

【参考】

Femap with NX Nastran で影響線を求める

社会基盤デザイン演習Ⅱ

TA 高橋 (構造強度学研究室)

2017年4月19日

1 はじめに

手計算で影響線を描く代わりに、汎用有限要素解析ソフト NX Nastran を用いて、連続梁の有限要素モデルを数値解析して影響線を求める。

本学科では Femap というプリ・ポストプロセッサとセットでインストールしている。本書では Femap v11.0.1J の操作方法を説明するが、バージョンが多少違っていても大体同じ操作だと思われる。

※操作方法は複数ありますが、筆者が説明しやすい手段で解説しています。

※最終的な計算結果は、提出者自身の責任で検算しましょう。

2 念のため確認しておこう

数値解析ソフトでは、物性値の入力時に単位は指定しない。かわりに、入力するすべての物性値で単位やオーダーはきちり統一されていなければならない。桁を間違えるととんでもないことになるのは言うまでもない。

なお本書では、長さは m, 橋軸方向を x 軸, 鉛直軸を y 軸 (上方を正) とする。

3 モデルの作成

5セメの「計算力学及び同演習」でFemapのおおよその使い方は習っているはずなので、ある程度までの操作方法はどんどん省略しながら説明する¹。

3.1 マテリアル，プロパティ定義

影響線の計算だけなら物性値や断面は関係しないが、適当な値を与えないと解析できない。せっかくだから実物の値を入力しよう。

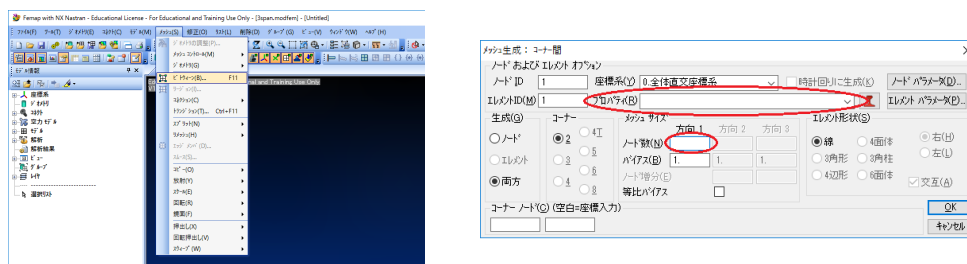
最初にマテリアルを定義。鋼材料の物性値を設定する。

続いてプロパティ(要素)を定義。今回はビームエレメントを使用するとよいだろう。断面の寸法を(高さからフランジ厚まで)細かく指定できる機能もある。

3.2 メッシュの作成

作成するモデルは単純な直線のような形状なので、2点を設定してこの間にエレメントを作成する機能を使う。

上のメニューから[モデル>ビトウィーン]に進むと、右下図のような入力画面が出る。中央上寄りの[プロパティ]はプルダウンより先ほど作ったプロパティを選択し、その下[ノード数]には任意の数を指定する。そして[OK]から次へ。



続いてノードの位置を指定する画面になる。まず始点の座標を入力し、[OK]をクリックすると画面が切り替わるので、次に終点の座標を入力して[OK]とする。する

¹あるいは研究室の先輩、もしくはTAに尋ねてみよう。

と、その2点間に「ノード数」で指定された数のノードを持つようメッシュ分割された梁モデルが作成される。

たとえば、桁長90mのものを10cm間隔で離散化したかったら、ノード数を901個、両端のノードに(0,0,0)と(90,0,0)を、それぞれ指定すればよい。

3.3 拘束の定義

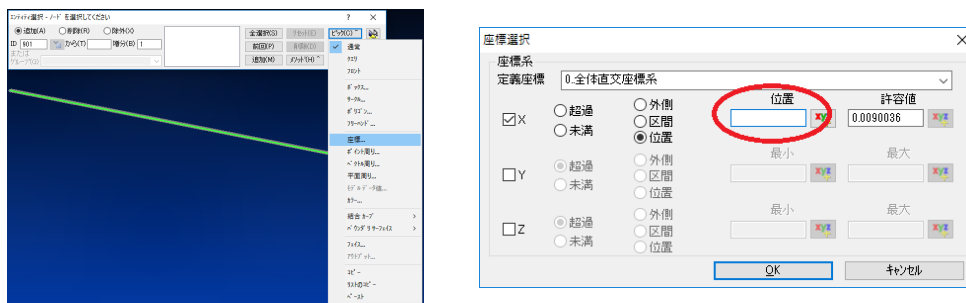
これらも簡単な使用法は既に習ってあると思う。

拘束の設定ミスから解析エラーとなることが多いので注意。

3.3.1 ノード選択の便利なやり方

しかし本書の例だと、狙った位置のノードを探し出すのはすごい手間だろう²。そこで、ある位置のノードを選択する方法を解説する。

各メニューからノード選択画面に進むと、右上のほうに[ピック]という項目がある。これをクリックして展開したメニューの中から[座標]を選択すると、座標選択画面に入る。本書ではx軸方向を橋軸方向としているので、Xのチェックボックスをチェックする。そして「位置」を選択すると、すぐ右に[位置]の入力ボックスが現れるので、ここに適切な値を入れる。[許容値]は特にいじる必要はない。



すると、その位置にあるノードが選択された状態になる。あとはこれを必要な分だけ繰り返してノード選択を完了させ、次の操作に進めばよい。

²実際にやってみると、Femapの各種機能の有難さがわかるかもしれません。

3.4 Müller-Breslau の定理を Femap で再現

Müller-Breslau の定理を使用して、影響線となるたわみ形状を求めたい。定理自体は各自復習することとして、モデル編集と変位荷重の与え方を解説する。

編集に入る前に、元のモデルと別に「反力影響線用」「作用せん断力影響線用」「作用モーメント影響線用」の各モデルをコピーしておくといよい。特に、大元のモデルさえ残しておけばいくらかでも簡単にやり直せるので、これは死守しよう。

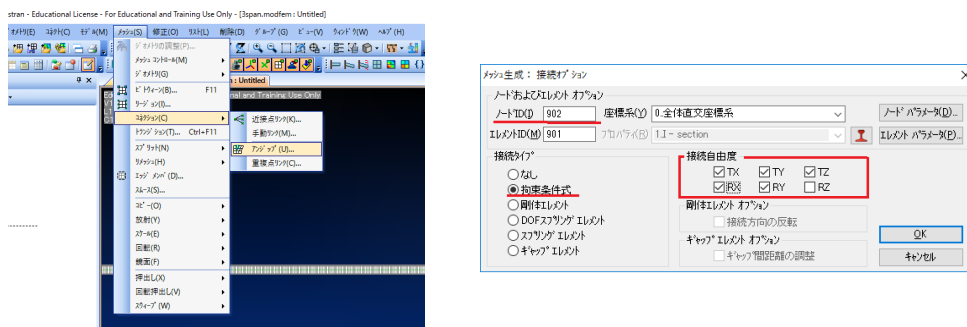
3.4.1 モデル分割

着目断面に作用する曲げモーメントまたはせん断力の影響線を描く場合、载荷の前にまずはモデルの着目断面にヒンジかスライダを挿入しなければならない。FE モデルでは、モデルを切断し、切断面同士のノード間に拘束条件を設定する。

上のメニューから [メッシュ > コネクション > アンジップ] と進む。最初にエレメント選択画面が出るが、これも同様に [ピック] メニューからの [座標] で、切断したい場所の座標を入力することで指定してよい。こうするとエレメントが2つ選択されることがあるが、その場合、番号が若いほうのエレメント以外は削除する。

続けてノード選択画面。この画面でまさに「切断したい面の位置に相当するノード」を選択する。ここで選択されたノード番号はあとで使うので控えておくこと。

すると、右下のような画面に進む。



まず、接続タイプに [拘束条件式] を選択する。これで、いわば連続条件を設定する

ことになる。モーメントの影響線だったら“橋軸直角方向まわりの回転”だけが不連続になればよいので、接続自由度はその回転自由度に相当する項目³以外すべてにチェックを入れる。せん断力の影響線なら“鉛直変位”だけが不連続になるように接続自由度を設定する。

この画面では、特に指定しなければ画面左上のボックス [ノード ID] には、元々あった全ノード数の次に来る番号が入っているはず。このノードはいわば解析用に“余計に追加したノード”であり、後で荷重の定義や計算結果の集計に使用するので、このノード番号も控えておく。

以上でモデルの切断およびヒンジ挿入に相当する操作は完了となる。

3.5 荷重の定義

知っての通り、支点反力だったらその支点位置に単位の変位を、曲げモーメントなら着目断面に単位の相対回転、せん断力なら単位の相対変位を与えれば、そのときの変形の形が影響線となる。

3.5.1 鉛直変位

これは知っているでしょう。省略。

3.5.2 相対変位

橋軸直角方向まわりの相対回転変位、もしくは鉛直方向の相対変位をかける。これらのノード間の相対変位を、本書では「拘束条件式」を使用して定義する。拘束条件式に関して、多点拘束 (MPC) などの理論は各自勉強してもらおうとして、今回の解析の場合の具体的な入力内容を説明する。

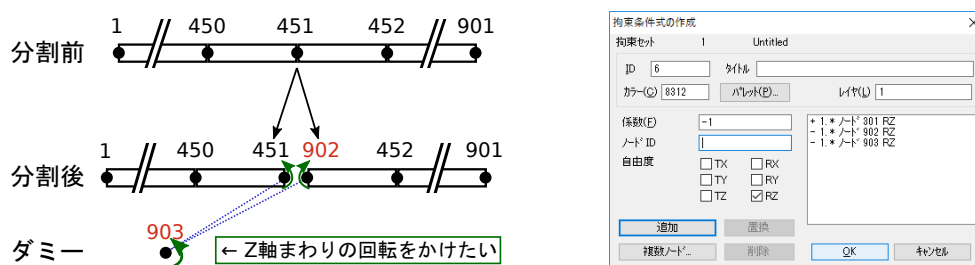
まず、適当な位置にダミーのノードを作成する。この節点は、使いやすいように全自由度を拘束しておく。

³筆者のモデルでは Z 軸が橋軸直角方向なので、このまわりの回転は「RZ」となる。

このダミー節点と、モデルの分割箇所での両節点の合計3節点に対して拘束条件式を適用する。[モデル>拘束>条件式]と進むと[拘束条件式の作成]画面が出る。ノード一つずつ“[係数][ノード ID][自由度] 入力→[追加]→次のノードの [係数][ノード ID][自由度] 入力→[追加]→…”と入力していく。今回は次のように入力する。

係数	1	-1	-1
ノード ID	片方の切断面のノード	もう片方の切断面のノード	ダミーのノード
自由度	相対回転なら与えたい回転軸 (RX ~ RZ のどれかひとつ) 相対変位 (せん断) なら与えたい鉛直軸 (TX ~ TZ のどれかひとつ)		

たとえば、左図のようなモデル (分割) の場合、最終的に右図画面のようになる。



適切に入力したら [OK] で拘束条件式の作成を完了させる。

そして、ダミーのノードに単位の強制変位 (回転) を載荷すれば、これで解析モデルは完成だ。

4 解析

モデルが完成したら早速解析してみよう。静解析でかまわない。

エラーが出たら、メッセージをよ〜〜く読んで、修正。

5 結果の書き出しと断面力計算

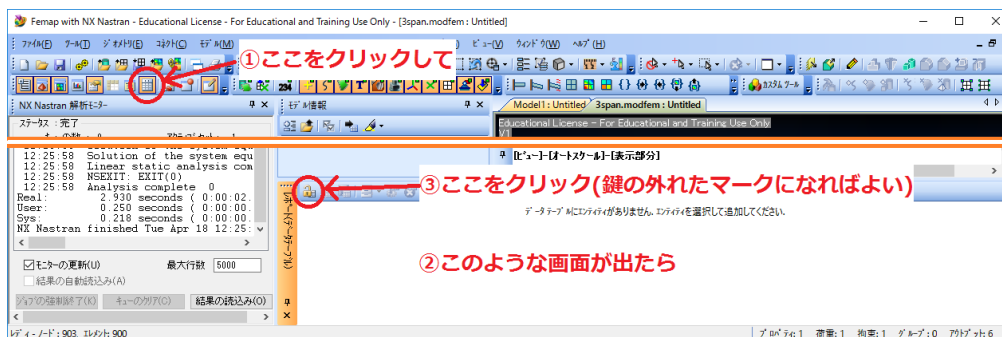
エラーがなく無事に解析が終わったら、変形図を表示して眺めてみよう。どう見ても影響線っぽくないようなたわみ形状だったら、拘束や荷重の設定に誤りがないか確認してみることに。

正しそうな形状であれば、次のステップへ進む。

5.1 解析結果の選択と書き出し

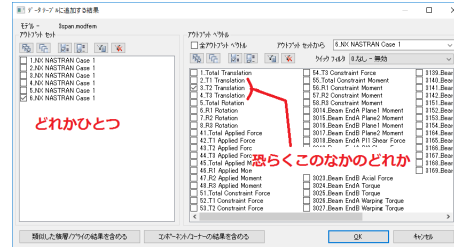
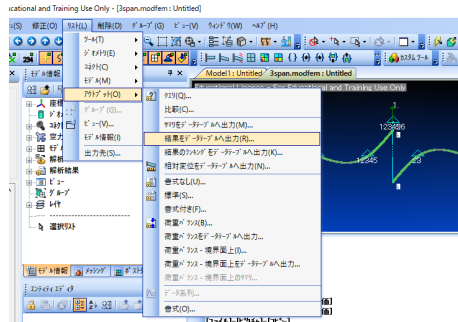
Femap 上で表示される解析結果を外部のファイルに書き出す。

最初に、一旦 Femap のデータテーブルに結果を表示する。画面右上のほうにある [レポート (データテーブル)] のアイコンをクリックし、続けて下に現れた画面の鍵マークをクリックする。こうするとデータテーブルへの入力が可能になる。



続けて実際に出力する。[リスト > アウトプット > 結果をデータテーブルに出力]と進み、次の [結果をデータテーブルに出力] では、[座標系 (ノード出力のみ)] プルダウンから [0.. 全体直交座標系] を選択し [OK] をクリック。

すると [データテーブルに追加する結果] 画面になる。左側 [アウトプット セット] の欄には、解析を何回かやっていたらやった分だけリストが出てくる。こちらは出力したいリストだけにチェックを入れておく。右側 [アウトプット ベクトル] では [全アウトプット ベクトル] のチェックを外し、下のリストから鉛直変位に相当するものだけをチェックして [OK] で次へ。



そして、おなじみノード選択画面が出てくる。今回はまず[全選択]をクリックして一旦すべてのノードを選択する。曲げモーメント影響線の場合はそのあと、3.4.1で控えた“余計に追加したノード”を除外してから、[OK]をクリックする。なおせん断力影響線を利用するときには“余計に追加したノード”の変位も使用する。

5.2 表計算ソフトで読み込み

以上の操作で、データテーブルに結果が出力される。なお、左端カラムがノード番号、右端カラムがノード変位となっているはずである。これを[クリップボードにコピー]ボタンでコピーして、別を開いておいた表計算ソフトに貼り付ける。

ID	Y	Z	6. NX NASTRAN Case 1, 3..T2 Translation
1	0	0	0.004412599
2	0	0.1	0.0022063
3	0	0.2	0
4	0	0.3	-0.002211774

貼り付けに成功したら、あとは正しく台形積分したり荷重分布を適用したりして、断面力を計算する。せん断力影響線の計算のときは“余計に追加したノード”の使い方にも注意。

影響線計算が分からなかったら、当然ですが各自復習すること。