

預加應力 鋼筋混凝土結構

人 民 鐵 道 出 版 社

預 加 應 力
鋼 筋 混 凝 土 結 構

蘇聯國家建築事業委員會
蘇聯中央工程資料調查所
徐 在 甫
江苏工业学院图书馆
藏 书 章

人 民 鐵 道 出 版 社
一 九 五 四 年 · 北 京

這小冊子研究了現代預加應力鋼筋混凝土結構的種類、製造方法和技術經濟優點，以及這種結構在各種建築工程領域中運用的實例，可供建築工程和設計機構的工程技術工作人員使用。

預加應力鋼筋混凝土結構

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Центральный институт информации по строительству Государст-
венного комитета совета Министров СССР по делам строительства 編

蘇聯國家工程和建築書籍出版社一九五二年莫斯科俄文版

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ

Москва. 1952

徐 在 庸 譯

人民鐵道出版社出版(北京市霞公府十七號)

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹零號

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印刷(北京市東單二條三十號)

一九五四年五月初版第一次印刷平裝印1—8,080冊

書號: 191 開本: 787 × 1092 $\frac{1}{32}$ 印張: 1 $\frac{1}{16}$ 23千字 定價2,000元

前 言

爲了廣泛的宣傳建築工程中的先進技術起見，中央工程資料調查研究所編輯了和出版了一套報告叢書來幫助報告者。

本報告係爲 1 至 1½ 小時閱讀之用，因此它的篇幅就受了限制。由於這個緣故，所敘述的內容採取簡短的並盡可能通俗的形式。

在本報告中所研討的現代預加應力鋼筋混凝土結構與普通鋼筋混凝土結構相比較，具有若干本質上的技術經濟優點。

由於這些優點，預加應力鋼筋混凝土結構在實際建築工程中愈益推廣。

研究和綜合這些先進結構的應用經驗，以及在建築工程中繼續擴展這些先進結構的運用領域，是一個迫切的任務。

在報告中對於預加應力鋼筋混凝土結構及其承受撓曲的桿件（梁、版、軌枕），承受軸向和偏心拉力的桿件（儲水池、穀倉、桁架之受拉桿件）與偏心受壓的桿件（柱、拱等等）之實現方法給予簡短的敘述，並且指出其主要的技術經濟特性。

預加應力鋼筋混凝土壓力管的生產是一個獨立的部門，在本書中沒有提到。

本報告是由結構部門一級科學工作者——技術科學碩士 Я·А·諾威科維依（Новиковый）所編。

中央工程資料調查研究所

目 錄

前 言

概 說..... 1

第 一 章 承受軸向拉力的桿件..... 4

第 二 章 承受撓曲的結構..... 10

第 三 章 偏心受壓和受拉的結構..... 27

概 說

在鋼筋混凝土結構加上使用荷載之前，用人爲方法在其中造成一種內應力狀態，即表現爲混凝土大大的受壓和鋼筋的受拉，這樣的鋼筋混凝土結構就叫做預加應力（或應力加強）^①。

在鋼筋混凝土結構中預加應力的目的是要提高結構的抵抗裂縫能力和剛勁性，節約材料和增加結構的耐久性。由於混凝土有預加壓力的關係，則受拉或撓曲的結構於使用條件中在外部荷載的作用下可以受力而不形成裂縫。

早在上世紀末就會有過採用預加應力鋼筋混凝土結構的企圖，但是由於某些原因（混凝土的等級低，缺乏高級鋼，實驗和理論的研究不足等等）這種結構在當時未能得到推廣。

約從一九二五至一九三〇年起，蘇聯很多科學研究院、設計機構和單獨的專家開始從事預加應力鋼筋混凝土結構的研究。對於預加應力的結構，曾採用了高級材料（鋼和混凝土），更完善的製造方法，並考慮了鋼筋預加應力因爲混凝土收縮和蠕動及其他因素而起的損失，曾推演出這種結構的計算理論。

這樣就能够重新並且更大規模的提出關於在工程中採用預加應力鋼筋混凝土結構的問題。

在偉大衛國戰爭結束之後，對預加應力鋼筋混凝土結構的研究工作就更大爲加強。

全蘇聯建築科學研究所（在一九四三年和一九五一年）所編製的預加應力鋼筋混凝土結構設計規程，在預加應力鋼筋混凝土結構的發展和運用上是一個寶貴的貢獻。

① 預加應力鋼筋混凝土結構設計規程（K—148—50），國家建築出版社
1951年第1版

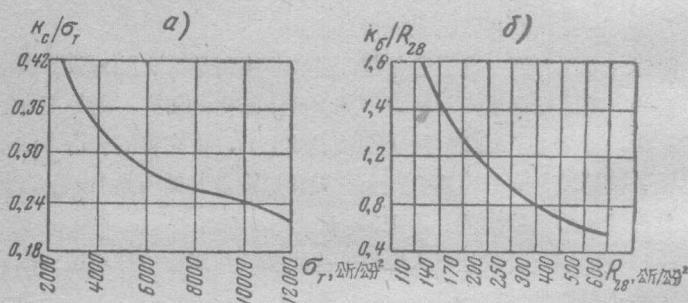
現在，預加應力法在製造鋼筋混凝土壓力管，住宅用、公共用和工業用房屋的屋頂和樓版結構，鉸梁橋和棧橋，樁，鐵路軌枕，輸電綫路的電綫桿和塔架及在建築儲水池、穀倉、水力技術建築物等等方面，均已應用。

在個別的情形下，修築綜合的鋼筋混凝土結構時，其拉力部分可由拼裝式的預加應力桿件組成，而壓力部分則就地灌築混凝土。

設計預加應力結構時，要正確地選擇混凝土和鋼的等級是有本質上的意義，其等級應依建築的類型和用途而選用。

根據理論和實驗的研究，以及實際使用的經驗即得出：最好是採用高等級的混凝土（200~600）和高強度的鋼（極限強度自5000至20000公斤/平方公分）供預加應力結構之用。

使用高級材料（混凝土和鋼）在經濟上的合理性用圖表來說明（第1圖），從圖中可以看出，材料的相對費用（材料費用對其強度之比值）隨着強度之增高而降低。



第1圖 材料相對費用圖表

a—鋼的費用；

—混凝土的費用；

κ_c —1噸鋼的費用；

κ_6 —1立方公尺混凝土的費用。

可採用圓截面和輪替變形(Периодический)截面的熱軋鋼、冷壓鋼和冷拉高強鋼絲（光滑和冷壓的）作為預加應力鋼筋混凝土結構的鋼筋。在大跨度的結構中通常使用由每根直徑2~6公厘的鋼絲所組成的纜索或線束作為鋼筋。

應用輪替變形截面的熱軋鋼和冷壓鋼是鋼筋混凝土結構發展中的

一大成就，因為這樣就能夠大大節約鋼料和提高結構的抵抗裂縫能力。

由於研究和在工程中應用輪替變形截面熱軋鋼，曾有А·А·格沃茲傑夫(Гвоздев)，В·И·穆拉舍夫(Мурашев)，Н·М·穆令(Мунин)，М·И·亞柯甫列夫(Яковлев)，В·А·特魯丙(Трубин)，Н·П·亞歷山大羅夫(Александров)，И·К·布耳加柯夫(Булгаков)和Г·В·阿爾茲巴舍夫(Арцыбашев)在一九五〇年被授予斯大林獎金。

在一九五一年由於擬製和應用鋼筋混凝土用的冷壓鋼筋以及製造冷壓鋼筋的軋鋼機，曾有А·И·阿瓦科夫(Аваков)，Г·И·別爾吉切夫斯基(Бердичевский)，Н·Л·彼烈耳什捷因(Перельштейн)，В·А·勃利康諾夫(Поликанов)，А·С·拉定斯基(Ладинский)，В·П·杜納也夫(Дунаев)，Н·А·阿列克賽也夫(Алексеев)得到了斯大林獎金。

冷壓鋼筋是由О級鋼(СТ.О)和3級鋼(СТ.3)作成直徑6~32公厘的圓鋼條冷軋而成；同時其屈服點就可以提高到4000公斤/平方公分。用同樣的方法可以將直徑4~6公厘的高級鋼絲在冷的狀態下壓成為輪替變形截面。

加冷壓鋼筋的結構比普通光滑鋼筋的結構更為經濟，並且更能抵抗裂縫。

在加有冷壓鋼筋的普通混凝土梁中，其鋼的使用量較諸用熱軋鋼作鋼筋的梁中約減低百分之三十；如將5級鋼(СТ.5)製成的冷壓鋼筋應用於預加應力結構中，由於更有效的利用其更高強度就可以更多的節約鋼。冷壓鋼筋的拉力數量，由於其屈服點與極限強度間之差數不大並且沒有屈服階(Площадка Текучести)，可採用等於4000~4200公斤/平方公分。

鋼筋的預加應力可以利用水力千斤頂、平衡重、手工法和用連續加強等方法實行之。應力鋼筋的末端可用錨定塊、錨定錐和其他裝置物加固。鋼筋的加拉力可以在混凝土灌築和硬結之前或以後實行。在製造用許多分離的細鋼絲或鋼條作鋼筋的跨度不大的梁、枕木和其他結構時，對鋼筋之加應力通常是在灌築混凝土之前進行。

帶有粗糙表面或輪替變形截面的細鋼絲(直徑在6公厘以下)，

採用於所謂弦線混凝土桿件中，能在混凝土（高級的）中自行錨定，其端部不需設特殊錨定裝置。

在壓力管、圓筒儲水池、穀倉、大跨度的梁等等結構中鋼筋加應力通常是在混凝土硬結之後進行。

預加應力鋼筋混凝土結構比普通鋼筋混凝土結構是較經濟的；它具有較低的建築高度和較輕的重量，易於運搬，能抵抗裂縫，不透水，有很大的剛勁性和彈性。預加應力結構的一個重要優點就是能夠有效的利用高級（高強度）的材料（鋼和混凝土），因之保證了大量節約鋼（達百分之八十）和混凝土（達百分之五十）。

在建築施工的現代工業化的條件下，製造預加應力結構的複雜性並不成為廣泛採用它的一種障礙。但是，製造鋼筋混凝土成品的現有工廠數量還不能滿足工程方面的需要。在個別的場合下，這些工廠的技術作業計劃和機械裝備並不能符合建築工程技術發展的現代水平。

由於採用現代施工的快速流水作業法並因工程的規模巨大，需要將生產鋼筋混凝土成品的舊有技術作業過程進行根本地改造，並要求修建多數的新工廠可以製造各種各樣的鋼筋混凝土結構。

設計新工廠時要預計到：限制產品的種類和具有專業技術作業組織的生產成品流水作業計劃；一切笨重生產技術作業過程的機械化和自動化；產品重量的減輕和費用的降低；採用高級混凝土和鋼。這樣工廠的年產量——製成的鋼筋混凝土成品可自 30 達到 120 千立方公尺。

按照編妥和已批准的設計，開始修建兩處年產量為 120 千立方公尺鋼筋混凝土成品的大工廠。

所建築的這兩座工廠的生產能力可以這樣來說明，即其每天所出產大節間成品的數量足夠 80 所兩間房的住宅使用。

因此已擬定在若干城市中建築製造鋼筋混凝土結構的新工廠。

第一章 承受軸向拉力的桿件

承受軸向拉力的結構桿件是指壓力管、圓筒儲水池壁、穀倉壁、

桁架、及圓拱等的拉力桿件而言。

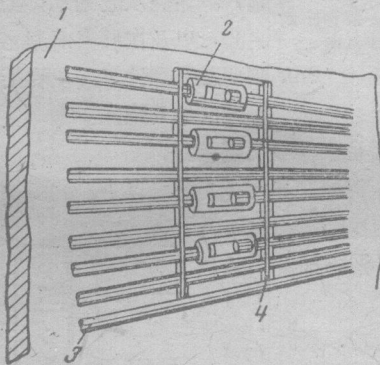
1. 圓筒形儲水池和穀倉

由普通鋼筋混凝土築成的儲水池的牆壁，對抵抗裂縫的能力不夠，常常在短期使用之後就損壞了。要修理這種儲水池是很複雜並且耗費很大。

預加應力的儲水池是比較能抵抗裂縫，很耐久並且很經濟。

修建預加應力鋼筋混凝土儲水池時，開始用某種方法建築普通鋼筋混凝土牆壁（心部），等到混凝土約達到其計算強度百分之七十以後，再進行裝設和拉緊環狀受力鋼筋。

為了拉緊環狀鋼筋，將鋼筋端部用拉緊套筒連結（第2圖）。將



第2圖 套筒裝置詳圖

- 1——儲水池壁； 2——套筒；
3——環狀鋼筋； 4——桿在環狀鋼筋上的鋼條或圓桿。

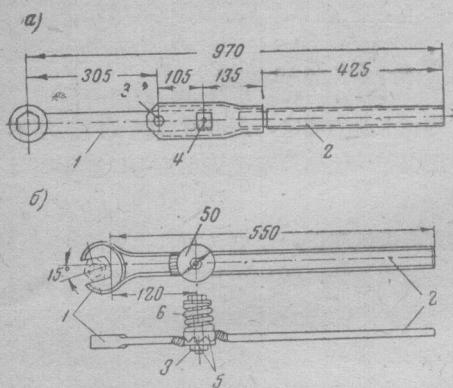
6公尺至12公尺長的鋼筋配置在儲水池的頂蓋或在下面作成儲水池周長 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$ 或 $\frac{1}{2}$ 長的環狀部分，然後從下面開始安放就位。利用1.0至1.2公尺長的槓桿旋轉套筒把鋼筋拉緊。

預加應力鋼筋的拉緊數值根據套筒旋轉數或用裝在鋼筋上的測量儀器計算之。這個方法是很繁重，在實際上未得到廣泛使用。

近來多使用專用的校準（測力的）螺旋扳子拉緊鋼

筋。在這種情形下，則用調整應力計算數值的金屬螺柱或彈簧來控制鋼筋預加應力的數值（第3圖）。

拉緊環狀鋼筋還有一種較簡單而又實際應用的方法（第4圖）。即沿儲水池壁外周按間距8至10公尺設置用槽鋼製的立柱，在槽鋼的邊肢上鑽上孔以備鋼筋穿過。槽鋼與儲水池壁緊密貼住或埋入混凝土



第3圖 拉緊環狀鋼筋的扳子

a——帶有控制螺柱的扳子； 6——帶有控制彈簧的扳子； 1——扳子； 2——手柄； 3——螺栓； 4——控制螺柱； 5——連接套筒； 6——控制彈簧。

對於圓坵頂蓋，圓坵的支承環也應該加上預應力。

為了使建築過程工業化起見，對高度不大（5公尺以下）的預加應力儲水池的牆壁和頂蓋，宜採用拼裝式的鋼筋混凝土部件構成。現在有許多設計機構都擬製這種儲水池的設計。

加強現有的需要修理的儲水池時，最好能利用預加應力法。

保存各種鬆散材料（種籽、水泥等）的圓筒形穀倉，為了不使其牆壁出現裂縫，並且也為了節約鋼料和混凝土起見，最好使用預加應力法。

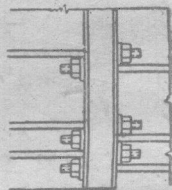
在這種情形下，對於環狀鋼筋安置與拉緊的基本原則也與作圓筒形儲水池相同。

當修築高度不大的穀倉時，首先在滑動模板中灌築加有普通鋼筋的牆壁，然後裝置並拉緊環狀鋼筋及抹保護層。當修築高大的穀倉時，應採用專門為此目的而製的帶有兩層腳手架的滑動模板（第7圖），

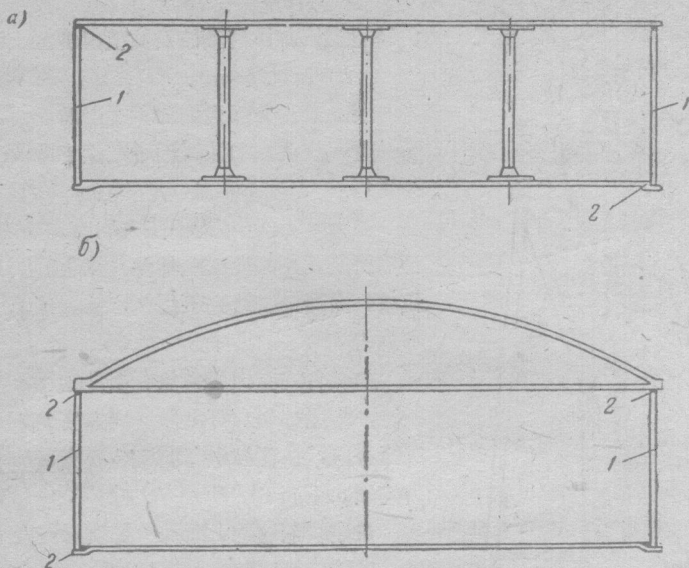
中。為了保證立柱的穩定起見，須將立柱鑄定於儲水池壁中。

鋼筋的末端有螺紋，螺紋上套有螺帽，用測力螺旋扳子擰螺帽使鋼筋拉緊。將環狀鋼筋拉緊之後，抹上一層保護層——通常用噴射混凝土。

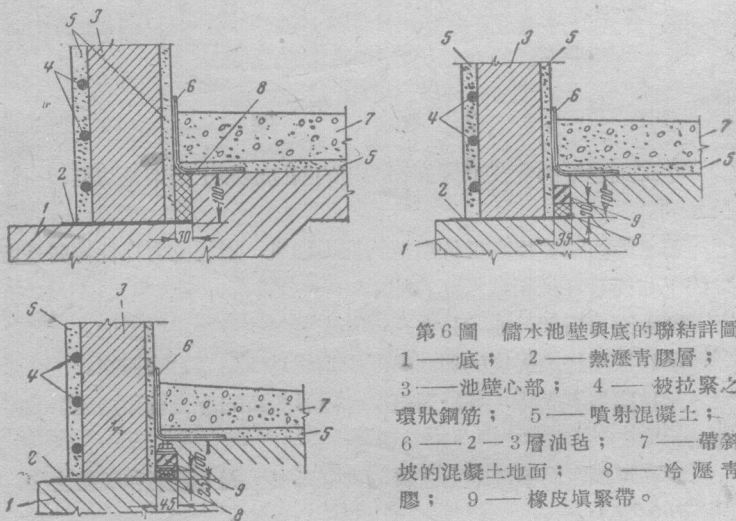
儲水池的頂蓋可作成平的或圓坵形的（第5圖）。在儲水池的壁與底之間，以及在壁與頂蓋之間要設置彈性不透水的接合縫（第6圖）。



第4圖 用螺帽來拉緊環狀鋼筋之裝置詳圖

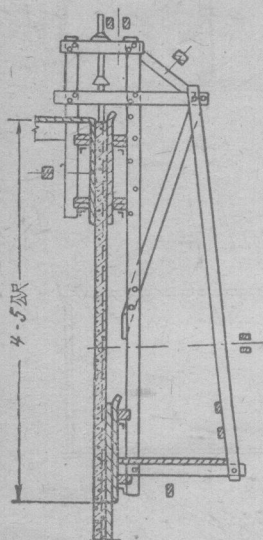


第5圖 預加應力儲水池的類型 a——平形頂蓋的； 6——圓坵形頂蓋的； 1——預加應力壁； 2——伸縮縫。



第6圖 儲水池壁與底的聯結詳圖
1——底； 2——熱瀝青膠層；
3——池壁心部； 4——被拉緊之
環狀鋼筋； 5——噴射混凝土；
6——2—3層油毡； 7——帶斜
坡的混凝土地面； 8——冷瀝青
膠； 9——橡皮填緊帶。

其構造應能保證灌築混凝土、裝置鋼筋、拉緊鋼筋及抹噴射混凝土的保護層同時進行。



第7圖 預加應力穀倉用的滑動模板圖

灌築穀倉心部混凝土係從上面進行，而裝置環狀鋼筋和抹保護層則從下層腳手架進行。

在大量工程中，對不甚大的穀倉心部，可用拼裝式鋼筋混凝土部件（鉚版形狀）組成。在牆壁拼裝完畢之後，裝置承受預加應力的鋼筋。

如穀倉的直徑不大並有相當的起重機械時，對這種穀倉可由製好的鋼筋混凝土環節合成，在環節中已預先裝置有預加應力的環狀鋼筋。

在環狀鋼筋的上面抹一層噴射混凝土層，以防鋼筋銹蝕。

如用拼裝部件修築穀倉時，沒有必要採用複雜的流動形式，可以簡化建築作業過程和縮短施工期限。

2. 桁 架

在工業建築的實踐中最普遍採用的鋼筋混凝土桁架是跨徑12~24公尺的。

爲了節約鋼並提高抵抗裂縫的能力起見，對於拉力桿件特別是桁架的下弦桿最好是用預加應力的。

預加應力桁架，通常是在靠近其安裝地的建築現場製造。

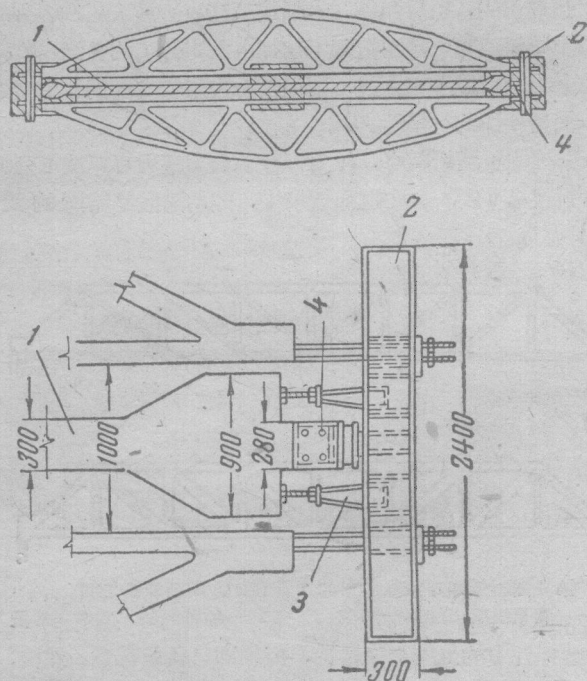
最好採用提高強度的和高強度的鋼作爲預加應力的鋼筋。

如拉應力不大時，可以利用輪替變形截面的冷壓鋼和熱軋鋼的鋼筋。

鋼筋可以在灌築混凝土之前，也可以在混凝土灌築和硬結之後，施行預加應力。

如在灌築混凝土之前拉緊鋼筋時，則對桁架之製造最好成對地置於水平位置，在固定模板中製造。

桁架下弦桿鋼筋的末端可固定在橫繫梁(Поперечная Натяжная балка)中。利用移動的水力千斤頂和螺旋千斤頂及專用的縱向繫梁將鋼筋拉緊(第8圖)。在拉緊之後，將水力千斤頂撤下移至另一對桁架，而其所得的預加應力則由螺旋千斤頂來保持。在這種情形下，即進行灌築混凝土。



第8圖 拼裝式桁架下弦桿預加應力裝置圖

1——繫梁； 2——橫梁； 3——螺旋千斤頂； 4——可移動的水力千斤頂。

在混凝土硬結之後(達到其設計強度之70%後)，即撤去螺旋千斤頂，而被拉的鋼筋沿長度企圖縮短，由於黏着力的關係而將桁架下

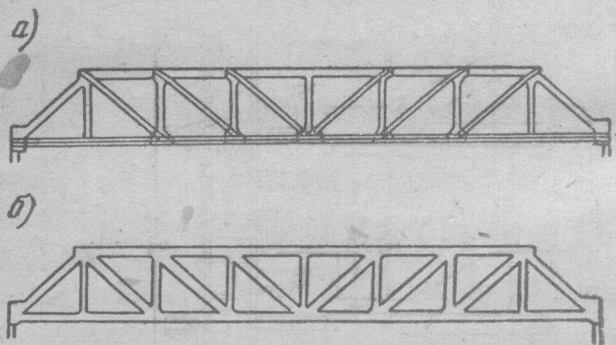
弦桿的混凝土施以壓力。爲了使混凝土得到較好的壓力，可在鋼筋上焊以墊圈或在桁架的端部設置錨定塊。如使用輪替變形截面鋼筋時，可以不要這些設備。

當拉力大時，進行鋼筋的預加應力需要有强有力的支撐以適應千斤頂。這時，對鋼筋之預加應力宜在混凝土灌築和硬結之後施行。

在混凝土灌築和硬結之後拉緊鋼筋時，必須使鋼筋與混凝土之間無黏着力。

爲了這個目的，須將鋼筋（鋼繩或鋼筋束）放入薄鋼板製的細管中或穿過當灌築混凝土時在桁架下弦桿中預先留下的孔洞。當鋼筋已受拉並在其末端已經錨定之後，則用壓力向細管（孔洞）中壓入水泥漿，用以保證構造的整體性。

在大跨度的整體桁架中，拉力桿件的預加應力可以按下列混凝土灌築法實行（第 9 圖）。在這種情形下，開始先灌築結構的受壓桿



第 9 圖 受本身重量作用的，具有拉力鋼筋的桁架圖

a——灌築混凝土的第一階段 b——灌築混凝土的第二階段

件，當受壓桿件中的混凝土硬結時，桁架即已負荷載重。然後，再灌築受拉桿件。用這種方法製造桁架時，在受拉桿件的混凝土中出現裂縫的危險性將大大地減少。

第二章 承受撓曲的結構

屬於用預加應力製造的承受撓曲的結構有：梁、鋪版，住宅用、

民用和工業用房舍樓版層和屋頂層等的節間結構，建築物、棧橋和橋梁的跨間結構，吊車梁，鐵路軌枕，公路路面版，飛機場起飛跑道和工業房舍的地版（在重荷載下的）等等。

根據這些結構的構造性質、跨度的大小和鋼筋的類型各有不同，應採用各種不同的預加應力方法。

1. 跨度不大的撓曲桿件

民用和工業用房舍樓版和屋頂層的架設梁（Сборные балки）可以列為跨度不大（8公尺以下）的預加應力撓曲桿件。對於這種梁的加強依其跨度和載重的不同應採用0號鋼（СТ.0）或3號鋼（СТ.3）製的輪替變形截面的熱軋鋼筋或冷壓鋼筋，或採用直徑2.5~3公厘的光滑高強鋼絲和直徑4~6公厘的高強冷壓鋼絲作鋼筋加強。

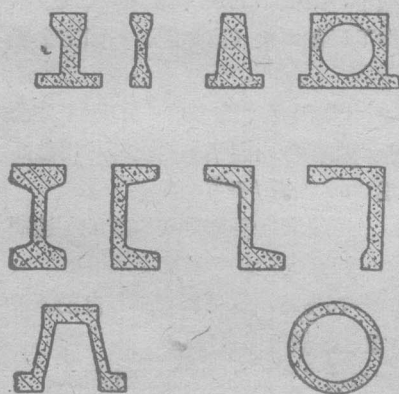
用直徑8~25公厘輪替變形截面的鋼筋加強梁時，要採用300—350級的混凝土。

如使用極限強度10000~20000公斤/平方公分的高強鋼絲時（光滑的和輪替變形截面的）則應與較高級的混凝土（300，400，500）配合使用。

利用高強度的材料（鋼和混凝土）即可能得到體輕而有足夠抵抗裂縫能力的、具有良好彈性的、各種截面的弦線混凝土製品（第10圖）。

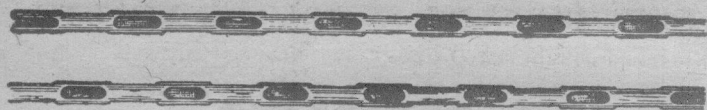
例如，弦線混凝土梁比普通鋼筋混凝土梁，可節約鋼達80%，節約混凝土達40—50%。

弦線混凝土梁最重要的優點是鋼筋不需要專設錨定加固，因為弦線與混凝土的黏着表面大，足夠保證弦線在混凝土中自己錨定。為了與混凝土



第10圖 弦線混凝土桿件截面圖

有更好的粘着力，對於直徑超過 3 公厘的鋼絲必須於冷的狀態下在阿瓦科夫式的軋鋼機（Стан Авакова）上用軋壓的方法使其表面粗糙（第11圖）。



第11圖 輪替變形截面的高強冷壓鋼絲圖

現在有若干製造弦線混凝土桿件的工廠。正在進行工作。

根據工廠（車間）的能力不同，可設置長度自 50 至 150 公尺的數量不同的機架（Стенд）若干個。

在機架的一端，將鋼絲鑄定在專設的支點上，而在另一端則設有拉力裝置，藉助於拉力裝置可進行鋼絲的預加拉緊。爲了將各個梁分別開，按機架的長度設置成對的金屬隔板（Диафрагма）。

灌築混凝土可以使用振動器、真空模板或其他密實方法；爲了使其硬結加速起見，可將機架裝設成爲蒸氣室樣式。

在混凝土硬結之後，剪斷各隔板之間的鋼絲，把梁由模板中取出即可送往製成品倉庫。

在加里寧格勒弦線混凝土工廠中，其機架的長度爲 103 公尺（第12圖）。在機架上設置有 20 行製作 T 形截面梁（第13圖）的固定金屬模板。

使用的鋼絲直徑爲 2.6 公厘，其極限強度爲 18000 公斤/平方公分；使用混凝土的等級爲 500 級的。在模板內灌築混凝土時可用整面機振動之。鋼絲的預加應力數值爲 11000 公斤/平方公分。

製造梁的整個周期等於 7 天。使用蒸氣加熱時則可將梁的製造期限縮短至 48 小時。

當混凝土達到其設計強度的 70—75% 時，就可以用架空自動運搬車（Тельфер）將梁從模板中取出，並運往製成品倉庫中。

每一周期在一個機架上出產 1800 延長公尺的弦線混凝土梁。

機架的年生產量（以平均周期爲 5 日計）出產梁爲 108,000 延長