

ZE-PonBoSe Ver.0.2

NASTRAN ボルト部自重等の静荷重による応力計算 Excel マクロ使用説明書

ソフトの概要

NASTRAN による自重等の静荷重応力計算アウトプットリストよりばね要素荷重、拘束点反力、多点拘束荷重及びバー要素部材力をボルト部荷重として、引張応力及びせん断応力を求めるマクロです。

NASTRAN の各荷重のボルト部の荷重は荷重毎にシートに出力されます。使用した荷重等をすべて出力し、計算式をセルに相対セルで出力しているので参照先の値を確認できます。

荷重組合せ後の荷重の絶対値での最大値、応力の最大値が出力されます。また、そのボルト番号も出力されます。

メリット

- ①各項目毎の全評価位置の数値が表示されます。
- ②荷重を他の計算にも使用できます。
- ③Excel があれば誰でもマクロを作成、修正することができます。

デメリット

- ①マクロ処理のため評価位置が増えると処理が遅い。
- ②マクロでは複雑な処理ができない。

注意事項

- ①本マクロは個人所有です。開発者の許可を得て使用して下さい。
- ②機能のチェックは行っていますが、使用者の責任において使用して下さい。
- ③不具合、機能の追加要望については開発者に連絡をお願いします。
- ④本マクロはパスワードを設定しています。開示してほしい方は開発者に相談して下さい。

開発者:茨木 栄

Mail:sakae-ibaraki@mbr.nifty.com

改正来歴

説明書 Rev.	システム Ver.	改正日	改正内容
0.0	0.2	2022/3/24	初版

目 次

1. 概要	1
1.1 ばね要素	2
1.2 拘束節点	3
1.3 多点拘束スカラーポイント	4
1.4 バー要素	5
2. 計算式	6
3. 計算制限	7
4. 使用方法	8
4.1 起動方法	8
4.2 入力フォーム	9
4.3 処理範囲データ	11
4.4 計算結果	12
4.4.1 応力評価	12
4.4.2 最大値	13
4.4.3 単位荷重のボルト荷重	14
4.4.4 セル計算式	15
4.5 ボルト荷重	17
4.5.1 ばね要素荷重	17
4.5.2 拘束節点荷重	18
4.5.3 多点拘束スカラーポイント荷重	19
4.5.4 バー要素荷重	20

参考資料

①ZE-PonBoDe Ver. 0.2

NASTRAN ボルト部地震荷重による応力計算 Excel マクロ使用説明書

②ZW-PonBoDe Ver. 0.4

NASTRAN ボルト部地震荷重による応力計算 Word マクロ使用説明書

③ZW-PonBoSe Ver. 0.4

NASTRAN ボルト部自重等の静荷重による応力計算 Word マクロ使用説明書

添付ファイル

①使用説明書

ZE-PonBoSe_Ver. 0.2_NASTRAN ボルト部自重等の静荷重による応力計算
Excel マクロ使用説明書.pdf

②マクロファイル

ZE-PonBoSe_Ver. 0.2. xlsx

③テストファイル(計算に不要な個所は削除しています。)

- ・ばね要素、バー要素を使用の場合

¥TestData¥Test_Load_Elass_Bar_S1. f06

¥TestData¥Test_Load_Elass_Bar_S2. f06

- ・拘束節点、多点拘束のスカラーポイントを使用の場合

¥TestData¥Test_Load_SPC1_MPC_S1. f06

¥TestData¥Test_Load_SPC1_MPC_S2. f06

¥TestData¥Test_Load_SPC1_MPC_S3. f06

¥TestData¥Test_Load_SPC1_MPC_S4. f06

- ・処理範囲データ

処理範囲_バー要素. inp

処理範囲_SPC1. inp

1. 概要

本 Excel マクロは、図 1-1 に示すように NASTRAN による自重等の静荷重応力計算アウトプットリストよりばね要素荷重、拘束点反力、多点拘束荷重及びバー要素部材力を単純和してボルト部荷重とし、引張応力及びせん断応力を求めるために作成した。なお、静荷重計算結果のアウトプットリストは4つまでとする。

本マクロを使用するには 1.1 項に示すインプット及びアウトプットリストが必要です。インプットはアウトプットリスト内のインプットデータエコーを使用します。

注 1: NASTRAN のバージョンによるアウトプット形式は変わらないものとして処理しています。

1.1 項のアウトプットリスト中のタイトルを判断して計算結果の読み込みを行っているため、異なる場合は処理が出来ません。

注 2: サブケースの指定は出来ません。解析ケースは1つとして下さい。

注 3: 本説明書中の図中にバージョンの表記がありますがバージョン以外に変更がない場合は旧バージョンの表記のままとします。

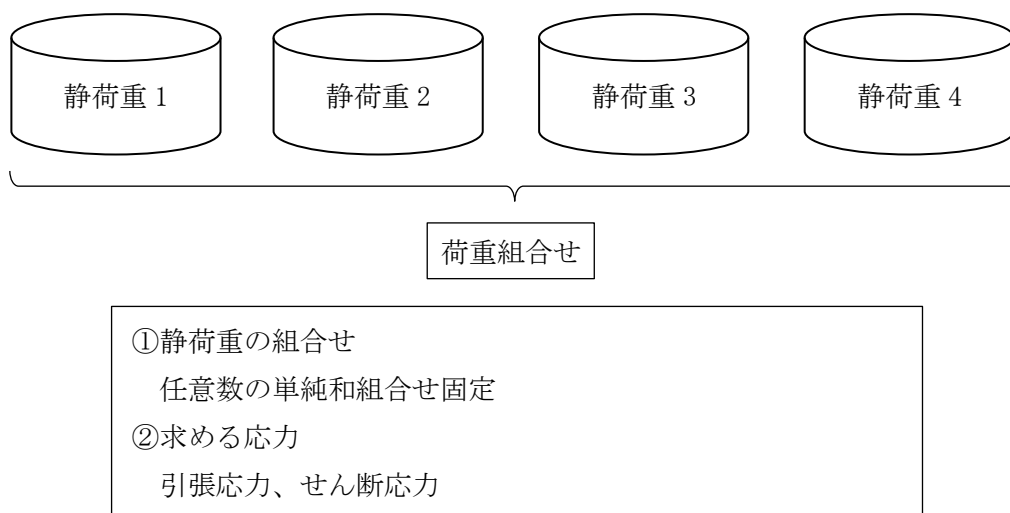


図 1-1 マクロの概要

1.1 ばね要素

ばね要素でボルトの応力計算に使用するインプットデータとアウトプットリストの抜粋を表 1-1-1 及び表 1-1-2 に示す。

ばね要素番号の下一桁と自由度を同じにしておく必要がある。また、ばね要素番号の下一桁を除いた番号をボルト ID とする。

なお、応力計算には自由度 1~3 の荷重を使用し、軸力の方向はユーザーが指定する。

表 1-1-1 ばね要素 NASTRAN インプットデータの抜粋(計算には使用しない)

CELAS2	6111	1. +11	5011	1	5111	1	0.
CELAS2	6112	1. +11	5011	2	5111	2	0.
CELAS2	6113	1. +11	5011	3	5111	3	0.
CELAS2	6121	1. +11	5012	1	5112	1	0.
省略							
CELAS2	6823	1. +11	5082	3	5182	3	0.
CELAS2	6831	1. +11	5083	1	5183	1	0.
CELAS2	6832	1. +11	5083	2	5183	2	0.
CELAS2	6833	1. +11	5083	3	5183	3	0.

自由度

同じ番号にする。

表 1-1-2 ばね要素 NASTRAN アウトプットリストの抜粋

FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)							
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6111	2. 051308E+01	6112	-1. 318637E+01	6113	9. 966986E+01	6121	-2. 862269E+00
6122	7. 765612E+00	6123	9. 144351E+01	6131	-2. 095930E+00	6132	4. 891063E+00
6133	3. 867706E+01	6211	2. 091766E+01	6212	-7. 213708E+00	6213	5. 597480E+01
6221	-2. 578937E+00	6222	4. 837202E+00	6223	5. 202072E+01	6231	-2. 014715E+00
6232	2. 634898E+00	6233	2. 139335E+01	6311	6. 670812E+00	6312	-1. 002252E+01
6313	8. 188936E+01	6321	-1. 785303E+00	6322	7. 278441E+00	6323	7. 633094E+01
6331	-9. 549974E-01	6332	3. 827955E+00	6333	3. 206500E+01	6411	4. 365223E+00
6412	-5. 183843E+00	6413	4. 437272E+01	6421	-1. 143282E+01	6422	2. 038557E+00
6423	5. 434277E+01	6431	-2. 874180E+01	6432	2. 332723E+00	6433	2. 079747E+01
6511	-4. 365222E+00	6512	-5. 183843E+00	6513	4. 437272E+01	6521	1. 143282E+01
6522	2. 038553E+00	6523	5. 434277E+01	6531	2. 874180E+01	6532	2. 332719E+00
6533	2. 079747E+01	6611	-6. 670812E+00	6612	-1. 002252E+01	6613	8. 188936E+01
6621	1. 785303E+00	6622	7. 278440E+00	6623	7. 633094E+01	6631	9. 549974E-01
6632	3. 827955E+00	6633	3. 206500E+01	6711	-2. 091766E+01	6712	-7. 213707E+00
6713	5. 597480E+01	6721	2. 578937E+00	6722	4. 837201E+00	6723	5. 202072E+01
6731	2. 014715E+00	6732	2. 634898E+00	6733	2. 139335E+01	6811	-2. 051308E+01
6812	-1. 318637E+01	6813	9. 966986E+01	6821	2. 862269E+00	6822	7. 765611E+00
6823	9. 144351E+01	6831	2. 095930E+00	6832	4. 891061E+00	6833	3. 867706E+01

使用する荷重

1.2 拘束節点

拘束節点でボルトの応力計算に使用するインプットデータとアウトプットリストの抜粋を表 1-2-1 及び表 1-2-2 に示す。

なお、応力計算には自由度 1~3 の荷重を使用し、軸力の方向はユーザーが指定する。

表 1-2-1 節点拘束の NASTRAN インプットデータの抜粋

SPC1	1	123456	15
SPC1	1	123456	32
SPC1	1	123456	49
SPC1	1	123456	67
SPC1	1	123456	95
SPC1	1	123456	112
SPC1	1	123456	127

拘束節点

自由度

表 1-2-2 節点拘束アウトプットリストの抜粋

FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT							
POINT_ID	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
20	G	-8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02	0.0	0.0	-1.191036E+03
134	G	-5.187490E-02	4.543558E-02	2.186048E+02	0.0	0.0	-6.940633E-01
248	G	8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02	0.0	0.0	1.191826E+03
296	G	8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02	0.0	0.0	1.191036E+03
410	G	5.187489E-02	4.543557E-02	2.186048E+02	0.0	0.0	6.940631E-01
524	G	-8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02	0.0	0.0	-1.191826E+03

節点番号 G は節点 使用する荷重

1.3 多点拘束スカラーポイント

多点拘束のスカラーポイントでボルトの応力計算に使用するインプットデータとアウトプットリストの抜粋を表 1-3-1 及び表 1-3-2 に示す。

スカラーポイント番号の下一桁と自由度を同じにしておく必要がある。また、スカラーポイント番号の下一桁を除いた番号をボルト ID とする。

表 1-3-1 多点拘束 NASTRAN インプットデータの抜粋

MPC	1	29	11.000000	10011	01.000000	+
+		2995	1-1.00000			
MPC	1	29	21.000000	10012	01.000000	+
+		2995	2-1.00000			
MPC	1	29	31.000000	10013	01.000000	+
+		2995	3-1.00000			
\$						
MPC	1	143	11.000000	10021	01.000000	+
+		3014	1-1.00000			
MPC	1	143	21.000000	10022	01.000000	+
+		3014	2-1.00000			
MPC	1	143	31.000000	10023	01.000000	+
+		3014	3-1.00000			
			省略			
MPC	1	419	11.000000	10051	01.000000	+
+		3028	1-1.00000			
MPC	1	419	21.000000	10052	01.000000	+
+		3028	2-1.00000			
MPC	1	419	31.000000	10053	01.000000	+
+		3028	3-1.00000			
\$						
MPC	1	533	11.000000	10061	01.000000	+
+		3047	1-1.00000			
MPC	1	533	21.000000	10062	01.000000	+
+		3047	2-1.00000			
MPC	1	533	31.000000	10063	01.000000	+
+		3047	3-1.00000			

ケースコントロールデータで指定されている MID のみ対象とする。

自由度

スカラーポイント

表 1-3-2 多点拘束アウトプットリストの抜粋

FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT							
POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
20	G	0.0	1.314850E+02	4.793833E+01	0.0	0.0	1.266283E+04
			省略				
10011	S	1.199040E+02	1.141660E+02	3.798584E+01			
10021	S	1.845433E+02	1.223981E+02	3.933761E+00			
10031	S	1.218862E+02	1.156849E+02	3.594255E+01			
10041	S	1.199040E+02	1.141660E+02	3.798582E+01			
10051	S	1.845432E+02	1.223981E+02	3.933795E+00			
10061	S	1.218861E+02	1.156849E+02	3.594256E+01			
10111	S	4.843647E+01	7.868630E+01	1.313794E+02			
10121	S	4.843647E+01	7.868631E+01	1.313795E+02			
10131	S	4.440431E+01	7.863978E+01	1.312739E+02			
10141	S	4.440429E+01	7.863979E+01	1.312739E+02			

スカラーポイント

G は節点
S はスカラーポイント

使用する荷重

1. 4 バー要素

バー要素でボルト評価に使用するインプットデータとアウトプットリストの抜粋を表 1-4-1～表 1-4-3 に示す。アウトプットリストは 2 つの形式に対応している。

なお、「AXIAL FORCE」を軸力とし「SHEAR」の「PLANE1」及び「PLANE2」をせん断荷重とする。

表 1-4-1 バー要素 NASTRAN インプットデータの抜粋(計算には使用しない)

CBAR	1	1	1	2	0.	1.	0.
CBAR	2	1	2	3	0.	1.	0.
CBAR	3	1	3	4	0.	1.	0.
省略							
CBAR	152	2	124	125	1.	0.	0.
CBAR	153	2	125	126	1.	0.	0.
CBAR	154	2	126	127	1.	0.	0.

表 1-4-2 バー要素 NASTRAN アウトプットリストの抜粋

0	ELEMENT ID.	FORCES IN BAR ELEMENTS (CBAR)							
		BEND-MOMENT END-A		BEND-MOMENT END-B		- SHEAR -		AXIAL FORCE	TORQUE
		PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2		
1	0.0	7.275958E-12	0.0	1.637090E-11	0.0	-4.547474E-13	-4.779363E-01	-1.136868E-13	
2	-5.414788E+02	-3.637979E-12	-7.738042E+02	9.955667E+01	4.891062E+00	-2.095930E+00	-4.076803E+01	2.934302E+01	
3	-7.738042E+02	9.955667E+01	-1.006130E+03	1.991133E+02	4.891062E+00	-2.095930E+00	-4.303822E+01	2.934302E+01	
省略									
152	-6.403150E+02	6.527299E+03	-2.514430E+02	6.514056E+03	-1.555488E+01	5.297020E-01	-2.562148E+02	2.177683E+02	
153	2.177683E+02	6.514056E+03	6.818248E+02	1.429637E+04	-1.555488E+01	-2.608581E+02	-5.297020E-01	2.514430E+02	
154	6.818248E+02	1.429637E+04	1.145881E+03	2.222941E+04	-1.555488E+01	-2.659107E+02	-5.297020E-01	2.514430E+02	

使用する荷重

表 1-4-3 バー要素 NASTRAN アウトプットリストの抜粋(分布荷重)

0	ELEMENT ID.	STATION (PCT)	FORCE DISTRIBUTION IN BAR ELEMENTS (CBAR)					
			BEND-MOMENT		SHEAR FORCE		AXIAL FORCE	TORQUE
			PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2		
1	0.000	2.980231E-09	-6.984919E-10	-3.166498E-10	-5.820766E-11	0.0	-3.637979E-12	
1	1.000	-7.320000E+01	4.656613E-10	7.320000E+00	-5.820766E-11	0.0	-3.637979E-12	
2	0.000	-7.578900E+02	-2.328306E-10	4.802640E+02	2.145981E+01	-4.890643E+01	-3.004373E+02	
2	1.000	-2.398333E+04	-1.019341E+03	4.976490E+02	2.145981E+01	-4.890643E+01	-3.004373E+02	
省略								
153	0.000	-1.673911E+04	6.735574E+05	1.195651E+03	-1.143518E+03	2.455642E+03	1.009772E+05	
153	1.000	-5.240955E+04	7.076726E+05	1.195651E+03	-1.143518E+03	2.455642E+03	1.009772E+05	
154	0.000	-5.240955E+04	7.076726E+05	1.195651E+03	-1.143518E+03	2.455642E+03	1.009772E+05	
154	1.000	-8.807999E+04	7.417877E+05	1.195651E+03	-1.143518E+03	2.455642E+03	1.009772E+05	

2. 計算式

本マクロは、以下の計算式にて引張応力とせん断応力を求める。なお、バー要素以外の場合には②④の荷重方向はユーザーが指定する。また、②の軸方向荷重は符号をユーザーが指定する。

①静荷重組合せ

静荷重組合せ=静荷重 1+静荷重 n

②引張応力

$\sigma_t = \text{軸方向荷重} / \text{ボルト断面積}$

注 1: 軸方向荷重が圧縮の場合は 0 とします。

③許容引張応力(引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力)

$f_{ts} = \sigma_s = \text{Min}(f_{to}^*, 1.4 f_{to}^* - 1.6 \tau)$

注 2: f_{to}^* は JSME S NC1 SSB-3131(1) により規定される値。

④せん断応力

$\tau = \sqrt{\text{せん断荷重1}^2 + \text{せん断荷重2}^2} / \text{ボルト断面積}$

3. 計算制限

本マクロは、以下の制限において使用が出来ます。

- ①環境 : Windows Office365 (他のバージョンで確認していません)
- ②ソルバー : NASTRAN
- ③NASTRAN 入力形式 : シングルワード(8文字入力)
- ④ファイル数 : 静荷重 4
- ⑤対応要素タイプ : CELASS2 , CBAR
- ⑥拘束節点 : SPC1(拘束節点)
- ⑦多点拘束 : MPC(スカラーポイント)
- ⑧最大評価位置数 : 999999
- ⑨静荷重応力の組合せ : 単純和

4. 使用方法

4.1 起動方法

本マクロのファイルを開くと、図 4-1-1 の Excel シートが表示されます。シート左上の「実行」ボタンをクリックすると図 4-2-1 が表示されます。

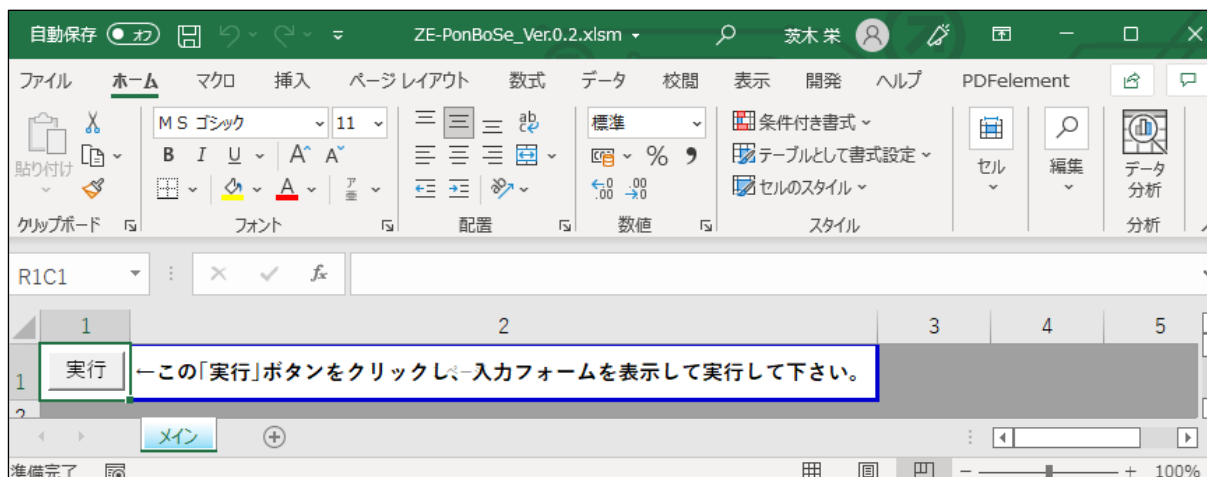


図 4-1-1 起動時の Excel

4.2 入力フォーム

本マクロを起動すると図 4-2-1 に示すフォームが表示されます。以下の内容に従い入力等を行い、「処理」フレーム内のボタンをクリックして下さい。なお、入力フォームで「F1」キーを押すと本説明書が表示されます。

図 4-2-1 入力フォーム

①「荷重 1」～「荷重 4」テキストボックス

NASTRAN アウトプットリスト名を入力して下さい。「参照」ボタンをクリックすると「ファイルを開く」ダイアログが表示され、ファイル名を選択して入力することが出来ます。

②「処理方法」オプション

以下の 4 つから処理する方法をコンボボックスから選択して下さい。

・「ばね」

ばね要素^{注1}の荷重を使用して引張及びせん断応力を出力します。

・「SPC1」

拘束節点の反力を使用して引張及びせん断応力を出力します。

・「MPC」

スカラーポイント^{注2}の荷重を使用して引張及びせん断応力を出力します。

・「バー」

バー要素の部材力を使用して引張及びせん断応力を出力します。

注 1:ばね要素 (CELASS2) でボルトの応力求める場合、ばね要素番号の下 1 桁を除いた番号をボルト番号とします。

例:要素番号 12341 はボルト番号 1234 とし、下一桁は荷重方向

注 2:多点拘束 (MPC) でボルトの応力求める場合、スカラーポイント番号の下 1 桁を除いた番号をボルト番号とします。

例:スカラーポイント番号 12341 はボルト番号 1234 とし、下一桁は荷重方向

③範囲入力

②で選択したボルト部のデータの範囲を、テキストボックスに最初の番号と最後の番号を入力して下さい。最初の番号に0を入力した場合はアウトプットリストに含まれる②で指定したデータを全て出力します。

1つの場合は左のテキストボックスのみ入力して下さい。複数の番号及び複数の範囲を入力する場合は予めテキスト形式のデータで入力しておいて左のテキストボックスをブランクにして下さい。「実行」ボタンをクリックした後にファイル名を入力するダイアログが表示されます。入力形式は4.3項を参照して下さい。

④部材力位置

②で「バー」を選択した場合は使用する部材力を「A 端」または「B 端」から選択して下さい。

⑤「ボルト応力計算の選択」オプション

「軸方向」コンボボックスでボルトの軸方向とする荷重方向を選択して下さい。荷重方向でマイナス符号の方向を選択した場合は組合せ後の軸方向荷重の符号を反転させます。また、絶対値の方向を選択した場合は組合せ後の軸方向荷重を絶対値にします。

応力計算に使用するボルトの断面積の入力形式を「断面積」または「ボルト径」ラジオボタンで選択し、断面積またはボルト径を入力して下さい。また、ボルト径より断面積を求める場合は数値の丸め方をコンボボックスから選択して下さい。

⑥許容値

許容引張応力と許容せん断応力を入力して下さい。

⑦「実行」ボタンをクリックすると Excel に計算結果のシートが追加されます。

実行時の入力フォームに入力したデータはレジストリに保存され、次回の起動時に同じデータが表示されます。なお、バージョンアップした場合はクリアされます。

⑧「終了」ボタンをクリックするとマクロを終了します。

4.3 処理範囲データ

4.2 項③で複数の番号及び複数の範囲を入力する場合、テキストファイルに番号を入力しておいて下さい。継続する番号の場合はマイナス符号として下さい。

1行にブランクを区切りとして入力して下さい。複数行の入力も出来ます。

例:1、11、21、30～50の番号

1 11 21
30 -50

4.4 計算結果

本マクロを実行すると図 4-4-1 に示すように「応力評価」シートと NASTRAN のアウトプットリストより読み込んだ荷重のシートの Excel ブックが作成されます。

なお、各シートのページ書式、表示設定はマクロにより設定されます。

4.4.1 応力評価

ばね要素の荷重を使用した計算例を図 4-4-1～図 4-4-4 に示す。「応力評価」シートには応力評価に使用した「NASTRAN 計算結果」、「ボルト荷重」、「静荷重の評価」のように表題欄を分けて出力されます。

応力計算結果																
断面積:		113 mm ²		軸方向: +Y		許容引張応力: 487 MPa				許容せん断応力: 375 MPa						
NO	ID	NASTRAN 計算結果			ボルト荷重		静荷重の評価 (MPa)			せん断応力			組合せ応力			
		Fx	Fy	Fz	軸力	せん断力	引張応力 σ_t	許容応力	裕度	せん断応力 σ_s	許容応力	裕度	許容応力 σ_c	裕度		
6	1	611	-1.08E+03	3.59E+02	1.15E+03	359.3	1145.8	-1062.7	3.180	487	0.00653	13.830	375	0.03688	487	0.00653
7	2	612	-1.37E+02	1.46E+03	1.40E+02	1464.2	139.9	-136.7	12.958	487	0.02661	1.731	375	0.00462	487	0.02661
8	3	613	1.94E+01	4.78E+02	8.78E+01	477.8	87.6	19.4	4.229	487	0.00868	0.794	375	0.00212	487	0.00868
9	4	621	-1.04E+03	6.36E+02	4.78E+00	635.8	4.8	-1039.6	5.627	487	0.01155	9.200	375	0.02453	487	0.01155
10	5	622	-7.32E+01	1.54E+03	-1.15E+03	1541.4	-1146.9	-73.2	13.641	487	0.02801	10.170	375	0.02712	487	0.02801
11	6	623	5.34E+01	5.11E+02	-5.70E+02	511.0	-570.4	53.4	4.523	487	0.00929	5.070	375	0.01352	487	0.00929
12	7	631	-1.54E+03	6.07E+02	6.24E+02	607.2	624.5	-1537.5	5.374	487	0.01103	14.686	375	0.03916	487	0.01103
13	8	632	-4.81E+01	1.73E+03	-6.00E+02	1733.9	-600.3	-48.1	15.345	487	0.03151	5.329	375	0.01421	487	0.03151
14	9	633	9.07E+01	5.77E+02	-2.69E+02	577.0	-269.2	90.7	5.106	487	0.01048	2.514	375	0.00670	487	0.01048
15	10	641	1.78E+03	2.62E+02	8.41E+02	262.1	841.2	1783.3	2.319	487	0.00476	17.449	375	0.04653	487	0.00476
16	11	642	1.31E+03	6.05E+02	5.04E+02	605.0	504.2	1306.7	5.354	487	0.01099	12.395	375	0.03305	487	0.01099
17	12	643	6.44E+02	3.48E+02	-9.21E+01	347.9	-92.1	644.3	3.079	487	0.00632	5.760	375	0.01536	487	0.00632
18	13	651	-1.78E+03	2.62E+02	8.41E+02	262.1	841.2	-1783.3	2.319	487	0.00476	17.449	375	0.04653	487	0.00476
19	14	652	-1.31E+03	6.05E+02	5.04E+02	605.0	504.2	-1306.7	5.354	487	0.01099	12.395	375	0.03305	487	0.01099
20	15	653	-6.44E+02	3.48E+02	-9.21E+01	347.9	-92.1	-644.3	3.079	487	0.00632	5.760	375	0.01536	487	0.00632
21	16	661	1.54E+03	6.07E+02	6.24E+02	607.2	624.5	1537.5	5.374	487	0.01103	14.686	375	0.03916	487	0.01103

図 4-4-1 「応力評価」シート

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	応力計算結果							
2	断面積:	113 mm ²	軸方向: +X		端点: A		許容	
3	NASTRAN 計算結果				ボルト荷重			

注: バネ要素の場合は部材力を使用した A 端または B 端が表示されます。

4.4.2 最大値

図 4-4-2 に示す「応力評価」シートの最下段に荷重の絶対値での最大値、応力等の最大値とそのボルト番号が表示されます。

応力計算結果															
断面積:		113	軸方向: +Y			許容引張応力:			487 MPa	許容せん断応力:			375 MPa		
NO	ID	NASTRAN 計算結果			ボルト荷重			静荷重の評価(MPa)			組合せ応力				
		静荷重(N)	静荷重の合成(N)		軸応力(引張)			せん断応力			組合せ応力				
		Fx	Fy	Fz	軸力	せん断力	引張応力 σ_t	許容応力	裕度	せん断応力 σ_s	許容応力	裕度	許容応力 σ_c	裕度	
12	643	6.44E+02	3.48E+02	-9.21E+01	347.9	-92.1	644.3	3.079	487	0.00632	5.760	375	0.01536	487	0.00632
13	651	-1.78E+03	2.62E+02	8.41E+02	262.1	841.2	-1783.3	2.319	487	0.00476	17.449	375	0.04653	487	0.00476
14	652	-1.31E+03	6.05E+02	5.04E+02	605.0	504.2	-1306.7	5.354	487	0.01099	12.385	375	0.03305	487	0.01099
15	653	-6.44E+02	3.48E+02	-9.21E+01	347.9	-92.1	-644.3	3.079	487	0.00632	5.760	375	0.01536	487	0.00632
16	661	1.54E+03	6.07E+02	6.24E+02	607.2	624.5	1537.5	5.374	487	0.01103	14.686	375	0.03916	487	0.01103
17	662	4.81E+01	1.73E+03	-6.00E+02	1733.9	-600.3	48.1	15.345	487	0.03151	5.329	375	0.01421	487	0.03151
18	663	-9.07E+01	5.77E+02	-2.69E+02	577.0	-269.2	-90.7	5.106	487	0.01048	2.514	375	0.00670	487	0.01048
19	671	1.04E+03	6.36E+02	4.78E+00	635.8	4.8	1039.6	5.627	487	0.01155	9.200	375	0.02453	487	0.01155
20	672	7.32E+01	1.54E+03	-1.15E+03	1541.4	-1146.9	73.2	13.641	487	0.02801	10.170	375	0.02712	487	0.02801
21	673	-5.34E+01	5.11E+02	-5.70E+02	511.0	-570.4	-53.4	4.523	487	0.00929	5.070	375	0.01352	487	0.00929
22	681	1.06E+03	3.59E+02	1.15E+03	359.3	1145.8	1062.7	3.180	487	0.00653	13.830	375	0.03688	487	0.00653
23	682	1.37E+02	1.46E+03	1.40E+02	1464.2	139.9	136.7	12.958	487	0.02661	1.731	375	0.00462	487	0.02661
24	683	-1.84E+01	4.78E+02	8.76E+01	477.8	87.6	-19.4	4.229	487	0.00868	0.794	375	0.00212	487	0.00868
最大値	全体	1.78E+03	1.73E+03	-1.15E+03	1733.9	-1146.9	1783.3	15.345		0.03151	17.449		0.04653		0.03151
ID		641	632	622	632	622	641	632			632		641		632

図 4-4-2 「応力評価」シート 最大値

4.4.3 単位荷重のボルト荷重

図 4-4-3 及び図 4-4-4 に示すように NASTRAN のアウトプットリストから読み込んだ単位荷重の荷重はファイル毎にシートが作成されます。バー要素の場合は使用した端点の部材力のみ出力されます。

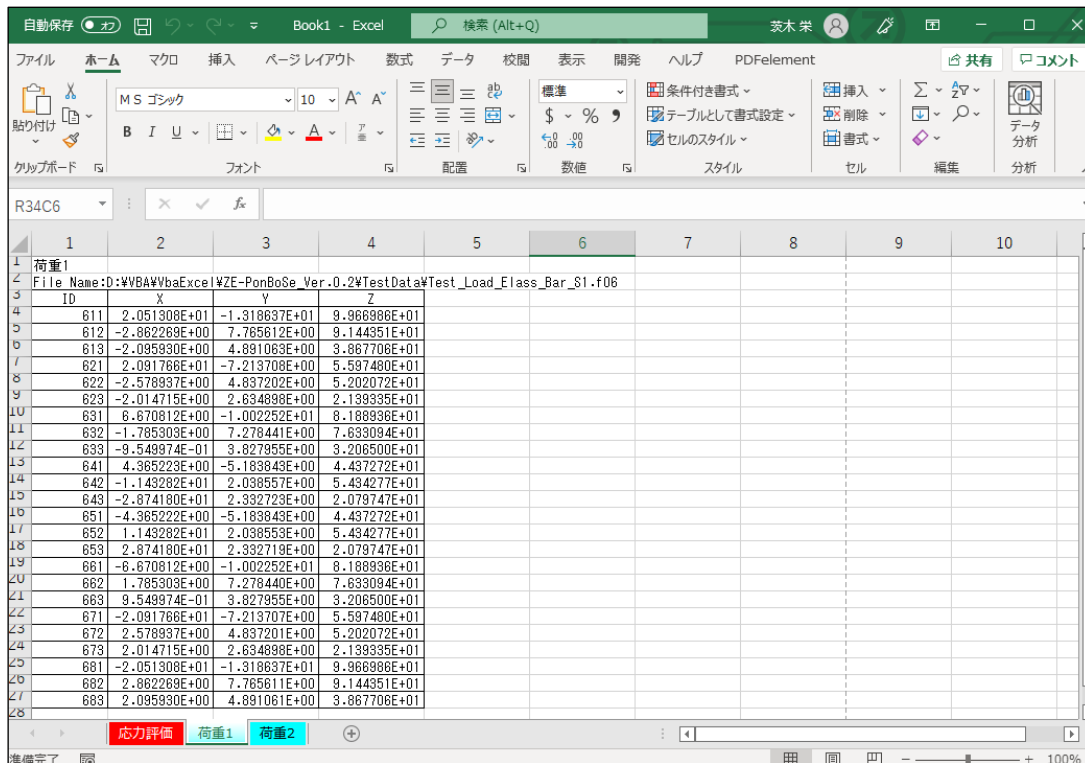


図 4-4-3 「荷重 1」シート

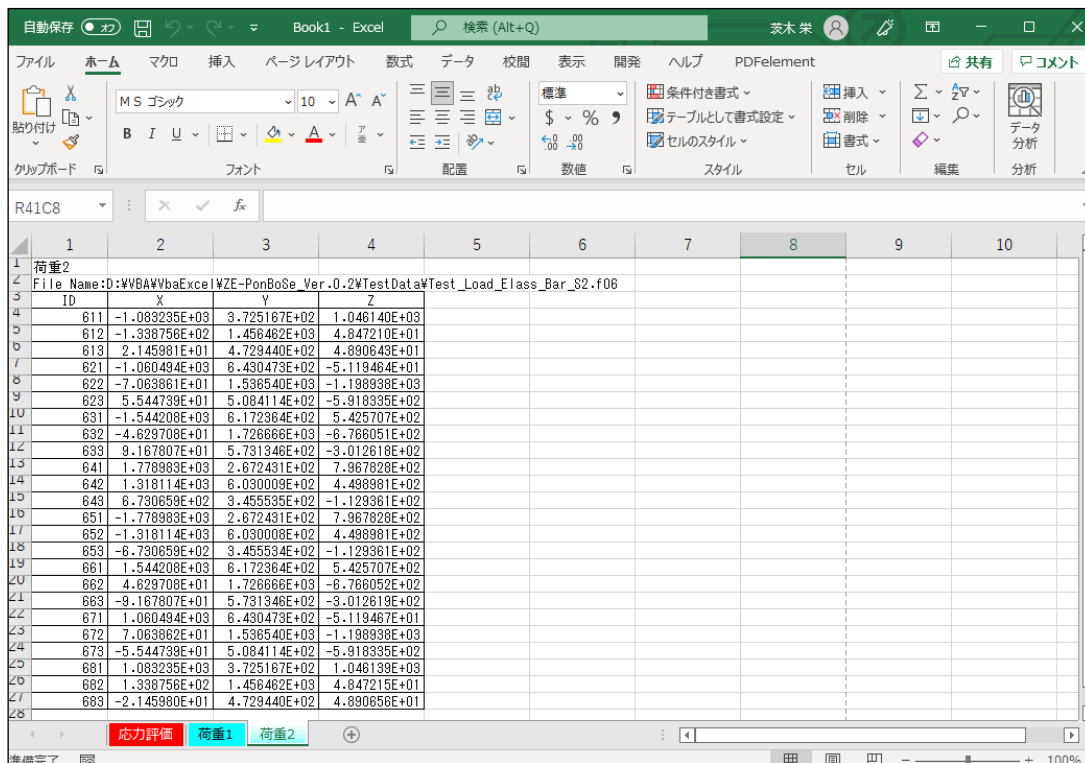


図 4-4-4 「荷重 2」シート

4.4.4 セル計算式

「応力評価」シート「NO」、「ID」以外はすべてのセルにおいて相対セルで参照しています。

このため、「応力評価」シート以外のシートの値を変更すると「応力評価」シートの値は変更されます。

以下に各セルの計算式の例を示す。

① NASTRAN 計算結果 静荷重

「荷重 1」～「荷重 n」シートから各要素の部材力の総和を求めます。以下は荷重 1 と荷重 2 のファイルがある場合の例です。

=荷重 1!R[-2]C[-1]+荷重 2!R[-2]C[-1]

② ボルト荷重 軸力

指定された軸方向により F_x , F_y 又は F_z を組合せた軸力を求めます。

軸方向に -X, -Y, -Z が入力された場合は符号を反転させます。また、絶対値の方向が入力された場合は荷重を絶対値とします。

=IF(R2C5="X",RC[-3],IF(R2C5="Y",RC[-2],IF(R2C5="Z",RC[-1],IF(R2C5="-X",-RC[-3],IF(R2C5="-Y",-RC[-2],IF(R2C5="-Z",-RC[-1],IF(R2C5="|X|",ABS(RC[-3]),IF(R2C5="|Y|",ABS(RC[-2]),IF(R2C5="|Z|",ABS(RC[-1]))))))))))))

③ ボルト荷重 せん断力

指定された軸方向により F_x , F_y 又は F_z を組合せたせん断力を求めます。荷重の符号は変更されません。

=IF(R2C5="X",RC[-3],IF(R2C5="Y",RC[-2],IF(R2C5="Z",RC[-4],IF(R2C5="-X",RC[-3],IF(R2C5="-Y",RC[-2],IF(R2C5="-Z",RC[-4],IF(R2C5="|X|",RC[-3],IF(R2C5="|Y|",RC[-2],IF(R2C5="|Z|",RC[-4]))))))))))))

④ ボルト荷重 軸力及びせん断力(バー要素)

=RC[-3]

⑤ 評価 軸応力

引張応力を求め、許容応力を参照して裕度を求めます。

引張応力 σ_t :=IF(RC[-3]>0,RC[-3]/R2C2,0)

許容応力 :=IF(R2C10=0,"",R2C10)

裕度 :=IF(RC[-1]="", "", RC[-2]/RC[-1])

⑥ 評価 せん断応力

せん断応力を求め、許容応力を参照して裕度を求めます。

せん断応力 τ :=SQRT(RC[-5]^2+RC[-4]^2)/R2C2

許容応力 :=IF(R2C13=0,"",R2C13)

裕度 :=IF(RC[-1]="", "", RC[-2]/RC[-1])

⑦評価 組合せ応力

許容応力を求め、引張応力を参照して裕度を求めます。

許容応力 σ_s :=IF(R2C10=0, "", ROUNDOWN(MIN(R2C10, 1.4*R2C10-1.6*RC[-3]), 0))

裕度 :=IF(RC[-1]="", "", RC[-7]/RC[-1])

⑧最大値

全体の最大値とその要素番号を求めます。

・最大値

=IF(COUNT(R[-24]C:R[-1]C)=0, "", IF(MAX(R[-24]C:R[-1]C)>ABS(MIN(R[-24]C:R[-1]C)), MAX(R[-24]C:R[-1]C), MIN(R[-24]C:R[-1]C)))

・ID

=IF(COUNT(R[-25]C:R[-2]C)=0, "", LOOKUP(MATCH(R[-1]C, R[-25]C:R[-2]C, 0), R[-25]C1:R[-2]C1, R[-25]C2:R[-2]C2))

4.5 ボルト荷重

本マクロでは NASTRAN のアウトプットリストよりばね要素荷重、拘束点反力、多点拘束荷重及びバー要素部材力を読み込んでボルト荷重として使用している。

アウトプットリストと本マクロで作成された荷重シートの内容の説明を以下に示す。

4.5.1 ばね要素荷重

ボルトの計算に使用する NASTRAN のアウトプットリストを表 4-5-1 に示す。また、ボルト荷重として使用する荷重シートを表 4-5-2 に示す。表 4-5-1 に示すばね要素番号の下 1 桁を除いた番号をボルトの ID とし、ばね要素番号の下 1 桁が 1 を X 方向、2 を Y 方向、3 を Z 方向荷重としている。

表 4-5-1 NASTRAN アウトプットリストの抜粋 ばね要素

FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)							
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6111	2.051308E+01	6112	-1.318637E+01	6113	9.966986E+01	6121	-2.862269E+00
6122	7.765612E+00	6123	9.144351E+01	6131	-2.095930E+00	6132	4.891063E+00
6133	3.867706E+01	6211	2.091766E+01	6212	-7.213708E+00	6213	5.597480E+01
6221	-2.578937E+00	6222	4.837202E+00	6223	5.202072E+01	6231	-2.014715E+00
6232	2.634898E+00	6233	2.139335E+01	6311	6.670812E+00	6312	-1.002252E+01
6313	8.188936E+01	6321	-1.785303E+00	6322	7.278441E+00	6323	7.633094E+01
6331	-9.549974E-01	6332	3.827955E+00	6333	3.206500E+01	6411	4.365223E+00
6412	-5.183843E+00	6413	4.437272E+01	6421	-1.143282E+01	6422	2.038557E+00
6423	5.434277E+01	6431	-2.874180E+01	6432	2.332723E+00	6433	2.079747E+01
6511	-4.365222E+00	6512	-5.183843E+00	6513	4.437272E+01	6521	1.143282E+01
6522	2.038553E+00	6523	5.434277E+01	6531	2.874180E+01	6532	2.332719E+00
6533	2.079747E+01	6611	-6.670812E+00	6612	-1.002252E+01	6613	8.188936E+01
6621	1.785303E+00	6622	7.278440E+00	6623	7.633094E+01	6631	9.549974E-01
6632	3.827955E+00	6633	3.206500E+01	6711	-2.091766E+01	6712	-7.213707E+00
6713	5.597480E+01	6721	2.578937E+00	6722	4.837201E+00	6723	5.202072E+01
6731	2.014715E+00	6732	2.634898E+00	6733	2.139335E+01	6811	-2.051308E+01
6812	-1.318637E+01	6813	9.966986E+01	6821	2.862269E+00	6822	7.765611E+00
6823	9.144351E+01	6831	2.095930E+00	6832	4.891061E+00	6833	3.867706E+01

表 4-5-2 ばね要素荷重シート

荷重1
File Name:D:\VBA\VbaExcel\ZE-PonBoSe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_Elass_Bar_S1.f06

ID	X	Y	Z
611	2.051308E+01	-1.318637E+01	9.966986E+01
612	-2.862269E+00	7.765612E+00	9.144351E+01
613	-2.095930E+00	4.891063E+00	3.867706E+01
621	2.091766E+01	-7.213708E+00	5.597480E+01
622	-2.578937E+00	4.837202E+00	5.202072E+01
623	-2.014715E+00	2.634898E+00	2.139335E+01
631	6.670812E+00	-1.002252E+01	8.188936E+01
632	-1.785303E+00	7.278441E+00	7.633094E+01
633	-9.549974E-01	3.827955E+00	3.206500E+01
641	4.365223E+00	-5.183843E+00	4.437272E+01
642	-1.143282E+01	2.038557E+00	5.434277E+01
643	-2.874180E+01	2.332723E+00	2.079747E+01
651	-4.365222E+00	-5.183843E+00	4.437272E+01
652	1.143282E+01	2.038553E+00	5.434277E+01
653	2.874180E+01	2.332719E+00	2.079747E+01
661	-6.670812E+00	-1.002252E+01	8.188936E+01
662	1.785303E+00	7.278440E+00	7.633094E+01
663	9.549974E-01	3.827955E+00	3.206500E+01
671	-2.091766E+01	-7.213707E+00	5.597480E+01
672	2.578937E+00	4.837201E+00	5.202072E+01
673	2.014715E+00	2.634898E+00	2.139335E+01
681	-2.051308E+01	-1.318637E+01	9.966986E+01
682	2.862269E+00	7.765611E+00	9.144351E+01
683	2.095930E+00	4.891061E+00	3.867706E+01

4.5.2 拘束節点荷重

ボルトの計算に使用する NASTRAN のアウトプットリストを表 4-5-3 に示す。また、ボルト荷重として使用する荷重シートを表 4-5-4 に示す。拘束点の T1, T2, T3 を X 方向、Y 方向 Z 方向荷重としている。

表 4-5-3 NASTRAN アウトプットリストの抜粋 拘束点及びスカラーポイント

FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT								
POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3	
20	G	-8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02	0.0	0.0	-1.191036E+03	
134	G	-5.187490E-02	4.543558E-02	2.186048E+02	0.0	0.0	-6.940633E-01	
248	G	8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02	0.0	0.0	1.191826E+03	
296	G	8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02	0.0	0.0	1.191036E+03	
410	G	5.187489E-02	4.543557E-02	2.186048E+02	0.0	0.0	6.940631E-01	
524	G	-8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02	0.0	0.0	-1.191826E+03	
10011	S	-5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02				
10021	S	-3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02				
10031	S	5.147866E+01	-4.763237E+01	1.157772E+02				
10041	S	5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02				
10051	S	3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02				
10061	S	-5.147866E+01	-4.763237E+01	1.157772E+02				
10111	S	-4.879188E+00	-7.795061E-02	3.702810E+01				
10121	S	4.879187E+00	-7.795061E-02	3.702810E+01				
10131	S	5.578658E+00	7.795061E-02	3.611186E+01				
10141	S	-5.578657E+00	7.795061E-02	3.611185E+01				

表 4-5-4 拘束点荷重シート

荷重1

File Name:D:\VBA\VbaExcel\ZE-PonBoSe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_SPC1_MPC_S1.f06

ID	X	Y	Z
20	-8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02
134	-5.187490E-02	4.543558E-02	2.186048E+02
248	8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02
296	8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02
410	5.187489E-02	4.543557E-02	2.186048E+02
524	-8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02

4.5.3 多点拘束スカラーポイント荷重

ボルトの計算に使用する NASTRAN のアウトプットリストを表 4-5-5 に示す。また、ボルト荷重として使用する荷重シートを表 4-5-6 に示す。表 4-5-5 に示すスカラーポイント番号の下 1 桁を除いた番号をボルトの ID とし、スカラーポイント番号の下 1 桁が 1 を X 方向、2 を Y 方向、3 を Z 方向荷重としている。

表 4-5-5 NASTRAN アウトプットリストの抜粋 スカラーポイント荷重

FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT							
POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
20	G	-8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02	0.0	0.0	-1.191036E+03
134	G	-5.187490E-02	4.543558E-02	2.186048E+02	0.0	0.0	-6.940633E-01
248	G	8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02	0.0	0.0	1.191826E+03
296	G	8.717143E+01	6.853520E+01	1.384206E+02	0.0	0.0	1.191036E+03
410	G	5.187489E-02	4.543557E-02	2.186048E+02	0.0	0.0	6.940631E-01
524	G	-8.722113E+01	-6.858063E+01	1.384204E+02	0.0	0.0	-1.191826E+03
10011	S	-5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02			
10021	S	-3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02			
10031	S	5.147866E+01	-4.763237E+01	1.157772E+02			
10041	S	5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02			
10051	S	3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02			
10061	S	-5.147866E+01	-4.763237E+01	1.157772E+02			
10111	S	-4.879188E+00	-7.795061E-02	3.702810E+01			
10121	S	4.879187E+00	-7.795061E-02	3.702810E+01			
10131	S	5.578658E+00	7.795061E-02	3.611186E+01			
10141	S	-5.578657E+00	7.795061E-02	3.611185E+01			

表 4-5-6 スカラーポイント荷重シート

荷重1

File Name:D:\VBA\VbaExcel\ZE-PonBoSe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_SPC1_MPC_S1.f06

ID	X	Y	Z
1001	-5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02
1002	-3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02
1003	5.147866E+01	-4.763237E+01	1.157772E+02
1004	5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02
1005	3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02
1006	-5.147866E+01	-4.763237E+01	1.157772E+02
1011	-4.879188E+00	-7.795061E-02	3.702810E+01
1012	4.879187E+00	-7.795061E-02	3.702810E+01
1013	5.578658E+00	7.795061E-02	3.611186E+01
1014	-5.578657E+00	7.795061E-02	3.611185E+01

4.5.4 バー要素荷重

ボルトの計算に使用する NASTRAN のアウトプットリストを表 4-5-7 に示す。また、ボルト荷重として使用する荷重シートを表 4-5-8 に示す。表 4-5-7 に示すバー要素の「AXIAL FORCE」を X 方向、「SHEAR PLANE1」を Y 方向、「SHEAR PLANE2」を Z 方向荷重としている。

表 4-5-7 バー要素 NASTRAN アウトプットリストの抜粋

0	ELEMENT ID.	FORCES IN BAR ELEMENTS (CBAR)							
		BEND-MOMENT END-A		BEND-MOMENT END-B		- SHEAR -		AXIAL	
		PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	FORCE	TORQUE
1	0.0	7.275958E-12	0.0	1.637090E-11	0.0	-4.547474E-13	-4.779363E-01	-1.136868E-13	
2	-5.414788E+02	-3.637979E-12	-7.738042E+02	9.955667E+01	4.891062E+00	-2.095930E+00	-4.076803E+01	2.934302E+01	
3	-7.738042E+02	9.955667E+01	-1.006130E+03	1.991133E+02	4.891062E+00	-2.095930E+00	-4.303822E+01	2.934302E+01	
4	-1.006130E+03	1.991133E+02	-1.238455E+03	2.986700E+02	4.891062E+00	-2.095930E+00	-4.530842E+01	2.934302E+01	
5	-1.238455E+03	2.986700E+02	-1.470781E+03	3.982267E+02	4.891062E+00	-2.095930E+00	-4.757862E+01	2.934302E+01	
6	-2.750990E+03	3.982267E+02	-3.352182E+03	6.337412E+02	1.265667E+01	-4.958199E+00	-1.412923E+02	6.941479E+01	
7	-3.352182E+03	6.337412E+02	-3.953374E+03	8.692556E+02	1.265667E+01	-4.958199E+00	-1.435625E+02	6.941479E+01	
8	-3.953374E+03	8.692556E+02	-4.554566E+03	1.104770E+03	1.265667E+01	-4.958199E+00	-1.458327E+02	6.941479E+01	
9	-4.554566E+03	1.104770E+03	-5.155758E+03	1.340285E+03	1.265667E+01	-4.958199E+00	-1.481029E+02	6.941479E+01	
10	-6.551136E+03	1.340285E+03	-6.540542E+03	1.029187E+03	-5.297005E-01	1.555488E+01	-2.493858E+02	-2.177683E+02	
11	1.029187E+03	6.540542E+03	6.403149E+02	6.527299E+03	1.555488E+01	5.297005E-01	-2.519808E+02	-2.177683E+02	
12	6.403149E+02	6.527299E+03	2.514429E+02	6.514057E+03	1.555488E+01	5.297005E-01	-2.562148E+02	-2.177683E+02	
13	-2.177683E+02	6.514057E+03	-6.818248E+02	1.429637E+04	1.555488E+01	-2.608581E+02	-5.297005E-01	-2.514429E+02	
14	-6.818248E+02	1.429637E+04	-1.145881E+03	2.222942E+04	1.555488E+01	-2.659107E+02	-5.297005E-01	-2.514429E+02	
21	1.164153E-10	-7.275958E-12	1.164153E-10	1.818989E-12	0.0	-4.547474E-13	-4.779363E-01	-1.136868E-13	
22	-2.995069E+02	0.0	-4.246646E+02	9.569895E+01	2.634898E+00	-2.014715E+00	-2.348432E+01	2.820601E+01	
23	-4.246646E+02	9.569895E+01	-5.498223E+02	1.913979E+02	2.634898E+00	-2.014715E+00	-2.575452E+01	2.820601E+01	
24	-5.498223E+02	1.913979E+02	-6.749799E+02	2.870968E+02	2.634898E+00	-2.014715E+00	-2.802472E+01	2.820601E+01	
25	-6.749799E+02	2.870968E+02	-8.001376E+02	3.827958E+02	2.634898E+00	-2.014715E+00	-3.029491E+01	2.820601E+01	

表 4-5-8 バー要素荷重シート

荷重1

File Name:D:\VBA\VbaExcel\ZE-PonBoSe_Ver. 0.2\TestData\Test_Load_Elass_Bar_S1.f06

ID	X	Y	Z
1	-4.779363E-01	0.000000E+00	-4.547474E-13
2	-4.076803E+01	4.891062E+00	-2.095930E+00
3	-4.303822E+01	4.891062E+00	-2.095930E+00
4	-4.530842E+01	4.891062E+00	-2.095930E+00
5	-4.757862E+01	4.891062E+00	-2.095930E+00
6	-1.412923E+02	1.265667E+01	-4.958199E+00
7	-1.435625E+02	1.265667E+01	-4.958199E+00
8	-1.458327E+02	1.265667E+01	-4.958199E+00
9	-1.481029E+02	1.265667E+01	-4.958199E+00
10	-2.493858E+02	-5.297005E-01	1.555488E+01
11	-2.519808E+02	1.555488E+01	5.297005E-01
12	-2.562148E+02	1.555488E+01	5.297005E-01
13	-5.297005E-01	1.555488E+01	-2.608581E+02
14	-5.297005E-01	1.555488E+01	-2.659107E+02
21	-4.779363E-01	0.000000E+00	-4.547474E-13
22	-2.348432E+01	2.634898E+00	-2.014715E+00
23	-2.575452E+01	2.634898E+00	-2.014715E+00
24	-2.802472E+01	2.634898E+00	-2.014715E+00
25	-3.029491E+01	2.634898E+00	-2.014715E+00