



写真 1 模型実験装置

5. 広口瓶を用いた海底地盤模型による考察

5.1 実験条件

模型実験装置を写真 1 に示す。直径 15cm ほどの広口瓶に水を張り、乾燥した珪砂 8 号（平均粒径 0.1mm 以下）を投入した。構造物の模型として、直径 24mm 長さ 70mm のボルトを 20mm 程度砂に差し込んだ。広口瓶は上部まで水を満たし、予め穴を空けて注射器を取り付けてある蓋を閉めた。この状態で周期 5s の片振幅 0.5 気圧の水圧変動を手動で作用させた。

5.2 実験結果

水圧変動が作用するとボルトは断続的に沈下し、その沈下は水圧が低下する過程で生じることが確認できた。発表では動画を紹介して説明する。

式(5)の支配方程式を海底地盤の有限深さ条件で解くと分かるが、水圧変動によってボルトが沈下する現象を深さ 250mm 程度の模型地盤で再現するのは困難であって、実験では注射器を用いて地盤内に気泡を 2cm³程度注入することによって飽和度を下げに低下させることによって初めて現象を観察できた。沈下のメカニズムは図 13 に示すようである。水圧の増大・減少と対応する気泡の収縮・膨張により、下向・上向きの浸透流が発生する。水圧が低下して浸透流が上向きの時に有効応力が減少し、荷重支持力が低下した地盤でボルトが沈下すると説明できる。

6. おわりに

「古典的な地盤力学」、「空き缶モデル」、「多孔質弾性体を用いた解析」により種々の観点から波浪による水圧変動に対する海底地盤の有効応力応答を考察した。

その結果以下のようなことが分かった。

- 1) 古典的な地盤力学のように静定な平衡条件を検討しても有効応力は応答は適切に評価できない。
- 2) 有効応力応答においては不飽和度（空き缶内の気泡の量）、透水係数（空き缶の穴の大きさ）が支配的

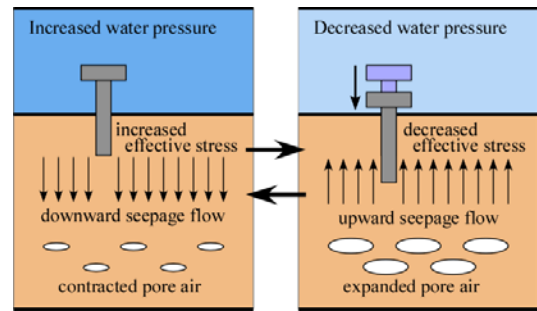


図 13 模型実験で観察されたボルト沈下のメカニズム

であり、位相の遅れを伴った挙動が現れる。

- 3) 緩い砂の場合、飽和度が 99% 以上であるにも関わらず位相の遅れを伴う有効応力が顕著に見られる。
- 4) 広口瓶を用いた小規模な模型実験では、海水流速が無くとも海底地盤の支持力が低下して構造物が沈下することを確認した。

参考文献

- 1) 西田仁志, 山口豊, 近藤豊次: 孔間弾性波探査法による離岸堤の埋没状況に関する考察, 第32回海岸工学講演会論文集, pp.365-369.
- 2) Oka, F., Yashima, A., Miura, K., Ohmaki, S. and Kamata, A.: Settlement of breakwater on submarine soil due to wave-induced liquefaction, 5th ISOPE, Vol.2, pp.237-242, 1995.
- 3) Yamamoto, T., H. S. L. Koning and E. Van Hijum: On the response of a pore-elastic bed to water waves, J. Fluid Mech., Vol.87, part 1., pp.193-206, 1978.
- 4) Zen, K. and Yamazaki, H.: Mechanism of wave-induced liquefaction and densification in seabed, Soils and Foundations, Vol.30, No.4, pp.90-104, 1990.
- 5) 三浦均也・浅原信吾・大塚夏彦・上野勝利: 波浪に対する海底地盤応答の連成解析のための地盤の定式化, 第49回地盤工学シンポジウム論文集, pp. 233-240, 2004.
- 6) Zen, K. and Yamazaki, H. (1991). "Field Observation and Analysis of Wave-induced Liquefaction in Seabed," Soils and Foundations, 31, 4, 161-179.
- 7) Miura, K., Asahara, S., Otsuka, N., and Tanaka, J. (2008). "Field Observation of Wave induced Seabed Behavior for the Estimation of Geomaterial Properties and the Effect of Permeable Column Method," Proc 18th Int Offshore and Polar Eng Conf, Vancouver, ISOPE, 483-490.
- 8) 松田達也, 三浦均也, 佐藤隼可, 諫山恭平, 澤田弥生: Dean Number を適用した移動床造波水路実験における地盤内水圧応答, 土木学会論文集, Vol.73, No.2, pp.1117-1122, 2017.
- 9) 三浦均也, 守政信吾, 大塚夏彦, 山崎浩之, 小浪岳治: 海底地盤の不安定化に及ぼす流速と水圧変動の相乗効果, 土木学会論文集, Vol. 66, No.1, 851-855, 2010.
- 10) Anh Quang TRAN, 三浦均也, 松田達也, 吉野貴仁: 直線構造物への斜行反射重複波を受ける海底における底質移動と侵食・堆積の定量的評価, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.74, No.2, 2018.
- 11) 三浦均也, 松田達也, 後藤志侑子: 円柱構造物周辺における海底地盤の有効応力応答を考慮した底質移動解析. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, pp.851-856, 2018.
- 12) Karl Terzaghi, *Theoretical Soil Mechanics*, Wiley, chap.2, pp.24-25, 1943.
- 13) 土木学会: 「海岸波動」, pp. 430-503, 1994.