

251426

基本館藏

抽筋式預应力鋼筋混凝土桩

傅鍾鵬 編著



人民交通出版社

551

2387

251426

抽筋式預应力鋼筋混凝土桩

傅鍾鵬 攝著

人民交通出版社

本書介紹一種新型樁——抽筋式預应力鋼筋混凝土樁的原理，以及設計、制作和施工經驗。

這種樁具有很高的技術經濟效果，並且操作簡單、設備輕便易置；它的首創成功和大量生產是樁基工程中的重大成就，標誌着我國制樁技術的新發展，具有很大的推廣價值；可供公路橋梁工程方面的設計和施工技術人員以及其他有關基礎工程和科學研究人員學習參考。

抽筋式預应力鋼筋混凝土樁

傅鍾鵬 編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1959年7月北京第一版 1959年7月北京第一次印刷

開本：787×1092_{毫米} 印張：2¹/₂張

全書：58,000字 印數：1—1,810冊

統一書號：15044·134

定價(10)：0.38元

目 录

前言

第一章	抽筋式預应力鋼筋混凝土樁的原理和特点	3
第二章	抽筋式樁的設計計算	9
第三章	抽筋式樁的結構与構造	18
第四章	抽筋式樁的制作	35
第五章	应力鋼筋的張拉	51
第六章	樁的打入和抽筋	64
第七章	抽筋式樁的操作規程和質量标准	73
結 語		80

前 言

几年来，在鞍鋼建設中有成万根鋼筋混凝土樁被用来建造軋鋼、煉鋼、焦化等系統建筑物的基础构筑物，这些樁全部是采用 CO 型标准樁，其中配置着大量鋼筋。

根据樁的工作特点，大量配筋只是为了承受临时性的起吊、运输、打入引起的应力，因此，对于鋼筋的大量耗用，总觉得非常可惜；1956年有了預应力鋼筋混凝土的概念后，就想如何应用抽筋式樁来代替普通鋼筋混凝土樁；但是，由于沒有得出一种可行的实现抽筋的办法，一直未能如愿。

偉大的技术革命运动鼓舞着我們，在敢想、敢干的思想指导下，抽筋式樁的应用终于由理想变成现实。这个創举的成功是党的領導和支持、苏联专家的无私帮助，以及制作和施工單位有关人员互相协作和努力所取得的成果，由于应用了它，使樁中的用鋼量减少达75~85%。

由于抽筋式樁的出現，在鞍鋼某軋鋼厂的地基工程中正式取消了多年来一直沿用的普通鋼筋混凝土标准樁，用抽筋樁来代替它們。

必須指出，抽筋式樁在試驗至大批生产过程中，是一直得到駐鞍苏联專家总顧問列米佐夫同志的关怀和帮助的，特别是在結構構造方面，只是在得到專家具體改进意見后，才使大批生产有了可能。我們衷心地感謝專家的热情帮助，祝中苏友誼在建設斗争中更加巩固。

抽筋式預应力鋼筋混凝土樁的应用尚在初期，各方面都有待改进，为了迅速地将这项新成就推广給其他單位，作出如下总结，其中必有許多不妥善之处，希望讀者提供宝贵意見。

第一章 抽筋式預应力鋼筋混凝土

土桩的原理和特点

近代的樁基工程中已愈来愈广泛地采用鋼筋混凝土樁了。由于樁基在土木工程中占着很重要的地位，因此樁的生产数量与年俱增，一座桥梁或工厂一般都需用数百根乃至数千根樁。

如所周知，普通鋼筋混凝土制品具有一个严重的缺点，即承受拉应力的能力很弱，因此，为了改善受力情况，不得不在制品中配置大量鋼筋来弥补这个缺陷。

預应力鋼筋混凝土結構的出現大大地改变了鋼筋混凝土制品的面貌，它在抗裂性高、用鋼量省（使高强度鋼材得到有效的利用）諸方面的优点显著地解决了普通鋼筋混凝土結構所不能解决的問題——改善結構的受拉性能。

从構件的受力情况来看，樁具有一个突出的特点，这就是：承受临时性的主要內力是拉应力，而長期性的主要內力則是完全与之相反的压应力。它在吊裝、運輸和打入过程中需要承受因弯矩或震动所引起的拉应力，但在打入地下之后，則長期承受压应力；而且由于它是一种細長的制品，吊裝運輸过程中产生的拉应力非常大，以致在进行設計时也不得不配用数量相当多的鋼筋来承受这些拉应力。在絕大多数情况下，当樁打入地下后，这些配筋就是多余的，压应力由混凝土本身即可承受，毋須多量鋼筋。因此，在樁的構造方面，存在着这种不合理的現象：为承受临时性的拉应力而配置大量鋼筋，当临时性

的因素失去后，虽然不需要这些钢材，但实际上也只得浪费。

桩的受力情况既然具有上述特点，因此这种设计上的不合理现象也就自然地长期存在。为了减少用钢量，许多工程上曾经提倡采用预应力钢筋混凝土桩来代替普通钢筋混凝土桩，但是所节约的用钢量仍然不多，尚须花费许多高强度钢丝或钢筋作为应力筋；此外，如所周知，当采用高强度钢丝时，预应力会降低桩的承压能力，亦即虽然能解决临时性的受力问题，却影响到长期性的受力性能。

这种情况可以从我们过去采用过的一种预应力钢丝混凝土桩中看出，桩的断面如图1所示，用64根直径为3公厘的高强度钢丝作为应力配筋，其抗拉极限强度为 $\sigma_p = 16000$ 公斤/平方公分；用400号混凝土，其受压抗压强度为 $R_{np} = 260$ 公斤/平方公分，则破坏时的强度计算应用下式表示：

$$N_p = \varphi (F_0 R_{np} - F'_a \sigma'_a)$$

式中： F_0 ——混凝土断面积；

F'_a ——受压的应力钢丝面积；

σ'_a ——混凝土被压坏时应力钢筋中的应力值，等于

$$\sigma_{an} - \sigma_{ay}$$

而 σ_{an} ——混凝土应力为零时的钢筋应力值，等于控制应力值 σ_{ak} 减去应力损失值（为先张法制作时） σ_n ；

σ_{ay} ——混凝土受压破坏时，应力钢筋可被利用的应力

值，为混凝土受压极限变形 ε_p 与鋼絲彈性模量 E_a 的乘积，一般取4200公斤/平方公分。

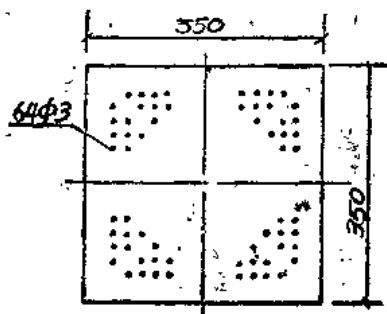


图1 鋼筋混凝土桩的断面

在这根桩内，取控制应力 $\sigma_{ak} = 0.65\sigma_p = 10400$ 公斤/平方公分，因混凝土收缩蠕变、鋼絲松弛、蒸汽加热时的温度差引起的应力损失值 σ_n 取2000公斤/平方公分，则 $\sigma_{an} = 10400 - 2000 = 8400$ 公斤/平方公分， $\sigma_a = 8400 - 4200 = 4200$ 公斤/平方公分。

求得 $F_6 R_{np} = 35 \times 35 \times 260 = 318500$ 公斤，

$$F_a' \sigma_a = 64 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \times 4200 = 19000 \text{ 公斤}$$

从以上求 N_p 值的式中可以看出，如果桩中没有应力鋼絲，则 $N_p = \varphi F_6 R_{np}$ ，有了应力鋼絲之后，承压能力减小了 $\varphi F_a' \sigma_a$ ；再从以上所算的数值来看， $F_a' \sigma_a / F_6 R_{np} \approx 6\%$ ，

即降低承压能力約 6 %。

一般預應力鋼筋混凝土樁既然也不是一種最完善的型式，因此就有必要去另外找出一種更合理的結構來代替它，抽筋式樁就是在此種情況下產生的。

我們設想，既然預應力原理的應用能夠改善樁的抗拉性能，而樁在承壓過程中又不需要預應力，那麼，是否可以選擇這樣一種兩全其美的方法呢？這就是利用預應力原理施於樁中的優點，而避免它的缺點；換一句話說，也就是：在需要時（起吊、運輸和打入過程中）對樁身施加預壓應力，而在不需要時（打入地下後）去除預應力。

這種概念的進一步發展就是：既然在樁被打入地下之後不需要預應力，那麼作為應力配筋的鋼筋也自然就不起作用了，於是，就應該設法回收這些鋼筋（在樁中，這些鋼筋是主筋，為數甚多），從而節省下來這部分大量而在結構中完全是多餘的鋼筋。

這個概念要應用到實踐中而且又有大規模應用的可能，其關鍵問題就是如何實現從樁體中取回應力鋼筋這一步驟；這種方法還必須是簡便易行的，能保證大規模施工的進度。

根據上述原理，我們設計、試驗、制作和打入了一批抽筋式預應力鋼筋混凝土樁，利用預先擬定的方法對樁預施應力，然後在打入地下之後卸除鋼筋，並從樁體中抽出應力鋼筋，繼續用於另一根樁。這種方法在實踐中不斷得到改進，也從實踐中吸取了若干經驗和教訓。

我們所設計抽筋式預應力鋼筋混凝土樁的施工步驟可以從圖 2 的示意圖中看出，各工序的操作順序為：

1. 制作帶有預留孔道的樁體（圖 2a）；
2. 從預留孔道中穿過應力鋼筋（應力鋼筋用 25FC 號粗鋼

筋配筋，两端焊接上螺絲杆），并在末端 擰上螺絲帽（图 26）；

3. 利用千斤頂張拉应力鋼筋，再在張拉端用螺帽鎖定（图 27）；

4. 用电焊將樁末端的螺帽焊于樁端混凝土面的預埋鋼板上，使螺帽固定，并連接上預先制好的混凝土樁尖（樁尖上有凹槽用于容納螺帽，用鋼板或鋼筋將它与樁体焊在一起）（图 27）；

5. 利用特制的套帽套在樁头，將它打进地下（图 28）；

6. 利用千斤頂張拉应力鋼筋以松掉樁头螺帽（当張拉力不大时可直接用搬手擰松）；

7. 擰松应力鋼筋，使它与樁下端的螺帽脱离（图 29）；

8. 从樁体中吊出应力鋼筋（图 30）。

采用上述方法进行抽筋，只需用一般制作后张法鋼筋混凝土制品所用的輕型千斤頂，操作甚为方便；因此完全可以用这种方法进行大规模施工。

根据以上所述，則設計这种樁的特点可以說是：所設計的樁不拘于一般預应力鋼筋混凝土樁的固定型式，它是根据構件在不同阶段的受力情况有区别地發揮預应力作用的；而

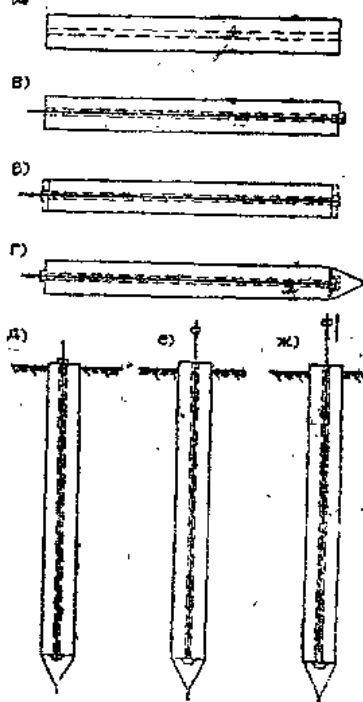


图 2 抽筋式桩的施工工序示意图

抽筋方法的应用則是从实践上滿足理論上要求的手段。

在我們施工的工程中，所用 CO 型普通鋼筋混凝土标准樁內，配置着 8 根直徑为 18 公厘的 CT.5 熱軋規律变形鋼筋，作为縱向主筋，而采用了抽筋式樁后，只应用 4 根直徑为 9 公厘的 CT.3 圓鋼筋；而且，螺旋鋼箍也可由直徑 6 公厘改为 4 公厘，从而節約了大量鋼材。图 3a 和 6 分別为普通鋼筋混凝土樁与抽筋式樁的断面型式（图中所示系長 12 公尺的樁）。

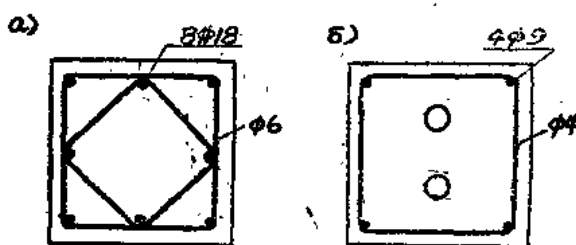


图 3 鋼筋混凝土樁的断面
a)-普通鋼筋混凝土樁；6)-抽筋式樁

綜上所述，則抽筋式樁的高度技术經濟效果在于：在技术上解决了抽筋理論付諸实践的可能性，开辟了制樁技术的新途徑；所制成的樁具有与一般預应力鋼筋混凝土樁同样高的抗裂性；樁中仅用少量的鋼筋，因而可以大大地减少用鋼量（約可節約 75~85%）、降低工程造价（約降低一半），其优点显著地表現在經濟效果上。

第二章 抽筋式樁的設計計算

如上所述，這種抽筋式樁的設計特點，在於根據構件各階段受力情況，有區別地進行預施應力的受力計算，因此有些受力階段考慮了預施應力的作用，另外一些受力階段則不考慮預施應力（在承壓能力方面）；此外，根據不同的受力階段採用了不同的動力系數。

設計樁時，主要計算部分是考慮到起吊、運輸、打入等階段樁身所受拉應力，而這部分拉應力是依靠預應力來抵抗的；對於樁被打入地下後的軸向承載能力，並不是主要的決定性受力部分，其受力性能很高，因此只是加以複核而已。

設計計算的內容包括：

1. 起吊、運輸、拼裝和吊立引起受力的強度和抗裂性；
2. 打樁時由於彈性震動產生拉應力的抗裂性；
3. 與以上兩點有關的應力鋼筋部分計算；
4. 承載能力。

現舉實例分述如下。

一、基本數據：以斷面為 320×320 公厘、長 11 公尺的整體式樁為例，其斷面如圖 4 所示（詳細構造圖見圖 10），非應力鋼筋採用 4 根鋼號為 CT.3 的直徑 9 公厘鋼筋， $F_{a0} = 2.54$ 平方公分、計算流限 $\sigma_T = 2850$ 公斤/平方公分；應力鋼筋採用 2

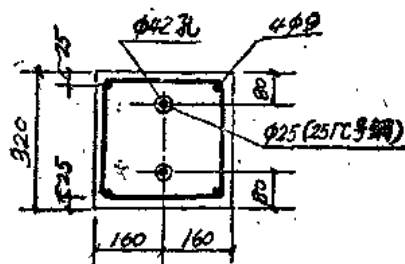


圖 4 樁的斷面

根鋼号为 25ГC 的直徑 25 公厘鋼筋, $F_a = 9.82$ 平方公分、流限的廢品限值为 4000 公斤/平方公分; 应力鋼筋两端螺絲杆采用直徑 32 公厘的 25ГC 号鋼筋車成, 故淨面积亦大于应力鋼筋; 鋼筋的彈性模量取 2.1×10^6 公斤/平方公分。

采用 200 号混凝土, 在計算軸向承压能力时, 長直强度 $R_{np} = 145$ 公斤/平方公分; 为了加速制作过程, 并縮短模板和蒸汽窑的周轉時間, 在脫模、运输、起吊及打入时, 混凝土强度取設計强度的 80%, 即 160 公斤/平方公分 (采用普通鋼筋混凝土樁, 必須为 100%); 于是, 在上述受力阶段內, 采用: 弯曲时受压应力 $R_n = 150$ 公斤/平方公分、抗拉极限强度 $R_p = 14.5$ 公斤/平方公分、長直强度 $R_{np} = 120$ 公斤/平方公分。樁的混凝土断面面积为 $F_{\phi} = 32 \times 32 - 2 \times \frac{\pi}{4} \times 4.2^2 = 996$ 平方公分。

由于計算时考虑到必須保証樁在各个受力阶段中都具有必要的抗裂性, 因此它在工作时是处于彈性阶段的, 故設計不按极限状态进行, 而計算强度时按破坏阶段、計算抗裂性时则按彈性理論进行。

二、脫模、起吊与运输阶段: 脫模、起吊与运输阶段內, 樁体中已經穿过应力鋼筋并已加以張拉, 故設計时考虑到所建立的預应力; 此时樁所受的荷重仅为自重, 不过考虑到脫模时模板的粘着、起吊时的震动以及运输过程中的顫簸, 采用动力系数为 1.5, 于是, 計算荷重为 (混凝土容重取 2500 公斤/立方公尺):

$$q = 1.5 \times 0.32^2 \times 2500 = 383 \text{ 公斤/公尺。}$$

樁体中的配筋情况是四面对称的, 由于上下部分的配筋相同, 因此起吊及支承点的布置应使樁所承受的最大正負弯矩

值相等，方为经济，按照计算，达到这个要求时，起吊点的布置应如图5所示位置，当吊点为三点时，如图5中a（当桩长在

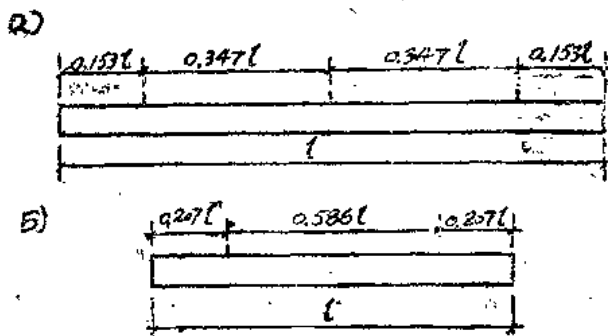


图5 起吊点布置

9公尺以下，而起吊在未张拉应力钢筋时可用三个吊钩起吊，以减小弯矩值），而吊点为两点时，则如图6。在示例的桩中采用两个吊点，吊点位置接近图5所定，因采用整值，故位置如图6（计算时略去桩尖部分）。

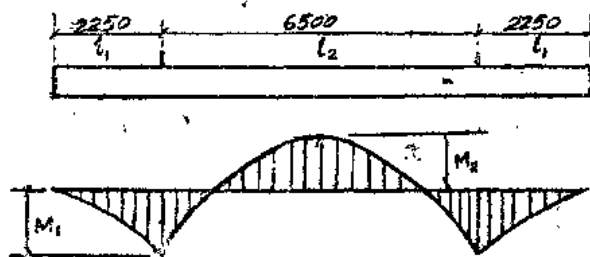


图6 桩的吊点位置及弯矩

按照图6所示，则弯矩值为：

$$M_1 = -\frac{1}{2} q l_1^2 = -\frac{1}{2} \times 383 \times 2.25^2 = -970 \text{ 公斤-公尺};$$

$$M_2 = -\frac{1}{8} q l_2^2 - 970$$

$$= -\frac{1}{8} \times 383 \times 6.5^2 - 970 = 1050 \text{ 公斤-公尺。}$$

1. 抗裂性計算：每根应力鋼筋承受張拉力15吨，故所受的控制应力为：

$$\sigma_{ak} = 15000 / \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 = 3050 \text{ 公斤/平方公分} = 76.2\% \sigma_T$$

$$< 0.9 \sigma_T$$

因为樁在制作后不久就进行吊裝运输，所以在設計中不考虑由于混凝土收縮端变和鋼筋松弛引起的应力損失，在应力損失中仅考慮到由于分批張拉所引起的。

当張拉第二根鋼筋（先張拉上面一根或下面一根都可以）时，由于混凝土弹性压缩引起第一根鋼筋所建立

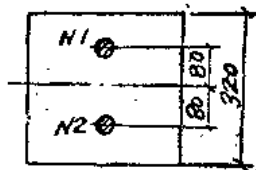


图7 应力鋼筋先后張拉的順序

应力的損失，因为樁体混凝土实际所建立的預压应力很小，所以应力損失值也是很小的，其計算数值如下。

当用15吨張拉力張拉 N2 鋼筋时，处于 N1 处的混凝土承受預压应力值为（按图7）。

$$\sigma_0 = \frac{N_{ak}}{F_0} - \frac{N_{ak} e^2}{I} = \frac{15000}{996}$$

$$- \frac{15000 \times 8 \times 8}{\frac{32^4}{12}} = 15 - 11 = 4 \text{ 公斤/平方公}$$

分。

式中：e——N2的偏心距；

——N1离中立軸的距离。

由于樁的配筋率很低，因此在上述計算中采用混凝土断面，而沒有采用折算断面，略去了配筋部分。

按照160号混凝土的弹性模量为 $E_0 = 2.5 \times 10^5$ 公斤/平方公分計，則N1鋼筋所产生的应力損失为：

$$\sigma_n = n\sigma_0 = \frac{2.1 \times 10^5}{2.5 \times 10^5} \times 4 = 33.6 \text{ 公斤/平方公分,}$$

所求得的应力損失值 33.6 公斤/平方公分与 $\sigma_{ak} = 3050$ 公斤/平方公分相比較，其值甚微，为了計算方便，可以略去不計。于是，整根樁的断面中混凝土所建立的預压应力就为：

$$\sigma_{c1} = \frac{2 \times 15000}{996} = 30.1 \text{ 公斤/平方公分,}$$

加上混凝土抗拉极限强度，則当混凝土产生裂縫时，其应力应达 $30.1 + 14.5 = 44.6$ 公斤/平方公分；但在这阶段受力情况下混凝土最大拉应力为：

$$\frac{M}{W} = \frac{105000}{\frac{32^3}{6}} = 19.2 \text{ 公斤/平方公分}$$

故抗裂性安全系数甚高，达

$$K_T = 44.6 / 19.2 = 2.32。$$

2. 强度計算：从图 8 的計算图形可知，断面上部鋼筋的合力离断面上緣 a' 值为：

$$a' = \frac{2 \times \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 \times 2850 \times 2.5 + \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 \times 4000 \times 8}{2 \times \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 \times 2850 + \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 \times 4000}$$

= 7.12 公分。

根据强度計算可知，按破坏阶段应力图形，則樁的受压区

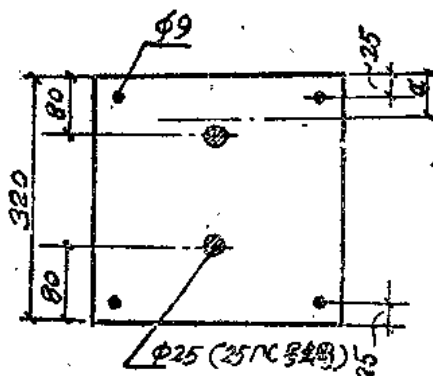


图 8 计算图样

高度很小 (小于 $2a'$ ，在这种情况下，上部应力钢筋仍处在受拉区)，因此破坏时的弯矩值应按照下式计算：

$$M_p = F_a \sigma_s (h_0 - a')$$

式中 $F_a \sigma_s$ 包括一根应力钢筋和两根非应力钢筋，其值为：

$$\frac{\pi}{4} \times 2.5^2 \times 4000 + 2 \times \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 \times 2850$$

$$= 23200 \text{ 公斤}$$

$$\text{故 } M_p = 23200 (h_0 - a')$$

$$= 23200 (h - a - a') = 23200 (h - 2a')$$

$$= 23200 (32 - 2 \times 7.12) = 412000 \text{ 公斤-公分}$$

$$= 4120 \text{ 公斤-公尺}$$

得强度安全系数为：

$$K = 4120 / 1050 = 3.92。$$

三、吊立阶段：樁的吊立时间甚为短暂，故所采用动力系数为 1.1，按照图 9 吊立点位置（根据计算， l_1 值为 0.293 l 时，樁所受最大正负弯矩值接近相等）和弯矩图形计算，则

$$q = 1.1 \times 0.32 \times 0.32 \times 2500 = 282 \text{ 公斤/公尺，}$$