

預应力混凝土理論与实验研究

(初 集)

[法国] Y. 居 易 翁 著

上海科学技术出版社

預应力混凝土理論与实验研究

(初 集)

[法国] Y. 居易翁 著

葛守善 譯 周念先 校

江苏工业学院图书馆
藏书章

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书根据法国 Y. 居易翁所著: BÉTON PRÉCONTRAIT, ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE, Tome I, 1953 年再版修正本譯出。初版曾分上下两册,現根据原书合为一集出版。

本书分章論述各种主要預应力混凝土結構物的共同問題和靜定梁的彈性計算問題,尤其对于許多特殊应力問題均作了深入的分析,同时在对裂縫与破損計算方面更用极限状态的理論加以核算。最后并詳尽地介紹了許多試驗的条件、过程、結果与分析,說明了某些結合实际的理論。

又原书最近版本在內容上略有补充和更正,有关內容已作为“补充資料”譯出,附刊于本书續集之末,讀者可以參閱。

本书可供土建工程技术人員、大专师生、以及科学研究人員参考之用。

BÉTON PRÉCONTRAIT ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE Tome I

Y. Guyon

Éditions Eyrolles

1953

預应力混凝土理論与实验研究 (初集)

葛守善 譯 周念先 校

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

中华书局上海印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/18 印张 38 4/18 插頁 10 排版字数 795,000
(原科技卫生版上下册共印 5,000 册)
1966 年 3 月第 1 版 1966 年 3 月第 1 次印刷
印数 1—1,200

統一书号 15119·1860 定价 (科六) 5.40 元

再 版 序 言

此再版本与初版本并无很大出入, 仅將初版中未曾察覺之一些誤差予以更正, 附致歉忱。

其中誤差之一为附录 I 和第六章第 10 节內有关梁端受力的符号問題。由于彈性理論中所习用的符号, 恰与鋼筋混凝土方面所用的相反, 而我們忘却將引証桥梁与結構會議記錄 (Les mémoires des Ponts et Charpentes) 中所用的符号予以修改。

自从初版以来, 新式錨头續有出現或者續有改进, 故在再版本中加入一些新的类型。

在初版以后, 关于混凝土受拉时的塑性变形現象, 曾有过討論。因此本書第十六章末对此曾作簡略說明。

究竟混凝土受拉时有无塑性变形, 是否只是表面現象, 而實質上还是看不見的髮縫? 从实际上来看, 結論近乎相同, 因此可以正确地認為無論在何种假定中, 預应力都同样地推迟了裂縫的发生。为此我們再三強調必須要考虑到这个非常重要的現象。

在此我們对于帮助校閱本書的各位表示謝意。

經過这次校閱以后, 我們决定除了作出上列更正与补充以外, 本書初版本在大体上并不需要基本的改动。

弗 序

对于本書我有些不便表示意見，因为它的作者是我多年的同事，書中所討論的理論原理和应用思想又是我毕生的心血。因此我对本書的讚揚，会有被认为在炫耀自己的危險，何况这样的責难是含有一小部分真实性的，那我就格外冒險了。事实上，在許多主要的观点上，居易翁（Guyon）氏的思想都是和我一致的，而在任何重要的問題上我們都沒有不同的見解；尤其他对我所首倡的思想还作出我所不能超过的那样有力的与有生气的肯定。

可是居易翁氏完全保持了他在見解方面的独立性。虽然書中的一部分是我教他的，而他却从其他方面也搜集了些資料，对于一本有教材性的書，这是正常的；所不同于一般的是，他也提供了不少他自己的資料。他个人的思考和他所組織的与分析的試驗在本書中占据着一个重要的地位。此外，居易翁氏是十分忠实的，我相信他不可能对一个概念在沒有消化成为他自己的下意識思想以前，就会給予保证的。只有在此以后，再根据这种基础，运用他自己的方式方法来发展出表示他独立性的理論。即使偶而他所得出的結論与我的相同，这也不过是一个巧合而并非抄襲。

.....

預应力在应用方面虽然并不簡易，可是它的原理是非常簡單的：就是对結構物加上一個力 C ，俾在組成結構物的材料的任何一点上都发生一个随着力 C 增加的应力 N ， $\frac{dN}{dC}$ 的关系無論如何是从发现应变定律以后早就知道了的。因此，在結構物的各点上和在各个方向中均存在着： $N = KC + A$ 的关系，其中 K 值和 A 值可能是時間的函数与受力情况的函数。如果所有的 N 值都在某些限值 N_a 和 N_b 的范围以內，則安全就有保障，并在每个方向中，可得： $N_a < KC + A < N_b$ 。显然只有知道了結構物各点上的和在每个方向中的 A 值以后，才能計算出該結構物在破坏以前所能承受的最大荷載 C 。为便于計算起見，一般建筑者們都把 A 值統一指定为零，尽管事实上几乎永不可能是这样的。这样做当然是非常便利的，但是結果上就否定了許許多的可能性；因为显然除了少数特例之外——有时“零”是最好的数值——这个条件不允許得到 C 的最高值。簡單地說利用預应力就是拒絕接受 $A = 0$ 的簡便計算法；也就是迫使自己去发现和应用对 A 最有利的数值系統。

一經决定采用預应力以后，接着产生的就是智慧的問題；首先要記住 A 值不能

完全任意規定，它的數值與造成預應力的方式有關。事實上，預應力总是由加在結構物上相互間平衡的一個系統的外力造成的。因此預加應力的問題在任何情況下均在于確定一個系統的力，這些力加在所研究的結構物上就造成應力 A 的系統，使得與這個系統相適應的力 C 的限值和允許的疲勞應力限值對上述問題提供了最好的解決方案；此後這種體系一經決定，便要找出實現的方法。

為此，科學家應當探尋各種應用在不同情況中的技術，其中許多是新的，有的還等待着發明。在另一方面，往往可以得到不論從經濟方面、美觀方面和安全方面看來都比用舊方法所能做到的要高明得多的結果。此外在決定採用預應力以後，還要應用得很正確，既不可粗枝大葉又不可欺騙偽裝，否則非但所預期的效果會落空，而且結構物將肯定是很壞的。所以預應力結構要求設計者與施工者都必須更為正直、更為勇敢和更為忠實。總的說來：就是要比從事舊技術者更要信賴與熱愛他們的专业。

居易翁氏的書雖然僅限于研究支承在兩點上的直梁，可是將見到即使在這樣簡單的情況中還產生了许多複雜的問題。

其實靜定梁只不過是各種梁的綜合研究中的第一步和短短的一節；而預應力梁本身也不過是用受拉鋼束的預應力結構物研究中的一章。除此以外，還有一大堆的結構物并不用鋼束預加應力，而是靠抵住在附近土壤上的千斤頂預加應力的。例如：堤岸、水壩、水閘、隧道和地下油池等等都是；並且似乎這些工程在大小方面和種類方面都超過了用受拉鋼束的預應力結構物。

由于應用數量的日益眾多，結構物形狀、尺寸和功用的日益變化，並且由于材料和機具設備的進步，預應力技術發展得非常迅速。兩年以前我曾經從事于編寫預應力工程的匯報，才寫了幾章，我就發現預應力的變化比我編寫工作的進展還要來得快。

于是我体会到全面地叙述預加應力的各種方法及其應用，已經遠遠超出我的能力之外，並且亦將轉移我的余力所能進行的研究。對我來說能夠創造一種新型的蓄水池或水閘比寫幾頁書來得更為重要，因為這種將要成為全集的一部分的寫著，亦是需要有好幾個專家的合作才行的。居易翁氏認為現在已經可以試行給出關於靜定直梁的第一部全集的輪廓。因為在運用預應力的各種場合中，這是已知因素對未知因素的比數最大的一個，也是在實施與試驗中研究得最深入的一個；並且在靜定梁中對數學解說的必要簡化最為容易和最少危險；最後，由于我們在混凝土變形規律方面的認識不足而遭遇到的困難也最小。不過，即使在上述特殊情況中，仍然發生許多關於預應力的一般性問題，居易翁氏曾以較簡略的方式一一予以解說。

對於其中很多的問題，我們的解答均尚在初步認識階段，這是因為我們對於混

凝土的真正的力学性质还知道得很少。可靠的試驗資料实在少得可怜，并且在重要的問題上各个权威的意見又不同。原因在于确定混凝土的必要参数非常之多，在于它对一切外界影响都有反应并且长期不易消失的那种象有生命的特性，于是“偶然”的重要性就显得很大；此外，还在于混凝土的变化現象非常緩慢，以致几乎不可能研究其复原性。

一切在这些事物方面的有价值研究都需要有充沛的物质条件，尤其須要有余力和有耐心的而且能力很高的人来分析試驗的結果。

幸而我們即使并不全面了解，而只要付出加大安全度的代价，預应力結構物仍然可以建造的。当缺乏准确的現象分析时，在实有結構物上所进行的試驗和实验可以供給我們有效的指南，所以居易翁氏正确地对于試驗的叙述和討論給予一个重要的位置。因此我认为凡是能够努力吸取本書內容的工程师，不仅能够制造預应力梁，并且还可以建造更复杂的結構物。

E. 弗来西奈 (E. Freyssinet)

序 言

無疑的,對於任何結構問題預應力都能提供一種解決方案,而且往往是革命性的。因此,預應力不單是一種技術,而是一個廣泛性的原理。

不管受預應力的是涵管、梁、沉箱、隧道、飛機場跑道、基礎、水壩或者是其他,思想總是一樣的,就是預加在有利方向中確知的永存力。但是所採用的方法可以多式多樣。

全面敘述預應力的各種可能形式似乎是做不到的,除非可以把所有的土木工程都全部檢閱一遍。

但是,如果不能全面敘述,則在幾種特殊應用方面作較細致的研究也必能闡明其廣泛性的原理,並將某些施工方法予以說明,以便其他方面應用。

這就是本書的目的。

*
* *
*

根據這個目標,本書基本上先只討論靜定的直梁。從表面上看來,這是一個很狹窄的題目,並且事實上它也只不过是預應力領域內很小的一个部分。

但是,一旦深入研究時,就會發現一系列的問题和疑問,如能得到解決或答案,則亦可在很多其他結構體系上應用。

因此,我們在这些一般性的問題上討論得多些,尤其在本書的第一篇內更多,所以這一篇可以認為是能供多方面應用的共同部分。

在这些一般性的問題中,有的實際已經獲得解決,有的則離此尚遠。

例如鋼的徐變即如此,能更準確地預先估計鋼的徐變是很重要的,並且若能在足夠有規則的條件下予以實在的減低,則可能比提高鋼的強度更為有利。這個廣闊的問題只有在冶金界的合作下才能得到解決。

握裹問題同樣也很重要,因為它在造成預應力的某些技術方面起着很大的作用;至於對於這個問題的解答雖然已經有了一些,可是還很不完善。

此外,關於梁端應力的問題:這是一個一般性的而並非專與預應力有關的問題。不過它在这里的重要性比在他處更大,因為集中作用的力很大。

當然,我們不能等待並且也未曾等待這些問題全部都解決以後,再用預應力混凝土來建築。不過由於不了解而付出的代價是高的,因為這是一個附加的危險,

对于它,我們只能从增加安全度方面来得到保証。相反地,在認識方面的一切提高,自可降低这种安全度,所以有必要將当前这些問題統計一下,我們認為把一切尚待澄清的問題列一清單是有益的。

本書第二篇討論靜定直梁的彈性計算。其中許多原則都可以应用到其他結構体系的研究中去。特別是,如果只从彈性理論的观点看来,一旦对于超靜定梁能够計算出支点上的附加反力时,靜定梁和超靜定梁之間並沒有基本的差別;从而認為任何一个截面中力的减小因素是已知的以后,則驗算的方法或者決定尺寸的規則、对于两种梁都是一样的。

这一点也不是說不需要对超靜定体系进行專門的研究,因为預应力給这些超靜定体系的彈性理論帶來了特殊的問題,这种問題是要加到不受預应力的体系所用的普通材料力学^①里去的;預加应力实际上造成了应当承受的或者抵消的外加变形;可是这只是計算或者产生支承反力的問題,关于这点將在另一集內討論;并且假定这些問題解决以后,这里所說的彈性理論无需更改即能应用。

这些彈性理論只不过是材料力学在預应力結構物上的应用,我們有一切的理由来相信經驗將証实理論的安全。

当对若干已經完成的和按照这样計算的工程进行各种試驗时,发现到正如以上所述的情况。

可是这样是否算尽量利用了全部材料呢?肯定不是的,因为这些理論只能不顧下列两个阶段之間的距离,即由于彈性变形而使結構物中的某一应力达到极限应力的阶段,和由于在恰好等于极限应力的大致不变的应力下发生的、塑性变形中所引起的实际破損阶段之間的距离。

估計这个距离的大小是很重要的。

如此就等于要研究材料的受力情况和接近破損时与裂縫时內力的分布情况。

这种研究,或者更适当地說,这种只能以試驗为根据的研究性試探工作將为本書第三篇的內容。

虽然在这方面我們現在所研究的还很少,可是我們已經能够見到各种預应力結構物所共有的某些現象。根据这些現象,再經多次試驗,当能明确肯定一些可以安全应用的規律。

我們認為其中有一个現象是主要的:就是抵抗裂縫的能力随預应力的加大而增加;这种抵抗力的增加在某些条件下是很可觀的。这是一种特別与預加应力有关的現象;其原因尚未能得到肯定的解釋,不过它是的确存在的,并且如果要避免硬鋼的浪費,就必須考慮到它。

① 法文中的 *Résistance des matériaux* 指材料力学与結構力学——譯者注。

这种已經得到的試驗結果应当加以利用。为了这个目的，愈来愈显得有改进現有計算方法的必要，并且需要以彈塑性計算来补充(如果不是代替的話)彈性計算，因为彈塑性計算能讓我們利用由于塑性造成的安全度。本書最后一章內对这个問題給出一些指示。显然地，为了能使这些計算方法有确定的形式起見，还有许多工作要做；我們所建議的方式很簡單，但是它是某些已被試驗証实的假說和近似計算为基础的。

大体上看来，以上是本書的內容。前面已經說过，在另一集內，我們將要研究連續梁和各种超靜定体系的計算，并且象对靜定梁一样試行从試驗結果中得出一些結論。此外，对圓形結構物的預加应力亦將予以說明。最后將敘述某些已完成的工程，这些工程能讓我們以实在的形式来介紹某些实际施工方法。

*
* *

本書內常常提到弗来西奈氏的名字。人們將以为我們的研究主要的是弗来西奈預应力的研究。

这話实在是对的。因为，首先我們認為并没有分別属于某些发明家的好几种預应力。預应力只有一种，就是弗来西奈氏的預应力。

*
* *

这并不是說在弗来西奈氏以前从沒有人想到过对混凝土預加力。可是这种嘗試所得到的只是不值得注意的結果或者是全面的失敗。他們其实只在細節上改善鋼筋混凝土，就是靠加拉力于普通鋼筋来延迟裂縫的发生。加力的方法种类很多，可是經過一个短时期以后，預加拉力就会由于一种以往所忽略的或者被否定的現象而消失，这种現象就是混凝土的徐变。

是由弗来西奈氏在对該問題經過長時間的思考以后，把这种現象以肯定的和无可辯駁的方式来闡明的，并且給出它的規律；这些就是著名的勃魯加斯戴勒(Plougastel) 桥的試驗，其試驗結果在經過長时期的研究以后已于 1926 年公布。

弗来西奈氏还辨别和說明了在怎样的条件下，尽管有徐变存在，仍然可以保持住靠受拉鋼絲所产生的永存預压力。这种条件主要是要使鋼絲能得到这样一个引伸度，务使其經過混凝土的徐变收縮以后所剩余的数值，依然是初始引伸度中足够大的一部分；因此必須完全放弃軟鋼而采用强度尽可能高的鋼，并且尽可能拉足。

同时，鋼的作用也完全改变了；以往它只不过是鋼筋——是代替不能受拉力的混凝土的一种被动材料——，在預应力混凝土中，鋼就成为能由工程师来支配的一个力，能讓他使混凝土具有均匀体和彈性体的性質，并且还考虑到結構物以后在外荷作用下將受到的应力情况，对混凝土預先造成最有利的初始受力状态。

現在我們对这些思想熟悉得好象它們是理所当然的那样；要想到在初次发现它們的时代里，这真是一个奇异的飞跃进展，好象在建筑史內有数的几次进步一样。

这次的进步是弗来西奈氏造成的。

虽然这是肯定的，可是好象对待一切成功的創造一样，对于弗来西奈氏称之为新原理“預应力”的人們，正在想法寻找最意想不到的和最遙远的始祖。

把各种实施方法的发源——創造思想——作为一个无名的公共财产以后，便試用熟知的手法將注意力对准在各种实施方法上，这样就更容易夺取发明者的名义。

在預应力混凝土方面，这种方法却未能得逞。因为尽管有爭論，創造思想总是弗来西奈的，弗来西奈的實踐精神使他立刻研究出如何利用这种思想的各种方法；于是作为根据的基本思想就很快地由各种实施方法巩固起来。弗来西奈式預加应力法是不胜枚举的，即使是簡略的示例，也会胜过一切的雄辯。

弗来西奈氏的預加应力方式有：用受拉鋼絲預加应力，不用鋼絲的預加应力，靠外面的重型抵座預加应力、盤繞受拉鋼絲預加应力于水管，用擴張內胆法預加应力于水管、用扩大外箍鋼筋的預制拱块襯砌层来預加应力于隧道、用压漿法預加应力于隧道襯砌层、分批預加应力于蓄水池等等許多偉大的原理——其中我們只提到少数几种——由此可以得到很多的应用。

*
* *

为了限制在本書內所研究的一些較有限的問題上起見，所討論的主要是如何解决錨固的方法。我們所研究的两种已实用的錨固方式，即摩阻錨固和握裹錨固都早在弗来西奈氏的專利中已經明晰地下了定义。因此，我們并不認為一遇到要举例时就几乎完全限于叙述弗来西奈的錨固方法，从任何角度上看来，这是要减少內容的广泛性的。

我們認為本書中关于机具設備和梁端布置的几章，已經能使讀者可將同样的原理引用到其他各种錨固方式上，或者他种类型的鋼束上去的。

目 录

再版序言	1
弗序	2
序言	5
第一篇 各种主要預應力混凝土結構物的共同問題	
第一章 概述	1
(一) 預应力梁的簡例	1
(二) 預应力数值随時間而消滅。預应力經過一个長时期后的极限数值。 預应力在活荷載作用下的实际不变性	8
(三) 用預应力抵消靜荷載作用的可能性。用弯起鋼絲束預加应力	15
(四) 其他几种預加应力的方式	24
(五) 抗剪能力	26
第二章 預应力混凝土結構物用的施工机具	31
I. 在混凝土凝固与結硬以后用縱向張拉鋼絲法制造的預应力杆件	31
(一) 用弗来西奈式錐形錨头的設備	31
1. 鋼絲束	32
2. 錨錐	37
3. 弗来西奈式拉伸千斤頂	41
4. 預加应力操作过程	42
5. 善后工作: 灌漿与外露鋼絲头的埋藏	44
6. 只有一端用錨錐的鋼絲束	44
7. 錨錐中綫之間最小的距离。为千斤頂操作須預留的空处	48
8. 其他几种弗来西奈式的錨固方式	49
(二) 成对鋼絲用鋼楔卡住的錨固法	51
9. 馬涅尔-勃拉东(Magnel-Blaton) 預加应力法	51
(三) 用承力强大的鋼絲束和錨头預加应力	52
10. 弗来西奈式承力强大的鋼絲束	52

11. 鋼絲束埋固在大錨杯內的預加应力法	52
12. 加力千斤頂澆在結構干体内的預加应力法	53
(四) 用有螺紋的鋼杆和螺母的錨固法	56
13. 这类預加应力法的概述	56
(五) 总結	57
14. 錨錐的安全性試驗	60
II. 各种預加应力的方法	60
15. 用預張的柔性鋼絲繩預加应力	60
16. 利用两端預先錨固好的鋼絲束的几何变形来預加应力	62
17. 用盤旋扭轉一束平行鋼絲的方法进行預加应力	63
III. 不用鋼筋的預应力混凝土結構物, 靠支持在桥台式外抵座上的千斤頂 預加应力	64
18. 設備	65
19. 扁千斤頂的应用实例	66
IV. 鋼絲着力在成品两端以外的先張法	69
20. 長綫先張法	69
21. 个别澆制的先張法	70
22. 着力在大梁模板上的先張法	71
23. 增加鋼絲握裹力的各种方法	72
第三章 預应力混凝土的材料	73
I. 混凝土	73
混凝土的变形	74
1. 受荷后的縱向变形	77
2. 应变的大小, 以及混凝土与此有关的一些不同的性質	80
3. 在長度不变的受压混凝土中, 应力随時間而降低	83
4. 凝縮和膨脹	86
5. 抗压强度	87
6. 抗拉强度	88
7. 增加混凝土强度的各种施工方法	89
II. 鋼	91
(一) 一般性質	91
8. 軟鋼	91
9. 硬鋼、常用的几种类型	91
10. 高强度鋼絲的主要特点	92

11. 机制原鋼絲	93
12. 冷拔鋼絲	95
13. 热治机制鋼絲	95
14. 他种鋼絲	95
15. 选择鋼絲的实用規則	96
(二) 硬鋼的变形与徐舒現象	98
16. 鋼的急变	98
17. 預加应力(鋼絲受拉)自动提高彈限	99
18. 硬鋼在固定拉力下的徐变	100
19. 鋼在固定長度下之徐舒	100
20. 徐舒与应力应变曲綫的关系	104
21. 預应力杆件的鋼絲在各个阶段中的应力变化	107
第四章 預加应力时鋼絲束与管道之間的摩阻影响。摩阻力造成的拉应力損失。弯道中的拉应力損失	110
1. 試驗室試驗資料之一。摩阻系数 f 的数值对应力損失系数 $e^{-f\alpha}$ 的影响	111
2. 試驗室試驗資料之二。公式 $T = T_0 e^{-f\alpha}$ 的驗證和 f 值的測定	117
3. 工地試驗資料之一。弯道部分拉应力損失的測定	120
4. 工地試驗資料之二。弯道部分和直綫部分的应力損失	123
第五章 耐火性	128
1. 結構物关于耐火性方面应当具有的品質。耐火性規範	129
2. 火对于結構物的影响	134
3. 高溫影响下硬鋼的强度	136
4. 巴尔氏的鋼絲束預应力梁試驗	143
5. 英国科学与工业研究处和消防委员会联合組成的防火研究机构所做的各种楼板的耐火性試驗。試驗汇报摘要	143
6. 溫度高低的估計及上述試驗中試件坍落时鋼絲达到的溫度	153
7. 根据鋼絲所达到的溫度对梁的抗弯力矩的估算	155
8. 关于梁內溫度分佈的几点說明	158
9. 燒伤的結構物修复重用的可能性	161
10. 英国对預应力混凝土方面的建議	162
第六章 杆件頂端預加力着力面附近的內力(在用鋼絲束預加应力的梁中)	163
I. 杆件端部的应力計算	163
1. 在只有一个对中法向力的情况中	166

2. 在用多个作有規則分布的力来对中預加应力的情况中	171
3. 在有一个偏心力的情况中, “对称棱柱体” 定律	172
4. 在用按照綫性定律分布的多个偏心作用的力来預加应力的情况中, 应力分格定律对此情况的推論	174
5. 在用不規則分布的法向力对中預加应力的情况中, 或者在用非綫性分布的法向力偏心預加应力的情况中	176
6. 对上述情况的近似經驗計算法。力的作用的分层計算法(續分合力計算法)	177
7. 在預加力稍向梁的中軸傾斜的情况中	181
8. 作用在豎直面和水平面上的拉力	183
9. 对非矩形截面梁的情况的推論	183
10. 梁端受法向力或斜向力的棱柱体中軸上应力的計算用表	185
11. 对集中力研究的結論	190
A. 在預加力垂直于着力面的情况中, 亦即力的作用方向平行于梁的縱軸	190
B. 在力斜向加在梁端的情况中	192
12. 錨头下允許有的法向承压应力	192
II. 箍筋布置的实用規則	195
13. 在每个基层力下面的箍筋布置(基层箍筋)。在用弗来西奈式錨錐的情况中	195
14. 例 1. 在綫性分布的情况中	200
15. 例 2. 在非綫性分布的情况中	201
16. 在非矩形梁的情况中	207
17. 在非矩形梁中力未能做到綫性分布的情况时	209
第七章 先張法預应力梁中的握裹錨固	215
1. 縱向拉力的傳遞, 拉力作用于埋在混凝土內的鋼筋自由端上	216
2. 在預应力混凝土中的握裹錨固作用	221
3. 鋼絲相对于混凝土的位移的測定	223
4. 混凝土縮短的測定	227
5. 鋼絲中应力的測定	229
6. 鋼絲中拉应力变化的規律。彈性握裹与摩阻握裹	229
7. 握裹对錨住力变化的适应	233
8. 彈性錨固的特征長度 λ 的估算	234
9. 关于两个錨固区段之間的分界点位置的附注	236
10. 握裹理論的实际效果。自由端鋼絲的內縮和錨固長度的关系	237
11. 用光滑鋼絲做的各种試驗的結果	239
12. 增加握裹力所用的各种方法	242
第八章 先張法預应力杆件中两端的应力。箍筋	245

(一) 鋼絲之間的拉应力	245
1. 垂直于鋼絲的張裂应力	245
2. 端面的拉应力	255
3. 鋼絲膨脹的影响	257
(二) 总平衡中的拉应力	258
4. 鋼絲組之間的拉应力	258

第二篇 靜定梁的彈性計算

第九章 等截面靜定梁的彈性計算 (梁用均匀截面的鋼絲預加应力并受純弯矩)

I. 截面計算示例	263
II. 总的研究。計算截面的方法与公式	272
(一) 总則	272
1. 記号、假定及代号	272
2. 外力和內力	273
3. 預应力梁的穩定性的驗算	275
4. 初始应力和永存应力	277
5. 鋼絲束中拉应力降低的估計	278
6. 各种設計中所采用的換算系数 m	281
7. 設計的步驟	282
(二) 預应力截面的强度条件的几何性与力学性解釋	282
8. 压力中心	282
9. 核心和限心	284
(三) 計算截面的实用方法	286
10. 第一种情况: 自重为零	287
11. 第二种情况: 自重全部可由預应力抵消	295
12. 第二种情况的最大可能性(即自重全部能抵消的情况的可能性)。临界跨度	298
13. 第三种情况: 自重未能全部由預应力抵消	303
14. 第四种情况: 在梁应当承受正負弯矩的情况下	316
III. 鋼絲束的位置	317
15. 极限路綫	317
16. 实用路綫	319
17. 承受均布荷載的簡支梁的实用規則	321
18. 鋼絲束位置的选择实例, 塞納河下游的藕桥	321
IV. 抗剪强度	325

19. 由于鋼絲束的傾斜而剪力减小	328
20. 靠預压应力的作用来减小剩余剪力所产生的主拉应力	329
21. 計算安全蹬筋的經驗規則	332
22. 主拉应力較大时設計蹬筋的規則	334
23. 預拉蹬筋	335
第十章 用均匀截面預应力鋼絲的等截面靜定梁的各种計算公式	349
I. 版和矩形梁	349
1. 随活荷載与极限应力变化的临界跨度	349
2. 在临界跨度以下的版的計算公式	350
3. 在临界跨度以上的版的計算公式	351
4. 計算受外荷时的应力的修正	353
II. 任何其他形狀的梁	356
5. 当梁高和它的截面模量 $\frac{I}{v}$ 和 $\frac{I}{v}$ 为已知数时对梁截面的确定	356
6. 梁高的选定	359
7. 腹版最小厚度的确定	359
8. 翼緣厚度的确定	360
9. 翼緣的寬度	365
10. 理論截面改为实用截面	368
11. 承受均匀荷載的对称工字梁随极限应力变化的临界跨度	368
12. 計算外荷产生的应力的修正項	370
第十一章 等截面先張法梁的計算	372
1. 后張法梁与先張法梁的区别	373
2. 梁截面中鋼絲的布置	376
3. 計算时把鋼絲考虑在內的梁的特征	380
4. 例 1. 先張法梁的計算	383
5. 考虑到鋼絲中預拉应力损失的不均匀性而对偏心进行的調整	387
6. 例 2. 确定截面已知的梁在承受規定弯矩 M 时所需要的鋼絲	390
7. 例 3. 确定在同一套模板中澆制的一系列小梁所需要的鋼絲. 各种小梁的应用范围	392
第十二章 用不均匀弯起鋼絲束的等截面梁	402
1. 一般性問題	403
2. 建議的方法	404
3. 分預应力 v_0 和 v'_0 的变化图形	407