

120327



钢筋混凝土结构

论文集

Г. Н. 别尔吉切夫斯基等著



7
3/6214

建築工程出版社

鋼筋混凝土結構論文集

陳長熊 杜拱辰 譯

建筑工程出版社出版

• 1957 •

原本說明

書 名 ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

著 者 Г. И. Бердичевский и др.

出版者 Государственное издательство литературы
по строительству и архитектуре

出版地点
及 年 份 Москва—1952

鋼筋混凝土結構論文集

陳長熊 杜拱辰 譯

*

建筑工程出版社出版 (北京市阜成門外西便士路)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第02号)

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書号102 字數84千字 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張4 $\frac{1}{8}$

1957年5月第1版 1957年5月第1次印刷

印數 1—4,600册 定價 (10) 0.90元

目 录

一、用冷压规律变形钢筋的预应力和普通钢筋 混凝土梁…… Г.И. 别尔吉切夫斯基……………	5
二、钢筋与混凝土的粘着…… К.В. 米哈依洛夫……………	57
三、关于在受压构件中采用冷压规律变形钢筋的 问题…… В.А. 柯丕朱可夫……………	112

譯者的話

这里的三篇論文，是苏联学者在 1949~1950 年間所进行的有关冷压規律变形鋼筋应用在普通鋼筋混凝土結構和予应力鋼筋混凝土結構中的研究工作的报告。我国目前正在学习和推广冷压規律变形鋼筋和予应力鋼筋混凝土結構。这些論文对我们是很有帮助的，特譯出供关心这一問題的同志們参考。譯文不妥之处，請讀者不吝指正为感。

1956.5.

用冷压規律變形鋼筋的予应力和

普通鋼筋混凝土梁

Г. И. 別爾吉切夫斯基

一、前 言

在1947~1948年間曾对冷压規律变形鋼筋的物理力学性能进行了研究,并应用这种鋼筋作了鋼筋混凝土梁(梁的数目不多)的試驗。这种鋼筋是由圓鋼筋在两个互相垂直的方向上加以压扁而成,其性能如下:

1. 由于冷作硬化的結果,压扁度为原直徑 25% 的 Ст.0号或 Ст.3 号鋼的鋼筋的强度极限,由 3,800 增高到 4,500~5,000 公斤/平方公分(按压扁前鋼筋原截面計算)。鋼的流限亦随之剧烈升高到强度极限值的 0.90~0.96。冷压鋼筋实际上沒有明确的流限。

2. 鋼筋表面上的凸节使鋼筋与混凝土之間产生强大的粘着力,此种粘着力主要是由于鋼筋被楔住而形成的。

因此,由于冷压使鋼筋产生了完全能够互相补充的新的宝贵的性能:除了提高强度极限以及其相应的計算流限值外,还由于粘着力增大而有可能使鋼筋的此种性能在鋼筋混凝土內得到充分利用。在鋼筋混凝土中,采用这种鋼筋,也就为大量节约鋼材創造了先决条件(与圓鋼筋相比)。此外,由于上述的强度和粘着力增高的特性,决定了在予应力結構中采用冷压鋼筋的合理性,因而也就有可能得到重量輕而剛度大的承重構件。

至1948年底,試驗室仅掌握少量的这种鋼筋,因为当时冷压鋼筋机床还没有制造出来,而試驗用的試件是用手工压制的。由于缺乏大直徑的冷压鋼筋,只能制造少数跨度在 3.5 公尺以內的梁

(每根梁配有兩根直徑為16公厘的鋼筋)來作抗彎試驗。

這些初步的試驗已經使我們能夠着手進一步確定鋼筋的合理斷面、壓扁度和壓扁間距,以及其它為轉變到用工業化方法製造冷壓鋼筋所必需的資料。

試驗也表明了鋼筋的新斷面在直到梁破壞為止的各個工作階段內均保持與混凝土有足夠的粘着力。但是由於試驗梁的次數不多,對於這種鋼筋在混凝土中能否採用高的計算應力的問題,尚不能十分肯定。

如所周知,在現行標準和技術規範 ННТУЗ—49中,冷壓鋼筋的計算流限值都規定為 3,500 公斤/平方公分(按冷壓前的原始截面計),而與斷面的形狀無關。但在祖國建設的實踐中,對採用這種鋼筋的經驗到最近為止還是十分有限。因而有必要對新鋼筋的性能進行詳細的研究,並最後決定其計算方面的各項數據。

在1948年底裝置了和試用了一台 А.И.阿瓦柯夫設計的實驗機床(А—48型),製造了第一批原始直徑為 16 和 19 公厘的冷壓變形鋼筋^①。

隨後各部門都大量製造了這種機床,這才為現場廣泛採用直徑為 32 公厘以下的冷壓鋼筋創造了現實條件。因而對配有冷壓規律變形鋼筋梁的一系列具體設計問題,必須加以解決。

前面曾經談過在予應力鋼筋混凝土中採用冷壓鋼筋的合理性。尤其是這種鋼筋的主要性能——强度高,無流幅以及與混凝土粘着力大——可以確定只有在予應力鋼筋混凝土構件中才能得到充分利用。

以規律變形鋼筋作為予應力梁的應力筋的可能性,遠在 10 年之前 В.В.米哈依洛夫教授就曾提出過^②。

В.В.米哈依洛夫教授所試驗的梁,系採用直徑為 8 公厘以下的鋼筋,鋼筋表面分布有用車床鏤出的中距為 16 公分的環狀凸節。

① 關於機床的製造、冷壓鋼筋的物理力學性質以及第一次研究鋼筋性質的詳細資料,載於 А.И.阿瓦柯夫著“鋼筋混凝土用的冷壓規律變形鋼筋”1949年版書內。

② “離心應力配筋混凝土的理論和實踐”建築出版社1939年版。

这种鋼筋是用合金鋼制成的，具有拉应力达 3,500 公斤/平方公分。

当时因为缺乏适合于上述形式的鋼筋，所以其試驗結果未能在實踐中应用。由于冷压鋼筋的出現就可以在完全現實基础上重新提出。在予应力鋼筋混凝土內采用粗直徑(10~25公厘)具有自錨能力的鋼筋作为应力鋼筋的問題。

在1947~1948年，我們用直徑为 10 公厘的冷压鋼筋配筋的予应力樁^①(長 200 公分，截面 16×16 公分)。所进行的試驗表明，当予应力值为 4,000~4,200 公斤/平方公分时，在全部試件中这种鋼筋与混凝土仍保持有可靠的粘着力。在樁受弯和冲击荷載下的各个試驗阶段內，予应力鋼筋与混凝土均保持着良好的粘着力。

受弯試件一般由于鋼筋拉断而破坏。破坏后，在樁的兩端部分，試驗时所产生的裂縫都閉合了，这就証明了所施的予应力依然存在。

但是上述試驗結果是有局限性的，因为每一根应力鋼筋的截面面积都是比較小的(0.7~0.8平方公分)。

如果采用每根截面面积为 2~4 平方公分的粗鋼筋作为沿全长能自行錨着的張拉筋，而予应力值为 4,000~4,200 公斤/平方公分，則尚应解决一系列的問題，其中包括：1)直徑为 16~25 公厘时，冷压鋼筋的錨着能力；2)混凝土保护层最小厚度及其与張拉筋直徑的关系；3)超越梁支座以外的鋼筋的錨固程度；4)放松鋼筋时梁端部混凝土破碎的可能性；5)放松鋼筋时，保持粗直徑規律变形鋼筋錨着能力的混凝土最低强度。

試驗工作的內容是根据以冷压鋼筋作普通和予应力鋼筋混凝土梁所必須解决的一些問題而决定的。試驗結果叙述于本論文內。

① 這些試驗結果，部分載于前述A.И.阿瓦柯夫所著的書內，以及載于Г.И.別爾吉切夫斯基與B.Φ.戈留諾夫合著的“予应力鋼筋混凝土樁”一書中。國立建筑書籍出版社 1951 年版。

二、試 驗

總 論

試驗选定用12根普通的和12根予应力的钢筋混凝土梁。

混凝土标号采用250公斤/平方公分,所有試件长度均为310公分(工作淨跨度为290公分),梁用矩形和梯形截面制造,并配置一根或兩根不帶弯鈎的冷压規律变形的直鋼筋。

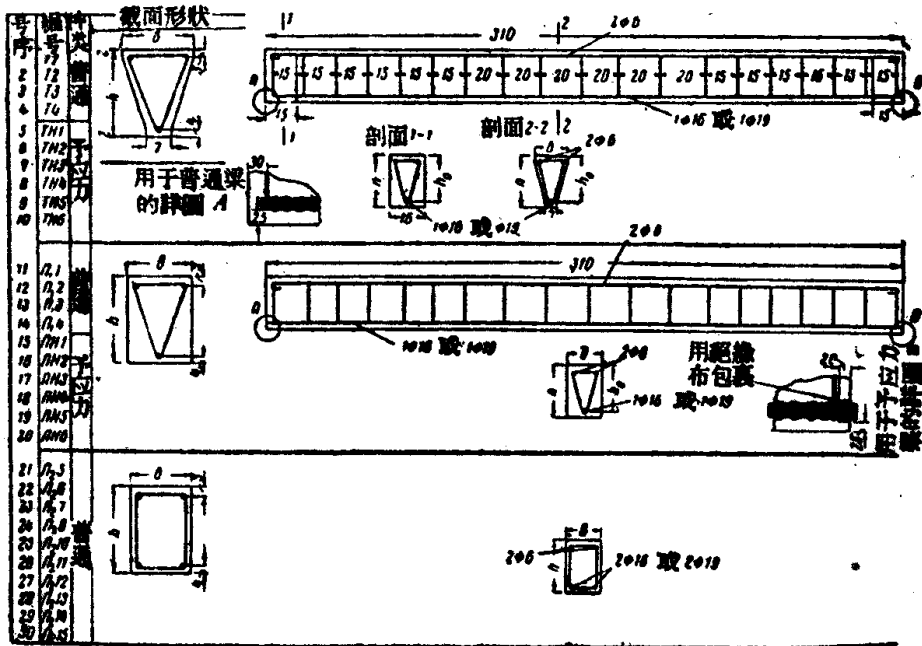


圖 1 矩形和梯形截面梁試件的梁構造

在梁的制造和試驗过程中,发现由于試驗过程太長以及其他原因,到試驗日期混凝土强度远超出工作計劃原定数字(250公斤/平方公分)而达到320~380公斤/平方公分。为此又决定补做六根同样尺寸的矩形截面梁,梁用兩根直徑为 16公厘或19公厘的鋼筋配筋,混凝土用較低的标号140公斤/平方公分。

所有梁內均放置由兩根直徑为 6 公厘的圓鋼筋所構成的架設筋。橫向鋼筋系由直徑为 6 公厘的鋼箍構成,其間 距在梁边的三

分之一內为15公分,而在中部的三分之一內为20公分。

梁試件的構造图示于图1;表1、2及3所列关于实际量出的梁的尺寸、材料的物理力学指标以及配筋百分率等数据。

第一批——普通鋼筋混凝土梁——包括按截面形狀和所用鋼筋而区分的六对孪梁(表1)

表1

試件編號	截面形狀	截面尺寸 (公分)				混凝土立方體強度 (公斤/平方公分)	受拉區內的鋼筋				配筋率 $\mu = \frac{F_a}{bh_0} 100$
		b	h	h ₀	a		鋼筋直徑和根數	截面的實際面積 F ₀	強度極限公斤/平方公分		
									按實際截面	按原始截面	
Π ₁₁	矩 形	18	25.0	21.2	3.8	352	1Ø16	1.94	5,560	5,200	0.50
Π ₁₂		17	25.4	21.1	4.3	350	1Ø16	1.94	5,450	5,080	0.54
Π ₁₃		18.5	25.2	21.7	4.5	343	1Ø19	2.60	5,520	5,070	0.68
Π ₁₄		21	25.7	21.7	4.0	360	1Ø19	2.60	5,480	5,050	0.57
Π ₁₅		17.8	25.2	21.3	3.9	320	2Ø16	3.75	5,320	5,000	0.98
Π ₁₆		18	25.0	21.0	4.0	320	2Ø16	3.70	4,600	4,300	0.97
Π ₁₇		17	25.5	21.5	4.0	320	2Ø19	5.22	5,540	5,100	1.43
Π ₁₈		18	25.0	21.0	4.0	350	2Ø19	5.20	5,460	5,000	1.38
T ₁	梯 形	17.8	24.3	20.6	3.7	390	1Ø16	1.88	4,500	4,200	0.51
T ₂		17.2	23.5	19.5	4.0	410	1Ø16	1.87	4,500	4,160	0.56
T ₃		18.2	24.0	21.0	3.0	400	1Ø19	2.58	5,600	5,100	0.68
T ₄		19.0	25.0	21.0	4.0	400	1Ø19	2.57	5,600	5,060	0.64

附注: 1. 鋼筋實際截面面積按其拉斷試驗前鋼筋試件的重量來決定。

2. 原始截面的强度極限系用試驗鋼筋時實際拉斷力量除以截面面積而得, 此項面積對於直徑為16公厘的鋼筋, 等于2.0平方公分, 對於直徑為19公厘的鋼筋, 等于2.84平方公分。

3. 表內列出 梯形截面 梁在頂部 量出的實際寬度。所有這些梁的底 部寬度均為7.0公分。

第二批——予应力梁——包括四組每組內有三对孪梁(表2)。

如前所述, 第一批和第二批梁的一部分有梯形橫截面, 并且为了便于攔支起見其端部在15公分長的一段上有矩形截面。研究这种形式的梁的目的, 是为了尽可能地减少梁的重量和受拉區內鋼筋的根数(在本情况中其数量减少到一根), 以及为了查明混凝土受拉区面积的縮小对梁的剛度和强度的影响。第三批——普通梁——包括按照受力筋鋼量而区分的兩組每組有三对孪梁(表3)。

表 2

試件編號	截面形狀	截面尺寸 (公分)				混凝土立方體強度 (公斤/平方公分)	受拉區內的鋼筋				配筋率 $\mu = \frac{F_a}{bh_0} \cdot 100$
		b	h	h_0	a		鋼筋直徑和根數	截面的實際面積 F_0 (平方公分)	強度極限 公斤/平方公分 按實際截面 按原始截面		
PH1	矩 形	17.8	25.3	21.0	4.3	365	1216	1.88	5,250	4,865	0.50
PH2		17.3	25.3	20.5	4.8	365	1216	1.92	5,250	5,020	0.54
PH3		17.5	25.2	21.2	4.0	365	1216	1.88	5,100	4,800	0.51
PH4	形	18.2	25.3	20.6	4.7	380	1219	2.55	5,580	5,000	0.68
PH5		17.0	25.5	21.0	4.5	400	1219	2.35	4,700	4,250	0.66
PH6		16.7	25.3	20.7	4.6	400	1219	2.58	5,600	5,000	0.75
TH1	梯 形	18.0	24.0	20.7	3.3	340	1216	1.89	4,250	4,130	0.51
TH2		18.0	24.7	21.2	3.3	325	1216	1.88	4,400	4,150	0.49
TH3		18.0	24.5	21.2	3.3	365	1216	1.87	4,500	4,200	0.49
TH4	形	17.8	24.3	21.6	2.7	370	1219	2.55	5,700	5,100	0.66
TH5		18.8	24.7	20.4	4.3	350	1219	2.63	5,400	5,000	0.68
TH6		18.0	24.5	20.2	4.3	395	1219	2.58	5,750	5,150	0.71

表 3

試件編號	截面形狀	截面尺寸 (公分)				混凝土立方體強度 (公斤/平方公分)	受拉區內鋼筋				配筋率 $\mu = \frac{F_a}{bh_0} \cdot 100$
		b	h	h ₀	a		鋼筋直徑和根數	截面的實際面積 F ₀	強度極限公斤/平方公分		
									按實際截面	按原始截面	
Π ₂ 10	矩	17.7	25.5	22.0	3.5	196	2∅16	3.80	5,180	4,950	0.98
Π ₂ 11		17.0	25.3	21.5	3.8	196	2∅16	3.79	4,560	4,300	1.09
Π ₂ 12		16.2	25.0	21.5	3.5	216	2∅16	3.80	4,800	4,550	1.09
Π ₂ 13	形	17.0	25.5	21.5	4.0	196	2∅19	5.01	5,200	4,800	1.37
Π ₂ 14		17.0	25.5	20.5	5.0	209	2∅19	4.73	4,800	4,400	1.36
Π ₂ 15		17.5	25.2	21.0	4.2	192	2∅19	5.14	5,550	5,000	1.40

材 料

配制混凝土的材料,采用“星期日工廠”出品的 400 号矽酸鹽水泥,中等粒徑的河砂及 2~4 公分粒徑的礫石。

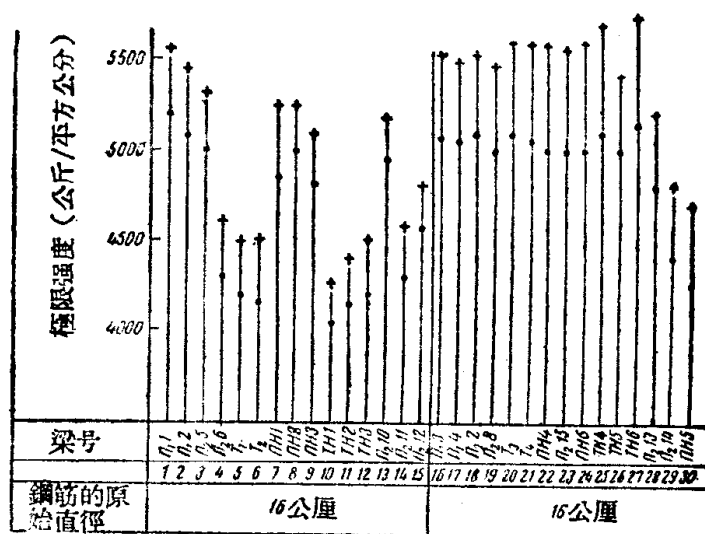
第一批和第二批梁的混凝土配合比为 1:2.25:3.8, 水灰比 $B/\mu=0.5$, 水泥用量为 290 公斤/立方公尺;第三批梁的混凝土配合比为 1:3.4:6, $B/\mu=0.8$, 水泥用量为 190 公斤/立方公尺。

在鈹光的木模中澆灌梁的混凝土。在模板上安置平板震動器，以搗實混凝土。

考慮到在予應力梁放鬆鋼筋時必需確定混凝土的強度，因而第二批梁的控制試塊數目比第一批梁的應相應地增加一倍。試塊制成尺寸為 $20 \times 20 \times 20$ 公分和 $10 \times 10 \times 10$ 公分兩種。

以在阿瓦科夫機床上軋制的直徑為16和19公厘的CT.3號鋼的鋼條作為鋼筋。其壓扁度于軋制時取等於25%。

為了確定鋼筋的物理力學特征，在梁試驗完畢後，在梁的兩端和中部各截取長300公厘的鋼筋作為試件。這樣，每根鋼筋試驗了不少於三個部位的強度，就保證了平均結果的可靠性。試件的橫截面面積，系于抗拉試驗前用秤重量和量尺寸的方法來決定的。



圖例 + 按鋼筋實際截面面積算出的極限強度的平均值
 • 按鋼筋原始截面面積算出的極限強度的平均值

圖2 試驗梁內冷壓鋼筋的極限強度平均值

冷壓鋼筋的強度極限，對原始截面面積（即冷壓前的鋼筋截面面積）而言，應不小於4,500公斤/立方公分^①。

① “在鋼筋混凝土結構內採用規律變形鋼筋的暫行指示”建築機械出版社1950年版。

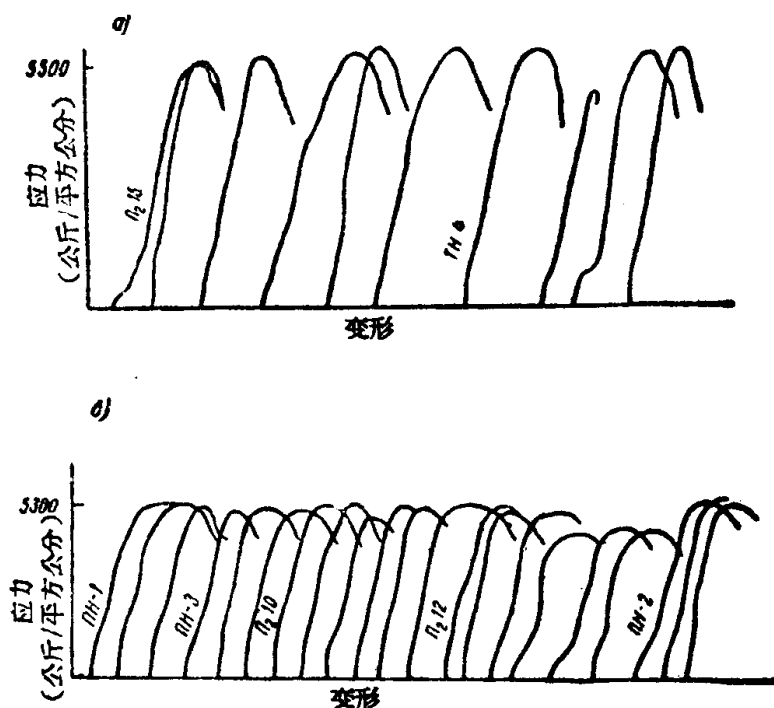


圖 3 梁內鋼筋的变形曲綫

- a) H₂₁₅ 和 TH₄ 梁的鋼筋; d = 19 公厘
 б) H₂₁, H₂₃, H₂₁₀, H₂₁₂ 梁的鋼筋; d = 16 公厘

从表 1、2、3 以及图 2 中可看出,并不是所有梁內的鋼筋都具有上述强度。直徑为 16 公厘的鋼筋具有某些不均匀的强度。在配置这种鋼筋的梁內,鋼筋强度极限变动在 4,130~5,200 公斤/平方公分之間,而且在 15 根梁中有 6 根低于 4,500 公斤/平方公分。直徑为 19 公厘的鋼筋具有較均匀的相当足够的强度。

鋼筋的变形曲綫(图 3)表明流限(并且无明确的水平流幅)只在拉断前不久方才出現。流限約为强度极限值的 0.90~0.96。因此,几乎一直到拉断为止,鋼筋的变形过程都是彈性的。

直徑为 16 公厘的鋼筋所显出的强度的某些不均匀性,可被解釋为由于冷压过程中原有的缺陷和鋼筋冷作硬化不足所致。这些原因是由于第一台实验机床軋滾的間距难以調整所引起的。用来制造梁的这批鋼筋是第一次試車的产品,而当时对鋼筋的冷压

技术尚未充分掌握。

建筑科学研究所(Нии по строительству)以后对冷压规律变形钢筋轧制的經驗以及很多次的試驗結果,都証明Ст.0с号或Ст.3号鋼所軋制的任何直徑鋼筋的强度极限值,是十分稳定的。这就有根据来規定廢品的最低强度极限值为4,500公斤/平方公分。

梁的制品

不仅普通的而且予应力梁的鋼筋骨架都是预先帮紮好的。混凝土硬化的平均温度为 $12\sim 15^{\circ}\text{C}$ (未加潤湿)。

在台座上进行受力鋼筋的張拉,并且同时張拉兩根梁的鋼筋。为了这个目的,两个骨架中的受力鋼筋用双夾板预先焊接在一起。

图4为怎样进行鋼筋張拉的示意图。当在台座上張拉縱向骨架(長7公尺)时,各捆紮点被搞乱,而重新整理时花費了很多時間。所以采用予制螺旋鋼箍作为橫向筋和就地直接捆紮到張拉鋼筋上去的方式,是更为合理的。

从头部夾具的一边进行張拉。夾具的構造只考虑放置單根鋼条的予应力梁。

在骨架初步拉紧后,固定好鋼箍和安置好模板,然后用帶剪力釘的測力扳手和螺帽最后来进行鋼筋的張拉。

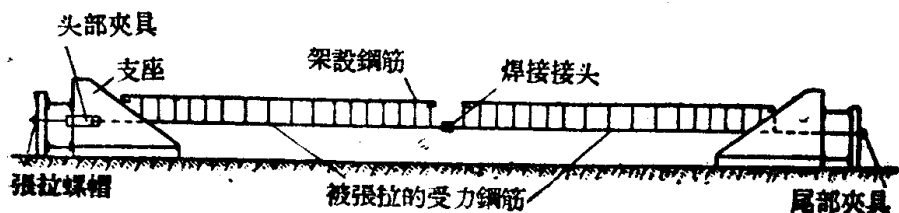


圖4 張拉台座示意图

直徑为16公厘的鋼筋的張拉应力值为8,100公斤,直徑为19公厘的为9,600公斤;其相应的安裝予应力值:16公厘的約为4,200公斤/平方公分,19公厘的約为3,700~3,900公斤/平方公分。

拉紧后,安置模板兩端的腹板。这些端部腹板上都設有穿过鋼

筋的孔眼。在澆灌混凝土之前，再重复进行一次鋼条的控制張拉。

鋼筋的放松和予应力的分布

梁于10天龄期时放松鋼筋，此时混凝土的强度 已达到不低于設計强度的70%。在放松鋼筋之前，梁脫去模板，并沿梁的頂面和底面的縱軸綫，在一条直綫上安設一伸長計，如图 5 所示。

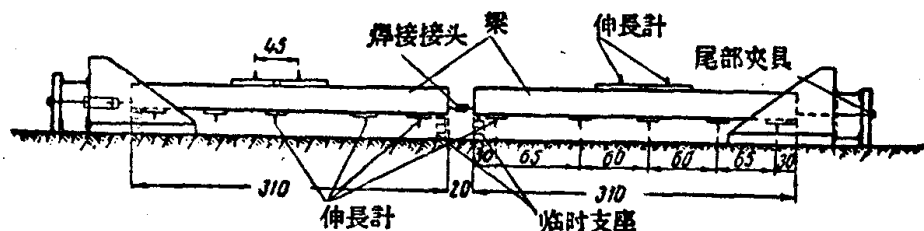


圖 5 放松应力鋼筋时仪表的配置示意图

用扳手分几次擰松牽紧的螺帽，使鋼筋端部从夾具中松出。每次擰松时記錄伸長計中的数值。沿梁頂面安設的伸長計的标距为500公厘，在底面安設的为200公厘。

放松鋼筋时在混凝土中所产生的边缘应力值，可利用 放松鋼筋时量出的混凝土变形值，根据下列公式求得：

$$\sigma_{\sigma.c} = \epsilon_c E_{\sigma}; \quad \sigma_{\sigma.p} = \epsilon_p E_{\sigma.p};$$

式中： E_{σ} 和 $E_{\sigma.p}$ ——相应于受压和受拉时混凝土的彈性模量平均值；

ϵ_c 和 ϵ_p ——得自伸長計讀数的單位变形值（相应于受压及受拉的）。

放松鋼筋时混凝土的彈性模量，是用同样的 混凝土与梁同时澆制的稜柱体作压力試驗来决定的。

稜柱体尺寸为10×10×30，每次按10公斤/平方公分加荷直到应力达80~90公斤/平方公分。縱向变形用裝置在稜柱体四周的标距为100公厘的伸長計来量取。这些伸長計同时被用作校正稜柱体的位置，使放置于压力板的中心。

这样所得的彈性模量平均值列于表4中。

混凝土內所产生的予应力計算值,按下列近似公式求出,

$$\sigma_0 = \frac{\mu \sigma_{a.m}}{1 + n\mu} \left(1 \pm \frac{e_0}{h_{\text{я.п}}} \right). \quad (1)$$

$$\mu = F'_a / F'_0.$$

式中: F'_a ——張拉鋼筋截面面积;

F'_0 ——混凝土截面面积;

$\sigma_{a.m}$ ——鋼筋的安裝予应力值;

e_0 ——自張拉鋼筋重心到梁折算截面重心的距离。

$h_{\text{я.п}}$ ——折算截面的核心距。

由公式(1)可知,求予应力計算值时,不考虑由于收縮和徐变所引起的損失,其根据如下:

1. 在台座上硬化的梁的截面內,混凝土收縮时所产生的弯矩符号与放松鋼筋时所产生的相反。在放松鋼筋时由于收縮所产生的应力自零点开始降落,然后只增加由混凝土受压而产生的应力。因此放松鋼筋时,伸長計上刻度所記載的混凝土变形值,已包括由收縮所产生的相反变形在內。所以在这个情况下,当比較量

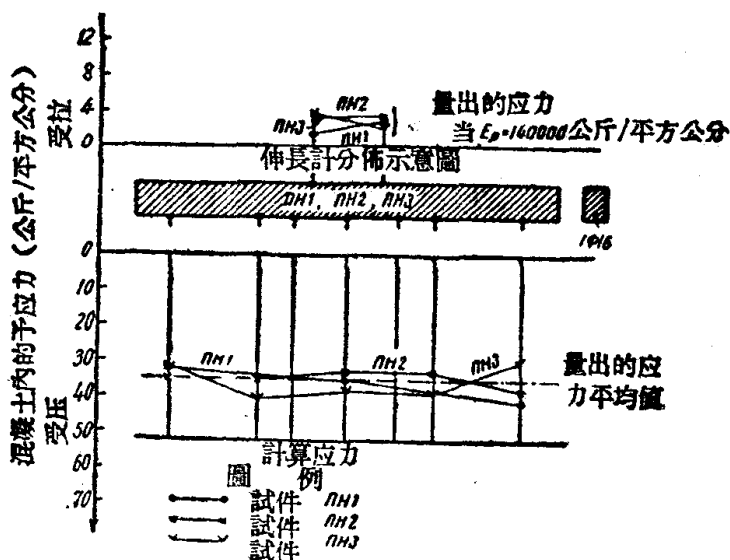


圖 6 具有一根直徑为16公厘的鋼筋的矩形梁在放松鋼筋时混凝土內应力分布的图表

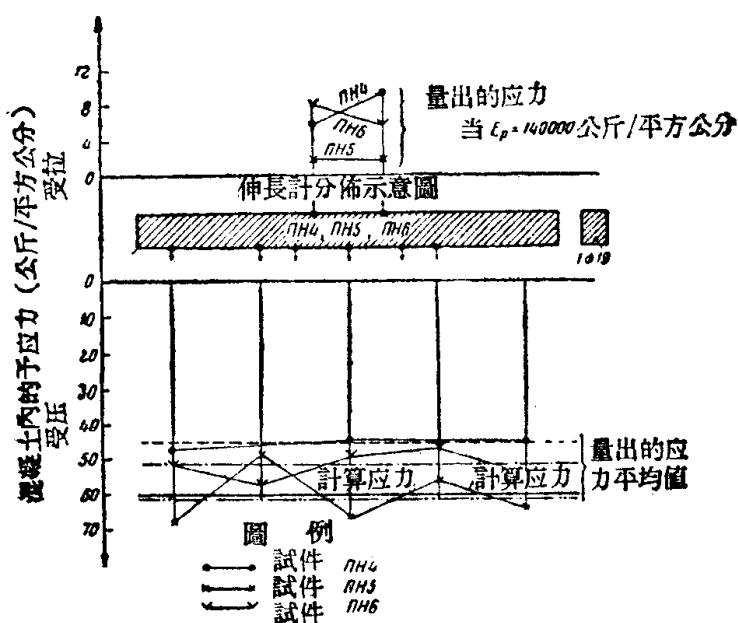


圖 7 具有一根直徑為19公厘的鋼筋的矩形梁在
放鬆鋼筋時混凝土內应力分布的图表

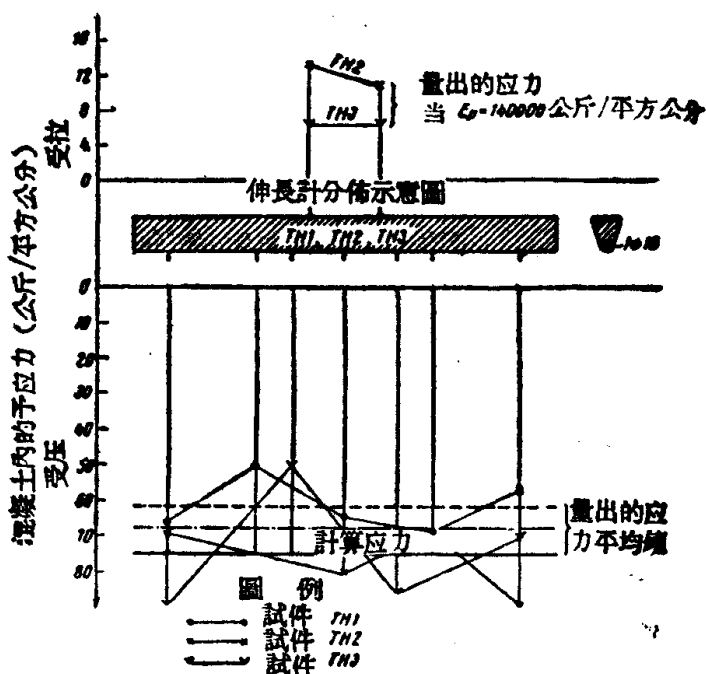


圖 8 具有一根直徑為16公厘的鋼筋的梯形梁在
放鬆鋼筋時混凝土內应力分布的图表