

欲擒故纵

——预应力钢筋混凝土结构的产生和发展

(续 1)

我们对预应力钢筋混凝土的认识大体经历了以下几个阶段。

1. 开始阶段,人们把预应力钢筋混凝土仅视为一种新型结构材料,它不同于普通钢筋混凝土。法国人弗列西奈认为预应力钢筋混凝土与普通钢筋混凝土是两种截然不同的结构材料。这种看法显然不妥,正如目前混凝土中掺入了外加剂,而成为新型的改性混凝土一样,钢筋混凝土加预应力也可看成是一种改性钢筋混凝土,并无本质上的不同,不能说出现了一种新型结构材料。由于只把它视为一种新型结构材料,用于常用的跨度和荷载作用下的结构构件,以代替普通钢筋混凝土,这实际上有点大材小用,未能充分显示其优越性。好在初期,钢筋和混凝土强度都不高,这一认识也未引起太多的矛盾。

2. 到了第二阶段,高强度钢材越来越多了,这时仍把预应力钢筋混凝土限制于常用的小跨度和小荷载的结构构件中应用,就显得很不合理。于是人们进一步把它扩大应用于大跨度和重荷载的结构构件,这些构件过去非用钢结构不可,钢筋混凝土是不敢问津的。预应力钢筋混凝土从一般结构构件扩展到大跨度和重荷载的结构构件,这是一个大

的飞跃,真正发挥了它的长处。可以这样说,除了某些特定的重要结构构件,一般钢结构能做到的,预应力钢筋混凝土基本上也能做到。这两种结构材料争奇斗艳,各有所长,关键在于能否恰到好处地用其所长。

3. 以后进一步认识到,把预应力钢筋仅仅视为受力的需要是不够的,而应该把它看成是一种结构装配手段,许多平面或空间结构是通过预应力钢筋把预制构件拼装成整体的。例如某飞机库的屋面梁,跨度 33.5 m,将它分成 16 段。在工厂制作这 16 段块体,每段块体截面呈 T 形。它的长度和重量是整个屋面梁的 1/16,便于运输。运到现场后用预应力钢筋将它们拼装成整体。把预应力钢筋看成结构的装配手段,这又是认识上的一大飞跃。有了这个飞跃,人们的视野突然变得更加宽广,重新考虑预应力钢筋混凝土在建筑工程上更加广泛的用途。

4. 再后来,人们对预应力钢筋混凝土的认识更加深化,那就是预应力钢筋不仅可作为受力和装配手段的需要,而且还可以用它作为调整结构内力和变形的手段。当然,人们过去施加预应力,“欲擒故纵”或“将欲拉之,必先压之”,也是在用预应力钢筋去调整内力,但这是一种被动的适应手法,有点不得已而为之。现在人们用同样方法去调整内

力,是在打主动仗,是让结构按我们的要求产生适当的应力状态,与过去作法截然不同。例如某悬臂梁(图3)跨度较大,它在自重作用下的悬臂弯矩很大。为了减小弯矩,人们将预应力钢筋反向偏心作用于悬臂梁,使之产生一反向弯矩,与梁自重弯矩相抵消。结果在梁自重作用下,悬臂梁的受力状态类似于水平放置的受压柱。再如某双向弯曲的索网屋盖,周边支承在一空间曲梁上。在施工过程中,由于张拉主索(承重索)和副索(稳定索)的需要,使曲梁承受较大的弯矩,临时附加一些受力钢筋,比较浪费。于是在悬索网的下面,在空间曲梁上沿着变化的标高,设置平行于副索的第三层水平预应力索来调整曲梁的弯矩,结果把在最不利施工情况下原应产生的最大弯矩从 $8\,000\text{ kN}\cdot\text{m}$ 降为 $1\,130\text{ kN}\cdot\text{m}$,使曲梁配筋大大减少。

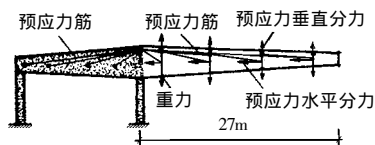


图3 悬臂梁受力示意

综上所述,可见人们对预应力钢筋混凝土的认识是从它是一种新型的不会开裂的建筑材料到能够与钢材相媲美的结构材料,进而又从预应力钢筋作为结构装配的手段到它作为调整结构内力和变形的手段,这些认识都是不断深化和不断飞跃的,对预应力钢筋混凝土结构的发展非常有利。

不过,以上论述的预应力钢筋混凝土都是基于从截面的应力出发来描述预应力的概念,正如结构学者杜拱辰先生给它下的一个十分完善的定义:“预应力混凝土是按照需要预先引入某种量值与分布的内应力,以局部或全部抵消使用荷载应力的一种混凝土。”杜先生的定义是从广义角度而言,他没有用预应力钢筋混凝土的概念,因为一般说来,混

凝土的预压应力是通过张拉预应力钢筋来实现的,但这不是惟一的方法,也可以用其他方法。例如在峡谷地区可以利用两岸基岩作承台,使用千斤顶对混凝土梁施加预压应力,效果也一样。

随着时间的推移,预应力结构日益发展,上述传统的预应力概念,已经难以完全包含现代结构发展的内容。例如另一位结构学者谢醒悔先生根据自己多年来在预应力结构工程中设计与施工的经验,提出了“予力”和“予力技术”的新概念。他认为:“予力”不完全是预应力的简称,而是其概念理论的扩展和延伸。“予”是给予的予,它的着重点是给予混凝土以广义力;而“预”是预先的预,它的着重点是预先对混凝土施加压力。两者既有相同之处,又有一定的差别。因此他给“予力”和“予力技术”作了如下的定义。

“予力”——人们为了达到某种目的而主动给予结构施加已知的可调控的广义力(外力、内力、应力、应变、变形、位移等),从而改变结构受力状态和性能,对结构内力、变形进行调整,减少结构的超静定次数,简化结构分析计算。予力在时间、空间、数量和可控性等方面,完全由人们在设计、施工和使用时,按既定程序进行有效的监测和调整。

“予力技术”——实现“予力”全过程的综合技术,包括“予力”结构设计、加力、测力、监测、报警、调控等成套技术。

谢醒悔先生根据他这一套独特的观点,几十年来在建筑工程的设计与施工实践中进行了卓有成效的工作。他大大简化了预应力钢筋混凝土结构的计算,免去了规范中规定的各种预应力损失计算,而代之以根据实测手段所得的施加给结构的真实力,并能根据实际需要进行调整,大大提高了结构的安全度。他在许多工程中大胆创新,取得了很好的成果,对预应力结构做了开拓性的贡献,有助于预应力钢筋混凝土结构今后的发展。

(续完)