第Ⅱ部門

球形タンクに作用する津波波力に関する実験的研究

大阪大学工学部　学生会員　○岩崎　舜
大阪大学大学院工学研究科　学生会員　古瀬 智博
大阪大学大学院工学研究科　正会員　荒木 進歩
大阪大学大学院工学研究科　フェロー　青木 伸一

1. はじめに

貯蔵タンクの存在は，私たちの生活を豊かにさせる反面，その保有するエネルギーの大きさから様々な悪影響を及ぼす可能性がある．東日本大震災では，宮城県多賀城市及び千葉県市原市で石油コンビナートが被災し，転倒及び流出したタンクから燃料が流出し大規模な火災及び爆発が発生した．今後数十年以内には南海トラフ地震が発生するとされており，太平洋沿岸に大規模な被災が想定されている．太平洋沿岸には多数の貯蔵タンクが存在しており，安全性の再検討が急務である．

本研究では，貯蔵タンクの中でも球形タンクに着目している．円筒タンクなどに作用する津波波力については，評価手法がいくつか提案されているが，球形タンクに作用する津波波力についての研究例は少ないので，基礎的な実験から波力特性を明らかにしていく．また，静水圧をもとにした算定式から球形タンクに作用する水平波力をどの程度評価できるか検討を行う．

2. 水理模型実験の概要

本実験では，大阪大学 2 次元水路を用いて行った．タンク貯蔵用地を水路内ゲートから 16.8m の位置になるように設置した．計測機器は波高計を 5 つ，流速計を 2 つ及び 3 分力計を用いて行った．実験水槽断面図及び貯蔵用地詳細を図-1 に示す．ゲートを隔てて水位差を発生させ，手動でゲートを倒すことにより擬似津波を造波させた．タンク設置位置を岸壁より A~E とし，3 種類の波を 2 回ずつ発生させ，計 30 回造波させた．実験 Case を表-1 に示す．模型は単体で設置するものとし，水槽の水量は一定とした．

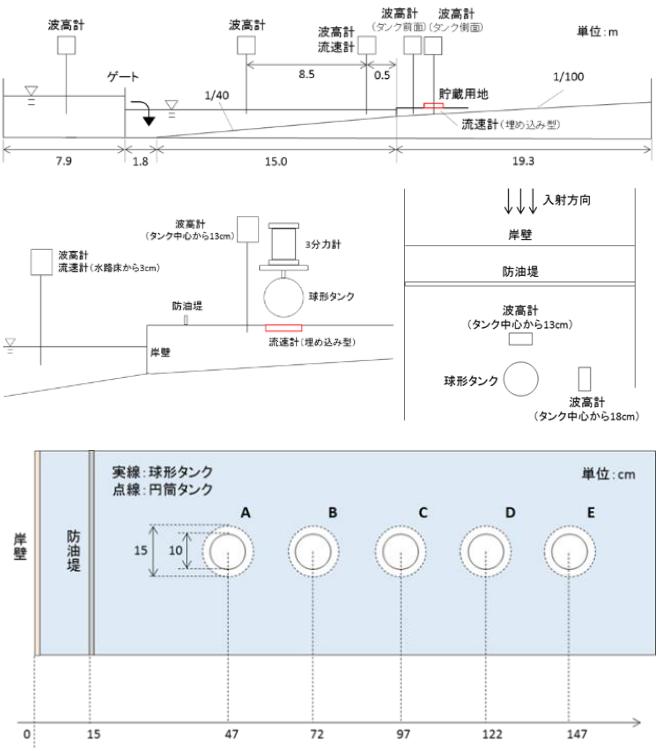

図-1　実験水槽断面図及び貯蔵用地詳細

表-1　実験 Case

位置	Case	水位差(cm)	回数
A~E	Case1	約 15	2 回
	Case2	約 20	2 回
	Case3	約 25	2 回

3. 実験結果

図-2 は B 地点 Case1 の水平波力，鉛直波力，遡上水深及び流速の時系列変動を示している．測定系に生じた固有振動をフーリエ解析で除去したものを扱っている．水平波力について，遡上水深に対応するように変動していることが分かる．鉛直波力について，波が衝突してから少しの間は下向きの力が作用

Shun IWASAKI, Tomohiro FURUSE, Susumu ARAKI and Shinichi AOKI
iwasaki_s@civil.eng.osaka-u.ac.jp

していることが分かる．この間では，タンク下にクリアランスがあることからタンク下に流れの剥離が起こり，それにより負圧を生じ，その下向きの力が浮力を卓越していたと考えられる．その後は，流れが定常に近づくにつれ浮力の影響が大きくなり，上向きの力が作用していることが分かる．

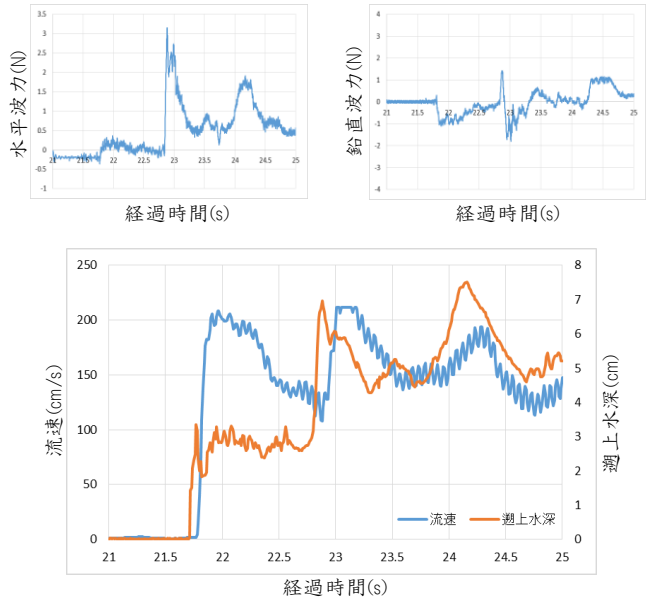

図-2　波力，遡上水深及び流速の時系列変動
(B 地点 Case1)

4. 水平波力算定式

本研究では，水平波力を静水圧をもとにした算定式によってどの程度評価できるか検討を行う．タンク側面の遡上水深は総務省消防庁の研究結果(2009)から得られた円筒タンクについてのものを使うこととする．以下，得られた算定式を示す．

$$h_x^{max}(\theta) = \alpha\eta_{\max}\sum_{m=0}^{3} p_m cosm\theta \cdots (1)$$

$$\begin{pmatrix} p_0 = & 0.680 & p_1 = & 0.340 \\ p_2 = & 0.015 & p_3 = & -0.035 \end{pmatrix}$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{3}\{h_x^{max}(\theta) - 1\}\left\{\frac{31}{3} - \frac{1}{3}h_x^{max}(\theta)\right\}} \cdots (2)$$

$$F_{Hmax} = \frac{1}{2}\int_{-\pi}^{\pi} \rho g[h_x^{max}(\theta)]^2 R cos\theta d\theta \cdots (3)$$

ここに，$h_x^{max}(\theta)$:津波到来方向からθ方向での側面水深，η_{max}:タンクなしでの最大浸水深，R:静水圧作用点の切断面半径，F_{Hmax}:最大水平波力，α:タンクあり遡上水深とタンクなし遡上水深の比である．

式(1)のαは本実験から1.1であることが分かった．式(3)から求められた算定値と実験から求められた計測値の比較を図-3 に示す．本実験では，波力作用時間が短い波力(瞬間的な波力とする)及び作用時間が長い波力(持続的な波力とする)に分類している．瞬間的な波力について，過小評価しているCaseが多いという結果になった．過小評価しているCaseはタンクに波が衝突してから水の跳ね上がりが大きいことが確認された．これはx軸方向の運動量が大きく減少することから水平波力が大きくなったと考えられる．この傾向は，岸壁から遠い地点ほど顕著に見られた．持続的な波力についても過小評価している Case が見られた．

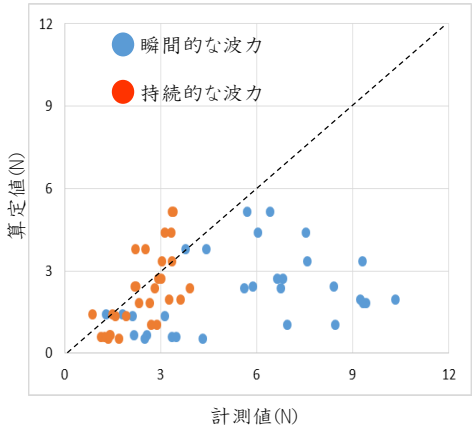

図-3　計測値と算定値の比較

5. 結論

球形タンクに作用する水平波力を静水圧で評価することは難しいことが分かった．今後，補正係数の導入や波力作用状況の分類などを行うことにより，水平波力を評価可能か検討を行っていきたい．また，鉛直波力算定式の研究にも力を入れていきたい．

参考文献

総務省消防庁 参考資料 7 屋外貯蔵タンクに作用する津波波力の算定方式，危険物施設の津波・浸水対策に関する調査検討報告書, 2009