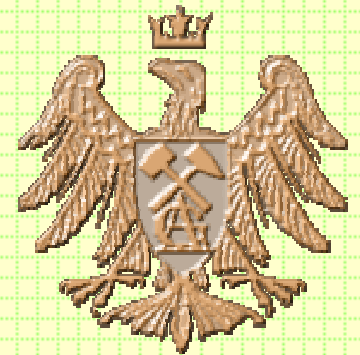
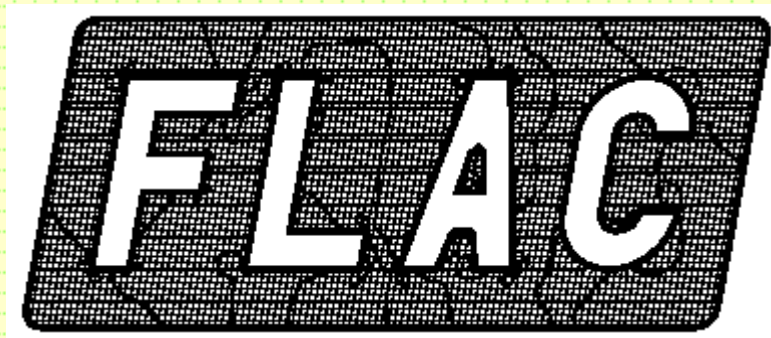


# ***FLAC***

## ***Fast Lagrangian Analysis of Continua***



# ***FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua***

- **Program FLAC jest oparty o metodę różnic skończonych.**
- **Metoda Różnic Skończonych (MRS) jest chyba najstarszą metodą numeryczną. W metodzie tej każda pochodna w układzie równań wyrażana jest poprzez wyrażenie algebraiczne zapisane w postaci zestawu zmiennych (tj. naprężeń albo odkształceń) punktach dyskretnych. Zmienne te są niezdefiniowane w obrębie elementów.**
- **Dla porównania - metoda elementów skończonych (MES) wymaga, aby wartości naprężeń lub przemieszczeń zmieniały się w każdym elemencie w zależności od opisujących je funkcji.**



# ***FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua***

## MRS a MES

- **Zastosowanie obu tych metod wymaga rozwiązania zestawu równań algebraicznych. Pomimo, że sposoby formułowania równań w obu metodach istotnie się różnią to zestawy równań są dla obu metod takie same.**
- **Jednakowoż programy MES tradycyjnie już budują globalną macierz sztywności z macierzy sztywności poszczególnych elementów, a programy MRS zmieniają układ równań różniczkowych po wykonaniu każdego kroku obliczeniowego, co wydaje się być techniką bardziej efektywną.**
- **Program FLAC używa jawnej "explicit" metody kolejnych kroków dla rozwiązania układu równań różniczkowych. Większość programów MES stosuje natomiast niejawną "implicit" metodę budowy globalnej macierzy sztywności.**



# ***FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua***

## ***explicit a implicit***

<b>Explicit</b>	<b>Implicit</b>
<b>krok obliczeniowy musi być mniejszy niż wartość krytyczna dla stateczności</b>	<b>krok czasowy może być stosunkowo duży</b>
<b>stosunkowo mały „wysiłek” obliczeniowy na pojedynczy krok</b>	<b>duży „wysiłek” obliczeniowy na pojedynczy krok</b>
<b>założenie nieliniowości nie powoduje konieczności iteracji</b>	<b>założenie nieliniowości powoduje konieczność dodatkowych procedur iteracyjnych</b>
<b>nigdy nie formułuje się macierzy sztywności</b>	<b>macierz sztywności musi być utworzona na czas obliczeń co wymaga dużej ilości pamięci</b>
<b>Nie jest wymagane zwiększenie mocy obliczeniowych dla uruchomienia opcji dużych przemieszczeń i dużych odkształceń</b>	<b>Jest wymagane zwiększenie mocy obliczeniowych dla uruchomienia opcji dużych przemieszczeń i dużych odkształceń</b>

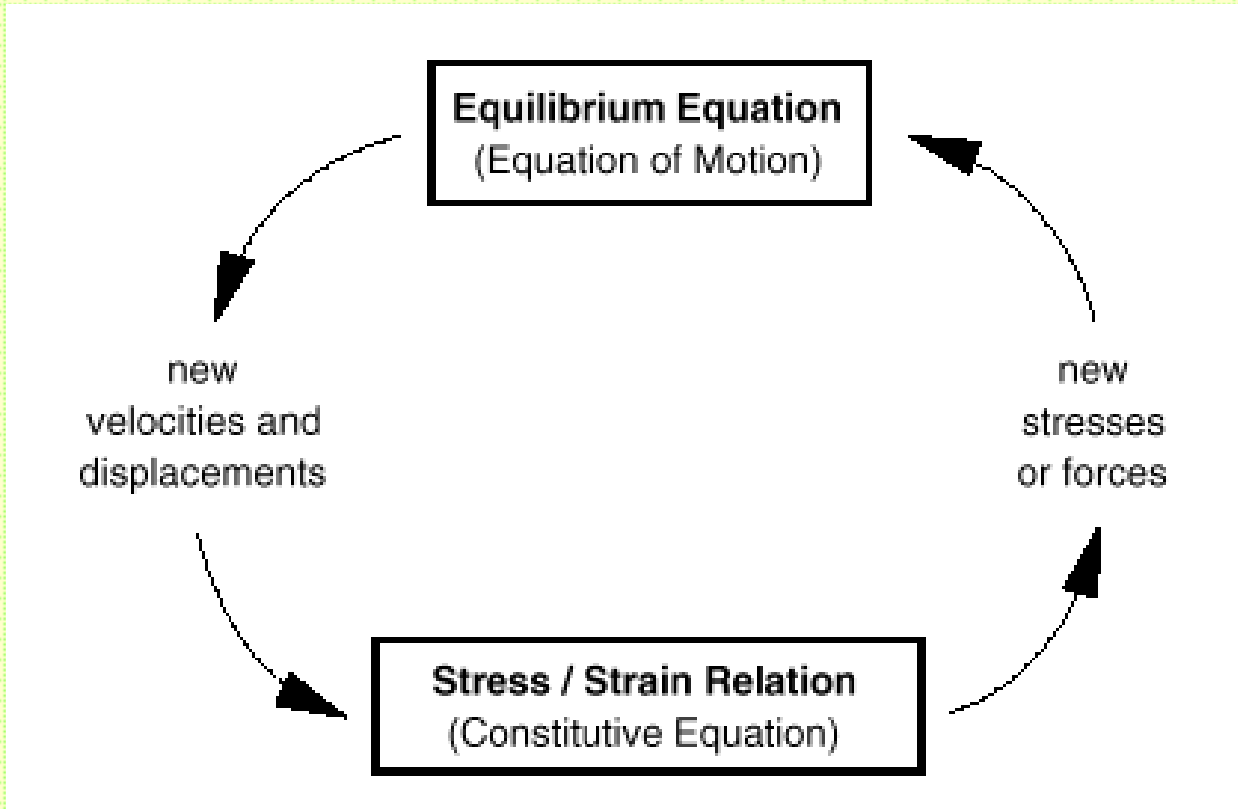


# ***FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua***

- **Program FLAC rozwiązuje każdy problem statyczny przy użyciu dynamicznych równań ruchu. Jednym z powodów takiego sposobu rozwiązywania jest konieczność zapewnienia stabilności systemu numerycznego, podczas gdy modelowany układ fizyczny jest niestabilny.**
- **W przypadku materiałów o nieliniowej charakterystyce wytrzymałościowo-odkształceniowej zawsze jest możliwe zachwianie fizycznej równowagi (np. nagłe zniszczenie filaru). Pewna ilość energii odkształcenia zmienia się wtedy w energię kinetyczną, która następnie ulega dyssypacji.**



# FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua



**Cykl  
obliczeniowy  
programu  
MRS FLAC**

- Budowa równań ruchu na podstawie wartości prędkości i przemieszczeń otrzymanych z wartości naprężeń i sił.
- Na podstawie prędkości obliczane są przyrosty odkształceń, a następnie naprężenia na podstawie przyrostów odkształceń

# ***FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua***

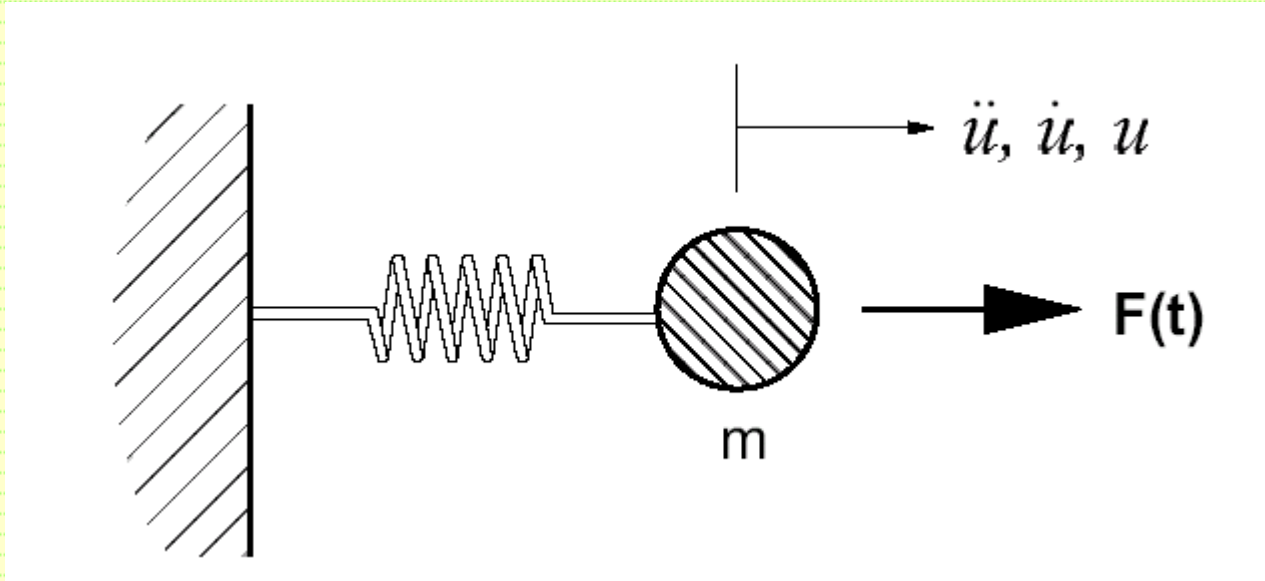
## **Dostępne modele obliczeniowe**

1. null model
2. elastic, isotropic
3. Mohr-Coulomb
4. elastic, anisotropic
5. ubiquitous-joint
6. strain-hardening/softening
7. elastic/viscous
8. power law creep
9. WIPP creep
10. double-yield
11. modified Cam-clay
12. Drucker-Prager
13. crushed-salt viscoplastic
14. WIPP-creep viscoplastic
15. Burger-creep viscoplastic
16. bilinear strain-hardening/softening



# FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

- Ruch i równowaga



Przyłożenie siły do punktu materialnego powoduje jego przemieszczenie z odpowiednią prędkością i przyśpieszeniem:

$$F = m \frac{du}{dt}$$



# FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

$$\rho \frac{\partial \dot{u}_i}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i$$

$\rho$  – gęstość, kg/m<sup>3</sup>,

$t$  – czas, s,

$x_i$  – składowa wektora współrzędnych, m,

$g_i$  – składowa przyspieszenia grawitacyjnego, m/s<sup>2</sup>,

$\sigma_{ij}$  – składowa tensora naprężenia, Pa.

Równanie  
konstytutywne

$$\dot{e}_{ij} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial \dot{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \dot{u}_j}{\partial x_i} \right]$$

$\dot{e}_{ij}$

Składowa przyrostu odkształcenia w czasie

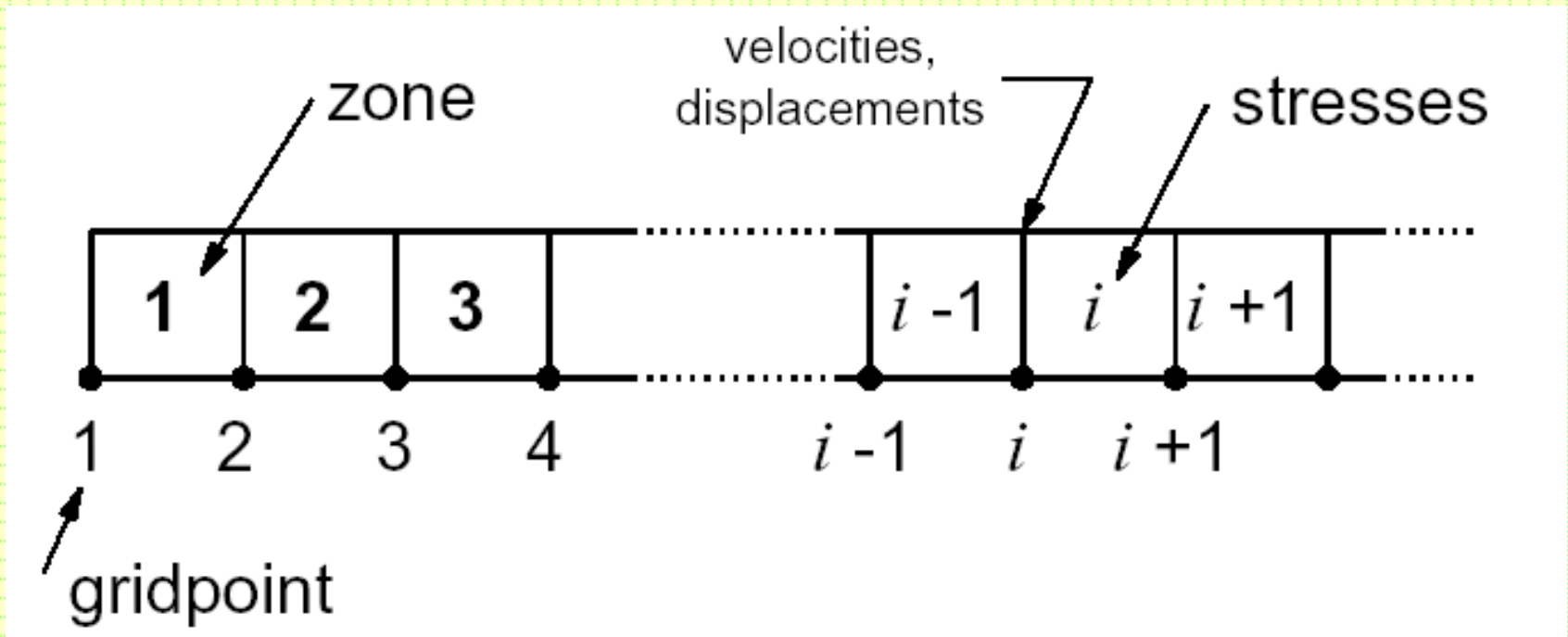
$\dot{u}_i$

Składowa przyrostu przemieszczenia w czasie  
(prędkość przemieszczeń)

# FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

$$\sigma_{ij} := \sigma_{ij} + \left\{ \delta_{ij} \left( K - \frac{2}{3} G \right) \dot{e}_{kk} + 2G \dot{e}_{ij} \right\} \Delta t$$

Najprostsze równanie konstytutywne dla izotropowego materiału idealnie sprężystego



Obliczenia składowych stanu przemieszczenia prowadzone są w węzłach  
zaś stanu naprężenia w strefach.

# ***FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua***

## **FLAC – od czego zacząć?**

- **Instalacja** – z opcji programów wybrać FLAC, po zakończeniu procesu instalacji do katalogu ...Itasca/Flac/exe skopiować zbiór flac.cfg znajdujący się w katalogu Config\_Edu na płycie CD.
- Pozwoli to na uruchomienie edukacyjnej wersji programu.
- Chapter 2 – Getting started.

