

物理的合理性と技術的妥当性

関西大学・社会安全学部 小澤 守

工学部ではほとんどの学科が学生実験を課しており、比較的単純な装置で実際に実験を行い、データを取り、それを基本的な物理法則などと比較・検討してレポートを書くことになる。筆者は機械工学科に所属していたので、材料強度、H形鋼の応力分布、管路の流動抵抗、熱交換器、単容量2容量系の温度応答方持梁の共振、ディーゼルエンジンの性能評価などの実験を行った。熱交換器とH形鋼の実験以外はいずれも測定点数が少なく、そこそこきれいなデータが得られたが、H形鋼の応力分布計算にはいささか骨が折れた。表面に張られた歪ゲージが多数で、それらを用いて応力分布を求めるもので、電卓がなくそろばんや計算尺しかない時代であった。基本的な計算については自ら計算尺で処理したのは当然であるが、多数の四則演算については同じ班に珠算2段と言うのがいて、全て彼に任せた。おかげで周囲は徹夜でレポートし上げたというのを筆者と珠算2段は分業体制よろしく徹夜することもなしにスムーズにレポートを仕上げたのである。学生実験ではある程度合理的な結果が出るようでない、指導書も書けない。しかし熱交換器の実験では、加熱量より受熱量が大きくなり、熱バランスが取れなかった。担当した当時の助教授に相談すると、「そんなもんだ」で片付けられた。

実際の研究になると「そんなもんだ」では済まない。徹底的に原因を追究して合理的な説明をしなければならない。それでもデータが大きくばらつく典型が金属疲労であろう。図は試験片に変動加重をかけ、そのときの応力振幅、平たく言えば力の変動幅、と破断するまでの繰返し数の関係を示している、この図は旧国鉄の鉄道技術研究所において新幹線の車軸開発に携り、後に川崎重工を経て龍谷大学で教鞭をとられた中村宏名誉教授によるものである。例えば応力振幅が250 MPaのとき、破断繰返し数は $8 \times 10^5 \sim 2 \times 10^7$ の広範囲に分布していることが分かる。

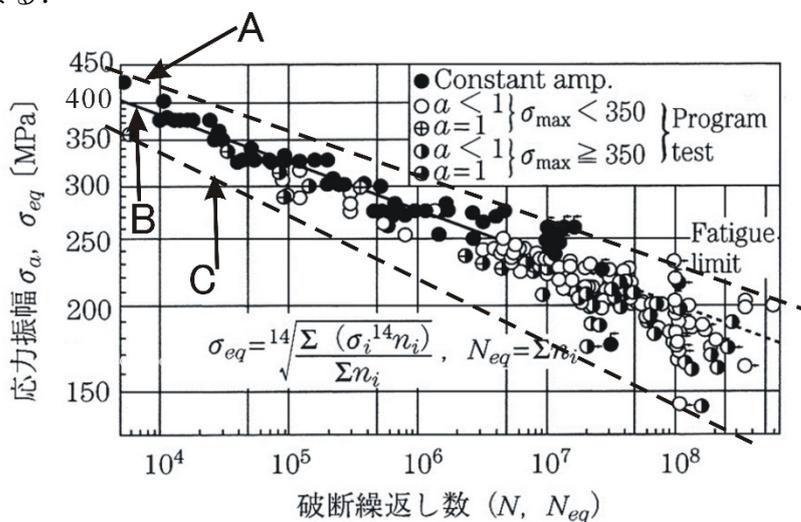
このように大きくデータが分散するのは、金属材料の内部の状態など細部において試験片ごとに全く同じと言うわけには行かず、また取り付け状態や最初の亀裂が入ってその後どのように進展するのか断定的に決められないなど、僅かな差異が大きく影響した結果である。これ以外にも実際の現象で非常に大きな分散を持つものはいくらでもあり、逆の言い方をすれば、そのような分散があることこそが自然なのかもしれない。

さて、このような結果が得られた時、読者諸氏は図中に引かれたどの線を設計における限界値としますか。A, B, Cの3本の内、Aを用いれば破断にいたる繰返し数が一番大きいことになるし、Bでは線よりも右の点も左の点も存在する。だから状態によっては残念にも破断してしまうことになる。最後のCについてみると、この線よりも左にはデータ点がないことに気がつく。このデータを得るために行った実験範囲（これが重要）では、この線を限界とすれば、それより応力振幅が小さい、またはこの限界線よりも左側で破断することはないと言える。

金属疲労の全般的な傾向を述べる際には、分散の幅と共に線Bで与えられる全体的な傾向について説明しても全くおかしいことではない。しかしこのデー

タを用いて設計するには線Cを限界とするのが安全上最も妥当と判断するのである。筆者は前者による説明を物理的あるいは現象論的合理性といい、一方、線Cを選択については、技術的妥当性と呼んでいる。つまり物理的に全体的な説明をすることと、技術の基準の設定は明確に区別しなければならないのである。

金属の破断や破壊の機構については未知のことが多く、また同様なことは他分野にも多数残されている。これ等は研究者や技術者の辛抱強い検討が必要な分野であるが、それでもある一定の拘束条件のもとで設計し、ものを作らなければならない。分からないから作れないのではなく、わからなくても作るのである。そこにもものづくりの妙味があり、線Cの選択が安全を考える上での基本的姿勢となる。



変動応力に対する金属疲労の試験結果（出典：中村宏，物と事と生の研究史，永田文昌堂（1997）や研究会資料など。著者のご好意による）