



**VTT TECHNICAL RESEARCH
CENTRE OF FINLAND**

VTT BUILDING AND TRANSPORT
Kemistintie 3, Espoo
P.O.Box 1805, FIN-02044 VTT, Finland
Telephone : + 358 9 4561
Fax : + 358 9 456 7003

FEUILLE DE CALCUL

Affaire n°	R0SU00658	Page	1 sur 3	Rév	B
Nom Affaire	Projet de Valorisation CECA : Utilisation de l'INOX				
Sujet	Exemple 4 – Résistance à la fatigue dans un assemblage soudé de tubes à sections rectangulaires				
Client CECA	Rédigé par	AAT	Date	Juin 2002	
	Vérifié par	JEK	Date	Juin 2002	
	Révisé par	MEB	Date	Avril 2006	

EXEMPLE DE CALCUL N°4 – RÉSISTANCE À LA FATIGUE DANS UN ASSEMBLAGE SOUDÉ DE TUBES À SECTIONS RECTANGULAIRES

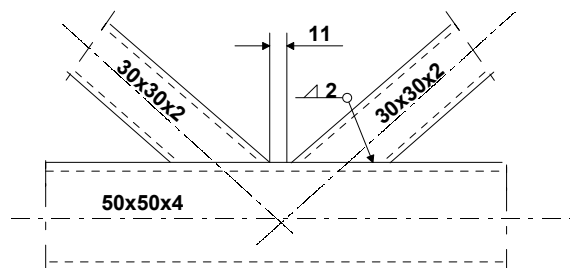
Cet exemple concerne la résistance à la fatigue de la membrure d'une poutre à treillis de sections creuses au niveau d'un nœud d'assemblage soudé. La fatigue peut poser problème dans les structures en acier inoxydable qui sont soumises à des variations répétées de contraintes. Par exemple, les problèmes de fatigue dans les assemblages soudés de poutres à treillis à sections creuses peuvent nécessiter une étude spécifique dans les plates-formes offshore, les mâts, les cheminées, les ponts, les grues, les ponts roulants et les matériels de transport.

L'EN 1993-1-9:2005 pour le calcul de la résistance à la fatigue des structures en acier est également applicable à l'acier inoxydable. Par conséquent, dans cet exemple, les références aux chapitres et clauses renvoient à l'EN 1993-1-9:2005.

L'exemple décrit les étapes de calcul suivantes pour la vérification de la résistance à la fatigue :

- détermination de la courbe de résistance à la fatigue (la catégorie de détail)
- détermination des effets des moments secondaires de flexion dans l'assemblage
- détermination des coefficients partiels pour la fatigue et
- évaluation de la résistance à la fatigue pour un chargement à amplitude variable.

Les membrures et les diagonales dans l'assemblage sont des sections creuses rectangulaires (RHS) de dimensions respectives 50×50×4 et 30×30×2. L'acier inoxydable est de nuance 1.4301 avec une limite d'élasticité conventionnelle à 0,2 % égale à 220 MPa.



Actions

Le spectre de contraintes de fatigue dans la membrure déterminé pour la durée de vie requise est :

Étendue de contrainte nominale	Nombre de cycles
$\Delta\sigma_1 = 100 \text{ MPa}$	$n_1 = 10 \times 10^3$
$\Delta\sigma_2 = 70 \text{ MPa}$	$n_2 = 100 \times 10^3$
$\Delta\sigma_3 = 40 \text{ MPa}$	$n_3 = 1000 \times 10^3$

Chapitre 8



**VTT TECHNICAL RESEARCH
CENTRE OF FINLAND**

VTT BUILDING AND TRANSPORT
Kemistintie 3, Espoo
P.O.Box 1805, FIN-02044 VTT, Finland
Telephone : + 358 9 4561
Fax : + 358 9 456 7003

FEUILLE DE CALCUL

Affaire n°	R0SU00658	Page	2 sur 3	Rév	B
Nom Affaire	Projet de Valorisation CECA : Utilisation de l'INOX				
Sujet	Exemple 4 – Résistance à la fatigue dans un assemblage soudé de tubes à sections rectangulaires				
Client CECA	Rédigé par	AAT	Date	Juin 2002	
	Vérifié par	JEK	Date	Juin 2002	
	Révisé par	MEB	Date	Avril 2006	

Analyse structurale

La catégorie de détail de l'assemblage dépend des dimensions de la membrure et des diagonales. Dans cet exemple $b_0 = 50 \text{ mm}$, $b_i = 30 \text{ mm}$, $t_0 = 4 \text{ mm}$ et $t_i = 2 \text{ mm}$.

Comme $t_0 / t_i = 2$, la catégorie de détail est 71.

Comme $0,5(b_0 - b_i) = 10 \text{ mm}$, $g = 11 \text{ mm}$, $1,1(b_0 - b_i) = 22 \text{ mm}$ et $2t_0 = 8 \text{ mm}$, l'assemblage satisfait aussi aux conditions $0,5(b_0 - b_i) \leq g \leq 1,1(b_0 - b_i)$ et $g \geq 2t_0$.

Effets des moments de flexion secondaires dans l'assemblage

Les effets des moments de flexion secondaires sont pris en compte en multipliant les étendues de contrainte résultant des efforts axiaux dans les éléments par le coefficient $k_{1,0} = 1,5$

Coefficients partiels

Lorsque la structure est supposée tolérante à l'endommagement et que les conséquences de la ruine sont faibles, le coefficient partiel de sécurité pour la fatigue est $\gamma_{Mf} = 1,0$.

Le coefficient partiel pour le chargement est $\gamma_{Ff} = 1,0$.

Évaluation de la fatigue

L'étendue de contrainte de référence correspondant à 2×10^6 cycles sur la courbe correspondant à la catégorie de détail 71 est :

$$\Delta\sigma_c = 71 \text{ MPa}$$

La courbe de résistance à la fatigue pour les poutres à treillis est de pente constante $m = 5$

Le nombre de cycles correspondant à l'étendue de contrainte nominale $\Delta\sigma_i$ est :

$$N_i = 2 \times 10^6 \left[\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} (k_{1,0} \Delta\sigma_i)} \right]^m \text{ et}$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_1 = 100 \text{ MPa} & & N_1 = 47,5 \times 10^3 \\ \Delta\sigma_2 = 70 \text{ MPa} & & N_2 = 283 \times 10^3 \\ \Delta\sigma_3 = 40 \text{ MPa} & & N_3 = 4640 \times 10^3 \end{aligned}$$

Toutes les références ci-dessous sont relatives à l'EN 1993-1-9:2005

Tableau 8.7

Tableau 8.7

Clause 4 (2),
Tableau 4.1

Clause 3 (7),
Tableau 3.1

Figure 7.1



**VTT TECHNICAL RESEARCH
CENTRE OF FINLAND**

VTT BUILDING AND TRANSPORT
Kemistintie 3, Espoo
P.O.Box 1805, FIN-02044 VTT, Finland
Telephone : + 358 9 4561
Fax : + 358 9 456 7003

FEUILLE DE CALCUL

Affaire n°	R0SU00658	Page	3 sur 3	Rév	B
Nom Affaire	Projet de Valorisation CECA : Utilisation de l'INOX				
Sujet	Exemple 4 – Résistance à la fatigue dans un assemblage soudé de tubes à sections rectangulaires				
Client CECA	Rédigé par	AAT	Date	Juin 2002	
	Vérifié par	JEK	Date	Juin 2002	
	Révisé par	MEB	Date	Avril 2006	

Règle de dommage cumulé (règle de Palmgren-Miner)

Le dommage partiel résultant de n_i cycles de l'étendue de contrainte $\Delta\sigma_i$ est :

$D_{d,i} = n_{Ei} / N_{Ei}$. Ainsi, pour :

$$\Delta\sigma_1 = 100 \text{ MPa} \quad D_{d,1} = 0,21$$

$$\Delta\sigma_2 = 70 \text{ MPa} \quad D_{d,2} = 0,35$$

$$\Delta\sigma_3 = 40 \text{ MPa} \quad D_{d,3} = 0,22$$

Le dommage cumulé pendant la durée de vie de calcul est :

$$D_d = \sum_i^n \frac{n_{Ei}}{N_{Ei}} = \sum D_{d,i} = 0,78$$

Comme le dommage cumulé est inférieur à l'unité, la durée de vie de calcul obtenue pour la membrure est plus élevée que la durée de vie de calcul requise.

La méthode décrite ci-dessus peut être aussi répétée pour la diagonale.

A.5 (1)

A.5 (1)

Clause 8(4)

