

ZE-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

ソフトの概要

NASTRAN による地震の動荷重と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数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	14
4.4.3 単位荷重のボルト荷重	15
4.4.4 セル計算式	18
4.5 ボルト荷重	20
4.5.1 ばね要素荷重	20
4.5.2 拘束節点荷重	21
4.5.3 多点拘束スカラーポイント荷重	22
4.5.4 バー要素荷重	23

参考資料

①ZE-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

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-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.pdf

②マクロファイル

ZE-PonBoDe_Ver. 0.2. xlsm

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_X. f06

¥TestData¥Test_Load_Elass_Bar_Y. f06

¥TestData¥Test_Load_Elass_Bar_Z. f06

¥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_X. f06

¥TestData¥Test_Load_SPC1_MPC_Y. f06

¥TestData¥Test_Load_SPC1_MPC_Z. f06

¥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 による地震の動解析(X, Y, Z 方向地震)^{注1}を行った解析結果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 SRSS または絶対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、自重等の静荷重を組合せすることが可能であり、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。

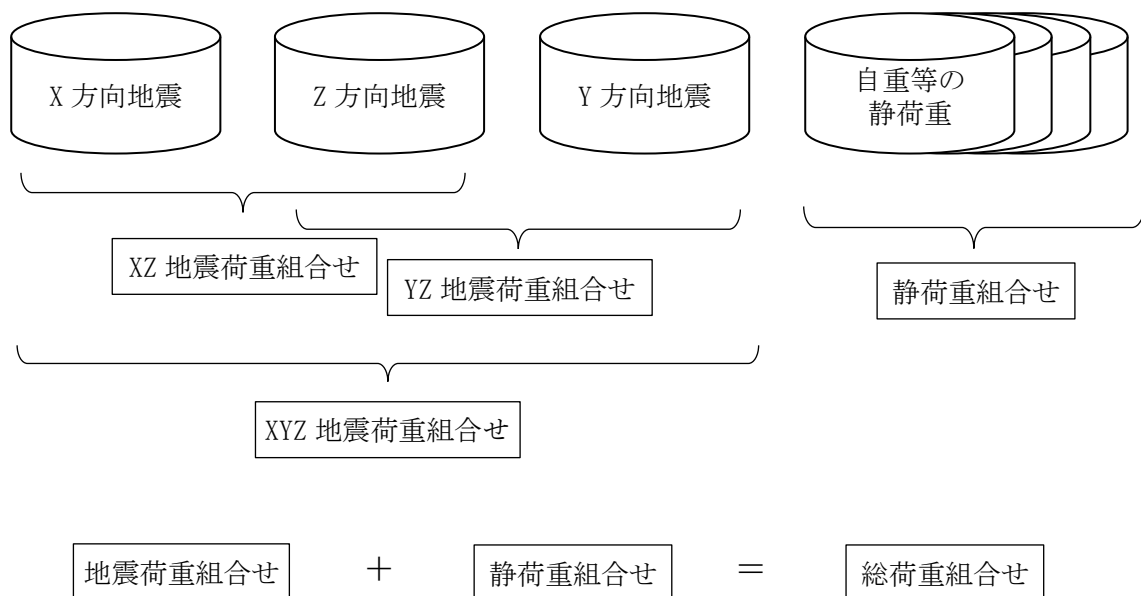
注1:動解析としているが重力加速度を与えた静解析計算結果を使用してもよい。

注2: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3: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4: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。



①地震荷重の組合せ

2 方向 SRSS 組合せ、3 方向 SRSS 組合せ、2 方向絶対値組合せ、3 方向絶対値組合せから選択

②静荷重の組合せ

任意数の単純和組合せ固定(絶対値で地震荷重と組み合わせる)

③求める応力

引張応力、圧縮応力、せん断応力、曲げ応力、組合せ応力

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。

表 1-2-1 及び表 1-2-2 は X 方向地震(自由度:1)の例で拘束節点と仮想支持点と多点拘束で結合している。このためスカラーポイントの荷重を従属節点の荷重とする。

表 1-2-1 の場合は多点拘束の自由度は 1 であるため 20001 のスカラーポイントの荷重は節点番号 20 の T1 の値になる。

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 1-2-1 節点拘束と多点拘束の NASTRAN インプットデータの抜粋

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。	SPC1	1	236	20					
	SPC1	1	236	134					
	SPC1	1	236	248					
	SPC1	1	236	296					
	SPC1	1	236	410					
	SPC1	1	236	524					
	MPC	1	20	1	1.	20001	0	1.	+
	+		100000	1	-1.				
	MPC	1	134	1	1.	20002	0	1.	+
	+		100000	1	-1.				
	MPC	1	248	1	1.	20003	0	1.	+
	+		100000	1	-1.				
	MPC	1	296	1	1.	20004	0	1.	+
	+		100000	1	-1.				
	MPC	1	410	1	1.	20005	0	1.	+
	+		100000	1	-1.				
	MPC	1	524	1	1.	20006	0	1.	+
	+		100000	1	-1.				

表 1-2-2 節点拘束と多点拘束の NASTRAN アウトプットリストの抜粋

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
134	G	0.0	1.122951E+02	2.807326E+00	0.0	0.0	1.603885E+04
248	G	0.0	1.327424E+02	4.740941E+01	0.0	0.0	1.266659E+04
296	G	0.0	1.314850E+02	4.793833E+01	0.0	0.0	1.266283E+04
410	G	0.0	1.122951E+02	2.807357E+00	0.0	0.0	1.603885E+04
524	G	0.0	1.327424E+02	4.740942E+01	0.0	0.0	1.266659E+04
省略							
20001	S	1.083182E+02	2.377448E+02	1.108393E+02	1.083181E+02	2.377447E+02	1.108392E+02

スカラーポイント

左からスカラーポイント 2001~2006 となり
拘束節点 20,134,248,296,410,524 の T1 となる。

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、①～③については3方向の荷重について行い、バー要素以外の場合は④⑥の荷重方向は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動荷重組合せ

・2方向SRSS組合せの場合

$$XZ \text{ 地震荷重組合せ} = \sqrt{X \text{ 方向荷重}^2 + Z \text{ 方向荷重}^2}$$

$$YZ \text{ 地震荷重組合せ} = \sqrt{Y \text{ 方向荷重}^2 + Z \text{ 方向荷重}^2}$$

・3方向SRSS組合せの場合

$$XYZ \text{ 地震荷重組合せ} = \sqrt{X \text{ 方向荷重}^2 + Y \text{ 方向荷重}^2 + Z \text{ 方向荷重}^2}$$

・2方向絶対和組合せの場合

$$XZ \text{ 地震荷重組合せ} = |X \text{ 方向荷重}| + |Z \text{ 方向荷重}|$$

$$YZ \text{ 地震荷重組合せ} = |Y \text{ 方向荷重}| + |Z \text{ 方向荷重}|$$

・3方向絶対和組合せの場合

$$XYZ \text{ 地震荷重組合せ} = |X \text{ 方向荷重}| + |Y \text{ 方向荷重}| + |Z \text{ 方向荷重}|$$

③静荷重と動荷重組合せ

・荷重組合せ= 静荷重組合せ + 動荷重組合せ

・荷重組合せ=-静荷重組合せ + 動荷重組合せ

・荷重組合せ= |静荷重組合せ| + 動荷重組合せ

注1:静荷重組合せの軸力は上記の3つから選択できます。せん断荷重は絶対値です。

④引張応力

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

注2:軸方向荷重が圧縮の場合は0とします。

⑤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)

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

注3: f_{to}^* はJSME S NC1 SSB-3131(1)により規定される値。

⑥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 : 動荷重 3、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動荷重応力の組合せ : SRSS または絶対和
- ⑩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。

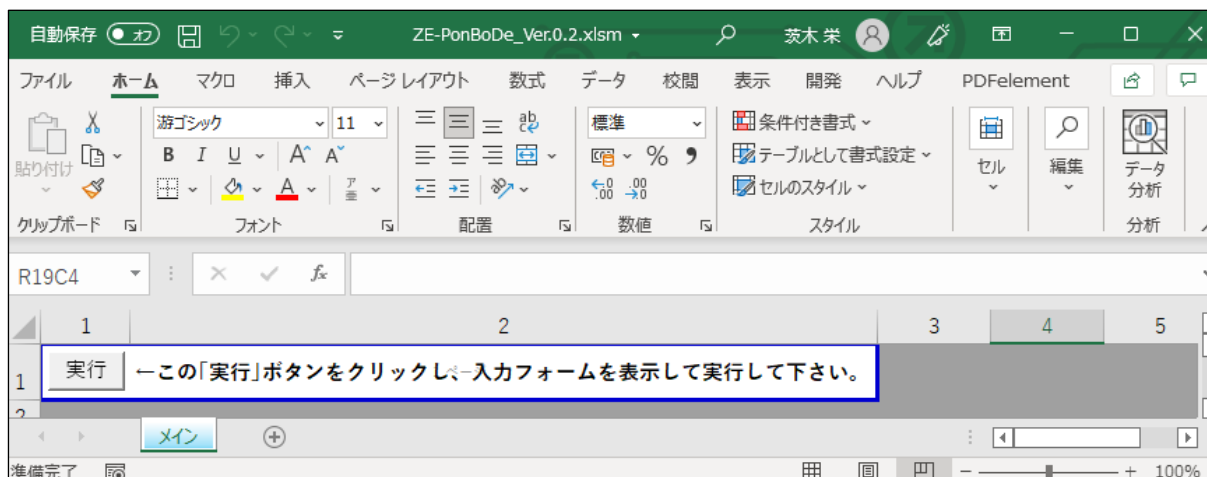


図 4-1-1 起動時の Excel

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「X 方向地震」、「Y 方向地震」、「Z 方向地震」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。「X 方向地震」、「Y 方向地震」のファイル名はどちらか1つは入力して下さい。「Z 方向地震」のファイル名は必ず入力して下さい。

②「荷重 1」～「荷重 4」テキストボックス(必要な場合のみ)

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。

③「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

④範囲入力

③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③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。

⑤部材力位置

③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。

⑥「動荷重組合せ」コンボボックス

「方向」、「組合せ」コンボボックスで次の4つの組合せが可能です。

- ・ 2方向 SRSS、3方向 SRSS、2方向絶対和、3方向絶対和

⑦「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静荷重の符号を反転させます。また、絶対値の方向を方向を選択した場合は静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。

⑧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。

⑨「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。

⑩「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④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 4-4-8 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」、「X、Z 地震時評価」、「Y、Z 地震時評価」のように表題欄を分けて出力されます。シート左上のドロップダウンリストにより表示する列を選択することが出来ます。

なお、表題欄は図 4-2-1 の入力フォームで入力したファイル及び地震荷重の組合せで異なって表示されます。

ファイルを保存後に評価の Excel ブックを開くと「セキュリティの警告 リンクの自動更新が無効にされました。」と表示されます。ドロップダウンリストを使用する場合は「コンテンツの有効化」ボタンをクリックして下さい。ドロップダウンリストの表示処理は評価のマクロを使用しているため評価マクロファイルを開き実行するためです。なお、「応力評価」シートの印刷時にはドロップダウンリストは印刷されません。

NO	ID	静荷重 (N)			X 方向地震 (N)			Y 方向地震 (N)			Z 方向地震 (N)			X、Z 地震 (SRSS) 静荷重の合成 (N)		Y、Z 地震 (SRSS) 静荷重の合成 (N)			
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	軸力	せん断力	軸力	せん断力		
1	611	-1.08E+03	3.59E+02	1.15E+03	-2.84E+02	1.06E+01	-5.68E+01	1.19E+02	-4.08E+01	-1.27E+02	4.80E+01	-3.09E+01	2.39E+02	392.0	1385.9	1350.3	410.5	1411.5	1190.8
2	612	-1.37E+02	1.46E+03	1.40E+02	-6.89E+00	2.26E+00	-4.19E+01	5.76E+01	-1.88E+02	-4.99E+00	-6.70E+00	1.82E+01	2.14E+02	1462.5	358.0	146.3	1631.5	354.0	153.8
3	613	-1.94E+01	4.78E+02	8.78E+01	2.78E+01	-4.04E+00	-9.09E+00	-2.05E+00	-5.28E+01	-1.53E+00	-4.90E+00	1.14E+01	9.05E+01	490.0	178.5	47.4	531.8	178.1	24.7
4	621	-1.04E+03	6.38E+02	4.78E+00	-3.25E+02	-1.06E+00	-1.12E+00	1.15E+02	-7.20E+01	1.45E+00	4.89E+01	-1.69E+01	1.31E+02	652.7	135.8	1367.9	709.8	135.8	1184.6
5	622	-7.32E+01	1.54E+03	-1.15E+03	1.03E+01	-3.89E+00	-2.07E-01	8.02E+00	-1.75E+02	1.40E+00	-6.03E+00	1.13E+01	1.22E+02	1553.1	1268.6	85.2	1716.8	1332.6	83.6
6	623	5.34E+01	5.11E+02	-5.70E+02	3.85E+01	-7.61E-01	-1.85E+00	-5.82E+00	-5.65E+01	7.26E+01	-4.71E+00	6.17E+00	5.01E+01	517.3	620.5	87.3	567.8	656.6	60.9
7	631	-1.54E+03	6.07E+02	6.24E+02	-3.22E+02	2.72E+00	-8.30E+00	1.71E+02	-8.83E+01	-7.11E+01	1.56E+01	-2.35E+01	1.92E+02	630.8	816.3	1860.1	678.5	828.9	1709.3
8	632	-4.81E+01	1.73E+03	-6.00E+02	1.05E+01	1.33E+00	-6.34E+00	5.74E+00	-1.97E+02	7.64E+01	-4.18E+00	1.70E+01	1.79E+02	1751.0	779.0	59.4	1931.9	794.5	55.2
9	633	9.07E+01	5.77E+02	-2.69E+02	3.35E+01	-5.29E-01	-1.24E+00	-9.98E+00	-6.42E+01	3.77E+01	-2.23E+00	8.96E+00	7.50E+01	585.9	344.2	124.3	641.8	353.2	100.9
10	641	1.78E+03	2.62E+02	8.41E+02	-2.27E+02	-1.30E+01	6.81E+01	-2.95E+02	-3.02E+01	-9.27E+01	1.02E+01	-1.21E+01	1.04E+02	279.8	965.3	2010.3	294.6	980.3	1988.8
11	642	1.31E+03	6.05E+02	5.04E+02	-4.23E+01	9.74E-01	3.89E+01	-1.48E+02	-8.89E+01	-4.83E+01	-2.68E+01	4.77E+00	1.27E+02	609.9	636.7	1356.7	674.1	640.3	1455.4
12	643	8.44E+02	3.49E+02	-9.21E+01	6.05E+01	4.59E+00	2.19E+01	-6.53E+01	-3.80E+01	1.75E+01	-6.79E+01	5.46E+00	4.87E+01	355.0	145.5	734.8	386.3	143.8	738.1
13	651	-1.78E+03	2.62E+02	8.41E+02	-2.27E+02	1.30E+01	-6.81E+01	2.95E+02	-3.02E+01	-9.27E+01	-1.02E+01	-1.21E+01	1.04E+02	279.8	965.3	2010.3	294.6	980.3	1988.8
14	652	-1.31E+03	6.05E+02	5.04E+02	-4.23E+01	-9.74E-01	-3.89E+01	1.48E+02	-8.89E+01	-4.83E+01	2.68E+01	4.77E+00	1.27E+02	609.9	636.7	1356.7	674.1	640.3	1455.4
15	653	-6.44E+02	3.49E+02	-9.21E+01	6.05E+01	4.59E+00	2.19E+01	-6.53E+01	-3.80E+01	1.75E+01	-6.79E+01	5.46E+00	4.87E+01	355.0	145.5	734.8	386.3	143.8	738.1

図 4-4-1 「応力評価」シート (1/2)

	1	2	3	4	5	6	7
1	○ 全列						
2	断面積:	113 mm ²	軸方向:	Y	端点:	A	
3							NA

注:バー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。

		X、Z地震時評価(MPa)									Y、Z地震時評価(MPa)								
NO	ID	軸応力 (引張)			せん断応力			組合せ応力			軸応力 (引張)			せん断応力			組合せ応力		
		引張応力 σ_t	許容応力	裕度	せん断応力 τ	許容応力	裕度	許容応力 σ_s	裕度	引張応力 σ_t	許容応力	裕度	せん断応力 τ	許容応力	裕度	許容応力 σ_s	裕度		
1	611	3.469	487	0.00712	17.123	375	0.04566	487	0.00712	3.633	487	0.00746	16.342	375	0.04358	487	0.00746		
2	612	13.120	487	0.02694	3.422	375	0.00913	487	0.02694	14.438	487	0.02965	3.415	375	0.00911	487	0.02965		
3	613	4.336	487	0.00890	1.835	375	0.00436	487	0.00890	4.706	487	0.00966	1.591	375	0.00424	487	0.00966		
4	621	5.777	487	0.01186	12.165	375	0.03244	487	0.01186	6.262	487	0.01290	10.376	375	0.02767	487	0.01290		
5	622	13.744	487	0.02822	11.252	375	0.03001	487	0.02822	15.193	487	0.03120	11.816	375	0.03151	487	0.03120		
6	623	4.578	487	0.00940	5.546	375	0.01479	487	0.00940	5.025	487	0.01032	5.854	375	0.01561	487	0.01032		
7	631	5.583	487	0.01146	17.976	375	0.04794	487	0.01146	6.013	487	0.01235	16.811	375	0.04483	487	0.01235		
8	632	15.496	487	0.03182	6.914	375	0.01844	487	0.03182	17.096	487	0.03511	7.048	375	0.01880	487	0.03511		
9	633	5.185	487	0.01065	3.239	375	0.00864	487	0.01065	5.679	487	0.01166	3.251	375	0.00867	487	0.01166		
10	641	2.476	487	0.00509	19.735	375	0.05263	487	0.00509	2.607	487	0.00535	19.622	375	0.05233	487	0.00535		
11	642	5.397	487	0.01108	13.263	375	0.03537	487	0.01108	5.965	487	0.01225	14.071	375	0.03752	487	0.01225		
12	643	3.142	487	0.00645	6.829	375	0.01768	487	0.00645	3.418	487	0.00702	6.655	375	0.01775	487	0.00702		
13	651	2.476	487	0.00509	19.735	375	0.05263	487	0.00509	2.607	487	0.00535	19.622	375	0.05233	487	0.00535		
14	652	5.397	487	0.01108	13.263	375	0.03537	487	0.01108	5.965	487	0.01225	14.071	375	0.03752	487	0.01225		
15	653	3.142	487	0.00645	6.829	375	0.01768	487	0.00645	3.418	487	0.00702	6.655	375	0.01775	487	0.00702		

図 4-4-2 「応力評価」シート (2/2)

4.4.2 最大値

図 4-4-3 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。

NO	ID	X、Z 地震時評価 (MPa)						Y、Z 地震時評価 (MPa)									
		軸応力 (引張)			せん断応力			組合せ応力		軸応力 (引張)			せん断応力			組合せ応力	
		引張応力 σ_t	許容応力	裕度	せん断応力 τ	許容応力	裕度	許容応力 σ_s	裕度	引張応力 σ_t	許容応力	裕度	せん断応力 τ	許容応力	裕度	許容応力 σ_s	裕度
12	643	3.142	487	0.00645	6.829	375	0.01768	487	0.00645	3.418	487	0.00702	6.655	375	0.01775	487	0.00702
13	651	2.476	487	0.00509	19.735	375	0.05263	487	0.00509	2.607	487	0.00535	19.622	375	0.05233	487	0.00535
14	652	5.397	487	0.01108	13.263	375	0.03537	487	0.01108	5.965	487	0.01225	14.071	375	0.03752	487	0.01225
15	653	3.142	487	0.00645	6.829	375	0.01768	487	0.00645	3.418	487	0.00702	6.655	375	0.01775	487	0.00702
16	661	5.583	487	0.01146	17.976	375	0.04794	487	0.01146	6.013	487	0.01235	16.811	375	0.04483	487	0.01235
17	662	15.496	487	0.03182	6.914	375	0.01844	487	0.03182	17.096	487	0.03511	7.048	375	0.01880	487	0.03511
18	663	5.185	487	0.01065	3.239	375	0.00864	487	0.01065	5.679	487	0.01166	3.251	375	0.00867	487	0.01166
19	671	5.777	487	0.01186	12.165	375	0.03244	487	0.01186	6.282	487	0.01290	10.376	375	0.02767	487	0.01290
20	672	13.744	487	0.02822	11.252	375	0.03001	487	0.02822	15.193	487	0.03120	11.816	375	0.03151	487	0.03120
21	673	4.578	487	0.00940	5.546	375	0.01479	487	0.00940	5.025	487	0.01032	5.854	375	0.01561	487	0.01032
22	681	3.469	487	0.00712	17.123	375	0.04566	487	0.00712	3.633	487	0.00746	16.342	375	0.04358	487	0.00746
23	682	13.120	487	0.02694	3.422	375	0.00913	487	0.02694	14.438	487	0.02965	3.415	375	0.00911	487	0.02965
24	683	4.336	487	0.00890	1.835	375	0.00436	487	0.00890	4.706	487	0.00966	1.591	375	0.00424	487	0.00966
最大値	全体	15.496		0.03182	19.735		0.05263		0.03182	17.096		0.03511	19.622		0.05233		0.03511
ID		632		632	641		641		632	632		632	641		641		632

図 4-4-3 「応力評価」シート 最大値

4.4.3 単位荷重のボルト荷重

図 4-4-4～図 4-4-8 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。

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data in the main table:

ID	X	Y	Z
611	-2.835869E+02	1.060205E+01	-5.680885E+01
612	-8.825998E+00	2.260397E+00	-4.191337E+01
613	2.760608E+01	-4.042246E+00	-9.087819E+00
621	-3.246390E+02	-1.062762E+00	-1.118511E+00
622	1.033998E+01	-3.089210E+00	-2.072612E-01
623	3.352528E+01	-7.614278E-01	-1.854645E+00
631	-3.221406E+02	2.718744E+00	-8.298041E+00
632	1.047249E+01	1.332337E+00	-6.340988E+00
633	3.354483E+01	-5.285558E-01	-1.237481E+00
641	-2.267170E+02	-1.298675E+01	6.806148E+01
642	-4.227888E+01	9.739274E-01	3.694408E+01
643	6.047428E+01	4.593504E+00	2.186140E+01
651	-2.267170E+02	1.298675E+01	-6.806148E+01
652	-4.227888E+01	-9.739273E-01	-3.694408E+01
653	6.047428E+01	-4.593504E+00	-2.186140E+01
661	-3.221406E+02	-2.718744E+00	8.298041E+00
662	1.047249E+01	-1.332337E+00	6.340988E+00
663	3.354483E+01	5.285558E-01	1.237481E+00
671	-3.246390E+02	1.062762E+00	1.118511E+00
672	1.033998E+01	3.089210E+00	2.072612E-01
673	3.352527E+01	7.614278E-01	1.854645E+00
681	-2.835869E+02	-1.060205E+01	5.680885E+01
682	-8.825998E+00	-2.260397E+00	4.191337E+01
683	2.760608E+01	4.042246E+00	9.087820E+00

図 4-4-4 「X 方向地震」シート

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data in the main table:

ID	X	Y	Z
611	1.187578E+02	-4.080964E+01	-1.272171E+02
612	1.564583E+01	-1.663047E+02	-4.993659E+00
613	-2.054642E+00	-5.275053E+01	-1.531635E+00
621	-1.150568E+02	-7.204537E+01	1.445480E+00
622	8.501514E+00	-1.750219E+02	1.401614E+02
623	-5.824265E+00	-5.645465E+01	7.261646E+01
631	1.710040E+02	-6.833654E+01	-7.112422E+01
632	6.741620E+00	-1.922576E+02	7.641295E+01
633	-9.976932E+00	-6.419213E+01	3.769866E+01
641	-2.052092E+02	-3.020599E+01	-9.265376E+01
642	-1.462925E+02	-6.887416E+01	-4.826834E+01
643	-6.534962E+01	-3.800226E+01	1.745382E+01
651	2.052092E+02	3.020599E+01	9.265376E+01
652	1.462925E+02	6.887413E+01	4.826834E+01
653	6.534962E+01	3.800222E+01	1.745381E+01
661	-1.710040E+02	-6.833655E+01	-7.112422E+01
662	6.741620E+00	-1.922576E+02	7.641296E+01
663	-9.976932E+00	-6.419212E+01	3.769866E+01
671	-1.150568E+02	-7.204537E+01	1.445483E+00
672	8.501514E+00	-1.750219E+02	1.401614E+02
673	5.824265E+00	-5.645465E+01	7.261645E+01
681	-1.187578E+02	-4.080964E+01	-1.272171E+02
682	-1.564583E+01	-1.663047E+02	-4.993665E+00
683	2.054641E+00	-5.275052E+01	-1.531649E+00

図 4-4-5 「Y 方向地震」シート

10	X	Y	Z
611	4.800061E+01	-3.085612E+01	2.332975E+02
612	-6.897710E+00	1.817153E+01	2.139778E+02
613	-4.904476E+00	1.144509E+01	9.050431E+01
621	-4.894733E+01	-1.688008E+01	1.309810E+02
622	-6.034712E+00	1.131905E+01	1.217285E+02
623	-4.714432E+00	6.185662E+00	5.006044E+01
631	-1.560970E+01	-2.345270E+01	1.916211E+02
632	-4.177608E+00	1.703155E+01	1.786144E+02
633	-2.234694E+00	8.957413E+00	7.503209E+01
641	1.021462E+01	-1.213019E+01	1.038322E+02
642	-2.875281E+01	4.770220E+00	1.271821E+02
643	-6.725581E+01	5.458567E+00	4.866608E+01
651	-1.021462E+01	-1.213019E+01	1.038322E+02
652	2.875281E+01	4.770212E+00	1.271821E+02
653	-6.725581E+01	5.458561E+00	4.866608E+01
661	-1.560970E+01	-2.345270E+01	1.916211E+02
662	4.177608E+00	1.703155E+01	1.786144E+02
663	2.234694E+00	8.957413E+00	7.503209E+01
671	-4.894733E+01	-1.688008E+01	1.309810E+02
672	-6.034712E+00	1.131905E+01	1.217285E+02
673	-4.714432E+00	6.185662E+00	5.006044E+01
681	4.800061E+01	-3.085611E+01	2.332975E+02
682	6.897710E+00	1.817153E+01	2.139778E+02
683	4.904476E+00	1.144508E+01	9.050432E+01

図 4-4-6 「Z 方向地震」シート

Figure 4-4-7 shows the 'Load 1' (荷重1) sheet in an Excel spreadsheet. The spreadsheet displays the results of stress calculations for various bolt IDs (611 to 683) under Load 1. The columns represent different stress components: ID, X, Y, and Z. The data is organized in a grid with columns 1 to 10 and rows 1 to 29. The file name is 'D:\VBA\VbaExcel\WZE-PonBoDe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_Elass_Bar_S1.f06'. The spreadsheet interface includes the Microsoft Excel ribbon with various tabs like 'ホーム', 'マクロ', '挿入', etc. The status bar at the bottom indicates '準備完了' (Ready) and '100%' zoom.

ID	X	Y	Z
611	2.051308E+01	-1.319637E+01	9.966988E+01
612	-2.862269E+00	7.765612E+00	8.144351E+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	8.670812E+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	4.365222E+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	-8.670812E+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	-1.319637E+01	9.966988E+01
682	2.862269E+00	7.765611E+00	8.144351E+01
683	-2.095930E+00	4.891061E+00	3.867706E+01

図 4-4-7 「荷重 1」シート

Figure 4-4-8 shows the 'Load 2' (荷重2) sheet in an Excel spreadsheet. The spreadsheet displays the results of stress calculations for various bolt IDs (611 to 683) under Load 2. The columns represent different stress components: ID, X, Y, and Z. The data is organized in a grid with columns 1 to 10 and rows 1 to 29. The file name is 'D:\VBA\VbaExcel\WZE-PonBoDe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_Elass_Bar_S2.f06'. The spreadsheet interface includes the Microsoft Excel ribbon with various tabs like 'ホーム', 'マクロ', '挿入', etc. The status bar at the bottom indicates '準備完了' (Ready) and '100%' zoom.

ID	X	Y	Z
611	-1.083235E+03	3.725167E+02	1.046140E+03
612	-1.338758E+02	1.456462E+03	4.847210E+01
613	2.145981E+01	4.729440E+02	4.890643E+01
621	-1.060494E+03	6.430473E+02	-5.119464E+01
622	-7.083861E+01	1.536540E+03	-1.198938E+03
623	5.544739E+01	5.084114E+02	-5.918335E+02
631	-1.544208E+03	6.172364E+02	5.425707E+02
632	-4.829708E+01	1.726668E+03	-6.766051E+02
633	9.167807E+01	5.731348E+02	-3.012618E+02
641	1.778983E+03	2.672431E+02	7.967828E+02
642	1.318114E+03	6.030009E+02	4.498981E+02
643	6.730659E+02	3.455335E+02	-1.129361E+02
651	-1.778983E+03	2.672431E+02	7.967828E+02
652	-1.318114E+03	6.030008E+02	4.498981E+02
653	-6.730659E+02	3.455334E+02	-1.129361E+02
661	1.544208E+03	6.172364E+02	5.425707E+02
662	4.829708E+01	1.726668E+03	-6.766052E+02
663	9.167807E+01	5.731348E+02	-3.012619E+02
671	-1.060494E+03	6.430473E+02	-5.119467E+01
672	7.083862E+01	1.536540E+03	-1.198938E+03
673	-5.544739E+01	5.084114E+02	-5.918335E+02
681	-1.083235E+03	3.725167E+02	1.046139E+03
682	-1.338758E+02	1.456462E+03	4.847215E+01
683	-2.145980E+01	4.729440E+02	4.890658E+01

図 4-4-8 「荷重 2」シート

4.4.4 セル計算式

「応力評価」シート内の「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 NASTRAN 計算結果 動荷重

「X 方向地震」、「Y 方向地震」、「Z 方向地震」シートから各要素の部材力を参照します。

=X 方向地震!R[-2]C[-4]

③ ボルト荷重 軸力

指定された軸方向により静荷重と地震荷重の F_x , F_y 又は F_z を組合せた軸力を求めます。以下は 2 方向 SRSS の組合せの場合です。

=IF(R2C5="X",RC[-12]+SQRT(RC[-9]^2+RC[-3]^2),
IF(R2C5="Y",RC[-11]+SQRT(RC[-8]^2+RC[-2]^2),
IF(R2C5="Z",RC[-10]+SQRT(RC[-7]^2+RC[-1]^2),
IF(R2C5="-X",-RC[-12]+SQRT(RC[-9]^2+RC[-3]^2),
IF(R2C5="-Y",-RC[-11]+SQRT(RC[-8]^2+RC[-2]^2),
IF(R2C5="-Z",-RC[-10]+SQRT(RC[-7]^2+RC[-1]^2),
IF(R2C5="|X|",ABS(RC[-12])+SQRT(RC[-9]^2+RC[-3]^2),
IF(R2C5="|Y|",ABS(RC[-11])+SQRT(RC[-8]^2+RC[-2]^2),
IF(R2C5="|Z|",ABS(RC[-10])+SQRT(RC[-7]^2+RC[-1]^2))))))))))

④ボルト荷重 せん断力

指定された軸方向により静荷重と地震荷重の F_x , F_y 又は F_z を組合せたせん断力を求めます。以下は2方向SRSSの組合せの場合です。

```
=IF(R2C5="X",ABS(RC[-12])+SQRT(RC[-9]^2+RC[-3]^2),
  IF(R2C5="Y",ABS(RC[-11])+SQRT(RC[-8]^2+RC[-2]^2),
    IF(R2C5="Z",ABS(RC[-13])+SQRT(RC[-10]^2+RC[-4]^2),
      IF(R2C5="-X",ABS(RC[-12])+SQRT(RC[-9]^2+RC[-3]^2),
        IF(R2C5="-Y",ABS(RC[-11])+SQRT(RC[-8]^2+RC[-2]^2),
          IF(R2C5="-Z",-ABS(RC[-13])+SQRT(RC[-10]^2+RC[-4]^2),
            IF(R2C5="|X|",ABS(RC[-12])+SQRT(RC[-9]^2+RC[-3]^2),
              IF(R2C5="|Y|",ABS(RC[-11])+SQRT(RC[-8]^2+RC[-2]^2),
                IF(R2C5="|Z|",ABS(RC[-13])+SQRT(RC[-10]^2+RC[-4]^2))))))))))
```

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[-6]>0, RC[-6]/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[-8]^2+RC[-7]^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[-118]C:R[-1]C)=0, "", IF(MAX(R[-118]C:R[-1]C)>ABS(MIN(R[-118]C:R[-1]C)), MAX(R[-118]C:R[-1]C), MIN(R[-118]C:R[-1]C)))
```

・ID

```
=IF(COUNT(R[-119]C:R[-2]C)=0, "", LOOKUP(MATCH(R[-1]C, R[-119]C:R[-2]C, 0), R[-119]C1:R[-2]C1, R[-119]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	-2.835869E+02	6112	1.060205E+01	6113	-5.680885E+01	6121	-6.825998E+00
6122	2.260397E+00	6123	-4.191337E+01	6131	2.760608E+01	6132	-4.042246E+00
6133	-9.087819E+00	6211	-3.246390E+02	6212	-1.062762E+00	6213	-1.118511E+00
6221	1.033999E+01	6222	-3.089210E+00	6223	-2.072612E-01	6231	3.352528E+01
6232	-7.614276E-01	6233	-1.854645E+00	6311	-3.221406E+02	6312	2.718744E+00
6313	-8.298041E+00	6321	1.047249E+01	6322	1.332337E+00	6323	-6.340988E+00
6331	3.354483E+01	6332	-5.285558E-01	6333	-1.237481E+00	6411	-2.267170E+02
6412	-1.299675E+01	6413	6.806148E+01	6421	-4.227888E+01	6422	9.739274E-01
6423	3.694408E+01	6431	6.047428E+01	6432	4.593504E+00	6433	2.186140E+01
6511	-2.267170E+02	6512	1.299675E+01	6513	-6.806148E+01	6521	-4.227888E+01
6522	-9.739273E-01	6523	-3.694408E+01	6531	6.047428E+01	6532	-4.593504E+00
6533	-2.186140E+01	6611	-3.221406E+02	6612	-2.718744E+00	6613	8.298041E+00
6621	1.047249E+01	6622	-1.332337E+00	6623	6.340988E+00	6631	3.354483E+01
6632	5.285558E-01	6633	1.237481E+00	6711	-3.246390E+02	6712	1.062762E+00
6713	1.118511E+00	6721	1.033999E+01	6722	3.089210E+00	6723	2.072612E-01
6731	3.352527E+01	6732	7.614276E-01	6733	1.854645E+00	6811	-2.835869E+02
6812	-1.060205E+01	6813	5.680885E+01	6821	-6.825998E+00	6822	-2.260397E+00
6823	4.191337E+01	6831	2.760608E+01	6832	4.042246E+00	6833	9.087820E+00

表 4-5-2 ばね要素荷重シート

X方向地震
File Name:D:\VBA\YbaExcel\ZE-PonBoDe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_Elass_Bar_X.f06

ID	X	Y	Z
611	-2.835869E+02	1.060205E+01	-5.680885E+01
612	-6.825998E+00	2.260397E+00	-4.191337E+01
613	2.760608E+01	-4.042246E+00	-9.087819E+00
621	-3.246390E+02	-1.062762E+00	-1.118511E+00
622	1.033999E+01	-3.089210E+00	-2.072612E-01
623	3.352528E+01	-7.614276E-01	-1.854645E+00
631	-3.221406E+02	2.718744E+00	-8.298041E+00
632	1.047249E+01	1.332337E+00	-6.340988E+00
633	3.354483E+01	-5.285558E-01	-1.237481E+00
641	-2.267170E+02	-1.299675E+01	6.806148E+01
642	-4.227888E+01	9.739274E-01	3.694408E+01
643	6.047428E+01	4.593504E+00	2.186140E+01
651	-2.267170E+02	1.299675E+01	-6.806148E+01
652	-4.227888E+01	-9.739273E-01	-3.694408E+01
653	6.047428E+01	-4.593504E+00	-2.186140E+01
661	-3.221406E+02	-2.718744E+00	8.298041E+00
662	1.047249E+01	-1.332337E+00	6.340988E+00
663	3.354483E+01	5.285558E-01	1.237481E+00
671	-3.246390E+02	1.062762E+00	1.118511E+00
672	1.033999E+01	3.089210E+00	2.072612E-01
673	3.352527E+01	7.614276E-01	1.854645E+00
681	-2.835869E+02	-1.060205E+01	5.680885E+01
682	-6.825998E+00	-2.260397E+00	4.191337E+01
683	2.760608E+01	4.042246E+00	9.087820E+00

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。

ただし、以下の例は X 方向地震(自由度:1)の例で拘束節点と仮想支持点と多点拘束で結合している。このため 20001 以降のスカラーポイントの荷重を X 方向荷重としている。詳細については 1.2 項を参照のこと。

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	0.0	1.314850E+02	4.793833E+01	0.0	0.0	1.266283E+04
134	G	0.0	1.122951E+02	2.807326E+00	0.0	0.0	1.603885E+04
248	G	0.0	1.327424E+02	4.740941E+01	0.0	0.0	1.266659E+04
296	G	0.0	1.314850E+02	4.793833E+01	0.0	0.0	1.266283E+04
410	G	0.0	1.122951E+02	2.807357E+00	0.0	0.0	1.603885E+04
524	G	0.0	1.327424E+02	4.740942E+01	0.0	0.0	1.266659E+04
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			
20001	S	1.083182E+02	2.377448E+02	1.108393E+02	1.083181E+02	2.377447E+02	1.108392E+02

表 4-5-4 拘束点荷重シート

X方向地震

File Name:D:\VBA\VbaExcel\ZE-PonBoDe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_SPC1_MPC_X.f06

ID	X	Y	Z
20	1.083182E+02	1.314850E+02	4.793833E+01
134	2.377448E+02	1.122951E+02	2.807326E+00
248	1.108393E+02	1.327424E+02	4.740941E+01
296	1.083181E+02	1.314850E+02	4.793833E+01
410	2.377447E+02	1.122951E+02	2.807357E+00
524	1.108392E+02	1.327424E+02	4.740942E+01

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	0.0	1.314850E+02	4.793833E+01	0.0	0.0	1.266283E+04
134	G	0.0	1.122951E+02	2.807326E+00	0.0	0.0	1.603885E+04
248	G	0.0	1.327424E+02	4.740941E+01	0.0	0.0	1.266659E+04
296	G	0.0	1.314850E+02	4.793833E+01	0.0	0.0	1.266283E+04
410	G	0.0	1.122951E+02	2.807357E+00	0.0	0.0	1.603885E+04
524	G	0.0	1.327424E+02	4.740942E+01	0.0	0.0	1.266659E+04
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			

表 4-5-6 スカラーポイント荷重シート

X方向地震

File Name:D:\VBA\VbaExcel\ZE-PonBoDe_Ver.0.2\TestData\Test_Load_SPC1_MPC_X.f06

ID	X	Y	Z
1001	1.199040E+02	1.141660E+02	3.798584E+01
1002	1.845433E+02	1.223981E+02	3.933761E+00
1003	1.218862E+02	1.156849E+02	3.594255E+01
1004	1.199040E+02	1.141660E+02	3.798582E+01
1005	1.845432E+02	1.223981E+02	3.933795E+00
1006	1.218861E+02	1.156849E+02	3.594256E+01
1011	4.843647E+01	7.868630E+01	1.313794E+02
1012	4.843647E+01	7.868631E+01	1.313795E+02
1013	4.440431E+01	7.863978E+01	1.312739E+02
1014	4.440429E+01	7.863979E+01	1.312739E+02

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	0.0	-7.275958E-11	1.472044E+01	3.637979E-12	-7.360219E-01	0.0	4.547474E-13	
2	1.272295E+02	1.472044E+01	3.192362E+02	-1.143614E+03	-4.042246E+00	2.438598E+01	9.087819E+00	-3.864851E+02	
3	3.192362E+02	-1.143614E+03	5.112429E+02	-2.135883E+03	-4.042246E+00	2.088988E+01	9.087819E+00	-3.864851E+02	
4	5.112429E+02	-2.135883E+03	7.032495E+02	-2.962088E+03	-4.042246E+00	1.739378E+01	9.087819E+00	-3.864851E+02	
5	7.032495E+02	-2.962088E+03	8.952562E+02	-3.622227E+03	-4.042246E+00	1.389767E+01	9.087819E+00	-3.864851E+02	
6	1.482043E+03	-3.622227E+03	1.566681E+03	-3.792067E+03	-1.781849E+00	3.575570E+00	5.100119E+01	-2.909212E+02	
7	1.566681E+03	-3.792067E+03	1.651319E+03	-3.795841E+03	-1.781849E+00	7.946601E-02	5.100119E+01	-2.909212E+02	
8	1.651319E+03	-3.795841E+03	1.735957E+03	-3.633551E+03	-1.781849E+00	-3.416638E+00	5.100119E+01	-2.909212E+02	
9	1.735957E+03	-3.633551E+03	1.820595E+03	-3.305196E+03	-1.781849E+00	-6.912742E+00	5.100119E+01	-2.909212E+02	
10	2.615919E+03	-3.305196E+03	2.439515E+03	2.554479E+03	8.820197E+00	-2.929837E+02	1.078100E+02	3.679296E+03	
11	2.554479E+03	-2.439515E+03	9.978978E+03	-2.219010E+03	-2.969800E+02	-8.820197E+00	1.078100E+02	3.679296E+03	
12	9.978978E+03	-2.219010E+03	1.756649E+04	-1.998505E+03	-3.035003E+02	-8.820197E+00	1.078100E+02	3.679296E+03	
13	3.679296E+03	-1.998505E+03	1.294710E+04	-5.214855E+03	-3.106511E+02	1.078100E+02	8.820197E+00	-1.756649E+04	
14	1.294710E+04	-5.214855E+03	2.244705E+04	-8.431206E+03	-3.184321E+02	1.078100E+02	8.820197E+00	-1.756649E+04	
21	0.0	-2.910383E-11	0.0	1.472044E+01	0.0	-7.360219E-01	0.0	9.094947E-13	
22	2.596503E+01	1.472044E+01	6.213284E+01	-1.424776E+03	-7.614276E-01	3.030518E+01	1.854645E+00	-4.693538E+02	
23	6.213284E+01	-1.424776E+03	9.830065E+01	-2.698207E+03	-7.614276E-01	2.680907E+01	1.854645E+00	-4.693538E+02	
24	9.830065E+01	-2.698207E+03	1.344685E+02	-3.805573E+03	-7.614276E-01	2.331297E+01	1.854645E+00	-4.693538E+02	
25	1.344685E+02	-3.805573E+03	1.706363E+02	-4.746874E+03	-7.614276E-01	1.981687E+01	1.854645E+00	-4.693538E+02	

表 4-5-8 バー要素荷重シート

X方向地震

File Name:D:\¥VBA¥VbaExcel¥ZE-PonBoDe_Ver. 0.2¥TestData¥Test_Load_Elass_Bar_X.f06

ID	X	Y	Z
1	0.000000E+00	3.637979E-12	-7.360219E-01
2	9.087819E+00	-4.042246E+00	2.438598E+01
3	9.087819E+00	-4.042246E+00	2.088988E+01
4	9.087819E+00	-4.042246E+00	1.739378E+01
5	9.087819E+00	-4.042246E+00	1.389767E+01
6	5.100119E+01	-1.781849E+00	3.575570E+00
7	5.100119E+01	-1.781849E+00	7.946601E-02
8	5.100119E+01	-1.781849E+00	-3.416638E+00
9	5.100119E+01	-1.781849E+00	-6.912742E+00
10	1.078100E+02	8.820197E+00	-2.929837E+02
11	1.078100E+02	-2.969800E+02	-8.820197E+00
12	1.078100E+02	-3.035003E+02	-8.820197E+00
13	8.820197E+00	-3.106511E+02	1.078100E+02
14	8.820197E+00	-3.184321E+02	1.078100E+02
21	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.360219E-01
22	1.854645E+00	-7.614276E-01	3.030518E+01
23	1.854645E+00	-7.614276E-01	2.680907E+01
24	1.854645E+00	-7.614276E-01	2.331297E+01
25	1.854645E+00	-7.614276E-01	1.981687E+01