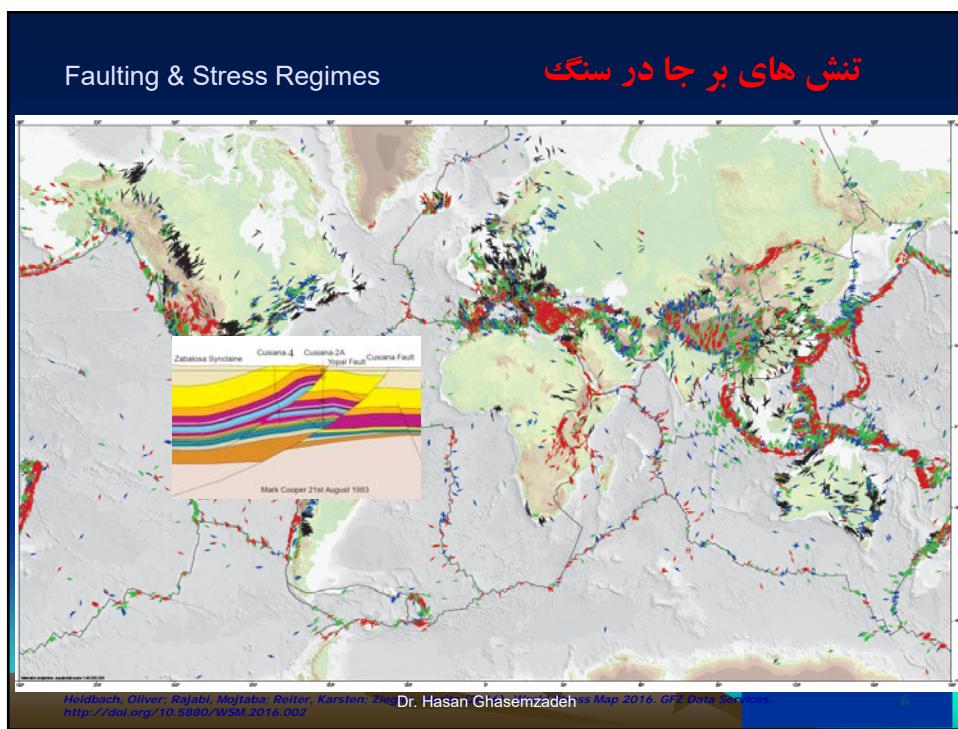
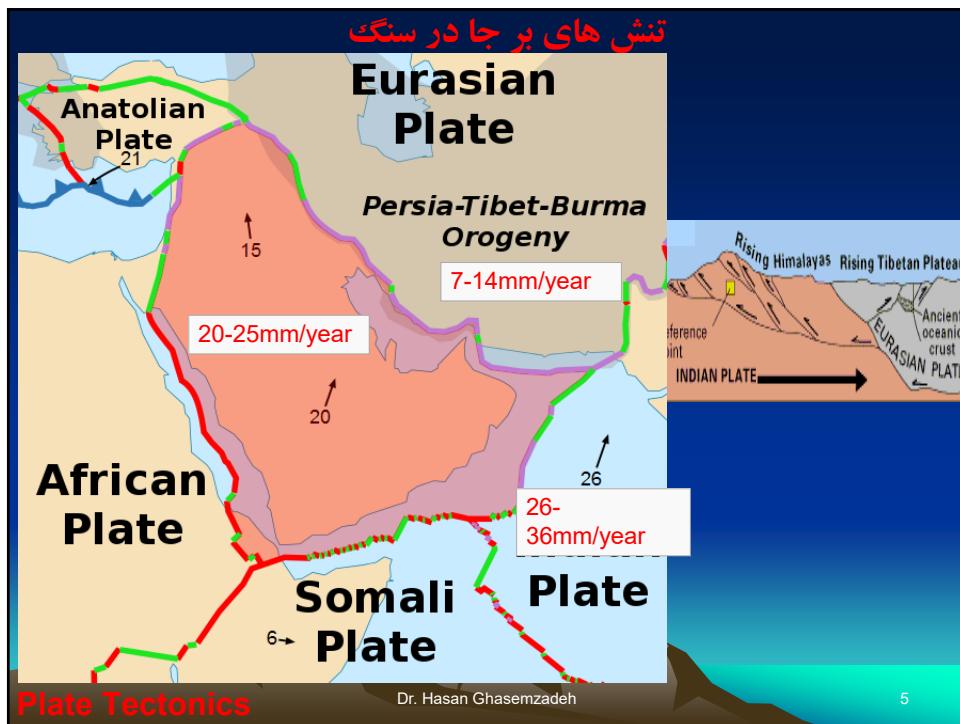


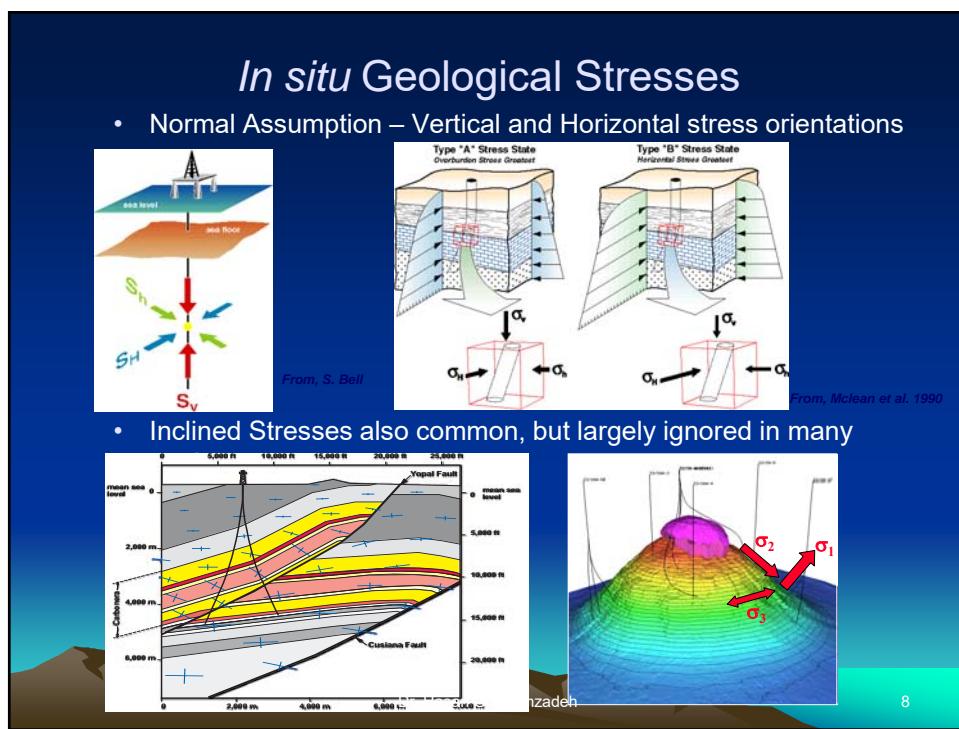
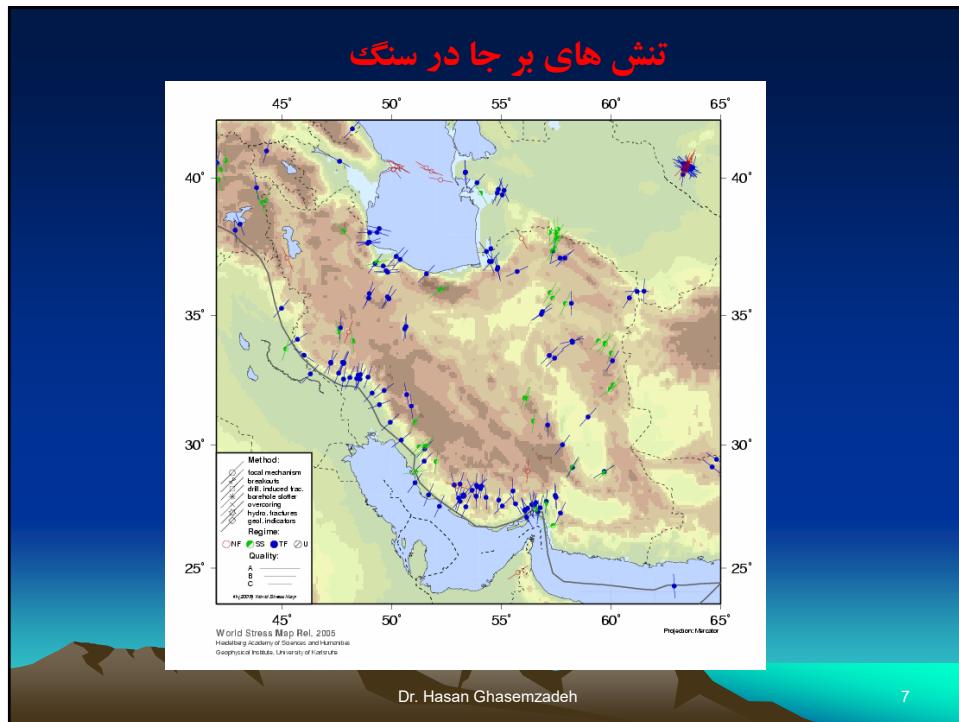


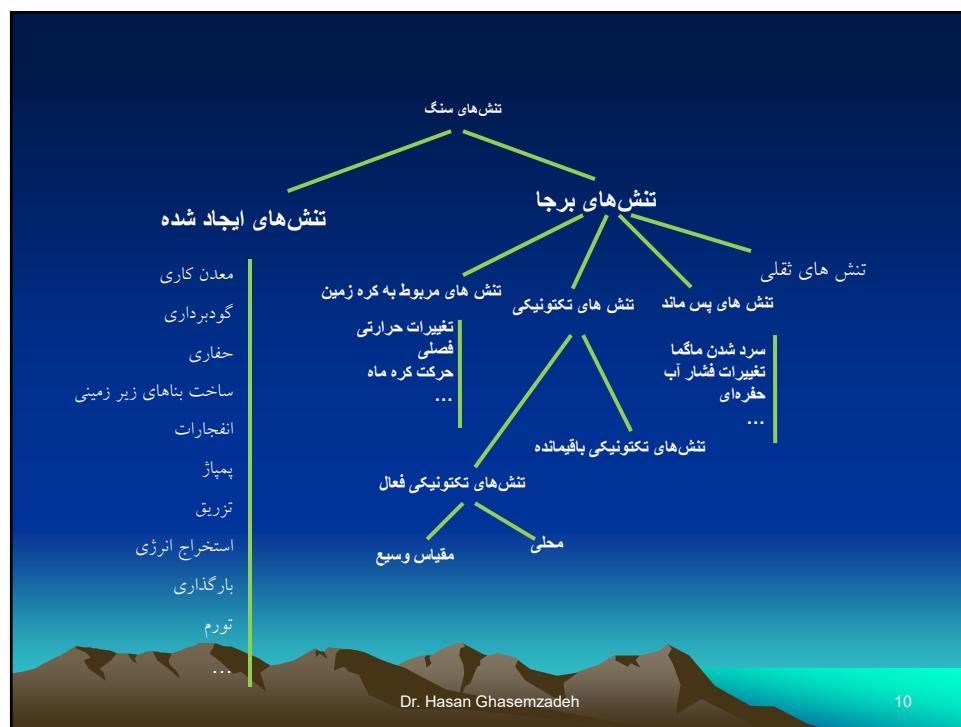
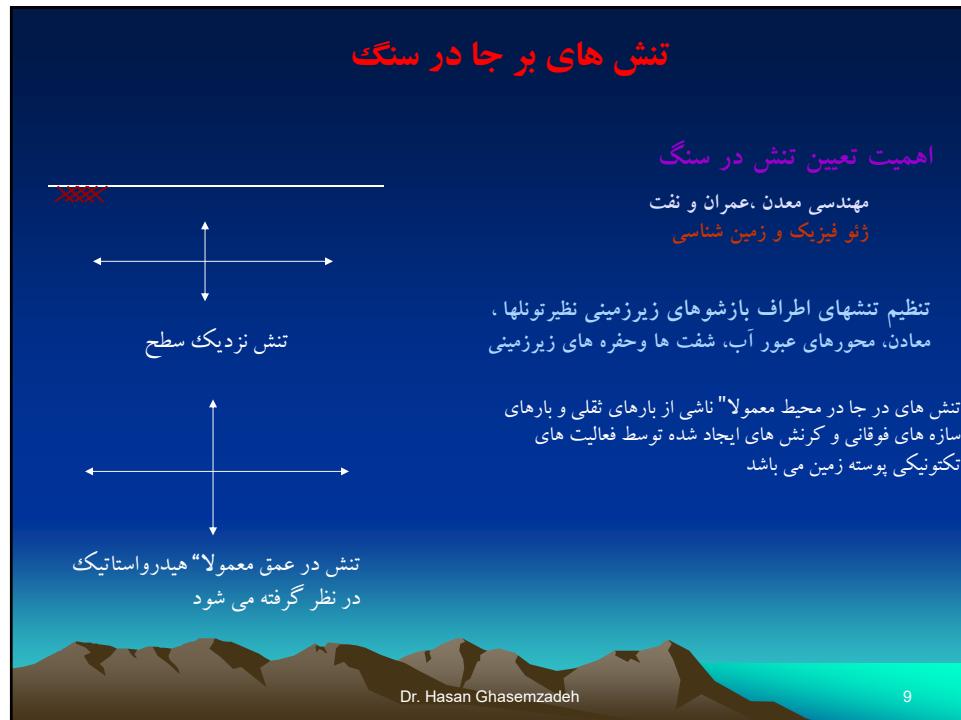
## فهرست عناوین و فصول

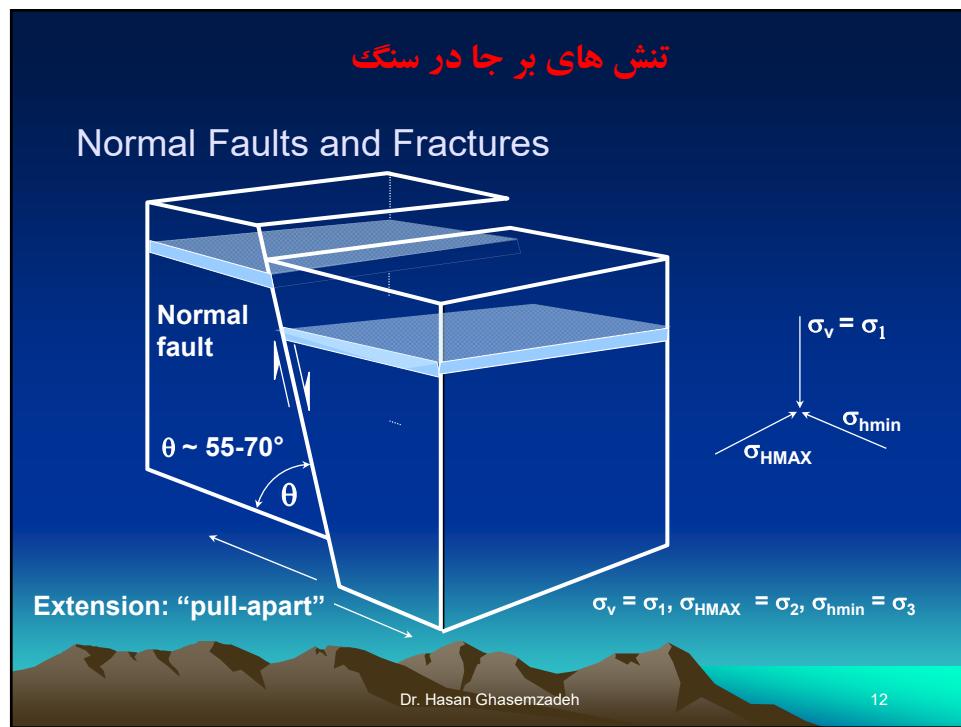
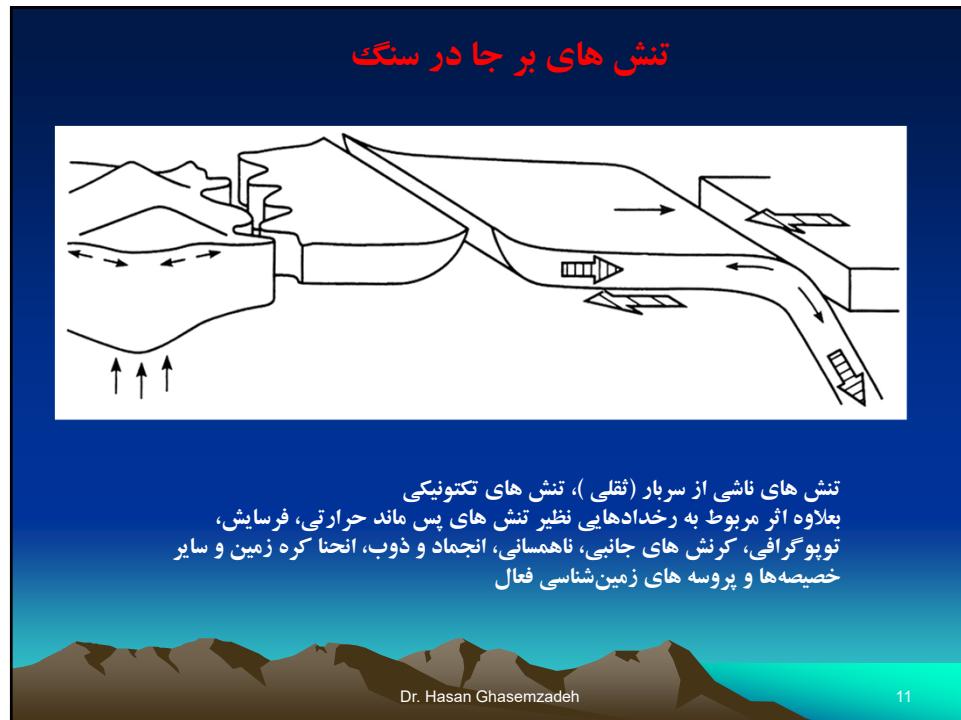
- ۱- مقدمه
- ۲- طبقه بندی سنگها
- ۳- خواص فیزیکی و مکانیکی سنگ ها
- ۴- رفتار سنگ، معیارهای خرابی و شکست
- ۵- نقش های بر جا در سنگ
- ۶- صفات ضعیف در سنگها
- ۷- کاربرد مکانیک سنگ در مهندسی

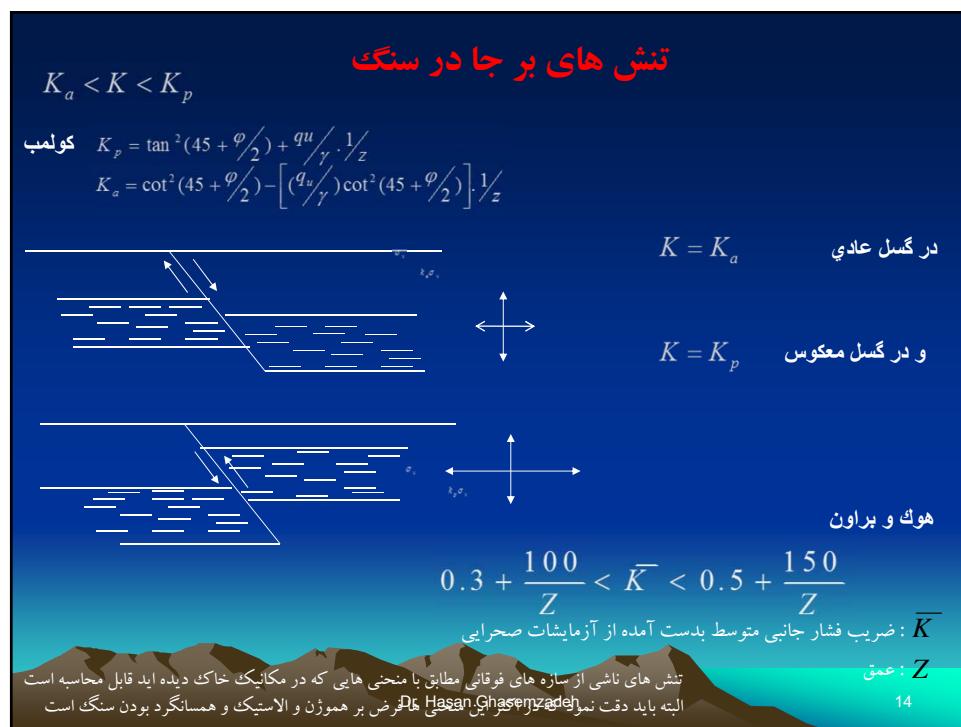
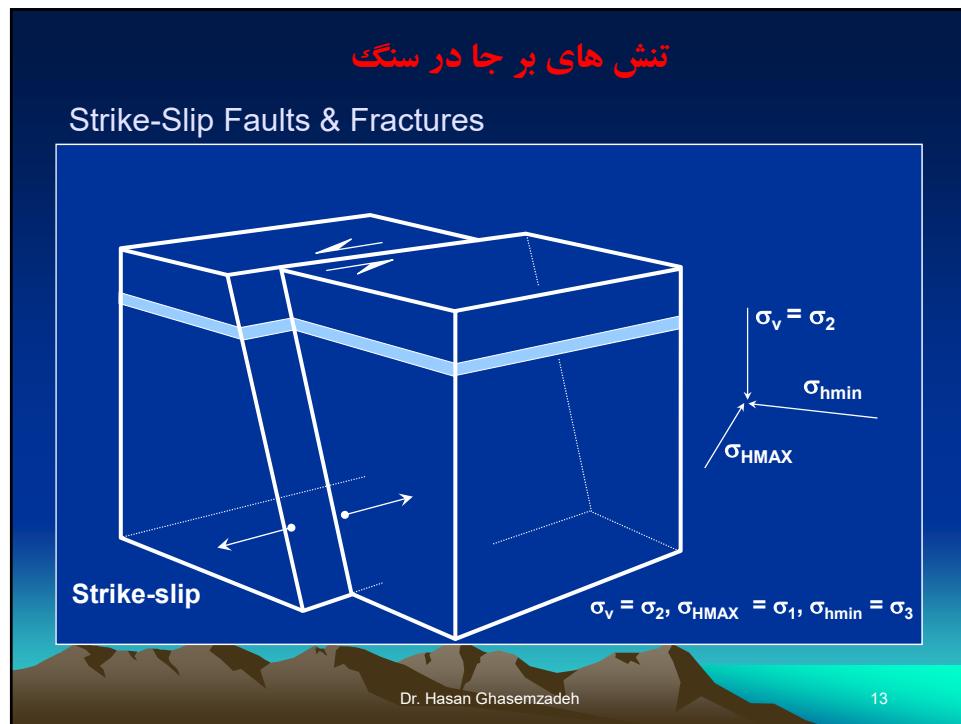


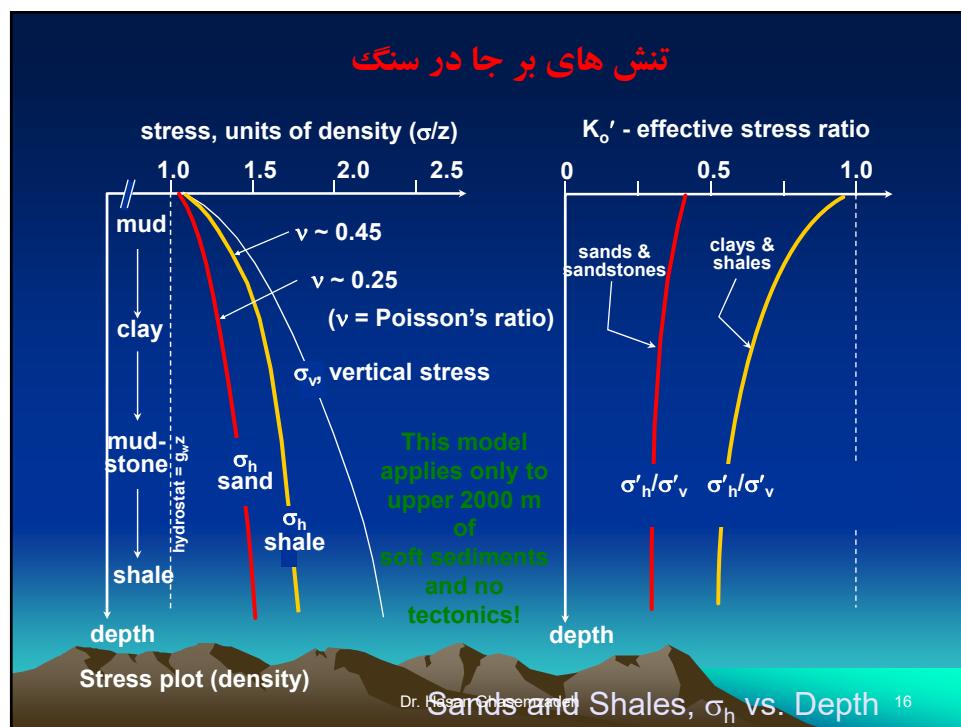
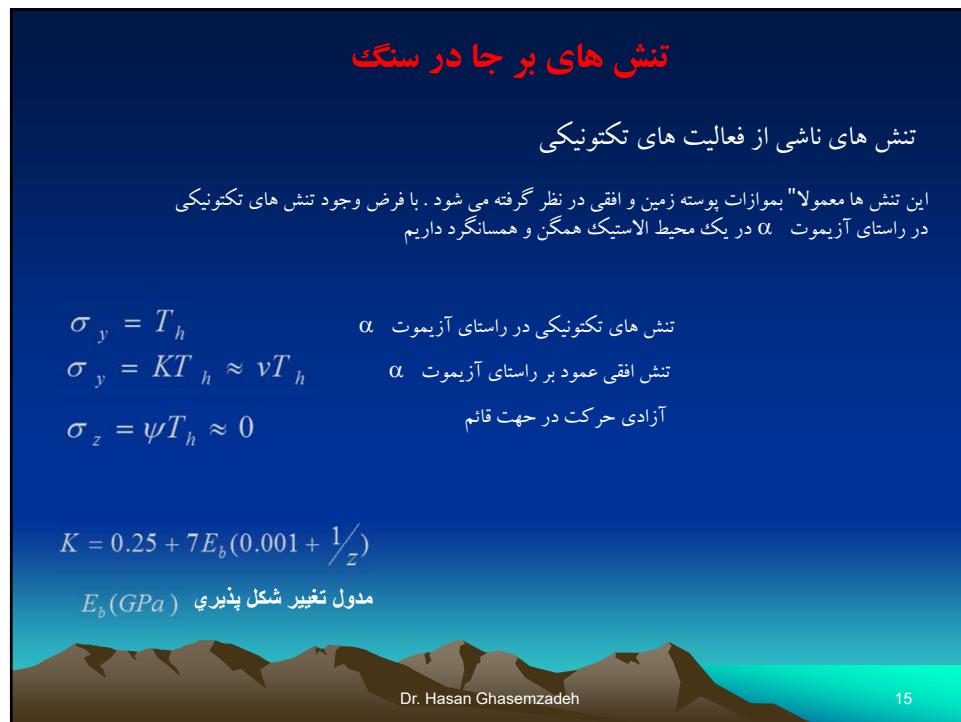








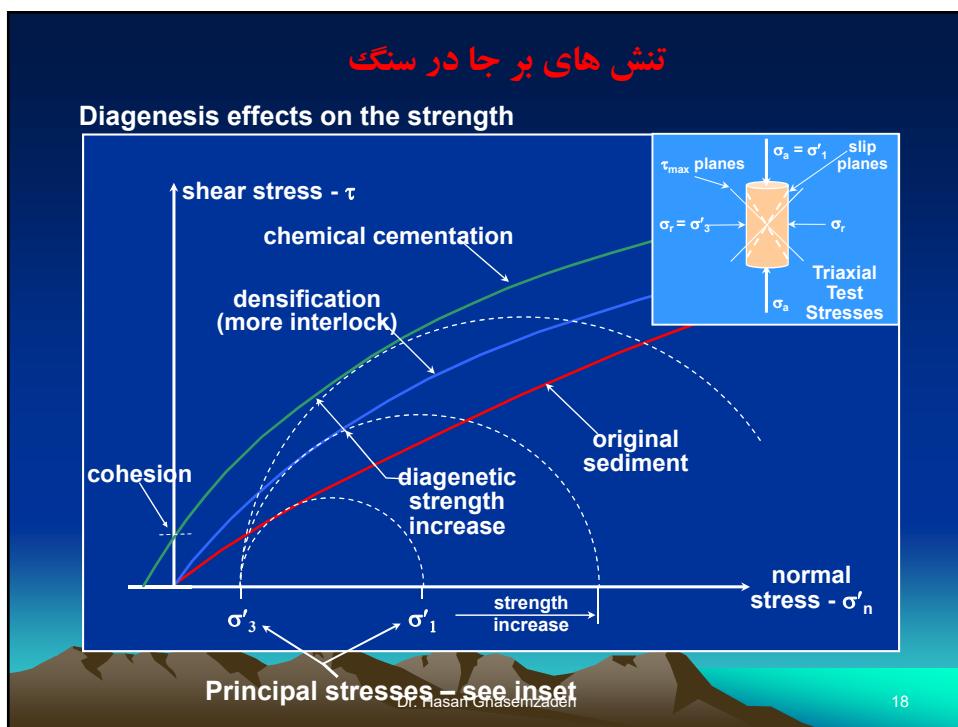


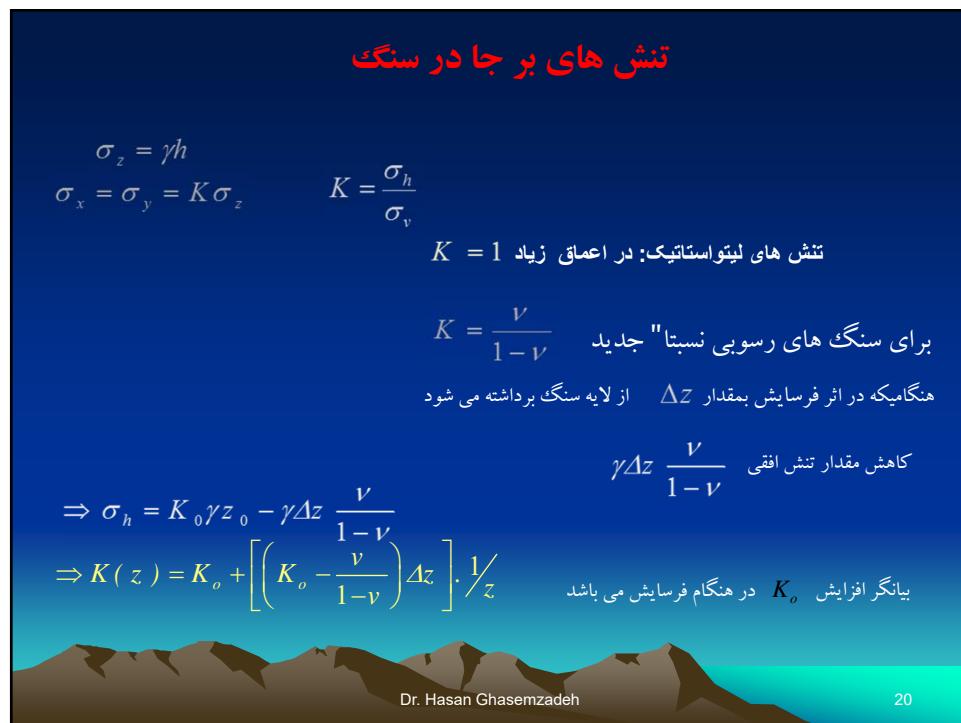
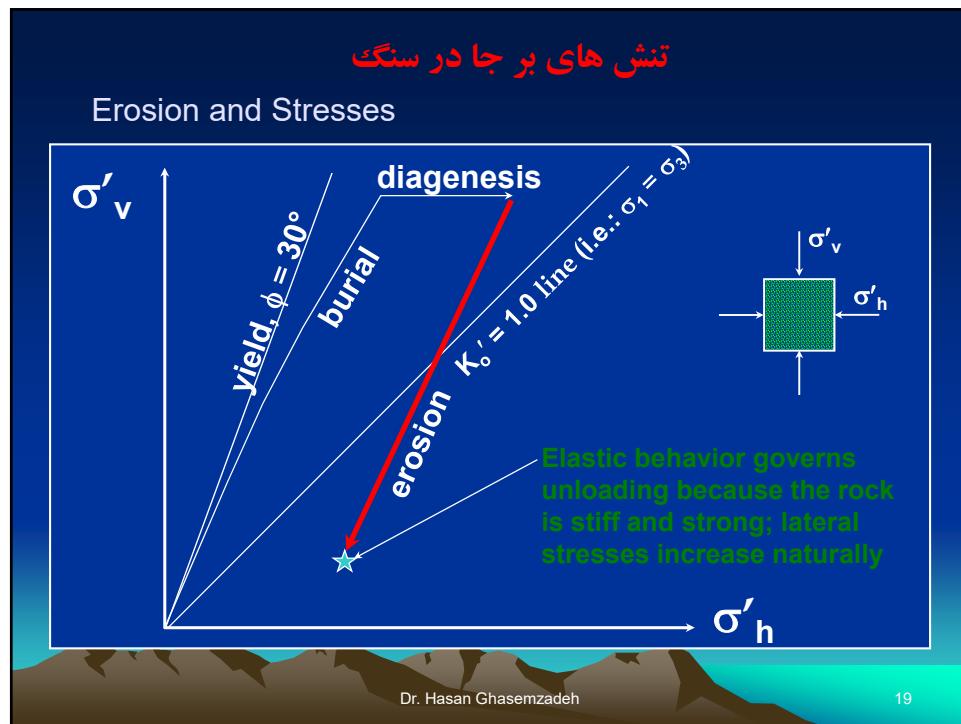


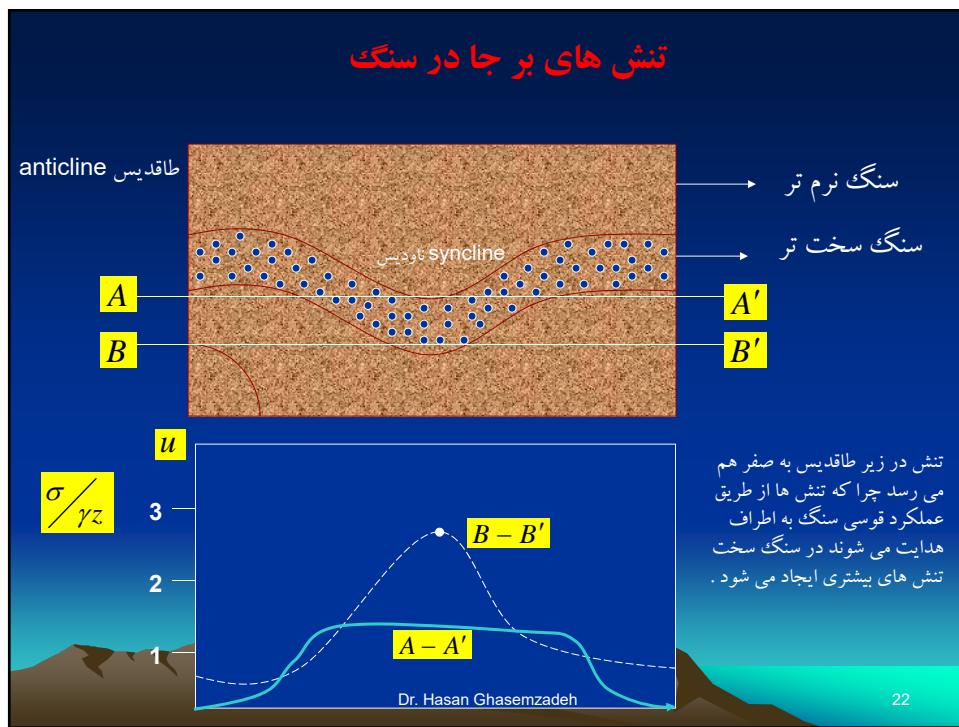
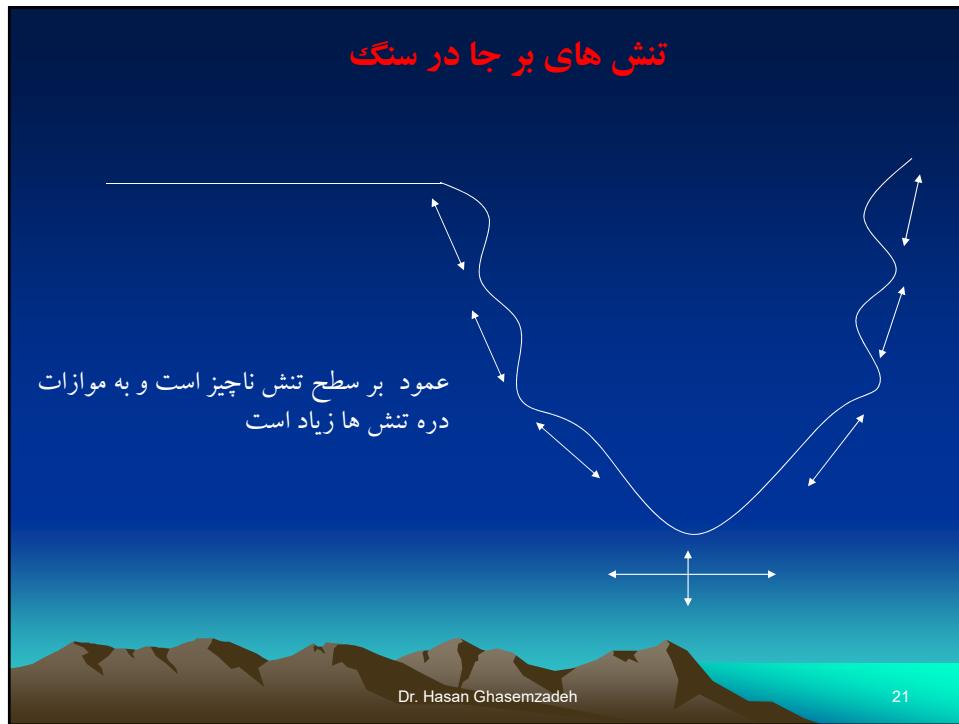
**تنش های بر جا در سنگ**

- If there has been no tectonic activity,  $\sigma_h$  is less than  $\sigma_v$
- In sands, the ratio  $K'_o$  (defined as the ratio of horizontal to vertical stress,  $\sigma'_h/\sigma'_v$ ), can be as low as 0.3, usually 0.4 – 0.6
- Shales have a low angle of friction, usually  $K'_o$  is 0.6 – 0.8, even as high as 0.95 in muds

Dr. Hasan Ghasemzadeh      17







## تنش های بر جا در سنگ

### قانون : (Heim Rule)

بر طبق این قانون در اعمق زیاد تنش های مختلف با یکدیگر مساوی هستند زیرا ماده سنگ نمی تواند در مقابل اختلاف تنش های بزرگ ایستادگی نموده و از راه تسلیم و یا تغییر شکل سعی به کاهش اختلاف تنش های موثر می نماید. این وضعیت در اثر تنش های آنی و دگر شکلی های وابسته به زمان حاصل می شود. بدین ترتیب به مرور زمان در عمق زیاد تمام تنش ها مساوی می گردند . وضعیت تنش حاصل را هیدرواستاتیک و یا (litho static) می نامند.

- قانون هیم در مورد سنگهای تقریباً ضعیف مثل کربناتها ، زغال ها و اوپوریت ها نتیجه خوبی داده است .

Dr. Hasan Ghasemzadeh

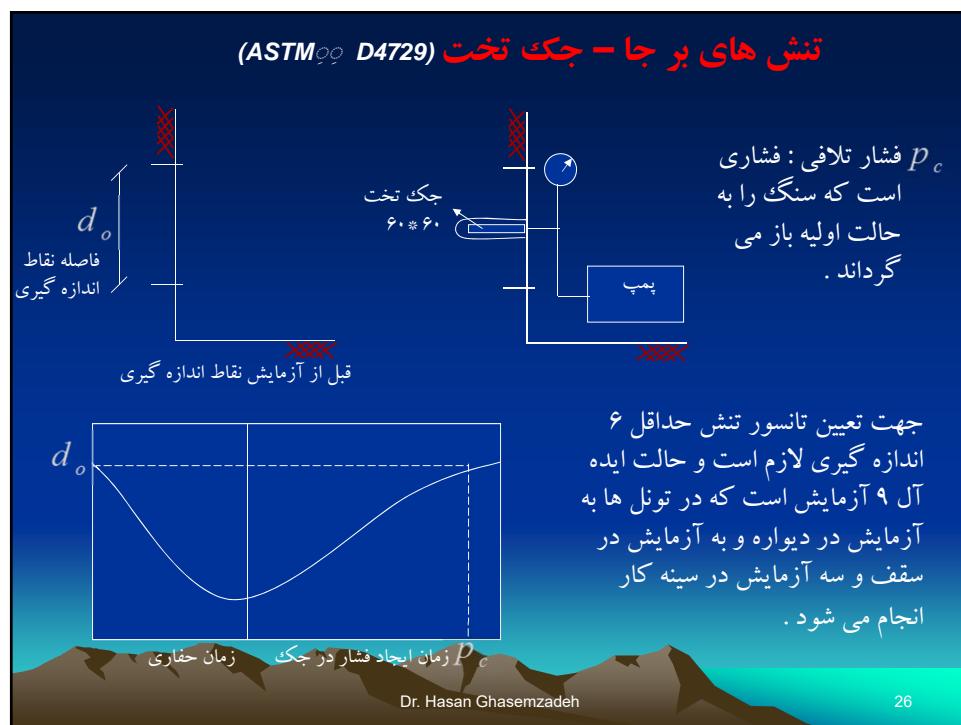
23

## تنش های بر جا در سنگ

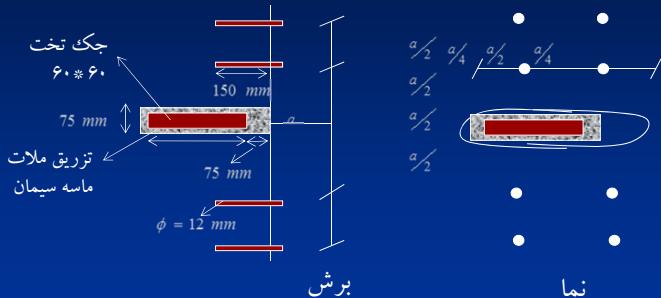
تخمین های تئوری تنش های بر جا دقت خوبی ندارد زیرا عواملی نظیر لایه بندی، درز و ترک ها ، گسل ها ، چین خوردگی ها و ناهمگنی های میکروسکپی و عوامل مختلف موثر بر تنش بر جا، مقادیر تنش واقعی بر جا را متفاوت از مقادیر تنش تئوری می سازد.



24



## تنش های بر جا - جک تخت



$$w_j = \left[ \frac{P c_o}{E} (1-v) \left( 1 + \frac{y^2}{c_o^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] - \left[ \frac{y}{c_o} + (1-v) / \left( 1 + \frac{y^2}{c_o^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$w_j$ : تنش شکل ناشی از فشار جک  
 $c_o$ : نصف طول جک  
 $v$ : فاصله نقطه اندازه گیری تا مرکز جک  
 $P$ : فشار جک

Dr. Hasan Ghasemzadeh

27

## تنش های بر جا - جک تخت

 $w_0$ : جابجایی در یک طرف شیار در طول مدت حفاری

$$w_o = \left[ \frac{sc}{E} (1-v) \left( 1 + \frac{y^2}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] - \left[ \frac{y}{c} + (1-v) / \left( 1 + \frac{y^2}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

 $S$ : تنش در سنگ در جهت عمود بر جک $c_0$ : نصف طول شیار

$w_o = w_1 + w_2$

 $w_1$ : جابجایی یک طرف شیار با عرض محدود $w_2$ : جابجایی یک طرف شیار بر اثر تنش دو محوره

$$w_1 = \left[ \frac{Sy_o}{E} (-2v) \left( 1 + \frac{y^2}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] - \left[ \frac{y}{c} + (1+v) / \left( 1 + \frac{y^2}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

 $y$ : نصف عرض شیار

$w_2 = -w_1 \frac{Q}{S}$

 $Q$ : تنش در سنگ به موازات جک

- با در دست داشتن تغییر مکان ها و با استفاده از روابط فوق می توان مقدار تنش بر جا را بدست آورد. البته فرمول های فوق برای سنگ های الاستیک همگن و همسانگرد می باشد.

Dr. Hasan Ghasemzadeh

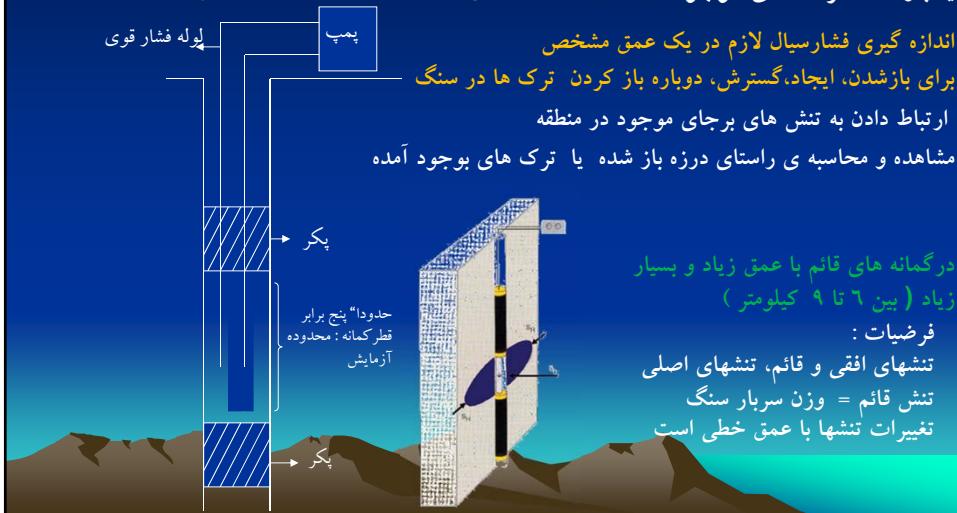
28

## تنش های بر جا - شکست هیدرولیکی



اعمال و افزایش فشار در مقطعی از یک گمانه  
تا ایجاد ترک های جدید (HF)

یا بازشدن ترک های موجود (HTPF)

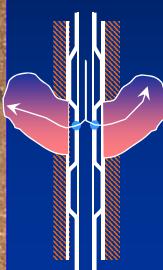


## Hydraulic Fracturing Test (HF)



جستجوی مقاطع بکر و بدون ترک  
شکستن سنگ توسط پمپاژ آب یا گل حفاری در مقطعی از گمانه  
تعیین راستای ترک حاصل با استفاده از

پکر های شکل پذیر  
دوربین های درون گمانه ای



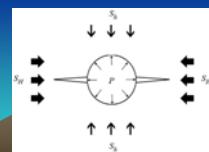
محدودیت ها:

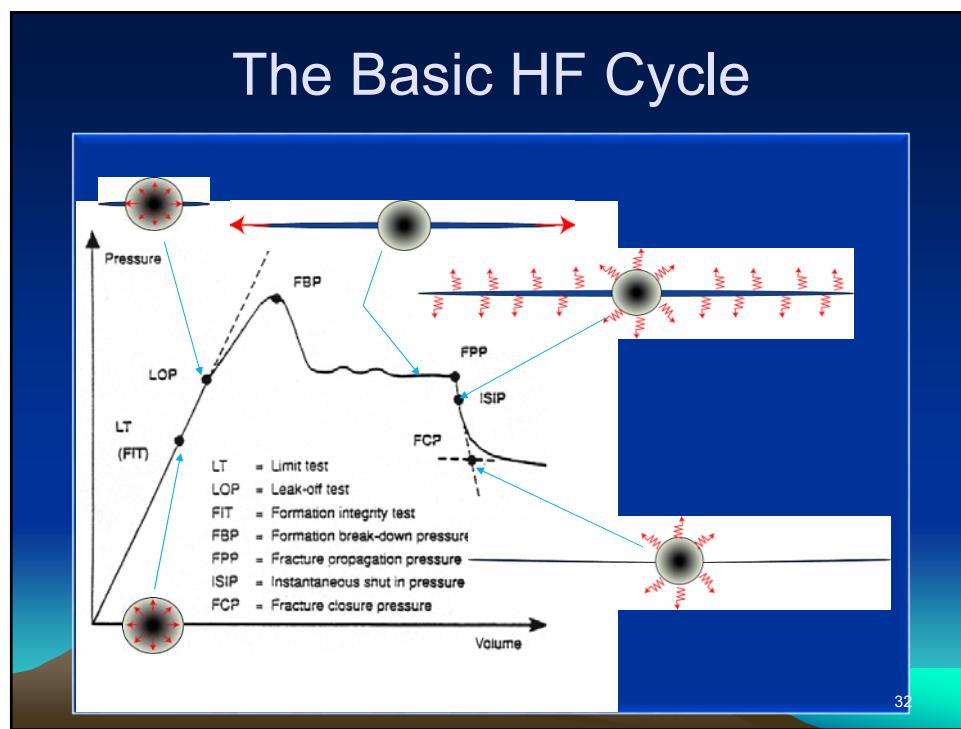
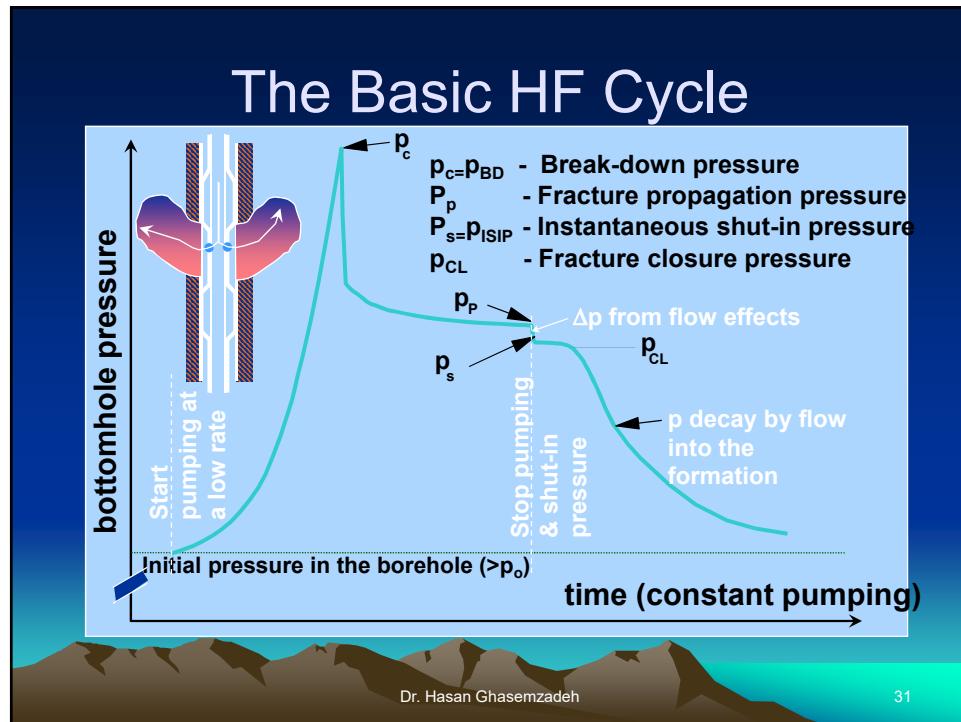
تشهای بسیار زیاد

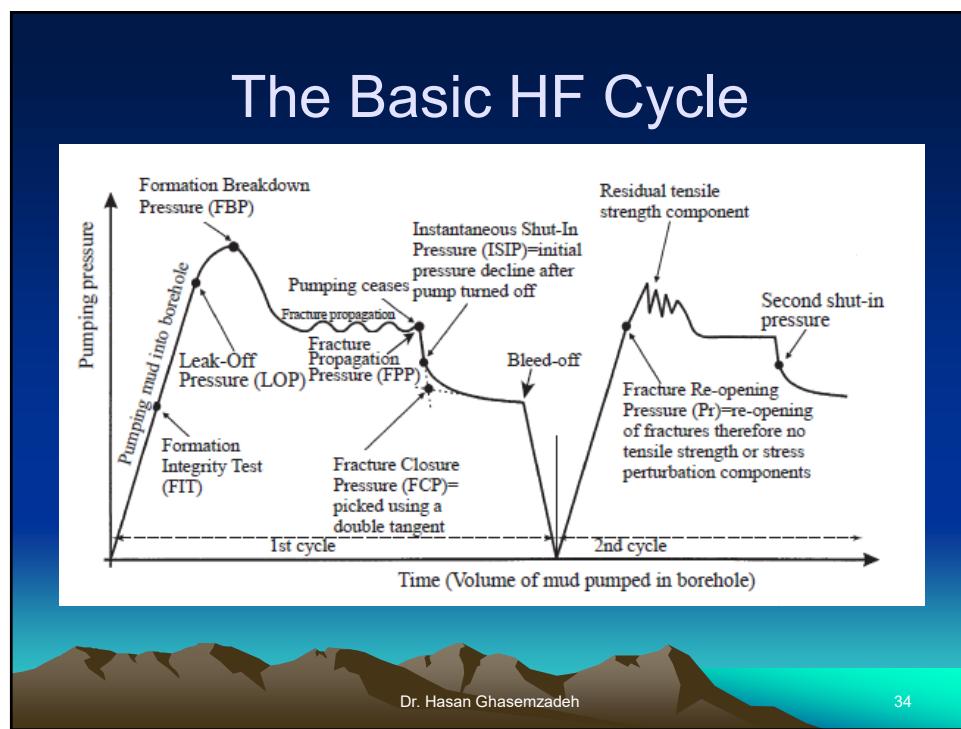
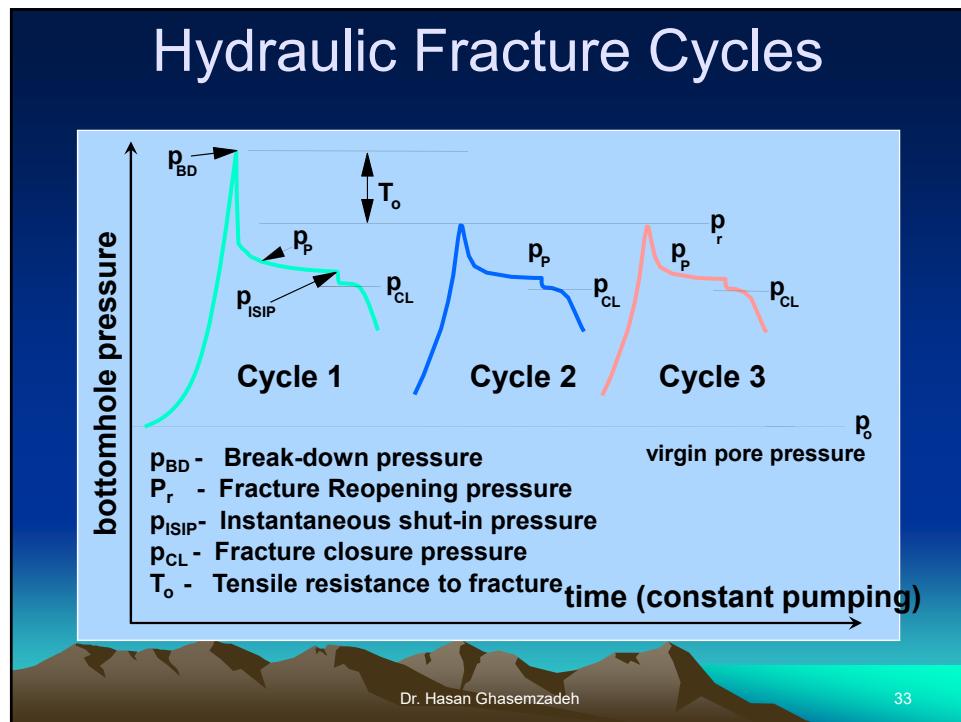
درجه حرارت های فوق العاده زیاد (بالای ۲۰۰ درجه)

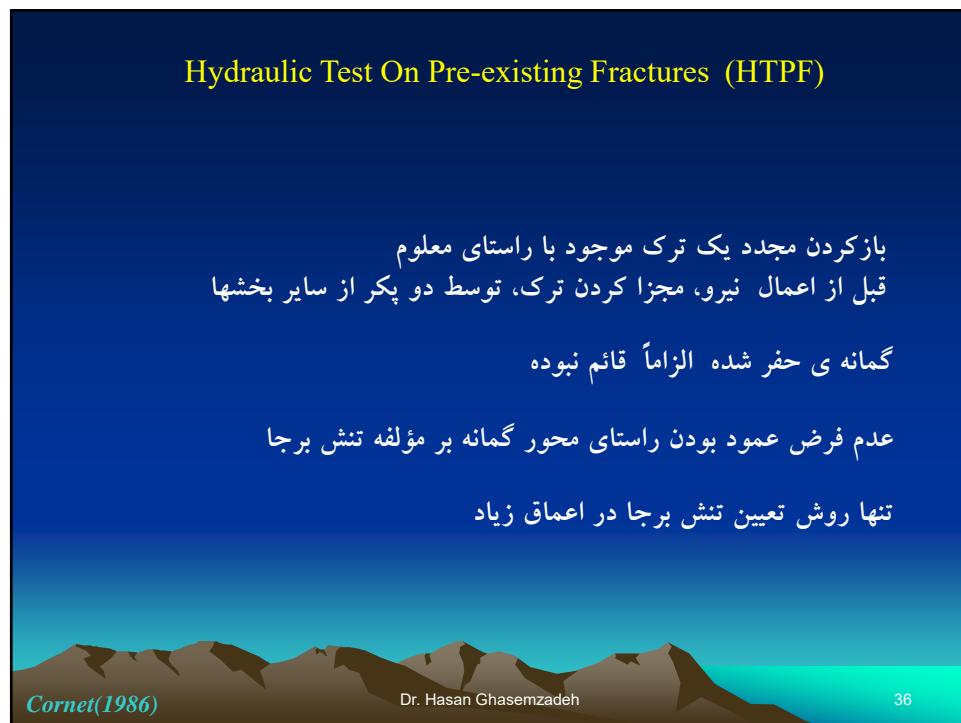
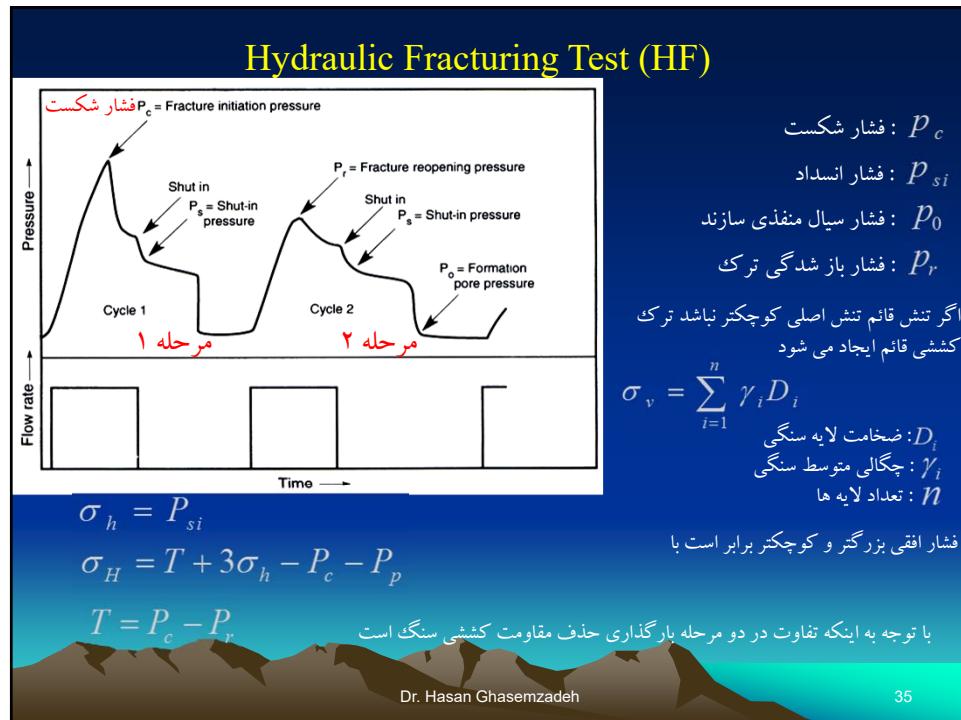
رفتار غیرخطی و شکل پذیر

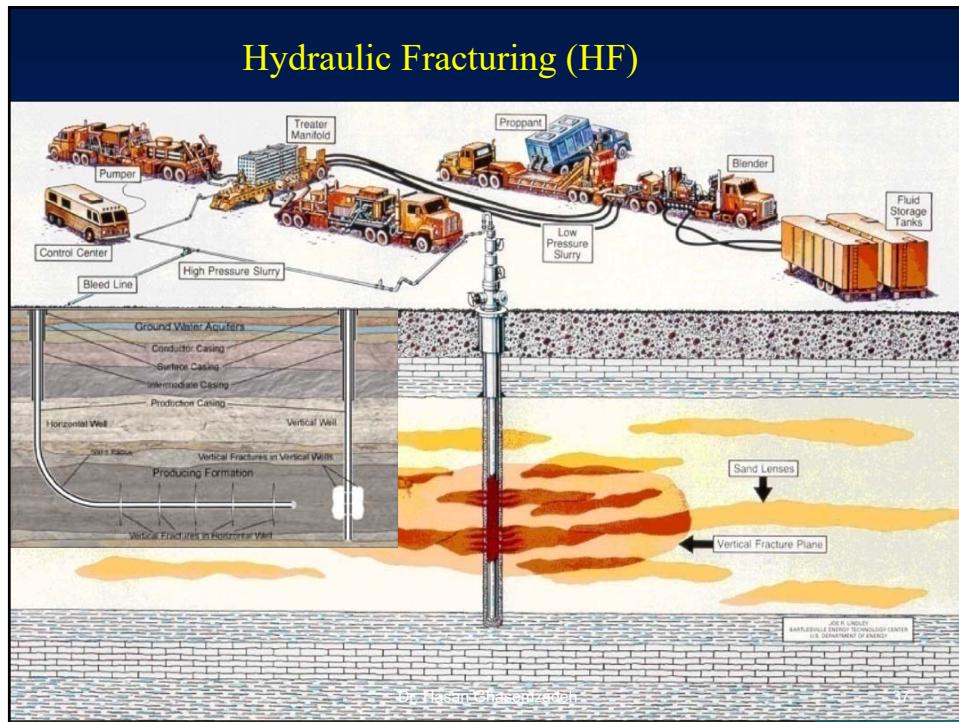
رفتار شکننده و ترد توأم با تخریب دیواره گمانه



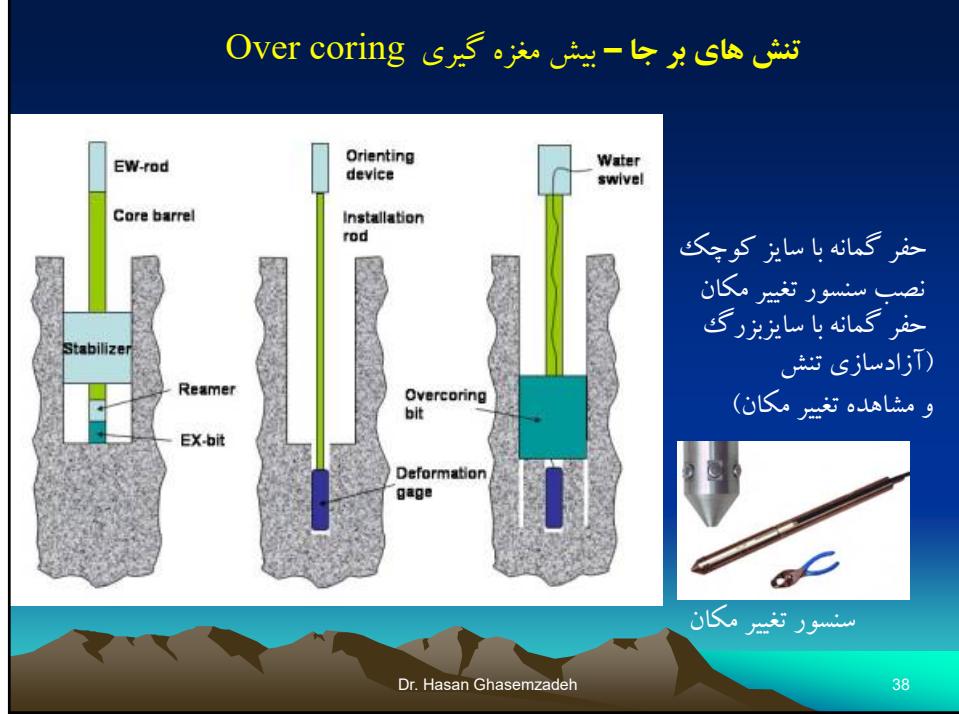


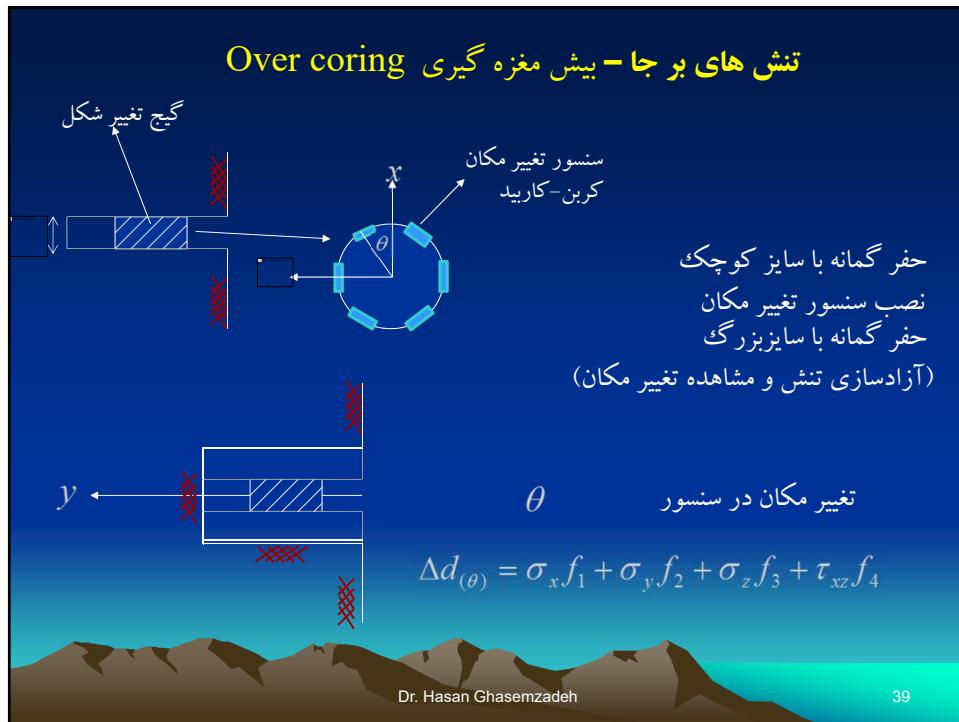






### نش های بر جا - بیش مغزه گیری Over coring





**تنش های بر جا - بیش مغزه گیری Over coring**

$$f_1 = d(1 + 2 \cos 2\theta) \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{d\nu^2}{E}$$

$$f_2 = -\frac{d\nu}{E}$$

$$f_3 = d(1 - 2 \cos 2\theta) \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{d\nu^2}{E}$$

$$f_4 = d(4 \sin 2\theta) \frac{1 - \nu^2}{E}$$

در اینجا فرض شده است که  $\tau_{xy} = \tau_{xz} = 0$   
تأثیری روی تغییر شکل قطری ندارد.  
در صورتیکه کمانه نزدیک سطح زده شده باشد  
 $\sigma_y = 0$  می تواند قرار داده شود.

در صورتیکه مقادیر  $\sigma_y$  مشخص فرض شود خواهیم داشت:

$$\begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 3d \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{d\nu^2}{E} & -d \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{d\nu^2}{E} & 0 \\ \frac{d\nu^2}{E} & 2d \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{d\nu^2}{E} & 2\sqrt{3}d \frac{1 - \nu^2}{E} \\ \frac{d\nu^2}{E} & 2d \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{d\nu^2}{E} & -2\sqrt{3}d \frac{1 - \nu^2}{E} \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \Delta d_0 + \frac{d\nu}{E} \sigma_y \\ \Delta d_{10} + \frac{d\nu}{E} \sigma_y \\ \Delta d_{10} + \frac{d\nu}{E} \sigma_y \end{pmatrix}$$

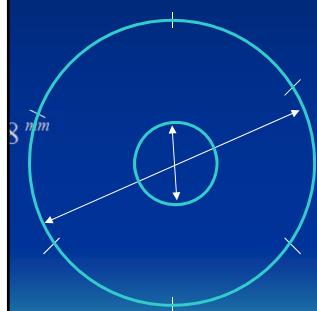
ماتریس ضرائب با توجه به خاصیت سنگ مثلاً الاستیک بدست می آیند

Dr. Hasan Ghasemzadeh      40

### تنش های بر جا - کم مغزه گیری Under coring

حفر گمانه با قطر حدود ۲۵ سانتیمتر

نصب ۶ میخ با زاویه  $60^\circ$  درجه و اندازه گیری فواصل بین میخ ها  
با حفر یک گمانه کوچک به قطر در مرکز گمانه اول تنش سطحی سنگ آزاد می گردد  
اندازه گیری مجدد فواصل بین میخ ها  
یافتن تنش ها از روابط ارائه شده

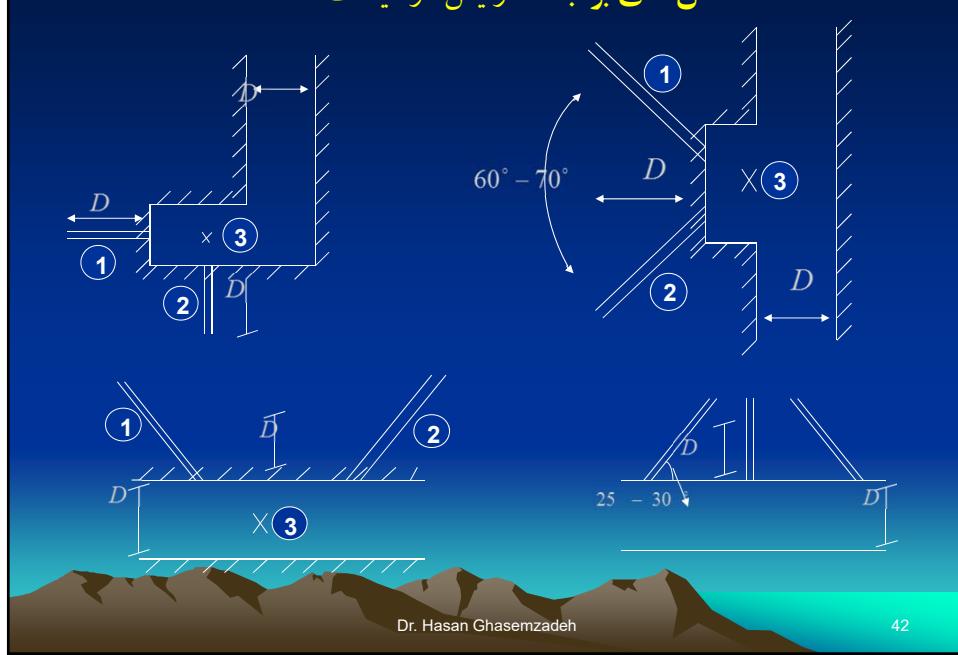


. این روش نسبتاً ساده و کم هزینه بوده و برای تعیین تنش در سطح گالی ها و بازشدگی های زیرزمینی مناسب است.

Dr. Hasan Ghasemzadeh

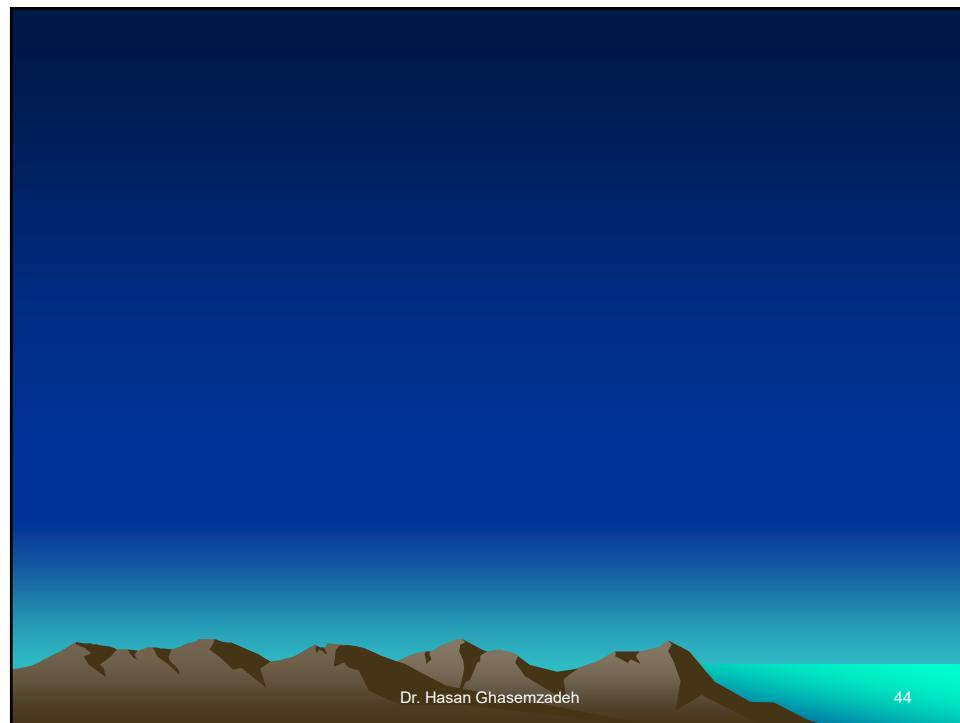
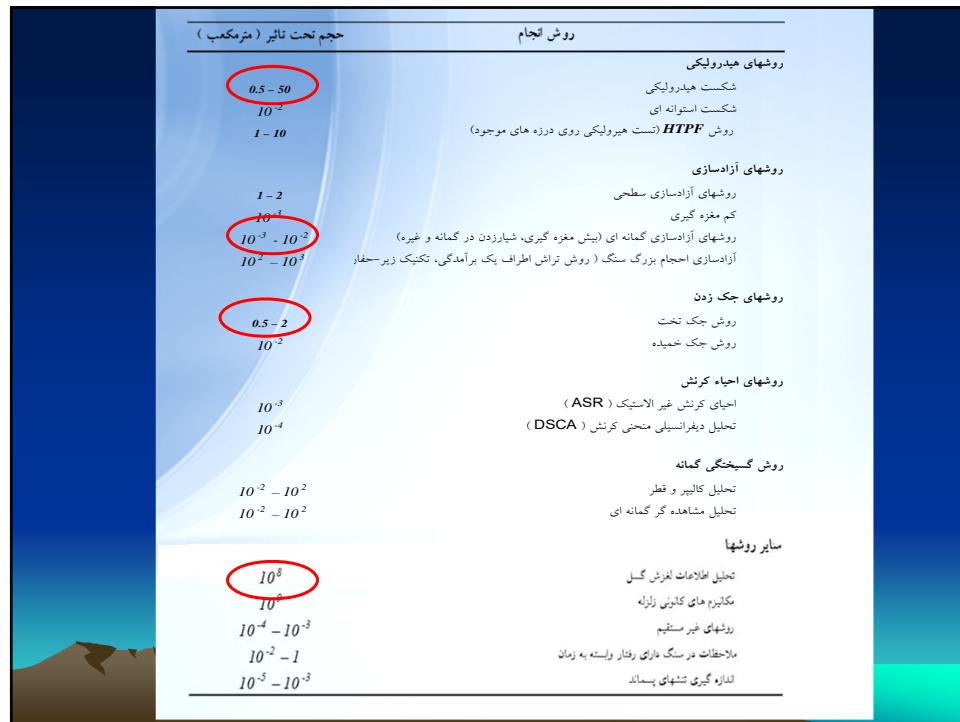
41

### تنش های بر جا - آرایش آزمایشات



Dr. Hasan Ghasemzadeh

42



## تنش های بر جا - بیش مغزه گیری Over coring

$$f_1 = d(1 + 2 \cos 2\theta) \frac{1 - v^2}{E} + \frac{dv^2}{E}$$

در اینجا فرض شده است که  $\tau_{zy}$  و  $\tau_{xy}$  تأثیری روی تغییر شکل قطری ندارد.

$$f_2 = -\frac{dv}{E}$$

در صورتیکه کمانه نزدیک سطح زده شده باشد  $\sigma_y = 0$

$$f_3 = d(1 - 2 \cos 2\theta) \frac{1 - v^2}{E} + \frac{dv^2}{E}$$

در صورتیکه مقادیر  $\sigma_y$  می تواند قرار داده شود.

$$f_4 = d(4 \sin 2\theta) \frac{1 - v^2}{E}$$

مشخص فرض شود خواهیم داشت:

$$\begin{Bmatrix} \Delta d(\theta_1) - f_2 \sigma_y \\ \Delta d(\theta_1 + 60) - f_2 \sigma_y \\ \Delta d(\theta_1 + 120) - f_2 \sigma_y \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{13} & f_{14} \\ f_{21} & f_{23} & f_{24} \\ f_{31} & f_{33} & f_{34} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_z \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

ماتریس ضرائب با توجه به خاصیت سنگ مثلاً "الاستیک" بدست می آیند

Dr. Hasan Ghasemzadeh

45