

بررسی و تحلیل پایداری دیواره چاه

مریم سلیمان پور^۱ عطا موحد^۲

۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی حفاری و استخراج نفت، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
۲. گروه مهندسی حفاری و استخراج نفت، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

چکیده

پایداری چاه از شرایط مهم استخراج محسوب می شود. در این مطالعه، گریزی به برخی از مشکلات پیش رو زده ایم. یکی از این مشکلات، ناپایداری سنگ ها است که باعث ریزش دیواره چاه می شود. تنش ها تاثیر زیادی بر روی سنگ ها میگذارند که می توانند یکی از علل ناپایداری دیواره چاه محسوب شوند. یکی دیگر از مشکلات حفاری وجود لایه های شیلی و ماسه ای می باشد، به طوری که لایه های شیلی با قرار گرفتن بر روی ذخایر نفتی مانع از استخراج مخازن هیدروکربونی می شوند. در این مطالعه، گریزی به این مشکلات و حداقل امکان بیان راه حل هایی برای حل آن پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: پایداری، حفاری دیواره چاه، لایه های شیلی، لایه های ماسه ای

۱ مقدمه

حفاری چاه، اصلی ترین فعالیت به منظور دسترسی به مخزن نفتی و تولید نفت می باشد. مسیر چاه ها اکثراً قائم است ولی در برخی موارد تکنیک حفاری به تفاوت خواص ژئومکانیکی لایه ها بستگی زیادی داشته و همیشه تغییرات خواص ژئومکانیکی لایه ها در ابزار آلات در روش حفاری همراه باشد. [۴] با افزایش زمان و بهره برداری پارامترهای موثر بر پایداری چاه پیچیده تر شده اند و به دنبال آن حفاری با شرایط سخت تر محیطی مواجه شده است. [۹] حداقل ۱۰٪ بودجه برای عملیات پیش بینی نشده در خصوص پایداری چاه است که خود رقمی در حدود یک میلیارد دلار در سال را به خود اختصاص می دهد. [۸] تحلیل پایداری چاه برای بهبود اقتصادی عملیات حفاری است. [۱۳] منشا ناپایداری برهم کنش میان سنگ و سیال، شرایط تنش های اعمالی، رفتار غیرعادی سازند و انجام نامناسب عملیات حفاری می باشد. [۸] اثرات علمی این ناپایداری عموماً به ریزش دیواره چاه و تولید ماسه منجر می شود که اگر به نحو مناسب و موثری برطرف نگردد می تواند مشکلاتی چون گیر کردن مته، گشادشدگی چاه، خردگی ادوات درون چاهی و هرزه روی گل را در پی داشته باشد. اگرچه مطالعات مکانیک سنگی تا حدودی بهبود بخش بوده ولی بخش عمده بر مبنای مشاهدات و تجربیات گذشته صورت می گیرد. [۷، ۱۰]

۲-۱. علائم ناپایداری دیواره چاه

علائمی که نشانگر ناپایداری چاه هستند به دو دسته کلی تقسیم میشوند. دسته اول علائمی که به طور مستقیم ناپایداری چاه را نشان میدهد و با مشاهده آن می توان مطمئن بود دیواره چاه ریزش کرده است، دسته دوم علائمی که ناشی از ناپایداری و ریزش دیواره چاه نیست و می بایست مسائل دیگری به غیر از ناپایداری دیواره چاه نیز بررسی شود تا بتوان نظر درستی در مورد علت رخداد آنها داد.

از علائم مستقیم و غیرمستقیم ناپایداری دیواره چاه در حین حفاری می توان به این موارد اشاره کرد: پوسته پوسته شدن دیواره چاه، کاهش سرعت حفاری، چسبیدن لوله به دیواره چاه، ایجاد شکاف، هرزروی سیال حفاری و حتی فوران چاه. [۵] به طور کلی بررسی پایداری چاه شامل ۳ سرفصل اصلی می باشد:

۱_ بررسی های میدانی: داشتن اطلاعات مکانیکی سنگ محلی راندمان حفاری را بهبود می بخشد.

۲_ فیزیک سنگ: تشخیص واکنش های شیمیایی محتمل میان سازند و سیال حفاری اشاره نمود.

۳_ مدل ساز مناسب از چاه: اینگونه که مدل ساده تری از چاه را در نظر بگیریم و هرچه فرض ها کمتر باشد نتایج بهتری حاصل می گردد. [۱۱، ۱۲]

۲-۲. عوامل موثر در مکانیسم های ناپایداری چاه

مکانیسم های موثر در ناپایداری وابسته به فاکتورهای زیادی همچون نوع شیل و خصوصیات آن، پروفیل چاه، محیط تنش برجاریا، گرادیان دمایی و ویژگی های کل سیستم حفاری است. بنابراین در مدیریت موثر ناپایداری شیل ها، فاکتورهای زیادی در نظر گرفته شده و ساده ترین و درعین حال موثرترین شیوه به کار گرفته شود. ناپایداری در حفاری چاه های نفت و گاز ممکن است توسط تنش های درجایی که در مقایسه با مقاومت سازند بسیار بالا هستند و یا برهم کنش های فیزیکی-شیمیایی میان گل حفاری و شیل و یا ترکیبی از هر دو باشد. در نتیجه بسته به مشکلات ناشی از ناپایداری چاه به دو دسته کلی ناپایداری مکانیکی و ناپایداری شیمیایی تقسیم می گردد. [۲]

۲-۳. ریزش دیواره چاه

ناپایداری به دلیل شکست سنگ اطراف دیواره چاه است و 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. مشکلات به وجود آمده به چهار مورد کلی بستگی دارد که عبارت اند از:

۱. رفتار سنگ بعد از شکست

۲. حجم سنگ جدا شده و فروریخته

۳. حساسیت عملیات حفاری به گشادشدگی چاه

۴. ظرفیت تمییزکاری چاه [۱۰]

بر اساس تحقیقات انجام شده مقاومت سنگ در مقایسه با دیگر پارامترها مانند سطوح لایه بندی و خصوصیات الاستیک سنگ در پایداری چاه از اهمیت بیشتری برخوردار است. عملیات حفاری سبب تداخل در ساختارهای طبیعی سنگ و تمرکز دوباره تنش ها در اطراف دیواره چاه را سبب می شود. مکانیسم ناپایداری مکانیکی چاه به دو گروه اصلی تقسیم بندی می شود:

سنگ بکر 1-

سنگ های دارای ناپیوستگی 2-

عوامل مکانیکی از اصلی ترین عوامل ناپایداری چاه در سازندهای غیر شیلی اند.

۲-۴. تنش

۱-۲-۴. شرایط تنش های اعمالی

از جمله موارد دارای اهمیت مطالعه چاه های افقی و تعیین تنش برجا است. [۶، ۱] چگونگی تنش های برجای غالب از نوع نرمال، فشاری یا امتدادلغز باشد، مسیر بهینه چاه به صورت عمودی، مایل و یا افقی خواهد شد. هنگامی که چاه عمودی در داخل رژیم تنش گسلی نرمال حفر می شود، چاه پایدار می ماند.

این درحالی رخ میدهد که در چاه های مایل و افقی تحت شرایط تنش گسلی امتدادلغز پایدارتر از چاه های عمودی می باشد:

$$\sigma_H > \sigma_v > \sigma_h [3]$$

دو روش کلی برای تعیین جهت تنش های اصلی افقی و قائم شکل گرفته است که به شرح زیر است:

۱-۱-۲-۴. تعیین مقدار تنش درجای قائم (σ_v)

تنش درجای قائم در هر نقطه از چاه معادل وزن روباره می باشد. بنابراین انتگرال گیری دانسیته لایه های بالای، بار را در نقطه ای مورد نظر تعیین میکند.

که ρ_b دانسیته حجمی سنگ اشباع از سیال و D عمق مورد نظر برای محاسبه تنش درجای قائم است.

۲-۱-۲-۴. تعیین مقدار تنش های درجای افقی (σ_H و σ_h)

برای تعیین مقدار تنش های افقی روش های متعددی وجود دارد. مقدار σ_h را میتوان به ترتیب دقت های مختلف وشکست هیدرولیکی بدست آورد. روش سوم برای تخمین مقدار σ_H شامل به کاربردن روش انالیز معکوس به منظور اندازه گیری فشارشکست است که این روش به حالتی محدود میشود که وضعیت مناسبی بین مسیرچاه وهمچنین اندازه گیری مربوط به شکاف وجود داشته باشد.

جدول ۲. انواع تست ها برای تخمین روش افقی [۴]

نام آزمایش	روش انجام آزمایش	ملاحظات
Micro-FT	این شکست به وسیله تزریق هسته حدود ۱ متر مکعب سیال با ویسکوزیته کم، از طریق چاه باز یا لوله جداری مشبک شده به داخل سازند ایجاد می شود. یک شکاف بارها باز و بسته می شود، بنابراین کاهش های پی در پی فشار بر روی نمودار نشان داده می شود تا فشار ثابت بسته شدن به دست آید.	این فشار معادل کوچکترین تنش اصلی است که در بیشتر حوضه ها کوچکتر از σ_v و برابر با σ_h می باشد.
Mini-FT	شامل تزریق سریع سیال ویسکوزی در حدود بیش از ۱۰ متر مکعب می باشد. مقدار σ_h را می توان از منحنی فشار-زمان ثبت شده، معادل فشار بسته شدن شکاف تعبیر کرد.	تست تحریک شکاف های قبلی می باشد.
LOT	سرچاه بسته می شود، در نتیجه فشار ستون بالا می رود و چاه تحت فشار قرار می گیرد. این روند ادامه می یابد تا منحنی فشار حجم از حالت خط راست منحرف شود. نقطه انحراف را به عنوان فشار نفوذ تعریف می کنند.	اگر Micro-FT و یا Mini-FT در چاه های مجاور انجام نشده بود و توصیه می شود که فقط به داده های تستی که در عمق بیش از ۳۰۰ متر انجام شده است رجوع شود.

۲-۵. رفتار غیرعادی سازند و انجام نامناسب عملیات حفاری

برای جلوگیری چاه از گسیختگی برشی وشکاف هیدرولیکی از شکست کششی طراحی فشارگل باید با دقت انجام شود. شکاف هیدرولیکی برای بالا بردن تراوایی وتولیداز چاه انجام میشود به گونه ای که سیال با فشار موردنظر به درون شکاف تزریق میشود.

۲-۶. راه های مقابله با ایجاد ناپایداری به هنگام حفاری در لایه های شیلی

وجود لایه های شیلی در اعماق زمین در زمان حفاری برای استخراج نفت وگازیکی از مشکلات اساسی حفاری وتولیداست. با وجود مطالعات فراوان بر روی شیل ها وخصوصیات پیچیده آن ها، هنوز مشکلات حاصل از وجود لایه های شیلی باعث بالا بردن هزینه در حفاری چاه های نفت می باشد. در بیشتر تحقیقات انجام شده بر روی شیل به بررسی خصوصیات فیزیکی وشیمیایی رفتار آن در هنگام حفاری وبعد از آن پرداخته اند وسی شده بامعرفی روابطی برای تغییر در ترکیبات گل حفاری شیل را پایدارتر سازند. [۱، ۶]

ناپایداری شیمیایی غالبا در سازندهای شیلی دیده می شود وشدیدا تحت تاثیر ترکیب سیال حفاری می باشد. شیل پیچیده ترین سنگ بوده و تا امروز به درستی شناخته نشده است. از ویژگی های شیل می توان به تخلخل ونفوذپذیری پائین به دلیل وجود مقدار زیاداز کانی های رسی اشاره کرد. واکنش شیمیایی با سیالات حفاری پایه آبی ممکن است باعث به وجود آمدن مشکلات جدی در امر پایداری دیواره چاه میشود.

در نهایت موثرترین شیوه برای حل یا مدیریت مشکلات ناشی از ناپایداری شیل ها می توانند: وزن، نوع، شیمی وذرات گل حفاری وهمچنین استراتژی راندن لوله جداری باشد. [۲]

بررسی شیل از دیدگاه مکانیک سنگ جنبه جدیدی از مطالعات است که در سالهای اخیر در حال توسعه می باشد. از جمله موارد دارای اهمیت در مطالعه پایداری چاه های افقی تعیین تنش های برجا است. تغییر در فشارمنفذی اثر شدیدی بر روی پایداری چاه در حین حفاری شیل دارد. زیرا همانطور که اشاره شد شیل نفوذپذیری پائینی دارد و جریان یون ها و آب در آن بسیار کند می باشد از این امر استدلال می شود که در هنگام حفاری تغییر فشارمنفذی عمده ای در نزدیک دیواره چاه ایجاد می شود وگرادیان فشارمنفذی القائی بزرگی در آن منطقه کوچک به وجود خواهد آمد.

به هر حال این رفتار شیمیایی منجر به جمع شدگی دیواره چاه در طول زمان میشود که بر اثر تبادل یونی از طریق غشای نیمه تراوی بین سیال حفاری و دیگر افزودنی های شیمیایی حارث می شود اما با طراحی درست گل حفاری میتوان از این امر جلوگیری کرد.

۲-۷. راه های مقابله با ایجاد ناپایداری به هنگام حفاری در لایه های ماسه ای

بیش از ۷۰٪ حفاری و تولید نفت در جهان از مخازن ماسه سنگی انجام میشود. در زمان تولید اختلاف فشار سازند با چاه سبب ایجاد مکانیزم برشی و پاکششی و در نهایت تولید ماسه خواهد شد که به صورت می توان از ریزش جلوگیری کرد:
 ۱. تعیین وزن گل مناسب اهمیت پیدا میکند و از مهمترین عوامل کنترل است.
 ۲. می توان با حفاری جهت دار مناسب از ریزش چاه جلوگیری کرد. [۱۴]

۸. نتیجه گیری

۱. در فشارهای پائین، جایی که در کمتر از آن فشار شاهد ریزش چاه هستیم، شکست برشی که منجر به فروریزی دیواره چاه در جهت تنش افقی حداقل می شود، اتفاق می افتد.
۲. چاه های قائم به نسبت چاه های افقی پایداری بیشتری دارند.
۳. اعمال فشار منفذی و اثر نفوذ آن در سنگ و همینطور اعمال فشار گل در چاه باید با دقت فراوان انجام گیرد زیرا وجود سیال درون سنگ مشکلات ناپایداری بیشتری را ایجاد می کند.
۴. باید وزن مخصوص گل به اندازه کافی بالا باشد که فشار سازند را کنترل کند.
۵. فشار ناشی از گل حفاری باید در محدوده بالاتر از فشار منفذی سازند مخزن و پائین تر از تنش افقی حداقل قرار گیرد تا به این ترتیب از ورود سیال سازند به داخل چاه و همچنین هرزروی گل به سازند، جلوگیری شود.

۹. منابع و ماخذ

۱. Offesen S. and Kwakwa K.A., "A multi disciplinary approach to in-situ stress determination and its application to wellbore stability analysis". SPE 21915., pp 2-5, 1991.
۲. Rahman, M.K, D. and Rahman, S.S., 2000, Borehole collapse analysis incorporating time depend pore pressure due to mud pene tration in shale ", Journal of petroleum science and engineering, No.28, pp, 13-31.
۳. Awal M.R., Khan M.S., Mohiuddin, M.A., Abdurraheem A. and Aaeemudin, M. "A new apporoach to borehole trajectory optimization for incrwased hole stability ", SPE68092, pp1-10, 2001.
۴. Birchwood, R. 2002, Options for enhanced wellbore stability.
۵. Tara, U.A. and Mody, F.K., 2002, Managing borehole stability problem: On the learning, Unhearing and Relearning curve, paper AADE presented at the AADE Technology conferene, Houtson, Texas.
۶. chen X., Tan C.P. and Detour nay, C. "The impact of mud infiltration on wellbore stability in fractures rock masses". SPE/ISRM 78241 presented at the SPE/ISRM rock mechanic conference held in Irving, Texas, 20-23, pp1-10, 2002.
۷. Aandy, B.S, 2003, Introduction to special issue on borehole stability .J. of Pet. Sci. Eng. 38, 79-82.
۸. Zoback, M.D. 2007, Reservoir Geomechanics, Cambradge university Press, P.464.
۹. Fjaer, E. 2008, petroleum Related Rock Mechanic, Elsevir publication Books, P.491.
۱۰. Shuling Li, Jeff George, and Cary Purdy, 2012. Pore-Pressure and Wellbore-Stability Prediction to Increase Driling Efficiecy . Journal of Petroleum Technology.
۱۱. Lee H., Ong S., Azeemuddin M., Goodman H. A Wellbore Stability model for formation with anisotropic rock strengths, Journal af petrolrum Science and Engineering, Volumes 96-97, October 2012, page 109-119.
۱۲. Capasso G., ana Musso G., 920100. Evaluation af Stress and Strain Induced by the Rock Compaction on a Hedrocarbon Well complaction Using Contact Interfaces with Abaqus, MI, Italy/ew politecnico di Torino, Italy.

تحلیل ژئومکانیکی و پایداری چاه در میدان نفتی دارخوین با هدف عملیات آبشکافت ۱۳.

بررسی انواع ریزش ها در پایداری دیواره چاه های نفتی و روش های پایدارسازی آن ها، زمستان ۱۳۸۹. ۱۴.