



天原化工码头引桥海损后的工程修复技术

张治中

(上海港务工程公司, 上海 200438)

摘要: 化工码头发生严重海损, 属小概率事件, 但后果严重。针对天原化工码头引桥严重海损, 采取抢修和加固两步走的修复方案, 先在受损引桥结构边缘补打大直径钢管桩、安装特殊钢牛腿支撑不稳定结构, 解决了码头临时生产作业问题, 然后进行加固, 同时满足结构耐久性的要求, 为类似工程抢修起提供借鉴。

关键词: 海损; 抢修; 大直径钢管桩; 钢牛腿; 永久修复

中图分类号: U 655.55

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)02-0160-05

Key technology for emergency repair and permanent restoration in serious average accidents at Tianyuan chemical wharf's approach bridge

ZHANG Zhi-zhong

(Shanghai Harbor Engineering Corporation, Shanghai 200438, China)

Abstract: Though serious average accident in chemical terminal is a small-probability event, it will cause serious consequences, and there is no relevant experience. Based on the average accidents in Tianyuan chemical terminal approach bridge, this article describes the key driving technology of the steel pipe pile beside the damaged approach structure and supporting unstable structure by special steel corbel to implement not only emergency repair of the approach but also permanent restoration. The technology may serve as reference for emergency repair in similar projects.

Key words: average; emergency repair; large-diameter steel pipe pile; steel corbels; permanent restoration

1 工程概况

上海天原集团华胜化工有限公司码头工程, 位于杭州湾金山嘴漕泾地区, 是上海化工园区重要的大型化工成品码头, 码头与陆域通过长660.719 m的长引桥联系, 引桥共9个分段。引桥西侧紧邻大件码头(现为复兴船务公司使用)。码头主要承担上海化工园区的管系散装烧碱、二氯化乙烷(EDC)、氯乙烯(VCM)等达几十种的液体化工物料转运任务, 运输方式为管道运输。

该化工码头工程建造于2005年。2007年10月27日, 复兴船务公司拖轮在停靠大件码头回转头过程中, 因10级以上西北风、强流等原

因, 碰撞化工码头引桥。致使引桥第3分段西侧Y17~Y22轴排架、D轴桩共6根 ϕ 800PHC管桩撞损。经监测单位实测与探摸, 发现受损段引桥上游侧沉降1.5 cm, 并向上游侧位移2.5 cm, D轴6根

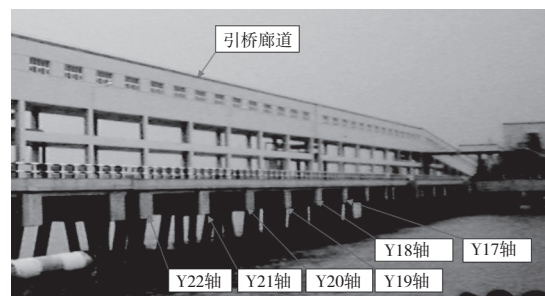


图1 引桥第3分段上游侧受损状况

收稿日期: 2012-07-11

作者简介: 张治中(1969—), 男, 高级工程师, 一级建造师, 从事水运工程施工管理。

斜桩完全损坏，（其中2根已断、4根脱离横梁底部并处于摇摆状态），完全丧失使用功能。断桩

直接导致该六榀横梁排架处于不稳定临界状态。引桥受撞结构段状况（图1，2）。

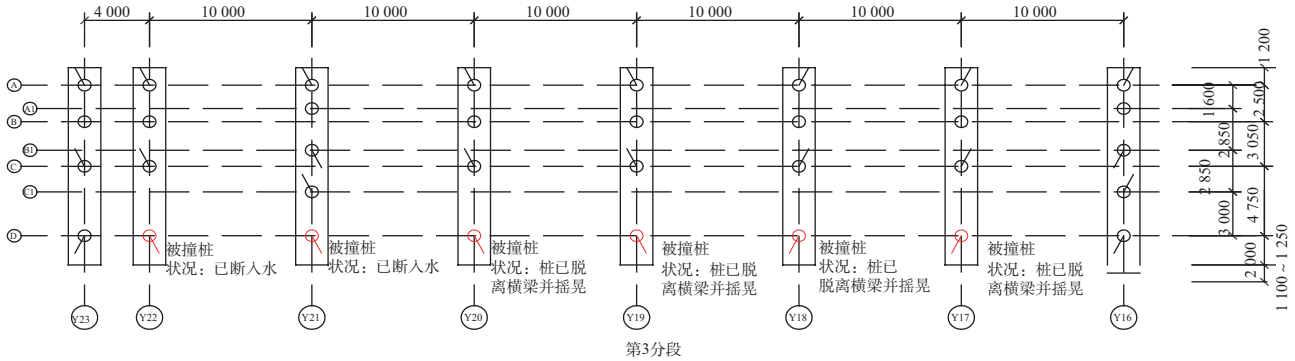


图2 第3分段受损段桩位

上海天原集团华胜化工有限公司码头工程是上海天原华谊物流有限公司重要的基础设施，是上海化工园区重要的液化化工物料海上进出主通道，本次海损事故致使华胜化工有限公司全面停产，如不及时抢修，将直接影响整个化工园区的正常生产，并危及整个化工园区的环境安全，后果无法估量。

在此紧急情况下，上海天原集团华胜化工有限公司委托上海港务工程公司实施抢修和最终修复工程。

2 抢修技术方案确定

2.1 抢修方案比选

抢修方案比选见表1。

表1 3种抢修方案比选

抢修方案	主要内容	优点	缺点
方案1（灌注桩、托梁方案）	先在在引桥横梁两侧面层部位开孔，埋设钢护筒，再上钻进行灌注桩施工，最后浇筑拖梁，实现直接托起受损横梁。	1) 桩基施工对受损引桥的震动影响小； 2) 加固结构受力体系简单，计算方便，加固效果直观； 3) 抢修工作与永久修复可一次完成； 4) 具有类似抢修加固工程的经验； 5) 对施工船舶、桩制作依赖小，总体工程量较小。	1) 需要在严重受损的引桥结构上开孔，不可避免有震动影响； 2) 钻孔灌注桩施工需要埋设超长钢护筒，固定不易； 3) 灌注桩施工时间达到设计强度时间长； 4) 整个方案风险评价时间长、施工难度大，不能在规定期限内完成工程。
方案2（钢管桩、托梁方案）	先在引桥横梁两侧面层部位开槽或局部吊移引桥空心板梁结构，然后利用打桩船挑龙口沉桩，再安装钢托梁以支撑横梁，最后恢复引桥面层结构。	1) 加固结构受力体系简单，计算方便，加固效果直观； 2) 抢修工作与永久修复可一次完成； 3) 具有类似抢修加固工程的经验； 4) 抢修速度较快； 5) 总体工程量较小。	1) 需要在严重受损的引桥结构上开槽或局部吊移面层结构，在实施过程中结构安全风险加大； 2) 沉桩过程船位、锚位较难布置； 3) 整个方案风险评价和施工的难度大； 4) 必须快速制作钢管桩； 5) 不能在规定期限内完成工程。
方案3（钢管桩、钢牛腿方案）	先在受损引桥外侧（尽可能贴靠引桥边缘）施打大直径钢管桩，再在钢管桩上安装钢牛腿，并旋转至横梁底部，安装钢箱梁来支撑横梁，消除引桥不稳定状况。	1) 抢修工作不改变受损引桥现状，减少结构失稳再生性事故发生，总体风险较小； 2) 新增桩基可以布置在引桥结构外部，沉桩工作较宜实施； 3) 抢修速度最快，可快速恢复生产。	1) 钢管桩、钢牛腿、钢箱梁必须在最短时间内设计、全部制作完成，依赖水上大型船舶数量较多； 2) 必须分抢修和永久修复两阶段实施； 3) 总体工程量较大； 4) 结构防腐要求相对较高； 5) 在永久修复完成前，引桥通行能力必须降级使用； 6) 完成整个抢修和永久修复时间跨度相对较长。

2.2 具体抢修加固方案简介

1) 清除未倒断桩的上部解除。

2) 在Y17~Y22轴排架横梁上游侧各施打1根长48 m、直径1 200 mm的钢管桩直桩（桩尖高

程进入持力层), 桩位与横梁中心线对其桩中心距横梁边1 100~1 250 mm, 桩顶高程控制在11 m左右, 超出护轮坎上部的钢栏杆顶高程30 cm左右(以避免桩锤替打碰及引桥结构), 钢管桩上节35 m、壁厚为18 mm; 下节13 m、壁厚为16 mm。钢管外侧在水位变动区至泥面下2~3 m处进行涂层保护。采用“港工洋山号”打桩船沉桩^[1]。

3) 在钢管桩外侧安装套管式帽型钢牛腿, 腿长1 500 mm、宽1 000 mm、高1 500 mm, 钢牛腿加工成对称式, 内侧钢牛腿与横梁底部之间设置钢箱梁, 钢箱梁长1 800 mm、宽700 mm、高500 mm。钢箱梁临时对称固定在钢牛腿上, 依靠打桩船或浮吊配钢扁担起吊套在钢管桩外侧, 为保证钢牛腿顺利套入, 套管式帽型钢牛腿内壁与钢管桩外壁保证25 mm的间隙。在起吊状态下配缆风绳、实现钢牛腿90°旋转, 使得钢牛腿与钢箱梁置于横梁下部。

4) 依靠神仙葫芦调节钢牛腿高度, 使得钢箱梁顶面与横梁底面间隙控制在1~2 cm, 钢牛腿下部与钢管桩外壁采用加强板电焊固定, 利用千斤顶将通长钢楔顶进钢箱梁与钢牛腿之间, 确保钢箱梁顶面与横梁底部完全顶实。

5) 钢楔顶进后, 与钢牛腿顶面撑劲板电焊加固, 钢牛腿上设置撑劲板贴靠横梁端部进行电焊固定。

6) 经抢修效果和安全评估后, 可恢复减荷临时性生产。

2.3 修复工程量

1) 钢管桩6根; 2) 钢牛腿6套; 3) 钢箱梁7根; 4) 木围檩6组; 5) 现场加强板等6套。

3 抢修工程主要技术措施

3.1 钢管桩制作运输与沉桩

采用港工美亚螺旋钢管桩生产线进行制桩, 桩长48 m、直径1 200 mm, 上节35 m采用18 mm钢板、下节13 m采用16 mm钢板, 制桩后对桩身外壁的水位变动区及泥面以下2~3 m范围进行涂层喷涂防腐^[2]。

采用港工洋山号沉桩, 配D125柴油锤进行重锤轻打锤击沉桩测量定位采用2台经纬仪三角交汇测量、配合钢卷尺现场量距。为防止未倒桩碰及

钢管桩桩位和沉桩期间的倾倒砸伤其他工程桩, 必须在沉桩前由打捞船扳倒、清除断桩。

3.2 钢牛腿及钢箱梁制作运输与安装

钢牛腿, 采用卷板机加工成内径1 225 mm、长度1 500 mm、壁厚18 mm的直缝套管, 在套管外侧施焊钢牛腿。牛腿和箱梁的制作均采用全自动林肯焊机与手工焊机相结合进行。

钢管桩及钢牛腿、钢箱梁水上运输采用1 000 t自航驳运输。

在钢管桩桩顶以下6 m(约5.0 m)处外壁预先施焊防坠块, 沉桩后由打捞船配合在高程4.80 m处加木围檩一道、以作为钢牛腿安装就位下部加强板施焊的作业平台。钢牛腿在自航驳上现将钢箱梁对称固定在牛腿顶面。为起吊就位方便, 设置十字钢扁担、配好4根钢丝绳、并连通调节高度用神仙葫芦, 一起由打桩船主钩起吊, 在缆风绳调节下缓慢到达钢管桩顶部、并套进钢管桩外。此时钢牛腿轴线与横梁轴线垂直、钢箱梁与钢牛腿轴线垂直、以保证钢箱梁与横梁端部有15 mm以上的水平间隙, 便于顺利下放。待钢牛腿及钢箱梁全部下放至横梁下部150 mm左右、底部在防坠块以上50 mm左右时, 利用吊钩可旋转性能, 在缆风绳的调节下, 实现钢牛腿、钢箱梁的水平90°转向, 使得钢牛腿一支与其上一根钢箱梁到达横梁下部轴线位置。将下放钢牛腿与钢箱梁结构, 让十字钢扁担座实在钢管桩顶部, 电焊临时固定后, 利用神仙葫芦上提、调节钢牛腿高度, 并保证钢箱梁与横梁底部间隙在1.5~2 cm, 现场电焊工利用加强板将钢牛腿下部与钢管桩外壁施焊牢靠。钢牛腿固定后, 先气割钢箱梁与钢牛腿的临时固定点, 再依靠在钢牛腿外侧的顶面上预先施焊的通长固定钢楔限位滑移钢箱梁, 在钢牛腿内侧设置2只千斤顶将可移动通长钢楔顶进, 实现钢箱梁的整体均匀上抬, 使得钢箱梁顶面与横梁底面充分贴近, 并电焊固定可移动钢楔。余下的工作就是在钢牛腿顶面增加与钢管桩连接、支撑横梁端部用的加强板。

4 抢修工程质量措施

1) 钢管桩制作采用螺旋钢管桩生产线标准化生产, 质保资料、合格证齐全。涂层喷涂施工保

证每涂层厚度和均匀性, 保证每涂层之间的时间间隔, 确保养护干燥。

2) 钢牛腿、钢箱梁严格按图纸尺寸下料、采用全自动林肯焊机为主、松下500型手工焊机为辅, 进行施焊, 确保焊缝高度和饱满性。

3) 沉桩过程中, 严格控制桩身垂直度和桩位。对沉桩进行认真记录。

4) 钢牛腿安装必须起吊就位准确, 方能套进, 套进下放时, 要求慢放, 正确控制方向和准确控制下放高度。

5) 钢牛腿在神仙葫芦上提过程中, 严格控制上提速度和钢箱梁顶面与横梁底面的间隙。

6) 钢牛腿下部与钢管桩外壁的加强板, 施焊要求焊缝长度足够、焊缝饱满, 施焊完成后认真检查焊缝质量。

7) 钢箱梁依靠千斤顶顶进、上抬, 必须保证钢箱梁顶面与横梁底面充分贴靠, 以千斤顶无法继续顶进为止。

8) 钢牛腿、钢箱梁安装成功后, 及时在钢牛腿顶面上施焊与钢管桩、横梁端部的加强板。

5 安全应急预案^[3]

5.1 风险和隐患来源分析

1) 引桥第3结构段6个排架上游桩已断, 排架结构处于高度的不稳定受力状态, 沉桩期间振动影响, 可能引起引桥排架结构失稳、排架倒塌。

2) 引桥廊道现有数根化工原料等高毒、巨毒易扩散、易爆的危险品管道。

3) 沉桩期间的震动影响, 可能引起引桥排架沉降位移加剧、引起管道裂缝、危险品泄露、扩散, 引起中毒事故。

4) 现场沉桩开锤及锤击时, 柴油锤的火花成为管道防火的一大隐患。钢牛腿安装及后期加强板施焊时, 焊花四溅、随风飘扬同样成为管道防火的隐患。

5.2 应急措施

1) 识别5.1各项风险和隐患, 认真落实各项安全保证具体措施。

2) 管道裂缝、危险品泄露、扩散最重要的

防范手段是进行全程管道监测, 提供预警和警戒值, 及时通告状况。施工人员如有中毒受伤或不适, 立即派船靠岸送往医院救治。

3) 一旦发生排架突发倾斜预兆, 立即停锤。

4) 对于管道防火, 隔离保护管道、配足消防器材、消防车辆, 严格遵循动火、施焊审批制度、进行现场监护。

抢修工程后的效果见图3。



图3 受损引桥抢修后的效果

6 永久修复的实施方案

6.1 永久修复的几个关键技术问题

受撞引桥段虽经抢修, 恢复了部分使用功能, 但距离原工程的设计能力尚有较大差距, 需要通过新增部分结构, 达到受撞前的全部功能; 抢修结构为钢结构, 如长期暴露在海洋环境中, 钢结构腐蚀严重, 需要通过综合防腐技术措施, 提高耐腐蚀性能; 抢修结构尚处于临时稳定状态, 从结构受力和结构整体性上, 需要通过新老结构的共同作用, 提高结构整体性和结构耐久性。

6.2 永久修复的实施

1) 基桩加固。

对新增6根钢管桩进行管内吸泥, 采用高压水枪和气泵进行冲刷清孔、同时以35 m扬程泥浆泵将淤泥吸出钢管桩, 吸泥深度达到-25.0 m, 确保泥面以下钢管桩的嵌固点以上部位为钢管混凝土结构, 提高钢管桩的整体刚度; 将钢管桩超高分割除、桩顶设置钢筋笼; 按灌注桩施工工艺浇筑桩芯混凝土。

2) 横梁结构加固。

在原有横梁底部新增高600 mm、宽2 500 mm的拖梁, 形成叠合梁, 提高横梁刚度, 并钢牛腿部位的横梁结构加厚, 确保包封钢牛腿。

为确保新老混凝土结合面的粘结性能，对原横梁侧面和底面进行凿毛处理，梁侧植筋，与拖梁钢筋箍筋焊接。

拖梁采用自密实混凝土、泵送浇筑工艺，一次成型，再浇筑引桥叠合梁端部二次混凝土。

图4为引桥横梁底部及端部加固叠合梁结构。

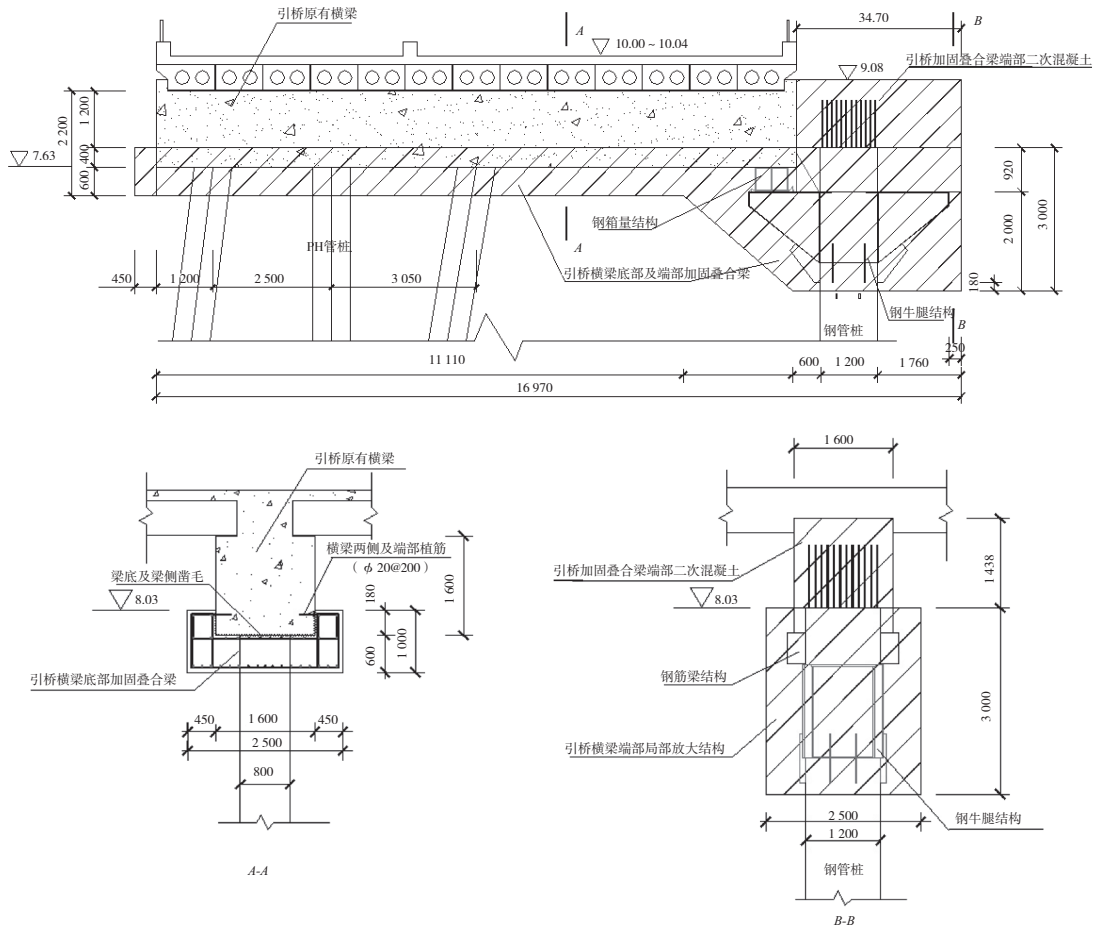


图4 引桥横梁底部及端部加固叠合梁结构

3) 结构防腐。

采用水下焊接牺牲阳极阴极防护，对钢管桩进行保护，钢管桩外侧防腐涂层进行现场喷涂进行涂层修补；横梁侧面和底面喷涂GSYII型有机硅渗透剂。实现对水位变动区和浪溅区的钢管桩和横梁结构的防腐保护^[4]。

6.3 永久加固修复效果评价

在不停产条件下实施加固施工，确保了修复后引桥能够达到受损前的通行能力，并增加该段的防撞性能，结构达到原设计规定的使用年限50 a的要求。

7 结语

在水工结构受撞、处于临界稳定状态下，

为确保失稳不加剧、不产生次生事故、实施快速抢修、短期永久修复加固，对天原化工码头受损引桥的抢修和永久加固修复进行探索和实践，尤其是在外侧沉桩、安装可旋转钢牛腿实现对受损结构提供足够支撑，通过拖梁等关键技术实现永久加固修复，确保抢修安全、结构整体性和耐久性，可为类似抢修工程提供借鉴。

参考文献：

- [1] JTJ 291—1998 高桩码头设计与施工规范[S].
- [2] JTJ 254—1998 港口工程桩基规范[S].
- [3] JTS 205-1—2008 水运工程施工安全防护技术规程[S].
- [4] JTJ 275—2000 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)