محاسبه پارامترهای ژئومکانیکی پایداری دیواره چاه با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی در یکی از میادین نفتی جنوب خلیج فارس

فواد یوسفی

گروه مهندسی نفت، دانشکده مهندسی نفت، پردیس علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه سمنان

فرهاد ملائی

گروه مهندسی نفت، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد واحد لامرد

علی کدخدایی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تبریز

محمدحسین طالبی

گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت:۹۷/۲/۱۴ *تاریخ پذیرش : ۹۸/۲/۲۷*

fwad.yusefi@pete.soran.edu.krd

چکیده

ژئومکانیک مخازن هیدروکربنی، نقش مهم و فزاینده‌ای در ارزیابی و توسعه میادین نفت و گاز ایفا می‌کند. یکی از مسائل مهم در این زمینه تحلیل پایداری چاه‌های نفت می‌باشد. با توجه به اقتصادی بودن موضوع تعیین فشار گل جهت پایداری چاه باید با دقت انجام گیرد. مقدار و جهت تنش‌های اصلی، خصوصیات مکانیکی به همراه فشار منفذی پارامترهای مورد نیاز ورودی تحلیل می‌باشد. با انتخاب معیار شکست مناسب می‌توان تحلیل‌ها را با دقت مناسب انجام داد. هدف از این مقاله تحلیل پایداری یکی از میادین جنوب کشور می‌باشد. به منظور انجام این بررسی، ۴ نقطه بحرانی انتخاب و تحلیل‌ها با استفاده از معیار شکست موهر- کلمب و در محیط نرم‌افزای متلب صورت پذیرفته است. با توجه به مشخص بودن پارامترهای ورودی بررسی پایداری در شیب و آزیموت‌های مختلف ارزیابی شده است. پنجره گل ارزیابی شده برای نقاط ۱ تا ۴ به ترتیب برابر ۲۷ تا ۳۶/۵، ۲۹ تا ۳۹/۵ ، ۴۱ تا ۵۵ و ۴۷/۵ تا ۵۵ محاسبه شده است. در ادامه حداکثر وحداقل چگالی گل حفاری نیز محاسبه گردید. همچنین در انتهای مقاله گسیختگی‌های ممکن در شیب و آزیموت‌های مختلف ارزیابی شده و تعدادی از آن‌ها گزارش شده است.

کلمات کلیدی: *ژئومکانیک مخزن، پایداری چاه، پنجره ایمن گل، داده پتروفیزیکی، متلب*

مقدمه

ژئومکانیک مخازن هیدروکربنی، نقش مهم و فزایندهای در ارزیابی و توسعه میادین نفت و گاز ایفا می‌کند. در بسیاری از مناطق، چگونگی و محل حفاری چاه‌ها با توجه به عمق سازند مخزنی و تنش روباره، در توسعه میادین، چالشی بسیار جدی را پیش روی دست اندرکاران صنعت نفت قرار می‌دهد. مخازن در اعماق زیاد با دما و فشار بالا تا نفت‌های سنگین نواحی کم عمق با دما و فشارهای پایین‌تر مشکلات و مسایل متعددی در مسیر طولانی تولید نفت از درون مخزن تا سطح زمین در جای جای دنیا وجود دارد که بخش عمده‌ای از آن‌ها ناشی از شرایط نامتعادل فیزیکی – مکانیکی سازندها است. امروزه ژئومکانیک مخازن هیدروکربنی به دانشی کلیدی برای تحلیل وغلبه کردن به این گونه مشکلات تبدیل شده است (آشتیانی عبدی، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹). یکی از مسائل و مشکلات موجود تحلیل پایداری چاه می‌باشد که از نگرانی‌های مهم مهندسان حفاری است. تعیین فشار بحرانی گل جهت پایدارسازی چاه و بررسی همزمان هزینه عملیاتی چاه کار دشواری بوده و تعیین آن نیاز به مهارت خاصی دارد. روش‌های مختلفی برای تعیین فشار گل بحرانی وجود دارد که از بین آن‌ها می توان به استفاده از معیارهای مقاومت سنگ اشاره کرد. حفر چاه باعث تغییر در تنش‌های برجا شده و تنش‌های القایی در اطراف دیواره چاه بوجود می‌آیددر تحلیل پایداری چاه پارامترهای تنش‌های برجا، فشار منفذی، مشخصات هندسی چاه و خصوصیات مکانیکی سنگ مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در طی حفاری دو مشکل اصلی در پایداری چاه به نام ریزش و شکست کششی القایی وجود دارد که می‌تواند منجر به مانده‌یابی، گیر لوله، عملیات گشاد شدن و هرزروی سیال شود. اغلب می‌توان با تعیین پنجره گل ایمن برای حفاری چاه، این مشکلات را برطرف کرد (عسگری و همکاران۱۳۹۶، آشتیانی عبدی، ۱۳۸۹ و علی‌پور، مهدی؛ بهلولی، بهمن؛ ۱۳۸۹). پنجره گل ایمن، شامل فشاری بین فشار منفذی و تنش افقی حداقل می‌باشد. بنابراین با انتخاب معیار مناسب جهت تحلیل پایداری چاه دقت محاسبات افزایش می‌یابد. رایج‌ترین معیار در این زمینه استفاده از معیار مقاومت موهر- کلومب است (آشتیانی عبدی، ۱۳۸۹ و Zoback, 1995, 2003, 2007). در این مقاله با استفاده از معیار موهر کولمب فشار بهینه گل در یکی از میادین نفتی جنوب ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مربوط به یکی از میادین جنوب ایران است. سنگ مخزن این میدان شامل سه سازند جداگانه بوایب (معادل گدوان)، عرب فوقانی (معادل سورمه) و عرب تحتانی (معادل سورمه) می باشد که درجه سبکی نفت آنها به تر تیب ۳۵/۴، ۳۵/۴، API۳۱ است. تخلخل مخازن به همان ترتیب ۲۳/۴، ۱۱و ۱۹/۸ درصد است . فشار اولیه این مخازن به ترتیب ۳۱۰۰، ۳۸۷۸ و۳۹۲۲پاوند بر اینچ مربع و دما به تر تیب ۱۹۵، ۱۹۳، ۱۷۲درجه فارنهایت بوده است. عمق متوسط مخازن نیز ۱۹۲۰،

www.SID.ir

۲۳۷۷ و۲۴۱۵ متر است. تا کنون ۱۲۲۸/۵ میلیون بشکه نفت از آن استخراج شده است. نفت باقی مانده قابل استحصال از سه مخزن فوق بر پایه آخرین محاسبات به ترتیب ۱۳۰، ۱۰۰و ۲۰۰ میلیون بشکه می‌باشد. در سازندهای کنگان و دالان(خوف) دارای گاز است. ۵۳ حلقه در این میدان حفاری شده است. در این پژوهش پایداری چاه و تعیین بازه وزن گل در عمق‌های ۷۹۳۴ ، ۸۰۹۷، ۱۲۲۲۷ و ۱۲۸۸۸ متری بررسی شده است (ملائی، ۱۳۹۶، موحدی‌نیا و همکاران؛ ۱۳۹۲ و Hosseini, 2012). خصوصیات مکانیک سنگی و ژئومکانیکی منطقه در (جدول۱) آورده شده است.

در این قسمت از هر چاه نقطه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته و محاسبات پایداری چاه برای این نقاط مورد بررسی قرار می‌گیرد. نکته قابل ذکر در رابطه با این موضوع استفاده از هر عمقی از چاه برای تعیین پایداری ممکن است ولی با توجه به انتخاب شرایط موجود سعی شده نقاط مورد مطالعه بحرانی‌ترین حالت ممکن را داشته باشند تا بتوان تصمیم معقولانه‌ای گرفت. مشخصات نقاط مورد بررسی در این مطالعه در جدول زیر ذکر شده است.

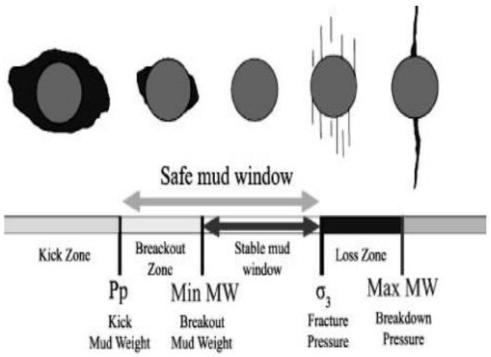
جدول۱- خصوصیات مکانیک سنگی و ژئومکانیکی منطقه.

شماره نقطه	۱	۲	۳	۴
عمق مورد نظر (فوت)	۷۹۳۴	۸۰۹۷	۱۲۲۲۷	۱۲۸۸۸
تنش افقی حداکثر (مگاپاسگال)	۵۰/۰۳	۵۳/۴۸	۸۲/۲	۸۸/۴
تنش افقی حداقل (مگاپاسگال)	۴۰/۰۲	۴۲/۷۸	۶۵/۷۶	۷۰/۷۱
تنش قائم (مگاپاسگال)	۵۷/۸۶	۵۸/۹۸	۹۹/۵۴	۲۰۸/۹۴
مقاومت فشاری تک محوره (مگاپاسگال)	۱۵/۱۶	۱۴/۶۷	۲۱/۵۱	۲۴/۹۴
فشار منفذی (مگاپاسگال)	۲۶/۱۵	۳۰/۶۵	۴۰/۵۷	۴۴/۶۵
نسبت پواسون	۰/۲۸۴	۰/۲۸۴	۰/۲۸۳	۰/۲۸۳
زاویه شکست (درجه)	۵۰/۲۵	۴۹/۵۸	۵۰/۹۰	۵۹/۸۱

روش تحقیق

پنجره ایمن گل حفاری

به محدوده از فشار گل حفاری که در آن دیواره چاه از شکستگی کششی و ریزشی ایمن باشد گفته شده و چنانچه فشار گل از این محدوده تجاوز کند خطر ایجاد گسیختگی کششی و یا برشی ایجاد می‌شود. این محدوده میان فشار منفذی و تنش افقی حداقل می‌باشد. شماتیک پنجره وزنی گل در (شکل۱) نشان داده شده است (توکلی‌فر و آبدیده، ۱۳۸۹).

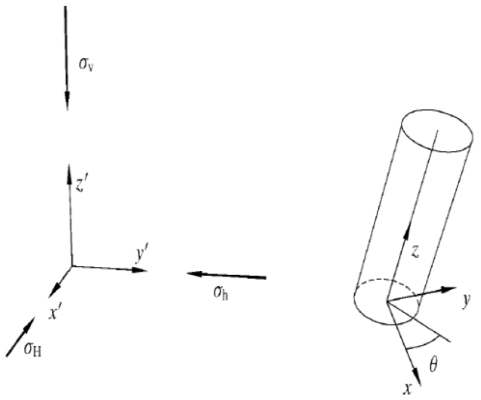


شکل۱- مقادیر مختلف فشار گل و تاثیر آن بر دیواره چاه.

میدان تنش اطراف چاه

برای ارزیابی ناپایداری چاه، بررسی یک مدل رفتاری برای محاسبه تنش-های اطراف چاه لازم است. جهت پیش‌بینی پایداری چاه و محاسبه بازه وزن گل ترکیب‌های مختلفی از مدل‌های مختلف وجود دارد. مدل‌های الاستیک خطی یا الاستوپلاستیک به خاطر پارامترهای ورودی کمتر در مقایسه با سایر مدل‌ها و در دسترس بودن راه‌حل تحلیلی فرم‌بسته بسیار رایج و مفید است. (شکل۲) نمای کلی چاه به همراه جهت تنش‌های برجا را نشان می‌دهد (Fjaer et al., 2008 and Pasic, 2007).

www.SID.ir



شکل۲- نمایش شماتیک چاه و تنش‌های برجا (Fjaer and et al., 2008).

رابطه (۱) بیانگر تنش‌ها در مختصات قطبی استوانه‌ای r، θ و z می‌باشد. این روابط جهت تحلیل الاستیک خطی پایداری دیواره چاه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

$$\sigma_r = P_w$$
$$\sigma_\theta = \sigma_x^0 + \sigma_y^0 - 2(\sigma_x^0 - \sigma_y^0)\cos 2\theta - 4\sigma_{xy}^0 \sin 2\theta - P_w$$
$$\sigma_z = \sigma_z^0 - \upsilon[2(\sigma_x^0 - \sigma_y^0)\cos 2\theta + 4\sigma_{xy}^0 \sin 2\theta]$$
$$\sigma_{\theta z} = 2(-\sigma_{xz}^0 \sin\theta + \sigma_{yz}^0 \cos\theta)$$
$$\sigma_{r\theta} = \sigma_{rz} = 0$$

رابطه ۱:

برای محاسبه پارامترهای معادلات فوق رابطه (۲) در معادلات کرش تعریف شده است:

$$\sigma_x^0 = (\sigma_H \cos^2\alpha + \sigma_h \sin^2\alpha)\cos^2 i + \sigma_v \sin^2 i$$
$$\sigma_y^0 = \sigma_H \sin^2\alpha + \sigma_h \cos^2\alpha$$
$$\sigma_z^0 = (\sigma_H \cos^2\alpha + \sigma_h \sin^2\alpha)\sin^2 i + \sigma_v \cos^2 i$$
$$\sigma_{xy}^0 = \frac{1}{2}(\sigma_h - \sigma_H)\sin 2\alpha \cos i$$
$$\sigma_{yz}^0 = \frac{1}{2}(\sigma_h - \sigma_H)\sin 2\alpha \sin i$$
$$\sigma_{xz}^0 = \frac{1}{2}(\sigma_H \cos^2\alpha + \sigma_h \sin^2\alpha - \sigma_v)\sin 2i$$

رابطه ۲:

(جدول۲) الگوهای انواع شکست در دیواره چاه را نشان داده است. اعمال الگوهای فوق بدین صورت بوده که محاسبه تنش در دیواره چاه بررسی می‌شود و در صورت عدم پایداری دیواره چاه، تنش‌های محاسبه شده در دیواره چاه در الگوی مذکور قرار گرفته و نوع شکست مشخص می‌شود. بنابراین با استفاده از پارامترهای مکانیک سنگی، تنش‌های برجا و ... پایداری چاه در آزیموت و شیب های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد و در صورت وجود ناپایداری نوع شکست مشخص می‌شود[احمدی و همکاران، ۱۳۸۹ و Hosseini, 2012;]

جدول۲- الگوهای انواع شکست در دیواره چاه.

ردیف	مدل	پیش نیاز	توضیحات
۱	گسیختگی برشی عرضی(SWBO)	$\sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{rr}$	ریزش مرسوم
۲	گسیختگی برشی ضربه ای کم عمق (SSKO)	$\sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{rr}$	شکست در تمام جهات چاه می‌باشد.
۳	گسیختگی برشی پله‌ای(SHAE)	$\sigma_{zz} \geq \sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta}$	بصورت مقابل هم در دیواره چاه و به صورت ریزش مرسوم است اما سنگ درون چاه سقوط نمی کند
۴	گسیختگی برشی باریک (SNBO)	$\sigma_{rr} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta}$	وزن گل بالای غیر معقول این نوع شکست را به وجود می‌آورد.
۵	گسیختگی برشی ضربه‌ای عمیق(SDKO)	$\sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz}$	وزن گل بالای غیر معقول این نوع شکست را بوجود می‌آورد
۶	گسیختگی برشی پله ای با زاویه کم (SLAE)	$\sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{rr} \geq \sigma_{zz}$	برای ایجاد این شکست نیاز به وزن گل بالاست.

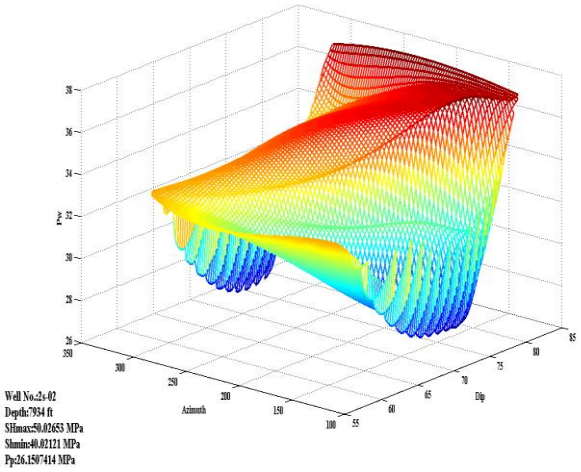
تحلیل پایداری چاه

یکی از مهم‌ترین فرآیندها در تحلیل پایداری چاه انتخاب معیار شکست است. با توجه به مطالب ذکر شده جهت تحلیل پایداری در این مطالعه با استفاده از معیار مور-کلمب، فشار ریزش چاه در راستاها و انحراف‌های مختلف از حالت قائم مورد بررسی قرار گرفته است (Schlumberger, 2006 و پارسامهر و همکاران، ۱۳۸۹).

www.SID.ir

در این مقاله چهار نقطه از چاههای مورد مطالعه از اعماق مختلف انتخاب و محاسبات مربوطه برای این چهار عمق انجام شده است. به دلیل حجم بالای محاسبات، درچهار عمق بررسی و محاسبات مربوط به پنجره ایمن گل حفاری، زوایای شیب و آزیموت و انواع شکست‌های ممکن بدست آورده شده است. (جدول۱)، مشخصات نقاط بررسی شده را نشان داده است.

در ادامه به بررسی محدوده مجاز فشار گل حفاری در آزیموت و شیب‌های مختلف پرداخته شده است. (شکل۳) فشارهای مجاز گل حفاری در نقطه۱ را نشان می‌دهد. در این شکل نقاط قرمز رنگ حداکثر فشار گل مجاز و نقاط آبی رنگ حداقل فشار مجاز گل را نشان می‌دهد. برای نقطه یک این مقدار در محدوده ۲۷ تا ۳۶/۵ مگاپاسگال متغییر است.



شکل۳- محدوده مجاز فشار گل در نقطه۱.

(شکل۴) محدوده حداقل و حداکثری فشار گل در نقطه۲ را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل حداقل فشار مجاز گل حفاری ۲۹ مگاپاسکال و حداکثر فشار مجاز گل حفاری ۳۹،۵ مگاپاسکال است.

به همین ترتیب محدوده مجاز گل نقطه۳ در (شکل۵) نشان داده شده است. مطابق شکل حداقل و حداکثر فشار مجاز گل به ترتیب ۴۱ مگاپاسکال و ۵۵ مگاپاسکال است. نهایتاً با توجه به (شکل۶) حداقل و حداکثر فشار مجاز گل حفاری در نقطه۴ به ترتیب برابر ۴۷،۵ و ۵۵،۵ مگاپاسکال است.

در ادامه با استفاده از (رابطه۳) می‌توان مقادیر چگالی گل حفاری ایمن را محاسبه نمود.

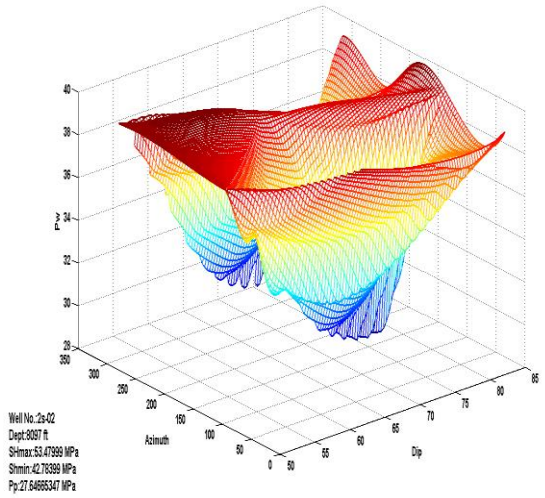
رابطه ۳:

$$P_w = 0.052 \times M_w \times (TVD)$$

P_w: فشار گل حفاری(Psi) M_w: چگالی گل حفاری(ppg)

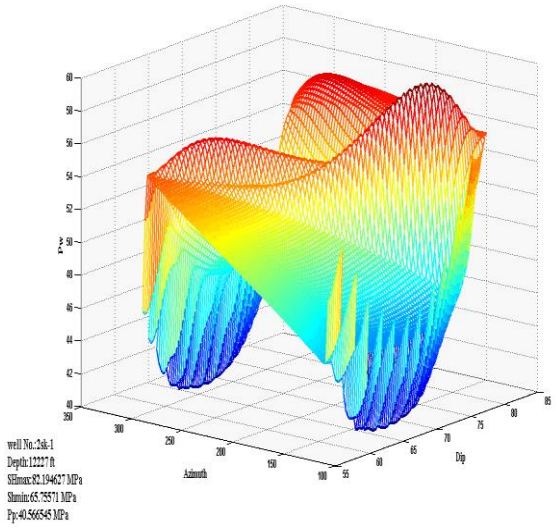
TVD: عمق عمودی(ft)

در این مرحله محاسبات مربوط به چگالی پنجره ایمن گل حفاری برای یکی از عمق‌هایی که در آنها پنجره ایمن گل بررسی شده انجام و نتیجه در (شکل۷) نمایش داده شده است. نقاط قرمز رنگ بیانگر حداکثر چگالی گل مجاز به استفاده در حفاری و نقاط آبی رنگ حداقل چگالی گل مورد استفاده را نشان داده است. با توجه به شکل حداقل و حداکثر چگالی گل حفاری در این عمق به ترتیب ۹،۳۵۳ و ۱۲،۵۴۶ پوند بر گالن است.

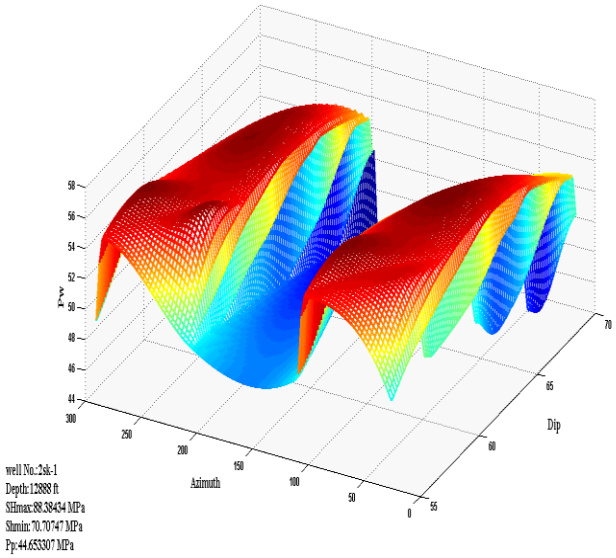


شکل۴- محدوده مجاز فشار گل در نقطه۲.

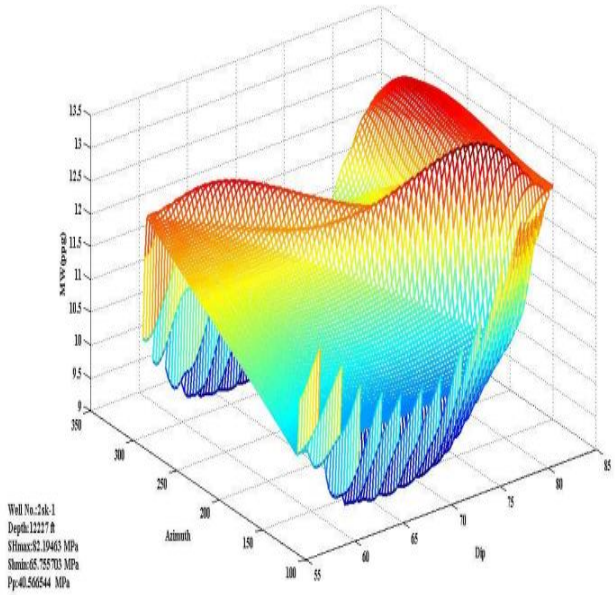
www.SID.ir



شکل۵- محدوده مجاز فشار گل در نقطه۳.



شکل۶- محدوده مجاز فشار گل در نقطه۴.



شکل۷- محدوده مجاز چگالی گل حفاری در نقطه۳.

www.SID.ir

در انتها به بررسی انواع شکست‌های ممکن برای نقطه۴ در یکی از اعماقی که مشخصات آن در (جدول۳) آمده، پرداخته شده است. به دلیل اینکه این بررسی برای تمام زوایای شیب، آزیموت و فشار گل‌های مختلف صورت گرفته است و چاه مورد مطالعه تنها در زوایا و فشار گل‌های خاصی پایدار است فشار گل‌ها و زوایایی که چاه ممکن است در آنها بشکند حالتهای بسیاری را شامل می‌شود و حجم بالایی از حالتهای شکست ممکن در خروجی برنامه وجود خواهد داشت به همین دلیل در این قسمت تنها به نوع شکست در چند حالت خاص بسنده می‌شود.

جدول۳- انواع شکست‌های ممکن در نقطه۴.

نوع شکست	شیب (درجه)	آزیموت(درجه)	فشار گل(مگاپاسکال)
گسیختگی برشی پله‌ای	۰	۱۱۰	۳۷
گسیختگی برشی پله‌ای	۵	۱۸۵	۳۵
گسیختگی برشی پله‌ای	۱۰	۱۸۰	۳۷
گسیختگی برشی ضربه‌ای کم عمق	۱۵	۵	۳۵
گسیختگی برشی ضربه‌ای کم عمق	۲۰	۲۷۰	۳۶
گسیختگی برشی ضربه‌ای کم عمق	۲۵	۳۰	۳۷
گسیختگی برشی ضربه‌ای کم عمق	۴۵	۱۰۰	۳۷
گسیختگی برشی عرضی	۵۰	۴۰	۳۵
گسیختگی برشی عرضی	۵۵	۶۰	۳۷
گسیختگی برشی عرضی	۶۰	۷۵	۳۵
گسیختگی برشی عرضی	۶۵	۵۰	۳۷
گسیختگی برشی پله‌ای با زاویه کم	۸۰	۱۲۰	۳۶
گسیختگی برشی پله‌ای با زاویه کم	۸۵	۵	۳۵
گسیختگی برشی پله‌ای با زاویه کم	۹۰	۱۰	۳۷
گسیختگی برشی پله‌ای با زاویه کم	۹۰	۲۶۵	۳۵
گسیختگی برشی باریک	۷۰	۱۸۵	۵۴
گسیختگی برشی باریک	۷۰	۱۳۵	۵۰
گسیختگی برشی باریک	۷۵	۱۸۵	۴۴

با توجه به (جدول۴) حالت‌هایی که در آن چاه پایدار نخواهد بود و امکان وقوع شکستگی در آن وجود دارد، مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع در این مرحله نوع شکستی که ممکن است در هنگام حفاری با آن روبرو شد نشان داده است. این عملیات را می‌توان برای هر عمق دلخواه و در چاههای مورد مطالعه انجام و برای تمام عمق‌ها در همه زوایای فضایی(آزیموت و شیب) و فشار گل-های مختلف انواع شکست‌هایی که ممکن است رخ دهد را مشخص کرد و بر اساس آن در صورت وقوع شکست‌ها می‌توان سهل‌تر جهت کنترل آن اقدام کرد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد با استفاده از معیار شکست موهر-کلمب به بررسی پایداری چاه یکی از میادین جنوب کشور پرداخته شود.

در این تحقیق در اعماقی که مقدار پنجره ایمن گل در آنها بررسی شد، تمام زوایای آزیموت و شیبی که چاه در آنها پایدار خواهد ماند تعیین گردید. این محاسبات را برای هر عمق دلخواه می‌توان انجام داد و مسیر درستی را برای حفاری چاه پیش‌بینی کرد. با توجه به هزینه‌های بسیار بالای حفاری این مساله اهمیت بسیار بالایی دارد. همچنین محاسبه پنجره گل ایمن در شیب و آزیموت‌های مختلف برای ۴ نقطه مورد بررسی نشان می‌دهد که این پارامتر با تغییرات شیب و آزیموت روند خاصی نداشته و باید برای هر حالت به صورت جداگانه محاسبه شود. با توجه به تغییرات زیاد شیب، آزیموت و فشار گل بنابراین حالت‌های ناپایداری زیاد بوده و تعیین تمامی آن‌ها دشوار می‌باشد. بنابراین در این مقاله سعی شده چندین حالت از شکست‌های مختلف که احتمال وقوع بیشتری دارند را مشخص نماید. به صورت کلی می‌توان چاه‌های قائم را نسبت به چاه افقی پایدارتر ارزیابی کرد.

باتوجه به اهمیت بسیار بالای مطالعات ژئومکانیکی در توانایی تعیین مسیر حفاری و با در نظر گرفتن این مساله که مطالعات ژئومکانیکی در این زمینه اندک است، پیشنهاد می‌گردد به مطالعات ژئومکانیکی اهمیت ویژه ای داده شود. همچنین با توجه به اینکه اطلاعات دقیقی در مورد رژیم تنشی در دسترس نیست، استفاده از لاگ FMI برای اندازه‌گیری جهت تنش‌های افقی در محاسبات ژئومکانیکی به شدت توصیه می‌شود.

منابع

آشتیانی عبدی، هادی؛ ۱۳۸۸، دانش نوپای ژئومکانیک مخازن هیدروکربوری، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۶۶.
آشتیانی عبدی، هادی؛ ۱۳۸۹، دانش نوپای ژئومکانیک مخازن هیدروکربوری(جمع‌آوری داده‌ها و تشکیل مدل ژئومکانیکی، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۶۷.
احمدی، مرتضی؛ سلیمانی، محمد، ۱۳۸۹، بررسی پایداری دیواره چاه در لایه‌های شیلی مطالعه موردی، میدان نفتی اهواز، مجله پژوهش نفت، شماره ۶۳.
پارسامهر، هادی؛ معارف وند، پرویز؛ عطائی‌پور، مجید؛ ۱۳۸۹، بررسی انواع ریزش‌ها در پایداری دیواره چاه‌های نفتی و روش‌های پایدارسازی آنها، مجله زمین و منابع، سال سوم شماره چهارم.

www.SID.ir

توکلی‌فر، علی؛ آبدیده، محمد؛ ۱۳۸۹، تحلیل پایداری چاه توسط معیار موهر کلمب و تعیین پنجره ایمن گل حفاری در یکی از میادین نفتی جنوب ایران، همایش ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری علوم و صنایع مرتبط.

عسگری، رامین؛ حیدری‌زاده، محمد؛ معماریان، حسین؛ ۱۳۹۶، بررسی پایداری چاه و تعیین بازه وزن گل حفاری با استفاده از روش NYZA در یکی از میادین نفتی جنوب ایران، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۱۴۶.

علی‌پور، مهدی؛ بهلولی، بهمن؛ ۱۳۸۹، ژئومکانیک در مهندسی نفت؛ کاربردها و بررسی شکافت هیدرولیکی و مدلسازی ژئومکانیکی"، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۷۶.

ملائی، فرهاد؛ ۱۳۹۶، سازندها و میادین هیدروکربنی ایران (زمین شناسی نفت ایران)، انتشارات تبلور دانش، چاپ اول.

موحدی‌نیا، عبدالمجید؛ قاسم العسکری، محمد کمال؛ ۱۳۹۲، برآورد فشار بهینه گل حفاری با استفاده از معیارهای مختلف شکست در چاه‌های انحرافی، مطالعه موردی: چاه 2sk 5 میدان نفتی سلمان، مجله پژوهش نفت، شماره ۷۳.

ولادت، محمد؛ آبدیده، محمد؛ ۱۳۸۹، بررسی پایداری دیواره چاه در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران، نخستین همایش ملی فناوری‌های نوین در صنعت نفت و گاز.

Fjaer, E; Holt, R.M; Horsrud, P; 2008; Petroleum related rock mechanics, second edition in Elsevier; 140-156.

Hosseini, Farzad, M,H; 2012; Wellbore stability study of Sarvak-Kazhdumi-Dariyan Salman field, IOOC Technical Affairs, Geology Department.

Pasic, B; 2007; wellbore instability; causes and consequences; in Rudarsko-geolosko-naftni zbornik.

Schlumberger; 2006; Schlumberger report, Gandhar field Geomechanics study, phase1.

Vahle, Carsten, Kellner, Antje; borehole stability evaluation based on image log and sonic log.

Zoback , M.D; 2003; Determination of stress orientation and magnitude in deep wells; in international journal of rock mechanics & mining sciences; 1049-1076.

Zoback , M.D; 2007; Reservoir Geomechanics, Cambridge University Press; New York, first edition.

Zoback, M.D; Peska, P; 1995; In situ stress and rock strength in the GBRN/DOE"; "Pathfinder well, South Eugene Island, Gulf of Mexico. Jour. Petrol Tech, 582.

www.SID.ir