

プラントエンジニアリング分野における構造解析の活用

Structural analysis in the field of plant engineering

相葉 恵介*

AIBA Keisuke

1. はじめに

構造解析は、構造物に対し荷重が掛かった際の变形や応力、また構造物に対する振動特性や加振時の応答を数値化し、これに基づいて定量的な評価や分析を行うことができる数値解析技術である。当社の扱う機器装置では、数 MPa から数十 MPa の高圧下、あるいは液体窒素等の低温液化ガスによる低温下で使用されることが多い。これらの環境下で使用することに当たって十分な強度を保有する等の、安全性を評価する手段として構造解析は有用である。

当社では、2007 年頃に導入した Ansys Mechanical を始め、汎用的な構造解析ソフトウェアを使用し、機器装置の設計工程りや使用時に発生した不具合事象の原因調査に活用している。

本稿では、当社が扱うプラントエンジニアリング分野の機器装置を対象とした構造解析の活用例を紹介する。

2. プラントエンジニアリング分野における構造解析の活用

当社のプラントエンジニアリング分野における機器装置には、空気を原料として深冷分離法により酸素、窒素、アルゴンを製造する空気分離装置や、極低温・高真空な宇宙環境を地上で再現し、人工衛星等の実験装置として利用されるスペースチェンバー等がある。これらの機器装置では設計工程や不具合発生時に、強度や振動特性を評価することが必要である。例えば、機器装置に加わる圧力、冷熱、地震荷重に耐え得る強度を保有することや、周囲の振動源との共振を回避するような固有振動特性を持つ構造であることを確認しなければならない。しかし、機器装置ごとに仕様が異なり、大型あるいは複雑な形状となるため、すべてについて試作品を製作して実験を行うことは現実的ではない。このような場合に、構造解析は評価手法として有効である。

当社では、これまで、プラントエンジニアリング分野の機器装置を中心に 100 ケース以上の構造解析を実施してきた。次節では実際に行った構造解析の活用例を 3 例記載する。

3. 構造解析の活用事例

3.1 空気分離装置関連の活用例 1

空気分離装置の運転試験において、精留塔内で偶発的な圧力上昇が発生した。当該事象により、精留塔内部にある精留板の損傷が懸念されたが、開放点検を行うことは困難であったため、応力解析による強度評価を実施した。

図 1 に精留板の応力解析結果を示す。当該結果より、圧力により板材や部材接続部付近に発生する応力は設計許容値内に収まり、強度的な問題は無いことを確認した。この解析結果より精留塔の開放点検は必要ないと判断し、運転試験を遂行することができた。

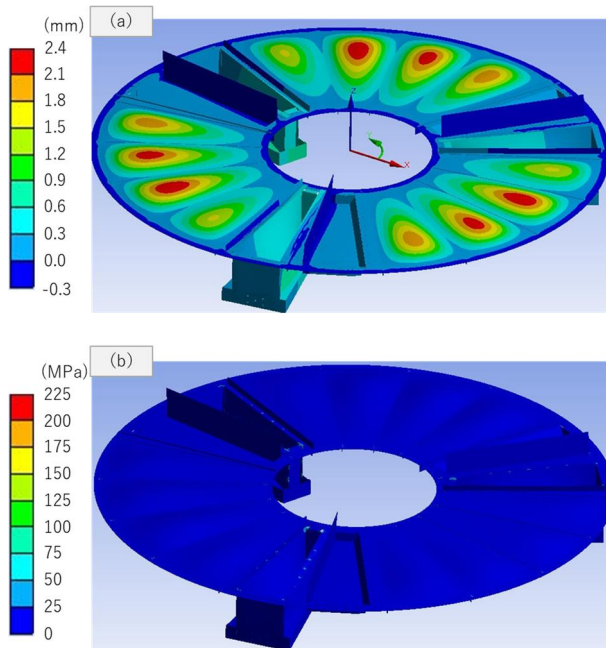


図 1 精留板の応力解析
(a:変形量分布, b:相当応力分布)

* 開発企画統括部 開発業務部 シミュレーションサポート課

3.2 空気分離装置関連の活用例 2

空気分離装置には複数の圧縮機が設置される。圧縮機による流体の吸込みや吐出によって、配管内に生じた圧力変動が配管内気体の気柱共鳴周波数と一致すると、大きな圧力脈動が発生する。さらに、当該圧力脈動と配管の固有振動とが一致することで大きな配管振動を誘発し、場合によっては配管破損に至る。したがって、配管設計に当たっては、配管振動を抑制するために、配管ルートやサポート位置を決定する必要がある。

図2に圧縮機に接続する配管の振動解析結果を示す。図2(a)に示すように、原案形状では、赤丸範囲の配管全体における水平方向(x方向)の固有振動が発生すると分かった。そこで、配管ルートの変更とサポートの追加を行うことにより、図2(a)で見られた配管の固有振動を抑制できることを確認した(図2(b))。実際の配管設計では本解析による変更案を採用し、当該配管における振動問題は発生しなかった。

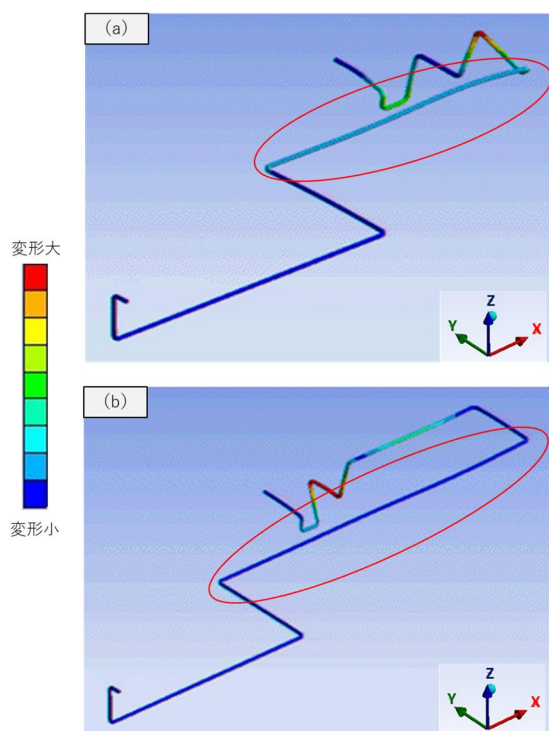


図2 圧縮機周り配管の振動解析
(a:原案の固有振動, b:変更案の固有振動)

3.3 宇宙低温機器関連の活用例

スペースチェンバーを運転する際には、チェンバー内を真空にすることや極低温にすることにより、チェンバーに機械的な負荷が掛かる。これと併せて、地震発生時には地震荷重も掛かる。チェンバー自体が破損し、チェンバー内に納める試験体を破損させ

ることがないように、これらの負荷に耐え得る強度を有するチェンバーの設計が必要である。

図3にスペースチェンバーの応力解析結果を示す。図3(a)ではチェンバー内を真空とした際の応力を、図3(b)ではチェンバー内が真空となる時と併せて、地震荷重を想定した静的水平振動荷重がチェンバーに掛かった際の応力を可視化した。構造的に大きな応力が集中しやすい開口部周囲や、振動荷重を支持する脚部の応力が、いずれも設計許容値内に収まることを確認した。

これらの解析による強度評価を基に詳細なチェンバーの設計を進め、運転時の負荷や地震に耐え得る十分な強度を有する構造を完成させた。

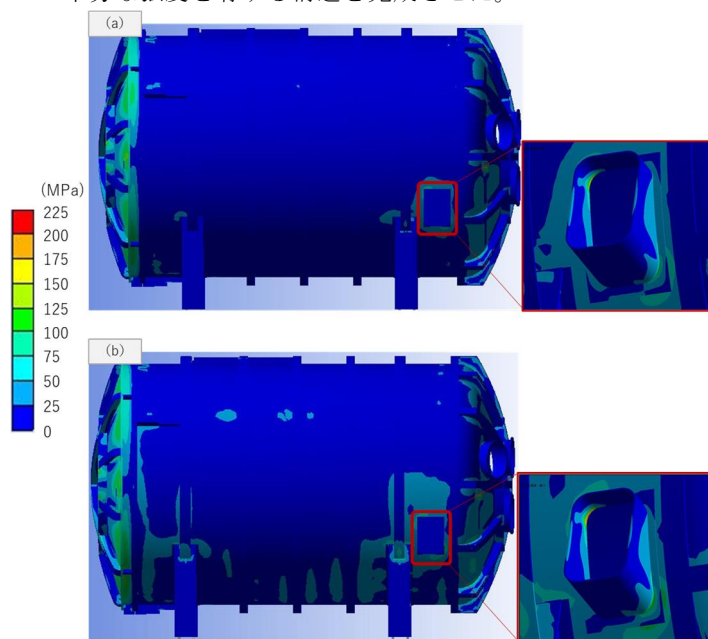


図3 スペースチェンバーの応力解析
(a:チェンバー内真空時の相当応力分布,
b:静的地震荷重を掛けた際の相当応力分布)

4. おわりに

当社で扱うプラントエンジニアリング分野の機器装置を対象とした構造解析の活用例を紹介した。当該機器装置は多種多様で複雑な構造物となる。構造解析を活用し、実機では把握が難しい強度評価や振動特性を評価することで、想定される負荷に耐え得る機器装置の安全性確保に繋げることが可能である。

参考文献

- 1) 相葉恵介, 六車淳, 岩崎修. 熱応力解析を用いた空温式蒸発器の設計最適化. 大陽日酸技報, 2015, No.34.