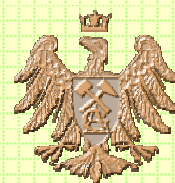


FLAC

Fast Lagrangian Analysis of Continua



Marek Ciało – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

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.

Marek Ciało – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

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.

Marek Cała – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

explicit a implicit

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

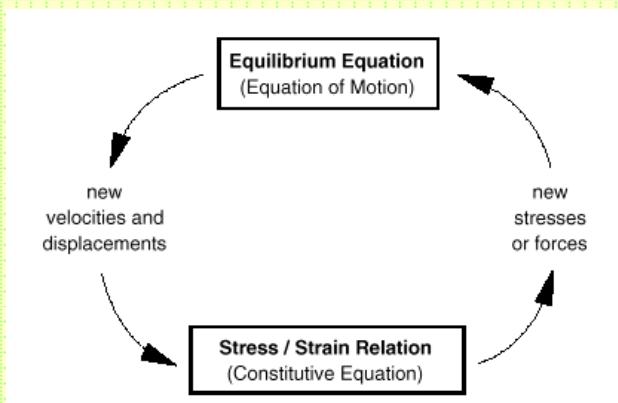
Marek Cała – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

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.

Marek Cała – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

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

Marek Cała – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

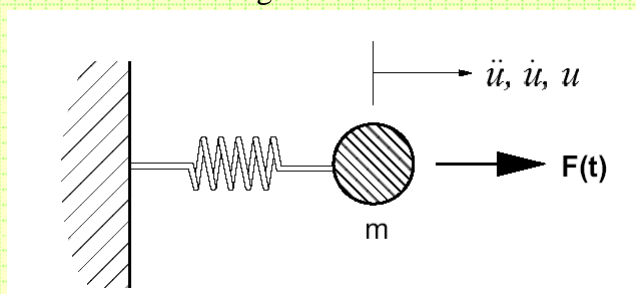
Dostępne modele obliczeniowe

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

Marek Ciało – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

- Ruch i równowaga



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

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

Marek Ciało – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

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

ρ – gęstość, kg/m³,

t – czas, s,

x_i – składowa wektora współrzędnych, m,

g_i – składowa przyspieszenia grawitacyjnego, m/s²,

σ_{ij} – składowa tensora naprężenia, Pa.

Równanie
konstrytutywne

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

$$\dot{\epsilon}_{ij}$$

Składowa przyrostu odkształcenia w czasie

$$\dot{u}_i$$

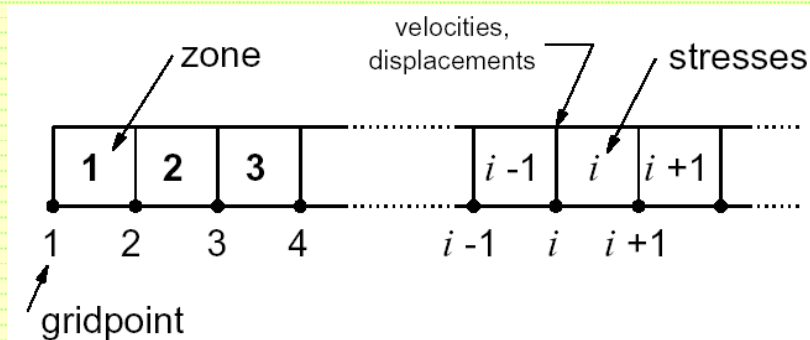
Składowa przyrostu przemieszczenia w czasie
(prędkość przemieszczeń)

Marek Ciał – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua

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

Najprostsze równanie konstytutywne dla izotropowego materiału idealnie sprężystego



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

Marek Ciał – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

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.

Marek Ciało – Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki