

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Autor: M.Sc. Ing. Naval Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Organizan:

Agenda

- Introducción
- Variables y formulas consideradas
- Frecuencia natural de un panel laminado simple – Leissa modificada
- Frecuencia natural de un panel con refuerzo – Formula posinomial propuesta
- Frecuencia natural de un refuerzo con panel asociado – Formula propuesta
- Validación de resultados
- Conclusiones

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Introducción

Actualmente las Sociedades Clasificadoras tienen fórmulas para estimar la frecuencia natural de paneles y refuerzos en forma independiente

En la siguiente investigación se va presentar una formula para estimar la frecuencia del conjunto paneles con refuerzos laminados.

Se han desarrollado 684 modelos tomando en consideración las variaciones mas frecuentes en la construcción de paneles.

Introducción...

Se ha seleccionado usar la formula posinomial para relacionar las 14 variables dimensionales de los modelos propuestos.

$$f'' = a_0 X_1^{R_1} X_2^{R_2} \dots X_n^{R_n}$$

La medida de merito asignada para relacionar estas variables ha sido:

1. Encontrar términos adimensionales
2. Encontrar correlaciones superior a 0.99

Variables y formulas consideradas

- Numero de refuerzos, n
- Ancho de base del refuerzo, b_w
- Razón de aspecto, r_a
- Ancho de panel simple, M_i
- Radio de giro longitudinal, R_M
- Radio de giro transversal, R_L
- Módulo de rigidez equivalente del panel, E_{PL}
- Módulo de rigidez equivalente del refuerzo más plancha asociada, E_R
- Inercia transversal del panel, I_{PL}
- Inercia del refuerzo más plancha asociada, I_R
- Espesor del panel, t_{PL}
- Espesor de refuerzo, t_R
- Área transversal del refuerzo, A_R
- Área transversal de panel, A_{PL}

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

VARIABLES Y FORMULAS CONSIDERADAS

- L ancho de panel con refuerzo
- M largo del panel

$$L = (n + 1) \cdot M_i$$

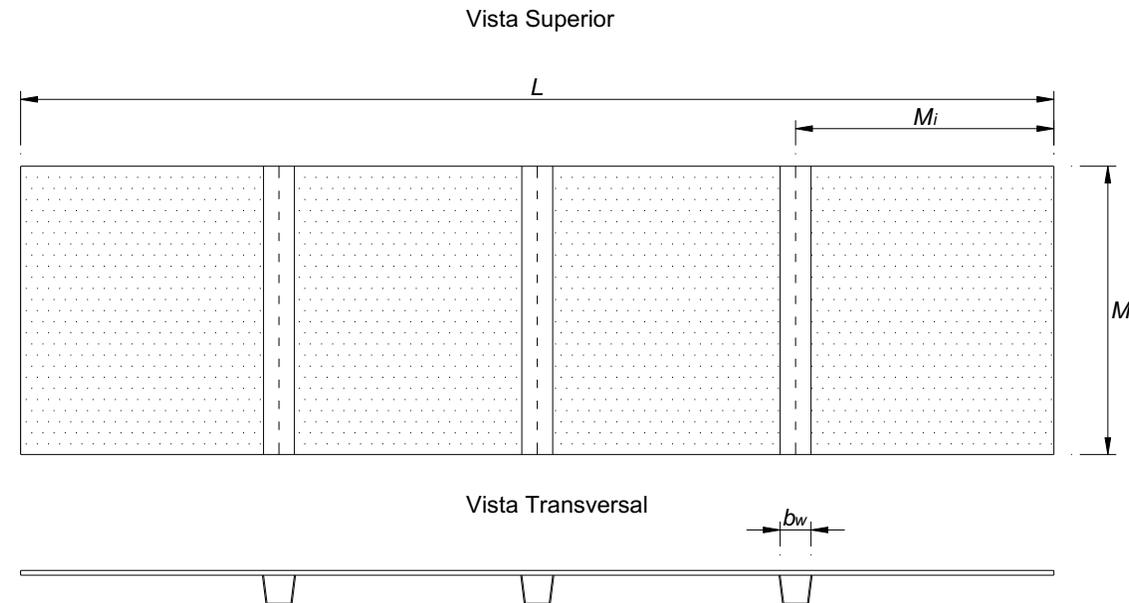
$$M = r_a \cdot M_i$$

- m'' es la relación entre el producto del módulo de elasticidad y el área transversal, del panel y el panel con refuerzo

$$m'' = \frac{m_{PL}}{m_{PL} + m_R}$$

$$m_{PL} = E_{PL} \cdot A_{PL}$$

$$m_R = E_R \cdot A_R$$



Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Variables y formulas consideradas

Las variables se las ha agrupado de tal manera que la regresión obtenida tenga el menor error posible. Los términos que intervienen en la formula posinomial

son:

- $\ln(L/R_M)$
- $\ln(E_{PL} \cdot L \cdot t_{PL})$
- $\ln(n+1)$
- $I_R \cdot E_R \cdot t_R / I_{PL} \cdot E_{PL} \cdot t_{PL}$
- $M/(M_i - b_w)$
- m''
- R_L / M
- $\ln(E_{PL} \cdot M \cdot t_{PL})$

$$f'' = \frac{f_{PL}}{f_{PLR}}$$

f'' es la relación entre la frecuencia del panel compuesto sin refuerzo f_{PL} y la frecuencia del panel con refuerzo f_{PLR}

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Frecuencia natural de un panel laminado simple – Leissa, N modificada

La frecuencia de un panel simple se define mediante la fórmula empírica propuesta por Leissa

$$f_{PL}^2 = \frac{\pi^4 \cdot D \cdot K}{a^4 \cdot \rho \cdot N}$$

$$D = \frac{E_{PL} \cdot t_{PL}^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad K = 12 + 8 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 + 12 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^4$$

Modificando el coeficiente regresional N para varios relaciones de Poisson ν [0.1-0.4].

$$N = a_0 \cdot \left(\frac{E_{PL}}{E_N}\right)^{R_1} \cdot \left(\frac{\rho_{PL}}{\rho_N}\right)^{R_2} \cdot \nu^{R_3}$$

a_0	0.202
R_1	2.270
R_2	-4.623
R_3	-0.156

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

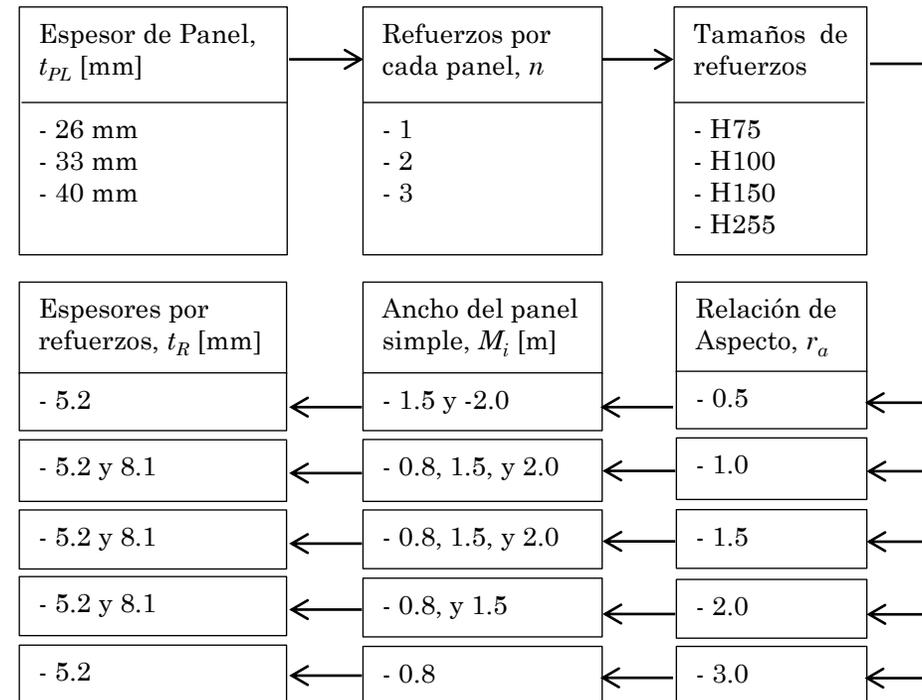
Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Frecuencia natural de un panel con refuerzo – Formula posinomial propuesta

Base de datos



Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz
Coautor: Dr. José A. Fraguela
Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Frecuencia natural de un panel con refuerzo, f_{PLR} : Formula posinomial propuesta

La formula propuesta para estimar la frecuencia de un panel con refuerzos es:

$$f'' = \frac{a_0 \ln\left(\frac{L}{R_M}\right)^{R_1} \ln(E_{PL} \cdot L \cdot t_{PL})^{R_2} \ln(n+1)^{R_3} \left(\frac{I_R E_R t_R}{I_{PL} E_{PL} t_{PL}}\right)^{R_4} \left(\frac{M}{M_i - b_w}\right)^{R_5}}{m''^{R_6} \left(\frac{R_L}{M}\right)^{R_7} \ln(E_{PL} \cdot M \cdot t_{PL})^{R_8}}$$

Los coeficientes posinomiales son:

r_a	a_0	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
0.5	3.38E+00	0.1534	0.279	-0.0678	-0.0121	-0.2619	0.2975	-0.0167
1	8.56E+01	0.8897	-3.438	-0.1360	-0.0879	-0.4413	0.6148	-0.1149
1.5	5.25E+03	1.8488	-6.447	-0.3907	-0.2143	-0.8327	1.1601	-0.2302
2	4.40E+04	0.9168	-3.477	-0.5481	-0.2431	0.1677	1.2911	0.0323
3	4.46E+15	1.8628	-13.689	-0.6240	-0.3964	0.0000	2.8021	0.0079

De donde se obtiene:

$$f_{PLR} = \frac{f_{PL}}{f''}$$

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Frecuencia natural de un refuerzo con panel asociado, f_R – Formula propuesta

La fórmula de la frecuencia de un refuerzo con plancha asociada es desarrollado para el caso de extremos empotrados. Esta fórmula ha sido deducida a partir de las siguientes ecuaciones:

$$m \cdot x''(t) + c \cdot x'(t) + k \cdot x(t) = 0 \quad \text{siendo } c=0$$

$$x''(t) + \omega^2 \cdot x(t) = 0$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

Donde k es deducida a partir de la fórmula de flexión de vigas

$$k = \frac{384 \cdot E \cdot I}{l^3}$$

$$m = \frac{A \cdot \gamma \cdot l}{g}$$

$$\omega^2 = (2\pi)^2 f_R^2$$

De donde se obtiene:

$$f_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{384 \cdot E_R \cdot I_R \cdot g}{A_{RPA} \cdot \gamma \cdot l^4}}$$

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

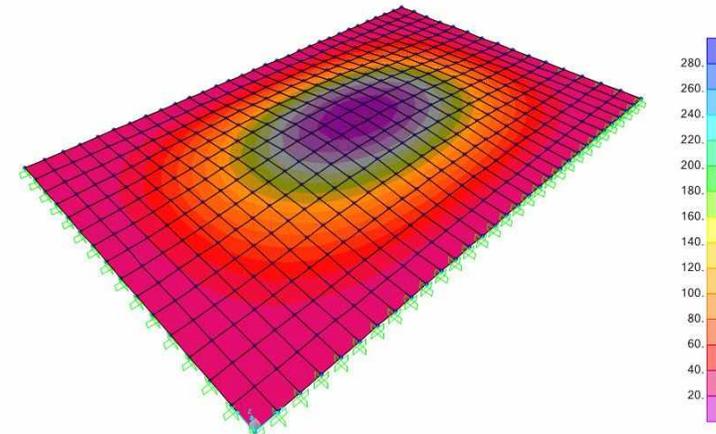
Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Validación de resultados

Como ejemplo se ha tomado un panel de 34 mm de espesor con refuerzos tipo omega de 125 mm de alto y 5.2 mm de espesor.

Los resultados obtenidos son:

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.03027; f = 33.03518



Elemento	Frecuencias Estimadas [Hz]	Frecuencias MEF [Hz]	Error [%]
Panel con refuerzos, f_{PLR}	25.25	23.74	5.96
Refuerzo más ancho efectivo, f_R	58.38	60.78	4.10
Panel simple, f_{PL}	32.88	33.03	0.47
Frecuencia de aspa de hélice, f_{Blade}	50.90		-

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz
Coautor: Dr. José A. Fraguela
Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Conclusiones

- La fórmula para estimar la frecuencia de un panel laminado simple (sin refuerzo), con bordes empotrados, propuesta en la fórmula de Leissa es para un valor de Poisson de $\nu = 0.25$, por esta razón la fórmula ha sido modificada para ampliar el intervalo de Poisson en una variación de ν [0.1 a 0.4].
- La fórmula para estimar la frecuencia de un refuerzo compuesto con panel asociado, bordes empotrados, ha sido deducida en base a la ecuación de movimiento.

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguera

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.

Conclusiones

- La fórmula para estimar la frecuencia de un panel laminado con refuerzos, bordes empotrados, ha sido propuesta a partir de un análisis regresional. De los ejemplos desarrollados para validar la aplicación de esta fórmula, se tiene que es conveniente usarla en la etapa de diseño preliminar y dentro de los siguientes rangos recomendados.
 - Numero de refuerzos: desde 1 a 3,
 - Espesores de refuerzos de 5.2 mm y 8.1 mm,
 - Espesores de panel de: 26, 33 y 40 mm.

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles laminados con refuerzos de fibra de vidrio: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.



Colombia mar 2019

Autor: MSc. Franklin J. Domínguez Ruiz

Coautor: Dr. José A. Fraguela

Coautor: Dr. Luis M. Carral Couce

Paneles con refuerzos laminados con fibra de vidrio reforzada: propuesta para estimar la frecuencia de vibración natural.