

ものづくり計算センター CAE 基礎 ＜構造解析/応力集中部の評価について＞

キーワード：CAE、FEM、構造解析、応力集中、特異点、メッシュ

構造解析の難敵「応力集中部」の評価

構造解析を行う際に、判断に困ることの一つに応力集中部の評価が挙げられます。部品や製品に荷重を加えた際に、構造的に根元にあたる部分や、孔の周辺、角部などに応力集中が発生する場合があります。図1は、応力集中の例です(部品サイズ：約110mm)。図中、赤色で示された領域は応力が極端に高くなっており、応力集中していることがわかります。この応力集中部の評価について、CAEを用いるとカラーマップで表示され応力の値が出力されるため、定量的な評価ができていくように思えます。しかし、このような応力集中部では、メッシュの大きさに依存して応力値が変化する厄介な現象が起り、CAEにおける特異点と呼ばれています。

本報では、この応力集中部の評価について、その注意点や、効果的な評価方法について説明します。

メッシュの大きさと応力の大きさの関係

図1で示した応力集中の例では、応力集中部のメッシュサイズは0.1mmに設定しました。このメッシュサイズを4mmに変更した場合の応力分布を図2に示します。応力集中部の相当応力は500MPa程度から130MPa程度へと小さくなり、強度上問題のない結果に見えてしまいます(材質：構造用鋼、耐力：300MPaとした場合)。つまり、メッシュサイズにより応力集中部の応力値が変化するため、定量的な評価ができないといえます。一方で、変位はメッシュサイズに影響せず、最大値はほぼ同程度の値(0.11mm~0.12mm)であることがわかります。したがって、製品や部品の変形を評価したい場合は、メッシュサイズの影響は受けにくく、応力を評価したい場合は、メッシュサイズやモデル化に注意を払う必要があります。

簡易モデルによる応力集中部の評価

図3に示すような片持ち梁の構造物を例に応力解析を行います。メッシュサイズを0.5mmに設定した場合の結果を図4に示します。構造物の根元部分に応力が集中することがわかります。メッシュサイズを0.1mm~5mmまで変化させて解析を行った結果を表1に示します。メッシュサイズが小さくなる

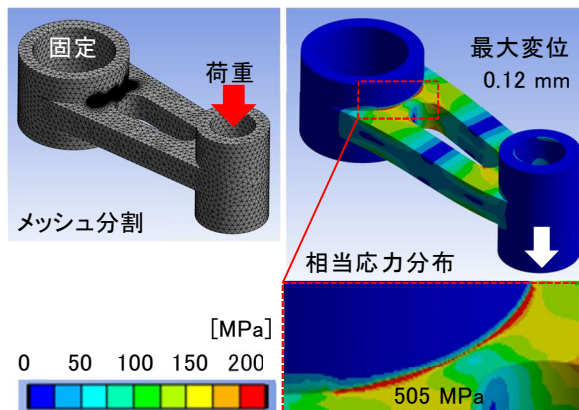


図1 相当応力の解析結果

(メッシュサイズ：全体2mm、部分0.1mm)

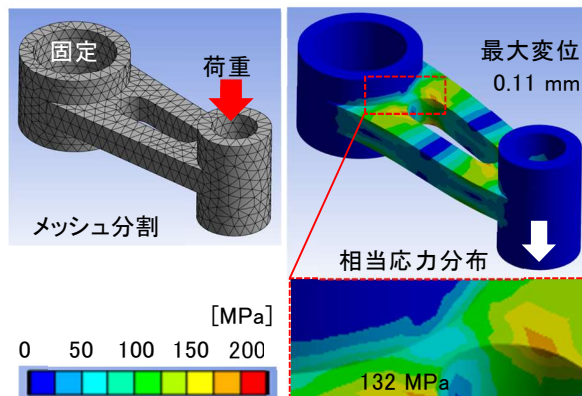


図2 相当応力の解析結果

(メッシュサイズ：全体4mm)

に従って、応力集中部に現れる最大応力は大きくなるのがわかります。つまり、このような角部の応力を定量的に評価することは難しいといえます。

一方、溶接部等の評価として、ホットスポットと呼ばれる溶接止端部の応力を求める方法(例えば0.4t-1.0t法¹⁾)があります。ホットスポット応力の値を計算した結果も表1に示します。また、当研究所の保有するANSYS Mechanicalでは、線形化応力という評価方法で、この応力集中部を定量的に評価できます。こちら併せて表1に示します。これらの結果では、メッシュサイズの小さい方から確認すると、ある程度の大きさ(0.1mm~1mm)まで応力値を一定の値として求めることができます。従って、ホ

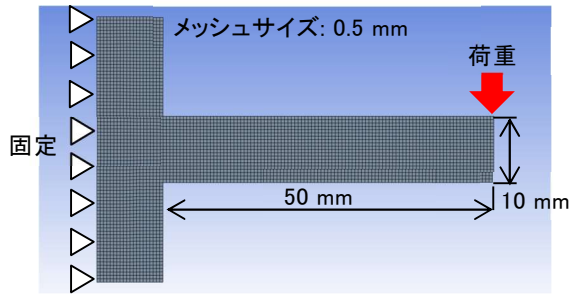


図3 片持ち梁モデルの模式図

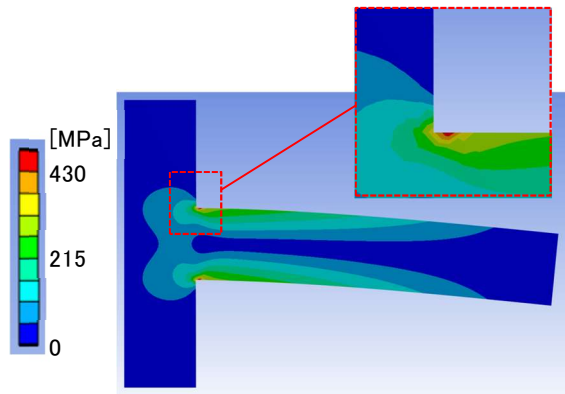


図4 片持ち梁モデルの応力解析結果

ットスポット応力や線形化応力を強度評価に用いることも、応力集中部の評価に用いる一つの方法といえます。

溶接構造物の応力評価について

溶接構造部である場合、止端部の形状をある程度正確に CAD データ化し、その R 部を十分に細かいメッシュに分割することで定量的に評価できる場合もあります。

図5はすみ肉溶接部の外観で、この溶接部の応力解析を行った例を図6に示します。止端部の形状を簡略化して CAD データ化したモデルを同図(a)に、止端部の適正な処理形状も含めて CAD データ化したモデルを同図(b)に示します。同図(a)では止端部に応力集中が発生し、応力が大きい様子が確認できます。この応力集中は前章で述べたようにメッシュサイズに依存する特異点によるもので、評価には注意が必要です。同図(b)では止端部をグラインダーで仕上げた形状を CAD データに反映しています。滑らかに仕上げた曲面部に十分なメッシュ数を配置することで正確な応力を評価できています。

溶接部のみならず、機械部品でも角 R を CAD データで正確に作図し、そこに十分な数のメッシュを配置することで、より正確な応力を評価することが

表1 解析結果に及ぼすメッシュサイズの影響

メッシュサイズ [mm]	0.10	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00	10.00
最大応力 [MPa]	799	602	483	387	313	275	239
ホットスポット応力 [MPa]	297	297	297	298	321	257	119
線形化応力 [MPa]	306	303	302	304	291	271	229

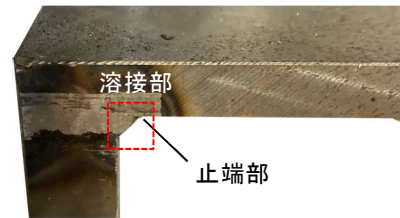


図5 すみ肉溶接部

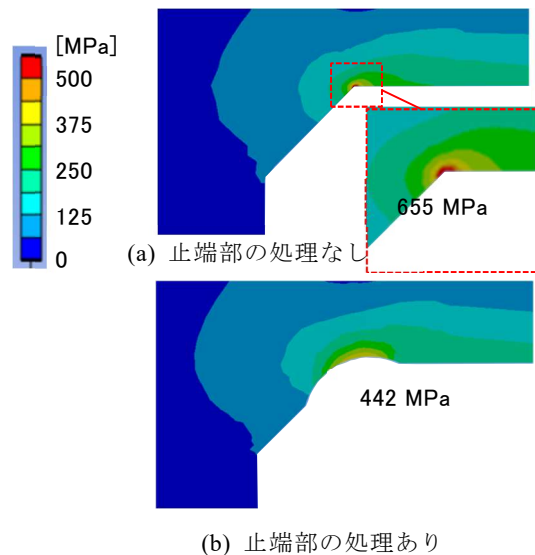


図6 すみ肉溶接部の応力解析

できます。曲面部に必要なメッシュ数に関しては続報で詳しく解説する予定です。

まとめ

構造解析は簡単な設定で応力や変形を解析できる反面、設定の方法や概念を理解して使用しないと誤った結果が得られる恐れがあります。ものづくり計算センターでは、構造解析など CAE に関するノウハウを蓄積しています。具体的なご質問がある方はぜひお気軽にご相談ください。

参考文献

- 1) 指宿ら：土木学会西部支部研究発表会，(2015)，99-100.

発行日 2024年11月1日

作成者 ものづくり計算センター（加工成形研究部 精密・成形加工研究室 四宮 徳章、特殊加工研究室 三木 隆生）

Phone: 0725-51-2525

E-mail: mcae-center02@orist.jp