制插板方案,该方案具有结构简单,侵占水域少,占用施工场地小,不需要大型施工船舶,工期短,造价低等优点。

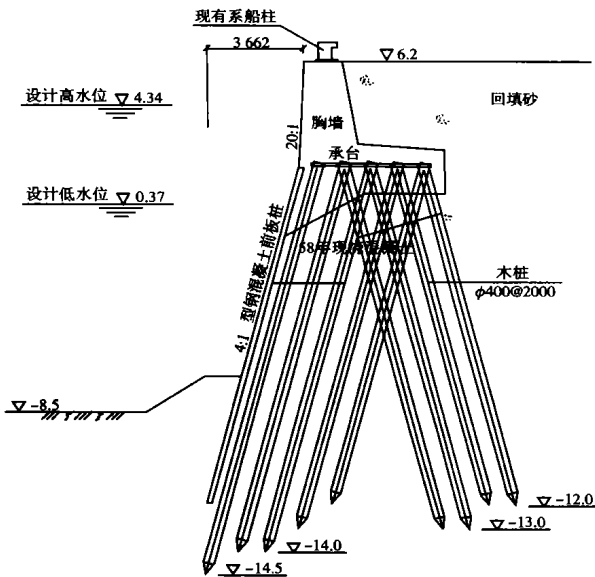


图 1 老码头结构型式图

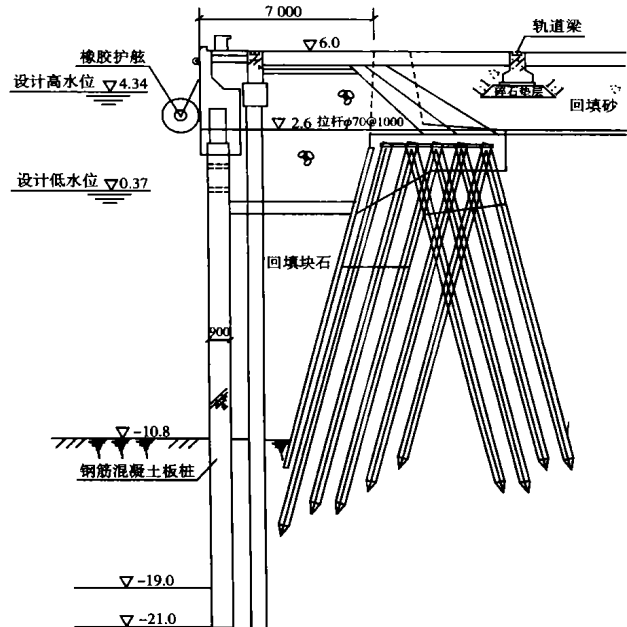


图 2 改造后 4 号泊位断面

3 结构设计

插板码头设计与板桩码头设计基本相同,计算方法根据插板刚度的大小采用弹性线法或“m”法。万吨级泊位的插板厚度大,一般采用“m”法进行设计计算。根据施工工艺要求,在结构设计中,插板构造设计与板桩码头和地连墙码头又有所不同。

对于青岛港的码头改造,墙后土压力的计算与常规计算也不同之处。

3.1 墙后土压力的计算

原码头岸壁有 1:4 的斜坡,前沿线外移 6~7 m 后,插板与原码头之间的填料为一楔形体(见图 3)。尽管高宽比较大,但采用高平行墙间的土压力进行计算是不合理的,且平行墙间的宽度难以界定。图中 OA 为主动破裂面,如果后方没有原码头岸壁的话,则填料的破裂面就是 OA,但现在后方有一光滑斜面,因此土体可能不会沿 OA 面滑动,而是沿 OBC 面滑动,因为 BC 面的摩擦角约是 $\varphi/2$,OA 面的摩擦角则为 φ 。作用于插板上的土压力实际上是由 OBCD 楔形体产生的土压力,为此不能采用一般土压力公式进行计算,而需将该楔形体作为隔离体取出,近似按力的平衡原理进行计算,得出作用于插板上的土压力,按三角形分布考虑。

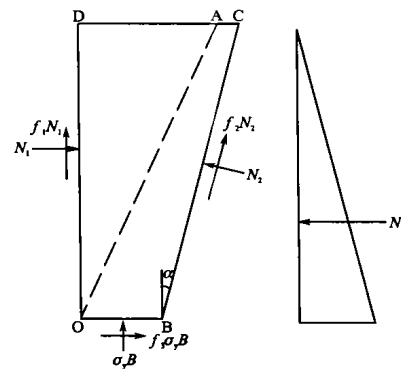


图 3 楔形体计算模型

3.2 原地基强度的恢复

插板与板桩和现浇地连墙的施工不同。首先下护筒,在土中成槽,槽宽比插板略宽,以利沉放。与现浇地连墙相同,成槽时须用泥浆护壁,泥浆稠度根据土质情况进行调整,泥浆面要高于护筒外侧水位,以防塌孔。沉放后部分泥浆被挤出,但在插板与土体的缝隙中还残留有泥浆,因此要通过插板两侧的结合腔,采用竖管压力灌注水泥砂浆,使其充填插板与土体间的缝隙,恢复原地基的强度。

3.3 插板刚度与弯矩折减系数的关系

4 号泊位插板厚度为 900 mm,刚度较大,计算

中采用“m”法。根据规范规定,按锚点无位移计算出的弯矩要折减 0.7~0.8;由于采用 SuperSAP 软件进行计算,可以很方便地对锚点按给定位移进行计算,给定不同位移计算出的插板弯矩如表 2。

表 2 锚点位移与插板弯矩的关系

位移/cm	0	4	5	6	7	8
弯矩/kN·m	1 661	1 478	1 433	1 389	1 346	1 302
位移/cm	9	10	11	12	15	
弯矩/kN·m	1 259	1 217	1 176	1 135	1 015	

从表 2 中可以看出,如果弯矩折减 0.7 后,相应的位移已经达到 110~120 mm,而实际中锚点的位移在 40~50 mm(4 号泊位竣工后的位移观测结果为 50 mm)。因此,在插板刚度较大时折减系数采用 0.7~0.8 有些不合适,建议在计算中考虑锚点位移进行内力计算;若不考虑锚点位移,则当插板厚度较大时,折减系数取 0.9 为宜。此外,锚点位移后,插板正弯矩减小,泥面以下负弯矩则有增大的趋势,从图 4 中可以看出,锚点位移 40 mm,泥面以下负弯矩增大近 1 倍,设计中对此应有足够的重视。

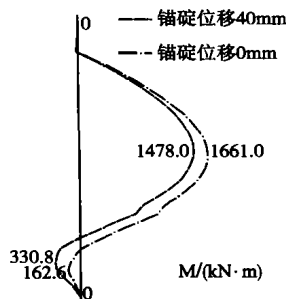


图 4 锚碇位移与弯矩关系

3.4 插板构造设计

插板的单块重量由施工现场的起重能力确定,根据施工工艺的要求,为控制插板施工质量,插板顶须高出泥浆面,这样插板顶往往高于拉杆高程,为方便拉杆施工,插板顶部需改变宽度。插板两侧全部留有阴榫,便于用竖管压浆。插板的起吊和安放采用吊环,水平吊运设置 4 个吊环,垂直吊立时在插板顶部设置 2 个吊环。

3.5 胸墙设计

插板一般厚度大,且顶高程较高,如果起重量可以满足的话,插板最好预制得长一些,导梁和帽梁分别设置,在有护舷的位置作局部处理。一般情况下,建议采用“L”型胸墙,其优点是混凝土数量少,系船柱块体、上水栓井、门机接电箱等码头设备基础的设计,施工均很方便,见图 5。

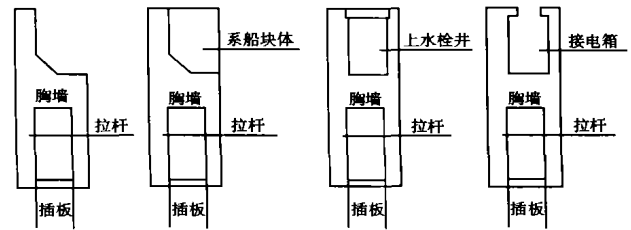


图 5 胸墙示意

3.6 二次改造中拉杆的连接问题

在 12~15 号泊位改造过程中,为解决改造泊位较多与改造资金紧张的矛盾,码头改造分两步进行。改造的最终方案采用插板方案,一期工程采用钢导梁、拉杆和锚碇板对原码头胸墙进行加固,其中拉杆和锚碇板在二期工程中继续使用。经计算和调整,一期工程的拉杆间距 2 m,二期工程为 1 m,锚碇板上预留拉杆孔。二期工程施工时再穿新拉杆。

一期工程的拉杆如何加长是一个关键问题。钢构件的连接多采用焊接和预留接口,但拉杆直径较大,现场焊接,难以保证质量,预留接口可能由于锈蚀无法连接。由于拉杆要穿过胸墙固定在钢导梁上,整根拉杆采用两毡三油的方法防腐较为困难。结合这个问题,提出拉杆置换的方案,即将拉杆用两个铰分成三节,第二、三节采用两毡三油的方法进行防腐,第一节穿过胸墙,只能喷涂防腐涂料,防腐时间较短。在二期改造时,由于码头前沿线外移,第一节拉杆较一期工程第一节拉杆长,此时将一期工程拉杆上的第一节也用新的第一节置换,再进行两毡三油防腐处理,圆满地解决了这一问题。

3.7 地基承载力问题

对板桩码头,由于板桩不承受垂直荷载,因此不必验算地基承载力,对插板码头,使用期可不验算地基承载力,但施工期由于是开槽放入插板,对地基承载力还是有要求的,即插板放入后不能产生自沉。在 5 号码头某泊位的施工中,由于插板设计底高程下有一软弱夹层,承载力不足,插板安放后,产生自沉。因此,在选择确定插板高程时应予以注意。

目前青岛大部分老码头已经改造完毕,去年又改造完成一个 50 000 t 级泊位。实践证明,在老码头改造,特别是在水域紧张,岸线外移受到限制的情况下,采用插板方案建造万吨级码头是可行的。同时,对于分期实施的项目,拉杆的置换方案为今后类似工程的处理提供了一个新的思路。