

第2章 金属疲労

2-2 何が疲労に影響を与えているか？

■ 評価の際の役者は応力、ひずみ、そして繰返し数

以上、疲労についてミクロな原子レベルの現象をざっくりと説明した。しかし、実は、工学での破損の評価においては、疲労に関してもミクロな原子レベルの扱いはせずにマクロな考え方を採る。

そして、その評価の際の因子・役者として、静的強度の際と同様、重要な役割を演じるのが応力とひずみである。

応力とひずみ。一見それぞれ独立で対等な関係に見えるが、実は、両者は独立の関係ではない。従属関係にある。つまり、一方が決まれば基本的にもう一方も決定される。なぜなら、既に図1.6に似たようにヤング率Eを介して応力とひずみの関係は一意的に規定されているからだ。

それでも評価因子として応力とひずみが同等の扱いを受けているのは、状況に応じて応力を使ったりひずみを使ったりと、使い分けが出来るからである。それぞれが主体のような存在となっている。

例えば、「速さ」が介在した「時間」と「距離」の関係と同じかも知れない。

家族で車を使って北海道へ旅行したと想定してみよう。北海道がいかに遠かったかを友人に伝えるのに、その表現として「車で30時間も掛かったよ」という場合と、「1000kmもあったよ」と言うのに似ている。(数字は仮定)

より効果的・印象的などどちらかの手段で伝えるはずだ。その時の状況で時間で表現したり距離を使ったりするであろう。

疲労ではもう一人の重要な役者がいる。**繰返し数**である。疲労には繰返しが付きものだから、当然極めて重要な因子となる。むしろ、これが主役と言ってよいくらいだ。

繰返しとは継続である。

そう言えば、「継続は力なり」という格言がある。大抵の人は、ここでの力を有効でポジティブなものとして連想するに違いない。

しかし、穿った見方をすれば有効な力ばかりとは限るまい。一つの例がここで挙げた疲労だ。繰返しという継続・力は疲労という負なる結果を招くことから頷けよう。

ネガティブな意味の「継続は力なり」は、金属ばかりでない。人だって喫煙や多量な飲酒など悪癖を続ければ、負の力が宿る。その負の力から病気という良くない結果を生み出してしまふ恐れもある。

■ 変動荷重をどう捉えるか

繰返すが、応力、ひずみ、そして繰返し数がマクロな評価因子としての基盤である。

次に、これらをベースに負荷を掛ける側と掛けられる材料側の情報をどう扱うかをここで取り上げたい。

まず、負荷を掛ける側としての**荷重**である。

一般的に、荷重は時間に伴って不規則に変化する**変動荷重**となる。(図2.4)

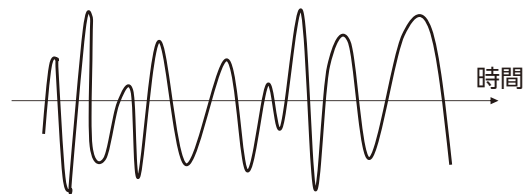


図2.4 変動荷重

変動荷重に応じて部材には応力波形が生じる。この応力波形からエッセンスなる情報をどう抽出するか。

結論的に言ってしまうと、重要な物理因子は**最大応力、最小応力、平均応力、応力振幅**だ。最大、最小、そしてその平均と幅。選出には至極当然、極めて必然。これらが抽出される理由は不要であろう。(図2.5)

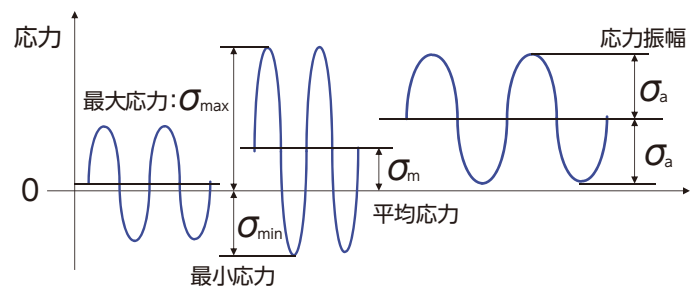


図2.5 応力波形

この内、念の為、平均応力 σ_m と応力振幅 σ_a の定義を以下に示しておく。

$$\text{平均応力} = (\text{最大応力} + \text{最小応力}) / 2$$

$$\text{応力振幅} = (\text{最大応力} - \text{最小応力}) / 2$$

ともかく、平均応力と応力振幅を把握し、後はこれら同じ性質の波の繰返し数を知れば、材料への負荷情報を押さえたことになる。

ひょっとすると、読者の中に「周波数(振動数)は影響しないのか」と訝る方もいるかも知れない。

筆者も気になり色々調べたが、はっきりしない。周波数は

繰返し数に反映されていると解釈して問題視しないのか、そもそも系統的で客観的な知見が未だに得られていないのか、よく分らない。

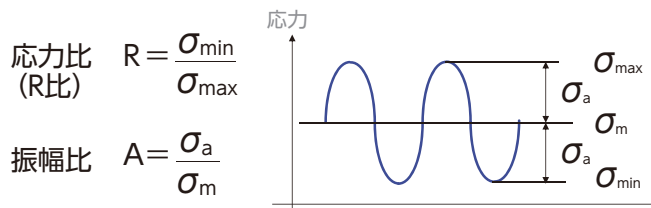
なお、ここでは応力について説明したが、ひずみに関しても同様である。

■ 荷重形態を別の方法で表現すれば単純化できる

疲労を扱う際、「荷重の形態」を押さえておくことも重要となる。ここでいう「荷重の形態」とは、部材は引張荷重を受けているのか圧縮荷重を受けているのか、或いは両方共か、という見方である。

これらは先に示した平均応力と応力振幅からもその形態を認識できよう。但し、別の物理量を使った方が簡単明瞭に表現できる場合がある。

例えば、材料試験の際の基準化された荷重形態、すなわち、**片振り(引張)**、**片振り(圧縮)**、そして**両振り**などを表現する場合には、以下のような量をお勧めしたい。



応力比R (又はR比)と振幅比A。

これらを使えば、片振り(引張)、片振り(圧縮)、両振りは次のように表現され、簡潔となる。(図2.6)

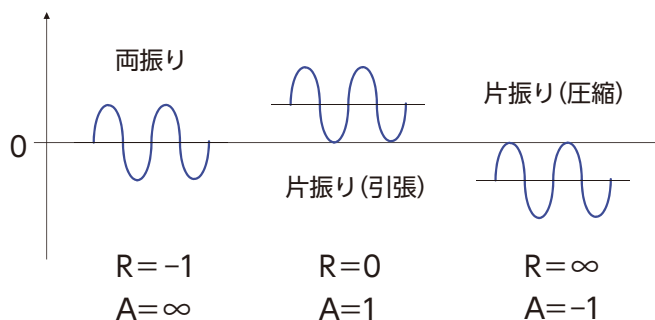


図2.6 両振りと方振りの応力比、振幅比

これら応力比と振幅比での表現は、基本の情報の組み直しによって見方を変え、別の価値・有効性が生まれた好例と言えよう。