

HALLIBURTON

地熱掘削監督養成講座

セメンチングについて

令和6年2月

ハリバートン・オーバーシーズ・リミテッド

遠藤 聡

Agenda

日時 令和6年2月

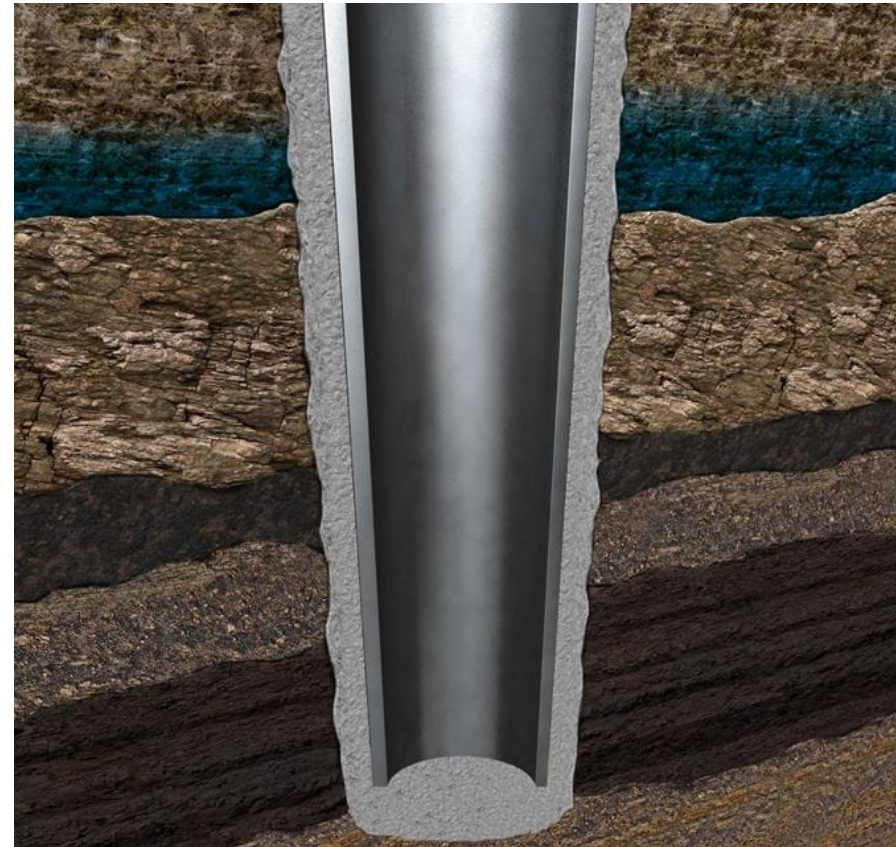
掘削監督者養成講座 セメンチング

- 1 セメンチングの目的
 - 2 地熱井セメンチングの難しさ
 - 3 特にコンダクターケーシングで考慮する点
 - 4 ケーシングセメンチングの手法
 - 5 プラグバックセメンチングの難しさ
 - 6 新しい試み
-

セメンチングの目的

セメンチングの目的

- 地層間の導通防止
- ケーシングのサポート
- 逸水区間からの隔離
- 不必要な層からの生産防止
- ケーシングの腐食防止



- ベストは、ZERO Free water、適切な圧縮強度を持ったセメントを100%置換する

セメンチングの目的

- ZERO Free water : セメントデザインの考慮が必要
 - 比重 温度 圧縮強度
- 置換効率を上げる-CAMPS
 - シミュレーションによる置換効率計算
 - > **Centralization**: スタンドオフ計算によりセントラライザーの位置設定によるケーシングの位置の最適化
 - > **Annular Fluid Velocity**: ポンプレートの最適化
 - > **Mud Properties** : 泥水特性
 - > **Pipe Movement**: 管動を行い 流速に変化を与える
 - > **Spacers and Flushes**: スペーサーの使用 セメントと泥水のコンタミネーション防止、置換効率を上げる
- これらの作業を行える機材及び立地条件

地熱セメンチングの難しさ

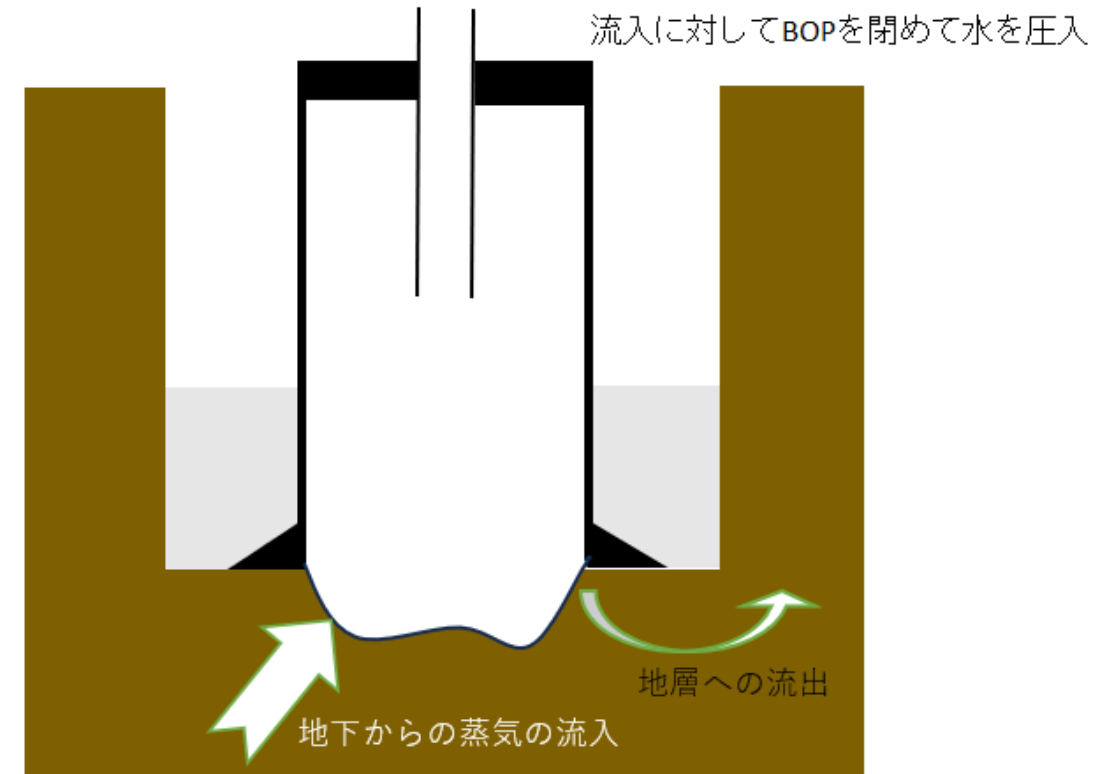
地熱セメンチングの難しさ

- 地域による特性
 - One Size Fits Allのソリューションがないため、井戸の条件に適したバリアを選択することが非常に重要です。
 - 温度勾配
 - 逸泥
 - 弱い地層
 - ガスや水層
- 噴気後の温度上昇による2重管部の圧潰、座屈
- 限られた立地条件

特にコンダクターケーシングで考慮する点

地熱セメンチングの難しさ（コンダクターケーシング）

- コンダクターケーシング
 - セメントコラムは、どのくらい必要？
 - セメントはどのくらいの強度が必要？
 - シュー尻のセメントに関してどう評価？



地熱セメンチングの難しさ（コンダクターケーシング）

■ セメントコラム長

- フルホールセメンチングが理想
- ケーシングの重量は、セメントを介して地層に預ける
 - > 密着区間が少ないと温度変化によるケーシングとセメントの間の剥離
 - > セントライジングがしっかり行われないとセメントのチャネリングが起きる
 - > セメントとケーシングとのシェアボンドに影響する。

地熱セメンチングの難しさ（コンダクターケーシング）

- セメントの強度
 - ケーシングのスラックオフに100psi
 - 掘削開始の目安として500psi
- 地表サンプルがしっかりと固体化している状況と理解してください。

地熱セメンチングの難しさ（コンダクターケーシング）

- シュー尻のセメントに関してどう評価？
 - 予想地層圧と坑内圧力のバランス
 - > ほとんどの地熱で噴気が始まるのは、逸泥が起きて水頭圧が下がった時
 - 坑内圧力 < 地層圧
 - > 噴気を止めるには、坑底までDPを降下してのポンピングが有効。
 - BOPなどがない場合、危険作業
 - > BOPがある場合、閉塞して、注水するのが有効
 - シューボンドテスト、リークオフテストをケーシングセメンチング後に行い、必要であればセメントスクイズし、緊急時に圧力コントロールしながら対応できるようにしておく
- 特に100°Cを超える地層温度がある場合は、逸泥が始まり、水頭圧が下がった場合、地層水が蒸気化して噴出しやすくなるので早期のサーフェスケーシングを設置し次の層への掘削をするべき

ケーシングセメンチングの手法

ケーシングセメンチングの手法

- サーフエスケーシング
 - 2-プラグセメンチング（二栓式）
 - インナーストリングセメンチング
- プロダクションケーシング
 - ライナー
 - ライナー、タイバック
 - 2-プラグセメンチング
 - 2ステージセメンチング

ケーシングセメンチングの手法

■ インナーストリング式

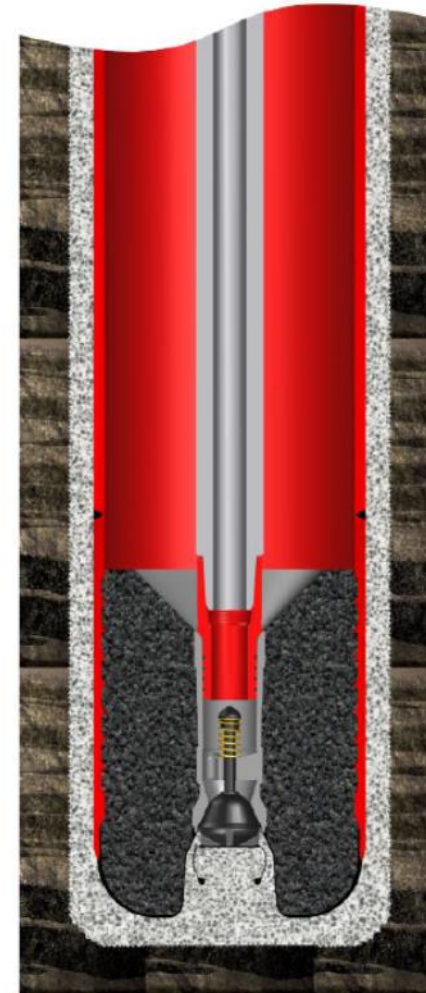
- フロートカラーやシューにインナーストリングアダプターを差し込んでセメントを挿入する

> 長所 :

- セメントスラリー量の調整可能 逸泥が予想される現場では、状況に応じてセメントスラリー量を作業中に増やすことも可能

> 短所 :

- セメントスラリーの作液スピードでポンプレートが決まり、置換効率が低い



ケーシングセメンチングの手法

- 地表までセメントの回帰がない場合
 - トップアップセメンチングを行う — 浅層との遮断、坑口装置、噴出防止装置のベースとしてしっかりしたセメントでサポート
 - > 各地域によって行い方は異なるが、
 - 良いセメントリターンが回帰した時のみ、セメントトップの降下に合わせてセメントスラリーを送入
 - WOC後にトップアップセメンチングを行う
 - 圧潰のリスクがある場合は、玉砂利等での対応

インナーstroリングと2栓式

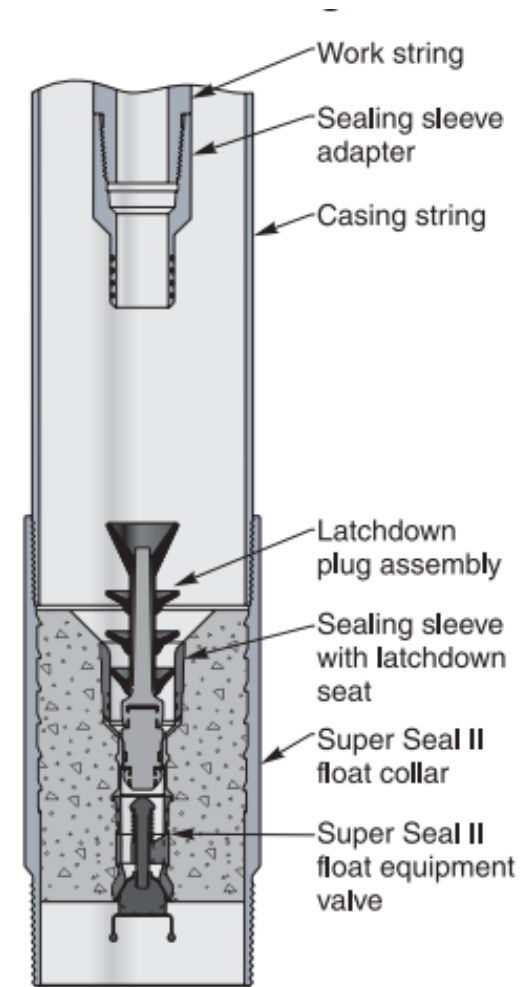
- インナーstroリングと2栓式をどう使い分けたほうが良いのか？
 - 絶対的なルールはありません
 - 長所、短所を理解して使用する

インナーストリングと2栓式

- インナーストリングセメンチングはコスト削減の可能性に加え、以下のアドバンテージがあります。
 - 大口径のセメンチングプラグ及びプラグコンテナーが必要ない
 - インナーストリングを通して送入することによりケーシング管内でのセメントのコンタミネーションを減らすことが出来る
 - セメンチング作業時間を短縮することができるため、シックニングタイムを短くしてセメントの硬化時間を短縮することが出来る
 - ケーシング管内のセメント量を最小限にすることができるため、浚渫時間を短縮出来る。

インナーストリングと2栓式

- ラッチダウンプラグとは、
 - インナーストリング内を通過するプラグ
 - シーリングスリーブにラッチダウンシート付のシートにラッチし、抜けない
 - DPに接続するセメンチングヘッドが必要になる

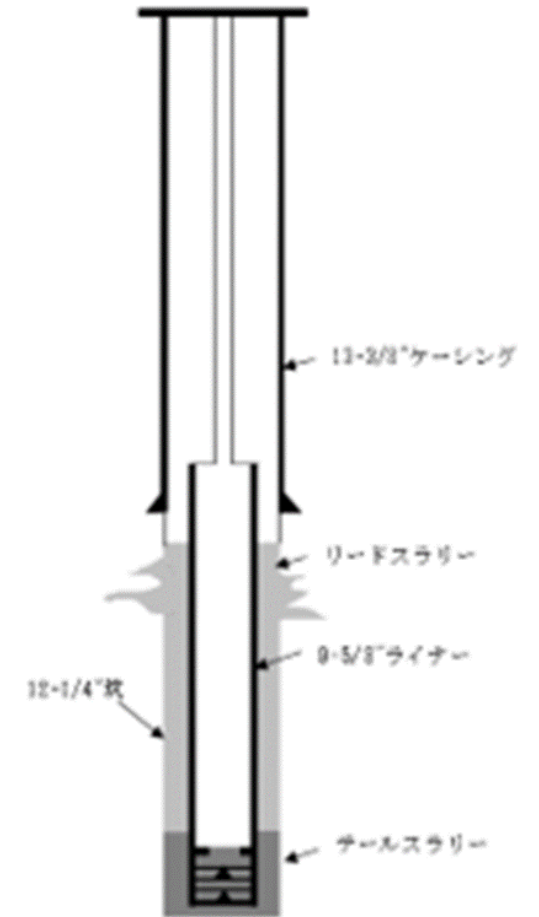


ケーシングセメンチングの手法

- プロダクションケーシングのセメンチング手法
 - 9 5/8” ライナー 仕上げ
 - 9 5/8” ライナー、タイバック仕上げ
 - 9 5/8” ケーシング 仕上げ
 - > 2 プラグセメンチング
 - > 2 ステージセメンチング

プロダクションケーシングのセメンチング手法

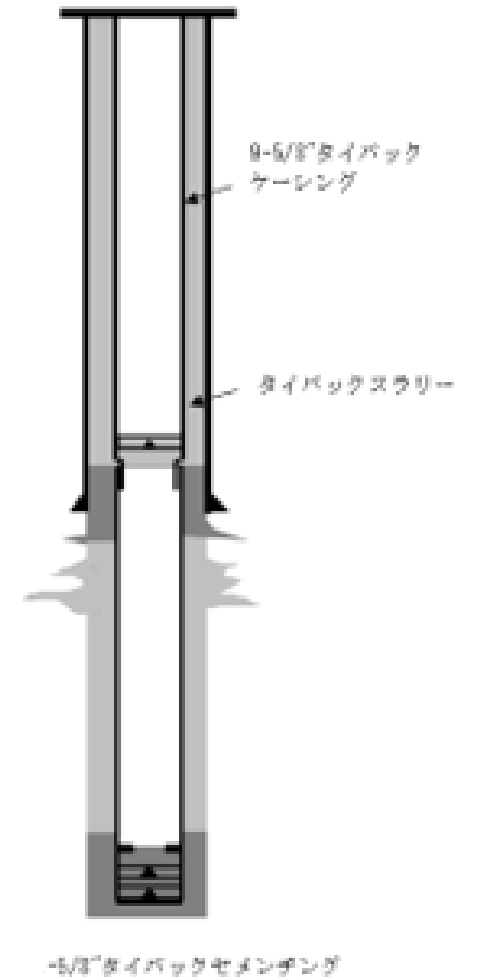
- ライナー 仕上げ
- 13 3/8”に9 5/8” ライナーをセットしてセメンチング作業を行う。
 - 長所：
 - > 13 3/8” ケーシングがプロダクションケーシングになる場合、蒸気量を増やせる
 - > 水頭圧を減らせるので逸泥の可能性を減らせる
 - 短所：
 - > 生産時に13 3/8”ケーシングのダメージの影響を受けやすい
 - > ライナー作業時、2プラグを使用しての作業が難しく、セメントと泥水のコンタミが起きやすい



1. 9-5/8”ライナーセメンチング

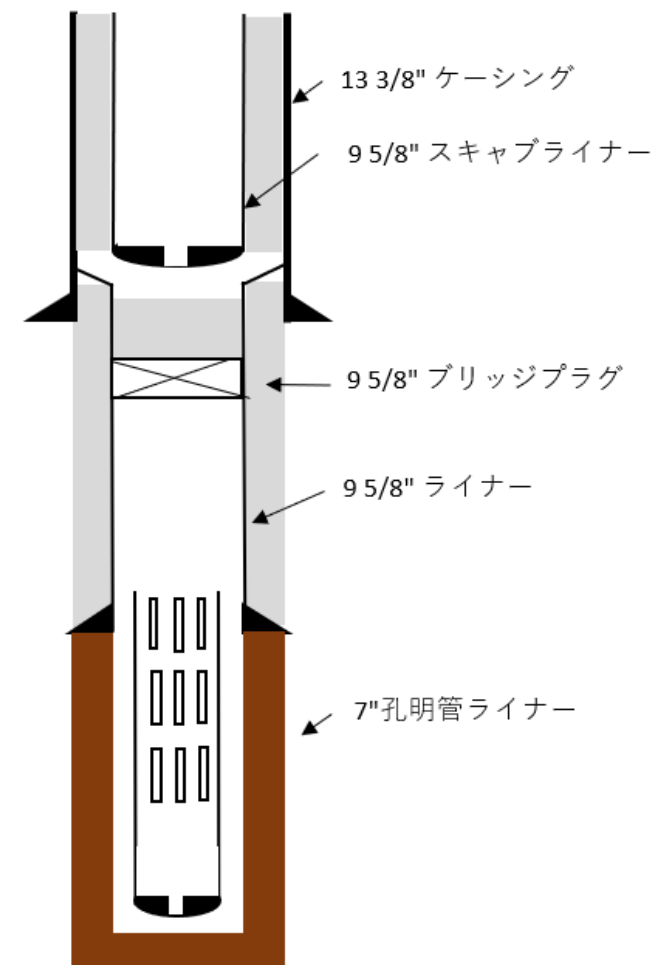
プロダクションケーシングのセメンチング手法

- ライナー、タイバック
- ライナーセメンチングを行った後 タイバックを行う
 - 長所：
 - > サーフェスキューシングの影響を排除できる
 - > 逸泥を考慮しなくて良い
 - 短所：
 - > ライナーラップの健全性確保
 - > ライナーセメンチング時のセメントトップをどうするか
 - > セメントが立ち上がらなかったときのスクイズの行い方



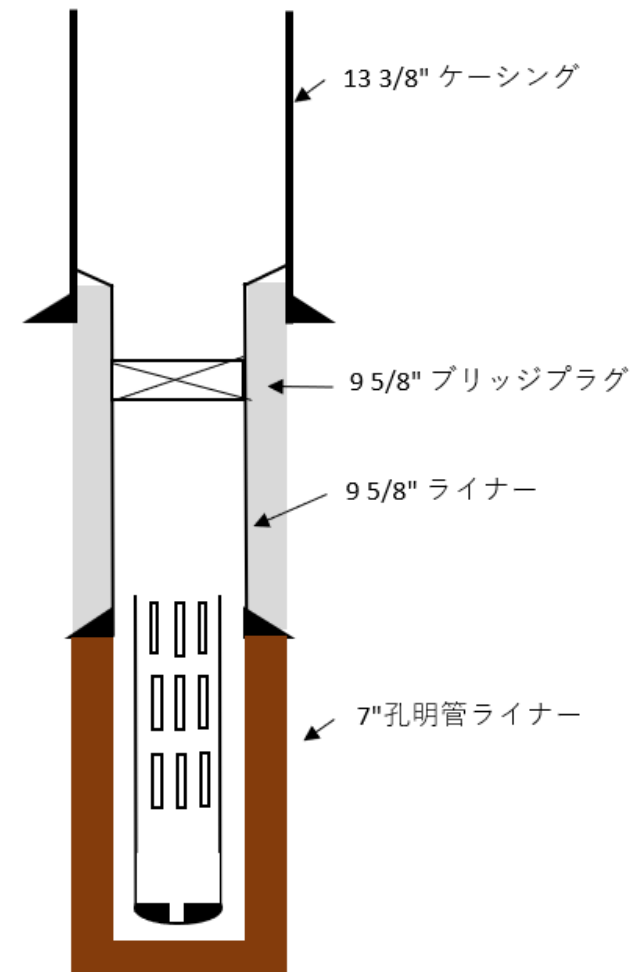
プロダクションケーシングのセメンチング手法

- ライナーで仕上げて、生産。
- 後にタイバックまたは、スキャブライナーで9 5/8"を挿入
 - 長所
 - > タイバックを入れるまで大口径での生産可能
 - 短所
 - > 坑内に一部段差が起きる
 - > タイバック前に坑内の閉塞作業が必要



プロダクションケーシングのセメンチング手法

- 蒸気の生産を行ってからのスキャブライナーを挿入するにあたりブリッジプラグにより、井戸の一時閉塞を行う
 - 注意点
 - > ブリッジプラグ掘削時の掘くず



プロダクションケーシングのセメンチング手法

- Fas Drill Bridge plug
 - コンポジット材料で製作
 - ドリルアウトが容易
 - 最低限の金属部分
 - メカニカルセット（ドリルパイプ）でセット可能
 - > ワイヤーラインセットと違い、火薬が不要

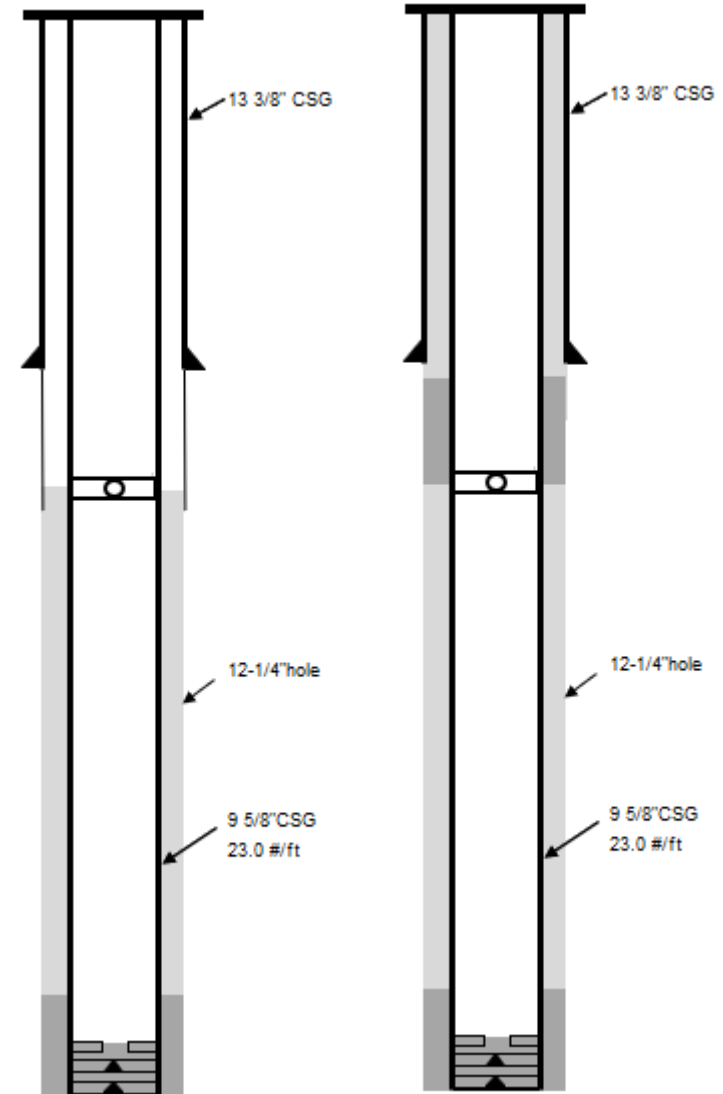


HAL122851

HALLIBURTON

プロダクションケーシングのセメンチング手法

- 2ステージセメンチング
- セメンチングを2段階に分けて行う
 - 長所：
 - > セメンチングを多段階に分けて行うことができ、地層への水頭圧を下げることができる
 - 短所：
 - > 作業中の逸泥に対応するのは難しい



ライナー、 タイバックとステージセメンチングの使い分け

- ライナー、 タイバックとステージセメンチングの使い分け
- 地域特性によって使い分けが変わります。
- 13 3/8”ケーシングをプロダクションケーシングにする場合はライナー仕上げが多い
- ライナーの納期が現在長期化しています。そのような場合、ステージツールで対応する現場もあります。
- エア掘りで掘削を行った場合、水頭圧を減らせるライナー仕上げが有効でもあります。

ライナー、 タイバックとステージセメンチングの使い分け

■ 2-ステージセメンチング

- セメンチング作業中に逸泥する可能性が少ない場合
- 長所:
 - > ステージセメンターの位置を任意に変更できるため、直前での変更にも対応可能
 - > ケーシング機器の費用を抑えることができる
 - > 海外からエンジニアを招集する必要がない
- 短所:
 - > 逸泥がある場合は、LCMの制限もあり対応が難しい
 - > ステージセメンターが開放しない、閉塞しない等のリスクがある

ライナー、タイバックとステージセメンチングの使い分け

■ ライナータイバック

- セメンチング作業中に逸泥する可能性が高い場合
- 長所:
 - > 逸泥がある場合は、ライナートップスクイズを行い、ライナートップの耐圧を確認してからタイバック作業を行うことで、確実に地表までセメントを立ち上げる事ができる
- 短所:
 - > ケーシング機器の費用が高くなる
 - > 海外からエンジニアを招集する必要がある
 - > ライナーラップに中途半端にセメントが立ち上がった場合、ウォーターポケットを作る可能性がある。フローチャートを作成し、作業手順で迷わない状況を作っておく。

プラグバックセメンチングの難しさ

プラグバックセメンチングの難しさ

- 廃坑やキックオフ用プラグバックセメンチングの難しさ
 - 坑内の流体が泥水でない場合が多いーセメントの垂れ下がり
 - 孔明管部分のセメント立ち上げーブリッジプラグが使えない
 - ケーシングにダメージが起きてプラグのセットが難しい

プラグバックセメンチングの難しさ

■ 垂れ下がり防止

• 高粘度反応性ピル（Viscous Reactive Pill）

> カルシウムとマグネシウムを含むセメント及び泥水と反応

> 必要なもの 4.1KI作液

—清水	3.6KI
—ベントナイト	205kg
—添加剤	429L
—消泡剤	2.27L

プラグバックセメンチングの難しさ

ラボテスト写真 - 高粘度反応性ビル



1. ベントナイト溶解後、6時間攪拌



2. 添加剤を添加後、攪拌



3. セメントスラリーを添加後、攪拌

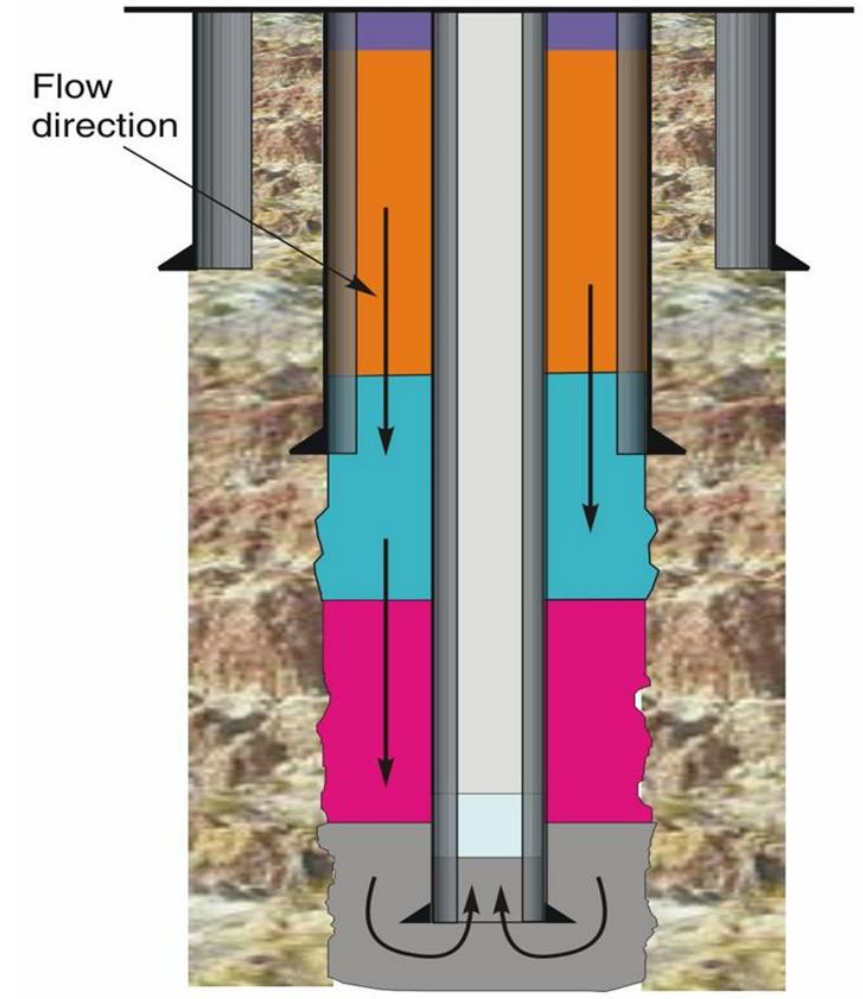


4. セメントスラリーを添加後、攪拌2分後

新しい試み

リバースサーキュレーションセメンチング

- 従来のセメンチング工程では、スパーサーとセメントスラリーは、ケーシングまたはドリルパイプに圧送され、掘削泥水はアニュラスを通して地表に戻される。
- リバースサーキュレーション法では、スパーサーとセメントを直接アニュラスに圧送し、掘削泥水はケーシングまたはチュービングの内部を通過して地表に戻される。



リバーササーキュレーションセメンチングの利点

地表での作業圧力の低下

油圧馬力の低減

ECDの低減

作業時間の短縮

テーラーメイドのスラリー設計

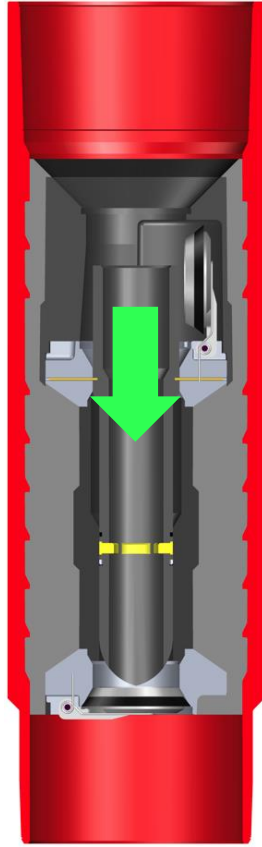
圧縮強度の向上とシッキングタイムの短縮化

余剰セメントの削減

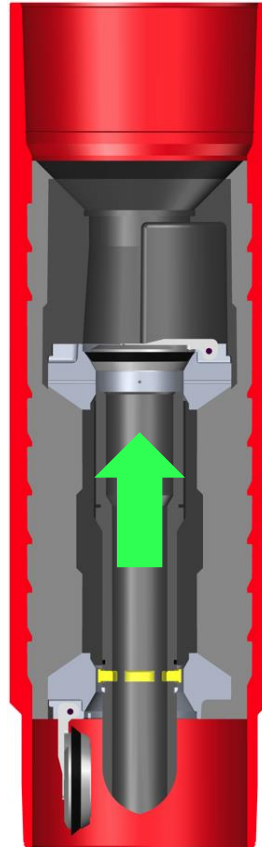
遅硬剤の低減

カーボンフットプリントの削減

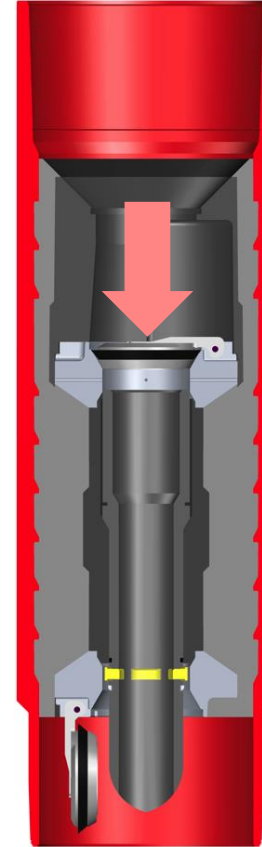
リバースサーキュレーションセメンチングのフロートカラー



RIH and
Well Conditioning

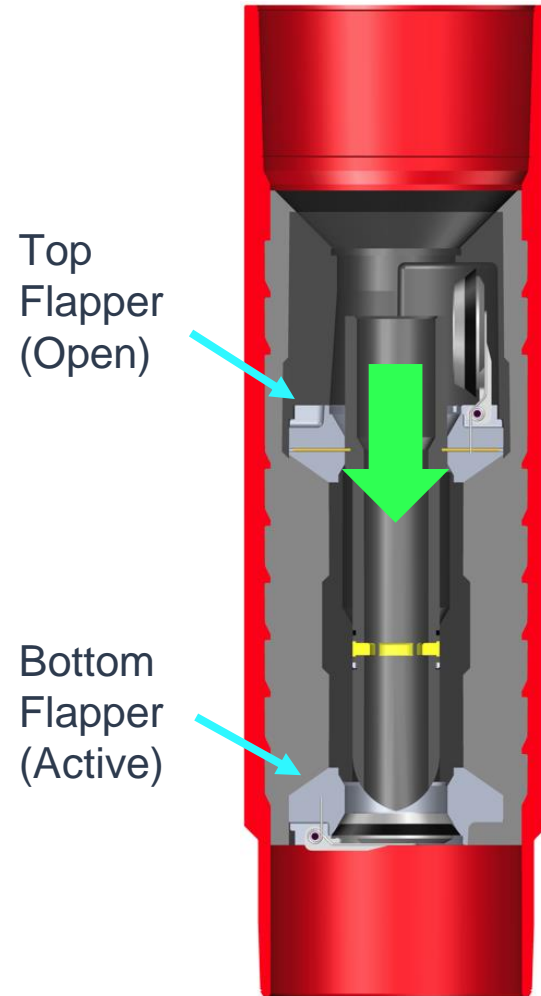


Reverse Circulation



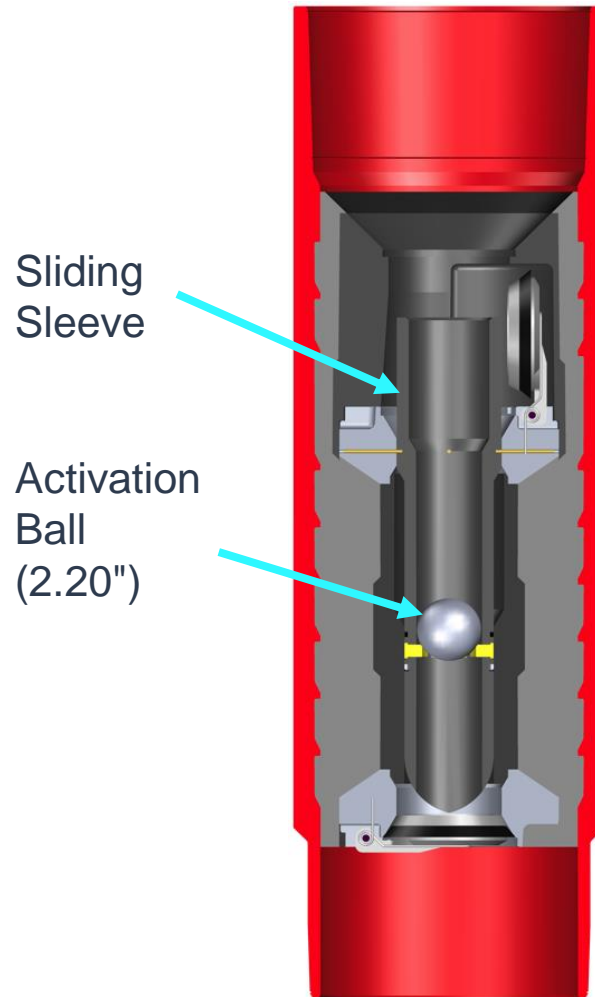
End of Job

リバースサーキュレーションセメンチングの作業の流れ



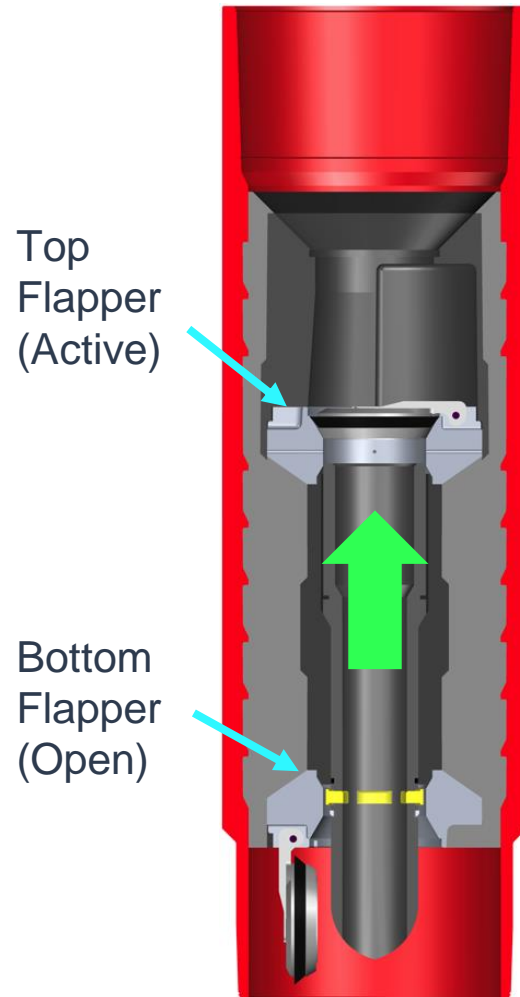
- ケーシング降下中は従来型循環
- 予定深度で坑井を循環させ、調泥する。
- 流体キャリアをポンプで送り、坑径を推定する

リバースサーキュレーションセメンチングの作業の流れ



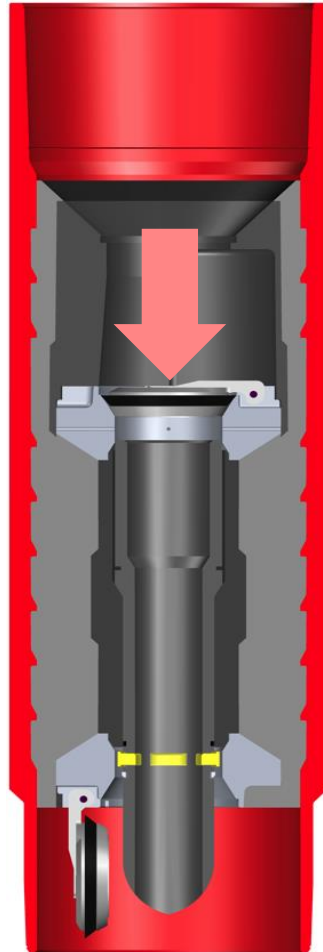
- 起動用ボールを地表から落下させる
- シフトスリーブに圧力を加える
- 下部のフラッパーが開き、ボールが放出されます。
- 上部のフラッパーが閉じ、リバースサーキュレーションセメンチングができるようになる。

リバースサーキュレーションセメンチングの作業の流れ



- 坑井を逆循環しながら調泥する
- 染色された流体（Dyed Fluid）インジケータをポンプする
- 計画したセメント量の確認
- iCem®サービスプログラム（シミュレーション）に従った作業の実施

リバースサーキュレーションセメンチングの作業の流れ



- セメントの逆流を防ぐため、上部フラップパーに圧力をかける。
- WOCまで圧力をかけながらケーシングを保持。
- セメント作業終了後、直ちにケーシングの耐圧試験

Ovidius® Expanding Isolation System

- 新しいアニュラスのアイソレーションパッカーで、次のような特徴があります。
 - 坑内流体に反応すると、金属合金から岩石のような素材に変化し、坑井の健全性を向上させる長期間のシールを形成します。
- 材料科学の革新により、Ovidiusアイソレーションシステムパッカーは以下のことが可能になりました。
 - 極端な温度や圧力の環境でも性能を発揮し、坑井の寿命まで優れた密閉性と固定性を提供します。
 - > 熱の安定性は、300°Cまで安定性あり
 - > 最大差圧17500psiまで対応
- アニュラス部分の上下の遮断に使用できる可能性あり



HCT1828-010

まとめ

難しい地熱井のセメンチングの中で

- 地域にあったセメンチング手法の確立
- 作業にあったセメントスラリーのデザイン
- 計画時にシミュレーションの活用
- CAMPS-置換効率をよくする。
- 作業時は手順書に従う-判断を誤らない
- ケーシングセメンチング前の逸泥は止めておく



THANK YOU

ハリバートン・オーバーシーズ・リミテッド
遠藤 聡