

## I-B 113 1995年兵庫県南部地震による地盤の側方流動の特性に関する検討

早稲田大学 正会員 若松加寿江 濱田政則  
同 学会生員 渋谷武弘 目堅智久 海老原夕香

## 1. まえがき

兵庫県南部地震の際に阪神地域の埋立地で発生した側方流動について、航空写真を用いた測量結果<sup>1)</sup>に基づき、護岸から内陸に向けて地盤の水平変位がどのように減衰していくかを検討した結果、水平変位量と護岸からの距離の関係は図1に示すような形に模式化されることが明らかになった<sup>2)</sup>。すなわち、護岸からある距離までは地盤変位が急速に減衰し、そこより内陸側では変位量はほぼ一定に収束する。この地盤変位が急速に減衰する範囲は、護岸移動の直接的な影響を受けていると考えられることから「影響範囲」と呼ぶことにする。また、水平変位量については、図示したように「護岸変位量」と護岸の移動と無関係の「側方流動による変位量」に分けられる。本文では、これらの変位量および影響範囲について検討した結果を報告する。

## 2. 護岸変位量に関する検討

図2は各埋立地における護岸変位量の平均値を比較したものである。平均変位量は六甲アイランド南岸および深江浜の西岸と東岸で特に大きい。また、2つの人工島以外では北岸の変位量が他の方位に比べて小さめとなっている。今回の地震の強震動記録の水平成分は全般的に東西方向より南北方向の方が大きかったが、護岸変位量に関しては南北方向が大きいという顕著な傾向は認められない。また、震源により近い埋立地ほど護岸変位量が大きいという傾向も認められない。このことは護岸変位の原因として、慣性力以外の影響も大きかったことを示唆するものと考えられる。

図3は護岸変位量と護岸前面の水深との関係を示している。水深は海上保安庁による海図(1993年発行)から読みとった。本土側埋立地では比較的よい相関が見られる。六甲アイランドにおける護岸変位量が水深の割に小さめであった原因については、埋立材料の違い(六甲アイランド南部ではまさ土より液状化しにくい神戸層群の土が用いられている)やクレーンの陸側レールの基礎地盤の改良などの影響が考えられた<sup>3)</sup>。

## 3. 側方流動による変位量に関する検討

従来、側方流動による変位量は液状化層厚と相関が高いことが明らかにされている。そこで、本検討では液状化層を地下水位以深の埋立層とみなし両者の関係を整理した。その結果を図4に示す。本土側埋立地では比較的よい相関が認められるが、人工島では液状化層厚に比して変位量が小さめに抑えられている。この原因としては、人工島の中央部における改良地盤や高層建物の地下室などが無改良地盤の液状化層の流動も抑制したこと、人工島では表層の非液状化層厚が厚いため地表部の地盤が動き難かった、また六甲アイランド南部の埋立土(神戸層群等)がまさ土より液状化しにくかったこと、などの原因が考えられる。

## 4. 影響範囲に関する検討

「影響範囲」では、図1に示したように地盤変位が急激に小さくなっていくため、相対変位量すなわち地盤のひずみが増大する。今回の地震でも橋桁の落下や埋設管路の破断など、側方流動に関連する深刻な被害はこの範囲内で発生している。図5に影響範囲と護岸変位量との関係を示す。両者の間には明瞭な相関は認められないが、影響範囲の上限は護岸変位量に応じて大きくなるのがわかる。例えば、護岸が3m動くとその影響は最大で200m程度内陸にまで及ぶ。しかしながら、護岸変位が3m以上でも影響範囲が極めて小さい場合がある。これは護岸近傍の改良地盤や構造物、表層の非液状化層の厚さ、液状化した土の剛性等の影響によるものと推測される。一方、図6は、影響範囲、すなわち地盤の相対変位量が大きい領域では地割れが多く発生することに着目して、護岸と平行な地割れが発生した領域と護岸変位量との関係を調べたものである。図6についても図5とほぼ同様な傾向が認められる。なお、芦屋浜については、影響範囲や地割れの領域が護岸変位量の割には大きめの地点がある。この原因の一つとして、芦屋浜では埋立材料としてまさ土のほかには海砂が用いられていることが影響していると考えられる。

## 5. まとめ

兵庫県南部地震の際の液状化に伴う側方流動量について検討した結果、本土側埋立地の護岸変位量は護岸前面の水深と、護岸背後地盤の変位量は液状化層厚と比較的よい相関が認められた。人工島については、地盤改良や地表部の非液状化層厚等の影響で両変位量とも小さめに抑えられていた。また、護岸変位の影響を受ける範囲の上限は護岸変位量が大きくなるほど内陸部まで及ぶ傾向が見られた。

### 参考文献

- 1) Hamada, M., et al.: The Hyogoken-Nanbu(Kobe) Earthquake, Liquefaction, Ground Displacement and Soil Condition in Hanshin Area, 1995.
- 2) 濱田ほか：1995年兵庫県南部地震による地盤の側方流動（その1. 側方流動の特性に関する検討）第31回地盤工学研究発表会, 1996.
- 3) 若松ほか：1995年兵庫県南部地震による地盤の側方流動（その2. 護岸と地盤の変位に関する検討）第31回地盤工学研究発表会, 1996.

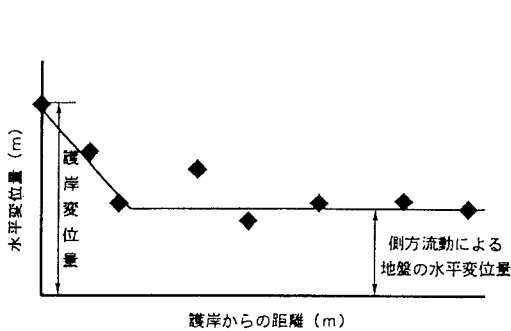


図1 水平変位量と護岸からの距離の関係の模式図

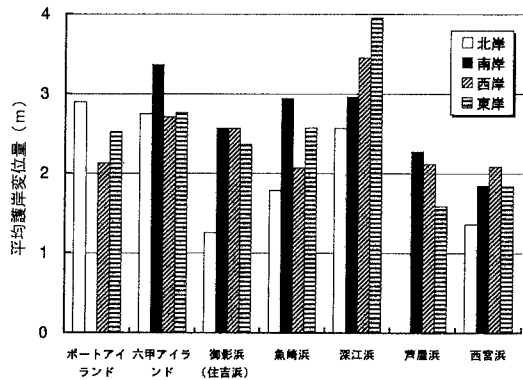


図2 埋地地ごとの平均護岸変位量

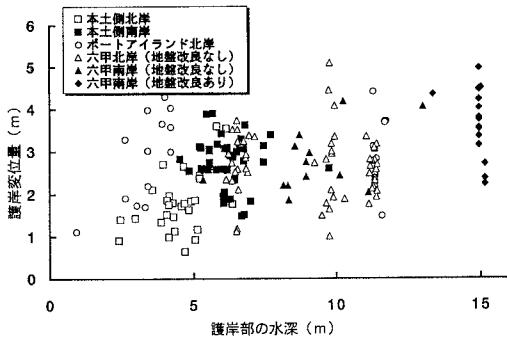


図3 護岸変位量と護岸部での水深との関係

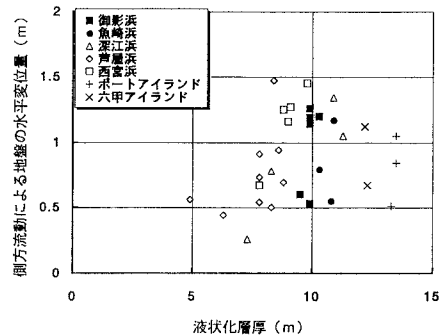


図4 側方流動による変位量と液状化層厚との関係

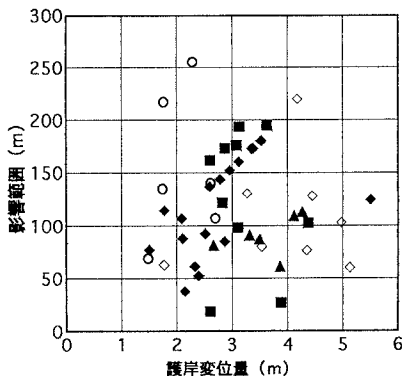


図5 影響範囲と護岸変位量との関係

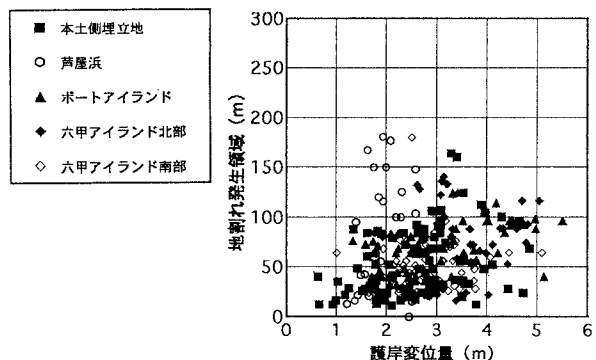


図6 地割れ発生領域と護岸変位量との関係