

Ⅲ-A118

兵庫県南部地震における埋立地盤内陸部での地表の水平変位に関する一考察

福井工業高等専門学校 正会員 吉田雅徳  
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克  
 金沢大学工学部 フェロー会員 北浦 勝  
 豊橋技術科学大学 中屋有加里

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、臨海部に位置する埋立地盤において、液状化に起因する地盤沈下や地盤流動による過大な地表変位が確認されている。そのうち水平変位を引き起こす地盤流動の発生メカニズムとしては、地表面勾配を有する地盤において標高の高い所から低い所に向かって地盤が流動する傾斜地盤タイプと、臨海埋立地や河川の護岸のように一方に開放面をもつ地盤において、護岸が開放面方向に移動することによりその背後地盤が流動する護岸移動タイプの2つが考えられている。しかし、兵庫県南部地震における深江浜、魚崎浜、御影・住吉浜の3つの埋立地盤における流動事例を調査した結果、地表面勾配が1%以下のほぼ水平な所や、護岸背後から数百メートルも離れた所でも、数メートルもの水平変位が発生していたことが明らかとなっている<sup>1)</sup>。また、同地盤における水平変位の方向性を調査した結果、護岸部ではそのほとんどが海側に変位しているのに対し、その背後の内陸部では南方向への変位が卓越していたことを明らかにした<sup>1)</sup>。

本研究は、上記3地区の南方海上に位置する六甲アイランドを対象として、地表の水平変位の分布特性やその発生要因を明らかにすることを目的としており、変位の量と方向に関する要因として、地表面勾配、地震動慣性力、そして地層境界面勾配を取り上げ、その影響の有無について検討を行った。

2. 六甲アイランドにおける水平変位の分布特性

対象地区は六甲アイランドを含む東西4km×南北3kmの領域であり、解析では同地区を東西50m×南北50mのメッシュに分割して検討を行った。本研究で扱う水平変位は、護岸移動による影響の少ない埋立地盤内陸部における変位を対象としているため、対象地区の全変位データより護岸から最大で100mの範囲内で発生した護岸部（Shore）での変位を削除した、内陸部（Inland）での変位のみを利用している。なお、変位ベクトルは地震前後の航空写真測量による判読結果<sup>2)</sup>をメッシュデータ化したものを用いている。最大水平変位は護岸部で約5.5m、内陸部で約1.6mであり、内陸部でも比較的大きな変位が発生していた。

図-1は水平変位ベクトルの方位角をヒストグラム表示したものである。図(a)の護岸部では0度（360度）と180度方向、すなわち南北方向にピークが見られる。これは、六甲アイランドは南北方向に面した護岸距離が長いことによる影響と考えられる。しかし、図(b)の内陸部では、90度前後の変位が少ないという点以外には特徴的な傾向が見い出せない。そこで、図(b)の内陸部のデータに関して、変位の発生場所を同地区の南北方向座標軸を用いて、0~1km（南区）、1~2km（中区）、2~3km（北区）の3区域に分類し変位の発生傾向を整理した。

まず、図(c)の北区については北方向への流動デー

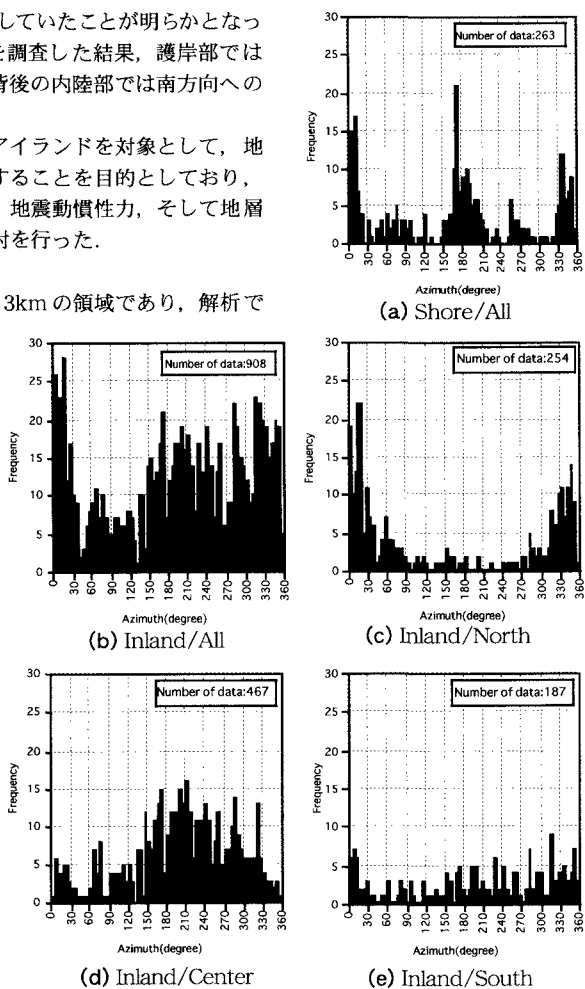


図-1 水平変位の方位角

キーワード：地震、液状化、地盤流動、1995年兵庫県南部地震、六甲アイランド

連絡先：〒916-8507 鯖江市下町 TEL:0778-62-8305 FAX:0778-62-3416 E-mail:masaho@fukui-nct.ac.jp

夕が圧倒的に多く、この方向は北区で発生した護岸部の海側への移動方向とも一致する。現地調査結果によれば、この北区は六甲アイランドの中でも特に液状化による噴砂が顕著であった所でもあり、護岸から100m以上離れた所でも護岸移動の影響を強く受けていたことを示唆している。つぎに、中区については、図(d)に示すように南及び南西方向の変位が卓越していることが分かる。これは、前述の深江浜、魚崎浜、および御影・住吉浜と同様の傾向を示しており、非常に興味深い結果である。最後に、図(e)の南区については、他の区域と比較してデータ数が少ないため明瞭な傾向は確認できなかったが、別途大きさに別整理した結果、0.5m以上の大きい変位は同区域の護岸移動の方向でもある南方向に多く分布する傾向が見られた。以上より、液状化の程度が激しかった北区では、護岸移動の影響が内陸部の変位方向にまで影響したが、護岸移動の影響を受けていない中区に関しては、他の埋立地盤と同様に南方向への変位が卓越していたことが明らかとなった。

### 3. 内陸部における水平変位の要因分析

ここでは、特に前述の六甲アイランド中区における南方向への水平変位について、その発生要因を検討する。

まず、地表面勾配による影響を検討するため、検討地点と前後50mの2地点との標高差を東西および南北方向でそれぞれ求めて地表面勾配に変換し、また同検討地点での変位を東西および南北方向の水平変位に分解し、両者の関係を調べた。変位方向は東と北方向を正とし、勾配は同方向に下る場合を正としており、傾斜方向と変位方向が一致した場合、すなわち標高の高い所から低い所に地盤が移動した場合には、同図は原点を通る右上がりの関係を示すものである。図-2は南北方向の結果であるが、両者の間に有意な関係は見られず、変位の方向性については、地表面勾配の影響を受けていない地点が多数存在していたと考えられる。これは東西方向についても同様の結果であった。

地震動の卓越方向による影響について、深江浜と魚崎浜の間に架かる東神戸大橋付近の地盤上で観測された加速度記録を用いて検討を行った。図-3は加速度記録の東西および南北成分を用いて、150gal以上の加速度軌跡を求めて示したものである。小さな加速度レベルでは特徴は見られなかったが、同図に示す大きな加速度レベルでは、南北方向または北西から南東方向への加速度が卓越していたことが分かる。地表の水平変位が地動慣性力による残留変位に起因するならば、この地動加速度の卓越方向も変位の方向性に影響を与えた要因の一つと推測できる。

図-4は対象地区付近の地盤図<sup>3)</sup>より、六甲アイランド下部地盤の旧海底面(埋立土層底面)と沖積粘土層底面の東西及び南北方向の平均勾配を求めて示したものであり、北及び東方向に下る勾配を正としている。同図より、両地層底面ともに南方向及び東方向に傾斜していることが分かるが、その大きさを比較してみると、いずれも南方向への勾配の方が大きいことが確認できる。しかし、その勾配は1%以下と小さいため、変位の方向性との関係については別途検討を要すると思われる。

### 4. おわりに

以上より、地動加速度の卓越方向、また地層境界面の勾配方向が、埋立地盤内陸部における地表水平変位の卓越方向と一致していたことを示したが、その因果関係については今後の検討課題である。なお、本研究は文部省科学研究費(奨励研究(A))の補助を得て実施されたものであり、記して謝意を表す。参考文献 1) 吉田雅徳, 宮島昌克, 北浦勝: 1995年兵庫県南部地震における液状化地盤の流動方向に関する検討, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, Vol.2, pp.1359-1364, 1998. 2) 濱田政則, 磯山龍二, 若松加寿江: 1995年兵庫県南部地震 液状化、地盤変位及び地盤条件, 地震予知総合研究振興会, 1995. 3) 岩見義男: 神戸のまちと地盤, pp.149-162, 1987.

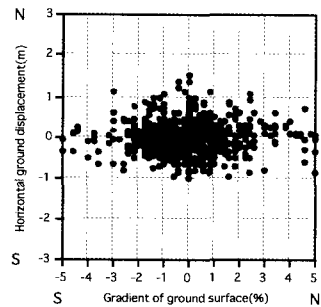


図-2 地表面勾配と水平変位量との関係

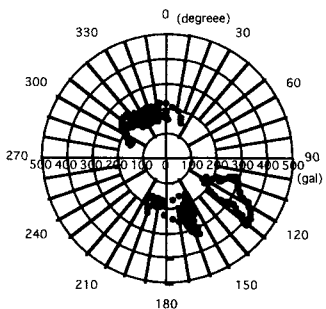


図-3 加速度の軌跡(150gal以上)

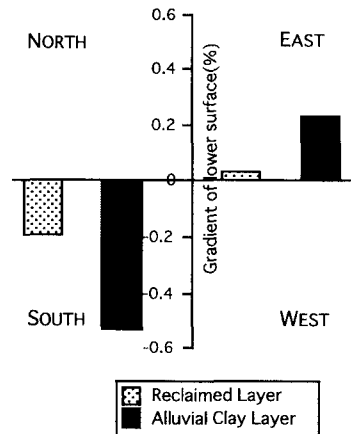


図-4 埋立土層と沖積粘土層の底面勾配