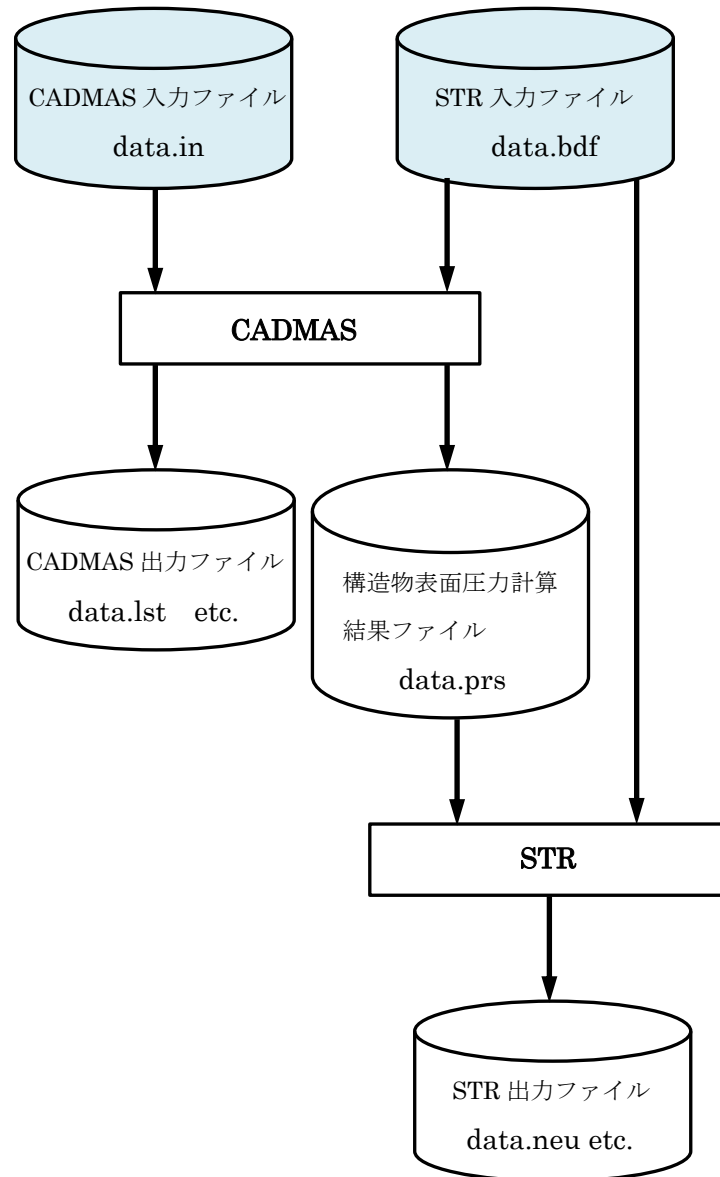


1. 片方向連成解析

[1] プログラムのフロー図を以下に示す.



[2] 解析手順

(1) CADMAS 用データ (data.in) 作成

構造物表面の圧力計算結果ファイル (data.prs) への圧力の出力間隔は、時系列ファイル出力制御データ (FILE TRN STEP or FILE TRN TIME) で指定する。

(2) 構造解析用データ (data.bdf) 作成

FEMAP で NASTRAN の動解析データを作成する手順に準ずる。ただし、以下の点注意。

① 材料データ (通常の材料) : 以下の項目を入力する。

構造減衰比については 0. を入力した場合、デフォルトの構造減衰比が与えられる。

質量減衰係数については、以下のように別のデータ項目を代用する (NASTRAN では対応していない為)。

マテリアル定義 - 等方性

ID 1 タイトル(T) material カラー(C) 55 パレット... レイヤ(L) 1 タイプ(P)...

一般 関数参照 非線形 クラフ 熱光学・電気特性 相転移

剛性

縦弾性率(E) 2.E+11 制限応力(R) 引張 0. 質量密度(N) 2000.
せん断弾性率(G) 0 圧縮 0. 構造減衰比(M, 2C/Co) 0.
ポアソン比(nu) 0.2 せん断 0. 基準温度(F) 0.

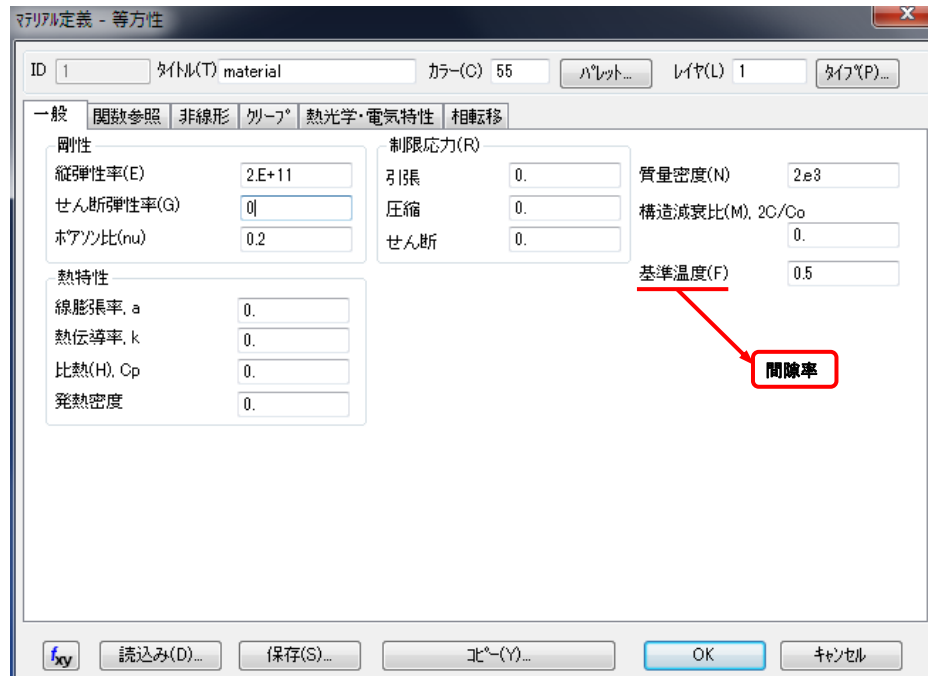
熱特性

線膨張率, a 0.
熱伝導率, k 0.
比熱(H), Cp 0.
発熱密度 0.

質量減衰係数

読み込み(D)... 保存(S)... 上(Y)... OK キャンセル

- ② 材料データ（積石等のポーラス材料）：上記①に加え、以下の項目を入力する。NASTRANはポーラス材料に対応していないので、以下のように別のデータ項目を代用する。
- またこの時①の質量密度は空隙を含まない材料自体の密度（積石であれば石自体の密度）を入力する。



Material Definition - Isotropic

ID: 1 Title (T): material Color (C): 55 Palette: Layer (L): 1 Type (P):

一般 関数参照 非線形 クリープ 熱光学・電気特性 相転移

剛性

縦弾性率(E): 2E+11 制限応力(R): 質量密度(N): 2e3
せん断弾性率(G): 0 引張: 0 構造減衰比(M), 2C/Co: 0
ポアソン比(nu): 0.2 圧縮: 0 基準温度(F): 0.5
せん断: 0

熱特性

線膨張率, a: 0
熱伝導率, k: 0
比熱(H), Cp: 0
発熱密度: 0

空隙率

fxy 読み込み(D)... 保存(S)... コピー(Y)... OK キャンセル

③ 材料データ（地盤材料）：上記①に加え、以下の項目を入力する。NASTRAN は地盤材料に対応していないので、以下のように別のデータ項目を代用する。

また ID \geq 100 とする（ID \geq 100 の時、材料は地盤材料と認識される）。

以下のデータにおいて

間隙率 1：STR 内の浸透流計算に使用される間隙率

間隙率 2：CADMAS 内において、地盤との干渉による CADMAS セルの空隙率の計算に使用される間隙率

となっている。

またこの時①の質量密度は地盤の土粒子密度を入力する。

Material Definition - Isotropic

ID: 100 Title(T): Color(C): 55 Palette: Layer(L): 1 Type(P): ...

General Reference Nonlinear Creep Thermo-optical/Electrical Phase Shift

剛性

縦弾性率(E): 2.0e9 制限応力(R) 質量密度(N): 2.0e3
せん断弾性率(G): 0. 引張: 0.4 構造減衰比(M), 2C/Co: 0.
ポアソン比(nu): 0.3 圧縮: 2.0e10 基準温度(F): 0.2
せん断: 1.0e-3

熱特性

線膨張率, a: 0. 水の体積弾性係数 (Pa):
熱伝導率, k: 0. 透水係数 (m/sec):
比熱(H), Cp: 0. 間隙率 1 間隙率 2
発熱密度: 0.

fy 読み込み(D)... 保存(S)... コピー(Y)... OK キャンセル

- ④ 材料データ（弾塑性）：弾塑性の特性を指定するには、「非線形」タブの以下の項目を入力する。

弾塑性（バイリニア）のみ選択可

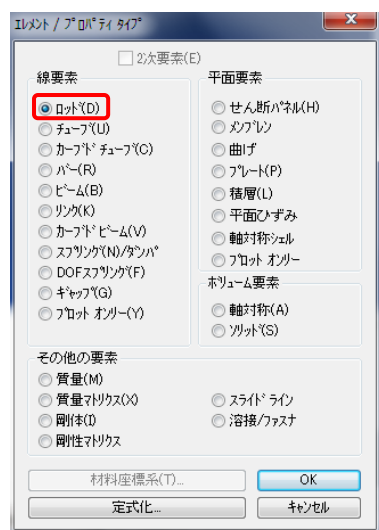
0. フォンミーゼス または
3. ドラッカー - プラガー
のみ選択可 → ※参照

※ 「3.ドラッカー - プラガー」を選択した場合、NASTRAN データをエクスポートする際に「非線形材料はフォンミーゼスの降伏基準のみをサポートしています」というエラーメッセージが出るが、無視してよい。またこの時、「摩擦角」の値は、入力欄の値によらず 0.07 に固定される。また梁要素では「0.フォンミーゼス」のみ選択可。

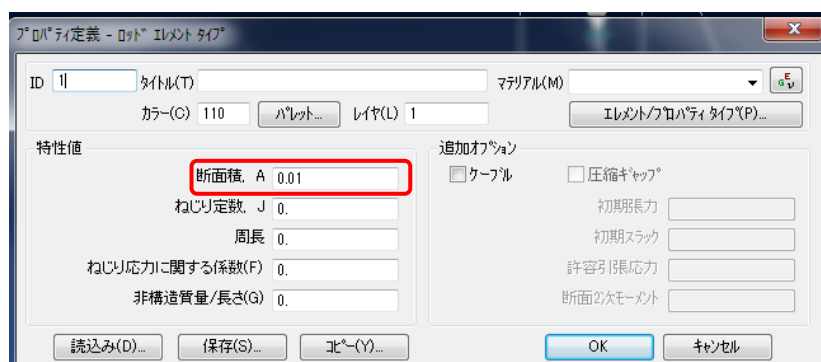
- ⑤ 材料データ（引張強度）：引張強度を指定するには、以下の項目を入力する（地盤材料の引張強度は指定できない）。

⑥ トラス（ロッド）要素の特性定義は以下の通りとする。

「プロパティ定義」＞「エレメント／プロパティタイプ」において「ロッド」を選択。

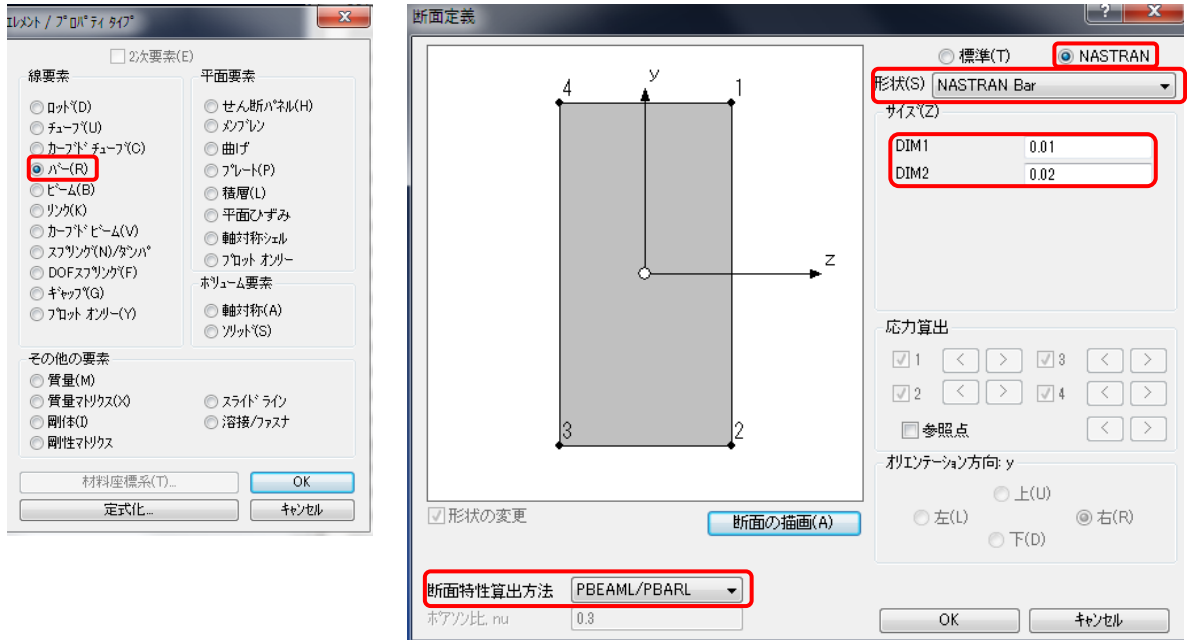


「プロパティ定義」において以下の項目を入力する。

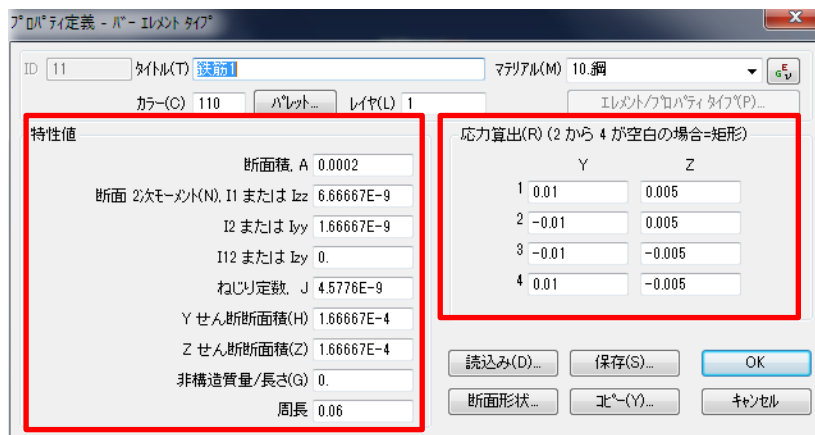


⑦ 梁要素の特性定義は以下の通りとする。

「プロパティ定義」>「エレメント／プロパティタイプ」において「バー」を選択。また、
「プロパティ定義」>「断面形状」において以下の項目を選択・入力する（矩形のみ定義可能）。



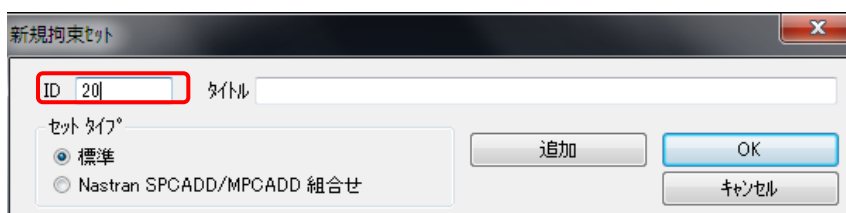
「プロパティ定義」において「特性値」「応力算出」の項目は入力不要。



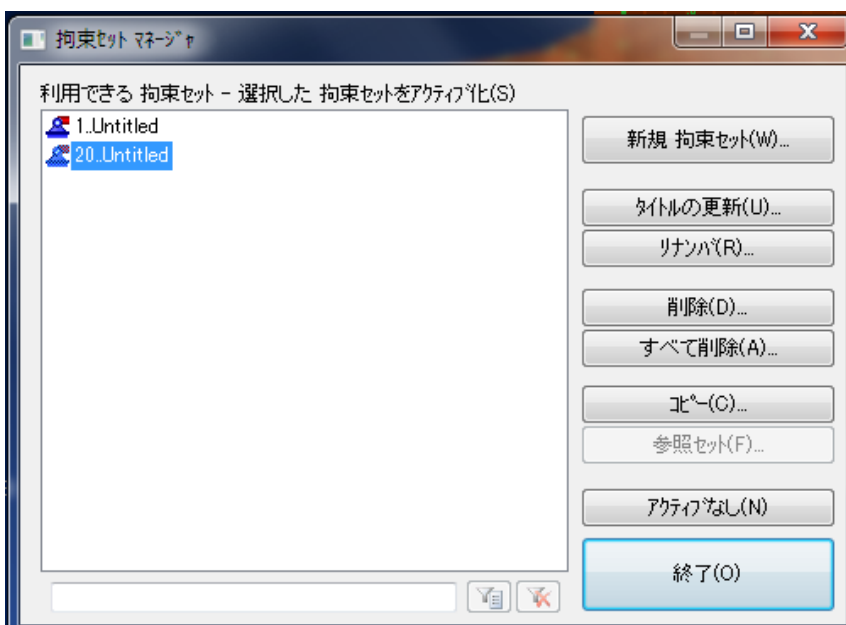
- ⑧ 拘束条件を設定後，静解析の時のみ有効になる拘束条件を追加定義する方法を例に沿って以下に示す．

以下の例では，ID=1 の拘束セットが既に設定されている状態において，静解析時のみ有効になる拘束条件を ID=20 として追加定義し，さらに ID=1 と ID=20 の拘束セットの組み合わせを ID=2 として定義する方法を示す．

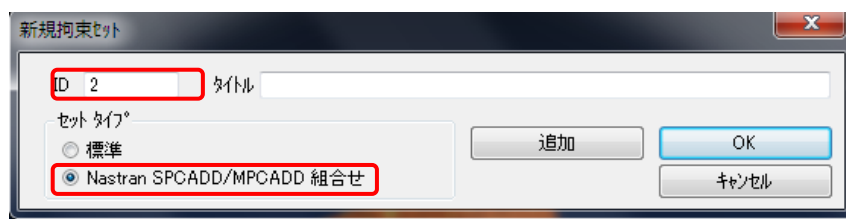
「拘束セットマネージャー」>「新規拘束セット」において ID=20 を入力して「OK」ボタンをクリック．ID \geq 20 のセットは静解析の時のみ有効になる．



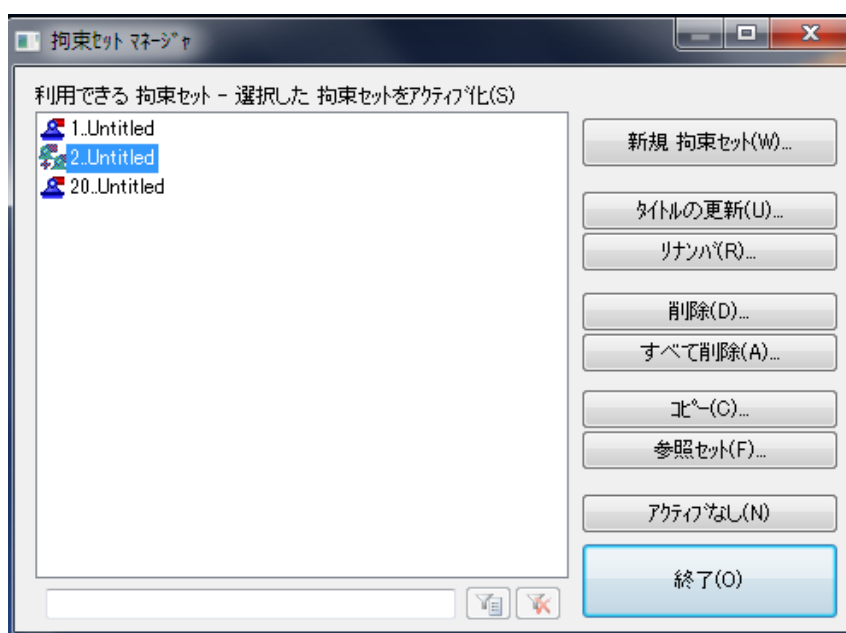
ID=20 の拘束セットをアクティブにした状態のまま「終了」ボタンをクリックし，追加の拘束条件（静解析の時のみ有効にしたい拘束条件）を設定する．



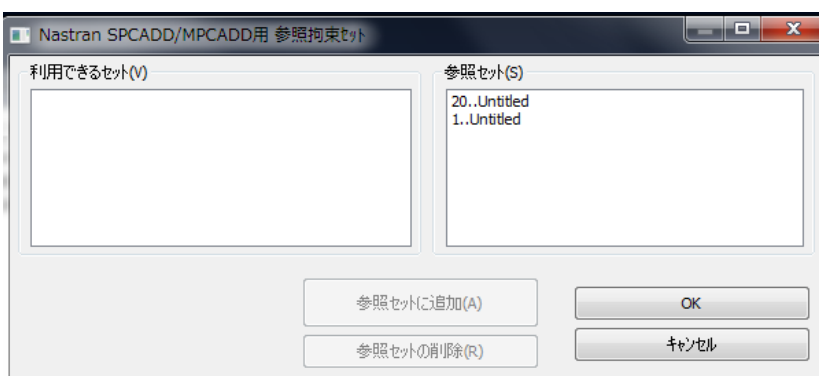
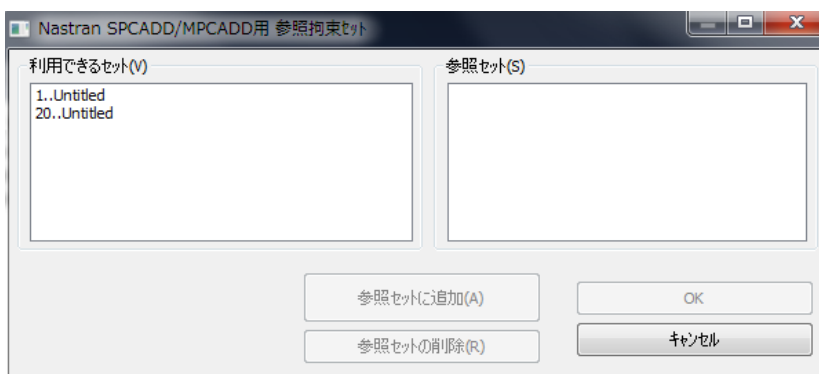
再度「拘束セットマネージャー」>「新規拘束セット」において「Nastran SPCADD/MPCADD 組合せ」を選択して ID=2 を入力し「OK」ボタンをクリック．



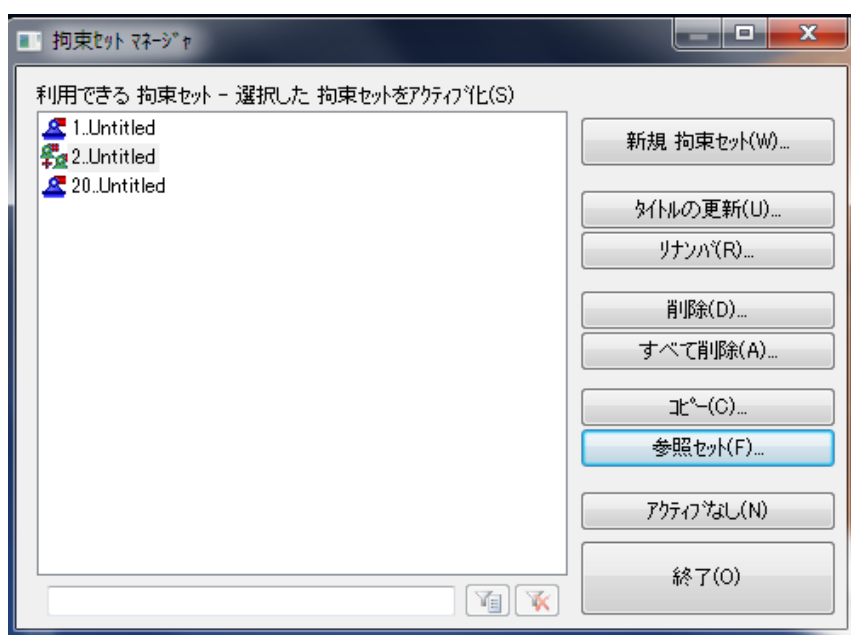
ID=2 の拘束セットをアクティブにした状態で「参照セット」ボタンをクリック。



「利用できるセット」を選択して「参照セットに追加」ボタンをクリックし「参照セット」の欄に全ての拘束セットを移動後「OK」ボタンをクリック。



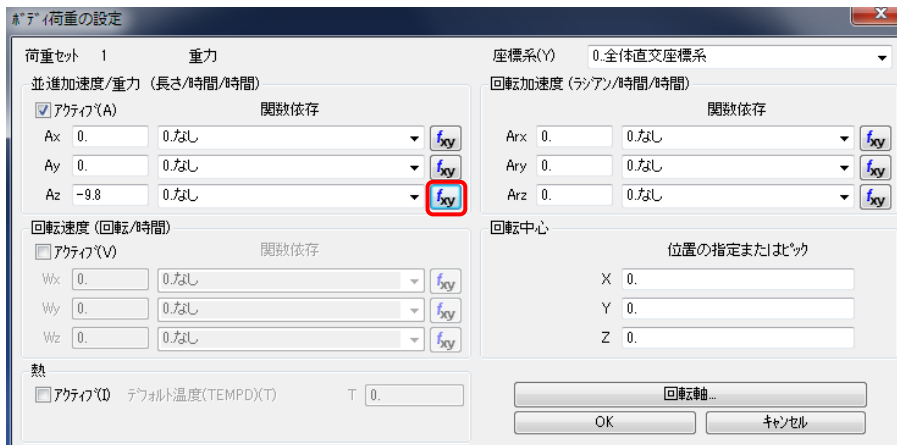
ID=2 の拘束セットに ID=1 と ID= 20 の拘束セットの組み合わせがセットされたことになる。



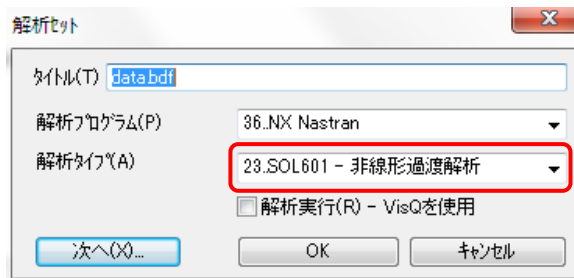
解析実行時「解析セットマネージャ」>「境界条件」において拘束条件として ID=2 を選択する。



- ⑨ 荷重の時間変化は、荷重設定において以下の "fxy" をクリックして、テーブルでセットする。

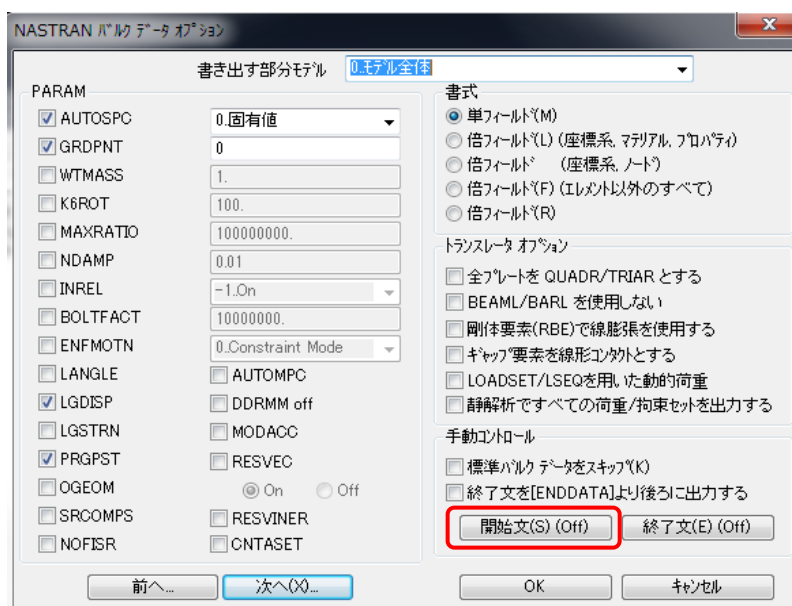


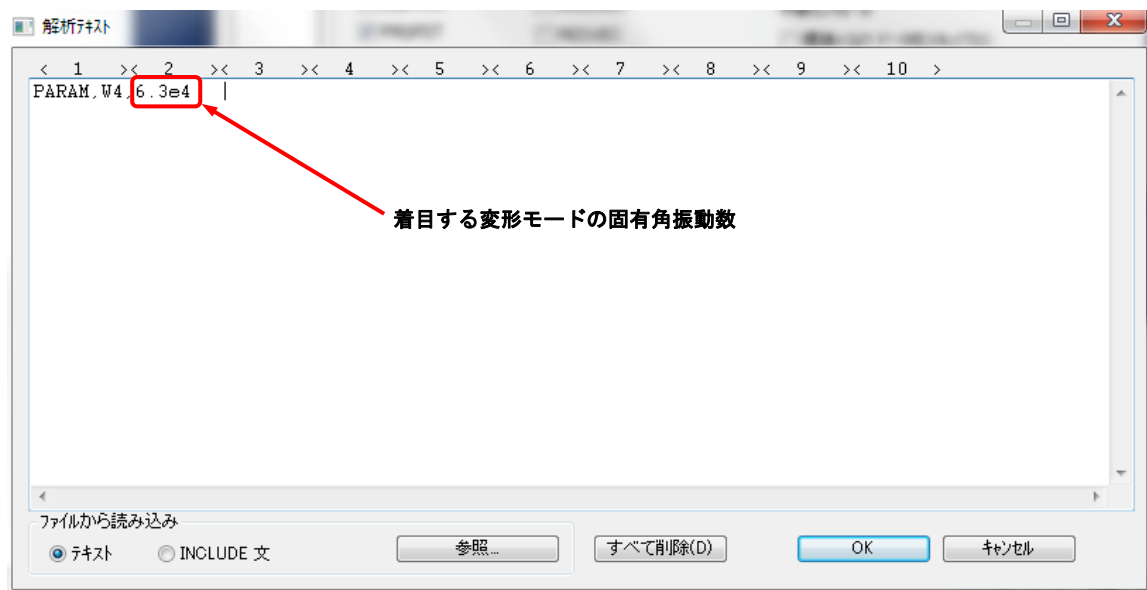
- ⑩ 「解析セットマネージャー」 > 「解析セット」において「解析タイプ」を以下の通りセットする。



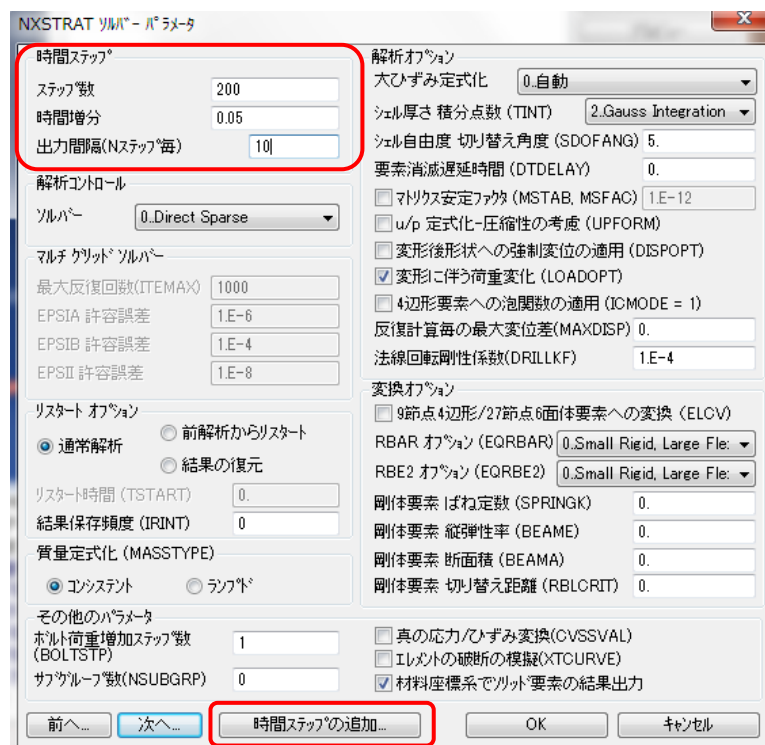
- ⑪ 材料データで「構造減衰比」を指定した場合、着目する変形モードの固有角振動数を入力する必要がある。以下の手順で入力する。

「解析セットマネージャー」 > 「NASTRAN バルクデータオプション」 > 「手動コントロール」において「開始文」ボタンをクリックし、引き続いて表示される画面で以下の通りテキスト入力する。





- ⑫ 「解析セットマネージャー」 > 「NXSTRAT ソルバーパラメータ」において「時間ステップ」をセットする。



ステップに応じて時間増分を変化させるにはここをクリック

(3) CADMAS 解析実行

data.in を入力データとして CADMAS を実行する。data.in と同じフォルダ内に data.bdf がある場合、CADMAS は自動的に data.bdf 内の構造物を障害物として認識して解析する。同時に、CADMAS で計算された構造物表面の圧力データを data.prs に出力する。

(4) STR 解析実行

data.bdf を入力データとして STR の解析を実行する。data.bdf と同じフォルダ内に data.prs がある場合、STR はその data.prs の表面圧力を荷重条件に加えて構造解析を行う。

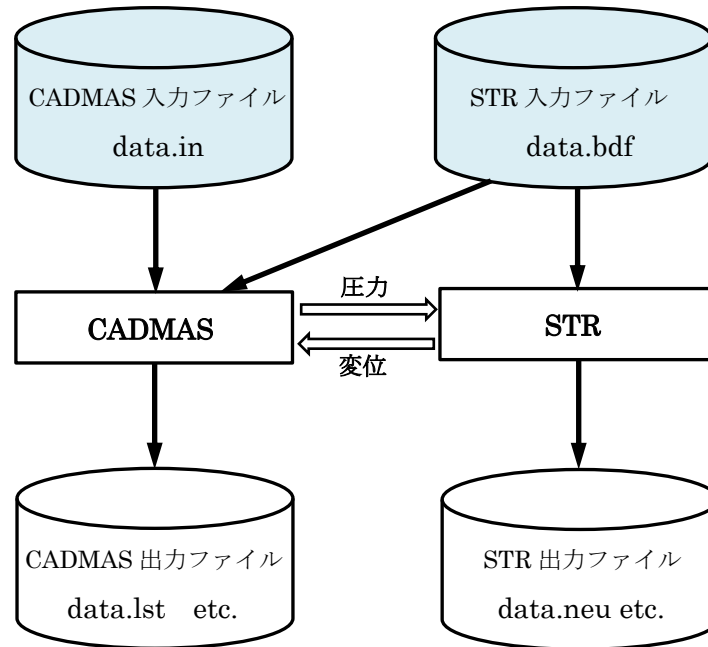
(5) ポスト処理

STR の計算結果は FEMAP で data.neu を開いて見ることができる。また STR の解析ログは data.log に出力される。

表示対象	表示項目名	表示内容	データタイプ
構造物&地盤	Displacement	変位	ベクトル
	Velocity	速度	ベクトル
	Acceleration	加速度	ベクトル
	Reactive Force	拘束点反力	ベクトル
	Stress	応力	テンソル
	Prin Stress	主応力	スカラー
	Surface Pressure	表面圧力	スカラー
構造物	Rod Axial Stress	トラス軸応力	スカラー
	Bar Axial Stress	梁重心点軸応力	スカラー
地盤	Pore Water Pressure	間隙水圧	スカラー
	Pore Water Flux	ダルシー流速	ベクトル

2. 双方向連成解析

[1] プログラムのフロー図を以下に示す.



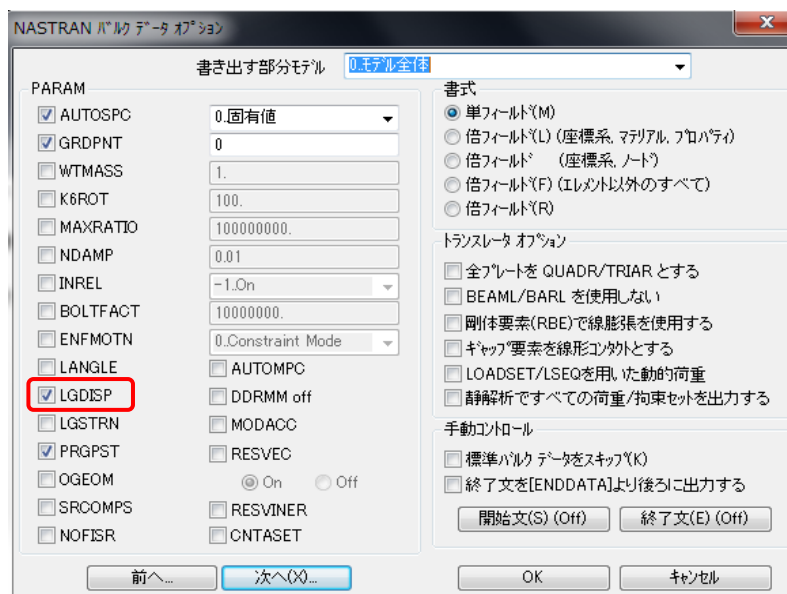
[2] 解析手順

(1) CADMAS 用データ (data.in) 作成

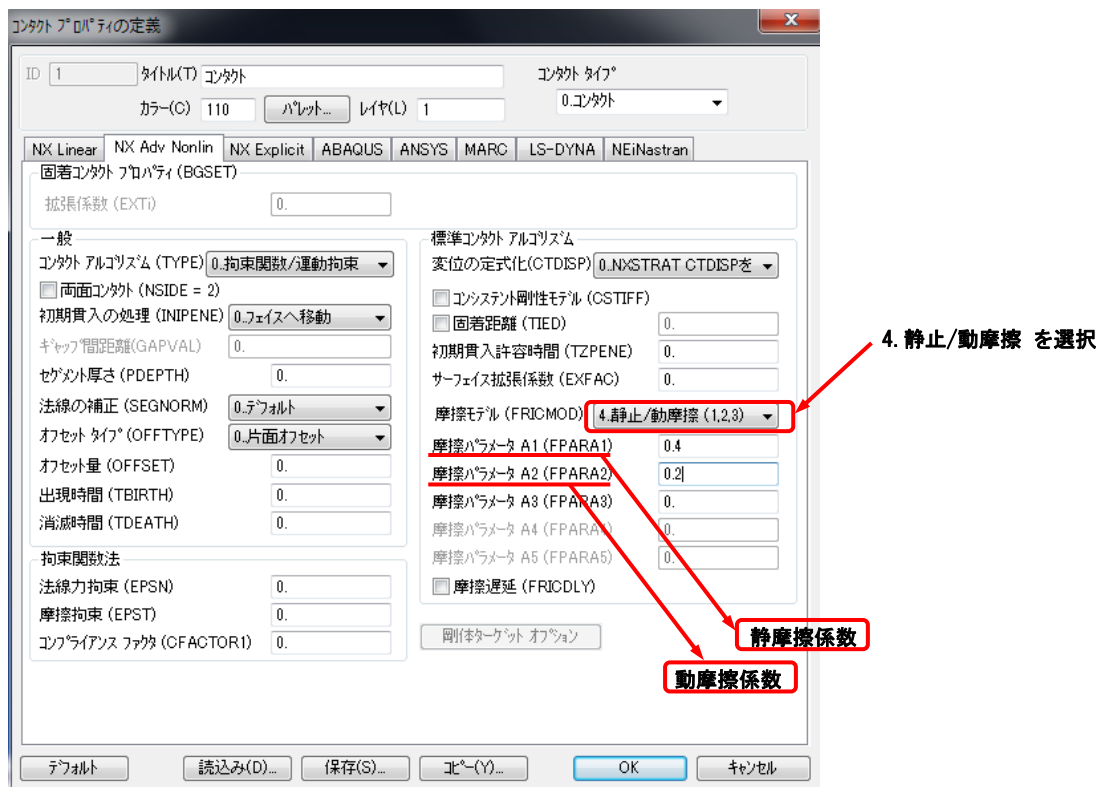
(2) 構造解析用データ (data.bdf) 作成

1. [2] (2) と同じ. ただし, 双方向連成で利用可能な機能の使用法を以下に示す.

① 大変形機能を利用する場合は, 「解析セットマネージャー」 > 「NASTRAN バルクデータ オプション」の「LGDISP」にチェックを入れる.

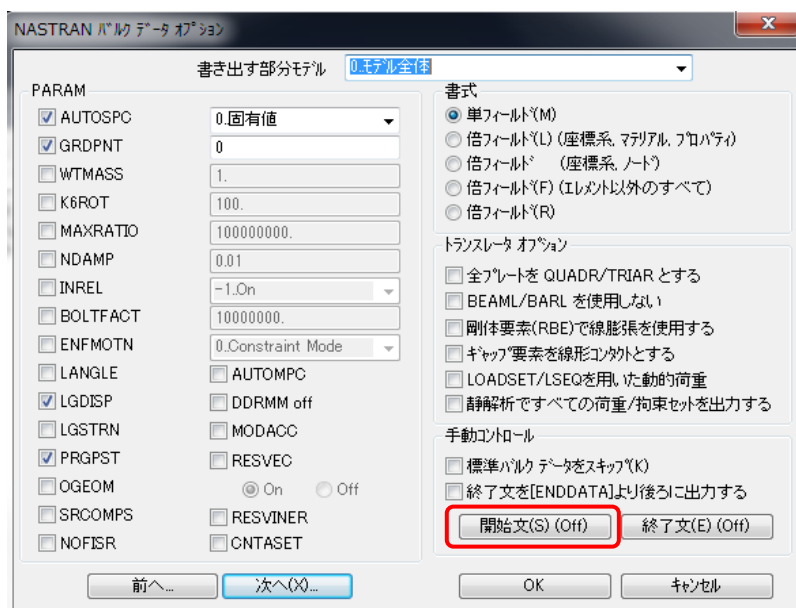


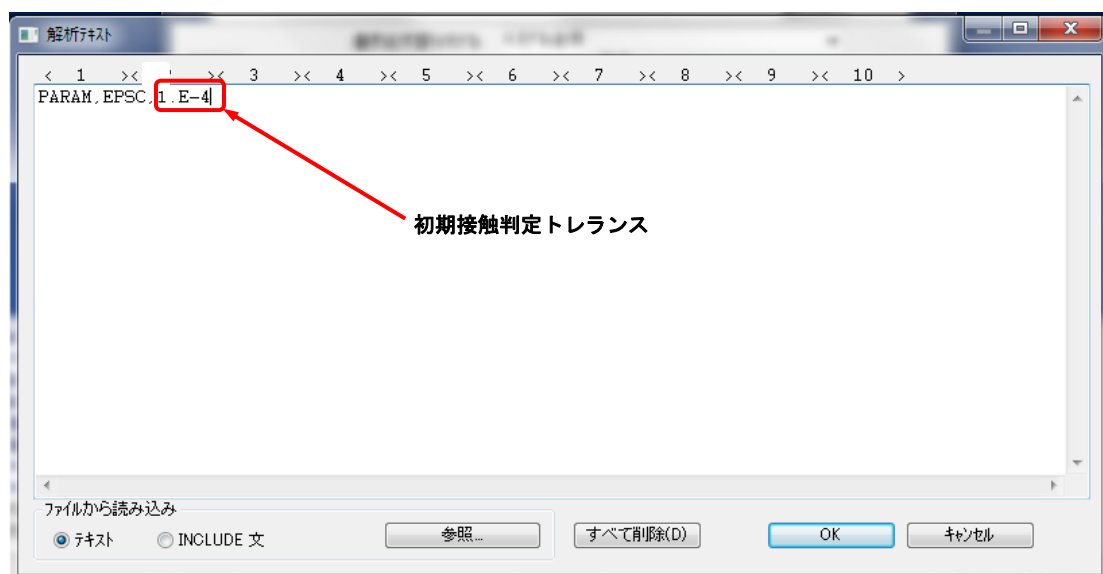
- ② 接触解析機能を利用する際、「コンタクトプロパティの定義」においては「NX Adv Nonlin」タブを選択する。この中で摩擦係数を以下のように設定する。



- ③ 初期接触状態を判定するトレランス（初期状態において、このトレランスで指定する距離以内にあるスレーブ・マスターは接触と判定される）のデフォルト値は 10^{-6} となっているが、以下の手順で修正できる。

「解析セットマネージャー」>「NASTRAN バルクデータオプション」>「手動コントロール」において「開始文」ボタンをクリックし、引き続いて表示される画面で以下の通りテキストを入力する。





⑤ リスタート機能の利用方法は以下の通り

(i) リスタートファイル出力, 及びリスタート計算実行の指定は CADMAS 側の入力データで行う. STR のリスタートファイル名は

領域分割しない場合 : data.rsto

領域分割による並列計算の場合 : data.rsto000, data.rsto001, data.rsto002, …

(ii) リスタート計算実行時は上記ファイルの拡張子の部分を “.rsto” → “.rsti” と変更して使用する. すなわち以下のように変更する.

領域分割しない場合 : data.rsti

領域分割による並列計算の場合 : data.rsti000, data.rsti001, data.rsti002, …

(iii) リスタート可能なステップ時刻は data.rtm に出力されている. 詳細は “CADMAS-STR 連成解析部 (CADMAS 側) 説明書.docx の 2 [4] STR との連成解析時のリスタートファイル出力” を参照のこと.

[C A D M A S]		[S T R]	
STEP	TIME	STEP	TIME
11	0. 220000	5	0. 250000
16	0. 320000	7	0. 350000
17	0. 340000	7	0. 350000

↑
data. in の FILE RES でリスタート計算開始の指定が可能なステップ番号

data. rtm の出力

(4) 解析実行

- ① CADMAS, STR 及び STM を MPMD 方式で並列に実行する. 例えば CADMAS を 6 プロセス, STR を 4 プロセス及び STM を 2 プロセスで実行する場合, 計算実行のシェルスクリプトでは

```
ppn=12 ← CADMAS 6 プロセス+STR 4 プロセス+STM 2 プロセス
mpiexec.hydra -np 6 “CADMAS 実行モジュール名” ¥
           : -np 4 “STR 実行モジュール名”
           : -np 2 “STM 実行モジュール名” “STM パラメータファイル名”
```

とする.

- ② STR で CG 法を使用する場合は “STR 実行モジュール名” に続けて `-S 1` を追記する. また CG 法で並列計算する場合, STR のルートプロセスは通信専用を使用されるので, STR のプロセス数は “計算プロセス数 + 1” とした値を指定する. 例えば CADMAS を 6 プロセス, STR を 4 プロセスで実行する場合

```
ppn=11 ← CADMAS 6 プロセス+STR (4 + 1) プロセス
mpiexec.hydra -np 6 “CADMAS 実行モジュール名” ¥
           : -np 5 “STR 実行モジュール名” -S 1
```

とする.

- ③ “STR 実行モジュール名” に続けて `-M` (メモリ量) を追記することで利用可能メモリ量を指定できます (メモリ量の単位は MB). プログラムの使用メモリがここで指定したメモリ量を超えると, エラーメッセージ (不足メモリ量) を出力してストップします. 利用メモリ量のデフォルトは 8000MB となっています. 例えば, 利用可能メモリ量として 16000 (MB) を指定する場合

```
“STR 実行モジュール名” -M 16000
```

とする.

(5) ポスト処理

1. [2] (5) と同じ.