

浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の 安全性に関する研究

～成果報告書～

ClassNK
NIPPON KAIJI KYOKAI

SAJ
日本造船工業会

■ 背景

- 東日本大震災における宮城県気仙沼市沿岸部の甚大な被害
 - 津波による陸上設置の漁船用燃料貯蔵タンクの倒壊・漂流、燃料流出による海上火災の発生
- 漁業・水産加工業の早期復興のための新設タンク施設の計画
 - 土台かさ上げ等の津波対策を施した陸上設置とともに 浮体構造物を活用した洋上設置を検討
- 洋上設置に対する地元関係者の意見
 - 早期復旧（短工期）等のメリットがあるが、津波対策を施した陸上設置と同レベルの安全性の確保

■ 調査研究

- 津波対策・地域性を考慮した浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の安全性の確保の検討
 - 浮体式石油燃料貯蔵タンク施設に係る危険シナリオの作成
 - 浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の概念設計
 - 浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の安全性の検討（津波発生時の係留安全性・他船衝突）

浮体式タンク施設に係る危険シナリオの作成

ロ リスクマトリクスによる危険シナリオ

➤ 燃料荷役、燃料移送、運航状態、メンテナンスにおけるハザードの検討

ID	故障モード	故障影響		原因	頻度FI		結果	
		初期段階	最終段階		人的被害	環境被害	人的被害	環境被害
01	燃料荷役(陸上から浮体施設へ)							
01-01	火災/爆発	マニホールド/管装置の破壊	死亡者・油流出汚染	コミュニケーション不足	2	3	4	
01-02	火災/爆発	マニホールド/管装置の破壊	死亡者	機械故障(ポンプ等)	3	3	3	
01-03	爆発		死亡者・構造破壊	洗浄中のイナータガス処理不足	2	2	4	
01-04	構造破壊		浸水	アンバランス荷役	1	1	2	
01-05	爆発		死亡者	換気ミス	2	2	3	
01-06	火災		死亡者	油漏えい	2	2	3	
01-07	火災		死亡者	可燃物質の混入	1	1	3	
01-08	汚染		油流出汚染	ホース破断	1	3	1	
02	燃料移送(浮体施設から船舶へ)							
02-01	衝突		タンク損傷・油流出汚染	コミュニケーション不足	3	2	3	
02-02	衝突/接触		タンク損傷・油流出汚染	係留不足	3	2	3	
02-03	爆発		死亡者	VECS(Vapor Emission Control System)の故障	2	2	4	
02-04	汚染		油流出汚染	ホース破断	1	3	1	
03	運航状態							
03-01	接触	衝突船操船者の操船状態不足	火災/爆発・死亡者	コミュニケーション不足	2	2	4	
03-02	接触	衝突船操船者の操船状態不足	火災/爆発・死亡者	その他技術的問題	2	2	4	
03-03	接触	衝突船操船者の操船状態不足	構造破壊・油流出汚染	コミュニケーション不足	2	2	3	
03-04	接触	衝突船操船者の操船状態不足	構造破壊・油流出汚染	その他技術的問題	1	2	2	
04	メンテナンス							
04-01	火災/爆発	発火	死亡者	管装置の不良	4	1	4	
04-02	火災/爆発	発火	死亡者	イナータガス処理不足での溶接	2	1	4	
04-03	爆発	発火	死亡者	管装置の清掃不十分	3	1	4	

- 危険性が高いと認められたシナリオを特定 (表中・灰色・桃色部)
- ただし、シナリオID 01-01・02-02は、洋上設置・陸上設置に共通する課題 (表中・灰色部)
- このため、他船接触が浮体式固有の最も危険性の高いシナリオであることを同定 (表中・桃色部)

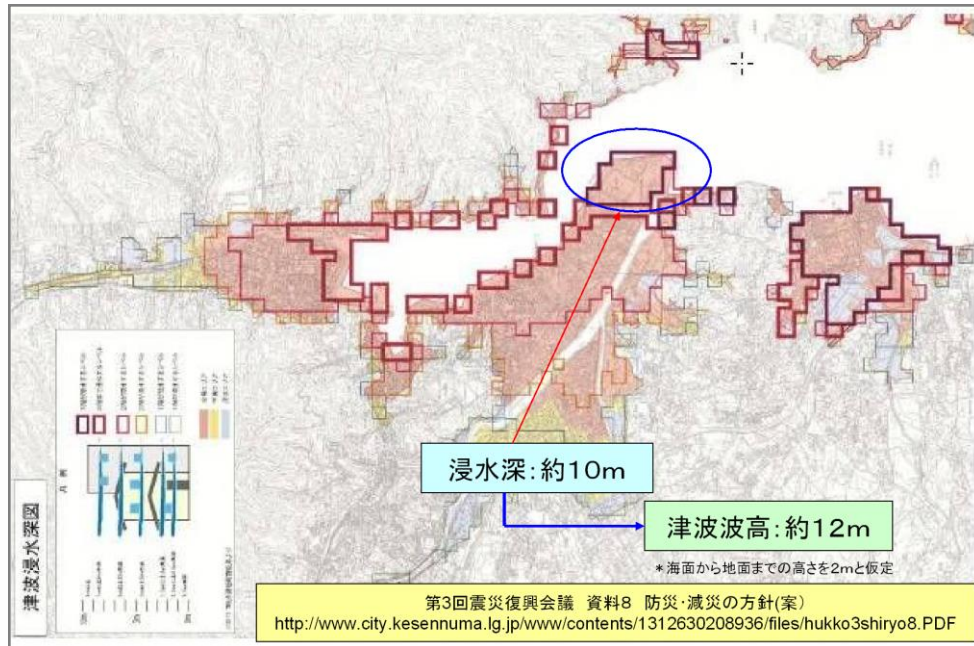
浮体式タンク施設の概念設計

設計条件

- 貯蔵能力：容量6500kl、A重油・軽油貯蔵
- 荷役形態：油タンカーから積み込み
施設から給油船へ積み出し（陸上側積み出しも想定）
- 安全条件：レベル2津波対応（漂流・油流出しない）
係留装置（津波高さ12m・流速10kt等）



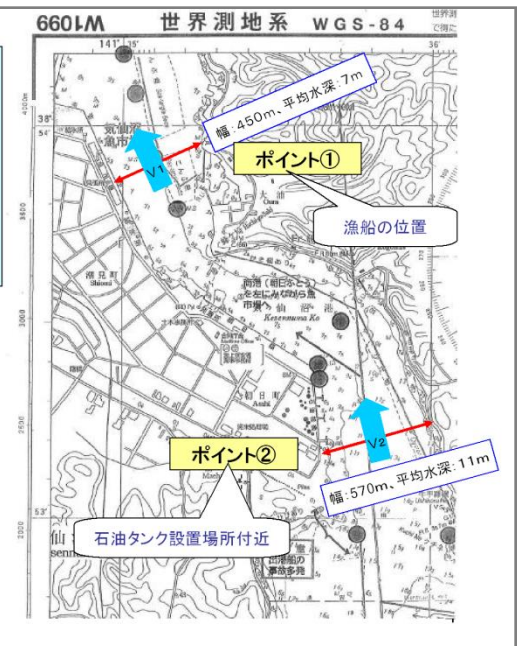
設置場所（候補地）



津波高さの推定

ポイント①を通過する流量はほぼ一定なので、
ポイント②の位置での流速 $V2$ * 水路断面積 $S2$
=ポイント①の位置での流速 $V1$ * 水路断面積 $S1$
従って、 $V2 = (S1 / S2) * V1$
 $= (450 * 7) / (570 * 11) * V1$
 $= 0.5V1$

ポイント①付近で津波に抗している船の速力
 $V1 = \text{約} 12 \sim 15 \text{ノット}$
↓
ポイント①の位置での流速 $V1 = \text{約} 12 \sim 15 \text{ノット}$
↓
ポイント②の位置での流速 $V2 = 6 \sim 8 \text{ノット}$
($V2 = 0.5V1$)
燃料油バージの設計流速としては、上記の倍の15ノットとすれば十分である。
(この場合、ポイント①での流速は30ノット)

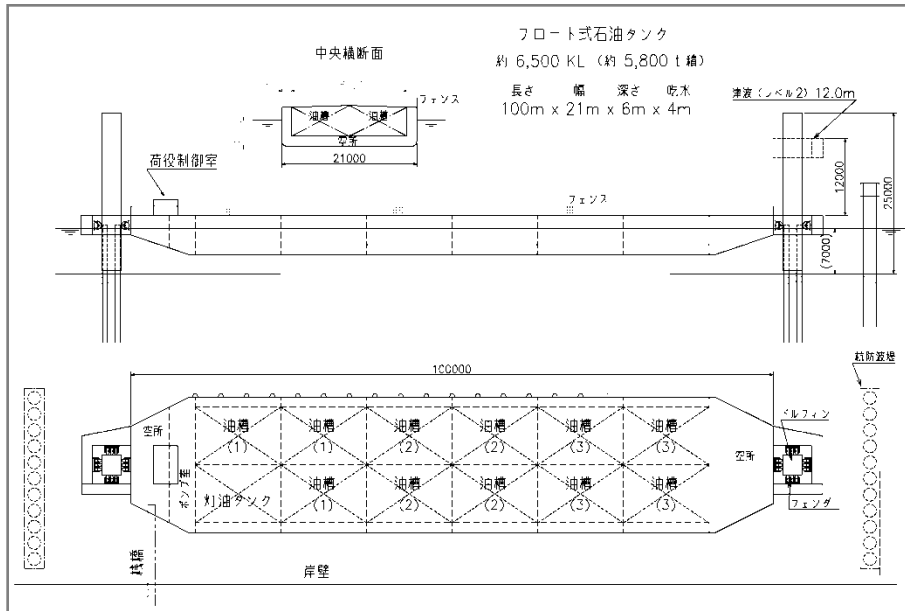


津波流速の推定

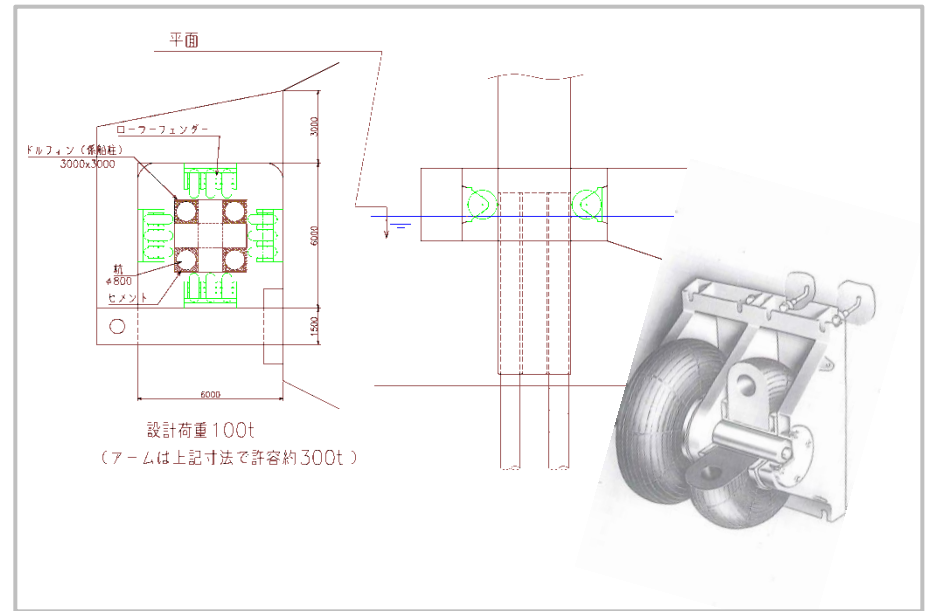
浮体式タンク施設の概念設計

□ 主要目の決定

- 主要寸法：長さ100m、幅21m、深さ6m、満載喫水4m、積載重量約5800トン
- 二重船殻：他船衝突時の安全確保のため、規則値より大きな船底高さ・船側幅を採用
- 係留設備：津波時の浮体移動量を小さくするため、ドルフィン＋フェンダー方式を採用
- 諸設備：燃料油荷役設備、消防設備、陸上給油施設等



浮体施設の一般配置図



ドルフィン及びフェンダー

浮体式タンク施設の安全性の検討

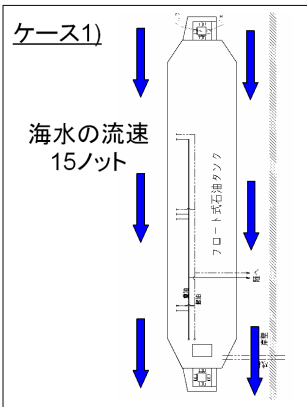
□ 危険性が高いと想定された他船衝突・接触シナリオにおける係留・他船衝突の安全性を検討

□ 津波時のタンク施設の係留安全性

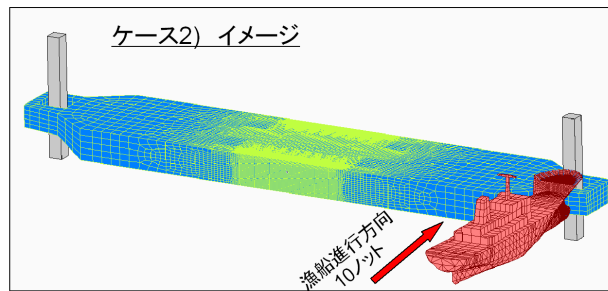
➤ 津波時の流れ・他船衝突の2ケースの設計条件 (荷重) におけるドルフィン等の応力を計算を実施

ドルフィンにかかる荷重は以下の2種とした。

荷重の種類	条件	
1) 津波時の流れによる	流速15kts	前後2本のドルフィンで受ける
2) 他船の衝突による	船速10kts	ドルフィン位置に衝突する *



注 * 衝突解析では石油タンク中央部



係留設備の設計条件

ドルフィン用杭寸法
ドルフィン(係船柱)下部～海底下10m付近まで、φ800x30
以降、板厚を漸減し最下部でt10程度にする。

荷重	荷重	計算応力	許容応力	係留装置の設計荷重
1) 津波	75t ドルフィン	7.2 kg/mm ²	16 kg/mm ² 弾性設計	ローラーフェンダー の設計荷重 100t
2) 衝突	280t ドルフィン	22.3 kg/mm ²	24 kg/mm ² 塑性設計	アームの設計荷重 300t

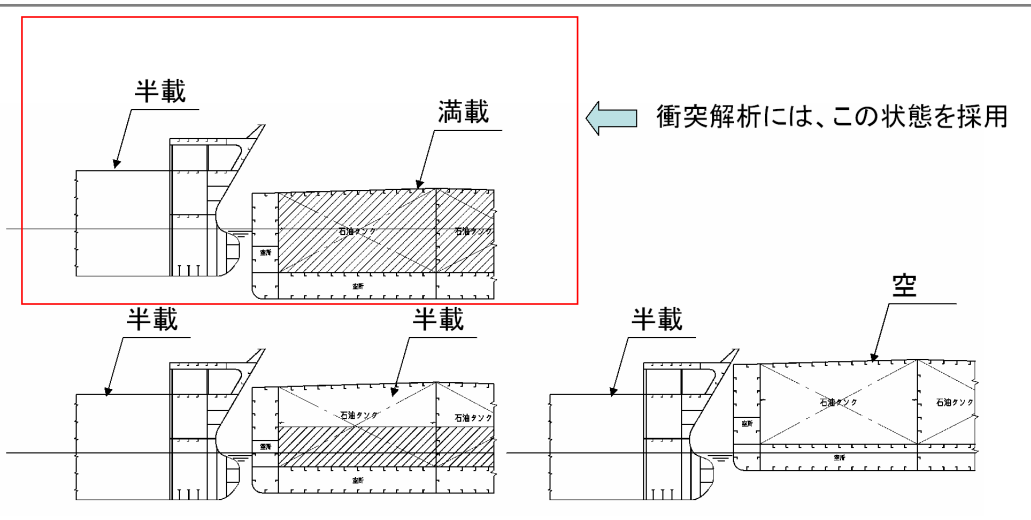
係留設備の計算応力

➤ 津波時の流れ・他船の衝突に対してドルフィンは十分な強度を持っていると言える

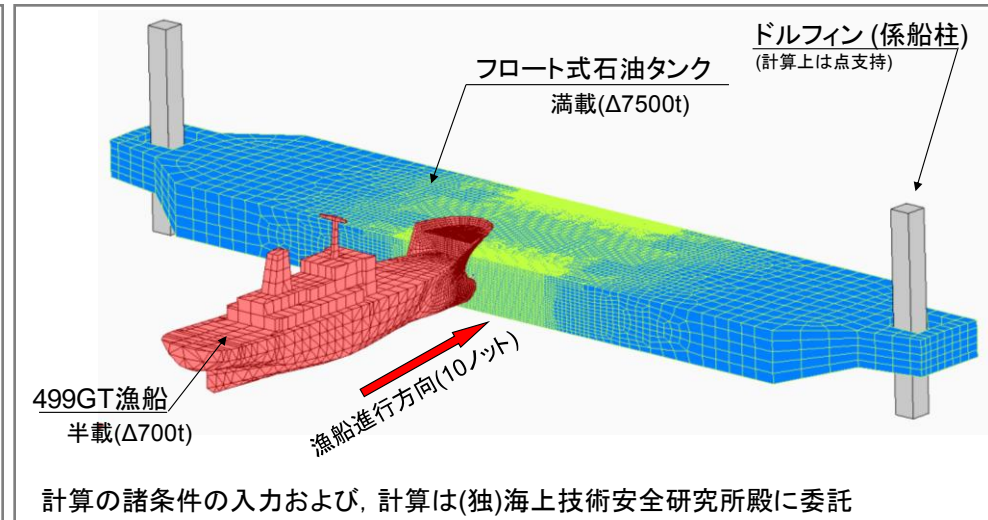
浮体式タンク施設の安全性の検討

□ 他船衝突によるタンク施設の構造安全性

- 津波時の他船衝突による浮体タンク施設の構造解析を実施
- 衝突条件：衝突船499GT漁船（半載）、タンク施設（満載）、速度10ktで垂直方向に衝突
- 施設構造：ケース1 船側外板厚30mm、内殻板厚20mm等
ケース2 船側外板厚16mm、内殻板厚12mm等



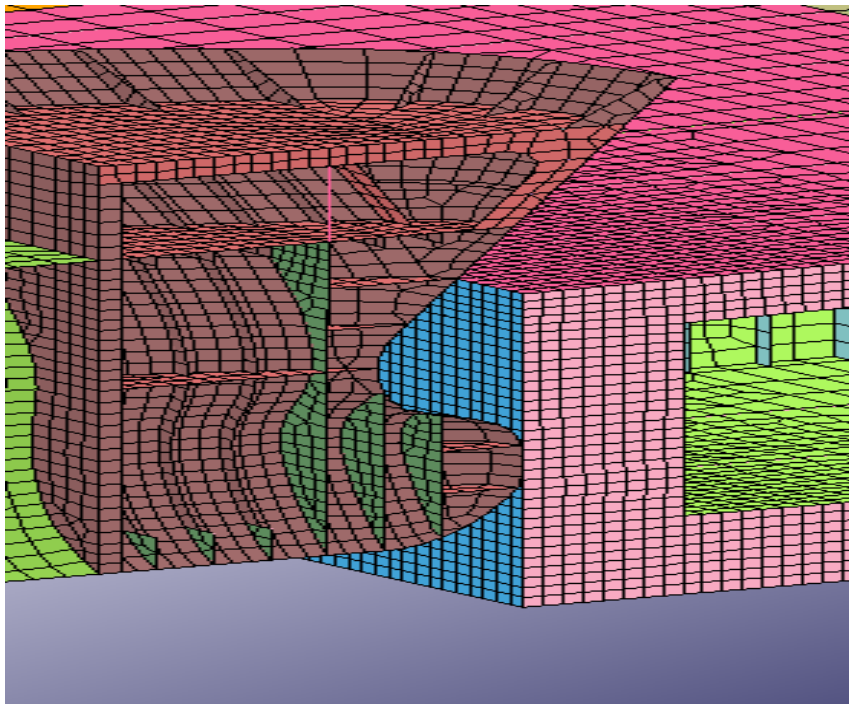
衝突状態



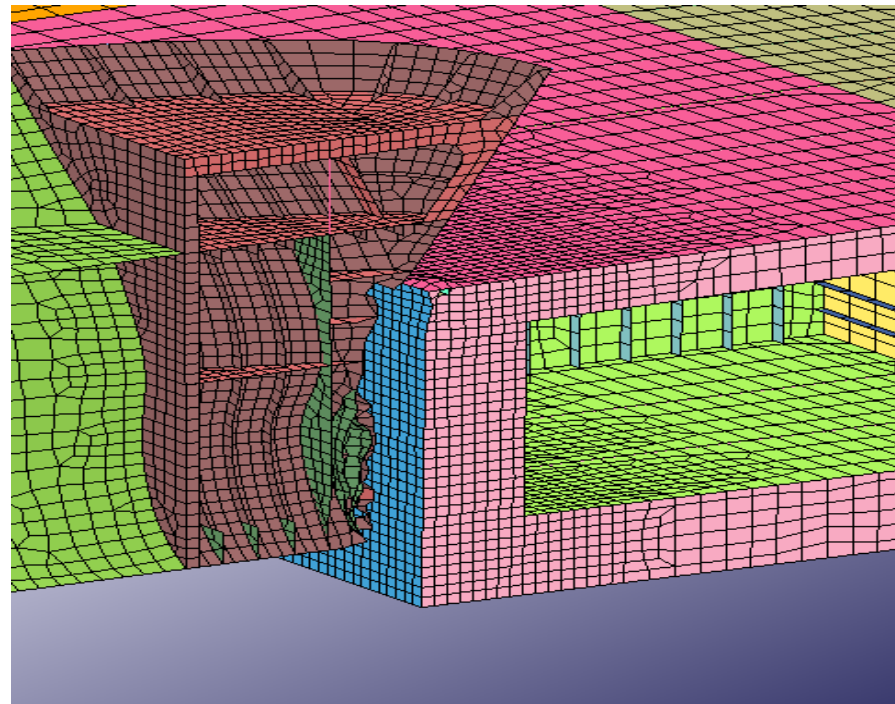
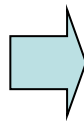
衝突解析モデル

浮体式タンク施設の安全性の検討

□ 他船衝突による構造安全性



衝突直前



衝突2秒後

衝突解析の結果(衝突前後の計上)

- いずれケースでも外板は破口に至らず、タンク壁には影響を及ぼさないという結果であった
- このため、他船衝突に対してケース2の構造で十分な強度を持っていると言える

- **本調査研究では、宮城県気仙沼市の地元関係者の意見を踏まえ、津波等の異常事象及び地域性を考慮した浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の安全性の検討を実施した。**
- **津波発生時の他船衝突による浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の構造解析を実施した結果、概念設計した施設は、いずれの構造ケースでも外板は破口に至らず、タンク壁には影響を及ぼさないことから、他船の衝突に対して十分な強度を持っていることがわかった。**
- **本調査研究の成果が、宮城県気仙沼市における浮体式石油燃料貯蔵タンク施設の実現及び地域の早期の復旧・復興に資するとともに、洋上浮体構造物の有効活用による海事産業の発展に資することを期待する。**