

(62) 液状化による永久変位の要因に関する考察

東海大学海洋学部

浜田政則

東海大学大学院

○小島雄三

日本技術開発㈱地震防災室

磯山龍二

東京ガス㈱導管計画部

中根宏行

1. はじめに

液状化した地盤が、地形条件によっては側方に数mのオーダーで永久変位することが明らかにされて以来、永久変位発生メカニズムが研究されてきている。しかしながら現在の所、そのメカニズムは明かでない。

永久変位が発生する地形・土質条件としては、1)地表面が傾斜し、その下に広範囲に液状化層が存在する、2)護岸等が存在し、もともとすべり易い地形条件を有している、3)地表面はほぼ平坦であるが、液状化層の下面が傾斜している、の3種類があるとされている。

浜田らは、上記の3種類の形態すべてを含んだ事例について相関解析を行い、永久変位を予測するための回帰式を与えている。しかしながら、本来形態の異なる永久変位であるため、それぞれの形態について永久変位に対する要因を明らかにする必要がある。本報告では地表面が平坦である場合について、日本海中部地震と新潟地震のデータを用いて永久変位に影響を与える要因を明らかにした。なおここでいう地表面が平坦とは地表面勾配が1%以下の場合とした。

2. 要因分析のためのデータの抽出

能代市および新潟市で永久変位が発生した地域において、永久変位の方向と平行に測線を設定し、これらの測線に沿った永久変位について要因分析を行った。

図1, 2に新潟駅および海老ヶ瀬地区、図3に能代市北部での測線と水平方向の永久変位ベクトルを示す。

各測線ごとに土質資料を収集するとともに、スウェーデン式サウンディングなど新たな土質調査を実施した。これにより得られた土質資料から、地層区分および液状化層の判定を行い、図4に示すような土層断面図を作成した。

液状化層の判定には、岩崎・龍岡らの簡易式³⁾を用い、液状化に対する抵抗率

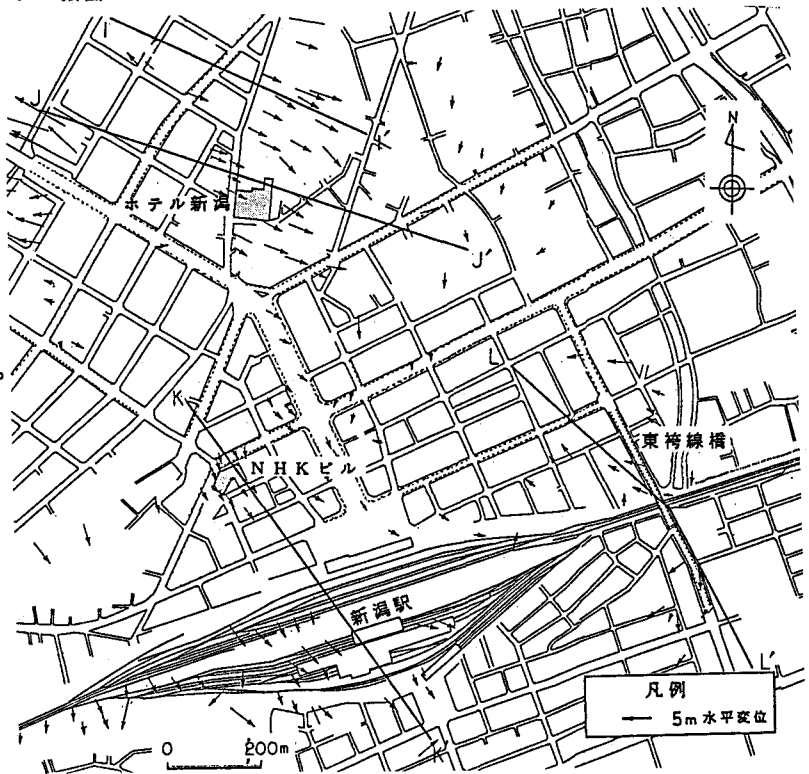


図1 新潟駅周辺の永久変位および測線図

F_L 値が1.0以下になった土層を液状化層とした。 F_L 値の計算に必要となる加速度の値は200galを用いた。また、地表面標高は地震前の航空写真測量より求めた。図4に示す変位量は各水平変位を測線方向成分を表している。

図4に示すように、測線に沿った永久変位の分布を近似的に三角形と見直し、三角形の頂点での変位を最大変位： D_{max} として要因分析の対象とした。要因としては、1)液状化層の厚さ、2)液状化層上面および下面の深さと傾き、3) F_L 値と P_L 値、4)地下水位の深さと傾き等である。これらの要因の値は、原則として三角形の領域における平均値を用いることにした。

3. 永久変位の要因と考察

図5～9に液状化層厚、液状化層下面の勾配、地表面の勾配、地下水位の勾配および P_L 値と最大変位 D_{max} との関係を示す。図からも明らかなように、永久変位と液状化層厚とはほぼ比例関係にあり強い相関性が存在するが、液状化層厚以外の要因と永久変位との相関性はほとんど認められない。

図6によれば、液状化層下面の勾配が0.5%以下でも永久変位が6m以上のデータがある。本解析はもともと地表面勾配が1%以下のほぼ平坦な場合を対象としており、このような場合は地表面も液状化層下面もほぼ平坦であり不均衡力が存在せず、永久変位の発生メカニズムを明らかにすることが難しいと考えられる。

図7によれば、地表面勾配が0.2%以下の地盤においても5m以上の永久変位が発生する場合があることがわかる。

図8に地下水位の傾きと永久変位の関係を示す。この図の地下水位勾配を求めるために用いた地下水位のデータが地震の発生した季節のデータでないため、実際の地下水位勾配とは多少異なるものであると考えられる。図から見る限りでは、液状化した土層が地下水位の流れによって永久変位を発生したとは考えにくい。

図9に永久変位と P_L 値の関係を示す。 P_L 値は各土層の液状化に対する抵抗率 F_L 値を、深さ方向にある重みをつけて積分した値で液状化層の厚さに依存した指標である。このため、図5に示した液状化層厚の場合と同様に、ある程度の相関性が期待されるはずである。しかしかなり値がばらついており、永久変位との相関性が認められない。これは、液状化層を決定するさい工学的な判断を加えていることや P_L 値が液状化の程度をおおむねに示すために考え出された指標であり、永久変位の発生メカニズムに対応した力学的な根拠を有していないためと考えられる。

4. まとめ

地表面勾配が1%以下の平坦な地域での永久変位は液状化層の厚さに強く支配されており、液状化層下面勾配や地表面勾配等の要因はほとんど影響を与えていないものと考えられる。

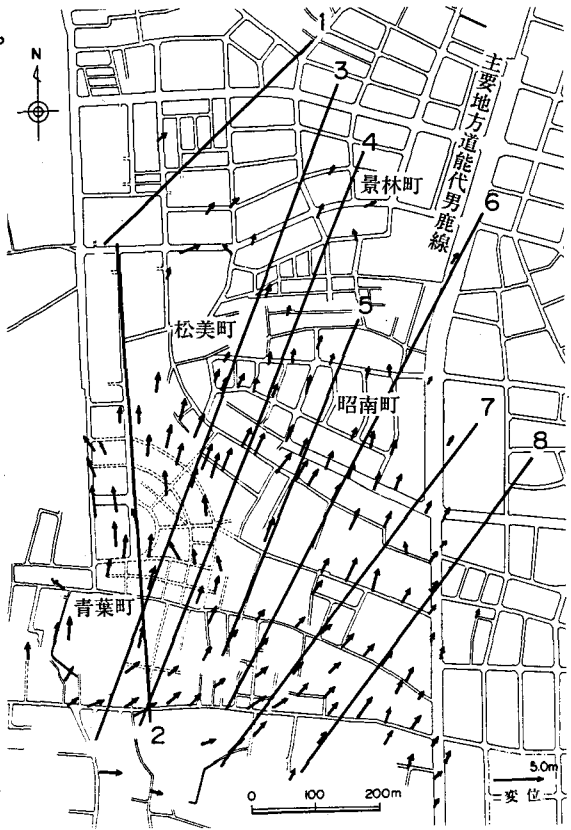


図3 能代市北部地域の永久変位および測線図

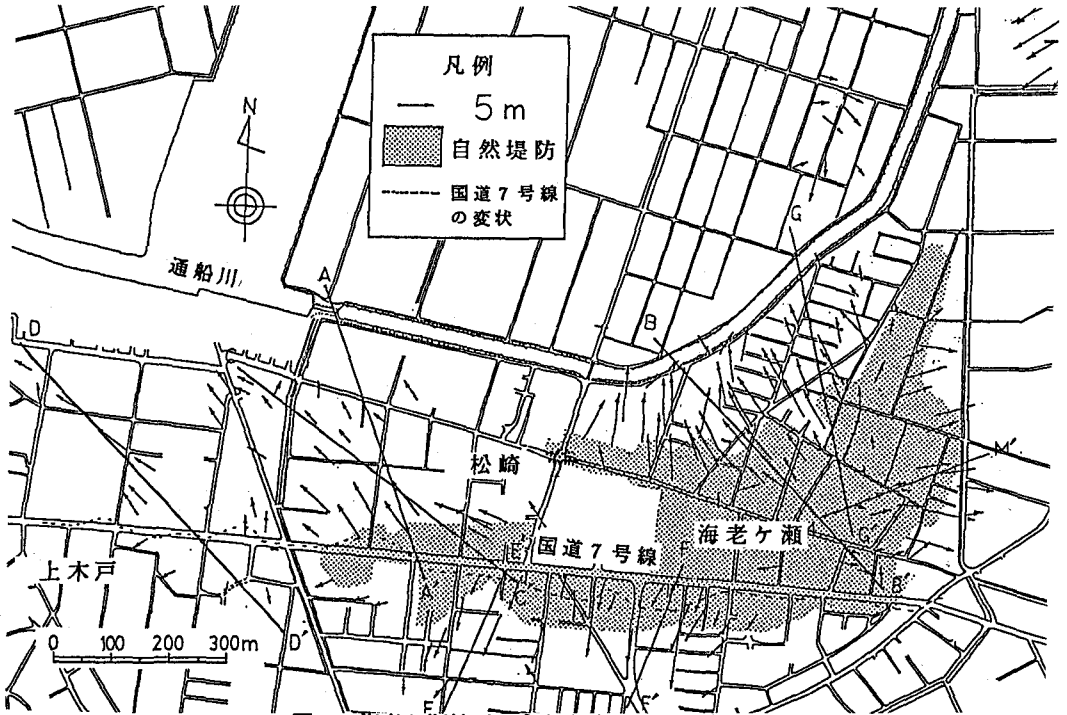


図2 海老ヶ瀬地区の永久変位および測線図

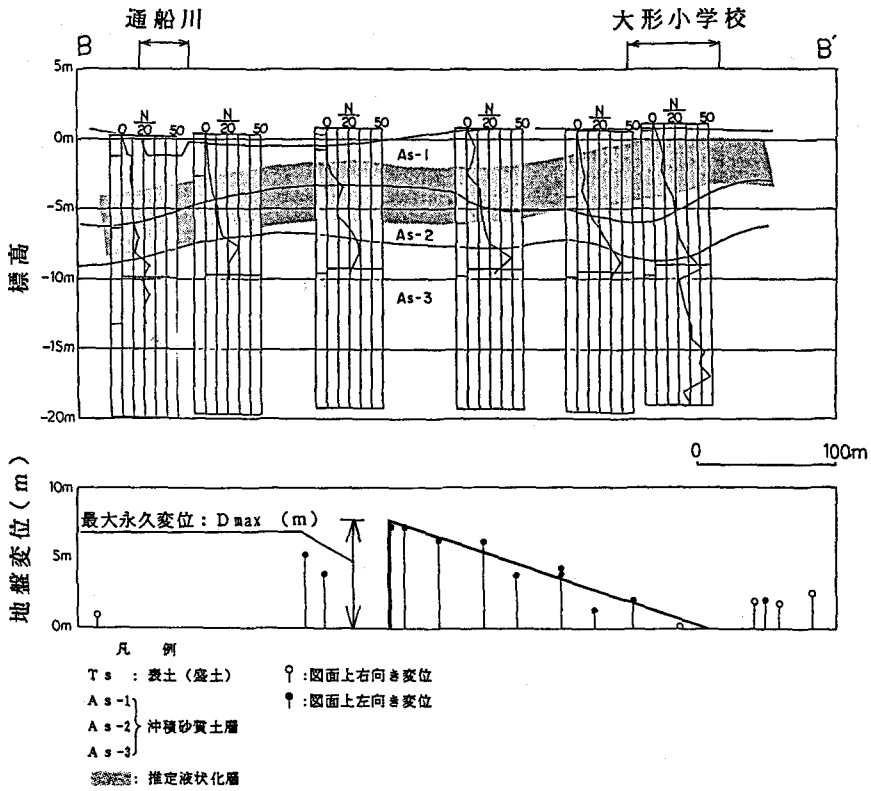


図4 海老ヶ瀬地区 B-B' 測線地層断面図

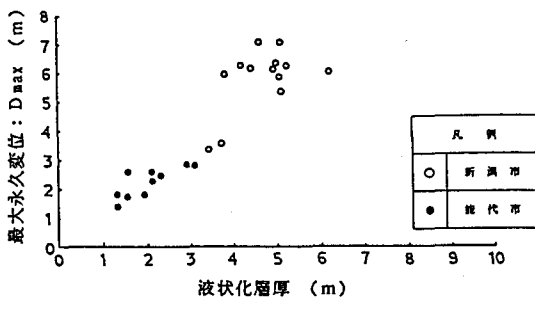


図5 液状下層厚と永久変位の関係

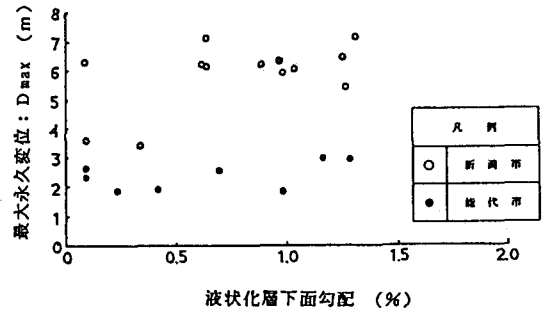


図6 液状化層下面勾配と永久変位の関係

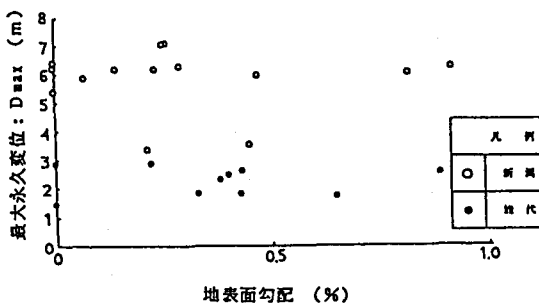


図7 地表面勾配と永久変位の関係

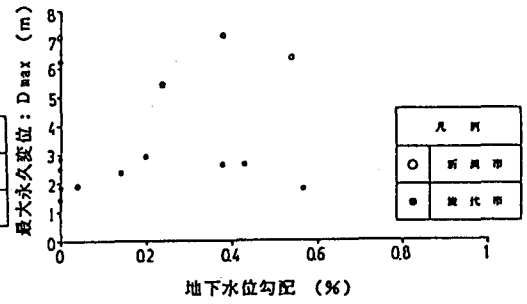


図8 地下水位勾配と永久変位の関係

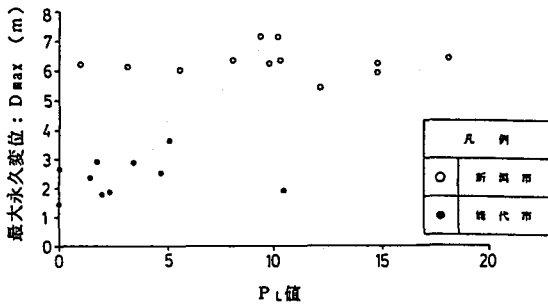


図9 PL値と永久変位の関係

謝辞：本研究は(財)地震予知総合研究振興会内に組織された「日米共同研究-地盤変状と地中構造物の地震被害に関する研究」委員会の研究活動の一貫として行われたものである。ここに記して研究に御協力頂いた方々に感謝申し上げる次第である。

(参考文献)

- 1) 浜田他：液状化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究. 土木学会論文集. 376号Ⅲ-6. 1986/12
- 2) 浜田他：新潟地震による阿賀野川左岸地域の地盤の永久変位(その1). 第19回地震工学研究発表会講演概要集. 1987/7
- 3) 岩崎他：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例. 第5回日本地震工学シンポジウム講演集. 1978