



مدلسازی ژئومکانیکی جهت مقابله با ریزش دیواره چاه‌های نفت با استفاده از داده‌های چاه‌نگاری

علی شریفان^{1*}، رضا شیرین آبادی²، احسان موسوی³

1- کارشناسی ارشد مهندسی نفت ali.sharifan.74@gmail.com

2- دکتری تخصصی مهندسی معدن R_Shirinabadi@azad.ac.ir

3- دکتری تخصصی مهندسی معدن se_moosavi@azad.ac.ir

خلاصه

با توجه به اینکه در اکثر مناطق نفتی هنوز آزمایش‌های مکانیک سنگی صورت نپذیرفته است، توجه بسیار زیادی به این مساله می‌شود و اهمیت و ضرورت اینگونه مطالعات را بیشتر می‌کند. ژئومکانیک، علمی است که به شناسایی، مدل‌سازی و کنترل تغییر شکل سنگ می‌پردازد. درک و مدیریت ریسک همراه با این تغییر شکل‌ها منجر به کاهش ریسک زیر شاخه‌های مختلف کاربردی نظیر پایداری چاه، تولید ماسه و شکافت هیدرولیکی می‌شود. ژئومکانیک مجموعه‌ای از کاربردهای مکانیک سنگ، خاک و شکست را در برمی‌گیرد که ریشه بسیاری از مشکلات فازهای حفاری، تولید و توسعه میادین هیدروکربوری می‌باشند. امروزه در بسیاری از عملیات حفاری، تکمیلی و بهره‌برداری، عدم آگاهی از وضعیت ژئومکانیکی محیط، ریسک بزرگی تلقی می‌شود. توسعه یک مدل ژئومکانیکی پایدار از میدان مورد مطالعه، ریسک موجود را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و مزایای با ارزش دیگری را در طی عمر بهینه میدان به وجود می‌آورد. در این مطالعه سعی می‌گردد که بمنظور شناخت نوع استرس و تنش‌های موجود با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی و شیب آزمون و اطلاعات دیگری که از طریق مهندسان مخزن در دسترس قرار خواهد گرفت مدل ژئومکانیکی سازند مربوطه مدلسازی گردد و با بررسی عوامل مختلف بتوان مشکلات ناشی از ریزش دیواره چاه و عدم پایداری مورد بحث و بررسی قرار گیرد که باتوجه به بررسی‌های بعمل آمده آکادمیک و میدانی هنوز مطالعات گسترده‌ای در این زمینه در این سازند انجام نشده است و این موضوع می‌تواند اهمیت این بحث را ارتقا بخشد. با استفاده از این مطالعه پنجره گل حفاری بدست آمد و طبق آن مشخص گردید که حداقل فشار گل حفاری 60-80 مگاپاسکال بوده و حداکثر فشار گل حفاری 95-115 مگاپاسکال می‌باشد.

کلمات کلیدی: گل حفاری، ریزش دیواره چاه، پایداری

1. مقدمه

بسیاری از میدان‌های نفتی با مشکلات ژئومکانیکی ناشی از فشار بیش از حد، ناپایداری‌های چاه، تراکم مخزن، شکست لوله جداره چاه، تولید ماسه، نشست سطح زمین و فعالیت گسل‌ها روبرو هستند.



ناپایداری چاه هر ساله هزینه زیادی را متحمل شرکت‌های نفت سراسر جهان می‌کند. برای رسیدن به پایداری چاه، مهندسان نفت و زمین‌شناسان با طیف وسیعی از مشکلات در طول عملیات مخازن مواجه می‌شوند. بنابراین تحلیل پایداری چاه، جزء برنامه‌های کاربردی بسیاری از شرکت‌های نفتی شده است. [1، 2، 3 و 4].

مطالعه اطلاعات حفاری مربوط به 10 سال گذشته نشان می‌دهد در حدود 30% هزینه‌های اضافی در طول حفاری مربوط به ناپایداری چاه می‌باشد. مستند به همین اطلاعات، حداقل 90% ناپایداری‌های رخ داده شده مربوط به سازندهای شیلی است. همچنین بیشتر از 75% حفاری‌ها در دنیا در سازندهای شیلی انجام شده‌اند. همین امر مطالعه و تحقیق در مورد شیل‌ها را ضروری می‌سازد. در گذشته برای حل مشکلات ناپایداری مربوط به حفاری شیل‌ها ناشی از سیالات حفاری پایه آبی، از سیالات حفاری پایه روغنی استفاده می‌کردند. سیالات پایه روغنی کارایی بالایی دارند ولی مشکلات زیست محیطی این سیالات، استفاده از آنها را محدود ساخته است؛ بنابراین سیالات حفاری پایه آبی بیشتر مورد توجه‌اند.

ابتدایی‌ترین شرایط برای پایدار ماندن یک چاه در حین حفاری، وجود تعادل و توازن بین تمرکز تنش در نزدیک دیواره چاه و استحکام سنگ می‌باشد. ناپایداری چاه به دلیل شکست سنگ اطراف دیواره چاه در حالتی که مقدار تنش مؤثر در دیواره چاه از استحکام سنگ تجاوز کند، ایجاد می‌شود. و به طور کلی باید گفت که ناپایداری دیواره چاه بستگی به آن دارد که سنگ دیواره چاه چگونه به تمرکز تنش القایی ناشی از عملیات حفاری جواب خواهد داد. اگر استحکام سنگ بیشتر از مقدار تنش القایی باشد، چاه پایدار خواهد ماند و در شرایط عکس سنگ تسلیم خواهد شد و احتمال ناپایداری در چاه وجود دارد.

عوامل مؤثر بر پایداری چاه شامل شیب و آزیموت چاه، تنش‌های برجا، وزن سیال حفاری، پارامترهای مقاومتی سنگ و ... است. برخی از این عوامل قابل کنترل و برخی از آنها غیر قابل کنترل هستند.

از جمله عوامل قابل کنترل می‌توان به شیب و آزیموت چاه و وزن سیال حفاری اشاره نمود. با تغییر این پارامترها، می‌توان تا حد زیادی بر پایداری چاه اثر گذاشت و تا حد امکان مشکلات مربوط به ناپایداری را کاهش داد. تعیین مناسب پنجره وزن گل ایمن به منظور کاهش ریسک هرزروی گل حفاری و نیز کاهش ریسک فوران چاه حائز اهمیت است و در نهایت باعث ایجاد یک حفاری ایمن و افزایش سرعت عملیات حفاری خواهد شد. مطالعات ژئومکانیکی نشان می‌دهد که با تعیین پنجره وزن گل ایمن، مشکلات پایداری چاه تا حد زیادی کنترل و رفع می‌شوند.

بررسی رفتار سنگ متخلخل تحت تاثیر نیروهای تراکمی یکی از مهمترین مسائل مورد توجه در حین حفاری سنگ مخزن است که در حیطه علم " مکانیک سنگ " قرار می‌گیرد. در اثر حرکات لایه‌های، تنش فشاری محدودکننده و یا تغییرات فشار منفذی، سنگ و منافذ آن دچار تراکم می‌شوند. از طرفی استخراج هیدروکربن یا آب زیرزمینی باعث کاهش فشار منفذی و در نتیجه افزایش تنش مؤثر در مخازن می‌گردد. تنش، باعث بوجود آمدن کرنش و تغییر شکل در اجزای متعدد سنگ خواهد شد و تغییر شکل در سنگ نیز محتاج فضای لازم برای حرکت است. از آنجا که سنگ محدود شده است، تنش در سنگ‌های واقع در زیر زمین ذخیره می‌گردد. اندازه تنش ممکن است آن قدر زیاد باشد که گاهی بیش از نقطه گسیختگی سنگ شود. تمرکز استرس در اطراف چاه منجر به بروز شکستگی‌های فشاری و یا کششی در دیواره می‌شود. [5، 6، 7 و 8].

مهندسان حفاری سعی می‌کنند که به منظور کاهش تمرکز تنش و جلوگیری از هرگونه شکست در سازند اطراف چاه، پنجره ایمن گل حفاری را طراحی کنند. دلیل نگرانی مهندسان حفار به این سبب است که با انتخاب ناصحیح در فشار گل حفاری مشکلات زیان باری اتفاق خواهد افتاد و حتی در بعضی مواقع احتمال از دست دادن چاه به دلایل ریزش دیواره چاه یا فوران چاه اتفاق خواهد افتاد.



2. روش مطالعه

پارامترهای ژئومکانیکی مخزن حاصل از بررسی‌های دینامیکی با استفاده از نمودارهای لاگ صوتی و چگالی به دست می‌آیند. با اندازه‌گیری خواص یاد شده پارامترهای ژئومکانیکی سازند (مدول‌های الاستیک سنگ مخزن در حالت دینامیکی) به شرح زیر محاسبه می‌شوند [6]:

جدول 1- بدست آوردن مدول‌های الاستیک دینامیک و استاتیک

| مدول استاتیک | مدول دینامیک | خواص سنگ |
|--|---|-----------|
| $E_s = 0.4145 E_{dym} - 1.0593$ | $E_d = \frac{\rho_b [3 - 4(\frac{\Delta t_c}{\Delta t_s})^2]}{\Delta t_s^2 - \Delta t_c^2}$ | مدول یانگ |
| $K_s = \frac{E_{sta}}{2(1 - \nu_{sta})}$ | $K_d = \rho_b (\frac{1}{\Delta t_c^2} - \frac{4}{3\Delta t_s^2})$ | مدول بالک |
| $G_s = \frac{E_{sta}}{2(1 + \nu_{sta})}$ | $G_d = \frac{\rho_b}{\Delta t_s^2}$ | مدول برشی |

در روابط فوق، ρ_b چگالی سنگ، Δt_s زمان سیر امواج فشاری، Δt_c زمان سیر امواج برشی می‌باشند. در این روابط زمان گذر موج فشاری و برشی بر حسب میکرو ثانیه بر فوت، چگالی بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد. بدلیل این که تغییرات در ژئومکانیک که وابسته به سنگ می‌باشد، آرام است، بنابراین محاسبات دینامیکی باید به محاسبات استاتیکی تبدیل شوند. در این قسمت این نکته حائز اهمیت است که برای تبدیل مدول‌های دینامیکی به استاتیکی روابط متعددی وجود دارد.

2-1. محاسبه پارامترهای مقاومتی سنگ

در این مرحله پارامتر مقاومت تراکمی تک محوری* سنگ مخزن با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید. برای محاسبه مقاومت تراکمی تک محوری روابط متعددی وجود دارد.

$$UCS = 2/28 + (4/1.089 * Est) \quad (1)$$

2-2. تعیین تنش‌های برجا

یکی از پارامترهای ورودی و مهم در معیارهای شکست، تنش‌های برجا می‌باشد. تنش عمودی یا روباره (σ_v) یکی از تنش‌های اصلی است و تنش‌های افقی حداکثر (σ_H) و حداقل (σ_h) دو تنش اصلی دیگر هستند. تنش عمودی بوسیله انتگرال دانسیته سنگ از سطح تا عمق مورد نظر بصورت زیر بدست می‌آید مقدار این تنش با استفاده از نمودار چگالی بالک به دست می‌آید [7]:

* UCS



$$\sigma_v = \int_0^z \rho g dz \cong \bar{\rho} g z \quad (2)$$

که در آن σ_v تنش قائم ، g شتاب جاذبه و Z عمق از سطح مبنا است. با توجه به اینکه نمودار چگالی بالک اغلب در بخش مخزنی رانده می شود ، باید رگرسیون این نمودار تا سطح زمین و با داشتن چگالی سنگ های سطح زمین به دست آید.

مقدار تنش های افقی حداقل و حداکثر توسط روابط پروالاستیک بصورت زیر تعیین می شوند:

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_v - \frac{\nu}{1-\nu} \alpha P_p + \alpha P_p + \frac{E_{sta}}{1-\nu^2} \epsilon_y + \frac{\nu E_{sta}}{1-\nu^2} \epsilon_x \quad (3)$$

$$\sigma_H = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_v - \frac{\nu}{1-\nu} \alpha P_p + \alpha P_p + \frac{E_{sta}}{1-\nu^2} \epsilon_x + \frac{\nu E_{sta}}{1-\nu^2} \epsilon_y \quad (4)$$

که در روابط فوق ، ν ضریب پواسون ، α ضریب بایوت* ، P_p فشار منفذی ، E مدول یانگ استاتیک ، ϵ_x و ϵ_y کرنش در جهت تنش افقی حداقل و حداکثر می باشند که می توانند به صورت کششی یا فشاری باشند. اگر α برابر صفر باشد ، این بدان معناست که سنگ تقریباً بدون تخلخل است. در حالیکه اگر α برابر یک باشد نشان دهنده یک محیط کاملاً متخلخل است. بعد از بدست آوردن پارامترهای فوق باید با رابطه ای که اندرسون در سال 1951 توصیفی برای رژیم تنش های برج بر اساس مقادیر نسبی بین تنش های افقی و عمودی منطقه ارائه کرد ، مقایسه نمود. او پیشنهاد داد که رژیم تنش ها در گسل نرمال یا کششی به صورت $(\sigma_v \geq \sigma_H \geq \sigma_h)$ و در گسل معکوس به صورت $(\sigma_H \geq \sigma_h \geq \sigma_v)$ و در امتداد لغز به صورت $(\sigma_H \geq \sigma_v \geq \sigma_h)$ است.

2-3. تعیین محدوده فشار در شکستگی و برشی

در هنگام حفاری چاه ارتباطی که میان فشار گل و تنش های اصلی اتفاق می افتد باعث بوجود آمدن میدان تنشی به نام میدان تنش القایی می شود. محاسبات تنش های القایی در ارزیابی ژئومکانیکی و تعیین انواع شکستگی های دیواره چاه بسیار مهم است. به منظور تعیین محدوده فشار در شکست کششی و برشی باید تنش های القایی مماسی حداکثر ، محوری حداکثر و شعاعی حداکثر ، که بعد از حفر چاه در اثر تمرکز تنش ها در توده سنگ به وجود می آیند ، را طبق روابط زیر محاسبه کرد :

$$\sigma_{\theta\theta\max} = 3S_{H\max} - S_{h\min} - P_w - P_p \quad (5)$$

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

$$(6) \quad \sigma_{rr} = \sigma_{\tau\tau} = P_w - P_p$$

$$(7)$$

در روابط بالا ، فشار گل اعمالی به چاه تنها با داشتن وزن گل و عمق در اعماق مختلف قابل محاسبه است. در روابط فوق ، تنش های القایی محوری عملکردشان به موازات محور چاه می باشد ، تنش القایی شعاعی عمود بر دیواره چاه عمل می کند و تنش های القایی مماسی عمود بر صفحه تنش القایی شعاعی و تنش القایی محوری می باشد یا به عبارت دیگر حول دیواره چاه است. تنش القایی مماسی باعث ریزش دیواره چاه می شود و در حالت کلی با اصطلاح تولید ماسه همراه می شود.

* Biot

† Sand Production



2-4. مطالعه و بررسی وضعیت و نوع شکستگی ها و گسیختگی های دیواره چاه

با توجه به پارامترهای فوق می توان وضعیت و نوع شکستگی ها و گسیختگی دیواره چاه را تعیین نمود. شکستگی دیواره چاه به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند. 1- شکستگی های برشی 2- شکستگی های کششی
 شکستگی های برشی حاصل انتخاب وزن گل حفاری کمتر نسبت به فشار منفذی ایجاد می شوند. شکستگی های کششی نیز حاصل وزن بالای گل حفاری می باشد. هر کدام از این نوع شکستگی ها با توجه به رابطه تنش هایی القایی به دسته های مختلف طبقه بندی می شوند که در جدول های زیر قرار گرفته اند.

جدول 2- مدل های شکست برشی

| مدل | $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ | توضیحات |
|--|---|--|
| گسیختگی برشی عریض (SWBO) | $\sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{rr}$ | شکستگی معمولی |
| گسیختگی برشی ضربه ای کم عمق (SSKO) | $\sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{rr}$ | شکستگی کامل اطراف چاه |
| گسیختگی برشی پله ای با زاویه بالا (SHAE) | $\sigma_{zz} \geq \sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta}$ | یک شکست معمولی است اما سنگ نمیخواهد به داخل چاه سقوط کند |

جدول 3- مدل های شکستگی کششی

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

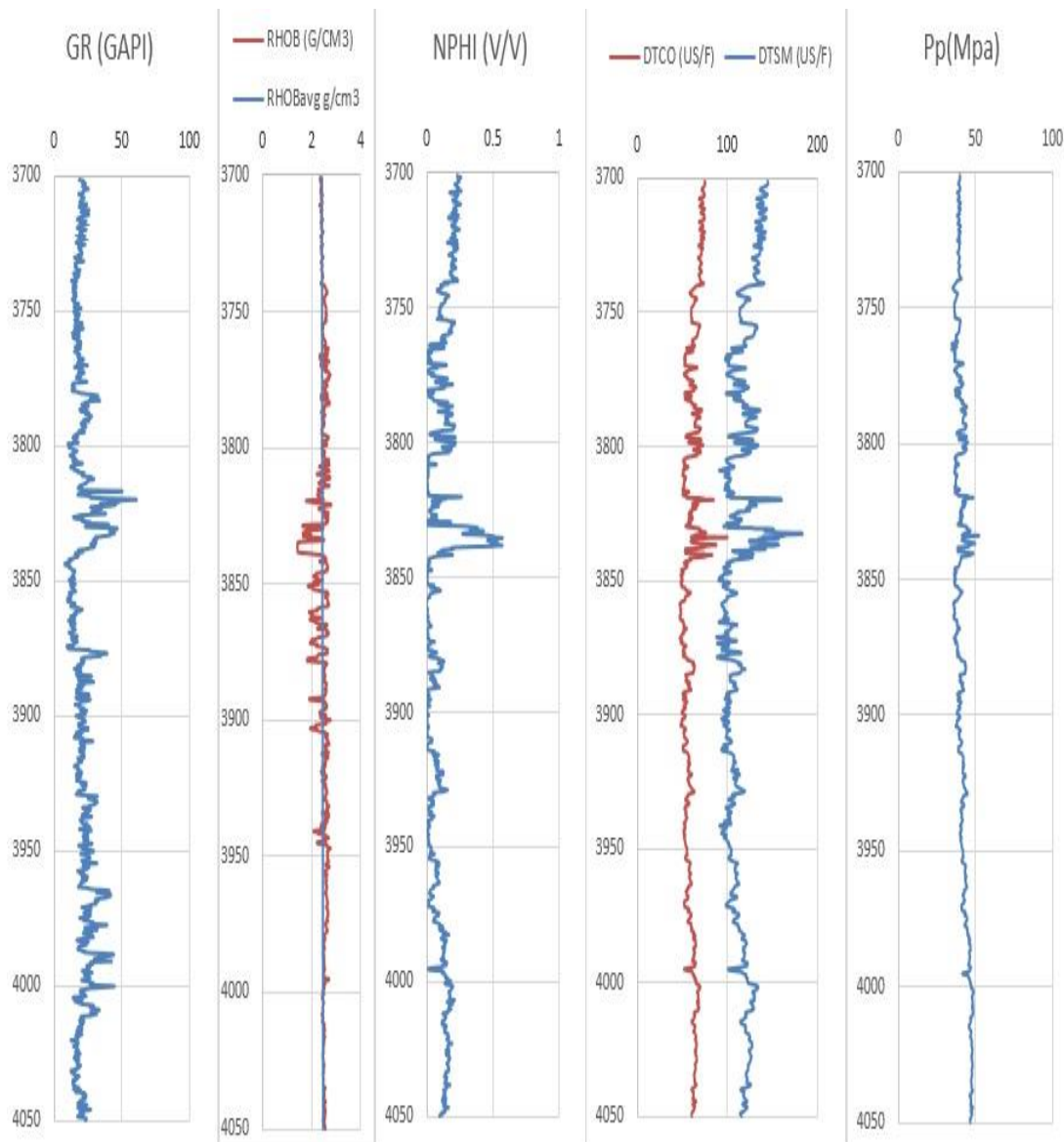
3. نتایج

ابتدا با استفاده از اطلاعات نمودارگیری پارامترهای مدول الاستیک در حالات دینامیک و استاتیک بدست خواهد آمد. نمودار های اولیه ی مورد نیاز برای محاسبه پارمترهای مکانیکی مخزن مورد مطالعه شامل نمودار های اشعه گاما، چگالی، تخلخل و نمودار های صوتی فشاری و برشی است، که در شکل 1 نشان داده شده اند.



این مطالعه در اعماق 3700 الی 4050 متری انجام خواهد شد. در حالت‌های کلی اشعه گاما برای شناسایی لیتولوژی ستون چاه اهمیت دارد به طوری که در جاهایی که این نمودار مقادیر بیشتری داشته باشد، می‌تواند نشان‌دهنده افزایش میزان شیل باشد. همانطور که در شکل 1 دیده می‌شود.

با استفاده از نمودارهای چگالی و نوترون می‌توان نتیجه گرفت، زمانی که نمودار چگالی در سمت راست نمودار نوترون قرار بگیرد جنس سنگ از دولومیت است. وقتی نمودار چگالی در سمت چپ نمودار نوترون قرار بگیرد، سازند ماسه سنگی است و هنگامی که این دو نمودار تقریباً روی یکدیگر قرار بگیرند، جنس سازند از سنگ آهک است. در این شکل، مشخص می‌باشد در اکثر ناحیه‌ها با توجه به اینکه نمودار چگالی در سمت راست نمودار نوترون قرار دارد پس جنس سازند دولومیت است. سپس جهت بررسی‌های بهتر باید مقادیر مقاومت فشاری تک محوره را نیز بدست آورد.



شکل 1- نمودارهای بدست آمده از چاه در مخزن مورد مطالعه بر حسب عمق



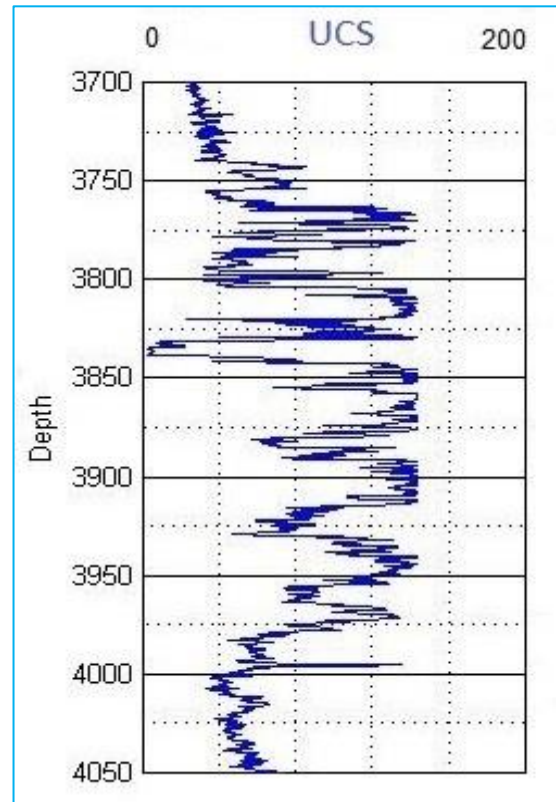
پس از قرائت داده‌های پتروفیزیکی که همان نمودارهای رانده شده در چاه می‌باشند، در قدم اول باید پارامترهای خواص الاستیک دینامیک سنگ در عمق‌های مورد نظر را با توجه به فرمول‌های موجود در فصل سوم بدست آورد. سپس بعد از بدست آوردن پارامترهای مدول‌های الاستیک دینامیکی باید این پارامترها را به مدول‌های الاستیک استاتیکی تبدیل کرد. برای بدست آوردن پارامترهای مدول‌های مورد نظر از اطلاعات مربوط به نمودارهای چگالی و نمودارهای زمان عبور امواج صوتی استفاده می‌شود.

جدول 4- مقادیر ماکزیمم، میانگین و مینیمم پارامترهای الاستیک سنگ مخزن مورد مطالعه بر حسب GPa

| مینیمم | میانگین | ماکزیمم | ضرائب |
|--------|---------|---------|------------------------|
| 0/045 | 0/30 | 0/42 | ضریب پواسون (ν) |
| 12/12 | 39/75 | 70/39 | ضریب یانگ دینامیک (Ed) |
| 4/39 | 17/69 | 29/58 | ضریب یانگ استاتیک (Es) |
| 4/70 | 17/01 | 31/88 | ضریب برشی دینامیک (Gd) |
| 1/50 | 7/68 | 13/12 | ضریب برشی استاتیک (Gs) |
| 7/87 | 41/65 | 75/32 | ضریب حجمی دینامیک (Kd) |
| 2/75 | 16/30 | 28/42 | ضریب حجمی استاتیک (Ks) |

3-1. محاسبه پارامترهای مقاومتی سنگ

در مرحله بعدی باید پروفایل مربوط به خواص مقاومتی سنگ را نسبت به عمق به دست آورد. پارامترهای مقاومتی سنگ مقاومت فشاری تک محوری می‌باشد. شکل 2 نشان دهنده نمودار مربوط به مقاومت فشاری تک محوری می‌باشد. مقادیر مقاومت فشاری تک محوری نیز در جدول 5 بدست آمده است. با اطلاعات بدست آمده مشخص می‌شود که لیتولوژی مخزن مورد نظر به طور میانگین سنگ رس و ماسه می‌باشد و نوع سختی مخزن مورد نظر به صورت نرم می‌باشد و طبق طبقه بندی IADC باید مته مورد نظر برای این عمق انتخاب شود.



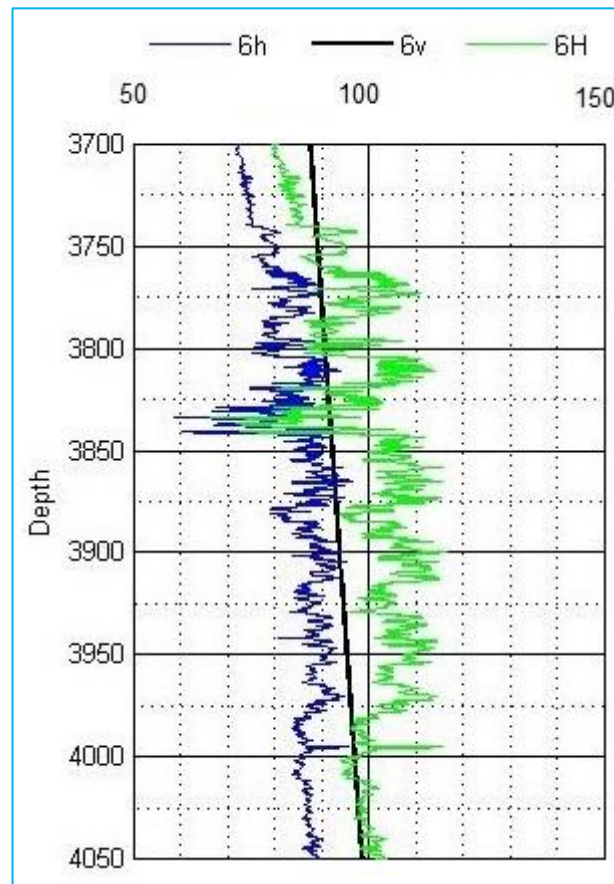
شکل 2- مقاومت کششی تک محوری بر حسب MPa

جدول 5- مقادیر ماکزیمم ، میانگین و مینیمم پارامتر مقاومتی سنگ مخزن مورد مطالعه بر حسب MPa

| مینیمم | میانگین | ماکزیمم | ضرائب |
|--------|---------|---------|-----------------------|
| 1/95 | 79/28 | 141/75 | مقاومت فشاری تک محوری |

2-3. محاسبه تنش‌های برجا

پارامترهای تنش برجا با استفاده از روابط تجربی محاسبه می‌گردد. تنش‌های برجا طبق نمودارهای چگالی و فشار منفذی و مقادیر ضریب پواسون و مدول الاستیک استاتیک و کرنش‌های افقی حداقل و حداکثر به صورت زیر بدست آمده است. نمودار این پارامترها در شکل 3 و مقادیر آن نیز در جدول 6 موجود می‌باشد.



شکل 3- تنش های قائم ، افقی حداقل و حداکثر بر حسب عمق

جدول 6- مقادیر ماکزیمم ، میانگین و مینیمم پارامترهای تنش های برجا و فشار منفذی بر حسب MPa

| مینیمم | میانگین | ماکزیمم | ضرائب |
|--------|---------|---------|-----------------|
| 84/32 | 92/52 | 99/46 | تنش قائم |
| 55/49 | 83/54 | 101/32 | تنش افقی حداقل |
| 61/36 | 97/75 | 120/40 | تنش افقی حداکثر |

طبق جدول 6 و بر اساس تئوری آندرسون رژیم تنش موجود، رژیم کلی موجود رژیم امتداد لغز می باشد. در رژیم امتداد لغز چون مقدار تنش قائم بین تنش های افقی حداقل و حداکثر می باشد پس بیشترین ناپایداری چاه در امتداد تنش قائم می باشد.

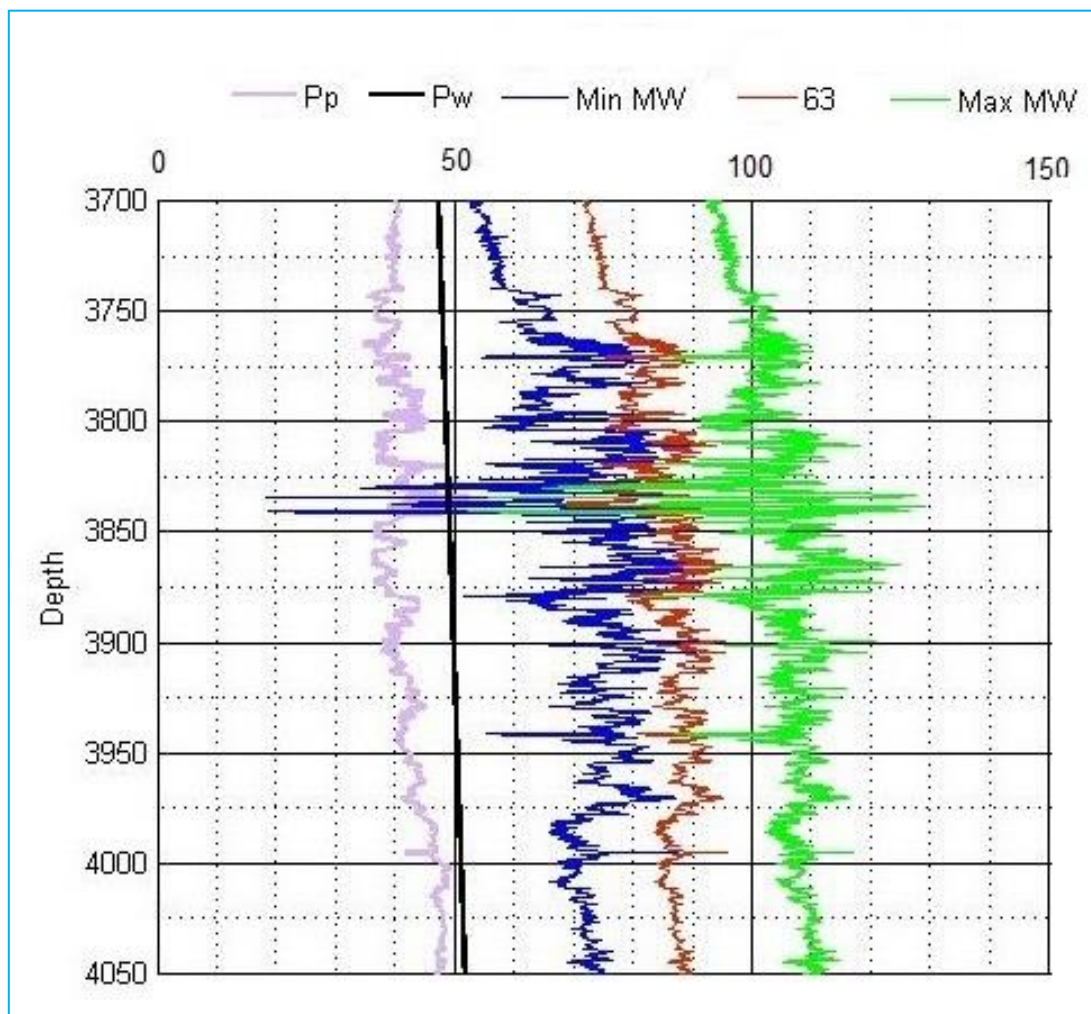
3-3. تعیین محدوده مجاز و مناسب گل

پایین ترین و بالاترین حد مجاز فشار گل توسط معیار موهر-کولمب با توجه به شکل 4 مشخص گردید. با توجه به حداقل و حداکثر فشار گل و مقدار تنش افقی حداقل و فشار منفذی پنجره ایمن گل* نیز به دست آمد. این محدوده از فشار گل به ما این امکان را می دهد که از ریزش دیواره چاه و همچنین شکست هیدرولیکی در کل عمق حفاری در سنگ مخزن

* Safe Mud Window



جلوگیری کرد، همچنین با توجه به این محدوده از فشار گل از ورود سیال سازند به دیواره چاه و همچنین از هرزروی گل حفاری به سازند جلوگیری کرد.



شکل 4- نمایش بخش های ایمن و غیر ایمن در پایداری دیواره چاه بر حسب عمق

4. نتیجه گیری

در این مطالعه مشخص گردید که عمق لایه مورد مطالعه 350 متر از 3700 الی 4050 متری می باشد. با استفاده از نمودار اشعه گاما در همان نگاه اول می توان به صورت تقریبی میزان شیل موجود در سازند را تشخیص داد به این صورت که مکانهایی که نمودار گاما مقدار زیادی را نمایش می دهد نمایانگر افزایش میزان شیل می باشد. با اسفاده از نمودار های چگالی و نوترون می توان تا حدودی لیتولوژی سازند را مشخص نمود به این صورت که اگر نمودار چگالی سمت راست نمودار نوترون باشد، جنس سازند از نوع دولومیت می باشد. اگر نمودار چگالی سمت چپ نمودار نوترون قرار بگیرد نشان دهنده



وجود ماسه در سازند می باشد و اگر این دو نمودار روی یکدیگر منطبق شوند نشان دهنده وجود آهک در سازند می باشد. با استفاده از میزان مقاومت فشاری تک محوره مشخص گردید که جنس سازند نرم بوده و لیتولوژی آن از جنس رس و ماسه می باشد. با استفاده از نتایج حاصل از شبیه سازی ژئومکانیکی مشخص گردید که تنش قائم بین تنش افقی حداقل و حداکثر قرار گرفته و طبق دسته بندی اندرسون رژیم گسل موجود از نوع امتداد لغز می باشد. با استفاده از تنش های القایی مشخص گردید که مدل شکستگی برشی از نوع عریض و مدل شکستگی کششی از نوع شعاعی می باشد. با استفاده از بندهای گذشته پنجره گل حفاری بدست آمد و طبق آن مشخص گردید که حداقل فشار گل حفاری 60-80 مگاپاسکال بوده و حداکثر فشار گل حفاری 95-115 مگاپاسکال می باشد.

5. مراجع

1. Zhao, H., Chen M., Wang J. (2011), Salt loading on casing in cased wellbore sections, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 48, 501–505.
2. Lashkaripour, G. R., Rastegarnia, A., & Ghafoori, M. (2018). Assessment of brittleness and empirical correlations between physical and mechanical parameters of the Asmari limestone in Khersan 2 dam site, in southwest of Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 138, 124-132.
3. Mohiuddin, M. A., Awal, M.R., Abdulraheem, A. and Khan, K. (2001). A New Diagnostic Approach to Identify the Causes of Borehole Instability Problems in an Offshore Arabian Field. *SPE* 68095.
4. Znugyen, V., Abousleiman, Y. and Hoang, S. (2007). Analysis of wellbore instability in drilling through chemically active fractured rock formations: Nahr Umr shale. *SPE* 105383.
5. Abalioglu, I., Legarre, H. and Sallier, B. (2011). The role of geomechanics in diagnosing hazards and providing solutions to the northern Iraq fields. *SPE* 142022.
6. Ameen, M. S., Smart, G. D., Hammilton, S. and Naji, N. A. (2009). Predicting rock mechanical properties from wireline logs (A case study: Arab-D reservoir, Ghawar field, Saudi Arabia”), *marine & petroleum geology*. 26: 430- 444.
7. Zoback, M. D. (2007). *Reservoir Geomechanics*, 1st Ed. Cambridge University Press.
8. Smart, G. D., Ameen, M. S., Hammilton, S. and Naji, N. A., (2009), Predicting rock mechanical properties from wireline logs (A case study: Arab-D reservoir, Ghawar field, Saudi Arabia”), *marine & petroleum geology*. 26: 430- 444.