

第Ⅱ部門

衝撃力を考慮した円筒貯蔵タンクに対する津波波力評価手法の考察

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○鷺見 遼太
 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 正会員 青木 伸一

1. 研究の背景と目的

つい最近のように感じられる東日本大震災では津波の襲来によりエネルギー貯蔵タンクが転倒・流出し、経済・産業等に甚大な被害をもたらした。そういった津波による災害を軽減するためにも津波の波力等の推定は必要不可欠である。もちろん直立壁や立方体の構造物に対する波力評価式は確立されつつあるが、円筒タンク等円筒形のものについてはいまだ改良の余地がある。予想される南海トラフ地震に引き起こされる津波は近地津波に分類され周期が短いため動的な波力が確認されると推定されるが、現在用いられているのは静的な式である。そこで本研究では円筒タンクに対する水平波力を動的な波力を考慮して評価する手法について検討・考察した。

2. 水理模型実験

本研究においてはタンクのない状態での津波水位や流速を用いた評価手法を検討するためにタンクに対する波力とタンク周囲の水位に加え、タンクのない状態でのタンク位置津波水位・流速を測定することとした。実験ケースは岸壁前津波高さ Case1, Case2 それぞれ 15cm, 20cm とした。

実験水路は図-1 に示す全長 42.2m の屋外 2 次元水路である。1/40 勾配の水路床を経て 1/100 勾配へと変化する点に岸壁が来るように貯蔵用地を設置し図-2 に示す貯蔵用地岸壁部より 97cm の位置に中心が来るように直径 15cm 高さ 10cm の円筒模型を設置し、前述の項目を測定した。測定においては容量式波高計、電磁流速計、3 分力計（エス・エス・ケイ製）を用いて、サンプリング周期は全て 1ms とした。波高計の計測位置は図-1 の H1~H3 の位置とタンク位置の四箇所、流速計の計測位置はタンク真下に埋めこむ

形で、波力計はタンクの上部に固定する形で設置した。尚タンクと床面とのクリアランスとして 6.5cm の隙間を設けた。タンク周囲の水位は波の衝突する点を 0° 背面を 180° とし円周に沿って 30° ずつの点に波高計を設置して計 7 回に分けて測定した。

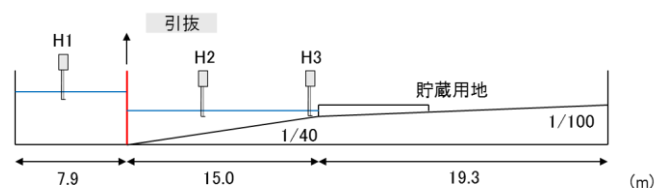


図-1 実験水路

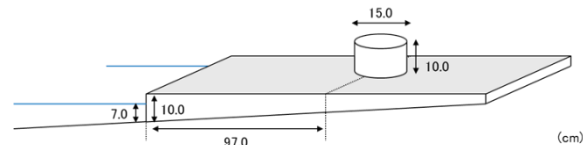


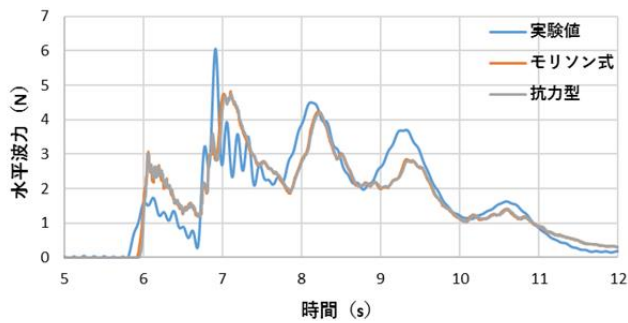
図-2 貯蔵用地

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D u |u| B \eta + \rho C_M \dot{u} B L \eta + \frac{1}{2} \rho C_S (\theta) u |u| B \eta + \rho g B L \eta \frac{d\eta}{dx} \quad \cdots (1)$$

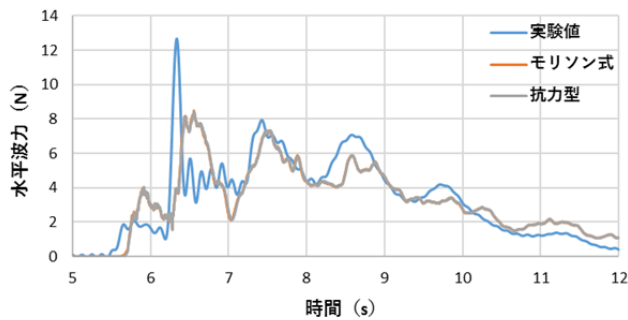
ρ : 水の密度 g : 重力加速度
 B : タンク幅 u : 流速
 C_D : 抗力係数 C_M : 慣性係数
 C_S : 衝撃力係数 ($=C_S' \tan \theta$) L : 構造物の長さ
 η : 遡上水深 V : 没水体積

3. 実験結果および考察

式(1)に本研究で考察する大森ら(2000) が提案した修正モリソン式を示す。修正モリソン式の内第 1 項と第 2 項を足したものがモリソン式であり、第 1 項のみが抗力型式である。まずモリソン式及び抗力型式と実験で測定された波力の比較を行った。モリソ



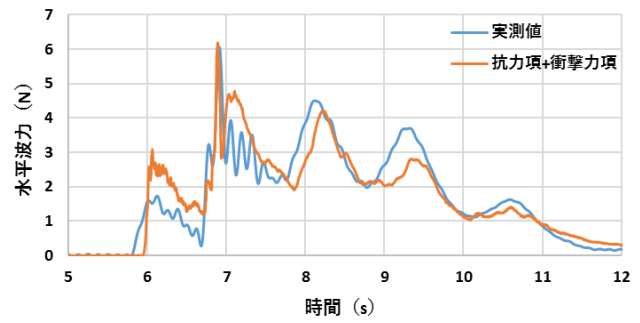
(a) Case1



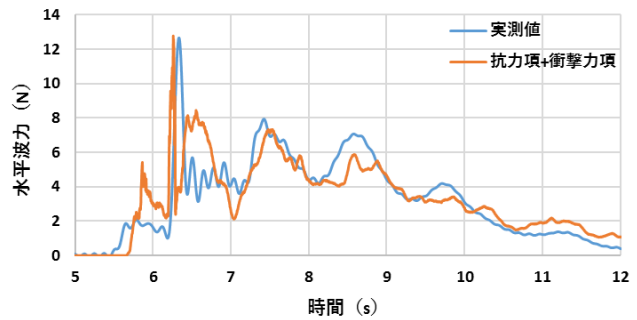
(b) Case2

図-3 モリソン式

ン式中に含まれる各係数は実験値と式との差に最小二乗法を用いて算出した。算出結果と実験結果の比較が図-3 通りとなった。各係数は表-1 の通りである。抗力型式とモリソン式の抗力項の係数は同じであり、時系列変動も差異が大きくないため本実験のケースにおいては慣性力項が必要ないことがわかる。また抗力型式は大方実験値と一致しているが二山目部の突出した部分を表現することができておらず、衝撃力を評価することができていないと考えたため、大森ら(2000)の式中の衝撃力を表す第3項を用いることとした。しかし第1項との式の類似性から衝撃力項に抗力の影響が出ていると考え、実験の映像等を用いて衝撃力にあたると思われる部位を抽出し、抗力型式に足し合わせた。そのときの係数はモリソン式のときと同様に最小二乗法を用いた。その結果が図-4 である。衝撃力項の係数は表-1 に示したとおりである。図の通り衝撃力の影響を表現できており、かつその他の範囲も評価できていることがわかる。したがって大森ら(2000)の式の衝撃力項は衝撃力を抽出しない場合、抗力を同時に評価してしまっていると言えるため円筒タンクに対しての適用性は低いと考えられる。



(a) Case1



(b) Case2

図-4 衝撃力を抽出した場合

表-1 諸係数

	C_D	C_M	$C_{S'}$
Case1	0.55	0.78	0.30
Case2	0.66	0.40	0.60

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 水平波力の慣性力について、慣性力は非常に小さいため円筒タンクの場合は慣性力を無視して評価することができる。
- (2) 大森ら(2000)の式による円筒タンクに対する津波水平波力の衝撃力の評価の適用性は低いと考えられる。

参考文献

大森政則, 藤井直樹, 京谷修, 高尾誠, 金戸俊道, 池谷毅: 直立護岸を越流した津波の水位・流速および波力の計算, 海岸工学論文集, pp.376-380, 2000