

津波遡上時の燃料タンクの健全性評価

燃料タンクの滑動、浮上、側板座屈への影響に関する水理模型実験および数値解析

Assessing the Soundness of Fuel Tanks During a Tsunami

Hydraulic Model Experiment and Numerical Analysis of Impact on Fuel Tank Sliding, Floating, and Hull-Buckling

(土木建築部 火力土建G)

近年、地震に伴う津波遡上により、陸域部での甚大な被害が東南アジアで報告されている。一方で、我が国でも近い将来、海溝型巨大地震の発生が想定されており、同様な津波災害も懸念される。

そこで、国から公表されている想定津波を対象に、陸域に津波が遡上した場合の燃料タンクに作用する津波力を解明するとともに、タンクの側板強度を検討し、その健全性を評価した。

(Thermal Power Plant Civil and Architectural Engineering Group, Civil and Architectural Engineering Department)

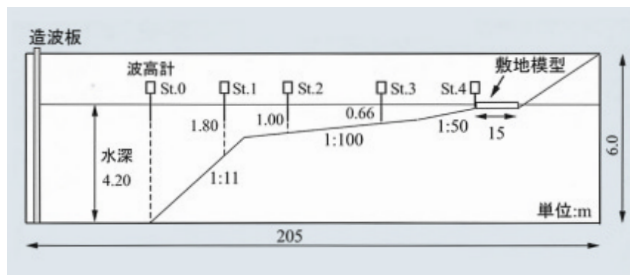
In recent years, immense damage on land due to tsunami accompanied by earthquake was reported in Southeast Asia. In the near future a huge ocean trench-type earthquake is expected to hit Japan, which has set off alarms that there will be similar scales of tsunami damage.

And so, with the expected tsunami as publicly stated by the government in mind, we intend to clarify the tsunami's power acting on a fuel tank in the event a tsunami reaches land, investigating strength of the tank's hull and assessing its overall soundness.

1 背景・目的

津波の海域での水理的挙動は従来から研究によりほぼ解明されているが、陸域に遡上した場合の陸上構造物に与える影響については不明な点が多い。

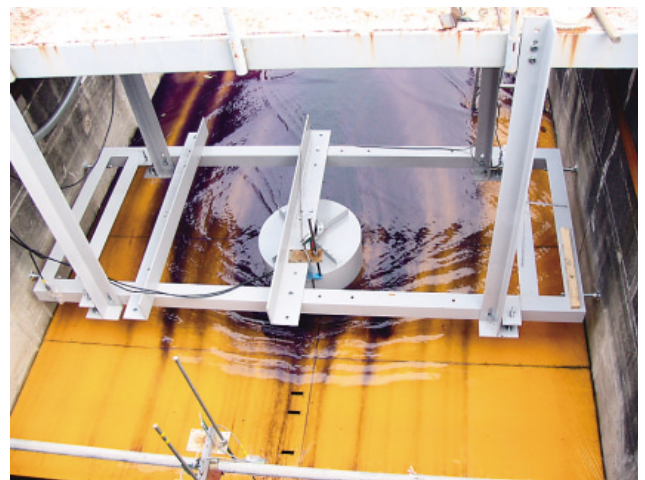
そこで、中央防災会議が想定した津波を対象に、大型造波水路での水理模型実験(第1図)により、燃料タンクに作用する津波の波力、波圧を解明し、タンクの滑動、浮上りに対する安定性を検討した。また、実測された波圧作用時の燃料タンク側板の座屈強度を数値解析し、その健全性を評価した。



第1図 実験装置

2 実験の概要

実験は、長さ205m、深さ6.0m、幅3.4mの大型造波水路内に模型縮尺1/40の海底地形模型と陸域模型を製作し、タンク単体を対象とした基礎的な実験とタンク集合体を対象とした実験を行った。タンク単体の実験(第2図)では、直径の異なる数種類のタンクを用い、タンク直径と護岸からの距離との関係、タンクを囲う防油堤の有無による津波波力、波圧の時間変化を調べた。タンク集合体の実験(第3図)では、実構造物条件のもと防油堤に囲まれたタンクに作用する波圧を測定した。これらのタンク周囲の波圧分布を、タンク側板の座屈強度に関する数値解析で外力として用いた。



第2図 タンク単体の実験状況



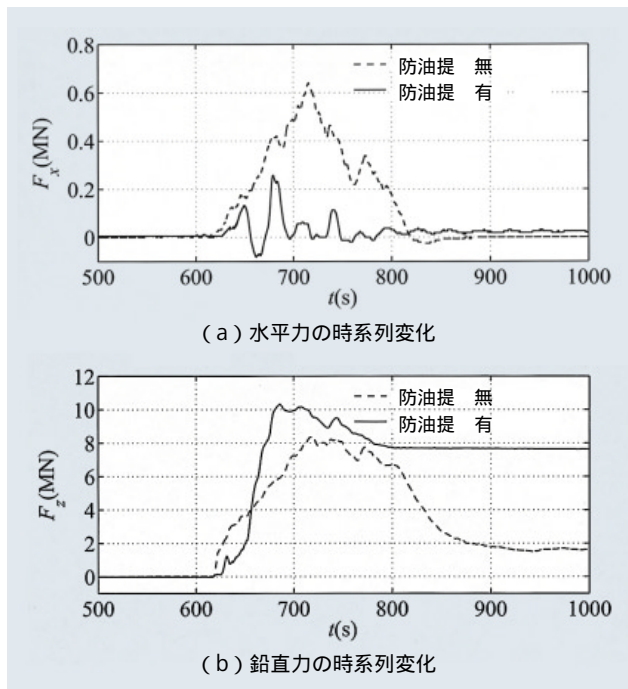
第3図 タンク集合体の実験状況

3 水理実験結果の概要

第4図に防油堤有無によるタンク単体に作用する水平力 F_x 、鉛直力 F_z の時系列変化の例を示す。

(1) 水平力は、防油堤が無い場合では津波の水位に対応して一方向に作用し、防油堤が有る場合では防油堤内での反射があるため振動する。

(2)鉛直力は、防油堤が無い場合には、遡上波の最大水位でピークを示すが、防油堤が有る場合には堤内に水が貯留されるため大きくなり、浮力として作用し続ける。



第4図 防油堤の有無による津波波力の時系列変化

4 数値解析結果の概要

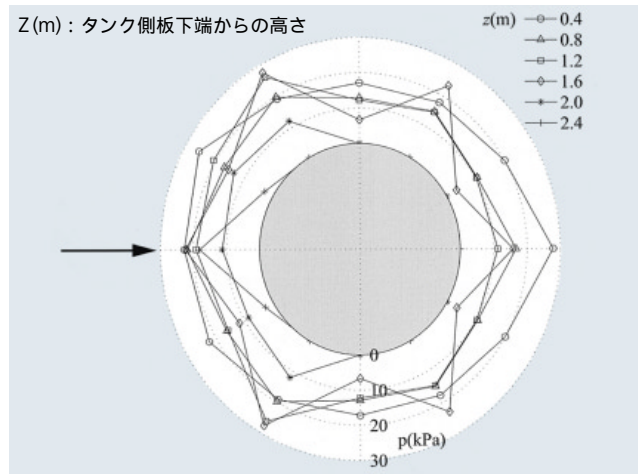
波圧に対するタンクの座屈強度を、有限要素法による数値解析で検討した。外力は防油堤が有る場合の実験での波圧分布とした。座屈の対象となるのはタンク側板の周方向の圧縮応力が最大となる瞬間の波圧分布である。波圧分布の例を第5図に示す。防油堤内の流れは複雑なため波圧分布は円周方向にも変化する。タンク側板に作用する荷重は、

外力として波圧、

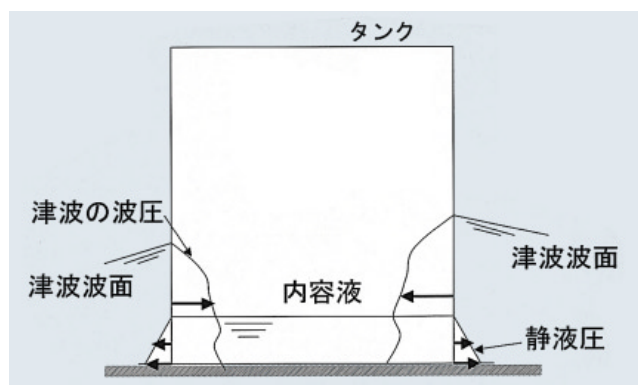
側板の上下方向圧縮力としてタンク自重、

内圧としてタンク内容液の静液圧、

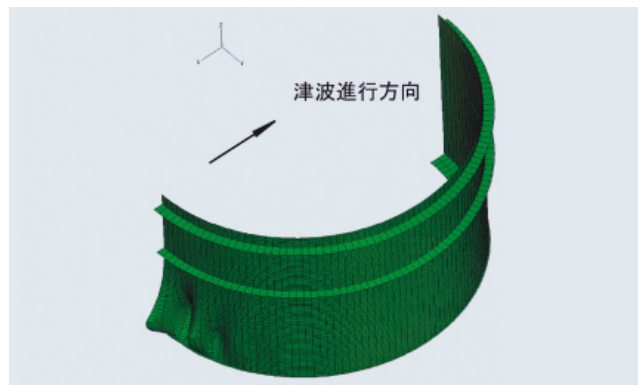
がそれぞれ作用する。これらの概念を第6図に示す。内容液による静液圧は波圧を相殺する方向に働くことから、側板に働く荷重として考慮すべきは、『波圧 - 内容液の静液圧』となる。座屈の変形形状の例を第7図(変位量のみを1000倍に拡大して表示)に示す。この解析結果では、単純な円筒状の静水分布を与えた場合の座屈とは異なり、波圧の大きい部分を中心に局所的な変形となっている。また、この時の側板の発生応力は降伏応力より小さい値であり、座屈発生の可能性は小さい。また、タンクの内容液の液高により、側板の座屈強度も異なることも再現できた。



第5図 タンクに作用する波圧分布



第6図 波圧と内容液による静液圧の関係



第7図 座屈変形状

5 まとめ

今回得られた主要な知見は、タンクの滑動、浮上り、座屈の点から下記のとおりである。

- (1)想定した津波に対し、タンクが空の状態であれば、タンクは浮上する。
- (2)波圧分布は、周方向に変動する。座屈変形としては波圧の大きい部分を中心に局所的な変形となる。
- (3)想定した津波に対するタンクの健全性を確保するには、最低液位を上げる等のタンク運用上の対応が有効である。



執筆者 / 佐野正和
Sano.Masakazu@chuden.co.jp