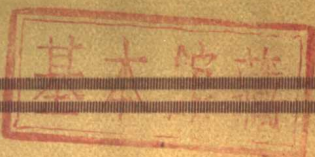


55



202841

預应力鋼筋混凝土構件的計算

〔苏联〕K. K. 雅柯布遜等著



7
2044

科技卫生出版社

新西伯利亞鐵道運輸工程學院學報

第 十 卷

預 應 力 鋼 筋 混 凝 土 構 件 的 計 算

[蘇聯] K. K. 雅柯布遜等

陳 偉 宗 譯

科 技 衛 生 出 版 社

內 容 提 要

本書敘述了基本的理論問題、構件(主要是鐵路預应力鋼筋混凝土橋的橋孔結構構件)計算方法及橋孔結構的構造原理,同时还介紹了已造成的結構及蘇聯設計機關預制的設計的分析。

本書可供鐵路橋梁設計及建造有關的科學工作者和設計工程師作參考之用。

本書由陳偉宗譯出,其中的第一章、第二章以及第五章的例一、例二和例三經陳超同志校閱。

預应力鋼筋混凝土構件的計算

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО-НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

原 著 者 [蘇聯] К. К. Якобсон 等

原出版者 Государственное транспортное
железнодорожное издательство
Москва 1954

譯 者 陳 偉 宗

*

科技衛生出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可証出 093 號

大眾文化印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·874

開本 787×1092 1/27·印張 9 1/9·插頁 1·字數 188,000

1958 年 9 月第 1 版

1958 年 9 月第 1 次印刷 印數 1—4,000

定價: (10)1.30 元

序 言

苏联第十九次党代表大会的指示，规定在苏联的巨大建筑规模中要求更广泛的采用预应力钢筋混凝土，它能保证：以制造工业化的方式来生产高品质的结构，并在最少耗费劳动力及快速施工的情况下使结构物的建造机械化。

苏联从1931年起，在预应力钢筋混凝土理论及实践方面进行了很多的工作，这样就使预应力钢筋混凝土从各别的试验性建筑工程转变为广泛用于工业与民用建筑及桥梁工程中。

必须指出：这方面的理论研究，以及苏联学者与工程师所拟制的结构型式及其制造方法等，比外国实践中较好者还要优越得多。苏联学者的成就使得：在工业化制造的装配式钢筋混凝土结构中，能广泛采用预应力钢筋混凝土，大大地减少建筑工地中工作的繁重程度并抽出大量劳动力。

斯大林奖金获得者，教授 В. В. 米哈依洛夫 (Михайлов) 和 А. А. 葛涅兹杰夫 (Гвоздев)，教授 П. Л. 巴士杰尔那克 (Пастернак)、С. Е. 符拉依费尔特 (Фрайфельд)、Я. В. 斯托里雅洛夫 (Столяров)、И. Е. 斯克里雅宾 (Скрябин)，斯大林奖金获得者、技术科学副博士 А. П. 柯罗夫金 (Коровкин)、Е. А. 特罗依茨基 (Троицкий) 和 Н. Н. 波格坦诺夫 (Богданов) 等等，在拟制预应力钢筋混凝土结构的设计理论及实践方面均作过巨大的贡献。

预应力钢筋混凝土在建筑工程和桥梁工程中的广泛应用，要求把它的现代计算理论介绍给实际工作者——工程师与技术員。

此一形势鼓舞了本书的作者，编写一本有系统叙述预应力钢

筋混凝土構件基本計算原理的參考書。

在編寫本書時，採用蘇聯重工業企業建造部 (Минтяжстрой) 1951 年版“預应力鋼筋混凝土結構設計規程”(И-148-50) 及該規程 1953 年新版 (И-148-52) 作為基礎。此外，還利用了全蘇鐵道建築及設計科學研究院 (ЦНИС МПС)、交通部橋梁工程總局 (Главмостострой МПС) 的中央結構設計處 (ЦПКиБ) 和建築機關在最近工作中的主要資料。

鐵路橋孔結構的構造和計算示例取自交通部橋梁工程總局的列寧格勒鐵路運輸橋梁設計處 (Лентрансмостпроект) 和中央結構設計處的資料。

中央結構設計處型的鐵路橋孔結構的新式廠制工藝，按照斯大林獎金獲得者波格坦諾夫的資料編寫而成。

本書由新西伯利亞鐵道運輸工程學院橋梁教研組人員：教授雅柯布遜、副教授克拉斯諾夫和工程師亞力山大洛夫編寫，可供設計(主要是橋梁的橋孔結構設計)時的參考。

新西伯利亞鐵道運輸工程學院院長

Г. П. 克拉夫佐夫(Кравцов)

目 录

序言.....	1
第一章 预应力钢筋混凝土的一般概念.....	1
§1. 预应力钢筋混凝土構想的基本情况	1
§2. 预应力钢筋混凝土構件的基本应用場合和制造方法	2
§3. 采用的材料	4
第二章 预应力钢筋混凝土構件的計算.....	12
§1. 基本構件計算的一般介紹	12
§2. 非对称配筋的非对称構件的計算	22
§3. 对称配筋的对称構件的計算	87
§4. 求混凝土徐变与收縮所引起的预应力损失的实用方法 (簡化方法)	94
第三章 预应力钢筋混凝土桥桥孔結構構件的基本構造法則	106
§1. 一般指示	106
§2. 鋼筋及其錨头	107
§3. 鋼筋的接头和块件的联結	116
§4. 橫向鋼筋	117
第四章 关于苏联拟制的鉄路桥预应力钢筋混凝土桥孔結構構 造的一般介紹.....	119
§1. 在混凝土澆筑及結硬之前張拉鋼筋制造成的結構	119
§2. 在混凝土澆筑及結硬之后張拉鋼筋制造成的結構	137
§3. 关于在鉄路桥桥孔結構中采用有预应力構件的鋼筋混凝土桁架 的建議	150

第五章 計算示例.....	161
例一.....	161
例二.....	172
例三.....	185
例四.....	206
参考文献.....	239

第 一 章

預应力鋼筋混凝土的一般概念

§ 1. 預应力鋼筋混凝土構想的基本情况

預应力鋼筋混凝土的特征是：在使用荷載加上前，人为地在混凝土中产生內在的应力状态——混凝土有相当大的压应力，而鋼筋則是受拉的。这种內在的应力状态在整个使用期限内基本上保持着。

当使用荷載作用时，混凝土中預先产生的內在应力状态会起变化。使用荷載作用引起的应力与原已产生的內在应力相加，因而混凝土的預压力就被减小。但是，在这种情况下，混凝土还可能仅受压应力作用。

这样，在預应力鋼筋混凝土結構中，混凝土可以完全沒有受拉的部分，因此能使这样的結構具有高度抗裂性。

由于这种情况，便能有效地利用高强度鋼做預应力鋼筋混凝土的鋼筋；大家知道，在普通鋼筋混凝土中是不可用高强度鋼的，因为会加剧形成过大的裂縫。采用高强度鋼能使鋼料大为节省。

在預应力鋼筋混凝土中，高标号的混凝土能合理地利用，因此結構的体积可减小，而結構的重量也能減輕。

当采用預应力鋼筋混凝土时，由于混凝土受到預压作用，主拉应力被减小，而在某些情況下，往往还能消除主拉应力，故可以將肋做成极小的厚度。这也可保証在結構的体积和重量方面节省。

預应力鋼筋混凝土由于混凝土有压应力而不会发生裂縫，因此比普通鋼筋混凝土具有較大的剛性。

預应力鋼筋混凝土結構的建築高度可以定得比普通鋼筋混凝土者小。大家知道，这一点在很多場合对桥梁的桥孔結構來說是极重要的。

采用預应力鋼筋混凝土能够在工厂中工业化地制造桥孔結構，以后再在工地上进行架設和拼裝。这样就可使建造的繁重程度減小，保証施工速度快和結構的質量高。

上列預应力鋼筋混凝土的优点决定了它比普通鋼筋混凝土能有較長的寿命。

在預应力鋼筋混凝土中，混凝土收縮及徐变的变形有着很大的意义。

混凝土的收縮基本上是以構件長度縮短量来表示的。这种構件長度的縮短量由总是与混凝土联系着的鋼筋所阻止。由于有这样的联系，当構件長度因混凝土收縮而縮短时，鋼筋就得到压应力，而混凝土則得到拉应力。無論在混凝土中，或者在鋼筋中，預加的內在应力都会受到損失。

混凝土是受到高的应力压縮的，而由于徐变变形(也是导致長度縮短的变形)，使得在鋼筋中产生可使其預拉应力降低的压应力。由于鋼筋与混凝土联系着，故在混凝土預压应力值方面亦可觀察到下降現象。

所有这一切說明：混凝土的收縮和徐变作用会使混凝土和鋼筋的內在应力減小。因此，給結構構件所加上的預应力，即使在混凝土收縮和徐变受到損失后，必須使得它們还足以抵消使用荷載作用所引起的拉应力。

§ 2. 預应力鋼筋混凝土構件的基本应用場合和制造方法

根据以上所述，显然，对于在使用荷載下混凝土內將发生很大

拉應力的構件,採用預应力鋼筋混凝土是最為合適的。

這樣的構件有:

- 1) 中心受拉構件;
- 2) 受彎構件;
- 3) 偏心受拉構件;
- 4) 大偏心的偏心受壓(第一種偏心受壓)構件。

對於在使用荷載下為中心受壓構件或小偏心的偏心受壓(第二種偏心受壓)構件,採用預应力鋼筋混凝土可能是不合算的,因而也就不予推薦。只是在某些場合,當必須保證構件在運輸和架設過程中有高度抗裂性時,則在這類結構中亦可以使用預应力。

顯而易見,在預应力鋼筋混凝土構件的結構中,鋼筋與混凝土間應保證有一種在任何情況下都不致破壞的聯繫。這樣的聯繫可借錨住要張拉的鋼筋或者借鋼筋與混凝土間有保證的粘着力來實現。可以引用斯大林獎金獲得者米哈依洛夫教授的連續配筋結構(用端頭錨住的連續不斷纏裹式樣的鋼筋),作為一個在混凝土與鋼筋間保證了這種聯繫的結構示例。

由相應的試驗查明:如用直徑 3 公厘以下的光面鋼筋(包括直徑 16 公厘以下的螺紋鋼筋),則混凝土與鋼筋間的粘着力就能可靠地保證。應用這樣的鋼筋可以不必錨住。

如把要張拉的鋼筋錨住,則可以應用任何直徑的光面鋼筋(包括由直徑 6 公厘以下的鋼絲組成的鋼絲束)。

預应力鋼筋混凝土構件可用各種方法製造。其製造方法決定着預应力鋼筋混凝土構件的工作性質。

預应力鋼筋混凝土構件的基本型式如下:

- 1) 在鋼筋與混凝土間保證了初始粘着力的結構。在這樣的結構中,混凝土的澆筑在鋼筋張拉之後進行,而鋼筋的張拉控制則在混凝土受壓之前完成。

- 2) 在鋼筋與混凝土間沒有粘着力的結構。在這樣的結構中,

布置在構件里面或外面的鋼筋在混凝土結硬之后張拉，而鋼筋的張拉控制則在混凝土受压之后完成。

3) 按照第二種型式，而在以后恢复混凝土与鋼筋間粘着力的結構。恢复粘着力的办法是：構件澆封混凝土；用水泥砂漿压注入包着鋼筋的套管空腔內。

显然，在通常的情况下，要張拉的鋼筋与混凝土間可靠的联系，在第一类結構中是能保證的。在第二类和第三类結構中，則須沿兩端設置抵座来錨固鋼筋。

§ 3. 采用的材料

預应力鋼筋混凝土結構構件所用的混凝土，应以符合苏联国家标准(ГОСТ) 970-41 和 969-41 要求的水泥拌成。

在普通場合，采用矽酸鹽水泥。

地下建築物及处于高度潮湿情況下(当沒有高温作用，以及用蒸汽法制造鋼筋混凝土構件时)的結構則采用普查蘭水泥。

当必須在短期內保證达到混凝土的設計强度时，以及对于受到含硫酸鹽的水作用的結構，采用礬土水泥。当結構可能受到鹼性溶液影响时，則不应采用礬土水泥。

符合苏联国家标准 2779-50、2780-50 和 2781-50 要求的砂子、礫石和天然石料的碎石，可以用作混凝土的骨料。

所用混凝土的强度是以标号來說明的，标号表示按照全苏标准(ОСТ) 90050-39 的立方体(20×20×20 公分)在 28 天齡期的受压强度极限(以公斤/平方公分計)。根据結構加载的期限、結構的制造方法和所用水泥的性質，混凝土的标号准許按照多于或少于 28 天(但不得多于 90 天，也不得少于 3 天)的齡期确定之。

預应力鋼筋混凝土結構所用混凝土的标号系在技术經濟考虑的基础上根据結構的用途、制造条件、配筋性質及錨头型式等来选择。

对于桥梁的結構的預应力鋼筋混凝土構件來說，在普通場合中，不應該采用低于 300 号标号的混凝土；在主要的場合中，可以建議用 400 号标号的混凝土；而填塞錨头的則宜用不低于 500 号标号的混凝土。承受輕荷載的、重量不大的結構構件，准許采用标号較低的混凝土。

預应力鋼筋混凝土構件必須采用結構密实的混凝土，因为这样就能够使徐变的变形减小，因而預应力的損失也可降低。此外，为了使構件橫截面的尺寸小，亦有必要采用結構密实的混凝土。

如用機械化方法澆混凝土并适当選擇混凝土的成分配合，則可保證混凝土有密实的結構。

按照所用的混凝土的标号、作用內力的种类，混凝土的計算强度极限(根据多次試驗得出者)可从表 1 查得。

表 1 混凝土的計算强度
(公斤/公分²)

混凝土标号	軸 向 受 压 (柱 体 强 度)	軸 向 受 拉 (包括主应力計算 与抗裂性計算)	弯曲时受压
300	200	23	250
350	230	25	290
400	260	27	325
500	310	31	350
600	350	35	440

混凝土受压时的彈性模量按照混凝土的标号在表 2 中取用。

表 2 混凝土受压时的彈性模量
(公斤/公分²)

混凝土标号	彈性模量	混凝土标号	彈性模量
300	340000	500	410000
350	360000	600	430000
400	380000		

表 3 所列鋼料可以用作預应力鋼筋混凝土結構的鋼筋。强度

表 3 在預应力鋼筋混凝土結構中作为受拉鋼筋所用鋼料的主要机械性能指标

編 号	鋼 的 种 类	鋼 的 标 号	国家标准或技术规范	直 徑 (公 厘)	計算强度极限 (公斤/公分 ²)	計算流限 (公斤/公分 ²)
1	光面鋼用鋼絲	B; I; II	工叶部技术规范 2204-49	1.8 2.6~3.0 3.2 3.5~4.0 4.5 5.0	19000 18000 16000 14000 13000 12000	— — — — — —
2	預应力鋼筋混凝土結構用的鋼絲	—	黑色金屬工叶部技术规范 2766-51	2.6	16000	—
3	一般用途的普通質量低炭素鋼絲	Cт-3 Cт-0 或 Cт-3 (未經熱处理)	国家标准 3282-46 和 380-50	1.8~2.5 2.8~2.5 4.0~5.0 5.5~10.0	5500~12000 5500~10000 5500~8500 5500~7000	— — — —
4	炭素彈簧鋼絲	H	国家标准 5047-49	1.8 2.0~2.5 2.8~3.5 4.0~4.5 5.0~6.0 7.0~8.0	14000 13000 12000 11000 10000 9500	— — — — — —

5	炭素鋼 鋼絲	II	国家标准 5047-49	1.8	18000	—
				2.0	17500	—
				2.2	17000	—
				2.5	16500	—
				2.8	16000	—
				3.0	15500	—
				3.5	15000	—
				4.0	14500	—
				4.5	14000	—
				5.0	13000	—
				5.5	12500	—
				6.0~8.0	12000	—
		B	国家标准 5047-49	1.8	21000	—
				2.0	20000	—
				2.2	19000	—
				2.5	18000	—
				2.8	17500	—
				3.0	17000	—
				3.5	16500	—
				4.0	16000	—
				4.5~5.0	15000	—
				5.5~6.0	14000	—

續表

鋼 号	鋼 的 种 类	鋼 的 标 号	国家标准或技术规范	直 徑 (公 厘)	計算强度級限 (公斤/公分 ²)	計算流限 (公斤/公分 ²)
6	鋼筋混凝土軌枕和梁 用的鋼絲	—	工部技术规范 2244-49	2.5	1800	—
7	鋼筋混凝土結構用的 热轧螺紋鋼筋	Cт-5	国家标准 5781-51	12~26	—	3500
8	冷压螺紋鋼筋	Cт-0 或 Cт-3	国家标准 380-50 和 規 程 II-72-49 国家标准 6234-52	6~25	—	3500
9	普通質量的热轧螺紋 鋼筋 (經過刻痕加工 者)	$\frac{Cт-0}{Cт-3}$	国家标准 380-50 和 規程 II-104-46	$\frac{6~26}{6~26}$	—	$\frac{3000}{3500}$
10	普通質量的热轧鋼筋 (未經机械加工硬化 者)	$\frac{Cт-0}{Cт-3}$	国家标准 380-50	$\frac{6~26}{6~26}$	—	$\frac{2500}{2850}$

附注：1. 表第3項的普通低炭素鋼絲(国家标准 3282-46)未保證廢品強度極限最小值；因此必須自每批此類鋼絲中取出試件，進行拉斷試驗，以確定其機械性能。

2. 普通受拉鋼筋(不預施應力者)的計算流限為

a) 對於第3項的鋼用于焊成鋼筋網或焊成鋼筋骨架中時：

對於直徑 6 公厘以內的鋼筋， $\sigma_T = 4500$ 公斤/公分²，

對於直徑 7~10 公厘的鋼筋， $\sigma_T = 3500$ 公斤/公分²；

6) 對於第7、第8及第10項的鋼，其計算流限與表中所列相同；

b) 對於第9項的鋼，當

用于焊成鋼筋網或焊成鋼筋骨架中時：

對於直徑 6~10 公厘 Cr-0 號鋼的鋼筋， $\sigma_T = 3000$ 公斤/公分²，

對於直徑 13~16 公厘 Cr-3 號鋼的鋼筋， $\sigma_T = 3000$ 公斤/公分²，

對於直徑 6~12 公厘 Cr-3 號鋼的鋼筋， $\sigma_T = 3500$ 公斤/公分²。

用于扎成的鋼筋網或鋼筋骨架中時：

對於直徑 6~12 公厘 Cr-0 和 Cr-3 號鋼的網筋， $\sigma_T = 3000$ 公斤/公分²。

3. 對於有預應力或不預施應力所用的各式壓力鋼筋(包括經過機械加工硬化——抽拉、軋壓、刻痕的鋼筋)來說，其計算流限按鋼的標號分別取用，即

Cr-0 號鋼， $\sigma_T = 2500$ 公斤/公分²，

Cr-3 號鋼， $\sigma_T = 2850$ 公斤/公分²，

Cr-0 或 Cr-5 號鋼^①， $\sigma_T = 3500$ 公斤/公分²。

第1、第3、第4及第5各項高級鋼的假定計算流限為：

$\sigma_T = 4200$ 公斤/公分²。

冷壓螺紋鋼筋(第8項)和經過壓力刻痕的鋼筋(第9項)所取的計算流限，應按鋼筋在未軋壓或刻痕前原有的橫截面面積來考慮。

極限大於 10000 公斤/公分² 的冷拉炭素鋼絲用作預應力鋼筋混凝土結構的鋼筋是最適宜的。全蘇鐵道建築及設計科學研究院建議採用光面纜用炭素鋼絲(鍍鋅或未鍍鋅者，直徑 5 公厘，強度極限 8000~14000 公斤/公分²)做鋼絲束；當使錨固裝置澆制有保障時，則採用直徑 4~4.5 公厘的鋼絲。

① 譯注：此處似應專指 Cr-5 號鋼。

所謂普通鋼筋就是不預先張拉的鋼筋，通常采用計算流限為 2850 公斤/公分²的 CT-3 號鋼制成。

預应力鋼筋的計算強度極限按照鋼的性質來取用。硬鋼（其拉伸圖的特點為缺乏明顯的流幅）可取拉斷強度極限 σ_p 作為計算的強度極限。

當采用硬鋼做鋼絲束而它与混凝土無粘着力（或以后也不恢復其粘着力）時，則可取鋼的比例極限 σ_{np} 作為計算強度極限。

如缺乏用試驗確定的比例極限數據時，則比例極限取用拉斷強度極限的 65%，即取

$$\sigma_{np} = 0.65\sigma_p.$$

軟鋼取鋼的流限 σ_T 作為計算強度極限。

當用預应力鋼筋混凝土做中心受壓構件或小偏心的偏心受壓（第二種偏心受壓）構件時，不宜采用硬鋼做鋼筋。

普通鋼的彈性模量取用

$$E_a = 2.1 \times 10^6.$$

對於高強度的鋼筋，彈性模量降低 15% 而取用

$$E_a = 1.785 \times 10^6.$$

由此，鋼與混凝土的彈性模量之比值 $n = \frac{E_a}{E_c}$ 可自表 4 查得。

表 4 鋼與混凝土的彈性模量之比值

混 凝 土 標 號	$n = E_a : E_c$	
	普 通 鋼	高 強 度 鋼
300	6.2	5.3
350	5.8	5.0
400	5.5	4.7
500	5.1	4.4
600	4.9	4.2