

10959

高等学校教学用书

建筑力学教程

第一卷 第一分册

И. М. 拉宾諾維奇著

高等教育出版社

封

江南大学图书馆



91389886

高等学校教学用书



建筑力学教程

第一卷 第一分册

И. М. 拉宾諾維奇著

清華大學結構力學及鋼木結構教研組譯

高等教育出版社

本書系根据苏联建筑出版社 (Государственное издательство строительной литературы) 出版的拉宾諾維奇 (И. М. Рабинович) 著“建筑力学教程” (Курс строительной механики стержневых систем) 第一卷 1950 年第二版譯出。原書經苏联高等教育部審定为土建高等学校及土木系教科書。也可供建筑工程师实际工作参考之用。

本書第一卷專述靜解結構,其中包含計算靜解体系的基本的圖解法及數解法。除必要資料外,並略述該領域內的許多附帶問題。原書第一卷共十四章;中譯本分二個分冊出版,各七章。第二卷為超靜解結構的計算。

本書由清華大學土木系結構力學及鋼木結構學教研組金濤同志翻譯五章,陳肇元、龍馭球兩同志各譯一章;參加校訂工作的有龍馭球、瞿履謙、楊式德、金濤等同志。

本書原由商務印書館出版,自 1956 年 7 月起改由本社出版。

建筑力学教程

第一卷 第一分冊

И. М. 拉宾諾維奇著

清華大學結構力學及鋼木結構教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 054 號)

上海洪興印刷廠印刷 新華書店發行

統一書號 15010-167 開本 850×1168 1/32 印張 85/16
字數 228,000 印數 1,011-8,200 定價 (4) 1.20

1953 年 10 月商務初版 (共印 10,000)

1955 年 7 月新 1 版 1959 年 2 月上海第 3 次印刷

序

本書的第一版發行於 1938 年。

過去十二年中，蘇聯的科學與技術獲得了新的卓越的成就。在工業、民用、水利、運輸等建設事業中，也有大量的成就。由於這些成就，才有可能於驚人的短短時期之內，將佔領者所破壞的巨大工業恢復舊觀，並且發展了新的建設，其規模之大，全世界無與倫比。

因此，建築力學的重要性增大了，對它的要求也加多並且加深了。在建築力學中，應該敘述計算結構的方法，這些結構在複雜程度方面，尺度方面，荷載大小方面，架設方法方面，或使用的要求方面，完全是以前未曾有過的。在建築力學中，也希望提出新類型與新形式結構的理論基礎。蘇聯工程師（建築者及設計者）應該對國家貢獻出新的、大胆的、進步的、不愧於社會主義國家的建築構造。

蘇聯建築力學是能有效地擔負起它所面臨的任務的。在過去時期中，它在對我國建設有關重要的各方面：在殼體及薄壁桿件的理論方面；在動力學計算與穩定性的理論方面；在計算複雜的超靜解體系，居於彈性地基上的結構，不是完全彈性的體系等方面；在土壓力的理論方面等等，都有新的富有興趣的貢獻。本書是教程的第一編，要講述靜解桿件體系的理論，在這一狹隘範圍中，不可能對這些進步有很多的反映，但讀者亦可由此看出其一些形跡。

在本教程中，著者曾盡力用明白易解，同時又是科學的敘述方法，來說明高等建築學校學生所應掌握的各項材料。此外並用極為精簡的敘述，插入一些材料，這些材料，在現時看來雖似超出了必須的教學大綱範圍，但還是值得注意的。這種非必須的教材，已在其起迄兩處用黑方塊標明。

本書的第二版是將第一版加以改編的。圖解靜力學這一部分業經

大加縮減；其他部分也有若干縮減。幾乎所有各章都依據國內學者的研究而有所增加。所有歷史概述，均經大大地改寫過，並有一部分是重新編寫的。

第一版中插圖及課文的錯誤及不正確處，均經銷除。凡提及某節及某公式，都用兩個數字：羅馬數字指章數，阿剌伯數字指節數或公式數。

著者對於下列諸人均表示感謝，即 A. A. 烏滿斯基教授及其領導下的茹科夫斯基空軍工程學院建築力學教研組全體同志，以及 B. A. 迦斯節夫教授，因為他們都提出了寶貴的意見，為著者所接受。著者並對 И. К. 斯尼科同志表示感謝，因為他曾細心核閱原稿並校讀版本。

И. М. 拉賓諾維奇教授

第一卷 第一分冊目錄

序

第一章 緒論	1
§ 1 建築力學的對象和任務	1
§ 2 結構試驗及其模型的意義	4
§ 3 十九及二十兩世紀中的建築力學	7
§ 4 荷載	16
§ 5 結構計算圖的概念	17
§ 6 結構計算圖的分類	21
§ 7 平面桿件體系支座的分類	22
第二章 結構的機動分析	26
§ 1 機動分析的目的	26
§ 2 由剛片組成的平面機動鏈的自由度	26
§ 3 例題與習題	31
§ 4 鉸接桿平面體系的自由度	33
§ 5 例題與習題	34
§ 6 幾何不變的平面體系的組成方式	36
§ 7 幾何構造分析舉例	39
§ 8 瞬變體系	41
§ 9 瞬變性的檢驗	43
§ 10 體系機動分析的步驟	46
第三章 建築力學的數解法與圖解法	48
§ 1 建築力學方法的分類	48
§ 2 力作用的獨立性原理(疊加原理)	49
§ 3 各種方法應用舉例	51
§ 4 可能位移原理	52
§ 5 可能位移原理應用於具有一個自由度的體系	54
§ 6 例題與習題	57
§ 7 圖解法在建築力學中的作用及其發展史概述	58
§ 8 力的合成和分解的一些圖解例題	63

§ 9	索多邊形及鉸接桿多邊形	65
§ 10	標示	67
§ 11	與已知索多邊形相應的各平行力及其各部件中內力的數解公式	69
§ 12	用索多邊形求合力	70
§ 13	連續分佈力系的索多邊形, 索曲線	72
§ 14	等效索多邊形之間的關係	74
§ 15	索多邊形的特殊情形——合力多邊形	76
§ 16	用圖解法確定平面力系的靜矩	77
§ 17	用圖解法確定平行力的靜矩	79
§ 18	由平行力及集中力偶所組成的力系的索多邊形的繪製	81
§ 19	力多邊形和索多邊形閉合與不閉合情形的靜力學分析	82
§ 20	應用索多邊形來確定支座反力	84
§ 21	應用索多邊形作簡梁的撓矩圖及剪力圖	85
§ 22	荷載由結點傳遞時, M 圖和 Q 圖的作法	87
§ 23	簡梁的彈性曲線與傾角圖的作法	90
§ 24	剛片多邊形與其平衡的圖解特徵	93
§ 25	關於索多邊形理論發展史的概述	95
§ 26	習題與例題	98

第四章 影響線的一般理論及其應用的例子 103

§ 1	關於影響線的概念	103
§ 2	量佈圖與影響線的比較	104
§ 3	用靜力學法繪作影響線。簡梁的影響線	108
§ 4	影響線豎標距的尺度	114
§ 5	不動的集中力系的影響	116
§ 6	按照任何規律分佈的不動連續荷載的影響	117
§ 7	影響線直線段落的一項性質	119
§ 8	結點荷載的影響	121
§ 9	用機動法繪作影響線	123
§ 10	用二元體傳達的荷載的影響	126
§ 11	用機動法繪作影響線的例題及習題	127
§ 12	用幕爾比擬法繪作梁的影響線	130
§ 13	三角形影響線的最不利荷載	131
§ 14	多邊形影響線的最不利荷載	136
§ 15	例題	127

§ 16	列車力矩表的編製及應用	138
§ 17	兩個對稱力或反對稱力 $P=1$ 的影響	141
§ 18	由簡單影響線的綜合,繪作廣義影響線	144
§ 19	作為索多邊形來繪製廣義影響線	146
§ 20	用圖解法求可動荷載系對於任何多邊形影響線的所有臨界位置	149
§ 21	任何影響線上承受連續均佈荷載時的最不利載荷方法	151
§ 22	具有同一集度的一系列均佈荷載的最不利位置	153
§ 23	等效荷載的應用	155
§ 24	以影響線為根據的曲線;由可動荷載引起的簡梁撓矩及剪力的研究	155
§ 25	影響線的逐次微商及其應用	160
§ 26	不同方向行動力的影響線間的關係	163
§ 27	繞固定作用點而轉動的集中力的影響(影響圓)	166
§ 28	靜水荷載及切向荷載的影響	171
§ 29	關於影響線的歷史記述	173
第五章 靜解體系的一般性質		177
§ 1	什麼是靜解桿件體系	177
§ 2	分未知量為兩組	177
§ 3	體系的靜解性與幾何不變性之間的關係	178
§ 4	解答的唯一性及有限性	180
§ 5	瞬變的靜力學判據.零載法	181
§ 6	結構的基本部分與其所附屬的各部件的過力	183
§ 7	均衡力系的影響	185
§ 8	荷載的等效變換的影響	186
§ 9	結構中幾何不變部分的形式與構造的影響	187
§ 10	溫度支座移動及桿長誤差的影響	189
第六章 多跨靜解梁		191
§ 1	幾何構造的分析	191
§ 2	多跨靜解梁的 M 及 Q 圖的作法	192
§ 3	圖解決定鉸及支座的最有利鉤佈置	195
§ 4	有結點荷載時 M 及 Q 圖的作法	196
§ 5	多跨梁的傾角圖及撓度圖的作法	197
§ 6	多支座梁各過力的影響線.其靜力學作法	199
§ 7	用機動法繪作同樣的影響線	201
§ 8	歷史的記述	202

第七章 三鉸拱及剛架	205
§ 1 基本概念	205
§ 2 求支座反力的數解法	209
§ 3 撓矩圖	213
§ 4 在豎荷載下,三鉸拱或剛架軸線的合理的輪廓	214
§ 5 與豎荷載相應的剪力圖及軸力圖	219
§ 6 求支座反力的圖解法	223
§ 7 利用對稱以繪作支座反力	226
§ 8 合力多邊形及壓力線	227
§ 9 核點撓矩及法向壓力	231
§ 10 合理拱軸的最有利的輪廓	234
§ 11 H, M, Q, N 影響線	235
§ 12 用零點繪作同樣的影響線	238
§ 13 繪作影響線的機動法	239
§ 14 三鉸剛架	241
§ 15 可化為三鉸形式的體系	242
§ 16 多跨及多層三鉸拱及剛架	244
§ 17 習題及例題	246
§ 18 具有若干繫桿的拱或剛架,和具有斜吊桿的拱	251
§ 19 三鉸拱的歷史	254

第一章 緒論

§1 建築力學的對象和任務

從廣義來說，建築力學是指研究計算各種結構的強度、穩定性與剛度的一些原理及方法的科學。

設計新結構時，對於強度及穩定性所作計算的目的，是爲了要保證這些結構的充分安全，並使之與經濟相結合。對於剛度所作計算的目的，是爲了使大量撓度、沉陷及振動，不可能出現，這些現象即使對於結構本身並無危險，但從運用方面看，還是不合適的。

不但在設計新結構時需作計算，即在現有結構必須承受新的，從前所未預料及的荷載時，也應加以計算。所作計算必須查明這些荷載可被許用至何種程度，是否需要加以補強，並需要怎樣補強。

廣義的建築力學包含下列各課目：材料力學、彈性理論、塑性理論、以及狹義的，尋常所了解的建築力學。材料力學這一課目主要是從事於簡單桿的理論，它對於建築構造及機械製造，是同樣重要的課目。狹義的建築力學與材料力學不同，它主要是從事於研究構成一個結構的桿或桿件體系的計算理論。這兩課目都是主要地設法利用較簡單的數學，以解決自己的問題。彈性理論則與此不同，它將它所得結論的儘可能的嚴格性及準確性，提到首要地位，故不得不採用比較繁複得多的數學工具。這三個課目的分界不能嚴格地劃定，並且也不是一成不變的。有一些鄰近邊界處的問題，可以屬於任何一方面。除此以外，力學的發展，其方法的改進，新而愈益複雜的結構的出現，由精確觀點出發，對於

實際計算方法所提要求的提高，凡此種種，都逐漸將若干問題，由彈性理論的領域，轉移至結構理論及材料力學理論的領域。

最後，塑性理論從事於研究塑性物體及彈塑性物體的形變及應力，在解決與所謂結構的“載荷量”有關的某些問題時，建築力學採用了這個理論。

無疑的，建築力學的發展大大地提高了這個理論的作用。

狹義的建築力學還可稱為結構理論。這個名稱也許是比較正確，但聽起來似嫌過於籠統。

K. C. 薩夫列夫教授^①所提出的“結構抗力學”是更為狹義的因而也是更合適的一個名稱。

這一門科學，在長時間的過程中曾被稱為，而且直到現在還被某些著者稱為，“結構靜力學”或“結構圖解靜力學”。

這些名稱完全不能與這門科學的內容相當，因為數解法在其中所起的作用，並不少於圖解法；並且因為，除靜力學以外，在現代結構理論中，機動學及動力學的問題，也起着顯著的作用。

為了簡省起見，以後我們採用“建築力學”這一名稱時只限於它的狹義。

現代建築力學在實際上的意義極為重大。一個結構愈複雜，愈巨大，愈重要，則其正確計算亦愈有重大意義。對於聯蘇的建築力學，提出了特別嚴格的要求，因為社會主義的國家每年投入巨額資金於工業、民用、運輸及其他建設事業，全國都關心着如何節約地而且適宜地使用這些資金，而國家把人民生命認為是最可寶貴的，這種態度，又使在結構方面的事故及破毀成為令人不能容許的了。

計算武裝了建築設計者，使他們獲得了一百年前所夢想不到的種種可能。這些計算好像是將隱藏於結構本體中的靜力，有時甚至是動力，都揭露於設計者的眼前，使他有可能去研究任何桿件的工作情形，

① K. C. 薩夫列夫教授著，結構抗力學（結構靜力學），梯比里斯，1939年出版。

並預見到在選定桿件截面後材料中所發生的應力。

爲計算所武裝的設計者，知道那些桿件需要幫助，應當向那一方面改變力的分佈及材料的分佈，以便獲得預期的效果。所有這種工作，他可以預先做好，無須冒險採用，然後毀掉一個不合適的或脆弱的結構，而祇須將其在紙上劃去即可。計算保證工程師有可能，有意識地，有把握地，並合理地作設計，創作大膽而又安全的，堅固而又輕巧的，偉大而又能滿足美觀要求的結構。

若對於每一個別問題，必須用模型試驗或研究製成樣型的方法，逐一加以摸索探討，則工程師的問題，將複雜至何等不可估量的程度呢！現代結構的任務、情況、荷載、尺碼等等，形式互異，爲數無窮，這樣將成爲一種做不到的工作。同時，這樣做法也難於使人信服，而且是不可靠的，因爲加利略早已知悉，幾何形相似的模型，從靜力學或動力學的意義來說，並不是彼此相似的；爲了要解釋已有的試驗，並將這些試驗由模型運用到實際的結構，現代結構力學所得的理論，還是同樣需要的。至於做製樣型，則在設計突出於一般水平以上的結構，無論如何，不能有何幫助。

爲了直接的日常的實際應用，適用於所有各種體系，所有各種可能的跨長、荷載、及材料的方法，即數學計算方法，是必要的。

如果已有了計算的數學理論，則考慮各種各樣問題時只須將不同數值代入一般的公式或方程。除了無與倫比的優點——迅捷、準確及便利——以外，此法還有其重要性，那就是統一了規定結構尺度的原理，並且建立了估量任何一個設計在強度、穩定性及剛度方面是否正確的標準。同時，它好像是一種國際語言，爲各國建築者所共同了解，可以促進最廣泛的經驗交流和快速進步。

但是如果將建築力學看作純粹數學性的課目，將是一種有危險性的錯誤。既然建築力學處理由某種實際建築材料所構成的實際結構的強度及剛度，所以它的結論，自必以這些材料實有性質的研究和知識爲

依據。因此建築力學與“材料力學”及“建築材料”兩課目一樣，必須大大地依靠已有的試驗結果。

§ 2 結構試驗及其模型的意義

企圖不經試驗而用純粹思考方法來作出自然法則的結論，羅模諾索夫曾經提出警告。他在指出科學的進步時，曾這樣說明：“…現時的學者，尤其是自然事物的實驗者，不很重視個人腦中所產生的虛構及空談，而更確認可靠的技巧。…腦中所想的論斷，往往產生於可靠的及重複多次的實驗^①”。我們除了完全贊同這些意見以外，可以說，實際工程師在建築力學中所得具有規則及公式形式的數學計算武器，若不預先加以審慎試驗、覆核及證實，並且未用試驗方法確定在什麼條件下及在什麼範圍內可以採用這一武器，則在實際上可能帶來極大的危害。

但不僅是材料的基本性質，例如屈服點、彈性限、彈性模量等等，應該用試驗方法求得。所有關於結構本身的各項假定，在作出各種計算方法時對材料性質的各項假定，都應該用試驗方法加以覆核證實。

當出現一種新而複雜的結構類型，其作用特性尚不能十分確定時，及當採用某些新穎重要的結構細節時，其理論的計算方法，須先在試驗基礎上，加以覆核、證實或修正，然後才能付諸應用。

祇有經過了實驗的覆核這一階段，理論才能夠使人信任。

實驗成為理論的先驅，這也是常常有的；在實驗指出了那些因素是基本的，那些是次要的以後，才有可能在最後徹底的實驗證實下，建立起一種十分牢固的理論。

有時因所設計的結構，尺碼特大，亦不得不假助於實驗。在這些情形下，通常所忽視的次要因素，可能具有重大的意義；計算中所用的數字係數，在普通結構中已有其標準值，而在此或須加以修改；結構本身規模巨大，有時也要求計算的特別審慎。

① M. B. 羅模諾索夫所作“伏爾費揚斯基實驗物理學”的序文，1746年。

在實驗室的條件下試驗模型，雖不能用以替代現場試驗，然亦有其優點，這就是有可能縝密地做出所有必須的量度，並消除在試驗及研究實際結構時必然遇到的各種隨帶的、使之複雜的因素。例如在實驗室中試驗梁時，可以將支座做成與鉸接支座相差無幾（具有稜緣形式的支座），而在結構中的梁端裝置，則多少是有些剛性的，並且難於量度其固定程度；試驗桁架及剛架時，可以當作獨立的體系來研究，而在實有結構中，這些架構是覆蓋物及骨架的組成部分，與其他部件共同發生作用，餘可類推。在實驗室的條件下，我們可以在試驗過程中，逐漸變更所試驗的結構。例如，增加幾個附加支座，截斷或相反地固定某些桿件，變更截面面積，給各支座加以人爲的沉陷，等等。在實驗室的條件下，不難改變荷載的量值、方向、位置、及其旋力的特性；亦容易引入振動狀態，研究模型的振動，及其對於撞擊及振動的抗力。最後在實驗室的條件下，可以將試驗模型引到毀壞，這對於建築力學具有重要的意義；但在尋常條件下，只在特別需要時，才作這種試驗。

實驗室方法中還有研究應力的光學方法，讀者在“材料力學”教程中就已知道。這個方法在一個透明的模型中，明白顯示應力如何分佈的圖畫，是計算理論的一個重要輔助工具。在蘇聯，它已得到了廣泛的應用。

應該根據縮小模型所作的試驗，作出關於較大尺度相似體系的結論，即關於應力、形變、結構的自然振動及受迫振動等等的結論。在這些情形中，與尺度理論有關的模型製作及機械相似性的理論，能夠有所幫助。

這些理論使我們能夠建立一些條件，使在模型及與之相當的原件間，發生彼此相似的現象，並且若已知這兩個對象間線尺度、彈性特性、比重、荷載大小等等的關係，就可求得其相似性係數。^①

① 參閱 M. B. 季爾比且夫院士著“製作模型的理論”見技術物理學雜誌第四卷第三期，1934 年出版；C. T. 列尼茲基著“由透明模型中的應力轉換至實有細節中的應力”，見“決定應力的實驗方法”彙編，1935 年出版；Л. И. 謝多夫著“力學中尺度理論及相似理論的方法”，1944 年出版。

試驗一個實有的結構，與實驗室的試驗不同，無論結構怎樣複雜，它可以按照其實際作用情況，來確定應力及變形的真確分佈。這就是所謂“原件”試驗的優點。可是，如何分析試驗結果，以及如何闡明參與該結構全部工作的各個個別因素的作用與影響，常常是極為困難的。

現代的量度技術，尤其是專門的電氣量度儀器，對於結構功用及模型功用的研究者，提供了豐富的可能性。自動儀器可以量度極微的伸長量，縮短量、角變、撓度、及其他位移，並且可用極大的比例尺紀錄下來。這種紀錄可在遠離量度的地方進行，並且可以同時紀錄許多儀器的讀數。現在有可能來紀錄各種頻率，直至極高頻率的機械振動，將其瞬息進行的過程，予以照像並固定，等等。

用以試驗建築物及其桿件的現代強有力的壓力機以及其他設備，可以傳達巨大應力，並試驗柱、大截面桿件、以及整個結構的巨大模型，直至最後毀壞。

在大塊的砼結構（例如壩），由於其硬化的過程以及由於外面空氣的溫度，發生不平衡的加熱，為了測定因此發生的應力，可於建築時，在大塊本體中，埋置若干熱電儀器，並使永留於其中。這些儀器的讀數可於任何時間在一個配電盤上讀得^①。

最後，當處理及分析儀器讀數時，在許多情形下，可利用蘇聯科學院所創製的數學算解機以及可以自動積分許多種偏微分方程——其中包括一些彈性理論及建築力學方程^②——的儀器。

結構及其模型在實驗上的研究——橋梁、堤壩、工業及民用房屋結構，以及吊機、船舶、蓄水庫、塔架等等——在蘇聯正在大規模地進行着，使建築力學得有豐富的資料，用以覆核、確定，並進一步地發展其結論。

① 德涅泊河壩的試驗，第一編，試驗的設置，結構文獻主編者 Ю. А. 尼林傑爾教授主編。

② 參閱，例如 Л. И. 古登馬黑耳著“電製模型”，蘇聯科學院 1948 年出版；Н. М. 結知里巴烏姆著“建築力學的動力學問題中彈性體系的電製模型，”見“機械零件的強度提高”彙編，蘇聯科學院 1949 年出版。

§3 十九及二十兩世紀中的建築力學

構成現代建築力學內容的材料，與理論力學的基本原理，同時開始聚集起來。故建築力學史的第一時代，一般是與力學史溶合為一。

祇是到了十九世紀的前半世紀，建築結構的計算才分裂成為一門特殊科學。當時，正在發展的資本主義需要各種各樣的工程結構，從其複雜性及投資方面來看，是放在大規模建設的第一位的：即橋梁、廠房、工業展覽大廈、堤壩、運河、高煙囪、舉重機、船舶等等。

爲了設計這些結構，需要有經過特殊訓練的工程師，而爲了這樣，也必須在特殊的指導及教科書中，挑選出建築力學中基本問題的整體。同時必須大大地增加高等技術學校，並在其中設置建築專業。

由於鐵路的出現，對建築力學提出了特別重要的要求。從上世紀的三十年代起，建造鐵路橋梁成為工程建設領域中最複雜部分之一，而且這些技術問題的複雜性，正在與年俱增。H. C. 斯特利列茲基教授寫道^①：“決不能說，橋梁建築技術，至少在歐洲方面，是已經準備好了來解決現實生活所向其突然提出的新問題。”從我們方面看來，將更添入下面的說法：即不僅在構造方面，並且在計算方面，橋梁建築都還沒有準備好。

當時有必要來發現金屬桁架的新而合理的體系，並且找出它們的計算方法，這些方法當時是不存在的。當時，資本主義工業所關心的是爭取銷售市場，它要求加強鐵路建設，並擴大其運輸量。它要求在橋梁上能通行越來越重的機車及列車，並且要用高速度駛過。這時必須考慮一些承受可動荷載的複雜體系，這些可動荷載由許多集中力所組成。除了考慮荷載的靜力作用外，還必須考慮其動力作用。由於航運的發展，以及由於在流速很大的深水河道中和在軟弱土壤上建築支座的昂貴，促使橋跨大為增長。橋跨的費用必須減至最低，而爲了這樣做，

^① “一百年來的鐵路橋梁”論文，見“鐵路的一個世紀”彙編，莫斯科，1925年出版。

就必須利用計算方法，來找出最輕的桁架。這些就是現實生活向建築力學所提出的要求。

上世紀的四十年代中，雖然在橋梁建築中已經採用了大量的桁架，但歐美建築力學還是遠遠地落後於現實生活的要求。如著名的俄國橋梁建築工程師 Д. И. 茹拉夫斯基^①（1821年11月17日至1891年11月18日）所說：“美國工程師郎氏及奧國工程師解格氏所寫的文章，完全沒有給出關於組合梁（他這樣稱呼桁架）各部分中應力怎樣分佈的概念。”

應當引以自豪地指出，在上世紀的四十年代及五十年代的初期，首先並且唯一建立起橋梁桁架的計算理論者，就是 Д. И. 茹拉夫斯基。

1842年他開始他的工程事業，設計彼得堡——莫斯科鐵路的橋梁。他在二十一歲的時候，懷着思想上非常的獨立性與勇敢性，駁斥了美英法等國公認為權威者的錯誤見解，獨自擔負起創立計算斜桿桁架的理論，以及用實驗來校核他自己理論上結論的工作。十年之中，他在這一方面做出了很多成就，使得國外的科學遠遠地落在其後，並且有很多發現，直到現在，也就是經過一百年之後，還沒有喪失其意義。在他的許多發現之中，可以順便提出這一點，那就是他光輝地發現了撓曲梁中存在有軸向剪應力，並導出了它的公式。由於茹拉夫斯基的研究，俄國建築力學在橋梁計算方面，當時是首屈一指的。他在桁架理論方面所做的工作，將在下文詳述。

在十九世紀的後半世紀中，建築技術仍在繼續改進，並且沿着要求建築力學不斷發展的方向前進。鉚接金屬結構的採用範圍大大地擴展了：即鐵路及普通道路的橋梁，工廠房屋的構架，連同其柱子、桁架、負荷吊機的梁；承受重載的各種體系的吊機；蓄水庫、瓦斯槽、支架、壩閘、船殼等等。這時發生了橋跨結構中抗風及抗軋聯結系的計算問題，這

^① 交通工程兵團中校茹拉夫斯基獲得全部捷米多夫獎金的論文“關於豪威斜桿體系的橋梁”，聖彼得堡，1856年。