

关于 OVM 钢绞线拉索关键技术问题的讨论

龙 跃

【摘要】本文介绍了 OVM 钢绞线拉索的锚固可靠性、抗疲劳性能、防腐性能和调索及索力测试等关键技术问题。

【关键词】OVM 钢绞线拉索 关键技术

OVM 钢绞线拉索自 1990 年开始研制以来, 已经经过了十三年的历程。十三年来, OVM 钢绞线拉索已经成功地在国内外十几座桥梁中应用, 共获十几项专利, 共完成几十项科研项目。

近年来, 钢绞线拉索在国内多项过程中普遍采用, 国内许多专家与我们多次共同探讨交流有关 OVM 钢绞线拉索的有关设计、施工等方面的技术问题。综合专家的意见、观点、建议, 结合多年来的研制体会, 我们把关键性的几个问题汇总如下。

一、关于钢绞线拉索的锚固可靠性

钢绞线拉索的锚固可靠性直接制约斜拉桥的施工及使用安全。锚固可靠性归纳起来主要是从这两个方面考虑:

1、如何保证低应力状态的锚固, 特别是施工过程中一期恒载状态的锚固。

2、如何解决拉索在低应力状态下受动荷载的作用夹片的微量跟进与在特殊情况下的松脱问题。

钢绞线拉索锚固机理有别于钢丝拉索, 它是靠夹片群锚技术派生出来的, 通过夹片的楔紧咬合力夹持拉索的钢绞线, 因此在各种应力状态, 对夹片及锚具的要求是不同的。目前所普遍采用的预应力锚夹具是针对高应力状态下(一般应力水平在 $0.70 \sigma_b$ 以上)钢绞线的夹持。而斜拉桥拉索的应力状况从设计角度讲一般不超过 $0.4 \sim 0.45 \sigma_b$, 而在施工过程中由于拉索仅承担一期恒载(即梁段施工), 因此拉索的应力水平一般只有 $0.1 \sim$

$0.2 \sigma_b$, 因此对拉索群锚夹具可靠性要求自然是设计部门所关注, 也是工程施工中是否安全的保障。为此, 在开发 OVM 钢绞线拉索体系中, 对锚固单元的设计是特别关注的, 必须针对性地开发了满足上述特点要求的锚固单元。该锚固单元不仅能满足低应力状态下的夹持可靠性要求, 亦能满足高应力状况下的夹持可靠性要求。

为了验证锚固单元特殊的锚固性能, OVM 拉索体系的锚固单元专门从 OVM250 - 19 群锚低应力状态下 ($0.1 \sim 0.2 \sigma_b$ 和 $0.2 \sim 0.3 \sigma_b$) 的疲劳试验及多个工程应用中进行研究, 以及 $0.45 \sigma_b$ 、 $\Delta \sigma = 200 \text{MPa}$ 荷载循环 200 万次疲劳试验、静载破断试验研究。

研究表明, 我们已经解决低应力状态下锚具夹持可靠性问题: 一是对锚夹具的针对性设计, 二是选用正确的施工方法。即通过对夹具中的夹片采用预紧增加咬合力及采用对每付夹片防松动装置等措施进一步保证锚夹具在低应力状态下锚固可靠性。

在汕头岩石大桥施工过程中(主跨 518mm 双塔 1770MPa 级镀锌钢绞线)拉索的应力水平仅为 $0.2 \sim 0.27 \sigma_b$, OVM 拉索体系经受住台风的考验。

越南德龙大桥采用 OVM 拉索体系, 施工过程拉索应力水平为 $0.11 \sim 0.15 \sigma_b$; 浙江湖州苕溪大桥施工过程拉索应力水平为 $0.12 \sim 0.13 \sigma_b$; 漳州战备大桥施工过程应力水平约为 $0.35 \sigma_b$ 。

龙 跃: 柳州欧维姆机械有限责任公司 高工

这些工程中, OVM 拉索体系在低应力状态下锚固的可靠性是令人满意的。

综合上述, OVM 钢绞线拉索主要采用以下三个方面的措施来保证拉索锚固可靠性:

1. 专门设计适用于低应力状态下锚固及有利于拉索抗疲劳性能的锚固单元;

2. 专门的顶压锚固工艺: 单根调索完后, 换上新夹片, 采用 OVM 拉索专门研究的顶压方法一次性锚固, 使夹片锚固后产生相当于 $0.45 \sigma_b$ 应力状态下的夹持效果, 使之能适应拉索在低应力状态下的锚固;

3. 增加一套具有专利技术的夹片防松脱装置, 该装置起极其有效的保险作用, 彻底消除特殊情况下的失锚, 提高拉索的安全性。

早期的拉索, 包括国外一些预应力公司在内, 对低应力锚固也尚未有足够的认识, 致使在一些桥的施工中出现过失锚。OVM 拉索同样经历了这一过程。但是, 自从有了上述的研究, 经过改进及完善后, OVM 钢绞线拉索锚固可靠性的问题已经得到彻底解决。

二、关于钢绞线拉索的抗疲劳性能

钢绞线拉索是一种咬合型夹持锚固, 锚固单元咬合时的刻痕形式, 深度直接影响拉索的抗疲劳性能。除此之外, 拉索的其它结构也对拉索的疲劳性能有直接的影响。

为了提高拉索的抗疲劳性能, OVM 钢绞线拉索从以下五个方面采取措施:

1. 锚固单元采用专门设计的, 具有适应低应力状态下锚固及有利于提高拉索抗疲劳性能的锚固单元。该单元主要是在咬痕形式、受力状态方面加以考虑, 使得咬痕不易产生疲劳扩展。

2. 制定一套合理的锚固工艺: 拉索一般是在低应力状态下使用, 锚固刻痕的大小直接影响拉索的锚固可靠性和抗疲劳性能。刻痕太浅, 容易失锚; 刻痕过深, 抗疲劳性能下降。通过研究与

工程实践, 我们认为锚固点控制在相当于 $0.45 \sigma_b$ 应力状态下的夹持效果为好。

3. OVM 钢绞线拉索除锚固单元的夹片与索体(即钢绞线)接触外, 其余索体采用全隔离结构, 即钢绞线不直接与其它钢件接触, 减少索体变向时的应力集中。

4. OVM 钢绞线拉索均采用新型、可调式粘弹性高阻尼减振装置, 用于有效地吸收或消除来自索体的各种振动, 以减少由于索体因振动对锚固单元的影响, 使锚固单元基本处于静荷载受力状态。此外, OVM 钢绞线拉索采用双螺旋外套管或人工毛面外套管, 有效抑制风雨激振。

5. 目前 OVM 钢绞线拉索提供两种可选择结构, 一种是在支承筒内灌注油脂保护裸露钢绞线, 这种结构可以方便地实现钢绞线的单根换索; 第二种是在支承筒内灌注环氧砂浆或水泥砂浆, 这种结构由于钢绞线与环氧砂浆的握裹力作用, 有利于提高拉索的抗疲劳能力。但是, 这种结构不能实现单根钢绞线换索。

多年来, 对 OVM 钢绞线拉索的抗疲劳试验研究, 证明了 OVM 钢绞线拉索具有良好的抗疲劳性能。以下是各种规格、各种状态的 OVM 钢绞线拉索疲劳试验:

1	OVM250-43	$\Delta \sigma_b = 200MP a$	
2	OVM250-19	$\Delta \sigma_b = 200MP a$	
3	OVM250-1	$\Delta \sigma_b = 250MP a$	
4	OVM250-12	$\Delta \sigma_b = 200MP a$	环氧喷涂钢绞线
5	OVM250-16	$\Delta \sigma_b = 220MP a$	环氧喷涂钢绞线
6	OVM250-14	$\Delta \sigma_b = 250MP a$	环氧喷涂钢绞线

以上钢绞线拉索按相应应力幅均顺利通过疲劳试验。

三、关于拉索的防腐性能

拉索的防腐性能好坏, 直接影响拉索的耐久性(即寿命)。经验表明, 不同形式或采取不同防腐措施的拉索, 其使用寿命及维护费用是明显不同的, 严重时直接威胁工程的安全。

钢绞线拉索从结构上看,防腐从三大部分进行:索体防腐、裸露绞线防腐和锚固单元的防腐。

OVM 钢绞线拉索的防腐措施是:

1. 索体采用多层防腐结构(4~6层)及先进的防腐技术和工艺。钢绞线可采用目前最先进的防腐性能最好的环氧涂层钢绞线。

2. 拉索锚具设置有密封装置,为了张拉需要而剥离的裸露绞线,单根调索后全部进入密封装置内。装置内高压灌注防腐油脂防腐。

OVM 钢绞线拉索密封装置的结构是有利于对裸露段绞线防腐的腔的结构,因为油脂容易充满整个腔内。而其它结构,特别是内置小套管结构,小套管内是非常难以注入油脂的。

3. 锚固单元处的防腐是连同外锚头一同防腐,利用保护罩腔内注满防腐油脂,对锚固单元密封。

四、关于调索及索力测试问题

钢绞线拉索的调索共分为以下几个阶段:

1. 挂索时的单根调索阶段。此阶段主要是在一期恒载下控制索力值及单根索力的均匀性。一般来说,索力控制在设计索力的80%~90%,索力均匀度控制使索力误差在2%之内。

单根索力的均匀性,国内外(包括OVM公司在内)许多公司都做了许多深入的研究,有很多控制的方法。OVM公司的研究及实践表示:

1) 理论计算法。理论性强,原理可行。但是由于施工误差的影响,实际可操作性差,理论计算与实际相差甚远。有工程表明,某国外公司用此法出现单根索力误差超过20%。

2) 等张拉力法。等张拉力法是利用单根绞线传感器监控第一根钢绞线的索力,当张拉其它绞线时第一根钢绞线的索力就会下降,此时张拉的钢绞线扣除所有损失后进行超张拉锚固,保持锚固力与第一根相同。此法在实际使用中可操作性强,简单实用,精确度较高,索力误差可控制在

2-3%之内。

目前,单根钢绞线传感器的稳定性,仪表适用性都很理想,是完全可用的方法。另外,单根钢绞线传感器作永久性监测元件,辅助监测索力,也是一种切实可行的办法。

2. 整体调索阶段。从钢绞线体系的特点来看,单根调索后应该进行整体调索。为了保证施工阶段及工程使用后的线型及索力调整,整体索力调整应由支承筒的螺母实现,绝不允许重新拉放锚固后的钢绞线来完成。因为重新拉放锚固单元操作复杂,控制麻烦,如果放索,损伤(锚固刻痕)将会进入拉索的工作段内,影响拉索的强度。

为了实现上述整体调索的方法和达到理想的效果,OVM钢绞线拉索的结构根据索的不同,提供±150~200mm的整体调索量,保证拉索调索时的拉放需要。

3. 索力的测控一般分为两个阶段。第一阶段是施工阶段调索时的索力控制,第二阶段是桥梁使用过程中的索力监控。

OVM公司对OVM钢绞线拉索的索力监控有了比较深入的研究,也不断与国内知名院校、科研单位进行紧密的合作,总结出一套针对钢绞线拉索的行之有效的索力控制方法。具体做法是:

整体调索以目前最适合钢绞线拉索使用的磁通量法,配合张拉系统控制,辅助单根钢绞线传感器监控。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国行业标准,《公路桥涵施工技术规范》,人民交通出版社,2000.10 北京
- [2] 《斜拉桥》林元培等著,人民交通出版社,1994.4 北京
- [3] 《OVM200 钢绞线群锚斜拉索的构造及施工工艺》,龙跃等著,中国土木工程学会桥梁及结构工程学会第十二届年会论文集,1996.11 广州

