

燃料タンクのスロッシングに関する水理模型実験

スロッシング現象の特性把握

Hydraulic Model Experiments concerning Fuel Tank Sloshing

Understanding Characteristics of Sloshing Phenomenon

(電力技術研究所 土木建築G 構築T)

近年、長周期地震動により引き起こされる燃料タンクのスロッシング現象(液面揺動)が注目されている。本検討では、大型振動台を用いた水理模型実験により、スロッシング現象の特性を把握すると共に、今後開発予定である燃料タンクの三次元数値解析モデルの精度検証に用いる基礎データを取得した。

(Construction Engineering Team, Civil and Architectural Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

Recently, the sloshing phenomenon occurring in a fuel tank (fuel level oscillation) caused by long-period ground motion has been receiving attention. In this study, the characteristics of the sloshing phenomenon were examined using hydraulic model experiments employing a large-scale vibration table. Further, we obtained basic data that will be used to verify the accuracy of the three-dimensional numerical analysis model of a fuel tank that we intend to develop in the future.

1 背景・目的

2003年9月に発生した十勝沖地震で引き起こされた燃料タンクの火災事故以降、その原因となった長周期地震動による「スロッシング現象」が注目されている。スロッシングとは、長周期地震動の卓越周期と燃料タンク内容液の固有周期が一致することにより、燃料タンクの内容液が共振し、液面が激しく揺れる現象のことである。本検討では、大型振動台を用いてスロッシングを再現し、その特性を分析・把握すると共に、今後開発予定である燃料タンクの三次元数値解析モデルの精度検証に用いる基礎データの取得を目的とした。



第1図 実験の対象モデルとした燃料タンク



第2図 実験設備

2 水理模型実験の概要

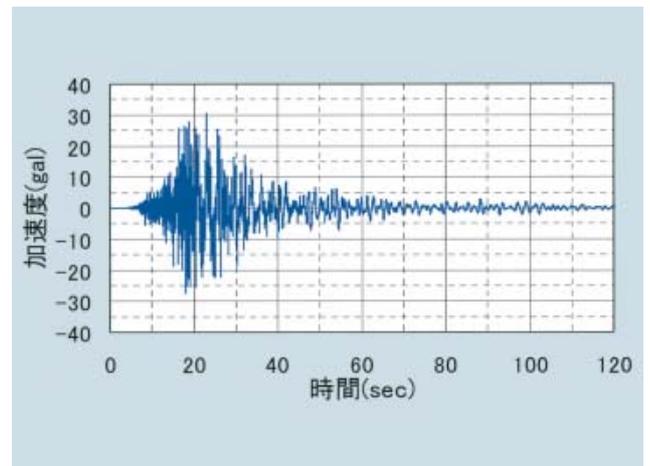
実験は、対象モデルとした燃料タンク(内径約48m、高さ約15m、第1図参照)に対して1/25縮尺の模型(アクリル製)を製作し、大型振動台の上に設置後液体を注入し、所定の地震波で加振することにより実施した(第2図)。

スロッシングに及ぼす内容液の液深の影響を把握するために、満水時の3/4液深と1/2液深を実験ケースとした。

タンク模型の内容液は、スロッシングに及ぼす粘性の影響を把握するために、水と水に凝集剤を加え粘性を高めた液体を用いた。(0.01%濃度：軽質原油相当、0.1%濃度：重質原油相当)

地震波は、正弦波、十勝沖地震における観測地震波の周波数特性を合わせた模擬地震波(第3図)の2種類とした。

各地震波による加振を行い、模型内に配置した多数の水位計により液位の経時変化を計測し、最大波高や液面形状の把握を行うと共に、スロッシングの発生状況等を確認した(第4図)。



第3図 実験に用いた地震波(模擬地震波)

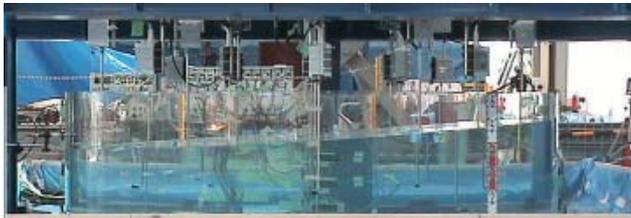
3 実験結果

(1) 液深の影響

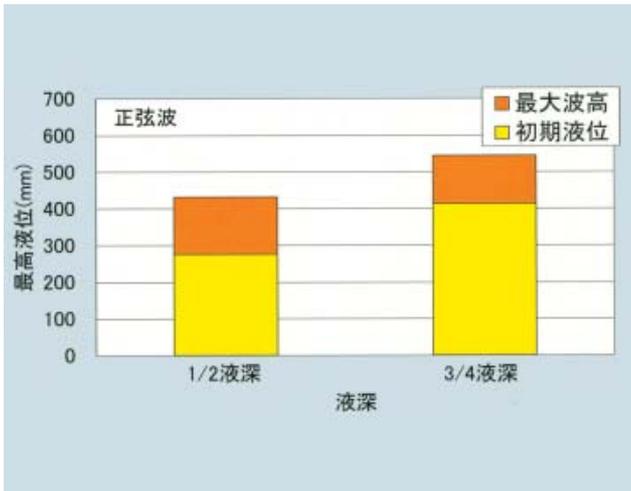
1/2液深における最大波高は3/4液深の最大波高と同
等か上回っていたが、1/2液深の最高液位が3/4液深の
最高液位を超えることはなかった(第5、6図)。

最大波高発生時の液面形状に着目すると、3/4液深で
はタンク端部からもう一方のタンク端部に向けて滑らか
に上昇する液面形状を呈していた。

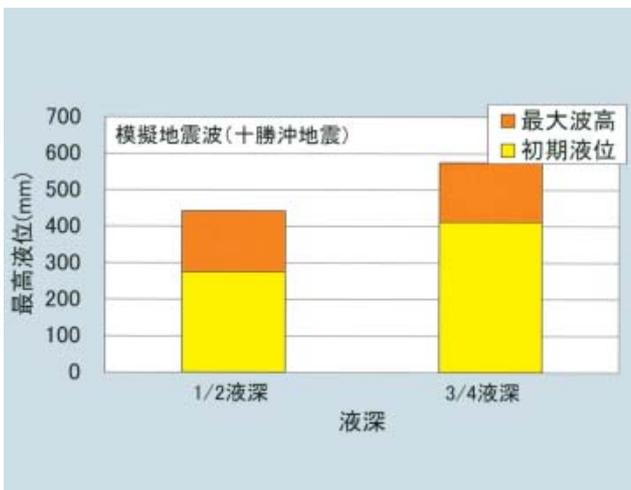
これに対して、1/2液深ではタンク端部からタンク中
央部まではほぼ一定のゆるい液面勾配であるが、中央部
からもう一方のタンク端部に向けては急勾配の液面形状
を呈しており、3/4液深とは異なる傾向が認められた
(第7図)。



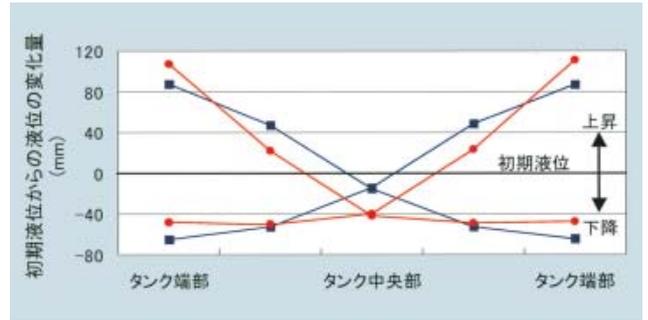
第4図 実験状況



第5図 液深別の最高液位(正弦波)



第6図 液深別の最高液位(模擬地震波)

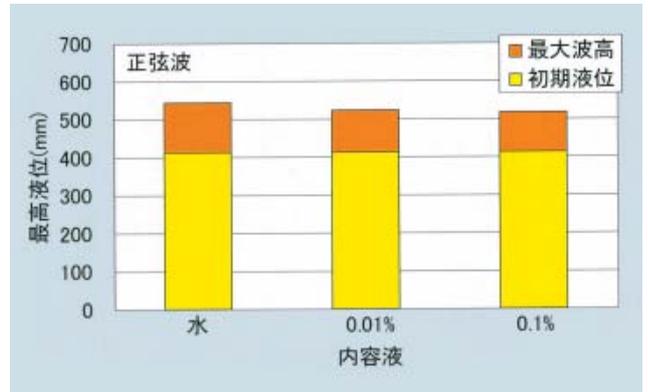


第7図 最大波高発生時の液面形状(水、正弦波)
(3/4液深:青、1/2液深:赤)

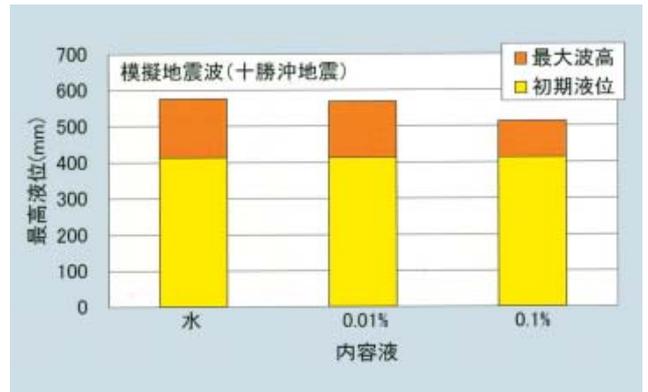
(2) 粘性の影響

粘性が大きくなると波高は小さくなり、0.1%濃度時
の最大波高は水に対して最大で4割程度の低下が認めら
れた(第8、9図)。

これは粘性を加えたことによって、波高に影響を及ぼ
す減衰が大きくなったためであると考えられる。



第8図 粘性別の最高液位(正弦波)



第9図 粘性別の最高液位(模擬地震波)

4 今後の展開

燃料タンクのスロッシングに及ぼす液深や粘性の影響
等に関する基本的特性を把握することができた。

また、今回得られた測定データを用いて今後開発予定
である燃料タンクの三次元数値解析モデルの精度検証を
実施する予定である。



執筆者 / 橋詰正広
Hashizume.Masahiro@chuden.co.jp