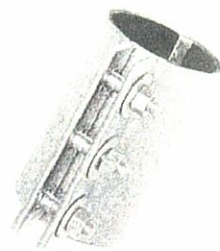


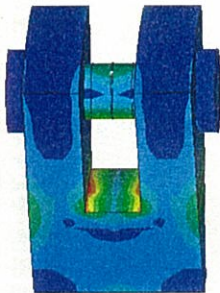
ボルト・プリテンション

初めに

- ボルトが含まれた構造の解析を行う場合には、ボルトを締め付けたことによりボルトに生じるプリテンション(またはプリロード)を解析に含めることが重要となる場合がある。
- ANSYSではボルトのプリテンションをシミュレートするための便利な機能を用意している:
 - プリテンション要素 PRETS179
 - プリテンション解析のための自動メッシュ生成機能
 - 複数のボルトに対してのプリテンション荷重マネージメント機能



ボルトにプリテンションを負荷したことによる応力

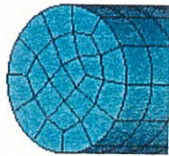
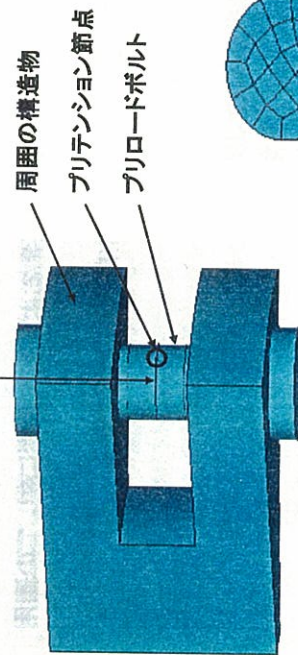


...初めに

- 多くのプリテンションの解析では、構造物とボルト間の接触をシミュレートするために、接触要素が用いられているが、ここでは接触の問題は議論せずに、“ボルト・プリテンション”にフォーカスを絞る。
- トピックは:
 - A. PRETS179要素
 - B. 一般的な流れ
 - C. 例題

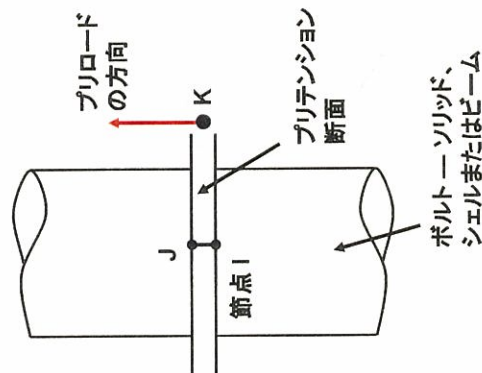
A. PRETS179 要素

- プリテンション要素 (PRETS179) では、プリテンション断面 (pretension section) を通して、プリロードを定義することができる。

プリテンション断面
(ブリックまたはテトラのメッシュ)

...PRETS179 要素

- プリテンション要素の特徴:
 - プリテンション要素は断面 "section" として定義される。
 - 2-D または 3-D の Line 要素で、半分に分かれたボルトをフックのようにつなぐ働きをする。
 - 節点 I, J は端部の節点で、多くの場合、位置が一致している。
 - 節点 K は "プリテンション・ノード":
 - 任意の場所に定義できる。
 - 自由度は 1 つ: UX。
 - プリテンション・ロードを定義するために使用される。つまり荷重 FX、または変位 UX。



B. 一般的な流れ

- 5つのステップでボルト・プリテンション解析を定義することができる:
 1. ボルトと構造物の両方を含んだ形状を Import するか、または作成する。
 2. すべての Parts をメッシングする。
 3. プリテンション要素の作成。
 4. 荷重を定義し、多段階荷重ステップとして Solve:
 - Load step 1 (ボルトに対するプリロード)
 - Load step 2 (ボルト長さを Fix する)
 - Load step 3 (構造物に対して、荷重を負荷する)
 5. 結果をみる。
- ステップ3と4についてさらに紹介する。

...PRETS179 要素

- プリテンション要素の特徴(つづき):
 - プリロードの方向は一定とする - 回転はアップデートされない。
 - 材料特性やキーオプシオンは不要。
 - ソリッド、シェル、ビーム、そして低次要素および高次要素に対しての適用が可能。
 - GUIを用いることで、自動的に要素を作成することができる。

... 一般的な流れ

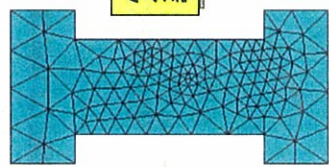
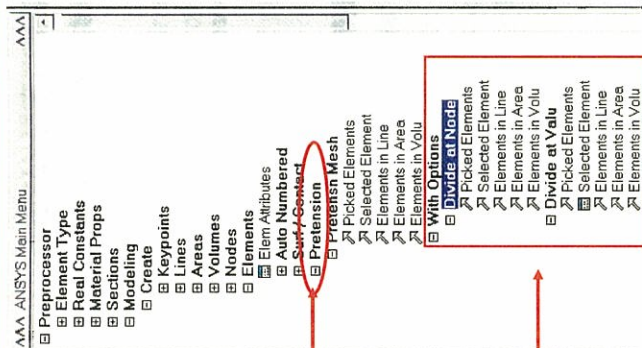
プリテンション要素の作成

- すべての構造(もちろんボルト部も含む)に対してメッシングが行われた後、次のステップとして、プリテンション要素を作成する。
- 2つのオプシオン:
 - PSMESH コマンド
 - ボルトは1つの部分としてメッシングする。
 - PSMESH コマンドにより2つの部分に分断し、プリテンション要素によりプリテンションのためのモデリングを行なう。
 - EINTF コマンド: 同じ位置にある節点に対して要素を作成 (ここでは説明しない)
 - ボルトは2つの部分としてメッシングする。
 - 節点のメッシュパターンを一致させる。

...一般的な流れ

ANSYS Training Manual Advanced Contact & Fasteners

- プリテンションメッシュを作成するためのさまざまな方法が、メニューに用意されている。
 - Preprocessor > Modeling > Create > Elements > Pretension > Pretension Mesh >
- “With Options”を用いて、GUIによる定義の手順を紹介する。

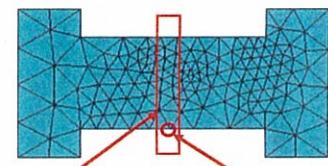
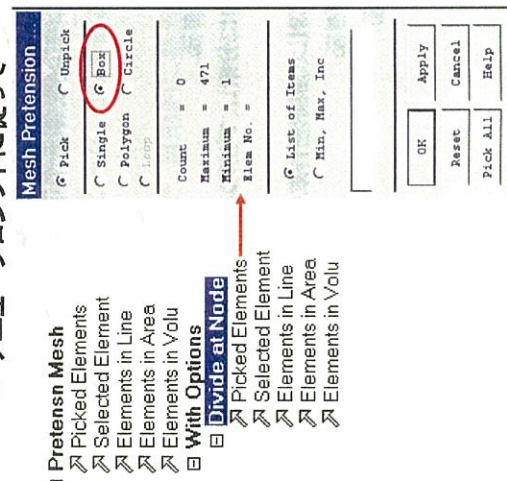


ANSYSは左図のボルトを2つに分け、必要なプリテンション要素を導入する。

...一般的な流れ

ANSYS Training Manual Advanced Contact & Fasteners

- オプションを選択する – Divide at Node – Picked Elements +
 - メニュープロンプトに従って

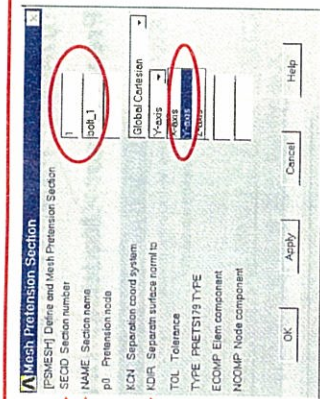


ボルトを分ける場所を示すために節点を選択。
プリテンション節点は、この場所に作られる。

...一般的な流れ

ANSYS Training Manual Advanced Contact & Fasteners

- 次にダイアログボックスを埋める。
 - セクション番号と名前
- プリロードの方向を指定(このケースでは、ボルトの軸方向に沿った Y-axis)
- オプションな設定としては:
 - TOL = 2つに分ける部分の、距離のトレランス (絶対値)
 - TYPE = プリテンション要素のタイプ番号 (指定しない場合は自動的に定義される)
 - ECOMP = プリテンション要素が新規に作成された場合、その要素からなるコンポーネントの名前
 - NCOMP = 新しいプリテンション要素を構成する節点からなる、コンポーネントの名前
- OKを押すと、ボルトを定義している要素をつながっていない2つのグループに分け、そしてプリテンション要素をつなぐ。



...一般的な流れ

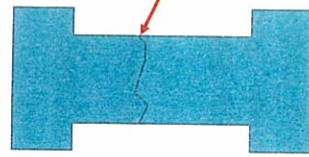
ANSYS Training Manual Advanced Contact & Fasteners

- それぞれ PSMESH コマンドを実行した後で、出力ウィンドウ又はファイルにプリテンションの設定に関する重要な情報が表示される。

プリテンション断面 ID
DEFINE AND MESH PRETENSION SECTION
CREATING A NEW PRETENSION NODE,
BY SEPARATING PICKED ELEMENTS
AT COORDINATE SYSTEM
0, Y = Y OF NODE 29

プリテンション節点番号
CREATED PRETENSION NODE 589
AT GLOBAL COORDINATE SYSTEM
0, Y = Y OF NODE 29
CREATED ELEMENT TYPE 4 PS PRETENSION
WITH NORMAL DIRECTION 0.000000 1.000000 0.000000
MODIFIED MODAL CONNECTIVITY OF 8 EXISTING ELEMENT(S)

プリテンション方向



9つのプリテンション要素が作成された

FEモデルでプロットを行うことで、プリテンション要素が追加されている要素境界の部分を確認することができる

...一般的な流れ

- 以下の手順で PSMESH の操作を "Undo" することができる:

Preprocessor > Modeling > Delete > Pre-tens Elements



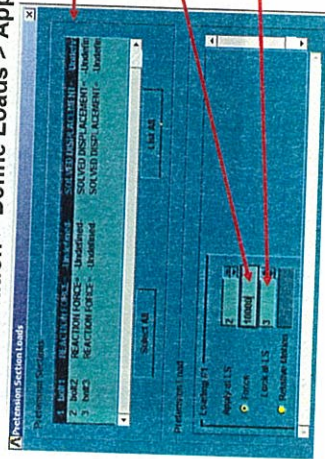
- GUI が自動的にプリテンション要素を削除して、プリテンションセクションの節点をマージする。

しかし、プリテンション節点(K node)は削除されない。

...一般的な流れ

- プリテンションのための荷重マネージメントツールを用いることで、簡単に複数ボルトに対してのプリテンションとロッキングを定義することができる。

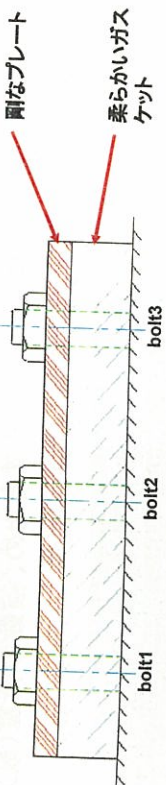
Solution > Define Loads > Apply > Structural > Pretnsn Sectn ...



始めにプリロードされる断面

このボルトに負荷されるプリテンション荷重

次の荷重ステップで、プリテンション位置を半自動で固定(ロック)する。



Advanced Contact & Fasteners

...一般的な流れ

プリテンションロードの負荷

- 実際のボルトにプリテンションを掛ける場合:

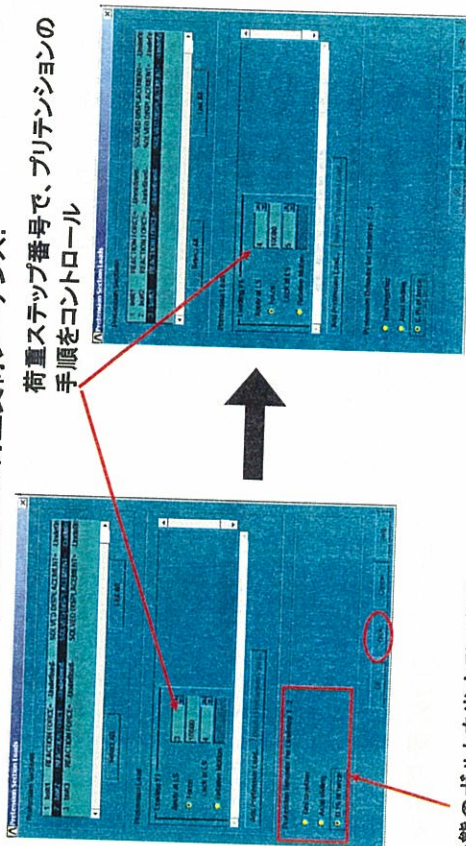
- ナットを回すことにより、非収縮時のグリップ長さを短くすることで、プリテンションを与える。
- 要求されるプリテンションに達したら、レンチをはずし、グリップ長さを"ロック"する。

- ANSYSでのプリテンション荷重負荷の手順は、現実の手順と同じものである。
- まず最初の荷重ステップで、プリテンションを負荷する(大抵の場合には、これは荷重として定義する)。
- 次の荷重ステップでは、プリテンションセクションの変位を拘束する(縮めた長さをロックする)。
- すべてのボルトに対してプリテンションが負荷された後に、最終荷重ステップにおいて外荷重を負荷する。

...一般的な流れ

- 残りの2つのセクションに対しての荷重負荷シーケンス:

荷重ステップ番号で、プリテンションの手順をコントロール



フリー状態のボルトを半自動で拘束

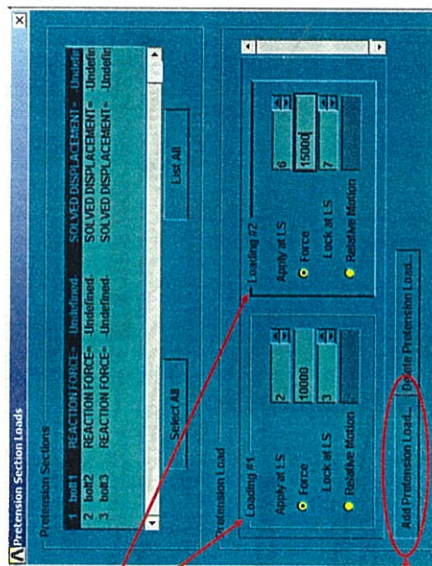
- Tied together - プリロードが負荷される迄は、変位拘束をする。
- Axial sliding - プリロードが負荷される迄は、軸方向の拘束はしない。
- 0.1% of force - プリロードが負荷される迄は、定義された力の0.1%の力を負荷する。

Advanced Contact & Fasteners

... 一般的な流れ

- ボルトにトルクを与える手順をシミュレートするため、複数の荷重 (最大15回まで) が、同じプリテンション断面に設定できる。

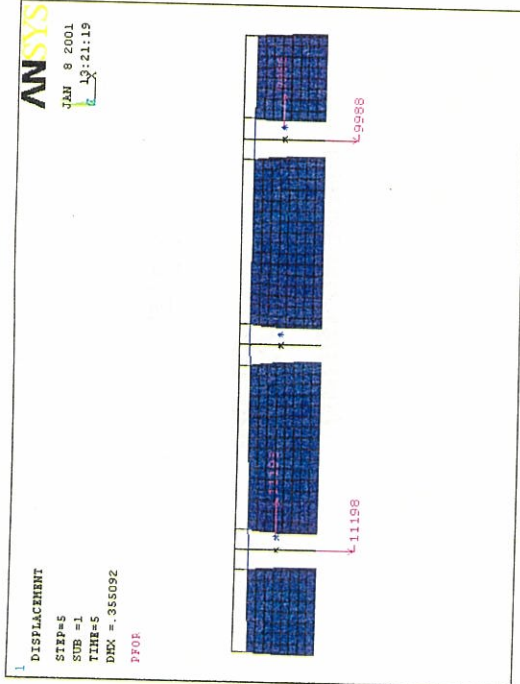
ハイライトされた断面
"bolt_1" 上の複数荷重



- あるいはコマンド入力:
SLOAD,1,pl01,,TINY,FORC,1000,2,3
SLOAD,1,pl02,,FORC,10000,6,7

... 一般的な流れ

- 先に定義した例での変形状とボルト荷重



... 一般的な流れ

- 解析において、ANSYS が自動的にユーザの定義した荷重ステップにおいてプリテンションの負荷およびロックを行ってくれる。
 - 前スライドの3本のボルトモデルでは、指定したボルト締め付け手順の計算に7回の解析が必要。
 - LS1: トルクなしでの初期アセンブリー
 - LS2: プリロードをボルト1に負荷
 - LS3: ボルト1のプリロード変位を固定し、ボルト2を締める
 - LS4: ボルト2を固定し、ボルト3を締める
 - LS5: ボルト3を固定
 - LS6: ボルト1に2回目のプリロードを負荷
 - LS7: ボルト1の新プリロード変位を固定
- プリロードの負荷が完了したので、構造物に対しての外荷重を荷する。