

TDAPIII 材料非線形モデルの不具合に関する補足説明

1. 本資料について

本資料は、資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」および別紙「TDAPIII 不具合の確認方法および修正版 TDAPIII の利用について」に関し、お客様からお問い合わせの多い事項について補足説明するものです。

本資料は、お問い合わせ状況に応じて随時追記・更新いたします。

更新内容は「2. 更新履歴」に記載します。

※TDAPIII は、大成建設株式会社と(株)アーク情報システムが共同で開発した製品ですが、今回、ご連絡している「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」に記載した不具合は、共同開発した部分ではなく、(株)アーク情報システムが単独で TDAPIII に追加した材料非線形モデル（2026.6.16 送付資料項番 1～4）において確認されたものです。当該材料非線形モデルの開発に関しては、大成建設株式会社は一切関与しておりません。

2. 更新履歴

更新日	区分	更新内容
2026 年 6 月 30 日	初版	項番 1 の図に関する補足、対象となる製品区分に関する補足を掲載。
2026 年 7 月 7 日	第 2 版	項番 2 の補足、当該条件で再現される $h-\gamma$ 関係の確認方法を掲載。

3. 補足事項

No.	補足事項	掲載日
1	項番 1 の不具合説明図における本来の移動経路について	2026 年 6 月 30 日
2	今回の不具合に関係する材料非線形モデルを使用可能な製品区分について	2026 年 6 月 30 日
3	項番 2 の不具合詳細と修正内容について	2026 年 7 月 7 日
4	項番 2 に関する $h-\gamma$ 関係の確認方法について	2026 年 7 月 7 日

3.1. No. 1 項番 1 の不具合説明図における本来の移動経路について

3.1.1. お問い合わせ内容

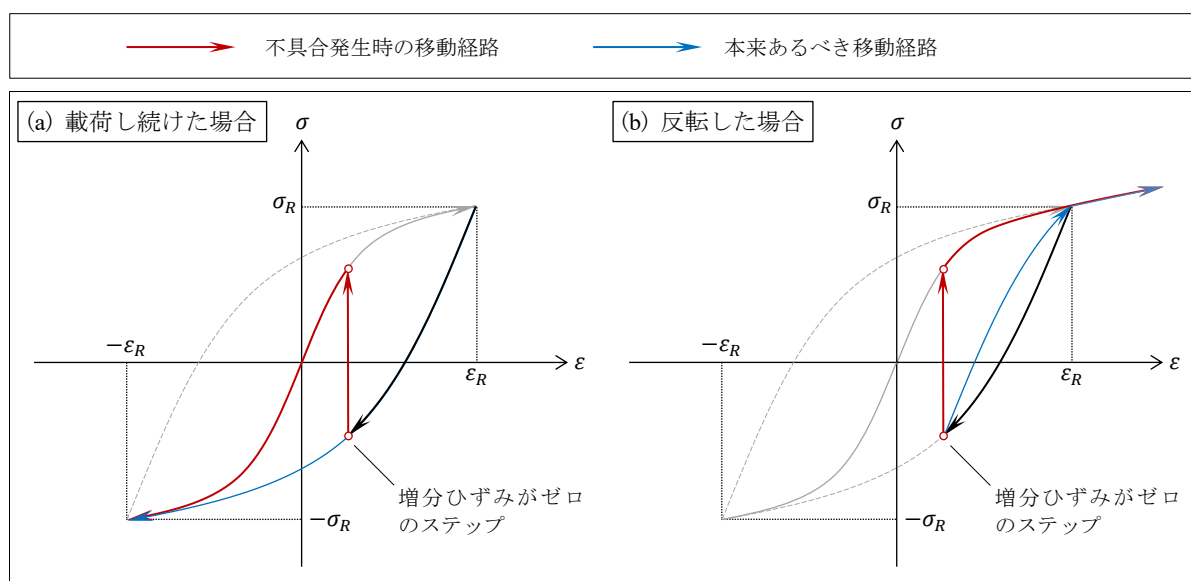
資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」の項番 1 に関し、図 1 および図 2 に示した不具合発生時の応力－ひずみ関係について、本来あるべき移動経路も示してほしいとのお問い合わせをいただいております。

3.1.2. 補足説明

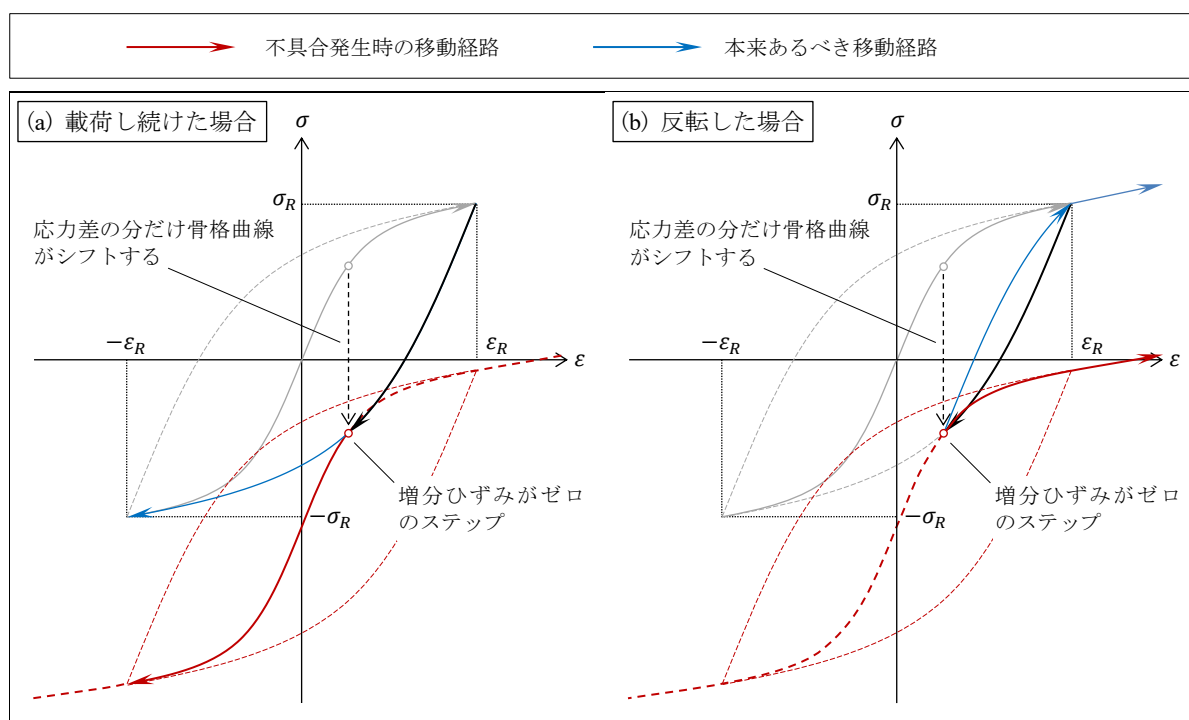
資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」では、項番 1 の不具合発生時の応力－ひずみ関係について、要素種別に応じて以下の図を示しています。

元資料の図番号	対象
図 1	バネ系要素およびソリッド系要素の場合
図 2	シェル系要素（平面ひずみ要素）の場合

本資料では、上記の図 1 および図 2 に本来あるべき移動経路を追記したものを、補足図 1 および補足図 2 として示します。補足図 1 および補足図 2 では、本来あるべき移動経路を青線で、不具合発生時の移動経路を赤線で示しています。本来は、増分ひずみがゼロとなるステップ以降は、青線で示す経路を移動します。



補足図 1 項番 1 の不具合における本来の移動経路と不具合発生時の移動経路
(バネ系要素およびソリッド系要素の場合)



補足図 2 項番 1 の不具合における本来の移動経路と不具合発生時の移動経路
(シェル系要素 (平面ひずみ要素) の場合)

3. 2. No. 2 今回の不具合に関する材料非線形モデルを使用可能な製品区分について

3. 2. 1. お問い合わせ内容

資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」では、TDAPIII における不具合として記載していますが、TDAPIII には複数の製品区分があります。そのため、どの製品区分が今回の不具合に関するのか、とのお問い合わせをいただいております。

3. 2. 2. 補足説明

今回の不具合は、TDAPIII のすべての製品区分に関するものではなく、対象となる材料非線形モデルを使用可能な製品区分に関するものです。

TDAPIII 製品のうち、今回の不具合に関する材料非線形モデルを使用可能な製品区分は以下のとおりです。

- Windows 版 TDAPIII バッチ機能あり
- Windows 版 TDAPIII 教育機関向け
- PC バッチ版 TDAPIII
- TDAPIII Cluster Edition

上記以外の製品区分については、今回の不具合に関する材料非線形モデルを使用できません。

ただし、上記の製品区分を使用している場合であっても、実際に不具合に該当するかどうかは、使用している TDAPIII のバージョン、解析で使用している材料非線形モデル、および入力条件等により異なります。

そのため、対象解析については、資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」およ

び別紙「TDAPIII 不具合の確認方法および修正版 TDAPIII の利用について」に従い、該当有無をご確認ください。

3.3. No. 3 項番 2 の不具合詳細と修正内容について

3.3.1. お問い合わせ内容

資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」の項番 2 に関し、より詳細な説明がほしい、また、修正後のプログラムにおいてどのように対応したのか確認したいとのお問い合わせをいただいております。

3.3.2. 補足説明

(1) 多重せん断バネモデルにおける h - γ 関係の設定方法

多重せん断バネモデルでは、複数の仮想的な非線形バネを異なる方向に配置し、要素全体として多方向のせん断挙動を表現します。

項番 2 の対象となる機能では、指定された h - γ 関係を多重せん断バネモデルで表現するため、各仮想バネの減衰特性を決定します。各仮想バネの減衰特性は、複数の基底関数 ϕ_k の線形和として表されます（理論説明書 E-70 式(17)）。

このとき、基底関数の数を減衰曲線の項数 NP2 としてユーザーが指定します。また、各基底関数に乘じる係数 E_k は、多重せん断バネモデル全体として目標とする h - γ 関係 ($h = h_{max}(1 - G/G_0)^{\beta_1}$) に近づくように、最小二乗法により決定します。最小二乗法により係数 E_k を決定する際には、連立方程式を解く処理を行います。

(2) 項番 2 に含まれる不具合

項番 2 には、この計算過程に関する以下の 2 つの不具合が含まれていました。

- ① 仮想的な非線形バネに蓄えられる単位体積当たりのひずみエネルギーを算定する際、理論説明書 E-70 式(20)のバネ反力 $F(x_i)$ を、入力パラメータで指定された GHE モデルではなく、Hardin-Drnevich モデルの骨格曲線に基づいて計算していたこと
- ② 最小二乗法により係数 E_k を決定する際、連立方程式の係数行列が数値的に不安定な場合でも、その影響を検出せずに処理を継続していたこと

①の不具合により、各非線形バネの減衰特性を決定するための等価減衰定数が正しく評価されていませんでした。誤って評価された等価減衰定数に基づいて係数 E_k が決定され、その結果、目標とする h - γ 関係に適切にフィッティングできていませんでした。

一方、②の不具合では、最小二乗法で決定された係数 E_k に数値誤差が生じるため、結果として目標とする h - γ 関係を満足できないことがありました。この現象は、減衰曲線の項数 (NP2) が多いほど発生しやすくなりますが、推奨値である NP2=8 を指定した場合にも確認されています。

(3) 項番 2 に関するプログラムの修正内容

修正後のプログラムでは、①について、仮想的な非線形バネに蓄えられる単位体積当たりのひずみエネルギーを算定する際に、理論説明書 E-70 式(20)のバネ反力 $F(x_i)$ を、入力パラメータで指定さ

れた GHE モデルの骨格曲線に基づいて計算するように修正しました。

また、②について、最小二乗法により係数 E_k を決定する際、係数行列が数値的に不安定であると判定された場合には、処理を継続せず、エラーストップするように修正しました。このエラーが出力された場合は、減衰曲線の項数 NP2 を小さくして再実行してください。

さらに、上記①および②の不具合修正とあわせて、基底関数 ϕ_k （理論説明書 E-70 式(18)）の見直しを行いました。これまで採用していた基底関数では、GHE モデルおよび h- γ 関係の組み合わせによっては、目標とする h- γ 関係を十分な精度でモデル化できない場合があります。このため、修正後のプログラムでは、目標とする h- γ 関係の関数形との整合性を考慮した基底関数に変更しました。

また、修正後のプログラムでは、規定した h- γ 曲線に対するフィッティング誤差が最大減衰定数 h_{max} の 5%を超える場合には、リストにワーニングメッセージを出力するようにしました。ワーニングメッセージが出力された場合は、減衰曲線の項数 NP2 や入力パラメータを見直してください。必要に応じて、3.4 に示す方法により、当該条件で再現される h- γ 関係をご確認ください。

3.4. No. 4 項番 2 に関する h- γ 関係の確認方法について

3.4.1. お問い合わせ内容

資料「TDAPIII における材料非線形モデルの不具合について」の項番 2 に関し、不具合の影響を確認するため、該当する解析において再現される h- γ 関係を確認したいとのお問い合わせをいただいております。

3.4.2. 補足説明

該当する材料非線形モデルを適用した 1 要素モデルに対して、1 サイクルの正負交番载荷を行い、得られる応力-ひずみ関係の履歴ループから等価減衰定数を算出することで、当該条件で再現される h- γ 関係を確認することができます。

1 要素モデルに対して 1 サイクルの正負交番载荷を行い、履歴ループを作成するための TDAPIII 入力データ、および履歴ループから等価減衰定数を算出する Excel ファイルをご提供することも可能です。必要な場合は、下記 TDAPIII 担当までお問い合わせください。

4. お問い合わせ先

ご不明な点がございましたら、下記までお問い合わせください。

お問い合わせの際は、ユーザー番号（TP 番号）をお知らせください。

株式会社アーク情報システム

TDAPIII 担当

TEL : 03-3234-9238

E-Mail : tdap@ark-info-sys.co.jp