

安全な国産グリーン社会

コラム S D G S Safety Domestic Green Society

第③回

連載・特集

安全率と信頼性について

—安全性vs破壊、その原因

一般社団法人 洗楓座 代表理事 佐藤建吉

▼信頼性と安全率

機械などの設計では、前回の述べたように安全率(平均安全率)が従来から用いられる。それは、平均安全率=平均材料強度/平均応力である。例えば、平均応力=200MPa、平均材料強度=600MPaの場合、安全率は3となる。600という数値は、200よりも3倍であり、安全のように思える。

十分に安全であるといえる。前回の述べたS・D・Sモデルで信頼性をExcise 1で計算した結果を、表1に示す。

前項の信頼性は、静的な荷重が作用した場合の破壊を前提であるかもしれない。しかし、現実はどうだろうか?たとえば、鉄道の車軸などを考える

乗客が乗った状態での移動(輸送)の際、車軸には繰返し応力が負荷される。駅では、乗客が乗降するので、次の駅までは負荷の大きさが変わる。つまり、負荷が、ばらつくことになる。乗客がたたく瞬間に車軸が壊れるなどの静的な破壊は、論外の事象である。重要で基本的な課題は、繰返し負荷が作用する「疲労」に対する破壊について研究することに関心している。実は、筆者が金属疲労について

ある時間経過後に破壊する現象は、「疲労(ひろ)や疲れ」と呼ばれる。人間と同様に、材料も負荷により疲れるのである。人間と同じく休止すると、回復するという現象もある。

また次のような話題もある。日本テレビ系の長寿番組に「所さんの目がテン!」がある。これは科学番組で日常の事象を科学する。「生卵を上手に割る方法」というテーマで、その解説と指南をしたことがある(2016年3月20日放送)。卵を割るときにはテーブルの角に当てたりする。すると激しい応力集中で、殻が細かく割れてしまうことがある。このためクッキングスクールでは、テーブルの平ら面に当てないように教えている。この場合には割れが分散する。そこで筆者は、上手に割るために、ワインボトルに当てて、ヘルツの接触理論を引用して解説した。番組では、ワインボトルに替えてステンレス製の専用ツールを作成し、スタジオで所さんが実演した。これも応力集中の大きさが、卵の短径方向に沿って高くなり、ヒビがこの方向に優先的に進むので、両手でも片手で綺麗に割れるのである。このように、破壊は制御することが出来る。

▼疲労破壊への検討

▼疲労破壊に対する信頼性設計

▼応力集中の重要性

▼まとめ

	安全率	平均強度 MPa	標準偏差 MPa	平均応力 MPa	標準偏差 MPa	信頼性 %
(1)	3	600	50	200	67	99.9999
(2)	3	600	30	200	78	99.9999
(3)	2.5	600	20	240	78	99.9996
(4)	2	600	20	300	78	99.9903
(5)	3	600	50	200	100	99.9827
(6)	3	600	50	200	110	99.9534
(7)	3	600	50	200	120	99.8954
(8)	3	600	50	200	130	99.7960
(9)	3	600	50	200	140	99.6435
(10)	3	600	50	200	150	99.4294
(11)	3	600	50	200	160	99.1488
(12)	2	400	50	200	100	96.3181
(13)	2	400	50	200	110	95.1059
(14)	2	400	50	200	120	93.8032
(15)	2	400	50	200	130	92.4487
(16)	2	400	50	200	140	91.0743
(17)	2	400	50	200	150	89.7048

平均安全率は、その名前のように平均値を基準としての概念である。前回述べたように材料強度の標準偏差を大きくしたも負荷応力も、ばらつき(ばらつきを大きくした)場合による、信頼性

3、平均強度を600MPa、平均応力を200MPa(平均応力は200MPa)とした場合、(3)&(4)は平均強度を(1)&(2)と同じにして安全率を下げた場合である。信頼性を高めるための組合せの試行である。

その機構(メカニズム)については、以降、紹介したいと思っているが、材料を構成している結晶の配置の規則性が乱れ「転位」という結晶を整を負荷によって形成される(ミクロ的な原因)メカニズムである。すると、回復することに関係している。実は、筆者が金属疲労について関心を抱いて材料の強度と破壊について研究する動機になったのは、まさに意識や感情を持たない物質や材料が、「疲れ」ということを知っていたためであった。

その原因となるのが、「切欠き部」「接触箇所」「摩耗発生部」「腐食発生部」「材料欠陥部」などである。それらにおいて、しばしば共通するものが、「応力集中」という現象である。

安全であることは安心を導く初動の活動と対策である。従来から標語にある「安全第一」は、それぞれがシヨブで重要である。その実行に当たっては、見えるところばかりでなく潜在的な原因についても対策すべきである。これはFEMに基づく強度設計でも同様である。(続く)