

HVH 型超高强锚索的开发与应用

王大明 朱万旭 郑晓龙 王守海

摘 要 本文通过对不同强度的锚索的比较,阐述2000MPa超高强锚索应用于岩土工程的可靠性与优越性。

关键词 2000MPa 预应力锚索 HVM 锚具

1 概述

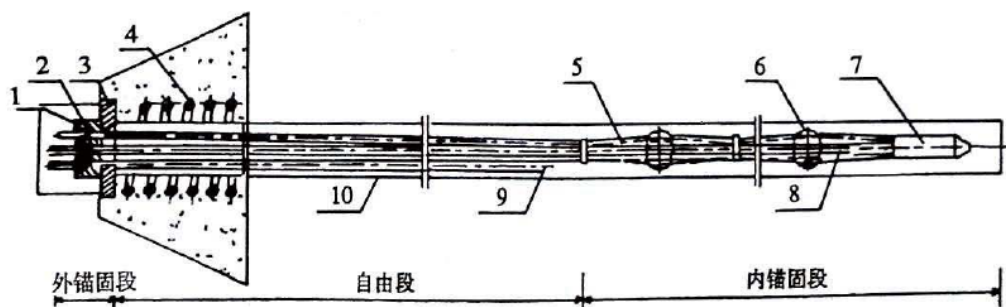
预应力加固技术,由于其经济合理、安全可靠,早已大量应用于岩土加固工程之中。随着科研成果和设计施工经验的不断积累以及有关技术规范的颁布与执行,促进了锚固机理、施工工艺以及预应力材料等方面的不断发展。

在预应力材料方面,我国由开始使用的低强度高松弛钢绞线逐步发展到抗拉强度为1860MPa的高强低松弛预应力钢绞线及配套锚具。随着制造工艺的不断改进,目前我国已能生产抗拉强度为2000MPa级的超高强低松弛钢绞线,我公司也相应开发出适用于1725MPa、1860MPa和2000MPa钢绞线的HVM型锚具。本文重点介绍

由2000MPa级钢绞线和HVM型锚具组成的超高强锚索开发与应用。

2 预应力锚索的结构

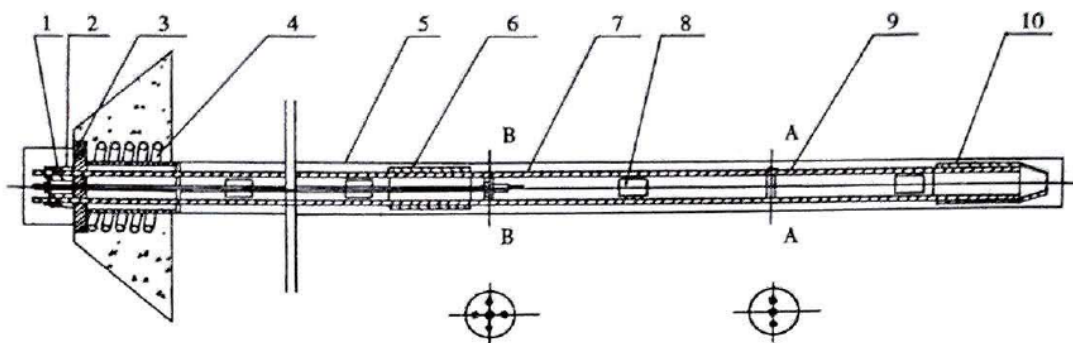
预应力锚索主要分为拉力型(图1)、压力型、拉压分散型(图2)几种,根据防腐的情况还有双层防护型(图3),一般都是由三部分组成,外锚固段、自由段和内锚固段。内锚固段锚固在岩层深处稳定的岩体中,然后通过外锚固段对锚索自由段施加和锁定拉应力以增加松裂岩体的摩擦压力,提高岩土体的抗滑能力,从而保持岩体的稳定。



1. 夹片 2. 锚板 3. 锚垫板 4. 锚垫板 5. 钢绞线 6. 扩张环
7. 导向帽 8. 一期灌浆管 9. 二期灌浆管 10. 孔壁

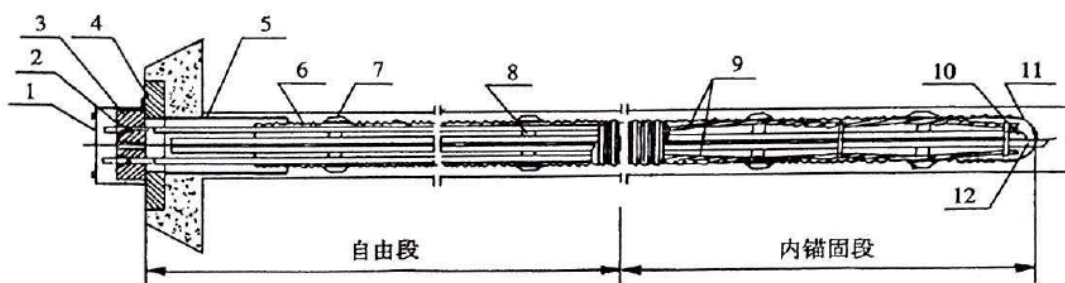
图1 拉力型预应力锚索示意图

王大明 柳州海威姆建筑机械有限公司 工程师
朱万旭 柳州海威姆建筑机械有限公司 高级工程师
郑晓龙 柳州海威姆建筑机械有限公司 工程师
王守海 柳州海威姆建筑机械有限公司 教授级高工



1. 夹片 2. 锚板 3. 锚垫板 4. 螺旋筋 5. 孔壁 6. 外支撑
7. 钢绞线 8. 内支撑 9. 挤压套 10. 导向帽

图2 拉压分散型预应力锚索示意图



1. 保护罩 2. 夹片 3. 锚板 4. 钢垫板 5. 导向钢管 6. 波纹管 7. 对中架
8. 隔离架 9. 钢绞线 10. 内部灌浆管 11. 端帽 12. 外部灌浆管

图3 双层防护型预应力锚索示意图

3 锚索体材料

我国 1725MPa、1860MPa 及 2000MPa 的钢绞线的主要力学指标见表 1。

表 1 七丝标准型钢绞线参数表

标准	公称抗拉强度 MPa	公称直径 mm	直径偏差 mm	公称面积 mm ²	公称米重 kg/km	最小破断载荷 kN	1% 伸时最小载荷 kN	延伸率 %	70% 破断荷载 1000h 的松弛 (%)
ASTM A416-98 (Q/HYAN01-1998)	1725 (250 级)	12.70	+0.4	92.9	730	160.1	144.1	≥3.5	≤2.5
		15.24	-0.4	139.35	1094	204.2	216.2		
	1860 (270 级)	12.70	+0.66	98.7	775	183.7	165.3		
		15.24	-0.15	140.0	1102	260.7	234.6		
	2000 (290 级)	12.70	+0.66	98.7	775	197.4	177.7		
		15.24	-0.15	140.0	1102	280.0	252.0		

表 2 用 Φ15 的不同强度钢绞线组装各级锚索的用量对比

钢绞线规格	n	1000kN 锚索		1500kN 锚索		2000kN 锚索		3000kN 锚索	
		σ=0.6R (kN)	σ=0.65R (kN)	σ=0.6R (kN)	σ=0.65R (kN)	σ=0.6R (kN)	σ=0.65R (kN)	σ=0.6R (kN)	σ=0.65R (kN)
1725MPa	9	1103	1195	13	1593	1725	17	2083	2256
1860MPa	7	1095	1186	10	1564	1695	13	2033	2203
2000MPa	6	1008	1092	9	1512	1638	12	2016	2184

注:R 为钢绞线极限抗拉强度(kN);0.6(永久性锚固工程)、0.65(临时性锚固工程)为安全系数;n 为钢绞线根数。

从表中可以看出,在相同直径下,2000MPa 级的钢绞线比 1725MPa 和 1860MPa 级的钢绞线具有较高的强度。如使用 2000MPa 级的钢绞线组装同一级别的锚索可减少钢绞线用量 8% ~ 33%。随着吨位的提高,所减少的钢绞线越多。

4 HVM 锚具

预应力钢绞线的强度与表面硬度有关,随着强度的提高,表面硬度也有所增加,2000MPa 钢绞线的出现对锚具提出了新的高要求。为了配合超高强钢绞线的推广应用,我公司于 2000 年成功的开发出超高强锚索配套应用的 HVM 锚具。于 2000 年 8 月份通过专家鉴定,至今已应用于桥梁、建筑、岩土工程上千万孔,实践表明 HVM 新型锚具有以下特点。

4.1 设计合理

HVM 锚具是在科学分析、计算的基础上,进

行优化设计的。图4为按接触力学的关系,通过有限元分析、计算和优化设计,选择出合理的夹片齿形角和齿高齿距等参数,从而可保证夹片对钢绞线有足够的咬合力,又不过分损伤钢绞线。

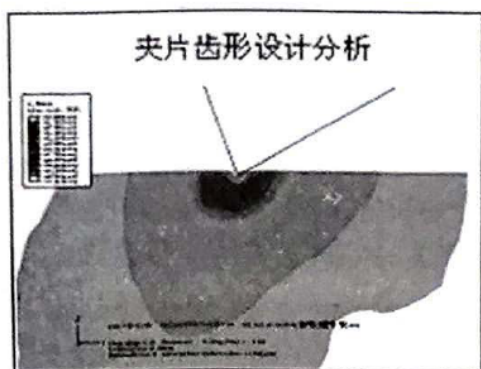


图4



图5

图5为新型夹片与原有夹片对比,新型夹片通过强度分析和优化设计,夹片长度与外径减小;夹片从小端到大端改为一个锥面,去掉了大端的圆柱面,增加了夹片与锚板孔的接触面积,提高了夹片的利用率和锚固性能;将橡胶圈改为钢丝圈,有利于保证两半夹片的平齐跟进,改善了由于夹片跟进不齐所造成的预应力损失较大的现象。此外,新型夹片还去掉了弹性槽,也有利于防止夹片因反复张拉导致破裂而失效。锚板在夹片优化后,相应减小锚孔内径和锚孔间距,使钢绞线在锚具中的弯折程度减小,有利于钢绞线的受力,从而降低了锚索的预应力损失。图6为锚板应力分析结果,从图中可以看出,改进后的锚板大部分区域的应力值并不高,只是在锚孔与夹片的接触面处有一些应力集中,产生局部塑性变形,其变形不仅没有影响整个锚板的变形,反而使得锚孔表层与夹片间的摩擦系数随着锚索拉力的增大而增加,提高了锚具的自锚性能和锚固效率系数。

图7为新型锚具的夹片、锚板与钢绞线的组合分析结果。表明新型HVM锚固体系可以可靠的夹持钢绞线,应力极限值符合设计和使用要求。

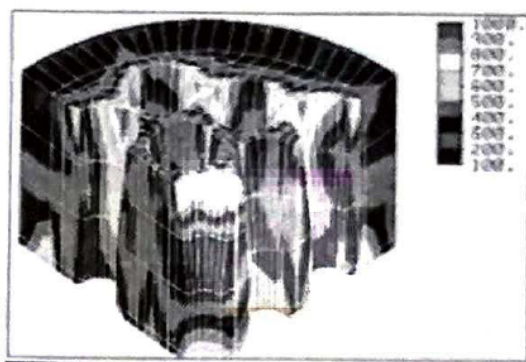


图6

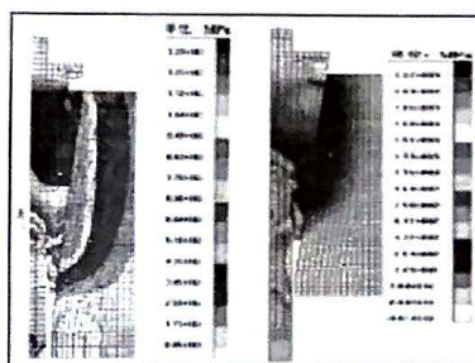


图7

4.2 安全可靠、性能优异

4.2.1 静载试验

在公司内部对新型HVM锚具进行了大量的静载试验,均按2000MPa级加载。试验结果比较理想,夹片外锥面涂润滑剂与否,均能达到标准要求的锚固效率系数 $\eta_A \geq 0.95$ 和极限延伸率 $\varepsilon_{apu} > 2\%$ 。在国家建筑工程质量监督检验中心还进行了静载试验,试验结果全部符合GB/T14370-93I类锚具和FIP-93规定的要求。

4.2.2 疲劳性能试验

疲劳性能试验均在国家级的检验中心进行,通过了200万次的锚具疲劳性能试验和50次低周的反复荷载试验。

4.2.3 重复张拉试验

对HVM锚具采用同一付夹片按20%、40%、60%和80%的预应力筋标准抗拉强度分阶段地进行50余次张拉和锚固,然后加载至破断。经过试验,夹片没有碎裂,而且50余次反复张拉锚固后其锚固效率系数仍高于标准要求。

4.2.4 锚具内缩量试验

经过大量的试验测得 HVM 锚具的内缩量均小于 6mm, 使绞线回缩造成的应力损失在合理范围之内。

4.2.5 锚口摩阻损失试验

根据标准要求, 按预应力钢材强度标准值的 80% 张拉, 测出锚具前后的预应力拉力差值, HVM 型锚固体体系锚具的锚口摩阻损失为 1%, 小于标准要求的 2.5%。在模拟工况的锚具试验中, 锚口摩阻损失亦小于 2.5%。

4.2.6 张拉锚固工艺试验

通过工艺试验, 表明 HVM 型锚具在分级张拉或因张拉设备原因 (如千斤顶倒换行程) 多次张拉时, 可以可靠地夹持预应力钢材, 保证预应力筋内各根预应力钢材受力均匀。在必要时, HVM 锚具具有将预应力释放的功能。

4.2.7 荷载传递试验

选取比较常用的 7 孔和 19 孔锚具分别代表小孔与大孔位的锚具进行荷载传递试验。其中, 7 孔荷载传递试验的三个试件的承载力分别为 2380、2280 和 2170kN, 均高于标准要求的 1991kN, 即 1.1Fpk (标准极限载荷); 裂纹宽度在 0.8Fpk 时, 不大于 0.2mm, 在 0.12Fpk 时不大于 0.1mm, 均满足 FIP93《后张预应力体系验收建议》的规定。

5 经济技术效益

2000MPa 级钢绞线与 HVM 型锚具应用在岩土加固上所带来的经济技术效益主要表现在以下几个方面:

5.1 节省费用

2000MPa 级的钢绞线的价格要比 1860MPa 钢绞线的价格高 2% 左右, 按锚索平均长度为 30 米, 1860MPa 级的钢绞线为 6 (元/米) 计算, 则设计 1000kN 的锚索使用 2000MPa 级的钢绞线每孔可节省费用为: $7 \times 30 \times 6 - 6 \times 30 \times 6 \times (1 + 2\%) = 158.4$ 元

5.2 锚索体的重量减轻

30 米长的锚索, 每减少一根钢绞线重量就减轻 $(30 \times 1.102) = 33.06$ 公斤, 使锚索的组装、下索更方便。

5.3 结构优化

钢绞线减少了, 相应的锚板、隔离架、导向帽

等结构都可以得到不同程度的优化。

5.4 锚索体和锚孔直径减小

由于造孔的费用往往占了整个费用的一半, 而造孔的速度和费用与孔的直径有很大关系。锚索体的直径减小后, 孔的直径也可相应减小, 进而大大减少了造孔的时间和费用。

6 工程应用

6.1 长江三峡永久船闸边坡锚固工程 (图 8)



图 8

长江三峡工程永久船闸, 为双线五级连续梯级船闸, 设计采用了预应力锚索和系统结构锚杆加固措施。在预应力锚索中使用了 HVM15-19 型锚具, 采用拉力型锚索结构。根据用户的反映, 该锚具无论是单根张拉还是整体张拉, 均能可靠地夹持钢绞线, 而且跟进平齐, 预应力损失小。

6.2 广西龙滩电站边坡锚固工程 (图 9)



图 9

龙滩电站工程边坡锚固采用了 HVM15-7、HVM15-14 及 HVM15-22 锚具, 采用拉力型锚索结构。锚固效果良好, 均能满足锚固施工技术要求 and 设计要求。

6.3 厦门环岛工程

厦门环岛路主线桥桩、柱预应力锚索设计采用的就是2000MPa级 $\Phi 15$ 的钢绞线,每束锚索由6根钢绞线组成,30米长,张拉控制力为1008kN。比采用1860MPa级的钢绞线锚索节省了材料,具有较好的经济性。

7 结语

通过许多工程应用,表明超高强低松弛预应力锚索体系结构合理、施工便捷,经济性好,在岩土工程中推广应用不仅具有较好的直接经济效

益,而且由于可能减小锚孔直径而产生更大的经济技术效益。

参考文献

- [1]张伟君,超高强度低松弛预应力混凝土和钢绞线研制. 预应力钢丝和钢绞线技术资料汇编. 上海申佳金属制品有限公司.
- [2]长江三峡工程库区滑坡防治工程设计与施工技术规则.
- [3]水工预应力锚固设计规范. SL212-98

HVM 信息

海威姆公司被认定为“外商投资先进技术企业”和“高新技术企业”

近日,柳州海威姆建筑机械有限公司先后通过了柳州市外经贸局“外商投资先进技术企业”认定评定和广西区科技厅“高新技术产品企业”专家认定,被认定为“外商投资先进技术企业”和“高新技术企业”,HVM 锚固体系系列产品被认定为“高新技术产品”。

海威姆公司是一家集预应力技术产品研发、生产、经营、预应力工程设计施工为一体的中外合资企业。公司重视技术创新与产品开发,加大科技投入,97年以来技术创新及改造费用达2200万元,年研究与开发投入占总收入的5.1%。同时,在依靠自身技术力量的基础上,走“产学研”联合开发之路,加强与科研院校、设计施工单位的联系,开展技术合作,先后开发了数十项高水平的技术与产品。其中HVM锚固体系系列产品是在总结现有锚固体系锚具的优缺点的基础上,以2000MPa低松弛钢绞线为锚固对象,采用计算机有限元分析软件进行优化设计并经大量试验而开发成功的,它能可靠地夹持2000MPa及以下的钢绞线,是国内首次开发成功的2000级超高强预应力锚固体系锚具,属国内领先、国际先进水平,已成功应用于上海磁悬浮运营线、南京长江二桥、日本河谷川桥、越南法来桥、新加坡嘉兰哈德桥等大型重点工程。95年以来,公司共申报国家专利128项,其中98项已获授权,被国家经贸委及国家知识产权局列为全国“专利工作试点企业”。大部分技术专利已转化为产品,2001年,技术收入和新产品收入占总收入的76.5%。

“外商投资先进技术企业”认定评定会于2002年8月17日在海威姆公司会议室,由柳州市外经贸局主持召开。与会专家有交通部四航局设计院上官兴高工、湖南路桥总公司陈湘林高工、广西工学院黄任常教授以及柳州市各有关部门的领导。

“高新技术产品企业”专家认定会于2002年9月6日在海威姆公司会议室,由广西区科技厅主持召开。与会专家有广西工学院黄任常教授、瑞典国家公路局侯引程先生、铁道部大桥局勘测设计院肖永福教授级高工、上海远东国际桥梁建设有限公司吴棣功高工、广西机械工业行业管理办公室赖晓东高工、柳州市国税局杨沛璋所长及柳州市有关部门的领导。

与会专家仔细听取了海威姆公司有关人员关于企业技术创新、产品开发等方面的介绍,认真审核了有关申报材料,并经过热烈的讨论,最后一致认为,该企业长期以来注重预应力技术和产品开发,加强科技投入,具备了较强的科技开发力量和手段,符合《国务院关于鼓励外商投资的规定》及有关实施办法和《广西壮族自治区高新技术企业》的条件,同意推荐认定为外商投资先进技术企业和高新技术企业。该企业的HVM锚固体系系列产品已达国际先进水平,有先进的科研手段、生产加工设施和完善的质量管理体系,符合《广西壮族自治区高新技术产品认定暂行办法》的高新技术产品条件,同意推荐为高新技术产品。

(玉进勇)