

プレスティージ号難波沈没部分からの油回収

Massimo Fontolan, Sonsub Ltd., Robin Galletti, SATE srl.

はじめに

この講演では、タンカープレスティージ号のタンクに入っていた燃料の回収用に開発された機器、および2003および2004両年の夏期数カ月間にわたり水深およそ4,000メートルで行われた作業実績で得られた経験を論じる。Repsol YPF がスペイン政府によりこの難破船に残留する燃料の回収に任命され、引き続き Sonsub が元請負者に選定された。

沈没船

2002年11月、ガリシアの沖合いスペイン北西部海岸から約240km(130海里)の地点で、シングルハル(一重船体)構造のタンカープレスティージ号が沈没し船体は2つに裂けて各半分が1.9海里離れて沈んだ。船首は水深3,830メートルで、一方船尾は水深3,565メートルの位置にあった。

最初の遭難信号は2002年11月13日に送信されたが、船は2002年11月19日に2つの部分になって沈没した。

最初の活動

回収作業のための実際のプロジェクトに先立って、数多くの活動が実施された。これらには下記が含まれる。

2002年の12月中は、予備調査と難破船の漏出孔閉塞処置の実施にミニ潜水艇ナウティル号が従事した。

スペイン政府は、科学諮問委員会(Scientific Advisory Committee)を立ち上げ、採用すべき最適な解決策に関するアドバイスを求めた。

Sonsubによる1つを含めて、非常に多くの提案が科学諮問委員会によって分析された。

2003年2月14日に、スペイン政府は技術的な実行可能性の検討を、引き続き必要な技術と回収作業の開発管理をRepsol YPFに委託した。

最も有用と考えられる構想の開発をめざして、Sonsubに2件とSeal Engineeringに1件の計3件の「実行可能性研究」が割り当てられた。これらは3ヶ月間で完了させるものであった。

技術的な取組み

直面した技術的な課題は以下のとおりであった。

水深3,830メートル。これはROV(遠隔操作探査艇)ならびに必要な全機器の最新の作業水準をはるかに超えていた。同様な回収を必要とした以前の難破船(たとえば、エリカ号)は潜水夫作業の深度であった。

5百万cStの粘度。これが難破船から海面への移送および海岸までの両方の油移送には大きな難題となった。

非常に厳しいスケジュール。2003年の作業は、革新的な解決策の設計、建造およびテストを行い、機器の開発は2003年9月中という要件であった。これに関する契約が2003年5月に締結された。

Sonsubの選定

Repsol YPFがスペイン政府に指名されて元請負者にはSonsubが選定され、その内容は最初に実行可能性の検討、次いで革新的な機器の開発、次ぎに2003年に調査と実証作業を行い、最終的に2004年に完全回収というものであった。これらの契約は下記のスケジュールであり、実施しなければならない活動とともに再度簡単に説明すると以下のようなになる。

2003年3月、下記の実行可能性検討にSonsubを選定

- シャトル回収方式
- 難破船を封じ込める「ひつぎ」

2003年4月、下記の開発および建造にSonsubを選定

- タッピング工具
- 抜取弁
- 水注入装置

2003年5月、下記の実施にSonsubを選定

- 難破船調査
- 漏出孔の閉塞処置
- シャトル構想の実証テスト

2004年2月、目標11,100トンの油完全回収のためにSonsubを選定。

開発された機器

回収作業には下記の機器の主要な新アイテムを開発し、テストして採用しなければならなかった。

水深4000メートルでの高負荷作業が可能なROV

残留油測定用の計測装置

位置決め用のビームセンサ

タンクへの700mm開口タッピング工具

開口部上の固定式弁装置

容量 350m³のシャトル（往復運搬用タンク）

「コア流れ」（管内中心部流動）技術によるシャトルからの油移送手段

最高 4000 メートル用の ROV

このプロジェクト以前に、INNOVATOR™には 3,000 メートルまでの深海プロジェクトにおける性能および作動信頼性の証明済み実績があった。プレステージ号プロジェクトでは、水深 4,000m で連続的に作動するように Innovator ROV 装置のあらゆる面を高度化する改造プログラムを含む全く新しい挑戦となった。

これは、鎖管理方式による既存の 3000m の「へその緒」（係留索）および既にパイプラインの接管監視用に開発されていた 1200m の鎖（tether）を使用して達成された。鎖が水平ではなく垂直に展開するように形状が変更された。

INNOVATOR™ が既に持っている本来の能力ならびにその実績から、水深 4000m の目標達成のために改造しなければならない機器の実際のアイテムは下記の主要装置に限られた。

浮揚装置

遠隔操縦機

カメラおよび照明

ROV のテストは、2003 年キャンペーンの最初の活動としてこれを実施したが、当該難破船に対する如何なる作業の実施可能性にも不可欠なものであった。

漏出孔の閉塞処置

INNOVATOR ROV のテストの成功に続いて、難破船の調査作業が開始され、その後各種タンクから依然として発生している漏出の洩れ口をふさぐ閉塞処置作業が多くの各種方法および工具を使用して行われた。

難破船の残留燃料

2003 年キャンペーン時に実施された油計測分析により、残留燃料は以下のように推定できた。

船首にある左舷と右舷のタンクに 13,000 トン、中央のタンクは事実上空、および船尾に 700 トン

ポーラープリンス号と FPSO オーディン号を現場派遣

2003 および 2004 両年の作業には、Sonsub が操業する DP2 クラスの多目的船ポーラープリンス号が採用された。この船は、INNOVATOR ROV を三基までを同時に深度一杯に展開するとともに必要なタッピング工具、抜取弁および水注入装置を配置できるものであった。

油回収船としては MST/FSO オーディン号が選定された。オーディン号は「洋上貯蔵」および「積出し」ユニットとして使用される DP3 の動的位置決め能力を有する「多目的シャトルタンカー船」である。オーディン号は一度海面に回収されシャトルタンクから抜き出されたプレステージ号の積荷油を貯蔵した。

ROV がビームセンサ機能を実施

超音波ビーム検知器と板厚計測システムを使用し、デッキの構造と肉厚を測定して抜取弁取付位置の地図を作成した。

ホットタッピング位置のマーキング

次いでタッピング工具の取付位置がマーキングされた。

タッピング工具の位置決め

難破船船首部分内の 4 つの各カーゴタンクでホットタッピングおよび抜取弁の取付を実施した。

タッピング工具

抜取弁を運ぶ工具には、穴あけ作業開始前に弁をデッキに固定するアンカーボルトユニット（装置当たり 6 本）が装備されている。工具の中心には 700mm 穴切断用の穴あけ工具が搭載されている。装置は専用の IHPU から ROV で操作された。

抜取弁

抜取弁の設計では特に安全な回収作業に焦点が当てられて、抜取過程での油流出の確実な回避に必要なフェイルセーフ（二重安全）遮断装置を各弁に内蔵させた。各弁には頂部と底部に二重の仕切り装置が内蔵されている。底部の仕切りは ROV のトルク工具で操作されるのに対し、頂部の仕切りは ROV でこれを操作するか、またはシャトルタンクが油で完全に一杯になった場合に掛かる力で破損する「ヒューズボルト」装置によって自動的にこれを閉めることもできる。

水注入装置

カーゴタンクからシャトルタンクに油が流れる時は、逃げ出す油を置換するためのタンク下部からの自由な水の進入を確保する必要があった。このために、プレステージ号のデッキハッチを經由して装着される水注入ケーシングで構成される専用の水注入装置が開発された。

建造時のシャトル

各シャトルタンクの構成は下記のとおりである。

最大 350m³までの油の収容に適した、直径約 5.3m で全長約 23m のアルミニウム製本体
油採取弁からシャトルタンクへの油流入を可能にする ROV 操作式ドアを装備した底部インターフェイス

2 つの ROV 操作式仕切弁が付いた頂部インターフェイスおよびライザ端末ユニットとの機械式インターフェイス

接続できるようにシャトルタンク上部に配置され最後のアプローチ・解放は油採取弁から制御されるブルダウンウインチ

シャトルタンクに浮力を持たせ、かつ専用のシャトル操縦機器で海底から海面までシャトルタンクを制御輸送させるのに適した外部取付式の浮揚装置。

シャトルの曳航

採取弁の取付完了に続いて、シャトルタンクを沖合いに曳航して装着に備えた。

シャトルの配置

シャトルタンクは、バラストチェーンによって降下および浮揚作動が調節および制御され、連続的に浮力を持つように設計されている。シャトルタンクは、採取弁アセンブリに接続され二次接続は安全なアンカーデッドウエイトに接続されており、およそ 4 時間かけてプレステージ号難破船にセットされる。

シャトルのウインチ装置

配置され、事前に取り付けられた採取弁との接続が完了すれば、シャトルと一体型になった ROV 操作式の機械式ウインチを操作して、安全な油の採取を可能にするためのシャトルの最終位置取決めを行うことができる。

油の充填

次いで抜取弁からの重力による油入れの準備で ROV を介在してシャトルの下部ドアアセンブリを再び開けることができる。

弁からとシャトル充填の油の流れ

抜取過程での油の流れは、ここでも過充填回避を保證するフェイルセーフ装置付きの、二重仕切り式抜取弁の ROV 操作によって制御される。

シャトルの回収

シャトルが水深およそ 60m になると、オーディン号からライザアセンブリが降ろされてシャトルに接続される。

ライザとのシャトル頂部インターフェイス

頂部インターフェイスはライザ端末ユニットと接続しており、ライザ内への油のポンピングを可能にする ROV 操作式の仕切弁が 2 つ付いている。

ライザ端末ユニット

ライザ/ポンプアセンブリ装置は多数の各種の構成部分からできている。これらは以下のとおり。

操縦用ウインチ

6"フレキシブルホース (ライザ)

ポンプおよび、シャトルタンク頂部インターフェイスへのドッキングとロックを可能にする、機械式インターフェイスが装備されたライザ端末ユニット

海上からのライザ端末ユニット操作を可能にするサービス油圧配管バンドル

コア流れによる FPSO への油移送

エンジニアリング段階で直面した 1 つの問題点は燃料抜き出操作であった。油の粘度が非常に高いので、シャトルライザ接続部からオーディン号タンクまで長さ約 60m の経路でのシャトル燃料のポンプによる抜き出が当初非常に難しいと思われたため、これは大いに懸念された点であった。採用された「コア流れ」(管内中心部流動)方式という解決策はプロジェクトの全体的な成功に非常にうまくかつ大きく貢

献することを立証した。要するに、吐出中に油の周囲に外鞘ができるような方法で水をライザ内にポンピングして、水膜の内側を油が流れるいわゆるコア流れを生み出す仕組みである。この後者が「潤滑剤」として働き、すなわち高粘性の油とライザ壁間の摩擦損失が小さくなる。この方法で、ライザ下端に取り付けられた「標準」ポンプを使用してオーディン号のタンクまで油をポンピングすることができる。

バクテリアの注入

プロジェクトの最終段階は、微生物浄化のための栄養物の注入からなる。微生物が水中および油中で自然に存在して燃料由来の毒性化合物を活発に消滅する割合を、栄養物の添加によって非常に大きくすることができる。この溶液が作業後未だ油が若干残っているプレステージ号のすべてのタンクに採用された。

プレステージ号の重要な経過

下記の日付でプロジェクトの進展が要約される。

2003年3?5月、構想の開発

2003年5?7月、3830mでの作業用機器の設計、建造およびテスト

2003年10月、シャトル構想での最初のカーゴ100トン回収

2003年12月?2004年4月、本格的な回収手順および機器が完成

2004年6?10月、残りのカーゴ13,400トンの油回収完了

Sonsub の能力

Sonsub が確立した独自の能力は下記のとおり。

水深4000mまでの独自の深海作業能力

8隻の船を操作する海洋展開リソース

合計58台の車両が操作される最新のROV

水中作業経験

革新的な特定プロジェクト用機器の開発

プレステージ号プロジェクトからの経験

その活動すべてを支援できる Saipem 等を有する世界的なグループへのアクセス

結論

プレステージ号難破船からの燃料回収は、サルベージ専門家はこのような深さでは不可能であると考えていたが、下記により完了した。

スケジュール内で
予算内で
環境汚染は一切起こさず
事件または事故は一切なしで