

非定常乱流解析コードSMART-femの実用性向上（その2）

- 振動剛体との連成解析手法の開発と検証 -

背景

発電プラントや送電設備の高性能化・合理化を進める場合、構造物の薄肉化・軽量化や流体の高流速化が要求される。これに伴い、流れによって誘起される振動が構造物に発生しやすい傾向となるため、これを正確に予測・防止することが必要となる。しかし、未だにその発生機構について合理的な説明が与えられていない現象も多く、構造物の形状に依存して流れが大きく変化するため、一般的な形状での定量的な現象予測は困難であることが多い。このような現象に流れの数値解析を適用し、詳細な圧力・流速分布等を正確に再現することができれば、実験との補完効果により現象解明が飛躍的に進むことが期待される。当所では、構造物周りの流れや流体変動荷重などの予測手法として、形状模擬性に優れ、高精度な LES 乱流解析コード SMART-fem を開発してきたが、静止構造物周りの流れに適用が限られていた。

目的

SMART-fem を基本コードとして、移動・振動構造物周りの流れと流体変動荷重を解析する手法を開発する。

主な成果

(1) 移動境界処理法の開発

SMART-fem において、移動座標法によって移動境界を処理するアルゴリズムを新たに考案した。また、実際に、上記アルゴリズムを SMART-fem に導入し、任意方向に移動・振動する構造物周りの流れと流体変動荷重を解析するコードを開発した。

(2) 開発手法の妥当性確認

改修した SMART-fem を用いて、レイノルズ数が 10^4 の条件で、円柱の振動数をパラメータとして、流れ方向に強制変位加振を受ける円柱周りの流れの擬似二次元解析を行った。さらに、解析結果から算出した非定常抗力係数^{注)}を当所でこれまでに取得した実験結果と比較し、SMART-fem の流動励起振動問題への適用性を評価した。その結果、以下のことが明らかになった。

- a. 本解析コードによって、流れ方向に振動する円柱周りの流れが、振動数の増加に連れて、非対称なフローパターンから対称なフローパターンへ遷移する現象を再現可能である。
- b. 非定常抗力係数の振幅が、加振振動数の2乗に概ね比例する特性や、ある特定の振動数範囲で非定常抗力が励振力として円柱に作用する特性を、本解析コードによって再現できる。

今後の課題

本解析では、低振動数側の非定常抗力の位相特性や、変動揚力の卓越振動数が円柱の振動数に一致する現象が再現されておらず、今後、開発したコードのさらに詳細な検証を行う。また、自由振動に対しても適用できるようにコードの拡張を行う。

注) 時間的に変動する抗力係数の円柱振動に同期する成分

本解析コードを用いた流れの解析結果動画例：「構造物周りの複雑な渦流れと振動現象解明」,
<http://criepi.denken.or.jp/jp/civil/result/video.html>

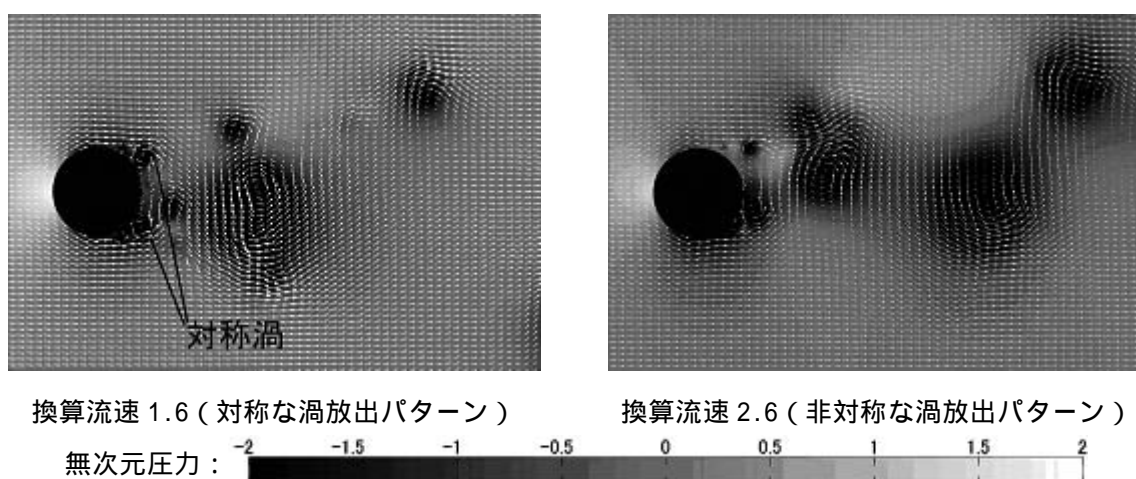


図1 流れ方向に振動する円柱周りの代表的なフローパターン（瞬時の圧力分布と流速分布）

研究報告 N05030	キーワード：数値流体解析，LES乱流解析，有限要素法，移動座標法，流力振動
関連研究報告書	「非定常乱流解析コードSMART-femの実用性向上(その1) - 行列解法の高速度と時間積分の安定化 - 」N05013 (2006.2)
担当者	西原 崇（地球工学研究所 流体科学領域）
連絡先	(財)電力中央研究所 地球工学研究所 Tel. 04-7182-1181(代) E-mail : cerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp