地盤の水平変位により水中に生じる流れ場に関する実験

東北学院大学　　学生会員　○大塚健太郎
東北学院大学　　正会員　三戸部　佑太

１．目的

津波の数値計算には地震時の地盤の変位と初期水位の関係が必要である．その初期水位の計算方法として地殻変動の鉛直変位を水面の上昇量として計算するのが最も基本的な考え方であるが，地殻変動の水平変位も初期水位に寄与することが知られている（Tanioka and Satake，1996）．この地殻変動の水平変位による初期水位への影響を計算に組み込む手法は提案され用いられているが，地盤に水平変位が生じる時の流れ場や水面上昇過程については十分な調査が行われていない．また，先行研究の実験結果より，水平変位から水位上昇を計算する従来の方法では，条件によって水位が過小評価になることが分かっており，更なる調査が必要とされている（道口ら，2019）．そこで本研究では地盤の水平変位から水面上昇に至る過程について調べるため画像計測によって流速分布を計測した．

２．水理実験方法および実験条件

幅 265mm，高さ 490mm，長さ 4000mm の水路（縮尺約 1/29000 を想定）を用い，斜面勾配が 1:10 の斜面模型をアクチュエータにより制御し水平に移動させた（図-1）．水中に中立粒子を散布し，水路上方からのレーザーシート光源で照らされた粒子の動きを水路側方の高速カメラで撮影した. 撮影はシャッタースピード 1/250 s, 撮影速度 100 fps で行い，撮影画像から PIV (Particle Image Velocimetry) により流速分布の測定を行った．実験条件は水深および斜面模型の変位量を変化させた計 6 ケースとし，各ケースで 3 回ずつの試行計測を行った（表-1）．ただし，高速カメラの撮影範囲はおよそ幅 25 cm であり，斜面法肩付近（P1），斜面途中（P2），斜面中央部（P3）の 3 地点に撮影領域をずらして計測を行ったため，6 ケース×3 地点×試行 3 回＝計 54 回の計測を実施した．

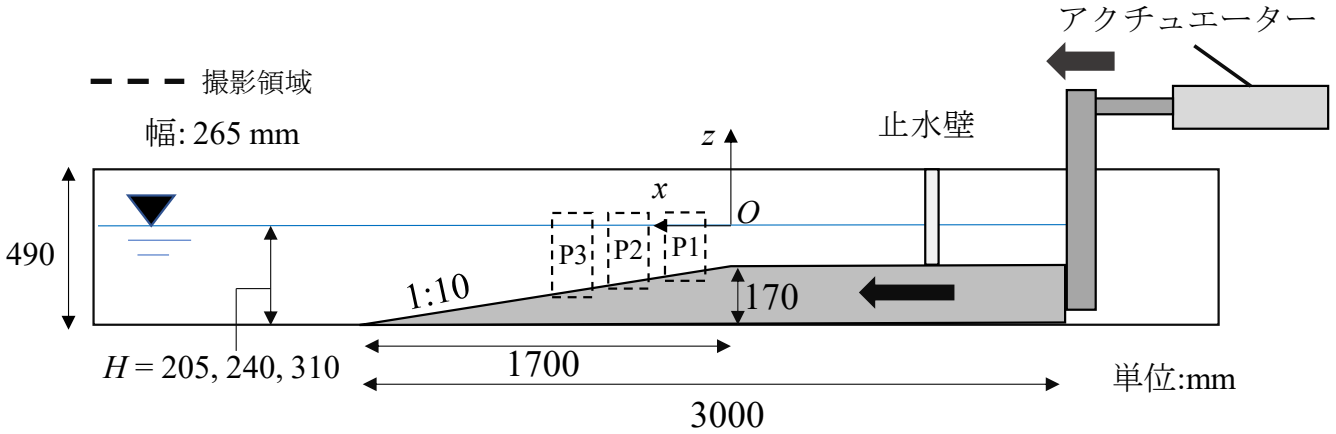

図-1　水理実験装置

表-1　実験条件（可動式斜面模型の駆動パラメータおよび水深）

case	加速度(mm/s^2)	目標速度(mm/s)	減速度(mm/s^2)	変位量(mm)	水深(mm)
1	500	200	500	200	205
2	1000	200	1000	50	205
3	500	200	500	200	240
4	1000	200	1000	50	240
5	500	200	500	200	310
6	1000	200	1000	50	310

キーワード　水平変位　津波　波源　PIV
連絡先　〒985-8537　多賀城市中央一丁目 13-1　東北学院大学工学部環境建設工学科　ＴＥＬ022-368-7193

３．結果

計測した流速分布の結果の例を図-2 に示す．斜面中央付近の P3 地点（図-2(a)(b)）においては斜面の駆動開始とともに鉛直流速が生じ，その後 $x = 90$ cm 程度を堺に左右両側へ広がるように水平流速が生じた．一方で斜面上側の P1 地点（図-2(c)）においては，斜面の駆動開始後すぐに水平流速が生じ，斜面の外側（図の右側）に向かう流れとなった．斜面の駆動開始後の水平流速の発生は斜面法肩（P1）で早く，斜面中央（P3）に向かって徐々に遅くなっている（図-3(a)）．斜面の水平変位による水の押し上げは斜面直上で発生するため，水平変位による水位上昇が生じない斜面外側との間の水面勾配により，斜面外側に向かって波が伝播する．これにより斜面の端である法肩付近から順に水平流速が発生するものと考えられる．また，この水平流速は鉛直方向にはほとんど変化しておらず，長波的な性質を持つ流れが発生している（図-3(b)）．鉛直流速は斜面の水平変位が生じている最中（駆動開始から 1 秒程度）が最も大きい（図-3(c)）．変位量の小さいケースにおいても概ねの傾向に差は見られなかったが，斜面模型の駆動時間が短いためピークの継続時間は短い．また，斜面模型の目標速度（＝最大変位速度）は変位量の大きいケースと変わらない一方で，鉛直流速の最大値が小さい結果となった．

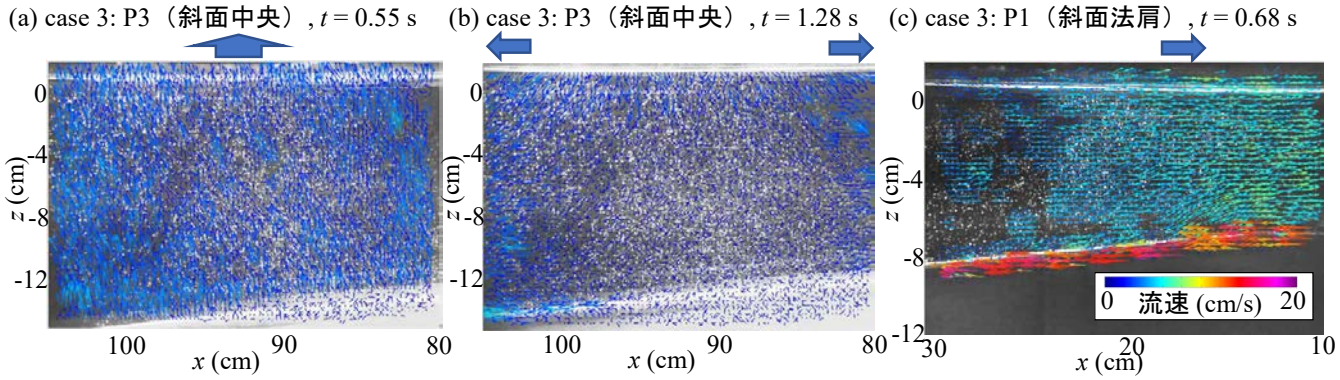

図-2　解析結果

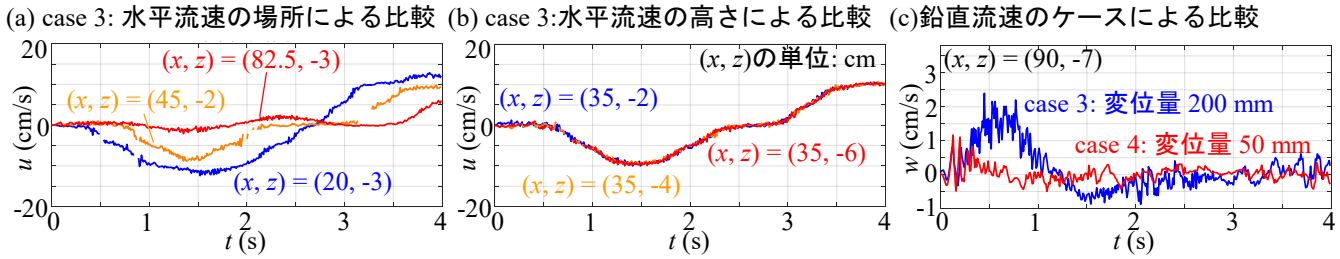

図-3　各地点における流速の時間変化

４．まとめ

PIV により斜面に水平変位が生じる場合の流れ場の特徴を捉えることができた．本実験においては斜面の水平変位によって渦構造等の複雑な流れは確認されず，水平流速が鉛直方向に一様となる長波的な性質を持つ流れが確認された．このことは津波波源域を含む数値計算に長波理論に基づく基礎式を用いる妥当性を示しているが，一方で，水平変位による地盤の見かけの上昇量を水位上昇が上回るという道口ら（2019）に見られた現象を説明するためには更なる解析・検討が必要である．

参考文献

1) Tanioka, Y. and Satake, K.: Tsunami generation by horizon-tal displacement of ocean bottom, Geophysical Research Letters, Vol. 23, No. 8, pp. 861-864, 1996.

2) 道口陽子，三戸部佑太，杉野英治，田中仁：地殻変動の水平変位による津波初期水位への影響に関する実験的検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.75，No.2，pp.I_343-I_348，2019.