

## エネルギー貯蔵タンク側面に作用する津波波圧に関する実験的研究

大阪大学 正会員 ○荒木 進歩  
 関西電力 正会員 國松 航  
 大阪大学 学生会員 北口 春陽  
 大阪大学 フェロー 青木 伸一  
 大阪大学 学生会員 岩崎 舜

### 1. 研究の背景と目的

石油コンビナートのエネルギー貯蔵施設は沿岸部に位置しているため、津波が来襲し、エネルギー貯蔵タンクに被害が及ぶと大規模な火災につながるおそれがある。近い将来の発生が懸念される南海トラフ地震においても、来襲する津波により被害を受ける可能性が高く、対策を講じる必要がある。本研究では、石油等の貯蔵タンクに作用する津波波圧を測定し、その特性を把握することを目的として水理実験を行った。

### 2. 水理実験

水理実験は、図-1 に示す長さ 44 m、幅 0.7 m、高さ 1.2 m の断面 2 次元水路で行った。水路端の貯水部ゲートを開くことにより段波を発生させ、水路内に設置した貯蔵タンク模型に作用させた。貯蔵タンク模型はアクリル製の円筒形で直径  $D = 15 \text{ cm}$ 、高さ 10 cm である。貯蔵タンク周辺の詳細を図-2 に示す。護岸前面 H3 における段波の最大水位上昇量は 10.0、12.5、15.0 cm の 3 種類であり、それぞれ Case 1, 2, 3 とした。初めに貯蔵タンクを設置しない状態での浸水深と流速を貯蔵タンク設置位置で測定し、その後、貯蔵タンク側面に作用する波圧を測定した。図-3 に波圧測定点を黒丸で示す。貯蔵タンク側面の高さ方向に 6 点 (P1~P6) を設定 (図-3(a)) し、海側を  $\theta = 0^\circ$ 、陸側 (遡上波の進行方向) を  $\theta = 180^\circ$  として  $30^\circ$  ごとに測定 (図-3(b)) した。なお、貯蔵タンク側面の波圧測定時には、波圧測定点近傍での浸水深も測定した。

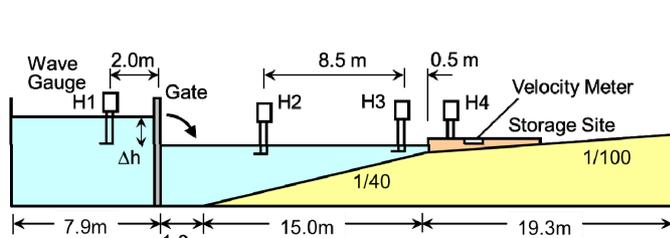
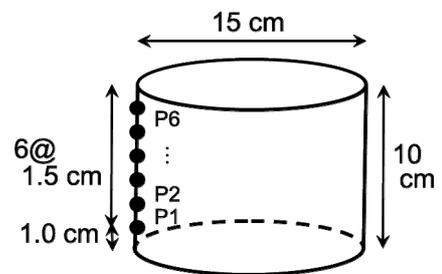


図-1 実験水路



(a) 鳥瞰図

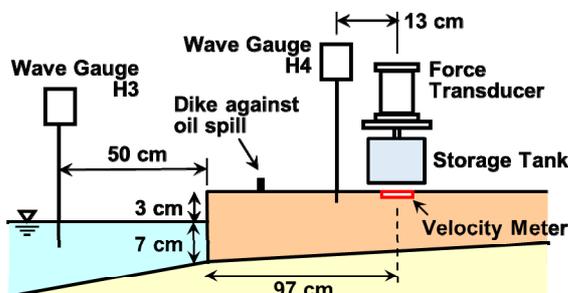
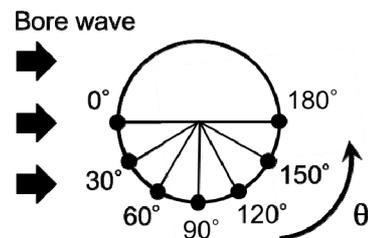


図-2 模型タンク周辺の詳細



(b) 平面図

図-3 圧力測定点

キーワード 波圧, 津波, タンク, 浸水深

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL 06-6879-7614

3. 実験結果

図-4 に、水平方向波力が最大になる時刻におけるタンク周囲の浸水深の分布を示す。横軸は図-3(b)に示す角度  $\theta$  で海側が  $0^\circ$ 、陸側が  $180^\circ$  であり、縦軸の浸水深はタンクがない場合の浸水深の最大値  $\eta_{max}$  で無次元化している。図中には Case1, 2, 3 のほか、総務省消防庁<sup>1)</sup>による円筒形タンクに作用する水平方向波力最大値の算定式(式(1))中で用いられている浸水深の分布(式(2))を黒実線で示し、FDMA と表記している。

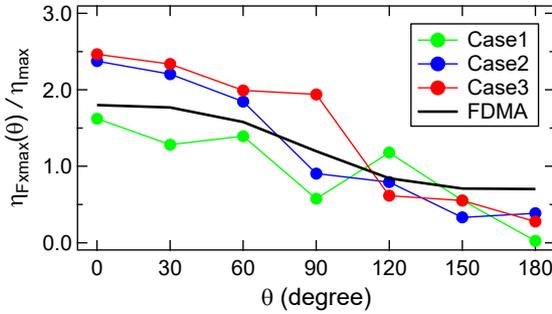


図-4 タンク周囲の浸水深分布

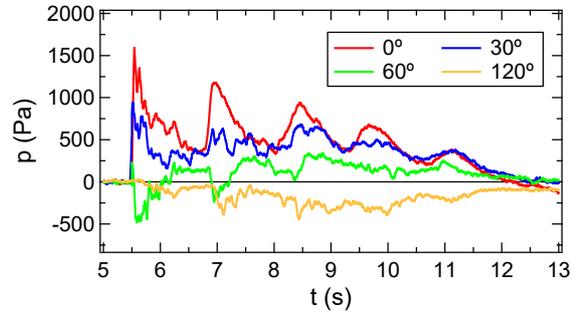


図-5 タンク側面 P1 の波圧時系列

$$F_{x\max} = \frac{\pi}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \rho g [\eta_{Fx\max}(\theta)]^2 R \cos \theta d\theta \quad (1)$$

$$\eta_{Fx\max}(\theta) = \alpha \eta_{\max} \sum_{m=0}^3 p_m \cos m\theta \quad (2)$$

$$\alpha = \begin{cases} 1.8 & 1.3 < Fr \\ 2.0Fr - 0.8 & 0.9 < Fr < 1.3 \\ 1.0 & Fr < 0.9 \end{cases} \quad (3)$$

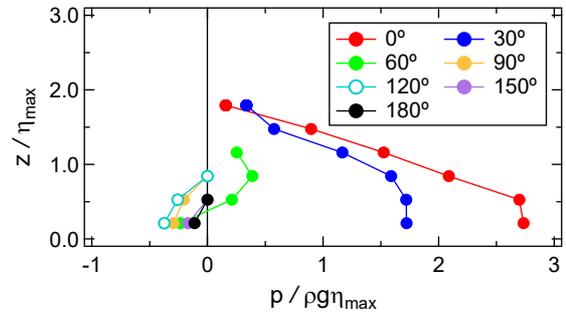


図-6 タンク側面の波圧鉛直分布

ここに、 $\rho$ : 水の密度、 $g$ : 重力加速度、 $R$ : 円筒タンクの半径 ( $R = D/2$ )、 $p_0 = 0.680$ 、 $p_1 = 0.340$ 、 $p_2 = 0.015$ 、 $p_3 = -0.035$ 、 $Fr$ : フルード数である。

いずれのケースも総務省消防庁の式とのずれは小さくないが、全体的な傾向としては一致している。

図-5 に、Case 3 の  $\theta = 0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$  および  $120^\circ$  において、タンク側面の最下点 P1 で測定された波圧の時系列を示す。 $\theta = 0^\circ$  および  $30^\circ$  の波圧は正の値であるが、 $\theta = 60^\circ$  の波圧は津波作用の初期に負の圧力が現れ、 $\theta = 120^\circ$  の波圧は津波作用のほぼすべての時間帯で負の圧力が測定された。 $\theta = 150^\circ$  および  $180^\circ$  の波圧も同様に負の圧力であった。

図-6 に、Case 3 での水平方向波力が最大になる時刻におけるタンク側面の波圧鉛直分布を示す。縦軸は底面からの高さをタンクがない場合の浸水深の最大値  $\eta_{max}$  で無次元化し、横軸は測定圧力  $p$  を  $\eta_{max}$  相当の静水圧で無次元化している。 $\theta = 0^\circ$ 、 $30^\circ$  では静水圧に近い三角形分布であるが、底面付近では静水圧からの圧力低下が見られる。 $\theta = 60^\circ$  以降は静水圧分布から大きく外れ、 $\theta = 90^\circ$  以降は負圧となっている。総務省消防庁<sup>1)</sup>の算定式は式(1)の形から分かるように、タンク周囲の水位に相当する静水圧を積分することにより与えられている。しかし本研究での測定結果では、図-6 に示すように水平方向波力最大時にタンク周囲の波圧が静水圧分布から外れている。

参考文献

1) 総務省消防庁: 危険物施設の津波・浸水対策に関する調査検討報告書, pp. 1-98, 2009.