

# 地震の震源情報を用いたタンクの安全評価システムの開発

## Development of Safety Evaluation System of Oil Storage Tanks Based on Seismic Information

○大保直人<sup>1</sup>, 座間信作<sup>2</sup>, 佐藤正幸<sup>3</sup>, 高田史俊<sup>3</sup>  
Naoto OHBO<sup>1</sup>, Shinsaku ZAMA<sup>2</sup>, Masayuki SATO<sup>3</sup> and Fumitoshi TAKADA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(財)地震予知総合研究振興会, 地震防災調査研究部

Research Division for Earthquake and Disaster Mitigation, Association for the Development of Earthquake Prediction

<sup>2</sup>消防大学校, 消防研究センター

National Research Institute of Fire and Disaster, Fire and Disaster Management Agency.

<sup>3</sup>エイシンシステム(株)

Eisin System Co., Ltd.

For an efficient patrol to prevent and/or minimize secondary disaster such as fire breakout, diffusion of oil at the tank sites just after an earthquake, we have developed a system that can quickly estimate the extent of damage of tanks by liquid sloshing using earthquake early warning (EEW). The process flow of the system is (1) Evaluation of arrival time and seismic intensity using EEW, (2) Estimation of velocity response spectrum  $S_v$  using the semi-empirical method, (3) Evaluation of the possibility of oil overflow and of roof failure based on  $S_v$ , and (4) Transmission of the potential damage information to mobile telephones or to PCs by e-mail. Since the process time from (1) to (3) in the above process flow is within 0.4 sec, it is considered that the system provides useful information for the rational initial responses at tank sites.

**Keywords :** *Sloshing, Oil Storage Tank, Estimation of Floating Roof Damage, Long-period Ground Motion, EEW*

### 1. はじめに

2003年十勝沖地震で発生した石油タンク被害は、長周期地震動によって励起された内容液のスロッシングによるものであった。そこで、長周期地震動による内容液のスロッシング波高を地震波到達前に予測し、さらに到達した長周期地震動を用いてスロッシング波高を精度良く評価するシステムを提案・構築<sup>1), 2)</sup>し、一部地域で運用を開始した<sup>3), 4)</sup>。このシステムは、気象庁から配信された緊急地震速報の震源情報および観測記録を用いて計算されるスロッシング波高に基づき、石油タンクの点検順位情報等を表示・配信する機能を備えている。

ここでは、スロッシング波高に基づく石油タンクの点検順位情報の表示・配信機能に加えて、新たにスロッシングによる浮き屋根損傷評価機能を追加し、石油タンクの合理的な点検等に必要となる情報の提供が可能なシステムについて紹介する。

### 2. システムの概要

実運用を開始しているシステムは、スロッシング波高評価に特化しているため、石油タンクからの内容液の溢流危険度を考慮していない事、またスロッシング波高が浮き屋根の挙動に与える影響も考慮出来ない等、システムの高度利用において幾つかの課題があった。

ここで開発したシステムは、緊急地震速報<sup>5)</sup>を用いて、タンクサイトに地震動が到達する前に石油タンクのスロッシング波高を予測し、スロッシングに伴う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。

具体的には、緊急地震速報で得られた情報を用いたリアルタイムスロッシング予測に関する検討<sup>6)</sup>に基づき、浮き屋根に作用する応力評価を行うことが可能なシステ

ムを、図1に示した処理フローに基づき開発した。このタンク安全評価システムは、以下の5つの処理機構で構成されている。

- 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 スペクトル評価  
震源情報と文献<sup>7)</sup>の手法を用いて速度応答スペクトルの評価を行う。
- ③ スロッシング評価 (溢流危険度)  
タンク情報 (内径、油面高さ) からスロッシング1次、2次周期を求め、スロッシング波高を評価し、タンク高さ情報を用いて内容液の溢流危険度を評価する。
- ④ 浮き屋根損傷度評価<sup>8)</sup>  
浮き屋根損傷度評価で必要とされる浮き屋根の諸量を用いて、浮き屋根の円周方向面外曲げモーメント、水平面内曲げモーメント、円周方向圧縮応力を算定し、浮き屋根損傷度を評価する。
- ⑤ 評価結果配信・表示  
溢流危険度および浮き屋根損傷度情報を携帯電話・PCへ配信するとともに画面表示の処理を行う。

図2は、上述したタンクの安全評価システムの評価機能を組み込んだ装置を示す。

本装置の基本仕様は下記である。

- ・81(W)×133(D)×32mm(H),
- ・CPUクロック: 600MHz,
- ・メインメモリー: 1GB

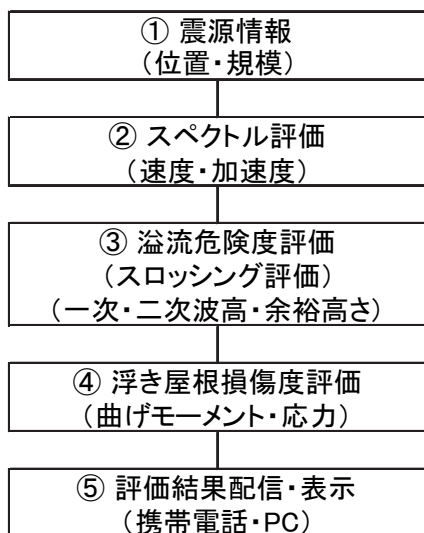


図1 タンクの安全性評価フロー



図2 装置の外観

### 3. 評価事例

図2の装置に組み込んだシステムは、下記機能を有している。

- ・インターネットを介した情報授受。
- ・評価結果のメール配信。
- ・評価結果のパソコン画面表示。
- ・評価・処理に必要な情報の自動処理。
- ・震源情報を用いたスペクトル評価。
- ・実地震波形を用いたスペクトル評価。
- ・スロッシングによる被害評価

本装置に3万kl:3基, 5万kl:3基, および10万kl:6基の合計12基のタンク情報を設定し、これに任意の震源情報を入力し、スペクトル評価、スロッシング波高評価、溢流危険度(余裕高さ)評価、および浮き屋根損傷度評価の処理を実施させた。

以下に、各処理で要した時間を示す。

- ②スペクトル評価 346ms
- ③溢流危険度評価 7ms
- ④浮き屋根損傷度評価 3ms

本装置を用いた試験では、地震情報を入力後0.4秒以下という短時間で処理できることが分かった。

図3には、本装置を用いた溢流危険度および浮き屋根損傷度の評価結果の画面表示例を示す。

### 4. おわりに

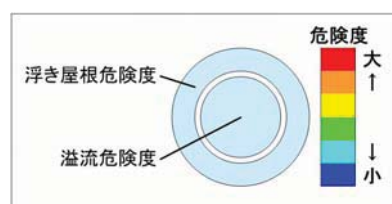
長周期地震動の発生・到達が懸念される湾岸地域等に存在する石油タンクではスロッシングの発生が予想される。これへの対応として、長周期地震動を精度良く計測

出来る地震計を用い、得られた地震動波形を処理してスロッシング波高を評価するシステムの運用が一部事業所で開始されている<sup>3,4)</sup>。

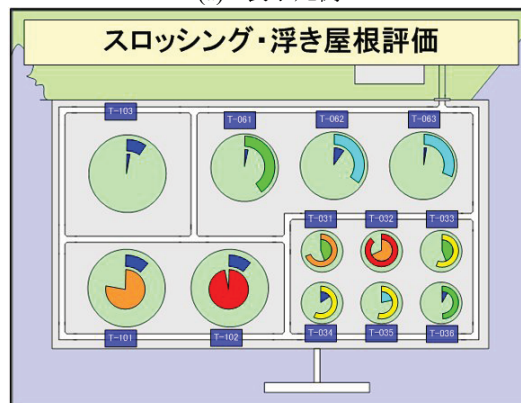
ここでは、気象庁から配信されている緊急地震速報の震源情報を利用したスロッシングによる石油タンクの被害程度を評価するシステムの構築を試み、装置として試作した。

本装置は、地震到達前に得られた震源情報を用いて、速度応答スペクトルを評価し、スロッシングによる内容液の溢流危険度および浮き屋根損傷度評価を行い、結果を配信することができるもので、比較的安価な費用で構築できることが特徴である。

今後は、開発した装置にタンクのパルジングによる危険度評価の追加、並びに本装置の実サイトへの適用と信頼性向上に関するデータ蓄積を進めていく予定である。



(a) 表示凡例



(b) 評価結果表示例

図3 溢流・浮き屋根危険度評価結果画面事例

### 参考文献

- 1) 大保直人他：土木構造物のリアルタイム損傷評価システムの開発，リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集，pp.39-42，2004。
- 2) 大保直人他：リアルタイムスロッシング評価システムの開発，大型タンクのスロッシングに関する耐震・制振・免震等技術のミニシンポジウム，pp.15-18，2005。
- 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) 気象庁：<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/>
- 6) 座間信作他：緊急地震速報に基づくリアルタイムスロッシング予測，消防研究所報告，2009。
- 7) 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。
- 8) 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