

研究レポート

阪神・淡路大震災における石油タンクの 被害状況について

消防庁消防研究所

消防機械研究室長 山 田 實

1 はじめに

神戸市南部の臨海部は、石油タンクを主体とする危険物施設が多数設置されている特別防災区域である。兵庫県南部地震において、この臨海特別防災区域に近い帯状領域の震度は、気象庁による現地調査によると 7 と見られている。新潟地震や宮城県沖地震の例を見るまでもなく地震により石油タンクに破損を生ずると、貯油の大量流出に至る可能性がある。今回の地震では、石油タンクの本体及び基礎・地盤等かなりの損傷が発生したが、このような大きな地震にもかかわらず大量流出の被害はなかった¹⁾。

ここでは、消防研究所でまとめた危険物施設の被害報告書²⁾の一部を紹介し、保安管理の一助に供したい。

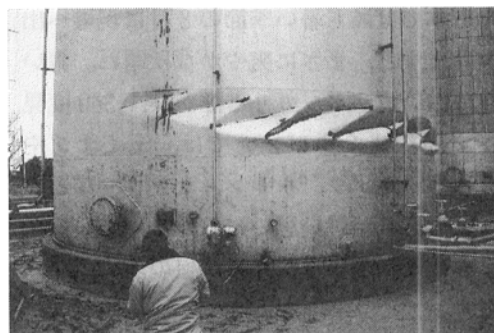


写真1 ダイヤモンド型座屈
($V = 990 \text{ kl}$, $D = 9.7 \text{ m}$, $H_L = 13.3 \text{ m}$)

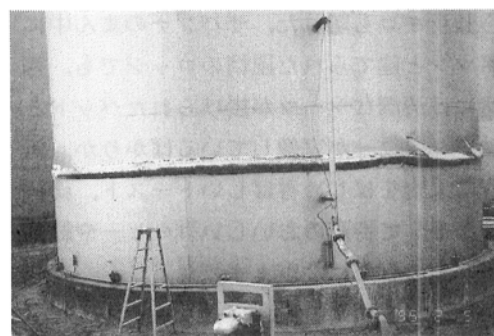


写真2 象の脚座屈
($V = 990 \text{ kl}$, $D = 9.7 \text{ m}$, $H_L = 12.9 \text{ m}$)

2. 被害の状況

2.1 タンク側板の座屈

神戸市内の事業所において 3 基のタンク本体に顕著な座屈変形が発生した。そのうち

2 基は、国内においてはじめて発生したと思われる写真 1 に示すような「ダイヤモンド型座屈」と呼ばれる変形であり、残りの 1

基は、写真 2 に示す「象の脚座屈」である。これらの座屈は、3 基とも側板最下段と第 2 段目の溶接継ぎ手部近傍に発生している。ダイヤモンド型座屈のタンクには、漏洩はなかったが、象の脚座屈のタンクには、座屈変形部に腐食減肉が原因であると思われる 3 ヶ所の貫通孔が発生しており、そこから内容物(エチルアルコール)が漏洩した。神戸市消防局の調査では、この他に座屈したタンクが 2 基報告されている³⁾。

危険物施設ではないが、2 ヶ所の事業所で合計 3 基の水タンクに写真 3 に示す典型的な「象の脚座屈」が発生している。これらの水タンクの座屈発生位置は、3 基とも側板最下段で、座屈変形部にき裂が生じ破口部から貯水がすべて流出した。

2.2 タンクの傾斜

今回の地震被害の特徴の一つとして、非特定タンク(容量が 1,000k4 未満のもの)に著しい傾斜が生じていることが挙げられる。写真 4 は、数多くのタンクが傾斜している状況を示したものである。これらのタンクのほとんどは、HL/D(地震時の液高/タンク内径)が大きい、すなわち背の高いタンクであることは興味深い。

写真 5 は傾いたタンクの基礎の状況を写したもので、大きく開口した地割れがタンク基礎近くを通り、地盤が大きく傾いたタンクの方へ沈み込んでいる様子がわかる。

2.3 地盤の被害

(1) 杭基礎の露出

地盤の液状化によりタンク基礎下の土砂が流出し、杭基礎が露出したタンクがある。写真 6 のタンクは、コンクリート基礎の周り全体の地盤が大きく沈下し、コンクリート

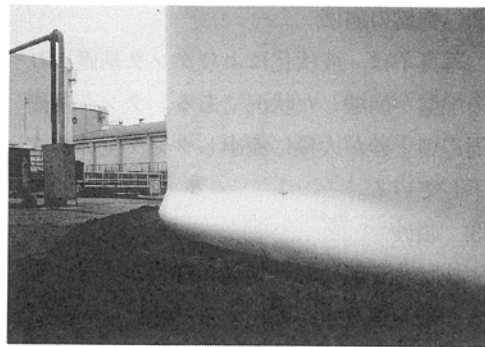


写真 3 水タンクの象の脚座屈
($V = 1,145 \text{ kL}$, $D = 10.6 \text{ m}$, $H_L = 13.0 \text{ m}$)

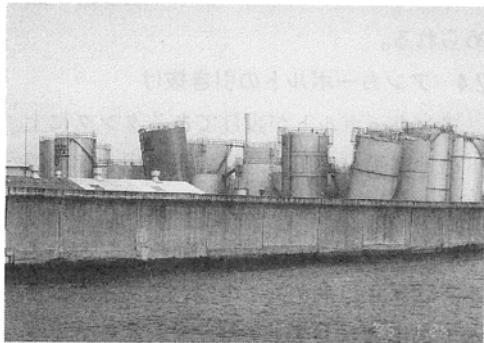


写真 4 著しく傾斜したタンク群



写真 5 タンク基礎近傍の地盤状況

スラブ下の杭基礎が見える。しかし、タンク本体の傾斜は、ほとんどなかった。

(2) 地盤の崩壊

写真7は、液状化によりタンク基礎周りの地盤が崩壊した状況である。タンク基礎周辺の土砂が大量に流出しタンク全体が沈下している。

(3) 噴砂

液状化を起こした地層の圧力が大きくなると砂を伴う水が噴出する「噴砂」と呼ばれる現象が発生する。写真8は、噴砂がタンクヤード内全体に生じた事例である。この写真でもタンク周辺に多くの噴砂跡が認められる。

2.4 アンカーボルトの引き抜け

アンカーボルトが設けてあるタンクに上下の地震動が作用し、底板張り出し部に浮き上がりが生じると、アンカーボルトは、破断したり引き抜かれたりすることがある。写真9は水タンクの場合であるが、ボルトの引き抜け量は約 55cm もあり、タンク底板がこれだけ持ち上げられたと思われる。

2.5 防油堤

防油堤の被害は、調査した事務所のすべてで発生しており、地盤の液状化や地割れ



写真7 液状化による地盤の崩壊
($V = 3,000 \text{ kl}$, $D = 17.4 \text{ m}$, $H = 13.7 \text{ m}$)

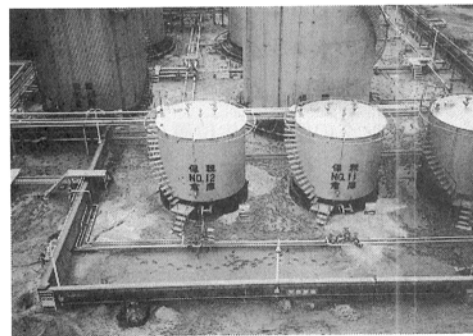


写真8 タンクヤード内の噴砂状況



写真9 アンカーボルトの引き抜け（水タンク）
(引き抜け量：約55cm)



写真6 液状化による杭基礎の露出
($V = 596 \text{ kl}$)

が多く発生している事務所ほど多く見られた。

被害状況としては、金属製止液板が設けられている目地部が写真10のように大きく開口し、止液板としての機能を果たさなかったものも多く見られた。また、写真11のように、強い地震動を受けると防油堤目地部以外の箇所にもき裂等が発生することもある。

2.6 フレキシブルホール

地盤の液状化等によりタンク本体と配管が沈下・傾斜して相対的に移動すると、本体と配管の接続設備であるフレキシブルホースに大きな曲がりが生じる。写真12は、タンク本体の沈下による曲がりが生じた例である。

今回の地震では、フレキシブルホースがタンク本体と配管の相対変位を吸収し、その効果が証明された。しかし、変形の限界状態に達したものの少なからずあり、フレキシブルホースの性能を十分に発揮させるためには適切な長さのものを取り付けることが必要である。

2.7 歩廊

タンクの上部に設けているタンク間の歩廊が落下する事例が数多く見られた。写真13は、落下した歩廊の端がタンクの側面に衝突し、保温材の一部を剥離させた事例である。写真では不鮮明であるが側板に凹状の変化が生じている。また写真14は、歩廊の落下により油送配管及びバブルが損傷した事例である。この他に、消化配管の溶接継ぎ手部に落下し、破口した事例も報告されている。日本海中部地震でも同様なことが生じており、既設の歩廊については落下防



写真10 土のうが積まれた防油堤目地部の開口



写真11 コンクリートのき裂により上下に食い違いが生じた防油堤



写真12 タンクの沈下により曲がったフレキシブルホース

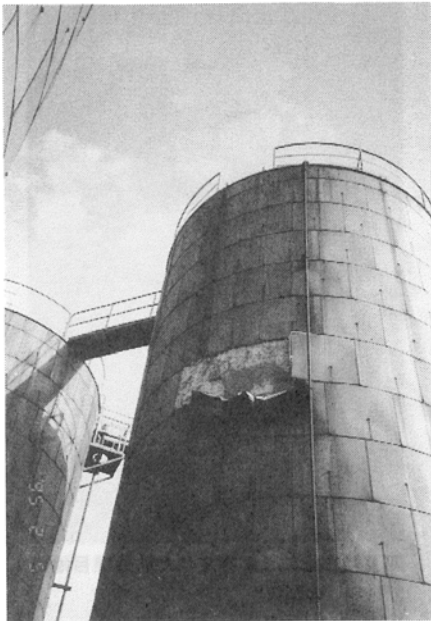


写真13 歩廊の落下によるタンク保温材の剥離

止措置を速やかに講じる必要がある。

3. おわりに

大地震を経験することにそれらによる被害が調査・解析され、種々の対策が講じられてきた結果、わが国における特定屋外タンク貯蔵所(容量が 1,000k1 以上のタンク)の安全性はかなりの水準にあることは関係者の一致して認めるところであろう。今回の地震において新基準に従って作成された特

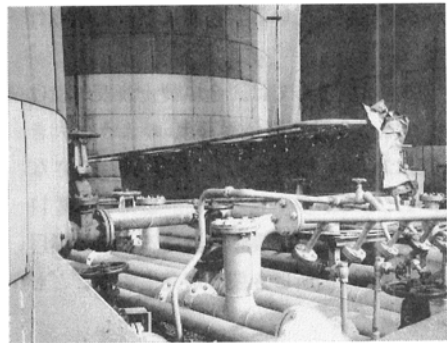


写真14 歩廊の落下による油送配管等の破損

定屋外タンク貯蔵所(いわゆる新法タンク)に関しては、ほとんど被害の発生は認められなかった。これも地震被害を教訓とした安全対策が多分に寄与した結果と考えられる。

しかし、非特定屋外タンク貯蔵所に関してみると今回の地震は新たな教訓を残したと言えよう。すなわち、基礎・地盤の液状化による損傷にこれに伴うタンク本体の沈下及び側板の座屈等の被害状況は、その激しさと発生数において新潟地震以降比べるべき事例が見当たらない。

本稿が今回の危険物施設の一層の安全性確保のために多少なりとも寄与できれば幸いである。

— 参 考 資 料 —

- 1) 自治省消防庁危険物規制課：阪神・淡路大震災に係る屋外タンク貯蔵所の被害状況現地調査結果報告書、平成7年4月
- 2) 自治省消防庁消防研究所：兵庫県南部地震による危険物施設の被害調査報告書、平成7年5月
- 3) 神戸市消防局：神戸市内における危険物施設等の被害状況、KHK だより、特集号、pp. 37-66 (1995)