

弹性地基

В. И. 庫茨涅佐夫 著

2
72
建筑工程出版社

彈 性 地 基

張行健 譯

建 筑 工 程 出 版 社 出 版

• 1959 •

內容提要 本书研究設置在連續彈性地基上及处于靜力荷載作用下的梁、板和剛架的計算問題。当解答与此有关的問題时,批判地利用了彈性半无限体法,对于許多工程上的实际应用还批判地利用了直綫比例假說。

本书供設計工程师,科学工作者及研究生之用。

原本說明

书 名 УПРУГОЕ ОСНОВАНИЕ

作 者 В. И. Кузнецов

出版者 Государственное издательство литературы по
строительству и архитектуре

出版地点 及 年 份 Москва—1952

彈 性 地 基

張行健 譯

1959年1月第1版 1959年1月第1次印刷 2,560册

850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 220千字 • 印張 $9\frac{15}{16}$ • 定价 (10) 1.65元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 860

建筑工程出版社出版 (北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目 录

序 言	6
第一章 設置在弹性地基上的工程建筑物	
計算理論的发展	8
緒 論	8
第1节 根据直綫比例假說計算設置在弹性地基上的梁	11
第2节 不按比例的假說計算設置在弹性地基上的梁	17
第二章 按直綫比例假說計算設置在弹性地基上的梁	
(原始參变数法)	24
第1节 布舍萊夫斯基教授的原始參变数法	24
第2节 計算剪力对梁变形的影响	27
第3节 地基系数沿梁长度变化时的情况	29
第4节 具有慣性力矩的阶形变切面梁	31
第5节 梁的特殊計算情况	32
第6节 計算例題	34
第7节 分布荷載的計算	47
第三章 按非直綫比例假說計算弹性地基上的建筑物	50
緒 論	50
第1节 帕勞克托尔教授法	51
第2节 减函数法	56
第四章 法向橫压应力影响的估計	71
第1节 在各种类型荷載下,正交于梁底面	
应力公式的导出	71
第2节 法向橫压应力对設置在弹性地基	
上的梁之弯曲影响的估計	85
第3节 当地基沉陷等于单位1时,其反力值的估計	88
第4节 絕對刚性地基上长的弹性梁的計算	91

第五章 各向同性弹性半无限体的方法	100
第1节 反力分布与地基变形間的关系	100
第2节 按照弹性半无限体的理論,求設置在連續弹性 地基上的梁的基本关系	101
第3节 法向横压应力影响的考虑	103
第4节 梁中部承受集中力的变形之求法	103
第5节 承荷两对称集中力的梁的位移表达式 (不考虑剪力的影响)	108
第6节 求承荷两集中力的梁的位移,并考虑剪力的作用 ..	111
第7节 确定承受均布荷载梁的位移	115
第8节 确定承受拋物綫形荷载梁的位移	119
第9节 設置在連續弹性地基上 并沿中部承荷集中 力的梁的积分方程式	126
第10节 对于設置在連續弹性地基上并承荷两集中 荷载的梁的积分方程式	128
第11节 对于承受均布荷载梁的积分方程式	132
第12节 对于承受拋物綫形荷载梁的积分方程式	134
第13节 对于設置在弹性地基上的梁組成 积分方程式的一般方法	137
第14节 积分方程式的一般結論	141
第15节 解积分方程式的方法	144
第16节 弹性地基梁按照弹性半无限体的理論的計算例題 ..	152
第17节 数字例題	175
第18节 按照直綫比例假說个别解答的数学根据	184
第六章 弹性半无限体中 刚架的計算	188
第1节 問題的現代情况及問題的提出	188
第2节 刚架計算的平面图	188
第3节 基本方程式的导出	191
第4节 弹性半无限体上无限板的計算	197
第5节 对于各向同性弹性半无限体上的板和梁的平均 沉降值及相似条件	209
第七章 設置在弹性地基上的梁的其他計算方法	217
第1节 費罗年柯-波罗捷奇教授的方法	217

第2节 謝莫奇金教授的方法	231
第3节 承受靜力荷載的彈性半无限体上梁 及板的計算的积分法	241
第八章 設置在彈性地基上的无限长梁的計算	270
第1节 直綫比例假說的利用	270
第2节 連續彈性地基上具有二維度(彈性理論的平面問題) 的无限长梁的計算	271
第3节 在連續彈性地基上具有三維度(空間問題) 的无限长梁的計算	278
附 录	288
参考文献	307
俄中名詞对照表	312

彈 性 地 基

張 行 健 譯

建 筑 工 程 出 版 社 出 版

• 1959 •

內容提要 本书研究設置在連續彈性地基上及处于靜力荷載作用下的梁、板和剛架的計算問題。当解答与此有关的問題时,批判地利用了彈性半无限体法,对于許多工程上的实际应用还批判地利用了直綫比例假說。

本书供設計工程师,科学工作者及研究生之用。

原本說明

书 名 УПРУГОЕ ОСНОВАНИЕ
作 者 В.И. Кузнецов
出 版 者 Государственное издательство литературы по
строительству и архитектуре

出版地点 及 年 份 Москва—1952

彈 性 地 基

張 行 健 譯

1959年1月第1版 1959年1月第1次印刷 2,560册

850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 220千字 • 印張 $9\frac{15}{16}$ • 定价(10) 1.65元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 860

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目 录

序 言	6
第一章 設置在弹性地基上的工程建筑物	
計算理論的发展	8
緒 論	8
第1节 根据直綫比例假說計算設置在弹性地基上的梁	11
第2节 不按比例的假說計算設置在弹性地基上的梁	17
第二章 按直綫比例假說計算設置在弹性地基上的梁	
(原始參变数法)	24
第1节 布舍萊夫斯基教授的原始參变数法	24
第2节 計算剪力对梁变形的影响	27
第3节 地基系数沿梁长度变化时的情况	29
第4节 具有慣性力矩的阶形变切面梁	31
第5节 梁的特殊計算情况	32
第6节 計算例题	34
第7节 分布荷載的計算	47
第三章 按非直綫比例假說計算弹性地基上的建筑物	50
緒 論	50
第1节 帕勞克托尔教授法	51
第2节 减函数法	56
第四章 法向橫压应力影响的估計	71
第1节 在各种类型荷載下,正交于梁底面	
应力公式的导出	71
第2节 法向橫压应力对設置在弹性地基	
上的梁之弯曲影响的估計	85
第3节 当地基沉陷等于单位1时,其反力值的估計	88
第4节 絕對刚性地基上长的弹性梁的計算	91

第五章 各向同性弹性半无限体的方法	100
第1节 反力分布与地基变形間的关系	100
第2节 按照弹性半无限体的理論,求設置在連續弹性 地基上的梁的基本关系	101
第3节 法向横压应力影响的考虑	103
第4节 梁中部承受集中力的变形之求法	103
第5节 承荷两对称集中力的梁的位移表达式 (不考虑剪力的影响)	108
第6节 求承荷两集中力的梁的位移,并考虑剪力的作用 ..	111
第7节 确定承受均布荷载梁的位移	115
第8节 确定承受拋物綫形荷载梁的位移	119
第9节 設置在連續弹性地基上 并沿中部承荷集中 力的梁的积分方程式	126
第10节 对于設置在連續弹性地基上并承荷两集中 荷载的梁的积分方程式	128
第11节 对于承受均布荷载梁的积分方程式	132
第12节 对于承受拋物綫形荷载梁的积分方程式	134
第13节 对于設置在弹性地基上的梁組成 积分方程式的一般方法	137
第14节 积分方程式的一般結論	141
第15节 解积分方程式的方法	144
第16节 弹性地基梁按照弹性半无限体的理論的計算例題 ..	152
第17节 数字例題	175
第18节 按照直綫比例假說个别解答的数学根据	184
第六章 弹性半无限体中 刚架的計算	188
第1节 問題的現代情况及問題的提出	188
第2节 刚架計算的平面图	188
第3节 基本方程式的导出	191
第4节 弹性半无限体上无限板的計算	197
第5节 对于各向同性弹性半无限体上的板和梁的平均 沉陷值及相似条件	209
第七章 設置在弹性地基上的梁的其他計算方法	217
第1节 費罗 年柯-波罗捷奇教授的方法	217

第2节 謝莫奇金教授的方法	231
第3节 承受靜力荷載的彈性半无限体上梁 及板的計算的积分法	241
第八章 設置在彈性地基上的无限长梁的計算	270
第1节 直綫比例假說的利用	270
第2节 連續彈性地基上具有二維度(彈性理論的平面問題) 的无限长梁的計算	271
第3节 在連續彈性地基上具有三維度(空間問題) 的无限长梁的計算	278
附 录	288
参考文献	307
俄中名詞对照表	312

序 言

工程建築物的理論正如科學的其他部門一樣，在蘇聯也不斷的在發展着。這反映出建築工程的巨大規模和布爾什維克的速度，以及反映出蘇聯技術的顯明的先進性。

本書中敘述了現代建築理論的一個部門——設置在彈性地基上的梁、剛架及板的計算。此理論具有很大的實際意義。特別是它能解決許多與設計高層房屋基礎有關的問題；借此理論可計算鐵路的上部構造及隧道襯砌。當設計水閘、船塢以及設計在偉大的共產主義建設中所建造的水工建築物的某些其他構件時多應用此理論。

不可認為此理論僅限於用以計算和土壤（如彈性地基）直接接觸的那些建築物。當設計某些機械製造結構時，在車輛建造中（當設計全金屬車輛的脊形梁時）在金屬結構工業以及在某些其他的部門中，亦可有成效地應用所研究的理論。

計算設置在彈性地基上的梁的理論，可應用的範圍很廣大，這有必要批判地估計此項理論的原始論據。如果以前此理論是以彈性地基的反力和沉陷成直綫比的假說為基礎，則現在這項假說已不能無條件的和絕對的應用。蘇聯學者的工作發現直綫比例的假說至少有兩項嚴重的缺點：

a) 反力和沉陷間的比例係數（所謂“地基係數”）對於該類土壤是與借以產生荷載的承載座的面積有關，亦與荷載的大小有關；

b) 土壤表面不僅在其載荷部分中有位移，如直綫比例假說所要求者，而且亦在周圍部分中有位移。

自然地就有必要去創造新的、較進步及實際的方法來計算設置在彈性地基上的體系。以彈性理論的原則而組成的新方法是根

据下列假定出发的：即梁任何一点的沉陷乃是由梁传至地基的压力的函数，而任何一点的反力与地基变形的性质有关。

可是完全不应根据所述关于直线比例方法的缺点得到结论，以为此法已完全失去其意义；以及在所有的情况中都须用弹性理论的计算方法去代替。再者，尚可指出一系列实际的应用情况，按照直线比例方法的计算是正确的；所得出的结果与按照弹性理论方法的计算结果相吻合（圆柱形贮水池、冰上渡口、脊形梁、铁路車輛等的计算）。

在本著作中批判地简述了各种用以计算设置在弹性地基上的梁的方法，并且特别地列出并发展了弹性半无限体的方法。书中列有利用这些理论的计算结果和以直线比例假说为根据的方法的计算结果的比较。这有益于读者去研究和改进计算方法以及研究与计算中反映建筑物的实际工作条件有关的问题。

必须以特别自豪的心情指出苏联学者在提出和解答有关计算设置在弹性地基上的建筑物的许多问题中的优越地位。此项成就的原因乃是布尔什维克党和苏联政府经常地给予了科学工作者以巨大帮助，以及由于在社会主义国家中创造了在实践中广泛运用科学成就的最有利的条件。

我们的学者在致力于改进计算方法时，在进行实验工作以校核这些方法与建筑物实际工作情况的适应性时，是以约·维·斯大林同志的下列指示为根据：即真正的科学是“……当这些传统趋于陈腐而阻碍它前进时，它尽有胆量和决心来打破旧传统、旧标准和旧原理，而善于建立新传统、新标准和新原理”（约·维·斯大林，在克里姆林宫招待高级学校工作人员时的演说，1938年5月17日）。

第一章 設置在彈性地基上的工程 建築物計算理論的發展^①

緒 論

設置在彈性地基上最簡單類型的梁的計算問題發生于鐵路運輸中關於鐵路軌道上部構造構件的計算問題。其進一步的發展不僅與運輸結構設計問題有關，而且與建築及機械製造計算技術的各種極不相同的問題有關。

此項理論在蘇聯勝利發展的最重要前提是與社會主義建設各項任務有密切的聯繫。蘇聯彈性地基的理論完全反映出社會主義建設的宏偉規模及速度，並已獲得異常迅速的發展，且在世界科學中占有先進的地位。

現在，由於蘇聯研究者的工作，這一個最重要的建築力學部門包括了工程實踐的各項極不相同的問題。它不僅能計算與土壤，（如與彈性地基）有直接接觸的一些建築物，而且亦能研究其工作並不與土壤相關聯的一系列其他相當複雜的結構。

屬於第一種類型的問題為：鐵路軌道上部構造各構件的計算，工業建築物的地基如条形基礎及板的設計，水工結構物、船閘、船塢的地基計算以及高層房屋某些構件的設計與計算。

屬於第二種類型的問題為各種極不相同的建築物、工業建築物的樓蓋、蓄水池、圓屋頂、薄殼、全金屬車輛的脊形梁以及在工業和運輸業中所應用的結構的一系列構件等的計算。

① 第一章“設置在彈性地基上的工程建築物計算理論的發展”系由科學技術博士烏爾邦(И. В. Урбан)教授所寫。

现在首先应熟悉所提出的問題，如图 1 假定設置在連續弹性地基上的梁承荷集中力 P 。在橫坐标为 x 梁的断面中，可确定該断面的豎向位移 $w(x)$ 及作用于梁底的弹性地基反力 $p(x)$ ，此两数值可借梁弯曲的一般微分方程式相联系：

$$EJ \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = -p(x). \quad (1.1)$$

与刚性支座上梁弯曲的理論不同，此处两个数值—— $w(x)$ 及 $p(x)$ ——乃是未知数。因此必須再写一附加方程式，将挠度 $w(x)$ 及地基抵抗反力 $p(x)$ 相联系。如下面所指出的，苏联的研究者建議了相应于此附加方程式

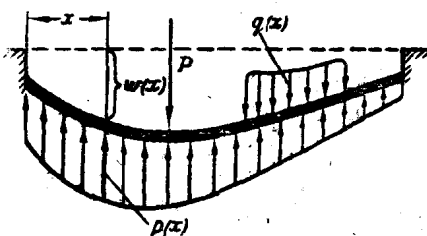


图 1

的各种表达式的一系列計算理論。在所述数值間成直綫比例的最簡單情况中，附加方程式可写成下列形式：

$$p(x) = +cw(x), \quad (1.2)$$

式中 c ——地基系数(介体抗力强度)，以公斤/平方公分計。

微分方程式(1.1)則成为

$$\frac{d^4 w(x)}{dx^4} + 4k^4 w(x) = 0, \quad (1.3)$$

式中

$$k = \sqrt[4]{\frac{c}{4EJ}}.$$

当梁受分布荷載 $q(x)$ 作用的情况时，該方程式将为：

$$\frac{d^4 w(x)}{dx^4} + 4k^4 w(x) = \frac{q(x)}{EJ} = f(x). \quad (1.4)$$

必須指出：当借地基系数在物理方面的反映现象，虽可从数学上求得解答問題的最簡單方法，但仍是理論最弱的一点，因为并非在所有的情况中，都足够完全反映出地基与梁相互作用在实质上

的最复杂的现象。

现以一般数学方法解求所得微分方程式(1.3)及(1.4)。积分方程式(1.3), 則得:

$$w(x) = e^{kx}(C_1 \cos kx + C_2 \sin kx) + e^{-kx}(C_3 \cos kx + C_4 \sin kx). \quad (1.5)$$

对于无限长梁的情况, 此解答則特別簡單; 此时无限长处变形 $w(x)$ 自然应接近于零。則得:

$$C_1 = C_2 = 0.$$

在这种形式中, 此解答在計算一系列的結構中, 特別是計算豎向荷載下的鐵路軌道时, 有实际的应用。

对于計算所謂短梁的情况, 上述理論則完全是另一种情形。这时, 必須利用积分式(1.5)中所有的各項。当梁上有数个荷載段时, 每一段必須有(1.4)型的微分方程式, 以及具有四个积分常数的积分。这些常数的数目等于各段数目的四倍; 所有这些常数都应根据解答表达問題的界限条件的代数方程式联立体系而求得。

但是, 解答的困难极大, 以致在苏联学者未寻出解决此极重要問題較有效的途径前, 对于計算短梁的情况, 此理論未能获得实际的应用。

可以認為: 在过去一世紀中已形成的弹性地基上梁的計算理論基础, 实含有下列两个主要缺点:

- 1) 在非連續荷載下有关短梁的数字計算上的困难
- 2) 附加方程式(1.2)的形式过于簡單, 不能估計本質上較為复杂的物理现象。現較詳細地論及后一缺点。

从方程式(1.3)中可看出, 計算方法是基于利用地基系数值 c , 其值等于地基单位面积上产生单位豎向变形所必須加置的荷載。此数值 c 系从实验中根据观测刚性承載支座在弹性介体中的沉降而确定之。实验指出, 試驗时所用支座的尺寸, 以及荷載的大小影响到 c 的数值甚巨。于是获悉地基系数实为地基刚性不完善的計量标准, 該标准是与实验条件有关。

根据关系式(1.2)亦有另一缺点:由它所繪出沿梁长分布的变形图是不自然的,因为梁的邊緣处地基理論地折断,而在梁的范围外此地基是不变形的。

下列建議較為自然,即一点上的地基反力不仅与該断面的豎向位移有关,亦且与梁所有变形的总合有关。

弹性地基梁的計算理論,由于消除了所指出的問題上最初形成的一些缺点,获得了进一步的发展与改善。这些发展表现在前述的两个方向中:消除与基本微分方程式(1.3)的积分过程有关的缺点,以及改善附加方程式的形式。

第 1 节 根据直綫比例假說計算設置 在彈性地基上的梁①

現研究一些方法,这些方法能在应用呈一般形式方程式(1.3)的积分时,消除与大量积分常数存在有关的困难。

а) 巴斯捷爾納克(П.Л.Пастернак)教授的方法

巴斯捷爾納克教授建議应用內力法的标准形式以研究弹性地基上梁的复杂荷載情况。原則上,計算步驟如下:将梁分为数个部分,每一部分內的荷載具有简单的变化規律(图 2)。

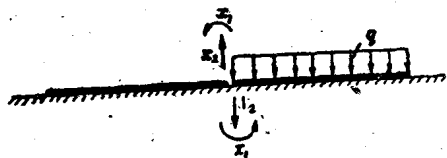


图 2

假定已研究过具有简单荷載規律的短梁的基本情况,以及已知梁末端相应于荷載影响及单位力影响的綫变形和角变形。在断面中作用有內力(力矩及剪力),这些內力取作为贅余的未知数。

知数。

然后再写出并解求一般标准方程式②:

① 建議在計算中引入稱為“地基系數”的比例系數系由俄羅斯院士尼古拉·伊万諾維奇·魯斯(Николай Иванович Русс)在1901年首先提出。

② 米哈依洛夫(К.А. Михайлов), 水利建築物, 科學技術聯合出版社, 1937年; 克萊奇米尔(В.В. Кречмер) 鋼筋混凝土平基礎的計算及設計, 科學技術聯合出版社, 1937年。