

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	工認-750 改1
提出年月日	平成30年8月29日

V-5-15 計算機プログラム（解析コード）の概要・GRIMP 2

目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
3. GRIMP2の解析手法について	4
3.1 一般事項	4
3.2 解析コードの特徴	4
3.3 解析手法	4
3.4 解析フローチャート	6
3.5 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)	7

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）GRIMP2について説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-2-1	原子炉建屋の地震応答計算書	Ver. 2.5
V-2-11-2-11	タービン建屋の耐震性についての計算書	Ver. 2.5

2. 解析コードの概要

項目	コード名 GRIMP2
使用目的	地震応答解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの算定
開発機関	清水建設株式会社
開発時期	1988年
使用したバージョン	Ver. 2.5
コードの概要	GRIMP2は、振動アドミッタンス理論により、基礎の水平、上下及び回転に対する地盤の複素ばね剛性を振動数領域で計算するプログラムである。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>GRIMP2は、原子炉建屋及びタービン建屋の水平方向及び鉛直方向の地震応答解析における質点系地盤連成モデルの基礎底面地盤ばねを評価するために使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GRIMP2を用いて評価した基礎底面地盤の水平ばね、鉛直ばね及び回転ばねがWong&Lucoの論文※の結果と良い一致を示すことを確認している。 ・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。 <p>※Wong H.L. and Luco J.E. : Tables of Impedance Functions and Input Motions for Rectangular Foundations, USC Report CE78-15, 1978</p> <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検証の内容のとおり、基礎底面地盤の水平ばね、鉛直ばね及び回転ばねについて検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 ・原子炉建屋及びタービン建屋の地震応答解析における底面地盤ばねの算定にGRIMP2を使用することは、本解析の適用範囲に対して検証されており、妥当である。

3. GRIMP2の解析手法について

3.1 一般事項

GRIMP2は、振動アドミッタンス理論により、基礎の水平、上下及び回転に対する地盤の複素ばね剛性を振動数領域で計算するプログラムである。GRIMP2は、原子炉建屋の水平方向及び鉛直方向の地震応答解析における質点系地盤連成モデルの基礎底面地盤ばねを評価するために使用している。

3.2 解析コードの特徴

GRIMP2の主な特徴を以下に示す。

- ・点加振解に基づき、基礎下の応力分布を仮定した場合の円形基礎及び矩形基礎の底面地盤ばねを求めることができる。
- ・基礎分割法を用いて、点加振解及び等分布加振解に基づき、基礎下の変位分布を仮定した場合の矩形基礎の底面地盤ばねを求めることができる。

3.3 解析手法

一般に地盤上の基礎面に動的な力 $Pe^{i\omega t}$ を加えた場合、それに応じる変位 w は以下の式で表せる。

$$w = \frac{Pe^{i\omega t}}{K_f} \{g_1(\omega) - ig_2(\omega)\} \quad (3.3-1)$$

ここで、

K_f : 静的剛性

この比例係数 $g_1(\omega) - ig_2(\omega)$ を田治見は振動アドミッタンスと名付けた。

ここで、基礎下の応力分布を仮定し、点加振解を基礎面について積分することで、加振力と基礎の代表変位を用いて基礎の動的地盤ばねを評価できる。

一方で、基礎下の応力分布を仮定せず変位分布を仮定する場合には、図3.3-1に示すように基礎を複数の要素に分割し、各要素の加振力と変位の関係から基礎の動的地盤ばねを評価できる。

要素 i に荷重 P_i を加えた時の要素 j の変位を u_j とすると次のような関係が得られる。

$$\{u_j\} = [d_{ij}] \{P_i\} \quad (3.3-2)$$

ここで、 $[d_{ij}]$ は、地盤の柔性マトリクスで、非対角項については点加振解から算定する。また、対角項については、加振点と変位の算定点が一致することから点加振解は発散するため、要素内に一様な応力が作用したときの中心点変位を用いて算定する。

柔性マトリクス $[d_{ij}]$ の逆マトリクス $[K_{ij}]$ は剛性マトリクスとなるため、次のような関係が得られる。

$$\{P_i\} = [K_{ij}] \{u_j\} \quad (3.3-3)$$

各要素の変位 $\{u_j\}$ を仮定し、(2.2.2-3)式に代入すると各要素の反力 $\{P_i\}$ が得られ、反力の合計と基礎の変位を用いて基礎の動的地盤ばねを評価できる。

なお，具体的な数値計算法は吉田の論文^{※1}に基づいている。

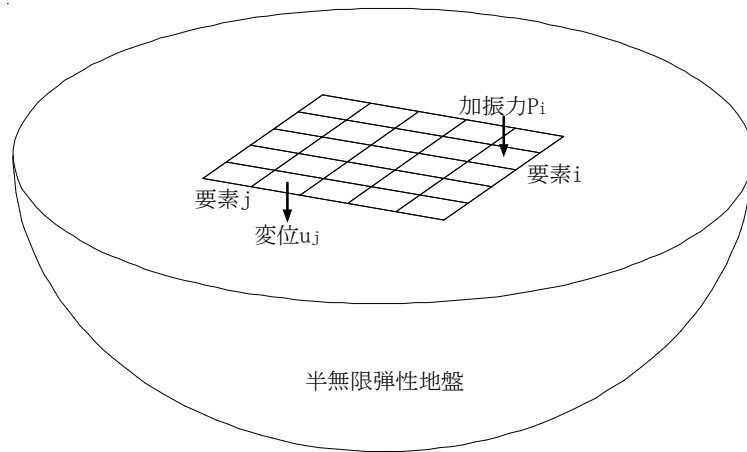


図3. 3-1 基礎の分割

※1：吉田一博：半無限弾性地盤上の矩形基礎の各種の動的地盤ばねについて，日本建築学会構造系論文集，第457号，pp. 19-28，1994

3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図 3.4-1 に示す。

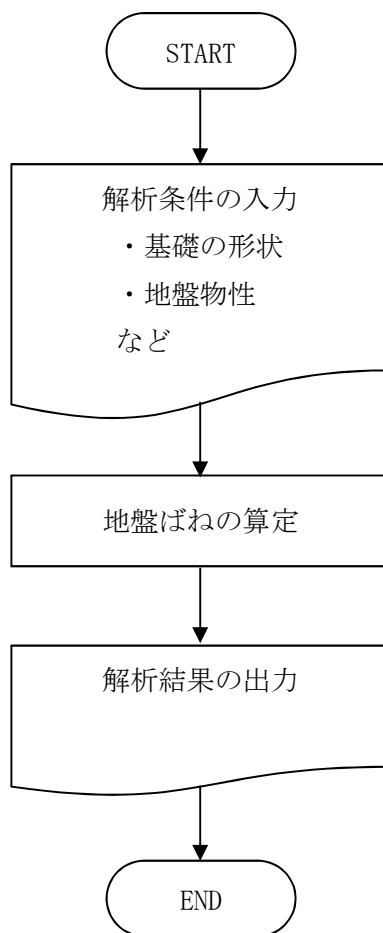


図3.4-1 解析フローチャート

3.5 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

a. 文献との比較による検証

以下に示す条件について地盤ばねを評価し、Wong&Lucoの論文^{※2}との比較を行う。

- ・地盤のポアソン比は0.45，材料減衰定数は0.00とする。
- ・基礎は剛とし，分割数は20×20とする。

地盤ばねの比較結果を図3.5-1に示す。

図より，GRIMP2の結果はWong&Lucoの論文による結果と良い一致を示しており，GRIMP2が底面地盤の水平ばね，鉛直ばね及び回転ばねを正しく評価していることが確認できる。

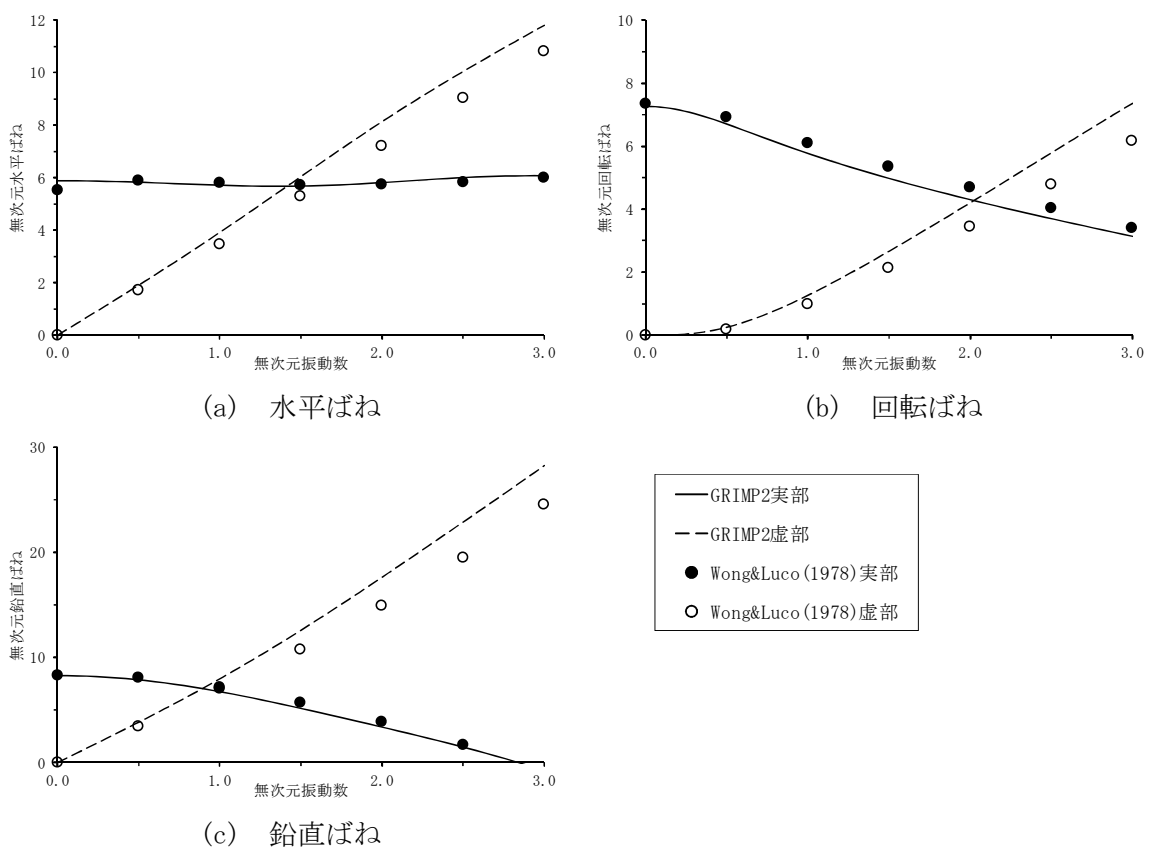


図3.5-1 解析結果の比較

b. 使用内容に対する妥当性

原子炉建屋及びタービン建屋の地震応答解析における底面地盤ばねの算定にGRIMP2を使用することは，次のとおり，本解析の適用範囲に対して検証されており，妥当である。

- ・検証の内容のとおり，底面地盤の水平ばね，鉛直ばね及び回転ばねについて検証していることから，解析の目的に照らして今回の解析に使用することは妥当である。

※2 : Wong H. L. and Luco J. E. : Tables of Impedance Functions and Input Motions for Rectangular Foundations, USC Report CE78-15, 1978