

氷荷重を受ける重力式海洋構造物基礎地盤の地震時挙動

山口大学大学院 学○河本好広 木村真也
 山口大学工学部 正 兵動正行 吉本憲正
 NKK(株) 正 亀崎一彦
 五洋建設株式会社 正 三藤正明

1. まえがき

本研究において、氷海域における海洋構造物に氷荷重と地震外力が同時に作用する際の挙動の把握を目的とし、オンライン動的応答実験を行った¹⁾。本報では、得られた実験結果を同じ氷海構造物を対象に行われた水中振動台実験結果²⁾と比較することにより、両者の対応について検討を行った。

2. オンライン動的応答実験の概要

オンライン動的応答実験³⁾はコンピュータによる応答計算と室内要素実験をオンラインで結合することで地震時の挙動を再現するものである。この手法を用いることにより、複雑な土の構成式に頼らずに、土の実際の挙動を評価した地震応答解析が可能となる(図-1)。

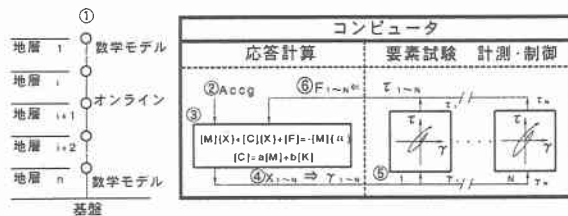


図-1 オンライン動的応答実験の概念図

3. 五洋建設で実施された水中振動台実験の概要

図-2 に五洋建設により実施された模型水中振動台実験断面図を示す。模型寸法は実物寸法の 1/50 のスケールである。飽和砂地盤は相馬硅砂 5 号を空中落下法により堆積させた後、水を緩速注入して作製された。この実験では人工海氷(パラフィン)を構造物の 3 辺を取り囲むように打設し、氷盤が移動している状況を模擬するために人工海氷自体を静的に水平に引っ張った状況において加振を行っている。

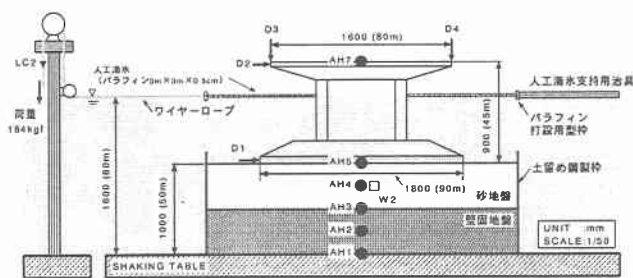


図-2 水中振動台断面図および計測位置

4. 対象断面のモデル化および実験条件

本研究では、図-3 に示すように重力式海洋構造物および基礎地盤を対象とし、これを 12 質点の集中質量系にモデル化した。質点の位置および層厚は上述した水中振動台実験に合わせて設定した。対象断面のうち、変形が大きいと予想される構造物直下の S4~S6 層においては直接せん断試験による要素実験により、その他の層は修正 R-O モデルによる数学モデルで表した。入力地震動には兵庫県南部地震の際に神戸ポートアイランドにおいて SMA C 強震計により得られた最大加速度 $\alpha_{max}=570Gal$ の地震波を用い、基盤より入力した。氷荷重は、図-2 の水中振動台実験において荷重計 LC2 で計測された荷重波形を構造物重量で除して加速度に変換し、これを構造物最上部の質点 m1 より入力することで再現した。なお、地震動および氷荷重の継続時間は、実験の都合により地震動の初期微動 3 秒を省いた 17 秒としている。また、要素実験の試料としては水中振動台実験と同様の相馬硅砂 5 号を用い、供試体寸法は直径 6cm、高さ 4cm で相対密度 $D_r=60\%$ を目標に水中落下法により作製した。加振中の供試体は非排水(体積一

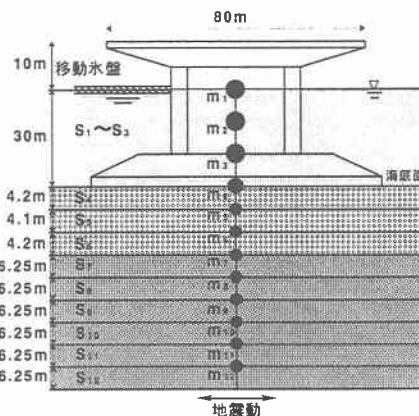


図-3 オンライン動的応答実験対象断面図

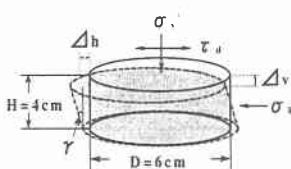


図-4 供試体の変形モード

定)状態で鉛直および側方変形を許容するシェイクダウンモード⁴⁾とした。

5. 結果および考察

図-5 に入力加速度および応答加速度の時刻歴、図-6 に高速フーリエ変換により求めたフーリエスペクトルを示す。なお、図中にはオンライン実験結果のうち、水中振動台実験と対応する質点のみを取り出している。応答加速度の時刻歴について比較すると、地盤部分(質点 m5~m11)においては質点 m5 の応答値こそ異なるものの、他の質点においては同様の応答結果が得られている。しかし、構造物部分(質点 m1)においては水中振動台実験における応答の方が大きく現れており、これは構造物の三次元的な挙動であるロッキングの影響を一次元の質点系で再現したオンライン実験では表現しきれていないためと考えられる。また、フーリエスペクトルについて、質点 m5 ではオンライン実験結果において長周期成分が卓越して水中振動台実験結果とずれを生じているが、その他の質点においては概ね対応した結果が得られた。図-7 はせん断応力、図-8 はせん断ひずみの時刻歴を示している。なお、水中振動台実験のせん断応力は加速度時刻歴より算出したものであり、せん断ひずみは変位計 D1 で計測された変位を砂地盤の高さ 25m で除して求めたものである。せん断応力はオンライン実験の方がより長周期であり、水中振動台実験結果と周波数特性に違いが現れているが、両者の振幅は類似したものとなっている。また、せん断ひずみは双方とも氷荷重の作用方向に残留しており、最大値はほぼ同程度となっている。図-9 は応答水平変位の時刻歴である。最大、残留変位とも類似した傾向が見られ、対応した結果であるといえる。

6. まとめ

1次元モデルによるオンライン動的応答実験結果を水中振動台実験結果と比較を行ったところ、構造物部分においてはいくらかの違いが現れたものの、地盤部分における地震時挙動はよく対応した結果となっており、簡易な1次元オンライン動的応答実験によるシミュレーションの妥当性が確認された。

[参考文献]1)木村真也, 兵動正幸, 吉本憲正, 他: オンライン動的応答実験による水海構造物基礎地盤の挙動

2)T.Iwase, M.Mito and Y.Okubo: Experimental and Numerical Studies on the Response of an Ice-Surrounded Structure During Earthquake

3)日下部伸, 森尾敏, 有本勝二: オンライン地震応答実験による2層系砂地盤の液化化挙動, 土質工学論文報告集, vol.30, No.3, pp174-184, 1990

4) 田中邦安, 関口秀雄: 飽和砂の非排水繰返しせん断における鉛直ひずみの蓄積, 第31回地盤工学学会研究発表会, pp1015-1016, 1996

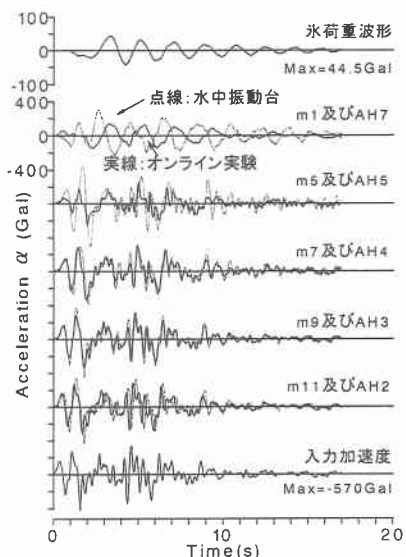


図-5 入力加速度および応答加速度の時刻歴

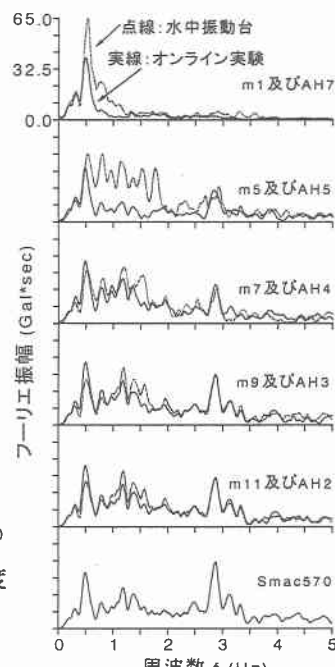


図-6 フーリエスペクトル

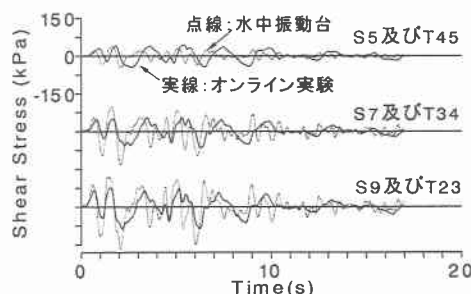


図-7 せん断応力の時刻歴

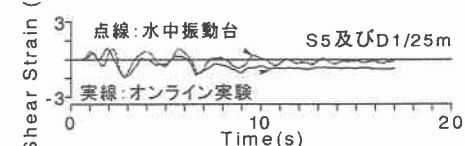


図-8 せん断ひずみの時刻歴

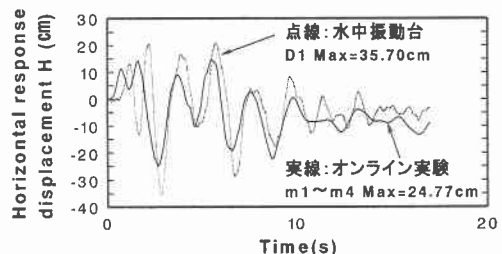


図-9 応答水平変位の時刻歴