

輕量構造力学

第3刷

2005年9月

輕量構造力学

第3刷

邊 吾一

まえがき

構造の軽量化が構造物の機能や生産性の向上に関連した合理化と経済性に直結しており、機械、建築、土木、自動車、船舶、航空機やロケットなどの構造物だけでなく、身近な日用品、電気器具、光学器械、カメラ、計測器や衣類に至るまで、すべての製品にこの軽量化の思想が盛り込まれている。同じ条件に適合する構造物の中では、軽量なものほど役に立ち、便利で経済的なためである。まさに軽量化は、人間活動の手段としての一般構造物というまでもなく、衣食住面から娯楽面にも及んでおり、軽量化が合理化及び最適化の方向である。

その軽量構造の代表である飛翔体構造すなわち、航空機やロケットの構造設計思想は、船舶、建築、自動車や機械の設計にも取り入れられて軽量化による性能向上に大きな役割を果たしてきた。例えば、日本の自動車・車両工業は第二次大戦後急速な発展を見たが、その大きな要因として、航空で用いられていた軽量構造法の導入が行われたことが上げられる。それまでは自動車のボディーは単に形状付与材として考えて強度は持たず、強度はもっぱらシャーシフレーム材だけが持つという思想で設計されていたが、航空機で用いられていた張殻構造の思想が取り入れられ、ボディーだけでなく屋根にも強度を持たせ、自動車を一体構造として設計するようになり、自動車の軽量化に著しく貢献した。また、この張殻構造は新幹線の車両やその後の新型車両の設計にも応用され、軽量車体を実現された。

本書では、この軽量構造を設計するための解析法について説明する。軽量構造はつまるところ薄肉構造となるが、構造の厚さや構造部材が薄肉になればなるほど曲げ、せん断およびねじりがお互いに連成し、解析が込み入ってくる。飛翔体構造の補強材などに見られるように、構造部材の断面形に対称性がない場合にも解析は面倒になる。また、薄肉構造が圧縮荷重を受ける場合は、座屈にも注意を払って解析をする必要がある。さらに、通常の方法力学の本では触れられていないが、飛翔体や軽量構造でよく使われているサンドイッチ構造についても述べている。

本書のレベルは材料力学を学んだ人を一応対象にしているが、随時、材料力学の結果と関連づけており、その意味からでも本書を通じて材料力学を深く勉強することになる。

本書の図の作成に関しては平成 14 年度修士 2 年外沢俊行君、第 3 刷りに関しては平成 17 年修士 1 年豊田充洋君にお世話になりましたので、感謝します。

2005年9月

邊 吾一

目次

1章 薄肉構造の曲げ理論

1.1	主軸まわりの曲げモーメントによる応力	.....	1
1.2	弾性非主軸まわりの曲げモーメントによる応力	.....	13
1.3	任意形状断面の弾性主軸	.....	16
1.4	はりのたわみ変形	.....	20

2章 サンドイッチはりの曲げ

2.1	サンドイッチ構造の利点	25
2.2	せん断剛性の大きい心材を持つサンドイッチはりの曲げ...	27	
2.3	せん断剛性の小さい心材を持つサンドイッチはりの曲げ...	30	

3章 一次元薄肉構造の座屈

3.1	オイラー座屈	.....	45
3.2	初期たわみ及び偏心がある場合	.....	49
3.3	短柱の場合	.....	50
3.4	軸圧縮力と横荷重を受ける部材の曲げ	.....	53
3.5	クリッピング破壊	.....	57

4章 軟質心材を有するサンドイッチ材の座屈

4.1	座屈に関する基礎式	60
-----	-----------	-------	----

4 . 2	軸圧縮による座屈値	..... 6 3
4 . 3	表板のリンクリング座屈	..... 6 7

5章 薄板の曲げと座屈

5 . 1	薄板の曲げと座屈の基礎式	..... 6 9
5 . 2	正弦波状の圧力分布を受ける周辺単純支持薄板の曲げ ...	7 2
5 . 3	一軸圧縮を受ける周辺単純支持薄板の座屈	..... 7 4
5 . 4	平板の座屈後の有効幅	..... 7 6
5 . 5	実験による平板の座屈荷重の決定法	..... 8 0
5 . 6	胴体の座屈計算	..... 8 1

6章 薄肉構造のせん断曲げ

6 . 1	はり理論によるせん断応力	..... 8 5
6 . 2	開き断面部材のせん断応力	..... 8 7
6 . 3	閉じ断面部材のせん断応力	..... 9 1
6 . 4	せん断中心	..... 9 5
6 . 5	マルチセル構造のせん断応力	..... 9 8

7章 薄肉構造のねじり理論

7 . 1	円形断面のねじり	..... 1 0 4
7 . 2	薄肉開き断面のねじり	..... 1 0 7
7 . 3	閉じ断面部材のねじり	..... 1 1 1
7 . 4	ワーピング	..... 1 1 4
7 . 5	マルチセル構造のねじり	..... 1 1 6
7 . 6	波板で補強された板のせん断剛性	..... 1 1 9

8章 曲げねじり理論 (Wagnerのねじり)

8.1	対称開断面の曲げねじり	..... 124
8.2	片持ち板の曲げねじり	..... 127
8.3	一般薄肉開断面材の曲げねじり	..... 128
8.4	単位ワーピングと曲げねじり剛性	..... 134

輕量構造力学 第3刷

輕量構造力学 第3刷

輕量構造力学 第3刷

轻量構造力学 第3刷

轻量構造力学 第3刷