



高桩梁板式码头撞损后的分析和修复设计

柳亚¹, 应志峰¹, 袁和平²

(1. 浙江省交通规划设计研究院, 浙江 杭州 310006; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 以浙江舟山某散货码头受船舶撞击后导致码头损伤的工程为例, 分析码头受撞击后的受力情况, 提出合理的修复码头的工程措施。同时, 根据修复过程中积累的经验, 为码头设计提出参考建议。

关键词: 高桩梁板式码头; 撞击; 基桩; 修复

中图分类号: U 656.1*13

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)04-0086-05

Analysis of high-piled beam-slab wharf after collision damage and repair design

LIU Ya¹, YING Zhi-feng¹, YUAN He-ping²

(1. Zhejiang Provincial Planning, Design & Research Institute of Communications, Hangzhou 310006, China;

2. CCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Taking a bulk cargo wharf in Zhejiang Zhoushan damaged by ship collision for example, this paper analyzes the force situation after ship's collision, and puts forward reasonable repairing measures. Moreover, based on the experience accumulated in the process of repairing, this paper proposes suggestions on the wharf design.

Key words: high-piled beam-slab wharf; collision; foundation pile; repair

1 工程概况

某散货码头位于浙江省舟山本岛南部的六横岛, 码头平台为高桩梁板式结构, 上部结构采用现浇大节点桩帽结构, 纵横梁等高连接, 轨道梁采用

预应力预制构件, 纵横梁、面板均采用叠合构件, 靠船构件为预制结构, 基桩采用 $\phi 1\ 200$ mm 钢管桩。典型断面见图 1。

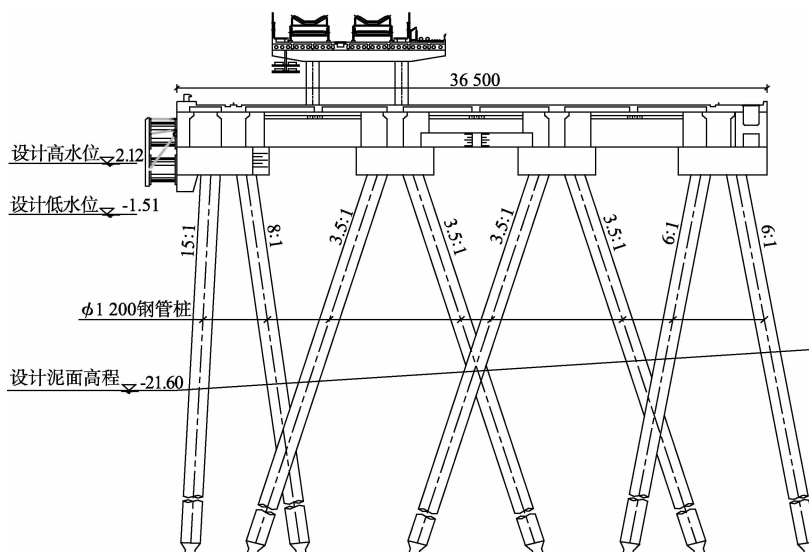


图 1 码头断面 (单位: mm)

收稿日期: 2013-08-13

作者简介: 柳亚 (1980—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口航道工程设计工作。

2 码头受损概况

2010年3月,1艘核定载质量为6.35万t的船舶满载靠泊时,因操作失误,以接近垂直码头前沿线的角度撞向码头平台前沿,造成码头部分结构受损。经检测,码头受撞击位置附近的部分排架的上部结构和基桩受损严重。

上部结构经目测和超声波检测,结果为:桩帽底部混凝土明显开裂、局部脱落;纵横梁混凝土严重破碎,钢筋出露、变形扭曲,但预应力轨道梁基本完好;码头面层混凝土向上隆起,混凝土严重破碎、开裂,钢筋暴露;护轮坎严重损坏,混凝土破碎,外包角钢严重变形扭曲,钢筋出露、变形扭曲;橡胶护舷明显变形扭曲、顶部严重开裂。

对码头基桩进行外观普查、保护电位检测、水下探摸检测和桩芯混凝土完整性检测,结果为:桩1A靠海一侧桩顶以下6~10m范围内桩身局部凹陷,凹陷最深约0.6m,凹陷段长约3.5~4.0m,

最宽处约1.6m,涂层剥落,未发现裂缝或焊缝开裂。桩顶下1m范围内测得的基桩倾斜角度为 $88^{\circ} \sim 89^{\circ}$,原设计桩倾斜为15:1,约 86.2° 。桩身水下部分存在弯曲,弯曲最大偏心距约1.4m。钢管桩与上部桩帽的嵌固点下0.2~0.5m海侧立面先沿顶部焊缝处开裂,并进一步向水平方向撕裂,裂缝角度约为 45° ,断裂长度约为1/2圆周,最大裂缝宽度约10cm,裂缝处桩芯混凝土局部与钢管明显脱开,内部碎裂,钢筋出露。

桩3A靠海一侧桩顶以下6.5~9.5m范围内,桩身凹陷,凹陷最深约0.3m,凹陷段长约3m,最宽处约1.4m,涂层剥落,未发现裂缝或焊缝开裂。桩顶下1m范围内测得的基桩倾斜角度为 $85.7^{\circ} \sim 86.5^{\circ}$,原设计桩倾斜为15:1,约 86.2° 。桩身水下部分未见明显弯曲。

码头受撞击位置梁板结构见图2,受撞击基桩平面位置见图3,受撞击基桩立面位置见图4,受撞击基桩断面位置见图5。

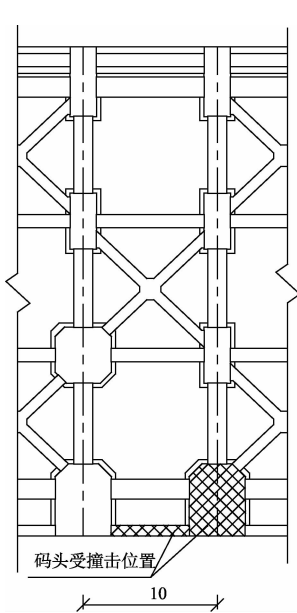


图2 码头受撞击位置梁板结构

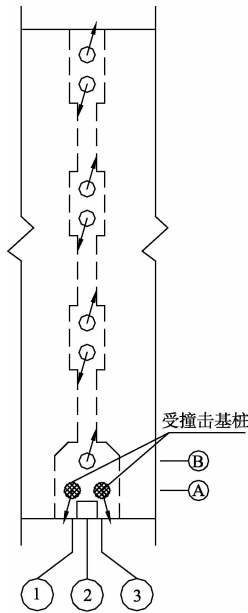


图3 受撞击基桩平面位置

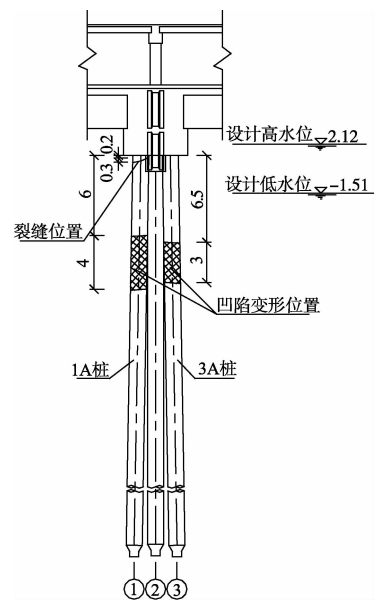


图4 受撞击基桩立面位置 (单位: m)

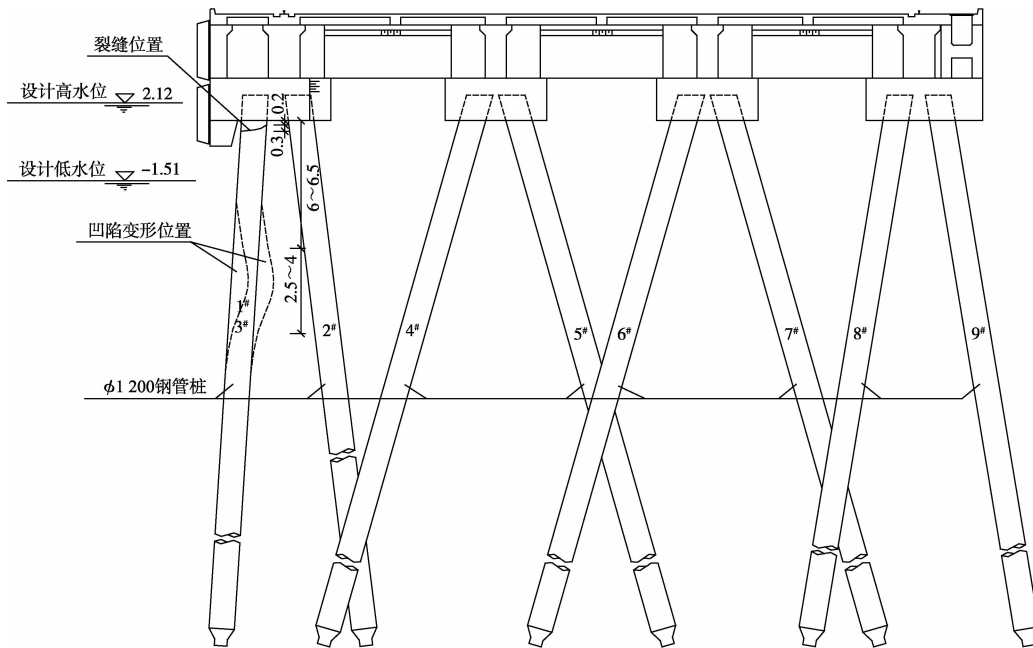


图5 受撞击基桩断面位置 (单位: m)

3 码头基桩受损后结构分析^[1-2]

根据检测情况,结合现场实际情况,码头受损的上部结构易修复至原状态,但受损的下部基桩结构较难修复。按照地质勘探报告提供的土层设计参数,计算φ1 200 mm 钢管桩的单桩垂直极限承载力设计值为:8 864 kN。

根据 JTS 167-1—2010《高桩码头设计与施工规范》,码头平台可简化为平面问题,横向排架按柔性桩台计算,采用码头横向排架专用计算程序进行计算分析,按最不利作用效应组合确定基桩内力。根据码头所受荷载情况,原码头排架基桩轴力设计值如表 1 所示。

表 1 原码头排架基桩轴力设计值

桩号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
桩力/kN	6 147	6 147	6 204	6 917	7 075	6 358	6 566	6 852	8 320

从表 1 可知,1# 桩、3# 桩(受撞击的桩 1A、桩 3A)所受轴力为正值,即为压力。

码头受撞击后,桩 1A 已弯曲,弯曲最大偏心距约 1.4 m,且桩顶附近焊缝处已开裂,并沿水平方向撕裂,桩身受损严重,接近完全破坏。桩 3A 桩身凹陷,但桩身未弯曲,且无裂缝。因此,假定桩 1A 已破坏后不能承载,桩 3A 可继续承载,同时码头所受原荷载不变的情况下,计算得原码

头排架基桩轴力设计值(表 2)。

表 2 原码头排架基桩轴力设计值

桩号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
桩力/kN	8 667	9 125	7 782	7 110	6 674	6 152	7 056	8 079	

从表 2 可知,在假定情况下,3# 桩(桩 3A)所受轴力为 9 125 kN,桩力大于单桩垂直极限承载力设计值 8 864 kN。因此,若码头仅对上部结构进行修复后在原设计荷载条件下继续使用,将导致码头结构承载力不足,极可能引起重大安全事故。

4 码头修复设计

修复原则:根据修复加固工程的技术要求、施工条件和结构的使用环境条件,结合材料物理力学性能、工艺性能及材料的供应和修复费用等因素综合分析确定。同时,码头未受损部分须正常运营,修复的施工方案应尽量减少对码头运营的影响。

目前常用的修复方法有以下几种^[3]:

- 1) 裂缝灌浆修补法;
- 2) 外包混凝土加固法;
- 3) 高分子聚合物砂浆涂抹;
- 4) 外贴高强纤维材料或钢板加固;
- 5) 纤维混凝土加固;
- 6) 喷射砂浆法;
- 7) 更换法;
- 8) 体外预应力混凝土;
- 9) 构

件更换法。

考虑到造价、工期、技术可行性、对生产运营的影响等因素,本工程修复方案针对不同构件采用不同的修复方法,主要分为上部结构、桩帽结构和基桩结构。

1) 上部结构修复(包括纵横梁、面层、护轮坎、橡胶护舷)。

以恢复原状为原则,主要采用凿除受损混凝土,重新浇筑新混凝土方法修复。具体修复方法如下:

拆除排架上的受损鼓型橡胶护舷→凿除加固范围内已受损松动的混凝土,至露出无裂隙新鲜混凝土,使钢筋外露→彻底清除钢筋锈蚀物,对单根钢筋截面积锈蚀损失率大于15%,应采用搭接焊接进行补强处理,并在清洁干燥的情况下,在钢筋表面涂刷含阻锈剂的聚合物水泥净浆→清除混凝土表面,用淡水冲洗混凝土表面附着物→在混凝土表面涂刷环氧型粘结剂或混凝土专用界面剂→立模→浇筑强度为C40的混凝土并充分振捣密实→做好混凝土养护→新浇混凝土达到设计强度70%后拆模→安装新的橡胶护舷。

2) 桩帽修复。

对于桩帽底部混凝土明显开裂、局部脱落,修复方案如下:

将原桩帽底部受损混凝土凿除,至露出新鲜混凝土→凿除桩帽侧面混凝土,凿除深度为开凿至桩帽钢筋的背面20 mm以上,侧面凿除高度不小于500 mm→在原底层钢筋网以下1 500 mm处,布设与原钢筋相同直径钢筋网,侧面钢筋与桩帽外露的原侧面钢筋焊接→灌注C40混凝土。

3) 基桩修复。

针对不同受损情况,采用不同的修复方案。对于受损相对较轻的3A桩海侧桩顶以下6.5~9.5 m范围内桩身局部凹陷,修复方法如下:

对受损部位钢管桩表面进行清理、除锈→在

凹陷部位表面采用水下焊接方式,焊接一块弧形钢板,四周连续焊缝,钢板大小应盖住凹陷范围,并超出凹陷边界不小于200 mm→在焊接的钢板外侧架设直径1 800 mm的圆筒型钢套筒→套筒内布设分布钢筋,灌注C40水下不分散混凝土→钢套筒外表面分层涂刷水下防腐涂料。为减少桩凹陷部位焊接钢板后密闭空间内水体受压对焊接钢板的影响,在桩凹陷部位开一个 $\phi 30$ mm的透水孔或采取其他排水措施。修复结构见图6。

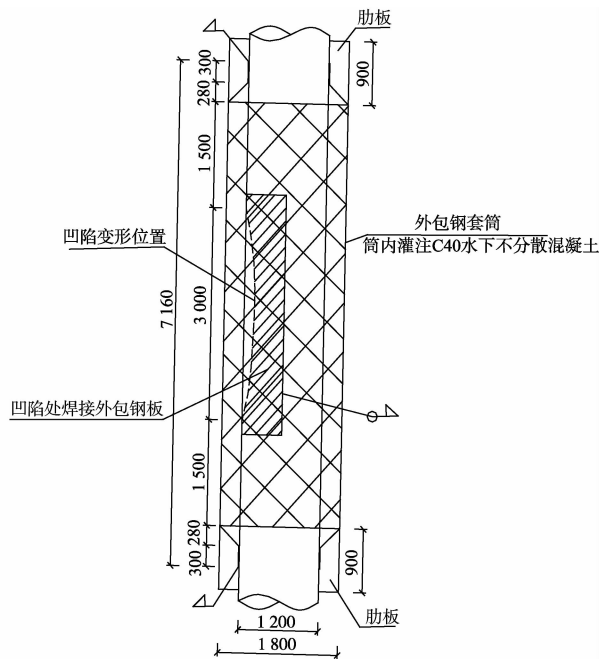
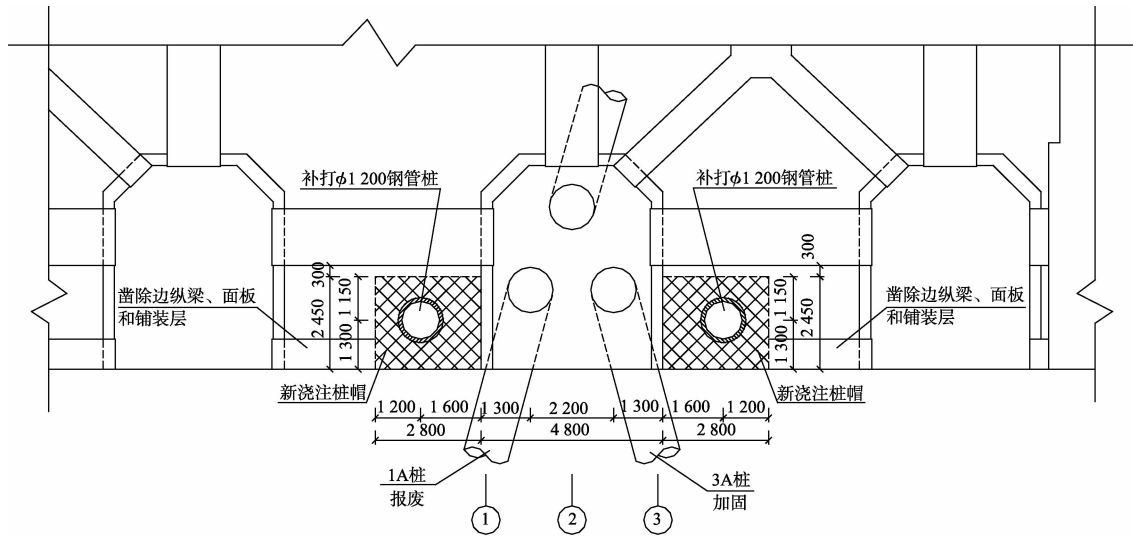


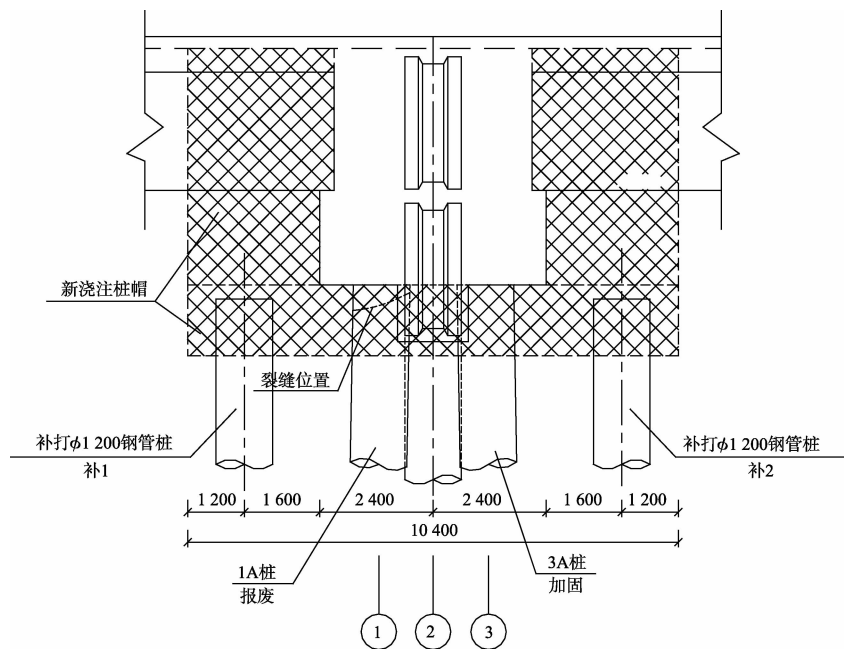
图6 桩身局部凹陷处修复结构(单位:mm)

根据前述计算结果,考虑1A桩受损无法发挥承载作用后,排架其余各桩受力普遍增大,且部分桩力接近或超过基桩承载能力设计值。因此,为保证码头安全运营,1A桩的修复方法如下:

在1A桩的两侧各补1根与原桩型号相同的 $\phi 1200$ mm钢管桩直桩。补桩前需先凿除该桩所在排架两侧的前边纵梁和上部的前边板,露出打桩位置。新钢管桩打桩后,新浇混凝土桩帽,采用植筋方式与原桩帽结合(新浇筑桩帽将1A桩桩顶开裂部位包进)。桩帽浇筑完毕后,现浇混凝土修复凿除的前边纵梁和前边板、铺装层等上部结构。修复结构见图7。



a) 补桩平面位置 (单位: mm)



b) 补桩立面位置 (单位: mm)

图7 修复结构

补桩后, 考虑码头所受原荷载不变的情况下计算得码头排架基桩轴力设计值 (表3)。

从表3可知, 进行补桩后, 3#桩 (桩3A) 所受轴力减小为4937 kN, 桩力小于单桩垂直极

限承载力设计值8864 kN, 其余基桩 (包括2根补桩) 轴力也小于单桩垂直极限承载力设计值。因此, 补桩后的码头基桩承载力满足结构的使用要求。

表3 码头排架基桩轴力设计值

桩号	补1	补2	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
桩力/kN	4 497	4 497	4 705	4 937	6 987	6 742	6 617	6 492	6 950	8 235

(下转第98页)