

Modelado de propagación de ondas viscoelásticas en medios fracturados

Objetivo

Modelar la propagación de ondas en medios fracturados (las fracturas no evolucionan en el tiempo). Las ecuaciones se expresan en el dominio espacio-frecuencia y se plantea una descomposición de dominio a nivel diferencial usando elementos finitos no conformes. El resultado es un algoritmo iterativo que permite su implementación en máquinas con arquitectura en paralelo.

Ecuaciones que gobiernan la propagación de ondas

Las ecuaciones se expresan en el dominio espacio-frecuencia. Esta elección permite incorporar efectos de atenuación en forma directa y sencilla. Para un dominio Ω , la ecuación de movimiento es

$$-\omega^2 \rho u - \nabla \cdot \tau(u) = f \quad \text{en } \Omega \quad (1)$$

y la ecuación constitutiva

$$\tau_{lm}(u) = \lambda \delta_{lm} \nabla \cdot u + 2\mu \varepsilon_{lm}(u), \quad (2)$$

donde los coeficientes de Lamè, λ y μ son complejos y dependen de la frecuencia; esto es,

$$\lambda = \lambda(\omega) = \lambda_R + i\lambda_I \quad \text{y} \quad \mu = \mu(\omega) = \mu_R + i\mu_I. \quad (3)$$

Los desplazamientos están indicados por $u = u(x, z, \omega)$, siendo ω la frecuencia. Además, ρ representa la densidad y f es la fuerza externa, es decir, la fuente capaz de generar el campo de ondas.

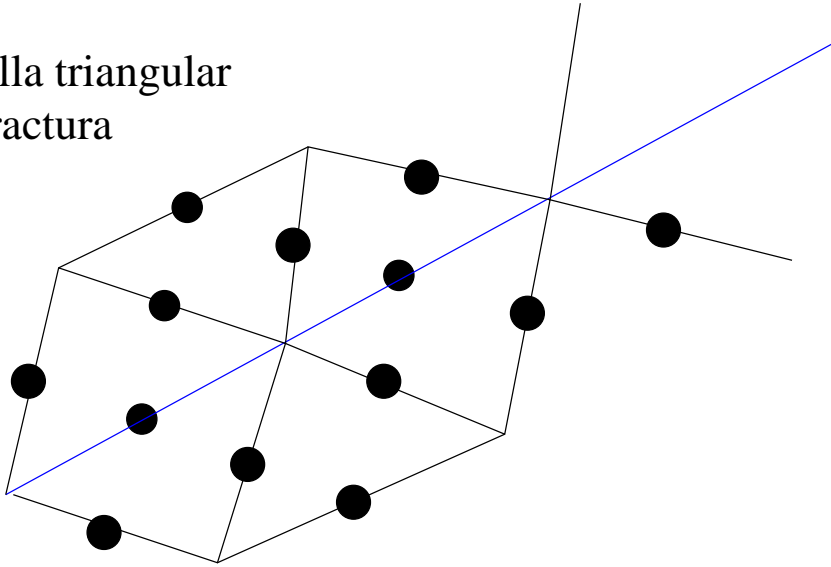
Partición del dominio

Para el problema bidimensional se realiza una partición del espacio Ω en triángulos de diámetro acotado h , de modo que $\Omega = \sum_{j=1}^J \Omega_j$. Se elige usar elementos finitos no conformes, estableciendo

$$NC_j = [P_1(\Omega_j)]^2 = [a + bx + cz]^2 \quad (4)$$

con los grados de libertad en los nodos que se ubican en los puntos medios de los lados de los triángulos. Ver próxima figura.

Malla triangular
y fractura



Elemento triangular
con sus grados
de libertad

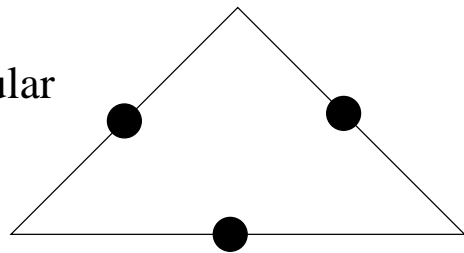


Figura 1: Mallado con elementos finitos triangulares no conformes. La fractura está representada por la línea azul, observar que la fractura siempre forma parte del lado de algún triángulo.