

桥面板采用后期粘结预应力钢材的设计与施工

日本松帆高架桥工程概要

严国敏 译

【前言】 后张法预应力工程的缺点是忽略了压注水泥浆以及压注填充不足等事故占有一定的比例。

作为对压浆施工的质量改善方法,着眼于使用后期粘结的预应力钢材。这种方法在建筑方面有更多的施工实践,在桥梁结构方面,以日本道路公团为主,采用的实例也正在增多。

在松帆高架桥中,采用后期粘结的预应力钢绞线作为桥面板中的横向张拉力筋,它不仅可以避免压浆的缺点,还能取得施工的节省劳力与缩短工期。以下为对它的工程概要介绍。

1、后期粘结预应力钢材的概要

(1)概 要

后期粘结预应力钢材是在工厂制造时用常温时凝固的环氧树脂在其尚未凝固的油脂状态时涂抹在预应力筋的表面上,然后再用带凹凸的聚乙烯套管将它覆盖。这种树脂可用添加凝固促进剂来调整(控制)其凝固的时间,将凝固时间控制在预应力筋张拉后,这样就可以用与一般的无粘结预应力钢材同样的方法来进行施工。

在树脂凝固之后,通过聚乙烯套管来保证预应力钢材和混凝土之间的粘结。此种粘结强度与传统的使用压浆方法(混凝土浇注前先埋入螺纹形套管,预应力钢材张拉后再在套管内压浆)的粘结强度相同,甚至超过。

图1为通常的预应力钢材与上述的后期粘结预应力钢材的施工顺序比较的

示意。在松帆高架桥使用的预应力钢绞线是SWPR191T21.8。

(2)优 点

后期粘结预应力钢材的优点有以下所列三个方面:

1)方便施工

由于在现场不需要配置套管、插入预应力筋以及压浆等作业,因而在施工方面可以节省劳工与缩短工期。此外,由于后期粘结预应力钢材在工厂内加工制造的关系,可以保持稳定的质量。

2)混凝土构件的特性

与一般有粘结混凝土构件相比,后期粘结混凝土构件的挠曲极限强度要提高约20%。另外,两种构件具有同样的裂缝控制效果。

3)增加粘结强度与有效预应力

与通常的预应力钢材相比,后期粘结预应力钢材的粘结强度较高(见表1),

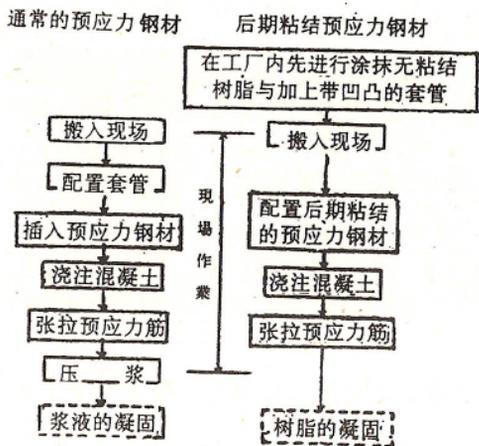


图1 作业顺序的比较

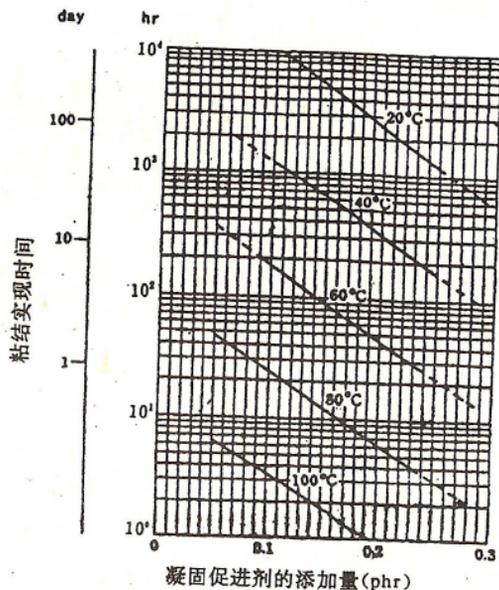


图2 粘结实现时间和凝固促进剂添加量及温度的关系

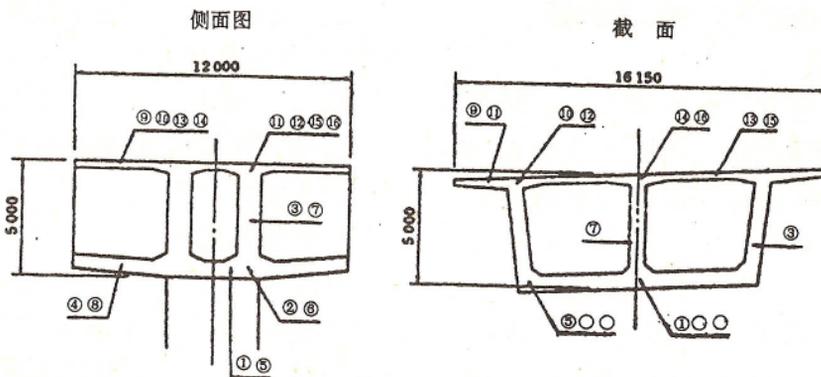


图3 热电偶的布置

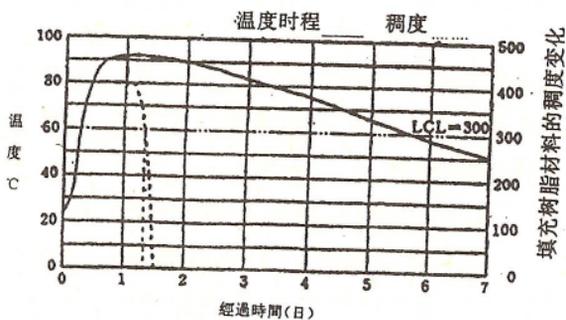


图4 测定位置③的温度时程

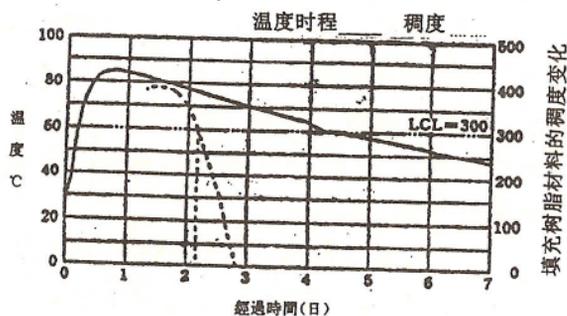


图5 测定位置①的温度时程

而对挠曲来说,它的摩阻系数又比较小(见表2)。因此,由于有效张拉力的增加而有利于施加较大的张拉力。

(3) 注意点

后期粘结预应力钢材的填充材料(环氧树脂)对周围的温度影响非常敏感。温度如果较高,凝固时间显著缩短(提前凝固)。

图2所示为粘结实现时间和凝固促进剂添加量及温度之间的关系。从图上可以看出,例如凝固促进剂添加量为

0.2phr,在温度20℃的条件下进行保管时,凝固前的时间长约100天之久,而在温度80℃的条件下却只有6个小时就已凝固了。

这样的凝固时间,由于受到混凝土水化热引起的温度上升以及从工厂出厂经运输、保管、到张拉过程中受到外界气温的影响,在现场进行充分的温度管理是非常必要的。[译注:phr=per hundred parts of resin=每百份树脂中的含量]

表1 粘结强度的比较

	粘结面积(cm ²)	粘结强度(N/cm ²)
后期粘结预应力钢材	157.7	159
通常使用的预应力钢材	190.8	322
埋置在树脂中时	190.8	434

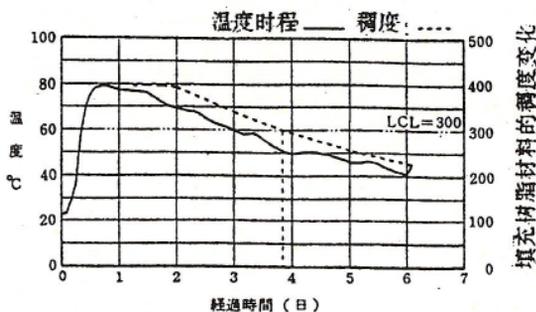


图6 测定位置(16)的温度时程

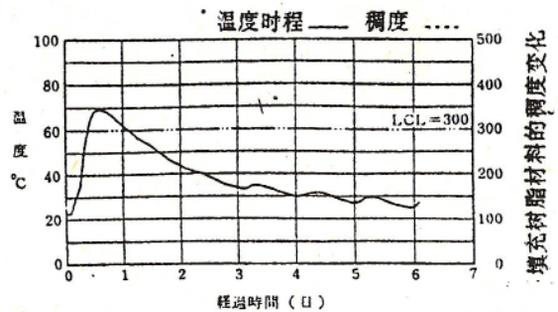


图7 测定位置(13)的温度时程

表2 预应力钢材的摩阻系数

预应力钢材的种类	λ	μ
钢绞线	0.004	0.30
钢筋	0.003	0.30
前期无粘结钢绞线	0.003	0.10

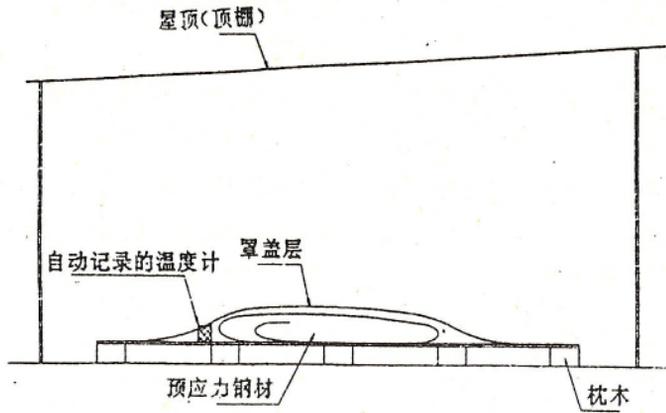
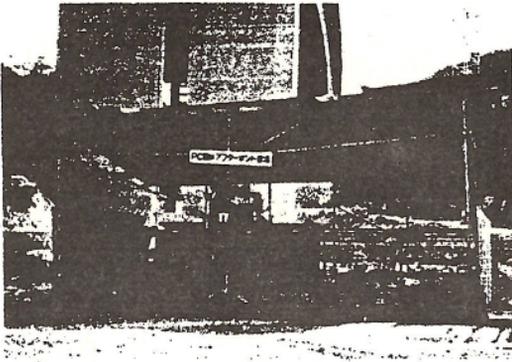
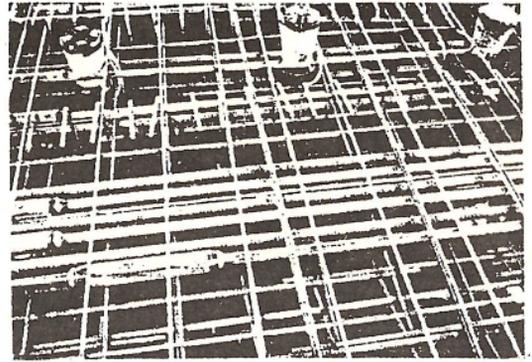


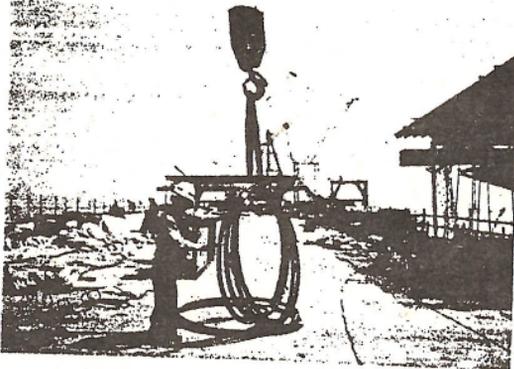
图8 后期粘结预应力钢绞线保管场地的示意



照片1 后期粘结的预应力钢绞线的保管场所



照片2 预应力钢绞线的布置状况



照片3 使用尼龙吊索来作装卸



照片4 树脂的除去作业

2、后期粘结预应力钢绞线的温度管理

(1)设计概要

如前节所述,树脂凝固时间是受周围温度控制的,特别是桥墩顶部由于混凝土水化热的关系上升很高,因此对填充剂(树脂)的凝固情况进行预测计算。

由于没有适宜的温度变化与时间历程的关系模式(以下简称温度时程模式),所以在最先浇注的P₂墩的墩顶部分混凝土中进行了温度时程模式的测定。根据这个温度时程模式,预测使用后期粘结预应力钢绞线的各个部位填充树脂的凝固状况。

在测定温度的该墩顶部位的顶板中设置了一根作为试验用的后期粘结预应力钢绞线,根据实际的张拉来确定进行张拉作业的可能时间。在该测定温度的墩顶部分的横向预应力筋使用通常的预应力钢绞线,而对试验用的钢绞线不进行锚固,在试验进行之后放松其张拉力

并埋死在混凝土中。

(2)混凝土的温度测定

混凝土的温度测定方法是在底板(包括横梁)和顶板中的各8个位置外设置热电偶(温差电偶),一共有16个热电偶,将这些热电偶与时间间隔器(intervat timer)连接后用自动记录的方法来进行(图3)。

根据预应力钢绞线的标准张拉时间在混凝土浇注后的第3天(3天龄期的混凝土强度经过确认后)进行张拉,为了留有余地,温度的测定时期为从混凝土浇注后到浇注后的第5天。温度的测定时间为1995年的6月上旬到下旬。测定的温度时程在图4~图7中用实线表示。

(3)预测填充树脂材料的凝固

预测填充树脂的凝固,根据将测定的温度时程以每5分钟的时间间隔的近似于阶段状的温度条件,用下式计算温度对凝固的影响:

$$\sum \frac{\text{从近似状态所得的温度}T\text{时的保持时间(小时)}}{\text{温度}T\text{时的可能张拉时间(小时)}}$$

在上式中,分子为温度时程间隔为5分钟时的时间,即5/60小时。由此式给出的累计值达到1时的时间为计算上的可能张拉时间。但是,实际所用的可能张拉时间根据张拉作业的管理另作规定。

使用预测计算所得的前提条件有两点:一是应在35℃以下的温度条件下进行保管,二是在现场的保管时间不得超过30天。

填充树脂材料的稠度变化计算结果在图4~图7中用虚线来表示。

(4)后期粘结预应力钢绞线的可能张拉时期是参考一般无粘结预应力钢材来制定的。也就是,为了预应力钢绞线的张拉计算和张拉管理能与一般无粘结预应力钢绞线一样进行,填充树脂材料的稠度与一般粘结钢绞线的填充油脂一样,要保证稠度大于300时在实用上可能

进行张拉。表3是根据稠度计算的结果所 汇总。
决定的可能张拉时间,按各种构件进行

表3 可能张拉时间的一览表

位 置	测点顺序号	可能张拉时间
墩顶部分的底板	1、2、4、5、6、8、	52小时
墩顶部分的横梁	3、7	32小时
墩顶部分的顶板	16	92小时
同 上	11、13、15	123小时
顶板的其他位置	9、10、13、14	144小时以上

这个结果说明墩顶部分设置的作为
试验用的预应力筋的张拉作业可能在混
凝土浇注后的第5天进行,因而是妥当
的。

另外,由于在工程进度标准中所定
的预应力钢绞线的张拉时间在混凝土浇
注后的第3天,因此可能张拉的时期要
大于72小时。

如上所述,在松帆高架桥中的后期
粘结预应力钢绞线的适用范围归纳起
来如下:①墩顶部位的底板及横梁,由
于可能张拉的时期都不到72小时,因
此没有使用后期粘结顶应力钢绞线。

②顶板的各个部分因可能张拉的时
期都在72小时以上,因而使用后期粘
结预应力钢绞线。

③在施工用的梁内出入口处布置
的预应力钢绞线,由于在混凝土浇注
后很长一段时间内不进行张拉,所以
也使用通常型式的预应力钢绞线。

(5)在现场的温度管理

后期粘结预应力钢绞线的设计前提
是保管时间不超过30天以及保管温
度要低于35℃,因此在现场实施的温
度管理措施如下:①在运入工地的配
合工程进度的材料时,应对每批进料
的保管场地有所区别。

②保管时为了避免日光照射,保管
场地应设有屋顶(顶棚),另外对装载
的后期粘结钢绞线应用罩布覆盖。

③保管场地作成高台(离地)式,在
夏季为了防止湿气应用大型风扇进行
通风。

④保管场地应设置自动记录的温
度计,特别在夏天更应注意温度控制。

图8及照片1所示为松帆高架桥所
用的保管场地的略示意。

3、后期粘结预应力绞线的施工

由于张拉作业本身与通常的弗兰
西奈体系的张拉作业相同,故其施工
顺序

在此就加以省略不谈了。使用后期粘结预应力钢绞线时应注意以下各点:

①由于不需配置套管、插入预应力钢绞线、压浆等作业,因而要按所定尺寸下料。

由于桥面上没有压浆出口管的伸出,总的来说作业性较好。

②后期粘结的预应力钢绞线的聚乙烯盖套的外径比一般预应力钢材的套管小,因而对与它交差的主要配筋比较容易布置(照片2)。

③由于从工厂出厂开始,预应力钢绞线就一直有填充的树脂材料所覆盖,因此在保管时以及配置后对防锈管理比较容易(即有利于防锈)。

④为了避免聚乙烯覆盖层在施工中被弄破,在挂钩起吊时应使用尼龙绳制的吊索;在装卸、配置、捆扎固定等各施工过程中应十分小心地对待(照片3)。

⑤在张拉时必须将后期粘线预应力钢绞线端部的聚乙烯覆盖层剥去,但此时应使用橡皮手套,注意皮肤不要与树脂直接接触。

⑥附在预应力钢绞线上的树脂在张拉时会在张拉用的千斤顶内凝固粘结,必须用钢丝绳刷子小心地将它除去(照片4)。

⑦张拉作业虽有时间的制约,但因制定的可能张拉时期留有余地,故除了较长的休假日(如正月的上元节等)之外,不需要对施工进度作特别的调整。

结 语

最近在土木工程中开发有各种新的材料,松帆高架桥所用的后期粘结预应力钢材也是属于企图在施工中节省劳力与缩短工期的一种。

在本工程中,当初采用后期粘结预应力钢材的目的是改进预应力钢材的压浆质量。在工程中使用的结果,发现它对现场作业的好处超过原来的预想,只要在温度管理与覆盖树脂的聚乙烯层的保护等方面进行适宜的管理,可以认为它是一种非常有利的施工方法。

由于这种施工方法用在桥梁方面的实例还很少,为了今后的进一步研究,希望本文有一定的参考价值。

参考文献:住友电工株式会社,[アフターボンドpcストンド技术资料],1994年2月

注:以上译自1997年7月日本《桥梁》P. 45—50

译后语:

译者认为后期粘结的预应力钢材虽有一定的优点,但温度管理、保管、张拉时间的制约等与压浆方法等相比,都有缺点,似无多大可取之处。