

石油タンクの地震被害と不均質地盤

前橋橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. まえがき

地震被害を受けた石油タンクを調べた結果、異種支持地盤状態での被害、不同沈下方向へのスロッシング発生、不同沈下方向のタンク底部破断等が判明し、石油タンクの地震被害は地盤条件の不連続点で発生しやすいこと等が考えられるので、その結果を報告する。

2. 石油タンクの地震被害と地盤の関係

(1) 1964 年新潟地震(マグニチュード M=6.8)

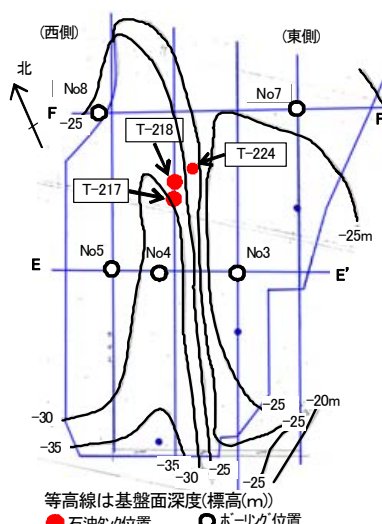
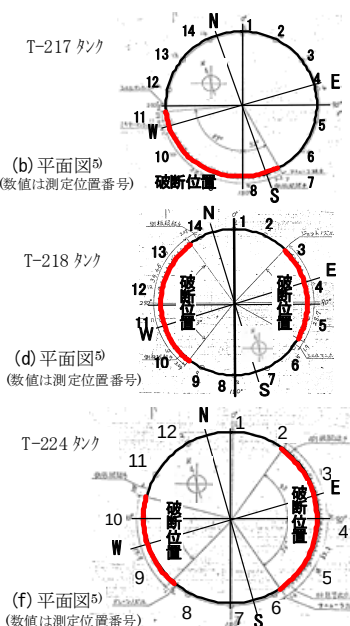
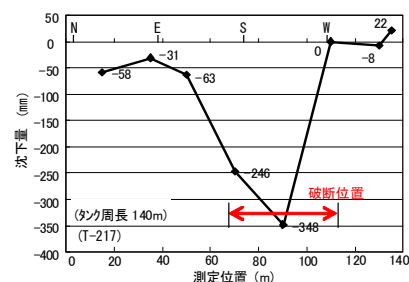
1964 年新潟地震の際に昭和石油新潟製油所で石油タンクの火災や不等沈下、タンク本体の変形、付属設備(配管等)の不等沈下等が発生した。第 1 火災の出火点は図 1(文献 1, 2)を集成³⁾の①(●印のNo.1103 タンク)で、第 2 火災の出火点は同図の②の範囲である。第 1 火災はタンク浮屋根が大きく揺れてから発火したといわれる¹⁾。製油所内地盤は図 1 をみると被覆砂丘(Sd)と砂丘間低地及び低湿地(Id)、三角州(D)から成り立ち、第 1 火災出火点①のNo.1103 タンク7は被覆砂丘(Sd)の縁で砂丘間低地及び低湿地(Id)との境界部に存在しており、タンクは異種支持地盤状態であったため被害を受けたことが分る^{3), 4)}。

図 1 によると第 2 火災出火点②の範囲は被覆砂丘(Sd)と砂丘間低地および低湿地(Id)(南側と東側)の境界部付近に当たり、このタンク等の地盤が一様でなかったために被害が発生したことが推定される^{3), 4)}。

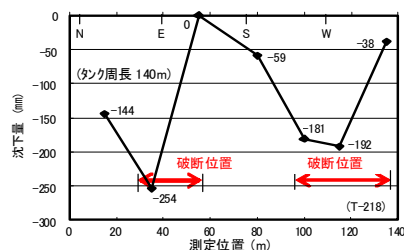
(2) 1978 年宮城県沖地震(M=7.4)

1978 年宮城県沖地震の際に東北石油仙台製油所で屋外タンクの底部(側板とアニュール接合部)が破断し内容物の流出、配管破損による漏洩、不同沈下等が発生した。T-217, T-218, T-224 タンク底部に顕著な破断が発生した⁵⁾。仙台製油所の位置(敷地の表面は約 T.P.+2m)を図 2⁶⁾に、地盤の基盤面等深線を図 3⁵⁾に示す。図 3 をみると 3 つのタンクは埋没谷(最深部約

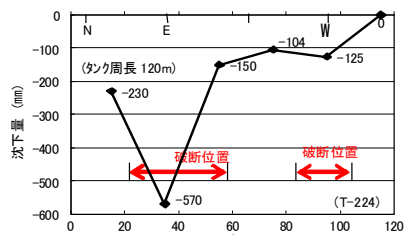
T.P.-35m、谷筋は旧河道と考えられる)の斜面(基盤面)の急傾斜部に位置する。ここは地質図⁷⁾によると盛土地と浜堤堆積物の境界部に当たる。3 つのタンクには図 4(a), (c), (e)に示す

図 3 石油タンクの位置と地盤⁵⁾図 4 石油タンクの不同沈下量と破断位置⁵⁾(図(a),(c),(e)は文献 5)より作成)図 1 昭和石油タンクの火災発生位置(①:第 1 火災, ②:第 2 火災)¹⁾と地盤²⁾図 2 東北石油仙台製油所の位置⁶⁾

(a) T-217タンク(測定位置と破断位置は左図(b)参照)



(c) T-218タンク(測定位置と破断位置は左図(d)参照)



(e) T-224タンク(測定位置と破断位置は左図(f)参照)

ように大きい不同沈下が発生した。この不同沈下は図3と比較すると埋没谷斜面(基盤面)の傾斜方向に発生したこと、図4(a)～(e)からタンク底部破断箇所は不同沈下量の大きいところと一致することが分かる⁸⁾。ここでは次の(3)と同様に普段から生じた大きい不同沈下の方向に地震で内容液体が大きく動いてタンク底部が破断したことが考えられる⁴⁾。

(3) 1983年日本海中部地震(M=7.7)

1983年日本海中部地震の際に新潟地区の石油タンクでスロッシング(液面揺動現象)が発生し最大液面上昇量は4.5mに達した⁹⁾。タンクの中には図5(文献9)を集成¹⁰⁾に示すように、スロッシング方向が常時からのタンクの不同沈下方向(タンクの傾斜方向)とほぼ一致するものがみられる。しかも、地震発生前から生じた不同沈下は地震で増大したが、沈下傾向は常時と地震時でほぼ同じである^{3), 4)}。なお、秋田地区の石油タンクをみると、地盤の良い地区(地山等)では被害が生ぜず、地盤の悪い地区(埋立地盤等)で被害が生じた³⁾。後者の地盤は概して強度が一様でないことが多く、前記(1)、(2)と同様に地盤の不均質性が被害に大きく影響したことが推察される^{3), 10)}。

(4) 2003年十勝沖地震(M=8.0)

1983年日本海中部地震の際に苫小牧市の出光興産北海道製油所で多くの石油タンク等にスロッシングが発生し、最大液面上昇量が約2.0mに達した¹¹⁾。図6(文献12)と13)を集成をみると、この付近では細長い砂丘が幾つか存在するが、北東-南西方向の街路方向とほぼ平行方向にスロッシングが多く発生した^{3), 4)}。

2003年十勝沖地震の際には同北海道製油所の原油タンク(#30006, リンク火災)とナフサタンク(#30063, 全面火災)で火災等が発生した^{14), 15)}。それらの火災タンクの位置を図6でみると、砂丘(Sd)の縁にあり一様地盤でない傾斜地盤に存在し、異種支持地盤状態にあることが推察される。同図には浮屋根損傷や沈没が顕著に発生した5箇所のタンク位置¹⁵⁾も示されており、そのうちの3箇所は砂丘の縁にあり、やはり異種支持地盤状態で被害が発生したことが推察される^{3), 4)}。

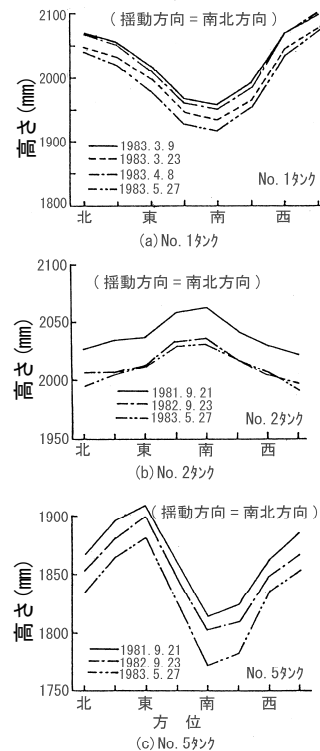
3. あとがき

以上に述べた石油タンクの顕著な地震被害は地盤条件の変化点で発生しており、被害原因は異種支持地盤状態でつくられていたため、主として地震時に地盤の不連続点に発生した地盤の大きい不同変位等が考えられる^{3), 4)}。終

わりに、以上の調査でお世話になった大橋正典元前橋工科大卒業生他の方々に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 土木学会新潟震災調査委員会編:昭和39年新潟地震震害調査報告, p. 6, pp. 867-903, 1966. 6.
- 2) 地形分類図, 新潟, 5万分1, 土地分類基本調査図(CD-R版), 1985. 3. 22発行.
- 3) 那須誠:石油タンク等の地震被害と地盤の関係及び対策工法の考察, 土木建設技術シンポジウム2006論文集, IV-13, pp. 377-384, 2006. 7.
- 4) 那須誠:各種工場の地震被害と地盤条件変化点の関係, 土木建設技術発表会2008概要集, pp. 241-248, 2008. 11.
- 5) 仙台市消防局編:1978年宮城県沖地震 東北石油(株)仙台製油所タンク事故に関する調査資料, 1978. 6.
- 6) 国土地理院編:2万5千分1地形図, 塩釜(南西), 2002. 4.
- 7) 通産省工業技術院地質調査所編:5万分1地質図, 塩釜, 1983. 12.
- 8) 大橋正典, 那須誠:危険物貯蔵タンクの地震被害と地盤の関係, 第34回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM, No. 68, 2007. 3.
- 9) 1983年日本海中部地震震害調査報告書, 土木学会, pp. 718-721, 1986. 10.
- 10) 那須誠:各種構造物の問題発生への不連続点の影響, 土木建設技術シンポジウム2004, IV-3, pp. 225-232, 2004. 7.
- 11) 座間新作:1983年の日本海中部地震による苫小牧での石油タンクの液面揺動について, 消防研究所報告, 第60号, pp. 1-9, 1985. 9.
- 12) 国土地理院編:地図閲覧サービス, 2万5千分1地形図, 勇払(北西), 2003. 9.
- 13) 北海道開発庁編:5万分1地質図, 苫小牧, 1959.
- 14) 平成15年十勝沖地震による弊社北海道製油所 地震被害及び火災事故の原因と再発防止への取り組みについて, タンク火災調査委員会報告 別紙, 出光石油, 2004. 6. 24.
- 15) 十勝沖地震による危険物施設の被害復旧について, Safety & Tomorrow, 第116号, pp. 26-36, 危険物保安技術協会, 2007. 11.
- 16) 那須誠:地震による被害構造物と無被害構造物の地盤の違い, 土木建設技術シンポジウム2003講演論文集, pp. 299-306, 2003. 7.



(日本海中部地震は1983年5月26日に発生)

図5 新潟地区の石油タンクの不同沈下と液面揺動方向(1983年日本海中部地震, 文献9)を集成³⁾

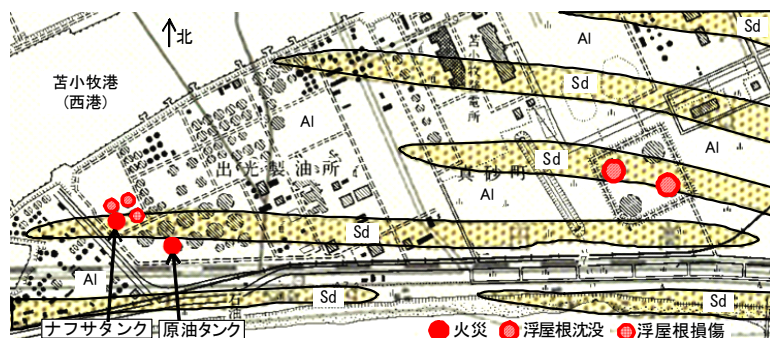


図6 出光興産北海道製油所の火災等発生タンクの位置^{14), 15)}と地盤¹³⁾