

# 无粘结力后张预应力钢筋 在桥梁建设中的应用

张贵新

**【摘要】** 为了解决天津永和斜拉桥主梁块件预制,首次提出在三向预应力块件中竖向预应力筋采用无粘结力预应力粗钢筋,主要解决块件断面较弱制孔困难和压浆串浆问题,并简化施工工序。

**关键词** 无粘结力筋 后张法 预应力砼结构

## 一、概况

在后张法预应力混凝土中的钢筋或钢绞线,分为有粘结力和无粘结力两种。凡张拉后通过压浆或其他措施使钢筋或钢绞线与混凝土产生粘结力而不能发生纵向相对滑动的叫有粘结力钢筋或有结粘力钢绞线。反之,凡张拉后永远容许预应力钢筋或钢绞线对周围混凝土发生纵向相对滑动的叫做无粘结力钢筋或钢绞线。

现在,预应力混凝土在世界上应用相当广泛,优越性很明显,发展极快。但是有粘结力钢筋或钢绞线预应力混凝土有一定的局限性,主要是随着预应力混凝土技术的发展,预应力的张拉吨位越来越大,预应力钢筋排列越来越密。混凝土断面越来越小,因而就造成制孔难度大,孔道压浆容易串浆,张拉时锚下应力较大,锚头附近混凝土容易压碎。鉴于这些情况,推广应用无粘结力预应力混凝土具有很大的现实意义。

在无粘结力后张法预应力混凝土中利用粗钢筋有很大的优点。例如在预应力混凝土梁中,无粘结的钢筋发挥的效能比有粘结力发挥的效能好。在有粘结力梁承受荷载时,任何截面处钢筋的应变都是与其周围混凝土的变化相等的,所以有粘结力束的最大应力发生在最大弯矩的截面内。而无粘结力梁受载后,由于无粘结力束发生纵向相对滑动,整个束的应变(或应力)是一样的,即无粘结力钢筋从锚头的一端到另一端之间的总伸长应与其周围混凝土长度变化的总和相等。这样当梁受压面混凝土达到极限应变时,无粘结束中的最大应变将比有粘结束的应变小,所以无粘

结束中的极限拉应力不会超过最大弯距截面破坏时有粘结束的极限拉应力。

## 二、无粘结力粗钢筋在天津永和大桥中的使用

天津永和斜拉桥是预应力混凝土结构,主跨为260m双索面的大跨度斜拉桥,主梁中设有三向预应力钢筋,孔道密集,交叉严重,给施工带来了很大困难。经设计单位同意,将6根直径 $\phi 25\text{mm}$ 的预应力粗钢筋改为无粘结力钢筋,为此,做了一些必要试验。

### 1. 隔离剂的选择

近几年来国内外已广泛推广采用无粘结力预应力钢筋。但在大跨度铁路桥梁中应用比较少,主跨度260m的天津永和斜拉桥采用无粘结力粗钢筋是一次成功的尝试,对无粘结力粗钢筋的施工首先是隔离剂的选用,目前常用的隔离剂有沥青胶和特种建筑油脂,经北京建筑研究所对特种建筑油脂化验,建议推广使用,其数据见表1。

表1 特种建筑油脂化验数据

序号	分析项目名称	分析数据	实验方法
1	外观	淡黄色均匀油膏有粘性	目测
2	滴点 $^{\circ}\text{C}$	170	GB270-76
3	度 $25^{\circ}\text{C}$ 1/10mm	251	GB269-77
4	游离酸%	0.23	SY2707-16
5	水分%		GB512-65
6	机械杂质(酸分解法)%	无	GB513-77
7	压力分布 $25\pm^{\circ}\text{C}$ %	5.54	392-77
8	抗水淋试验 $38^{\circ}\text{C}$ %	2.5	SY2718-77
9	低温性能 $-40^{\circ}\text{C}$ 30分钟	不脆性	SY1577-783
10	快速氧化试验12小时 $120^{\circ}\text{C}$		
11	氧化前游离酸%	0.23	
	氧化后游离酸%	0.69	

根据特种建筑油脂化验数据及试验结构:这种油脂对预应力粗钢筋无腐蚀性。在预期温度(-20℃~70℃)涂料不会开裂,不会脆,不液化流淌,使用方便。所以决定采用这种特种建筑油脂为隔离剂。

## 2. 无粘结力预应力粗钢筋施工方法

永和斜拉桥无粘结力粗钢筋为 40 锰硅,  $\phi 25\text{mm}$  其屈服强度为 400MPa, 极限抗拉强度为 690MPa, 钢筋长度为 3015mm。首先用钢丝刷将钢筋表面的泥污锈皮除干净, 然后将特种建筑油脂用毛刷在钢筋表面进行反复的涂刷, 直到将钢筋表面全部覆盖为止, 用人工将塑料布带在钢筋上进行缠绕(宽不大于 100mm), 塑料布带前后应搭接, 塑料布带接头必须用黑胶布缠紧, 以防松散脱落。把缠好的粗钢筋存放好, 注意保护好粗钢筋缠绕的塑料布带表皮, 不致使塑料布带缠包表皮磨损及碰伤以影响效果。把已处理好的预应力粗钢筋按照设计位置的要求, 用细铁丝绑扎在钢筋网骨架上, 待灌注的混凝土强度达到要求后, 然后进行张拉, 用锚定螺母锚死, 最后灌注封端混凝土。

## 3. 无粘结力预应力粗钢筋的试验结构

(1) 摩擦力的试验 无粘结预应力粗钢筋摩擦阻力试验, 见表 2。

表 2 摩擦力试验数据

固定端	张拉端	摩擦力损失	
		kN	%
92.63	94.51	0.85	0.90
128.31	129.44	1.13	0.87
161.09	161.73	0.64	0.40
191.17	191.42	0.25	0.13

(2) 滑动试验 在验时首先将固定端锚固螺母卸除, 然后在张拉端进行张拉, 这时张拉端油压表上读数为 1MPa, 总拉力为 15.78kN。混凝土粘结力只有 0.11MPa, 而粗钢筋已滑动 60mm。再继续增加油压张力, 油表读数不再增加, 表明粗钢筋已完全滑动。

(3) 疲劳试验 应力应变幅度 =  $\sigma_{\max}/\sigma_{\min}$ , 见表 3。

表 3 疲劳试验数据

项目	单位	试件号					
		328	330	331	332	320	327
上限拉力 $N_{\max}$	kN	482	456	456	456	452	452
下限拉力 $N_{\min}$	kN	410	388	388	388	363	363
上限应力 $\sigma_{\max}$	MPa	600.0	567.5	567.5	567.5	562.8	562.8
下限应力 $\sigma_{\min}$	MPa	510.0	482.0	482.0	482.0	450.9	450.9
应力幅度		0.85	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80
疲劳次数 $N$	万次	154.38	200	200	200	7442	106.0
破坏状况		一螺母处钢筋断裂	锚具及钢筋均完好无损	锚具及钢筋均完好无损	锚具及钢筋均完好无损	一螺母处钢筋断裂	一螺母处钢筋断裂
附注		试验时曾两次停机但均不超过四小时	连续试验未停机	连续试验未停机	连续试验未停机	连续试验未停机	连续试验未停机

总之, 通过这些试验, 我们认为以  $\phi 25\text{mm}$ 、40 锰硅为基材的冷轧丝锚具虽未经时效处理, 已经能满足当前在桥梁结构上使用时的疲劳要求。无粘结钢筋由于对锚具质量及防腐蚀保护要求高, 目前国外主要用于预应力分散配置, 且外露的锚具容易用混凝土封口的一些结构, 如房屋建筑中大跨度单向和双向平板、双向密筋板等结构, 桥梁方面可以选择用在主梁竖向预应力无粘结力粗钢筋。通过上述进行实际性能的试验, 我们认为及时研制适合我国当前实际生产的无粘结力后张法粗钢筋轧丝锚是很有必要的, 特别是在目前桥梁活荷载占的比例较大情况下, 用它作为桥梁钢筋或其他需要进行张拉、锚固、连续场合的预应力后张法更有它的新的现实意义。天津永和斜拉桥的建成及使用, 也证明了加载后的梁体应力均为正常, 也进一步说明了用螺杆、螺母作为锚固手段, 用无粘结力粗钢筋后张法作为施工方法, 不仅锚具简单, 锚固性能可靠, 也使施加预应力的工序大为简化, 工人掌握和操作都比较容易。总之, 冷轧螺纹锚具在我国已有专业工厂按工程需要的规格, 并经过冷拉和时效处理, 已能配套供应锚固螺母、垫圈和连接套筒, 加上无粘结力后张法预应力施工方法的优点就更为经济和方便了。

## 三、后张法无粘结预应力钢筋的发展趋向

由于无粘结力钢筋在结构使用中具有很多优点, 目前在高层建筑及桥梁建设中已得到普遍推广, 并且在国内已有数家工厂生产定型无粘结力的钢丝束及钢绞线。特别是广西柳州欧维姆建筑机械有限公司所生产的无粘结力钢丝束及钢绞

线,质量较好、适应性较高,已普遍推向全国。它是利用绞线通过 PE 材料挤压生产而成,而制成的无粘结力钢绞 PE 材料厚度为 0.2—0.5mm,在 PE 材料与钢绞线之间灌注一种特殊油脂,一方面能满足无粘结力的需要,另一方面又能满足母材不锈蚀。所以无需施工时自己制造无粘结力粗钢筋。无粘结力钢筋的问世,大大简化了施工程序,节约人力物力财力。目前在高层建筑和桥梁结构竖向或预应力钢筋极为适用。

无粘结力钢筋后张法以往被人们提出疑义,主要是:第一锚固头疲劳;第二钢筋锈蚀。现在这

两个问题已基本解决,经多次疲劳试验,锚固头已满足要求,至于钢筋锈蚀目前国内一些重点工厂已在研制,首先在钢筋表面镀一层高强度油漆,然后再挤压 PE 材料,再灌注一些油脂使钢筋有更多的防锈保险,确保使用安全,通过这些试验及工艺改进,无粘结力后张法预应力钢筋在结构上可以推广使用。

#### 参考文献

天津永和桥梁构件制造施工工艺,铁道部大桥局第一桥梁工程处编,1985

## 工地掠影

### 桂柳高速公路第二期边坡加固工程按期竣工

1998 年 6 月,广西区内十多天连降暴雨,造成桂柳高速公路多处滑坡塌方,其中最严重的一处是 K412+80m 处、长约 40 米的路段。在其仅数十米之隔的 K412+50m 路段去年也曾发生过同样的险情,经柳州欧维姆工程公司边坡加固治理后,经受了这次长时间连降暴雨的严峻考验而安然无恙。

由于桂柳高速公路 D412+80m 路段为人工造坡,土质虚软,坡体滑移明显,沉降严重,造成路面大面积产生裂缝且裂缝不断扩展,严重威胁到行车安全。如不及时治理将可能导致整个坡体崩塌,治理难度很大。桂柳高速公路管理处经费极其紧张的情况下,为确保“广西第一路”通车不中断,请求我公司对该路段进行加固治理。

接下该工程后,我公司立即成立了桂柳高速公路项目组,七月中旬进场。九月初,距该段二十多公里外的潮水隧道桂林往柳州方向入口处边坡也发生下滑,已造成下面的高速公路外沿翘起。如不及时采取有效措施,将进一步危及路面,甚至造成整个隧道塌方。桂柳高速公路管理处鉴于形势紧急,又请求我公司对这个地方的边坡进行加固。为此,我工程公司立即派出 4 名技术人员带领施工队伍承担了上述两处抢险工程。

抢险工程工期紧,尤其是潮水隧道边坡加固工程,工期原定 45 天,但由于缺水,进场近 20 天却仍无法开工,45 天尚显紧张的工程要在剩下的 25 天完成,任务之繁重可想而知。项目组面对这样的状况不分昼夜地抢工期,有时每天工作十六七个小时。为了保证工程质量,项目组成员在炎热的天气常常赤膊上阵指挥工人钻孔、灌浆、亲自操作示范。工程环境极其艰苦,连生活用水都要到离工棚几米远的地方一点一滴接山体渗水,往往要两个多小时才能接满一桶。住的是简易工棚,晚上成百上千只蚊子蜂拥而来,加上来往的汽车呼啸而过,令人夜不成寐。

但不管时间多紧,任务多重,在项目组的艰苦努力下,十一月上旬,桂柳高速公路 K412+80m 路段加固工程如期顺利完工并通过竣工验收,验收人员对我公司采用预应力锚索施工的先进性及其立竿见影的效果给予了充分的肯定。这是我公司继 K412+50m 路段路基加固工程后为“广西第一路”保畅通立下的又一项新功。而今,潮水隧道边坡加固工程亦已接近尾声。随着这两项工程的完成,又将为我公司“锦”上再添“新花”。

(杨伊波)