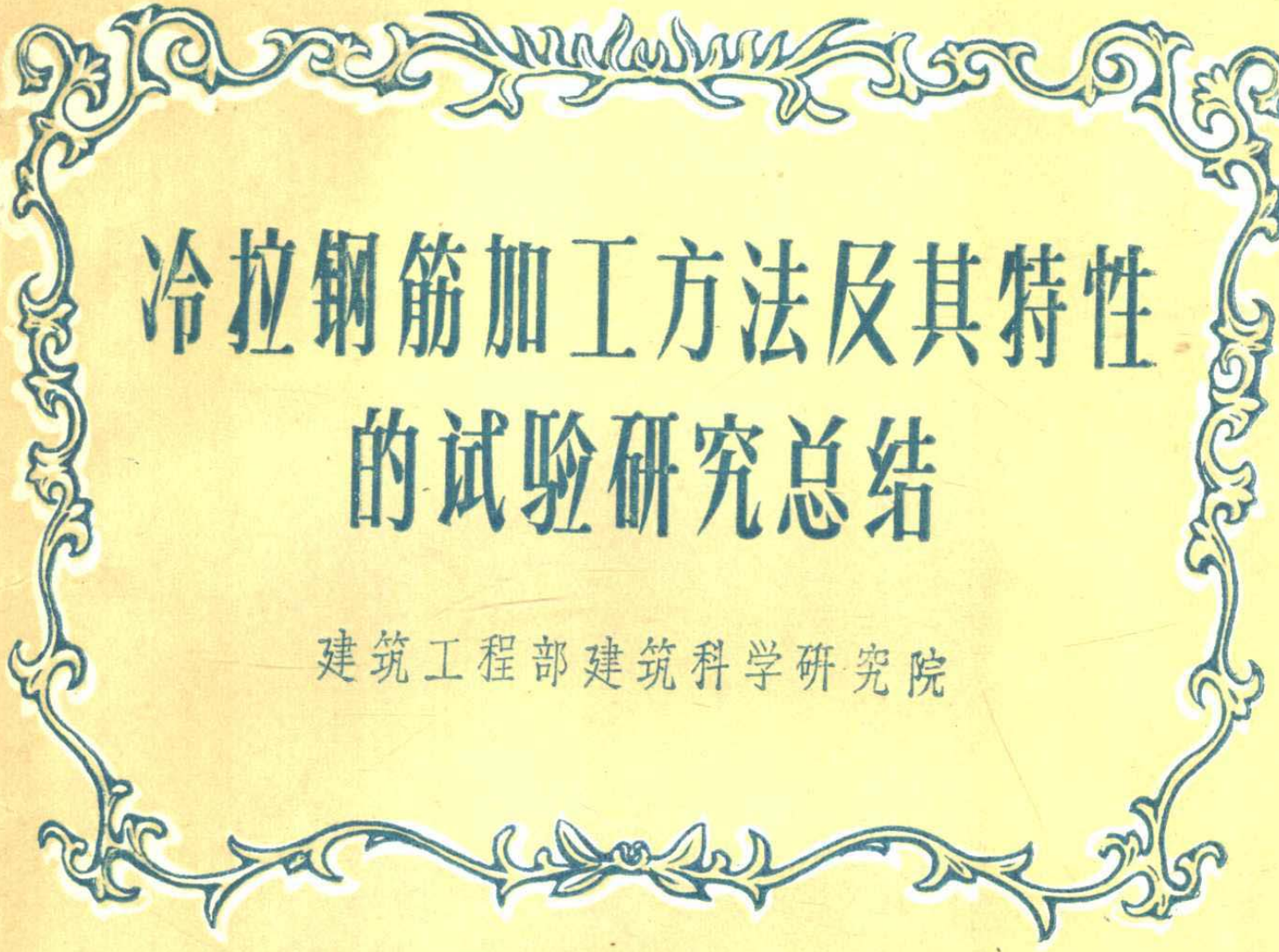




冷拉钢筋加工方法及其特性 的试验研究总结

建筑工程部建筑科学研究院

1
53

建筑工程出版社

冷拉鋼筋加工方法及其特性
的試驗研究總結

建筑工程部建築科學研究院 著

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外南禮士路）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號 815 19千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 1 插頁 1

1956年7月第1版 1956年7月第1次印刷

印數：1—5,500冊 定價（10）0.20元

冷拉鋼筋加工方法

及其特性的試驗研究總結

为响应國家全面增產節約的号召，在建筑工程中節約鋼材是具有重大意义的。簡易而有效地節約鋼筋的方法，系採用冷加工处理以提高其流限，因之在鋼筋混凝土結構中，得以提高設計应力而達到減少鋼筋用量的目的。在苏联普通应用的鋼筋冷加工方法：有冷压、冷拔絲及强力拉測(簡称冷拉)等三种。

强力拉測法 (Силовая калибровка арматурой стали)，系苏联科学工作者 Л.Б.米特加尔茨於 1945 年所倡議，此法設備簡單，操作方便，最適合於直徑6~12公厘的盤圓鋼筋，按我國各建筑現場來說，是完全有条件可以學習採用的。尤其是目前建筑工程中所用的小直徑低炭鋼盤圓鋼筋(“O”号或“3”号鋼筋)，質量規格一般都較差。这就形成了一方面是鋼筋混凝土結構的强度可能不足，另一方面对鋼筋的潛在强度却未能作有效的利用。如經冷拉，則流限可根据需要增加为 3000~3500 公斤/平方公分。这样不但保證了質量，还可節約鋼材 20~30%。

我部在確定本院 1955 年的任务時，特指定必須立刻着手冷拉与冷压方法的試驗研究。經過了三个月的准备和試驗，至二季度末，对冷拉方法以及冷拉鋼筋的特性，基本上已求得解决。

在工作進行中，曾邀請我部北京工業建筑設計院日列茲雅克等三位苏联專家，到試驗現場參觀指導。專家指出：鋼筋冷拉的方法，应立即組織設計和施工單位參觀，迅速运用到工程上去。這不僅節約鋼材，相对的講，也等於增加了鋼的生產量。根据專家的意

見,我們於6月17日召開了一次座談會,邀請了22個單位參加,會上,大家表示應大力推廣這個方法,這是我國目前節約鋼材的一個有效辦法。

由於國產直徑9公厘以內盤圓鋼筋,各廠所生產的質量並不一致,甚至同一鋼廠所生產的質量也不相同,因之本試驗的數字資料,不可能完全適合各工地的情況,各施工單位可根據具體情況作適當的試驗,以作為冷拉控制的數據。我們的試驗數量不太多,總結中不免還有缺點和錯誤,尚希各有關單位提出意見,以便作進一步地研究和修正。

(一) 軟鋼(熱軋中炭及低炭鋼)的物理力學性能

為了說明軟鋼(建筑工程常用“0”號及“3”號鋼都屬於低炭鋼,而“5”號鋼屬於中炭鋼)冷拉後的特性,首先需要敘述一下鋼的抗拉特性,以及冷強和時效等現象。

圖1為“3”號鋼受拉直到破壞時的應力應變曲線圖。鋼的受力工作情況,可分作三個階段來說明:

鋼的第一工作階段是彈性的。彈性是指荷重除去後,變形即行消失。線段 $0a$ 為直線,在點 a (比例極限)之前鋼所產生的變形大小,是與荷重的大小成正比例的。

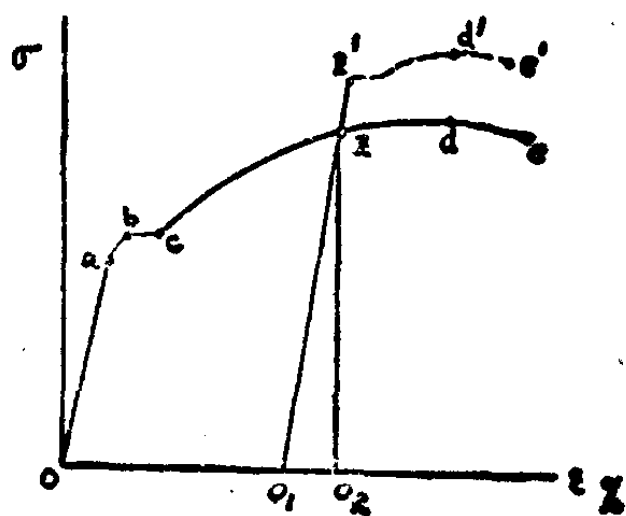


圖1

第二工作階段是彈性塑性的。變形的發展開始加大,直線逐漸轉變為曲線,此階段的變形,包括彈性的和塑性的二個部分。塑性變形是指除去荷重後仍然殘留的變形而言。隨着荷重的增大,

塑性变形部分更加剧烈,到点b,鋼開始塑流,即变形的擴展幾乎已不再需要增加荷重。此時圖上出現了水平部分(流幅),相应於此時的应力称为流限(屈服点)。

在流幅以后,鋼又重新開始抵抗繼續的拉伸,为了繼續塑性变形,必須給与材料愈來愈大的应力。由於塑性变形的增加,材料呈現更强的抵抗,此現象称为鋼的强化。这是鋼受拉工作的第三个阶段。过了强度極限(d点),開始形成縮頸,至 e 点時,即被拉断。

当做拉力試驗時,如在超过流限(嚴格講应为比例極限)后的任意点 Z 除去荷重,則卸荷后的拉伸曲線不再为原曲線,而表現为幾乎与 $0a$ 線完全平行的直線 0_1Z 。此時試件已不能回復原來的長度,距离 0_10_2 代表彈性伸長。距离 00_1 代表殘余伸長。

卸荷后若立即進行第二次拉伸,新的屈服点將升高为第一次的最大应力(即 Z 点的应力),以后的应力应变曲線則与未除荷重的曲線完全相同,其全部拉伸曲線变为 0_1Zde 。

由於預先將鋼筋荷重加得越过其流限,然后卸荷对鋼所引起的物理力学性能的变化称为冷强(НАКЛЕП)。冷强表現在金屬硬度、流限和强度極限的升高,以及隨之而發生的塑性和韌性的降低。

若卸荷后休息一段時候,再進行第二次拉伸。則拉伸圖的相应部分 Zde ,將比未經休息的高而短(圖中虛線 $Z'd'e'$)。这种經冷强后因時間的影响,而使金屬强度的提高和塑性降低的現象称为時效(Старение)。在常温的情况下,冷拉鋼筋的時效發展,約需經過 20 天, 100°C 時,則經 2 小時便基本上發展完畢。

从这些現象可以看出,利用这些因素,可以提高鋼筋混凝土結構中鋼筋的設計应力,以節約鋼材。鋼筋經過冷拉后,强度的提高和塑性的降低,包括冷强和時效二个因素,虽則在常温下時效的發展,一般需要 15~20 天的時間,但鋼筋混凝土結構不可能在 20 天

內便承受設計荷重，因之將時效的強度估計在內，是不會引起危險的。

(二) 冷 拉 的 設 備

小直徑鋼筋冷拉的設備是比較簡單的，只用幾個滑輪，一個 5 匹馬力以上的電動起重機或捲揚機，一個簡單荷重用木架，鋼索及軋頭。其中軋頭一項，一般車間均能製造的，費料甚微。其餘工具一般工地都有，不須另行設置。設備主要有兩個部分：

1. 拉力部分——電動捲揚機；
2. 控制荷重部分——荷重架及鐵塊。

我們試驗小直徑鋼筋用的冷拉設備包括：

1. 拉力部分：

(1) “少年先鋒”式起重機一台(見圖 2)起重量 0.5 噸；

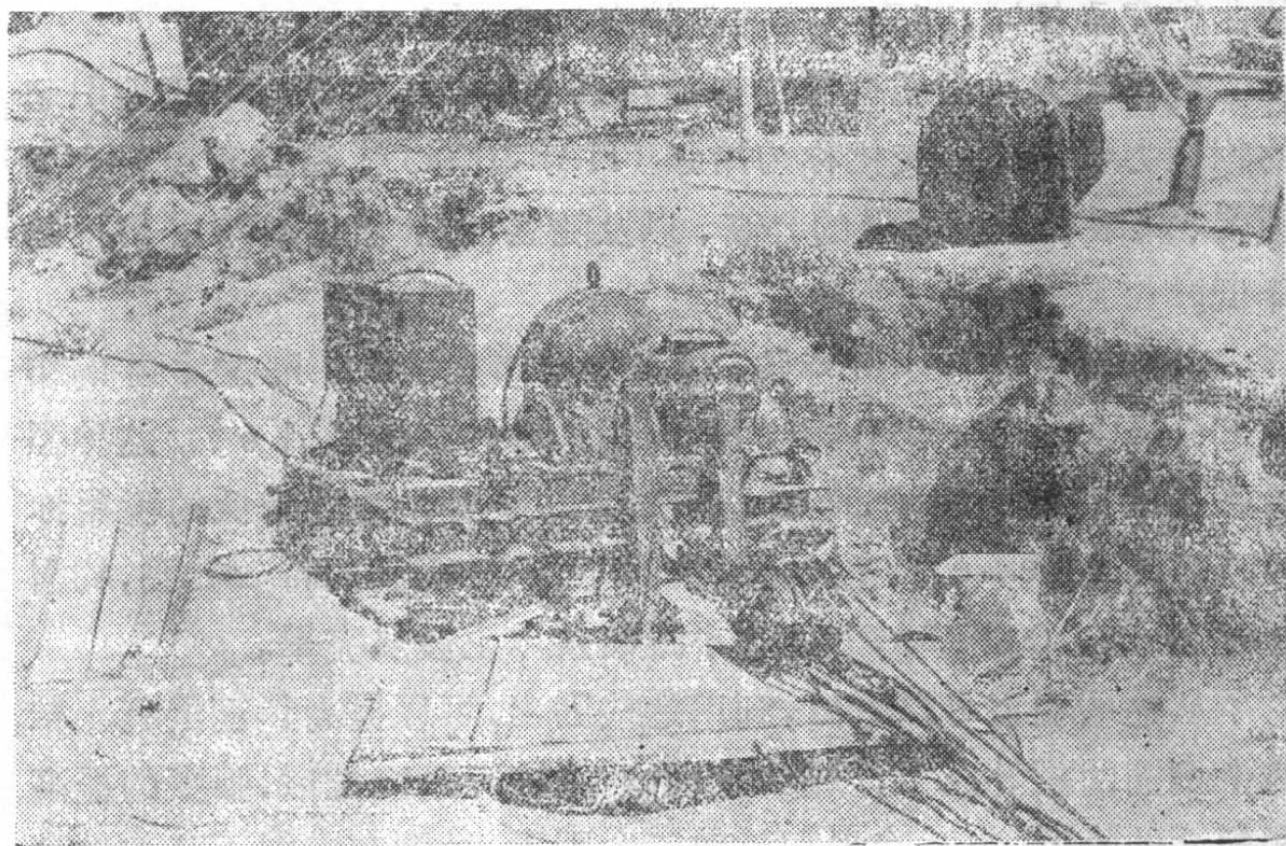


圖 2

(2) 3 噸三連滑輪一對(見圖 3) (由於動力不足而採用, 如動力足夠可省去);

(3) 鋼索: 直徑 $1\frac{1}{2}$ ";

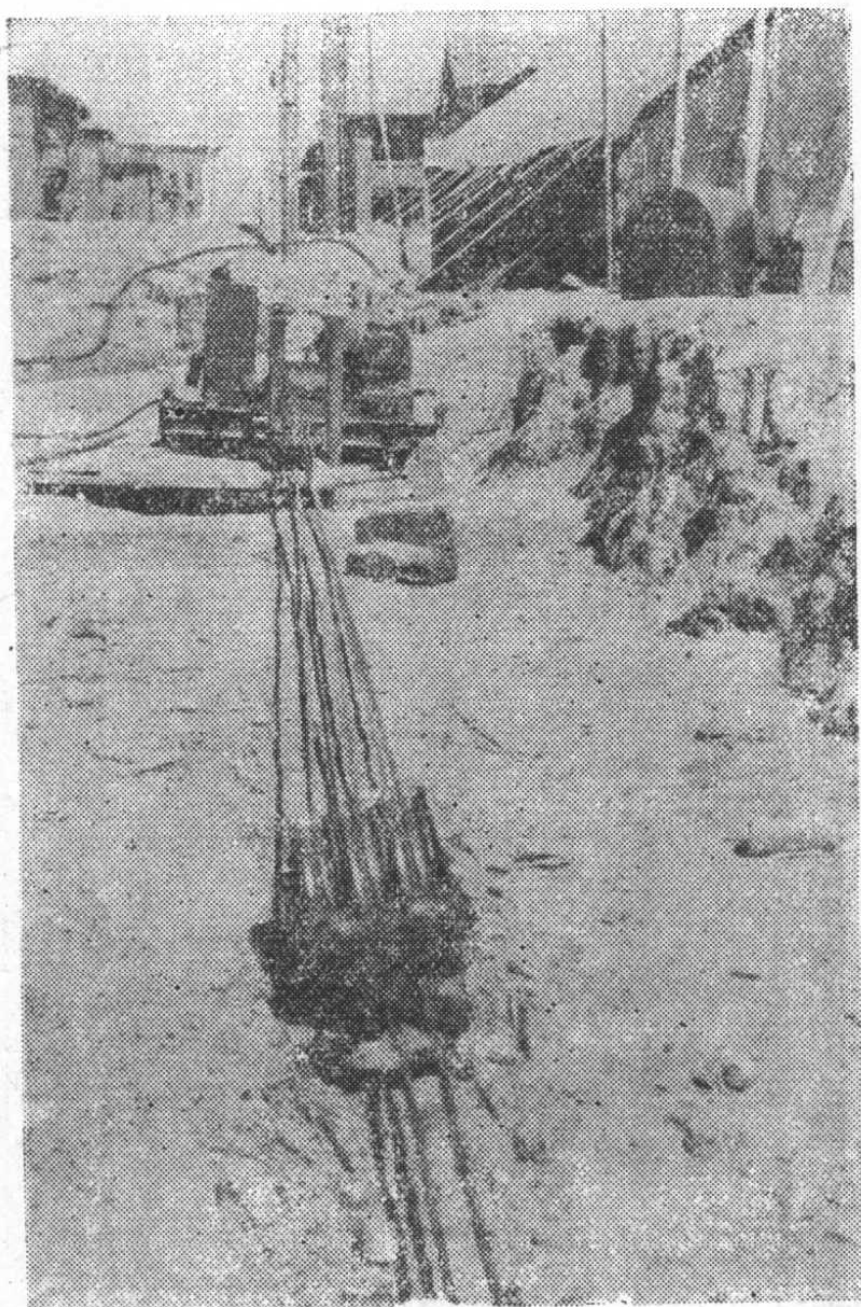


圖 3

(4) 10 公分高 1.5 公尺長工字鋼二個, 埋入混凝土基礎內, 直徑 38 公厘 $\times$ 20 公分鉄棍繫鋼索用;

(5) 混凝土基礎 2.0 公尺 $\times$ 1.0 公尺 $\times$ 0.9 公尺。

2. 荷重部分：

- (1) 單滑輪 4 个, 2 噸的 2 个, 3 噸的 2 个;
- (2) 木架一座(見圖4), 用料計 12 公分方木12公尺, 20公分圓木3公尺;

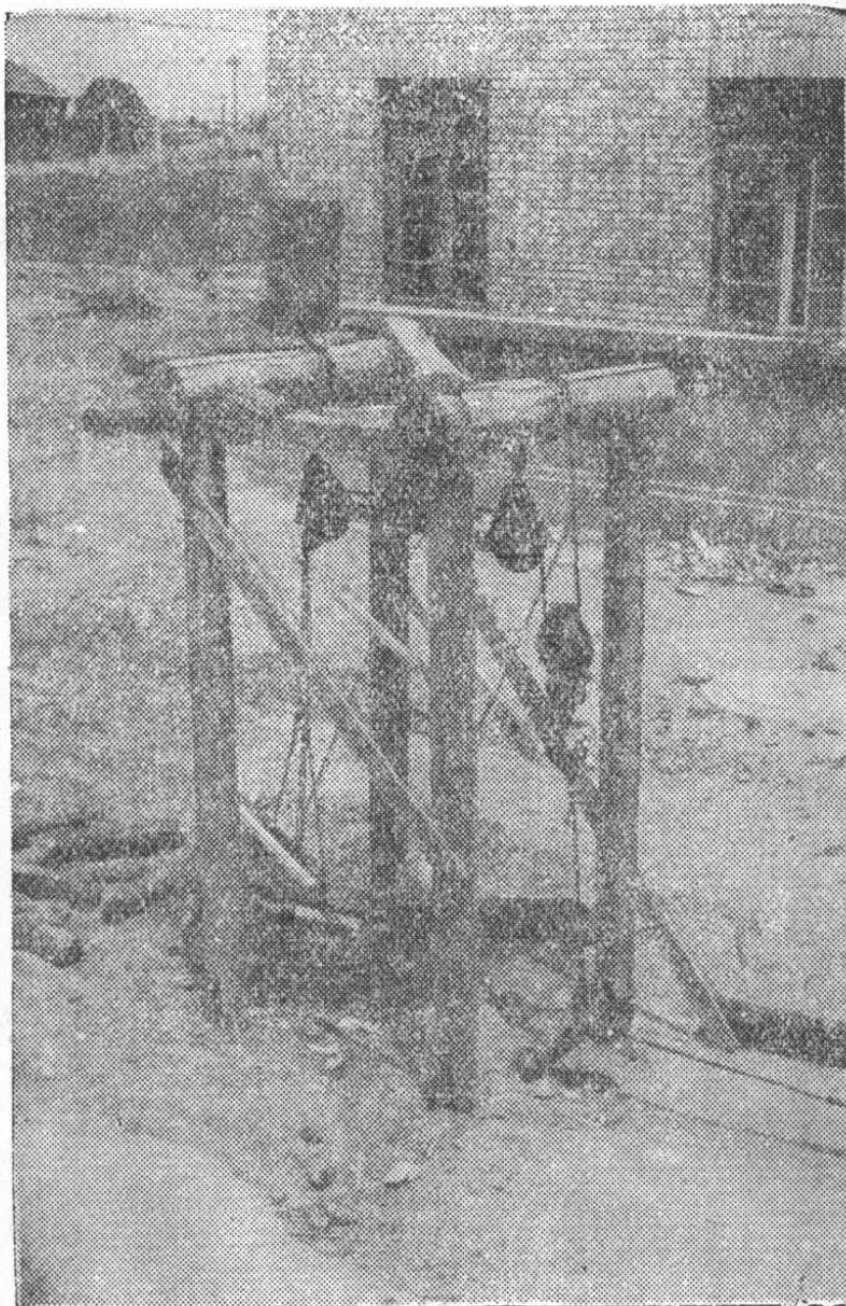
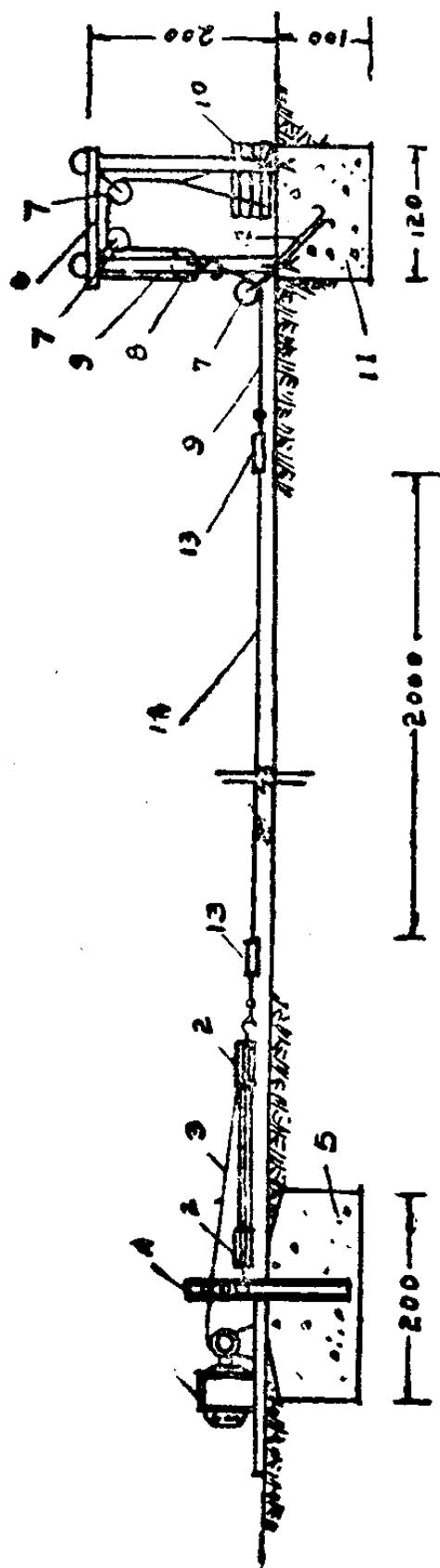


圖 4

- (3) 鋼索兩根(直徑 $1\frac{1}{2}$ " 約長 5 公尺);
- (4) 荷重用鉄塊 1 噸(用其他材料亦可);
- (5) 混凝土基礎1.2公尺×1.0公尺×1.0公尺。



說明

圖 5 a 冷拉設備示意圖

1. 折去合架及起重臂後的“少先式”起重機 2. 三連起重滑輪一對 3. 直徑 $1/2$ "鋼絲索 4. 1500×100×68公厘工字鋼兩根,直徑38公厘20公分長鐵棍一條 5. 混凝土基礎 6. 木制荷重架 7. 改變荷重方向的滑輪 8. 動滑輪 9. 直徑 $1/2$ "鋼絲索 10. 荷重鐵塊 11. 混凝土基礎 12. 直徑20公厘鋼筋錯栓 13. 鋼筋夾具 14. 鋼筋

操作上,較為簡便。

操作人員每小組包括三人(組長兼司馬達,鋼筋工一人,普通

3. 零 件:

直徑 $3/8$ "鋼索卡 12 只,鋼筋夾具一對。

4. 为了免除鋼筋冷拉后用人工將三連滑輪拖回原处的笨重工作,設立一三角架(如圖 5 6),架上置有滑輪及重物,当鋼筋冷拉時,三角架上的平衡重物和木架上的控制荷重均上昇。拉畢時,收回控制荷重,拆去軋头后,繼續鬆下平衡重物,將三連滑輪拖至原处。

每拉一次鋼筋長为20公尺(在生產上可放長至50公尺),拉的時間約为半分鐘,打開盤圓時每次約为2分鐘(本院用人工打開)。如用盤圓架,利用捲揚机一次同時打開幾個盤圓,則工作效能可以提高很多。

5. 經過工地的冷拉操作經驗,在鋼筋夾具方面有丁改進,建議採用如圖 6 所示的鉗式夾具。这种夾具在

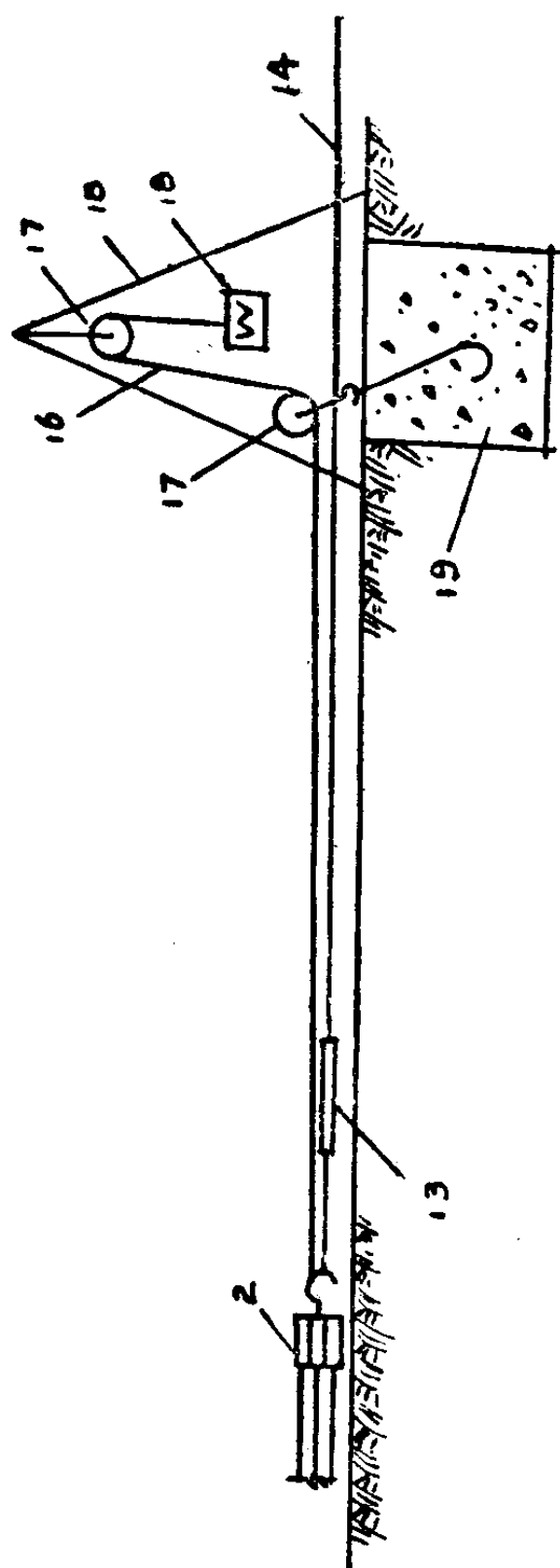


圖 5 6 拖回三連滑輪的加荷三角架

2. 三連起重滑輪 13. 鋼筋夾具 14. 鋼筋 15. 三角架 16. 鋼索 17. 滑輪 18. 平衡重物 19. 混凝土基礎

工一人)。

冷拉時把盤圓鋼筋的端頭固定在一個鋼筋軋頭中，然後把盤圓順地滾開，至另一軋頭處截斷固定。開動起重機的馬達，把鋼絲繩逐漸纏繞於鋼索滾筒上，至荷重鐵塊離地約 20 公分為止，開倒車放下荷重取出鋼筋。

下圖為本所冷拉設備示意圖

(三) 試驗資料

這次冷拉試驗，採用了五種來源不同的低炭鋼筋。內中直徑 6 公厘者三種，直徑 8、9 公厘者各一種，除 9 公厘，系天津鋼廠協助我們試驗特用“3”號鋼軋制的以外，其他四種均不知其生產廠名及品質規格。按物理力學性能區分：

合乎“3”號鋼者計三種；

合乎“0”號鋼者計二種。

化學成分上：

合乎“3”號鋼者計一種(試件編號 V)。

冷拉試驗共拉過 17~20 公尺長的試件約 50 次，其冷拉鋼筋的物理力學性能及化學成分分析等，分別用圖表說明。

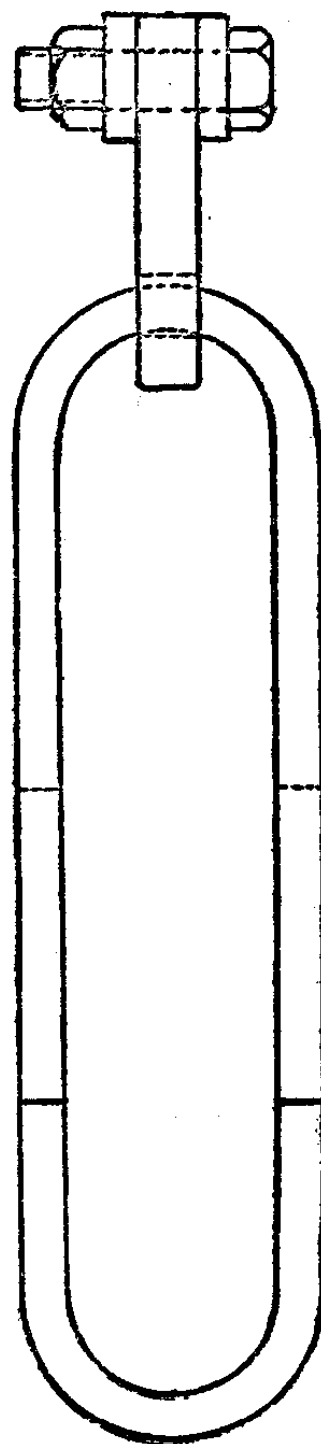
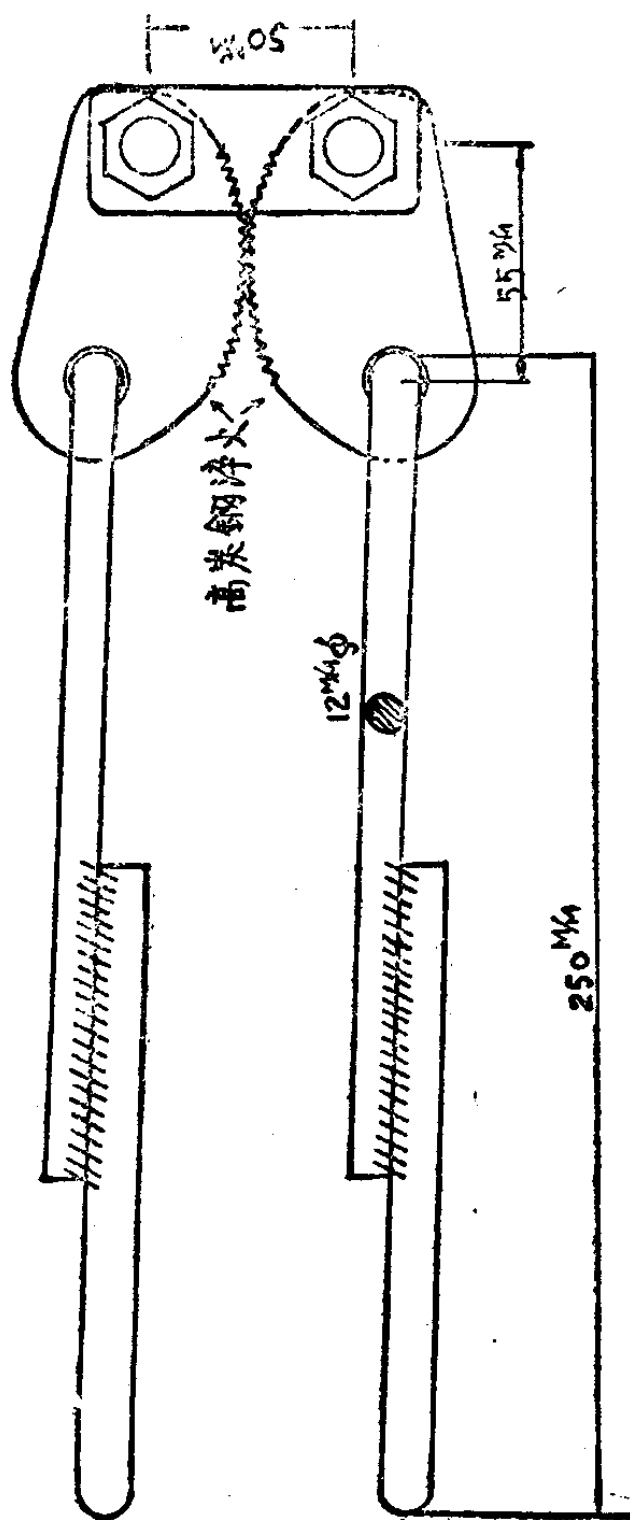
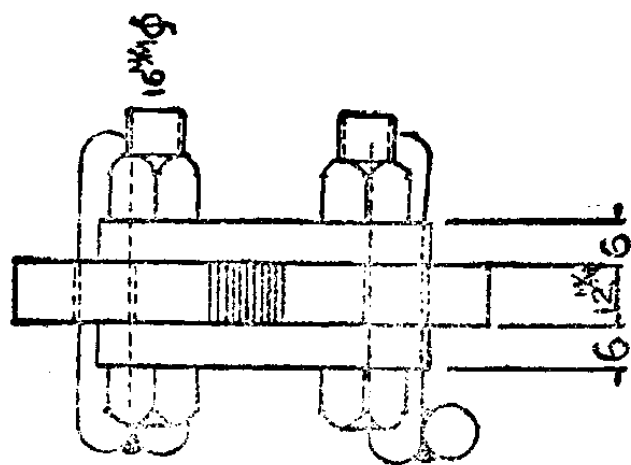


圖 6 鉗式夾具圖

为了解决有些五号螺紋鋼筋的强度不足和了解預应力鋼筋砼用的冷拉五号螺紋鋼筋的特性問題，我們也做了一些冷拉五号螺紋鋼筋的試驗，其結果分別列於圖11及表4中。

表1为五种鋼材的化学成分。內中除編号V的直徑9公厘圓鋼为“3”号鋼外，其余均为“0”号鋼。

鋼材化学成分分析表

表 1

試 樣 編 號	直 徑 公厘	化 學 成 分				
		C	S	P	Mn	Si
I	6	0.12	0.034	0.022	0.54	0.036
II	6	0.13	0.024	0.018	0.45	0.032
III	6	0.10	0.027	0.021	0.41	0.031
IV	8	0.13	0.020	0.026	0.42	0.029
V	9	0.15	0.028	0.011	0.44	0.040

表2为五种不同鋼材的鋼筋冷拉前后的物理力学性能比較表。冷拉后的一些数据系指鋼筋放在沸水中煮二小时后再作試驗所得結果而言。

圖7为直徑6公厘(編号II)鋼筋冷拉后 σ_m, σ_p 数值以小时計的时效影响曲線。由圖看出，在起初的五天發展最快。以后則日趨緩和，到20天时趨向微弱。基本上已接近停止。

直徑9公厘鋼筋(編号V)受各种不同控制应力后的 σ_m, σ_p 及 δ 数值列於表3，圖8及圖9系相应的应力应变圖。

冷拉前后鋼筋的物理力學性能比較表 表 2

材 料 編 號	未 經 冷 拉					冷 拉 控 制 應 力 公 斤 / 平 方 公 分	冷 拉 時 拉 長 率 %	經 冷 拉 並 在 100°C 溫 度 下 2 小 時 後						
	直 徑 公 厘	鋼 號	流 限 σ_m 公 斤 / 平 方 公 分	極 限 σ_p 公 斤 / 平 方 公 分	延 伸 率 δ %			面 積 率 ψ %	以 原 面 積 計 算					
					延 伸 率 δ %				面 積 率 ψ %	延 伸 率 δ %	流 限 σ_m 公 斤 / 平 方 公 分	極 限 σ_p 公 斤 / 平 方 公 分	延 伸 率 δ %	
I	6	無	2500	3913	35.05	3784	10.00	4395	4442	15.02	63.00	75.90	13.50	16.1
II	6	無	2342	3668	36.08	2850	3.00	3150	4020			26.00	2.74	10.50
III	6	無	2547	3877	32.78	3590	13.04	4018	4070	20.27	68.67	66.00	11.25	8.27
IV	8	無	3092	4387	30.22	3363	7.81	3350	4050	21.00		57.75	3.64	19.46
V	9	3#	2311	3997	31.68	2960	3.50	4440	4657	15.42	66.92	43.60	4.46	13.20
						3840	3.35	4283	4442	14.80		85.40	6.15	13.80
						2640	2.00	3205	4157	26.03		38.70	11.13	11.5
													3.76	21.40
附 註	(1) 試件為未加工的比例長試件 $l_0 = 11.3 \sqrt{F}$ (2) 編號 V 的出廠鋼號為 3 號,但實際強度不夠 (3) 以上試件冷彎試驗均合格													

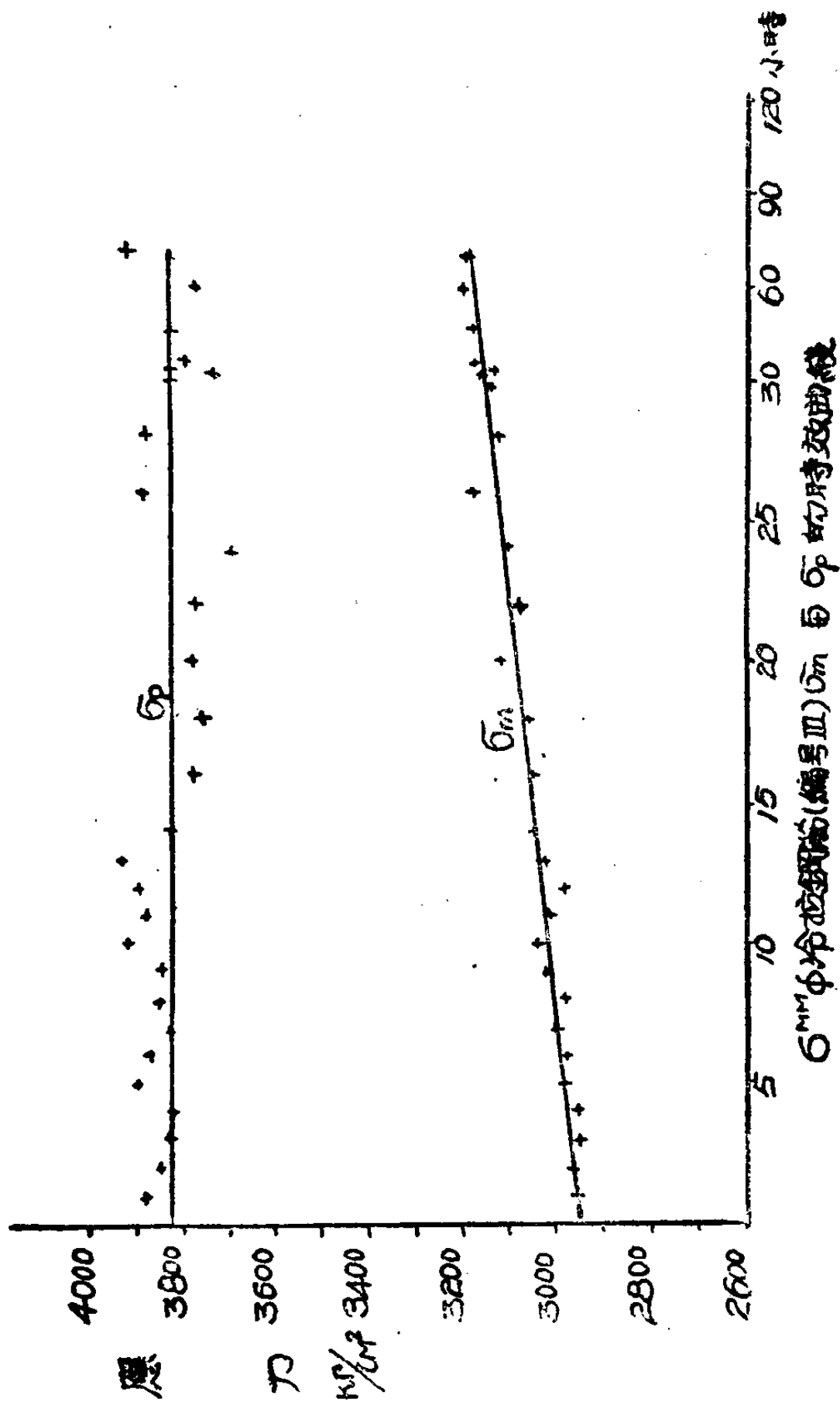


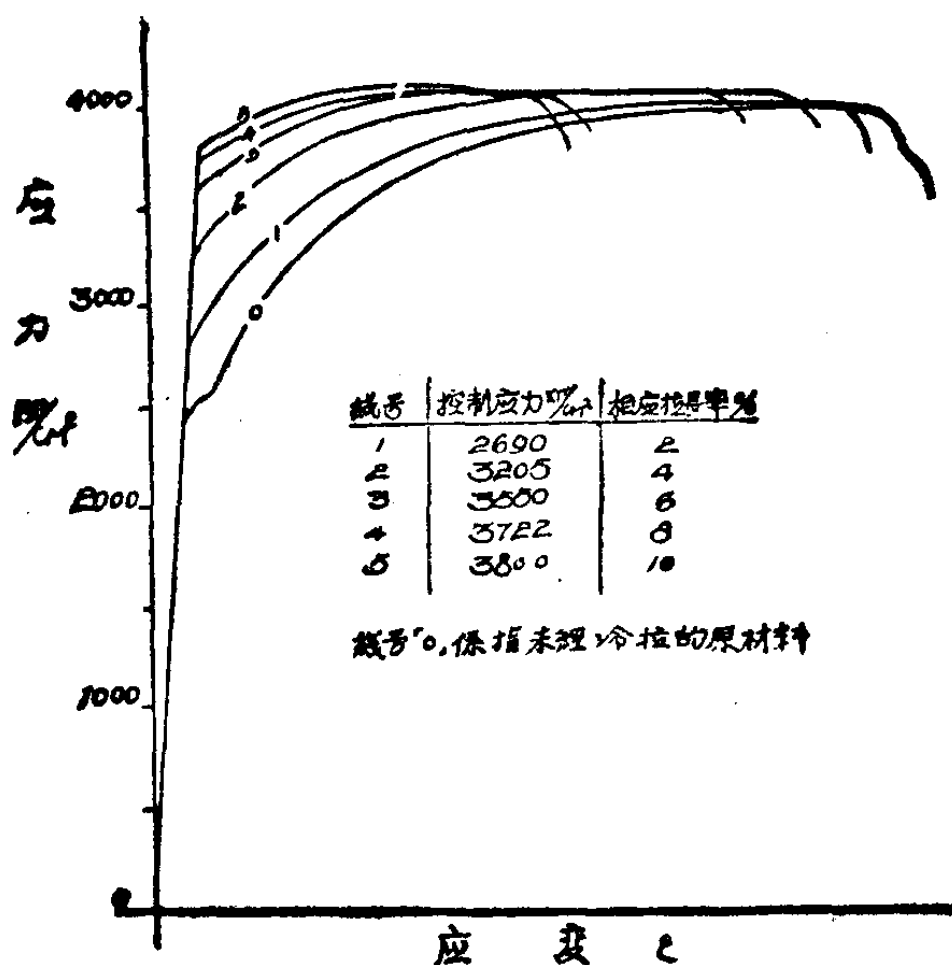
圖 7

σ_m 的時效曲線 (編號 II) σ_p 的時效曲線

直徑9公厘鋼筋(編號Ⅴ)在各種不同控制應力下的 σ_m , σ_p 與 δ 數值表 表3

控制應力 公斤/平方公分	相應拉 長率%	σ_m 公斤/平方公分		σ_p 公斤/平方公分		$\delta(l_0=11.3\sqrt{F})\%$	
		20分鐘後	100°C 2小時後	20分鐘後	100°C 2小時後	20分鐘後	100°C 2小時後
		2490*		3987*		33.1*	
2690	2	2690	3204	4047	4157	31.5	25.7
3205	4	3205	3810	4013	4286	27.6	20.8
3550	6	3550	4033	4023	4307	26.3	19.2
3722	8	3722	4250	4050	4410	24.9	16.5
3800	10	3800	4373	4048	4433	21.8	13.1

* 係指未經冷拉的原材料。



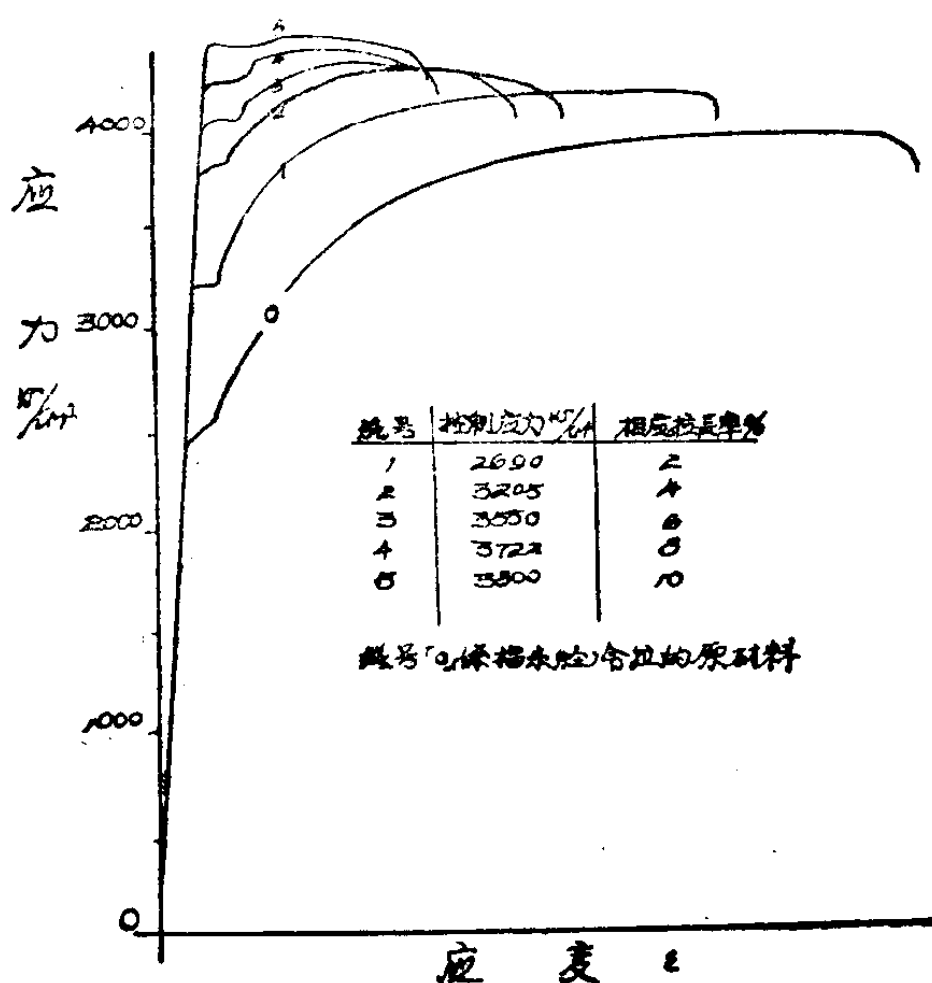
直徑9公厘鋼筋(編號Ⅴ)受各種不同控制應力後的應力應變圖(經冷拉後隔20分鐘所做試驗的結果)

圖 8

表(4)为太原及鞍鋼生產的“5”号螺紋鋼筋冷拉試驗結果(直徑 12 公厘以上鋼筋因缺乏大馬力捲揚机及其它的滑輪夾具等設備,乃改用油压千斤頂冷拉)。

“5”号螺紋鋼筋經不同冷拉拉長率后的 σ_m, σ_p 与 δ 數值表 表 4

直 徑 公厘	拉長率 %	流 限 公斤/平方公分	極 限 公斤/平方公分	延 伸 率(δ_{10}) %
12	0	2480	4890	27.90
"	3	4290	5010	20.50
"	4	4660	5070	18.00
"	5.5	4930	5170	18.10
"	7	5060	5200	15.20
"	11	5310	5310	—
"	13	5200	5220	—
14	0	2600	5090	25.20
"	3	4480	5320	19.50
"	4	4880	5390	16.80
"	5.5	5180	5450	15.90
"	7	5220	5450	14.80
"	11	5510	5520	—
"	13	5570	5580	—
16	0	3250	5070	27.00
"	3	4280	5190	20.50
"	4	4650	5230	19.30
"	5.5	4930	5290	17.70
"	7	5140	5320	15.20
"	11	5530	5550	—
"	13	5580	5590	—
18	0	3480	5240	27.10
"	4	4620	5240	20.00
"	5.5	4970	5320	17.90
"	7	5170	5360	15.30
32	0	3100	5150	26.20
"	4	4590	5170	17.80
"	5.5	4910	5200	16.50
"	7	5100	5240	15.00



直徑9公厘鋼筋(編號Ⅶ)受各種不同控制应力后的应力应变圖
(經冷拉並在 100°C 溫度下2小時后所做試驗的結果)

圖 9

圖10系根據表3內各種拉長率鋼筋的 σ_m 、 σ_p 及 δ 數值而繪出的比較曲線。由圖10看出直徑9公厘鋼筋(編號Ⅶ)控制应力变化範圍自2690~3800公斤/平方公分,經时效影响后,流限自3205公斤/平方公分增加到4373公斤/平方公分;極限强度自4157公斤/平方公分增加到4433公斤/平方公分,但拉断时的延伸率則自25.7%降低为13.1%,当控制应力为3205公斤/平方公分(相應的拉長率为4%),其流限为3810公斤/平方公分,拉断延伸率 δ_{10} 为20.8%。因之設計应力为3500公斤/平方公分时,控制应力定为3200公斤/平方公分已經足够。