

# OVM250无粘结型钢绞线拉索体系 疲劳试验研究

闫云友 黄芳玮 庞维林 黄永玖 程昭荣

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

**摘要:** 本文介绍了OVM250无粘结型平行钢绞线拉索体系的结构及特点, 以及OVM250-31拉索锚具在美国CTL实验室进行的疲劳试验情况。

**关键词:** 无粘结 OVM250平行钢绞线拉索 疲劳试验 PTI2001

## 1 OVM250无粘结型钢绞线拉索体系设计背景

台湾省国道六号南投段第C608标埔里隧道及爱兰交流道工程脊背式斜拉桥工程及北港大桥工程设计采用钢绞线拉索体系, 设计要求斜拉索体系在桥梁施工及使用阶段任何时间, 均应能满足对任一根钢绞线进行重新张拉及更换作业的要求。为了使OVM250拉索体系能适应台湾桥梁设计对拉索体系的设计要求, 在原OVM250拉索体系的基础上设计出OVM250无粘结型钢绞线拉索体系。

## 2 OVM250无粘结型钢绞线拉索体系结构及设计特点

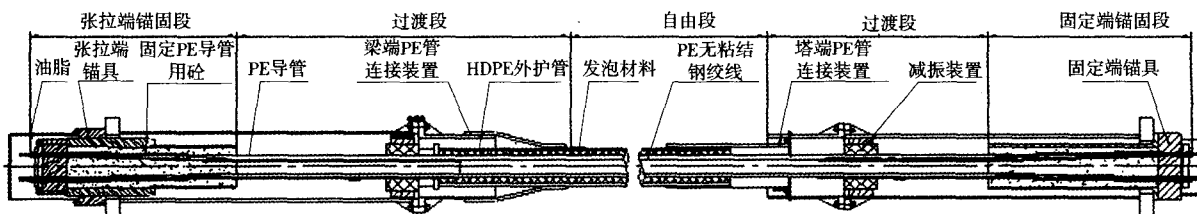


图1 OVM250无粘结型平行钢绞线拉索结构图

### 2.2 OVM250无粘结型钢绞线拉索的设计特点

#### 2.2.1 对拉索锚具结构进行优化, 提高拉索的抗疲劳性能

OVM250拉索锚具在设计中充分考虑了接触应力对拉索疲劳性能的影响, 拉索钢绞线除了在锚具夹片锚固部位为钢对钢的接触外, 其余部位均设计为与非金属接触, 降低了拉索因在动载荷作用下钢绞线与锚具间的磨擦而产生的接触应力, 提高拉索的抗疲劳性能。

#### 2.2.2 OVM250拉索防护设计

### 2.1 OVM250无粘结型拉索结构

OVM250无粘结型平行钢绞线拉索结构基本上由(1)锚固段, (2)过渡段, (3)自由段(索体)三部分组成, 如图1。

**锚固段:** 锚具 + n根钢绞线 + PE导管及固定PE导管用砵。

**过渡段:** 减振装置 + PE管连接装置及防水密封装置。

**自由段:** n根无粘结钢绞线 + 外护套(HDPE) + 外护套内灌注发泡材料(外护套内也可不填充任何材料)。

防护好坏是桥梁寿命长短的重要标志, 也是拉索体系的关键技术之一。对OVM250无粘结型钢绞线拉索体系的锚具部分及拉索索体采取了良好的防护措施, 使斜拉索的耐久性和防腐性提高, 从而延长拉索的使用寿命。

(1) OVM250拉索锚具部分, 为适应拉索的单根换索要求, 锚具设计有独立成孔的PE导管伸至预埋管管口, 在拉索安装完成后对HDPE外护管内灌注发泡材料, 发泡材料将PE导管完全密封, 防止空气中的水汽对该部分裸露钢绞线造成

侵蚀,对锚具内剥除了HDPE护层的钢绞线起到很好的防护作用。而锚头外部,钢绞线预留段,在张拉结束后装上保护罩,灌注防腐油脂进行防护。

(2) 组成索体的钢绞线采用镀锌或环氧涂层无粘结钢绞线,其本身具有多层防护,成索后有整体PE外护管防护。

(3) 梁端PE管连接装置与PE外护管之间设置有遇水膨胀橡胶条的同时,在外部用热缩套进行密封处理,从而阻断了外部水的侵入。而且热缩套管具有抗老化能力强和更换容易的特点。

(4) 拉索塔端PE管连接装置设计为大管套小管的方式,可对HDPE外护管起到伸缩补偿的作用,从而消除HDPE外护管因环境温度变化而产生的应力开裂,能大大延长HDPE外护管对拉索的有效防护年限。

(5) 拉索外护套采用外周带螺旋线的抗风雨激振型HDPE外护管,可有效地防止因风雨载荷对拉索产生的不利影响。

### 3 对OVM250无粘结型钢绞线拉索的疲劳试验研究

对于OVM250拉索结构进行的优化,OVM公司及桥梁业主非常关心其对疲劳性能的影响,为此选择了与实桥相同的具有代表性的31孔拉索锚具进行疲劳试验,试验标准严格按照PTI2001<<Recommendations for Stay Cable Design Testing and Evaluation>>(《斜拉索设计、安装、验收规范》)“4.2章 拉索的验收试验”中疲劳试验的条款进行,并选择了在国际公认的权威试验室——美国结构技术试验室(CTL)进行试验。下面将整个试验的过程作具体说明。

#### 3.1 疲劳试验试件结构及材料性能

##### 3.1.1 OVM250-31无粘结型钢绞线拉索疲劳试验试件结构图如图2。

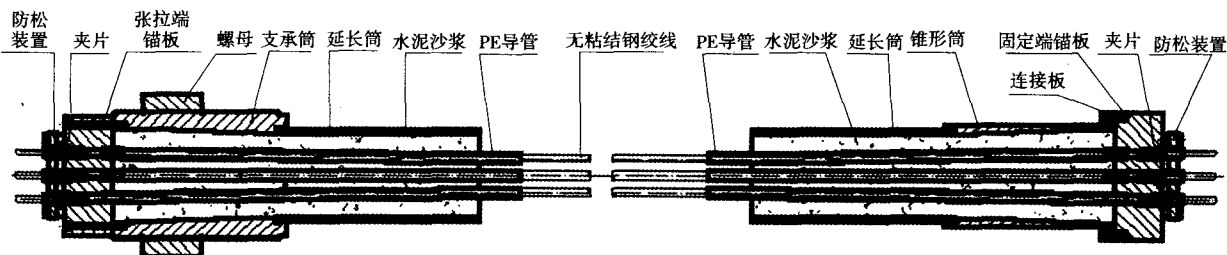


图2 OVM250-31无粘结型钢绞线拉索疲劳试验试件结构图

#### 3.1.2 试验拉索采用钢绞线的物理性能

试验拉索采用钢绞线为1860MPa级 $\Phi$ 15.24镀锌钢绞线,其物理性能如表1。

表1 钢绞线的物理性能

项目	参数	
	公称值	实测值
直径	15.24 mm	15.34mm
面积	140 mm <sup>2</sup>	144.53mm <sup>2</sup>
弹性模量	195000 MPa	198256.3MPa
最大破断力	260.7 kN	269.6kN

根据试验拉索采用钢绞线的物理性能,OVM250-31试验拉索索体的物理性能如表2。

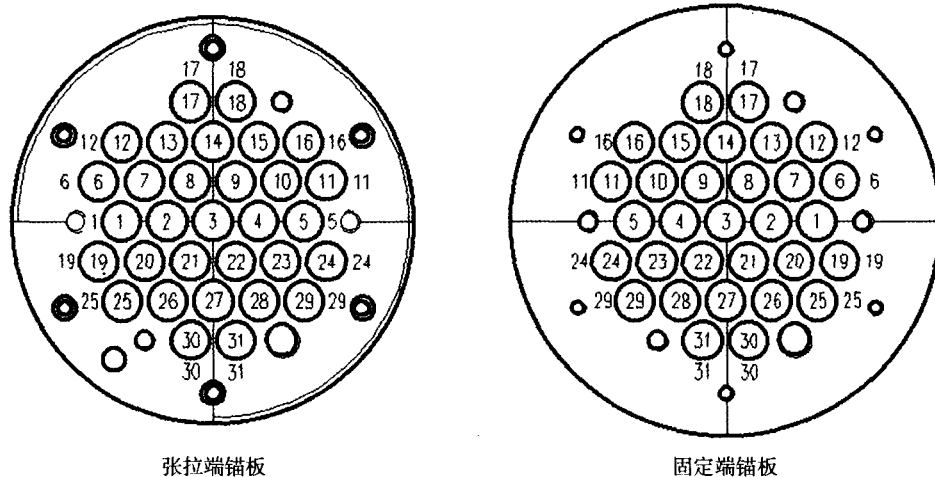
表2 试验拉索的物理性能

项目	参数
公称面积	4340 mm <sup>2</sup>
无粘结钢绞线HDPE护套外径	19.2mm
HDPE护套厚度	1.5mm
公称破断载荷(MUTS)	8081.kN
实测破断载荷(AUTS)	8357.6 kN
95%MUTS	7677.6 kN
92%AUTS	7689.0 kN

#### 3.2 疲劳试验拉索锚具试件制作

##### 3.2.1 锚板标识

为了在疲劳试验拉索试件安装时上下锚孔能一一对应,在锚具制作前用彩色油性笔在锚板锥孔端面作出孔位标记,并划好十字对称线,锚板外圆柱面上延端面十字对称线划出四等分标记线(如图3)。



注：锚孔内标示数字为锚孔对应关系编号，锚孔外数字为标识在锚板端面的锚孔编号

图3 锚板端标识图

### 3.2 锚具组装并灌浆（如图4）

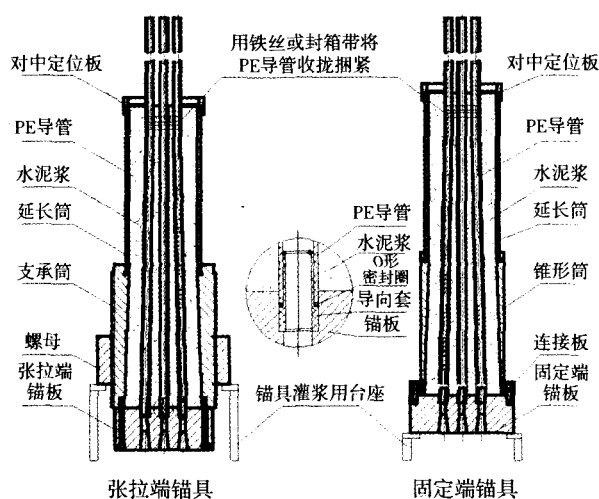


图4 OVM250-31疲劳试验锚具组装及灌浆图

(1) 锚具作好标记后，将锚板锥孔端向下水平放置。

(2) 在锚板端面的沉孔内压入定位套。

(3) 在定位套外面套上O形密封圈，并压入锚板沉孔内至定位套台阶面密贴。

(4) 由锚板中心孔向外分层逐根安装PE导管。将其压入锚板沉孔使其端面充分压住O形密封圈，为了保证相邻各根PE导管间的位置关系准确，从内向外各层PE导管可用封箱带分层进行捆扎，当PE导管安装完毕后在距锚板端面850mm处用铁丝或封箱带将PE导管捆扎牢固，使31根PE导管收紧成规则断面。

(5) 张拉端锚具组装支承筒、延长筒等零件，固定端组装连接板、锥形筒及延长筒等零件。

(6) 在延长筒出口端面安装灌浆PE导管对中定位板，以锚板圆柱面上的四条标记线为基准调整定位板及PE导管束，待PE导管位置调好后用紧定螺钉将定位板固定。

#### (7) 灌注水泥砂浆

根据所选水泥砂浆的水灰比配制并搅拌水泥砂浆，将水泥砂浆搅拌均匀后对锚头进行灌注，待水泥砂浆与锚具延长筒端面相平时停止灌注。在水泥沙浆灌注过程中应对灌注入锚具内的浆体进行适当的振动，使混入水泥砂浆内的空气能顺利排出，保证浆体的密实，在灌注锚具的同时应作水泥砂浆试块，当水泥砂浆试块强度达到30MPa以上时，才能搬动锚具并安装到疲劳试验台架进行疲劳试验。

### 3.3 拉索锚具疲劳试验

#### 3.3.1 疲劳试验组件安装

在拉索锚具的疲劳试验中，试验组件的安装是决定其成败的重要因素之一，为保证上下锚具各锚固单元孔对应位置准确，锚具安装前，在上下垫板与锚具接合面均预先用彩色油性笔划好对称线，使锚具圆柱面上的四条等分线与垫板上的对称线重合后将锚具用螺杆固定到垫板上。锚具安装图如图5。

### 3.3.2 疲劳试验要求

OVM250-31无粘结钢绞线拉索体系在美国CTL试验室进行疲劳试验,试验要求参照PTI2001 <<Recommendations for Stay Cable Design Testing and Evaluation>> “4.2章 拉索的验收试验”要求进行。具体要求如下:

(1) 拉索体系应在上限应力为45%MUTS, 应力幅200MPa的条件下经过200万次循环荷载试验, 拉索断丝率不大于2%。

(2) 拉索试件在疲劳试验后进行破断荷载试验, 其破断荷载应大于拉索实测最大破断荷载的92%或公称破断荷载的95%。

试验件在疲劳试验后的静载试验, 具体数据及结论如下:

(1) OVM250-31拉索试件在2769kN (34.3% MUTS) 至3637kN (45%MUTS) 之间(疲劳试验应力幅为200MPa) 经200万次应力循环, 拉索索体钢绞线没有出现断丝。

(2) 疲劳试验后对试件进行静载试验(破断试验), 拉索拉至破断时的荷载为7697 kN (92.1AUTS) 超过PTI2001要求的7689kN (92%AUTS)。

注: 依据表2中的数据比较, 92%AUTS力值大于95%MUTS力值, CTL实验室取92%AUTS力值作为判断拉索试件疲劳试验后静载试验是否合格的标准值。

(3) 拉索试件在静载试验后, 锚具及夹片均未出现裂纹。

根据以上试验数据, OVM250-31无粘结型拉索锚具完全满足PTI2001的要求。

## 4 结束语

OVM250-31无粘结型钢绞线拉索试件在美国CTL实验室进行的疲劳试验, 在疲劳应力幅200MPa的情况下通过200万次应力循环索体没有出现断丝, 充分证明了OVM250无粘结型钢绞线拉索体系具有优良的疲劳性能。拉索试件在疲劳试验后进行的破断荷载试验结果证明OVM250无粘结型钢绞线拉索体系具有可靠的锚固性能。OVM250-31无粘结型钢绞线拉索体系疲劳试验的成功也为OVM250钢绞线拉索体系进入台湾桥梁建设领域提供了有力保障。

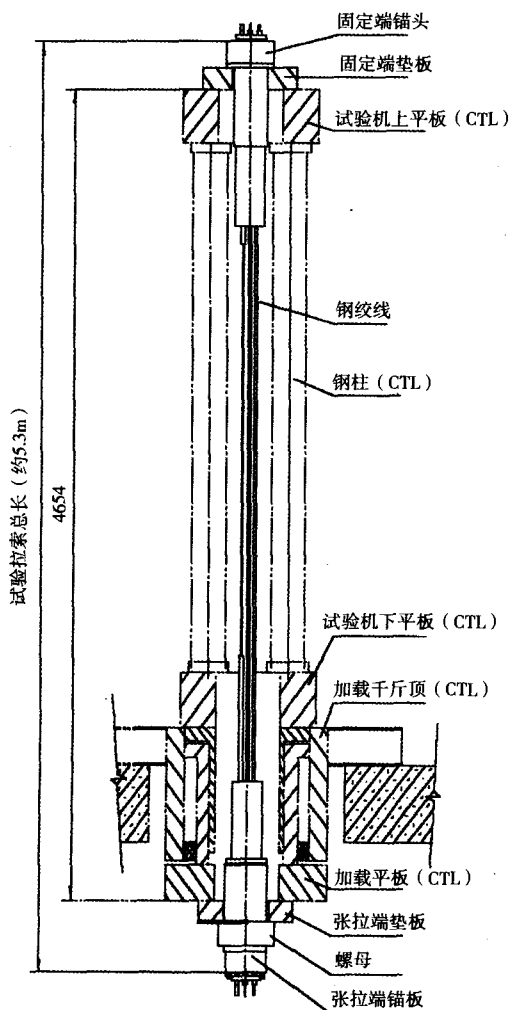


图5 疲劳试验试件安装图

### 3.3.3 疲劳试验数据及结论

2006年9月12日至2006年10月2日在美国CTL实验室进行了OVM250-31拉索体系的疲劳试验及

## 参考文献

- [1] 周永波主编. 斜拉桥手册. 人民交通出版社, 2004年3月第一版
- [2] PTI2001 Recommendations For Stay Cable Design, Testing And Installation Post-tensioning Institute
- [3] 姜招喜, 余兆新, 张青春. 钢绞线对夹片式锚具静载锚固试验影响的研究. 桥梁建设, 2006年第6期