



# 岸坡土体变形对天津港高桩码头的危害

张强<sup>1</sup>, 刘现鹏<sup>1</sup>, 刘娜<sup>2</sup>

(1. 交通部天津水运工程科学研究所, 天津 300456; 2. 天津港港务设施管理中心, 天津 300456)

**摘要:**总结了天津港高桩码头由于岸坡土体变形造成破损的型式、破损程度和分布规律, 分析了岸坡土体变形引起码头基桩变位的破损机理, 提出了岸坡土体变形引起码头基桩变位破损的防治对策。

**关键词:**岸坡土体; 变形; 高桩码头

**中图分类号:** U656.1; U655.54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8443(2005)04-0241-03

天津岸坡土体是由低密度、高含水量的软土组成的, 软土层厚度大、埋藏深, 所以其码头结构多采用高桩结构。建筑在软土地基上的高桩码头, 虽然岸坡的整体稳定性满足要求, 但由于地基土的蠕变和土体在荷载作用下除产生压缩沉降外, 还产生侧向变形, 使结构可能发生较大的水平位移, 甚至造成结构的破损。

近几年来, 天津港高桩码头由于岸坡土体变形造成的挡土墙前基桩的破损现象越来越多, 如有的基桩移位达到了 30 cm 左右, 已严重影响到码头结构的安全。

## 1 码头结构破损型式

从破损情况看, 土体的变形对高桩码头的损坏主要发生在后承台挡土墙前的 3 排基桩。这 3 排基桩主要是受水平力而变形, 造成桩帽与横梁之间错位或开裂、桩帽与面板间错位或开裂、桩顶开裂等。天津港 9~11 段码头、12~13 段码头、13~14 段转角码头、15~16 段转角码头、16~18 段码头、20~21 段转角码头、21~22 段转角码头、22~24 段码头、25~26 段码头、26~27 段转角码头都明显存在这些破损现象。根据码头的破损形态及特征, 主要分为 3 种型式: 构件之间错位、构件连接部位掰裂、基桩顶部开裂。

### 1.1 构件之间错位

构件之间错位的破损型式对码头结构造成的危害最严重。对梁板式码头, 若基桩变位方向为沿码头横向, 造成横梁在桩帽上的搭接长度变小; 若基桩变位方向为沿码头纵向, 则造成横梁一侧悬空于桩帽外。这种变位严重的达到 30 cm 左右, 使得横梁在桩帽上的搭接宽度只有 5 cm, 对码头结构受力十分不利。

对于无梁板式码头, 岸坡土体变形造成的构件错位现象主要为桩帽与面板间错位, 这种错位 5~20 cm。有的地方由于基桩的变位较大, 造成桩帽与面板间脱离, 基桩在外力作用下产生晃动, 说明该基桩完全丧失了支撑作用, 使得该基桩上面板跨度增 1 倍, 对面板受力十分不利。

### 1.2 构件连接部位掰裂

天津港高桩码头后承台挡土墙前的基桩大多为直桩, 岸坡土体变形造成直桩倾斜, 当基桩倾斜变形较大时, 造成构件之间的连接部位开裂。对梁板式码头, 破损现象主要表现为桩帽与横梁间在基桩变位方向的反方向一侧连接处掰裂, 梁与桩帽由面接触变成了线接触, 造成桩帽支撑侧局部受压边缘劈裂, 基桩由轴心受压变成了偏心受压, 使得横梁、桩帽和基桩的受力都更加不利。对于无梁板结构, 破损型式与梁板结构类似, 只是破损现象发生在面板与桩帽间。相对于构件之间的错位破损, 发生构件连接部位掰裂破损的码头部位, 其基桩变位较小, 破损程度也相对较轻。

### 1.3 基桩顶部开裂

收稿日期: 2005-03-16

作者简介: 张强(1972-), 男, 天津市人, 毕业于杭州大学, 副研究员, 主要从事港口工程研究。



这种破损型式出现的较少,集中出现在 13~14 段转角码头的无梁板区。该区域的码头结构由于桩帽较大,与面板间的连接性能好,而基桩断面较小,桩身为薄弱环节,所以当基桩发生变位时,最早在基桩顶部出现开裂破损。

## 2 码头结构破损的程度和分布规律

对天津港最近 4 年的码头调查资料进行总结分析,得到天津港岸坡土体变形造成码头靠近挡土墙的 3 排基桩的变形破损情况(表 1)。

表 1 天津港高桩码头挡土墙前 3 排基桩变形破损情况统计

码头名称	码头位置	建造年代	码头上部结构型式	接岸结构型式	总桩数(根)	变形桩数(根)	破损率(%)
9~11 段码头	一突堤西侧	1978	梁板式	斜顶桩、帽梁、钢板桩组成	234	12	5
12~13 段码头	一突堤东侧	1977	梁板式	斜顶桩、帽梁、钢板桩组成	204	32	16
13~14 段转角	一突堤东侧根部	1961	无梁板式	棱体上挡土墙	64	64	100
15~16 段转角	二突堤西侧根部	1961	梁板式	棱体上挡土墙	72	56	78
16~18 段码头	二突堤西侧	1961	梁板式	棱体上挡土墙	456	63	14
20~21 段转角	二突堤东侧根部	1980	无梁板式	棱体上挡土墙	75	57	76
21~22 段转角	三突堤西侧根部	1980	无梁板式	棱体上挡土墙	47	33	70
22~24 段码头	三突堤西侧	1980	梁板式	棱体上挡土墙	228	81	36
25~26 段码头	三突堤东侧	1981	梁板式	棱体上挡土墙	177	50	28
26~27 段转角	三突堤东侧根部	1981	梁板式	棱体上挡土墙	57	33	58

从表 1 可见,天津港从 1961~1981 年建设的部分码头,在靠近挡土墙的 3 排基桩中普遍存在变形破损。尤其是位于突堤根部的转角码头的基桩变形破损最为严重,13~14 段转角码头、15~16 段转角码头、20~21 段转角码头、21~22 段转角码头、26~27 段转角码头基桩变形破损数量分别占到总数量的 100%,78%,76%,70%和 58%。可见,突堤根部转角码头的基桩变形破损十分严重。

高桩码头后 3 排基桩的变形与接岸挡土结构型式有很大关系。天津港 7~8 段、9~11 段、12~13 段以及 21 段码头是由斜顶桩、钢板桩与帽梁组成的挡土结构,属于深层支护的挡土结构,其后 3 排基桩的变形破损相对较少,9~11 段破损率为 5%,12~13 段破损率为 16%,7~8 段和 21 段没有出现破损,其破损型式主要是构件之间的掰裂,程度较轻。16~18 段、22~24 段、25~26 段码头接岸结构为抛石棱体上的挡土墙型式,这些码头后 3 排基桩的变形破损相对前一种接岸结构出现的多,分别占 14%,36%和 28%,其破损型式主要为构件之间错位,破损程度比较严重。16~18 段码头有一根基桩由于移位造成横梁在桩帽上的搭接长度只有 5 cm,而且该横梁下的桩帽劈裂,严重影响码头安全。另外,许多桩帽上的横梁出现部分悬空或全部悬空的破损形态。由上述可见,突堤根部转角码头后 3 排基桩的变位破损比较严重,接岸结构为抛石棱体上挡土墙型式的码头与由斜顶桩、钢板桩、帽梁组成接岸结构的码头相比,其后 3 排基桩变位破损更严重。

从表 1 还可见,20 世纪 60 年代初和 20 世纪 80 年代左右建造的高桩码头,尽管相差 20 a 的使用时间,但基桩的破损率相差不大,说明岸坡土体变形与码头使用时间长短之间关联不明显,岸坡土体变形可能是集中在某一个时间段内出现的。表 1 所列的基桩变形破损是在近 4 a 码头调查中发现的。而这几年港口的吞吐量是逐年上台阶,码头的使用率保持在很高的水平上。基桩变形出现的时间规律,说明其与码头使用条件的变化有很大关系。

## 3 码头基桩变位破损机理分析

天津港高桩码头近岸的 3 排基桩变位数量较多、结构破损程度较严重的区域主要是 3 个突堤根部转角处。突堤根部转角处码头接岸结构多为抛石棱体上的挡土墙,棱体下方为砂垫层及吹填土。尽管地基做过

处理,但其承载能力有限,还处于漫长的压缩固结过程中,在动、静荷载的长期共同作用下,土体产生压缩变形,这种压缩变形增大到一定程度时,就会产生地基土体的剪切破损,继而土体产生侧向位移,造成岸坡土体向挡土墙前蠕动。土体在蠕动过程中对基桩产生了很大的推力,这种推力有一个能量聚积的过程,当推力聚积能量大于基桩的抵抗力时,基桩就产生变位,而整体性的码头上部结构限制了基桩这一局部变形趋势,从而在码头结构内部产生巨大的约束力,该约束力造成码头结构连接部位、桩顶等相对薄弱环节出现开裂,呈现出前面所述的各种破损现象。从现场调查可知,突堤根部转角码头挡土墙后方主要为货物堆场和车辆通道,货场长期超载堆放,过往车辆也十分的频繁,这就给土体的压缩变形提供了外力。

#### 4 码头基桩变位破损的防治对策

岸坡土体变形引起天津港高桩码头结构破损现象严重,给码头安全生产带来巨大隐患,而且这一破损型式具有一定的突然性和隐蔽性,破损造成的后果可能非常严重,所以对其进行防治是十分必要的。根据对上述破损情况的总结和破损机理的分析,提出以下防治建议:

(1)加强码头结构破损情况普查,及时发现构件破损和变形隐患。

(2)对变形趋势明显的重点部位,尤其是突堤根部转角部位的岸坡土体变形和码头位移进行监测,探索变形规律,以便及时采取相应的工程措施。

(3)对已经发现的岸坡土体变形造成的码头结构构件破损及时进行维修加固。对构件之间的错位可采取外包桩帽以加大横梁支撑面的方案解决,对构件连接部位的掰裂可采取在桩帽与上部梁板之间的缝隙中填塞环氧砂浆以改善构件支撑情况的方法解决,对基桩顶部开裂采用外包钢筋混凝土的方法加固。

(4)其他可供选用的方法还有限载法、加固接岸结构法等。加固接岸结构法有钢板桩、钢管桩、灌注桩承台等,采用该方法应采取措施防止打桩振动和挤土效应对接岸结构的影响。

#### 5 结语

岸坡土体的变形导致高桩码头基桩产生变位,继而造成基桩上部结构的破损,严重影响码头安全。天津港高桩码头位于突堤根部转角处的基桩产生变位较多,而转角处挡土墙后方长期作用的动、静荷载是基桩产生变位的主要原因。不同接岸挡土结构对基桩变位影响较大,深层支护的挡土结构要明显好于抛石棱体挡土墙结构。为了避免和减小基桩变位对码头造成的破损,建议在以后的高桩码头设计中,接岸结构尽量采用板桩等深层支护的挡土结构,如果采用大棱体结构,应优先考虑宽承台方案,或在靠岸桩的设计中考虑采用叉桩、靠岸 1~2 排桩采用双桩等方案,以加强码头抵抗水平力的能力。

#### 参考文献

- [1] 张宝华,张 强.天津港码头 2004 年秋季调查报告[R].天津:交通部天津水科所,2004.
- [2] 张 强,王笑难.天津港 16 段码头已区后排基桩发生危险变位的调查报告[R].天津:交通部天津水科所,2001.

### Damage from bank soil deformation to high-pile wharf

ZHANG Qiang<sup>1</sup>, LIU Xian-peng<sup>1</sup>, LIU Na<sup>2</sup>

(1. Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China;

2. Tianjin Port Authority, Tianjin 300456, China)

**Abstract:** The grade, type and distribution rule of the failure caused by bank soil deformation of high-pile wharf of Tianjin Port are summarized. From analyzing the failure mechanism of foundation pile displacement caused by bank soil distortion, the preventive measures of the failure are presented.

**Key words:** bank soil; deformation; high-pile wharf