

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE DANO EM UMA PLACA DE MATERIAL QUASE FRÁGIL COM MÉTODOS DISCRETOS

Lucas Breda Soares - Ignácio Iturrioz - GMAP/ DEMEC/UFRGS

INTRODUÇÃO: Na simulação da evolução do dano mecânico em estruturas formadas de material quase frágil, a fratura governa dito processo e métodos baseados nos meios contínuos apresentam limitações. Uma alternativa é utilizar métodos discretos, onde o sólido é representado por partículas discretas que tem massa que estão submetidas a forças de interação.

No contexto citado se apresentam resultados obtidos com dois métodos discretos para modelar o processo de dano de uma placa de material quase frágil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: Um dos métodos representa a força de interação entre as partículas conectando elas com um arranjo regular de barras que têm rigidez equivalente ao contínuo que desejam representar. Este método foi proposto originalmente por Riera (1984).

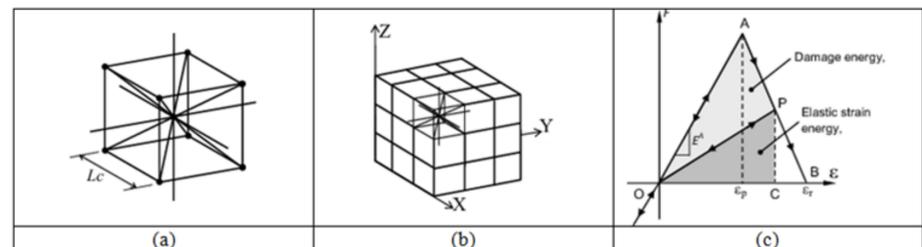


Figura 1: Uma versão do método dos Elementos Discretos formados por barras, (a) Módulo cubico básico, (b) geração de um corpo prismático, (c) Lei constitutiva uniaxial utilizada.

O outro método utilizado é a Peridinâmica, formulada em forma consistente por Silling em 2000. Neste método as forças de interação são representadas através de um campo de forças. Na Fig. 2 se apresenta um esquema que permite entender o fundamento do método.

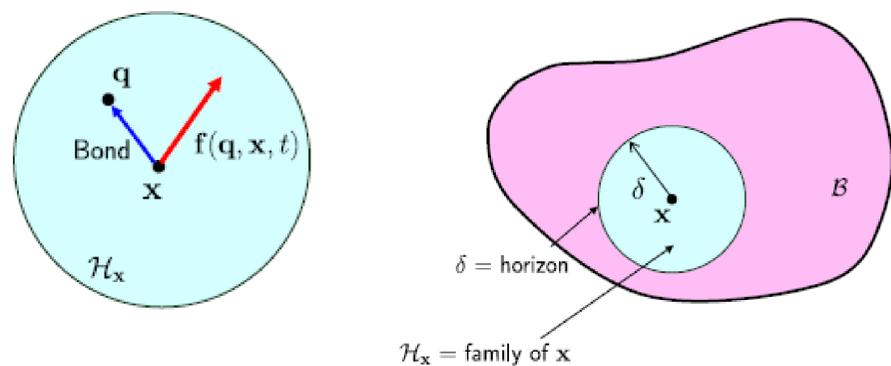


Figura 2: esquema que ilustra como funciona a Peridinâmica. Fonte (Silling 2000).

Onde \mathbf{x} representa o vetor posição de uma das partículas do modelo discreto representado, e \mathbf{q} o vetor posição de outra partícula genérica que está dentro da região de influência da partícula situada em \mathbf{x} . Esta região de influência, chamada de H , é uma esfera de raio δ , denominado horizonte.

A distância entre o ponto em \mathbf{x} e o ponto \mathbf{q} chamaremos de ζ . Ele, junto com o tempo, é o argumento da força que atua entre as massas discretas que estão na posição \mathbf{x} e \mathbf{q} , ou seja, $f(\mathbf{x}, \mathbf{q}, t) = f(\zeta, t)$. A equação de movimento se pode expressar como segue:

$$\rho(\mathbf{x})\ddot{\mathbf{y}}(\mathbf{x}, t) = \int_{\mathcal{H}} \mathbf{f}(\mathbf{q}, \mathbf{x}, t) dV_{\mathbf{q}} + \mathbf{b}(\mathbf{x}, t).$$

onde $\mathbf{b}(\mathbf{x}, t)$ representa as forças de volume atuantes, e $\mathbf{y}(\mathbf{x}, t)$ o deslocamento sofrido por o ponto \mathbf{x} , $\ddot{\mathbf{y}}$ a aceleração associada à massa discreta posicionada originalmente em \mathbf{x} .

A equação de movimento apresentada é integrada no tempo, utilizando algum método de integração numérica implícita ou explícita.

METODOLOGIA: O método denominado DEM está implementado em Fortran e tem sido utilizado em diversos trabalhos já realizados no grupo de pesquisa no qual se está inserido. O método baseado na Peridinâmica está implementado num programa de domínio publico chamado Peridigm, instalado atualmente no CESUP/UFRGS e disponível para toda a comunidade científica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Foi simulado o caso de uma placa de concreto, onde foi aplicada uma velocidade prescrita $v^* = 8 \times 10^{-3}$ m/s nos grupo de nós indicados com a label B na Fig. 3 e foi engastada a região indicada como grupo A. Para simular a condição de estado plano de deslocamentos foi restrito o deslocamento na direção de z.

Nas duas metodologias foi introduzida a aleatoriedade nas características do material empregado introduzindo a tenacidade do material como um campo aleatório.

Na Fig. 3 se apresenta a comparação de resultados obtidos com os dois métodos de análise citados, o DEM e o baseado na Peridinamica. Se apresentam as configurações de ruptura e a resposta em termos da tensão global vs deformação obtida durante a simulação. É possível verificar como o padrão dos resultados são similares.

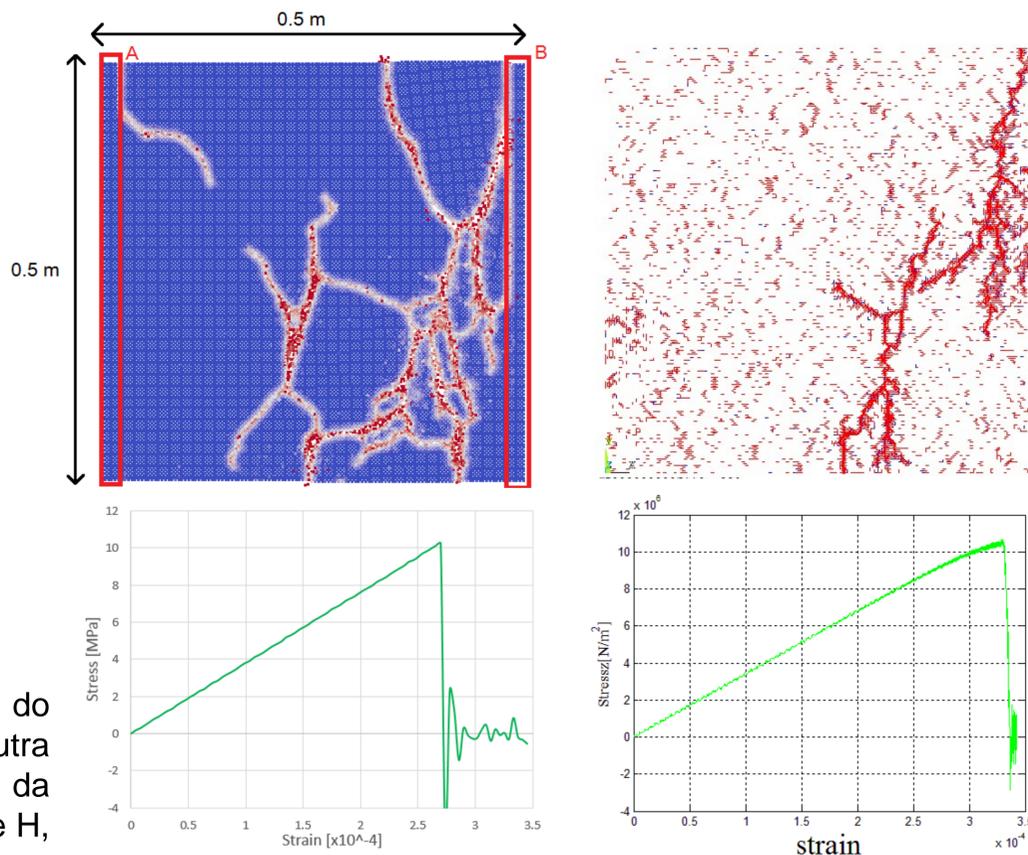


Figura 3: Comparativo entre a configuração de dano e curva tensão/deformação obtidas no Peridigm (esquerda) e DEM (direita).

Os resultados obtidos são consistentes os quais mostram que os programas aqui utilizados podem ser utilizados para representar o processo de dano neste tipo de materiais.

REFERÊNCIAS:

Riera JD (1984) Local effects in impact problems on concrete structures. In: *Proceedings of the Conf. SMIRT*, v 3., Brazil, pp. 57–79.
 Silling SA (2000) Reformulation of elasticity theory for discontinuities and long-range forces *J Mech Phys Solids* 48:175–209.