

液状化領域の空間分布と地盤変位との関係

福井工業高等専門学校	正会員	吉田雅徳
福井工業高等専門学校		○古田竜一
金沢大学大学院自然科学研究科	正会員	宮島昌克
金沢大学工学部	正会員	北浦 勝

1. はじめに

液状化に伴う地盤の沈下や側方流動は多大な変位を生じるため、構造物には厳しい破壊外力となる。1995年兵庫県南部地震においても、臨海部の埋立地盤を中心に大規模な液状化が発生し、地盤が水平または鉛直方向に数十cmから数mも変位し、建物や橋梁等の基礎およびライフライン管路に極めて甚大な被害をもたらした。現在のところ、液状化が発生するか否かの判定法はある程度確立されているが、液状化によってどの程度の地盤沈下や側方流動が生じるかを定量的に予測する手法については未だ確立されていない状況である。

著者らはこれまで液状化領域の空間分布推定法に関する研究を実施しており、ボーリングデータより算出される F_L 値を基にした液状化領域の3次元分布推定法と、それによる地盤変位予測法について検討してきた¹⁾。地盤の変位は地盤の硬軟に起因するところが大きく、そこで本文では地盤の硬軟を示す指標である N 値に注目し、液状化による地盤沈下や側方流動との関係について考察する。

2. 被害地震と対象地区

本研究で対象とした被害地震は、1964年6月16日に発生した新潟地震 ($M=7.5$) である。震央は新潟市から約50km離れてはいたが、新潟平野が信濃川、阿賀野川によって形成された細砂を主体とする軟弱な沖積地盤であることから液状化現象が広範囲に発生し、特に地表から5m~10mの深さで著しかった。対象とした地区はJR新潟駅北側の東西0.6km×南北1.1km、標高3m~-16mの領域であり、解析ではこの領域を50m×50m×1mに分割して検討を行った。対象地区の地表面はほぼ平坦であったが、地震後に生じた永久変位は最大で地盤沈下約2.0m、地盤隆起約1.4m、側方流動約4.0mであった。

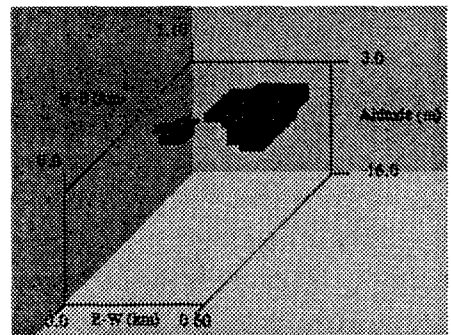


図1 N 値の3次元分布 (0以上4未満)

3. N 値の空間分布推定

本研究で用いた物性値の空間分布推定法は、地盤統計手法であるKriging法により各深度における物性値の2次元分布を推定し、それらを重ね合わせることによって3次元分布を求めるものである。なお、Kriging法とは既知点での物性値の加重平均より任意地点での物性値を推定するものであり、物性値の分布指標にはsemi-variogramを用いている。

ここでは、対象地区付近に存在する26本のボーリングデータより得られた N 値を用いて、対象領域における N 値の空間分布推定を行った。図1は N 値が0以上4未満、図2は N 値が4以上10未満の領域を抽出し3次元表示したものである。 N 値が10より小さな、いわゆる緩い地盤は地表から10m以浅のみに存在し、極めて緩い地盤が表層付近に一部存在して

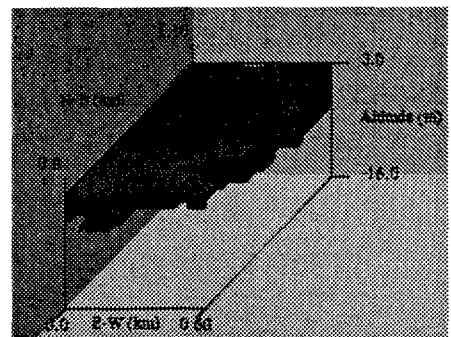


図2 N 値の3次元分布 (4以上10未満)

いる様子が分かる。このことは、前述の地表から5m~10mの深さで液状化が著しかったこととも対応しており、 N 値の小さな所、すなわち軟弱な地盤と液状化の発生し易さとの相関が伺える。

4. N 値と地盤変位との関係

液状化の発生が N 値の大きさである程度説明できうるので、推定した N 値の空間分布より深度5mまでの平均 N 値を算出し、地震後の地盤変位との関係を調べた。図3が側方変位、図4が鉛直変位との関係である。図3より、側方変位のベクトルの向きが N 値の等分布線の垂直方向に向かう成分が多いことが分かる。しかし、北部にある大きな変位の塊は N 値の大きな所から小さな所へ流動し、南部にある大きな変位の塊では逆に N 値の小さな所から大きな所へ流動しており、変位量についても規則性は見られない。また、大きな変位の流動方向は対象領域北部を流れる信濃川に垂直であり、マクロ的に見れば沖積平野が形成された時の地盤条件が大きく影響していることも考えられる。鉛直変位に関しては、 N 値の小さな領域で地盤沈下が比較的卓越しており、両者の相関は側方流動と比較して高い。また、地盤隆起は側方流動の下流域で卓越していることが分かる。

図5と図6は深度10mまでの地盤において、各メッシュの N 値が10未満の層厚と地盤変位との関係を調べ度数分布表示したものである。地盤変位の生じた、すなわち変位量がゼロ以外の分布を見ると、側方変位では層厚7mで側方流動1.0m、鉛直変位では層厚7mで地盤沈下0.5mの度数がそれぞれ最も多い。地震外力により異なると思われるが、これがこの地域における軟弱地盤の層厚と地盤変位量との平均的な関係を示していると言える。

謝辞 本研究の一部が文部省科学研究費の補助を受けていることを記して深謝いたします。

参考文献 1) Masaho YOSHIDA, Masakatsu MIYAJIMA, Masaru KITaura and Soichiro FUKUSHIMA: Estimation of Spatial Liquefaction Potential using Kriging Technique, Proc. of the First International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Vol.2, pp.911-916, 1995.

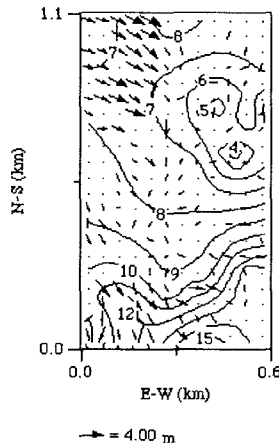


図3 N 値と側方変位との関係

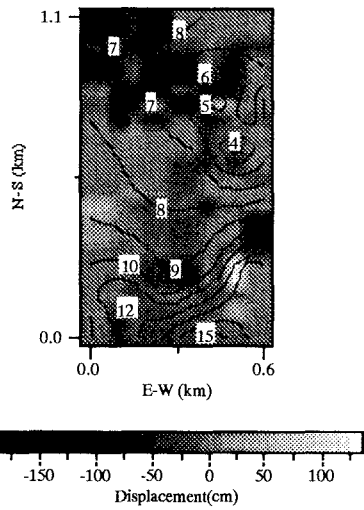


図4 N 値と鉛直変位との関係

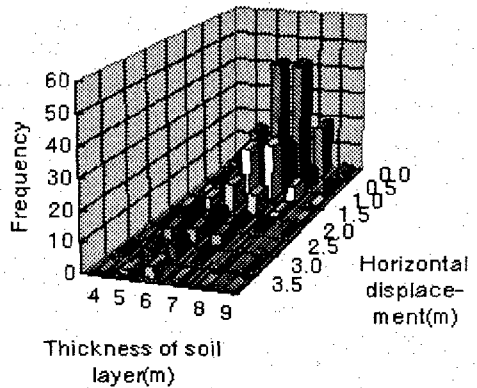


図5 軟弱地盤の層厚と側方変位との関係

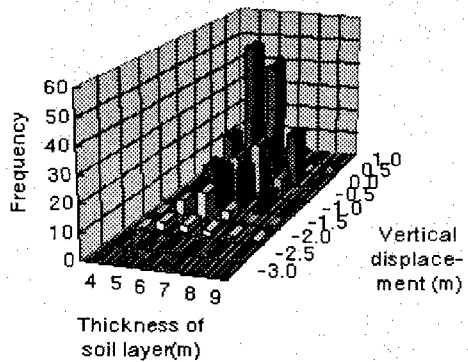


図6 軟弱地盤の層厚と鉛直変位との関係