護岸移動に伴う液状化地盤の地表面流動量に関する研究

早稲田大学 学生会員 齋藤 祥円 山本 裕介 張 至鎬

大林組技術研究所 正会員 樋口 俊一 松田 隆

早稲田大学 フェロー会員 濱田 政則

1.はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震は,神戸市などの埋立地を中心に広い範囲で著しい地盤の液状化を 生じさせ,護岸の背後地盤が海側に水平変位をする, いわゆる側方流動現象が発生した.

側方流動による地盤の大変位はライフラインの埋 設管路や橋梁,建物基礎構造に甚大な被害を与えた. このため,埋設管路や基礎の設計において側方流動 の影響が考慮されるようになり,各種耐震設計指針¹⁾ の改定が行われてきた.しかし,改定された指針の 多くは側方流動の発生する範囲を護岸から100m以内 としているが,既往の研究によれば護岸から200~ 300m離れた地点でも側方流動量が確認されている²⁾.

本研究では,重力場における模型地盤の流動実験 および神戸市の埋立地における地盤変位の事例分析 を行い,地盤変位量の護岸からの距離減衰および側 方流動が発生する領域の大きさ等について検討した.

2. 重力場における模型実験

(1) 実験方法と条件

図-1 に重力場における模型実験に用いた土槽,模型地盤の概要を示す.土槽は流動方向の長さ 5.0m,幅 1.2mの剛土槽であり,模型護岸は重力式ケーソンを想定している.液状化層厚は 30~60cm であり,間隙水圧計を鉛直方向に4箇所設置した.

模型地盤作成後,模型地盤を流動方向に正弦波で 加振し,模型護岸を移動させ背後の液状化地盤に側 方流動を発生させた.地表面変位量は,図-1 に示す ような模型地盤の地表面に設置したターゲットの移 動をビデオ撮影し,画像解析することにより地表面 変位の時刻暦を得た.また,護岸変位はワイヤー変 位計を用いてその時刻歴を得た.



表-1 に実験ケースを示す.相対密度は 40%,加振 加速度は 400~500gal とし模型地盤厚を変化させた. 表-1 東力提実験の実験ケース

ケース名	液状化層厚 (cm)	<u>地盤長</u> 液状化層厚	相対密度 (%)	加振 加速度 (gal)	加振 振動数 (Hz)
Case 1	30	13.3	40	448	5
Case 2	40	10.0	40	458	5
Case 3	50	8.0	40	476	5
Case 4	60	6.7	40	474	5

(2) 実験結果と考察

護岸からの距離と地表面の水平変位量の関係を図 -2 に示す.縦軸は護岸移動量に対する水平変位量の 比を表している.図-2 によれば,地表面変位は護岸 から離れるに従い小さくなっており,また層厚が小 さいほどその減衰が早いことがわかる.

横軸を液状化層厚で除すことで減衰曲線を正規化した結果を図-3 示す.図-3 によれば,地表面の水平 変位量は護岸背後の地点で著しく減衰するが,それ 以降の領域では変位が徐々に減衰し,護岸からの距 離が液状化層厚の7~10 倍になる地点で水平変位は ほぼゼロに向かって収束している.



図-2 水平変位量と護岸からの距離の関係



キーワード 液状化,側方流動,航空写真測量,兵庫県南部地震 連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 濱田研究室 TEL03-3208-0349

3. 事例分析

(1) 分析方法

1995 年兵庫県南部地震で被害を受けた神戸港の埋立 地を対象とし事例分析を行った.側方流動量は濱田ら の航空写真測量²⁾の結果を用いた.また,液状化層厚 は道路橋示方書(平成8年)により求めた.分析対象 となる測線を神戸港内に計17本設定し³⁾,各地点にお いて地表面の側方流動量や液状化層厚を定量化した.

(2) 分析結果

全測線 17本より得られた地表面流動量の減衰曲線 において,縦軸の地表面水平変位量を護岸変位量で, 横軸の護岸からの距離を液状化層厚で除すことによ り正規化し,実験結果同様の整理を行った結果を図 -4に示す.図-4より,地表面の水平変位は護岸から の距離が液状化層厚の3~5倍の地点までは著しく減 衰するが,その後広い領域に亘ってほぼ一定の変位 が生じており,液状化層厚の10~20倍の領域まで地 表面変位が生じていることがわかる.



(3) 地表面の勾配による影響の検討

実験結果と事例分析では,減衰した地表面水平変位 量の最終的な収束値が異なる.この地表面流動量の減 衰傾向の違いを説明する要因として,地表面の傾斜に よる影響が考えられる.つまり模型地盤は地表面が平 らであるのに対して,実地盤は一般的に内陸に進むに つれて標高が高くなるため,その勾配によって一定量 の地表面流動量が発生したと考えることが出来る.図 -5 に水平変位の減衰曲線と地表面勾配の関係を示す. 図-5 によれば,護岸から 250m 以上の領域において 100m 以上の変位が生じており,その領域の地表面勾配 は 0.43%であることが分かる.

濱田らの既往の研究⁴⁾において傾斜地盤の地表面変 位量の予測式が提案されているが,これは既往地震に おける液状化土の事例分析より導かれたもので,地表 面の勾配や液状化層の物性地より地表面の変位量を 予測するものである.

図-4 に示した事例分析結果から地表面変位量がほ ぼ一定であると考えられる領域において,地表面の傾 斜の影響を検討した.つまり,液状化層厚の 10 倍以 上の領域で発生した地表面変位を傾斜地盤による地 表面変位量 D とし,濱田らの提案式による予測量 Ds との整合性を検討した結果を図-6 に示す 図-6より, Ds とDの値は整合性があると理解できるので,実際の 地盤において内陸にまで広く分布する側方流動量は, その傾斜によるものであると推定することが出来る.



図-6 傾斜の影響による水平変位量(測線5本のみ)

(4) 実験結果と事例分析の比較

(3)より事例分析結果において地表面の傾斜によっ て発生したと考えられる側方流動量(D)を一律して 差し引き,重力場実験結果,および昨年度行った遠心 載荷場実験の結果³⁾と合わせて比較したものを図-7 に示す.図-7より,地表面勾配の影響を取り除いた事 例分析結果と,勾配のない模型地盤を用いた実験結果 は良好な一致を示している.



4.まとめ

平らな地盤のもとで行った重力場の模型実験と, 地表面勾配を有する実地盤では地盤の勾配によって 護岸背後の側方流動量の分布に違いがあると推定出 来る.つまり,地盤の勾配によって,護岸背後の広 範囲(200~300m)に渡って側方流動量が分布すると 予測されるが,さらなる検討が必要と考えられる.

参考文献

- ガス工作物等技術基準調査委員会:「高圧ガス導管液状 化耐震設計指針」,2002.2
- 濱田ら:「1995 兵庫県南部地震液状化,地盤変位及び地 盤条件」,1995.9
- 濱田ら:「護岸移動に伴う背後地盤の側方流動量に関す る研究」,2003.9
- 4) 濱田政則・若松加寿江ら:「液状化地盤の水平変位量の 予測法に関する研究」, 2001.3