

ACS SASSI Version 4.3.5 IKTR3.5 リリースノート

2022年11月30日

目次

1. Option NON Advancedの機能追加
 - 1-1. 新しい等価減衰の計算方法の追加
 - 1-2. 鋼板コンクリート壁のバックボーンカーブ(BBC)作成機能の追加
 - 1-3. ファイバーモデルを使ったバックボーンカーブ(BBC)作成機能の追加
 - 1-4. 床のクラックを考慮した解析機能の追加

2. Option AA-Rの更新

3. インコヒーレンシー解析に関する機能追加
 - 3-1. GEN_INCOH_CDNS_LOADSモジュールの追加
 - 3-2. コヒーレンシーモデルの追加(モデル8)

1. Option NON Advancedの機能追加

粘性減衰と塑性による消費エネルギーの評価

等価減衰の計算には消費エネルギーを用いますが、これまでのヒステリシスカーブの安定ループから評価する方法に加え、日本の原子力耐震規格であるJEACの規定に適合する消費エネルギーの評価方法として、粘性減衰と塑性による消費エネルギーを時間積分により評価する機能が追加されました。

従来の消費エネルギー評価方法

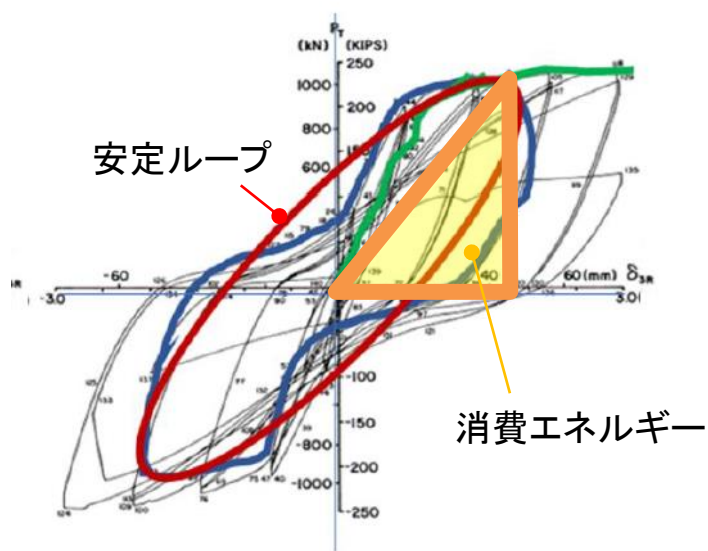


図1-1 安定ループの面積から消費エネルギーを評価する方法

新しい消費エネルギー評価方法

$$E_D(t) = \int_0^t c[\dot{u}(t)]^2 dt \quad : \text{粘性減衰による消費エネルギー}$$

$$E_Y(t) = \left[\int_0^t \dot{u} f_S(u, \dot{u}) dt \right] - E_S(t) \quad : \text{塑性による消費エネルギー}$$

参考文献の7章を参照

Chopra, A. K. (2006). Dynamics of Structures, 3rd Edition, Prentice Hall International Series

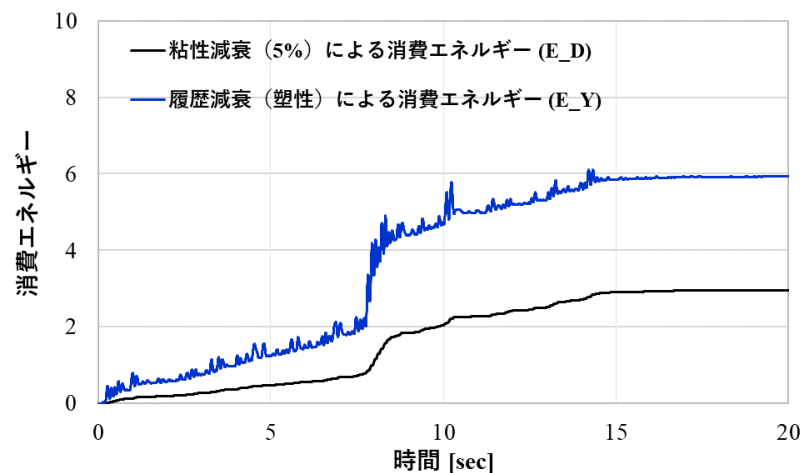


図1-2 時間積分により評価された消費エネルギー

設定

NONLINEARモジュールの入力ファイル(.eql拡張子)を編集することで設定します。

```
1 0.8 1 0 1 2  
2 3 8 8  
3 1 3 5  
4 0.0002418249 17922.9  
5 0.00072547471 24195.9  
6 17922.9 24195.9 47378  
7 0.0002418249 0.00072547471 0.004  
8 2 3 5  
9 0.00020482205 15180.4  
10 0.00061446614 20493.5  
11 15180.4 20493.5 47142.9  
12 0.00020482205 0.00061446614 0.004  
13 3 3 5
```

1行目-5列目を"2"とする

※将来的にはGUI画面とEQLコマンドによる設定がサポートされる予定です。

図1-3 NONLINEARモジュールの入力ファイル(.eql拡張子)の設定例

実行

NONLINEARモジュールを使用して実行します。

実行方法は従来のOption NONと同様です。入力ファイルの編集後、RELDISPで計算した相対変位の結果を重ね合わせ処理した後、NONLINEARモジュールを実行します。

解析実行にはデモ例題で提供されているバッチファイルが有用です。

詳しくは付属のデモ例題、Demo9とDemo18をご参照ください。

鋼板コンクリート(SC)壁のバックボーンカーブ(BBC) ※

日本電気協会発行のSC壁に関する原子力耐震規格『JEAC 4618-2009』および米国コンクリート学会発行の規格『ACI 318-19』に記載されている、SC壁のバックボーンカーブ(BBC)の計算機能が追加されました。

鉄筋コンクリート(RC)の場合と比べて、せん断変形のBBCの計算式が異なります。

SHEAR BBC (Shear force τ vs. Shear Strain γ)

Point 1 for Cracking:

$$Q_1 = \left(A_c + \left(\frac{G_s}{G_c} \right) * A_s \right) * \tau_{cr}$$

$$\gamma_1 = \left(\frac{\tau_{cr}}{G_c} \right)$$

where, $\tau_{cr} = \sqrt{0.31\sqrt{\sigma_B} * (0.31\sqrt{\sigma_B} + \sigma_v)}$

A_s : Shear cross-sectional area of steel plate (mm²)
 A_c : Shear cross-sectional area of concrete (mm²)
 G_s : Shear modulus of steel plate (N/mm²)
 G_c : Shear modulus of concrete (N/mm²)
 σ_B : compressive strength of concrete; design basis strength Fc can be used (N/mm²)
 σ_v : Vertical axial stress taking into account steel plate (positive for compression, N/mm²)

図1-4 SC壁用のせん断の第一折れ点の計算式

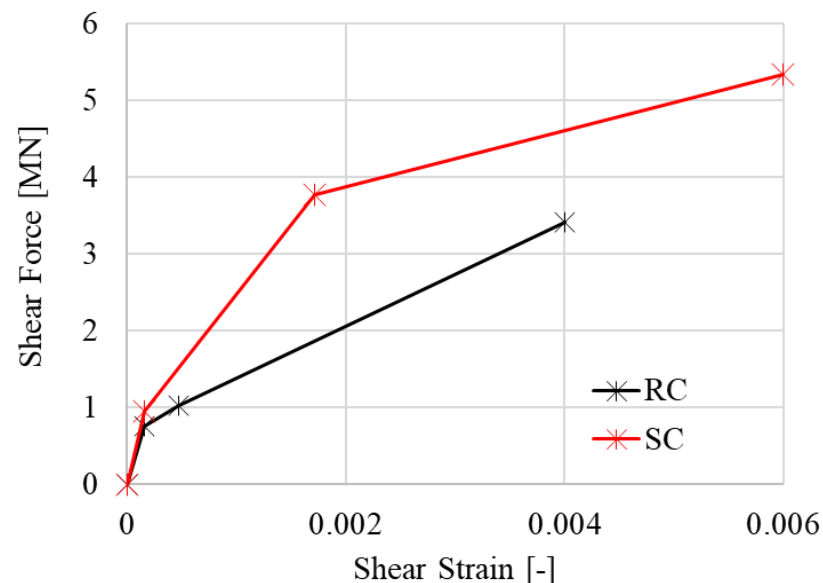


図1-5 SC壁とRC壁で同じモデルと材料条件を設定した際のBBC比較

※国内ではバックボーンカーブはスケルトンカーブと呼ばれていますが、ACS SASSIマニュアルの表記に合わせて、本資料ではバックボーンカーブと表記します。

1-2. 鋼板コンクリート壁のBBC作成機能の追加: 設定と実行

設定

BBC_JEAC_ACI_Fiber2Dモジュールの入力ファイル(.in拡張子)を編集することで設定します。

```
1 1 3 1行目-2列目を"3":SC壁のフラグ
2 0
3 1
4 0 60 1
5 0 0 0 0 0 1.524 0.3048 0 0 1.524
6 0 0.0 0.0 0.0 0.0
7 1.4 1.0 3.125 3.125 7行目-3列目:コンクリート厚と鉄板厚の割合[%]
8 2.5E+7 2.757E+4 0.002 0.0035 2.0E+8 2.482E+5 0.00185 0.05 0.25
```

図1-6 BBC_JEAC_ACI_Fiber2Dモジュールの入力ファイル(.in拡張子)の設定例

実行

BBC_JEAC_ACI_Fiber2Dモジュールを使用して実行します。

従来のBBC計算手順と同様に、断面力計算が終了し、鋼板コンクリートの物性情報を入力した後に、BBC_JEAC_ACI_Fiber2Dモジュールを実行します。

ファイバーモデルを使ったBBC作成機能

メッシュデータから断面形状を取得し、各変形に対するBBCを作成します。

- ・せん断変形 : せん断断面積を用いてJEAC式およびACI式に従うBBCを作成
- ・曲げ変形 : 2次元のファイバーモデルを作成し、プッシュオーバー解析の結果から曲げモーメント-曲率(M- ϕ)関係を取得

ファイバーモデル

ファイバーモデルは、部材断面を微小断面に分割し、各々の分割要素に応力-ひずみ関係と分担面積を与えることで非線形部材を設定するものであり、梁の変形状態(軸ひずみと曲率)から梁に作用する断面力を求めることができます。*1 ACS SASSIにおけるファイバーモデルは、構造解析ソフトOpenSeesの“Spacone's fiber model”*2 を参考に作られています。

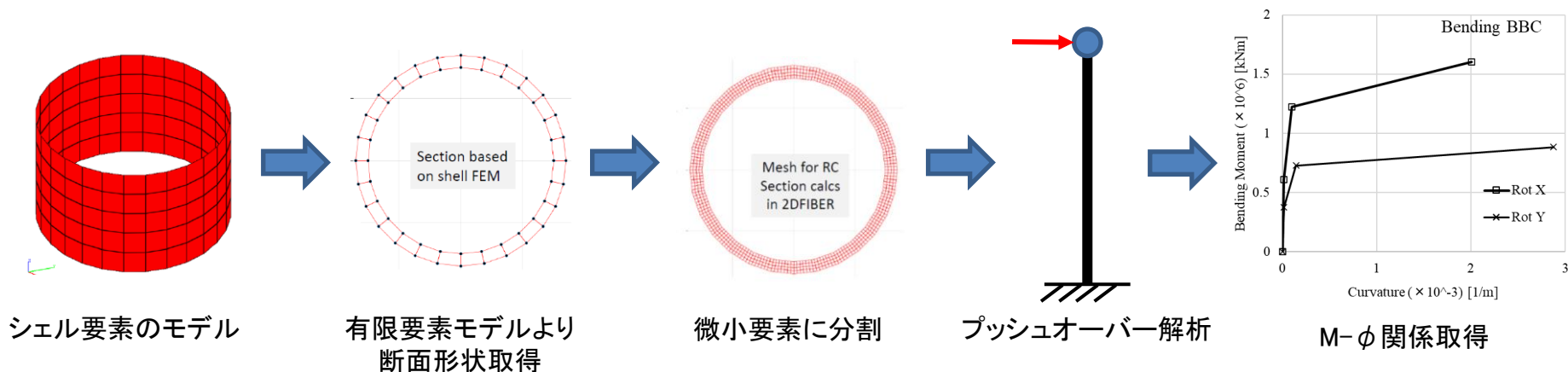


図1-7 M- ϕ 関係を取得するフロー

*1 一般社団法人 電力土木技術協会 技術用語

*2 Spacone, Enrico, V Ciampi, FC Filippou, 1992

1-3. ファイバーモデルを使ったBBC作成機能の追加: 断面の種類

対応断面タイプ




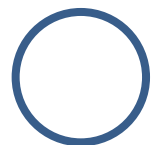

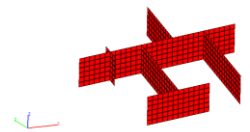
構造設計でよく使用される5種類の断面タイプに加え、任意断面に対してのBBC作成が可能です(右表)。

ファイバーモデルの鉄筋位置

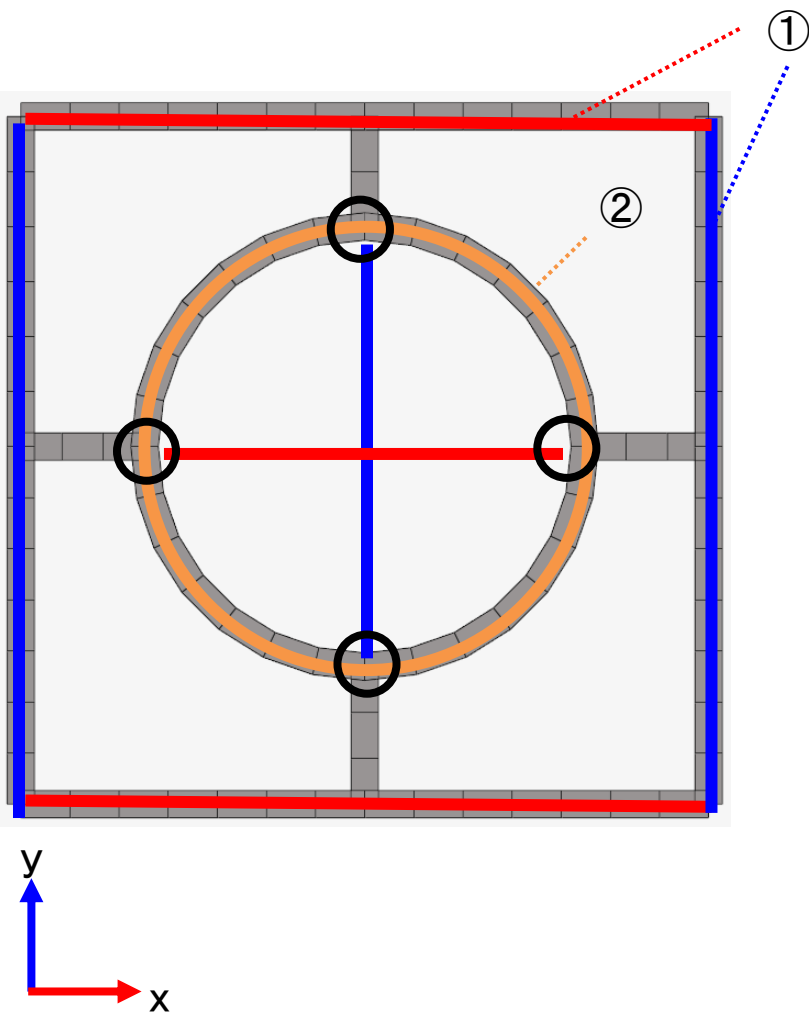
断面タイプはファイバーモデルの鉄筋位置にも影響します。

SECTYPE=1~3は断面中央に鉄筋があると仮定してファイバーモデルを作成しますが、SECTYPE=4~6は鉄筋が一様に分布していると仮定します。

表1-1 対応断面タイプ一覧

断面形状フラグ SECTYPE	断面図
L字タイプ (SECTYPE=1)	
T字タイプ (SECTYPE=2)	
I字タイプ (SECTYPE=3)	
円形タイプ (SECTYPE=4)	
多角形/回転した 四角形タイプ (SECTYPE=5)	
任意断面 (SECTYPE=6)	

1-3. ファイバーモデルを使ったBBC作成機能の追加: 断面の定義例



①外壁のせん断と曲げのBBCはJEAC式より算定し、ファイバーモデルは使用しません。

②中心円筒のせん断のBBCはJEAC式より算定し、曲げのBBCはファイバーモデルで算定します。

全ての壁を任意断面として定義し、BBCを計算することも可能です。

図1-8 断面の定義例

床のクラック評価機能

“TSHELL要素”でモデル化した床の表面の最大主応力がコンクリートの引張強度を超えているかどうか判定し、クラックが発生すると判定された要素にはコンクリートの初期ヤング率の1/2と等価減衰7%を割り当てます。

コンクリートの引張強度は日本規格(JEAC 4601-2015)と米国規格(ASCE 4-16)の定義を使用できます。引張強度の定義は以下の通りです(F_c は圧縮強度)。

- 日本規格(単位: N/mm^2): $f_t = 0.38\sqrt{F_c}$
- 米国規格(単位: psi): $f_t = 7.5\sqrt{F_c}$

床のクラック発生範囲

引張強度の定義を日米両方の規格を使って比較した地震応答解析の結果を示します。日本規格のクラック判定の方が厳しいため、クラック発生範囲が大きいことがわかります。

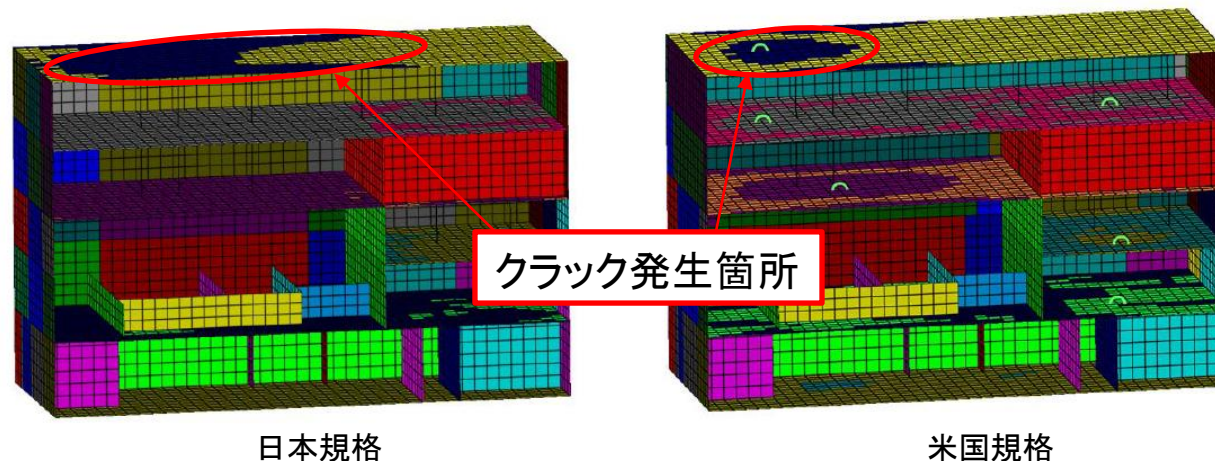
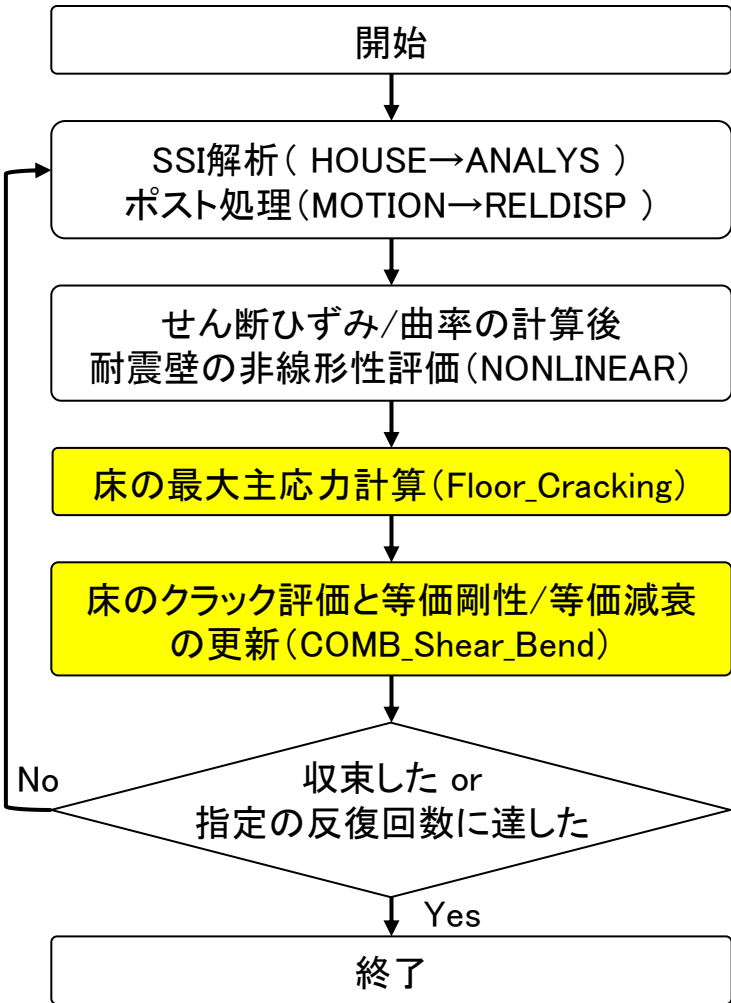


図1-9 日本規格と米国規格でのクラック発生範囲の比較



床のクラック評価に関連するモジュール:

新モジュール

<Floor_Cracking>

耐震壁に対する損傷評価後、床面の最大主応力を計算します。

床のクラック評価のための機能追加

<COMB_Shear_Bend>

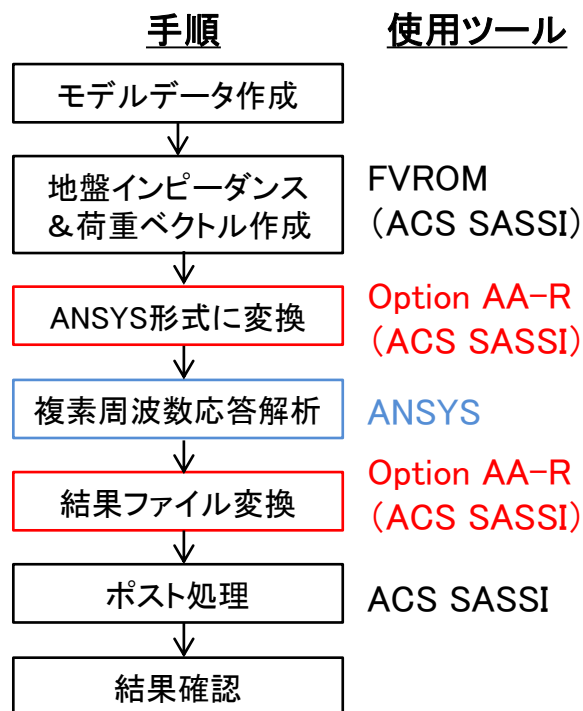
床面の最大主応力の計算結果を使って、引張強度を基準としたクラック判定および等価剛性と等価減衰の更新を行います。

図1-10 床のクラック評価を含めた Option NONの解析フロー

2. Option AA-Rの更新

ANSYSの結果ファイルをACS SASSIの結果ファイルに変換する機能の更新

Option AA-Rは、ACS SASSIで計算した地盤インピーダンスと荷重ベクトルをANSYS形式に変換し、ANSYS上で地盤-構造連成を考慮した複素周波数応答解析を実施するオプション機能です。図2-1にOption AA-Rを用いたANSYS上での複素周波数応答解析のフローを示します。



「結果ファイル変換」が、流体要素 (FLUID30) やソリッドシェル要素 (SOLSH190) の含まれるANSYSモデルに対応しました。この更新により、Option AA-Rによって流体-構造-地盤連成 (FSSI) 解析を実施し、ANSYSの結果ファイルをACS SASSIの結果ファイルに変換して、ACS SASSI上でポスト処理を実施することが可能になりました。(※流体要素の圧力変化の情報は変換後の結果ファイルに含まれません)

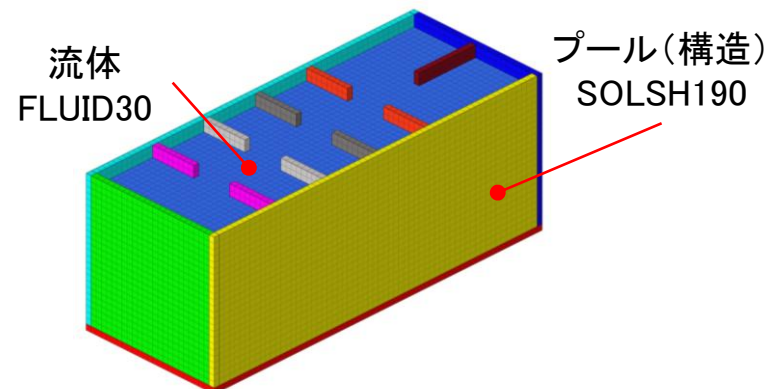


図2-2 FSSI解析用モデルのイメージ図

図2-1 Option AA-Rを用いたANSYS上での複素周波数応答解析のフロー

3. インコヒーレンシー解析に関する機能追加

GEN_INCOH_CDNS_LOADSモジュールが追加されています。これはインコヒーレンシー解析においてFVROM、FVROM-INTの機能を使用するためのモジュールです。これによりインコヒーレンシー解析の計算時間を短縮できるほか、Option AA-Rと併用することでANSYSによるインコヒーレンシー解析が可能になります。

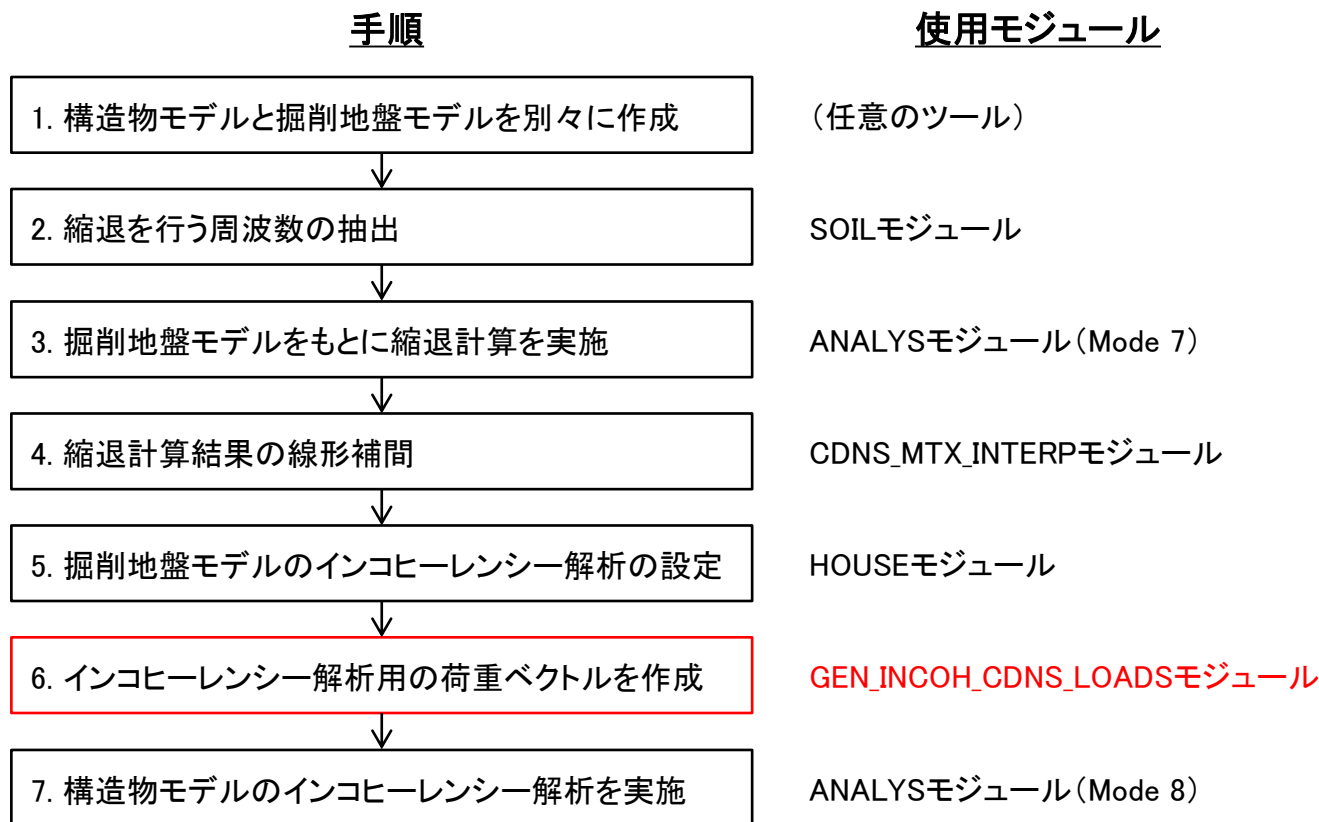


図3-1 FVROM-INTの機能を用いたインコヒーレンシー解析のフロー

追加されたコヒーレンシーモデル8は、ユーザー定義のコヒーレンシーモデルという点で従来のコヒーレンシーモデル7と共通ですが、水平方向のコヒーレンス関数が異なります。コヒーレンシーモデル7は水平方向のコヒーレンス関数が異方的なのに対し、コヒーレンシーモデル8は水平方向のコヒーレンス関数が等方的です。

コヒーレンシーモデル7

水平方向のコヒーレンス関数：

$$\text{Coh_X}(f, D_X) \text{ Coh_Y}(f, D_Y)$$

$\text{Coh_X}(f, D_X)$: X方向のコヒーレンス関数(ユーザー定義)

$\text{Coh_Y}(f, D_Y)$: Y方向のコヒーレンス関数(ユーザー定義)

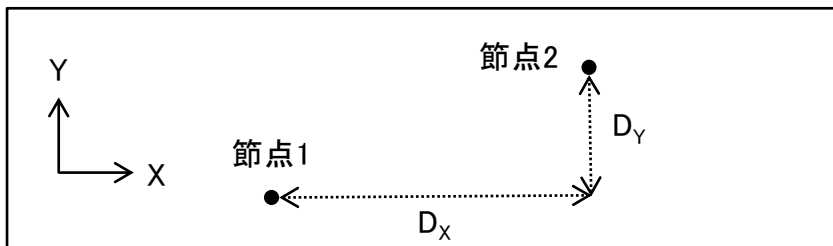


図3-2 コヒーレンシーモデル7における
相対距離の定義

New

コヒーレンシーモデル8

水平方向のコヒーレンス関数：

$$\text{Coh_H}(f, D_H) \quad (\text{ユーザー定義})$$

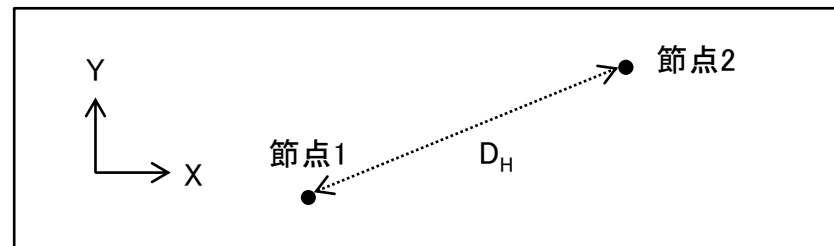


図3-3 コヒーレンシーモデル8における
相対距離の定義

株式会社テラバイト
東京都文京区湯島3-10-7 NOVビル3F
TEL:03-5818-6888 FAX:03-5818-6889
ホームページ:<https://www.terrabyte.co.jp>

※許可なくコピーすることを禁止致します。