

今回のレポートでは、ゴムを用いるマルチマテリアル構造を持ち、かつ定常で高温、極低温の条件下での運用が求められる旅客機について、その運行中に晒される温度環境からそれに対処した設計法を考察する。

まず、Microsoft Flight Simulator 内の B747-400 航空機を高度 33000ft, 速度 410kt で水平飛行させ、EICAS に表示されたデータからこのときの外気温度及び機体表面温度を測定した。

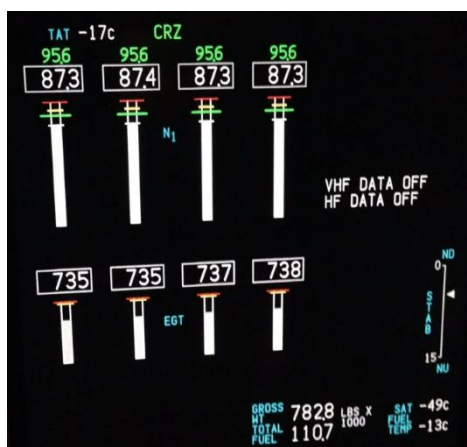


図 1. 飛行中の EICAS データ

図 1 より, SAT(外気温度)は-49°C, TAT(表面温度)は-17°Cであることが確認できる。また, 外気温度と比べ表面温度がより高い温度を示すのは, 大気の圧縮と摩擦で航空機の表面が温められたためであると考えられる。

ここで, ゴムの張力と絶対温度の関係性についてゴムの変形を断熱変化と考えると,

$$T ds = 0$$

$$\frac{C_p}{T} (dT)_s - \left( \frac{\partial T}{\partial L} \right)_{P,L} (dL)_s = 0$$

$$\left( \frac{\partial T}{\partial L} \right)_{s,P} = \frac{T}{C_p} \left( \frac{\partial T}{\partial T} \right)_{P,L}$$

と表され, ゴムの張力は絶対温度  $T$  に比例することが分かる。この現象により, 極低温ではゴムは脆くなり, 熱応力が大きくなるため接着強度は低下する。

このため, ゴムを用いるマルチマテリアル構造では, 設計時にこの極低温の中でも想定される最低温度でその強度を解析する必要がある。また, ゴムを用いた構造は, 応力や温度が上下するサイクルによって劣化し, 接着強度が弱くなる。航空機においては, 巡航と地表待機を繰り返すことになり, B787 での設計寿命は 44000 サイクルにも及ぶ。このため, 接着面がサイクルによりどのように劣化するのかを実試験で確認しておく必要がある。