

目 次

1	序 論	
1.1	高温構造解析の重要性	1
1.2	有限要素法による熱伝導解析	2
1.3	有限要素法による熱応力解析とクリープ解析	3
1.4	本書の構成	5
2	熱伝導に関する基礎的事項	
2.1	熱伝導の法則（フーリエの法則）	7
2.2	熱伝導方程式	9
2.3	境界条件および初期条件	11
2.4	熱伝導に関する簡単な問題例	15
3	熱応力に関する基礎的事項	
3.1	熱応力とは	20
3.2	1次元の簡単な問題	22
3.3	熱弾性論の基礎式	25
3.3.1	平衡方程式	26
3.3.2	ひずみ-変位の関係	29
3.3.3	応力-ひずみの関係	32
3.3.4	境界条件	33
3.3.5	3次元熱弾性問題の解法	34
3.4	2次元熱弾性の基礎式	35
3.5	熱弾性の基礎式による熱応力問題の解析例	38

4	弾塑性と高温クリープに関する基礎的事項	
4.1	弾塑性挙動	47
4.1.1	塑性変形挙動	47
4.1.2	弾性域での応力-ひずみ関係	50
4.1.3	降伏条件	51
4.1.4	塑性ひずみ増分	52
4.1.5	塑性域での応力増分-ひずみ増分関係	57
4.2	クリープ挙動	59
4.2.1	クリープ変形挙動	59
4.2.2	クリープひずみ増分	63
4.2.3	応力増分-ひずみ増分関係	64
5	重みつき残差法と変分法	
5.1	場の問題	66
5.1.1	問題の定義と支配方程式	66
5.1.2	場の問題に対する偏微分方程式	68
5.2	重みつき残差法・変分法と有限要素法の関係	72
5.3	重みつき残差法の概要	74
5.4	重みつき残差法による近似解例	77
5.5	変分原理の概要	85
5.6	変分法（リッツ法）による近似解例	88
5.7	弾性学の変分原理	94
5.7.1	仮想仕事の原理	94
5.7.2	最小ポテンシャルエネルギーの原理	96
6	有限要素法の概要	
6.1	有限要素法とは	100
6.1.1	有限要素法の概略	100
6.1.2	要素の種類	101
6.1.3	要素分割法	102

6.2	1次元問題——有限要素法の計算過程について	103
6.2.1	要素の変位関数	103
6.2.2	ひずみ-変位関係式	105
6.2.3	応力-ひずみ関係式	105
6.2.4	要素の剛性マトリックス	106
6.2.5	系全体の剛性マトリックス	108
6.2.6	節点変位と反力の計算	110
6.2.7	要素のひずみと応力の決定	112
6.2.8	数値解析例	112
6.2.9	計算の流れ	114
7	熱伝導解析	
7.1	支配方程式	115
7.2	ガラーキソ法に基づく有限要素法	116
7.3	変分法（リツツ法）に基づく有限要素法	120
7.4	2次元問題	122
7.5	軸対称問題	126
7.6	非定常熱伝導有限要素式の解法	131
7.7	数値解析例	132
8	熱応力解析	
8.1	一般的な定式化	135
8.2	2次元平面問題	138
8.2.1	三角形定ひずみ要素	138
8.2.2	8節点アイソパラメトリック要素	145
8.3	軸対称問題	153
8.4	数値解析例	159

9 高温クリープ解析 (平面解析, 軸対称解析)

- 9.1 非定常クリープ解析162
 - 9.1.1 一般的な定式化 162
 - 9.1.2 2次元平面問題 167
 - 9.1.3 軸対称問題 181
 - 9.1.4 非定常クリープ解析における計算上の注意点 190
 - 9.1.5 数値解析例 193
- 9.2 定常クリープ解析197
 - 9.2.1 定常クリープ問題における変分原理 197
 - 9.2.2 定常クリープ問題の有限要素法による定式化 201
 - 9.2.3 重ね合わせ法による定常クリープ解析 203
 - 9.2.4 数値解析例 210

10 高温クリープ解析 (軸対称殻)

- 10.1 軸対称殻のクリープ変形解析218
 - 10.1.1 定式化 219
 - 10.1.2 クリープ変形解析の計算手順 232
 - 10.1.3 軸対称殻のクリープ変形解析例 233
- 10.2 クリープ座屈の解析法238
 - 10.2.1 クリープ座屈とは 238
 - 10.2.2 エネルギー判定法による軸対称殻のクリープ座屈解析手法 242
 - 10.2.3 クリープ座屈の計算手順 255
 - 10.2.4 クリープ座屈に関する解析例 256
- 10.3 非軸対称荷重を受ける軸対称殻のクリープ解析260
 - 10.3.1 定式化 261
 - 10.3.2 非軸対称荷重を受ける軸対称殻のクリープ変形解析例 273

11 ベンチマーク問題の解析

- 11.1 はりの弾塑性クリープ解析275
 - 11.1.1 問題の概説 275
 - 11.1.2 構造モデル・材料特性・荷重 276
 - 11.1.3 解析法の概略 279
 - 11.1.4 解析結果 281
 - 11.1.5 まとめ 286
- 11.2 ノズル付き球殻の弾塑性クリープ解析と設計評価287
 - 11.2.1 問題の概説 287
 - 11.2.2 構造モデルと材料特性 287
 - 11.2.3 解析法の概略 290
 - 11.2.4 解析結果 292
 - 11.2.5 ASME Code Case N-47 に基づく評価 296
 - 11.2.6 まとめ 300

12 プログラム例

- 12.1 2次元熱伝導解析用プログラム302
 - 12.1.1 プログラムの概要 302
 - 12.1.2 プログラムモジュールの説明 302
 - 12.1.3 主な変数の説明 304
 - 12.1.4 変数の割り当てとそのアドレス 306
 - 12.1.5 プログラムの説明 309
 - 12.1.6 入力データの形式 378
 - 12.1.7 例題 381
- 12.2 軸対称弾性クリープ解析用プログラム388
 - 12.2.1 プログラムの概要 388
 - 12.2.2 プログラムモジュールの説明 388
 - 12.2.3 主な変数の説明 390
 - 12.2.4 プログラムの説明 395
 - 12.2.5 入力データの形式 418
 - 12.2.6 例題 420

付録 A	マトリックス代数	429
付録 B	ガウスの定理およびグリーンの定理	437
付録 C	三角形の面積座標	440
付録 D	非線形方程式の解法	442
索 引		448

