

## 连云港某高桩码头梁板体外预应力加固效果检测分析

尤梦姗, 冯伯林

(河海大学交通与海洋工程学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:** 在对高桩码头梁板的损坏原因分析的基础上, 结合连云港某高桩码头体外预应力加固检测结果, 介绍预应力加固效果的检测方法。通过分析影响加固效果的因素, 提出了相应的改进措施。

**关键词:** 高桩码头; 预应力; 体外加固; 检测

**中图分类号:** U656.1+13

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-4972(2004)10-0060-03

### Analysis of Examining Results of Surface Pre-stressing Consolidation of A High-Piled Wharf in Lianyungang Port

YOU Meng-shan, FENG Bo-lin

(Traffic and Ocean Engineering College, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the damage reasons of slab-beam of a high-piled wharf, and in combination with the examining results of surface pre-stressing consolidation of a high-piled wharf in Lianyungang Port, this paper introduces the examination methods of pre-stressing consolidation effect. By studying the factors influencing the consolidation effect, this paper proposed corresponding measures for improvement.

**Key words:** high-piled wharf; pre-stress; surface consolidation; examination

#### 1 前言

现有调查资料表明<sup>[1]</sup>, 华北、华南的不少高桩码头在过去几十年甚至更近的使用时间内, 都相继出现过梁板构件不同程度的损坏, 对码头的正常运作造成了严重影响。码头梁板构件的损坏情况主要表现为面板下侧混凝土起皮开裂, 甚至脱落, 钢筋外露并导致钢筋的锈蚀, 有些码头的梁板构件钢筋都已锈断。适时有效地加固维护可以减缓码头梁板构件的破坏, 从而延长码头的正常使用时间。为了取得较好的加固效果, 有必要对其进行检测。本文对连云港某高桩码头梁板体外预应力加固技术效果的检测成果进行了分析, 对如何取得更好的加固效果进行了研究。

#### 2 高桩码头梁板损坏原因<sup>[1-3]</sup>

高桩码头的梁板结构由于其自身的结构特点和其特别

恶劣的工作环境, 相对于普通建筑的梁板结构更容易破坏, 从根本上看, 造成高桩码头梁板结构损坏的因素如下:

(1) 高桩码头本身结构特点: 高桩码头是透空式的, 上部结构构件类型和数量多, 且覆盖面积大, 其底部轮廓形状复杂, 棱角多, 死角多, 空气不流通, 高浓度海盐水气不易排出, 高温高湿, 导致底部混凝土易碳化, 构件中的钢筋易锈蚀。

(2) 恶劣的工作环境: 无任何保护的高桩码头钢筋混凝土构件受海洋环境影响大, 腐蚀介质(如高浓度的氯离子)的渗入容易破坏混凝土中钢筋表面起保护作用的钝化膜, 使钢筋锈蚀, 从而进一步导致混凝土开裂、露筋, 严重影响建筑物的持久性。

(3) 施工工艺: 调查资料表明, 许多码头结构施工时的混凝土水灰比超过了 0.5, 这就必然会导致混凝土的孔隙

收稿日期: 2004-04-26

作者简介: 尤梦姗(1978-), 女, 浙江宁海人, 硕士研究生, 从事港口海岸及近海工程结构研究。



率增大，从而使氯离子更容易扩散；如果施工质量不好，保护层厚度不够，则钢筋易被腐蚀。

(4) 混凝土材料本身的缺陷：主要表现为内部不密实，有不同程度的蜂窝孔洞存在，还有因混凝土离析和分层导致的水平裂缝存在。这些缺陷在工作环境特别恶劣的高桩码头结构中，影响是巨大的。

### 3 检测原理及仪器布置

本检测实验采用的仪器为钢弦式轴力计，其工作原理是：轴力计中有1根张紧的钢丝弦，当有外力作用时，弦的自振频率随弦的内应力相应地发生变化，钢丝弦受到的张力越大，自振频率越高；反之，自振频率就降低。因此，测出钢弦频率的变化，就可测定外力的变化，即得到施加在钢筋上的预应力的变化。

测得钢筋预应力按公式(1)计算：

$$N = K(f_i^2 - f_0^2) \quad (1)$$

其中：K——钢筋轴力计的灵敏系数 (kN/Hz<sup>2</sup>)；

$f_i$ ——张拉钢筋后在*i*时段的自振频率 (Hz)；

$f_0$ ——钢筋张拉前的初始自振频率 (Hz)。

现场对45-46板及38号梁分别做了2组体外预应力加固效果测试。钢筋轴力计布置分别见图1、2。

如图中所示，面板上钢筋预留孔道是曲线型的，梁上钢筋预留孔道为直线型，每根钢筋分别布置3个钢弦式轴力计，都采用一端锚固，另一端张拉。张拉控制应力设定为125kN。面板、梁钢筋预应力锚固结果如表1~4所示。

从表1看出，44-45面板4号孔24h后钢筋预应力锚固平均值为77.374kN，为控制应力的61.9%。在13号孔的钢筋张拉前，考虑到4号孔位于钢筋起弯处混凝土因受力集中可能被压

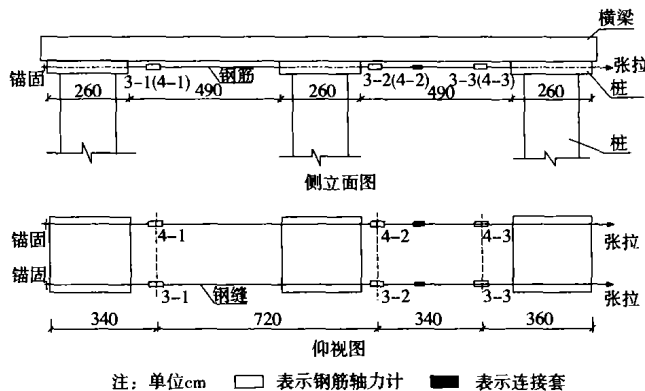


图2 38号梁钢筋轴力计布置图

表1 45-46板4号(2-2断面)钢筋预应力测试结果

测点	2-1		2-2		2-3	
	K=3.954×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.273×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.314×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )	
测值	频率 (Hz)	轴力 (kN)	频率 (Hz)	轴力 (kN)	频率 (Hz)	轴力 (kN)
工况						
初始	1568.8		1504.6		1558.3	
张拉 125kN	2115.8	79.692	2001.4	74.426	2069.1	79.933
锚固后	2103	77.557	2017.3	77.157	2054.9	77.407
24h	2096.2	76.428	2011.4	76.141	2049.2	76.398

表2 45-46板13号(5-5断面)钢筋预应力测试结果

测点	5-1		5-2		5-3	
	K=4.213×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.452×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.872×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )	
测值	频率 (Hz)	轴力 (kN)	频率 (Hz)	轴力 (kN)	频率 (Hz)	轴力 (kN)
工况						
初始	1 464.8		1 542.3		1 549.2	
张拉 125kN	2 024.2	82.227	2 054.8	82.073	2 012.1	80.316
锚固后	2 025.4	82.432	2 056.2	82.329	2 012.7	80.434
24h	2 025.6	82.466	2 059.8	82.989	2 016	81.082

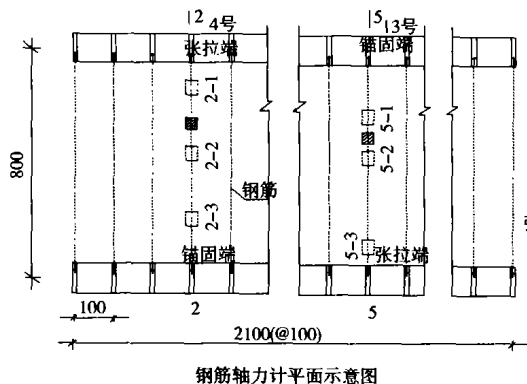


图1 45-46面板钢筋轴力计布置图





表3 38号梁(3-3断面)钢筋预应力测试结果

测点	3-1		3-2		3-3	
	K=4.193×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.413×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.346×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )	
测值	频率	轴力	频率	轴力	频率	轴力
工况	(Hz)	(kN)	(Hz)	(kN)	(Hz)	(kN)
初始	1 581.8		1 502		1 586.8	
张拉 125kN	2 289.5	114.88	2 273.2	128.48	2 340.2	128.58
锚固后	2 253	107.92	2 183.2	110.78	2 236.3	107.92
24h	2 210.3	99.93	2 166.2	107.52	2 216.5	104.08

表4 38号梁(4-4断面)钢筋预应力测试结果

测点	4-1		4-2		4-3	
	K=4.361×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.249×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )		K=4.618×10 <sup>-5</sup> (kN/Hz <sup>2</sup> )	
测值	频率	轴力	频率	轴力	频率	轴力
工况	(Hz)	(kN)	(Hz)	(kN)	(Hz)	(kN)
初始	1 485.3		1 485.8		1 558.2	
张拉 125kN	2 223.6	119.42	2 267	124.57	2 228.1	117.13
锚固后	2 201.3	115.11	2 327.2	136.32	2 223.2	116.12
24h	2 178.5	110.76	2 302.6	131.48	2 195.9	110.55

碎而导致预应力降低, 故在两边钢筋起弯处各垫1块铁皮, 一方面扩大受力面积, 另一方面减少摩阻力, 测出24h锚固预应力值达81.732kN, 为控制应力的65.4%。表3、表4是38号横梁预应力加固的检测结果, 梁上钢筋的预留孔道为直线型, 采用直线张拉, 张拉锚固24h后2根钢筋预应力平均值分别为108.873kN、122.52kN, 各达控制应力的87.1%和98%。

#### 4 加固效果分析

检测结果表明, 采用体外预应力对已建高桩码头梁板结构进行补强加固效果是明显的, 但梁和面板预应力锚固值之间及与设定控制应力存在很大差异, 其原因及相应的措施如下:

(1) 钢筋线型布置优化。对于板结构加固, 根据结构形式及张拉条件要求, 需采用两端斜下凿孔穿筋, 弯曲张拉(图1)的方法。由于人工凿孔, 随机性较大, 弯曲的曲率半径难控制, 使得有些弯曲角度过大, 也就导致曲线筋的曲率磨擦损失和因钻孔位置偏差引起的磨擦损失增大, 因此, 通过尽量加大弯曲的曲率半径和减少凿孔偏差可有效减少预应力损失<sup>[4]</sup>。

(2) 钢筋起弯处作局部保护。通过面板上两组预应力张

拉效果比较看出, 对于体外预应力弯曲布置的钢筋, 在张拉时, 出口端部和钢筋起弯处易形成应力集中而压碎混凝土, 从而导致钢筋预应力迅速降低, 故在弯角处垫上铁皮或套上管子可扩大受力面积, 从而有效地提高锚固预应力。

(3) 提高锚固端混凝土的质量。为防止因锚固端局部混凝土压碎而导致的预应力损失, 一方面, 要求与锚具相接触的混凝土表面要平整, 从而受力均匀, 不会产生应力集中; 另一方面, 混凝土的抗压强度要高, 要能满足预应力锚固时的强度要求。另外, 垫板之间以及垫板与锚具之间的缝隙的压紧也会使预应力降低<sup>[4]</sup>。因此, 在混凝土构件锚固端的平整度和强度的提高的同时对锚具垫板数量也应有所限定。

(4) 适量进行超张拉。混凝土内部预应力的传递和提高需要一个过程, 采用一次加载, 内部预应力达不到理想效果。在实际张拉过程中, 应分级施加控制应力<sup>[4]</sup>, 当预应力损失较小时, 可通过超张拉来弥补损失。如在38号梁第二根钢筋张拉时就适当地进行了超张拉, 预应力值达到了控制应力的98%, 取得了显著的效果。

#### 5 结论

(1) 体外预应力加固方法, 在满足抗弯、抗剪的同时, 可节省钢筋; 减少管道摩阻损失。对高桩码头梁板的维修加固补强效果明显。

(2) 该方法还需不断改进施工工艺, 尽量减少预应力损失, 以取得更好的加固效果。

(3) 有必要继续研究和开发新型的具有强耐久性和抗腐蚀的材料, 使混凝土的表面裂缝推迟出现或少出现, 从而从根本上减少腐蚀介质进入的通道。

(4) 体外预应力加固法采用喷射砂浆混凝土来形成保护层, 其新老混凝土的联结能力和强度问题有待进一步研究检测。

#### 参考文献:

[1] 蒋元驹, 韩素芳. 混凝土工程病害与修补加固[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.  
 [2] 李桂林, 程良奎, 罗竟宁. 混凝土与钢筋施工手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1998.  
 [3] JTJ275-2000, 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范[S].  
 [4] 河海大学、大连理工大学、西安理工大学、清华大学合编. 水工钢筋混凝土结构学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996.