RCCM14 – Analyse avec POST_RCCM en B3200 : groupes de partage, situations de passage

Résumé :

Ce test est un test de validation élémentaire de la commande POST_RCCM avec le TYPE_RESU_MECA='B3200'.

La solution analytique est simple, et permet de tester le post-traitement au sens du RCC-M. Les contraintes ne sont pas calculées mais extraites de tables.

Plus précisément, la modélisation A permet de tester l'option FATIGUE pour des résultats de type B3200 avec la prise en compte de groupes de partage, de situations de passage, de situations non combinables. On teste aussi la prise en compte des sous-cycles dans le calcul de fatigue.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Propriétés de matériaux

Les propriétés matériau et les caractéristiques propres au calcul RCC-M sont les suivantes :

1) module d'Young : $E=2.E+05\,MPa$;
2) constantes matériau pour le calcul de Ke : $n=0.2$, $m=2$;
3) module d'Young de référence : $E_{REFE}=2.E+05\,MPa$;
4) contrainte admissible : $Sm=200\,MPa$.

La courbe de Wöhler est définie analytiquement : $N_{adm}=\frac{5.10^5}{S_{alt}}$

1.2 Évolution des contraintes

Les contraintes sur le segment d'analyse ne sont pas calculées mais lues directement dans une table. La seule composante non nulle du tenseur des contraintes est σ_{yy} . Plusieurs situations sont considérées. Ces situations ne visent pas à représenter un transitoire réel spécifique, mais à couvrir l'ensemble des contraintes possibles (évolution constante, linéaire ou non-linéaire de la contrainte dans l'épaisseur).

Instant	**Contraintes thermiques des situations 1 et 2**			Instant	**Contraintes thermiques de la situation 3**		
	Abscisse				*Abscisse*		
	0	1	2		0	1	2
1	50	100	150	1,5	50	100	150
2	0	50	-100	2,5	0	50	-100
3	0	0	50	3,5	0	0	50
4	0	0	0				

Tableau 1.2-1 : Définition des contraintes σ_{yy} (en MPa) pour les instants de la situation 1 et de la situation 2 en fonction de l'abscisse curviligne

Dans cet exemple, les moments et la pression sont définis par deux torseurs et quatre tenseurs unitaires. Ici aussi seule la contrainte σ_{yy} est non nulle dans ces tenseurs.

Tenseur unitaire	σ_{yy}		
	Abscisse		
	0	1	2
Mom_X	50	0	0
Mom_Y	0	50	0
Mom_Z	0	0	100
$Pres$	50	0	0

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	P_A	P_B	M_{xA}	M_{yA}	M_{zA}	M_{xB}	M_{yB}	M_{zB}
Situation 1	1	10	1	-1	-1,5	-10	1	0,1
Situation 2	1	10	1	-1	-1,5	-10	1	0,1
Situation 3	0,4	1	0,4	0	-0,6	1	-1	-1,5

Tableau 1.2-2 : Définition des torseurs sur les moments (en N.mm) et la pression (en MPa) pour les situations 1, 2 et 3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

2.1.1 Premier cas

On a un seul groupe de fonctionnement qui contient les situations 1, 2 et 3 mais la situation 1 est déclarée avec combinable='NON', c'est à dire qu'elle ne peut se combiner qu'avec elle même.

Seul le calcul du facteur d'usage total à l'origine est détaillé. On cherche à remplir le tableau des facteurs d'usage élémentaires.

On calcule d'abord les grandeurs par situations puis par combinaison.

Situation 1

On calcule le Sn de la situation.

Instant	Contraintes thermiques situation 1			σ^{moyen}	$\sigma^{flexion}$	σ_0^{lin}	σ_L^{lin}
	Abscisse						
	0	1	2				
1	50	100	150	100	50	50	150
2	0	50	-100	0	-50	50	-50
3	0	0	50	12,5	25	-12,5	37,5
4	0	0	0	0	0	0	0

Tenseur unitaire	Contrainte σ_{yy}			σ^{moyen}	$\sigma^{flexion}$	σ_0^{lin}	σ_L^{lin}
	Abscisse						
	0	1	2				
Mom_X	50	0	0	12,5	-25	37,5	-12,5
Mom_Y	0	50	0	25	0	25	25
Mom_Z	0	0	100	25	50	-25	75
$Pres$	50	0	0	12,5	-25	37,5	-12,5

$$\sigma_{LIN,0}^{SITU\,1} = (P_A - P_B)\sigma_{PRES}^{LIN,0} + (M_{XA} - M_{XB})\sigma_{MX}^{LIN,0} + (M_{YA} - M_{YB})\sigma_{MY}^{LIN,0} + (M_{ZA} - M_{ZB})\sigma_{MZ}^{LIN,0} \pm \|\sigma_{THER}^{LIN}(t_1) - \sigma_{THER}^{LIN}(t_2)\|$$

$$\sigma_{LIN,0}^{SITU\,1} = (1-10)*37,5 + (1--10)*37,5 + (-1-1)*25 + (-1,5-0,1)*-25 \pm \|50--12,5\|$$

$$Sn_0^{SITU\,1} = 127,5$$

On calcule le Sp de la situation.

$$\sigma_{TOT,0}^{SITU\,1} = (P_A - P_B)\sigma_{PRES}^{0} + (M_{XA} - M_{XB})\sigma_{MX}^{0} + (M_{YA} - M_{YB})\sigma_{MY}^{0} + (M_{ZA} - M_{ZB})\sigma_{MZ}^{0} \pm \|\sigma_{THER}(t_1) - \sigma_{THER}(t_2)\|$$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

$\sigma_{TOT,0}^{SITU\,1}=(1-10)*50+(1--10)*50+(-1-1)*0+(-1,5-0,1)*0\pm\|50-0\|$

$Sp_0^{SITU\,1}=150$

Pour $Sm=200\,MPa$, on a donc $Ke=1$ et $Salt_0=\frac{1}{2}\frac{E_c}{E}Ke\,Sp_0=75\,MPa$. D'après la courbe de Wöhler on a donc $Nadm_0=\frac{500000}{Salt_0}=6667$ soit $FU_0^{SITU\,1}=1,5\,10^{-4}$.

Situation 2

De manière similaire pour la situation 2 qui a le même transitoire thermique et les mêmes torseurs en moments et pression que la situation 1 , on a

$Sn_0^{SITU\,2}=127,5$, $Sp_0^{SITU\,2}=150$ et $FU_0^{SITU\,2}=1,5\,10^{-4}$.

Situation 3

On calcule le Sn de la situation.

$\sigma_{LIN,0}^{SITU\,3}=(0,4-1)*37,5+(0,4-1)*37,5+(0--1)*25+(-0,6--1,5)*-25\pm\|50--12,5\|$

$Sn_0^{SITU\,3}=105$

On calcule le Sp de la situation.

$\sigma_{TOT,0}^{SITU\,3}=(0,4-1)*50+(0,4-1)*50+(0--1)*0+(-0,6--1,5)*0\pm\|50-0\|$

$Sp_0^{SITU\,3}=110$

Pour $Sm=200\,MPa$, on a donc $Ke=1$ et $Salt_0=\frac{1}{2}\frac{E_c}{E}Ke\,Sp_0=55\,MPa$ soit $FU_0^{SITU\,3}=1,1\,10^{-4}$.

Combinaison des situations 2 et 3

La situation 1 n'étant combinable qu'avec elle même,on calcule la combinaison des situations 2 et 3.

On calcule le Sn de la situation.

On maximise la partie sur les moments et la pression, il y a 4 possibilités :

- Etat A de la situation 2 et état A de la situation 3 .

$\sigma_{LIN,0}=(1-0,4)*37,5+(1-0,4)*37,5+(-1-0)*25+(-1,5--0,6)*-25=42,5$

- Etat A de la situation 2 et état B de la situation 3 .

$\sigma_{LIN,0}=(1-1)*37,5+(1-1)*37,5+(-1--1)*25+(-1,5--1,5)*-25=0$

- Etat B de la situation 2 et état B de la situation 3 .

$\sigma_{LIN,0}=(10-1)*37,5+(-10-1)*37,5+(1--1)*25+(0,1--1,5)*-25=-65$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- Etat B de la situation 2 et état A de la situation 3 .

$$\sigma_{LIN,0}=(10-0,4)*37,5+(-10-0,4)*37,5+(1-0)*25+(0,1--0,6)*-25=12,5$$

Au final on a $Sn_0^{SITUS\,2,3}=-65\pm\|50--12,5\|=127,5$.

On calcule le Sp de la combinaison de manière similaire . On maximise la partie sur les moments et la pression, il y a 4 possibilités :

- Etat A de la situation 2 et état A de la situation 3 .

$$\sigma_{LIN,0}=(1-0,4)*50+(1-0,4)*50+(-1-0)*0+(-1,5--0,6)*0=60$$

- Etat A de la situation 2 et état B de la situation 3 .

$$\sigma_{LIN,0}=(1-1)*50+(1-1)*50+(-1--1)*0+(-1,5--1,5)*0=0$$

- Etat B de la situation 2 et état B de la situation 3 .

$$\sigma_{LIN,0}=(10-1)*50+(-10-1)*50+(1--1)*0+(0,1--1,5)*0=-100$$

- Etat B de la situation 2 et état A de la situation 3 .

$$\sigma_{LIN,0}=(10-0,4)*50+(-10-0,4)*50+(1-0)*0+(0,1--0,6)*0=-40$$

Au final on a en combinant les instants 1 et 2,5 $Sp_0^1=-100\pm\|50-0\|=150$ qui n'est pas plus grand que l'amplitude Sp de la situation 2 seule, la combinaison des situations 2 et 3 est donc ces deux situations prises séparément c'est à dire :

$Sp_0^1=Sp_0^{SITU\,2}$ et $Sp_0^2=Sp_0^{SITU\,3}$ et donc

$$FU=FU_0^{SITU\,2}+FU_0^{SITU\,3}=1,5.10^{-4}+1,1.10^{-4}=2,6.10^{-4}\quad .$$

Le tableau des facteurs d'usage élémentaires à l'origine est donc

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Situation 1	$1,5\,10^{-4}$		
Situation 2		$1,5\,10^{-4}$	$2,6\,10^{-4}$
Situation 3			$1,1\,10^{-4}$

Sachant que $Nocc_1=1$, $Nocc_2=7$ et $Nocc_3=10$ on a,

$$FU_{TOTAL}^{ORI}=7*2,6.10^{-4}+1*1,5.10^{-4}+3*1,1.10^{-4}=2,3.10^{-3}\quad .$$

2.1.2 Deuxième cas

On a deux groupe s de fonctionnement. Le groupe 1 contient les situations 1, 2 et le groupe 2 contient la situation 3 mais la situation 1 est déclarée avec combinable='NON', c'est à dire qu'elle ne peut se combiner qu'avec elle même.

Seul le calcul du facteur d'usage total à l'origine est détaillé. On connaît déjà le tableau des facteurs d'usage élémentaires. C'est le même que dans le premier exemple sauf que les situations 2 et 3 ne peuvent plus se combiner car elles ne sont pas dans le même groupe.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Situation 1	$1,5\,10^{-4}$		
Situation 2		$1,5\,10^{-4}$	
Situation 3			$1,1\,10^{-4}$

Sachant que $Nocc_1=1$, $Nocc_2=7$ et $Nocc_3=10$ on a,

$FU_{TOTAL}^{ORI}=1*1,5.10^{-4}+7*1,5.10^{-4}+10*1,1.10^{-4}=2,3.10^{-3}$.

2.1.3 Troisième cas

On a deux groupe s de fonctionnement et une situation de passage . Le groupe 1 contient les situations 1 et 2 et le groupe 2 contient l es situation s 1 et 3. L a situation 1 est une situation de passage entre les groupes 1 et 2, c'est à dire que les situations 2 et 3 ne peuvent être combinées que via ce passage.

Seul le calcul du facteur d'usage total à l'origine est détaillé. On connaît déjà certains termes du tableau des facteurs d'usage élémentaires. Il manque la combinaison des situations 1 et 2 et la combinaison de 1 et 3. On ne détaille pas le calcul de ces facteurs d'usage élémentaires.

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Situation 1	$1,5\,10^{-4}$	$1,5\,10^{-4}$	$2,5\,10^{-4}$
Situation 2		$1,5\,10^{-4}$	$2,6\,10^{-4}$
Situation 3			$1,1\,10^{-4}$

Sachant que $Nocc_1=1$, $Nocc_2=7$ et $Nocc_3=10$ on a,

$FU_{TOTAL}^{ORI}=1*2,6.10^{-4}+6*1,5.10^{-4}+9*1,1.10^{-4}=2,15.10^{-3}$ .La première partie de ce facteur d'usage est due à la combinaison de 2 et 3 à laquelle on applique le nombre d'occurrences $Nocc=min(Nocc_{2,}Nocc_{3,}Npass)=min(Nocc_{2,}Nocc_{3,}Nocc_1)=1$.

2.1.4 Quatrième cas

On a deux groupe s de fonctionnement. Le groupe 1 contient les situations 1, 2 et le groupe 2 contient la situation 3 mais la situation 1 est déclarée avec combinable='NON', c'est à dire qu'elle ne peut se combiner qu'avec elle même. Il existe un groupe de partage mais qui ne contient que la situation 3.

Ce quatrième cas est donc similaire au deuxième cas. Soit

$FU_{TOTAL}^{ORI}=1*1,5.10^{-4}+7*1,5.10^{-4}+10*1,1.10^{-4}=2,3.10^{-3}$

2.1.5 Cinqu ième cas

On a deux groupe s de fonctionnement. Le groupe 1 contient l a situation 1 et le groupe 2 contient l es situation s 2 et 3. Il existe un groupe de partage qui contient l es situation s 2 et 3.

Le tableau des facteurs d'usage élémentaires est l

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Situation 1	$1,5\,10^{-4}$		
Situation 2		$1,5\,10^{-4}$	$2,6\,10^{-4}$
Situation 3			$1,1\,10^{-4}$

Sachant que $Nocc_1=1$, $Nocc_2=10$ et $Nocc_3=10$ on a,

$$FU_{TOTAL}^{ORI}=10*2,6.10^{-4}+1*1,5.10^{-4}=2,75.10^{-3}$$

2.1.6 S ix ième cas

On a deux groupe s de fonctionnement. Le groupe 1 contient l es situation 1 et 2 mais la situation 1 n'est combinable qu'avec elle même. L e groupe 2 contient l a situation 3. Il existe un groupe de partage qui contient l es situation s 2 et 3.

Le tableau des facteurs d'usage élémentaires est l

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Situation 1	$1,5\,10^{-4}$		
Situation 2		$1,5\,10^{-4}$	
Situation 3			$1,1\,10^{-4}$

Sachant que $Nocc_1=1$, $Nocc_2=7$ et $Nocc_3=10$ on a,

$$FU_{TOTAL}^{ORI}=1*1,5.10^{-4}+7*1,5.10^{-4}+3*1,1.10^{-4}=1,53.10^{-3}$$

2.2 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Aucun calcul thermique ou mécanique n'est réalisé dans ce test : les tableaux de relevés de contraintes sont directement fournis à l'opérateur POST_RCCM. Les résultats de type B3200 sont analysés pour l'option FATIGUE.

3.2 Grandeurs testées et résultats

Sur ce cas test simple, l'ensemble des résultats testés est en accord avec la solution de référence avec une précision de 10^{-4} %

- pour le calcul de Sn , de Sp , de $Salt$ et du facteur d'usage,
- avec des situations de passage
- avec des groupes de partage
- avec prise en compte des sous-cycles.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Les résultats sont exacts et montrent que l'opérateur POST_RCCM sélectionne correctement les quantités à traiter et calcule correctement les intégrales (moyennes sur les segments) pour les résultats de type B3200.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)