

## ZW-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

#### 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最大応力発生個所の計算結果を詳細に数式で出力するマクロです。

使用した応力値をすべて表示するため電卓での検証が可能です。

また、計算に使用したアウトプットリストのヘッダ及び荷重値の行も出力するため使用したアウトプットリストとの検証が可能です。

なお、ばね要素を使用する場合は荷重方向を定義するため要素番号の付番にルールがあります。同様に多点拘束のスカラーポイントを使用する場合も付番にルールがあります。

#### メリット

- ①アウトプットリストから直接指定範囲の最大応力が求められる。
- ②計算に使用している数値が分かる。
- ③Word に出力しているためそのまま資料に使用できます。
- ④Word 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	0.4	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 計算例	12
4.5 計算結果 CSV ファイル	37

### 参考資料

①ZE-PonBoSe 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

②ZE-PonBoDe 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

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

ZW-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.pdf

### ②マクロファイル

ZW-PonBoDe\_Ver. 0.4.docm

### 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 Word 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)<sup>注1</sup>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 1.1~1.4 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。

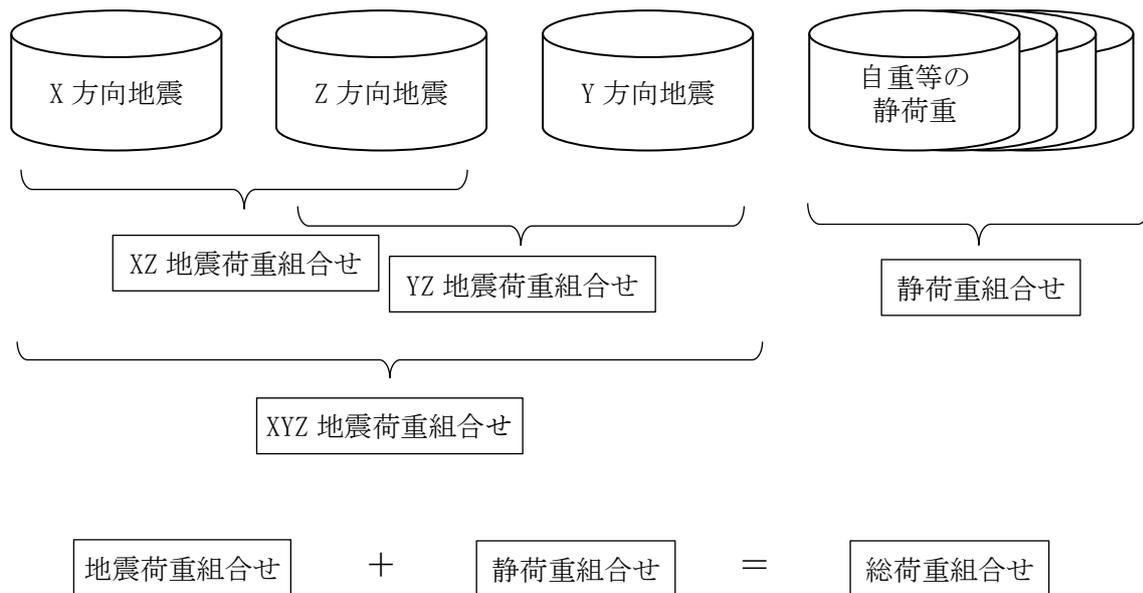
注1:動解析としているが重力加速度を与えた静解析計算結果を使用してもよい。

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 項から 1.4 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  
任意数の絶対値組合せ固定
- ③求める応力  
引張応力、せん断応力

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、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
- ⑪処理方法 : 以下の 8 種類

- ・ 全ばね要素荷重の引張またはせん断応力が最大値の要素
- ・ 指定したボルト番号<sup>注1</sup>の範囲で引張またはせん断応力が最大値の要素
- ・ 全拘束節点荷重の引張またはせん断応力が最大値の節点
- ・ 指定した拘束節点番号の範囲の荷重で引張またはせん断応力が最大値の節点
- ・ 全多点拘束のボルト番号<sup>注2</sup>荷重の引張またはせん断応力が最大値の節点
- ・ 指定したボルト番号<sup>注2</sup>の範囲の荷重で引張またはせん断応力が最大値の節点
- ・ 全バー要素の部材力の引張またはせん断応力が最大値の要素
- ・ 指定したバー要素番号の範囲の部材力で引張またはせん断応力が最大値の要素

注 1:ばね要素(CELASS2)の荷重でボルトの応力求める場合に範囲を指定する場合、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。

注 2:多点拘束(MPC)荷重でボルトの応力求める場合に範囲を指定する場合、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。

注 3:ばね要素(CELASS2)荷重でボルトの応力求める場合は NASTRAN に出力されてるいるインプットデータエコーの CELASS を使用します。

注 4:多点拘束(MPC)のスカラーポイント荷重でボルトの応力求める場合は NASTRAN に出力されてるいるインプットデータエコーの MPC を使用します。

## 4. 使用方法

### 4.1 起動方法

本マクロのファイルを開くと、表 4-1 の文章が表示されます。以下の内容で使用して下さい。

表 4-1 起動時の説明

<b>NASTRAN ボルト部地震荷重による応力計算 Word マクロ ZW-PonBoDe Ver.0.4 実行方法</b>	
①初めて使用される方は右の「説明書」ボタンをクリックして下さい。	<b>説明書</b>
②右の「実行」ボタンを押すとマクロを実行します	<b>実行</b>
③マクロが実行され入力フォームが表示されます。	
④必要に応じてファイル名等を入力して「実行」ボタンをクリックして下さい。 最初はファイル名等は初期設定されたものが表示されます。 入力方法が分からない場合は「F1」をクリックして下さい。	
⑤マクロが実行され「終了」のメッセージが表示されますので「OK」ボタンをクリックして下さい。続けて処理する場合は条件を変更して「実行」ボタンをクリックして下さい。	
⑥新規文書に作成された計算結果を保存する場合はファイル名を変更して保存して下さい。	
⑦入力フォームで「終了」ボタンをクリックするとフォームを閉じて終了します。	
注:計算結果計算式中のルート、分数及び二乗はフィールドコードで作成しています。	

## 4.2 入力フォーム

本マクロを起動すると図 4-1 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。計算結果は表 4-4-2-1～表 4-4-7-2 を参照して下さい。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 4-1 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 8 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。

- ・「ばね最大」

全ばね要素<sup>注1</sup>の中で最大引張及びせん断応力の要素を出力します。

- ・「ばね入力」

入力したボルト番号<sup>注1</sup>を出力します。

- ・「SPC1 最大」

全拘束節点の中で最大引張及びせん断応力の節点を出力します。

- ・「SPC1 入力」

入力したばね拘束節点を出力します。

- ・「MPC 最大」

全スカラーポイント<sup>注2</sup>の中で最大引張及びせん断応力のスカラーポイントを出力します。

・「MPC 入力」

入力したボルト番号<sup>注2</sup>を出力します。

・「バー最大」

全バー要素の中で最大引張及びせん断応力の要素を出力します。

・「バー入力」

入力したバー要素の引張及びせん断応力の要素を出力します。

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「ばね入力」、「SPC1 入力」、「MPC 入力」および「バー入力」を選択した場合は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。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空白にして下さい。「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「バー最大」、「バー入力」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

許容引張応力を入力して下さい。

⑨「実行」ボタンをクリックすると文書に計算結果が表示されます。

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 計算例

本マクロの計算例を表 4-4-1 に示す。計算は最大応力発生ボルトを出力した結果を示す。計算条件が多いため 2 方向 SRSS 組合せの静荷重組合せ有りのみボルト処理方法を全条件を添付し、他の荷重の組合せはばね要素荷重を使用した計算のみ添付した。

なお、地震組合せの 2 方向の計算結果は XZ 地震組合せのみ添付し、YZ 地震組合せの計算結果は省略した。また、計算結果タイトルの処理したデータは処理方法によって異なる。

表 4-4-1 計算例一覧表

地震方向組合せ	動荷重組合せ	静荷重組合せ	ボルト処理方法	引張応力 表番号	せん断応力 表番号
2 方向	SRSS 組合せ	有り	ばね要素荷重	表 4-4-2-1	表 4-4-2-2
			拘束節点荷重	表 4-4-3-1	表 4-4-3-2
			スカラーポイント荷重	表 4-4-4-1	表 4-4-4-2
			バー要素部材力	表 4-4-5-1	表 4-4-5-2
2 方向	SRSS 組合せ	無し	ばね要素荷重	表 4-4-6-1	表 4-4-6-2
3 方向	SRSS 組合せ	無し	ばね要素荷重	表 4-4-7-1	表 4-4-7-2
2 方向	絶対和組合せ	無し	ばね要素荷重	表 4-4-8-1	表 4-4-8-2
3 方向	絶対和組合せ	無し	ばね要素荷重	表 4-4-9-1	表 4-4-9-2

注 1:軸方向は全条件 Y 方向としている。

注 2:引張応力の許容引張応力を求めるためのせん断応力の表については省略しています。

表 4-4-2-1(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り ばね要素荷重 引張応力

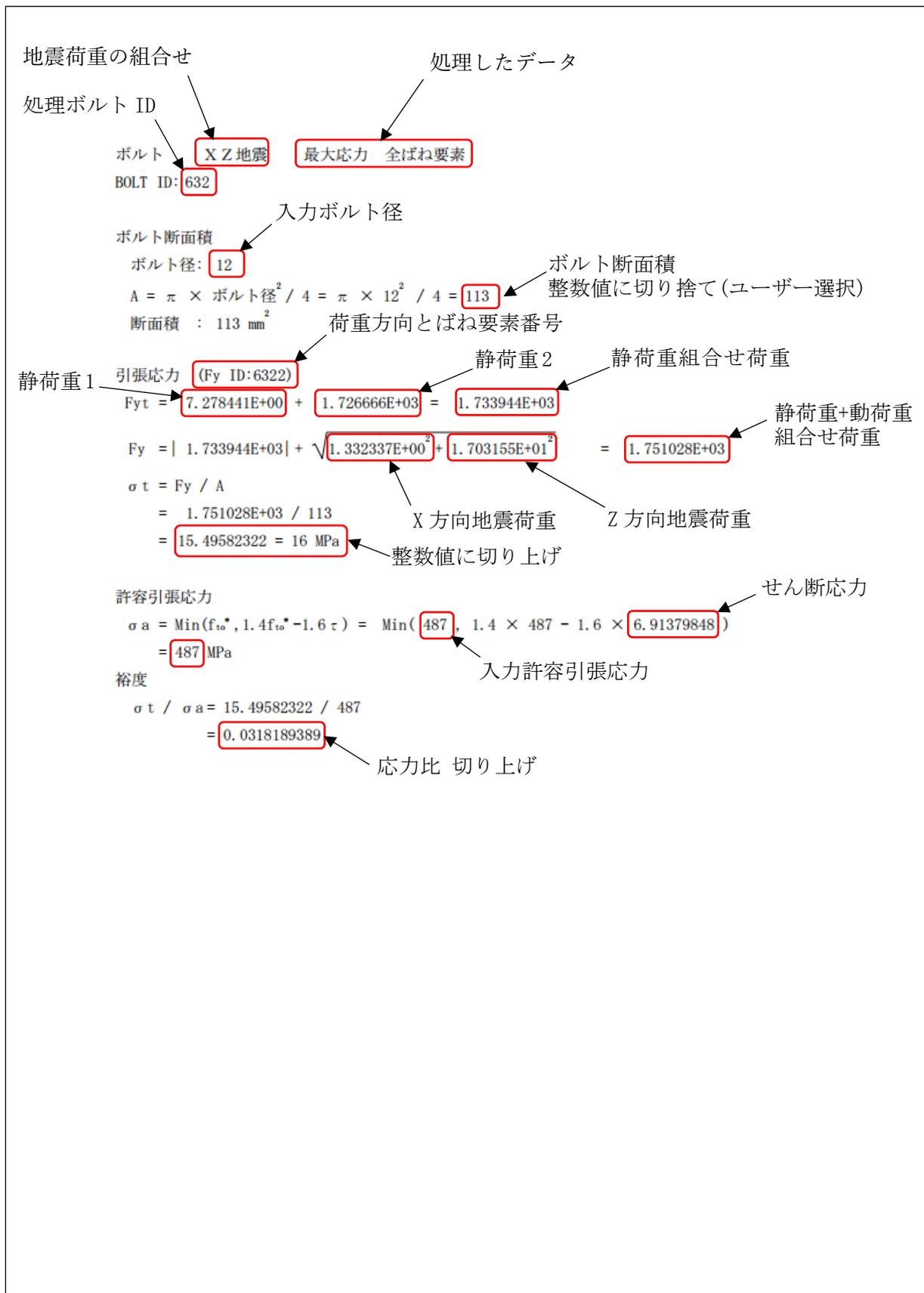


表 4-4-2-1(2/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り ばね要素荷重 引張応力

**NASTRAN アウトプットリストの抜粋**

1 *** TEST ELASS BAR ****									
**** LOAD - 1 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16									
0									
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE		
6313	-8.298041E+00	6321	1.047249E+01	6322	1.332337E+00	6323	-6.340988E+00	X 方向地震荷重	
1 *** TEST ELASS CBAR ****									
**** LOAD - 3 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16									
0									
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	Z 方向地震荷重	
6313	1.916211E+02	6321	-4.177608E+00	6322	1.703155E+01	6323	1.786144E+02		
1 *** TEST ELASS BAR ****									
**** LOAD - 4 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16									
0									
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	静荷重 1	
6313	8.188936E+01	6321	-1.785303E+00	6322	7.278441E+00	6323	7.633094E+01		
1 *** TEST ELASS BAR ****									
**** LOAD - 5 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16									
0									
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	静荷重 2	
6313	5.425707E+02	6321	-4.629708E+01	6322	1.726666E+03	6323	-6.766051E+02		

表 4-4-2-2(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り ばね要素荷重 せん断応力

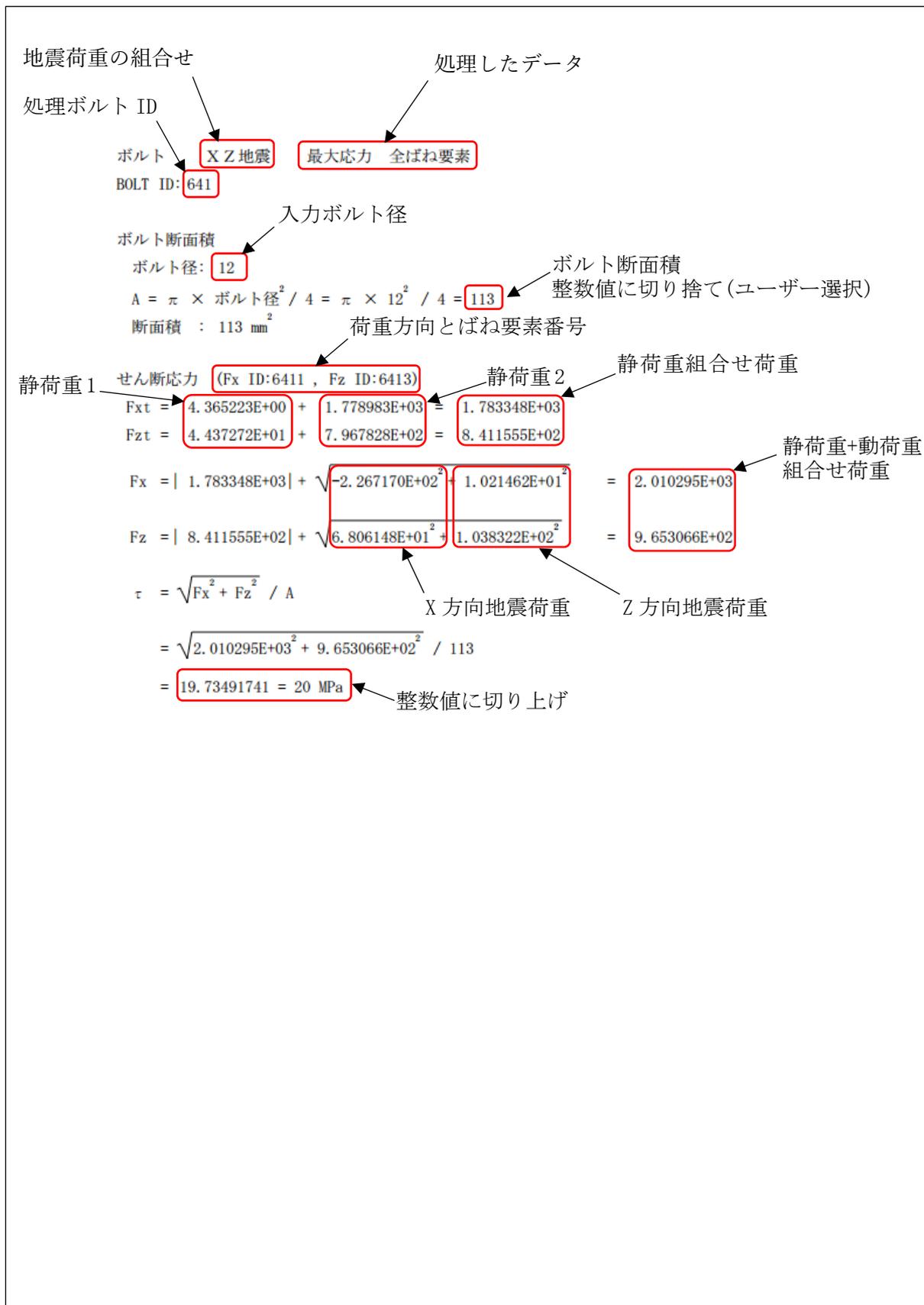


表 4-4-2-2(2/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り ばね要素荷重 せん断応力

**NASTRAN アウトプットリストの抜粋**

1 \*\*\* TEST ELAS BAR \*\*\* APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16  
 \*\*\*\* LOAD - 1 \*\*\*\*\*

X 方向地震荷重

FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)	
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6331	3.354483E+01	6332	-5.285558E-01	6333	-1.237481E+00
6412	-1.299675E+01	6413	6.806148E+01	6421	-4.227888E+01
				6411	-2.267170E+02
				6422	9.739274E-01

1 \*\*\* TEST ELAS CBAR \*\*\* APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16  
 \*\*\*\* LOAD - 3 \*\*\*\*\*

Z 方向地震荷重

FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)	
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6331	-2.234694E+00	6332	8.957413E+00	6333	7.503209E+01
6412	-1.213019E+01	6413	1.038322E+02	6421	-2.675281E+01
				6411	1.021462E+01
				6422	4.770220E+00

1 \*\*\* TEST ELAS BAR \*\*\* APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16  
 \*\*\*\* LOAD - 4 \*\*\*\*\*

静荷重 1

FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)	
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6331	-9.549974E-01	6332	3.827955E+00	6333	3.206500E+01
6412	-5.183843E+00	6413	4.437272E+01	6421	-1.143282E+01
				6411	4.365223E+00
				6422	2.038557E+00

1 \*\*\* TEST ELAS BAR \*\*\* APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16  
 \*\*\*\* LOAD - 5 \*\*\*\*\*

静荷重 2

FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)		FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)	
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6331	9.167807E+01	6332	5.731346E+02	6333	-3.012618E+02
6412	2.672431E+02	6413	7.967828E+02	6421	1.318114E+03
				6411	1.778983E+03
				6422	6.030009E+02

表 4-4-3-1(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り 拘束節点荷重 引張応力

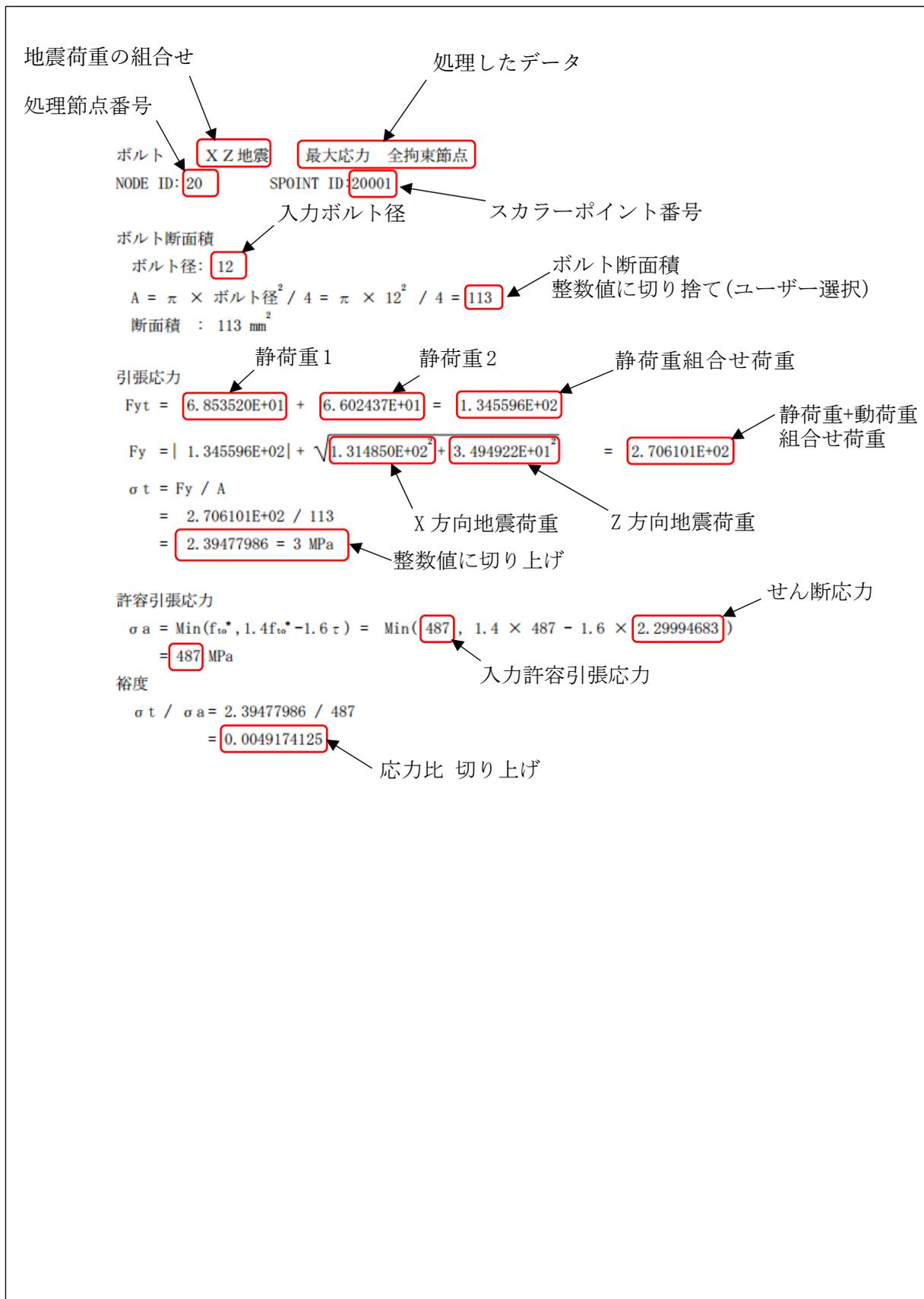


表 4-4-3-1(2/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り 拘束節点荷重 引張応力

**NASTRAN アウトプットリストの抜粋**

1		*** TEST ELASS BAR ***		FEBRUARY 7, 2020 MSC Nastran 9/11/18		PAGE 19	
0		**** TEST LOAD-1 ****					
SCALED SPECTRAL RESPONSE, SRSS OPTION							
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
20001	S	1.083182E+02	2.377448E+02	1.108393E+02	1.083181E+02	2.377447E+02	1.108392E+02

X 方向地震荷重

1		**** TEST SPC1, MPC ****		FEBRUARY 7, 2020 MSC Nastran 9/11/18		PAGE 19	
0		**** TEST LOAD-3 ****					
SCALED SPECTRAL RESPONSE, SRSS OPTION							
FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT							
POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
20	G	4.363502E+01	3.494922E+01	0.0	0.0	0.0	6.056257E+02
20001	S	1.415216E+01	1.221302E+01	1.435478E+01	1.415215E+01	1.221297E+01	1.435476E+01

Z 方向地震荷重

1		**** TEST SPC1, MPC ****		FEBRUARY 7, 2020 MSC Nastran 9/11/18		PAGE 13	
0		**** TEST LOAD-4 ****					
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

静荷重 1

1		**** TEST SPC1, MPC ****		FEBRUARY 7, 2020 MSC Nastran 9/11/18		PAGE 19	
0		**** TEST LOAD-5 ****					
SCALED SPECTRAL RESPONSE, SRSS OPTION							
FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT							
POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
20	G	0.0	6.602437E+01	2.408956E+01	0.0	0.0	6.365403E+03
20001	S	5.431125E+01	1.194344E+02	5.556576E+01	5.431121E+01	1.194344E+02	5.556573E+01

静荷重 2

表 4-4-3-2(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り 拘束節点荷重 せん断応力

地震荷重の組合せ

処理したデータ

処理節点番号

ボルト X Z 地震 最大応力 全拘束節点

NODE ID: 410 SPOINT ID: 20005

入力ボルト径

ボルト断面積

ボルト径: 12

ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

$$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$$

断面積 : 113 mm<sup>2</sup>

スカラーポイント番号

せん断応力

静荷重 1

静荷重 2

静荷重組合せ荷重

$$F_{xt} = 5.187489E-02 + 1.194344E+02 = 1.194863E+02$$

$$F_{zt} = 2.186048E+02 + 1.410899E+00 = 2.200157E+02$$

静荷重+動荷重 組合せ荷重

$$F_x = |1.194863E+02| + \sqrt{2.377447E+02^2 + 4.068553E+01^2} = 3.606871E+02$$

$$F_z = |2.200157E+02| + \sqrt{2.807357E+00^2 + 1.221297E+01^2} = 2.325472E+02$$

X 方向地震荷重

Z 方向地震荷重

$$\tau = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} / A$$

$$= \sqrt{3.606871E+02^2 + 2.325472E+02^2} / 113$$

$$= 3.7978255 = 4 \text{ MPa}$$

整数値に切り上げ



表 4-4-4-1 (1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り スカラーポイント荷重 引張応力

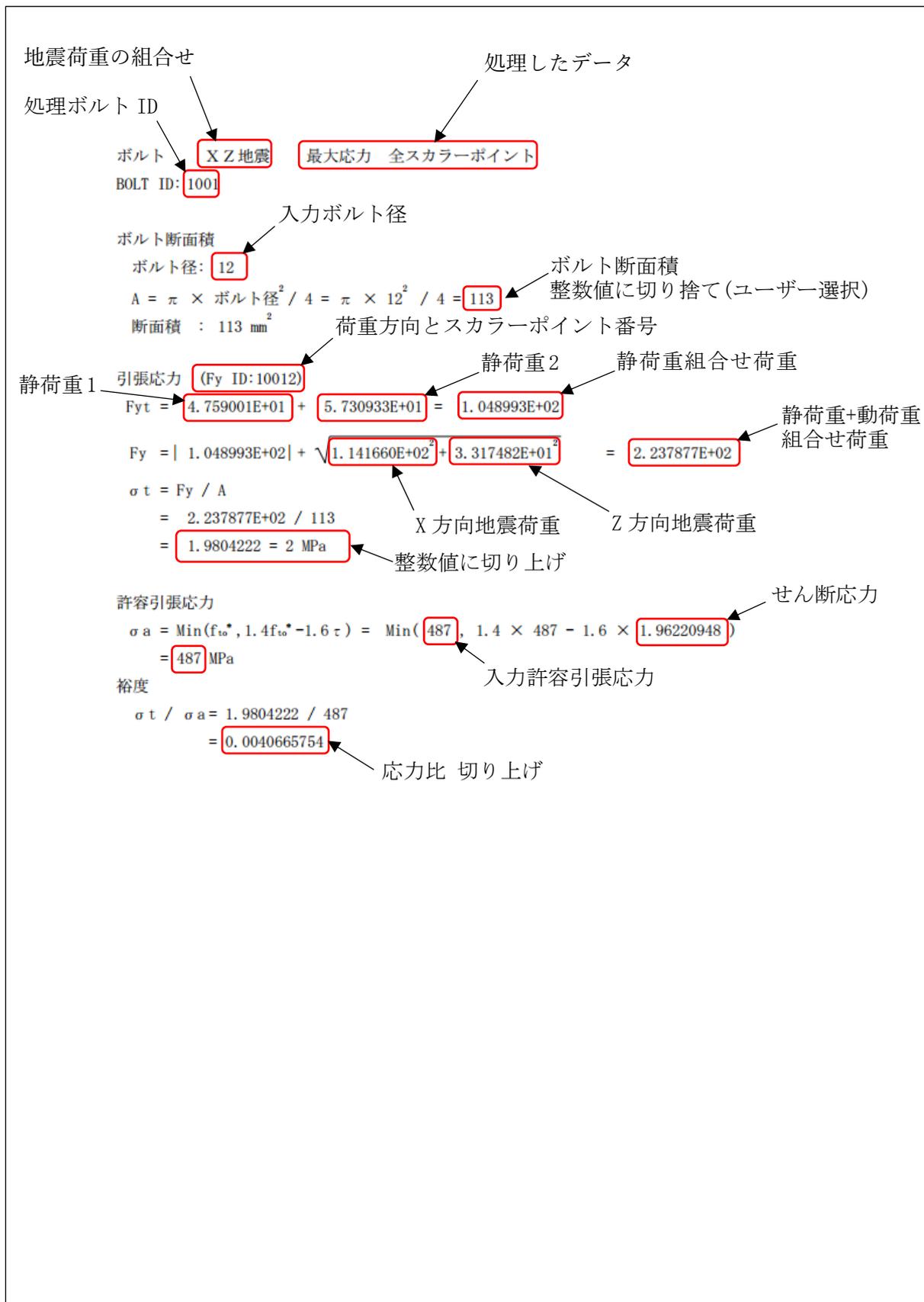


表 4-4-4-1 (2/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り スカラーポイント荷重 引張応力

**NASTRAN アウトプットリストの抜粋**

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
10011	S	1.199040E+02	1.141660E+02	3.798584E+01			
10011	S	4.161863E+01	3.317482E+01	1.485906E+01			
10011	S	-5.144097E+01	4.759001E+01	1.155579E+02			
10011	S	6.015518E+01	5.730933E+01	1.905864E+01			

X 方向地震荷重  
 Z 方向地震荷重  
 静荷重 1  
 静荷重 2

表 4-4-4-2(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り スカラーポイント荷重 せん断応力

地震荷重の組合せ

処理ボルト ID

ボルト **X Z 地震** **最大応力 全スカラーポイント**

BOLT ID: **1005**

入力ボルト径

ボルト断面積

ボルト径: **12**

$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = \mathbf{113}$

ボルト断面積  
整数値に切り捨て(ユーザー選択)

断面積 :  $113 \text{ mm}^2$

荷重方向とスカラーポイント番号

せん断応力 **(Fx ID:10051, Fz ID:10053)**

静荷重 1

Fxt =  $3.986682\text{E-}02 + 9.265678\text{E+}01$

Fzt =  $1.782447\text{E+}02 + 1.974156\text{E+}00 = 1.802189\text{E+}02$

静荷重 2

静荷重組合せ荷重

$F_x = |9.269665\text{E+}01| + \sqrt{1.845432\text{E+}02^2 + 4.263680\text{E+}01^2} = 2.821012\text{E+}02$

$F_z = |1.802189\text{E+}02| + \sqrt{3.933795\text{E+}00^2 + 1.708211\text{E+}01^2} = 1.977481\text{E+}02$

静荷重+動荷重  
組合せ荷重

X 方向地震荷重

Z 方向地震荷重

$\tau = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} / A$

$= \sqrt{2.821012\text{E+}02^2 + 1.977481\text{E+}02^2} / 113$

$= \mathbf{3.04873861} = 4 \text{ MPa}$

整数値に切り上げ

表 4-4-4-2(2/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り スカラーポイント荷重 せん断応力

**NASTRAN アウトプットリストの抜粋**

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
10051	S	1.845432E+02	1.223981E+02	3.933795E+00			

X 方向地震荷重

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
10051	S	4.263680E+01	2.920903E+01	1.708211E+01			

Y 方向地震荷重

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
10051	S	3.986682E-02	4.235564E-02	1.782447E+02			

静荷重 1

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
10051	S	9.265678E+01	6.144956E+01	1.974156E+00			

静荷重 2

表 4-4-5-1(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り バー要素部材力 引張応力

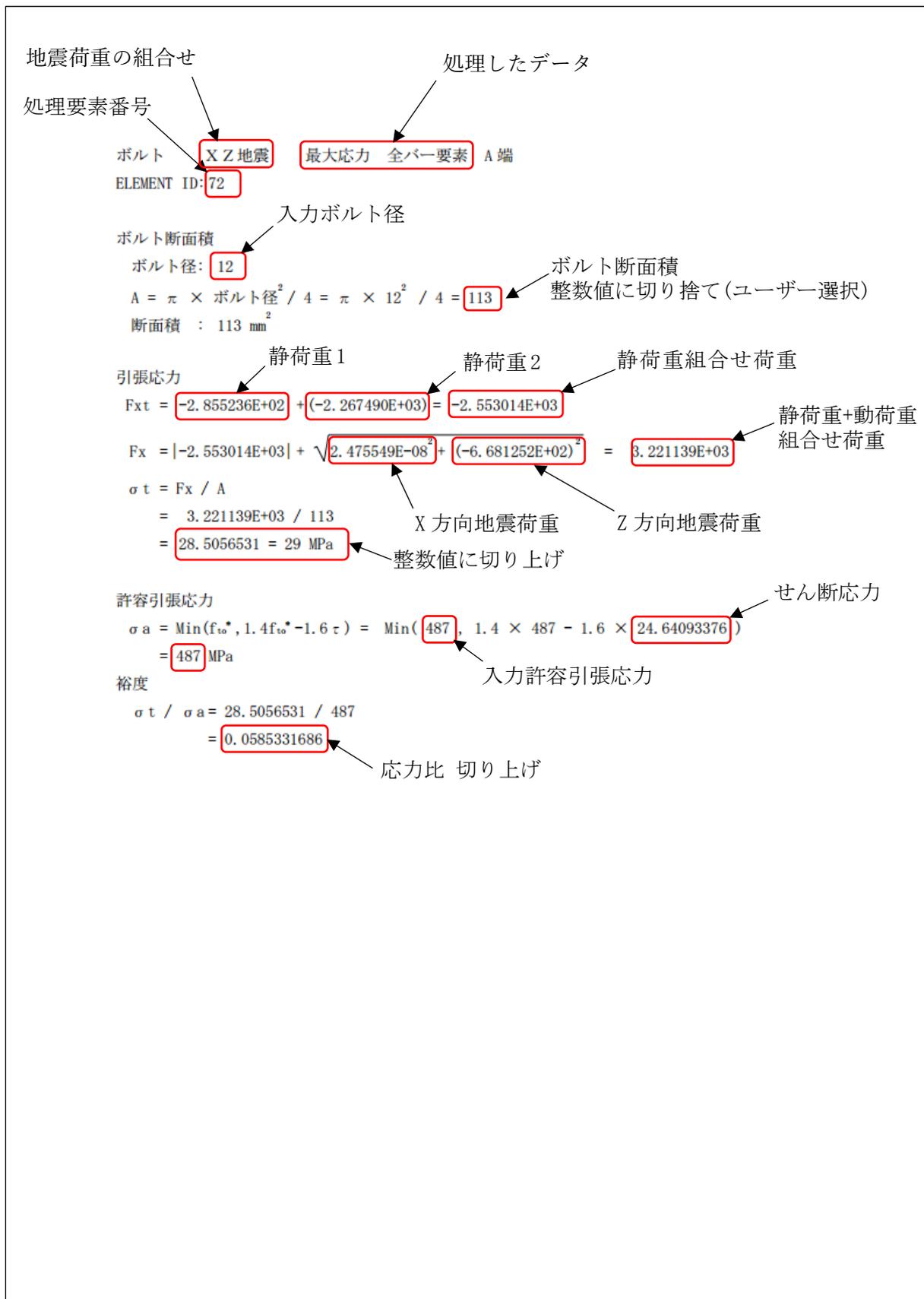


表 4-4-5-1(2/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り バー要素部材力 引張応力

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

1 *** TEST ELASS BAR ****											APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15	
**** LOAD - 1 ****												
0 FORCES IN BAR ELEMENTS (C BAR)												
ELEMENT ID.	BEND-MOMENT		END-A		BEND-MOMENT		END-B		- SHEAR -		AXIAL FORCE	TORQUE
	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2		
72	-4.128978E+03	1.246812E-05	8.087261E+03	1.313861E-05	-4.886496E+02	-2.681978E-08					2.475549E-08	5.392845E+03
1 *** TEST ELASS CBAR ****											APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15	
**** LOAD - 3 ****												
0 FORCES IN BAR ELEMENTS (C BAR)												
ELEMENT ID.	BEND-MOMENT		END-A		BEND-MOMENT		END-B		- SHEAR -		AXIAL FORCE	TORQUE
	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2		
72	-2.202926E-05	1.362055E+04	-3.915857E-05	1.352548E+04	6.851722E-07	3.802826E+00					-6.681252E+02	3.506946E-04
1 *** TEST ELASS BAR ****											APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15	
**** LOAD - 4 ****												
0 FORCES IN BAR ELEMENTS (C BAR)												
ELEMENT ID.	BEND-MOMENT		END-A		BEND-MOMENT		END-B		- SHEAR -		AXIAL FORCE	TORQUE
	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2		
72	-9.414247E-06	5.820749E+03	-1.673444E-05	5.780120E+03	2.928077E-07	1.625139E+00					-2.855236E+02	1.498695E-04
1 *** TEST ELASS BAR ****											APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15	
**** LOAD - 5 ****												
0 FORCE DISTRIBUTION IN BAR ELEMENTS (C BAR)												
ELEMENT ID.	STATION (PCT)	BEND-MOMENT		SHEAR FORCE		AXIAL FORCE		TORQUE				
		PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2	PLANE 1	PLANE 2					
72	0.000	-4.163419E-04	7.051759E+05	1.806019E-05	-2.739035E+03			7.296534E-03				
72	1.000	-8.678466E-04	7.736518E+05	1.806019E-05	-2.739035E+03			7.296534E-03				

表 4-4-5-2(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り バー要素部材力 せん断応力

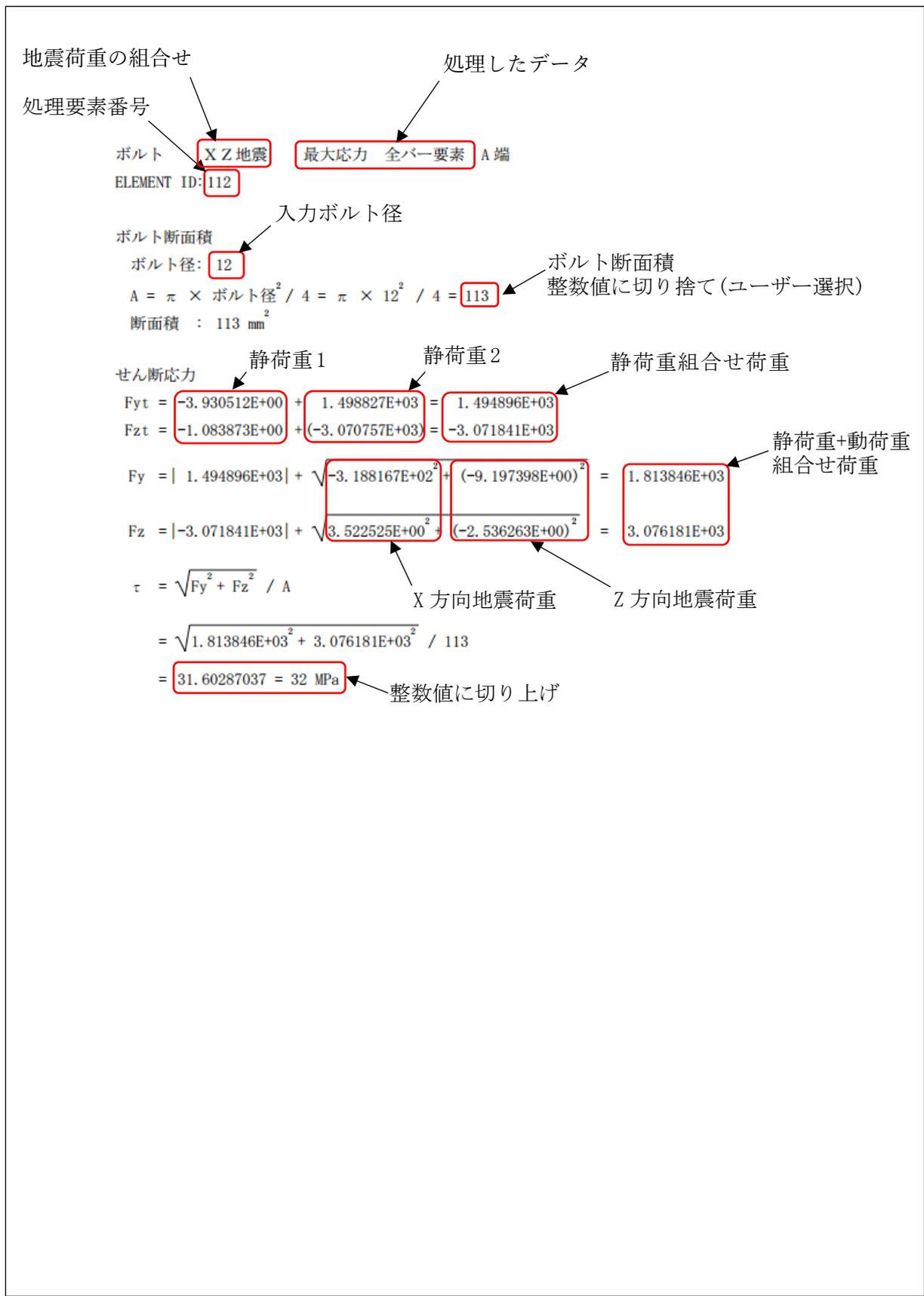


表 4-4-5-2(1/2) 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り バー要素部材力 せん断応力

**NASTRAN アウトプットリストの抜粋**

1 *** TEST ELASS BAR ****									
**** LOAD - 1 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15									
FORCES IN BAR ELEMENTS (C BAR)									
ELEMENT ID.	BEND-MOMENT PLANE 1	BEND-MOMENT PLANE 2	BEND-MOMENT END-A PLANE 1	BEND-MOMENT END-B PLANE 2	- SHEAR - PLANE 1	- SHEAR - PLANE 2	AXIAL FORCE	TORQUE	
112	5.124780E+03	1.146472E+01	1.309520E+04	-7.659841E+01	-3.188167E+02	3.522525E+00	-1.587651E+01	3.893725E+03	
X 方向地震荷重									
1 *** TEST ELASS CBAR ****									
**** LOAD - 3 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15									
FORCES IN BAR ELEMENTS (C BAR)									
ELEMENT ID.	BEND-MOMENT PLANE 1	BEND-MOMENT PLANE 2	BEND-MOMENT END-A PLANE 1	BEND-MOMENT END-B PLANE 2	- SHEAR - PLANE 1	- SHEAR - PLANE 2	AXIAL FORCE	TORQUE	
112	-1.229046E+03	1.298769E+04	-9.991114E+02	1.305110E+04	-9.197398E+00	-2.536263E+00	-5.071006E+02	1.287636E+02	
Y 方向地震荷重									
1 *** TEST ELASS BAR ****									
**** LOAD - 4 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15									
FORCES IN BAR ELEMENTS (C BAR)									
ELEMENT ID.	BEND-MOMENT PLANE 1	BEND-MOMENT PLANE 2	BEND-MOMENT END-A PLANE 1	BEND-MOMENT END-B PLANE 2	- SHEAR - PLANE 1	- SHEAR - PLANE 2	AXIAL FORCE	TORQUE	
112	-5.252335E+02	5.550295E+03	-4.269707E+02	5.577392E+03	-3.930512E+00	-1.083873E+00	-2.167096E+02	5.502717E+01	
静荷重 1									
1 *** TEST ELASS BAR ****									
**** LOAD - 5 ****									
APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 15									
FORCE DISTRIBUTION IN BAR ELEMENTS (C BAR)									
ELEMENT ID.	STATION (PCT)	BEND-MOMENT PLANE 1	BEND-MOMENT PLANE 2	SHEAR FORCE PLANE 1	SHEAR FORCE PLANE 2	AXIAL FORCE	TORQUE		
112	0.000	-4.140601E+04	7.071544E+05	1.498827E+03	-3.070757E+03	4.352964E+02	-2.098358E+04		
112	1.000	-7.887670E+04	7.839233E+05	1.498827E+03	-3.070757E+03	4.352964E+02	-2.098358E+04		
静荷重 2									

表 4-4-6-1 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 引張応力

地震荷重の組合せ

処理ボルト ID

ボルト BOLT ID: 611

処理したデータ

最大応力 全ばね要素

ボルト断面積

ボルト径: 12

入力ボルト径

ボルト断面積

$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$

断面積 : 113 mm<sup>2</sup>

ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

荷重方向とばね要素番号

X 方向地震荷重

引張応力 (Fy ID:6112)

Z 方向地震荷重

動荷重組合せ荷重

$$F_y = \sqrt{1.060205E+01^2 + (-3.085612E+01)^2} = 3.262673E+01$$

$$\sigma_t = F_y / A = 3.262673E+01 / 113 = 0.28873214 = 1 \text{ MPa}$$

整数値に切り上げ

許容引張応力

$\sigma_a = \text{Min}(f_{t0}, 1.4f_{t0} - 1.6\tau) = \text{Min}(487, 1.4 \times 487 - 1.6 \times 3.31531285)$

= 487 MPa

せん断応力

入力許容引張応力

裕度

$\sigma_t / \sigma_a = 0.28873214 / 487 = 0.0005928792$

応力比 切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

APRIL 7 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16							
1 *** TEST ELAS BAR ****							
**** LOAD - 1 ****							
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

X 方向地震荷重

APRIL 7 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16							
1 *** TEST ELAS CBAR ****							
**** LOAD - 3 ****							
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)							
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6111	4.800061E+01	6112	-3.085612E+01	6113	2.332275E+02	6121	-6.697710E+00

Z 方向地震荷重

表 4-4-6-2 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 せん断応力

地震荷重の組合せ

処理ボルト ID

ボルト BOLT ID: 631

X Z 地震

最大応力 全ばね要素

処理したデータ

入力ボルト径

ボルト断面積

ボルト径: 12

$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$

断面積 : 113 mm<sup>2</sup>

ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

X 方向地震荷重

せん断応力 (Fx ID:6311, Fz ID:6313)

荷重方向とばね要素番号

動荷重組合せ荷重

$$F_x = \sqrt{-3.221406E+02^2 + 1.560970E+01^2} = 3.225186E+02$$

$$F_z = \sqrt{-8.298041E+00^2 + 1.916211E+02^2} = 1.918007E+02$$

Z 方向地震荷重

$$\tau = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} / A$$

$$= \sqrt{3.225186E+02^2 + 1.918007E+02^2} / 113$$

$$= 3.32071592 = 4 \text{ MPa}$$

整数値に切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

```

1 *** TEST ELAS BAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
0 **** LOAD - 1 ****
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
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

1 *** TEST ELAS GBAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
0 **** LOAD - 3 ****
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
6232 6.165662E+00 6233 5.006044E+01 6311 1.560970E+01 6312 -2.345270E+01
6313 1.916211E+02 6321 -4.177608E+00 6322 1.703155E+01 6323 1.786144E+02
    
```

表 4-4-7-1 3 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 引張応力

地震荷重の組合せ  
処理ボルト ID

ボルト ID: 632

XYZ地震 最大応力 全ばね要素

入力ボルト径

ボルト径: 12

ボルト断面積  
 $A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$   
 断面積: 113 mm<sup>2</sup>

ボルト断面積  
整数値に切り捨て(ユーザー選択)

荷重方向とばね要素番号

X 方向地震荷重  
引張応力 (Fy ID:6322)

Y 方向地震荷重

Z 方向地震荷重

動荷重組合せ荷重

$$F_y = \sqrt{1.332337E+00^2 + (-1.972257E+02)^2 + 1.703155E+01^2} = 1.979642E+02$$

$$\sigma_t = F_y / A = 1.979642E+02 / 113 = 1.7518956 = 2 \text{ MPa}$$

整数値に切り上げ

許容引張応力

$$\sigma_a = \text{Min}(f_{t0}, 1.4f_{t0} - 1.6\tau) = \text{Min}(487, 1.4 \times 487 - 1.6 \times 1.7237871)$$

せん断応力

入力許容引張応力

裕度

$$\sigma_t / \sigma_a = 1.7518956 / 487 = 0.0035973216$$

応力比 切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16							
*** TEST ELASS BAR ***							
**** LOAD - 1 ****							
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS 2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6313	-8.298041E+00	6321	1.047249E+01	6322	1.332337E+00	6323	-6.340988E+00

X 方向地震荷重

APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16							
*** TEST ELASS BAR ***							
**** LOAD - 2 ****							
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS 2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6313	-7.112422E+01	6321	5.741620E+00	6322	-1.972257E+02	6323	7.641295E+01

Y 方向地震荷重

APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16							
*** TEST ELASS CBAR ***							
**** LOAD - 3 ****							
ELEMENT ID.	FORCE	FORCES IN ELEMENT ID.	SCALAR FORCE	SPRINGS ELEMENT ID.	(CELAS 2) FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6313	1.916211E+02	6321	-4.177608E+00	6322	1.703155E+01	6323	1.786144E+02

Z 方向地震荷重

表 4-4-7-2 3 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 せん断応力

地震荷重の組合せ

処理ボルト ID

ボルト ID: 631

XYZ地震 最大応力 全ばね要素

処理したデータ

入力ボルト径

ボルト断面積

ボルト径: 12

$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$

ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

断面積: 113 mm<sup>2</sup>

荷重方向とばね要素番号

X 方向地震荷重

せん断応力 (Fx ID:6311, Fz ID:6313)

動荷重組合せ荷重

Y 方向地震荷重

Z 方向地震荷重

$$F_x = \sqrt{-3.221406E+02^2 + 1.710040E+02^2 + 1.560970E+01^2} = 3.650488E+02$$

$$F_z = \sqrt{-8.298041E+00^2 + (-7.112422E+01)^2 + 1.916211E+02^2} = 2.045633E+02$$

$$\tau = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} / A$$

$$= \sqrt{3.650488E+02^2 + 2.045633E+02^2} / 113$$

$$= 3.70316452 = 4 \text{ MPa}$$

整数値に切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

```

1 *** TEST ELAS BAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
0 **** LOAD - 1 ****
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
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

1 *** TEST ELAS BAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
0 **** LOAD - 2 ****
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
6232 -5.645465E+01 6233 7.261646E+01 6311 1.710040E+02 6312 -6.833854E+01
6313 -7.112422E+01 6321 5.741620E+00 6322 -1.972257E+02 6323 7.641295E+01

1 *** TEST ELAS CBAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
0 **** LOAD - 3 ****
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
6232 6.165662E+00 6233 5.006044E+01 6311 1.560970E+01 6312 -2.345270E+01
6313 1.916211E+02 6321 -4.177608E+00 6322 1.703155E+01 6323 1.786144E+02
    
```

表 4-4-8-1 2 方向絶対和組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 引張応力

地震荷重の組合せ

処理ボルト ID

ボルト BOLT ID: 611

処理したデータ

最大応力 全ばね要素

入力ボルト径

ボルト断面積

ボルト径: 12

$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$

ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

断面積 : 113 mm<sup>2</sup>

荷重方向とばね要素番号

X 方向地震荷重

引張応力 (Fy ID:6112)

$F_y = |1.060205E+01| + |-3.085612E+01| = 4.145817E+01$

動荷重組合せ荷重

Z 方向地震荷重

$\sigma_t = F_y / A$

$= 4.145817E+01 / 113$

$= 0.36688646 = 1 \text{ MPa}$

整数値に切り上げ

許容引張応力

$\sigma_a = \text{Min}(f_{t0}, 1.4f_{t0} - 1.6\tau) = \text{Min}(487, 1.4 \times 487 - 1.6 \times 3.89854258)$

$= 487 \text{ MPa}$

せん断応力

入力許容引張応力

裕度

$\sigma_t / \sigma_a = 0.36688646 / 487$

$= 0.0007533603$

応力比 切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

```

1 *** TEST ELASS BAR ****                                APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
**** LOAD - 1 ****
0
ELEMENT      FORCE      FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
  ID.        FORCE      ELEMENT  FORCE      ELEMENT  FORCE      ELEMENT  FORCE
   6111     -2.835869E+02   6112     1.060205E+01   6113     -5.680885E+01   6121     -6.825998E+00
1 *** TEST ELASS CBAR ****                                APRIL 7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
**** LOAD - 3 ****
0
ELEMENT      FORCE      FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
  ID.        FORCE      ELEMENT  FORCE      ELEMENT  FORCE      ELEMENT  FORCE
   6111      4.800061E+01   6112     -3.085612E+01   6113      2.332275E+02   6121     -6.697710E+00
    
```

表 4-4-8-2 2 方向絶対和組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 せん断応力

地震荷重の組合せ  
 処理ボルト ID  
 ボルト BOLT ID: 611  
 X Z 地震  
 最大応力 全ばね要素

処理したデータ

ボルト断面積  
 ボルト径: 12  
 $A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$   
 断面積 : 113 mm<sup>2</sup>  
 ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

入力ボルト径

X 方向地震荷重  
 せん断応力 (Fx ID:6111, Fz ID:6113)  
 $F_x = |-2.835869E+02| + |4.800061E+01| = 3.315875E+02$   
 $F_z = |-5.680885E+01| + |2.332275E+02| = 2.900364E+02$   
 $\tau = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} / A$   
 $= \sqrt{3.315875E+02^2 + 2.900364E+02^2} / 113$   
 $= 3.89854258 = 4 \text{ MPa}$   
 整数値に切り上げ

荷重方向とばね要素番号

動荷重組合せ荷重

Z 方向地震荷重

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

X 方向地震荷重						
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.
6111	-2.835869E+02	6112	1.060205E+01	6113	-5.680885E+01	6121

Z 方向地震荷重						
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.
6111	4.800061E+01	6112	-3.085612E+01	6113	2.332275E+02	6121

表 4-4-9-1 3 方向絶対和組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 引張応力

地震荷重の組合せ

処理ボルト ID

ボルト ID: 632

XYZ地震 最大応力 全ばね要素

処理したデータ

入力ボルト径

ボルト径: 12

ボルト断面積

断面積: 113 mm<sup>2</sup>

ボルト断面積 整数値に切り捨て(ユーザー選択)

$$A = \pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$$

荷重方向とばね要素番号

X 方向地震荷重

Y 方向地震荷重

Z 方向地震荷重

引張応力 (Fy ID: 6322)

$$F_y = |1.332337E+00| + |-1.972257E+02| + |1.703155E+01| = 2.155896E+02$$

動荷重組合せ荷重

$$\sigma_t = F_y / A = 2.155896E+02 / 113 = 1.90787245 = 2 \text{ MPa}$$

整数値に切り上げ

許容引張応力

$$\sigma_a = \text{Min}(f_{t0}, 1.4f_{t0} - 1.6\tau) = \text{Min}(487, 1.4 \times 487 - 1.6 \times 2.32002303) = 487 \text{ MPa}$$

せん断応力

入力許容引張応力

裕度

$$\sigma_t / \sigma_a = 1.90787245 / 487 = 0.0039176026$$

応力比 切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

X 方向地震荷重							
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)							
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6313	-8.298041E+00	6321	1.047249E+01	6322	1.332337E+00	6323	-6.340988E+00

Y 方向地震荷重							
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)							
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6313	-7.112422E+01	6321	5.741620E+00	6322	-1.972257E+02	6323	7.641205E+01

Z 方向地震荷重							
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)							
ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE	ELEMENT ID.	FORCE
6313	1.916211E+02	6321	-4.177608E+00	6322	1.703155E+01	6323	1.786144E+02

表 4-4-9-2 3 方向絶対和組合せ 静荷重組合せなし ばね要素荷重 せん断応力

地震荷重の組合せ  
処理ボルト ID

ボルト: XYZ地震 最大応力 全ばね要素  
BOLT ID: 611

ボルト断面積  
ボルト径: 12  
A =  $\pi \times \text{ボルト径}^2 / 4 = \pi \times 12^2 / 4 = 113$   
断面積 : 113 mm<sup>2</sup>

入力ボルト径  
ボルト断面積  
整数値に切り捨て(ユーザー選択)

X 方向地震荷重  
せん断応力 (Fx ID:6111, Fz ID:6113)  
Fx =  $| -2.835869E+02 | + | 1.187576E+02 | + | 4.800061E+01 | = 4.503451E+02$   
Fz =  $| -5.680885E+01 | + | -1.272171E+02 | + | 2.332275E+02 | = 4.172535E+02$

動荷重組合せ荷重  
Y 方向地震荷重  
Z 方向地震荷重

$\tau = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} / A$   
=  $\sqrt{4.503451E+02^2 + 4.172535E+02^2} / 113$   
= 5.43301688 = 6 MPa  
整数値に切り上げ

NASTRAN アウトプットリストの抜粋

```

1 *** TEST ELASS BAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
**** LOAD - 1 ****
0
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
6111 -2.835869E+02 6112 1.060205E+01 6113 -5.680885E+01 6121 -6.825998E+00
1 *** TEST ELASS BAR ****                                APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
**** LOAD - 2 ****
0
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
6111 1.187576E+02 6112 -4.080964E+01 6113 -1.272171E+02 6121 1.564583E+01
1 *** TEST ELASS CBAR ****                               APRIL  7, 2021 MSC Nastran 9/11/18 PAGE 16
**** LOAD - 3 ****
0
FORCES IN SCALAR SPRINGS (CELAS2)
ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE ELEMENT FORCE
ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID. ID.
6111 4.800061E+01 6112 -3.085612E+01 6113 2.332275E+02 6121 -6.697710E+00
    
```

#### 4.5 計算結果 CSV ファイル

本マクロでは全評価位置の計算結果を CSV 形式で出力している。例として表 4-4-2-1 及び表 4-4-2-2 に示す評価位置の結果を Excel のフィルター機能を使用して表示した結果を表 4-5-1 に示す。

CSV ファイルはマクロのフォルダに「ZW-PonBoDe.csv」で出力されます。

表 4-5-1 2 方向 SRSS 組合せ 静荷重組合せ有り ばね要素荷重

LOAD	ID	Fxs	Fys	Fzs	Fxd	Fyd	Fzd	Sig-t	Tau	Sig-a	Tolerance
XZ	632	-4.808238E+01	1.733944E+03	-6.002742E+02	1.127499E+01	1.708358E+01	1.787269E+02	1.549582E+01	6.913798E+00	4.870000E+02	3.181894E-02
XZ	641	1.783348E+03	2.620593E+02	8.411555E+02	2.269470E+02	1.777799E+01	1.241511E+02	2.476436E+00	1.973492E+01	4.870000E+02	5.085084E-03
YZ	632	-4.808238E+01	1.733944E+03	-6.002742E+02	7.100606E+00	1.979597E+02	1.942731E+02	1.709650E+01	7.048330E+00	4.870000E+02	3.510574E-02
YZ	641	1.783348E+03	2.620593E+02	8.411555E+02	2.054633E+02	3.255063E+01	1.391612E+02	2.607167E+00	1.962207E+01	4.870000E+02	5.353526E-03