

背後地盤の液状化に伴う護岸変位と噴砂位置

広島大学工学部 学生会員 ○藤倉 永大
 広島大学工学部 正会員 佐々木 康
 広島大学大学院 学生会員 白武 寿和

1.はじめに

兵庫県南部地震では地盤の液状化との関連が話題になったにもかかわらず、護岸直背後には噴砂が見られなかった。つまり、護岸直背後地盤では何らかの理由で完全液状化に至らない領域があるということである。そこで兵庫県南部地震の事例調査及び室内模型実験から、この領域ではなぜ完全液状化に至らないのか、また、この領域は護岸背後どれくらいまでなのかを検討した。

2.事例調査

兵庫県南部地震により被害を受けた港湾施設のうち、人工島である六甲アイランド及びポートアイランド（第一期）について調査した。六甲アイランドでは噴砂が多く見られた北部の護岸を、ポートアイランド（第一期）では護岸全体を取り上げた。

方法として、被害報告書¹⁾により被災状況を調査し、はらみ出し量を、航空写真をもとに判読し、まとめられた 1/4000 の地盤変状図²⁾から護岸近傍の噴砂の位置を調査した。

護岸法線から噴砂までの距離を計測する際、護岸背後に見られる噴砂を、図-1 に示すように 3 種類に分類して考えた。護岸に近い亀裂から噴出した噴砂を噴砂 1、次の亀裂から噴出した噴砂を噴砂 2、延長距離が長く、噴出した面積が広く、連続して分布している噴砂を噴砂 3 とした。

はらみ出し量と護岸法線から 3 種類の噴砂までの距離との関係を調べた結果、噴砂 1 には相関性が見られなかった。噴砂 2 には正の相関が見られた。しかし、噴砂 1 及び噴砂 2 は、噴砂 3 と比べて噴砂の全量が少なく、発生している状況も異なることから、護岸変位が終了してから噴砂した可能性がある。次に図-2 に示すように噴砂 3 には、ある距離までは正の相関が見られるが、その後は一定の距離に収束している。つまり、護岸の変位は護岸背後地盤の、ある距離までしか影響を及ぼさなくて、その距離までは護岸が大きく変位する方が護岸背後で完全液状化に至らない領域が大きくなるということである。

3.室内模型実験

図-3 に示す実験装置を用い、模型土槽を一回だけ加振することにより、模型地盤を瞬時に液状化させる。これに伴う護岸の変位量及び背後地盤の間隙水圧変動を調べた。護岸模型として逆 T 型擁壁を用い、擁壁背後地盤の幅を変えて実験を行った。試料には豊浦標準砂を用い、水中落下法により $Dr=30\%$ を目標に模型地盤を作成した。また、間隙水圧計は、擁壁から 10cm の位置と壁面から 5cm の位置の、水深 5cm、10cm、15cm の箇所に設置した。

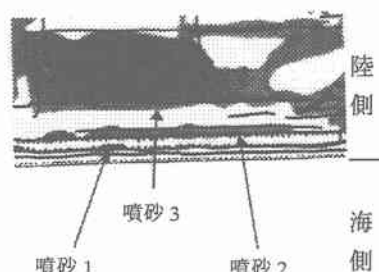


図-1 噴砂の分類

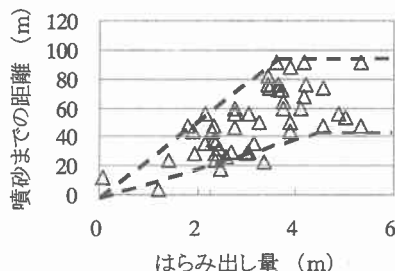


図-2 はらみ出し量と噴砂 3 までの距離

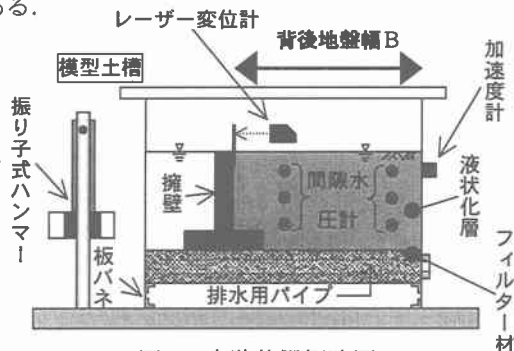


図 3 実験装置概略図

4.実験結果

本実験では、液状化地盤の下にフィルター材を敷くことにより、模型地盤のみ液状化するという条件のもと実験を行った。従って模型擁壁の鉛直変位及び回転はないものとする。実験ケースと実験条件及び実験結果を表-1に示す。表-1から背後地盤幅と水平変位量との関係を図-4に示す。図-4より背後地盤幅が25cm付近に変曲点があるように思われる。これは図-2と同じように、水平変位が2.5cm付近までは正の相関が見られるが、その後はある値に収束していくように見える。

次に間隙水圧及び水平変位の時刻歴を見てみると、擁壁から10cmの位置での間隙水圧は擁壁が急激に変位している間にいったん低下することが分かった。この低下量を深さ5cmの位置での有効上載圧で除した間隙水圧比で代表させ、背後地盤幅との関係を図-5に示す。図-5より背後地盤が大きくなると、間隙水圧低下量も大きくなることが分かる。次に水平変位量と間隙水圧低下量との関係を調べてみた。その結果を図-6に示す。

図-6より水平変位量が大きくなると、間隙水圧低下量も大きくなることが分かる。これは擁壁が大きく変位するほど、背後地盤のせん断ひずみが大きくなり、それに伴う正のダイレイタンスにより、間隙水圧の低下量が大きくなると考えられる。この間隙水圧は負の値であり、擁壁の変位を妨げる働きをする。つまり、擁壁背後地盤で間隙水圧が低下することにより、擁壁の変位が抑制され、同時に地表への噴砂もなくなると考えられる。

5.結論

- (1)事例調査の結果から、図2のように噴砂までの距離には頭打ちの傾向が見られ、その上限は40~90m程度である。
- (2)室内実験の結果から、図4から図6のように背後地盤の幅が小さくなるほど、水平変位量が小さくなり、間隙水圧の低下量小さくなる。
- (3)護岸直背後地盤が完全液状化に至らないのは、護岸の変位による間隙水圧の低下が主な原因である。

参考文献

- 1) 運輸省港湾技術研究所：1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告，港湾技研試料 No.857，pp.13，pp.49-127，pp.231-243，pp.248-261，pp.403-548，pp.775-943，1997。
- 2) M.Hamada, R.Isoyama and K.Wakamatsu：The 1995 Hyogoken-Nanbu(Kobe)Earthquake Liquefaction, Ground Displacement and Soil Condition in Hanshin Area, pp.42-45, pp.50-55, pp.60-65, pp.68-71, pp.76-79, 1995。

表-1 実験条件及び実験結果

Test No.	背後地盤幅 B (m)	e	Dr (%)	水平変位量 (cm)
1118	40.00	0.88	32.33	2.93
1123	40.12	0.88	32.09	2.86
1128	25.00	0.88	32.24	2.38
1130	30.20	0.89	30.01	2.49
1204	20.02	0.88	33.22	1.74
1205	15.08	0.89	29.78	1.07

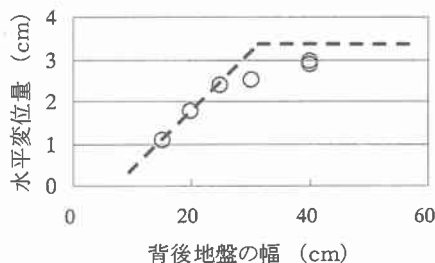


図-4 背後地盤幅と水平変位量

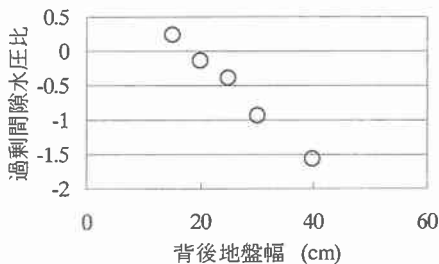


図-5 背後地盤幅と間隙水圧低下量

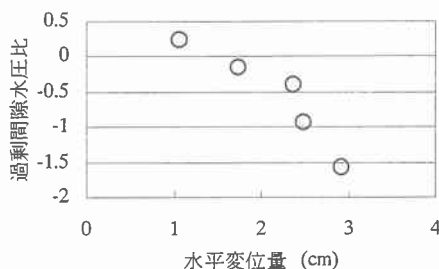


図-6 水平変位量と間隙水圧低下量