

落下解析

(1) 落下解析とは

落下解析は、物理現象の速度が速い短時間の応答を解析するものです。一般的にはマイクロ秒の単位での世界です。

落下解析で、これまで適用されてきた製品には、以下のものがあげられます。

- ・ 精密機器の衝撃落下解析（携帯電話，ノートパソコン，etc.）
- ・ 緩衝材の衝撃吸収解析（発泡スチロール，梱包材，etc.）
- ・ 家電製品の衝撃落下解析（テレビ，洗濯機，冷蔵庫，etc.）
- ・ 自動車の衝突解析（ボディ剛性，バンパー性能，乗員安全，etc.）

これらの製品で落下解析を行う目的には、以下のものがあげられます。

- ・ 落下衝撃による応力集中の評価
- ・ 落下衝撃で受ける加速度を評価する
- ・ 落下衝撃で受ける衝撃力の伝播経路を評価する
- ・ 落下衝撃による変形挙動と固有モードを比較し形状設計を行う

(2) 解析の種類と落下解析

解析には、大きく分けて静解析と動解析の2つがあります。これらの違いは、静解析が静的な釣り合いを仮定するのに対して、動解析は慣性力の影響を考慮する点です。動解析には、振動解析のように比較的遅い運動を対象とする解析と、衝撃落下解析のように高速で運動する現象を対象とする解析があります。

- ① **静解析**：力の釣り合い方程式（剛性方程式）を解く
慣性力は無視
定常状態における力の釣り合いより変形を求める
- ② **振動解析**：運動方程式を解く
低次の振動モードから振動応答を求める
構造物の慣性力，減衰特性，剛性が振動応答を決める
- ③ **衝撃落下解析**：運動方程式を解く
初期状態から時々刻々と応力波の伝播を捕らえて衝撃応答を求める
構造物の慣性力，減衰，剛性が衝撃応答を決める

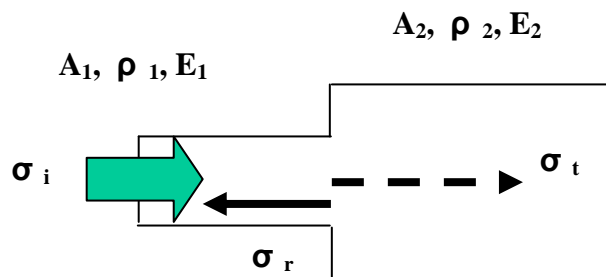
(3) 静的応力と衝撃応力との境界

それでは、静的負荷と衝撃負荷はどのように区別すべきかを説明します。一般的に静的負荷による応力と衝撃負荷による応力では次のことが言えます。

- ① 比較的遅い速度による衝撃では、衝撃後、十分時間が経てば、衝撃応力は静的応力に等しくなります。
- ② 衝撃速度が速くなると、材料が降伏する可能性があるため衝撃現象として扱うことが必要となります。
- ③ 一般には負荷時間が短く、物体の寸法が大きい場合には応力波伝ばを考慮した検討を行うべきです。

(4) 金属の中を伝わる波


棒の1端に衝撃が加わった場合を考えます。衝撃は金属棒の中を伝わりますが、伝わる状態は、ステップ波になっています。このステップ波は、形状が変わった場合には、以下の式で表されます。



ここで、入口の細い方の管の面積、密度、弾性係数を A_1 、 ρ_1 、 E_1 とし、出口の管の面積、密度、弾性係数を A_2 、 ρ_2 、 E_2 とします。また、入口の応力を σ_i とし、透過波による応力を σ_t 、反射波の応力を σ_r とします。

すると、透過波による応力と反射波による応力は以下の式で表されます。

$$\sigma_r = \frac{A_2 E_2 c_1 - A_1 E_1 c_2}{A_2 E_2 c_1 + A_1 E_1 c_2} \sigma_i \qquad \sigma_t = \frac{2 A_1 E_2 c_1}{A_2 E_2 c_1 + A_1 E_1 c_2} \sigma_i$$

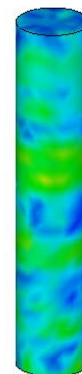
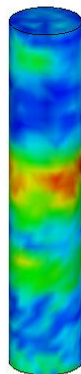
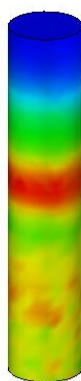
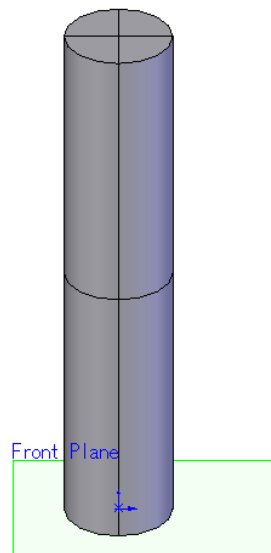


第1章
丸棒の鉛直落下解析

2009年3月
SolidWorks Simulation
Professional 2009


モデル説明

- この例題では、半径10mm、長さ100mmの円筒形の棒が鉛直方向に10m/secの速さで落下し、固定境界(剛体)に衝突したときの棒の内部に発生する応力波を求めます。



スタディの作成

落下試験スタディを作成します。

- 「Testbar_Vert.SLDPRT」部品ファイルを開いて下さい。
- コマンドマネージャのSimulationタブをクリックして下さい。
- スタディの下の  を押して、新規スタディを選択して下さい。
- 「スタディ名」を「10mpersec」と入力し、「解析タイプ」で「落下試験」を選択し、落下試験スタディを作成して下さい。

注記：落下試験スタディでは、固体メッシュのみ利用することができます。

解析マネージャツリーにスタディを作成します。また、画面下に10mpersecのタブができます。



SolidWorks Simulation による疲労設計入門

1. 疲労設計の必要性

(1) 疲労とは

荷重の載荷と除荷を繰り返すことにより、発生した応力が応力限界よりはるかに小さな値でも、時間とともに物体が弱くなって行くことが観察されています。この現象は疲労現象として知られています。結晶学的には、金属組織で近接したすべり面上で互いに逆方向のすべりが生じ、多数繰り返されることで金属表面に凸凹が生じるものです。応力変動の繰り返し回数ごとに、物体は少しずつ疲労して行き、繰り返す回数が重なって疲労が限界を超えると破壊に到ります。疲労は、多くの物体、特に金属製物体の破壊における主要原因の一つです。

(2) 疲労破壊事故

疲労に関する事故は以下のような様々な産業で発生しており、疲労に関しては長期にわたり研究が行われていますが、事故が皆無になることはあり得ません。これは、新しい材料が次から次に開発され、破壊のメカニズムが多様化するとともに、従来の材料でも経済性の観点から運転期間の延長を行うものが増えてきていることも要因となっています。

① 橋梁の破壊

最も有名なのはアメリカのタコマ橋です。タコマ橋は、1940年7月に開通しましたが、同年11月には崩壊事故を起こしています。これは、海峡から約19mの横風を受けて橋が共振し、その繰り返し荷重により橋のケーブルが疲労破壊したものです。

② 航空機の事故

航空事故でよく知られているものに、史上初のジェット旅客機コメットの墜落事故があります。ジェット機は、プロペラ機よりも高度が高い上空を飛ぶために、客室を与圧しており、これが発着のたびに繰り返し荷重となり、ハッチ付近のリベット穴が疲労破壊したものでした。

③ 原子力発電所の事故

原子力発電所における疲労破壊事故で有名なものは、「もんじゅ」の事故です。これは、配管内を流れるナトリウムが温度計に対して流力振動を発生させ、この振動が繰り返し荷重となって温度計のサヤ管部分が疲労破壊したものです。

④ 鉄道車両の事故

1988年にドイツの新幹線 ICE で防振タイヤの割損により車両事故が発生しています。

(3) 疲労強度評価の意義

上記の内容を含めて、疲労強度設計を行うことの意義を以下に示します。

- ① 疲労破壊は小さなクラックから始まる。これは磁気探傷、X線検査などでも検知することは難しい
- ② クラックは構造の不連続部（断面の変化箇所、キー溝、円孔など）に発生する
- ③ 応力集中効果によりクラックは大きくなり、その進展速度を速める。
- ④ 応力を負担する領域は少なくなり、その結果応力は増大し残部の破壊が急激に起こる。
- ⑤ 静的な延性破壊は外観の変化を伴うが、疲労破壊では外観に変化は見られず、危険な場合がある
- ⑥ 疲労破壊は静的な破壊と比べて非常に複雑であり、疲労破壊は小さなクラックから始まる。これは磁気探傷、X線検査などでも検知することは難しい
- ⑦ クラックは構造の不連続部（断面の変化箇所、キー溝、円孔など）に発生
- ⑧ 応力集中効果によりクラックは大きくなり、その進展速度を速める。
- ⑨ 応力を負担する領域は少なくなり、その結果応力は増大し残部の破壊が急激に起こる。

静的な延性破壊は外観の変化を伴うが、疲労破壊では外観に変化は見られず、危険な場合がある。

- ⑩ 疲労破壊は静的な破壊と比べて非常に複雑であり、現段階では、サイエンス（破壊力学的手法など）でも疲労現象を説明することはできない
- ⑪ 疲労破壊の解析はエンジニアリングとサイエンスの組み合わせによるのが現状である
- ⑫ 疲労評価を行うには、疲労試験は必須である
- ⑬ 疲労破壊が何故発生し、疲労強度をあげる有効な方法を検討することが重要である
- ⑭ 疲労評価の検討結果としては、正確な絶対的な結果ではなく、一つの指針（疲労破壊に対して設計上何が重要であるか）が得られるものと考えべきである。

2. 疲労き裂の発生と展開

下図に示すように、疲労き裂の発生展開は、大きく3つの段階に分けることができます。

第Ⅰ段階：

金属の表面に入込みと突き出しというものが発生し、この入込みがき裂の発生点となります。この入込みは最大せん断応力面とほぼ一致し、き裂はすべり面に沿って進展します。これを第Ⅰ段階と呼びます。

第Ⅱ段階：

この段階では、き裂は最大主応力に垂直な方向に進展します。この段階の特徴は、ストライエーション（縞模様）を形成することです。き裂先端における塑性変形により破面に大きな凸凹が発生します。

不安定破壊領域：

き裂がさらに進展し、残りの断面積が少なくなると、き裂進展速度は速まり、せん断破壊により最終破壊となります。

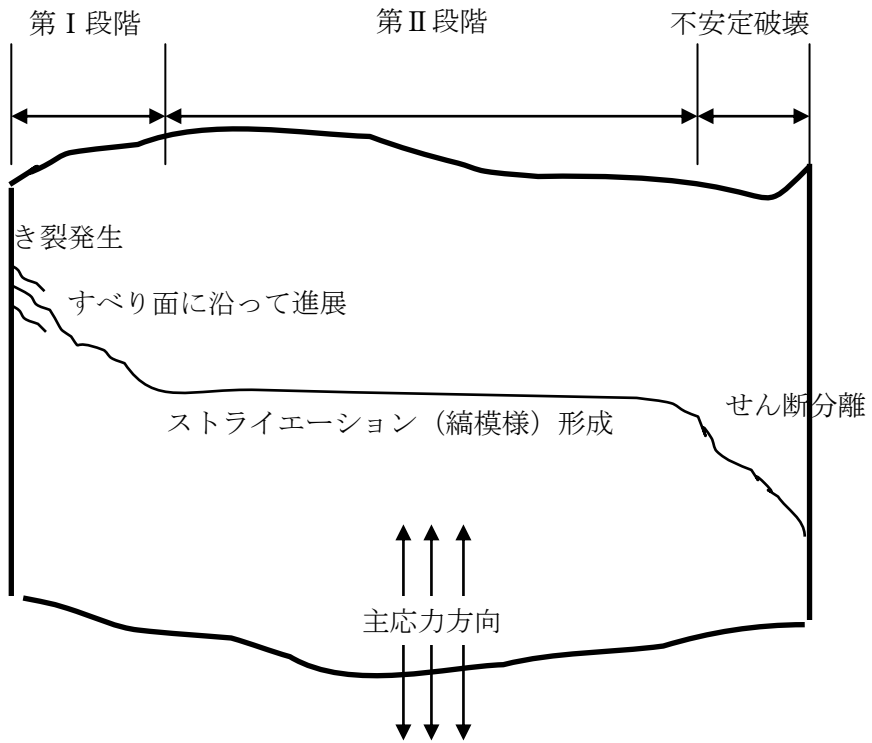



図 1 疲労き裂の発生と展開の説明



第8章
内圧荷重によるノズルの疲労解析

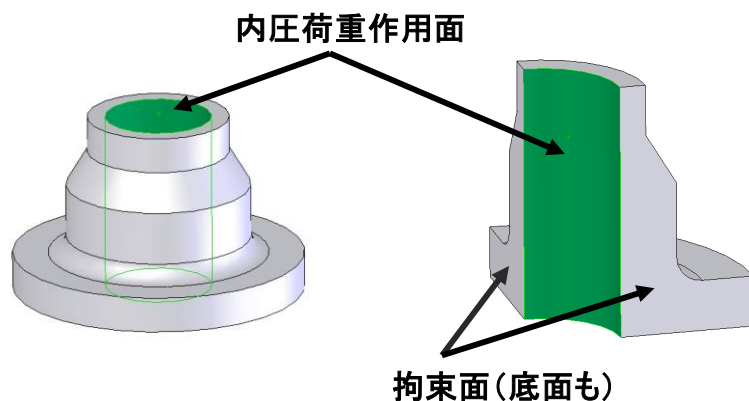
2009年3月
SolidWorks Simulation
Professional 2009

モデルの説明

- 下の図は、ノズルの簡略モデルです。実際のノズルには内壁面に面に垂直な内圧荷重がかかります(左側の図)。この例題では、その1/4モデル(右側の図)により、1つの静解析スタディを用いて、

- 1つの静解析スタディから複数の疲労イベントの定義
- 疲労解析結果の評価

を学習します。



- 次のような設計を仮定します。

- たとえば、ボイラーのような圧力容器が運転圧力($5.0e7$ N/m^2)で1週間に5~6日で年間300日運転を想定しています。
- また、運転とは別に年間80回の耐圧試験を行います。耐圧試験圧力は通常の運転圧力の2倍です。
- 25年間を製品保障期間とします。