

材料力學

沈正功編

兵工署第二十一工廠技工學校印行

5(3)321

129691

3411

~~04576~~

52

34

材料力學

沈正功編

兵工署第二十一工廠技工學校印行

材 料 力 學

(全一冊)

版 權 所 有 翻 印 必 究

編著者

沈

正

功

印刷者

兵工署第十一技工學校印刷所

四 川 江 北 五 里 店

發行所

士 繼 公 學 代 辦 部

民 國 三 十 三 年 五 月
民 國 三 十 三 年 五 月
定 價 元

初 版
發 行

角

材 料 力 學

自 序

本書除講材料力學的一般理論之外，更注重本科在機械工程上的各種應用。在第十三章以前，就基礎事項，詳細說明。曲樑，彈簧，圓筒與中空球，迴轉體，及平板等，既為機械工程上習見的東西，故亦把它們逐一分章說明之。至於簡明的彈性理論及其應用，在第十九章至第二十二章，亦講述一個大概。

幫忙校對及畫圖的人有：雷覺民君，陶基福君，童振佛君，彭海雲君等，茲特分別致謝！

本書係初稿，未妥之處必多，如蒙指正，尤為感激！

民國三十三年三月十日 編者譚其鳳署第二十一工廠技校編輯室

目 錄

第一章 應力與應變

1. 彈性.....	1
2. 荷重.....	1
3. 應力.....	3
4. 應力之分佈.....	3
5. 應剪力.....	4
6. 應變.....	6
7. 應力應變線圖.....	7
8. 虎克氏定律.....	9
9. 伸長.....	10
10. 巴哈與徐萊之指數式.....	11
11. 壓縮試驗.....	13
12. 傾斜應力.....	13
13. 試驗棒之破壞面.....	15
14. 波生比.....	17
15. 伸率及斷面縮率.....	18
16. 應變能.....	18
17. 急劇荷重之影響.....	20
18. 衝擊之影響.....	21
19. 橫彈性係數.....	22
20. 安全率，容許應力.....	22

21. 應剪力的共存.....	33
22. 由剪斷所生的應壓力及應張力.....	35
23. 容積彈性係數.....	36
24. 諸彈性係數互相間的關係.....	37
25. 容許應剪力.....	39
26. 純剪斷.....	41
27. 摘要.....	41

第二章 平面圖形的幾何學的性質

28. 面積的初矩或幾何矩.....	43
29. 以通過中心而在平面內的線爲的面積之幾何矩.....	44
30. 面積之第二矩即轉動慣量.....	45
31. 迴轉半徑.....	45
32. 對通過中心的軸及與此軸平行的軸之轉動慣量的關係.....	46
34. 轉動慣量之數學的決定法.....	47
35. 同平面內力的合成.....	50
36. 轉動慣量的圖解法.....	52
37. 面積的積矩.....	58
38. 主軸的求法.....	59
39. 慣性橢圓.....	60
40. 最大最小轉動慣量.....	62
41. 摘要.....	63

第三章 樑

42. 樑.....	68
43. 剪斷力及彎曲力矩.....	70

44. 樑的變形狀態.....	72
45. 剪斷力線圖及彎曲力矩線圖.....	73
46. 剪斷力及彎曲力矩的圖解法.....	82
47. 荷重，剪斷力及彎曲力矩的關係.....	85
48. 傾斜荷重.....	87
49. 摘要.....	91

第四章 由彎曲所生的應力

58. 純粹彎曲.....	93
51. 假定.....	93
52. 簡單の場合.....	94
53. 一般的場合.....	99
54. 種種的特例檢討.....	103
55. 齒輪的強度.....	114
56. 輪輻的強度.....	116
57. 螺母之高.....	118
58. 均等強度之樑.....	120
59. 車軸.....	124
60. 鑄鐵樑.....	125
61. 鐵筋混凝土樑.....	125
62. 鑄鐵的容許彎曲應力.....	131
63. 橫向破壞係數.....	133
64. 摘要.....	134

第五章 樑的應剪力

65. 剪斷與彎曲.....	135
----------------	-----

66. 在樑的橫斷面上應剪力的方向.....	135
67. 應剪力強度.....	138
68. 應剪力線圖.....	140
69. 組成樑的鉚釘.....	143
70. 摘要.....	145

第六章 樑的彈性線

71. 樑彈性及強度.....	147
72. 彈性線的曲率.....	147
73. 彈性線的傾度，偏轉等.....	148
74. 兩端支持的均等斷面之樑.....	149
75. 均等斷面的肱樑.....	157
76. 不均等斷面樑的偏轉.....	160
77. 彈性線的圖解法.....	166
78. 由剪斷所生的偏轉.....	171
79. 摘要.....	174

第七章 固着樑及連續樑

80. 固着樑.....	175
81. 固着端的反力.....	182
82. 一端支持之肱樑.....	183
83. 分佈荷重之 Clapeyron 氏三點力矩定理.....	187
84. 受分佈荷重作用的連續樑.....	190
85. 固着力矩給與彎曲力矩線圖的影響.....	194
86. 集中荷重的場合之 Clapeyron 氏三點力矩定理.....	197
87. Wilson 氏法.....	202

88. 連續樑的利點及不利點.....	210
89. Gerber氏樑.....	211
90. 摘要.....	212

第八章 樑的彈性能

91. 橫曲率.....	213
92. 樑的彈性能.....	214
93. 由內力所作的功.....	214
94. 自由端受集中荷重作用之均等斷面的弦樑.....	215
95. 均等強度的三角形板樑.....	216
96. 板彈簧.....	217
97. 摘要.....	218

第九章 扭轉

98. 純粹的扭轉.....	219
99. 圓形及圓環斷面.....	219
100. 非圓形斷面.....	221
101. 扭轉彈性能.....	223
102. 彈性界以上的扭轉.....	224
103. 容許應力.....	225
104. 摘要.....	227

第十章 聯力應力

105. 聯力應力.....	229
106. 互成直角的二直角應力.....	230
107. 切面應力與直角應力.....	232

108.	應力橢圓，最大應力.....	236
109.	Mohr 應力圖.....	238
110.	主應變.....	243
111.	彈性的破損.....	244
112.	摘要.....	247

第十一章 伴有拉張或壓縮之彎曲

113.	受縱向拉張的樑.....	249
114.	鋼絲繩強度.....	250
115.	偏心拉張.....	253
116.	偏心推力.....	253
117.	受縱推力的樑.....	256
118.	摘要.....	259

第十二章 柱

119.	屈身.....	261
120.	Euler 氏公式.....	261
121.	Euler 氏公式的使用.....	267
122.	正割公式.....	268
123.	關於柱的諸式.....	271
124.	摘要.....	279

第十三章 受組合應力作用的直棒

125.	應力的組合.....	281
126.	拉伸或推壓與剪斷.....	281
127.	彎曲及剪斷.....	283

128.	彎曲與扭轉.....	288
129.	圓形斷面的動軸.....	289
130.	拉伸或推壓與扭轉.....	290
131.	一端伸出的曲柄臂.....	297
132.	摘要.....	300

第十四章 曲樑

133.	假定.....	301
134.	直角應力.....	301
135.	k 的值.....	307
136.	起重機用鉤.....	317
137.	受推壓的環.....	323
138.	受拉伸的環.....	328
139.	鎖鍊環.....	329
140.	曲樑的軸的變形.....	338
141.	變形後的曲率.....	341
142.	等厚活塞圈.....	341
143.	不等厚的活塞圈.....	343
144.	拱形骨.....	350
145.	兩端以關節連接的拱形骨.....	351
146.	摘要.....	358

第十五章 彈簧

147.	彈簧.....	359
148.	平螺線彈簧.....	359
149.	圓柱螺線彈簧.....	360

150. 圓椎螺旋彈簧.....362
151. 摘要.....364

第十六章 圓筒及中空球

152. 薄肉的圓筒.....365
153. 由於外壓薄肉圓筒的潰壞.....365
154. 厚肉圓筒.....367
155. 內壓的場合.....369
156. 外壓的場合.....370
157. 複圓筒.....374
158. 薄壁中空球.....382
159. 厚壁中空球.....383
160. 摘要.....387

第十七章 迴轉體

161. 迴轉環.....389
162. 迴轉圓板.....389
163. 等厚迴轉圓板.....391
164. 均等強度的迴轉圓板.....395
165. 動力軸的界限速度.....399
166. 摘要.....401

第十八章 平板

167. 圓板.....403
168. 橢圓板.....405
169. 矩形板.....412

170. 摘要.....	414
--------------	-----

彈性學的一般理論

第十九章 應力的一般理論

171. 在一點之應力.....	417
172. 極微小的直角六面體的平衡.....	419
173. 運動中的應力式.....	422
174. 極微小的四面體的平衡.....	423
175. 應力橢圓體.....	425
176. 主應力(1).....	426
177. 主應力(2).....	428
178. 主應力(3).....	430
179. 主應力(4).....	431
180. Mohr氏應力圓.....	433
181. 摘要.....	438

第二十章 應變的一般理論

182. 相對變位.....	439
183. 線應變及剪斷應變.....	439
184. 變形橢圓體.....	442
185. 主應變(1).....	443
186. 主應變(2).....	444
187. 主應變(3).....	446
188. 容積應變.....	447
189. 剪斷應變.....	447

190. 摘要.....	449
--------------	-----

第二十一章 應力與應變的關係

191. 主應力及主應變.....	451
192. 直角應力與線應變.....	452
193. 應剪力與剪斷應變.....	454
194. 彈性學的基本式.....	455
195. 彈性應變能.....	458
196. 摘要.....	459

第二十二章 彈性理論的應用

197. 以偶力彎曲的直棒.....	461
198. 棒的扭轉.....	467
199. 薄平板的彎曲.....	477
200. 摘要.....	492
索引.....	1~14
英漢名詞對照表.....	1~20

第一章

應力與應變

(Stress and Strain)

1. 彈性 (Elasticity)

受力作用亦不變形 (deform) 之物體，謂之剛體 (Rigid body)。實在物體無完全剛體者，若加以外力 (external force)，一般均起變形；當外力增至某種度，遂行破壞。

無外力加諸物體時，普通視為無內力存在以討論之，但事實上一經外力作用，物體分子間即有內力 (internal force) 發生，且各分子間之距離亦起變化，內力一般因外力之增加而增加，故變形亦隨之而增大，直至超過該物質之固有限度 (limit)，分子間之聯絡被斷裂，此物體遂行破壞焉。

然而如於達於物質固有界限之前，漸次減少外力時，變形亦因之而減少。若完全除去外力，其變形有完全消失者，亦有縱不完全消失而僅有一小部變形殘留者。當外力全部除掉變形亦隨之完全消失而復歸原形之場合，此物體謂之完全彈性的 (perfectly elastic)，而此種性質謂之彈性 (Elasticity)，具有彈性之物體謂之彈性體 (Elastic body)。

一般之實在物體為部分的彈性體 (Partially elastic body)。

2. 荷重 (Load)

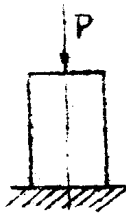
作用於物體之外力，一般名之為荷重 (Load)，因荷重作用之方式不同，而起種種性質互異之變形。茲就簡單場合考慮之。

第1圖中，荷重 P 作用於棒之軸線（axis）上，以拉張之。此時棒之長度增而其粗度減。此種荷重之作用方式，謂之拉張（Tension）。

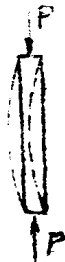
於第2圖，荷重 P 之作用方式，恰與前者相反，壓縮該短而粗之棒，此時棒之長度縮短，直徑增大，此種荷重之作用方式，謂之壓縮（Compression）。



第1圖



第2圖

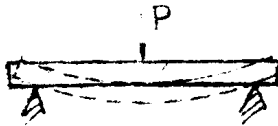


第3圖

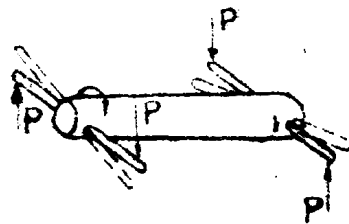


第4圖

特種場合如第3圖所示，為以長度與直徑相比言之，非常細而長者，即柱（pillar column or strut）之場合，經荷重 P 作用而彎曲。此種場合名之為蹺（Buckling）。



第5圖



第6圖

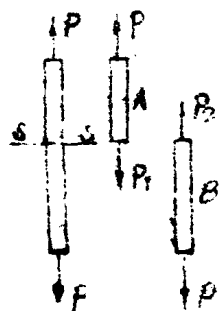
第4圖表示鉚釘之荷重，係以平面切割，使右左部分沿荷重方向滑動，與剪刀剪物相同。此種荷重之作用方式，謂之剪斷（Shear）。

於第5圖，在與軸線垂直方向，加以荷重於兩端支持之樑（beam）時，此樑彎曲成弓形。此種荷重之作用方式，謂之彎曲（Bending）。

如第6圖所示，荷重之作用，為以軸線為軸之偶力，而扭轉此棒。此種荷重之作用方式，謂之**扭轉** (Torsion or Twisting)。

3. 應力 (Stress)

如第7圖所示，研究拉張之場合，如不考慮棒重，則作用於棒之兩端之二外力 P ，必在同一直線上，且大小相等方向相反。



想像與棒之軸線垂直之任意橫斷面 $S-S$ ，而研究其上部 A 之平衡 (equilibrium) 時，為保持 A 之平衡，沿荷重 P 之同一直線，必有一大小相等方向相反 (equal and opposite) 之力 $P_1 (=P)$ 作用於此想像斷面上。取想像面下部 B 而討論時，同樣亦必有與 P 大小相等方向相反的 $P_2 (=P)$ 作用於其斷面上。

故當此棒受荷重 P 作用而保持平衡時，其任意想像

第7圖 斷面 $S-S$ 上必有與荷重 P 大小相等之內力 P_1 及 P_2 ，在反對方向存在。此內力名之為**應力**或**內力** (Stress)。如此場合所示，應力由想像面向外方作用時，特名之為**應張力** (Tensile stress)。於壓縮之場合，考慮之方法雖與此同，惟其內力却從想像斷面向內方作用。此種應力，特名之為**應壓力** (Compressive stress)。

應力一般皆為由外力而起者，應力本身遵照反力 (reaction) 定律，故在一點或一斷面上之應力，與外力大小相等方向相反，實為抵抗材料受外力之破壞而發生，且將外力之作用由作用點向各方傳播於材料之其它部分。

但因冷卻速度之差異，在存在物體內之內力 (initial stress due to different cooling)，及由溫度變化而發生之內力 (temperature stress) 等，與此種因外力所發生之內力，性質不同。

4. 應力之分佈 (Distribution of stress)