

危険物貯蔵タンクの地震被害と地盤の関係

前橋工科大学 学 生 会 員 大橋正典

前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. はじめに

周囲を海に囲まれており資源の乏しいわが国において、危険物貯蔵タンクは埋立地など軟弱な地盤上などに建設されることがほとんどである。それ故、1995年兵庫県南部地震で発生した埋立地地盤の液状化、2003年十勝沖地震で発生したタンク内容物による火災など、地震により被害が拡大する可能性がある。また、被害内容は一要因だけでなく複合要因となっている。本研究ではタンクの地震被害と地盤の関係を調べ、今後の危険物貯蔵タンクを建設するに当たりどのような地盤が良いのか、地震対策を考えるための資料作成を目的とする。

2. 被害事例

各地震による危険物貯蔵タンクの主な被害を示す(表-1)。地盤の液状化、地盤の沈下など基礎地盤の被害とスロッシングによる浮屋根の損傷、内容物の火災、など地震動による被害の2種類は関連しており、本研究では地盤に着目して被害内容と地盤の関係を考察する。

表-1 各地震のタンク被害の概要

地震発生日	地震規模	地震名	タンクの主な被害	タンク位置の地盤
1964年6月16日	M7.5	新潟地震	タンク火災	地形が変化している付近に建設されている。
1978年6月12日	M7.4	宮城県沖地震	石油漏洩、沈下	堆積層の変化点が存在する。
1995年1月17日	M7.2	兵庫県南部地震	地盤沈下、液状化、付属設備の破損	軟弱地盤の堆積変化点及びN値の急変部が存在する。
2003年9月26日	M8.0	十勝沖地震	タンク火災	表層地質の境界部に建設されている。

(1) 2003年十勝沖地震

苫小牧市でタンク内容物の火災が発生し、震源に近い釧路市ではタンクの傾斜、沈下が確認された。最も被害が拡大した苫小牧市の製油所は、図-1に示すように内陸側の地盤を掘削して形成した港湾沿いに存在しているが、火災の発生したタンク付近には海岸の形状と同様の砂丘堆積物 Sd が内陸に向かって数条存在しており、タンクの位置は特性の異なる砂丘堆積物と沖積平野堆積物 A1 の地盤の境界部に跨って位置していることが分かる。また、火災の発生しなかったタンクは砂丘堆積物と別の砂丘堆積物との間に位置している。砂丘堆積物 Sd と沖積平野堆積物 A1 との境界部に存在していたため地震時に特異な動きがタンクに生じて被害が発生したことが考えられる。

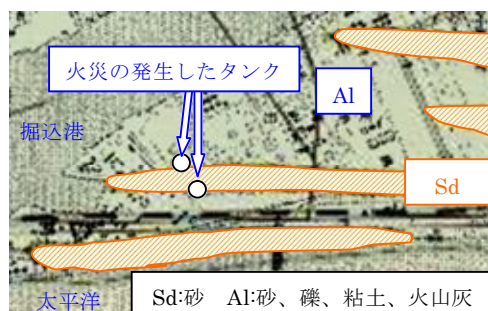


図-1 苫小牧市の製油所の地形図 1a) と地質図 2) を集成

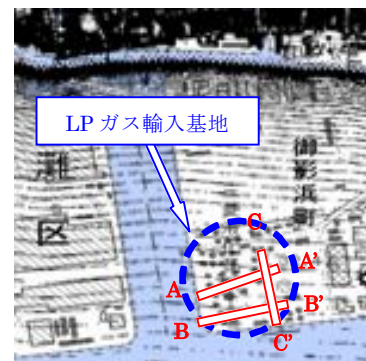


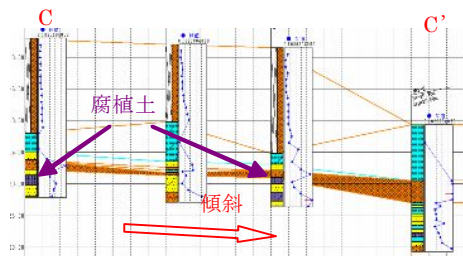
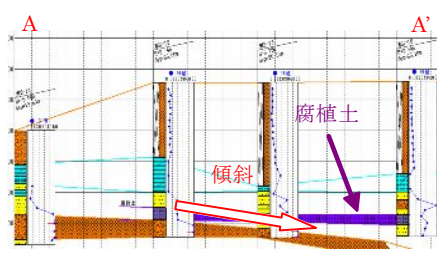
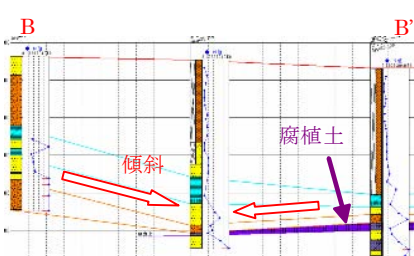
図-2 東灘区の LP ガス輸入基地新地形図 1b) と旧地形図 3) を集成

(2) 1995年兵庫県南部地震

兵庫県南部地震では海洋埋立地でタンクの傾斜や地盤の側方流動が発生し問題となった。東灘区の LP ガス輸入基地(図-2)のタンク基礎は、地盤改良(パイプロフローテーション工法)されているものと高床式コンクリートスラブ形式、ベノト杭によって地盤支持層まで支持されているものがある。タンク本体の被害は発生しなかったが、側方流動によって地表面に多くの亀裂を生じた⁸⁾。一方、長田区長田港ではタンクが傾斜する被害が発生した。両地域ともに海を埋め立てて形成した地域である。LP ガス輸入基地の地盤

キーワード：タンク、地震、被害

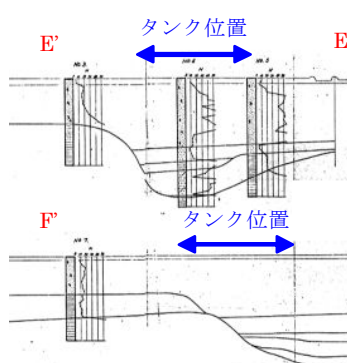
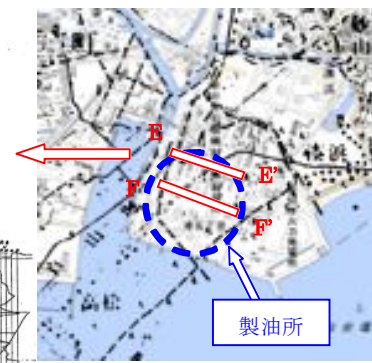
連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 Tel : 027-265-7342 E-mail : nasu@maebashi-it.ac.jp

図-3 CC'の断面想定図⁶⁾図-4 AA'の断面想定図⁶⁾図-5 BB'の断面想定図⁶⁾

について、土質柱状図⁶⁾から東西方向、及び南北方向に断面想定図を作成し、各断面の軟弱地盤の傾斜方向と側方流動の変位方向⁷⁾や大きさを照らし合わせた。地盤の変位は軟弱地盤の傾斜方向に対応しており、変位の大きい地盤では砂礫層下部に腐植土が堆積している(図-4, 5)。長田港の地盤は中間層に N 値が急変する堆積層がいくつも重なって堆積しており動きやすい地盤である考えられる。

(3) 1978 年宮城県沖地震

宮城県沖地震では、タンク底部や配管が破損し内容物の重油、軽油が流出、タンク基礎が不等沈下する被害が発生した。タンク基礎は地盤改良(バイプロフローテーション工法)が行われており、盛土高は 50~65 cm である。この製油所は内陸を削って形成した港湾に建設されている(図-7)⁴⁾。底部が破損した仙台製油所内タンクの位置とタンク直下及び周辺の断面想定図と照らし合わせる。被害が発生しなかった、

図-6 EE'及びFF'の断面想定図⁴⁾図-7 仙台市の製油所新地形図^{1c)}旧地形図⁴⁾

あるいは被害が少なかった地盤の N 値は平均すると深度に対し比例して増加している。また、中間層で N 値が急減する箇所があるが、その堆積層は水平方向に連続している地盤であるため、被害が低減されたと考えられる。一方、被害が発生した地盤では N 値が急減する箇所が存在している地盤と N 値が深度に対し比例して増加する地盤で、標高-10m~-30m にかけて堆積層の変化点が存在しており、その変化点にタンクが建設されている(図-6)。地盤の変化点では東側から西側へ基盤面が急激に深くなっておりその状態が北側へ連続している。タンク底部の破断は東側あるいは西側で発生して、沈下量も東側あるいは西側で大きく生じていることから、地盤の東西方向の変化点にタンクが存在したことが影響して被害が発生したのと考えられる。

3. まとめ

以上より、地震による危険物貯蔵タンクの被害は地盤と関係があり、地盤や地形、地質の変化点で被害が発生しやすいと考えられる。地震時の被害を軽減、または発生を抑制させるためには、不連続となっている堆積層の変化点を跨ぐ建設を避けることや、地盤の傾斜を考慮して地盤の傾斜を無くするような対策を講じることが必要と考えられる。例えば、図-8 に示すようにタンクを地盤変化点上に建設しなければならない場合は、地盤改良によって変化点を軟質あるいは硬質の一樣地盤に改良し連続地盤にすることが有効であると考えられる。

おわりに、今回の研究を進めるに当たってお世話になった宮城県庁、神戸市役所、苫小牧市役所、文献の著者の方々に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土地理院編: 2万5千分の1地形図, a. 勇弘[北西], b. 西宮[南西], c. 塩釜[南西], 平成14年4月
- 2) 5万分の1地質図幅, 苫小牧, 昭和34年3月
- 3) 明治前期・昭和初期神戸都市地図, 柏書房, 1995年4月
- 4) 仙台市消防局 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, 昭和53年6月
- 5) 那須誠, 地盤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, pp. 299~306, 2003.7, 東京
- 6) 神戸の地盤, 神戸市企画局総合調査課, 昭和55年3月
- 7) 濱田政則, 液状化地盤の側方流動予測とライフライン被害予測システムの開発,
- 8) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会, 阪神・淡路大震災調査報告, p128~130, 1998年8月

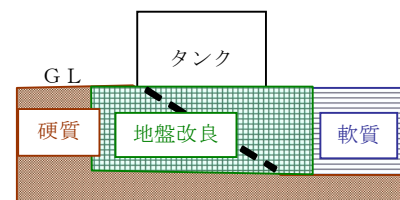


図-8 地盤改良の例