

vol. 2012-2

Mech D & A News

Mechanical Design & Analysis Co.

May 2012



Monasterio de Montserrat, 2011年5月

【特集】 Abaqus/CFDによる流体解析

(その2 カルマン渦による流体－構造連成振動)

*FEM Consulting Services for Engineering Practice
Find Innovation in Tradition 2008-2019*

【1】はじめに

近年、Abaqus のラインアップに流体解析機能 Abaqus/CFD が加わり、構造系のエンジニアにとって流体解析がより身近なものになりました。これまで、CFD 単独のソフトウェアは複数あり、FSI (Fluid Structure Interface) などの手法を用いて構造解析と組み合わせる試みも少なからずありました。しかし、強い非線形問題が扱える構造系のソフトウェアに CFD がダイレクトに組み込まれることは、これまでと異なる利便性をユーザに提供してくれます。特に流体と構造の連成は、もっとも期待される分野となるでしょう。

先号では、構造系のエンジニアが初めて CFD を扱うという視点に立ち、一様な流れの中に置かれた円柱まわりの流れを取り上げ、カルマン渦の発生とそれによってもたらされる円柱の振動を Abaqus/CFD を用いて解析を行いました。今号では、それに引き続き円柱がバネ支持されているという条件の下で、流体と構造の連成解析を行った例を示します。なお現在の計算機容量などの観点から、精密な解析を行うには今一步の感がありますが、今回の内容は、今後の検討の開始点として御了解をお願い致します。

【2】流体 - 構造連成解析

先号の解析結果では、カルマン渦列の発生周波数に関してストローハル数を用いて評価した結果、旧来の知見と一致する結果が得られています。今号では、この結果を足掛かりに Abaqus/CFD の中で用意された流体-構造連成解析の機能を用いて、円柱に発生する振動を解析してみました。

Fig.1 及び Fig.2 に解析モデルを示します。Abaqus の中で流体-構造連成解析を行う場合、まず構造部分は Abaqus/Standard あるいは Abaqus/Explicit でモデル化する扱いになります。今回は、構造である円柱を Abaqus/Standard の中で変位要素によってモデル化し、流れに垂直な方向 (Y 方向) のバネで結合しました。円柱の変位は流れ方向には拘束し、流れに垂直な方向にのみ振動することを許す境界条件としました。材料定数は、密度を $\rho = 7.85 \times 10^{-9}$ [ton/mm³], ヤング率を $E = 2.0 \times 10^5$ [MPa], ポアソン比を $\nu = 0.3$ [-] としました。ただし実際の解析の中では、円柱は剛体として (バネ支持された円柱形状を持った質量として) 扱われています。

また、流体部分は先号と同じに、Abaqus/CFD によって Fig.2 のようにモデル化しました。解析の具体的な実行手順としては、Fig.1 に示した円柱の外表面、および Fig.2 に示した円柱部分の内表面にサーフェスを指定し、そのサーフェスを介して Abaqus/Standard と Abaqus/CFD が連携して同時に実行される扱いです。

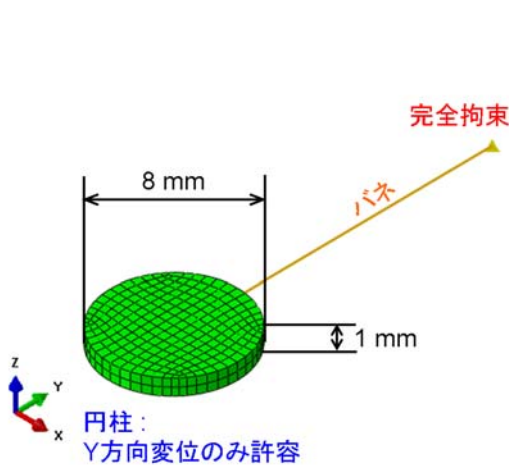


Fig.1 円柱のモデル化 (Abaqus/Standard)

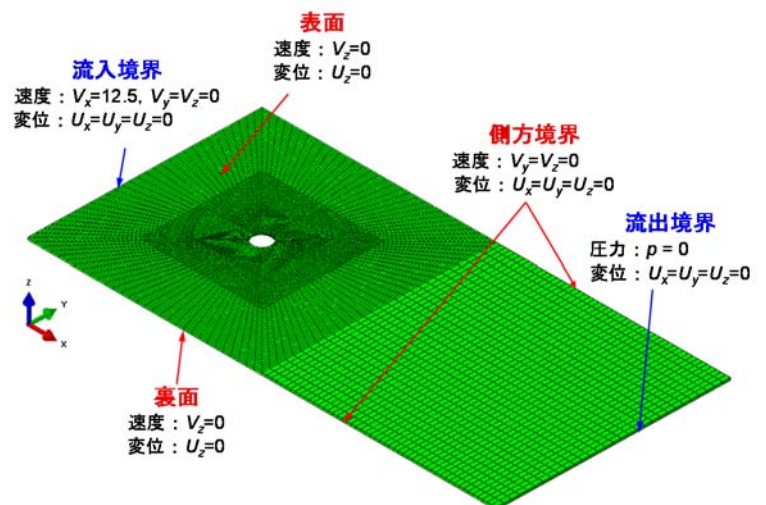


Fig.2 円柱まわりの流体のモデル化 (Abaqus/CFD)

円柱を支持するバネ定数を k 、円柱の質量を m とした時、一自由度系を想定した固有振動数 f_n は次式で表されます。

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (8)$$

この固有振動数は流体による付加質量の効果を含みませんが、従来の実験結果はこれを用いて整理されています。この振動数におけるストローハル数 St_n は次式で定義されます。

$$St_n = \frac{1}{2\pi} \frac{U}{f_n D} \quad (9)$$

今回の解析では、流速はレイノルズ数が $Re=100$ の値である $U=12.5$ [mm/sec] を使用し、円柱を支持するバネ定数を変化させることで、ストローハル数の値を変える扱いとしました。Fig.3 にストローハル数 St_n と円柱の振動数の関係を示します。また、Fig.4 に St_n と円柱の振幅 Y を示します。いずれも従来の実験結果[1]と本研究による解析を対比して示しています。Fig.3 から明らかなように、実験では $St_n=0.8\sim 1.15$ の領域でロックインと呼ばれる現象が現れ、円柱の振動数がほぼ一定に維持される領域が存在します。これはカルマン渦の発生周波数が円柱の固有振動数に引き込まれてしまう現象です。Fig.4 から明らかなように、ロックイン領域では円柱の振幅も急激に増大していることもわかります。

Fig.3 を見ると Abaqus による解析結果は、実験結果の傾向をおおまかに再現しているものの、振動数が一定となるようなロックインの挙動を十分に表現しているとは言えません。また Fig.4 から明らかなように、ロックイン領域における振幅の増大は、全く表現できないことがわかります。今回の解析では流れのモデリングは層流にとどまり、流れの乱流への遷移を表現することが十分ではないこと、また乱流化に伴って現れる3次元的な流れの効果を表現することもできないことがその原因と考えられます。従って今回のような簡単なモデルでは、大きな振幅を伴うロックイン現象を扱うには無理がありますが、今回は手始めの検討として手順のみを紹介しました。

なお、流れによる振動の様相を可視化したアニメーションを弊社 HP に掲載しております。あわせて参照下さい。

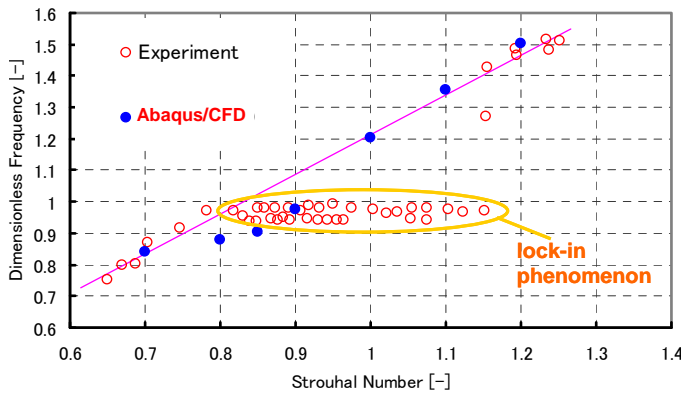


Fig.3 振動数 - ストローハル数曲線

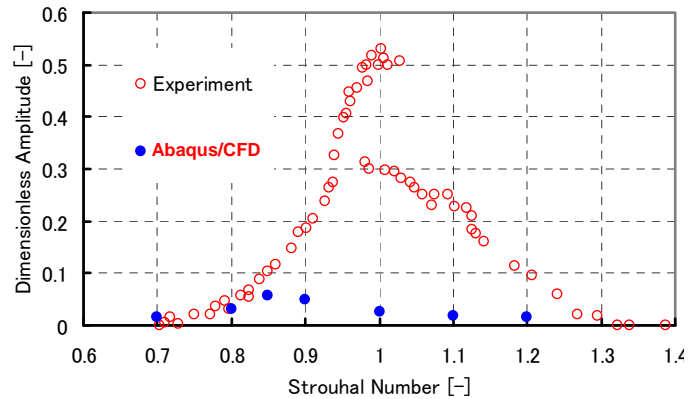


Fig.4 振幅 - ストローハル数曲線

参考文献

- [1] Hartlen, R.T., & Currie, I.G.: Lift-oscillator model of vortex-induced vibration, Proc. ASCE, J. Eng. Mech. Div, Vol.96, No.5, pp.577-591, 1970

株式会社 メカニカルデザイン

〒182-0024 東京都調布市布田 1-40-2 アクシス調布 2階

TEL 042-482-1539 FAX 042-482-5106

E-mail: comm@mech-da.co.jp http://www.mech-da.co.jp/

Mech D & A 解析データ申込書

返信先 FAX : 0424-82-5106

(株)メカニカルデザイン 担当 文書課 大川宛

- 解析データは通常ご注文いただいてから、1週間以内に発送いたします。
- 御請求書は、解析データと一緒に送付いたします。
- 送料はいただいておりません。

ふりがな お名前	
貴社名	
御所属	
御住所	〒
TEL・FAX	TEL FAX
E-mail	
通信欄	注：納品書，請求書は弊社様式で商品と共に送付致します。代金の振込手数料はお客様の負担とさせていただきます。

御希望の項目に○を付けて下さい。いずれも CD 付きの価格です。

Vol.2012-1 Abaqus/CFD による流体解析 その 1 円柱まわりの流れ，カルマン渦の発生 (Fig.4 (a) ~ (b) に対応する解析データ，Ver.6.10 以降対応)	¥ 52,500 (税込)
Vol.2012-2 Abaqus/CFD による流体解析 その 2 カルマン渦による流体-構造連成振動 (Fig.3 あるいは Fig.4 のストローハル数 0.7, 1.0, 1.2 に対応する解析データ， Ver.6.10 以降対応)	¥ 31,500 (税込)

※Abaqus はダッソー・システムズ株式会社殿の製品です。

株式会社 メカニカルデザイン

〒182-0024 東京都調布市布田 1-40-2 アクシス調布 2 階

TEL 042-482-1539 FAX 042-482-5106

E-mail: comm@mech-da.co.jp http://www.mech-da.co.jp/