

تحلیل فرآیندهای ژئومکانیکی بوجود آمده ناشی از تولید گاز از لایه های دربردارنده هیدرات های گازی

محسن صائمی¹، (ارایه‌دهنده مقاله)

¹عضو هیات علمی، پژوهشکده مطالعات مخازن و توسعه میادین، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

بدلیل وجود نگرانی های گسترده ای که در ارتباط با پایداری رسوبات دربردارنده هیدرات های گازی وجود دارد، جایگزینی و انتخاب درست موقعیت چاه های تولیدی و همچنین سکوهای حفاری دریایی به شدت تحت تاثیر رفتار ژئومکانیکی این سازندها قرار دارد. این حالت در شرایطیکه گاز طبیعی از این مخازن استحصال می گردد تشدید شده و نیاز به مطالعات بیشتر به منظور تخمین دقیقتر مسائل و مشکلات احتمالی پیش رو دارد. در حال حاضر درک عمیقی از خصوصیات ترموهیدرومکانیکی این نوع مخازن مخصوصا در محیط های دریایی در دسترس نیست. لذا با نگاهی بر مطالعات انجام شده در این زمینه، ناپایداری مکانیکی این رسوبات همواره مهندسیین را در صدد بکارگیری از استراتژی های خاص جهت انتخاب سکوهای دریایی و یا دکل های حفاری واقع در خشکی نموده است. در این مقاله سعی شده است تا با معرفی معضلات و مشکلات ژئومکانیکی ایجاد شده ناشی از فرایند تولید گاز و ناپایداری هیدرات های گازی از قبیل: تراکم سنگ مخزن، فرونشست سطح زمین، ناپایداری و گسیختگی مکانیکی چاه ها، لهیدگی لوله های جداری و ... راهکارهای مناسب جهت تحلیل دقیق این مسائل ارائه گردد.

کلمات کلیدی

تحلیل ژئومکانیکی هیدرات های گازی، ناپایداری ترمودینامیکی هیدرات ها، فرونشست، ناپایداری چاه ها، شبیه سازی کوپل جریان سیال - ژئومکانیک

نکات برجسته پژوهش

- بررسی و مطالعه پدیده های ژئومکانیکی محتمل ناشی از فرایندهای تولید گاز
- تحلیل شرایط ترمودینامیکی هیدرات و ناپایداری آنها در اعماق زمین
- ارائه راهکارهای مناسب جهت تحلیل دقیق فرایندهای ژئومکانیکی با استفاده از روش های مدلسازی کوپل ترموهیدرو مکانیکی



1- مقدمه

هیدرات های گازی برای اولین بار توسط Humphrey Drury در سال 1811 به حوزه نفت و گاز معرفی شد. هیدرات های گازی شامل مولکول های آب هستند که در یک ساختار بلورین به یکدیگر متصل شده اند. این مواد به صورت میزبان مولکول های غیر قطبی یا اندکی قطبی را که نسبتا بزرگ بوده و ارتباطات مستحکمی را در شبکه بلورین ایجاد می کنند در بر گرفته است. این ارتباطات درونی استحکام و پایداری نسبتا بالایی را در ساختار هیدرات های گازی ایجاد می نماید. هیدرات های گازی در شرایط فشار بالا و دمای پایین پایدار بوده و عمدتا در نواحی اقیانوسی در اعماق پایین تر از 300 متر و یا در نواحی منجمد قطبی یافت می شوند. اگرچه تاکنون تخمین های متعددی از مقدار کل انرژی موجود در هیدرات های گازی در سرتاسر جهان زده شده است، لکن اجماع عمومی بر این اعتقاد استوار است که این ذخائر می توانند اهمیت بالایی در جهت تامین انرژی با حداقل تولید آلودگی های زیست محیطی در آینده به شمار آیند. اگر مقدار $20 \times 10^{15} \text{ m}^3$ را که در بیشتر مطالعات موردی به آن اشاره شده است را به عنوان حجم نهایی این ذخائر تلقی کنیم، مقدار انرژی بدست آمده از این مقدار دو برابر مصرف تمامی سوخت های فسیلی موجود در سایر مخازن موجود در دنیا هستند.

هیدراتهای گازی همواره دارای پیچیدگی های خاصی از دیدگاه یک ذخیره مناسب برای تامین انرژی به شمار می رود. علاوه بر این در استحصال گاز از این منابع در بیشتر موارد مسائل ایمنی و مشکلات محیط زیستی حائز اهمیت هستند. روش های رایج حفاری در این ذخائر باعث ایجاد حرارت و در نتیجه تجزیه ساختار هیدرات می گردد. در نتیجه این فرایند سیال حفاری با محتوای گاز بالا ایجاد شده و باعث بروز مشکلاتی در کنترل و نگهداری چاه می گردد. علاوه بر این تجزیه هیدراتها باعث فرونشست سطح دریا می گردد. حفر یک چاه افقی در ساختارهای هیدراتی و در راستای تنش افقی حداقل معمولا به منظور تولید گاز از این ذخائر انجام می شود.

افزایش فشار گاز باعث ایجاد شکستگی در سنگ شده و ممکن است انسجام لایه های ناتراوای اطراف مخزن را به مخاطره بیناندازد و در نهایت بخشی از گاز تولیدی از دست برود. و یا همچنین گاز تولیدی با فشار بالا ممکن است به تاسیسات درون چاهی و ... خساراتی وارد کند.

در این تحقیق تلاش شده است تا با بررسی و مطالعه شرایط ناپایداری هیدرات های گازی بر اثر کاهش فشار یا افزایش حرارت بررسی شده و پیامدهای ژئومکانیکی ناشی از این فرایند ترمودینامیکی که اغلب در قالب تراکم سنگ مخزن، فرونشست زمین، ناپایداری شیب، رانش زمین، تخریب چاه ها و لوله های جداری و فعالیت مجدد گسل ها نمود پیدا می کنند مورد ارزیابی قرار گیرد.

2- پایداری ژئومکانیکی بلورهای هیدرات گازی در شرایط تولید گاز

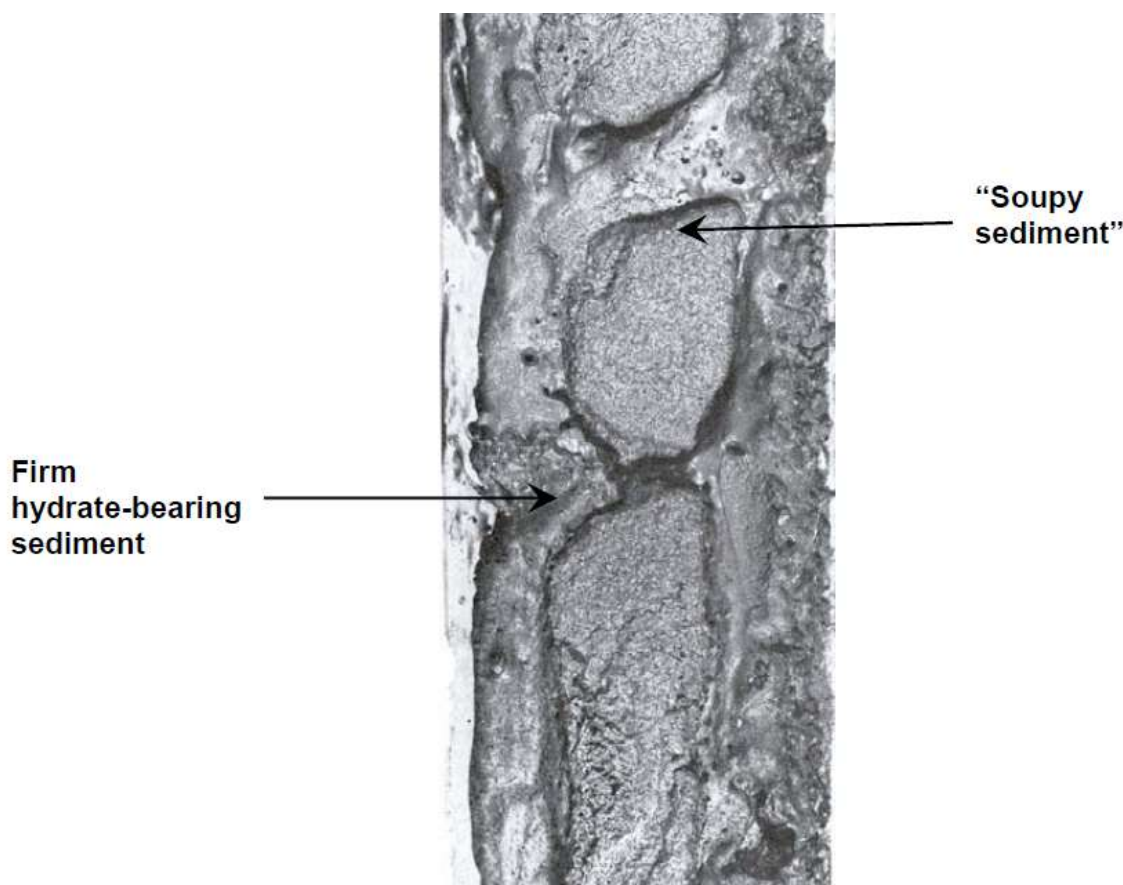
بهترین منابع هیدرات های گازی جهت استحصال گاز هیدرات هایی هستند که در رسوبات انسجام نیافته (unconsolidated) وجود دارند. از نقطه نظر ژئومکانیکی، هیدرات های گازی ممکن است در برخی نواحی مانند لایه های منجمد قطبی و در زیر بستر دریا نقش قابل توجهی در حفظ مقاومت سنگ ایفا نموده و در نتیجه استحکام کافی را به رسوبات در برگیرنده آن ایجاد نمایند. از این رو هیدرات های گازی پایداری بستر دریا را به طرق مختلف و با شدت های متفاوت بسته به میزان اشباع هیرات در سنگ تحت تاثیر قرار می دهند. اشکال متفاوت بلورهای هیدرات ممکن است نقش مهمی در پایداری ساختار رسوبات در برگیرنده داشته باشد. هیدرات های گازی معمولا در مقایسه با یخ 20 برابر از مقاومت بیشتری برخوردارند. لذا در شرایطی که مقاومت برشی بواسطه تجزیه هیدرات ها کاهش می یابد، نیروهای ثقیلی باعث افزایش پتانسیل

گسیختگی در بستر دریا و نهایتاً رانش زمین می گردد. بنابراین معمولاً از حفاری در رسوبات در بردارنده هیدرات های گازی با سیال با حرارت بالا اجتناب می گردد. چراکه حرارت در لوله های حفاری که از این رسوبات عبور کرده اند می تواند پایداری هیدراتها در در نواحی نزدیک به چاه تحت تاثیر قرار دهد.

2-1- ناپایداری شیب و رانش زمین در اثر استحصال گاز

تجمع هیدرات های گازی معمولاً نقش سیمانشدگی بین رسوبات انسجام نیافته را ایفا نموده و متعاقباً استحکام و پایداری بالایی را به کل سازند القا می کنند. با این وجود، در حالی که این نوع سیمان شدگی ممکن است در مقیاس میکروسکوپی قابل قبول باشد، هیدرات ها قادر به ایجاد ارتباط بین سطوح کانی ها ناسازگاری سطح هیدروژن آب و اتم های سایر ذرات نیستند.

بنابراین 4 تا 6 لایه از مولکول های آب با درجات مختلف ساختاری هیدراتها را از سطوح کانی ها جدا می کنند. این کانال های ایجاد شده در مقیاس نانو ممکن است تاثیر ناچیزی روی خواص سیمان شدگی داشته باشند لکن نقش مهمی در پایداری ترمودینامیکی هیدرات دارد. در شکل 1 همانطور که ملاحظه می شود، یک نمونه مغزه از رسوبات هیدراته دریایی مشاهده می شود که کاملاً در شرایط ایزوله قرار دارد. با تولید گاز از هیدرات های واقع در مرکز رسوبات انسجام یافته، رفتار سیال مانند هیدراتها منجر به اضمحلال تدریجی مقاومت کل نمونه بواسطه از بین رفتن سیمانشدگی بین ذرات شده است.



شکل 2: یک نمونه مغزه از رسوبات هیدراته دریایی [1]

مادامیکه این پایداری در ساختار هیدراتی وجود دارد، هیدرات گازی منسجم باقی می ماند. اما با تداوم رسوبگذاری و در نتیجه افزایش دما این شرایط تغییر خواهد کرد. با تجزیه هیدرات گازی آب و گاز تولید شده و در نتیجه فشار منفذی افزایش می یابد. این امر باعث تغییر رژیم تنش ها و در نتیجه القای شکستگی های ثانویه در سنگ شده که به نوبه خود می توانند مجاری برای نشت گاز محسوب شوند. آزادسازی گاز از ساختارهای هیدراتی باعث ایجاد عدم ثبات در این ساختارها و تشکیل لغزش لایه های بالای این سازندها گردد. رانش زمین در بستر دریا که در ادامه این فرایند اتفاق می افتد باعث ایجاد حجم عظیمی از آب دریا و در نتیجه ایجاد تسونامی گردد. رانش زمین در Storegga کشور نروژ حاصل پدیده فوق است که می تواند مثال خوبی برای این قضیه باشد. از دیگر معایب آزادسازی گاز از ساختارهای هیدراتی می توان به افزایش ناگهانی گازهای گلخانه ای و تاثیرات مخرب آن بر روی چاه ها و تاسیسات واقع در سطح زمین اشاره کرد.

3- روش های تولید گاز از مخازن هیدرات های گازی و تحلیل فرایندهای ژئومکانیکی ناشی از تولید گاز

اغلب مطالعات موردی انجام شده در زمینه هیدرات های گازی اشاره به دو روش مجزا برای تولید گاز از این ذخائر کرده اند. اولین روش بر اساس تجزیه هیدرات ها در اثر تغییر شرایط مخزن است که به طور کلی خود به روش های فشار زدایی، تحریک حرارتی و تزریق بازدارنده ها تقسیم می شوند.

فشارزدایی بهترین روش و تنها روش موفق تولیدی محسوب می شود. این روش تولیدی بر اساس تجزیه هیدرات های گازی با رساندن فشار مخزن به کمتر از فشار هیدراسیون و در دمای ثابت انجام می گیرد. با این وجود کاهش اشباع هیدرات در سازند منجر به کاهش فشار منفذی و در نتیجه افزایش تنش موثر قائم می گردد. این امر سبب می شود تا مخزن متراکم شده و رفتار برشی در امتداد لایه های دربردارنده آن افزایش یابد. این شرایط در نواحی نزدیک به چاه بواسطه تجزیه کامل هیدرات ها در این مناطق شدیدتر است.

بنابراین تغییر شکل های برشی از نواحی نزدیک به چاه شروع شده و تدریجا به سایر نقاط مخزن نیز گسترش می یابد. از سویی دیگر تراکم سنگ مخزن، تراوایی سازند را تحت تاثیر قرار داده و سازند را مستعد شرایط تولید ماسه می نماید. حرکت گاز تولیدی در سازند باعث تغییر گرادیان حرارتی و ذوب محلی هیدرات ها می گردد. از طرفی تولید گاز منجر به کاهش فشار و خنک شدگی مضاعف آن شده و در نتیجه انجماد مجدد هیدرات ها در نواحی نزدیک به چاه اتفاق می افتد. تزریق متانول برای ذوب هیدرات هایی که مجددا متبلور شده اند به عنوان یک راهکار اساسی برای حل این مشکل است و این در حالی است که ذوب و انجماد مجدد هیدرات های گازی پایداری ژئومکانیکی این ذرات را به شدت تقلیل می دهد.

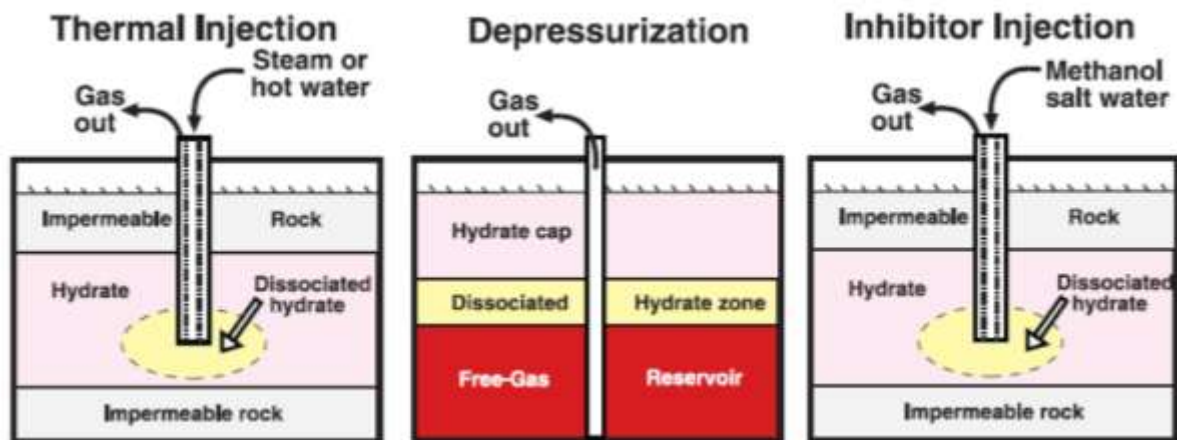
دومین گروه تولیدی از هیدرات ها بر اساس تزریق یک گاز خارجی است به گونه ای که بتواند از لحاظ ترمودینامیکی منجر به افزایش پایداری ساختار هیدراتی شود. نتایج بدست آمده از تست های آزمایشگاهی نشان دادند که با جایگزینی گاز CO₂ به جای CH₄ در هیدرات یک تبادل مولکولی مناسب در ساختار هیدرات اتفاق می افتد به گونه ای که پایداری ترمودینامیکی هیدرات حفظ شده و در برخی موارد بسته به شرایط تبادل گازها حتی بیشتر هم شود. هیدرات گازی تشکیل شده از گاز CO₂ اگرچه نمی تواند همانند هیدرات های گازی متانی باعث کاهش مقاومت مکانیکی سنگ شوند، با این وجود همچنان نسبت به ذرات یخ طبیعی مقاوم تر بوده و قادر به حفظ شرایط پایداری در فشارهای پایین و همچنین در دماهای کمتر از 10 درجه سلسیوس هستند.

3-1- مطالعات آزمایشگاهی و شبیه‌سازی هیدرات‌های گازی و تاثیر آنها بر پایداری ژئومکانیکی سنگ

هیدرات‌های گازی عمدتاً در رسوبات انسجام نیافته جایگه مقاومت محیط متخلخل به تنهایی پایین است یافت می‌شوند. وجود هیدرات‌های گازی تاثیر مستقیمی بر پایداری ژئومکانیکی این رسوبات دارد. اما میزان این پایداری بسته به درجه اشباع هیدرات، الگوی رشد هیدرات و مینرالوژی رسوبات دارد. هلگراد چهار الگوی رشد متفاوت را برای هیدرات‌های گازی ارائه کرده است:

- هیدراتهایی که ترجیحاً در سطوح تماس دانه‌ای به عنوان سیمان‌شدگی با مقادیر کم مطرح هستند.
 - هیدرات‌هایی که سطح دانه‌ها را به صورت غیر یکنواخت پوشانده و به شکل قابل توجهی باعث سیمانی شدن ذرات زمانیکه حجم هیدرات‌ها افزایش میابد می‌گردند.
 - رشد هیدرات‌ها درون فضاهای منفذی که به صورت جزئی باعث استحکام ماتریکس سنگ می‌شوند.
 - و نهایتاً هیدرات‌هایی که بدون هیچ اندرکنش قابل ملاحظه‌ای با ساختار سنگ رشد می‌یابند.
- تحقیقات اندکی بر روی خصوصیات مکانیکی لایه‌های در بردارنده هیدرات‌های گازی انجام شده است. اختلاف موجود در مقدار مقاومت مکانیکی این لایه‌ها منوط به الگوی رشد هیدرات‌هاست. این یکی از اساسی‌ترین موضوعاتی است که نیاز به تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی گسترده‌ای دارد.
- اگر هیدرات‌های گازی باعث سیمان‌شدگی بین سطوح ذرات گردد، اهمیت ژئومکانیک در اشباع‌های پایین به مراتب از هیدرات‌هایی که ندرتاً در فضای منفذی رشد می‌یابند بیشتر است. آزمایشات متعددی برای تعیین فضای رشد هیدرات انجام شده است. هیدرات‌های گازی و یخ خصوصیات مشابهی و شرایط رشد آنها در محیط متخلخل تقریباً یکسان است. حضور لایه‌های آب بین سطح یخ و دیواره فضاهای منفذی معمولاً به عنوان فاز ترشونده در حضور یک سیستم گازی-آبی مطرح می‌شود. هیدرات‌های گازی در محیط آبدوست معمولاً در وسط محیط متخلخل متبلور شده چراکه نیروهای موینگی مانع از رشد هیدراتها در فضاهای محدودتر اطراف دیواره‌ها می‌شوند. بنابراین هیدرات‌ها تمایل دارند در فضاهای بزرگتر به علت کوچکی نیروهای موینگی در آن مکان‌ها رشد پیدا کنند.

مشکلات ژئومکانیکی بوجود آمده در استحصال گاز از لایه‌های هیدرات‌گازی مانند ناپایداری چاه‌ها و مچاله‌شدگی لوله‌های جداری، همواره نگرانی‌های جدی را برای مهندسين مربوطه ایجاد نموده است. لذا مطالعه دقیق این فرایندها و اتخاذ تدابیر لازم قبل از استحصال گاز از این منابع بسیار ضروری می‌باشد. روش‌های تولیدی متعددی مانند فشارزدایی، تحریک حرارتی و تزریق بازدارنده‌ها (inhibitor) برای استخراج گاز از سازندهای حاوی هیدرات‌گازی وجود دارد (شکل 2). با این وجود، رسوبات با پتانسیل بالای تولیدی بیشتر اوقات از استحکام مکانیکی پایینی برخوردار بوده و معمولاً مقاومت برشی کمی دارند. تجزیه هیدراتها (یک عامل سیمان‌شدگی مستحکم در سنگ) در طی تولید گاز منجر به اضمحلال ساختار رسوبات هیدراتی شده و با انبساط زون گازی بارها و نیروهای فشاری که توسط هیدراتها تحمل می‌شدند به رسوبات منتقل شده و در نتیجه در اثر تراکم سنگ مخزن، سطح زمین یا بستر دریا به شکل فاجعه آمیزی دچار فرونشست (subsidence) می‌گردد.

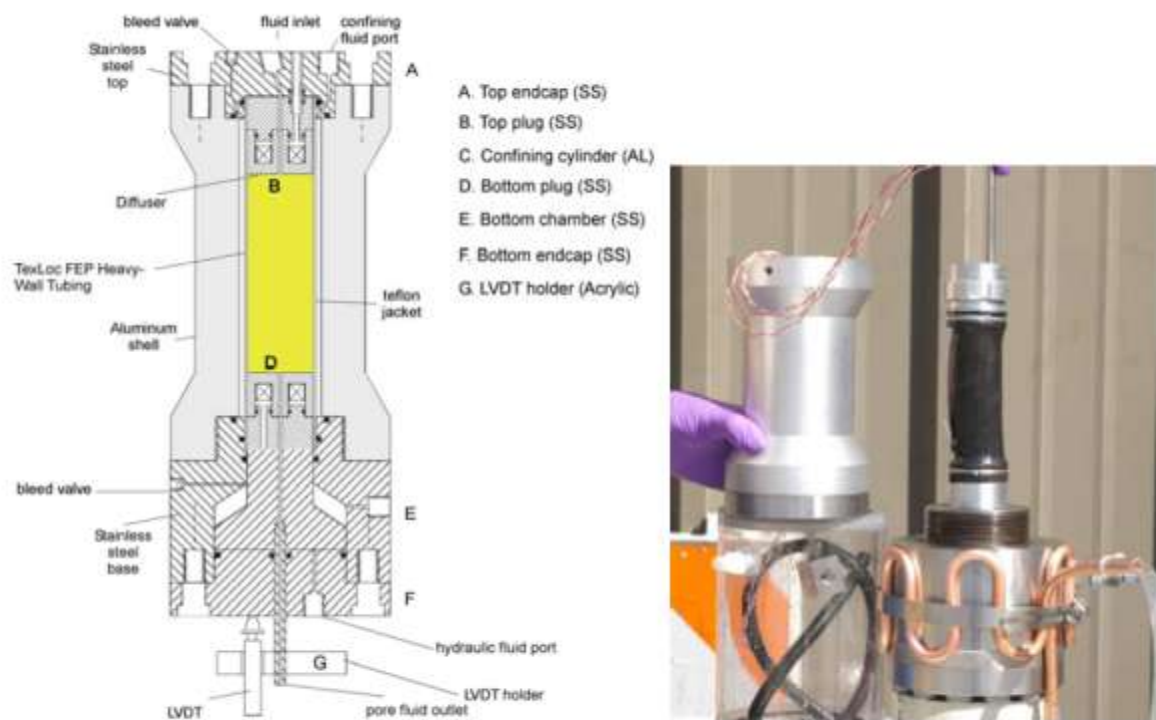


شکل 2: روش های مختلف تولید گاز از ذخائر هیدرات های گازی [1]

بیشترین مشکل ایجاد شده در نواحی نزدیک چاه جاییکه بیشترین تغییرات دما و فشار در آن نقاط است اتفاق می افتد. تغییرات فشار و دما در این نواحی باعث ایجاد تغییرات در میدان های تنش و کرنش شده و نهایتا منجر به ناپایداری چاه خواهد شد.

همچنین با تغییر خصوصیات سیالات مخزنی و در نتیجه جریان سیال، پتانسیل تولید همزمان ذرات جامد سنگ افزایش می یابد. این امر باعث فرسایش لوله های تولیدی و کاهش راندمان تولید می گردد.

ابینما و همکارانش توانستند در آزمایشگاه خصوصیات ژئومکانیکی هیدرات های گازی را توسط آزمایشات سه محوره بدست آورند. آنها دریافتند که مقاومت مکانیکی رسوبات نسبت مستقیمی با نوع سیال منفذی، و درجه اشباع هیدرات گازی در سنگ دارد. از دو روش مختلف در طی تشکیل هیدرات استفاده شد و طی هر دو آزمایش مقادیر متفاوتی برای تنش های انحرافی بدست آمد. در یکی از مدل ها هیدرات های گازی باعث سیمانی شدن رسوبات شده و در مدل دیگر تنها فضاهای منفذی ماتریکس سنگ را اشغال کرده بود. نتایج آزمایشگاهی به خوبی نشان می دهند که مقاومت مکانیکی نمونه ها در مدل اول به مراتب بالاتر از دومین مدل است.



شکل 3: نمایی شماتیک از سلول سه محوره مخصوص اندازه گیری خصوصیات مکانیک سنگی مغزه های بدست آمده از رسوبات هیدرات های گازی [2]

4- تاثیر تجزیه هیدراتها بر روی پایداری خطوط لوله در بستر دریا

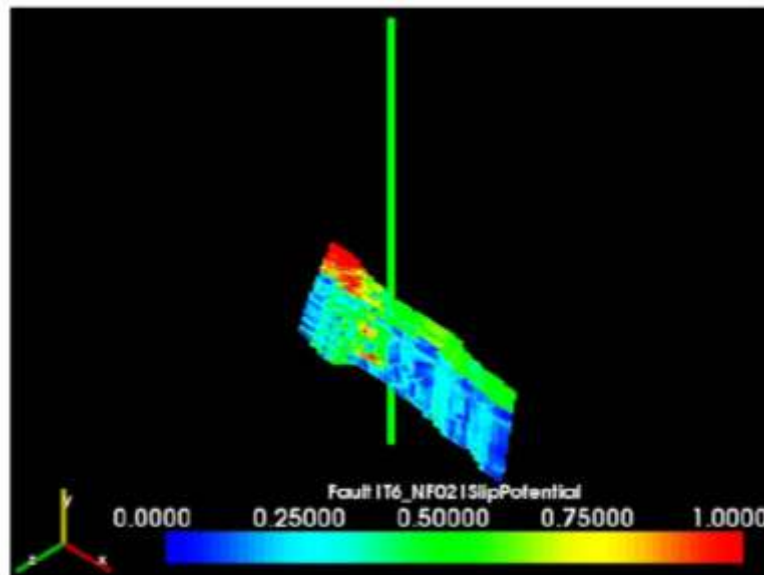
همانطور که در بخش های قبل نیز اشاره شد در زمان استحصال گاز از مخازن هیدراتی، آزادسازی گاز متان باعث تضعیف استحکام رسوبات شده و از طرفی انتشار گاز در محیط متخلخل باعث افزایش فشار منفذی و کاهش تنش موثر می شود. این فرآیندها باعث کاهش مقاومت برشی سنگ شده و با خروج گاز تراکم سنگ مخزن باعث افزایش تغییرشکل های برشی در سازندهای اطراف مخزن می گردد. با ایجاد گسیختگی در این لایه ها خطوط لوله تعبیه شده در بستر دریا و یا در مقیاس بزرگتر خطوط لوله قائم که نقش انتقال گاز به سطح دریا را به عهده دارند دستخوش تغییر شکل ها و کرنش های برشی و کششی قرار خواهند گرفت. این فرایند در نهایت موجب به مخاطره افتادن تاسیسات سطحی و زیرسطحی انتقال دهنده گاز می شود.

5- ارزیابی پتانسیل لغزش گسل ها در اثر تولید

تولید از مخازن هیدرات های گازی باعث فشردگی و تراکم سنگ مخزن به ویژه در رسوبات استحکام نیافته می شود. با کاهش فشار منفذی تنش های نرمال و برشی که به ترتیب عمود و در امتداد صفحه گسل هستند دستخوش تغییراتی شده و بسته به نوع تغییرات رژیم حاکم بر میدان گسل های جدیدی به صورت امتداد لغز، معکوس و یا نرمال در سطوح ضعف لایه ها تشکیل شود. از طرفی در شرایطی که گسل های غیر فعال فصل مشترکی با مخزن در حال تولید داشته باشند، تغییرات تنش باعث فعال سازی مجدد گسل های موجود در منطقه در حین تولید خواهد شد.

این امر باعث بوجود آمدن خسارات سنگینی به چاه های تولیدی (ناپایداری و مچاله شوندگی) و تاسیسات دریایی شده و از طرفی مسیرهای جدیدی را برای نشست گاز فراهم می کند. مطالعات عددی کوپل ژئومکانیک و جریان سیال بهترین راهکار

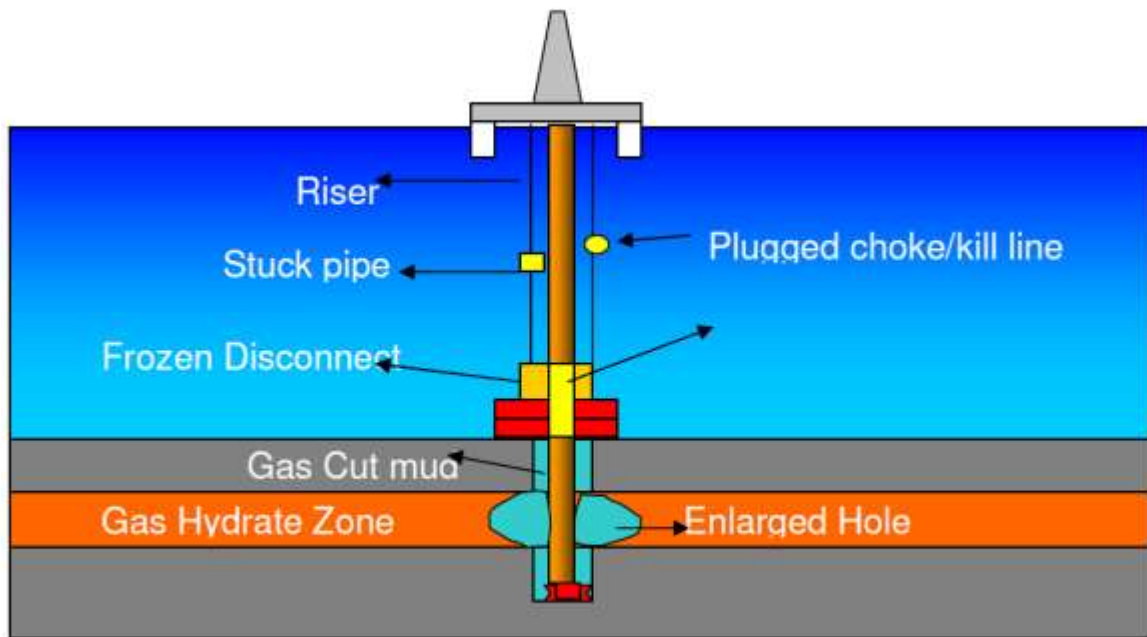
جهت ارزیابی پتانسیل لغزش این نوع از گسل ها به شمار می رود. همانطور که در شکل مشاهده می شود، با استفاده از تحلیل های عددی می توان شرایط تنش های برشی و در نتیجه پتانسیل لغزش گل را در زمان های مختلف تولید و در تمامی سطح گسل بدست آورد.



شکل 4: تحلیل عددی از پتانسیل لغزش گسل در اثر تولید گاز [3]

6- حفاری در رسوبات حاوی هیدرات های گازی

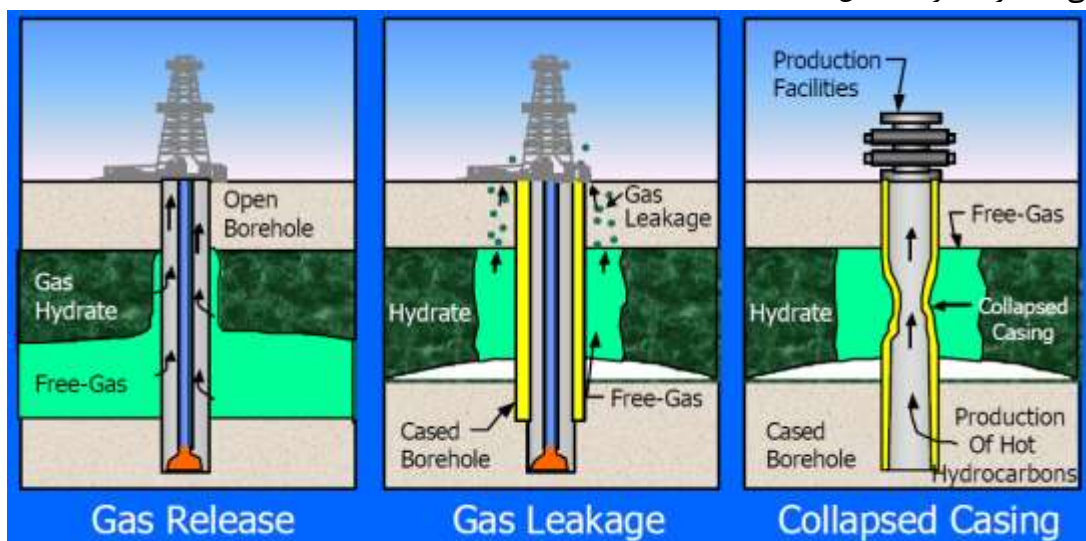
عملیات حفاری و تولید در هیدرات های گازی همواره یکی از پر مخاطره ترین کارهای انجام شده در مهندسی نفت به شمار می رود. این مخاطرات را می توان به طور کلی در پدیده هایی مانند آزادسازی کنترل نشده گاز در طی حفاری و حفظ انسجام چاه در حین تولید ارزیابی نمود. برای هیدرات های گازی واقع در خشکی حفاری معمولاً با سیال تحت فشار و دمایی کمتر از 32 درجه فارنهایت انجام می گیرد. عملیات سیمانکاری نیز با استفاده از سیمانهای با درجه پایین هیدراسیون در پشت لوله های جداری انجام می پذیرد. تجارب گذشته نشان می دهد که تولید مستقیم و طولانی مدت تا کنون از ذخائر هیدراتی صورت نگرفته است. در محیط های دریایی از حفاری مستقیم در لایه های هیدراتی اجتناب می گردد. روش های حفاری Riserless به دلیل ایجاد خنک کنندگی حداکثر و جلوگیری از نشت گاز به سطح زمین جز تکنیک های مناسب جهت حفاری هیدرات های گازی به شمار می روند. چاه های تولیدی حفاری شده در لایه های هیدراتی واقع در خشکی و دریا همواره با چالش های متعددی در فاز طراحی چاه مواجه هستند (شکل 5). فرونشست سطح زمین، کاهش مقاومت مکانیکی تشکیلات هیدراتی ناشی از تولید در طول مسیر چاه و ایجاد فشار خارجی بالا در فضای چاه از جمله مسائلی است که می بایست در فاز طراحی مد نظر قرار گیرند (Freij-Ayoub et al., 2007)



شکل 5: مشکلات ایجاد شده ناشی از حفاری در رسوبات هیدرات های گازی [4]

تولید گاز از هیدرات ها باعث کاهش فشار منفذی و در نتیجه افزایش تنش موثر قائم وارده بر رسوبات هیدراتی می شود. تراکم سنگ مخزن ناشی از این افزایش تنش زمانی که بیشتر از 5 درصد شود می تواند نشانه ای برای مچاله شوندگی لوله جداری گردد. برش در لوله های جداری پدیده ای غالب در بیشتر میدین هیدرات گازی است که عمدتاً در روباره مخزن و صدها فوت بالاتر از مخزن اتفاق می افتد (شکل 6).

علاوه بر این فرونشست مخزن ناشی از تولید باعث ایجاد گسیختگی های کششی در لوله جداری در نواحی بالای مخزن می گردد. از این رو در برنامه های طراحی چاه های تولیدی همواره می بایست مبالغ قابل توجهی را به منظور جلوگیری از پدیده هایی مخاطره انگیز اختصاص داد.



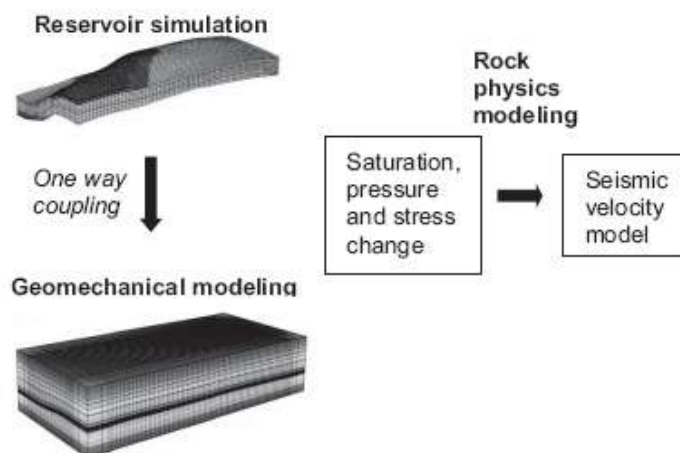
شکل 6: نشت گاز و مچاله شوندگی لوله های جداری ناشی از تولید گاز از هیدرات های گازی [6]

7- شبیه سازی رفتار ترموهیدرومکانیکی هیدرات های گازی

تاکنون هیچ رابطه کمی که توصیف کننده رفتار ژئومکانیکی و کارایی ساختار هیدرات های گازی به عنوان تابعی از اشباع فازی در محیط متخلخل است ارائه نشده است. همچنین هیچ رابطه پیش بینی کننده ای که قادر به ایجاد یک رابطه بین رفتار فازی و ترمودینامیکی هیدراتها به تغییر شکل های مکانیکی محیط متخلخل، فرونشست، تراکم سنگ مخزن و ایجاد شکستگی های ثانویه باشد وجود ندارد. علاوه بر این، بدلیل عدم وجود داده های کافی، برون یابی و تخصیص رفتار رسوبات حاوی یخ به هیدرات های گازی کاری بسیار دشوار و در خیلی از موارد توصیه نمی شود. از این رو شبیه سازی عددی مخازن هیدرات های گازی توسط روش های کوپل ژئومکانیک-مخزن جایگزین مناسب جهت تحلیل رفتار مکانیکی سازندهای دربردارنده هیدرات هاست. مطالعات گسترده ای جهت تحلیل ژئومکانیکی مخازن هیدرات های گازی انجام شده است که در این میان شبیه سازی کوپل ژئومکانیک مخزن راهکار اساسی جهت آنالیز و ارزیابی رفتار مکانیکی مخزن در حال تولید است (Moridis et al., 2008).

کوپل جریان سیال و تغییر شکل های ساختاری مخزن نقش بسیار مهمی در اکتشاف، مدیریت و پایداری چاه های مخزن دارد. تلاش های قابل توجهی برای درک و تئوریزه کردن فرآیند کوپل انجام شده است. ترزاقی (1925) جز پیش گامان تحقیق در این عرصه بود که توانست یک روش آزمایشگاهی را برای بررسی این پدیده در خاک ها ارائه دهد. بعد از او بایوت (1941) معادلات موازنه انرژی را بر اساس مدل های تئوری پوروالاستیسیته تعمیم داد. در طی سال های اخیر نیاز به اجرای شبیه سازی های کوپل شده در مخزن به دلیل تحلیل رفتار ژئومکانیکی هیدرات های گازی بیش از پیش به چشم می خورد. استفاده از ژئومکانیک در کنار شبیه سازی های جریان سیال در مخزن و تلفیق آنها با مدل های فیزیک سنگ برای مدیریت مخازن انسجام نیافته، مخازن با درجه تخلخل بالا، مخازن حساس به تنش ضروری به نظر می رسد. مدلسازی ژئومکانیکی شرایط تنش برجا بینش دقیقی از کاهش فشار منفذی، اثرات تنش - کرنش بر روی پاسخ امواج لرزه ای زمانگذر، ناپایداری چاه ها، طراحی شکست هیدرولیکی و ... را در اختیار قرار می دهد.

شکل 1 فلوچارت اساسی مراحل انجام کار طی این مطالعه را نشان می دهد. در سمت چپ این شکل، شبیه ساز مخزن با یک مدل ژئومکانیکی کوپل شده و نتایج حاصل از مدلسازی کوپل وارد مدل فیزیک سنگ می شود. در مرحله بعد مدل سرعت لرزه ای از خروجی مدل فیزیک سنگ ساخته شده و نتایج با داده های زمانگذر لرزه ای مقایسه می شود. این عمل باعث اعتبارسنجی مدل کوپل و افزایش قابلیت پیش بینی آن در زمان های مختلف از عمر یک مخزن می گردد.



شکل 7: فلوچارت روش کوپل ترموهیدرومکانیکی جزئی [9]

مراجع

- [1] Pooladi-Darvish, M.: "Gas Production from Hydrate Reservoirs and Its Modeling," SPE paper 86827, Distinguished Author Series, June 2004
- [2] Dalmazzone, B., Herzhaft, B., Rousseau, L. and Le Parlouer, P.: "Prediction of Gas Hydrate Formation with DSC Technique," SPE paper 84315 presented at the SPE ATCE, Denver, Colorado, 5-8 October.
- [3] Sinquin, A., Palermo, T. and Peysson, Y.: "Rheological and Flow Properties of Gas Hydrate Suspensions," Oil and Gas Science and Technology Journal, (2004) 57-41 : (1) 59
- [4] Max, M.D. and Dillion W.P., Natural Gas Hydrates in Oceanic and Permafrost Environments, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2000.
- [5] Colett, T.S., "Natural Gas Hydrates: Resource of the Twenty-First Century," US Geological Survey, Denver Colorado, AAPG Memoir 74, pp 85-108.
- [6] Edmonds, B., Pickering, P.F., Moorwood, R.A.S., Szczepanski, R. and Watson, M.J.: "Evaluating New Chemicals and Alternatives for Mitigating Hydrates in Oil and Gas Production," IIR Conference, Aberdeen, September 2001.
- [8] Thomas, C.P.: "Methane Hydrates: Major Energy Source for the Future or Wishful Thinking?," SPE paper 71452 presented at the 2001 SPE Annual Technical Conference and Exhibition New Orleans, Louisiana, 30 September -3
- [8] Freij-Ayoub, R., C. Tan, B. Clennell, Tohidi, B. and J.Yang, 2007a. A wellbore stability model for hydrate bearing sediments. Journal of Petroleum Science and Engineering, V57 No 1-2 p 209-220.