PROBLEMAS DE AEROELASTICIDAD

Ejercicio 16

Dentro de la validez de la teoría aerodinámica bidimensional, incompresible, no estacionaria se desea estudiar la respuesta de un puente frente a ráfagas. Para ello se considera una sección característica de anchura $2b$ y masa por unidad de envergadura M en presencia de un viento con velocidad horizontal U_∞. Repentinamente, y durante un tiempo t_1, aparece una velocidad vertical uniforme $w_0 << U_\infty$. Teniendo en cuenta que tanto el espesor como el desplazamiento vertical de la sección característica son pequeños frente a su anchura, calcular la evolución temporal de la velocidad vertical de la sección, considerando que no gira y que la rigidez a flexión en la sección analizada es $M\omega_h^2$.

Dibujar el resultado anterior cuando la masa vale $M = 4384$ kg·m^{-1}, la anchura del puente es 4 m, la rigidez a flexión es nula y la duración de la ráfaga es infinita.

Calcular la respuesta en el plano de Laplace

PROBLEMAS DE AEROELASTICIDAD

Ejercicio 17

Determinar el factor de carga de un ala rígida pero libre de desplazarse verticalmente cuando encuentra una ráfaga de intensidad $W_G(s) = W_o\cos(\Omega s)$, siendo $s = U_\infty t/b$ el tiempo adimensional, b la semicuerda del ala y las funciones de Wagner y Küssner aproximandose por:

$$\Phi(s) = 1 - 0.165\, e^{-0.0455\, s} - 0.335\, e^{-0.300\, s}$$

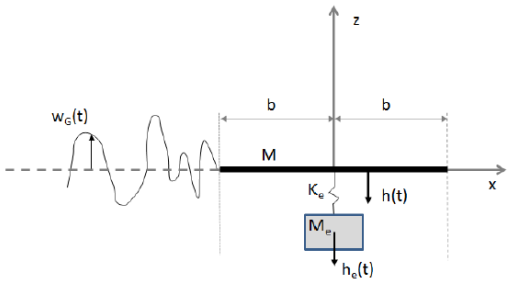
y

$$\psi(s) = 1 - 0.500\, e^{-0.130\, s} - 0.500\, e^{-s}$$

Expresar el resultado en función de parámetros adimensionales.

Enunciado: La figura inferior es un modelo de tunel construído para simular el efecto de la flexibilidad de la unión motor-ala en la respuesta a ráfaga.
El perfil tiene cuerda 2b y envergadura unitaria. La masa del perfil es M y la aerodinámica puede considerarse bidimensional e incompresible. El perfil tiene un sólo grado de libertad de desplazamiento vertical absoluto h (positivo hacia abajo).
El motor tiene masa M_e y la rigidez de la unión motor-ala es K_e, de forma que la frecuencia característica del modo de motor es $\omega_e = \sqrt{K_e/M_e}$. El motor tiene un sólo grado de libertad de desplazamiento absoluto vertical h_e (positivo hacia abajo) y no se consideran cargas aerodinámicas no estacionarias sobre él.
Se pide:

1. (2 puntos) Formular la ecuación dinámica de movimiento vertical del perfil y la de movimiento del motor en el dominio del tiempo, utilizando la variable adimensional $s = U_\infty t/b$.
2. (1 punto) Adimensionalizar la ecuación del movimiento del perfil dividiendo por $2\pi\rho_\infty U_\infty^2$. Deben aparecer los siguientes parámetros adimensionales: $\lambda = M/4\pi\rho_\infty b^2$, $\Lambda = M_e/M$ y $k_e = \omega_e b/U_\infty$.
3. (1 punto) Adimensionalizar la del movimiento del motor dividiendo por M_e y operar de forma que aparezca la variable adimensional k_e.
4. (2 puntos) Expresar las dos ecuaciones anteriores en el dominio de Laplace, denotando las transformadas de Laplace con una barra horizontal, es decir, $\bar{h}$, $\bar{h}_e$, $\bar{\Phi}$, $\bar{\Psi}$ y $\bar{w}_G$.
5. (2 puntos) Despejar la transformada de Laplace adimensional de la aceleración del perfil, es decir, $p^2\bar{h}/b$. La expresión final deberá escribirse tal y como se detalla en la nota 4 (ver abajo).
6. (2 puntos) Determinar la relación de aceleraciones entre motor y perfil en el plano de Laplace, es decir, la relación $\left(p^2\bar{h}_e/b\right) / \left(p^2\bar{h}/b\right)$. Comprobar dicha relación en los casos extremos de "motor desconectado" y "unión motor-ala infinitamente rígida".



NOTA:NOTA:

1. La sustentación (positiva hacia arriba) debido al movimiento del perfil viene dada por:
   $L_M = +\pi\rho_\infty U_\infty^2 \left[\ddot{h}(s) + 2\int_0^s \ddot{h}(\sigma)\Phi(s-\sigma)\,d\sigma\right]$
2. La sustentación (positiva hacia arriba) debido a una ráfaga de intensidad w_G viene dada por:
   $L_G = +2\pi\rho_\infty U_\infty^2 b \int_0^s (w_G(\sigma)/U_\infty)\Psi'(s-\sigma)d\sigma$
3. Nótese que, para la coordenada $h(t)$ tal y como se ha definido, las fuerzas generalizadas son $Q_{h(M)} = -L_M$ y $Q_{h(G)} = -L_G$.
4. Se demuestra que la aceleración adimensionalizada viene dada por la ecuación $\dfrac{p^2\bar{h}}{b} = -\dfrac{\dfrac{\bar{w}_G}{U_\infty} p\bar{\Psi}}{2\lambda + \dfrac{1}{2} + \bar{\Phi} + [...]}$. Si [...] se hace cero corresponde a perfil sin motor, es decir, las ecuación formulada en la clase de teoría.