

# OVM250群锚拉索的疲劳试验

叶日贵 黄芳玮

## 一、引言

随着桥梁技术和国民经济的飞速发展,造型各异、风格别具的斜拉桥正在国内悄然兴起,作为斜拉桥的拉索多以平行钢丝冷铸为主,已建成的上海杨浦大桥、南浦大桥、武汉长江大桥等均采用冷铸锚拉索。但是对于建设大跨径的斜拉桥来说,冷铸锚形式的拉索有一定的局限性,其主要原因是:

(1) 由于整索工厂化加工组装,成盘体积大,重量重,运输困难。

(2) 施工所需的设备庞大,架设困难,造价高。

针对冷铸锚拉索存在的缺陷,柳州市建筑机械总厂(柳州欧维姆建筑机械有限公司)历时数年研制出OVM200平行钢绞线拉索体系,并已成功应用于柳州壶西大桥、湘江衡山大桥、浏阳河黑石渡大桥、浙江金华金婺大桥等,较之冷铸锚拉索,其综合性能具有较大的优越性,主要表现为:

(1) 利用钢绞线的高强性能,减轻索体自重,节省材料。

(2) 施工现场制索,化整为零。

(3) 运输、施工设备规模较小,施工维护方便,降低工程造价。

在OVM200拉索体系成功应用后,针对斜拉桥技术的发展需要和工程需求,我厂在OVM200体系的基础上,又研制开发出性能更为优越的OVM250平行钢绞线拉索体系。

疲劳性能是斜拉索的一个重要指标,它影响到拉索的寿命及桥梁的安全,为确保万无一失,

我们特别选用了具有代表性的OVM250-19和OVM250-43两种规格的拉索进行了疲劳试验、检验。其中OVM250-19拉索动载试验委托铁道部产品质量监督检验中心桥梁与基础检验站进行。OVM250-43拉索疲劳试验委托铁道部科学研究院铁道建筑研究所进行。现分别简介如下。

## 二、试验索组装件

试验索组装件结构如图1所示。

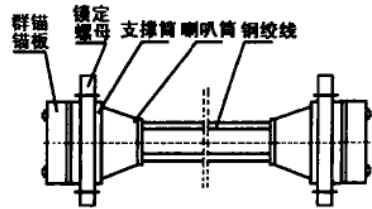


图1 OVM250群锚拉索组装件结构示意图

试件两端为夹片式锚头,并带一段钢护筒压浆段的镀锌钢绞线束拉索(由 $19 \times 7 \Phi 5$ 、 $43 \times 7 \Phi 5$ 钢绞线组成,标准强度 $\sigma_b=1770\text{MPa}$ )。

## 三、试验内容及检验要求

在斜拉桥设计中,斜拉索设计应力可在 $0.40 \sim 0.45R_y^b$ 选用,疲劳应力的安全系数宜取1.5,即设计应力幅值不超过试验应力幅值的 $2/3$ 。国内冷铸锚拉索的试验应力幅达到 $200\text{MPa}$ ,因此,对OVM250—19型群锚拉索的疲劳试验参数选择如下:应力上限 $\sigma_{\max}=0.45 \sigma_b$ (镀锌钢绞线的标准强度 $\sigma_b=1770\text{MPa}$ ),而应力幅 $\Delta \sigma = 200\text{MPa}$ ,试验荷载以正弦方式施加,试验频率为 $1\text{Hz} \sim 2\text{Hz}$ 。OVM250—43型群锚拉索的疲劳试验参数选择如下:应力上限 $\sigma_{\max}=0.45 \sigma_b$ ,应力下限 $\sigma_{\min}=0.337 \sigma_b$ ,应力幅 $\Delta \sigma = 200\text{MPa}$ ,试验荷载以频率 $f=0.5\text{Hz}$ 的正弦方式施加。依照《中华人民共和国交通行业标准》JT/T6—94第

6, 4, 3, 2条之规定, 在上述额定荷载作用下, 试验索经 $2 \times 10^6$ 次脉冲加载后, 试验索钢绞线的钢丝断丝数不得大于总钢丝数的5%。

#### 四、试验设备

##### (1) OVM250—19拉索

本次试验用的试验设备为MTS6000kN试验系统, 该系统静载加载能力为: 压6200kN, 拉4400kN, 动载加载能力为 $\pm 2200$ kN。加载频率最高2Hz。试验框架净空约7m, 试验加载精度为满量程的5%。

##### (2) OVM250—43拉索

加载设备为美国MTS公司制造的20000kN电液伺服试验机, 其主要性能参数为: 压20000kN, 拉12000kN, 试件尺寸: 压10m, 拉7.5m, 控制精度为满量程的5%。

#### 五、试验过程

试验材料运抵现场后进行安装, 在安装过程中应避免钢绞线束的过度弯曲以及钢绞线外层横向的磨损, 这主要是避免钢绞线产生原始损伤, 对试验索疲劳寿命产生不利影响。

(1) 对拉索试件, 试验前测定了两端锚具支承底面之间的实际距离以及上下锚具外露钢绞线初始位置读数(任选三点)。

(2) 预静加载一次, 最大加载应力为 $0.54 \sigma_b$ ; 然后卸载至应力为0。

(3) 静拉伸试验一次, 最大加载应力为 $0.54 \sigma_b$ 。在应力 $0.05 \sigma_b$ 至 $0.54 \sigma_b$ 范围, 测定拉索变形模量, 测定中变形模量按两端锚具支承底面之间的总变形量计算, 即包含增强钢护筒压浆段和锚具的变形值。测定结束后, 卸载至零。

(4) 按上限应力 $\sigma_{\max}=0.450 \sigma_b$ 、下限应力 $\sigma_{\min}=0.337 \sigma_b$ 进行 $N=2.0 \times 10^6$ 次的正弦波循环加载, 加载频率 $f=0.5$ Hz。疲劳试验结束后, 卸载至零, 将试件从试验机中卸出测量上、下锚具钢绞线回缩值。

#### 六、试验结果

##### 1、OVM250—19拉索

本次动载试验, 柳州欧维姆建筑机械有限公司共制造符合试验要求的试验索三根, 对这三根试验索进行的动载试验结果如下:

第一束: 疲劳荷载应力上限 $\sigma_{\max}=0.450 \sigma_b$ , 应力幅 $\Delta \sigma=200$ MPa, 当荷载循环到约77万次时, 断第一丝, 约118万次时断第二丝, 约185万次时断第三丝, 以上三根断丝部位均在自由区段, 约192万次时断第四丝, 断丝部位在锚具内, 从断丝断口观察, 三根在自由区段断丝的断口呈明显疲劳断裂。锚具完好。总断丝数 $n_4 < (n) = 5\% \times 133 = 6.65$ 根。

第二束和第三束, 改善了制索的质量, 主要是钢绞线受力比较均匀, 可从外观和安装预加载情况看到, 疲劳荷载应力与前一束相同, 经200万次荷载循环后, 试验索没出现断丝情况, 锚具完好。

##### 2、OVM250—43拉索

(1) 疲劳加载试验: 历时46天, 试验结束后, 测出的上锚具钢绞线平均回缩值0.78mm, 下锚具钢绞线平均回缩值为0.69mm。

(2) 断丝率——在试验过程中(约68.8万次)外圈钢绞线中的一根钢丝在距下锚具底(固定主端)1895mm处破断。试验结束后卸下试件, 经宏观检查后, 从缆索的中部, 沿横断面将缆索锯断。对这两段缆索的每一根钢绞线, 再仔细检查, 未发现断丝。锚具内清除浆体后, 两端锚具压浆段中没有断丝。因此, 总的断率为 $1/302=0.33\%$ 。

#### 七、分析

##### 1、关于锚具及填料

从试验结果看, 由于该型号拉索组装件的锚具采用OVM250夹片群锚, 钢绞线索在进入群锚锚板前先穿过一节带内锥的钢筒, 在拉索的索力

研究试验

调整完毕后,于钢筒中注入改性浆体。这样,拉索的静动荷载由群锚夹持力和浆体与钢绞线的粘着力共同承担,荷载的一部分获得分散和缓解,从而减轻了群锚的负担。在试验过程中通过200万次应力循环后,OVM250型群锚锚夹片及改性浆体填料均未出现异常现象,整个锚具完整无损,锚具上的大螺母亦工作正常,试验后松拧自如,强度亦未发现不够的现象。

2、钢绞线拉索

OVM250—19型及OVM250—43型群锚拉索组装件是由19根及43根Φ15.24mm镀锌高强钢绞线组成。从本次试验结果来看,除OVM250—19规格的第一束试件出现了断丝较多的情况以外,后两束均顺利通过了在额定应力下的200万次应力循环。通过对断丝口肉眼观察和电镜扫描分析发现,钢丝疲劳断裂的原因大致有:一是先天的缺陷,如夹杂物,晶粒大小不等;二是表层的机械损伤,如钢绞线表层的磨损。钢丝的疲劳破坏主要是其母材的原因,必须重视母材的内在质量,才能保证拉索整体疲劳强度的要求。另外,试验索的疲劳寿命还与锚具组装的工艺和精确控制各根绞线受力均匀性密切相关,第一束群锚拉索组装件的试验中,发现索中各根钢绞线之间有较明显的松紧不一现象。部分钢绞线受力较其它钢绞线大,因而出现疲劳破坏的可能性相应也大。群锚拉索中钢绞线的受力可以通过张拉力控制,这与冷铸锚严格要求下道工序相比有着不可

.....  
(上接第3页)

的静载性能试验,其锚固效率系数和破断时钢绞线的延伸率符合《FIP后张预应力体系的验收和应用建议95》、GB/T14370-93《预应力筋用锚具、夹具和连接器》及相应的JIS标准要求。

2、从钢绞线的破坏形式看,断口均为颈缩后发生的脆性断裂,而夹片及锚板和联接体均未

比拟的优势。只要不断完善制作工艺,精确控制各根钢绞线受力均匀性,就能大大改善钢绞线拉索组装件的疲劳性能。第二、三根试验索的制作质量都比第一根试验索有明显的提高,亦说明了这一点,而且试验结果也是令人满意的。

综上所述可以看出,OVM250群锚拉索组装件的耐疲劳性能,关键取决于钢绞线本身的疲劳性能以及制索工艺的质量上。

八、结论

通过对OVM250-19、OVM250-43群锚拉索的试验,结果表明:

- 1、OVM250-19及OVM250-43型群锚拉索组装件的锚具设计比较完善,构造合理,易于加工。
- 2、改性浆体填料造价低廉,而且与锚具配合一起承担钢绞线的荷载,效果良好。
- 3、试验所采用的1770MPa级镀锌钢绞线只要精心选材亦能满足工程实际的要求。
- 4、对长索来说,群锚拉索的综合优势明显。
- 5、群锚拉索完全可替代目前广泛采用的冷铸锚拉索。其制造工艺及整体质量属国内领先水平。

试验成功后,经全国著名的专家评审,一致认为OVM250型拉索体系具有许多优越性,填补了国内空白,可以应用于工程建设。广东汕头石大桥、云南景洪大桥、四川绵阳大桥、越南德龙桥等采用了该体系,获得了巨大的成功。

发生损伤,属正常的材料破坏,说明OVM锚固体系具有良好的锚固性能。

3、通过试验,日本道路公团认可OVM15-19群锚(含锚具和联接器)进入日本东名第二高速公路上的木曾川等大桥工程。