بررسی تأثیر فشار گل حفاری بر پایداری دیواره یکی از چاه‌های انحرافی میدان نفتی جنوب غربی ایران

محمدحسن شعباندخت زارمی، ناصر تیموری خانه سری*

اهواز، دانشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی نفت اهواز

پیام‌نگار: **nasser.teymourei@gmail.com**

چکیده

امروزه با افزایش نیاز به انرژی، توسعه میادین تجدیدناپذیر نفت و گاز با ریزبینی و طبق برنامه‌های مطالعاتی منسجمی طرح‌ریزی می‌شود. بهینه‌سازی عملیات حفاری و بهره‌برداری در کنار کاربرد روش‌های ازدیاد برداشت از کلی‌ترین اهداف این مطالعات می‌باشند. یکی از روش‌های افزایش تولید و دسترسی مستقیم به منابع خاص زیرزمینی، استفاده از تکنیک حفاری انحرافی[1] است. معمولاً کاربرد صحیح این روش مستلزم شناخت پارامترهای عملیاتی مختلفی است که به شدت بر بازدهی حفاری و بهره‌برداری این چاه‌ها و فاکتور ضریب بهره‌برداری[2] آن‌ها تأثیرگذار است. از این‌رو، بدون شک چاه‌هایی از ضریب بهره‌برداری بالایی برخوردارند که اولاً اصول صحیح حفاری در آن‌ها لحاظ شده باشد و ثانیاً آثار تخریب سازند در آن‌ها بسیار اندک باشد.

یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های پیش‌روی مهندسان نفت در ممانعت از تخریب و صدمه دیدن دیواره چاه، انتخاب فشار بهینه تزریق گل حفاری است. از آنجایی که مهندسان در عملیات حفاری جهت غلبه بر فشار سازند و سیال درون مخزن مجبور به بالا بردن فشار گل حفاری (سیال حفاری) می‌باشند، که این خود موجب آسیب رساندن به دیواره چاه خواهد شد. لذا، در این پژوهش با بررسی و شبیه‌سازی یکی از چاه‌های انحرافی میدان چشمه‌خوش غرب کشورمان، به نقش و تأثیر فشار گل حفاری بر میزان صدمات سازند می‌پردازیم. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با شبیه‌سازی مخزن فوق الذکر و چاه انحرافی آن، با انتخاب فشار تزریق بهینه ۶۰ مگاپاسکال، علاوه بر کاهش تخریب ناحیه پلاستیکی و کاهش هزینه‌ها، از میزان جابجایی نقاط[3] فرض شده در دیواره چاه به شدت کاسته می‌شود.

کلمات کلیدی: گل حفاری، چاه انحرافی، پایداری دیواره چاه، فشار تزریق گل،صدمات سازند، فشار بهینه، ضریب بهره‌برداری

۱- مقدمه

در صنعت حفاری به دانش حفر یک چاه در امتداد یک مسیر مایل از پیش تعیین‌شده (به منظور رسیدن به یک هدف مشخص) حفاری انحرافی گفته می‌شود [۵]. در برخی موارد از آن به عنوان حفاری کج، مایل و هدایت‌شده نیز تعبیر می‌شود. از این روش در مواقعی که امکان دسترسی قائم و مستقیم به منابع زیرزمینی وجود ندارد، استفاده می‌شود .کاربرد این تکنیک حفاری، به دلیل قیمت پایین جهانی نفت و کشف پی‌درپی مخازن عظیم نفتی، برای سال‌های

1. Directional Drilling Method
2. Productivity Index (PI)
3. Displacement Points

www.SID.ir

طولانی مقرون به صرفه نبوده است. به همین دلیل، حفاری انحرافی کنترل‌شده (با استفاده از ابزارهای دقیق اندازه‌گیری) از اواسط قرن بیستم در صنعت نفت دنیا رایج شد [۶و۴].

امروزه چاه‌های انحرافی با اهداف گوناگون زیر حفر می‌شوند:

- نیاز به افزایش سطح تماس چاه و مخزن در لایه‌های تولیدی.
- حفاری به سمت مخزن در جایی که حفاری قائم مشکل یا ناممکن است (حفاری در زیر مناطق مسکونی و دریاها).
- حفاری سازند با هدف ممانعت از روبه‌رو شدن با سازندهای مشکل‌ساز و بسیار خطرناک.
- حفاری یک چاه تخلیه‌ای یا چاه فشارشکن به منظور تخلیه فشار یک چاه در حال تولید و کنترل فوران آن [۲و۱].

با وجود مزایای فوق، این تکنیک از محدودیت‌هایی رنج می‌برد. سرعت کم‌تر این حفاری در مقایسه با حفاری قائم از مهم‌ترین مشکلات این تکنیک به حساب می‌آید که علت اصلی آن، توالی زمانی حفاری در حالت لغزش و حفاری دورانی و هم‌چنین توقف حفاری در بازه‌های عمقی مختلف جهت ثبت پارامترهای انحراف چاه است. همچنین در حفاری‌های با زاویه انحراف بیش از ۴۰درجه، نیاز به ابزارهای خاص و گران‌قیمت است که هزینه اجرای عملیات تعمیر و تنظیم قطعات درون چاهی را به مراتب افزایش می‌دهد. از دیگر معایب چاه‌های با درجه انحراف بالا، ناپایداری دیواره چاه و مشکل هجوم ماسه‌های سست و آزاد به درون چاه (در حین حفاری و تولید) است که به رغم راه حل‌های پیشنهادشده موجود، هنوز مشکل پیچیده‌ای به‌شمار می‌رود. به‌بیانی دیگر، روش‌های موجود برای کنترل تولید ماسه تنها تا زاویه انحرافی خاصی پاسخ‌گو می‌باشند [۵و۳].

گل حفاری یا سیال حفاری را می‌توان به عنوان هر گونه سیالی تعریف کرد که در طول عملیات حفاری درون چاه به گردش در می‌آید و پس از عبور از رشته حفاری و مته از طریق فضای حلقوی به سطح برمی گردد[۱۳].

وظیفه گل حفاری عمدتاً انتقال کنده‌های حفاری از ته چاه به سطح زمین بود. لیکن با توسعه سیستم حفاری دورانی، وظایف گل حفاری نیز سنگین‌تر شده است[۱۷]. اجرای وظایف محوله به گل و سیال حفاری در عملیات حفر چاه آنقدر مهم و اساسی است که نمی‌توان اهمیت آنها را نادیده گرفت به همین دلیل باید در انتخاب و نگهداری و بکارگیری آن، دقت لازم را رعایت کرد[۱۳].

یک گل حفاری مطلوب و کارساز و مورد نظر در یک حفاری موفقیت‌آمیز بایستی دارای این تواناییها و ویژگی‌ها باشد:

(۱) تمیزکردن ته چاه و انتقال کنده‌های حفاری به سطح (۲) خنک کردن مته و لوله‌های حفاری (۳) روان کردن مته و لوله‌های حفاری (۴) اندود کردن دیواره چاه و جلوگیری از ریزش چاه (۵) کنترل فشارهای زیر زمینی (۶) معلق نگه داشتن کنده‌ها و مواد وزن افزا به هنگام قطع جریان گل حفاری (۷) ترخیص شن و کنده‌های حفاری بر روی الکهای لرزان و سایر تجهیزات جدا کننده (۸) تحمل قسمتی از وزن لوله‌های حفاری و لوله‌های جداری (۹) انتقال توان هیدرولیکی پمپ‌های گل به مته و بحرکت در آوردن تیغه‌های متحرک مته.

درطول عملیات حفاری یکسری عوامل می‌توانند موجب تغییرات فیزیکی و شیمیایی در سنگ مخزن شود که نتیجه آن باعث کاهش بازدهی تولید و مشکلات بهره برداری از چاه خواهد شد، که به کلیه این تغییرات صدمات مخزن گفته می‌شود. یکی از صدمات وارد به مخزن ناپایداری دیواره چاه است که از جمله عللی است که موجب این صدمات می‌شود، فشار زیاد از حد گل حفاری می‌باشد. این پژوهش به ابعاد مختلف فشار گل حفاری با استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز می‌پردازد و در نهایت فشار بهینه عملیاتی با کمترین میزان صدمات وارده به مخزن را نشان می‌دهد [۹].

ناپایداری دیواره چاه، یکی از مهم‌ترین اشکال تخریب سازند است که در چاه‌های انحرافی از اهمیت بیشتری برخوردار است. این مشکل به شدت تابعی از رفتار جریانی و فشاری گل حفاری تحت تزریق است. از این‌رو، طراحی سیال مناسب و سازگار با خصوصیات سنگ و سیال مخزن از اولویت‌های انتخاب یک سیال تزریقی است که علاوه بر افزایش توان بهره‌دهی چاه به ایجاد ارزش افزوده فراوان و صرفه‌جویی زیاد در هزینه و زمان منجر می‌گردد. [۵و۳].

در ایران شروع حفاری انحرافی سنی کمتر از دو دهه دارد و به تایید صنعت نفت، حفر اولین چاه انحرافی در سال ۱۳۷۳ صورت گرفته است. نخستین چاه انحرافی و افقی حفاری شده در ایران چاهی در میدان اهواز حوالی فرودگاه است که به صورت زاویه‌دار حفر و تکمیل شده است . از این‌رو، با توجه به نیاز مبرم کشور به گسترش سریع این فناوری در صنعت نفت، در این پژوهش با انتخاب یکی از چاه‌های انحرافی میدان چشمه‌خوش غرب کشورمان به مطالعه نقش فشار تزریق گل بر پایداری دیواره چاه می‌پردازیم و بهینه‌سازی فشار

Archive of SID

www.

گل تزریقی را با در نظر گرفتن دو هدف کلی کاهش هزینه‌های اجرای فرایند و افزایش بازدهی تولید چاه انجام می‌دهیم[۲و۱].

۲- معرفی میدان و چاه انحرافی مورد مطالعه

میدان مطالعاتی این پژوهش، میدان نفتی چشمه‌خوش نام دارد که در فاصله ۱۸۰ کیلومتری غرب اهواز قرار دارد. این میدان طاقدیسی دارای ابعاد ۲۳/۵ در ۴/۳کیلومتر در افق لایه آسماری است و توسط شرکت نفت مناطق مرکزی ایران کنترل می‌شود. چاه A (چاه انحرافی این پژوهش) در یال شمالی این میدان واقع شده است و زاویه انحراف آن نسبت به افق ۷۰ درجه است. این چاه توسعه‌ای (که هدف از حفاری آن، افزایش تولید از مخزن آسماری می‌باشد) به صورت حفره باز[1] تکمیل شده است و لایه تولیدی آن، زون شماره ۲ لایه آسماری می‌باشد که جنس سازند آن دولومیت و سنگ آهک است. این چاه انحرافی از عمق ۳۲۲۲ متری با آزیموت ۲۲۹/۴درجه و زاویه ساخت ۷درجه در ۳۰متر شروع می‌شود و تا رسیدن به حداکثر زاویه ساخت ۷۰درجه در عمق ۳۵۲۳متری (توأم با ۲۱متر نفوذ عمودی در پوش سنگ) ادامه می‌یابد. تا این مرحله، میزان جابجایی افقی نسبت به محل چاه بر روی زمین ۱۶۱/۵ متر است. سپس، ادامه حفاری انحرافی از عمق ۳۵۲۲ متری با آزیموت ۲۲۹/۴ درجه، طول حفاری ۲۸۱ متر و زاویه انحراف ۷۰ درجه تا عمق نهایی ۳۸۰۳متری در زون شماره ۲ آسماری اجرا می‌گردد .

ویژگی‌های مدل واقعی- مطالعاتی چاه و مخزن این پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است. جدول (۲) خواص گل به کار رفته در عملیات حفاری چاه انحرافی را نشان می‌دهد. سایر اطلاعات تکمیلی سنگ و سیال مخزن در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات مدل مطالعاتی

پارامتر	دانسیته سنگ	مدول بالک[2]	استرس	زاویه اصطحکاک	کشش	پیوستگی[3]	قطر چاه	قطر لوله	نوع مدل
مقدار	۲/۷۲۴	۴/۱۶۶۷ ×۱۰^{۳۰}	۲/۱۴۸۵ ×۱۰^{۳۰}	۴۴	۶× ۱۰^{۶}	۹× ۱۰^{۷}	۸/۳۷	۵	موهر کلمب[4]
واحد	g/cm^3	Pa	Pa	درجه	Pa	Pa	اینچ	اینچ	

جدول ۲- خواص گل حفاری

پارامتر	وزن گل حفاری	ECD[5]	گرانروی	گرانروی پلاستیک	نقطه تسلیم[6]	PH	نوع گل	ترکیب گل
مقدار	۶۳	۶۵/۰۲	۴۷/۵	۱۹	۱۱	۵	گل پایه نفتی[7]	٪۷۰ نفت ٪۳۰ آب
واحد	lb/ft^3	lb/ft^3	cp	cp	lb/100ft^2	ppb		

جدول ۳- مشخصات سنگ و سیال مخزن

پارامتر	تخلخل[8]	تراوایی[9]	سطح تماس آب و نفت[10]	عمق واقعی	فشار	گرادیان هیدرو استاتیک نفت[11]	دما	درصد H_2S	فشار منافذ	API
مقدار	۰/۱۲	۲۰۰	۳۴۸۹	۳۴۱۵	۴۸۴۳	۰/۳۴	۲۱۵	۲/۵۷	۵۵۵۶	۲۹
واحد	D-less	میلی دارسی	m.s.s.d	m.s.s.d	Psia	Psia/ft	F	٪	Psia	D-less

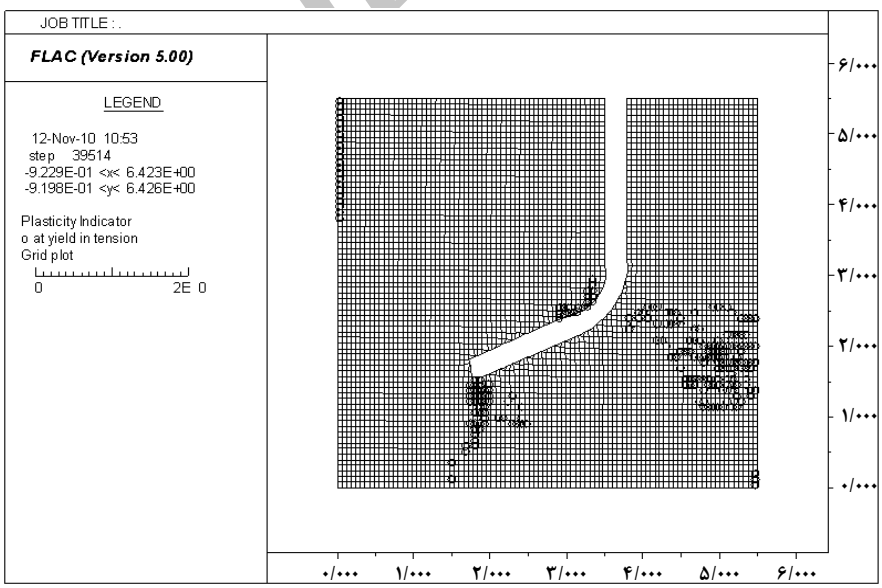
1. Open Hole
2. Bulk Module
3. Cohesion
4. Mohr Coulomb
5. Equivalent Circulating Density
6. Yield Point
7. Oil Base Mud
8. Porosity
9. Permeability
10. Water Oil Contact (WOC)
11. Hydrostatic gradient of Oil

www.SID.ir

۳- مدل‌سازی و شبیه‌سازی تزریق گل حفاری

موضوع این پژوهش، مطالعه و شبیه‌سازی فشار تزریق گل حفاری به عنوان یکی از پارامترهای موثر در بحث پایداری دیواره چاه و میزان تخریب سازند است که در آن از نرم‌افزار FLAC دوبعدی به منظور شبیه‌سازی فرایند و حفر چاه انحرافی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار با دریافت داده‌های خواص سنگ مخزن، خواص گل حفاری، اطلاعات زمین‌شناسی محل و داده‌های دیگر به عنوان داده‌های ورودی، به رسم سناریوهای مختلف حفاری می‌پردازد. با کمک این سناریوها، علاوه بر مطالعه حساسیت‌سنجی تأثیر پارامترهای عملیاتی و مخزنی مختلف بر شرایط اجرای حفاری، امکان انتخاب بهینه‌ترین شرایط حفاری نیز فراهم می‌شود. به عبارتی‌دیگر، این پژوهش یک مطالعه حساسیت‌سنجی جهت تعیین بهینه‌ترین فشار تزریق گل است و هدف عمده آن پاسخ به این سؤال کلیدی است که آیا فشار تزریق گل کنونی ۷۰MPa (۱۰۱۲۱Psia)، فشار مناسبی جهت اجرای عملیات حفاری انحرافی است یا خیر. هم‌چنین، به این سوال که آیا روش تزریق گل زیرتعادلی[1] روش مناسبی جهت جایگزینی روش فوق تعادلی کنونی است یا خیر، پاسخ داده می‌شود [۱۰و۱۱].

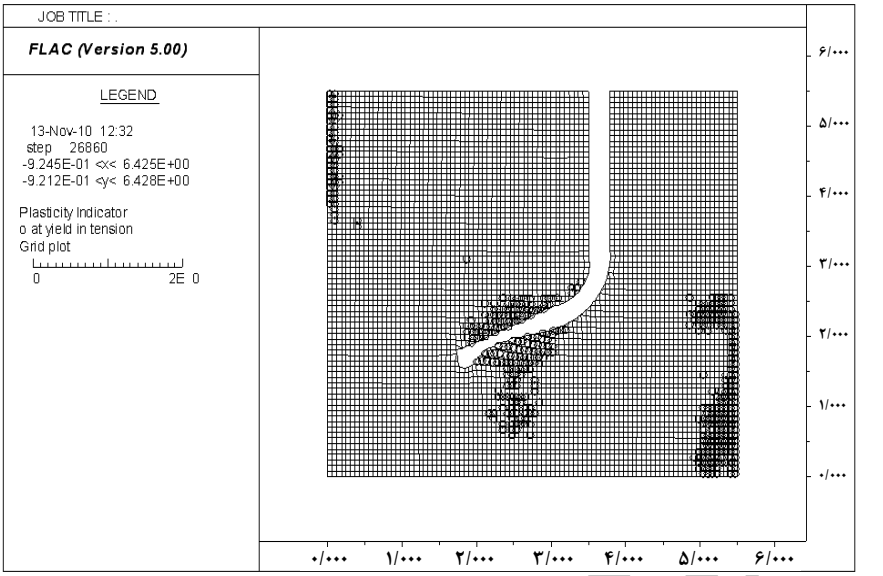
بعد از تعریف مدل مطالعاتی و ساخت چاه با زاویه انحراف ۷۰ درجه در نرم‌افزار، مطالعه حساسیت‌سنجی فشار تزریق گل با انتخاب تعدادی فشار تزریقی آغاز می‌شود. این کار با انتخاب فشارهای ۸۰ و ۱۲۰MPa به عنوان فشارهای بیشتر از فشار تزریق کنونی و انتخاب فشارهای ۶۰ و ۳۷/۲ MPa به عنوان فشارهای کمتر از فشار تزریق کنونی انجام می‌شود. لازم به ذکر است که فشار تزریق ۳۷/۲ MPa، فشاری معادل فشار منفذی است که از آن در ارزیابی روش حفاری زیر تعادلی استفاده می‌شود. هم‌چنین، از دو پارامتر هدف میزان تخریب ناحیه پلاستیکی و میزان جابجایی نقاط دیواره چاه به عنوان مقایسه نتایج استفاده می‌شود. این نرم‌افزار با توجه به مشخصات سنگ و سیال مخزن، میزان شکست برشی و شکست کششی (دو عامل مهم تعیین ناحیه پلاستیکی) را مدل‌سازی کرده و با توجه به فشار گل حفاری و در نظر داشتن خصوصیات سنگ، میزان تحمل سنگ را نشان می‌دهد. همچنین تمامی نقاط چاه طراحی شده در این نرم افزار، دارای مشخصات (X, Y) می‌باشد، که در پایان شبیه‌سازی در صورت تغییر مشخصات نقاط بطور دقیق نشان داده می‌شود[۸]. بدیهی است که هر چه میزان تخریب ناحیه پلاستیکی و میزان جابجایی دو نقطه فرض شده در دیواره چاه کمتر باشد، فشار انتخابی از نتایج تزریق بهینه‌تری برخوردار است[۱۵و۱۴]. شماتیک نحوه تغییر ناحیه پلاستیکی و درصد تخریب آن به ازای فشارهای تزریق مختلف، به ترتیب در شکل‌های (۱) تا (۵) و در جدول (۴) ارائه شده است.



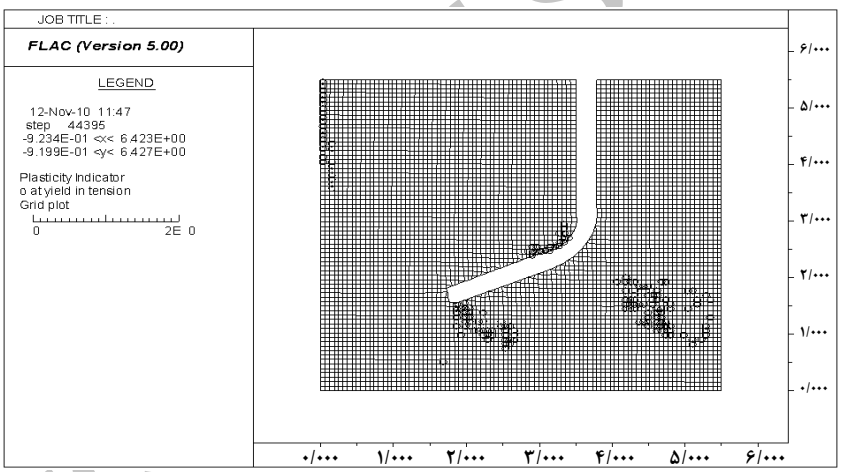
شکل ۱- نمایش تغییرات ناحیه پلاستیکی اطراف چاه انحرافی در فشار ۷۰ MPa

1. Under Balance Drilling(UBD)

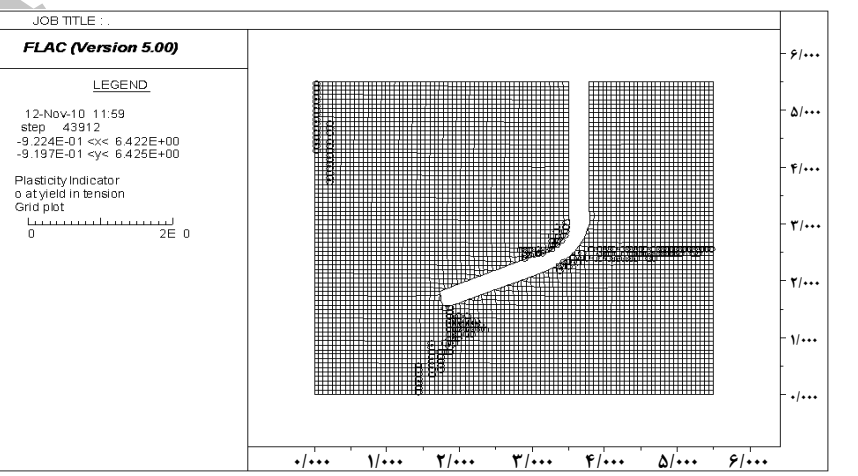
www.
hive of SID



شکل ۲– نمایش تغییرات ناحیه پلاستیکی اطراف چاه انحرافی در فشار MPa ۳۷/۲

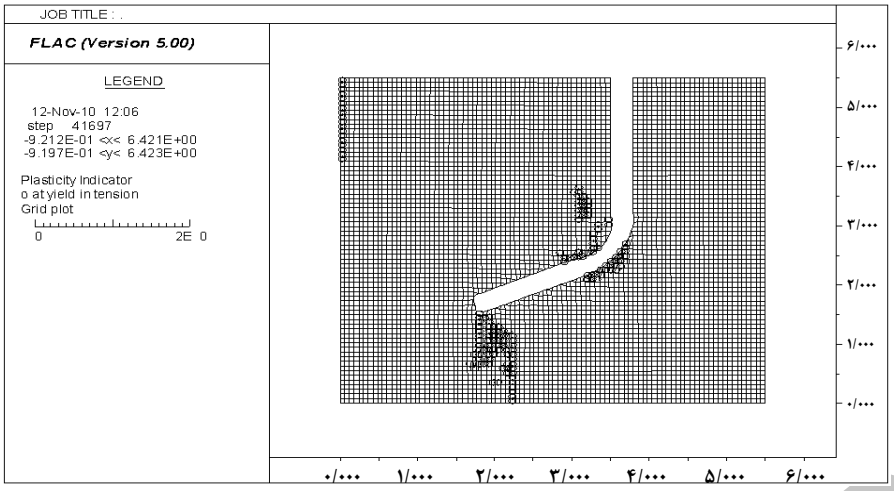


شکل ۳– نمایش تغییرات ناحیه پلاستیکی اطراف چاه انحرافی در فشار MPa ۶۰



شکل ۴– نمایش تغییرات ناحیه پلاستیکی اطراف چاه انحرافی در فشار MPa ۸۰

www.SID.ir



شکل ۵- نمایش تغییرات ناحیه پلاستیکی اطراف چاه انحرافی در فشار MPa ۱۲۰

جدول ۴- درصد تخریب ناحیه پلاستیک اطراف چاه انحرافی در فشارهای تزریق گل مختلف

فشار تزریق گل حفاری (MPa)	۳۷/۲	۶۰	۷۰	۸۰	۱۲۰
تخریب ناحیه پلاستیک (٪)	۸۳	۱۰	۲۵	۳۵	۴۲

هم‌چنین، جدول (۵) مقایسه‌ای از میزان جابجایی نقاط فرض شده در دیواره چاه را در فشارهای مختلف تزریق گل نشان می‌دهد. نقطه شماره (۱) در سمت چپ و سطح فوقانی چاه انحرافی فرض شده است و نقطه فرضی شماره (۲) در سمت راست و سطح زیرین چاه قرار دارد[۱۲و۷]. معمولاً در مواقعی که از روش تزریق گل زیر تعادلی استفاده می‌شود (فشار تزریق گل کمتر یا برابر با فشار منفذی است)، جهت حرکت نقاط فرض شده در دیواره چاه به سمت محور و درون چاه است. اما در روش فوق تعادلی، جهت حرکت نقاط فرض شده به سمت سازند و خارج محور چاه است[۱۶].

جدول ۵- میزان جابجایی نقاط فرض شده در دیواره چاه به ازای فشارهای مختلف تزریق گل

فشار تزریق گل (Mpa)	جابجایی نقاط (mm)	
	نقطه(۲) = (X_2, Y_2)	نقطه(۱) = (X_1, Y_1)
۳۷/۲	۹۱/۶۳	۱۹/۷۷
۶۰	۳/۴	۱/۱۳
۷۰	۴/۰۱	۱/۳۵
۸۰	۴/۹۴	۱/۵
۱۲۰	۷/۰۴	۲/۴۵

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش در ابتدا با استفاده از شبیه‌ساز FLAC-2Dimension، شبیه‌سازی حفاری چاه براساس داده‌های میدانی یکی از چاه‌های انحرافی میدان نفتی چشمه‌خوش انجام شد. سپس با انتخاب متُد آنالیز حساسیت‌سنجی، بررسی تأثیر فشار تزریق گل حفاری به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در پایداری دیواره چاه مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه، به منظور انتخاب فشار بهینه تزریق گل حفاری، از پارامترهای هدف میزان تخریب ناحیه پلاستیکی و میزان جابجایی دو نقطه فرض شده در دیواره چاه استفاده شد. نتایج زیر از مطالعه رفتار مدل مطالعاتی این پژوهش حاصل شد:

۱- آنالیز ناحیه پلاستیکی اطراف چاه در فشارهای تزریق مختلف نشان می‌دهد که فشار تزریق کنونی (۷۰MPa)، فشار مناسبی جهت ادامه عملیات حفاری نمی‌باشد و با توجه به زاویه انحراف چاه، ویژگی‌های گل حفاری و سایر پارامترهای مدل مطالعاتی، فشار بهینه ۶۰MPa بهترین شرایط کمک به پایداری دیواره چاه، کاهش صدمات سازندی و کاهش تخریب ناحیه پلاستیکی است.

Archive of SID

www.

۲- بررسی میزان جابجایی نقاط فرض شده در دیواره چاه در فشار بهینه ۶۰MPa کمتر از سایر فشارهای تزریق گل است. پس انتظار می‌رود که در این شرایط از میزان تخریب ناحیه اطراف چاه به مراتب کاسته شود.

۳- با اصلاح فشار تزریق کنونی به فشار ۶۰MPa، علاوه بر کاهش هزینه‌های اجرای فرایند و افزایش سودآوری چاه، از استهلاک تاسیسات سرچاهی تزریق گل کاسته می‌شود.

۴- از کاربرد روش تزریق گل زیرتعادلی به دلیل زاویه انحراف بالای چاه، لیتولوژی حساس سازند و سایر خصوصیات سنگ و سیال مخزن نتایج مطلوبی حاصل نشد. با کاربرد این روش، هم میزان جابجایی نقاط فرض شده در دیواره چاه و هم میزان تخریب ناحیه پلاستیکی به شدت افزایش می‌یابد که اثر مخربی بر پایداری دیواره چاه تحمیل می‌کند.

۵- پیشنهادات

با توجه اطلاعات چاه انحرافی مورد مطالعه که در قسمت معرفی میدان و چاه انحرافی، در این مقاله آمده است و با توجه به الف) بافت و لیتولوژی مدل مطالعاتی و ب) تکمیل حفره باز چاه انحرافی، به منظور افزایش پایداری دیواره چاه از عملیات جداره‌گذاری چاه استفاده شود، زیرا نتایج این نرم افزار نشان میدهد نواحی نزدیک به لوله جداری از پایداری بیشتری نسبت به سایر نقاط برخوردار است. با توجه به اطلاعات تکمیلی چاه موجود، دیده شده که عملیات جداره‌گذاری این چاه در بخش عمودی تا ابتدای سازند تولیدی انجام نشده است، لذا پیشنهاد می‌شود عملیات جداره گذاری چاه به طول ۱۷ متر تا بخش فوقانی لایه تولیدی این چاه، به جهت افزایش پایداری دیواره چاه انجام گیرد.

۶- تشکر

از کارشناسان شرکت نفت مناطق مرکزی، وابسته به وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران، بخاطر همکاری‌های مؤثر و صمیمانه شان و در اختیار گذاشتن داده‌ها و نرم‌افزار مربوطه جهت پیشبرد این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[۱] باقرزاده، ا.، "مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و تحلیل با نرم‌افزار Flac 3D"، انتشارات موسسه فرهنگی و هنری دیباگران تهران، چاپ اول، صفحات ۳۰ تا ۵۲، تهران، (بهمن ماه ۱۳۸۶).

[۲] نعیمی، ت.، ارجمند نسیمی، ر.، "کاربردهای تکنیک حفاری انحرافی در میادین نفت و گاز"، news.imidro.org، صفحه ۴، تهران، (۱۲ سپتامبر ۲۰۰۹).

[۳] خدابنده‌لو، ف.، بهادر بیگی، د.، "کتاب نرم‌افزار Flac 2D"، انتشارات جهاددانشگاهی، واحدصنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، صفحات ۱۵۰ تا ۱۶۰، تهران، (سال ۱۳۷۸).

[۴] آشتیانی عبدی، ه.، "حفاری انحرافی و افقی: تاریخچه، تکامل، چالش‌ها و راه‌کارها"، نشریه فنی و تخصصی اکتشاف و تولید، شماره ۷۱، صفحه ۱۵، (مرداد ۱۳۸۹).

[5] [Civan, F., "Reservoir formation damage: fundamentals, modeling, assessment, and mitigation"- Gulf Publishing Company, Houston, Texas. PN.232 , (November 2000).

[6] Liu, B. S., "A study on drilling fluid used for preventing differential pressure sticking in pressure declining formation of cheng-dao oilfield", Drilling & Production Technology, vol. 2,PN.189, (2002).

[7] Dunayevsky, V. A., Myers, M. T., Bennett, M. W., "Reservoir pressure depletion induced exterior fault activation", ARMA,Presented at the 44th U.S. Rock Mechanics Symposium and 5th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium, June 27 - 30, Salt Lake City, pp.25., Utah, (2010).

[8] Mallman, E. P., Zoback, M. D., "Subsidence in the Louisiana coastal zone due to hydrocarbon production", Journal of Coastal Research, Special Issue vol. 50, pp. 443- 449, (2007).

[9] Tan, Q., He, H., Chen, Y. H., "Wellbore stability analysis of directional wells in pressure depleted reservoirs", Journal of Oil and Gas Technology, vol. 2, no, 2, pp. 67-72, (2010).

[10] Addis, M. A., "Reservoir depletion and its effect on wellbore stability evaluation", International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, vol. 34, pp. 3-4, (1997).

[11] Fjaer, E. R., Holt, M., Horsrud, P., "Petroleum Related Rock Mechanics", 1st ed. Elsevier publications, pp.19., (1992).

[12] Morita, N., "A quick method to determine subsidence, reservoir compaction, and in-situ stress induced by reservoir depletion", Journal of Petroleum Technology, vol. 41, no. 1, pp. 71-79, (1989).

[13] Jin, Y. M. Chen, Liu, G. H., "Wellbore stability analysis of extended reach wells", Journal of Geomechanics, vol. 5, no. 1, pp. 4-11, (1999).

[14] Deng, J. G., Chen, M., "Petroleum related lock mechanics", International Journal of Solids Structures,vol. 12 , pp. 81-97, (2006).

[15] Bell, J. S., Babcock, "The stress regime of the Western Canadian basin and implications for hydrocarbon production". Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Vol 34, pp. 364-378. E. a. (1986).

[16] Mawford, N., "Avoid Wellbore Stability Problems with Casing Drilling" E&P Journal, pp. 18., April (2009).

[17] Karimi, M., "Wellbore Strengthening and Lost Circulation Prevention due to the Plastering Effect of Casing Drilling in Depleted Reservoirs" Master's Thesis, University of Louisiana at Lafayette, pp.15 , Fall (2010).

Archive of SID

www.SID.ir