

資 料

サンドコントロール

(スクリーンレスサンドコントロールとスルーチュービンググラベルパック)*

沼澤 正明**・満田 信一***

(Received August 31, 2005 ; accepted November 11, 2005)

Sand control techniques (Screen-less sand control and Through-tubing gravel pack)

Masaaki Numasawa and Shinichi Mitsuda

Abstract : Techniques of sand control are roughly divided into three types. One is control of production rate, next is using screens such as gravel pack, and the last technique is screen-less method.

Japan Petroleum Exploration executed the screen-less sand control to the new well of the Amarume oilfield in Yamagata Prefecture in 2003, and Japan Petroleum Exploration and Mitsubishi Gas Chemical executed the through-tubing gravel pack (TTGP) to the existed well of the Higashi-Niigata oil & gas field in Niigata Prefecture in 2004. Both operations were the first trials in Japan and are presented about the outline of the work in this paper.

Key words : sand control, screen-less, through-tubing, gravel pack, TTGP

1. はじめに

石油資源開発(株)では、2003年に山形県の余目油田の新規掘削井に対して、スクリーンレスサンドコントロール作業を、また2004年には三菱ガス化学(株)と共同で、新潟県の東新潟ガス田の既存坑井に対して、スルーチュービンググラベルパック作業を実施した。両作業とも日本国内では初めての作業であったので、作業概要を紹介する。

2. サンドコントロール手法の概略

現在行われているサンドコントロール手法は、生産量を調整し出砂をコントロールする方法、スクリーンで機械的に出砂を抑制する方法、そしてスクリーンを使用せ

ずに出砂を抑制する方法、の3つに大別される。以下、各サンドコントロール手法の概略について述べる。

2.1 生産量を調整して出砂をコントロールする方法

この方法は生産量を調整することで、地層の砂が流動しないようにしたり、砂が流動してきてもサンドトラブルを引き起こさない程度の量にコントロールしたりする方法である。もし、サンドトラブルで自噴停止してしまった場合は、スナビングなどで自噴回復作業を実施する。

2.2 機械的に出砂を抑制する方法

この方法には、従来式のグラベルパックやスルーチュービンググラベルパックなどのスクリーンとグラベルサンドを使用する方法と、エクспанダブルスクリーンのようにスクリーンのみで出砂を抑制する方法がある。

従来式のグラベルパックは他の方法と比較して経験的な蓄積が大きいと、いちばん信頼性の高い技術といえるが、リグを使用した作業となるため、作業費はいちばん高額である。

スルーチュービンググラベルパックは、スリックラインやワイヤーライン、もしくはコイルドチュービング(以下CTと呼ぶ)により、小口径のスクリーンを坑内にセットし、ブルヘッドもしくはCTでグラベルサンドの充填

* 平成17年6月2日、平成17年度石油技術協会春季講演会開発・生産部門シンポジウム「生産操業における要素技術と課題」で講演 This paper was presented at the 2005 JAPT Development and Production Technology Symposium entitled "Technical elements and their challenges in production operations" held in Yoyogi, Tokyo, Japan, June 2, 2005.

** 石油資源開発(株) Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

*** 三菱ガス化学(株) Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc.

を行う方法であり、リグを使わずに作業ができる分、作業費用が安くなるため、残存鉱量が少ないなどの理由で、従来式のグラベルバックを実施できない坑井に対してもグラベルバックが行うことができる。

エクスパンドブルスクリーンは、サンドコントロールの中で最も新しい技術である。エクスパンドブルスクリーンを坑内に降下し、セッティングツールを尺取虫のように移動させることによって徐々にスクリーンを押し広げる。スクリーンをサンドフェースに密着させることにより砂の流動を抑える方法である。

2.3 スクリーンレスサンドコントロール

スクリーンレスサンドコントロールは、フラクチャーを発生させながらプロパントを地層に押し込む方法で、ファイバーとプロパントを使う方法と、レジンでコーティングされたプロパントを使う方法がある。

ファイバーとプロパントを使う方法では、プロパントとともに地層に押し込まれたファイバーが網目状に広がり、プロパントを保持して砂の流動を抑える。また、レジンでコーティングされたプロパントを使う方法では、レジンの結合力が地層に押し込んだプロパントを保持して出砂を抑制する。

3. 余目油田で実施したスクリーンレスサンドコントロール作業

余目油田の新規掘削井にファイバーとプロパントを使うスクリーンレスサンドコントロール作業を実施した。

3.1 サンドコントロール手法の選定の経緯

仕上げ対象層は大変もろく、崩れやすい砂岩層である。同層から採取を行っているすべての既存坑井で、程度の差はあるがサンドトラブルに見舞われており、本層に対しては機械的なサンドコントロールが必要であると判断された。信頼性の高い従来式のグラベルバックは、減退が進んだ余目油田の坑井に対しては、コスト面で有効ではないため、コストを1/3～1/2に削減できる可能性のある、スルーチューピンググラベルバックおよびスクリーンレスサンドコントロールが候補となった。今回は、坑井の対象仕上げ区間の上端から下端までが長かったため、スルーチューピンググラベルバックの適用は難しいと判断し、最終的にスクリーンレスサンドコントロールを選定した。

3.2 地層の固化作業（前処理作業）

余目油田の新規掘削井に実施したスクリーンレスサンドコントロールは、フラクチャーを発生させながらプロパントとファイバーを地層に押し込む手法である。

地層に押し込まれたファイバーは網目状に広がってプロパントを包み込み、プロパントとともに地層の砂粒が

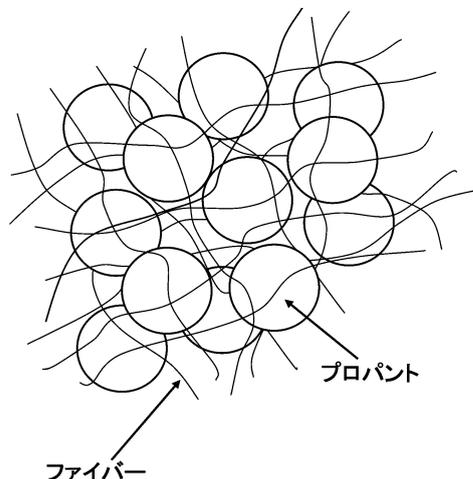


図1 圧入されたファイバーとプロパント

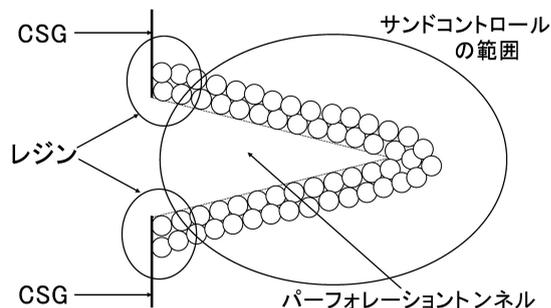


図2 地層の固化作業

流動しないよう保持することにより、パーフォレーショントンネルへの出砂を抑制することができる（図1）。また、パーフォレーション孔におけるケーシングと地層の境界からの出砂対策として、事前にパーフォレーション孔周辺にレジンを圧入し地層を固化した後で、プロパントとファイバーの圧入作業を実施した（図2）。

3.3 スクリーンレスサンドコントロール作業

スクリーンレスサンドコントロールの作業は、フラクチャリング作業とほぼ同じであり、データフラクを行った後、圧入デザインを確定し、プロパントを地層に押し込むという手順である。なお、本坑井の対象層は2層であるため、セレクトティブに圧入作業が行えるパッカーとドリルパイプを使用し、下層のデータフラク⇒下層のサンドコントロール⇒上層のデータフラク⇒上層のサンドコントロール、という順に1回のトリップでサンドコントロール作業を行った。

今回の作業に使用したプロパントは16/20メッシュのセラミック製である。また、ファイバーは酸に対して耐性があるものを使用したもので、酸処理作業も可能で

ある。

3.4 作業結果

対象層はドロダウン数%でも砂が産出してしまような大変もろく崩れやすい砂岩層であるにもかかわらず、サンドコントロール作業後のフローバック時には、推定で最大約60%のドロダウンをかけたが出砂は観測されず、サンドコントロールが有効であることが確認された。

また、この方法の特徴として、フラクチャーを発生させることにより、サンドコントロールの作業時に発生するダメージが除去できる点と、フラクチャーのデザインによっては、生産性の改善が期待できる点が挙げられる。実際、フローバック中に計測されたガスレートは、約10万 m^3/D 弱と余目地区では過去最大のガスレートを記録したことから、生産性の改善も確認できた。

4. 東新潟油ガス田で実施したスルーチュービンググラベルバック作業

スルーチュービンググラベルバックは、小径のグラベルスクリーンを坑内にセットし、グラベルサンドを充填する方法である。基本的にグラベルの充填方法は従来式のグラベルバックと同じである。しかしながら、グラベルスクリーンの長さ、スクリーンにエロージョンを起こさない生産レート、グラベルサンドのバックアップ方法など、その適用にはいろいろな制限がある。それゆえ、この方法の適用には綿密なデザインが必要である。

なお、スルーチュービンググラベルバックの適用可能なチュービングサイズは2-3/8"～4-1/2"となっており、当社の坑井に十分適用可能である。

4.1 適用手法の選定

グラベルスクリーンのセット方法やグラベルサンドの充填方法の違いから、スルーチュービンググラベルバックはおおむね、①ベントスクリーン法、②サーキュレーションバック法、③ウォッシュダウン法の3つに大別される。

対象層の仕上げ区間上端から下端までの距離は55.5 mと長いことから、ウォッシュダウン法は使用できない。また、サーキュレーションバック法を使用した場合、処理区間が長いために充填するグラベルサンドの量が多くなること、かつ2-3/8"チュービング用ツールではグラベルサンドの通過するポートが小さいことを考えると、作業中にこのポートに不具合の生じる可能性が高いと判断されたため、サーキュレーションバック法の適用は見送らざるをえなかった。そこで残るベントスクリーン法が適用できるか、詳細に検討を進めることとなった。この過程で、パーフォレーショントップからチュービング

エンドまでの距離が短く、そのままではベントスクリーン法が適用できないという問題点が明らかになった。そこで、バックオフツールを使用することでこの問題に対処した。

4.2 スルーチュービンググラベルバック作業

今回の作業は大まかに以下の手順で実施される。

- ① グラベルスクリーンの降下およびセット (4.2.1)
- ② グラベルサンドの充填 (4.2.2)
- ③ バックオフツールのセット (4.2.3)

4.2.1 グラベルスクリーンの降下およびセット

グラベルスクリーン (図3) のサイズは、外径1.66インチ、内径0.83インチ、スクリーンの編成長は約50mである。編成は、スクリーンとブランクパイプおよびセントライザーからなる (図4)。

作業概要は以下のとおりである。

- ① CTでスクリーンをセット深度まで降下後、CT内に鉄球を投げ込む。
- ② 鉄球がセッティングツールに到達したところでCT内を加圧する。
- ③ 加圧によりセッティングツールとスクリーンが切り離されセット終了となる。

対象坑井は垂直井ではあったが、内径1.995インチのチュービングの中に外径1.66インチ長さ約50mのスクリーン編成を降下するので、降下中のトラブルが心配された。しかし、異常負荷もなく作業は順調に終了した。

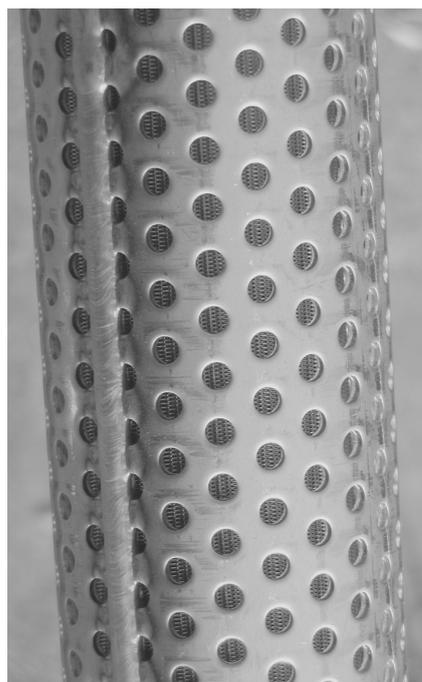


図3 グラベルスクリーン



図4 スクリーンとセメントライザー

4.2.2 グラベルサンドの充填

使用したグラベルサンドのサイズは 20 / 40 メッシュであり、充填はブルヘッドで行った。グラベルスラリーの圧入レートは 3.5 bpm 程度とし、グラベルを 5,200 lbs 充填したところでサンドアウトしたため充填終了となった。これは、ほぼデザインどおりの充填量であり、グラベルサンドは均一に坑内にバックされたと考えられる。

4.2.3 バックオフツールのセット

バックオフツールをセットする目的は、地層流体の流路を「地層⇒スクリーンの内部⇒チューピングの内部」とし、充填したグラベルサンドがチューピング内に入り込まないようにするためである。これは、パーフォレーショントップとチューピングエンドが近いために行った作業である。作業概要は以下のとおりである。

① ベントスクリーントップまでグラベルサンドを浚

う。

- ② スリックラインでベントプラグを回収する（これで流体の流れはスクリーンの内部⇒チューピングの内部となる）。
- ③ CT を使用し、バックオフツールをベントスクリーンのトップに差し込む。
- ④ CT 内に鉄球を投げ込み、鉄球がセッティングツールに到着したところで CT 内を加圧する。
- ⑤ 加圧によりセッティングツールとバックオフツールが切り離されセット終了となる。

以上の作業はおおむね順調に終了した。

4.2.4 作業結果

グラベルバック作業終了後、CT を使用して窒素リフトによる自噴誘導を行った。地層に押し込んだ作業流体のほぼ全量を回収した時点で自噴が回復したので、引き続き自噴によるクリーニングフローに移行した。その間、地層砂およびグラベルサンドの産出はないことが確認されたので、テストラインから生産施設へラインを切り替え、本井からの採収を再開した。

自噴停止中の坑井を生産井に復帰させることができ、グラベルバック作業は成功したといえる。しかし、生産時の坑口圧力は自噴停止前より低下した。この原因として、今回使用したスルーチューピンググラベルスクリーンの内径が 0.83 インチと、チューピングの内径に比べ細く、この部分が流動抵抗となり、生産時の坑口圧力を引き下げていることが考えられる。今後は、この坑口圧力の低下原因を解明し、他坑井への適用性を判断したい。

SI 単位換算係数

” (inch) × 2.54*	E - 02 = m
lb × 4.5359237*	E - 01 = kg
bbl × 1.589874	E - 01 = m ³

*は正確な値