

预应力混凝土用钢绞线弹性模量 测量方法分析

刘向军¹, 张中杰^{2,3}, 秦国君²

1 漯河市质量技术监督检验测试中心(462002)

2 河南省计量科学研究院(450008) 3 西北工业大学(710072)

摘 要:对施工中预应力混凝土用钢绞线的检验、张拉伸长量核验中钢绞线弹性模量的测量提出了三种方案,分析了各方案的优劣,提出测量方法,对工程实践有较强的指导意义。

关键词:弹性模量;钢绞线;测量方法;检验

弹性模量是钢绞线的一个重要指标,弹性模量测量的准确与否决定施工中伸长量的监测效果,对工程的质量起着至关重要的作用,钢绞线验收时弹性模量不合格则判为整批钢绞线不合格。

1 弹性模量的理论分析和存在的问题

国家高等教育教材《材料力学》中的描述“在拉伸的初始阶段应力与应变为直线关系直至屈服点所对应的应力值称为比例极限。屈服强度 δ 是应力与应变成正比例的最大值,在这一阶段应力与应变成正比,写成等式 $\sigma=E\varepsilon$,这是单向应力状态下的胡克定律,式中 E 为与材料有关的比例常数,称为弹性模量 $E=\frac{\sigma}{\varepsilon}=\tan\alpha$ 。”国家标准中对弹性模量的规定“在弹性段比较好的范围测量弹性模量”定义不明确,GB/T5224-2003 预应力混凝土用钢绞线国家标准中规定“7.3.5 钢绞线弹性模量为 $(195\pm10)\text{GPa}$ ”。由于测量时钢绞线属于没有明显流幅弹塑性变形,故测量弹性模量时难以确定弹性段,不同钢绞线生产厂家、试验机制造厂家、检验员使用的弹性段不同,从而导致弹性模量的测量结果有较大的差异,使钢绞线验收、预应力施工过程中产生了很多问题,迫切需要建立施工通用的弹性模量的测量方案,指导钢绞线生产、验收、预应力施工。

2 弹性模量计算方案

例如 sans 的钢绞线拉伸试验机程序是这样测量的:首先找到试件所承受力的最大值 F_{\max} ,以 $1/2F_{\max}$ 作为中间值 F_{mid} ,由这两点计算直线 L_1 ,然后把 F_{\max} 和 F_{mid} 分别减小1%,有新的 F'_{\max} 和 F'_{mid} 两点计算直线 L_2 ,如此计算得到100个直线 L_i ,同样得到100条直线的斜率 k_i ,比较所有的直线,找到直线内数据离散程度最小的作为弹性模量测量的区间,即该直线的斜率就是弹性模量,如图1。

我们认为 sans 弹性模量的计算方案没有考虑到具体的施工工艺,可能导致能满足施工技术规范要求的钢绞线被拒收,导致原材料成本上升,延误工期。

依据《JTJ041-2000 公路桥涵施工技术规范》“表12.9.2-1 先张法预应力筋张拉程序”中钢绞线张拉程序为:0→初应力 σ_0

[一般为 $(0.1\sim0.25)\sigma_{\text{con}}$]→ $1.05\sigma_{\text{con}}$ (持荷2min)→0→ σ_{con} (锚固)。张拉完成后(每束)及时测量伸长值,并与理论伸长值校核,其误差应在 $\pm6\%$ 以内,否则应停止后续张拉作业,查找原因。

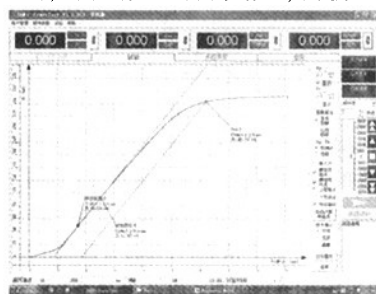


图1 sans 弹性模量计算图

施工中也有超张拉情况,如佛山水电站高边坡预应力锚索工程设计要求采用超张拉,最大张拉控制应力为1488MPa,达到80%标准抗拉强度。

根据施工情况,如果采取以下几种方案计算钢绞线弹性模量可以弥补 sans 方案的不足。

1)测量是为了使用,如果工程中使用的预应力范围为钢绞线强度级别 R 的10%~75%,就按照使用范围进行测量钢绞线弹性模量,即施工中使用的范围就是测量弹性模量的计算范围。

2)按照钢绞线的强度级别测量,如果测量的是强度级别为 R 的钢绞线,希望国家标准规定以10% R 作为直线的起点,以80% R 作为直线的终点,按照端基直线法计算钢绞线弹性模量。

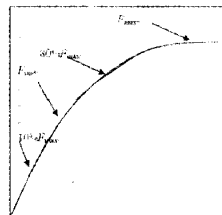


图2 弹性模量计算示意图

以10% R 作为直线的起点的原因:①施工中初应力 σ_0 一般为 $(0.1\sim0.25)\sigma_{\text{con}}$;②根据试验室检验情况,在10% R 以下,由于钢绞线是多股绕成的,伸长量较大应力应变曲线不

能反映钢绞线的真实情况。以 80%R 作为直线的终点的原因是钢绞线张拉时要达到 $1.05\sigma_{\text{max}}$, 国家规范规定施加预应力范围一般不超过钢绞线强度级别的 75%, 就使用到了钢绞线强度级别的 80%。

3)在 10%R~80%R 范围内每个 10%R 测量一个弹性模量 E_i , 依次测量 10%R~20%R、20%R~30%R……70%R~80%R 等共 7 个弹性模量值,以七个弹性模量值的平均值作为实际使用的弹性模量 E ,以最大和最小的差值作为弹性模量的非线性。

本方案提出依据是钢绞线确实存在不同拉力范围阶

段,具有不同的伸长量,如表二中弹性模量的非线性分别为 29 GPa、39 GPa、28 GPa,显然非线性是很大的。若在张拉时分段张拉,对伸长量监测有很大的影响,可能会有较多的钢绞线伸长量与理论的误差超过 6%,而按照规范超过 6%可能就会停止张拉。

3 实例

通过大量试验对本文提出的三种方案和 sans 方案进行了比较,下面是其中的一例 2007 年的数据,用试验计算的数据作对比。

表 1 sans 方案计算出的结果

试样编号	公称试样面积 (S_0)mm ²	引伸计标距 (L_e)mm	弹性模量 (E)GPa	规定非比例延伸力 (F_p)kN	规定非比例延伸强度 (R_p)MPa	试验时间
S-694782-1	140	500	178	260.26	1860	2007-8-15 17:53
S-694782-2	140	500	193	242.41	1730	2007-8-15 18:33
S-694782-3	140	500	200	238.73	1710	2007-8-15 18:50

表 2 弹性模量 (E) 的比较

试样编号	sans 方案 (GPa)	第一种方案 (GPa)	第二种方案 (GPa)	第三种方案		第一种方案和 sans 方案的差值(GPa)	第二种方案和 sans 方案的差值(GPa)	第三种方案和 sans 方案的差值(GPa)
				平均值 (GPa)	非线性 (GPa)			
S-694782-1	178	195	193	193	29	17	15	15
S-694782-2	193	197	194	195	39	4	1	2
S-694782-3	200	192	190	190	28	-8	-10	-10

表 3 规定非比例延伸力 ($F_{p0.2}$) 的比较

试样编号	sans 方案 (kN)	第一种方案 (kN)	第二种方案 (kN)	第三种方案 (kN)	第一种方案和 sans 方案的差值(kN)	第二种方案和 sans 方案的差值(kN)	第三种方案和 sans 方案的差值(kN)
S-694782-1	260.26	242.94	243.24	243.24	-17.32	-17.02	-17.02
S-694782-2	242.41	243.98	244.49	244.28	1.57	2.08	1.87
S-694782-3	238.73	242.74	242.97	242.97	4.01	4.24	4.24

表 4 规定非比例延伸强度 ($R_{p0.2}$) 的比较

试样编号	sans 方案 (MPa)	第一种方案 (MPa)	第二种方案 (MPa)	第三种方案 (MPa)	第一种方案和 sans 方案的差值(MPa)	第二种方案和 sans 方案的差值(MPa)	第三种方案和 sans 方案的差值(MPa)
S-694782-1	1859	1735	1737	1737	-124	-122	-122
S-694782-2	1732	1743	1746	1745	11	15	13
S-694782-3	1705	1734	1736	1736	29	30	30

4 结论

由表中数据可以看出:

1)由 sans 方案计算出弹性模量为 178GPa 的钢绞线是不合格的,而按照本文提出的三种方案计算的数据非常接近规范要求的(195±10)GPa。

2)本文提出的三种方案三种参数对不同根钢绞线计算出

的数据一致性远远优于 sans 方案。

3)本文提出的三种方案三种参数对同一根钢绞线计算出数据一致性远远优于 sans 方案。

4)我们认为第一根钢绞线也可以满足施工要求,不可以拒收。

5)根据以上数据,我们认为 sans 的弹性模量计算方法在

聚羧酸系高效减水剂对水泥水化性能的影响

张洪雁

湖北工业大学土木与建筑学院(430068)

摘要:通过对水泥水化过程的分析,阐述了减水剂对水泥水化过程的影响,聚羧酸系高效减水剂对水泥水化过程的影响因素及作用机理,与木钙、萘系减水剂相比,分子结构中含有羟基(-OH)、羧基(-COO-)、磺酸基(-SO₃-)、聚氧乙烯基(-OCH₂CH₂-)等官能团的聚羧酸系高效减水剂更易抑制水泥初期水化并形成富钙保护层,延缓结构形成、降低化学收缩。

关键词:减水剂;水泥水化;聚羧酸;机理

随着混凝土技术向高工作性、高强、高耐久性方向发展,减水剂已成为混凝土中必不可少的组成部分,许多新型减水剂不断开发出来,除传统的木质素磺酸盐系、萘系、密胺系等,新型超塑化剂如聚羧酸系也逐渐实现商品化,而且性能更加优越。虽然减水剂的加入量只占混凝土中水泥质量的0.2%~2.0%,但是可以显著分散水泥颗粒,影响水泥的水化速率、水化温度,进而对水泥水化进程、硬化速度、水化产物以及混凝土内部微观结构、力学性能和耐久性能等产生影响。

1 减水剂——水泥体系的水化过程

1.1 普通硅酸盐水泥的水化过程

普通硅酸盐水泥中含有四种主要矿物成分:硅酸三钙(3CaO·SiO₂,缩写为:C₃S)、硅酸二钙(2CaO·SiO₂,C₂S)、铝酸三钙(3CaO·Al₂O₃,C₃A)和铝铁酸三钙(4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃,C₄AF)。水泥中的四种主要矿物均是无水化合物,与水相遇后都会发生水化反应。普通硅酸盐水泥的经典水化速率如图1所示。根据水化速率变化规律一般可将水泥水化过程分为5个时期:I为水化初始期;II为水化诱导期;III为水化加速期;IV为水化减速期;V为水化稳定期。

当水与高吸湿性水泥粒子接触时,由于水泥中各相完全或部分溶解,表面水解很快形成一薄层无定形或胶体产物。在最初溶解之后,液相中的均匀成核过程或固液界面的非均匀成核过程生成水化物。随着成核过程,水化产物的生长受

到溶液浓度、反应用水、离子的可得量、反应过程的活化能以及晶体生长的定向要求的控制。由图1可知:水泥的第一水化速率峰出现在水化初始期,第二水化速率峰出现在水化加速期和水化减速期之间。

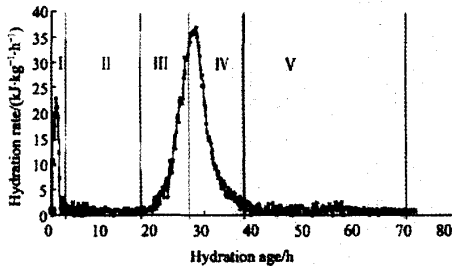


图1 普通硅酸盐水泥的水化速率

1.2 减水剂对水泥水化过程的影响

减水剂掺加到水泥拌合物中后,大部分减水剂分子被吸附于水泥颗粒表面,其分散作用使水泥粒子可较长时间稳定存在而不发生凝聚。虽然许多研究表明,减水剂并不改变水泥水化产物的组成,也不加速总的水化速度,但其对水泥的水化、硬化过程还是有很重要的影响。

减水剂在水泥水化反应进程中不同阶段的影响亦不一样,一般可将添加减水剂后的水泥水化过程划分为三个阶段,即水化初期、水化早期和水化中后期。

水化初期阶段:由于减水剂的分散作用,增大了水泥颗

施工中使用有待商榷。

6)第二种方案简单实用、易于操作,能满足不同试验条件下的弹性模量结果比对,值得推广应用。

7)钢绞线弹性模量非线性提出的有很大的实际意义,增加了区分不同钢绞线质量优良差异的可能。

8)第一种方案对施工来说是最适合的,特别适用于特殊的施工如佛山水电站高边坡预应力锚索工程使用的超张拉施工,但是不利于设计、制造、检验、施工各个环节,故对特殊的施工可以特别注明加以检验、验收、使用。

5 结束语

希望国家尽快出台钢绞线弹性模量的测量方案,希望国

家标准能够采用本文提出的第二种方案,这种方案能够解决当今施工中钢绞线弹性模量测量的很大一部分问题。

参考文献:

- [1] 孙国钧.材料力学[M].高等教育出版社,2006.
- [2] GB/T 5224-2003,预应力混凝土用钢绞线[S].
- [3] GB/T 228-2002,金属材料[S].
- [4] JTJ041-2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [5] [美]格威克(Gerwick,B.).《预应力混凝土结构施工(第2版)》中国城建出版社,1999.