

# 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	IV
目 錄 .....	V
表目錄 .....	VII
圖目錄 .....	IX
第一章 緒言 .....	1
第二章 理論推導 .....	4
2.1 基本假設 .....	4
2.2 座標系統 .....	4
2.3 旋轉向量 .....	5
2.4 梁元素之變形描述 .....	6
2.4.1 梁元素形心軸的位移 .....	6
2.4.2 元素座標與元素截面座標之關係 .....	7
2.5 梁元素之位移與應變 .....	9
2.6 平衡方程式及構成方程式 .....	14
第三章 挫屈分析 .....	21
3.1 問題描述 .....	21
3.2 主要平衡路徑的統御方程式及其解法 .....	23
3.3 梁結構之次要平衡路徑 .....	30
3.3.1 擾動後的元素座標及變形參數 .....	30
3.3.2 梁元素在次要平衡路徑之統御方程式 .....	33
3.3.3 擾動位移的級數解 .....	36

3.3.4 梁元素在次要平衡路徑的節點內力 .....	43
3.3.5 梁結構的邊界條件 .....	46
3.4 挫屈負荷 .....	49
第四章 數值例題 .....	51
第五章 結論與展望 .....	56
參考文獻 .....	58
附表 .....	61
附圖 .....	90
附錄 A Green Strain 和工程應變之關係修正 .....	103
附錄 B 梁受不均勻彎矩作用時的主要平衡路徑推導 .....	104
附錄 C 簡支梁受軸向拉力時之主要平衡路徑 .....	109
附錄 D 懸臂梁之主要平衡路徑 .....	111
附錄 E 擾動後的元素座標及節點旋轉參數 .....	112
附錄 F 軸力為壓力時 $\theta_2^0, \varepsilon_0$ 及其微分的級數表示 .....	117
附錄 G 軸力為壓力時 <b>Q, R, S, T</b> 的級數表示 .....	121
附錄 H 軸力為拉力時 $\theta_2^0, \varepsilon_0$ 及其微分的級數表示 .....	129
附錄 I 軸力為拉力時 <b>Q, R, S, T</b> 的級數表示 .....	137
附錄 J 梁元素的節點內力 .....	144
附錄 K 橢圓及 W 型鋼之斷面常數 .....	148
附錄 L 簡支梁和懸臂梁的線性挫屈軸力及彎矩 .....	152

## 表目錄

表一 簡支梁挫屈彎矩 $M_{NB}$ 的收斂分析(斷面 1,BC3).....	61
表二 簡支梁挫屈彎矩 $M_{NB}$ 的收斂分析(斷面 3,BC3).....	62
表三 懸臂梁挫屈彎矩 $M_{NB}$ 的收斂分析(斷面 1,抑制翹曲 ST) .....	63
表四 懸臂梁挫屈彎矩 $M_{NB}$ 的收斂分析(斷面 3,抑制翹曲 ST) .....	64
表五 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 3,L=300 in,BC1).....	65
表六 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 3,L=300 in,BC2).....	66
表七 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 3,L=300 in,BC3).....	67
表八 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 3,L=300 in,BC4).....	68
表九 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 7,L=300 in,BC1).....	69
表十 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 7,L=300 in,BC2).....	70
表十一 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 7,L=300 in,BC3).....	71
表十二 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 7,L=300 in,BC4).....	72
表十三 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 1,L=25 cm,BC1).....	73
表十四 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 1,L=25 cm,BC2).....	74
表十五 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 1,L=25 cm,BC3).....	75
表十六 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 1,L=25 cm,BC4).....	76
表十七 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 2,L=25 cm,BC1).....	77
表十八 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 2,L=25 cm,BC2).....	78
表十九 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 2,L=25 cm,BC3).....	79

表二十 簡支梁之挫屈彎矩 $M_{NB}^{(Pr,\lambda)}$ (斷面 2, L=25 cm, BC4).....	80
表二十一(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (斷面 1, 斷面 2, 抑制翹曲 QT-1) .....	81
表二十一(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (斷面 1, 斷面 2, 自由翹曲 QT-1).....	81
表二十二(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (斷面 1, 斷面 2, 抑制翹曲 QT-2) .....	82
表二十二(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (斷面 1, 斷面 2, 自由翹曲 QT-2).....	82
表二十三(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (斷面 1, 斷面 2, 抑制翹曲 ST).....	83
表二十三(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (斷面 1, 斷面 2, 自由翹曲 ST).....	83
表二十四(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=300in, 抑制翹曲 QT-1).....	84
表二十四(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=600in, 抑制翹曲 QT-1) ....	84
表二十五(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=300in, 抑制翹曲 QT-2).....	85
表二十五(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=600in, 抑制翹曲 QT-2).....	85
表二十六(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=300in, 抑制翹曲 ST).....	86
表二十六(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=600in, 抑制翹曲 ST).....	86
表二十七(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=300in, 自由翹曲 QT-1).....	87
表二十七(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=600in, 自由翹曲 QT-1) ....	87
表二十八(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=300in, 自由翹曲 QT-2).....	88
表二十八(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=600in, 自由翹曲 QT-2) ....	88
表二十九(a) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=300in, 自由翹曲 ST).....	89
表二十九(b) 懸臂梁挫屈彎矩 $M_B$ (W 斷面 L=600in, 自由翹曲 ST).....	89

## 圖目錄

圖一 元素座標與元素截面座標.....	90
圖二 旋轉向量.....	91
圖三 作用於梁元素中任一小斷的端點負荷.....	92
圖四 簡支梁兩端承受彎矩及軸力之結構圖.....	93
圖五 懸臂梁兩端承受彎矩及軸力之結構圖.....	94
圖六 QT-1, QT-2, 及 ST 型彎矩示意圖.....	95
圖七 梁之有限元素分割.....	96
圖八 簡支梁之主要平衡路徑圖.....	97
圖九 梁元素在主要平衡路徑的自由體圖.....	98
圖十 梁元素之角度示意放大圖.....	99
圖十一(a) 長度 L 懸臂梁之主要平衡路徑示意圖.....	100
圖十一(b) 長度 2L 懸臂梁之主要平衡路徑示意圖.....	100
圖十一(c) 長度 2L 之等效簡支梁主要平衡路徑示意圖.....	100
圖十二(a) $1/C_{nb} - \lambda$ 曲線圖(W14×159 型鋼, L=300 in).....	101
圖十二(b) $1/C_{nb} - \lambda$ 曲線圖(W10×30 型鋼, L=300 in).....	101
圖十二(c) $1/C_{nb} - \lambda$ 曲線圖(橢圓斷面(a:b=10:1), L=25 cm).....	102
圖十二(d) $1/C_{nb} - \lambda$ 曲線圖(橢圓斷面(a:b=30:1), L=25 cm).....	102