

タンクの地震時挙動におよぼす鉛直動の影響

山口大学大学院 学生会員 ○ 権藤義徳

山口大学工学部 正会員 麻生稔彦 會田忠義 浜田純夫 中村秀明

1. はじめに

タンクの耐震性の検討は、Housnerの方法をはじめとして解析的手法や有限要素法など様々な計算法を用いて行われている。しかしながら、これらの解析は主として水平動を対象としており、鉛直動の影響を検討した例は少ない。また、兵庫県南部地震発生以来、構造物の耐震性を検討する上で鉛直動の影響は無視できない。そこで、本研究では鉛直動を考慮した円筒タンクの地震応答性状を有限要素法を用いて解析し、鉛直動がタンクの地震時挙動に与える影響を検討する。

2. 解析手法、解析条件

本研究では、水平動入力時および鉛直動入力時の地震応答を地盤～タンク～内容液連成系で解析する。解析では、対象が円筒タンクであるため、軸対称有限要素法を用いる。軸対称有限要素法では、応答の円周方向分布を水平動入力時には逆対称分布、鉛直動入力時には対称分布と仮定する。

本解析では、図-1に示す鹿児島県鹿児島市石井手配水貯水池に建設されているPC円筒タンクを対象とする。このタンクは、内径55.0 m、高さ19.0 mであり、満水時の水深は15.6 mであり、減衰定数はタンク壁体では0.05、地盤では0.20としている。応答計算は、図-2に示す兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された地震波を基盤面より入力する。なお、EW成分の最大加速度は766 gal、NS成分の最大加速度は812 gal、UD成分の最大加速度はNS成分の半分である412 galとなるように振幅調整し、いずれもサンプリング間隔は0.01 sec、継続時間は20 secである。

3. 解析結果

(1) 鉛直動の影響

鉛直動がタンクの挙動に与える影響を評価するために、動液圧、円周方向応力および鉛直方向応力のそれぞれについて、水平動（NS成分）入力時、鉛直動（UD成分）入力時およびこれらの応答時刻歴を重ね合わせることでより近似的に得られる水平・鉛直動2成分入力時の応答を比較する。

図-3はタンク側面に作用する動液圧の深さ方向分布である。鉛直動による動液圧は、鉛直動の最大加速度が水平動の50%程度であるにも関わらず、水平動による動液圧を最大応答で40%上回っている。なお、動液圧の分布形状よりスロッシングは発生していないと考えられる。図-4にタ

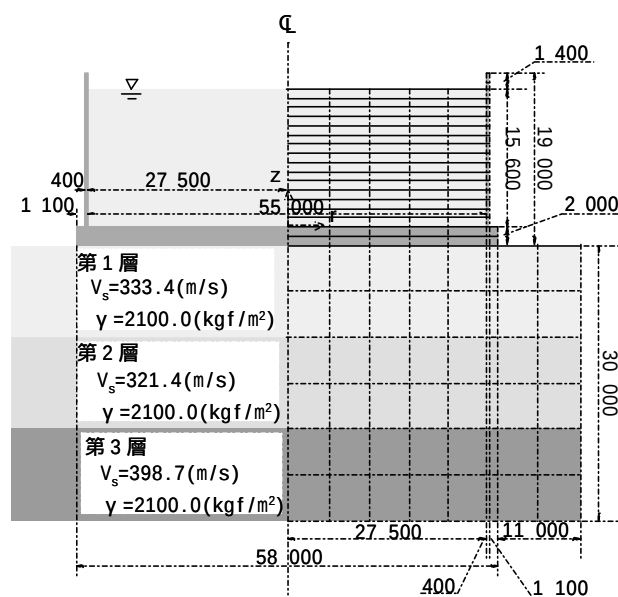


図-1 解析モデル

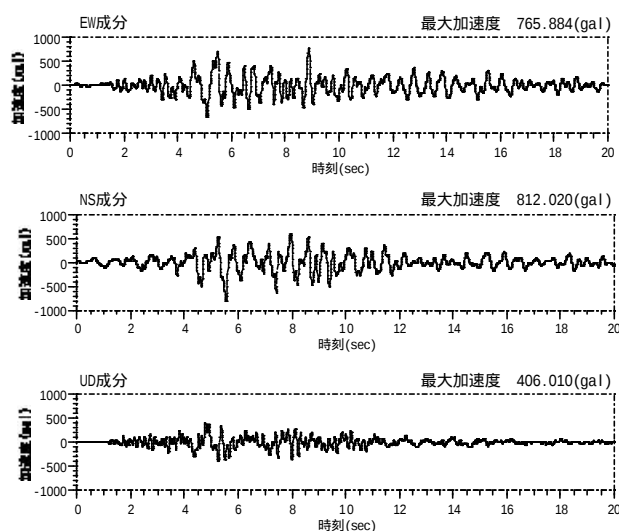


図-2 入力地震動時刻歴

キーワード：タンク、地震時挙動、上下動

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1 電話：0836-35-9934 FAX：0836-35-9429

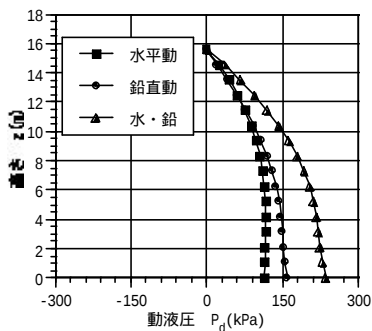


図-3 動液圧分布

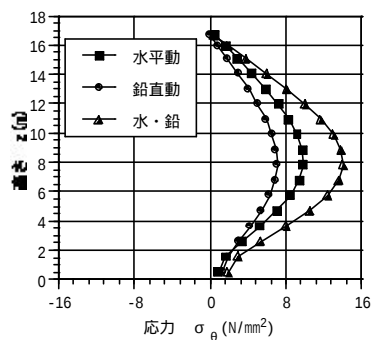


図-4 円周方向応力分布

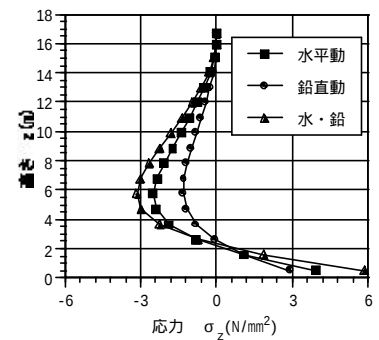


図-5 鉛直方向応力分布

ンク側面に発生する円周方向応力の分布、図-5に鉛直方向応力の分布をそれぞれ示す。これらの分布は、側面全体で最大の応答が発生した時刻における分布であり、応力は正を引張としている。鉛直動による円周方向応力は水平動による応力の72%、鉛直方向応力においては73%となっている。また、水平・鉛直動2成分による応答では、動液圧において水平動のみによる動液圧の約2倍となっており、円周方向応力および鉛直方向応力では1.5倍程度の応答を示している。したがって、鉛直動が応答に与える影響が大きいことがわかる。タンクの耐震性を検討する際には鉛直動を考慮する必要があると考えられる。

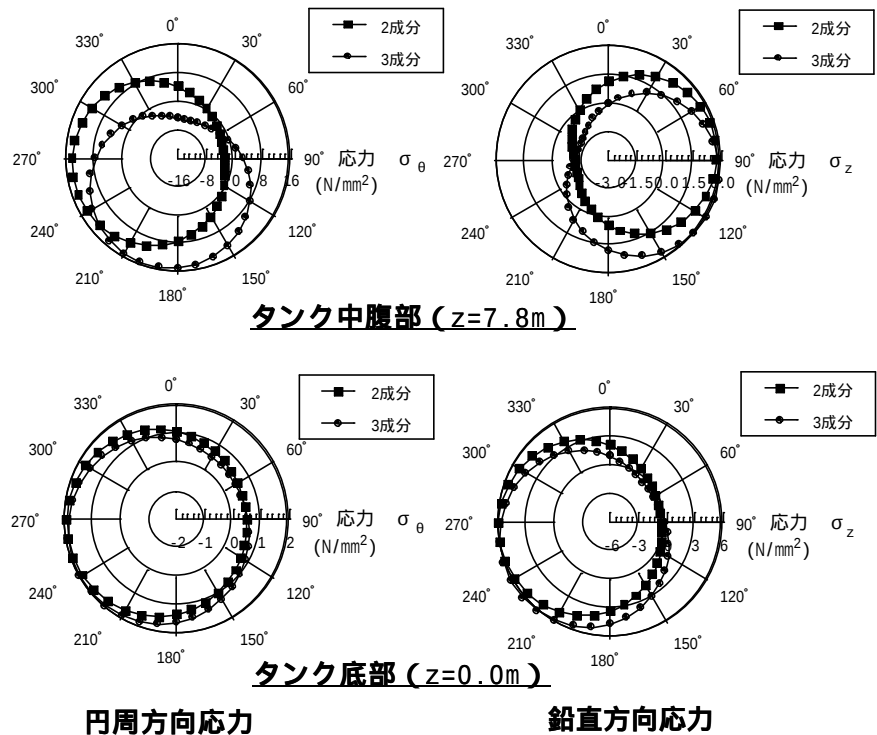


図-6 応力分布

(2) 3成分地震動入力時の地震応答解析

以上の結果より、タンクの耐震性の検討は水平動のみならず鉛直動も考慮する必要性が示された。本来、地震動は水平2成分(EW,NS成分)および鉛直1成分(UD成分)の計3成分持つものであるため、ここでは3成分の地震動を入力した場合の応答について検討する。ただし、ここでの応答計算は各成分の地震動をそれぞれ単独で入力して得られる応答時刻歴を加え合わせて得られたものである。この3成分入力時の応答と水平1成分(NS成分)と鉛直1成分の2成分入力時の応答と比較する。

図-6はタンク中腹部およびタンク底部においてタンク側面に生じる円周方向応力および鉛直方向応力の円周方向分布を示したものである。2成分地震動入力時の応答分布はNS成分入力方向(0°-90°)で最大値をとる逆対称分布であるのに対し、3成分地震動入力時の応答は水平2成分入力のため最大値の発生位置が異なっている。また、各高さについて図-6と同様の比較を行うと応答が最大を示す位置はタンク底部からの高さによっても異なっている。今回の解析では、全ての応答値について3成分地震動入力時の応答は2成分地震動入力時の応答より大きい結果となった。そのため、タンクの地震時の安全性を評価するためには3成分地震動入力時の検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

鉛直動は応答に与える影響が大きく、タンクの耐震設計を行う上で考慮する必要があることを示した。