

Q

地震荷重による破損モードで、疲労の位置付けを教えてください。

A

地震荷重による機器の破損モードには、破壊モードと変形モードがある。破壊モードのメカニズムには、延性破壊と脆性破壊に加えて、疲労破壊がある。変形モードのメカニズムには、座屈と過度の塑性変形(塑性崩壊)に加えて、疲労変形がある。

地震荷重(地震力)は加速度による慣性力であり、負荷方式は荷重制御型となる。また、地震荷重は加振波形として入力され、応答波形として振動が発生する。

1回の地震荷重の場合、応答波形は短時間で減衰するので、共振または波形の最大振幅で破壊することはあっても、累積損傷で疲労破壊することはない。複数回の地震荷重が繰返される場合に、疲労破壊することが想定される。すなわち、地震荷重による疲労破壊または疲労変形の解析では、応力振幅は1回の地震の最大値、繰返し回数は地震が生起する回数とする。

地震荷重による機器の公称応力が材料の降伏強度を超える場合、地震荷重は荷重制御型であるので、疲労変形が地震荷重の繰返しに伴い、一方向に進行し、断面積が減少して塑性崩壊する。この場合の疲労変形は、疲労解析の対象外である。

地震荷重による機器の公称応力が材料の降伏応力以下の場合の疲労破壊が、疲労解析の対象となる。実際には、機器に構造不連続による応力集中があり、ピーク応力が材料の降伏応力を超える場合の疲労破壊が疲労解析の主たる対象である。この場合に、ひずみ制御疲労試験のデータに基づき作成された設計疲労線図が、疲労解析に適用できる。

設計規格では、供用状態A及びBの過渡条件に対して、(一次+二次+ピーク応力)の応力解析の結果に基づき、疲労解析を行い、疲労累積係数の値を1以下に制限する。この場合に、上記の設計疲労曲線を適用する。

地震荷重を考慮する場合には、立地条件に特有な地震の大きさと生起確率(繰返し回数)を設定し、疲労解析を行う。供用状態A及びBの設計過渡条件の場合の疲労累積係数と、地震荷重の場合の疲労累積係数の和の値を、1以下に制限する。