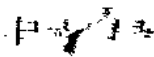


什么是予应力鋼筋混凝土

傅 鍾 鍾 鍾 写



鍾 筑 工 鍾 出 版 社



写在前面	3
一、什么是预应力钢筋混凝土	4
1. 普通钢筋混凝土的一个严重缺点	4
2. 预应力钢筋混凝土的概念	5
3. 预应力钢筋混凝土的优点	6
4. 预应力钢筋混凝土所用的材料	7
5. 预应力钢筋混凝土的应用范围	9
二、预应力钢筋混凝土的制作方法	10
1. 制作方法的分类	10
2. 先张法	12
3. 后张法	15
4. 連續配筋法	19
5. 集整法	21
三、预应力钢筋混凝土制作中的主要問題	24
1. 怎样控制張拉应力	24
2. 張拉应力的損失問題	26
3. 关于予留孔道的問題	29
4. 孔道的灌漿工作	32
5. 混凝土的質量和鋼筋自鏢問題	34
6. 組合梁的拼裝工作	36
四、对我国建筑工程中应用予应力鋼筋混凝土的展望	38

內 容 提 要

这是一本通俗的小冊子，里面介紹予应力鋼筋混凝土的基本知識，包括予应力鋼筋混凝土的原理、特点、应用范围和制作方法等，并提出制作中的几个主要問題和操作中的应注意事項。

这本小冊子可以供建筑工人和管理人員在工作上参考，并可作为鋼筋混凝土予制厂工人的学习参考教材。

什么是予应力鋼筋混凝土

傅鍾器 編寫

★

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外南風土路）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第055號）

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書号 746 22千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 1 $\frac{1}{4}$

1957年12月第1版 1957年12月第1次印刷

印數：1—2,100册 定價（11）0.38元

寫在前面

鋼筋混凝土在现代建筑工程中的应用范围越来越广泛了,工业和民用建筑、水工建筑、道路建筑等都在大量地应用它。因此,国家每年都得花上几十万吨的鋼材来做为鋼筋混凝土的配筋。

鋼筋混凝土虽然有很多优点,但是它也是有缺点的,除了配筋耗用鋼材很多、制成的构件很笨重之外,由于技术性能的限制,它还不能用来制作大跨度的结构。因此,許多大跨度结构不得不采用鋼结构的,这样就增加了鋼材的用量。

三十年前,人們改进了鋼筋混凝土的施工技术,創造出混凝土的予加应方法,于是鋼筋混凝土的面貌就大大地改变了:用鋼量大大地减少、构件的重量減輕了,也可以制成大跨度结构来代替鋼结构了。因此,予加应力在节约鋼材方面起了很大的作用。

在我国,予应力鋼筋混凝土还是在最近两三年内才开始应用的。由于这项新技术在节约鋼材方面具有重大的意义,所以已經引起我国建筑工作者的极大重視。

这本小册子是为进行予应力鋼筋混凝土制作的工人編写的,以期使他們在看过这本小册子后,能够初步懂得有关这方面的基本知识,并了解一些制作中的主要問題。

書中有錯誤处希望讀者指正。

編寫者

1957年5月

一、什么是預应力鋼筋混凝土

1. 普通鋼筋混凝土的一个嚴重缺点

要談預应力鋼筋混凝土,首先得从普通鋼筋混凝土談起。

大家都知道,混凝土有很多优点,比方耐久、耐火、可以制成各种样子等,因此它在建筑工程中应用很广。但是,混凝土有一个致命的缺点,那就是承受拉力的能力很弱,受拉时就产生裂縫,所以一般混凝土中都放一些鋼筋来承受拉力,成为鋼筋混凝土。其中混凝土承受压力,鋼筋承受拉力。

那么,鋼筋混凝土中的混凝土是不是就不能产生裂縫了呢?不是的。受拉时,混凝土是随着鋼筋一块儿伸长的,每公尺伸长0.1至0.2公厘时混凝土就出现裂縫了,这时鋼筋所受的力大約是300公斤/平方公分。可是,設計时通常鋼0和鋼3的鋼筋是要承受1300~1600公斤/平方公分的力,因此在繼續受拉时,裂縫宽度就越来越大,但总在0.2公厘的范围内。

如果采用强度更高一些的鋼筋,如鋼号为鋼5的鋼筋,这种鋼筋設計时是要承受2000公斤/平方公分左右的拉力的,因此受拉时混凝土的裂縫宽度就要超过0.2公厘了。这么大的裂縫对結構物来講是很危险的,一方面鋼筋和外界空气接触容易生銹腐蝕,另一方面,結構物的刚度小了,那么結構物也就会提前破坏。于是人們就想法把鋼5的鋼筋做成凹凸不平的表面,使鋼筋与混凝土的粘着力更好,这样,裂縫就能够分布得更均匀一些,它的宽度也就可以小一些了。目前工地上所用的螺紋鋼筋和竹节鋼筋就是属于这一

类的鋼筋。

要是鋼筋强度再高一些，那么在普通鋼筋混凝土中，等鋼筋达到設計所要求承受的拉力时，混凝土早就裂开大縫，甚至破坏了，这样的结构物是不能用的。

因此，裂縫的早期出现和扩展就成为普通鋼筋混凝土的一个严重的缺点；并且可以得出这样的一个結論，即：普通鋼筋混凝土中不能配置高强度鋼筋来承受拉力，这就是由于鋼筋的高强度不能得到充分利用的緣故。

2. 予应力鋼筋混凝土的概念

现在，我国冶金部門已經能够生产强度很高的鋼材了，抗拉极限强度能达20000公斤/平方公分以上。强度高，当然用量就少了。要是利用这种鋼材的話，与鋼5的鋼筋相比較，就可以少用百分之六十至八十的鋼，也就是說，用同样重量的鋼，高强度鋼能制作100根梁，而鋼5的鋼就只能制作20~40根。因此，应用高强度鋼就可以在鋼筋混凝土中节省大量的鋼材，虽然高强度鋼的价格要貴一些，但是从节约用鋼量来算，还是合算的。

根据上面所說，那么，要应用高强度鋼材，首先就得解决混凝土的裂縫問題。既然混凝土产生裂縫是由于它的抗拉性能低，于是就有人提出：在沒有受拉前，予先使混凝土受压，等加上荷重受拉时，这些予先加上的压力就可以抵銷一部分或全部拉力了。一个單位面积上所受的力一般叫做应力，因此，予先受力的鋼筋混凝土就叫做“予应力鋼筋混凝土”。

这个办法是在1928年法国首先应用成功的，现在世界各国都在大力推广了。受拉构件的工作情况可以从图1看出：不加压力的混凝土受拉时很快就裂了，而給它一个压力，再受同样的拉力，这时它是不裂的，而一直要等到拉力增加五六倍时才能裂。

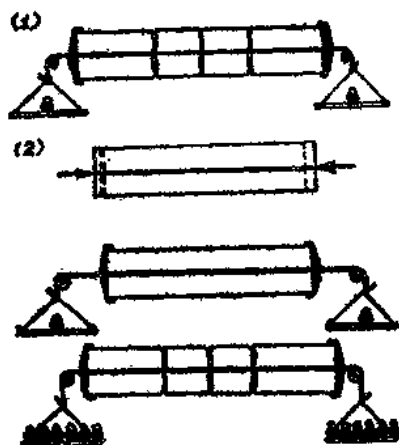


图 1 受拉构件的工作情况

- 1—普通钢筋混凝土；
2—予应力钢筋混凝土

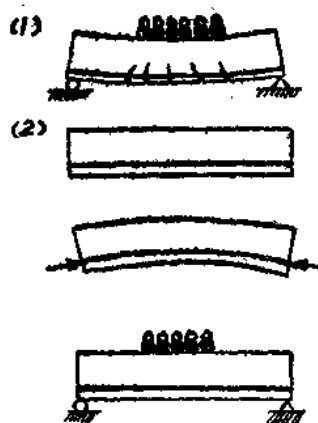


图 2 受弯构件的工作情况

- 1—普通钢筋混凝土；
2—予应力钢筋混凝土

至于受弯构件，它的工作情况可以从图 2 看出，因为梁的下部是受拉的，那么就在下部加上压力，这一加压力，成为一个偏心的力作用在下部，那么梁就往上拱起来，承重时再慢慢恢复到原来的水平位置，而不象普通钢筋混凝土，承重时就往下弯了。因此予应力钢筋混凝土受弯构件不但抗裂性能很好，并且刚度也增大了。

3. 予应力钢筋混凝土的优点

与普通钢筋混凝土相比较，予应力钢筋混凝土有以下几个主要优点：

(1) 抗裂性高：

因为裂缝出现得迟，所以能够保证构件在使用时不出现裂缝，这样一来，许多不允许出现裂缝的构件（如压力水管、储水槽等）都可以用钢筋混凝土来制造了。

(2) 剛度大:

上面說過, 予 应力鋼筋混凝土有反向弯曲, 因此剛度就增大了; 还因为沒有裂縫, 使受弯构件的变形小了, 也增大了它的剛度。

(3) 自重輕:

因为用高强度材料, 数量少了, 自然重量就輕了。重量輕, 不但安装方便, 同时支承构件的下部結構也就可以做得小一些了。例如梁的重量輕, 那么柱和基础所承受的力就比較小了。

(4) 節約鋼材和降低成本:

在予应力鋼筋混凝土中, 高强度鋼材能得到有效的利用, 那么用高强度鋼材代替普通鋼筋就可以少用 鋼材百分之六十左右; 同时因为材料用少了, 虽然劳动力要多花一些, 鋼材也貴一些, 不过还是可以降低成本百分之十至二十的。另外, 由于剛度大、自重輕, 予应力鋼筋混凝土可以做成大跨度构件(最大能达100公尺), 这样就完全可以代替鋼結構, 而節約更多的鋼材了。

(5) 耐久:

予应力鋼筋混凝土在使用时是不出現裂縫的, 因此避免了构件中鋼筋受外界侵蝕的危害, 延长了結構的寿命。

4. 予应力鋼筋混凝土所用的材料

予应力鋼筋混凝土所用的鋼筋和混凝土的强度都要比普通鋼筋混凝土所用的高。一般所用的鋼筋有下面几种:

(1) 直径为2.6至7公厘的高强度鋼絲, 抗拉极限强度是12000至20000公斤/平方公分;

(2) 經过冷拉的鋼 5 的鋼筋, 流限是5000公斤/平方公分;

(3) 經过冷拉的25ГC 低合金鋼, 流限是6500公斤/平方公分;

(4) 經过冷拉的鋼0、鋼3、鋼 5 的鋼筋, 抗拉极限强度是5000、5500、6500公斤/平方公分。

采用高强度鋼絲的節約用鋼量最大,不过因为鋼絲細,所用根数多,操作就麻煩一些,因此一般也采用粗鋼筋,如上述鋼 0、鋼 3、鋼 5、25TC 鋼等,直径自 25~40 公厘。不过粗鋼筋的强度比較低,还要經過“冷处理”来提高它們的强度,即应用“冷拉”或“冷压”的方法。

为了保証鋼筋与混凝土粘結得更好,鋼筋表面都做或間凸不平,或者用两根或三根細鋼絲扭起来使用,如图 3 所示。

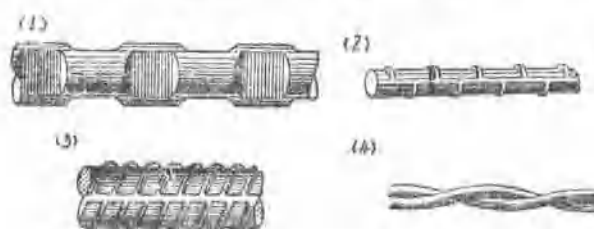


图 3 鋼筋的型式

1—冷拉鋼筋； 2—竹節鋼筋； 3—螺紋鋼筋； 4—扭結鋼筋

予应力鋼筋混凝土中采用的混凝土标号都是 200 至 500 号的,混凝土标号除了要根据所需要的强度来确定外,还要考虑到所用的鋼筋是不是能可靠地錨固在混凝土中,例如用螺紋鋼筋时,用 200 至 300 号混凝土就够了,而用光面鋼絲时,就要采用 400 号以上的混凝土才能保証錨固。

对混凝土有一个重要的要求,就是干硬度要大,因为混凝土的干硬度大,除了能保証高强度外,还可以使鋼筋錨固得更好,使混凝土的收縮性更小一些。当然,采用干硬度很大的混凝土还应当解决震搗設備問題,要采用高頻率震動器或采用加重震搗的方法。

为了保証混凝土的高强度,骨料的質量也要很好,特別是碎石,强度要高,含片狀顆粒、泥土灰土要少。

5. 予应力鋼筋混凝土的应用範圍

予应力鋼筋混凝土的应用范围很广，主要用来制作受拉和受弯构件。首先是应用在工业和民用建筑中，作为装配式鋼筋混凝土构件，例如屋面梁、桁架、基础、吊車梁、屋面板、楼板、檩条和各种結構梁等。

对于大跨度构件，采用予应力鋼筋混凝土是特別有利的，例如跨度为18公尺的屋面梁和20公尺以上的桁架等。图4和图5是予应力鋼筋混凝土桁架和屋面梁的形式。

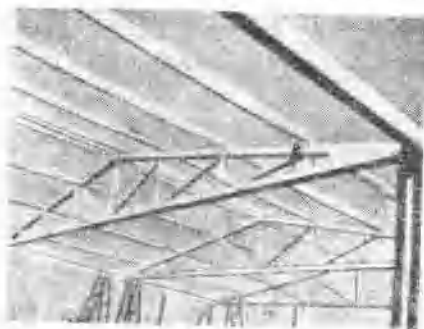


图4 桁架



图5 屋面梁

在交通运输工程方面，予应力鋼筋混凝土常用来建造大跨度的桥梁，这些桥梁的跨度最大能达100公尺，用普通鋼筋混凝土是完全无法建成的。予应力鋼筋混凝土也用来制作鉄路的軌枕，这种軌枕的使用年限很久，修換的費用很少，并且可以节省大量制作枕木用的木材，在木材容易腐爛和燃燒的环境中（如冶金化学工业企业中），用这种軌枕是更加合理的。

另外，在一些不允许出現裂縫的結構物

中,采用予应力鋼筋混凝土是最合理的,例如压力水管、貯水池、貯槽,以及水工建築物(如水壩)等。

除了上面所說的各種結構之外,予应力鋼筋混凝土还可以用来制作电綫杆、桩、擋土墙、桥墩等其他結構和构件。

二、予应力鋼筋混凝土的制作方法

1. 制作方法的分类

上面說过,所謂予应力鋼筋混凝土,實質上就是在构件沒有承受荷重前先加一个压力給混凝土,那么,究竟怎样才能把压力予先加給混凝土呢?

一般加予压力的方法是利用鋼筋的回彈力,即:将构件中的鋼筋张拉至一定程度的力,放松张拉力后,鋼筋就会彈回来压在混凝土上。按照制作方法的不同,这种加予压力的方法可以分做两种:

(1) 先张法:

先张拉鋼筋,再浇灌混凝土,待混凝土强度达到設計强度的百分之七十至八十时,放松鋼筋的张拉力。这时鋼筋是要彈回来的,不过依靠鋼筋与混凝土的粘着力,不能彈回至原来位置,因此这部分回彈力就压在混凝土上,成为混凝土的予压力。

先张法的制作过程如图 6 所示:张拉鋼筋、浇灌混凝土、切断鋼筋端部(即放松张拉力)。

(2) 后张法:

按照普通鋼筋混凝土的制作方法,先将构件制好,不过要在构件中予先留出一些孔道,然后把鋼筋穿过孔道,进行张拉,张拉完后利用特制的錨定装置錨住,依靠錨定装置将鋼筋回彈力傳給混凝土。它的工作图如图 7 所示。

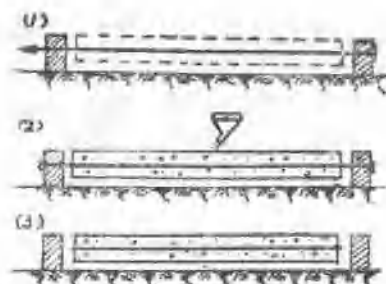


图 6 先张法的制作过程

- 1—张拉钢筋；2—固定钢筋并浇筑混凝土；3—切断钢筋

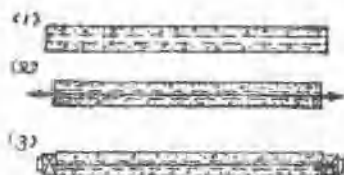


图 7 后张法的制作过程

- 1—制好混凝土构件并预留孔道；2—张拉钢筋；3—锚定钢筋

那么，钢筋是怎么张拉的呢？一般来讲，都是利用千斤顶来进行的。利用各种夹具夹紧钢筋，固定在千斤顶上，然后借油泵充油于千斤顶内，顶开活塞，带动钢筋受拉。图 8 就是张拉形式的一种，钢筋夹在内部活动横梁上，而内部活动横梁是用螺栓杆与外部活动横梁连在一起的，千斤顶的活塞顶动外部活动横梁时，就带动着内部活动横梁向前推进，使钢筋受到张拉。

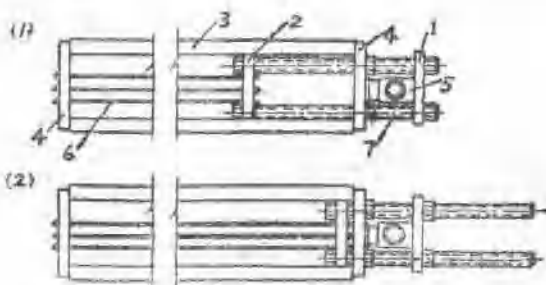


图 8 张拉形式的一种〔(1)—张拉前；(2)—张拉后〕

- 1—外部活动横梁；2—内部活动横梁；3—台座；4—固定横梁；5—千斤顶；6—应力钢筋；7—螺栓杆

还有一种制作予应力鋼筋混凝土的方法叫做“自引”，用一种具有膨胀性能的“应力水泥”，浇灌混凝土后，因为膨胀，而鋼筋与混凝土是有粘着力的，鋼筋阻止了它的膨胀，混凝土产生予压力了。在法国、苏联等国家，已经应用这种方法制作予应力鋼筋混凝土了。

2. 先 張 法

先张法一般都用来制作小型予应力鋼筋混凝土构件，因用这种方法时，需要一套“傳力裝置”，就是在张拉鋼筋时要承拉反作用力的台座、傳力架、傳力模板等。

用先張法制成的构件中，“鋼弦混凝土”是最有效的一种形式，这种构件是采用細鋼絲作为鋼筋的，强度都很高，因此节约用鋼量最大，这些鋼絲在張紧后，要是用小鉄棒輕輕地敲打，就会发出“咚咚”的悅耳声音，活象“大琴”上的弦綫一样，所以就叫做鋼弦混凝土。

鋼絲的强度虽然很高，但是规格很細，那么一个构件中还是需要很多根鋼絲的，一般的构件中，都布置有几十根，最多的达七、八十根。这些鋼絲的两端用各式各样的夹具夹上，然后用千斤頂



图 9 夹住的鋼絲

来張拉。图 9 示夹具的一种，叫做“楔形夹具”，是利用加楔来夹住鋼絲的，鋼絲都固定在橫梁后，再利用千斤頂頂开橫梁，帶动鋼絲使它們受到張拉后，用螺絲杆上的螺帽固定橫梁，讓鋼絲維持在受張拉的

状态。

可是鋼絲这么多,操作起来实在太麻煩,因此就采用“长綫台座法”进行生产。予先在工廠里用鋼筋混凝土或其他材料筑成一条长50~150公尺的台座,然后在两端設置鋼制的傳力架,这样就可以在台座旁边予先利用各种設備夹住鋼絲,再将整理好的鋼絲骨架运进台座內,利用張拉机上的千斤頂張拉。于是只要成型和張拉一次,就可以澆灌成长达100多公尺的构件了。

图10示廠房中的台座布置图,这个廠房內的鋼絲是采用“波形夹具”来夹紧的,鋼絲端部予先用压波机压成波紋狀再夹在夹具內。为了保証鋼絲与混凝土粘着得更好,鋼絲表面并利用刻痕机来刻痕。

鋼弦混凝土制成的构件有各种梁、板,以及桩、軌枕等。图11示鋼弦混凝土基础梁,图12示鋼弦混凝土空心楼板。



图 11 鋼弦混凝土基础梁

除了用鋼絲制作的鋼弦混凝土外,粗鋼筋的張拉也有应用先張法的,一般在制作跨度为18公尺以下的屋面梁以及吊車梁时,常用鋼5和25 π c粗鋼筋来作为予应力鋼筋,而采用槽形台座(图13)以及可以翕开的金屬模板;这种粗鋼筋可以用特制的夹具夹紧,也



图 12 鋼筋混凝土空心樓板

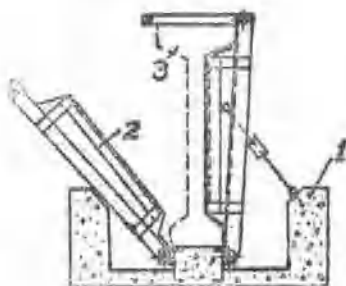


图 13 槽形台座

1—槽形台座；2—金屬模板；3—梁

可以用焊在端部的螺絲头来固定張拉。

用先張法时，傳遞予压力是依靠鋼筋与混凝土之間的粘着力，不需要錨定裝置，因此可以節約一部分做錨定裝置的鋼材。不过用先張法需要一套傳力裝置，所以一定要在大批生产标准构件时才是值得采用的。

对于“長綫生产”，做成很長的台座是要用很多材料的，因此，如果張拉力比較小，也可以兩端各筑上一个鋼筋混凝土墩子来承受張拉反作用力，这样，制作傳力裝置的費用就少一些了。

3. 后 張 法

后張法制作的予应力鋼筋混凝土主要是大型构件，特别是大跨度的結構，如桥梁、桁架等。在这些构件中，鋼筋予先安置在鉄皮管内，或穿过予留孔道，使鋼筋与混凝土在張拉时沒有粘着力存在。予先把鋼筋安置在鉄皮管内再进行安装的形式如图14所示。

为了使予留孔道集中，也为了使操作方便一些，利用高强度鋼絲时都把它們聚集成束，这些束狀鋼筋一般都称为“鋼絲束”。

鋼絲束分做“輕型”和“重型”的两种，輕型鋼絲束每束的鋼絲

数量是 12~18 根,通常都在一端做成锚头(如图 15),浇灌在混凝土中,另一端露出构件的外面,利用特制的“双作用千斤顶”来张拉。这种千斤顶的形式如图 16 所示,它有两个油缸,一个是用来张拉,而另一个是用来锚定的。先将钢丝束套在“锚环”上,并将钢丝固定在楔子上,充油于张拉油缸内,那么就由楔子带动钢丝承受张拉;再充油于锚定油缸内,将油缸的活塞顶出来,推动预先放置在钢丝束中间的“锚塞”,将钢丝塞住锚定。图 17 示锚环和锚塞的形式,是这种轻型钢丝束的主要锚定用具。

还有一种锚定轻型钢丝束的方法,是利用一种套筒将钢丝束与一个螺丝杆连成整体,张拉完毕后,用螺帽来锚定。这样的套筒叫做“筒式夹具”,如图 18 所示,最多一次可夹 24 根钢丝。

重型钢丝束中一束包含五十根以上的钢丝,这些钢丝的一端也做成锚头,而另一端套在一个钢杯中,将混凝土压进杯内硬化



图 14 安装后张法制作的铁皮管

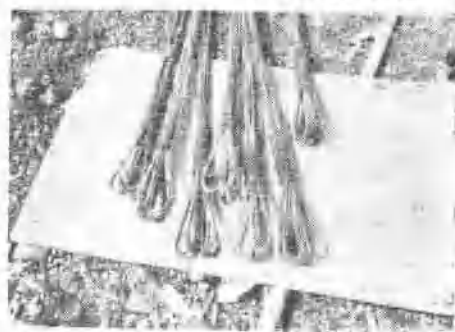


图 15 锚头