

III-301

動的遠心模型実験装置を用いた鋼矢板リング工法の液状化実験

ー液状化加振時における鋼矢板リングの挙動についてー

鹿 島 正会員 林 寛 正会員 山田岳峰
正会員 本田満彦 正会員 加藤健治

1. はじめに

地上式石油タンクなどの液状化対策工法として鋼矢板リング工法が提案されている。著者らはこれまで数値解析¹⁾、本工法を用いた実構造物の地震観測²⁾および動的遠心模型実験³⁾などから本工法の有効性を確認してきた。このうち、動的遠心模型実験では、鋼矢板リング工法の液状化対策工法としての有効性を実際に確認できたと考えている。本報では、当動的遠心模型実験で計測したリングのひずみ分布から強加振時のリングの挙動について検討したので、その結果について報告する。

2. 動的遠心模型実験の概要

2.1 想定した地盤～構造物（タンク+鋼矢板リング）と実験モデルへの変換

今回想定した地盤～構造物の断面寸法を図-1に、対応する実験モデルの概要を図-2に示す。遠心加速度は $50g$ ($1g=9.8m/s^2$) である。実験モデルの寸法は基本的に幾何学的相似比 $(1/50)$ から決定した。タンクの接地圧 σ は実際のタンクの満液時における標準的な接地圧となるように設定し ($\sigma=1.08 \times 10^5$ Pa), 材質はタンクのロッキングの影響を低減するためモデルの高さが低くなるよう比重の大きい鉛とした。鋼矢板リングは、リングがシェルとして挙動することを想定し、実物と実験モデルの挙動が一致するよう、寸法は幾何学的相似比 $(1/50)$ から決定し材料は鋼とほぼ同一の弾性定数を有するニッケルを用いた。なお、間隙流体はシリコンオイル (50cP) を用いている。計測は、図-2に示されるように地盤およびタンクの加速度と沈下量、地盤の間隙水圧、およびリングのひずみ（縦方向2成分、全18成分）を測定している。

2.2 実験方法

地盤材料は豊浦標準砂を用いた。基礎地盤はリングを挿入した状態で空中落下法により所定の密度となるよう作製した。その後、基礎地盤をシリコンオイルで地表面まで飽和させ、タンクを所定の位置に設置した。タンク設置後、所定の遠心加速度を作用させ、図-3に示す正弦波（周波数200Hz、加振時間0.8sec; 160波）を最大振幅が約10g（1g換算で約200galの基礎入力）となるように加振した（以下液状化加振と称す）。

3. 実験結果

3.1 タンク荷重用時のリングの挙動

タンクを設置してから50gの遠心加速度を作用させた時に発生するひずみの深度分布を図-4に示す。図-4から、円周方向には引張りひずみ（最大80 μ 程度）、縦方向には圧縮ひずみが発生することが分かる。これは、タンク接地に起因しリング内面に作用する側方土圧が大きくなりリングが円周方向にはらみ出すためと考えられる。また、その深度分布は、引張りひずみは深度Dが深くなると小さくなり、圧縮ひずみはDが深くなると大きくなる傾向にある。この傾向は、深度が0～10cmと10cm以深で砂地盤の密度が異なるため（作用する土圧が異なるため）と考えられる。ここで、リング内面に作用するタンク接地に起因する側方土圧 p （ここで $p=K_0 \cdot \sigma = 0.5 \times (1.08 \times 10^5)$ (Pa)と仮定、ここに K_0 ；静止土圧係数、 σ ；タンク接地圧）が深度方向に等分布に作用すると仮定し、円周方向および縦方向のひずみを計算すると図-4中破線および一点鎖線となり、実測されたひずみとほぼ一致する。これより、タンク接地に起因しリングに作用する土圧はリングの7-7断面でほぼ受け持たれていると考えられる。

3.2 液状化加振時のリングの挙動

図-5に、液状化加振によりリングに発生したひずみの時刻歴を周辺およびリング内地盤の過剰間隙水圧比とともに示す。以下ひずみを累積成分、振動成分に分けて考察する。図-5の内、累積成分に着目すると、液状化に伴い円周方向に引張りひずみが発生しリングがはらみ出すこと、およびはらみ出しは0=6, 9, 12cmで顕著となることが分かる。また、縦ひずみも円周方向ひずみの挙動と同様な傾向を示すことが分かる。これは、リング内地盤の過剰間隙水圧比の上昇に伴う内圧増加分が、周辺地盤の液状化によって発生した外圧増加分より大きかったためと推察される。また、縦ひずみが引張りとなる一因として、リングに作用する土圧の変化のほか、リングのはらみ出しが深度方向へ不均一となることに起因した縦方向（円周方向軸まわり）の曲げひずみの発生が挙げられる。

振動成分については、縦ひずみおよび円周方向のひずみとも $\theta=0^\circ$ と 180° ではほぼ逆位相で振動する

ことが分かる。これより、リングは、一体で加振方向に曲げ振動していると考えられる。

3.3 リングに作用するフープテンション

入力波が1g場換算で最大振幅200gal程度の正弦波と加振レベルが非常に大きい実験条件下で、リングに作用する最大のフープテンションを実験結果から試算すると表-1となり、想定した鋼矢板YSP-FA(SY30)の継手部許容張力から換算される引張り応力度に比し3割程度となっている。

4. まとめ

今回の実験条件では、液状化に至る強加振時において、リングは周辺地盤の液状化およびリング内地盤の過剰間隙水圧の増加に伴い半径方向にはらみ出すとともに、加振方向に一体的に曲げ振動することが分かった。今後、リングと地盤の摩擦が挙動に及ぼす影響を考慮した上で、解析的、実験的検討を総合的にを行い、鋼矢板リングの挙動をより詳細に検討する予定である。

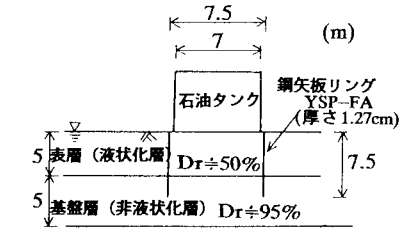


図-1 想定した地盤へ構造物の断面寸法

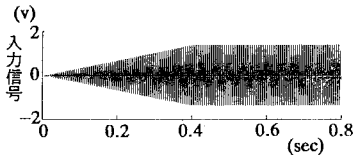


図-3 液状化加振入力波

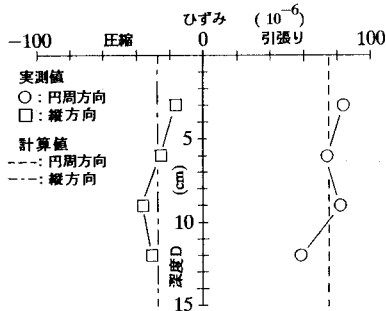


図-4 タンク荷重用時にリングに発生するひずみ

表-1 リングに作用するフープテンション

静的ひずみ	動的累積ひずみ	全累積ひずみ	リングに作用する 引張り応力度 σ_t	YSP-FA(SY30)の許 容引張り応力度 σ_{ta}
(A)	(B)	[A+B]		
約 80×10^{-6}	約 80×10^{-6}	約 160×10^{-6}	約 3.4×10^7 Pa	約 1.16×10^8 Pa

静的ひずみ：遠心加速度作用時に発生する円周方向の最大ひずみ量
動的累積ひずみ：液状化加振時に発生する円周方向の最大累積ひずみ量
 $\sigma_t : \sigma_t = E \cdot \varepsilon = (2.1 \times 10^{11}) \times (160 \times 10^{-6})$
 σ_{ta} ：鋼矢板 YSP-FA(SY30)の継手部許容張力 150t/m から換算

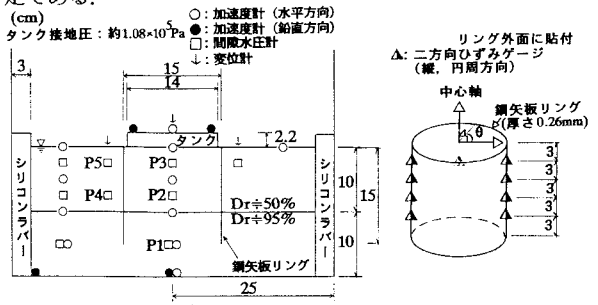


図-2 遠心模型実験モデルの概要

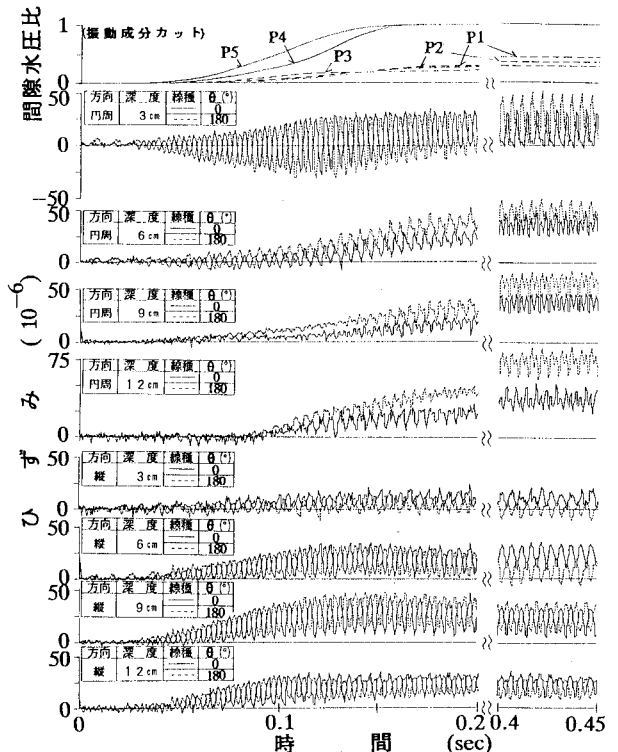


図-5 液状化加振によりリングに発生したひずみ

【参考文献】 1) 藤 鈴木 大保 澤内：鋼矢板リング工法による液状化対策効果の評価に関する研究、第22回地震工学研究発表会講演要旨、1993 2) 大保 澤内 林：鋼矢板リング工法による液状化対策に関する研究（その1）鋼矢板で施工された地上式タンクでの地震観測、土木学会第48回年次学術講演会要旨集、第3部、1993 3) 本田 山田 林 加藤：動的遠心模型実験による鋼矢板リング工法の液状化対策効果について、第29回土質工学研究発表会発表講演集、1994