

福井工業高等専門学校

正会員 吉田雅穂

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

液状化地盤の側方流動は地中線状構造物や護岸構造物などに多大な被害をもたらす。この側方流動による被害を軽減するため、地盤や構造物に対策を行う場合には、まず対象となる地盤が流動するか否かを事前に判断し、また流動による変位量や流動力、さらに流動方向の予測も行う必要がある。これらの予測法については、従来より数多くの手法が提案されているが、その主たるものは変位量を算出するものであり、変位方向まで検討しているものは少ない。その理由は、側方流動が地表面や液状化層上面の傾斜方向、また水際線においては護岸直角方向に卓越することが、これまでの知見により周知の事実となっているためと思われるが、多くの側方流動事例を調査してみると全てが上記傾向に該当するとは限らず、変位方向決定のための明確な判断基準の確立が望まれるところである。

著者らはこれまで、地盤統計手法であるクリギング法を用いた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、現在はそれによる地盤の側方流動予測について検討を行っている。その検討結果のひとつとして、1964年の新潟地震をケーススタディとして解析を行い、液状化層上面の傾斜と表層付近に存在する地盤軟弱部、すなわち地盤条件の平面的、また空間的な分布特性の変化が、側方流動の変位量及び方向に大きく影響していることを指摘した¹⁾。そこで本研究では、側方流動のような地盤の変形に影響を及ぼす地盤物性値である N 値を利用し、その分布特性と側方流動の方向及び量との関係について検討を行った。

2. 対象地区

対象とした地区は、新潟地震で液状化被害の発生した、信濃川とJR新潟駅に挟まれた東西0.6km×南北1.1kmの領域である。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は対象地区の地震後の鉛直変位と水平変位を示したものであり、航空写真測量によって求められた値²⁾をそれぞれ50m四方のメッシュデータに変換してある。また、図2は図1の側方流動ベクトルを基に、その変位方向と量を極座標にプロットしたものである。同図より、南東方位に向かう変位量が卓越していることが分かる。

本地区では計26本のボーリングデータが得られているが、このデータを用いて石原が提案している N 値と有効上載圧との関係図³⁾を基に側方流動の判定を行った。この関係は、飽和砂を用いた室内土質試験の結果より得られたものであるが、新潟地震や1983年日本海中部地震における実際の側方流動事例との対応も確認されている。図3は側方流動すると判定された層厚を色の濃淡で示したものである。なお、判定はボーリングデータの得られている地点のみで行い、深度10mまで1mの層ごとに行っ

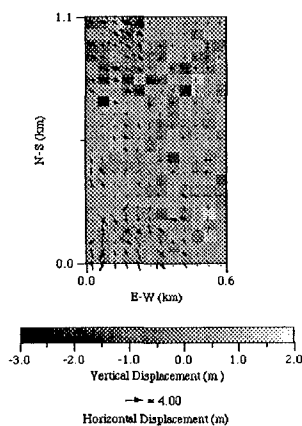


図1 対象地区の地盤変位

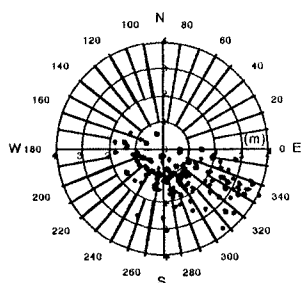


図2 側方流動の分布

キーワード：液状化、側方流動、 N 値、パリオグラム、1964年新潟地震

連絡先：〒916 鯖江市下司町 TEL 0778-62-1111 FAX 0778-62-3416 E-mail masaho@fukui-nct.ac.jp

た。図1と比較すると、大きな変位の発生した北西部において流動すると判定された層が多く存在し、判定結果が比較的良く対応していることが確認できる。

3. 解析概要

N 値の分布特性を表現する指標として、本研究では次式に示すバリオグラム $\gamma(\bar{h})$ を用いる。式中、 x_i と y_i は \bar{h} ベクトルの位置関係を満足するデータの N 値であり、 $N(\bar{h})$ はその組数である。

$$\gamma(\bar{h}) = \frac{1}{2N(\bar{h})} \sum_{i=1}^{N(\bar{h})} (x_i - y_i)^2 \quad \bar{h} = h \pm \Delta h$$

上式を用いて任意の方向軸、例えば図4に示すように基準線から α の角度を有する軸のバリオグラムを求めるには、 $N(\bar{h})$ 個のデータの組から図のような配置のデータのみを抽出して算出すればよい。しかし、同一な方向軸を持つデータの組は数に制限があるため、本研究ではその方向に $\pm \theta$ の幅を持たせている。本解析では、 h を 0.1km 刻み、 Δh を 0.05 km、 θ を 20° とし、 20° 刻みの方向軸ごとにバリオグラムを算出した。

4. 解析結果

側方流動により変形する部分は表層付近の地盤であると思われるため、本研究では地表面から 5m の深さまでの層を対象として検討を行った。計26本のボーリングデータより、深度5mまでの N 値の分布特性を求めたところ、その平均値は約8と比較的軟弱な地盤であり、また液状化の可能性も非常に高かった⁹⁾。

図5は深度5mまでの平均 N 値のバリオグラムの一例であり、同図には指数関数による回帰曲線も併せて示してあるが、方向によってその分布特性が異なっていることが分かる。つぎに、全ての方向軸において同一なバリオグラムの得られる距離 h を、それぞれの方向のバリオグラムの回帰式より求めた。本研究ではこれを相関距離と定義しており、ここでは $\gamma(\bar{h})$ が5の場合について述べる。

図6は図2より各方向軸の変位量の平均値を求め、その軸に対する相関距離との関係を示したものである。同図には一回帰した直線も示しているが、相関距離が長いほど側方流動が大きくなる傾向にあり、このことは、 N 値の分布が比較的均一な方向に沿って大きな側方流動が発生する可能性があることを示唆している。

参考文献 1) 吉田雅穂・宮島昌克・北浦 勝・深谷正俊・古田竜一：新潟地震時の液状化による側方流動の再検討，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集，第3部(A)，pp.254-255，1996。 2) Hamada, M.: Large Ground Deformation and their Effects on Lifeline, 1964 Niigata Earthquake, Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, Vol.1, NCEER, 3.1-3.123, 1992。 3) 石原研而：地震時の地盤の液状と流動性破壊，日建設計中瀬土質研究所報告，No.3，pp.1-11，1994。 4) 吉田雅穂・宮島昌克・北浦 勝：液状化領域の空間分布異方性に関する研究，土木学会中部支部平成8年度研究発表会講演概要集，pp.405-406，1997。

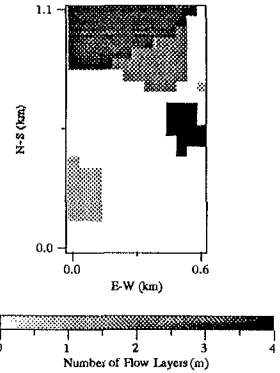


図3 側方流動の判定結果

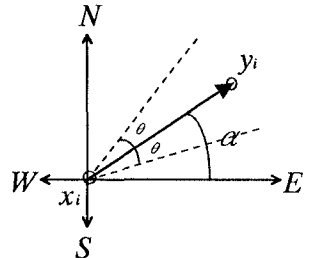


図4 方向軸の概念

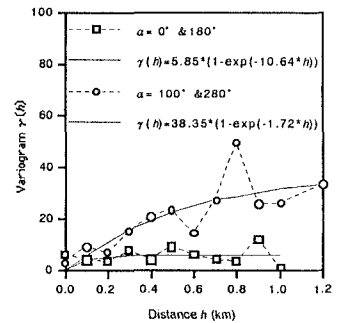


図5 バリオグラム

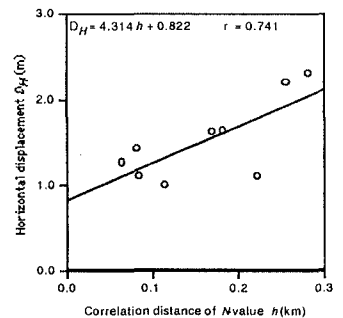


図6 相関距離と側方流動の関係