

二相複合材料平均弾性の解析的予測手法の 一般化と改善の試み

鈴木 貴大

構造強度学研究室

2014年2月19日

研究背景

平均剛性の解析的解

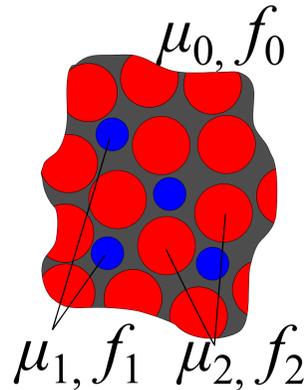
- 新材料開発時に材料配合範囲の決定に便利
- 構造物全体解析で材料則として使用可

3相森・田中平均で2相材料を扱う

- せん断弾性係数 μ_0 の架空母材に材料 1, 2 を混ぜる
- 母材の体積比率の数学的極限 $f_0 \rightarrow 0$ をとる

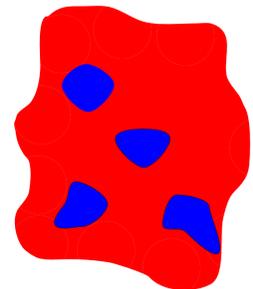
こうしてできた 2 相体の平均せん断弾性係数 $\bar{\mu}$ は

$$\frac{\bar{\mu}}{\mu_0} = \left[\sum_{i=1}^2 \frac{f_i \mu_0 \mu_i}{\mu_0 - (\mu_0 - \mu_i) \alpha_i} \right] \left[\sum_{i=1}^2 \frac{f_i \mu_0}{\mu_0 - (\mu_0 - \mu_i) \alpha_i} \right]^{-1}$$



$$f_1 + f_2 + f_0 = 1$$

$$f_0 \rightarrow 0$$



相互作用の程度

μ_0 の選び方で、母材と介在物および介在物と介在物の相互作用の程度を考慮できる

$$\frac{\bar{\mu}}{\mu_0} = \left[\sum_{i=1}^2 \frac{f_i \mu_0 \mu_i}{\mu_0 - (\mu_0 - \mu_i) \alpha_i} \right] \left[\sum_{i=1}^2 \frac{f_i \mu_0}{\mu_0 - (\mu_0 - \mu_i) \alpha_i} \right]^{-1}$$

- $\mu_0 \rightarrow \infty$: Voigt の解 $\bar{\mu} = f_1 \mu_1 + f_2 \mu_2$, $\mu_0 \rightarrow 0$: Reuss の解
- $\mu_0 = \mu_1$ または μ_2 : 2 相材の森・田中平均

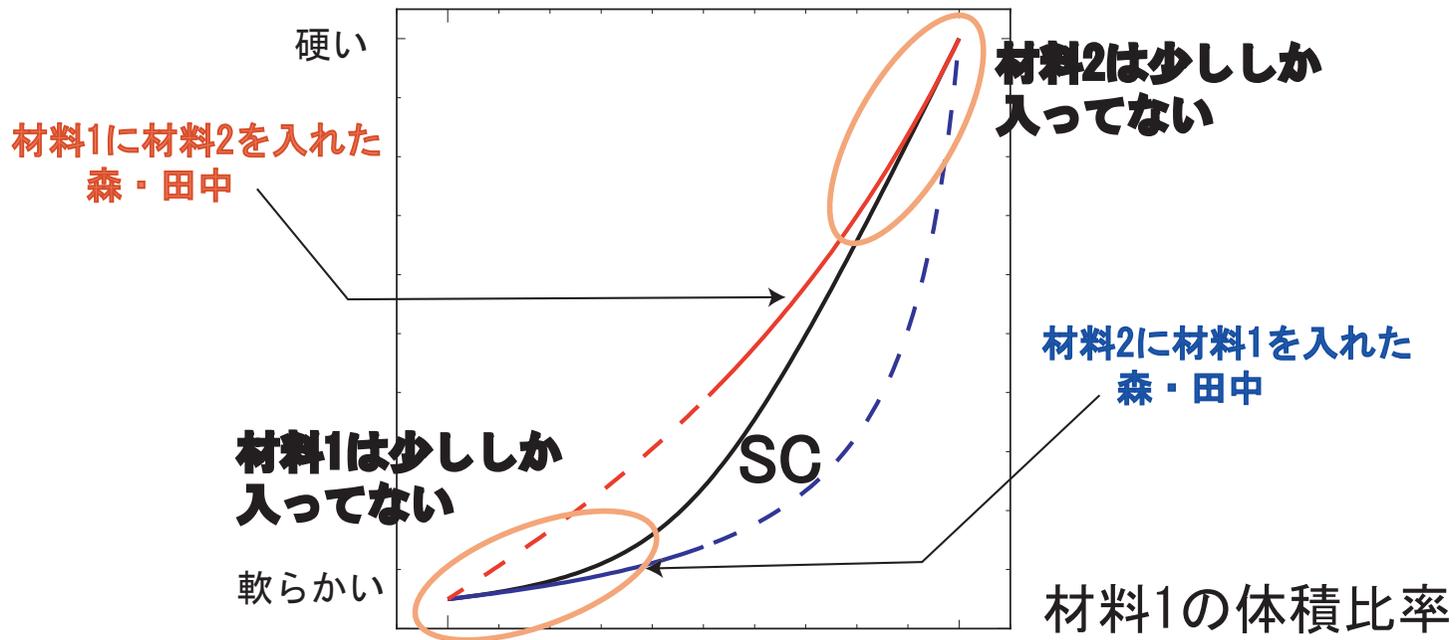
「材料 1 に材料 2 を入れた」か「材料 2 に材料 1 を入れた」

- $\mu_0 = \bar{\mu}$: Hill の self-consistent 法
 - 介在物と介在物を平均的に考慮されている可能性がある
 - 陰な式, 介在物が球等の特定の場合しか解けない

目的 : 3 相森・田中で self-consistent に近い答えを求めたい

self-consistent の解と森・田中の予測の特性

硬い材料 1 と柔らかい材料 2 からできた複合材料で
平均せん断弾性係数



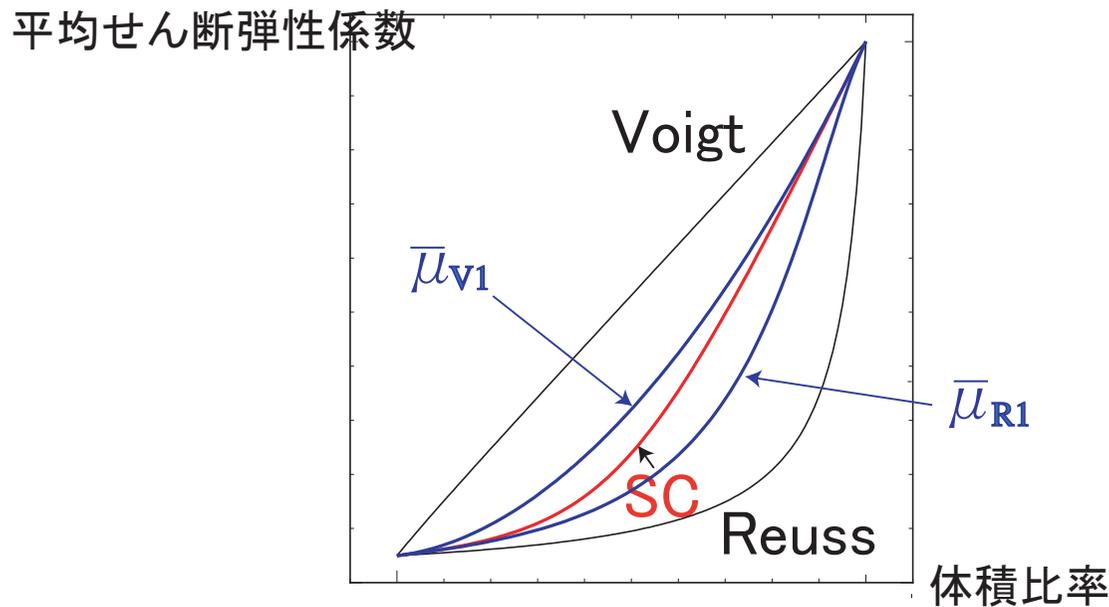
材料1が少ない ←————→ 材料2が少ない

self-consistent の予測は

片方の材料が少ない時に森・田中に整合している

いくつかの試行の中で一番良かった手法（第1ステップ）

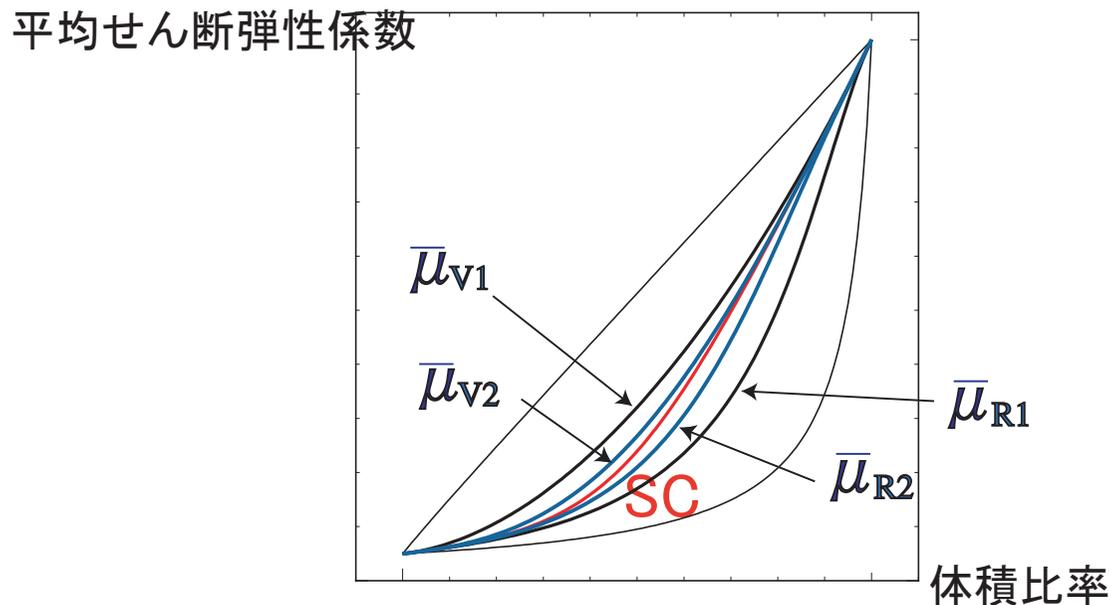
1. まず Voigt や Reuss の解を架空母材 μ_0 として選択してみる
2. こうして求められた解を $\bar{\mu}_{V1}$, $\bar{\mu}_{R1}$ とする



Voigt , Reuss の解が self-consistent の予測に大きく近づく

いくつかの試行の中で一番良かった手法（第2ステップ）

1. 今度は前のステップで得られた $\bar{\mu}_{V1}$, $\bar{\mu}_{R1}$ を架空母材 μ_0 とする
2. こうして求められた解を $\bar{\mu}_{V2}$, $\bar{\mu}_{R2}$ とする



self-consistent の
予測と同じ特性を
示す解を陽な式で
予測可能

まとめ

架空母材 μ_0 を導入した3相森・田中平均を用いて

- ある初期設定の架空母材から始めて求めた解は、逐次代入することによってself-consistentの解に近づく.
- 球以外でも比較的簡単な計算で予測できる可能性を示した.