実海域を想定した遠心力場の波浪実験法の開発と地盤液状化への適用

| 東洋建設(株) | 正会員 | ○宮本 | 順司 |
|-----------|-----|-----|----|
| 港湾空港技術研究所 | 正会員 | 佐々 | 真志 |
| 東洋建設(株) | 正会員 | 鶴ヶ崎 | 和博 |
| 同上 | 正会員 | 角田 | 紘子 |

1. はじめに

波による地盤液状化は、変動水圧による液状化¹⁾と残留水圧蓄積 による液状化²⁾の2種類があり、わが国では前者の液状化が良く知 られている.一方、残留水圧蓄積による液状化は、一度発生すると 地盤流動など広範囲に影響を及ぼすリスクがあるとされており、今 後、海洋土木工事を進めていくにあたり、構造物安定性の検討や設 計の面からますます重要となることが予想される.本研究では、実 海域を想定した任意波一地盤系の遠心力場波浪実験法を開発し、不 規則波も含めて残留水圧蓄積による地盤の液状化過程を調べている.

2. 任意波—地盤系の遠心力場波浪実験法の開発

遠心力場で波・地盤系の実験を実施することの特徴は、地盤内の応 力状態を実規模レベルに再現するだけでなく、粘性スケーリングを 導入することで、波浪伝播に関する時間相似則と過剰間隙水圧の蓄 積・消散に関する時間相似則とを同時に満足できることである²⁾.

これまでいくつかの遠心力場の波浪実験 ²⁾³⁾があるが,基本事項を把握する 目的から,規則波に対する地盤(/構造物)応答のみを対象としてきた.し かしながら,実際の構造物の設計や安定性評価に実験を活かすためには,実 海域を想定した不規則波実験が今後必要となる.

上述の背景のもと、本研究では、ドラム遠心載荷装置の円筒水路に、任意 波造波機構を導入した.水路の断面を図-1に示す.サーボモータとシャフ トで造波板を動かす機構である(写真-1参照).円筒水路内から造波板の動 きを見ると、ピストンタイプ造波となる点が1つの特徴である.モータが発 信器の指示通りの回転角度で正転・反転を素早く繰り返すことにより、造波 板を造波信号通りに動かすことができる.遠心力場でこのようなモータの高 い応答性が求められるため、低イナーシャでパワーレイトの大きなモ **ま** ータを選定した(表-1).

3. 地盤液状化問題への適用

緩い砂地盤 (Dr35~38%) を対象に波-地盤系の実験を実施した.地 盤模型は別報⁴に詳細に示すものであるが,本報では地盤間隙圧応答 のみに着目する.実験は,遠心力場 70G 場で行った.

規則波(Sin 波, 10Hz(実物換算周期 7 秒),振幅は漸増)と実際の海域を想定した不規則波(実物換算の 有義波周期 T_{1/3}=7 秒)の2ケースの結果を示す.なお,不規則造波信号は,水理模型実験で用いられる標準的

キーワード 波浪,液状化,遠心模型実験 連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL0798-43-5903



図-1 ドラム遠心装置の任意波-地盤系の実験



写真-1 搭載した任意波の造波機構

| ₹ — 1 | 任意造波用 | サーボモー | -タの仕様 |
|--------------|-------|-------|-------|
| | | | |

| ACサーボモータ:東芝機械(株)製 | | | |
|-------------------|-------------------------------|--|--|
| 定格出力 | 3.7kW | | |
| 定格・トルク | 23.6N•m | | |
| 定格回転数 | 1500/min | | |
| パワーレイト | 250kW/s | | |
| 慣性モーメント | 22.3 × 10 ⁻⁴ kg•m2 | | |



な周波数スペクトルの1つ(修正 Bretschneider・光易の式)を用いて作成した⁵⁾.

振幅が漸増する規則波載荷の場合の,地表面波圧と地盤内の過剰間隙圧の変動を図-2に示す.波圧の増大 により,地盤内の過剰間隙圧が上昇し始め,地盤浅部が液状化に至る(図(b)).ここで,地盤液状化とは, 残留過剰間隙圧が地盤の初期有効土被圧レベル(σvo')まで上昇し,地盤の有効応力(σv')がゼロとなった 状態を指す(σv'=0).その後,地盤中部,地盤底部の順に液状化し,深度方向へ液状化が進展しているこ とがわかる(図(c)(d)).この液状化進展の過程を図-3に示す.不規則波浪の場合の地表面波圧と地盤内 の過剰間隙圧の変動を図-4に示す.不規則波浪では,漸増載荷の規則波実験で液状化が発生した波圧レベル (8kPa)を超える厳しい波圧は時折しか作用しない.しかし厳しい波の到来時に、地盤内の残留過剰間隙圧

が急上昇し、地盤底部までが液状化に至る.不規則波浪時の液状化の進展過程を図-5に示す.

4. まとめと今後の課題

任意波一地盤系の遠心力場波浪実験法を開発し、不規則波載荷時の残留水圧の上昇による地盤液状化過程を はじめて見ることができた.実海域の構造物を含めた安定性評価問題への適用が期待できる.今後の課題は次 の点である.ドラム遠心載荷装置では半径が小さいため、波浪伝播に対するコリオリカの影響が大きくなるこ とが既往の研究⁶⁰で示されている.波速や波長、波高-波圧関係に影響を及ぼすとされており、今後の実問題 への適用のために、これらを定量的に評価・補正する必要がある.

参考文献:1) Zen, K. & Yamazaki, H., Oscillatory pore pressure and liquefaction in seabed induced by ocean waves. Soils & Foundations, 30-4, 147-161, 1990. 2) Sassa, S. & Sekiguchi, H., Wave-induced liquefaction of beds of sand in a centrifuge, Geotechnique, 49-5, 621-638, 1999. 3) 馬場ら,波・地盤・構造物の新しい実験手法,海岸工学論文集, 49, 1536-1540, 2002. 4) 宮本ら, 波による地盤の液状化とパイプの浮上に関する遠心模型実験, 第 72 回年次学術講演会講演概要集(投稿中), 2017. 5) CADMAS-SURF 実務計算事例集, 沿岸技術ライブラリー No. 30, 財) 沿岸技術研究センター, p. 18, 2008. 6) Sekiguchi, H. & Phillips, R., Generation of water waves in a drum centrifuge, Centrifuge 91, 343-350, 1991.