



CELERIDAD DE LA ONDA DE PRESION EN CONDUCTOS CERRADOS

En clases vimos que la celeridad de la onda de presión puede expresarse en forma general como:

$$a = \sqrt{\frac{K/\rho}{1 + \Psi K/E}}$$

donde Ψ es un parámetro adimensional que depende de las propiedades elásticas del conducto, E es el módulo de Young del material de las paredes del conducto, K y ρ son el módulo de elasticidad y densidad del fluido, respectivamente.

EXPRESIONES PARA Ψ

1.- *TUBERIA RIGIDA:* $\Psi = 0$

2.- *TUBERIAS ELASTICAS DE GRAN ESPESOR:*

a.- *Tubería anclada contra movimiento longitudinal:* $\Psi = 2(1 + \nu) \left(\frac{R_0^2 + R_1^2}{R_0^2 - R_1^2} - 2\nu \frac{R_1^2}{R_0^2 - R_1^2} \right)$

donde ν es la razón de Poisson, R_0 es el radio externo y R_1 es el radio interno.

b.- *Tubería anclada en su extremo de aguas arriba:* $\Psi = 2 \left(\frac{R_0^2 + 1,5R_1^2}{R_0^2 - R_1^2} + \nu \frac{R_0^2 - 3R_1^2}{R_0^2 - R_1^2} \right)$

c.- *Tubería anclada con muchas juntas de expansión:* $\Psi = 2 \left(\frac{R_0^2 + R_1^2}{R_0^2 - R_1^2} + \nu \right)$

3.- *TUBERIAS ELASTICAS DELGADAS:*

a.- *Tuberías con anclajes en toda su longitud:* $\Psi = \frac{D}{e}(1 - \nu^2)$

donde D es el diámetro de la tubería y e su espesor.

b.- *Tubería anclada en su extremo de aguas arriba:* $\Psi = \frac{D}{e} \left(1 - \frac{\nu}{2} \right)$

c.- *Tuberías con juntas de expansión:* $\Psi = \frac{D}{e}$



4.- TUNELES EXCAVADOS EN ROCA :

a.- Túnel no alineado : $\Psi = 1$, $E = G$, donde G es el módulo de rigidez de la roca.

b.- Túnel forrado con acero:
$$\Psi = \frac{DE}{GD + Ee}$$

donde E es el módulo de elasticidad del acero y e el espesor del forro de acero.

5.- TUBERIAS DE CONCRETO REFORZADO:

La tubería de concreto se reemplaza por una de acero que tenga un espesor equivalente, e_{eq} , dado por:

$$e_{eq} = E_R e_C + \frac{A_S}{s_S}$$

donde e_C es el espesor de la tubería, A_S y s_S son el área de la sección transversal y el espaciamiento de la enfierradura, respectivamente. E_R es la razón entre el módulo de elasticidad del concreto y del acero. Usualmente esta razón varía entre 0,06 y 0,1, pero se recomienda usar 0,05, debido a posibles fisuras en el hormigón.

El valor de e_{eq} y el módulo de elasticidad del acero se ocupan en la expresión para calcular la celeridad de la onda de presión.

6.- CONDUCTOS NO CIRCULARES:

a.- Conducto rectangular delgado:
$$\Psi = \frac{\beta b^4}{15e^3 d}$$

$$\beta = \frac{1}{2}(6 - 5\alpha) + \frac{1}{2}\left(\frac{d}{b}\right)^3 \left(6 - 5\left(\frac{b}{d}\right)^2\right) \quad \alpha = \frac{1 + (d/b)^3}{1 + d/b}$$

donde b es el lado más largo del rectángulo y d el más corto.

b.- Conducto de sección cuadrada de pared gruesa:
$$\Psi = \frac{1}{15}\left(\frac{s}{e}\right)^3 + \frac{s}{e}\left(1 + \frac{E}{2G}\right), \quad \frac{s}{e} < 20$$

donde e es el espesor de la pared, s es el lado exterior del cuadrado, E el módulo de elasticidad y G el módulo de corte del material de la pared.

c.- Conducto hexagonal cuadrado:
$$\Psi = 0,0385\left(\frac{s}{e}\right)^3$$

donde s es la longitud de uno de los lados del hexágono.

Referencia:

Chaudhry, H. (1987), *Applied Hydraulic Transients*
2nd Ed., van Nostrand Reinhold