

# CFDによる石油タンク内のスロッシング現象と浮遊式ネットの減衰効果の再現

野田 博 谷垣 正治 鈴木 亨 中南 滋樹

キーワード：石油タンク, スロッシング, 浮遊式ネット, CFD, LES, FEM

## 研究の目的

振動する液体燃料貯蔵タンク内のスロッシング現象の把握とその予測は、タンクの安全性検証において大変重要であり、また安全性向上のためのスロッシング低減対策の開発にも有用である。本研究では、

CFD(数値流体計算)により石油タンク内の液体スロッシング現象の再現と、スロッシング低減を目的とした浮遊式ネットの効果の再現性を検証した。

## 研究の概要

数値流体計算方法は、直交座標でスタッガード格子を用いた差分法によるHSMAC法に、変動する自由液面の計算を組込んだ方法とした。乱流モデルは標準SmagorinskyモデルによるLESである。

スロッシング低減のためのネットは、網を通過する流速による抵抗のみを考慮し、運動方程式に外部抵抗力を付加することによりモデル化した。

自由液面の位置は、圧力と速度を反復修正する段階で自由液面を含むセル内で連続式を満たすよう移動させて求めた。また自由液面位置では、せん断応力ゼロの条件を運動方程式の時間進行時に設定した。

水面上に設置される浮き屋根の効果は、水面を薄板曲げ要素と仮定し、液面と同じ形状の曲げ変形を生じさせる力の反力を水面に加えることにより再現した。このとき、水面変形はスロッシングの1次モードと2次モードのみ考慮した。

## 研究の成果

地震波入力時のタンク端部の波高を図-1に示す。縮尺模型による検証実験では、地震応答時のタンク内部のスロッシングは後揺れ( $t=38$ 秒付近)によるスロッシング振幅の増加が見られ、浮遊式ネットを設置することによりその後揺れが解消される。その効果は最大振幅の比でおおむね1/2に低減できる。本研究によるCFDではその現象が定性的にも定量的にもよく再現されている。液面付近の流速ベクトルを図-2に示す。CFDではこのようにスロッシング時の液体挙動を明確に把握することができ、この手法を用いることにより地震時石油タンクのスロッシン

グ現象の解明、ならびに浮遊式ネットの効果的な配置が検討でき、その有用性が確認された。

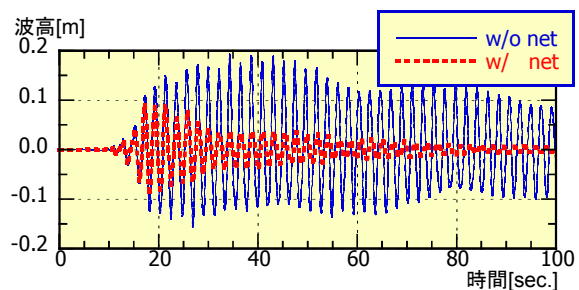
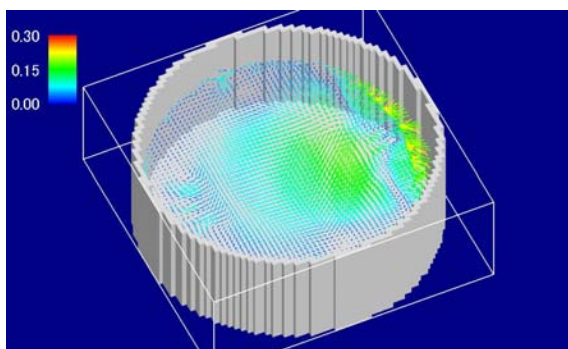
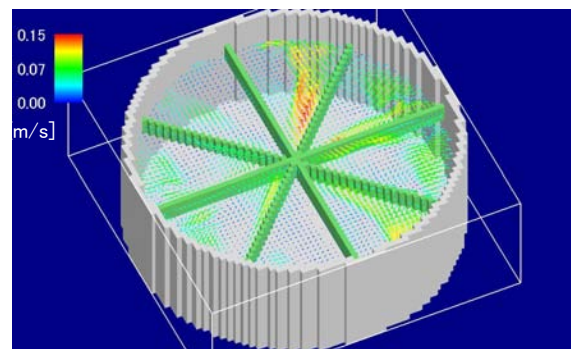


図-1 タンク端部液高の地震応答波



(a)減衰ネット無し(x-y断面,z=0.86m)



(b)減衰ネット有り(x-y断面,z=0.86m)

図-2 流速ベクトル( $t=30$ sec.)

## Reproduction of Sloshing Phenomena in Petroleum Tank and Damping Effect of Floating Nets by CFD

HIROSHI NODA MASAHARU TANIGAKI TORU SUZUKI SHIGEKI NAKAMINAMI

Key Words : Petroleum Tank, Sloshing, Floating Nets, CFD, LES, FEM