



Department of Civil Engineering  
Faculty of Engineering  
The University of Guilan

Published and presented to you by M.H.Najafi

[www.pardisrasht.blogfa.com](http://www.pardisrasht.blogfa.com)

آشنایی با قابلیت های نرم افزار FLAC 2D

گرد آورنده : پویا پیشگاه گیلانی

استاد راهنما : دکتر رضا جمشیدی

## مقدمه

- برنامه استاتیکی-دینامیکی FLAC آنالیز سریع و پیوسته لاگرانژی را به کمک روش تفاضل محدود انجام می دهد.
- می توان از تمام مدل های موجود در خاک و سنگ استفاده کرد.
- مدل های شناخته شده، در برنامه تنها به مشخص کردن نام مدل رفتاری و مشخصات مورد نیاز آن مورد استفاده قرار می گیرد.
- کاربر با تسلط بر زبان برنامه نویسی موجود در FLAC ، که FISH نامیده می شود. قادر خواهد بود. مدلهای رفتاری خاص و پیچیده مصالح خاک، سنگ را وارد برنامه کرده و مورد استفاده قرار دهد.

- برای معرفی یک سازه به این نرم افزار باید شبکه ای از زونها را با توجه به هندسه سازه به برنامه معرفی کرد.
- سپس مدل رفتاری هر قسمت و مشخصات مربوط به آن را مشخص کرد.
- در نهایت شرایط مرزی و بارگذاری اعمال می گردد.

# مزیت های استفاده از نرم افزار FLAC2D

- یکی از قابلیت های برنامه، توانایی در مدل سازی درست تغییر شکل ها و تغییر مکان های بزرگ است.
- نرم افزار با بهره گیری از روش مختصات متغیر و عوض کردن مختصات اولیه بر حسب تغییر مکان هر گره از شبکه برای محاسبات بعدی قادر به این مدل سازی است.
- همچنین برنامه به صورت خودکار دانسیته هر ناحیه (Zone) را بر حسب تغییر حجم آن قسمت محاسبه می کند. به این ترتیب جرم هر ناحیه، مستقل از تغییر حجم آن ثابت بوده (قانون بقای جرم) و متراکم (Dense) یا سست (Loose) شدن مصالح در حین حل در نظر گرفته می شود.

- نرم افزار قادر است تا حدودی مدل واقعی را، همان گونه که در سایت وجود دارد، همراه با شیوه های اجرایی خاص مدل کند.
- می توان ناحیه ای را حفاری نمود یا خاکریزی کرد.
- صفحات لغزش نیز قابل تعبیه می باشند، بطوریکه این صفحات می توانند از هم جدا شده، روی هم بلغزند یا مقاومت کششی داشته باشند.
- در حالت لغزش دو سطح روی هم سطح لغزش می تواند علاوه بر اصطکاک دارای چسبندگی و زاویه انبساط هم باشد.
- بطور کلی دو روش در نرم افزارهای عددی برای حل معادلات حرکت استفاده می شود.

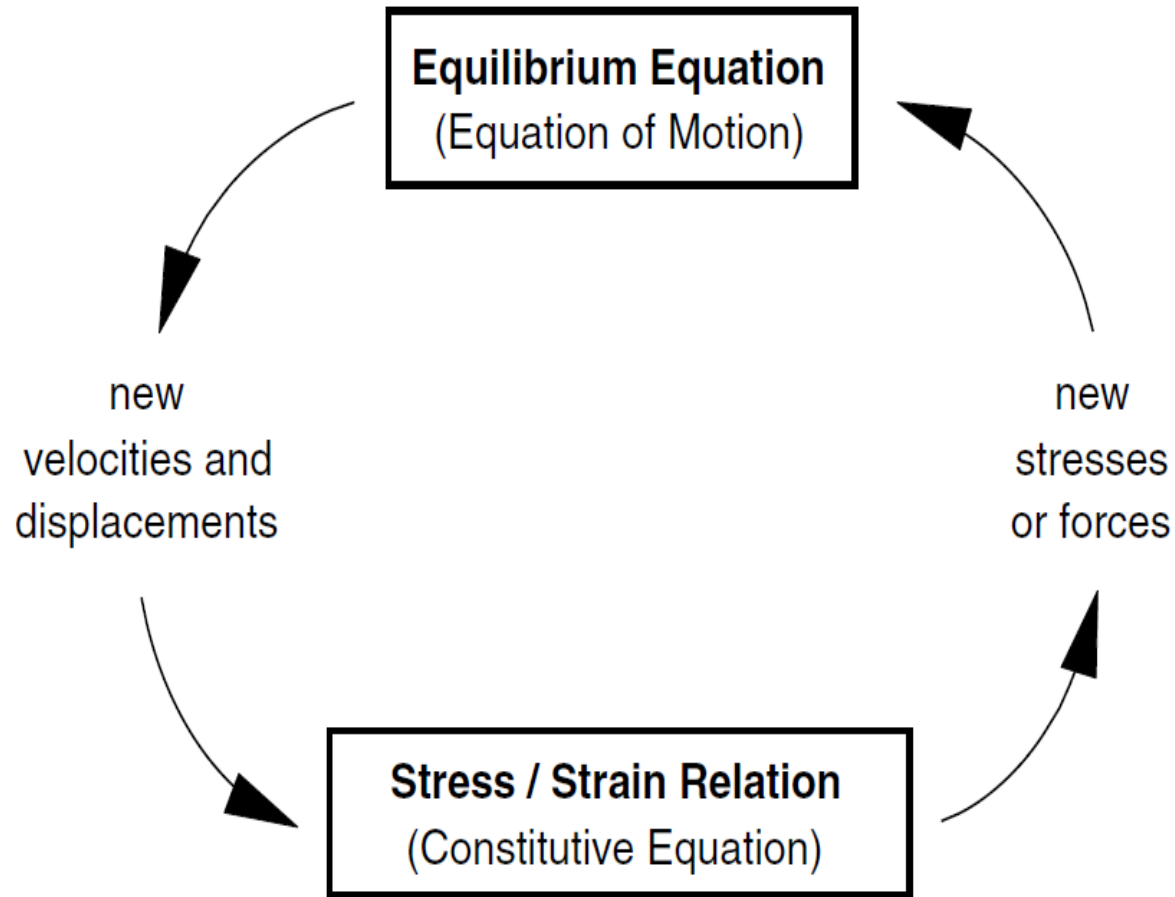
- یکی روش مشتق های ضمنی می باشد که در بسیاری از نرم افزارهای عددی برای حل مسأله استاتیکی به کار رفته است و در یک زمان مقدار مجهولات در تمام نقاط شبکه بدست می آید.
- به بیانی دیگر مجموعه ای از معادلات مربوط به مقادیر معلوم و مجهول بصورت ارتباط بین نیروی وارده بر گره ها و جابجایی های ممکن تشکیل شده و مطابق با قوانین حاکم بر مسأله و به همان صورتی که ماتریس سختی در روش اجزای محدود ترتیب داده می شود.
- در روش مشتق های ضمنی دستگاه معادلات می بایست توسط یک رایانه با سرعت و حافظه کافی حل شود.

- روش دیگر روش مشتق صریح است و از این منطق تبعیت می نماید که در یک فاصله زمانی کوتاه یک گره فقط تحت تاثیر گره مجاور خود قرار دارد.
- به عنوان مثال اگر در زمان  $t=0$  دمای یک گره از محیط افزایش یابد، در یک فاصله زمانی کوتاه فقط گره های مجاور دچار افزایش دما می شوند و مابقی گره ها در وضعیت اولیه خود باقی می مانند و در گذر زمان این افزایش دما در گستره شبکه تاثیر گذاشته و سبب افزایش دمای دیگر نقاط شبکه می شود.
- فاصله زمانی باید کوچکتر از زمان انتشار یک پدیده در بین دو گره مجاور باشد. در نسخه مکانیکی این زمان بر اساس سرعت عبور صوت در یک محیط تعبیه شده است. در نسخه حرارتی انتشار حرارت و ضرایب انتقال حرارتی اساس انتخاب فاصله زمانی را تشکیل می دهند. این نرم افزار به طور اتوماتیک فاصله زمانی را که در آن پایداری عددی حاصل شود انتخاب می نماید.

- نرم افزار FLAC مسئله استاتیکی را به کمک میراسازی مناسب به روش دینامیکی مشابه حل می نماید. در این حالت فاصله زمانی به یک فاصله زمانی فیزیکی نیست بلکه اشاره به زمانی دارد که در این فاصله تغییر شکل گره های شبکه اندازه گیری می شود.
- از آنجا که همانند روش اجزای محدود، ماتریس سختی برای هر المان تشکیل نمی شود و به ویژه در مورد مصالح با رفتار غیرخطی احتیاج به سعی و خطا (مثل نیوتن رافسون) نیست و مقدار حافظه مورد نیاز در روش اخیر حداقل ممکن بوده و زمان محاسبات نیز کوتاهتر خواهد بود.



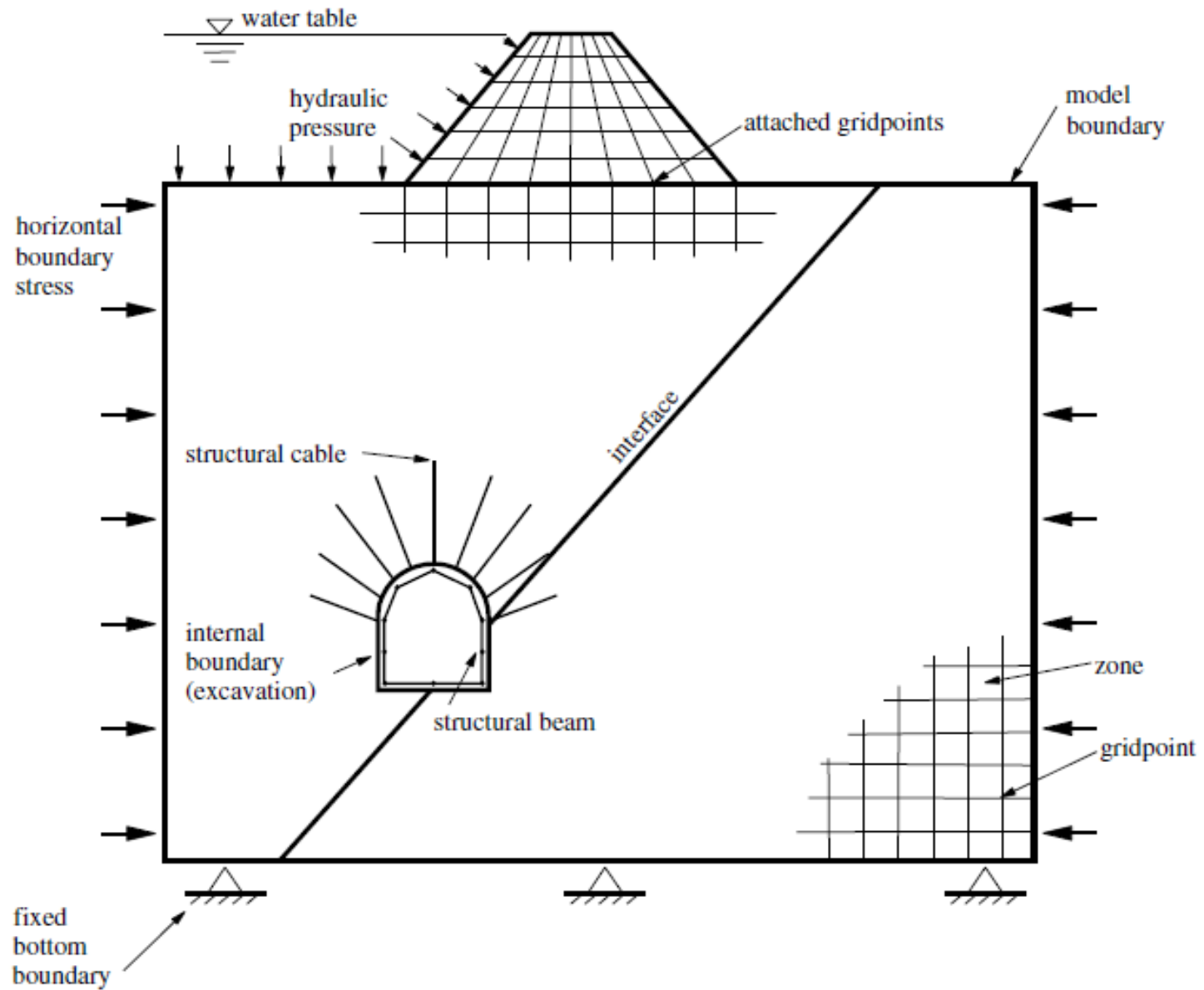
Explicit	Implicit
Timestep must be smaller than a critical value for stability.	Timestep can be arbitrarily large, with unconditionally stable schemes.
Small amount of computational effort per timestep.	Large amount of computational effort per timestep.
No significant numerical damping introduced for dynamic solution.	Numerical damping dependent on timestep present with unconditionally stable schemes.
No iterations necessary to follow nonlinear constitutive law.	Iterative procedure necessary to follow nonlinear constitutive law.
Provided that the timestep criterion is always satisfied, nonlinear laws are always followed in a valid physical way.	Always necessary to demonstrate that the above-mentioned procedure is: (a) stable; and (b) follows the physically correct path (for path-sensitive problems).
Matrices are never formed. Memory requirements are always at a minimum. No bandwidth limitations.	Stiffness matrices must be stored. Ways must be found to overcome associated problems such as bandwidth. Memory requirements tend to be large.
Since matrices are never formed, large displacements and strains are accommodated without additional computing effort.	Additional computing effort needed to follow large displacements and strains.

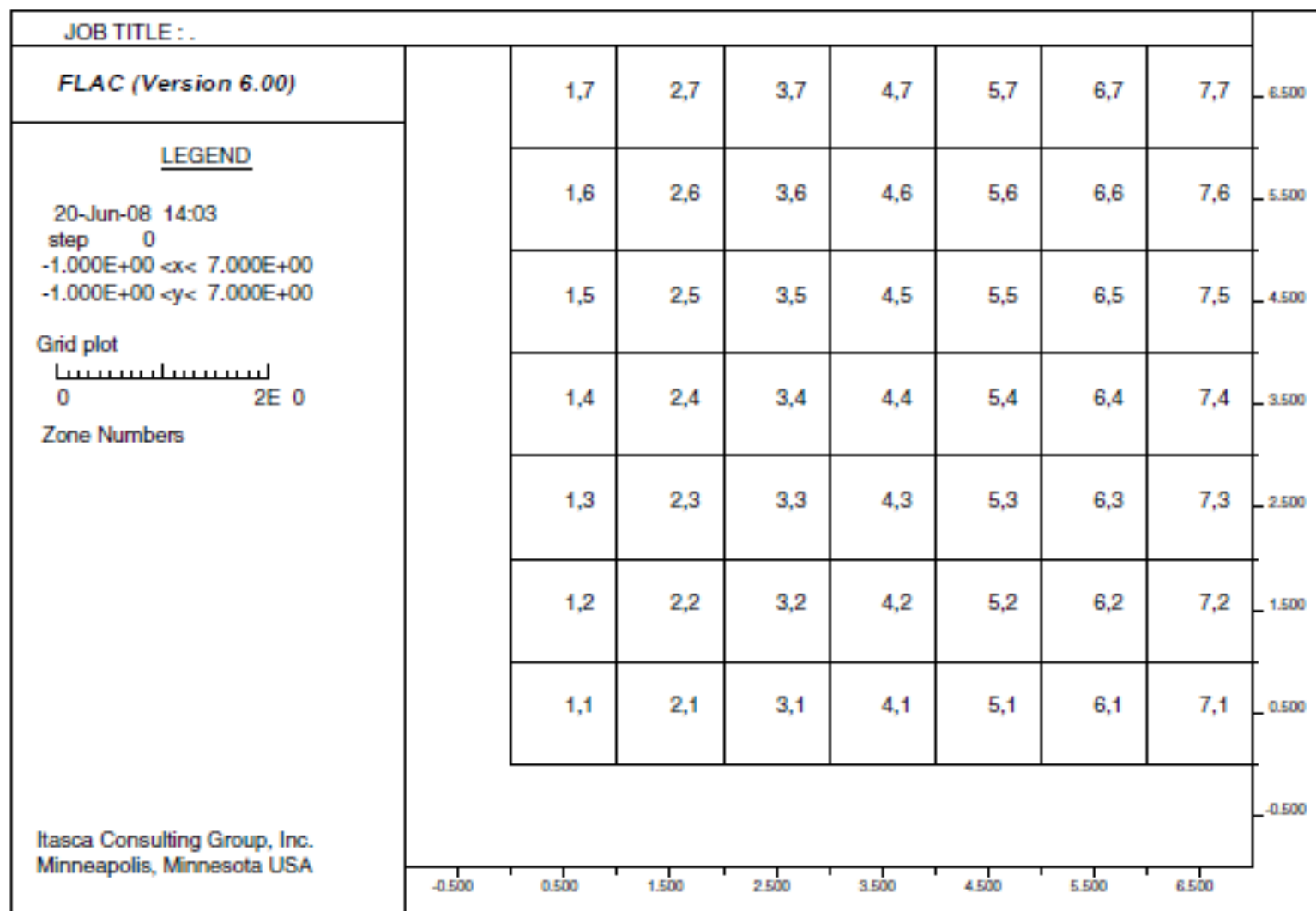


Basic explicit calculation cycle

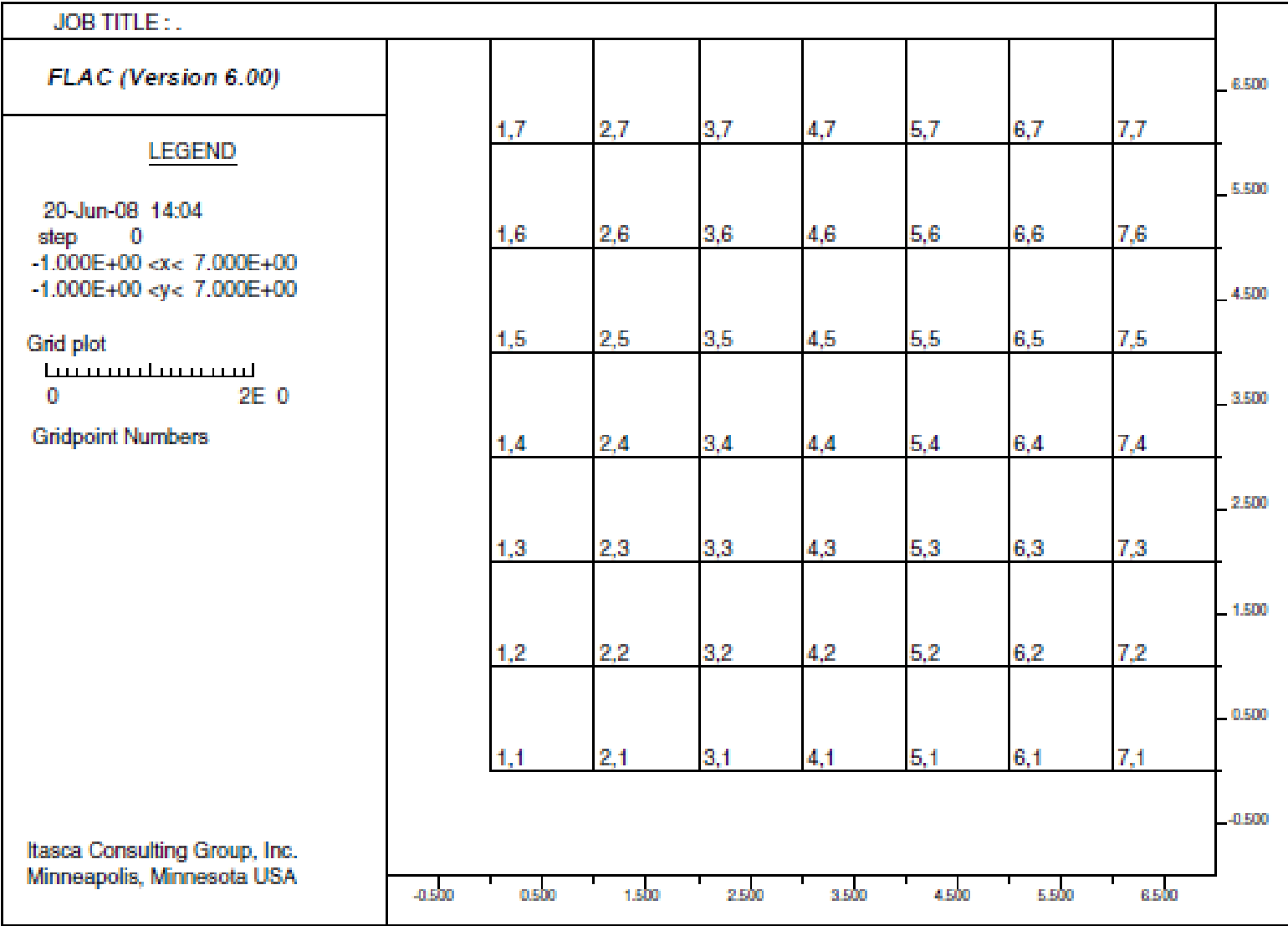
# ویژگی های خاص برنامه

- المان های interface که لغزش و جداشدگی را مدل می کند.
- مدلسازی شرایط صفحه و تقارن محوری علاوه بر کرنش صفحه
- المان های سازه ای برای مدلسازی
- آنالیز دینامیکی
- آنالیز تحکیم و شرایط آب زیرزمینی
- آنالیز خزش
- آنالیز گرما
- جریان دوفازی (مانند آب و گاز)
- ساختن مدل های رفتاری دلخواه

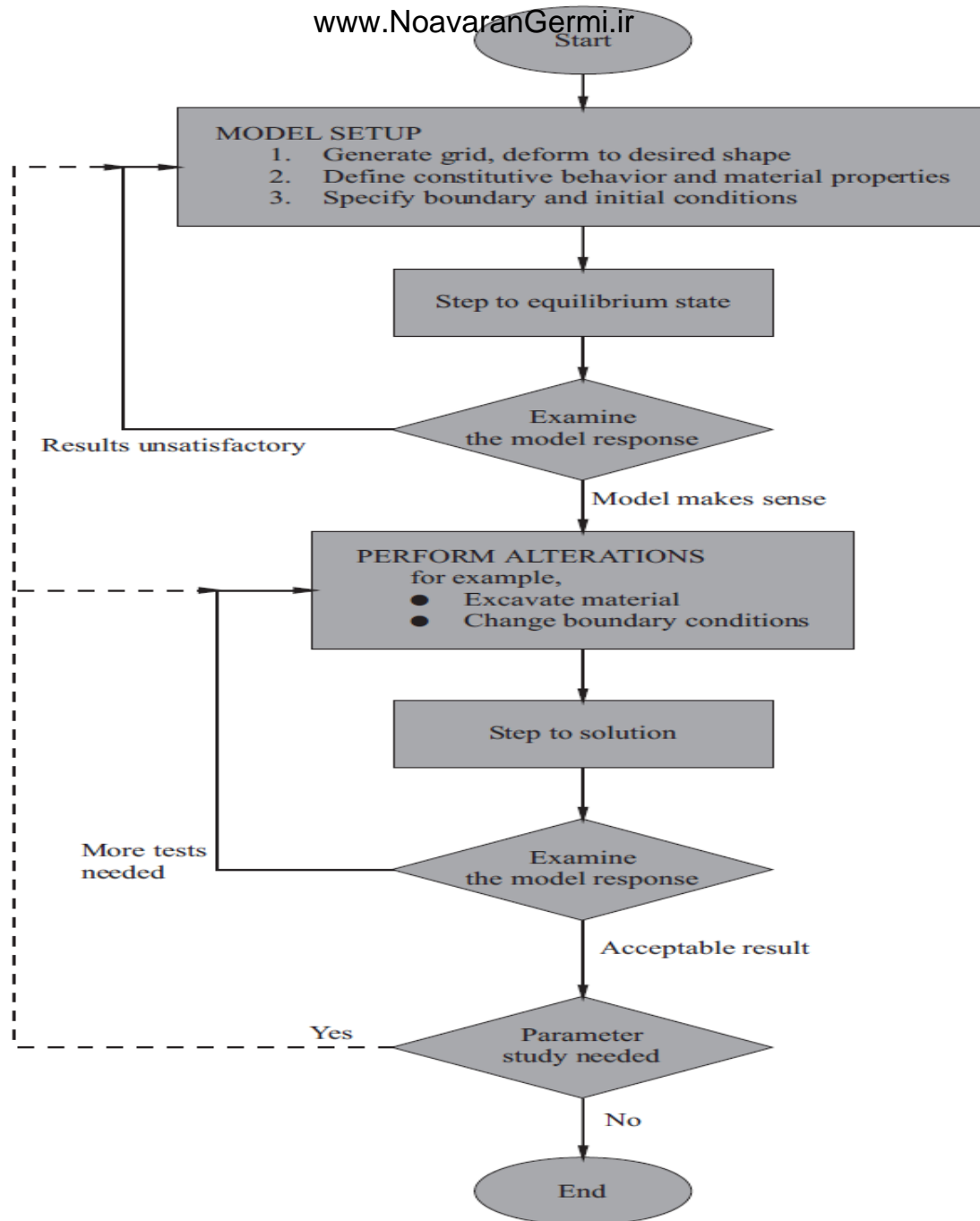




*(a) zone numbers*



(b) gridpoint numbers



# مراحل یک مدل سازی ساده

1. A finite difference grid
2. Constitutive behavior and material properties
3. Boundary and initial conditions



## معرفی شبکه تفاضل محدود

- شبکه تفاضل محدود با تعدادی خطوط متقاطع مشخص می شود.
- نقاط تقاطع شبکه به نام grid point معرفی می شود.
- فضای مسطح ایجاد شده بین چهار نقطه را ناحیه یا zone می نامیم.
- در نهایت شبکه با تعدادی zone و grid point هویت پیدا می کند.
- محدوده برخی از دستورها با zone و grid point مشخص می شود.

COMMAND keyword value <keyword

# تعیین مدل رفتاری

Model keyword i=i1,i2 j=j1,j2

## Mechanical Models

- elastic : isotropic elastic model •
- mohr-coul : Mohr-Coloumb plasticity model •
- cam-clay : Modified Cam-clay plasticity model •
- drucker: Drucker-Prager plasticity model •

## تعیین مشخصات

PROPERTY keyword value .... i=i1,i2 j=j1,j2

Elastic Mechanical Models :  
Isotropic Elastic

$$\begin{aligned} \text{den} \quad K &= \frac{E}{3(1-2\nu)} & \text{c} \quad E &= \frac{9KG}{3K+G} \\ G &= \frac{E}{2(1+\nu)} & \text{lc} \quad \nu &= \frac{3K-2G}{2(3K+G)} \end{aligned}$$

shear modulus , G .۳

## تعیین مشخصات

For the Mohr-Coulomb plasticity model, the required properties are:

- (1) density;
- (2) bulk modulus;
- (3) shear modulus;
- (4) friction angle;
- (5) cohesion;
- (6) dilation angle; and
- (7) tensile strength.

# شرایط مرزی

*Table 2.2 Boundary condition command summary*

Command	Effect
<b>APPLY</b>	
pressure	mechanical pressure ( <i>not</i> pore pressure) applied at boundary
sxx	$xx$ -component of total stress tensor applied at boundary
sxy	$xy$ -component of total stress tensor applied at boundary
syy	$yy$ -component of total stress tensor applied at boundary
xforce	$x$ -component of force applied at boundary gridpoints
yforce	$y$ -component of force applied at boundary gridpoints
xvel	$x$ -velocity applied at boundary gridpoints
yvel	$y$ -velocity applied at boundary gridpoints
<b>FIX</b>	
pp	pore pressure fixed at boundary gridpoints
x	$x$ -velocity fixed at boundary gridpoints
y	$y$ -velocity fixed at boundary gridpoints

# شرایط اولیه

*Table 2.3 Initial condition command summary*

Command	Effect
INITIAL	
pp	initialize pore pressure for a zone*
sat	initialize saturation at a gridpoint
sxx	initialize $xx$ -component of total stress for a zone
sxy	initialize $xy$ -component of total stress for a zone
syy	initialize $yy$ -component of total stress for a zone
szz	initialize $zz$ -component of total stress for a zone
xvel	initialize $x$ -velocity at a gridpoint
yvel	initialize $y$ -velocity at a gridpoint
xdis	initialize $x$ -displacement at a gridpoint
ydis	initialize $y$ -displacement at a gridpoint

# مثال ۱

```
grid 10 10  
model el  
fix x i=1  
fix y j=1  
app press=10 j=11  
ini sxx=-10 syy=-10  
save emaple1.sav
```

JOB TITLE : example 1

(\*10<sup>1</sup>)**FLAC (Version 5.00)**LEGEND

9-Dec-11 15:50

step 0

-1.667E+00 &lt;x&lt; 1.167E+01

-1.667E+00 &lt;y&lt; 1.167E+01

## Material model

 elastic

## Grid plot

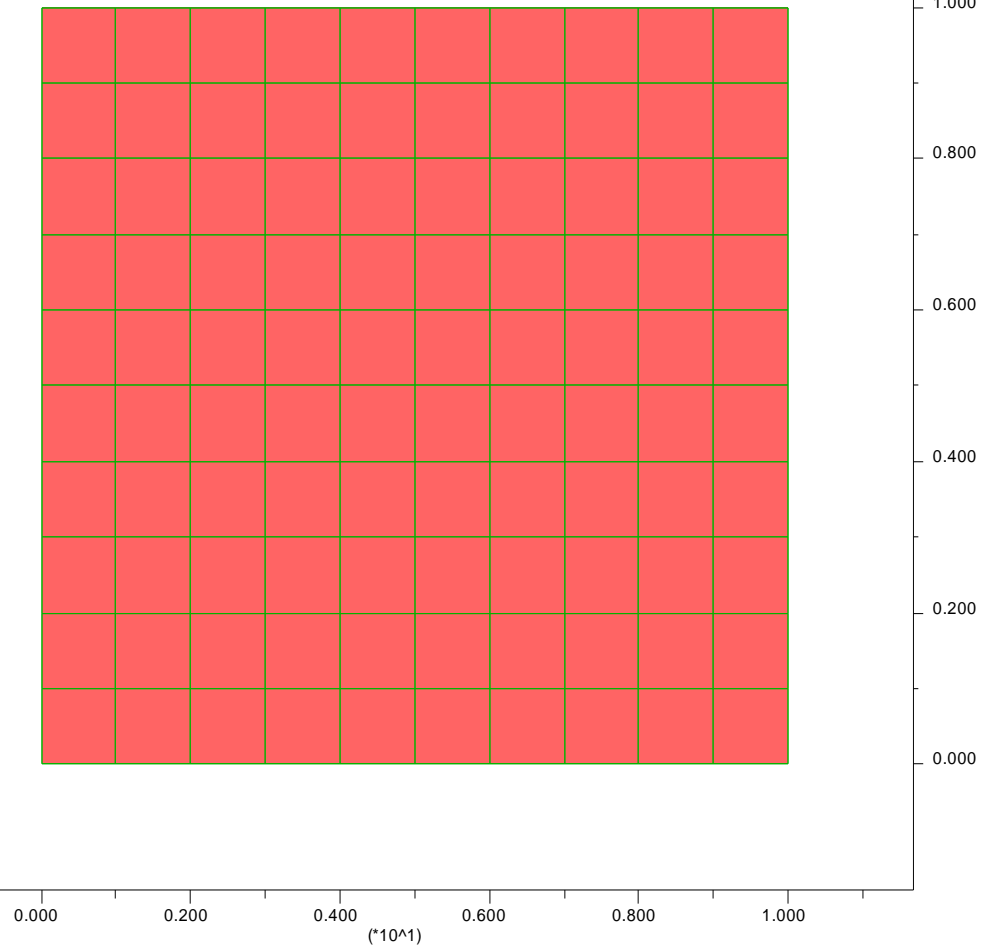


0 2E 0

## Boundary plot



0 2E 0





## مثال ۲

شبکه ای با ۱۰ نقطه در هر طرف بسازید.  
مدل الاستیک را به آن نسبت دهید.  
شرایط مرزی معمول را اعمال کنید.

## مثال ۲

g 9 9

mo el

fix x i=1

fix y j=1

app press=10 j=11

ini sxx=-10 syy=-10

save example1.sav

## مثال ۳

یک شبکه با طول و عرض ۵ متر و زونهای ۰.۵ متری بسازید.

مرحله ۱ : تعیین شبکه تفاضل محدود

مرحله ۲ : شکل دادن به شبکه

مرحله ۳ : مدل رفتاری

مرحله ۴ : اعمال شرایط اولیه و شرایط مرزی

مرحله ۵ : ذخیره سازی

## مثال ۳

```
g 10 10  
gen 0,0 0,5 5,5 5,0  
m m  
fix x i=1  
fix x i=11  
fix y j=1  
app press=10 j=11  
ini sxx=-10 syy=-10  
set gravity=9.81  
save example3.sav
```

## مثال ۴

یک شبکه با طول و عرض ۵ متر و زونهای ۰.۵ متری بسازید.  
فرض کنید در جهت A شبکه در گوشه سمت چپ ریزتر باشد.

## مثال ۴

```
g 10 10  
gen 0,0 0,5 5,5 5,0 rat 1.1 1  
m m  
fix x i=1  
fix x i=11  
fix y j=1  
app press=10 j=11  
ini sxx=-10 syy=-10  
set gravity=9.81  
save example4.sav
```

JOB TITLE : example 4

**FLAC (Version 5.00)**

LEGEND

9-Dec-11 20:17

step 0

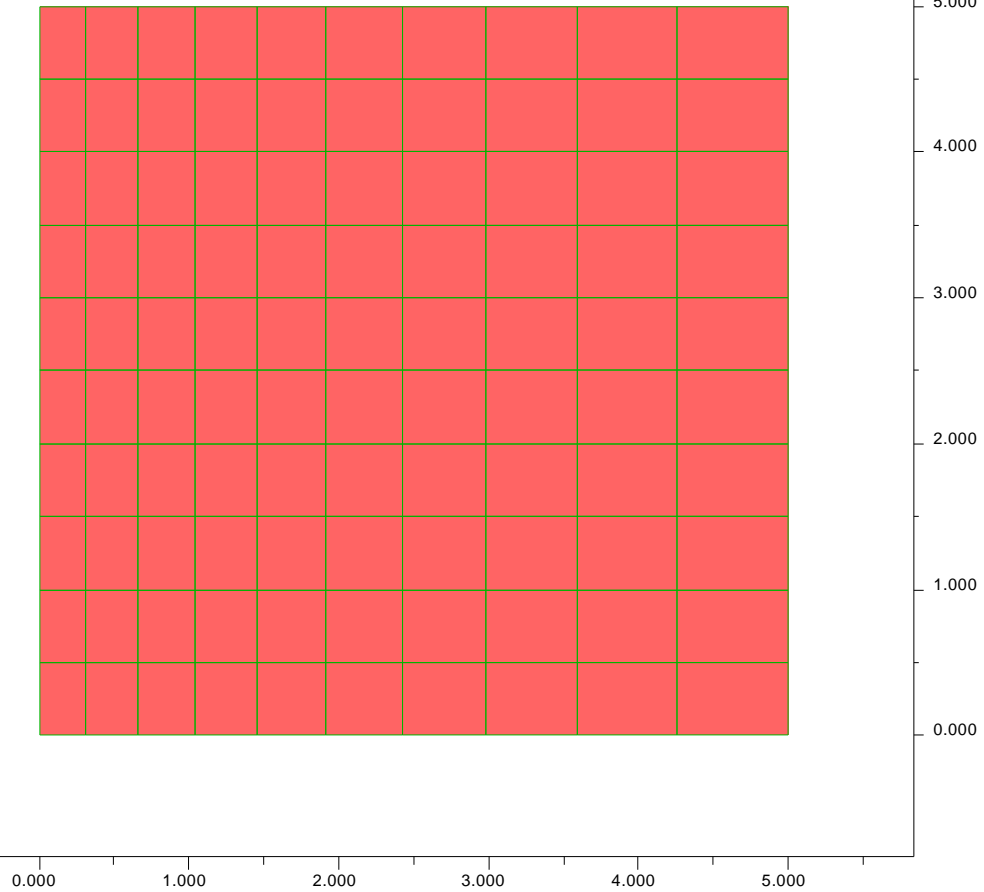
-8.333E-01 <x< 5.833E+00

-8.333E-01 <y< 5.833E+00

Material model

■ mohr-coulomb

Grid plot



## مثال ۵

یک شبکه با طول و عرض ۵ متر و زونهای ۰.۵ متری بسازید.  
فرض کنید در جهت  $\hat{a}$  شبکه در گوشه سمت چپ و در بالا ریزتر  
باشد.



## مثال ۵

```
g 10 10
۰.۹gen 0,0 0,5 5,5 5,0 rat 1.1
m m
fix x i=1
fix x i=11
fix y j=1
app press=10 j=11
ini sxx=-10 syy=-10
set gravity=9.81
.sav^save example
```

JOB TITLE : example 5

**FLAC (Version 5.00)**

LEGEND

9-Dec-11 20:27

step 0

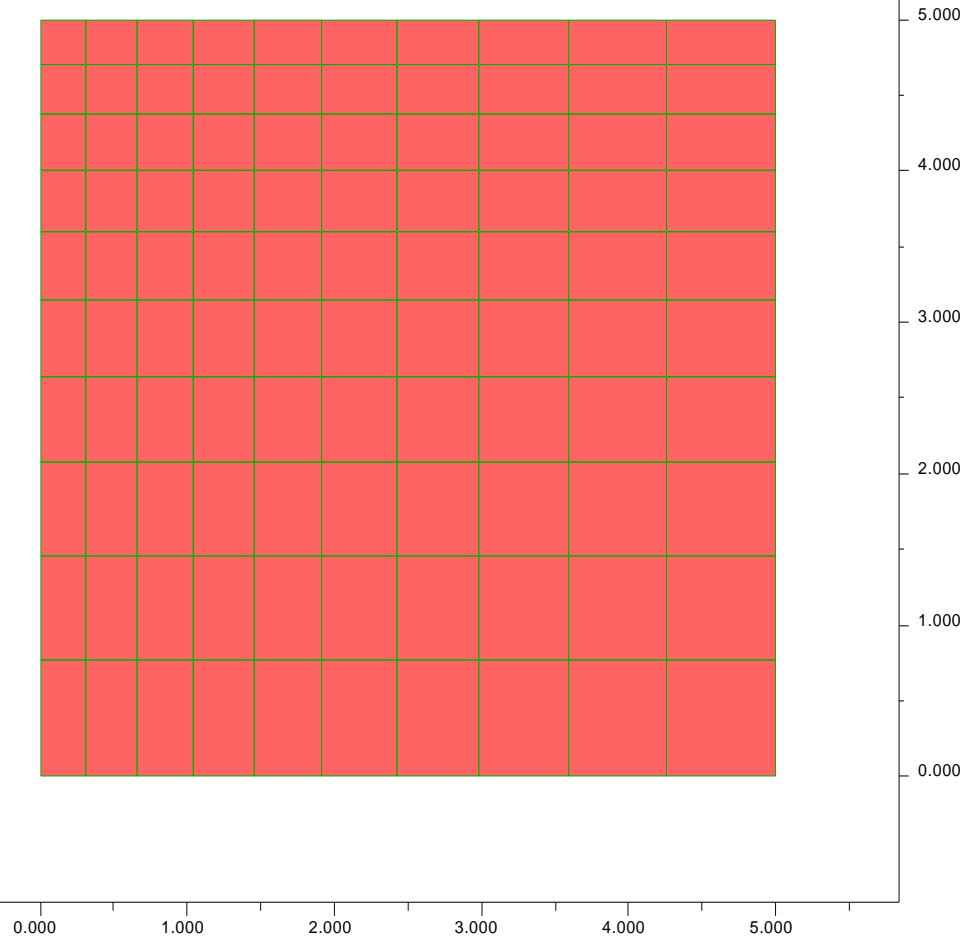
-8.333E-01 <x< 5.833E+00

-8.333E-01 <y< 5.833E+00

Material model

mohr-coulomb

Grid plot



## مثال ۶

شبکه مثال ۳ را با فرض این که در دو متر بالا زونهای  $0.4 \times 0.5$  داشته (  $i \times j$  ) و مابقی در ۳ متر پایین پخش شوند بسازید.

## مثال ۶

```
g 10 10
gen 0,0 0,3 5,3 5,0 j=1,6
gen 0,3 0,5 5,5 5,3 j=6,11
m m
fix x i=1
fix x i=11
fix y j=1
app press=10 j=11
ini sxx=-10 syy=-10
set gravity=9.81
save example6.sav
```

JOB TITLE : example 6

**FLAC (Version 5.00)**

LEGEND


9-Dec-11 23:18

step 0

-8.333E-01 <x< 5.833E+00

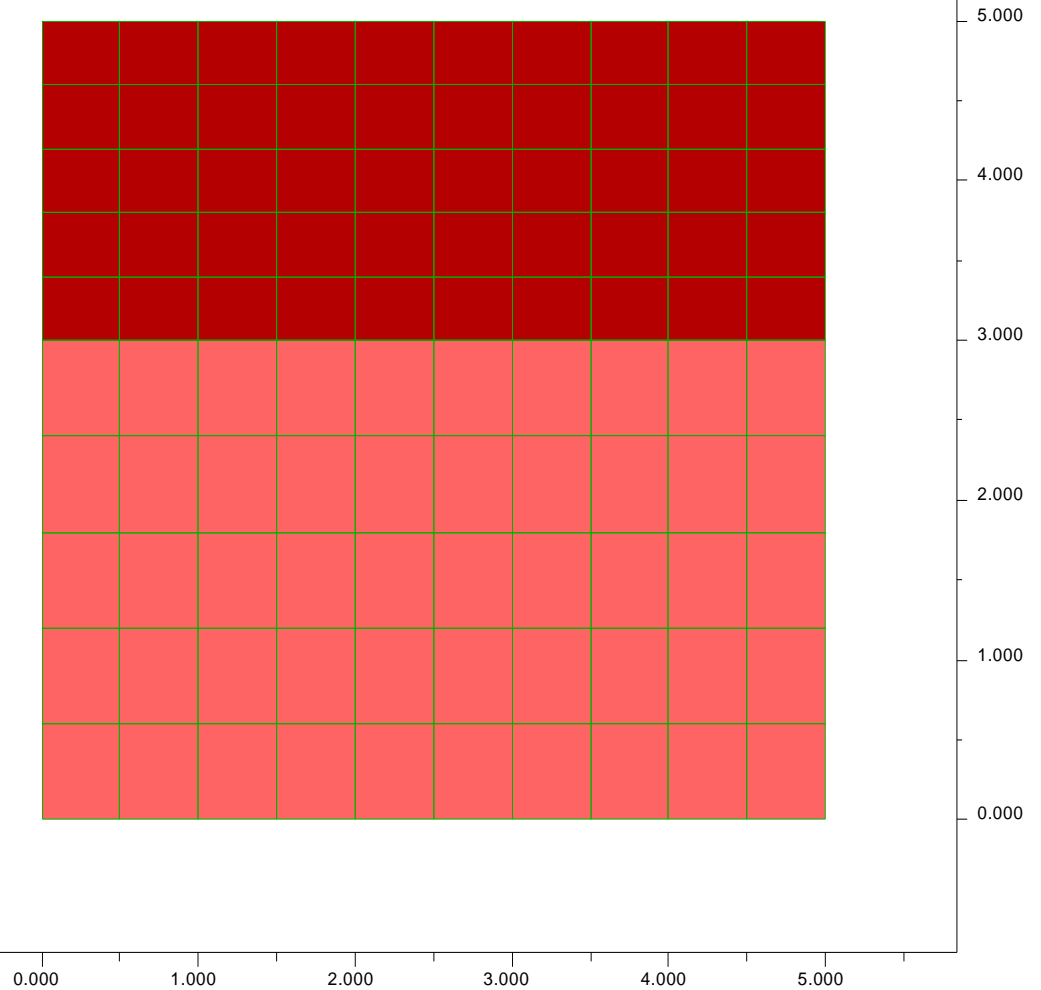
-8.333E-01 <y< 5.833E+00

Material model

 mohr-coulomb

 elastic

Grid plot



## مثال ۷

شبکه ای با طول و عرض ۵ متر و زونهای  $25 \times 25$  سانتی متر در ۲.۵ متر بالا و  $50 \times 50$  سانتی متر در پایین بسازید.

✓ نکته مسئله در اختلاف ابعاد شبکه بالا و پایین است.

JOB TITLE : example 7

**FLAC (Version 5.00)**

LEGEND

10-Dec-11 21:20

step 0

-8.333E-01 <x< 5.833E+00

-8.333E-01 <y< 5.833E+00

Material model

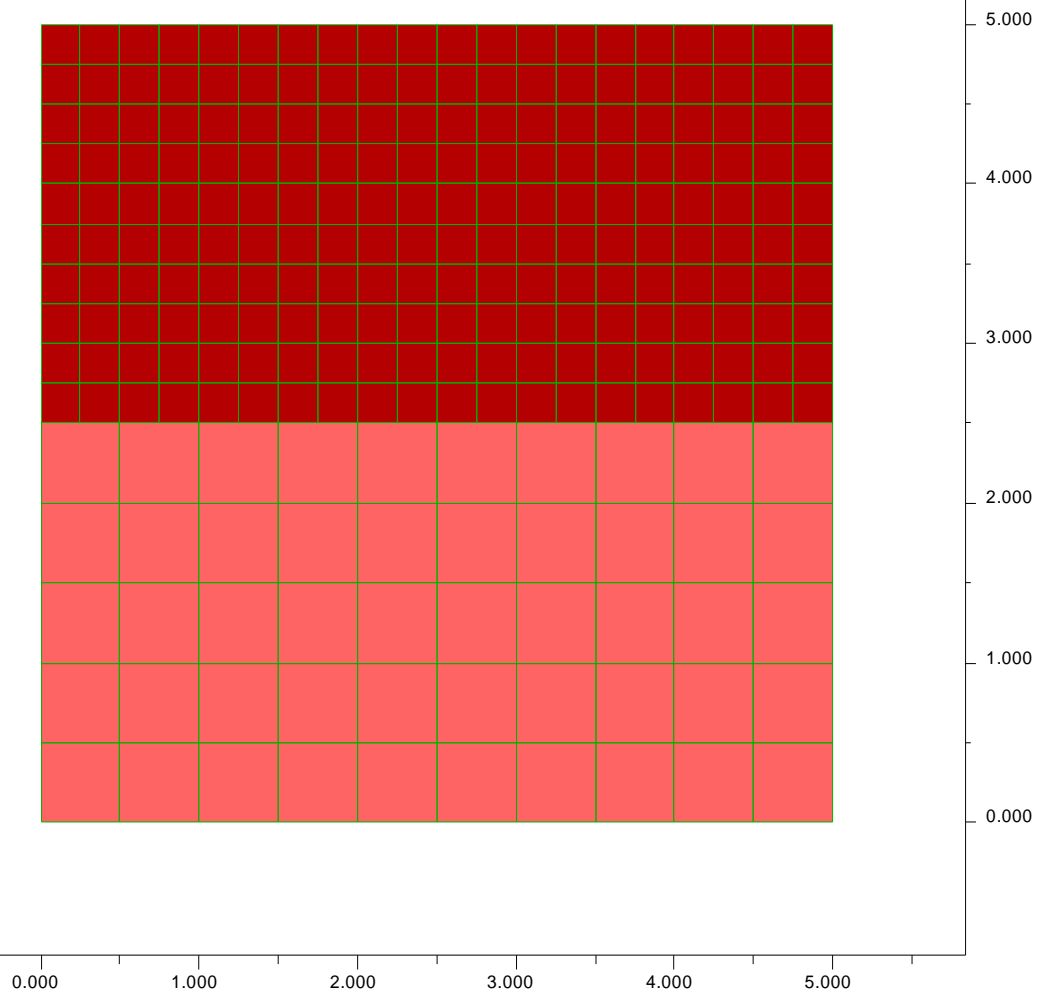
elastic

mohr-coulomb

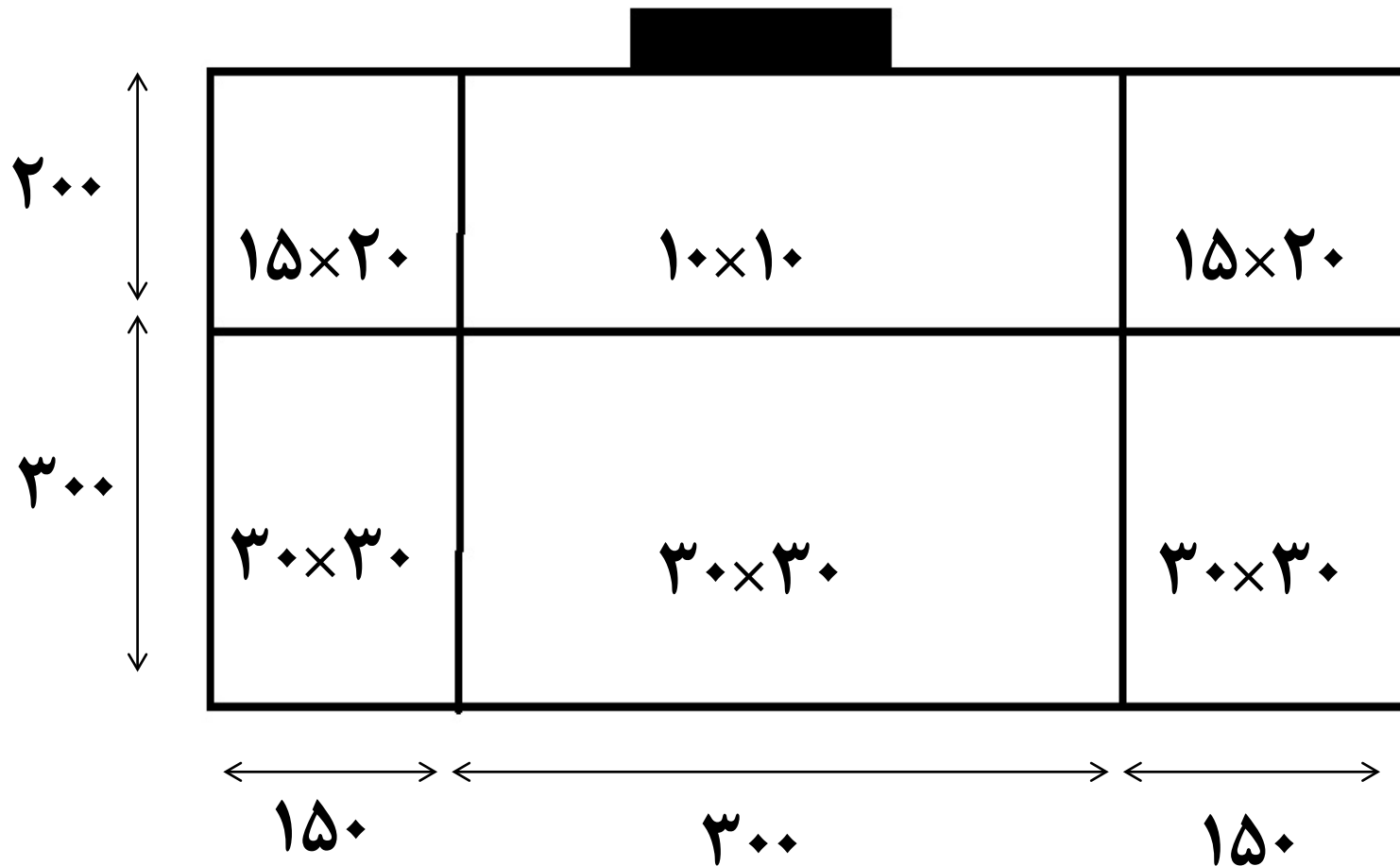
Grid plot



User-defined Groups



# مثال ۸





```
*****  
;-----second layer 30*30-----  
    gen 0,0 0,300 600,300 600,0 i=1,21 j=1,11  
        mod m i=1,20 j=1,10  
;-----first layer 15*20 left side-----  
    gen 0,300 0,500 150,500 150,300 i=1,11 j=12,22  
        m m i=1,10 j=12,21  
;.....first layer 10*10.....  
    gen 150,300 150,500 450,500 450,300 i=12,42 j=12,32  
        m m i=12,41 j=12,31  
;.....first layer 15*20 right side.....  
    gen 450,300 450,500 600,500 600,300 i=43,53 j=12,22  
        m m i=43,52 j=12,21  
*****  
;foundation  
    gen 250,500 250,525 350,525 350,500 i=1,5 j=33,34  
        m e i=1,4 j=33  
        set gravity=9.81  
        save example8.sav
```

JOB TITLE : example 8



**FLAC (Version 5.00)**LEGEND

10-Dec-11 22:09

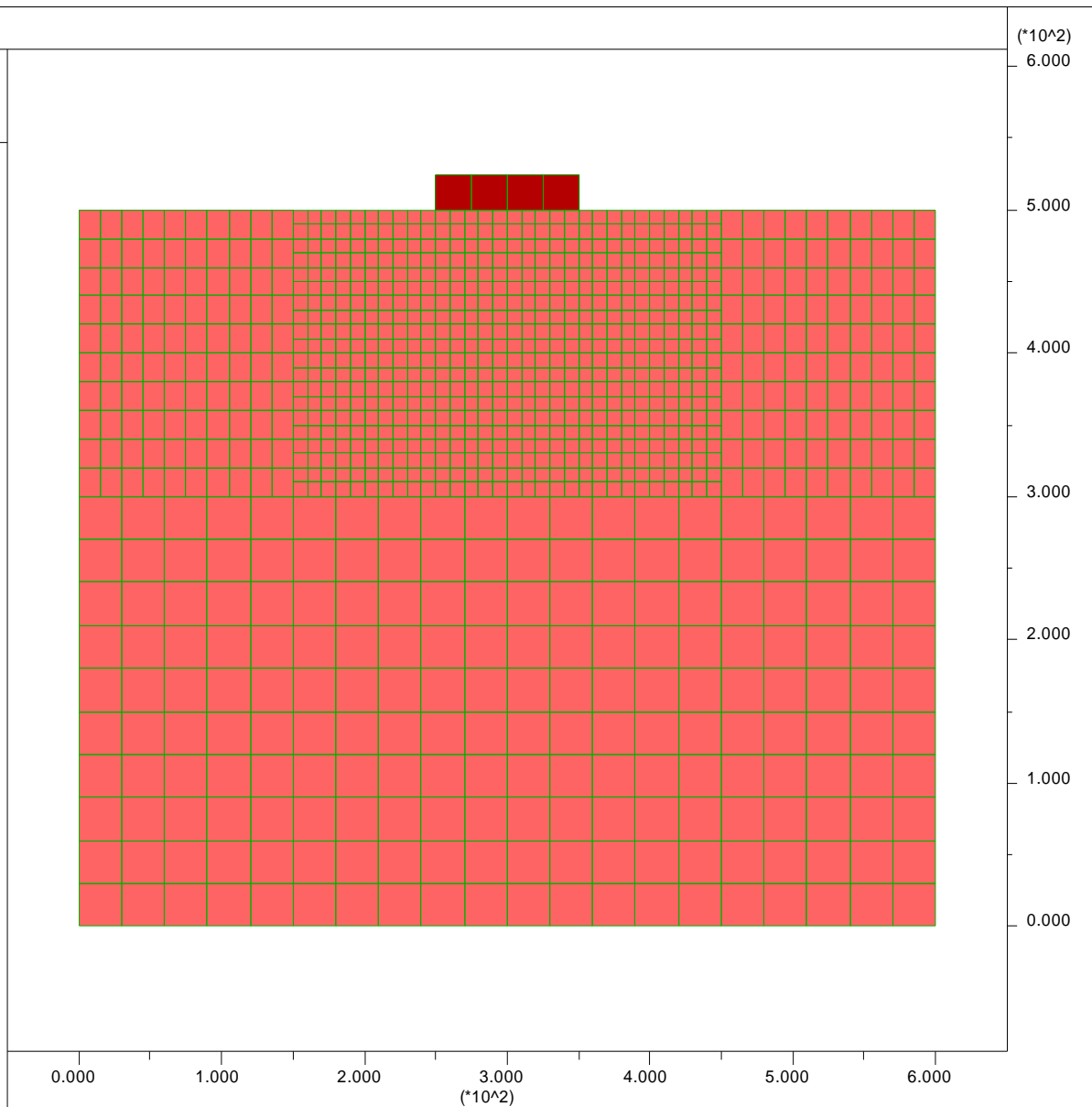
step 0

 $-5.000\text{E}+01 < x < 6.500\text{E}+02$  $-8.750\text{E}+01 < y < 6.125\text{E}+02$ 

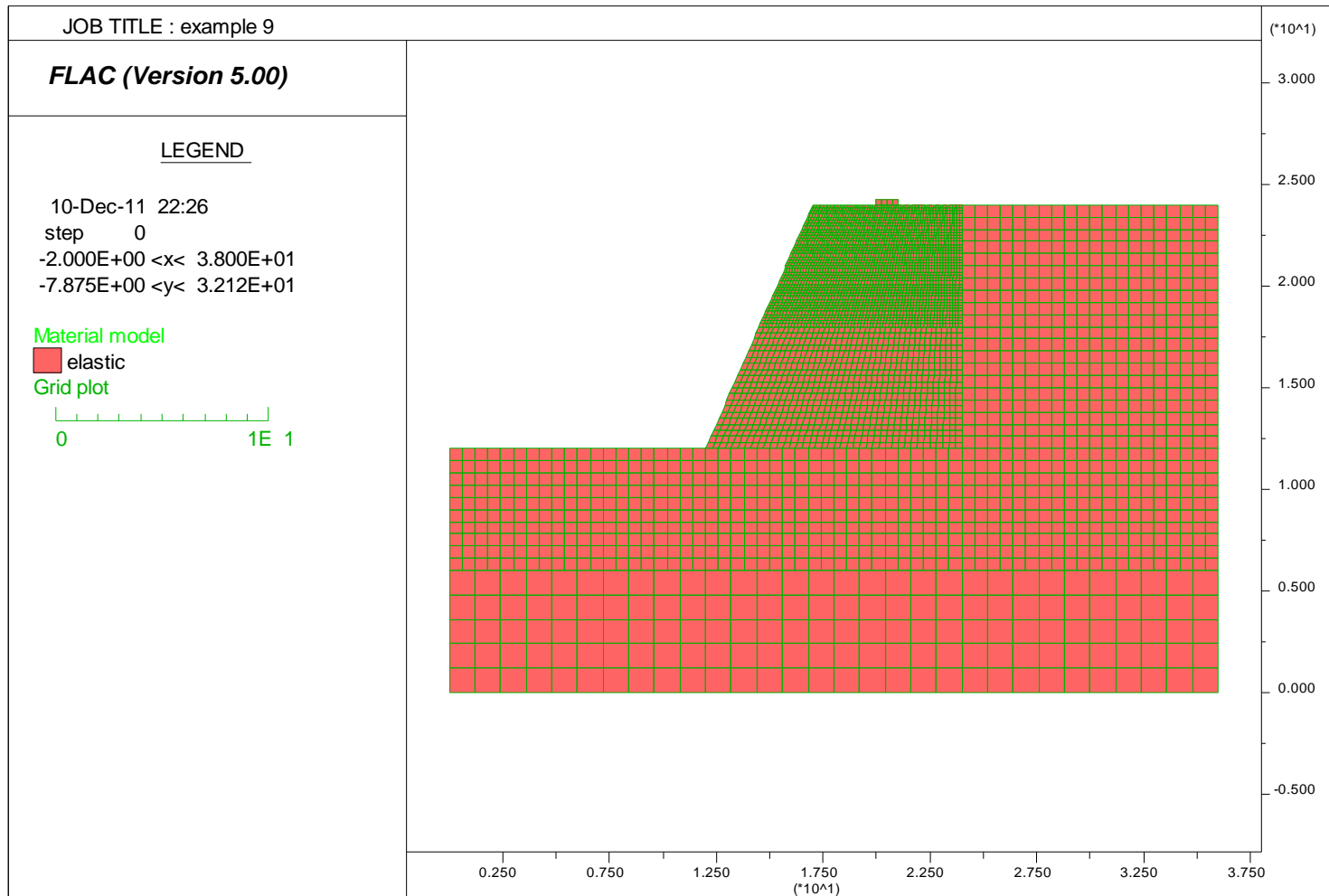
## Material model

 mohr-coulomb elastic

## Grid plot



# مثال ۹



**g 85 80**

**;\*\*\*\*\*1\*\*\*\*\***

**gen 0,0 0,6 36,6 36,0 i=1,31 j=1,6**

**mod el i=1,30 j=1,5**

**;\*\*\*\*\*2\*\*\*\*\***

**gen 0,6 0,12 36,12 36,6 i=1,61 j=7,17**

**mod el i=1,60 j=7,16**

**;\*\*\*\*\*3\*\*\*\*\***

**gen 24,12 24,24 36,24 36,12 i=65,85 j=18,38**

**mod el i=65,84 j=18,37**

**;\*\*\*\*\*4\*\*\*\*\***

**gen 12,12 14.5,18 24,18 24,12 i=1,41 j=18,38**

**mod el i=1,40 j=18,37**

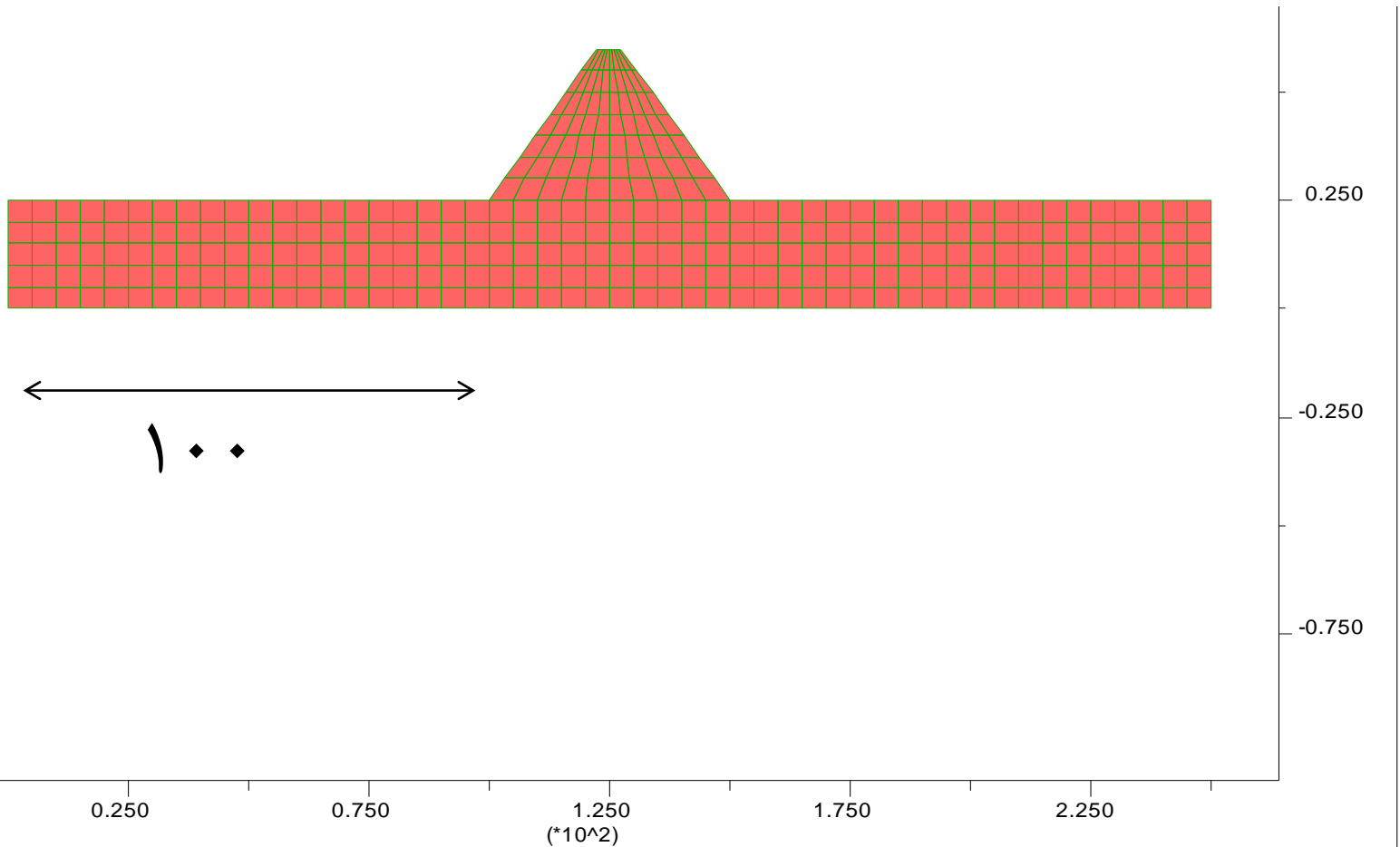
**;\*\*\*\*\*5\*\*\*\*\***

**gen 14.5,18 17,24 24,24 24,18 i=1,65 j=39,79**

**mod el i=1,64 j=39,78**

```
;*****foundation*****  
gen 20,24 20,24.25 21,24.25 21,24 i=1,5 j=80,81  
mod el i=1,4 j=80  
;*****boundary conditions*****  
fix x i=1 j=1,6  
fix x i=1 j=7,17  
fix x i=31 j=1,6  
fix x i=61 j=7,17  
fix x i=85 j=18,38  
fix y j=1 i=1,31  
;*****  
save example9.sav
```

# مثال ۱۰



**config**  
**g 50 12**

**;------Embankment-----**

**gen 0,0 0,25 250,25 250,0 i=1,51 j=1,6**

**model el i=1,50 j=1,5**

**pro dens 2000 shear 9.4e6 bulk 2.82e7 i=1,50 j=1,5**

**;------Foundation-----**

**gen 100,25 122.5,60 127.5,60 150,25 i=21,31 j=6,13**

**model el i=21,30 j=6,12**

**pro dens 2000 shear 9.4e6 bulk 2.82e7 i=21,30 j=6,12**

**fix x i=1 j=1,6**

**fix x i=51 j=1,6**

**fix y j=1**

**set gravity 9.81**

**solve**

پایان