

緊急地震速報を利用したタンクの各種被害予測システムの開発

(財) 地震予知総合研究振興会	正会員	○大保 直人
東京大学生産技術研究所	正会員	目黒 公郎
消防庁消防大学校、消防研究センター		座間 信作
エイシンシステム株式会社		佐藤 正幸
同上		高田 史俊

1. 目的

2003年9月に発生した十勝沖地震により、原油タンク及びナフサタンクで火災が発生した。火災の主たる原因は、貯蔵液の液面動揺によって発生した浮屋根の損傷・沈没であった。タンクの被害は、1964年新潟地震でのスロッシングによる火災、1978年宮城県沖でのタンク底部破壊、1983年日本海中部地震でのスロッシングによる溢流・浮屋根破壊、1994年三陸はるか沖地震でのタンク側板の座屈、1995年兵庫県南部地震での小型タンクの座屈・傾斜等、がある。また、タンクが設置されている地域の立地条件(湾岸地域、埋立地など)を考えると、大地震発生時には、地盤の液状化あるいは津波による被害が発生する可能性が高い。このような地域は、大地震時には「地震動被害」、「液状化被害」、「長周期振動・スロッシング被害」、「津波被害」の被害を受ける可能性が有る。これらの被害を総合的に評価するシステムが提案され、一部実運用されている^{1)~4)}。

タンク被害は、①油の溢流や浮屋根被害：長周期地震動、②側板の破損、座屈、傾斜等の被害：短周期地震動(加速度)、に起因する。ここで、地震動の短周期成分による液体と貯槽の連成震動をバルジングと呼び、この短周期地震動が貯槽本体に慣性力と動液圧として作用し貯槽本体の強度不足による被害、転倒、滑動等をバルジング被害と呼ぶ。これら被害を総合的に評価するシステムが必要と考え、開発が進められている^{5),6)}。

本文では、地震発生時の地震規模・発生位置情報(緊急地震速報⁷⁾)を用いて長周期地震動による油の溢流・浮屋根被害予測、並びに短周期地震動によるタンクのバルジング被害予測し、タンクの総合的な安全性の評価を可能にするシステムの開発事例を紹介する。

2. システムの概要

図1は、地震情報として緊急地震速報と地震動情報を用い、短周期地震動によるタンクのバルジング被害並びに長周期地震動による浮屋根被害評価を新たに組み込んだシステムフローを示す。

ここでは、緊急地震速報を利用したタンク被害に特化した合理的なシステム構築について紹介する。図2にはタンク被害に特化したシステムを組み込んだ装置の外観を示す。本装置は、ネットワークで受信した緊急地震速報を用いて、対象地域に激しい揺れが到達する前に、大規模地震発生時にタンクヤードで予想されるタンク被害、①石油タンクからの内溶液の溢流危険度、②浮屋根損傷評価⁵⁾、③短周期地震動に起因するバルジング被害評価⁶⁾、をリアルタイムで予測・評価し、必要に応じてその被害を最小化するための緊急情報を配信することで、タンクサイトに地震動が到達する前に石油タンクの各種被害程度のランク付けを行い、複数タンクの効率的なパトロールの実施を可能とするものである。

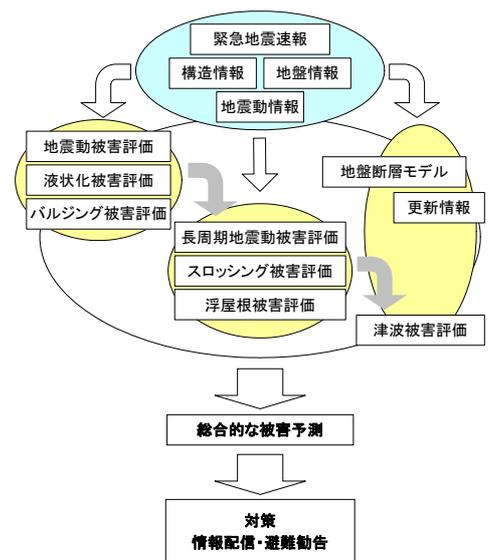


図1 システムフロー

緊急地震速報, 長周期地震動, 短周期地震動, スロッシング被害, バルジング被害

連絡先 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町 1-5-18 (財) 地震予知総合研究振興会 TEL03-3295-5344

図3には、一例としてバルジング評価フローを示す。緊急地震速報で得られた情報を用いて、バルジング評価で必要となる地表面加速度、加速度応答スペクトルを推定し、底板、アニュラー板、側板の材料定数を用いて側板円周方向引張応力、側板軸方向圧縮応力およびアニュラー板水平耐力を評価し、これらの値を総合的に評価してタンク本体の地震危険度評価を行うものである。以下にバルジング評価フローでの処理の概要を示す。

- ① 震源情報処理：スペクトル評価で必要とする地震の発生位置、深さ、規模の情報を、緊急地震速報から抽出する。
- ② 入力パラメータ評価：文献 8) の手法で、長周期帯域までを評価し、本手法をむつ小川原基地データ分析で短周期までの適用した文献 9) から震源情報を用いて加速度応答スペクトルの評価を行う。
- ③ バルジング固有周期評価：タンク情報（内径、油面高さ）からバルジング周期を求め、この周期に対する加速度応答値をタンクの強度評価で用いる。
- ④ 側板応力評価^{10), 11)}：地上タンクは数段の側板で構成され、円周方向引張応力は、各段の側板に作用する静液圧、水平・鉛直震度に対する動液圧を用いて評価する。さらに、軸方向圧縮応力は、側板に作用する鉛直荷重、側板に作用するモーメント、側板実断面積、側板の実断面係数を用いて評価する。
- ⑤ アニュラー板強度評価^{10), 11)}：底板の単位幅あたりの浮上り抵抗力、塑性設計係数構造特性係数、有効液重量を用いて評価する。
- ⑥ 危険度評価^{10), 11)}：側板についてはそれぞれ許容応力で除した値、アニュラー板については保有水平耐力で除した値で危険度を評価する。
- ⑦ 評価結果表示・配信：評価結果を携帯電話・PCへ配信するとともに画面表示（図4参照）の処理を行う。

4. あとがき

東日本大震災でタンクスロッシングや長周期地震動等貴重なデータが得られている。今後、本システムの評価結果と地震動情報の結果を比較し、本システムの実用化に向けた照査を実施する予定である。

参考文献

1) 南條孝文他：液体燃料タンクを対象とする総合的な地震被害予測・警報システムの構築，土木学会第 60 回年次学術講演会，2005。
 2) 南條孝文他：緊急地震速報を利用したタンクヤードの総合的な地震被害予測・警報システムの構築と導入効果の検証，土木学会第 61 回年次学術講演会，2006。
 3) 日刊工業新聞：九州石油，大分製油所に地震感知システムを導入，2008。
 4) Tatsuya IWAHARA et. al.：Safety Assessment of Underground Tank from Long-Period Strong Ground Motion - Development of Earthquake Disaster Warning System Using Real-Time Earthquake Information-, 14WCEE, 2008。
 5) 大保直人他：地震の震源情報を用いたタンク安全評価システムの開発，地域安全学会概要集，No26, 2010。
 6) 大保直人他：地震の震源情報を用いたタンク安全評価システムの開発-その2，地域安全学会概要集，No27, 2010。
 7) 気象庁：<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/>。
 8) 座間信作：やや長周期帯域における加速度応答スペクトルの半経験的表現，消防研究所報告，2000。
 9) 引田智樹他：地震観測記録に基づく想定三陸沖北部の地震の地震動評価，土木学会第 65 海返事学術講演会，I-341, 2010。
 10) 消防危第 14 号：危険物の規制に関する規則の一部改正する省令等の施行について，平成 17 年 1 月 14 日。
 11) 座間信作他：石油備蓄タンクのリアルタイム地震被害評価システムの構築，圧力技術，2002。



図2 装置の外観

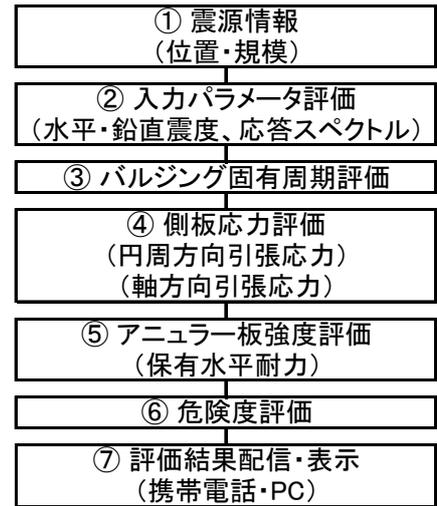


図3 バルジング評価フロー



図4 評価結果表示例