

## 附加悬块锚链结构的受力分析

郑瑞杰, 刘庆茶

(大连理工大学土木水利学院, 辽宁 大连 116024)

**摘要:** 提出一种新型锚链结构——附加悬块锚链结构, 用程序试算法确定每段锚链的长度, 从而确定附加悬块锚链的受力特性, 并且再次用试算法求出了在给定位移下的锚链恢复力。

**关键词:** 新型锚链; 附加悬块锚链; 试算法

中图分类号: O353

文献标识码: B

文章编号: 1002-4972(2005)11-0014-03

### Tension Analysis of Anchoring Chain with Additional Block

ZHENG Rui-jie, LIU Qing-cha

(School of Civil & Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

**Abstract:** This paper presents a new type anchoring chain, i.e. anchoring chain with additional block. The length of each piece of anchoring chain is determined using a method of trial procedure, so as to determine the tension of anchoring chain with additional block. By the same method, we obtain the restoring force of anchoring chain under given displacement.

**Key words:** new type anchoring chain; anchoring chain with additional block; method of trial procedure

海洋浮动式石油钻井结构大都用锚链定位, 因此, 对于悬链的受力性能以及悬链的确定进行了广泛的研究。理论研究表明, 悬链线锚链的受力状态是十分复杂的, 特别是在波浪力、水流力、风力等不确定荷载作用下, 不可能有一个完整精确的公式把这些因素全部描述出来。而且, 在动力分析中, 悬链的恢复系数具有非线性, 恢复系数还与材料本身的形状、尺寸大小、加工工艺、材料的初始缺陷、初始应力、残余应力、塑性变形及加载历史有关。在实际问题中, 忽略其中的某些次要因素进行计算是可以接受的。现在的研究多集中在如何精确地求出单锚或者多锚锚链本身的应力及恢复系数, 对于锚链结构本身没有做太多的改进。本文提

出一种新型的锚链结构, 即附加悬块锚链结构(图1), 并根据现有资料对其受力和恢复系数作了初步分析<sup>[1]</sup>。

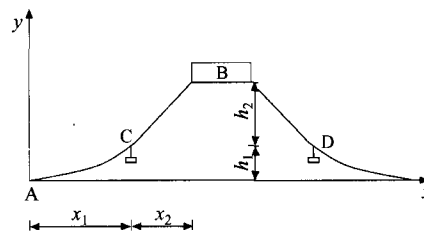


图1 附加悬块锚链示意

在锚链的某一位置加一个悬块, 使B点的初始水平力和竖直力增大, 这对于阻止所锚之物的上下或左右摆动是非常有益的。无卧链长度时锚链对平台的作用力可由下式求得<sup>[2]</sup>:

收稿日期: 2005-04-26

作者简介: 郑瑞杰 (1980-), 男, 硕士研究生, 港口海岸及近海工程专业。

$$\begin{cases}
 b^2(L-h^2)=2x_0^2(\cosh b-1) \\
 b=x_0/a \\
 T_h=aW \\
 T_v=WL+T_h(k^2-1)/2k \\
 k=a(1-e^{-b})/(L-h)
 \end{cases} \quad (1)$$

式中： $L$ 、 $W$ 、 $x_0$ 、 $h$  分别为锚链长度，锚链单位长重量，投锚距离和锚固点到海底的距离， $T_h$ 、 $T_v$  分别代表锚链的水平和垂直分力，锚链参数  $a=T_h/w$ 、 $w$  为水中锚链单位长重量。

### 1 锚链的静态分析

根据以上理论，可对附加悬块锚链进行受力分析，本文以无卧链长度锚链为例。如图 1 所示，设  $AC$  段锚链的长度为  $L_1$ ， $CB$  段的长度为  $L_2$ ，则：

$$\begin{cases}
 b_1^2(L_1-h_1^2)=2x_1^2(\cosh b_1-1) \\
 b_1=x_1/a_1 \\
 T_{h1}=a_1W \\
 T_{v1}=WL_1+T_{h1}(k_1^2-1)/2k_1 \\
 k_1=a_1(1-e^{-b_1})/(L_1-h_1)
 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases}
 b_2^2(L_2-h_2^2)=2x_2^2(\cosh b_2-1) \\
 b_2=x_2/a_2 \\
 T_{h2}=a_2W \\
 T_{v2}=WL_2+T_{h2}(k_2^2-1)/2k_2 \\
 k_2=a_2(1-e^{-b_2})/(L_2-h_2)
 \end{cases} \quad (3)$$

#### 1.1 AC 段锚链长度的范围

显然， $\widehat{AC} > \sqrt{x_1^2+h_1^2}$ ， $\widehat{CB} > \sqrt{x_2^2+h_2^2}$ ， $\widehat{AC} = L - \widehat{CB} < L - \sqrt{x_2^2+h_2^2}$ ，（ $L$  为锚链总长）。

所以： $\sqrt{x_1^2+h_1^2} < L_1 < L - \sqrt{x_2^2+h_2^2}$

#### 1.2 用程序试算法确定锚链参数

由于式 (2)、(3) 都为超越方程，方程没有精确解，所以只能用试算法确定  $L_1$ 、 $L_2$  值，具体

方法如下：

(1) 使  $L_1$  从  $\sqrt{x_1^2+h_1^2}$  开始，以 0.1 的步长增加到  $L - \sqrt{x_2^2+h_2^2}$ ，把  $L_1$  和  $L - L_1$  分别代入式 (2)、(3) 的前三个方程，求出对应的  $T_{h1}$  和  $T_{h2}$ 。当  $|TT_{h1} - T_{h2}|$  最小时，此时可认为  $T_{h1}$  为锚链的水平力， $L_1$  为弧  $\widehat{AC}$  的长度， $L - L_1$  为弧  $\widehat{CB}$  的长度。

(2) 把  $L_1$  和  $T_{h1}$  代入 (2) 的第四个方程，求出  $T_{v1}$ ；把  $L - L_1$  和  $T_{h1}$  代入 (3) 的第四个方程，求出  $T_{v2}$ ；悬块的重量  $Q$  可由  $T_{v1}$ 、 $T_{v2}$  确定， $Q = T_{v2} - T_{v1}$ 。

### 2 锚链恢复力的确定方法<sup>[3]</sup>

如图 2 所示，平台的水平距离为  $m$ ，假设悬块没有竖向位移，左侧的悬块水平距离为  $a$ ，右侧悬块水平距离为  $b$ ，显然有  $0 < a < m$ ， $0 < b < m$ 。 $x_{11} = x_1 + a$ ， $x_{22} = x_2 + m - a$ ，仍然以 0.1 为步长，每一个  $a$  值对应一个  $x_{11}$  和  $x_{22}$ ，分别把  $x_{11}$  和  $x_{22}$  的值代入到 (2)、(3)，求出  $T_{ih1}$ 、 $T_{ih2}$ ， $|T_{ih1} - T_{ih2}|$  最小时，对应的  $a$  值和左侧水平力  $T_{h1}$  即为所求。同理，可求出  $b$  值和右侧水平力  $T_{h2}$ ，至此，位移  $m$  所对应的恢复力  $F$  就可求出， $F = T_{h1} - T_{h2}$ 。

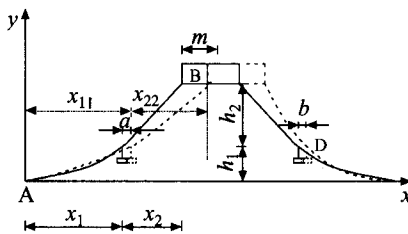


图 2 锚链动态示意图

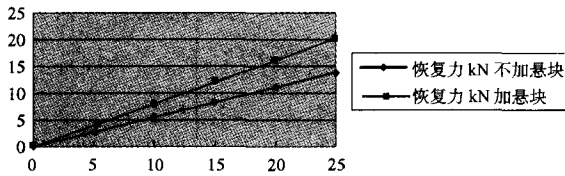
### 3 例题

某附加悬块锚链结构 ( $L=1050$  m,  $w=0.01$  kN/m,  $l_1=400$  m,  $l_2=500$  m,  $h_1=143$  m,  $h_2=256$  m,  $Q=3$  kN) 浮动结构水平位移为 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m。

用不加悬块锚链理论计算： $T_h=31.26$  kN,  $T_v=15.08$  kN。

用加悬块的锚链计算得： $T_{h1}=50.3$  kN,  $T_{v1}=28.3$  kN。

位移/m	0	5	10	15	15	20	25
恢复力/kN (不加悬块)	0	2.75	5.5	8.27	8.27	11.08	13.9
恢复力/kN (加悬块)	0	3.99	7.99	12.02	12.02	16.09	20.21



由以上数据可知,  $T_{h1}$  为  $T_h$  的 1.6 倍,  $T_{v1}$  为  $T_v$  的 1.87 倍, 可见, 加悬块的锚链在阻止结构上下或者左右方面要比不加悬块锚链有很大的优越性。

### 3 结语

本文提出的附加悬块锚链结构, 是在现有理

论基础上, 通过简单的程序试算, 确定其受力状态, 在浮体运动时, 忽略了悬块竖向位移的影响, 很简单地确定出锚链的恢复力。这种结构还没有被广泛使用, 在这方面的的工作还比较少, 还没有完整的计算理论和体系。因此, 笔者希望本论文能起一个抛砖引玉的作用, 希望更多的研究人员继续探讨这个问题, 解决这个问题。

### 参考文献:

- [1] JTJ294—98, 斜坡码头及浮码头设计与施工规范[S].
- [2] Mao Q, Du S X, Dong S Y. 大型浮结构水动力分析[C]// 国际大型浮结构学报 VLFS'96. 日本: 1996: 201—208.
- [3] Ben C. Gerwick, Jr. construction of offshore Structures[J]. Mooring and Anchors, 1986: 123—126.

## 《水运工程》投稿注意事项

1) 来稿必须注明作者真实姓名、工作单位(中、英文全称)、详细地址、邮编、联系电话、电子信箱, 以便联系。并附个人简介(姓名、性别、出生年、职称、学历、所从事专业, 若是少数民族请注明)。

2) 参考文献是评价期刊质量的重要参数, 作者应如实按 GB/T 7714—2005 标准列出参考文献(顺序编码), 每篇论文至少要有 5 篇参考文献, 否则本刊有权拒绝刊登。参考文献著录格式举例:

#### 专著著录格式:

主要责任者. 题名:其他题名信息[文献类型标志]. 其他责任者. 版本项. 出版地:出版者, 出版年:引文页码[引用日期]. 获取和访问路径.

#### 专著中的析出文献格式:

析出文献主要责任者. 析出文献题名[文献类型标志]. 析出文献其他责任者//专著主要责任者. 专著题名:其他题名信息. 版本项. 出版地:出版者, 出版年:析出文献的页码[引用日期]. 获取和访问路径.

#### 连续出版物著录格式:

主要责任者. 题名:其他题名信息[文献类型标志]. 年, 卷(期)—年, 卷(期). 出版地:出版者, 出版年[引用日期]. 获取和访问路径.

3) 来稿刊用与否, 恕不退稿, 作者在投稿 3 个月内可询问稿件处理情况, 在此期间稿件请勿他投。如欲另投, 务请通知本编辑部。

4) 文章著作权除《著作权法》另有规定外, 属于作者, 文责自负。署名作者的人数和顺序由作者自行, 但编辑部收到稿件后, 作者再提出改换作者顺序和增减作者时, 请每个作者务必提供书面意见, 否则本刊不予更改。

5) 本刊已被多家电子期刊全文数据库收录, 其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性付给。如作者不同意文章被收录, 请在来稿时说明, 本刊可另行处理。

《水运工程》编辑部