

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：51401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20453

研究課題名（和文）オイルタンク群に作用する津波荷重および耐津波設計に関する研究

研究課題名（英文）Tsunami loads acting on oil tanks and tsunami resistant design

研究代表者

丁 威 (Ding, Wei)

秋田工業高等専門学校・その他部局等・講師

研究者番号：70901768

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、沿岸部に建設されるオイルタンク群を対象とし、水理実験によりタンク群の各配置パターンの津波入射方向と無次元隣棟間隔S/Dが津波波圧・波力に及ぼす影響を明らかにした。それらの結果に基づき、複数棟オイルタンク配置の耐津波設計を検討し、配置位置に対する設計荷重は単棟の場合の倍率を設定することを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、オイルタンク群に作用する津波波圧・波力の特性を把握し、複数棟オイルタンク配置の耐津波設計を提案した。研究成果により適切な設計基準に役立ちと考えられる。より安全で耐久性のあるオイルタンクの設計に寄与することが期待される。また、津波荷重の研究は津波リスク評価や防災計画の基礎となり、津波によるオイルタンク群の被害予測や適切な対策の策定に役立ちと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, the characteristics of tsunami loads acting on the multiple oil tanks have been investigated by using hydraulic experiments. The effects of tsunami incident angle and the dimensionless adjacent oil tank spacing S/D on the tsunami pressures and loads were investigated. Furthermore, we have proposed the tsunami-resistant design of multiple oil tanks by setting the design tsunami loads as the multiplier of the single-tank case according to the position of oil tank.

研究分野：工学

キーワード：オイルタンク群 津波波圧 津波波力 耐津波設計 水理実験

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に伴って発生した大津波によって、沿岸部に建設されていた多数のオイルタンクに甚大な被害が発生した(写真1)。また、流出したオイルは火災などの二次被害を引き起こした。このように、沿岸部のオイルタンクが津波によって崩壊すると、社会・経済に極めて大きな影響を及ぼす。東南海地震などの発生が危惧されている現在、オイルタンクの津波対策は急務の課題である。石油備蓄基地では複数のオイルタンクが建設されるので、津波荷重の評価においては相互作用の影響を考慮する必要がある。そのためには、オイルタンク群に作用する津波波圧・波力の特性を明らかにし、津波によるタンク群の被害モードに対して最適な耐津波設計と補強方法を確立することが重要である。



図1 津波によるタンクの破壊

### 2. 研究の目的

本研究では、沿岸部に建設される鋼製オイルタンク群を対象とし、水理実験によりタンク群の配置パターンが津波波圧・波力に及ぼす影響を把握し、荷重低減の観点から最適な配置を検討し、複数棟配置の耐津波設計を提案することを目的とする。



図2 実験水路

### 3. 研究の方法

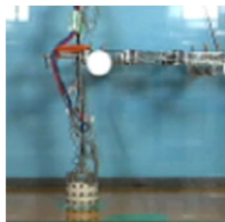
本研究では水理実験を用い、4ケースのタンク群の配置パターンに対するオイルタンクに作用する津波波力とオイルタンク表面の波圧の分布を把握した。その実験結果に基づいて、タンク群の配置パターンが津波荷重に及ぼす影響を把握し、適切な配置を評価方法のための基礎的知見を得た。複数棟配置の耐津波設計手法を提案した。

#### (1) 実験水路

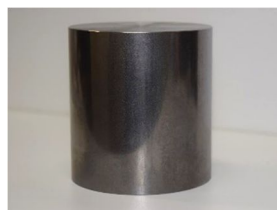
水理模型実験には秋田工業高等専門学校が所有する実験水路を使用する。実験水路の概要を図2に示す。水路の全長は約15m、断面形状は長方形であり、水路内法幅0.6m、高さ0.8mである。貯水槽に一定量の水を溜め、遮水壁を瞬間的に開放することで津波の押し波を再現する。

#### (2) 実験模型

本研究では、円筒形の中型オイルタンクを対象とし、模型を単独で配置したもの(単棟)および周辺に同じ寸法のダミー模型(図3(b)参照)を1~2棟配置したもの(連棟)の実験を行う。幾何学的縮尺率は $\lambda_L=1/250$ とし、模型の外径は80mm、高さは80mmとした。模型の位置は流入口で起こる乱れが減少し始め、反射波が到達する時間が十分に取れる、遮水壁から6.5m、後方の消波装置より3.5mとした。測定用模型には模型の表面に圧力センサーを18ヶ所設置した。



(a) 測定用模型



(b) ダミー模型

図3 実験模型

#### (3) 測定方法

模型前後の値を測定するためにプロペラ式流速計と容量式波高計を設置した。模型、各測定器具の測定位置を図4に示す。片持ちの鋼板を用い津波波力を測定する。図5に津波波力測定方法を示す。津波波力と波圧は同時に計測し、5回ずつ実験を行い、サンプリング周波数はいずれも100Hz、測定時間 $T$ は約60秒である。アンサンブル平均した値を測定値とした。

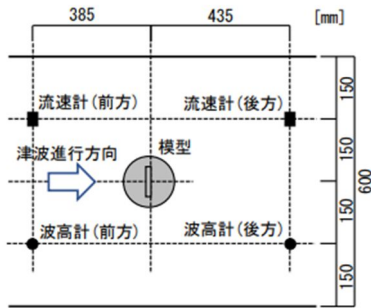


図4 測定機械の配置

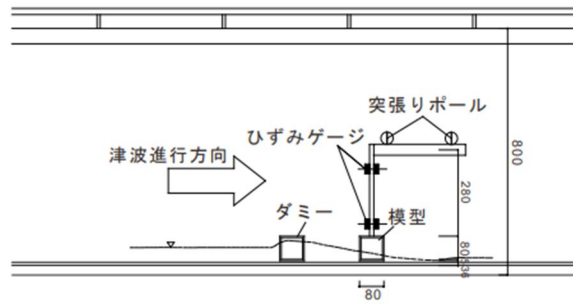
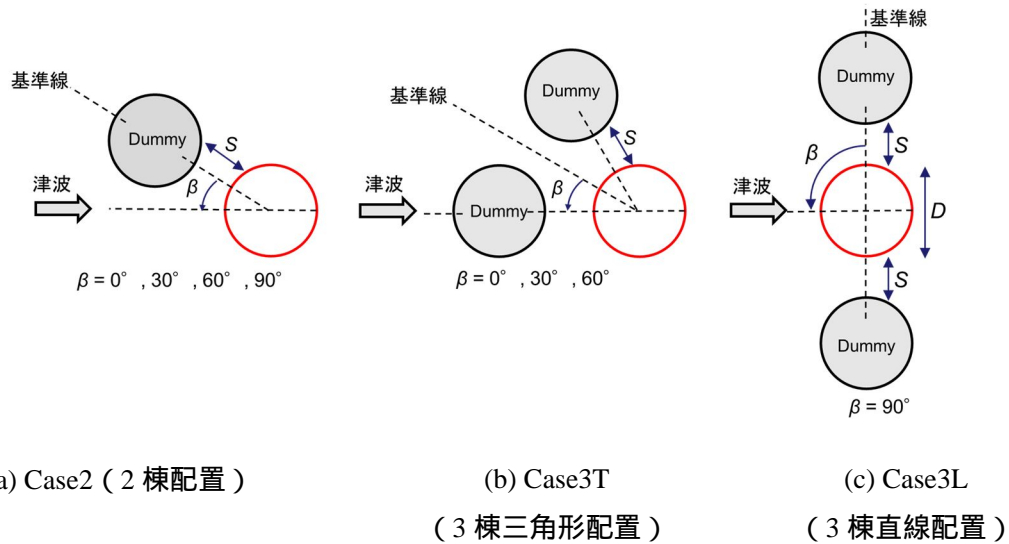


図5 津波力測定方法

模型の配置パターンを図6に示す。配置パターンは、単棟(Case1), 2棟(Case2), 3棟を三角形に配置(Case3T), 3棟を直列に配置(Case3L)の4ケースとした。ここで、図中の $S$ は隣棟間隔,  $D$ はタンクの直径,  $\beta$ は各配置の基準線に対する津波入射方向である。 $S/D = 0.25, 0.5, 1.0, \beta = 0^\circ \sim 90^\circ (@30^\circ)$ とする。



(a) Case2 (2棟配置)

(b) Case3T

(c) Case3L

(3棟三角形配置)

(3棟直線配置)

図6 連棟配置ケース

#### 4. 研究成果

##### (1) 津波波力

Case2, Case3T および Case3L の各実験ケースの最大波力  $F$  を, Case1(単棟配置時)における最大波力で除して無次元化した値(最大波力比)を求めた(図7)。連棟配置時の最大波力は津波入射角の違いにより, 増加・減少のいずれの場合もある。Case2の津波入射角  $\beta = 0 \sim 30^\circ$  シールド効果により正面波圧が減少し, 波力が減少する。Case2の津波  $\beta = 60 \sim 90^\circ$  堰き止め効果により側面波圧が増加し, 波力が増大する。特に2棟配置の場合は, 入射角  $\beta = 45^\circ$  がその境界となっていることが分かった。同様に, 三角形 Case3T の  $\beta = 0 \sim 30^\circ$  ではシールド効果により波力が減少し, Case3T ( $\beta = 60^\circ$ ) と Case3L ( $\beta = 90^\circ$ ) では堰き止めにより波力が増大する。隣棟間隔  $S/D$  は狭くなるにつれて, シールド効果となる配置ではより波力は小さくなり, 堰き止め効果となる配置ではより波力は大きくなる。

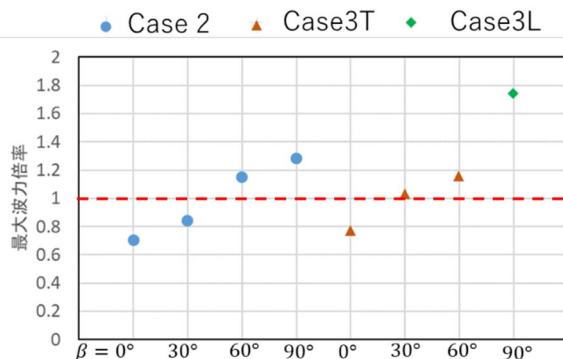


図7 最大波力比( $h_w = 140\text{mm}, S/D = 0.5$ )

## (2) 津波波圧

Case2, Case3T, Case3L のうち, Case1 と比べて波力が減少したケースおよび増加したケースにおける波圧分布を把握した(図 8)。Case1 と比べて波力が減少したケース(図 8(a) (b)参照)の場合, 模型前面の波圧は単棟配置時に比べて減少し, 模型側面の波圧が増加している。波力の減少は模型正面に作用する波圧が減少するためと考えられる。波圧 Case1 と比べて波力が増加したケース(図 8(c) (d)参照)の場合, 模型前面の波圧はほぼ同じ値となっているのに対し, 模型側面の波圧は大きくなる傾向となった。波力の増加には模型側面の波圧差の影響も関係していると考えられる。

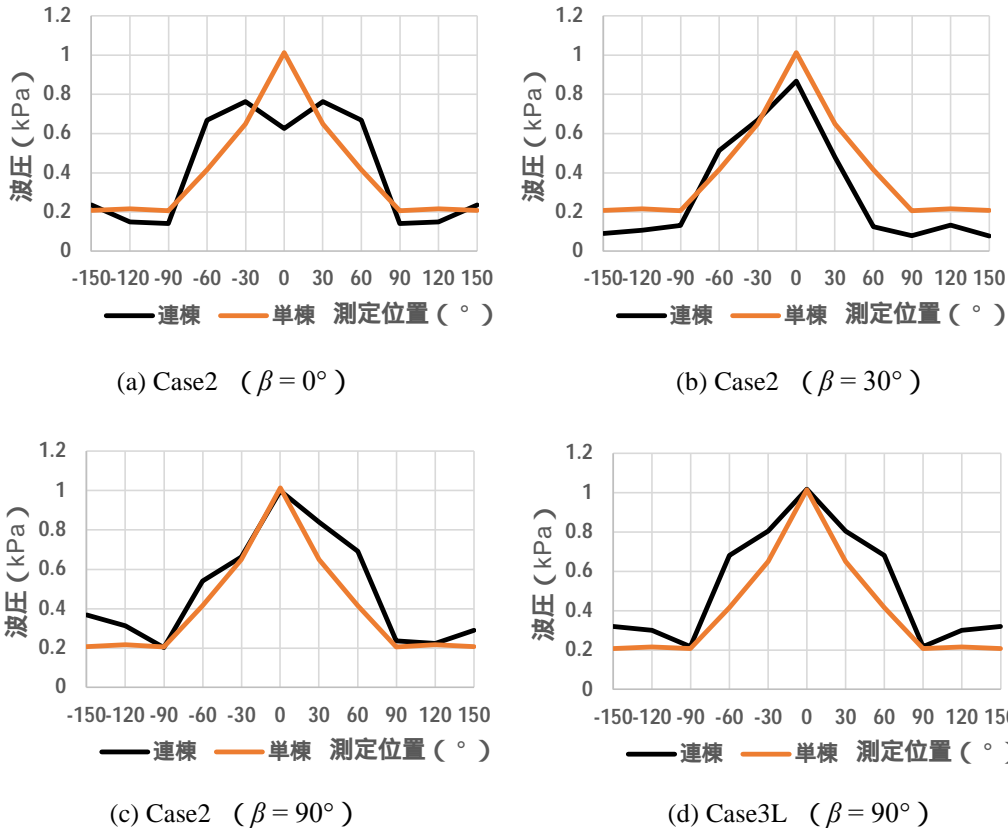


図 8 各配置パターンにおける波圧分布 ( $S/D = 0.5$ ,  $h_w = 180\text{mm}$ , 模型高さ 10mm の位置)

## (3) 耐津波設計

配置位置に対する設計荷重は単棟の場合の倍率 ( $\alpha$ )を設定することを提案した。配置位置は外周かつ列の端部(a), 外周かつ列の端部以外(b)外周の内側(c)の 3 種類に分類した。(a), (b)では津波入射角度が  $\beta = 60 \sim 90^\circ$  の場合は単棟に対する荷重倍率( $\alpha = 1.1 \sim 1.7$ )を用いて設計する。(a), (b)の上記以外の角度と(c)では安全側の設計となるように単棟の設計荷重を用いる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 寺本 尚史; 丁 威; 植松 康; 小幡 昭彦	4. 巻 59
2. 論文標題 複数のオイルタンク群に作用する津波荷重の水理模型実験	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 東北地域災害科学研究集会	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 寺本尚史
2. 発表標題 複数のオイルタンク群に作用する津波荷重の水理模型実験
3. 学会等名 東北地域災害科学研究集会および講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------