周波数応答解析の実用化

まだまだ不完全な資料です。
必要な方は直接碁聖t名刺ますので、お問い合わせください。7

2023.2.24　寺子屋　萩本

周波数応答解析でのモデル及び材料定義

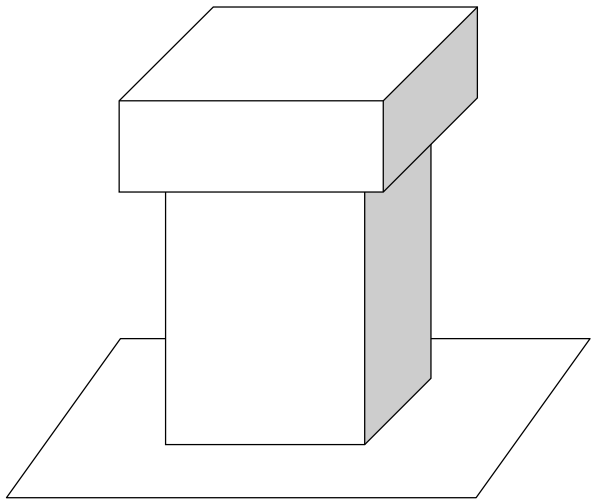
動的バネ定数の基本部

固有値は次の式で定義される

$$Fn = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

1　バネを小さくすると、固有値が小さくなる。
2　質量を大きくなると固有値が小さくなる。
　　実用的には、減衰を大きくすると
　　固有値も応答倍率も小さくなる。

今回のモデルは下記のように定義し、固有値解析を実施。
金属（鉄）とゴム部はネオフックC10=1.0として計算した。

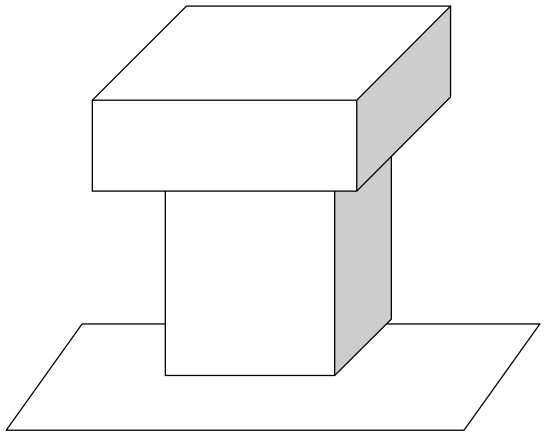


結果
　ねじり　134Hz
　抉り　　140Hz
　圧縮（上下）　1次：485Hz　　2次：1977Hz

© 2022 Terakoya All Rights Reserved.

調和応答解析の定義方法

基本モデル



材料剛性（静解析及び時刻歴応答解析

静特性や時刻歴応答解析を行う場合、超弾性データのみで解析を行う場合と粘弾性データを加えて緩和、ダンピングを考慮する場合剛性低下が発生する。

荷重並びに反力

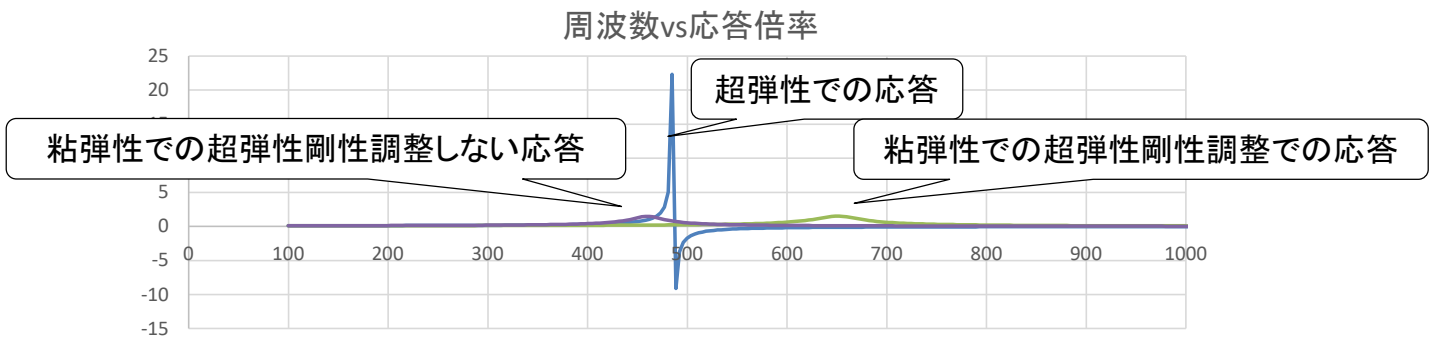
超弾性解析結果、
超弾性（Mooney、Ogdenなど）

＞

粘弾性解析は、
超弾性（Mooney、Ogdenなど）
＋ **粘弾性緩和係数**（Proney級数）

その為、粘弾性解析を行う場合は同等の剛性を示すよう、次ページからの調整が必要。

固有値解析の場合の粘弾性係数は無視される。
同様に、**調和応答解析時の緩和係数（Viscelmoon）は同様に無視されることが判明**



結論

調和応答解析を行う場合、粘弾性解析時の剛性（超弾性係数）の調整は不要。
（これまでのφ関数同様）ダンピング係数のみ引き継がれると考える。
また、**ダンピングが大きくなるにつれて低周波数側にシフトし、理論会と同様**になる。

© 2022 Terakoya All Rights Reserved.

参考/粘弾性定義

粘弾性解析の基本構成

粘弾性解析は、

超弾性（Mooney、Ogdenなど） ＋ **粘弾性緩和係数**（Proney級数） **で定義します。**

実際の解析 超弾性定義 ＋ 粘弾性定義

一般的にMooney、Ogdenが使われます。

Mooney式 $W=C_{10}(I_1-3)+C_{01}(I_2-3)+C_{11}(I_1-3)(I_2-3)+C_{20}(I_1-3)^2+C_{30}(I_1-3)^3$

Ogden式 $W=\sum_{i=1}^{n}\frac{\mu_i}{\alpha_i}(\lambda_1^{\alpha_i}+\lambda_2^{\alpha_i}+\lambda_3^{\alpha_i}-1)$

Proney級数

$$\sigma(t)=\varepsilon(t)\sum_{i=1}^{N}E_i e^{-t/\tau_i}+\varepsilon(t)E_e$$

定義例

Viscelmoon/(viscelogd)

1	8
0.05000	1.0000e-10
0.35000	1.0000e-08
0.30000	1.0000e-07
0.20000	1.0000e-05
0.02000	1.0000e-01
0.03000	1.0000e+01
・・・・・	・・・・・
緩和剛性（Ei）	緩和時間（τ）・

個別に定義しますが、残念ながら、

それぞれ の **超弾性係数 ＋ 粘弾性係数 では正しい解析できません。**

簡易粘弾性データ定義方法

ここに粘弾性データを加えると

超弾性定義（剛性）＋粘弾性定義（緩和）

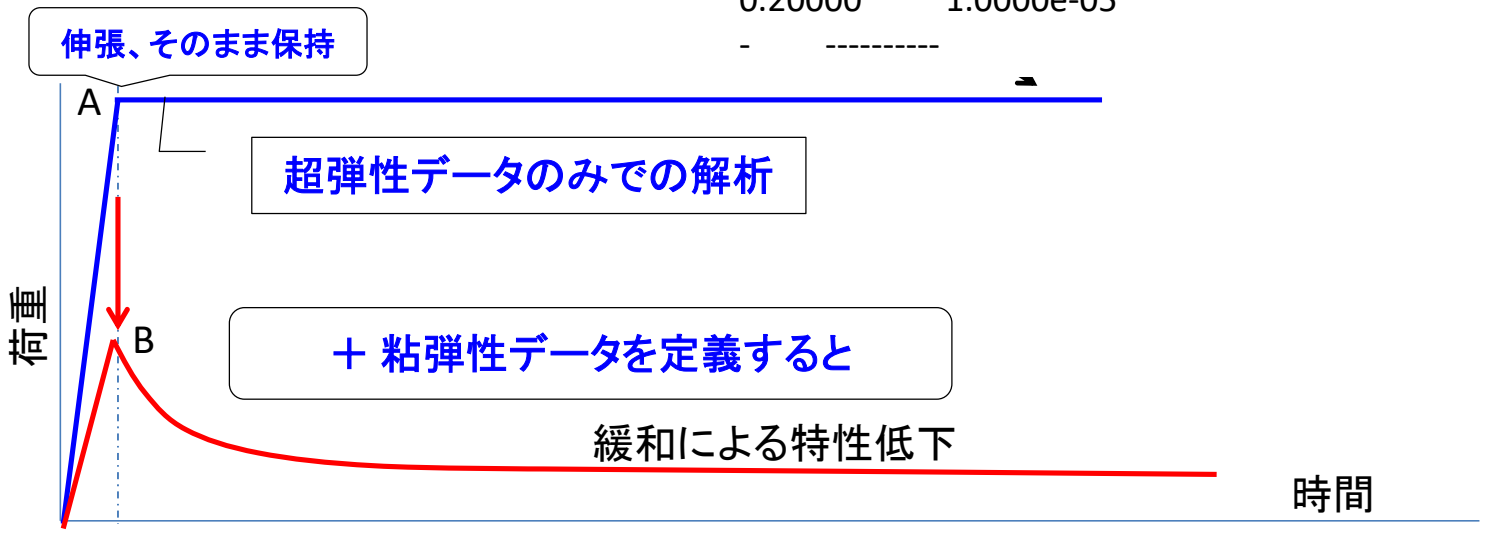
超弾性データ

単位：N/mm2

C_{10}	C_{01}	C_{11}	C_{20}	C_{30}
5.6571E-01	-2.0063E-01	1.2288E-01	-1.4594E-01	2.9926E-03

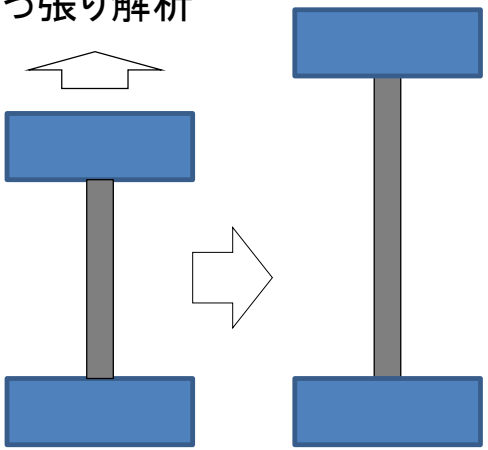
粘弾性データ

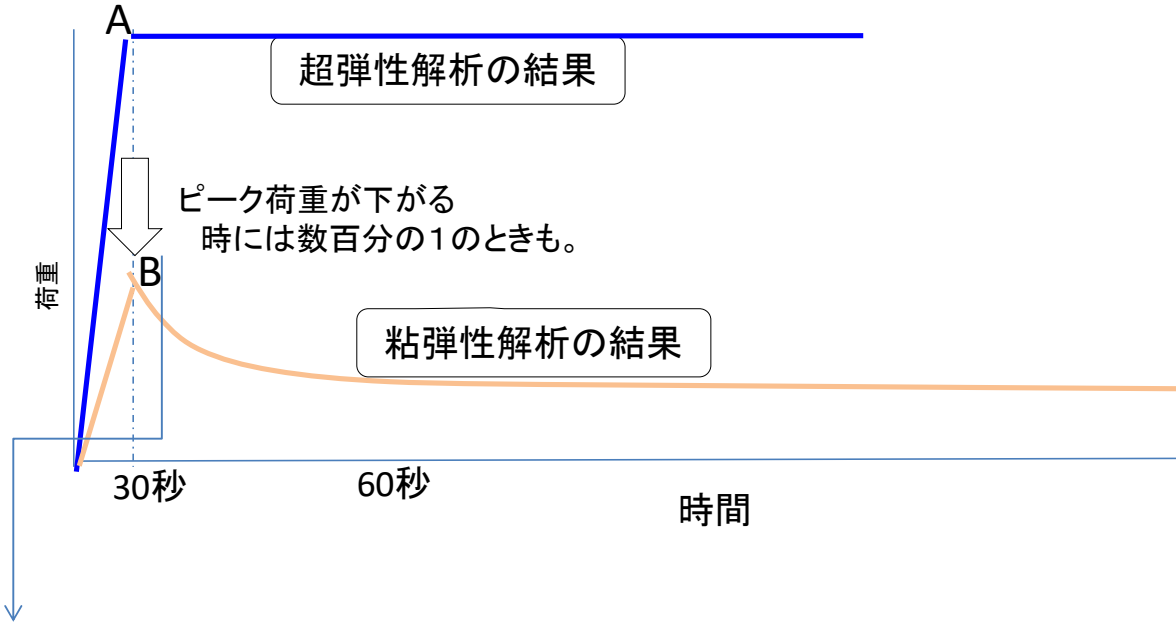
```
  1   8
0.05000      1.0000e-10
0.35000      1.0000e-08
0.30000      1.0000e-07
0.20000      1.0000e-05
-      ----------
```



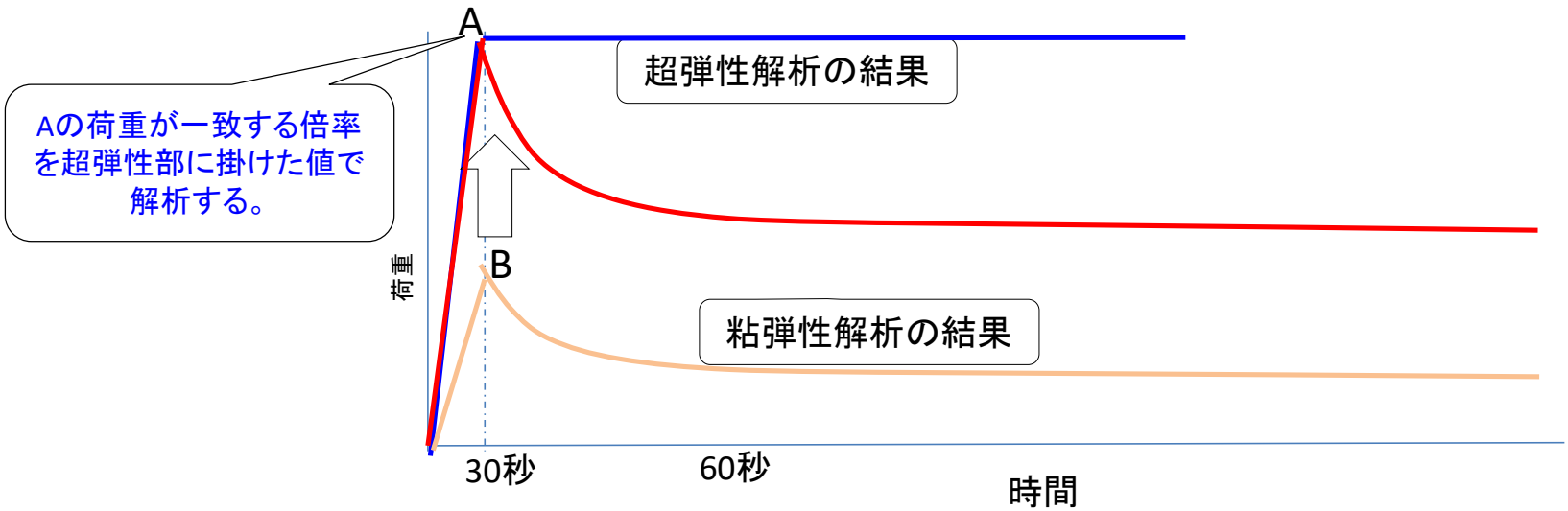
時間依存映画ないため、ピーク荷重を保つ。

例）引っ張り解析





2）倍率（A/B)を超弾性部（Mooney, Oggden係数）に乗じて解析実施



重要な補正

超弾性定義の補正

粘弾性解析

超弾性定義（剛性）＋粘弾性定義（緩和）

単位：N/mm2

C_{10}	C_{01}	C_{11}	C_{20}	C_{30}
5.6571E−01	−2.0063E−01	1.2288E−01	−1.4594E−01	2.9926E−03

Viscelmoon/(viscelogd)

1 8

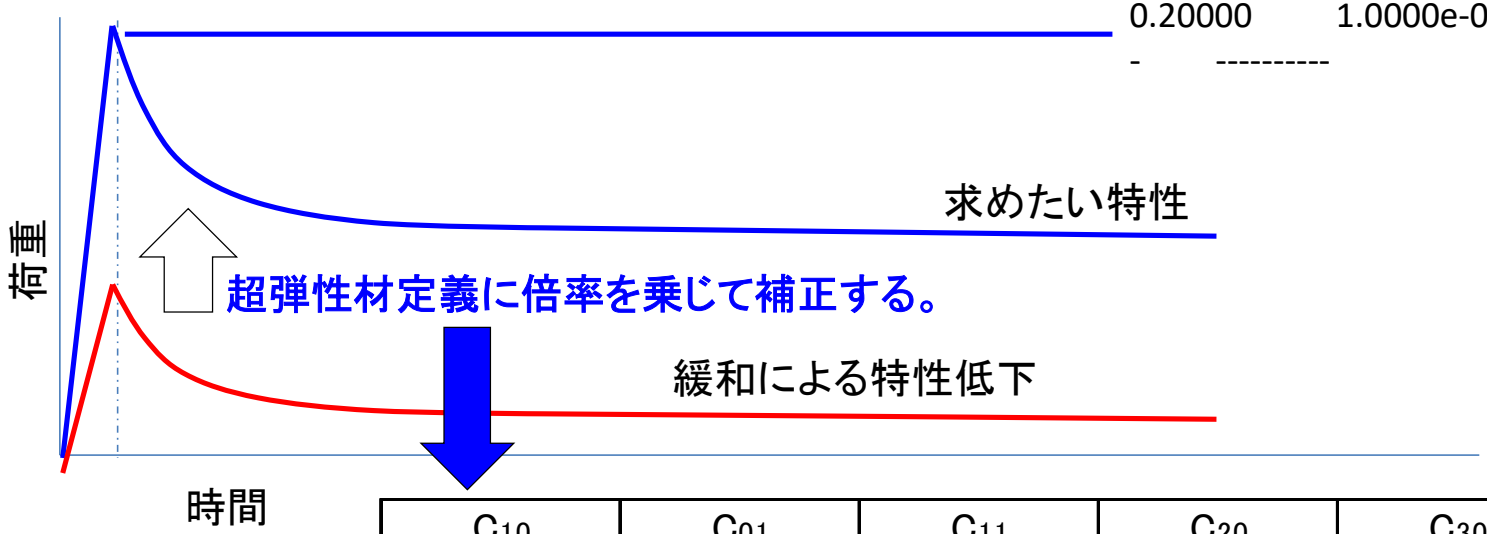
0.05000 1.0000e-10

0.35000 1.0000e-08

0.30000 1.0000e-07

0.20000 1.0000e-05

- ----------

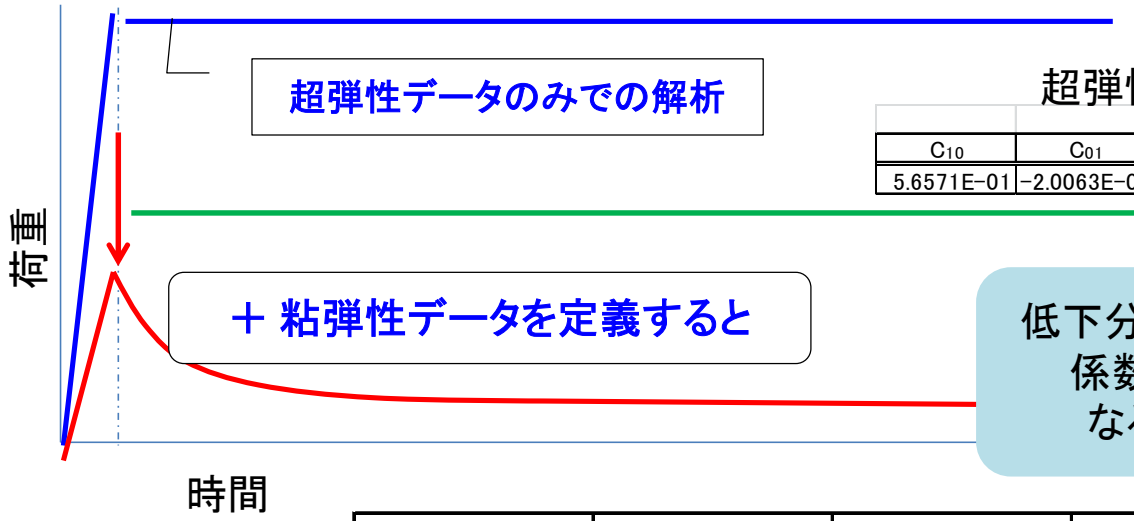


C_{10}	C_{01}	C_{11}	C_{20}	C_{30}
1.8867E+01	1.9666E+00	5.5673E+01	−2.7837E+01	9.2183E−02

粘弾性低下分を補正することで速度依存も表現

粘弾性定義すると緩和により十分小さい荷重になるため、超弾性＝ゼロ秒後の大きな値が必要（数百倍）

簡易粘弾性データ定義方法

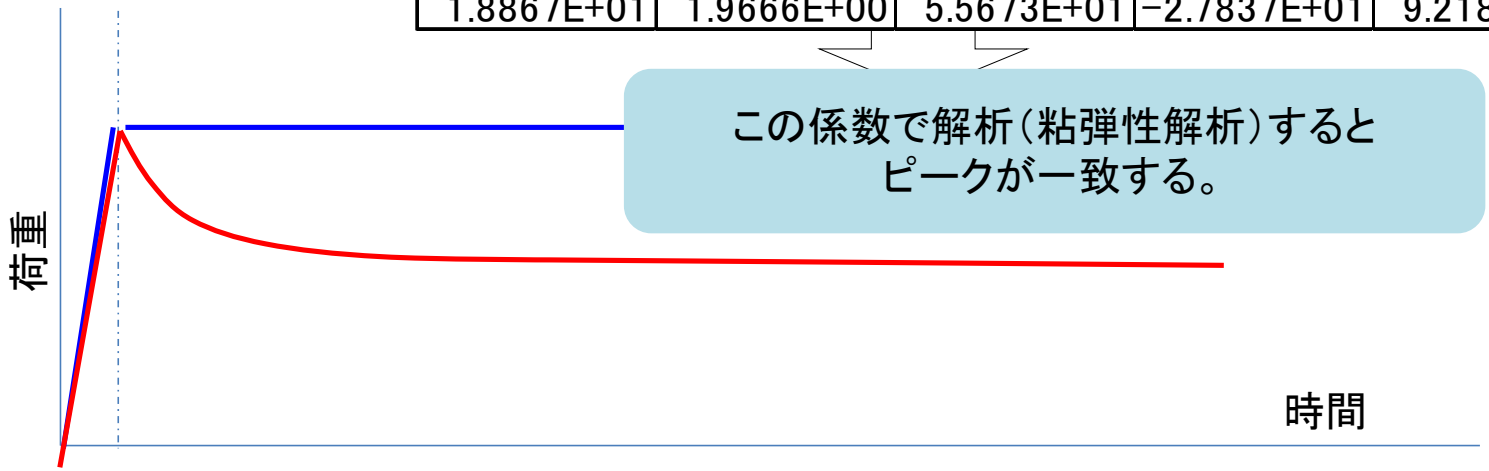


超弾性データ

単位：N/mm2

C_{10}	C_{01}	C_{11}	C_{20}	C_{30}
5.6571E-01	-2.0063E-01	1.2288E-01	-1.4594E-01	2.9926E-03

低下分を倍率をかけて補正係数によって1/1000となることもあります。

C_{10}	C_{01}	C_{11}	C_{20}	C_{30}
1.8867E+01	1.9666E+00	5.5673E+01	-2.7837E+01	9.2183E-02

この係数で解析（粘弾性解析）するとピークが一致する。