

東日本大震災の教訓を踏まえた大規模石油タンクの地震対策に関する考察

消防庁危険物保安室長

鈴木 康幸

はじめに

地震大国と言われる我が国では、大規模な石油タンクの地震・津波対策は極めて重要であり、これまでも流出、火災等の事故を防止するために震災の教訓や新たな知見を踏まえて様々な地震対策が講じられてきました。

また、東日本大震災では、21 万余の調査対象危険物の約 1.6%に相当する 3,341 施設で何らかの被害が発生しました。その被害状況及びそれを踏まえて講ずる必要があるとされた地震・津波対策の概要については、本誌の別稿で紹介していますので、本稿では繰り返し説明しませんが、東日本大震災の教訓を踏まえた防災対策を講じていくことが必要であることは言うまでもありません。

東日本大震災は、従来想定されていた地震を上回る超巨大な地震によって発生した震災だったこともあり、現在、各防災関係機関において地震想定も含めた抜本的な防災対策の見直しが行われています。本稿では、消防法令で求められている大規模石油タンクの地震対策の概要を紹介するとともに、超巨大な地震に対する大規模な石油タンクの安全性の検討を行う場合にどのような点に留意すべきであるかと私が考えているかということ述べていただきたいと思います。

1. 屋外貯蔵タンク本体、基礎、地盤で講ずることとされている地震対策の概要

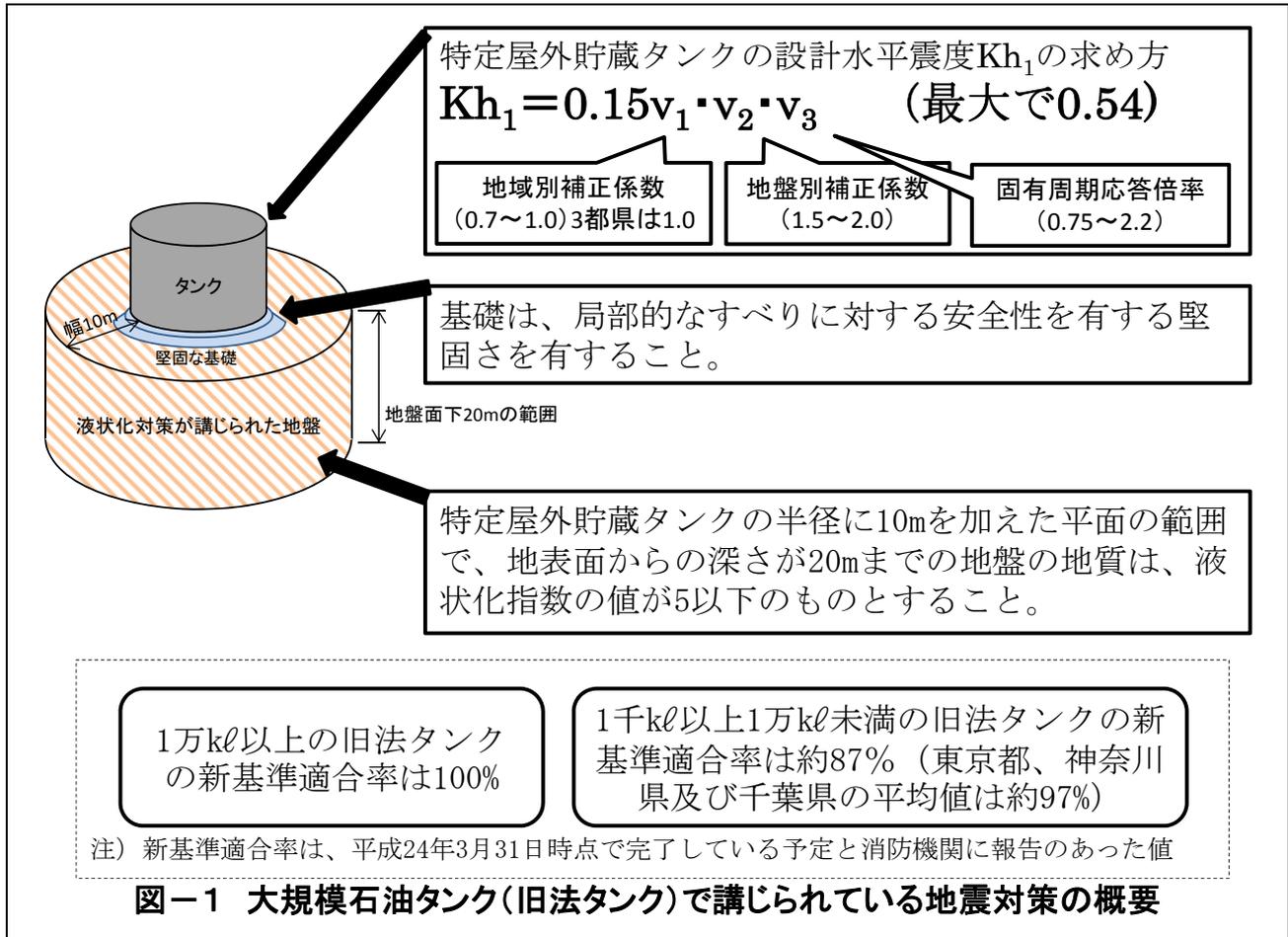
大規模な石油タンクの中でも容量が 1 千kl以上の石油タンクは「特定屋外タンク貯蔵所」と呼ばれており、万が一でも事故があった場合には大きな被害の発生が想定されるため、平時はもちろんのこと自然災害が発生した時も含めて大規模な流出・火災事故を起こさないようにすることが防災対策の基本です。また、小規模な事故も大規模な事故の端緒となり得るので、ハード面及びソフト面の両面から事故の未然防止対策及び事故時の応急体制に万全を尽くすことが必要になります。

特定屋外タンク貯蔵所の地震対策は、危険物の規制に関する政令等の技術基準に基づき行われていますが、当該技術基準が制定された昭和 34 年当時から、地震又は風圧に耐えることができる構造とすること、堅固な地盤又は基礎の上に固定すること等が義務付けられていました。

また、特定屋外タンク貯蔵所の技術基準は事故の教訓や新たな知見に基づき随時見直されており、昭和 52 年以前に旧基準に基づき建設された旧法タンクと、昭和 52 年以降に新しい技術基準に基づき建設された新法タンクに分類することができます。もっとも旧法タンクであっても一定期限内に新基準に適合させる義務が課せられており、1 万kl以上の旧法タンクは平成 21 年 12 月 31 日まで、1 千kl以上 1 万kl未満の旧法タンクは平成 25 年 12 月 31 日までに新基準に適合させる必要があります。

平成 24 年 3 月 31 日時点で新基準に適合させる予定と消防機関に報告があった新基準適合率は、1 万kl以上の特定屋外タンク貯蔵所で 100%、1 千kl以上 1 万kl未満の特定屋外タンク貯蔵所で約 87%となっています。

ここで、特定屋外タンク貯蔵所(旧法タンク)で講じられている地震対策の概要を図-1に示します。



特定屋外貯蔵タンクの本体に加わる地震力は、タンク下の地盤によって増幅されますが地盤の堅固さに応じて増幅される度合いが異なるほか、タンクの固有周期によっても増幅されること等を踏まえ、図-1に示す Kh_1 （設計水平震度）で求めた水平力を用いてタンク本体の耐震設計が行われています。この際にタンク本体の鋼材に生ずる応力が計算で求められますが、弾性範囲で十分な余力を持つように設定される許容応力以下とすることにより、タンク本体の耐震性能が確保されるようにしています。さらに特定屋外貯蔵タンクの保有水平耐力は、地震の影響による必要保有水平耐力以上であることも求められています。

今後、震災の教訓や新たな知見に基づき、仮にタンク本体に加わる地震力として想定すべき Kh_1 を見直す必要性が出てくれば検討したいと思いますが、消防法令を改正して全ての特定屋外貯蔵タンクが遵守すべき最低限の構造基準を強化する必要はないものの、大規模地震を仮想して特定屋外貯蔵タンクの耐震性能の実力を把握したい方がいれば、入力地震波やタンクの本体に加わる地震力を仮想することにより、特定屋外貯蔵タンクの耐震性能を確認することができると思います。もっとも千年に1度起きるかもしれないというような超巨大な地震を想定する場合は、十分な安全率を見込んで法令で設定される許容応力を用いるのではなく、鋼材の降伏点を用いたり、場合によっては塑性域も考慮した終局強度も考慮した評価を行うことが経済性、安全性を両立させるために必要と考えます。

また、直径が数十メートルにもなる特定屋外貯蔵タンクの底板（アニュラ板を含む）は数ミリメートルの厚さしかなく、この部分に大きな応力が発生するとタンク本体が破断し大規模な流出事故に至る危険性があるため、タンク基礎は堅固なものとするのが求められており、タンク基礎の設置に当たってはタンクの構造上極めて重要な部位であることを念頭に置いた工事が行われています。

さらにタンク基礎の下部にある地盤が液状化すると、石油の大規模流出事故に至る危険性があるため、特定屋外貯蔵タンクの半径に 10 メートルを加えた平面の範囲で、地表面からの深さが 20 メートルまでの地盤の地質は、液状化指数の値が 5 以下のものとするのが求められています。

このように旧法タンクであっても、大規模な石油の流出事故を防ぐために講ずべき最低限の基準として、前述のように様々な防災対策を講ずることが義務付けられているのです。

なお、ここで特定屋外貯蔵タンクより小さい「準特定屋外タンク貯蔵所」の早期改修に積極的に取り組む必要があることも付記しておきます。

2. 浮き屋根タイプの屋外タンク貯蔵所で講ずることとされている長周期地震対策

近年、長周期地震動により超高層建物が大きく揺れることを踏まえた対策の必要性がクローズアップされていますが、浮き屋根タイプの屋外タンク貯蔵所のスロッシング対策も重要です。平成 15 年に発生した十勝沖地震により浮き屋根タイプの屋外タンク貯蔵所で火災が発生した教訓を踏まえ、平成 17 年にスロッシングによる危険物の溢流を防止するために地域特性を考慮した液面低下措置を講ずることとされ、地域特性を考慮すると液面揺動が大きくなる可能性の高い区域にあつては、従来の 2 倍の速度 200 カインのスロッシングが発生しても石油が溢流しない高さまで液面を下げるのが義務付けられました。さらに新たに策定された浮き屋根の耐震基準に基づき既存タンクにおいても、平成 29 年 3 月 31 日までに耐震基準に適合するように改修することが義務付けられました。今回の地震では、耐震基準に適合していないタンク及び耐震基準の対象でないタンクで浮き屋根の漏油等の被害が発生したことから、これらのタンクについては、早急に構造強度等の再確認を行い、スロッシングにより浮き屋根の沈没等の被害の発生が想定される場合には速やかに改修する必要があります。さらに、今般、浮き蓋付き屋外タンク貯蔵所の浮き蓋に係る耐震基準を策定したところであり、計画的に基準に適合させるようにするとともに、浮き屋根と同様に早急に構造強度等の再確認を行うことも必要です。

3. 護岸の側方流動により屋外貯蔵タンクが壊滅的な被害を受けるという試算の誤り

前述のとおり、過去の地震被害等の教訓を踏まえ、大規模石油タンク等の安全性の向上が図られてきましたが、大規模地震により危険物施設においても何らかの被害が発生する可能性は高く、迅速かつ的確な応急対応を講ずる体制の整備・充実が必要であることは言うまでもありません。

一方、最近、屋外タンク貯蔵所は必ず堅固な基礎の上に設けられているにもかかわらず、基礎の存在を無視して軟弱地盤上に直接石油タンクが置かれているという独自の仮定条件を置き、しかも大規模地震による地盤の崩壊状況の解析を行った後に、「地震発生前からタンク下地盤が崩壊している」と仮定して石油タンクに大規模な地震力を加え、実タンクより薄い部材を仮定した石油タンクに生ずるタンク応力やひずみ等の検討を行うという屋外タンク貯蔵所で講じられている安全対策の実態や地震時における工作物の応答性状を正しく評価しているとは考えられない試算が行われています。消防庁は、3 年余り前にもこれらの試算結果の説明を受けましたが、屋外タンク貯蔵所の実態を踏まえたものではない可能性が極めて高いことから、当該相談者に対して詳細な説明を求めたにもかかわらず何の説明も行われず、前述のとおり屋外タンク貯蔵所の実態とかけ離れた仮定に基づき、大規模な石油流出事故の危険性が誇張して広報されています。このように不適切な仮定条件に基づき試算が行われていることは、私達が関係者に対して粘り強く説明を求めていったことにより、平成 24 年 6 月に初めてわかったことですが、いい加減な試算により、いたずらに国民の不安感を煽っている状況が散見されることは誠に遺憾だと言わざるを得ません。

仮に東日本大震災の教訓や最新の知見に照らし合わせて、現行の技術基準を満たすだけでは十分な安全性が確保できないような事態の発生が十分に想定されることが明らかになった場合は、基準の見直しも含めた安全対策の検討を行う必要があることは言うまでもありませんし、コンビナート地区における液状化に起因する護岸崩壊の可能性を踏まえた上で、防災対策を検討することは必要だと思います。しかし、不適切な前提条件に基づく間違った検討結論を踏まえた防災対策を検討することにより、的外れな防災対策を講ずることになってしまうことは問題が多いと思います。

おわりに

地震の静穏期が終わって活動期に入ったという指摘もあり、東海・東南海・南海地震（・日向灘の地震）や活断層に起因する直下型地震に対する備えが必要になっています。それだけに東日本大震災の教訓や最新の知見を早急に防災対策に生かしていくことが重要です。現在、様々な防災関係機関で震災対策の見直しが行われているところですが、危険物施設に関する皆様方におかれては、各危険物施設で講じられている対策について客観的な視点で再点検されるとともに、不十分な点については早急に対策を講ずることにより被害の軽減が図られるようにご尽力いただきたいと思います。