

高等學校教學用書

材料力學

建築力學教程第二部分

С. Н. НИКИФОРОВ 著

北京市建築專科學校力學教研組
沈 參 璜 等 譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



材 料 力 學

建築力學教程第二部分

C. H. 尼基法洛夫 著

北京市建築專科學校力學教研組

沈 參 璜 等 譯

高等教育出版社

本書根據蘇聯國立建築書籍出版社（Государственное архитектурное издательство）出版的尼基法洛夫（С. Н. Никифоров）教授著的“建築力學教程”（包括理論力學、材料力學和結構力學）的第二部份“材料力學”（Сопротивление материалов）1948年版翻譯。原書經蘇聯部長會議建築專業委員會教育處同意作為建築藝術學院（Архитектурный институт）的教科書，因此，對一般專業不甚適宜。

參加本書翻譯工作的為北京市建築專科學校力學教研組趙超燮（序言、第三、十章），陸鳳鳴（第一、二章、和七章的前半章），李立（第四、八章），王碩克（第六章），沈參璜（第七章的後半章、第九章），其中第五章係共同翻譯；擔任初校者為李德（序言、第一、二、三、四、五章），沈參璜（第四章），陸鳳鳴（第八、九、十章），趙超燮（第六、七章）；全書由趙超燮擔任複校，並由沈參璜、李立、趙超燮共同校閱。

材 料 力 學

建築力學教程第二部分 書號29(課27)

尼 基 法 洛 夫 著

北京市建築專科學校力學教研組沈參璜等譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 珠 璣 廠 一 七 〇 號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

新 華 書 店 總 經 售

京 華 印 書 局 印 刷

北 京 南 新 華 街 甲 三 七 號

開本850×1092 1/28 印張8 11/14 字數198,000

一九五四年六月北京第一版

印數1—5,000

一九五四年六月北京第一次印刷

定價¥13,000

序 言

在建築力學方面，過去曾經出版了許多優良的教科書和參考書。然而，這些書籍主要是供給結構專業的大學生或中等技術學校學生使用的。到目前為止，還沒有一本適合於建築學院和建築系的教學大綱的教科書。本書出版的目的是要彌補這個現有的缺點。

本書共分三部份：理論力學、材料力學和結構靜力學。敘述理論力學的這一部份所以要包括在本書內，這是因為在建築學院和建築系中，這一門學科不是獨立的課程，而是在學習材料力學和結構靜力學時，作為一種輔助性的課程來研究的。

未來的建築師，按照業務的範圍來說，未必需要直接從事結構方面的設計和計算。可是無疑地，他們一定要選擇結構的簡圖，並且要確定建築及其構件的一般尺寸。因此，在本書裏除去敘述計算理論的基本原理之外，還着重地敘述近似的計算方法，因為在具有建築設計草圖的情況下，這種方法是便於預先決定尺寸的。

本書是由莫斯科建築學院建築力學教研室的全體教師共同編寫的，基本上符合教學大綱的要求，並符合這一課程在總的教學計劃中所應佔的比重。

本書的各個部份是由下列同志編寫的：理論力學——В. Ф. 托奇斯基副教授(В. Ф. Точиский)，材料力學——С. Н. 尼基法洛夫教授(С. Н. Никифоров)，結構靜力學的第一章至第四章——Д. П. 巴謝夫斯基副教授(Д. П. Пашевский)，其餘各章由 Б. Н. 日莫契金教授(Б. Н. Жемочин)編寫。全書由 Б. Н. 日莫契金教授總編輯。

編寫建築力學方面綜合性的教科書，事實上這是第一次的嘗試，這本書或許能符合建築學院學生的要求。當然本書在講敘方法及其他方

面不可能是沒有缺點的，我們誠懇地接受讀者的各種意見和建議，並將在再版時加以考慮。

材料力學這門科學已有很悠久的歷史。伽利略在公元 1638 年出版的一本書中，第一次科學地提出了關於用計算的方法來確定梁和一般建築物各個構件尺寸的問題。在十七和十八世紀由虎克(Гук)、馬利奧脫(Мариотт)、別努利(Бернулли)、歐拉(Эйлер)、庫倫(Кулон)、揚格(Юнг)等繼續研究了這門科學。他們曾經為這門科學打下了基礎。十九世紀中又作了進一步的研討。俄羅斯學者——工程師 Д. И. 茹拉夫斯基(Д. И. Журавский)、Ф. С. 雅西斯基(Ф. С. Яснский)、В. Л. 基爾皮切夫(В. Л. Кирпичев)、Н. А. 別列留勃斯基(Н. А. Белелюбский)等，積極參加了這一時期的研究工作。

二十世紀初，鋼筋混凝土的出現提出了許多新的問題，並使材料力學增添了許多新的篇幅。在蘇聯，由於國家工業化和許多新的工廠的建立，對於材料力學進一步的發展給予特別有力的鼓勵。在材料力學方面湧現出許許多多天才的蘇維埃學者，他們的著作是具有全世界意義的。

目 錄

序言	i
第一章 基本概念	1
§ 1 材料力學的任務·變形的概念	1
§ 2 基本構件和基本構件的結合	2
§ 3 外力和內力·斷面法·材料力學問題的三個方面	4
§ 4 應力的概念	6
§ 5 桿件受力的各種形式	7
第二章 直桿的拉伸和壓縮	9
§ 6 拉伸應力	9
§ 7 總伸長和相對伸長·虎克定律·泊松係數	10
§ 8 容許應力·安全係數·拉伸的例題	13
§ 9 毛截面面積和淨截面面積·孔旁的應力集中	15
§ 10 鋼的拉伸試驗·塑性和脆性材料的拉伸圖	17
§ 11 壓縮	20
§ 12 擠壓	23
§ 13 簡單桁架的計算	24
§ 14 習題	30
第三章 斜面上的應力 剪切	31
§ 15 拉伸和壓縮時斜面上的應力	31
§ 16 剪應力互等定律	34
§ 17 剪切·剪應力	35
§ 18 剪切變形和剪切虎克定律· G , E 和 μ 之間的關係	37
§ 19 鉚接·例題	39
§ 20 銲接·例題	45
§ 21 榫接計算·例題	52

§ 22 習題	55
第四章 直梁的彎曲、外力及截面內力	55
§ 23 問題的提出·荷載	55
§ 24 支座和支座反力	57
§ 25 彎矩和剪力的概念	60
§ 26 彎矩圖和剪力圖·例題	61
§ 27 截面內彎矩、剪力和荷載強度間的關係	68
§ 28 繪製彎矩圖和剪力圖的例題	70
A 一端固定另一端自由的梁	70
B 懸臂梁	72
B 承受較複雜荷載的梁	74
§ 29 用力作用疊加法繪製彎矩圖和剪力圖	77
§ 30 繪製 M 和 Q 圖的圖解法	78
§ 31 習題	82
第五章 彎曲應力	83
§ 32 梁截面形狀·面積靜力矩·截面重心	83
§ 33 平面圖形的慣性矩	85
§ 34 彎曲時的法向應力	89
§ 35 梁的各種計算情況	95
§ 36 彎曲時的剪應力	97
§ 37 梁的計算例題	100
§ 38 彎曲時的主應力	102
§ 39 驗算梁內主應力的例題	106
§ 40 梁的極限荷載	108
§ 41 習題	111
第六章 直梁的彎曲軸線	112
§ 42 彎曲軸線微分方程式	112
§ 43 梁的彎曲軸線微分方程式的直接積分法	114
§ 44 求梁的撓度和傾角的圖解分析法	117
§ 45 圖解分析法求撓度和傾角的例題	120

§ 46	繪製彎曲軸線的圖解法	123
§ 47	習題	125
第七章	靜不定梁	126
§ 48	靜不定梁的概念·輔助問題	126
§ 49	有一個多餘未知數的靜不定梁	129
§ 50	簡單靜不定梁的計算例題	132
§ 51	多跨梁	135
§ 52	三力矩方程式	137
§ 53	多跨梁的彎矩、剪力和支座反力的求法	141
§ 54	連續梁的計算例題	142
§ 55	一跨內有荷載·固定點的概念	148
§ 56	固定點的圖解法	153
§ 57	荷載跨內兩端的支座力矩	155
§ 58	M 和 Q 範圍圖的作法	159
§ 59	習題	161
第八章	扭轉的基本概念	163
§ 60	現象的本質·圓桿件的扭轉	163
§ 61	扭轉角的求法·扭轉的例題	167
§ 62	矩形截面桿件扭轉的概念	169
第九章	組合強度	170
§ 63	慣性主軸的概念	170
§ 64	慣性積的概念	171
§ 65	慣性主軸和主慣性矩的求法	173
§ 66	慣性半徑的概念	176
§ 67	不對稱截面梁的平面彎曲的一般概念	177
§ 68	斜向彎曲	178
§ 69	拉伸或彎曲或壓縮和彎曲同時作用	183
§ 70	偏心壓縮	186
§ 71	組合強度的一般情況	189
§ 72	零線位置的求法	192

§ 73 力作用點與零線間的關係	194
§ 74 截面核心	195
§ 75 習題	197
第十章 縱向彎曲	199
§ 76 穩定性的概念·臨界力的概念	199
§ 77 在材料彈性極限內臨界力的求法·歐拉公式	202
§ 78 各種柱端情形下的歐拉公式	205
§ 79 從臨界力求容許應力·在材料彈性極限內的縱向彎曲,係數 φ 表	208
§ 80 縱向彎曲柱子的計算例題	211
§ 81 縱向彎曲比較複雜的情況	216
§ 82 習題	218
附錄	220
華俄名詞對照表	225
俄華名詞對照表	230

材 料 力 學

(建築力學教程第二部分)

第一章 基本概念

§ 1 材料力學的任務·變形的概念

建築師在設計和建造每一個建築物時，必須儘量使這建築物更好地與它本身的用途相符合，也就是要使用方便、要美觀，此外，還要造得堅固、經濟。

爲了達到堅固的目的，自然希望增加建築物各個構件的截面尺寸，例如把柱子做得粗些，梁做得大些等等，另一方面，爲了節省材料與資金起見，相反地，必須儘量減小柱子和梁的截面尺寸。但是總可以求出最合理的解答，就是選出一些尺寸既能保證堅固又不致有多餘的安全度，也就是說，從而遵守了經濟的條件。正因爲要做到這一點（同時保證堅固和保持經濟），所以就必須學習材料力學。

研究材料力學的程序大致歸納如下。我們求出了作用在建築物某一部分上的外力，根據外力確定發生在物體內部各個微粒間的內力分佈規律。然後選定建築物中所研究的構件尺寸，同時構件的內力不能損害物體各個微粒間的聯結，以免因此引起整個建築物的破壞。

材料力學的主要內容是確定建築物構件的內力並根據構件內力選擇可靠尺寸的各種方法的綜合。

材料力學是用理論的方法得出計算公式，然後再用實驗的方法在實驗室裏加以覆核。所以，材料力學包括理論部分和實驗部分。

材料力學與理論力學(與靜力學)有許多共同的地方。其實,這兩門學科都是研究建築物構件上力(荷載)的作用的。然而,和理論力學比起來,材料力學中問題的最大特點是:材料力學還要考慮在荷載作用下物體形狀上所發生微小的變化。這種形狀上的變化叫做變形。

變形可分為兩種:彈性變形和永久變形或殘留變形。

假如,物體的變形是由於荷載引起的,而當這些荷載作用中止後,變形就能完全消失,這種變形叫做彈性變形。

如果荷載作用中止後,變形仍然殘留的叫做殘留變形。

變形的性質根據力的數值而變化。假如引起某一變形的荷載或力,在數值上不超過某一極限,那末就發生彈性變形;假如這力的數值超過了這一極限,那末除了彈性變形以外還有殘留變形。

可用實例來解釋這個現象。設一梁擱置在支座 A 、 B 上,承受荷載 P (圖 1)。在這荷載作用下梁有些彎曲——下垂,而變為圖上虛線表示的位置。

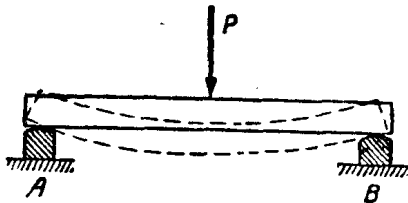


圖 1

假如荷載 P 不大,在荷載移去後,梁又重新伸直而回到原來的形狀。那末,在這種情況下發生彈性變形。假如荷載超過了某一極限,則在荷載移去後,梁不能伸直回到原來的位置,即在梁內留下微小的

彎曲,發生殘留變形。

照例,建築物中祇能容許彈性變形。其實,假如建築物在荷載移去後完全恢復原來的形狀,即可斷定荷載的影響並沒有留下有害的痕跡,建築物可以承受這種荷載許多次數,而對於它的堅固性不必有任何顧慮。

§ 2 基本構件和基本構件的結合

一切固體按它們的形狀可以分為下列三類:

1. 物體的一個尺寸(長度)大於另外兩個(橫向的)尺寸;這種物體叫做桿件。

2. 物體的兩個尺寸大於第三個尺寸(厚度);假如這物體是用兩個平行平面構成的叫做板或薄板(以其厚度來決定);假如這物體是兩個曲面構成的就叫做殼體。

3. 物體三個尺寸的數值都是一樣的,例如房屋和機器的大塊基礎、橋墩等等。

材料力學中主要是研究直桿,因為在實際建築中,它的用途最廣泛,此外,研究直桿能認識到許多其他比較複雜的情形。最常見的是兩種桿件——桿和梁。

桿 直軸的細桿件叫做桿。由於桿的厚度較小,桿能很好地承受拉力或壓力^①的作用(圖 2, a)。

梁 橫置在幾個支座上相當粗大的桿件通常叫做梁,在梁上作用有垂直於或傾斜於梁軸的力(圖 2, b)。

由幾個桿件結合而成單獨的桿件,在實際建築中也常遇到。

用鉸互相連接起來的桿組成一種幾何不變的體系叫做桁架。

桁架的桿只承受拉力或壓力。當桁架變形時,結點移動,但所有的桿仍然保持直線。圖 3, a 為一受荷載的屋架,虛線表示在屋架變形後結點和桿的位置。

結點上互相剛接,而組成幾何不變的體系叫做剛架。當剛架變形時,各個構件發生彎曲,但在結點上構件間角度的原來數值並不改變。圖 3, b 為一受荷載的剛架,虛線表示同一剛架變形後的形狀。

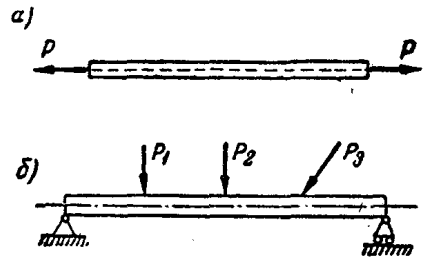


圖 2

① 細長桿受壓時,需要考慮到桿的穩定性,所以載荷能力是有限制的。關於穩定性問題將在第十章中來研究。——譯者註。

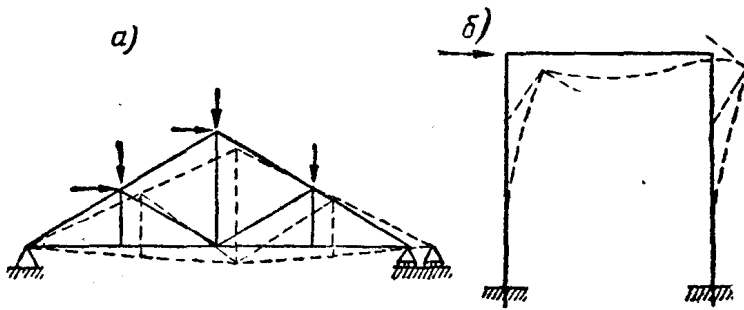


圖 3

上面已經說過，在材料力學中祇是研究直桿，至於曲桿(拱)、桁架和剛架則在結構靜力學裏研究。

§ 3 外力和內力·斷面法·材料力學問題的三個方面

以下所討論的是指均質物體而言，也就是這種物體所有的點上具有同樣的彈性性質。

此外，我們運用一種物體的組織非常緊密的假設，即認為物體的整個體積完全充滿了物質。現在大家都知道，在實際上物質並不完全充滿整個物體，而是由相互分離的各個極小的微粒組成，其間具有相互作用的力。但是我們還是應用以上的假設，因為這種假設，非常便於討論並且便於作出與實驗非常符合的結論。

所有在桿件上作用的力可以分為兩種：外力和內力。

作用於桿件的荷載和這些荷載引起的支座反力都叫做外力，在外力的作用下，桿件內部發生內力，即桿件的各個微粒間相互作用的力。研究內力時，應用一種特別的方法，所謂斷面法。斷面法的要點歸納如下：

設有幾個力作用在物體上(圖 4, a)。其中幾個力，例如 P_1, P_2, P_3, P_4 ，——外面已知的荷載，另外兩個，例如 P_5 和 P_6 ，——支座的反力。在圖上沒有畫出支座。物體在這些力的作用下保持平衡。

同時在物體內各個微粒間發生內力。爲了求出在物體內任何地方的內力，我們要順序地完成下述的四個步驟。

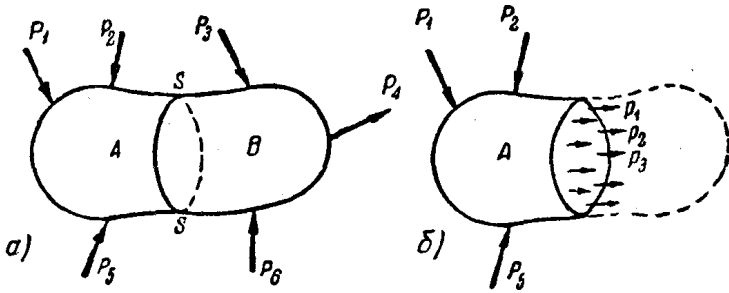


圖 4

1. 在我們想要確定內力的面上，假想用一曲面或平面截斷這個已知物體。假設在圖上用 $S-S$ 線代表這個面。同時物體被分割成 A 、 B 兩個部分。

2. 移去一部分，例如右邊部分 B 。那麼留下的左邊部分 A 在一般情況下將不平衡。祇有在極其個別的情況下才能得到平衡。

3. 用力來代替移去部分的作用。

這便是分佈在整個截面(圖 4, b)上的力 p_1, p_2, p_3, \dots ，因為這些力應當作用於我們所截取斷面上的每一個點上。

4. 現在我們把左邊部分的平衡條件寫出來。

在力量作用於一個平面內的情況下，可有三個平衡條件：

$$\sum X=0; \quad \sum Y=0; \quad \sum M=0. \quad (1)$$

在這種一般的形狀下，問題不可能完全解答，因為未知的內力具有無限的個數，而確定它們的方程式祇有三個。

爲了澈底解決這個問題，必須考慮由於荷載作用而產生的變形，確定變形的性質以後，可以判斷截面上內力的分佈。

確定了內力分佈定律後，再回頭來看平衡方程式，因為有了這個定律，平衡方程式才能有澈底解決的可能。

所以要完滿地解答關於內力的問題，必須順序地研究問題的三個方面：

1. 靜力學方面，即研究物體各部分的平衡方程式；
2. 幾何學方面，即研究物體的變形；
3. 物理學方面，即從變形去求內力——按照變形性質確定內力分佈定律。

§ 4 應力的概念

上面已經指出內力不是集中的：它們分佈在整個截面上，即作用在截面的每一點上。

現在我們談談怎樣計量內力的數值。

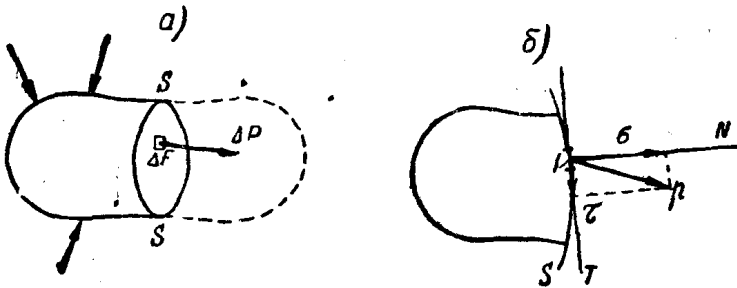


圖 5

在截面 $S-S$ 上 (圖 5, a), 切出一個非常微小的面積 ΔF 。假設作用在這面積上的內力的總和為 ΔP 。可寫成比例：

$$\frac{\Delta P}{\Delta F}$$

並且當 ΔF 趨近於零的時候，達到極限。這個比例的極限叫做應力：

$$\lim \frac{\Delta P}{\Delta F} = \frac{dP}{dF} = p.$$

可以換句話說，應力就是表示截面上某一點周圍的一定面積上的內力強度。

假如內力均勻地分佈在截面上，或者從一點到另外一點逐漸變化，沒有突變，那麼可以用最小數值的面積——單位面積——來代替非常微小的面積。在這種情況下，應力就等於發生在單位面積上的內力。

在建築的實際應用中，力用公斤 (kg) 作單位，而面積用平方公分 (cm^2) 作單位。那末應力的單位是 kg/cm^2 。

現在從上面所研究的物體的斷面上取一單位面積 (圖5,6)。發生在這面積上力的總和就是應力 p 。在一般情況下這力與面傾斜。

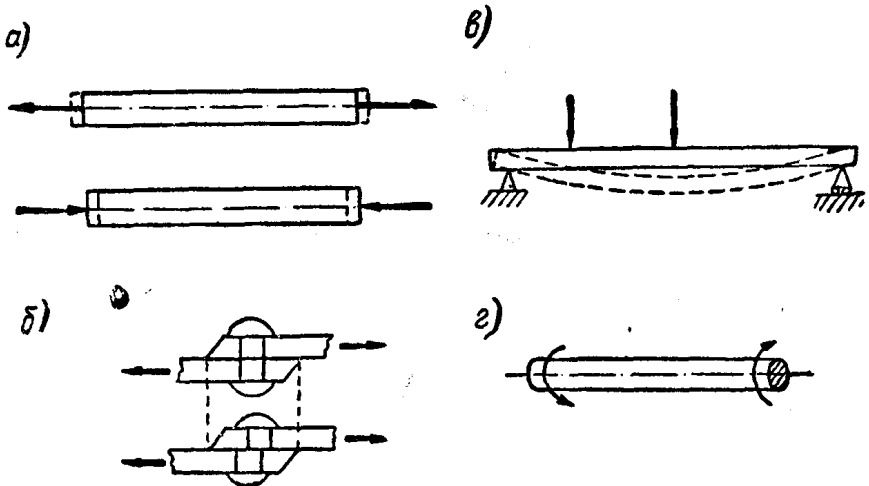
在這面上作法線 N 和切線 T 。將 p 分爲兩個分力：與面垂直的 σ 和相切的 τ 。

量值 σ 叫做法向應力， τ ——剪應力。

法向應力儘量要使桿件的一部分和另外一部分脫離，而剪應力則儘量要使桿件的一部分對另外一部分滑移。

§ 5 桿件受力的各種形式

作用在桿件上的力能在桿件上引起：1) 拉伸或壓縮，2) 剪切，3) 彎曲，4) 扭轉。



拉伸或壓縮——力順着直桿的軸線方向作用的時候，就發生拉伸或壓縮；所以在桿件上引起拉伸或者是壓縮，都由力的方向來決定（圖 6, a）。當拉伸時桿件就伸長了，而壓縮時桿件就縮短了，但是它的軸線仍然是直的。

剪切——作用在桿件上的力儘量要使桿件的一部分對另外一部分滑移的時候，就發生剪切。

圖 6, b, 表示一個鉚釘，它受到作用力以後便能夠斷開，同時鉚釘的上部對下部發生滑動，正如該圖下面的圖形中所表示的一樣。

彎曲——最常見的彎曲是發生在所有外力在通過桿軸的一個平面內，而力的方向又垂直於桿軸的情況下（圖 6, c）。彎曲的時候，桿軸就

發生彎曲。

扭轉——當一力偶作用在桿件上，而這力偶又在垂直於桿軸的平面內的時候，就發生扭轉。

以上列舉的四種形式是力作用在桿件上的基本的形式。

在桿件內常常同時發生數種作用力的基本形式。

常見的有這樣幾種情況：

a) 斜向彎曲或同時在兩個對稱截面平面上的彎曲；例如，桿件可能在垂直面和水平面上同時彎曲（圖 7, a）；

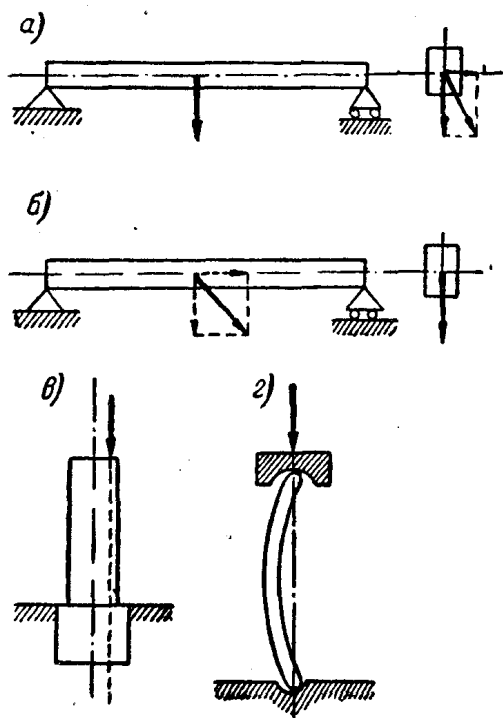


圖 7