

ベルギーの油槽所で原油タンク底板が裂けて大量漏えい事故

2005年10月25日18時過ぎ、ベルギーの大手石油会社の油槽所で、原油タンクの底板が裂（rupture）けて、在庫全量の37,000 m³が15分以内に防油堤内に巨大な波となって漏えいしました。幸い、防油堤外に溢れた原油は約3 m³でした。40,000 m²の防油堤内に1 m高さの原油が貯まり、火災防止のため、近隣の石油化学工場等から214トンの泡消火薬剤を集めて油面を覆いました。強風のため全面を覆うことは出来ませんでした。着火することなく、27日午後までに、ほぼ全量をポンプで汲み出すことが出来ました。この事故によって、タンク基礎の一部が消失し、タンクが傾きました。事故の原因調査結果と安全警告が2006年11月に公表されましたので、紹介いたします。

(1)タンク概要

このタンクは、浮屋根式、直径54.5 m、高さ17 mのタンクで、ミキサー2基を有していたが、漏えい事故まで長期間ミキサーは運転されることはなかった。基礎は直径50～150 mmの碎石リング（上部100 cm幅、下部340 cm幅、高さ約120 cm）で構成され、リング内側には、締め固めた盛り砂（以下、「盛り土」という）が充填され、その上には、防食のため5 cm厚さのオイルサンドが敷かれていた。アニュラー板には12.7 mm、底板には6.35 mm厚の鋼板が使用されていた。

このタンクは、API650に準じて1971年に設置されたが、1990年に製油所に売却され、その時に、開放点検（fully inspection）された。1994年以降、3年ごとに外面検査され、その間異常はなく、2006年に開放点検される予定だった。

(2)事故原因

側板から約1.5 mの底板に、幅20 cm、長さ35 mの環状（三日月状）内面腐食域があり、この区域では、孔食はないものの、均一腐食が激しく、板厚は、ほぼゼロとなっていた。他の底板部分には大きな腐食は認められなかった。環状腐食域では、底板に溝が形成されており、この溝に水が滞留し、腐食が進行した。

大量漏えいに先立って、少量の漏えいがあったが、碎石リングの間に染み込んで、肉眼検知されることがなかった。サンドベッドの流動化と原油の静圧によって、基礎の一部の強度が低下し、底板の溝に沿って板が裂け、流れ出た原油によって、基礎地盤が洗い流された。

(3)潜在的な原因

溝は、側板から1.5 mの底板部に生成しており、盛り土部分での基礎の沈下によって形成された。多分、最初の水張り検査の時には、盛り土が沈下して溝が出来ていただろう。碎石リングの間に砂が消失し、碎石リングに沿って底板に溝が形成された。有限要素法による計算でも、溝の形成が予言できた。

この溝は、1990～1991年のタンク内部検査（目視と超音波板厚検査）で検出できなかった。静圧のない無負荷状態では、弾性変形によって溝が隠されてしまう。この事故の後、他のタンクを調査したところ、全てのタンクで側板から1.5 mの場所に溝が形成されていた。溝部の超音波板厚検査で、板厚の減少が認められた。あるタンクでは、板厚が4 mm未満まで減少していた。2005年9月12日に起きていた隣接タンクの漏えいも同じ現象であったが、原油中のスラッジが貫通口を塞いで少量の漏えいを繰り返した

ものであった。

(4)会社の対策

他のタンクの底板を検査し、板厚、変形等が API653 規格を満たさない所を補修した。検査後の再スタート前に、全ての原油タンクにコーティングを施工した。原油タンク底部の水を抜き、水の腐食特性 (pH 測定) を分析した。次期内部検査までの間に、AE 測定 (acoustic emission measurements) を実施し、必要に応じて、内部の目視検査や板厚測定を行うこととした。板厚検査は、スキャン検査 (floor scan) と超音波板厚測定を行うこととした。早期に漏えいを検知するため、タンク液面異常警報 (製油所の製品タンクには設置済み) を設置した。また、タンク底オンライン漏えい検知システムの敷設を検討している。

(5)教訓と対策

沈降しやすい腐食性生成物の生成防止又は低減

生成物の沈降防止

ミキサーが有効

沈降物の除去

底部溝の形成防止

既存タンクを持ち上げて、基礎の修復を行うことが可能である。その場合、水張り試験を行うことが必要である。既存タンクについては、基礎地盤のデータを集めて、溝の形成の可能性を計算することが可能である。

コーティング施工

腐食速度に基づいた計画的内部検査

適切な内部検査技術

超音波板厚測定では、局所的な均一腐食を見つけることは困難である。底板全体の板厚変化を把握するためには、全面スキャンが必要であるが、電磁気法によるスキャン検査では、板厚が徐々に変化する腐食部の信号が大きくないので、スキャンと超音波板厚計との併用が有効である。

付加的外部検査技術

AE 法あるいはガイド波を用いた超音波探傷法によって、タンク外部から腐食状況に関する付加的情報を集めることができる。ただし、この方法では、定量的な腐食速度の情報は得られない。また、腐食速度に基づいた検査時期の延長には使えない。

漏えい検知技術

数種の漏えい検知技術がある。タンクの下にケーブルを設置し、電気伝導度の変化で漏えいを検知する方法が使用可能である。大量の漏えいには、液面警報装置が使える。

昭和 49 年に、42,888 キロリットルの重油が漏えいした水島におけるタンク事故を彷彿とさせるような事故でした。幸いに防油堤内での閉じ込めに成功しましたが、引火性の高い原油の大量漏えいは、大惨事になった可能性を秘めています。

本タンクの事例においては、開放点検や防食措置についての重要性について提言されているものの、砕石リング及び基礎の盛り土材 (砂) の締め固め不足が底板の溝の生成

原因となっていることに十分に言及されておりませんので、適切な基礎とする重要性を改めて提言いたします。

本タンク基礎の碎石リングは、粒径 50 ～ 150mm の碎石が用いられていたのですが、粒径が大きいことから十分な締め固めが難しく、空隙がかなりあったことが推定されます。

このことが碎石リング内近傍の盛り砂部において締め固め不十分箇所となり、漏油時の盛り砂や碎石リングの流出をやすくしていたものと考えられます。

我が国においては、新法タンクの基準において、碎石リングによる基礎の補強を行う場合、最大粒径が 50mm 以下（実質的には、40mm 以下）とされ、碎石リング部の平板載荷試験値が 200MN/m 以上及び盛り土部の平板載荷試験値が 100MN/m 以上となるよう十分に締め固めることとされているとともに、基礎・地盤の完成検査前検査を受けることとされています。また、旧法タンクにおいては、このような基礎が一部に存するものの、10 年程度毎に実施される保安検査や開放点検が義務付けられており、異常を早期に発見しうるものと考えられます。

この教訓を他山の石とし、今後、当協会に委託される完成検査前検査等を適切に実施するとともに、旧法タンクの安全性調査に係る評価業務等において、タンクの変形や腐食の生じる懸念のある基礎と考えられる場合は、改修等のアドバイスを実施していきたいと考えております。

情報源

Safety Alert : Rupture of an (atmospheric) crude oil storage tank

(Document No.:CRC/ONG/013-E Version:1 November 2006)

<http://www.umweltbundesamt.de/technik-verfahren-sicherheit/dokumente/ONG013-E-versie1.pdf>