

天津港高桩码头岸坡变形规律研究

田双珠, 张 勇, 李越松

(交通部天津水运工程科学研究所, 天津 300456)

摘 要: 近几年天津港突堤转角处的高桩码头岸坡变形比较明显, 岸坡变形导致了码头后方接岸结构出现明显的错位、变形等破坏情况, 严重影响了码头结构安全。通过对转角处岸坡土体以及接岸结构变形的原型观测, 探求岸坡变形规律及主导因素。

关键词: 岸坡变形; 高桩码头; 原型观测

中图分类号: U 656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005 - 8443(2006)03 - 0180 - 05

天津港是我国北方第一大港, 港口的平面布置型式为突堤式, 大多数为满堂式高桩码头, 岸坡与码头通过接岸结构相连。近几年调查发现多个码头靠近接岸结构的后承台构件出现了很明显的错位, 而且这些错位呈现逐年增大的趋势。比较严重的为靠近后方挡土墙的基桩与简支横梁出现较大的偏位(最高达 15 cm), 使得横梁的搭接长度大大缩小, 局部压应力过大使得很多桩帽发生了劈裂; 有的横梁因轴向力太大已被挤拱, 搭接点已离开桩帽出现了悬空现象。2005 年 3 月个别后方承台面板因横梁和面板相对错动过大导致搭接长度过小而产生了塌陷现象, 严重威胁到码头的安全生产。经过对现场的勘察分析, 不难看出产生这种现象的原因是岸坡变形。本文通过对天津港某典型码头岸坡进行原型观测来探求该岸坡变形的规律, 从而为岸坡变形的治理和新建码头的设计提供参考。国内在该方面的研究比较少, 大多停留在定性分析和简化数学模型计算层面上, 有价值的实测数据非常缺乏。

1 码头概况

该码头前方承台为无梁板柔性桩台结构, 由面板、桩帽、桩、靠船构件等构成, 各构件安装就位后均采用现浇钢筋混凝土节点接缝使其形成连续结构。后方承台为简支梁板结构, 面板为预应力板, 横梁为非预应力梁。排架间距为 3.5 m, 桩距 3.2 m。码头标准结构段

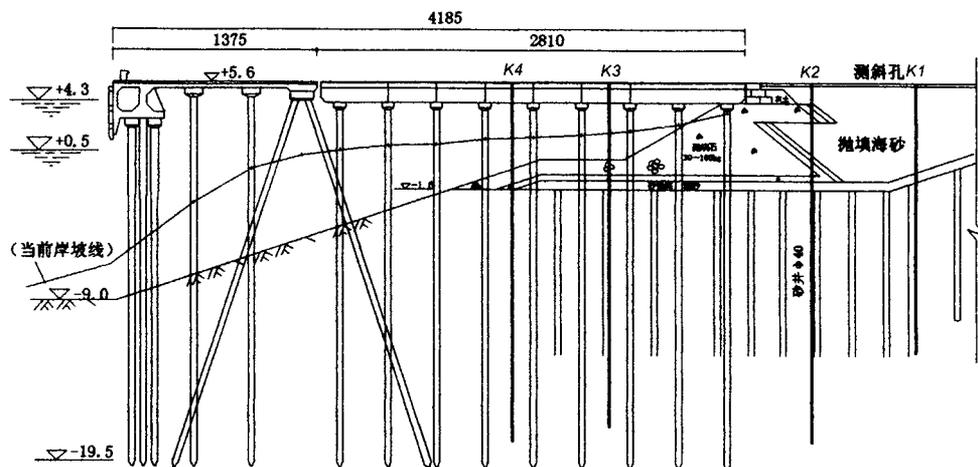


图 1 码头断面图

Fig.1 Diagram of wharf section

长 62 m, 共 18 个排架, 排架间距为 3.5 m。码头断面如图 1 示。

收稿日期: 2006 - 02 - 13; 修回日期: 2006 - 03 - 19

作者简介: 田双珠(1956 -), 男, 河北保定人, 教授级高工, 主要从事港口结构研究。

Biography: TIAN Shuang-zhu(1956 -), male, professorial senior engineer.

2 原型观测设计

2.1 观测目的

(1) 确定岸坡土体位移方向以及位移变化最大的土层; (2) 考察岸坡土体位移随深度变化的规律; (3) 考察岸坡变形与码头接岸结构变形的协调关系。

2.2 观测内容

(1) 岸坡内部土体的水平及沉降位移; (2) 挡土墙后方场地地面以及码头面(以下简称“地表”)的水平及沉降位移; (3) 靠近挡土墙的桩端部倾斜度测量。

2.3 观测方法

观测断面选在突堤根部靠近转角处, 垂直于码头前沿线。该区域的码头后方承台结构的桩、梁错位非常严重, 该观测断面具有典型的代表性。此区域为拐弯车道, 大型流动机械作业非常频繁, 地面承受较大的垂直和水平荷载。在观测断面上, 挡土墙前后分别布设 2 个测孔, 在各孔口旁还布设了地表位移观测点, 测点布置如图 2 示, 其中 K1, K2, K3 和 K4 为测孔编号, T1, T2, T3 和 T4 为地表水平位移及沉降测点编号。

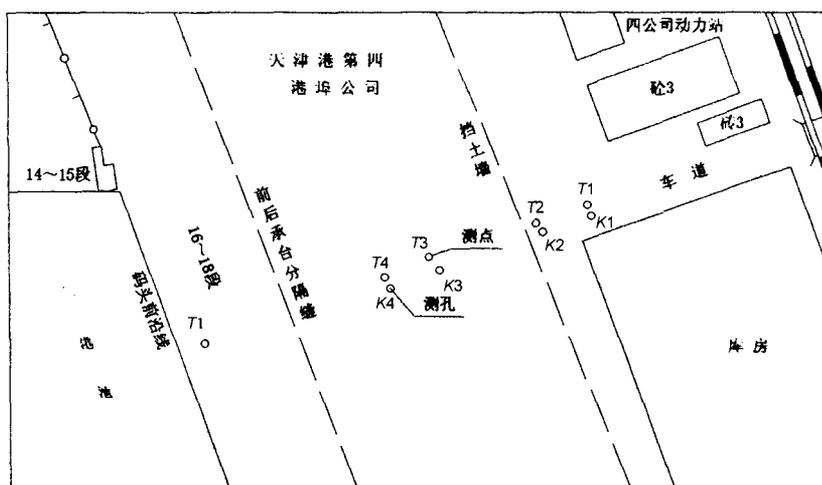


图 2 测孔及测点布置图

Fig. 2 Positions of surveying holes and points

2.3.1 岸坡内部土体位移观测

岸坡内部土体水平位移观测的主要仪器是测斜仪, 测量精度为 0.1 mm。一般情况下天津港地区 - 10 m 以上的土称为浅层土, - 10 m 以下称为深层土体, 浅层土相对软弱容易发生变形, 故将测斜导管底标高设至 - 15 m。因为挡土墙前的 K3 和 K4 孔的测斜管需穿过抛石棱体, 为了保护测斜管在其外加了钢护管, 钢护管底打至穿过抛石层 1 m 深度。钢护管的另外一个作用是保护码头下透空段测斜管不被漂浮物撞断。测斜管直径 70 mm, 每小段长 2 m, 小段间通过塑料套箍连接至所需要的长度。在 K1 和 K2 孔测斜管外安装了磁性沉降环, 以观测岸坡内部土体的沉降位移。由于测斜管外钢护管的存在, 测斜管已不能协同土体变形, 所测出的水平位移并不能真实地反映土体的水平位移, 所以在测量数据处理时, 应将有关钢护管段的数据舍弃不用。观测频率为每月 1 次, 观测期为 1 a, 如遇异常情况加密观测。为了解岸坡土体性质及分布状况, 在钻测斜管孔时保留了土样用于地质勘察分析。

2.3.2 地表位移观测

地表位移观测包括水平位移观测和沉降观测, 依托天津港区基础控制网, 进行二等水准测量。T1 和 T2 两点在挡土墙后方地面上, T3 和 T4 两测点在后方承台码头面上, 每次测量时的潮位相同, 以减小潮位变化对位移测量值的干扰。每月 1 次, 观测期为 1 a, 如遇异常情况加密观测。地表位移观测所用仪器主要有: 拓普康 GTS-602 电子全站仪、德国 Ni002 自动安平式水准仪及钢瓦水准标尺、日本 SHARPPC-E500s 电子手簿等。

为了保证测量的精确度, 各次测量时选择相同的潮水位, 以减小潮位变化对土体位移测量值的干扰; 另外测量时要求仪器固定、人员固定、作业方法固定, 严格遵守仪器操作规程, 最大程度地减小误差。

2.3.3 桩端倾斜位移观测

为了解桩的位移情况, 对桩端部的倾斜度进行了监测。桩端倾斜测量也由测斜仪完成, 虽然该仪器不是测量桩倾斜的专用仪器, 但它的传感器元件的灵敏度非常高, 如果把测点做牢固精确, 保证各次测量时测斜仪稳定统一, 也可以得到比较准确的测量结果。具体做法是在桩端部做两个不锈钢带槽测点(间隔 0.5 m), 开槽的目的是将测斜仪测头的两个滑轮位置固定。测量时把测斜仪的两个滑轮靠到测点上, 滑轮卡到槽中



以保证测尺的方向,待测斜仪数字稳定后再读数,把每次测量数值同第一次相减即可得到桩相对第一次测量的倾斜位移,即桩端倾斜度的变化值。经初步测算可以达到 1 mm/m 的精度,即可以测出桩 $1/1\ 000$ 的倾斜。虽然该方法为非标方法,且所测出的桩端倾斜位移并不能代表整个桩身的倾斜位移,但它至少说明了桩倾斜位移的存在和变化速度,为判定岸坡土体位移对接岸结构的影响提供有力的证据

3 观测结果

3.1 地质勘察结果

观测断面的地质勘察结果为:1-1层杂填土,表层为约 300 mm 水泥路面,下部以碎石和灰渣为主。主要分布在1-2#孔,厚度 $0.90\sim 3.80\text{ m}$;1层为素填土,1#和2#孔以工程砂为主,3#和4#孔以粘土为主;2层淤泥质粉质粘土,灰色,流塑,高压缩性,稍有光滑,中等干强度,中等韧性,土质不均,含有机质及贝壳,厚度 $2.20\sim 3.80\text{ m}$;3层淤泥质粘土,灰色,流塑,高压缩性,光滑,高干强度,高韧性,含有机质,夹淤泥质粉质粘土,土质不均,厚度 $6.80\sim 7.60\text{ m}$;4层粉质粘土,灰色,流塑,中压缩性,稍有光滑,中等韧性,中等干强度,含大量贝壳,厚度 $0.50\sim 1.50\text{ m}$;5层粉质粘土,灰色,软塑,中压缩性,稍有光滑,中等干强度,中等韧性,夹粉土层,含少量有机质及碎贝壳,厚度 $3.20\sim 3.60\text{ m}$;6层粉质粘土,灰黄色,可塑,中压缩性,稍有光滑,中等干强度,中等韧性,锈染,含少量贝壳。

3.2 岸坡内部土体位移观测成果

用现场观测数据绘出顺坡方向岸坡内部土体水平位移曲线(图3),有的曲线因明显异常已经被剔除。数据曲线命名由5位数组成,前1位表示年份,2~3位表示月,4~5位表示日,如“40613”表示2004年6月13日测量的曲线。图中将2004年8月10日的位移设为初始位移,其它测次的位移都为相对于该天位移的相对位移。将测斜管向岸侧的倾斜位移定义为正,向海侧倾斜定义为负。

通过对岸坡内部土体位移观测数据的处理分析,可以发现以下几个规律:(1)浅层土体的水平位移大于深层土体,位移值大致随着深度的增加而减小;(2)相对桩长而言,中上部的第2层淤泥质粉质粘土和第3层淤泥质粘土是发生水平位移最明显的土层,是岸坡断面中最软弱的滑动区;(3)水平位移没有随时间单向增大的趋势,只是在某一均值附近移动,幅度一般在 20 mm 以内,但长期累积位移的方向为向海侧;(4)挡土墙前的3#和4#孔的向海侧位移趋势明显大于挡土墙后的1#和2#孔,这说明挡土墙前土体向海侧位移明显,挡土墙后土体位移则受更多因素的影响,位移方向规律性差;(5)后方场地荷载作用对土体位移有明显的影响,码头结构上的荷载对岸坡土体位移影响不大;(6)岸坡内部土体沉降位移在较小的范围内浮动,各测点有时上升,有时沉降,但总维持在一个平均值附近,这说明内部土体的固结沉降已基本完成,沉降变形已趋于稳定。

3.3 地表位移观测成果

通过1a的观测发现,码头面水平位移活动比较频繁,位移方向表现为不确定性,但每次4个测点的位移方向基本一致,且4个测点的位移值大致相同。单月水平位移最小约为 2 mm ,最大水平位移为 22 mm 。 $T1$ 和 $T2$ 测点的累积水平最大位移为 18 mm , $T3$ 和 $T4$ 测点的累积水平最大位移为 37 mm ,位移方向为顺码头向南,约为 $T1$ 和 $T2$ 测点位移的2倍。一般情况下, $T3$ 和 $T4$ 比 $T1$ 和 $T2$ 的累积水平位移大。这说明码头结构的运动状态要比岸坡土体活跃,这也符合客观实际,因为它运动的动力不单来自于岸坡土体,另一方面它还受到潮汐涨落、结构自身的热胀冷缩以及码头作业荷载等多种因素的综合影响,码头结构的位移状态也就更显复杂。通过对码头面沉降位移的观测,总的来说沉降量不大,值得注意的是随着挡土墙后土体向海侧滑动,码头结构有被逐渐抬升的趋势,这有悖于人们的直观认识。经分析,造成这种情形的原因可能有两点:(1)岸坡土体变形是有一定范围的,只是在挡土墙前后荷载影响区域内,并不是岸坡大面积的整体变形。这就使得挡土墙附近土体向前排挤但又受到影响区以外土体的阻碍作用,导致坡前土体有隆起的趋势;(2)在满足(1)规律的前提下,第2,3层淤泥质粘土的流动性相对较强,在后方超大荷载作用下,该两层土向海侧位移的幅度最大,遇到影响区域外的阻力后向上隆起,从而抬升了码头结构。

结合深层土体水平及沉降位移观测结果,认为码头结构和岸坡土体始终处在运动状态中,各测点位移方向的一致性说明了这种运动带有整体运动的特性。部分单期位移大于累积位移,最末次的累积位移相对来

讲并不大 (≤ 11 mm), 从目前的观测结果来看这种运动是一种方向不确定的摆动位移, 若要深入地了解运动规律, 还需要做大量的观测和研究工作。

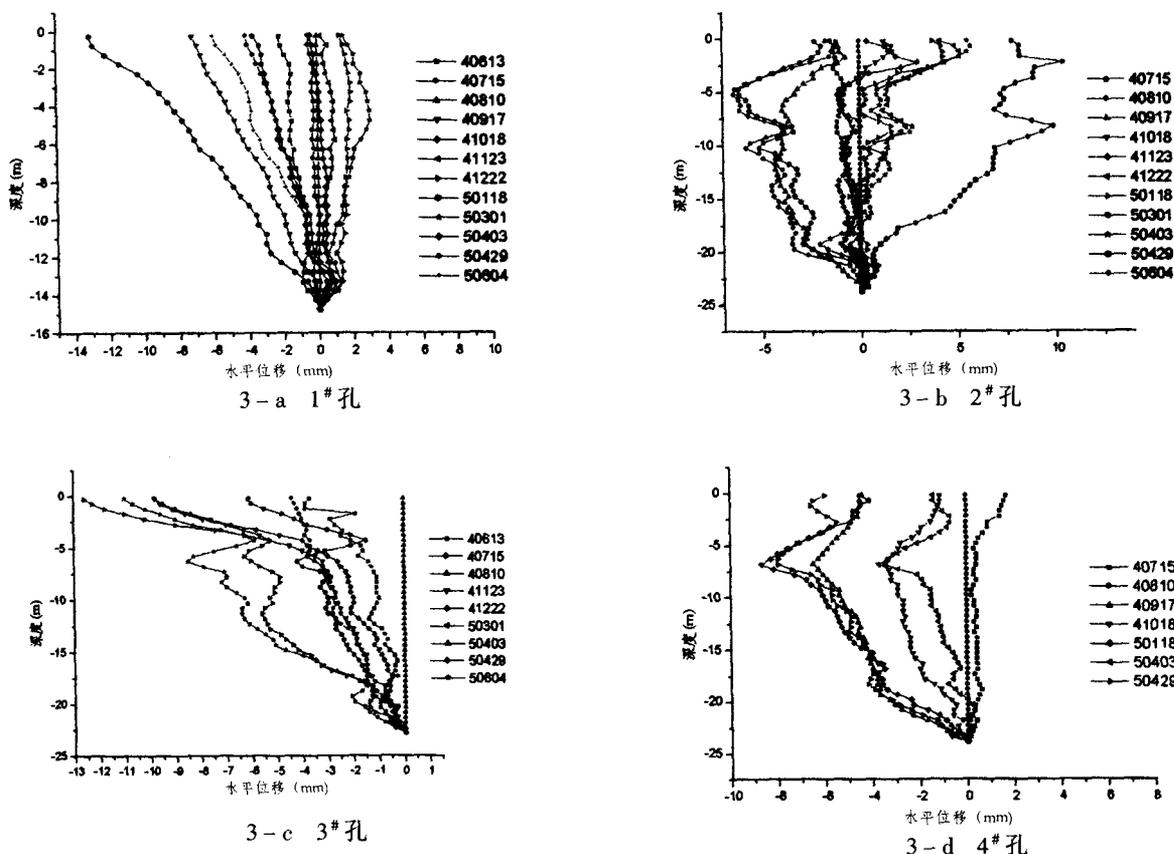


图3 岸坡土体顺坡向水平位移曲线
 Fig.3 Slope soil displacement in incline direction

3.4 桩端倾斜观测成果

从根据测量数据绘出的桩顶倾斜变化曲线可以看出, 对于每根桩而言各次测量倾斜位移不是单调递增或递减, 但通过拟合二阶多项式趋势线可以看出, 大部分桩顶都出现了不同程度的向西南方向倾斜, 倾斜的速度均趋于平缓。其中丁3区10排附近和己区3,4排附近, 靠近挡土墙的桩发生倾斜位移相对较大, 约1 mm。如不考虑桩本身的变形, 则由此推得整个桩身的倾斜位移约为 $(1 \div 0.5) \times 25 = 50$ mm, 假设整个桩身倾斜位移有一半体现在桩帽同横梁的相对错动上, 即相对错动位移约为 25 mm。

4 结论

(1) 该码头岸坡土体始终处在不断的运动状态中, 土体运动不具有单向运动的特性, 对单次测量来讲土体运动方向具有不定性, 但从累计位移来看, 岸坡土体有向海侧运动的趋势。

(2) 岸坡变形主要是浅层土体位移引起的, 其中第2层淤泥质粉质粘土和第3层淤泥质粘土水平位移相对较大, 是码头岸坡中相对软弱的土层。

(3) 岸坡变形的主要因素就是码头后方堆场荷载作用, 后方荷载位置的不确定性导致了岸坡内部土体位移方向的不确定性, 这进一步说明荷载对岸坡变形的主导作用。突堤根部转角的特殊地形以及转角处频繁的流动机械荷载作用, 使得突堤转角处的岸坡变形较大, 随之码头结构的相对错动破坏也比较多。

(4) 要防止或减小岸坡土体位移, 最主要的就是要控制挡土墙后方一定范围内的荷载, 严格控制超载现象发生。另外还可通过增加钻孔灌注桩将上部荷载传至深层土体, 从而减小岸坡土体对码头结构的作用力,



达到保证码头结构安全的目的。

(5) 由于观测时间相对较短, 观测数据的规律性不明显, 还有待进一步观测和研究。

参考文献:

- [1] 李越松, 祝振宇, 张 强. 天津港码头稳定性评估研究报告[R]. 天津: 交通部天津水运工程科学研究所, 2005.
- [2] 廖雄华, 张克绪. 天津港高桩码头桩基—岸坡土体相互作用的数值分析[J]. 水利学报, 2002, 33(4): 81 - 87.
- [3] 张 强, 郑锋勇, 李 辉. 高桩码头岸坡变形对岸坡稳定性影响分析[J]. 水道港口, 2000, 21(2): 20 - 24.

Study on deformation of a high-pile wharf slope from field observation

TIAN Shuang-zhu, ZHANG Yong, LI Yue-song

(Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

Abstract: Obvious distortion of the high-pile wharf slope of Tianjin Harbor occurred in the past few years. It resulted in displacement and deformation of the inshore structures, which affects the safety of the port seriously. The deformation characteristic of the high-pile wharf slope and its main factors to affect the slope deformation is studied through the prototype observation on the slope corner.

Key words: slope deformation; high-pile wharf; field observation

长江口深水航道治理一期工程获得“2005 年度国家优质工程金质奖”

据报道, 长江航道局承建的长江口深水航道治理一期工程在国家发展和改革委员会主办的国家优质工程评审中获得“2005 年度国家优质工程金质奖”, 这是 86 项国家优质工程中唯一的金质奖。

深圳港“十一五”将重点建设集装箱码头

《深圳港盐田港区总体规划》经过近两年论证, 不久前已通过专家审查。根据新规划, “十一五”期间, 深圳港将投资 370 亿元用于港口建设, 重点加大集装箱码头建设, 新增集装箱年吞吐能力约 1 050 万标箱。根据深圳市交通局编制的“十一五”港口发展规划, 预计到 2010 年, 深圳港集装箱年吞吐量将达到 2 600 万标箱。

福建“十一五”期间计划投资 297 亿元建港口

“十一五”期间, 福建计划投资 297 亿元振兴港口经济, 重点发展厦门港、福州港和湄洲湾港, 力争到 2010 年, 福建港口通过能力超过 3 亿 t; 到 2020 年, 港口通过能力达到 6 亿 t。福建辖海域面积 13.6 万平方公里, 其中可开发建设 5 万 t 级以上泊位的深水港湾有 7 处。目前已经规划的 467.1 km 建港海岸线中, 深水岸线长 210.9 km, 可建 20 ~ 30 万 t 泊位的超大型深水码头岸线达 40 km。

台州港大麦屿港区建 5 万 t 级集装箱码头

2006 年 3 月 31 日, 台州港大麦屿港区 5 万 t 级集装箱码头建设正式动工。该码头设计为 5 万 t 级兼靠 7.5 万 t 级, 预计 2007 年 7 月建成。该港区位于温州、宁波两市之间, 是一天然深水良港, 可用岸线长达 35 km, 可建 1 ~ 5 万 t 级泊位三十多个, 10 万 t 级以上泊位二十多个, 进出口航道水深均在 11 m 以上。