

无粘结预应力技术在码头维修中的应用

□天津港务局 曹 银

摘要: 本文针对码头结构构造特点和腐蚀环境, 提倡采用补加体外高强无粘结预应力筋的技术, 并辅以可靠的防腐蚀损坏码头面板施工技术可以解决海港码头高桩梁板式结构钢筋锈蚀问题。

关键词: 码头维修 无粘结 技术

概述

海港码头由于长期工作在有腐蚀性介质的潮湿环境中, 钢筋锈蚀问题尤为突出, 其中又以高桩梁板式结构为甚。这是因为板、梁等上部构件暴露面积大, 又长期处于潮湿、不通风的环境条件下, 经常受到浪花溅湿, 飘沫及盐雾蒸腾的作用, 钢筋极易锈蚀。根据我国的有关调查资料, 高桩码头一般使用 10-15 年左右就会出现不同程度的锈蚀破坏。码头面板的受力钢筋严重锈蚀后, 使得码头面板的承载力、安全度降低。为保证码头的正常安全作业, 必须对严重锈蚀的面板进行修复。通常的修复方法是“拆旧换新”, 该方法不仅直接费用高, 间接费用也很高, 而且还要影响码头的正常装卸作业。因此, 如何判别破损程度、怎样评估构件的残余承载力, 创造一种高效、低耗、可靠的修复严重锈蚀损坏码头面板的新技术、新方法是十分必要的, 也是海港码头维护中亟待解决的问题。

码头损坏构件现状及补强加固的必要性

天津港拥有码头岸线八千余延米。由于软土地基地质条件的制约, 已建码头绝大部分采用高桩梁板式结构, 始建于 50 年代末, 至今已有 40 年的历史。根据调查资料显示高桩梁板式结构码头梁、板等上部构件, 使用十几年后, 就会出现不同程度的锈蚀破坏, 如锈斑、锈胀裂缝、保护层剥离或脱落等。使用 25 年后, 钢筋锈蚀引起的构件破坏程度已非常严重, 必须视锈蚀程度轻重, 采取相应的修补或拆除更换的修复方案。

目前, 天津港大部分码头使用年限超过 15 年, 锈蚀破损的问题越来越突出。现在, 天津港每年对此投入的维修费用已达数百万。

通过对已报废并拆除的码头面板的研究分析, 其损坏主要是由于面板中局部的预应力钢筋锈蚀严重, 导致承载能力和安全性能降低。然而, 码头面板

的混凝土强度并未降低, 完全具有使用价值。能不能继续利用锈蚀破损面板的混凝土强度, 只对锈蚀损坏的受力钢筋进行有效的补强加固, 使之重新满足正常的使用要求和安全要求呢? 但在海水的严重腐蚀工作环境下, 对于预应力钢筋混凝土构件, 采用常规的补加预应力钢筋的维修方法是难以实现的。针对码头结构构造特点和腐蚀情况, 我们提出了采用补加体外高强无粘结预应力筋的技术, 并辅以可靠的防腐措施来修复严重锈蚀损坏码头面板的想法。

码头损坏面板补强加固构思

在借鉴当代最新建筑技术和吸取常规预应力补强加固技术经验的基础上, 经广泛的调查、试验、研究、论证, 认为对因受力筋锈蚀而损坏或报废的面板, 采用补加体外无粘结预应力筋的技术是可行的, 能较好的解决以上技术难题。

该方案的主要特点是根据面板受力筋锈蚀损坏的不同程度, 采用补加全部或部分无粘结体外预应力筋的方法, 即在损坏或要报废的混凝土面板上钻孔, 将补加的无粘结体外预应力从孔中穿入, 与两端的锚具共同形成一个合理有效的预应力补强加毗体系 (如图 1 所示)。使由于原受力筋锈蚀损坏造成的码头构件承载能力和抗弯能力的降低得以大幅度的提高。并施以有效可靠的防腐处理措施, 使要报废或损坏的构件恢复到等于或大于原有的设计能力, 满足使用要求, 并保证其抗腐蚀性和耐久性, 延长码头的使用寿命。

以上方案有许多技术难题必须解决: 如加固中的一些具体的技术参数的选取; 原筋和加筋在荷载作用下的工作状态; 采取的防腐措施可靠性、耐久性如何; 施工的可行性等。只有通过认真的试验, 经过科学的研究分析, 才能为设计和施工提供准确可靠的依据, 才能保证被加固构件的可靠性和耐久性。

码头损坏面板补强的可行性

1. 无粘结预应力技术主要是由无粘结高强低松弛预应力钢绞线、锚具及相应的施工工艺组成。无粘结高强低松弛预应力钢绞线的抗拉强度可达 1860MPa, 由于其受力筋不与构件混凝土相粘的特点, 固可以实现用常规预应力技术达到的一些技术

体外预应力筋的防腐问题

无粘结钢绞线作为一种高强建筑钢材，除了在其力学性能方面具有严格的要求外，对其防腐材料也有严格的要求。无粘结钢绞线由三部分组成：钢绞线、钢绞线套管（为高压聚乙烯软管）及管内用来防腐和润滑用的油脂。防腐主要来自管内油脂和外部的聚乙烯管。实验证明高压聚乙烯管材，具有优良的耐腐蚀性能和抗老化性能。

为进一步提高补加的预应力筋防腐性能，延长使用寿命。在补强加固中，根据现场情况，增加以下防腐措施：(1) 施工中因碰撞、挤压使包裹塑料管破损的，应立即采取措施，将其用防腐材料封闭；(2) 在原塑料管外再套一根壁厚 $> 2\text{mm}$ 以上的高压聚乙烯塑料管，并在两套管之间灌高效防腐材料浆液；(3) 在面板底面，凿除原有的腐蚀、松软及炭化混凝土后，连同补加的预应力筋塑料管外壁枪喷细石混凝土或其它高效防腐材料，以彻底封闭氯离子的入侵通道。通过以上的防腐措施，补加的体外预应力筋，在其防腐性能方面有充分保证。

3、补强加固对面板本身及周围结构的影响

对于加固可能带来的问题做验算分析。锚固支座处局部挤压应力的验算；磨耗面层和码头面板之间的剪切强度验算；面板在补加预应力作用下的变形验算；以及应力应变对加固面板本身及周围结构影响验算等。验算表明在补加预应力的作用下，其不利数值都是很小的。

损坏面板的补强加固材料及施工方法

1、补强加固材料：主要补强材料为高强低松弛无粘结钢绞线，其抗拉强度为 1860mpa ，钢绞线为 140mm ，整个无粘结钢绞线断面为 314mm ，每根钢绞

线的破断力为 260kN 。无粘结钢绞线断面示意图见图2。

补强加固用的锚具为三夹片的单孔或三孔锚具，预应力张拉机具为专用的前卡式张拉千斤顶及高压油泵。防腐材料主要为掺有防锈剂的膨胀混凝土及水泥砂浆，以及泡沫聚氨酯和弹性防腐聚氨酯。

2、补强加固施工：现场破损码头面板补强加固流程由破损面板测量定位 - 拉孔 - 穿钢绞线 - 安装锚具 - 张拉 - 防腐处理等工序组成。

(1) 钢筋混凝土面板钻孔。根据穿筋数量，来确定孔径的大小。以钢绞线顺畅穿过为好，不能过大也不能过小。钻孔角度是指钻孔轴线与面板水平面所夹的角度。角度大小即要满足加固受力，又要满足施工简便两方面。

(2) 对破损的码头面板进行补加体外无粘结钢绞线，首先要解决补加钢绞线的锚固问题。锚固构件应能满足：a、每个锚固点能可靠承受 60 吨以上的压力；b、补加筋及锚固端容易进行可靠的防腐处理；c、锚固端的施工简便易行，且受力可靠合理。另外，锚固端的处理，一定要使锚垫板下的混凝土平整，保证锚垫能全面平整的与面板混凝土接触，使之受力均匀。

(3) 补加的无粘结钢绞线、钻孔、锚垫板、锚具等应在同一条轴线上，这样才能保证钢绞线的良好受力状态。

3、补强加固面板的防腐施工：其施工最关键是要保证补加钢绞线长期不锈蚀，彻底封闭海水中氯离子的入侵通道。防腐的主要部位是锚头、锚具和钢绞线的夹角、拐点两处。

锚头、锚具的防腐措施是：先在锚头、锚具上涂

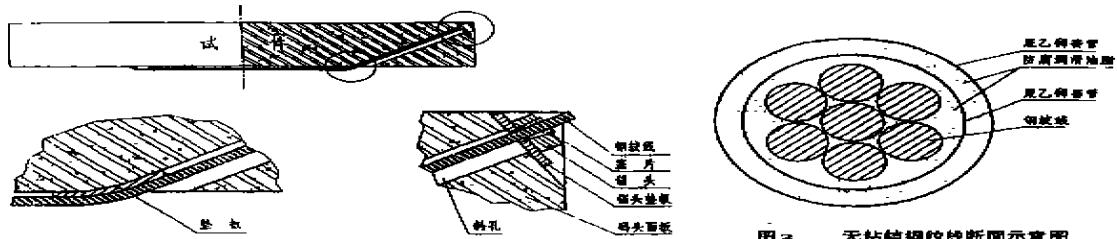


图1. 码头破损面板补强加固方案示意图

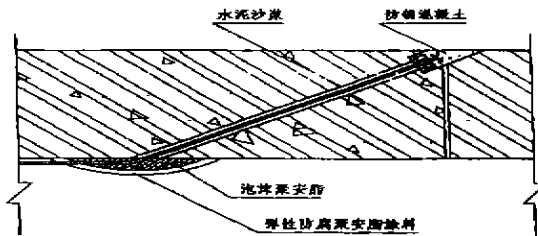


图3. 无粘结钢绞线防腐处理示意图

图2 无粘结钢绞线断面示意图



摘要：通过对漓江尾倾游船“观光 701”号成功进行技改的分析论证，阐述了漓江游船尾倾产生的原因及改善尾倾游船技术性能的相关理论依据，提出了改造该类游船的具体实施措施。

关键词：船舶 尾倾 技改

问题的提出

漓江，桂林旅游精华所在。随着旅游业的不断发展，漓江游船已由过去十几艘发展到今天 180 多艘，为桂林市创造了巨大的经济效益和社会效益。

通常，造船界将吃水在 0.8 ~ 1.2 米之间的船舶称为浅吃水船；而漓江游船吃水均在 0.4 ~ 0.6 米之间，笔者称之为超浅吃水船。超浅吃水游船通常采用双隧洞纵流压浪船型；由于受吃水限制，浮心距舳为 -0.5 米左右，而游船的重量分布是相对固定的（前部是客舱、后部机舱），重心距舳为 -1.0 ~ -1.5 米之间，故游船空载状态尾倾是难以避免的，压载航行又会增加船舶吃水，加之受浅水效应的影响，隧洞中水流挤压，流速增加，引起抽空现象，使船尾下沉，产生较大尾纵倾。

“观光 701”号游船，船长 32.5 米，水线长 29.7 米，总宽 6.4 米，型宽 5.8 米，型深 1.1 米，满载吃水 0.54 米，载客 128 人，双机、双隧洞线型，螺旋桨直径 760 毫米，主机为两台 6105 型，共计 96 千瓦，完工航速测定为 13.2 公里/小时，空载首吃水为 0.38 米，尾吃水为 0.55 米，存在较大的尾纵倾现象。该船由南宁造船厂设计，1995 年由漓江造船厂制造，交付使用以来，船东反映该船逆水爬滩能力不足，舵效较差，遇雷雨大风天气顶风航行时不安全，要求对这一现象进行改良。

原由分析

针对船东反映的问题，我厂和船东一起对该船作了全面细致的调查研究，发现了问题产生的原因：

刷一层防腐涂料，然后用掺有防腐剂的微膨胀混凝土对锚头、锚具进行封闭处理。钢绞线拐点处的防腐处理措施是：拐点处钢绞线先用泡沫聚氨酯进行封闭，然后在泡沫聚氨酯之上涂刷多遍的弹性防腐聚氨酯涂料。如图 3 所示。

结论

1、通过码头面板室内补强加固实验，证明采用体外无粘结预应力技术修复破损码头面板的方案是成功的。其施工工艺和方法是可行的，其工作性能在以下几方面均有大幅度改善。

- a、较大幅度改善了破坏面板的承载能力；
- b、对于断裂破坏的码头面板具有同等补强效果；
- c、改善了破损面板的抗变形能力；
- d、较大幅度改善了破损面板的抗裂变能力；
- e、较大幅度改善了破损面板的初裂荷载。

2、通过室内和现场的实验比较，可以得出采用体外多层无粘结钢绞线修复严重损坏的码头面板，在力学性能方面，比室内试验效果还要好。其原因主

要是由于多层无粘结钢绞线较大幅度降低了钢绞线夹角处的预应力损失，从而提高了有效预应力，使补强加固体系的受力状态更合理。在施工技术具有简单、快捷、实用、可靠等优点。

a、施工设备轻便，一个人就能搬运，占用场地小；

b 施工速度快，加固一块码头面板仅需一天时间，施工效率大大提高；

c、采用该技术补强加固码头面板，可以做到基本上不影响码头的正常装卸作业，非常适合繁忙的码头加固维修施工；

d、补加的钢绞线，具有可更换性。即当补加的钢绞线使用一段时间后，若发生钢绞线锈蚀、断丝或其它原因不能满足使用要求时，可拆下损坏钢绞线更换新钢绞线，重新进行加固施工；

e、可以大幅度降低维修工程费用。经测算采用体外无粘结预应力技术修复严重破损码头面板的直接费用，不到原拆旧换新直接费用的一半。■