اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

مراحل طراحی مدل ژئومکانیکی چاه(MEM) :

1- قرائت داده های پتروفیزیکی(logging): GR, RHOB, NPHI, DT_C, DT_S, CALIPER

2- محاسبه مدول های الاستیک سنگ مخزن در حالت دینامیکی بوسیله روابط زیر:

$$\nu = \frac{\frac{1}{2}(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_c})^2 - 1}{(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_c})^2 - 1}$$

$$E_d = \frac{\rho_b[3 - 4(\frac{\Delta t_c}{\Delta t_s})^2]}{\Delta t_s^{\,2} - \Delta t_c^{\,2}}$$

$$G_d = \frac{\rho_b}{\Delta t_s^{\,2}}$$

$$K_d = \rho_b(\frac{1}{\Delta t_c^{\,2}} - \frac{4}{3\Delta t_s^{\,2}})$$

مدول بالک K_d: مدول برشی دینامیکی و G_d: مدول یانگ دینامیکی، E_d: نسبت پواسون دینامیکی υ

GPaدینامیکی برحسب

3- تبدیل مدول های الاستیک از حالت دینامیکی به استاتیکی

Properties Rock	Dynamic	Static
Young's modulus	$\frac{\rho_b\left(3\Delta t_s^{\,2}-4\Delta t_c^2\right)}{\left(1-\frac{\Delta t_c^2}{\Delta t_s^{\,2}}\right)}$	$0.4145E_{dyn}$-1.0593
Shear modulus	$\frac{\rho_b}{\Delta t_s^{\,2}}$	$\frac{E_{sta}}{2(1+\nu_{sta})}$
Bulk modulus	$\rho_b\left(\frac{1}{\Delta t_c^2}-\frac{4}{3\Delta t_s^{\,2}}\right)$	$\frac{E_{sta}}{3(1-2\nu_{sta})}$
Poisson's ratio	$\frac{\frac{1}{2}\left(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_c}\right)^2-2}{\left(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_c}\right)^2-1}$	

نکته: برای تبدیل مدول یانگ به حالت استاتیکی روابط متعددی وجود دارد.

4- محاسبه مقاومت تراکمی تک محوری سنگ مخزن (UCS) :

$$UCS = 2.280 + 4.1089E_{sta}$$

$$\mathrm{UCS} = e^{-0.633+\frac{246.540}{\Delta t}}$$

$$UCS = 135.9\exp(-4.8\phi)$$

نکته: برای محاسبه UCS روابط متعددی وجود دارد.

5- قرائت P_p و M_w از داده های RFT و حفاری و محاسبه P_w با توجه به عمق:

P_w= (M_w*9.81*Depth)/1000

6- محاسبه بزرگی (مقدار) تنش‌های برجا:

$$\sigma_V = \int_0^z \rho(z) g dz \cong \bar{\rho} g z$$

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_v - \frac{\nu}{1-\nu}\alpha p_p + \alpha p_p + \frac{E}{1-\nu^2}\varepsilon_y + \frac{\nu E}{1-\nu^2}\varepsilon_x$$

$$\sigma_H = \frac{\nu_{sta}}{1-\nu}\sigma_v - \frac{\nu_{sta}}{1-\nu_{sta}}\alpha p_p + \alpha p_p + \frac{E_{sta}}{1-\nu_{sta}^2}\varepsilon_x + \frac{\nu_{sta} E_{sta}}{1-\nu_{sta}^2}\varepsilon_y$$

$\alpha = 1$

$\varepsilon_x = 1.5$

$\varepsilon_y = 0.5$

7- تعیین جهت تنش های برجا بوسیله Image logs و کالیپرهای چند بازویی

8- محاسبه تنش های مماسی ، محوری و شعاعی (تغییرات تنش ها پس از حفاری):

$$\sigma_{\theta\theta}\,\max = 3S_{H\max} - S_{h\min} - P_w - P_p$$

$$\sigma_{\theta\theta}\,\min = 3S_{h\min} - S_{H\max} - P_w - P_p$$

$$\sigma_{zz}\,\max = S_v + 2\nu(S_{H\max} - S_{h\min}) - P_p$$

$$\sigma_{zz}\,\min = S_v - 2\nu(S_{H\max} - S_{h\min}) - P_p$$

$$\sigma_{rr} = \sigma_3 = P_W - P_p$$

9- مطالعه و بررسی وضعیت و نوع شکستگی ها و گسیختگی های دیواره چاه

- مدل های شکست برشی

Mode	σ_1	σ_2	σ_3	Comment
(SWBO) : Shear failure Wide Breakout	$\sigma_{\theta\theta}$	σ_{zz}	σ_{rr}	Conventional breakout
(SHAE) : Shear failure High Angle Echelon	σ_{zz}	σ_{rr}	$\sigma_{\theta\theta}$	Forms on opposite side of well as a conventional breakout but the failed rock will not fall into the wellbore as $\sigma_{rr} = \sigma_2$
(SSKO) : Shear failure Shallow Knockout	σ_{zz}	$\sigma_{\theta\theta}$	σ_{rr}	Results in failure all the way around the wellbore
(SLAE) : Shear failure Low Angle Echelon	$\sigma_{\theta\theta}$	σ_{rr}	σ_{zz}	Requires high mud weights. Failed rock will not fall into the wellbore as $\sigma_{rr} = \sigma_2$
(SNBO) : Shear failure Narrow Breakout	σ_{rr}	σ_{zz}	$\sigma_{\theta\theta}$	Requires unreasonably high mud weight
(SDKO) : Shear failure Deep Knockout	σ_{rr}	$\sigma_{\theta\theta}$	σ_{zz}	Requires unreasonably high mud weight

Table 3 : *Multiple modes of compressive wellbore failure* [9]

- مدل های شکست کششی

مدل	σ_3	تعاریف
گسیختگی کششی قائم (TVER)	$\sigma_{\theta\theta}$	شکستگی کششی در این حالت بصورت عمودی می باشد
گسیختگی کششی افقی (THOR)	σ_{zz}	شکستگی کششی در این حالت بصورت افقی می باشد
گسیختگی کششی شعاعی (TCYL)	σ_{rr}	شکستگی کششی در این حالت بصورت شعاعی می باشد

10- استفاده از معیار شکست مناسب برای تعیین محدوده مجاز و مناسب فشار گل با توجه به مدل شکست وگسیختگی

$$A = 3S_{Hmax} - S_{hmin}$$

$$B = S_v + 2\nu\,(S_{Hmax} - S_{hmin})$$

$$D = 3S_{hmin} - S_{Hmax}$$

$$E = S_v - 2\nu\,(S_{Hmax} - S_{hmin})$$

$$(\sigma_1 - P_p) = C_0 + q\,(\sigma_3 - P_p)$$ معیار مور - کلمب

$$\sigma_1 = C + q\,\sigma_3$$

$$C = C_0 - P_p\,(q - 1)$$

در این روابط C_0 همان UCS می باشد و مقدار q توسط رابطه زیر مشخص می گردد :

$$q = \tan^2\,(\pi/4 + \phi/2)$$

Case	$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$	Borehole failure occurs if
SWBO	$\sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{rr}$	$P_w \leq (A - C) / (1 + q)$
SSKO	$\sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{rr}$	$P_w \leq (B - C) / q$
SHAE	$\sigma_{zz} \geq \sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta}$	$P_w \geq (C - E) / (q + D)$
SNBO	$\sigma_{rr} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta}$	$P_w \geq (C + qD)/(1 + q)$
SDKO	$\sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz}$	$P_w \geq (C + qE)$
SLAE	$\sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{rr} \geq \sigma_{zz}$	$P_w \leq (A - C - qB)$

تعیین پایین ترین و بالاترین حد مجاز فشار گل برای مدل های شکست برشی

Case	σ_3	Borehole failure occurs if
TVER	$\sigma_{\theta\theta}$	$P_w \geq (D - P_p - T)$
THOR	σ_{zz}	$P_w \leq (D - E)$
TCYL	σ_{rr}	$P_w \leq (P_p + T)$

تعیین پایین ترین و بالاترین حد مجاز فشارگل برای مدل های شکستگی کششی توسط معیار مور- کلمب

11- تحلیل پایداری دیواره چاه