

預应力鋼筋混凝土 在海上水工建筑中的应用

Е.Ф.高留諾夫 著

沐用中 譯

人民交通出版社

.243

II

1360

預应力鋼筋混凝土在我国建筑工程中已展开研究并开始采用。它可以增加構件的抗裂性，并且可以节约建筑原料和減輕構件的重量；因而对于海上水工建築物就更有重大的意义。本書系統地介紹了預应力構件的各种施工方法，并列举了一些在苏联采用預应力鋼筋混凝土的实例，叙述頗为詳尽，可供建筑工程的施工及研究人員参考。

本書是根据苏联海运出版社列宁格勒——莫斯科1948年版本譯出。

統一書号：15044·3030-京

**預应力鋼筋混凝土
在海上水工建筑中的应用**

Б.Ф.ГОРЮНОВ

ПРИМЕНЕНИЕ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО-НАПРЯЖЕННОГО

ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В МОРСКОМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ

СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО

«МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ»

ЛЕНИНГРАД 1948 МОСКВА

本書根据苏联海运出版社1948年列宁格勒——莫斯科俄文版本譯出

沐 用 中 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1958年1月北京第一版

1958年1月北京第一次印刷

开本：787×1092

印張：3張 插頁1頁

全書：95,000字

印數：1—900冊

定價(10)：0.48元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六号)

目 录

序 言

第一章	預应力鋼筋混凝土在水工建筑物中的工作特点	2
第二章	采用預应力鋼筋混凝土的实例	6
第三章	在海上水工中可能采用的預应力鋼筋混凝土的形式	14
第四章	張拉鋼筋方法	20
§ 1	概論	20
§ 2	用千斤頂張拉鋼筋	23
§ 3	用离心法自动張拉鋼筋	36
§ 4	用旋轉机張拉鋼筋	38
§ 5	用加热法構成鋼筋的預应力	41
§ 6	用加热法構成橫向鋼筋（螺旋筋）的預应力	43
§ 7	采用膨脹水泥在鋼筋中構成預应力	45
§ 8	預应力鋼筋錨固裝置的結構	47
§ 9	結論	48
第五章	預应力鋼筋混凝土所采用的鋼筋标号和鋼筋种类	50
第六章	制造預应力鋼筋混凝土構件时，澆灌混凝土的方法	56
§ 1	概論	56
§ 2	振搗法	58
§ 3	振搗压实法	62
§ 4	离心力作业法	73

§ 5	真空作业法	76
§ 6	采用攪合料	77
§ 7	制造海上水工建築物預应力鋼筋混凝土構件所荐用的 各种澆筑混凝土方法的評比	78
第七章	混凝土的早强方法	80
§ 1	概論	80
§ 2	早强剂攪合料	80
§ 3	加热早强法	81
§ 4	結論	86
結束語		
附录：鋼筋特性		

序 言

战后五年計劃中提出的恢复和进一步发展苏联海港的任务，如果不广泛推广先进技术和更完善的建筑材料是不可能完成的。

首先，預应力鋼筋混凝土就属于这种建筑材料。

預应力鋼筋混凝土制造的各种結構（梁，高压管道，油罐，軌枕等等）在全世界工程建筑中都得到了广泛采用。

在海上水工建筑中采用这种建筑材料效果更大，因为这种材料的抗裂性在海上水工建筑中具有重大的意义。

海上水工建筑物鋼筋混凝土結構中的裂縫一般是建筑物很快破坏的主要原因之一。

因此采用預应力鋼筋混凝土在很大程度上解决了海上鋼筋混凝土耐久性的問題。

采用預应力鋼筋混凝土，除增加海上建筑物的耐久性外，根据驗算还可节省鋼筋和混凝土。

当設計預应力鋼筋混凝土的海上建筑物时，目前可以利用其它工程部門中采用預应力鋼筋混凝土的很多經驗。

本書敘述了海上水工建筑中利用預应力鋼筋混凝土所需的資料。

制樁中采用預应力鋼筋混凝土是具有某些特点的。而打樁时对鋼筋和混凝土預应力的影响尚未加以研究。

本書作者在苏联中央海运科学研究院正从事研究这一問題。

最后，作者向苏联中央海运科学研究院建筑材料室和施工室的領導——技术科学副博士 H.A. 斯米尔諾夫致謝，感謝他在本書校對中所給予的寶貴指示。

498664

• 1 •

第一章 預应力鋼筋混凝土在水工 建築物中的工作特点

在水工建築中鋼筋混凝土的主要缺点是加載比破坏荷重还小很多的时候就出現裂縫。

裂縫是出現在受拉範圍內的。如果这些裂縫不超过0.25公厘則不致影响鋼筋混凝土在大气中的正常工作，因为这样的裂縫如果没有附加的侵蚀因素（瓦斯等）对鋼筋的侵蚀速度无重大影响。

相反，如果建築物的水下部分有裂縫，即使裂縫很小，也可能是鋼筋混凝土構件很快损坏的原因。

所以設計标准規定对水下的鋼筋混凝土構件进行抗裂驗算。照例，根据这种驗算確定受弯曲和受拉的鋼筋混凝土構件的断面尺寸。因而構件的断面很大，而鋼筋几乎完全沒有利用。以下面的事实可以說明这一点，当鋼筋混凝土構件出現裂縫时，鋼筋中的应力还未超过200~400公斤/公分²，等于一般建築鋼材屈服点的0.1以下。即是鋼筋的安全系数大于10。

采用預应力鋼筋混凝土就可以达到完全利用鋼筋和混凝土的功能。預应力鋼筋混凝土的原理如下。

当鋼筋中加預应力时，混凝土構件在加荷重之前先受到压缩。

現代有很多張拉鋼筋的方式和方法。这些方法可分为两大类：

1. 先張法；
2. 后張法。

先張鋼筋是在構件澆筑混凝土之前張拉鋼筋（图1,a）。此时拉力首先傳給特殊的設備（图1,b）。被張拉的鋼筋通过構件模板的穿孔。当混凝土的强度达到 $0.7R_{28}$ 之后，松开鉗固在鋼筋端部的鉗固器，鋼筋的拉力傳到混凝土上，而引起混凝土受压（图1,b）。

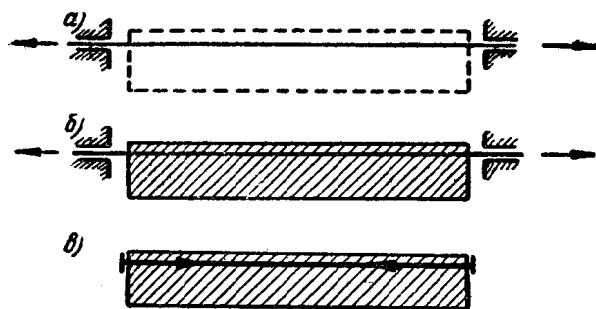


圖 1 先張鋼筋示意圖

我們发现，当先張鋼筋时由于混凝土的彈性和塑性压縮以及由于混凝土的收縮，鋼筋的最初拉力大大减小。

当后張鋼筋时（图 2），初步工作是制造混凝土的或少数鋼筋的芯棒，在芯棒上留有加預应力鋼筋 B 的槽 a。

下几步工作是裝置鋼筋，張拉鋼筋和將鋼筋固定在芯棒上（所有这些工作都是在混凝土强度达到 0.7R₂₈ 时进行）。然后槽 a 用噴漿或某种彈性材料填实。这个方法的优点是可以消除彈性压縮的拉力损失和减少收縮的拉力损失。

張拉鋼筋可以采用各种复杂程度的設備，从最简单的設備起（螺栓、楔垫）至特殊类型的千斤頂。

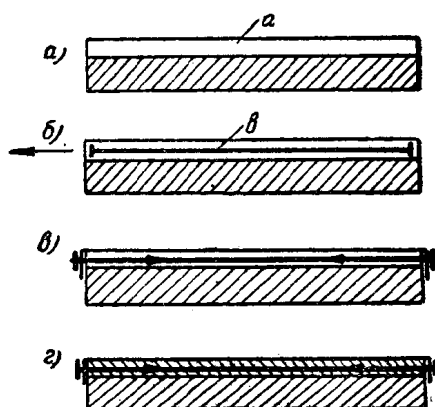


圖 2 后張鋼筋示意圖

最近提出了利用加热和冷縮鋼筋的各种方法。

現在我們詳細地研究預应力鋼筋混凝土構件中的应力分布。

在加荷重之前構件已經受到压应力（图 3）。在弯曲力矩作用下構

件下部的压力减小到零，而后改变为受拉应力。图 3 为受拉时引起裂缝出现的弯曲力矩 M_2 增长图示。同一般钢筋混凝土的 M_1 相比较，采用非对称配布钢筋构成与主荷重作用相反方向的预加弯矩的效果更大（图 4）。我们将一般钢筋，对称配布预应力钢筋和单面配布的预应力钢筋引起裂缝出现的弯矩 M_1 、 M_2 和 M_3 值进行比较。这里我们要说明下面进行的计算是近似的计算。

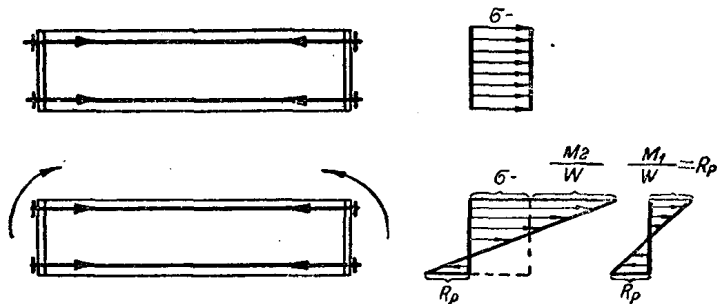


图 3 对称配布钢筋的应力分布

我们取钢筋百分比等于 2（即 2%），混凝土受拉强度极限（假定）等于 30 公斤/公分²，断面矩为 W 。

钢筋中有效的预应力（计入损失）约为屈服点的 0.8（后张钢筋）并等于 $0.8 \times 2500 = 2000$ 公斤/公分²（3 号钢）。

在这种情况下，当为对称配布的预应力钢筋时，混凝土的预压应力等于：

$$\sigma = 0.02 \times 2000 = 40 \text{ 公斤/公分}^2。$$

对于一般钢筋混凝土引起裂缝出现的弯曲力矩 $M_1 = 30W$ 。

当为对称配布的预应力钢筋时引起裂缝出现的弯曲力矩 $M_2 = 70W$ 。

当为单面配布的预应力钢筋并且钢筋百分比等于 1（即 1%）；

$$\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) = \sigma \cdot (1.10 \sim 1.20) ; M_2 = (75 \sim 80) W。$$

式内： h ——截面高度；

e ——偏心距离。

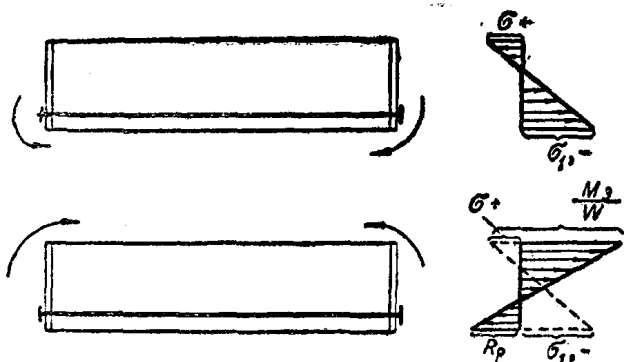


圖 4 非对称配布鋼筋的应力分布

因此，从上面的計算中可以看出，在我們所研究的情況下，当为該种断面时采用預应力鋼筋，可以保証在不出裂縫的条件下承受大于一般混凝土一倍的弯曲力矩。

当弯曲力矩相同时，根据抗裂条件計算的預应力鋼筋混凝土構件断面比一般鋼筋混凝土小25~35%。此时單面配布鋼筋可节省一半預应力鋼筋。如果在施工安排良好的条件下用节省的鋼筋以抵償預拉鋼筋的費用，可以根据上述計算求出，預应力鋼筋混凝土受弯曲力矩構件的費用將为一般抗裂鋼筋混凝土構件費用的70%。

上面的計算应看作是大致近似的計算，但是对于采用預应力鋼筋混凝土的評比作用上来講仍然可以利用。

預应力鋼筋混凝土除了工程数量减少的直接节省外，还有很多其他优点。

沒有裂縫，就可以提高混凝土抵抗侵蝕的强度，并增加它的耐久性。

采用預应力就有可能利用高标号鋼材，这無論在它的使用量方面（約80%）和鋼筋的价值方面都可以大大地节约。

在工业和民用以及海上水工建筑中采用的預应力鋼筋混凝土有各种各样不同的形式。

在下一章內敘述現在採用預應力鋼筋混凝土在各建築工程中的各種不同情況，並且說明海上水工建築中可以採取的類型。

第二章 採用預應力鋼筋混凝土的實例

採用預應力鋼筋混凝土結構的嘗試是在前一世紀的末期進行的。但是這種結構在生產中採用僅是本世紀的三十年代才開始的。採用高標號鋼材比一般鋼材作為預應力鋼筋，其應力損失可相應地降低10~15%，並且可以避免以前研究人員採用普通建築鋼材時的失敗。預應力鋼筋混凝土現在已經在各種建築工程中得到廣泛的應用。茲將這些建築物的實例述之如下。

在各種梁架結構工程中製造鋼筋混凝土構件的方法已被極廣泛地採用。

圖5是某大型車間鋼筋混凝土預製梁的採用情形。梁的跨度為26公尺。

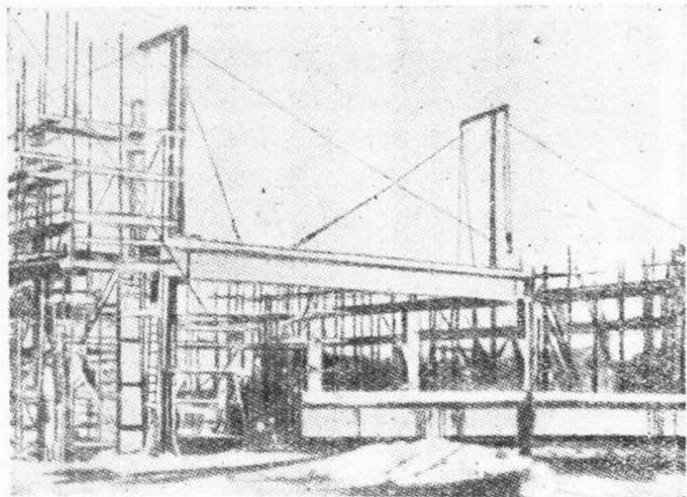


圖5 車間樓板

圖6圖7表示蘇聯設計的鋼筋混凝土梁及桁架。桁架的下弦杆採用了預應力。

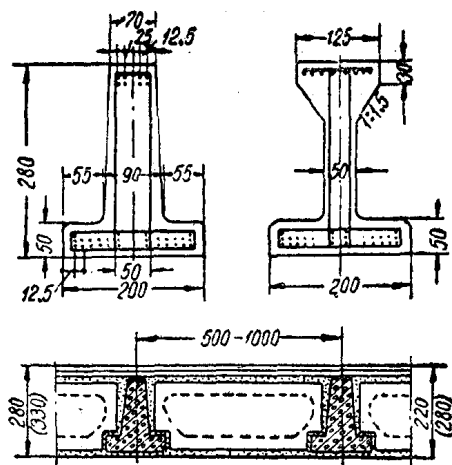


圖 6 預应力鋼筋混凝土梁

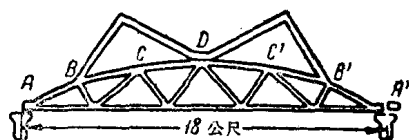


圖 7 鋼筋混凝土桁架

最近出現了大跨度輕便梁的有趣的实例。如一处过河桥及鉄路上跨度45公尺的人行桥（參閱图 8）。

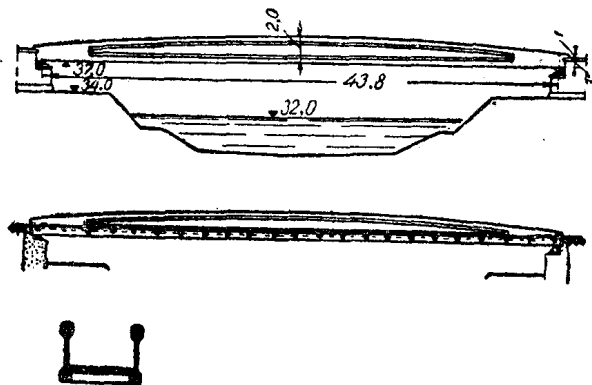


圖 8 人行桥

图9所示为金属拉固的块体组合梁。

这种梁的制造方法要采用极其高度工业化的施工，制成个体构件，简化运输，但只是缺少梁的整体性。

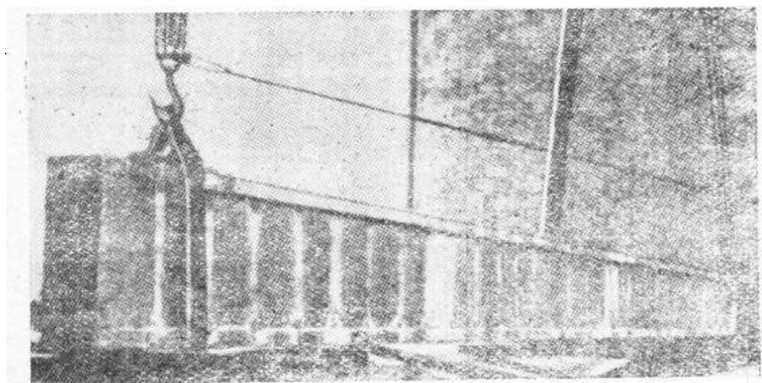


圖9 鋼筋混凝土組合梁

图10所示为大型仓库的拱形房顶。受拉的钢筋是预应力的。

在基础加强方面也不断地采用了预应力。

例如某一海港候船室的基础建筑在不可靠的土壤层上(参阅图11)。施工后发现惊人的大量沉降。为了停止候船室的继续沉降，必须进行将荷重(约150000吨)传至原始土壤上的工程。但是地基面积不够，只能打入有限数量的桩，每根桩应当分布的荷重在200吨以上。桩的制造和贯入的情况在张拉

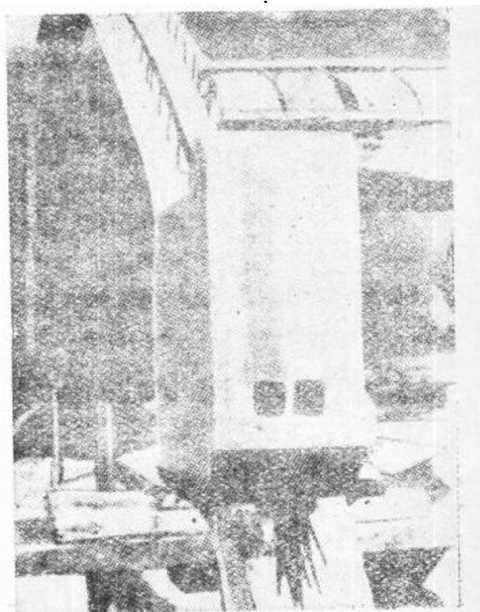


圖10 預应力受拉鋼筋的拱形梁

鋼筋方法一章內敘述之。

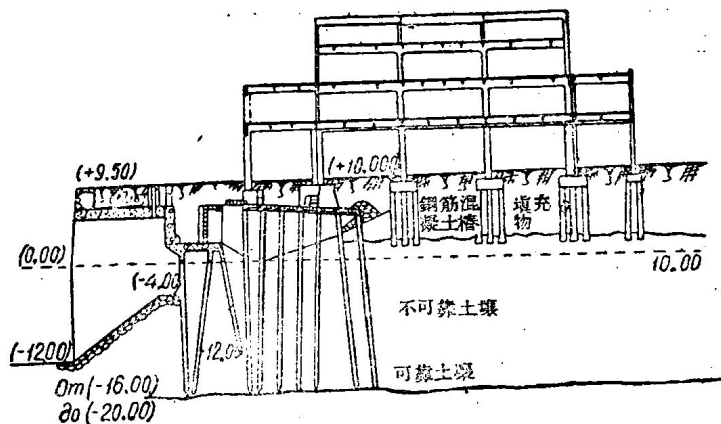


圖11 候船室的樁基

圖12內表示採用了預應力加強基礎的情況。



圖12 預應力鋼筋加強基礎的情況

茲舉述工業建設中預應力樁製造的实例。

兩種类型的樁摘要敘述如下。

第一类樁為預制3英尺長的構件。在樁的每個角上裝置管筒，管筒

內裝有 $\phi\frac{3}{4}$ "的鋼筋，錨固在樁靴上。打樁時用三個構件一個頂一個地開始向下打。打樁以前先用放在樁头上的兩個千斤頂張拉鋼筋(圖13)。

前三個構件打入後，將鋼筋放鬆，再用三個新的構件裝在前三個構件的位置上，再恢復張拉。這種方式一直連續進行到樁柱全部打入為止。管筒內則用壓力灌入水泥漿，樁柱打完即形成完好的鋼筋混凝土樁。

這種方法的成就為：

1. 無需預先決定樁長；
2. 可以使用矮樁架打入長樁；
3. 這種打樁條件可以節省長樁所需用的鋼筋數量；
4. 因為構件尺寸短小可以仔細地製造；
5. 如有貯備的構件，打樁可以進行得很快；
6. 簡化運輸條件。

第二類樁為在水平方向上製造的空心樁。樁內加筋很少。在吊樁以前先用特制鋼筋臨時固定在樁靴上加以壓縮。樁柱安在打樁架上即進行打樁。打入後張拉設備放鬆將鋼筋取出。這種方法可以製造很長的樁而加筋很少。

鋼筋混凝土油罐和穀倉工程中也廣泛地使用這種方法，它進行的程序是先製造混凝土的或是少鋼筋的油罐，然後張拉鋼筋。

張拉工作是利用可移動的特制張拉設備(圖14)或是利用裝在油罐頂上在軌道上移動的座架用螺旋絞盤進行(圖15)。

油罐鋼筋表面都用壓力噴漿復蓋。

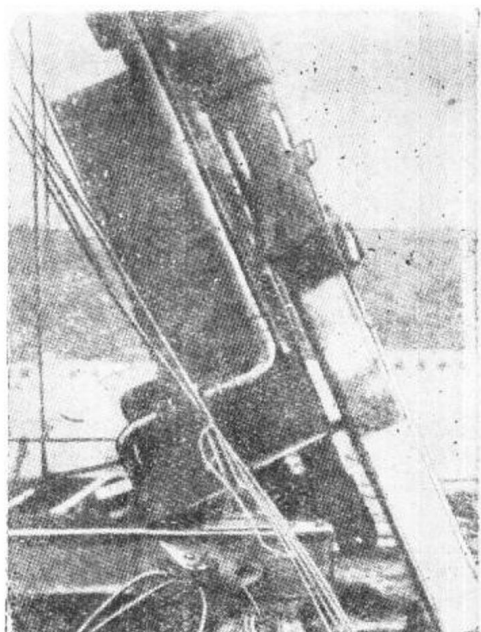


圖13 組合結構樁

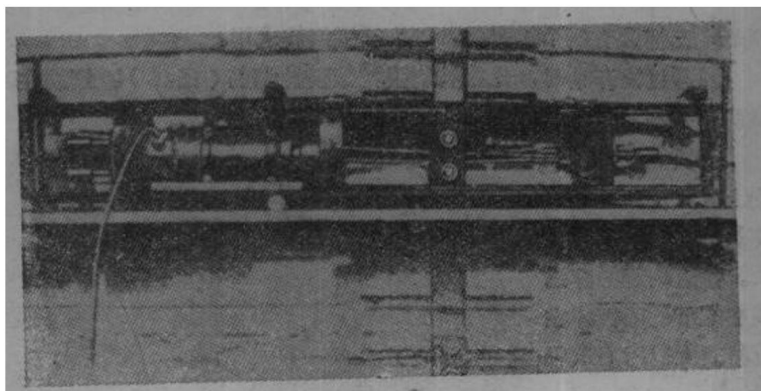


圖14 油罐鋼筋張拉設備

預应力高压（达 100 大气压）鋼筋混凝土管制造的实例也可以列举出来很多。这种裝置在机床上的管筒的形式例如圖33。这种管筒在苏联的公用經濟学院、莫斯科交通工程学校等都曾制造过。

此外还可以列举一些預应力鋼筋混凝土構件及建筑另件制造的工业企业实例。

茲叙述軌枕制造工业装备的情况。

按照这一型式还可以組織生产其他的鋼筋混凝土構件，例如樁柱等。

長 150 公尺寬 42 公尺的車間內專为大批生产鉄路需用的軌枕，每

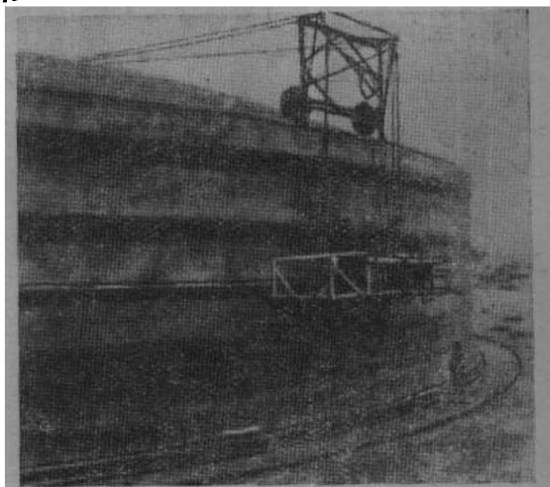


圖15 油罐鋼筋張拉用的座架

天可以生产 300 根。全部澆筑混凝土的过程集中在車間中央，几个縱向傳送机从此拖向兩端达 67 公尺的距离。傳送机有并行綫 10 条，每条綫上裝有軌枕制造模壳兩排。每个傳送机可容納軌枕 100 根。每个縱向傳送

机的端部都裝有两个錨系牆，以为錨固鋼筋之用。

制造过程开始时，先用特制張拉架張拉鋼筋（图16）。鋼筋在傳送机的全長內拉直。

鋼質模壳清洗后塗上乳狀油剂傳送至澆筑混凝土場的中央。拉直的鋼絲穿过模壳端部的隔板。在兩排綫上同时澆筑軌枕。

从料斗內向模壳中澆筑混凝土，同时在震動台上震動（图17）。模壳灌滿混凝土后，工序就沿着鋼筋的方向向前推进。

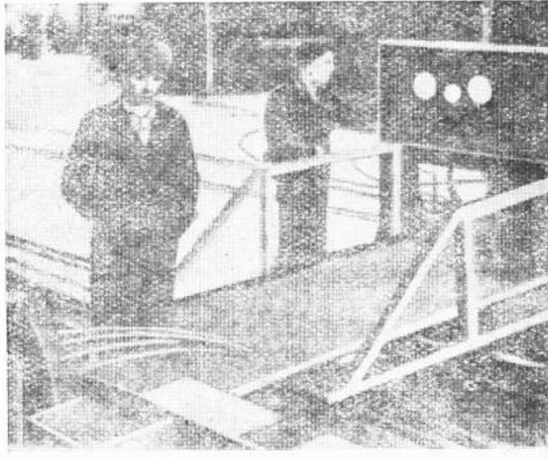


圖16 軌枕鋼筋張拉設備

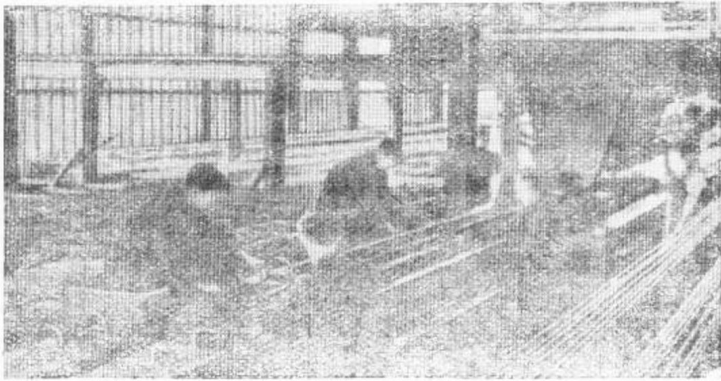


圖17 模壳內澆筑混凝土

軌枕此时仍需震搗（图18）；表面經過塗抹逐漸凝固。然后拆除兩端模板。

在混凝土达到要求强度时，將軌枕間的鋼絲齊頭燒斷。然後沿着縱向和橫向的傳送機將軌枕送至拆模處拆模。

各排的第一根軌枕都按照標準進行了試驗。

準備進行試驗的軌枕如圖19所示。

生產過程中需要的人數很少，這是此一車間優點之一。所有模殼、軌枕、材料等的搬動都是機械化。集料都經過沖洗和分類後才從場地送入車間。為了存儲集料，設有兩利級配（ $1/2''$ ， $1/4''$ ）礫石和砂子的存料箱。早強的和普通的矽酸鹽水泥用螺旋傳送機傳送。水灰比為0.39。存料箱及震動台則橫向地移動，並且裝置在應澆筑混凝土的傳送機綫上。

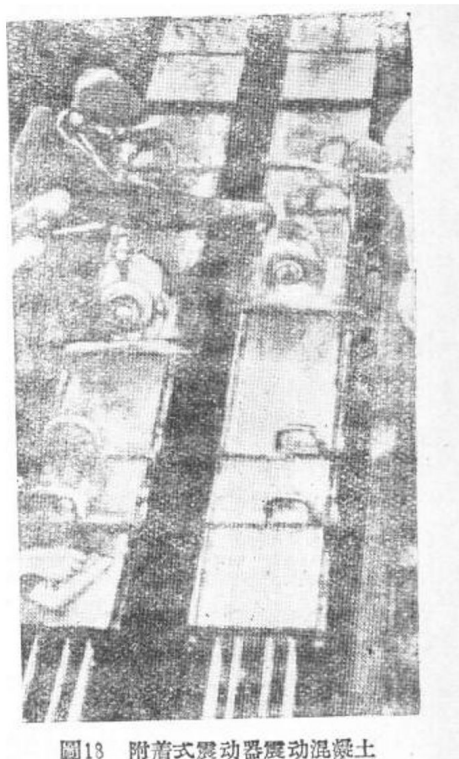


圖18 附着式震動器震動混凝土

每根軌枕有鋼筋18~20根，分成三層。鋼筋強度極限為15000



圖19 軌枕試驗