

ACS SASSI Version 4.2.1 IKTR2.1 リリースノート

2021年4月22日

目次

1. FVROMとFVROM-INTの追加
2. Option AA-Rの機能更新

1. FVROMとFVROM-INTの追加

機能の概要

- FVROM(Flexible Volume Reduced Order Modeling)

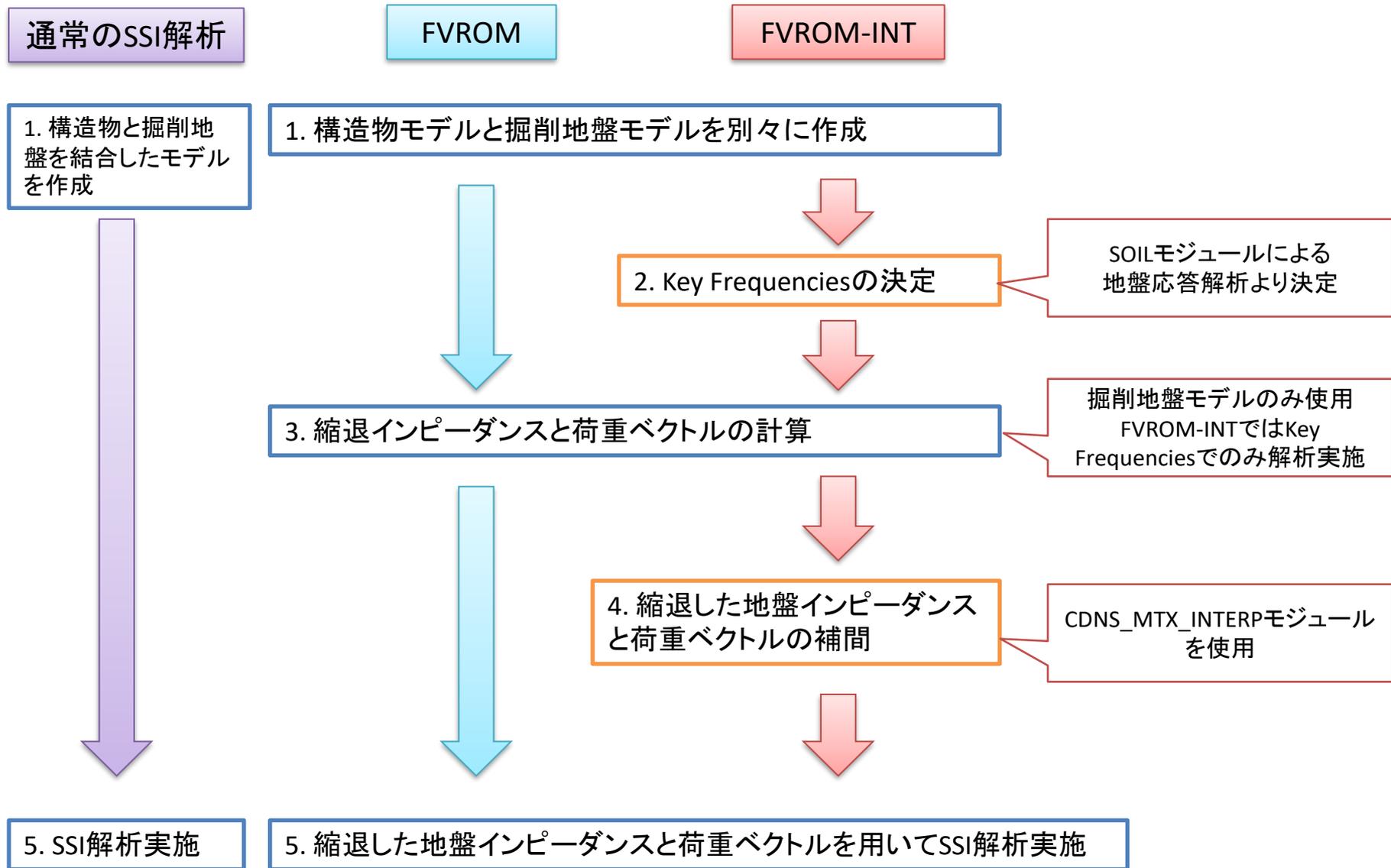
埋め込みのあるモデルに対して**FV**、**FFV**及び**FI-EVBN**法で計算した地盤インピーダンスと荷重ベクトルの縮退を行い、マトリックスサイズを削減することにより理論的な正確さを保ちつつ計算コストを軽減させる機能です。
計算時間の短縮が実感できるのは、深く埋め込まれた相互節点の数が1万以上の規模のモデルからです。

- FVROM-INT (FVROM-INTerpolation)

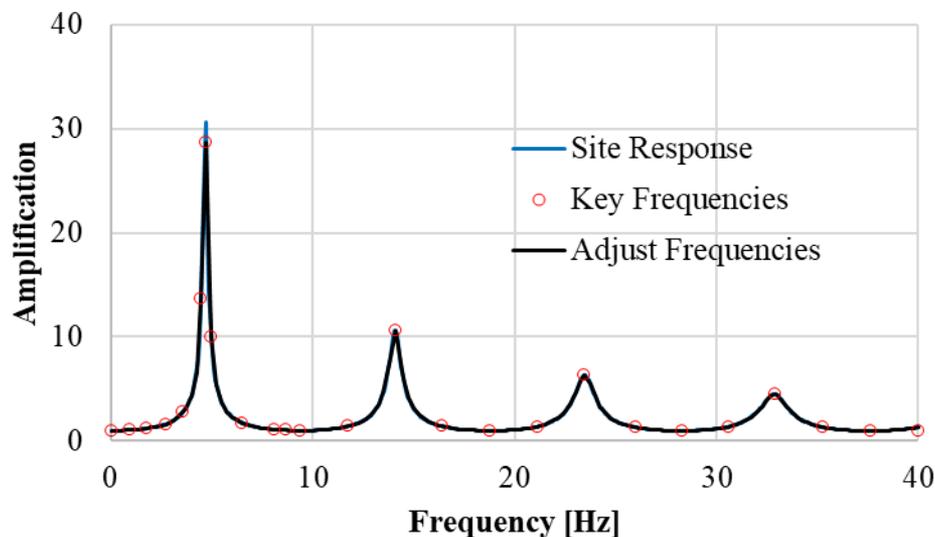
周波数応答解析において、地盤応答の周波数依存性を十分表現できる周波数群を抽出してFVROMで地盤インピーダンスと荷重ベクトルを計算し、その他の周波数の地盤インピーダンスと荷重ベクトルは「補間」により求める機能です。
地盤インピーダンスの周波数依存性は、SSI解析結果と比較するとピークが少なく滑らかな曲線で表されるため、代表点を抽出できれば補間によりインピーダンスと荷重ベクトルを求めることができます。

三次元有限要素法によるSSI解析において、建屋の局所的な応答を適切に考慮するためには200周波数以上で解析する必要がありますが、地盤応答であれば20周波数程度で十分特徴を捉えられます。よって、FVROM-INTを使うことにより計算コストを1/4～1/10に削減できます。

※この機能を使用したDemo16及びV&V Problem60が今回追加されています。



本バージョンより、SOILモジュールを実行すると**Key Frequencies**（地盤応答の周波数依存性を十分表現できる周波数群）と**Adjusted SSI Frequencies**（SSI解析で使用を推奨される周波数群）を出力する機能が追加されました。FVROM-INTを使用する際、縮退計算はKey Frequenciesで実施します。



Key FrequenciesとAdjusted Frequenciesの抽出精度

```

Key_Frequencies.pre
0
1
2
3 *** Frequency Set generated by Find-Key-Freqs(...) < *REFINED* >
4 * Note: time step = 0.0050, Number Of FFT = 8192
5 * Number of Refined Key Frequencies = 25
6
7
8
9
10 *** End The Frequency Set < *REFINED* >
11

```

Key_Frequencies.pre

```

Adjusted_SSI_Frequencies.pre
0
1
2 *** Adjusted SSI Frequency Set Based on Key Frequencies
3 * Number of Adjusted SSI Frequencies = 164
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

```

Adjusted_SSI_Frequencies.pre

FVROM及びFVROM-INTで実施される地盤インピーダンスと荷重ベクトルの縮退は以下のように行われます。

C : 動的剛性マトリックス
 X : インピーダンスマトリックス
 u : 節点変位
 u' : 構造に外力が働かないと仮定した時の掘削地盤の節点変位

○SSI解析の運動方程式(縮退前)

$$\begin{array}{l}
 \text{相互作用(i)} \\
 \text{掘削地盤(w)} \\
 \text{構造物(s)}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 [C_{ii}^s] - [C_{ii}^e] + [X_{ii}] & -[C_{iw}^e] + [X_{iw}] & [C_{is}^s] \\
 -[C_{wi}^e] + [X_{wi}] & -[C_{ww}^e] + [X_{ww}] & [0] \\
 [C_{si}] & [0] & [C_{ss}^s]
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \{u_i\} \\
 \{u_w\} \\
 \{u_s\}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 [X_{ii}]\{u'_i\} + [X_{iw}]\{u'_w\} \\
 [X_{wi}]\{u'_i\} + [X_{ww}]\{u'_w\} \\
 0
 \end{bmatrix}$$

○SSI解析の運動方程式(縮退後)

$Z = X - C^e$ において、
 掘削地盤の項を削除し、
 相互作用項に縮退

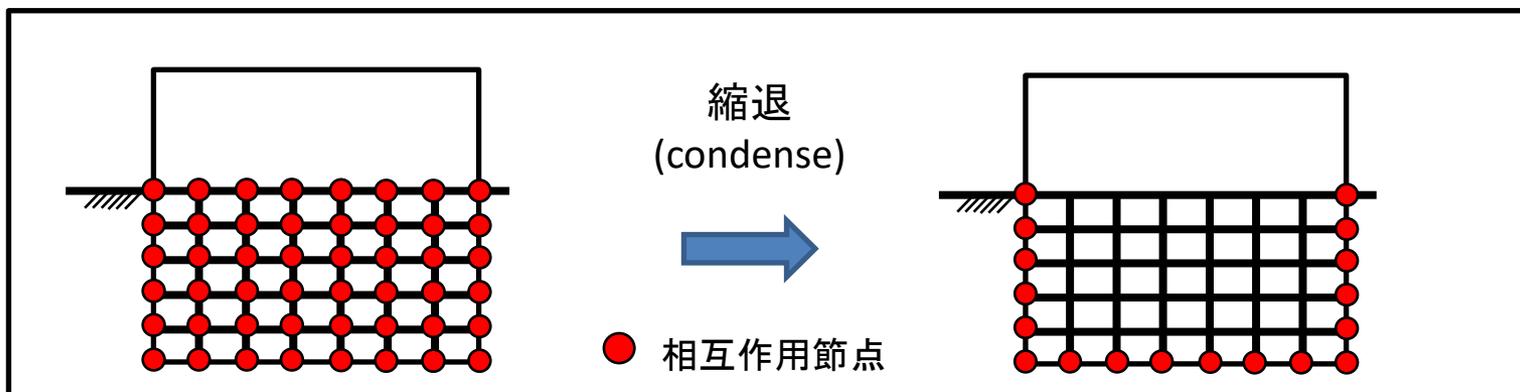
$$\begin{array}{l}
 \text{相互作用(i)} \\
 \text{構造物(s)}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 [C_{ii}^s] + [\tilde{Z}_{ii}] & [C_{is}^s] \\
 [C_{si}] & [C_{ss}^s]
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \{U_i\} \\
 \{U_s\}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 \{\tilde{F}_i\} \\
 \{0\}
 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{Z}_{ii} = [Z_{ii}] - [Z_{iw}][Z_{ww}]^{-1}[Z_{wi}]$$

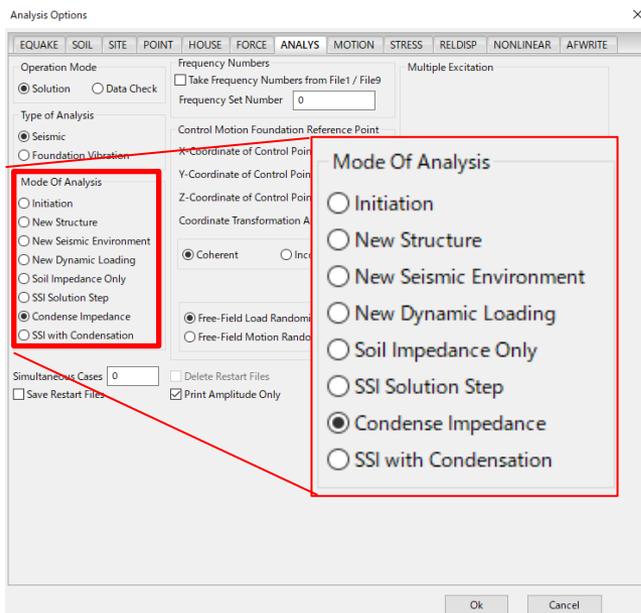
$$\{\tilde{F}_i\} = \{F_i\} - [Z_{iw}][Z_{ww}]^{-1}\{F_w\}$$

$$\{F_i\} = \{X_{ii}U'_i + X_{iw}U'_w\}$$

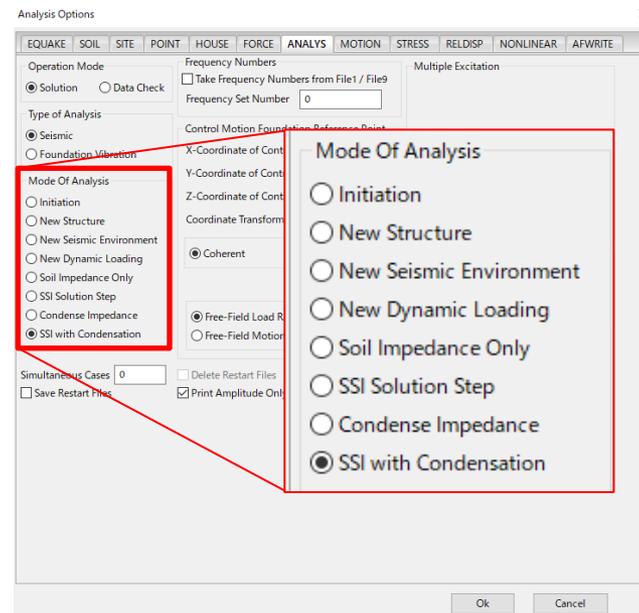
$$\{F_w\} = \{X_{wi}U'_i + X_{ww}U'_w\}$$



本バージョンより、ANALYSモジュールの設定「Mode of Analysis」の選択項目が全て使用可能となりました。縮退解析を実行する時は「**Condense Impedance**」、縮退結果を使ったSSI解析を実行する時は「**SSI with Condensation**」を使用します。

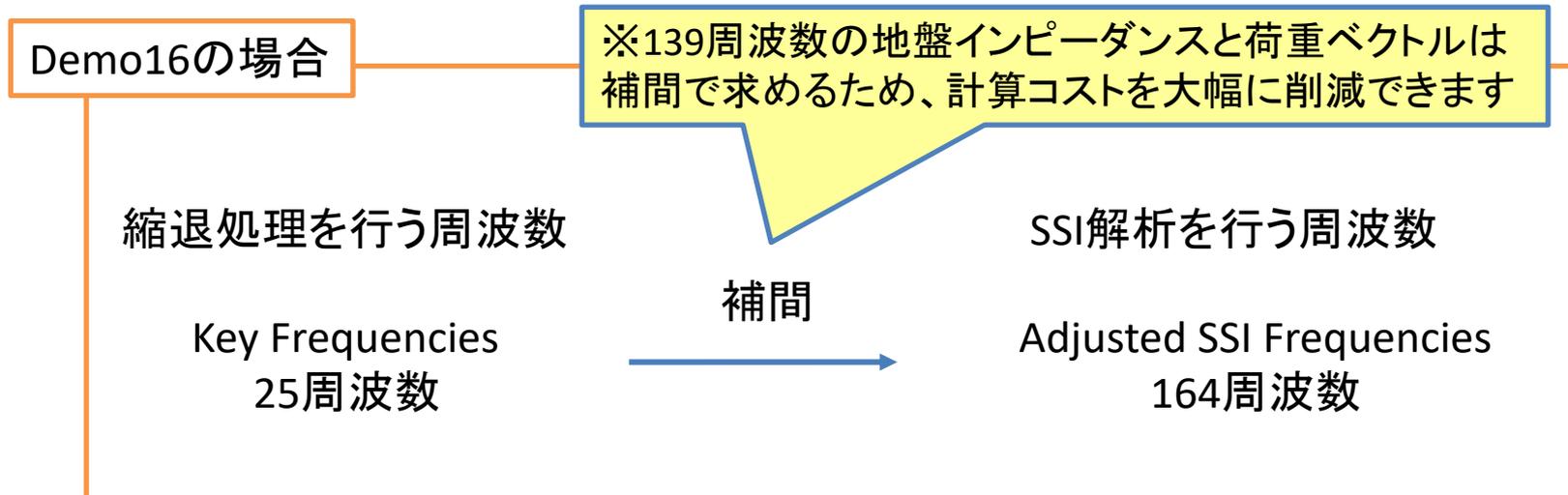


縮退解析実行時の設定



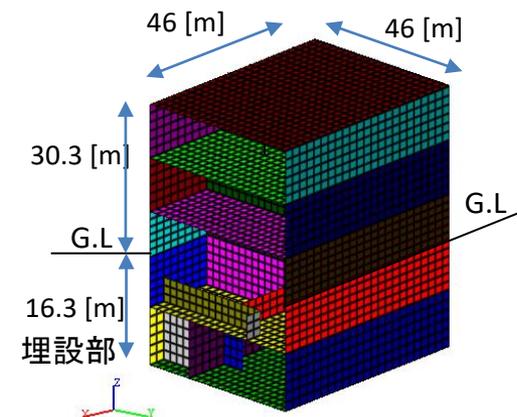
縮退結果を使ったSSI解析実行時の設定

Key Frequenciesで計算された地盤インピーダンスと荷重ベクトルを線形補間して、Adjusted SSI FrequenciesのSSI解析に対応する地盤インピーダンスと荷重ベクトルを作成します。
モジュールは「**CDNS_MTX_INTERP.exe**」を使用します。



FVROM/FVROM-INTの計算時間の比較を以下の条件で実施しました。結果は次ページに示します。

- 検証モデル: Demo16で使用するABShear building
- モデル総節点数: 21905
- 相互作用節点数: 12298(FV)
 - 3278 (FI-EVBN)
 - 2458 (縮退後)
- 埋め込み層数: 12層
- 地盤物性: $V_s=300$ m/sec 程度の一様地盤
- Key Frequencies: 25周波数
- 全計算周波数: 160周波数
- 計算環境: CPU E5-1650 v3 @3.70GHz, メモリ: 128GB



1/2モデル

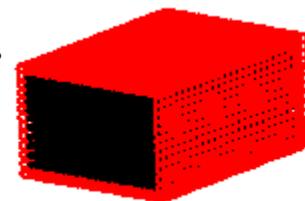
検証ケース一覧

ケース名	解析オプション	相互作用節点タイプ
Case-0	通常SSI解析	FV
Case-1	FVROM	FV(縮退前)
Case-2	FVROM-INT	FI-FSIN(縮退後)
Case-3	通常SSI解析	FI-EVBN
Case-4	FVROM	FI-EVBN(縮退前)
Case-5	FVROM-INT	FI-FSIN(縮退後)

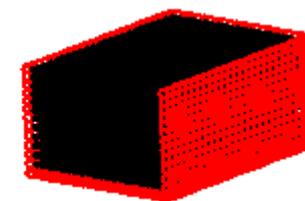
FVタイプ
(INTGEN,1)



FI-EVBNタイプ
(INTGEN,2)



FI-FSINタイプ
(INTGEN,3)



計算時間の比較

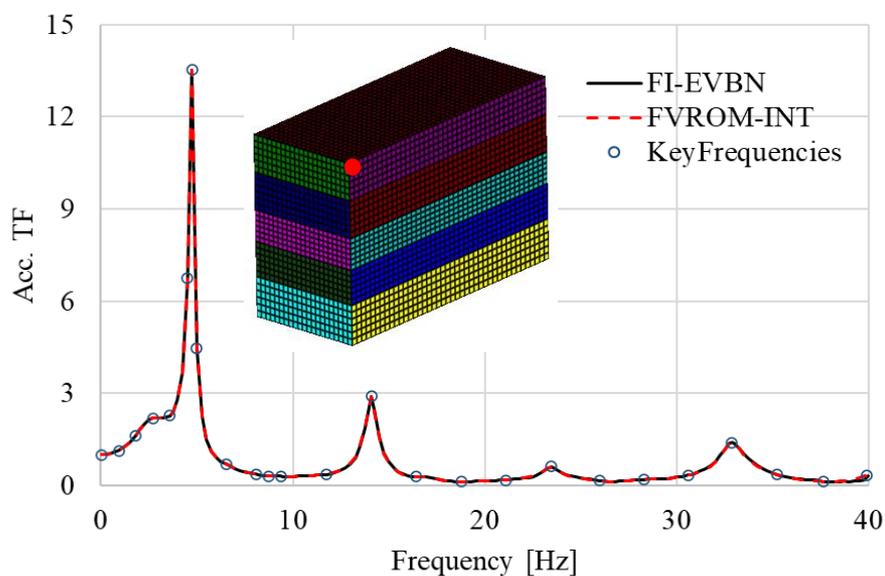
解析 ステップ (相互作用節点数)	Case-0 FV SSI解析 (12298)	Case-1 FV FVROM (12298→2458)	Case-2 FV FVROM-INT (12298→2458)	Case-3 FI-EVBN SSI解析 (3278)	Case-4 FI-EVBN FVROM (3278→2458)	Case-5 FI-EVBN FVROM-INT (3278→2458)
2 (Key Frequencies決定)			0.002 h ^{※1}			0.002 h ^{※1}
3 (縮退計算)		1.6 h/freq	1.6 h/freq ^{※2}		0.42 h/freq	0.42 h/freq ^{※2}
4 (縮退結果補間)			0.028 h/freq			0.008 h/freq
5 (SSI解析)	2.1 h/freq	0.044 h/freq	0.044 h/freq	0.2 h/freq	0.05 h/freq	0.05 h/freq
160周波数実施 時の合計時間	336 h (~14 d)	263 h (~11 d)	52 h (~2.1 d)	32 h (1.3 d)	90 h (3.5 d)	20h (0.8 d)

※1: Top Layerの層数や出力ファイル数に依存

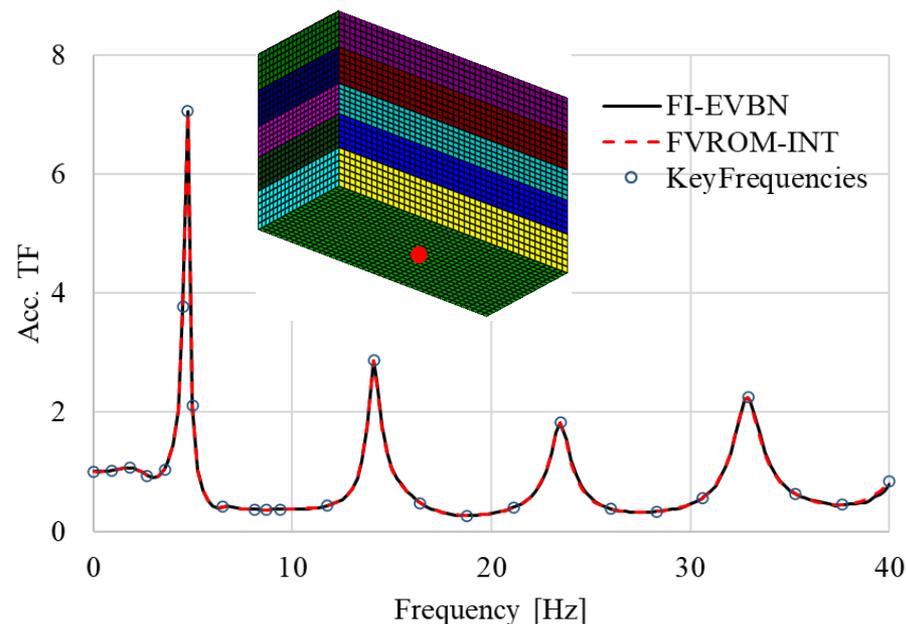
※2: Key Frequenciesのみの計算のため、総計算時間は短縮可能

- FVタイプではFVROM-INTを使用すると計算時間を1/7に短縮可能
- FI-EVBNタイプではFVROM-INTを使用すると計算時間を3/5に短縮可能

縮退結果を使用しない通常のSASSI解析 (FI-EVBN: 黒線) とFVROM-INTの解析 (赤点線) の加速度伝達関数の比較を示します。建屋上部及び基礎下の応答は互いによく一致しており、FVROM-INTで正確に計算できていることがわかります。



建屋上部の応答



基礎下の応答

FVROM-INTを有効利用できる一例:

- 小型モジュール炉(SMR)や地下鉄など、埋め込みが深く**相互作用節点数が多いモデルが解析対象**となる場合、計算時間の短縮が期待できます。
- リスタートファイルを保存したいが**ハードディスク容量を節約したい**場合、縮退結果ファイルであれば相互作用節点数を減らしたデータなので必要な容量を抑えることができます。
- Option NONなど、**反復計算が必要な解析**ではFVROM-INTを使用することで計算コストを削減することができます。
- 掘削地盤モデルの作成が完了しているが構造物モデルは未完成の場合、**掘削地盤モデルを先行して解析実行**することで作業時間を有効活用できます。

2. Option AA-Rの機能更新

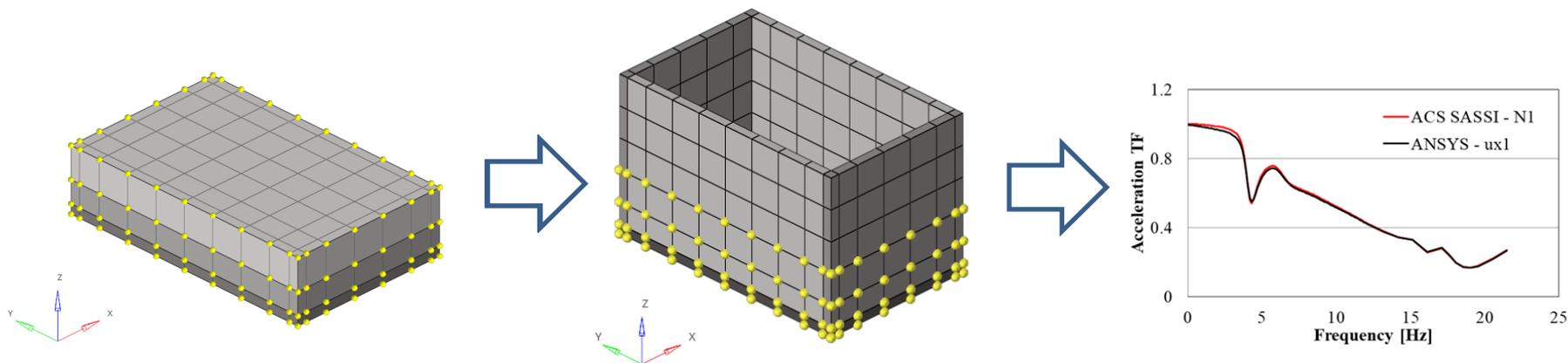
Option AA-Rの概要

Option AA-Rは、ACS SASSIで計算した縮退地盤インピーダンスをANSYSのスーパーエレメントに変換する機能です。これにより、ACS SASSIで計算された縮退地盤インピーダンスを用いた複素周波数応答のSSI解析をANSYS上で実施することができます。ANSYSでSSI解析を行うことにより、以下のような利点があります。

- FLUID30要素を用いた**流体-地盤-構造連成解析**(FSSI, Fluid-SSI)が可能
- モデルの節点上限が無制限

新機能

1. これまではANSYSでの複素周波数応答解析を実行した後、ANSYSでポスト処理を実施する必要がありましたが、今バージョンからはANSYSの解析結果を**FILE8(ACS SASSIの伝達関数の結果ファイル)に変換する機能**が追加され、ACS SASSIでのポスト処理が可能となりました。

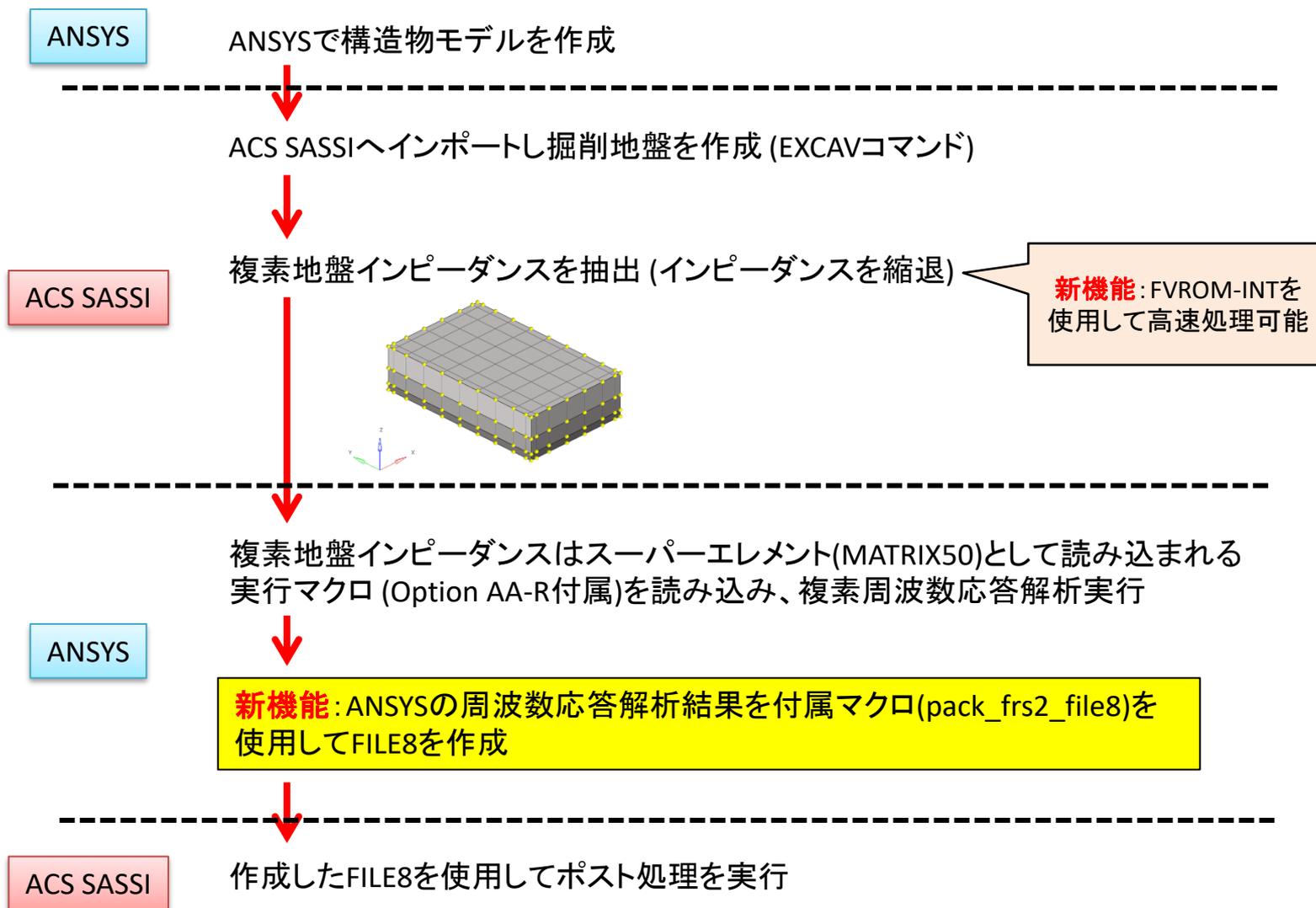


ACS SASSI: 構造物と地盤が接する節点のみに地盤インピーダンスを縮退

ANSYS: スーパーエレメント(MATRIX50)を構造と地盤の境界の節点にマッピングし複素周波数応答解析を実行

ACS SASSI: ポスト処理実施

Option AA-R の実行フローチャート



株式会社テラバイト
東京都文京区湯島3-10-7 NOVビル
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。