

第2章 金属疲労

この章で、まずは、疲労強度全般の話題を取り上げたい。

2-1 疲労のメカニズムとは？

■ 金属も疲労する

唐突に駄洒落でもって当然のことを"披露"するが、人は"疲労"する。人は疲れを感じるものである。大した力仕事でもないのに、大きな負荷でもないのに、少し長く行えば疲労してくる。

勿論、多分に気持ち・感覚的な面もあろう。例えば、一生懸命頑張って、一心不乱に打ち込んでいる場合などは疲れを感じないこともある。或いは、疲れを感じず取り込んでいる最中に、外野からの余計な声で心が乱され、その途端に疲労感を感じる場合もあるだろう。

「ガンバレよ 言われた途端に 疲労感」

である。とは言え、とにかくにも、人は疲労するものである。

実は、人と同様に金属も疲労する。人間のように気持ちで感じるということは無いと思うが、金属にも疲れは存在する。しかも人間のように回復はしない。

そもそも金属の**疲労** (Fatigue) とは何か。

金属疲労とは、弾性限度以下の低応力でも繰り返されると破損してしまうことである。

金属はある程度以上の**変形・ひずみ**が与えられ、それが繰返し作用すると疲労が起こる。

身近なもので例を示そう。

細い針金を切断したい場合、どうするか。ペンチなど切断する道具があれば勿論それを使うのが手っ取り早い。が、無い場合どうするか。

切断したい箇所を繰返し曲げることである。繰返し曲げれば、針金はついには折れる。

更に言えば、少ない回数で折りたいのなら曲げ箇所の曲率半径を出来る限り小さくすることである。つまりは、ひずみ(変形度)を大きくすれば少ない回数で破断することができる。

まさに金属疲労そのものであり、その活用である。

金属も人間も、いずれにせよ、小さい負荷でも繰返し受けると疲労してへたってしまう、ということだ。

この金属疲労に関連して、同じような意味合いで使われている用語類について、少し触れておこう。

それは**疲労破壊**、**疲労強度**という用語だ。思うに、疲労破壊、疲労強度、そして疲労という言葉は混然・漫然と使われているようだ。この三者は特に明確な定義が有るようで無いような感じだが、使い分けとして筆者自身は次のように解釈している。

「疲労破壊」は、疲労での現象で"破壊"を強調したい場合に、「疲労強度」は疲労に対する"材料の強度"に焦点を当てたい場合に使われている。そして、「疲労」は疲労の現象、破損・破壊など広く全体を網羅させているようだ。

■ ミクロ割れの進展が疲労破壊を生み出す

さて、金属はなぜ疲労するか。ミクロな現象面で探ってみよう。

金属の疲労は「変形・ひずみの繰返し作用が特徴である」ことを先に述べた。実は、金属疲労とはこの変形の繰返しによって結晶の表面にミクロな割れ(**ミクロ割れ**)ができ、その割れが次第に大きくなってついに全体を壊してしまう現象である。

少し詳しく述べよう。

疲労には変形が付きものだ。変形のキーとなる形態は、結晶の**すべり変形**である。(図2.1) そのメカニズムのベースは1章で述べた**転位**ということになる。つまり、金属は結晶できており、結晶は力を受けると転位ですべり変形する。

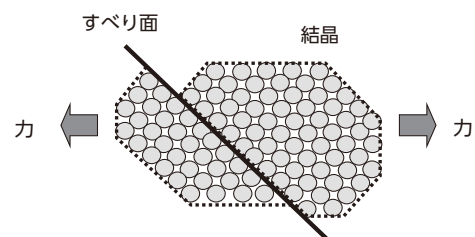


図2.1 すべり面

更に、**繰返し**という作用が特異な現象を生み出す。

繰返し変形され疲労した鉄の表面を顕微鏡で観察すると、平行線模様が存在する。その平行線模様の断面を覗けば、表面から突出しているところと内部に入り込んでいるところがセットになっている。この特異な現象が**突き出しと入り込み**というものだ。

そして、この突き出しと入り込みが**ミクロ割れ**(図2.2)の基となり、更に繰返し応力を受けることで**き裂**(crack)に発展していくことになる。

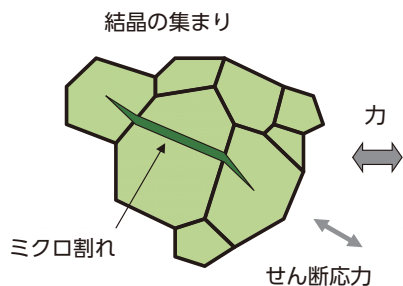


図2.2 ミクロ割れ

マイクロ割れもき裂も英語で言えば同じ**クラック**となるが、き裂は大きな割れである。両者の一番の違いは、荷重方向に対しマイクロ割れが45°、き裂は90°向いているという事だ。

■ 突き出しと入り込みはマイクロ割れの元凶である

ところで、マイクロ割れ発生の原因である突き出しと入り込みは、なぜ起こるのか。

その解釈のポイントは、「突き出した表面が大気に触れ変化しもはや元の面に非ず。戻るに戻れず、近くの他の面が代わりに動く」ということだ。

このことを図2.3を使って補足説明しよう。

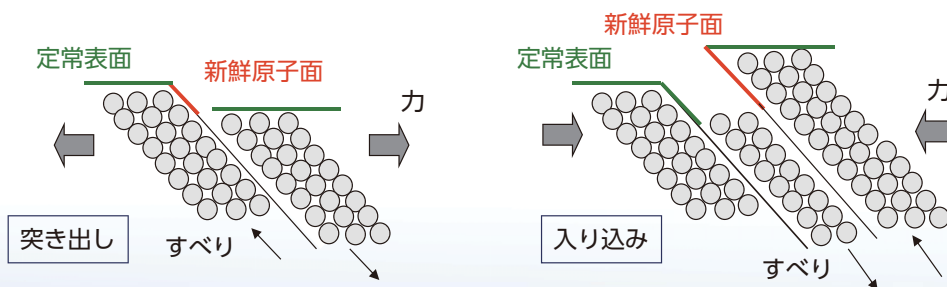


図2.3 突き出しと入り込み

通常、表面は大気中の酸素と化合して薄い酸化膜ができています。そしてその上に水蒸気、その他のガス分子、そして油脂などが付いてはいるが、一応安定な状態にある。つまりは**定常表面**となっている。

一方、力によりすべりで突き出された新たな面は新鮮な原子面である。この**新鮮原子面**は定常表面に比べて非常に活発なので、瞬間的に酸素や水蒸気などと結びつく反応をする。そうすると表面はもはや鉄の原子面ではなく定常表面に近い状態となる。

こうなると力の向きが逆になって元のすべり面に戻ろうとしても、もはや鉄の原子面でないので戻れない。その代わりにその近くの原子面がすべり、全体としてほぼ元の形に戻ろうとする。すべり面の向きは決まっているので逆すべりは少し離れた平行な原子面となる。

力の繰返しによりすべりと逆すべりを繰り返す結果、すべり面は隣りへ隣りへとだんだん広がって行き、突き出しと入り込みができるわけだ。

にわかに信じ難い現象だが、ともかく、一旦外の世界に飛び出したモノは元に戻れない、戻らないということだ。

これも、人の挙動に似ていると思うが、どうであろう。