護岸移動に起因した地盤の側方流動量に関する研究

早稲田大学	学生会員	金井	宏樹	張 3	ē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,建物等の基礎に深刻な被害 を与えた.このため,埋設管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 の改定が行われた.改定された指針の多くでは側方流動 の発生する範囲を護岸からほぼ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 も側方流動が発生している.

本研究では遠心載荷場において模型地盤の流動実験に より,側方流動量の護岸からの距離減衰特性および側方 流動が発生する領域の大きさ等について検討した.本検 討では流動変位が護岸移動に依る変位と地表面の勾配に 依る変位の二つの要因から成ることに着目している.

2. 遠心載荷場における流動実験

2.1 実験方法

護岸を含む模型地盤を 30G の遠心載荷場で加振する ことで地盤の液状化,護岸の水平移動,背後地盤の側方 流動を発生させた.図 1 に示すように,間隙水圧計を 深さ方向に3箇所,2断面で合計6個設置した.地表面 に設置された標的を高速度ビデオカメラで撮影し画像解 析を行なうことにより地表面変位を測定した.



キーワード 液状化,側方流動,護岸,地表面勾配 連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4表 1 に実験ケースを示す.地盤材料は珪砂8号で目 標相対密度を50%とした.層厚は約30cm,地表面勾配 を0,1,2%と変化させた.土槽の加振は遠心加速度 30Gのもとで行い,加振加速度140~150gal 程度,振動 数60Hzの正弦波を20波入力した.

表 1 実験ケース

ケース	地表面勾配 (%)	液状化層厚 (cm)	相対密度 (%)	加振 加速度 (m/s ²⁾	入力波	還心 加速度 (G)
30G-0%	-0.18%	29.6	51.1	156.8	60Hz 20波	30
30G-1%	0.98%	28.6	48.9	137.5	60Hz 20波	30
30G-2%	1.83%	29.6	51.1	156.8	60Hz 20波	30

2.2 実験結果

図 2 に遠心加速度 30G, 地表面勾配 1%の場合の地 表面水平変位と護岸からの離間距離の関係を示す.

図 3に全ケースの結果をまとめて示す.

2003年度に行なった重力場実験(地表面勾配は全て0%) の結果を併せて示す.縦軸は地表面水平変位を護岸の水 平変位で除すことで正規化し,横軸は護岸からの離間距 離を液状化層厚で除すことで正規化した.地表面勾配が 0%の場合は,水平変位量が0に収束する傾向がある.地 表面勾配がある場合は,護岸からの離間距離が液状化層 厚のおよそ1倍の地点まで大きく減衰し,それ以降は一 定の水平変位量が生じていることが分かる.



〒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. 側方流動量の減衰特性に関する考察

3.1 1995 年兵庫県南部地震での事例分析

(1) 側方流動量の定量化とその分布

1995年兵庫県南部地震における17箇所の液状化被害 地を対象に行った事例分析の結果(側方流動量の減衰曲 線)を図 4 に示す.護岸から離れた地点でも水平変位 が生じていることが分かる.なお側方流動量は航空写真 測量を用いて定量化し,液状化層厚は神戸地盤データベ ース JIBANKUN を用いて道路橋示方書(FL判定法) の方法により算定した.



(2) 地表面勾配による水平変位量

実験結果の図 3 では地表面勾配が 0%の場合は水平 変位量が0に収束し,地表面勾配を有する場合は変位量 がある一定値に漸近し,事例分析結果と同様な傾向を示 した.実地盤では図 5 に示すように傾斜を有している ので事例分析の対象とした地域では傾斜によって変位が 生じているのではないかとの推測が成り立つ.そこで既 往の研究²⁰より提案されている傾斜地盤の地表面変位量 の予測式(式 1)を用いて,実地盤において一定に漸近 する水平変位量は傾斜によるものではないかとの検証を 行う.

(式 1)から液状化層厚の土質条件と地表面勾配 により水平変位の予測量 Ds が算定される.次に,図 6 にポートアイランドの測線における地表面水平変位の減 衰曲線を示す.この図において一定に漸近した値を傾斜 により発生する水平変位量 D と仮定する.



図 7 に事例分析の対象とした 6 地点において,水平 変位量 D と水平変位の予測量 Ds の関係を示す.



図 7 予測変位量 Ds と水平変位量 D の比較

水平変位量 D と水平変位の予測量 Ds は概ね近い値を 示しているので,事例分析の結果において広い範囲で流 動することは地表面の傾斜による影響が大きいと判断す ることが出来る.

3.2 護岸移動による水平変位量の比較

事例分析の減衰曲線において,傾斜による水平変位量 を差し引き,今回の遠心載荷場実験の結果および2003 年度の重力場実験の結果(いずれも地表面勾配0%)と の比較を図8に示す.



図 8 護岸移動による水平変位量の減衰曲線

4. まとめ

- ・地表面水平変位量は護岸からの離間距離が層厚の 8~10 倍の地点で小さい値(0)に収束する.
- ・傾斜地盤では傾斜により一定の変位が発生し,護岸からの離間距離が液状化層厚の8~10倍以降の広い範囲で流動する要因であると考えられる.

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
- 2) 濱田ら:液状化地盤の水平変位量の予測法に関する 研究,構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向 上に関するシンポジウム, pp267-272, 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