

液状化領域の空間分布と地盤変位量の関係

金沢大学工学部学生 ○福島聡一郎
 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 正会員 北浦 勝

1. はじめに

液状化によって生ずる永久変位は、構造物に多大な被害をもたらす要因の一つである。その変位量の予測法については種々提案されているが、それらの多くは液状化層の厚さや傾斜などをパラメータとしており、液状化領域を二次元的に評価しているにすぎない。そこで本研究では、液状化領域を三次元的に予測し、永久変位との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 被害地震と対象地区

本研究で取り上げた被害地震は、1983年5月26日に発生した日本海中部地震($M=7.7$)である。対象地区は、秋田県能代市北部の米代川に面した東西1.2km×南北1.6kmの領域である。なお、解析では同地区を東西(x)24×南北(y)32のメッシュに分割して検討を行った。したがって、メッシュの大きさは50m×50mである。Fig.1は対象地区の地形図を示したものであるが、その勾配は最大約8%、平均1%程度である。Fig.2は、対象地区の永久変位のベクトル¹⁾を示したものである。変位の方向は地形の傾斜方向と調和的で、北東方向が卓越しており、その変位量は最大で約2.7mである。

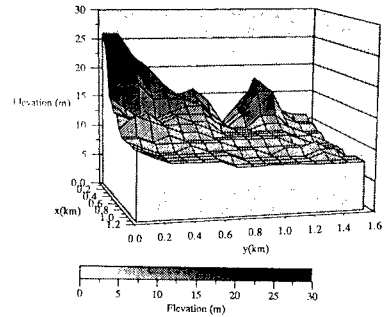


Fig.1 Bird's-eye view of topography.

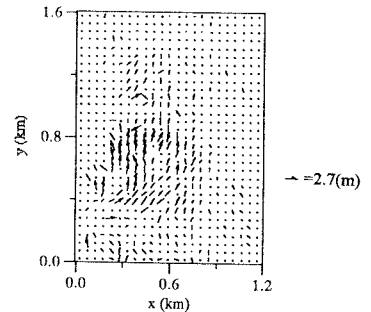


Fig.2 Vector of permanent ground displacement.

3. 液状化領域の空間分布の推定

本研究で行う液状化領域の空間分布の推定方法は、既存のボーリングデータより道路橋示方書の方法に従って算出された各深度の F_L 値から、Kriging法²⁾を用いて標高ごとの平面的な分布を推定し、それを重ね合わせるというものである。ところで、 F_L 値の算出に用いた地表面最大加速度は、秋田市での0.235gをもとに能代市の位置を考慮して0.25gと仮定した¹⁾。

F_L 値は、1.0以下のときに液状化する可能性があるとして定められているが、液状化層厚が大きいと永久変位もまた大きいという推測のもと検討した結果、 F_L 値が1.2以下のときに最も良い対応をしたため、本研究では液状化領域を $F_L \leq 1.2$ の領域としている。Fig.3は液状化領域の分布を三次元的に表示したものである。深さ方向の表示領域は、地形やボーリングデータの深さを考慮して、標高+5mから-15mの20mである。Fig.3を見ると液状化層の上面は、西から東へ傾斜しており、液状化層の下面はほぼ水平であることが分かる。

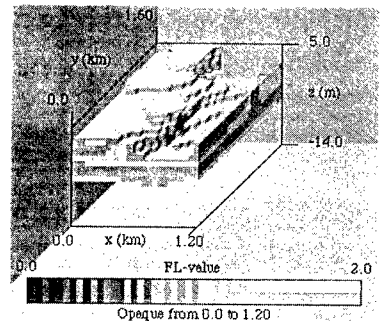


Fig.3 Three-dimensional view of F_L -value.

4. 考察

4.1 液状化層厚と永久変位との関係

対象領域を深さ5mごとに4分割し、それぞれの層ごとに液状化層厚と永久変位との関係を調べた。最上層部(+5m~0m)で、液状化層厚の増加とともに永久変位が増加する傾向が比較的明瞭に見られた(Fig.4)。これは、液状化領域の大きさが永久変位に大きな影響を及ぼすことを示している。

4.2 地表面勾配と永久変位との関係

地表面の勾配を横軸に、永久変位量を縦軸にとり、東西方向(a)と南北方向(b)とに分けて両者の関係をプロットした。Fig.5は南北方向(b)のものであり、北方向を正とした。地形図(Fig.1)や永久変位量を示した図(Fig.2)では、地表面勾配と変位方向は両者とも、北方向から北東方向にかけて卓越している傾向が見られ、多くの地点はそれにしたがっていることが分かる。しかし、地表面勾配が0%でも永久変位が見られる地点や、また傾斜の方向と反対方向に永久変位が見られる地点が多数存在している。永久変位は各地点で独立して起こるのではなく、液状化領域が一体となって変位すると仮定すると、1地点の傾斜だけでなく、その周囲の傾斜も考慮する必要があるのではないと思われる。

4.3 液状化層厚及び地表面勾配と永久変位との関係

液状化による永久変位について、浜田ら¹⁾は地震前後の航空写真を比較してその変位量を求め、多重回帰分析によって次のような予測式を提案している。

$$D = 0.75 \cdot \sqrt[3]{H} \cdot \sqrt[3]{\theta} \quad \dots(1)$$

ここに、 D は地盤の永久変位(m)、 H は液状化層厚(m)、 θ は地表面勾配及び液状化層下面勾配のうち最大の勾配(%)である。

Fig.6は横軸に永久変位量を、縦軸に式(1)により求めた変位量をとって、両者の関係をプロットしたものである。ここでは液状化領域を $F_L \leq 1.2$ の領域と仮定しており、実際の液状化層厚を過大に評価したためか、予測値は実際値を上回っている点が多く、また予測値が0であっても実際に変位のある地点も多く、ばらつきは大きい。したがって、精度よく永久変位量を求めるためには式(1)で考慮されていない新たなパラメータも検討する必要があると考えられる。

4.4 液状化体積と永久変位との関係

ここでは、対象領域を 6×8 の48ブロックに分割し、その最上層部(+5m~0m)において $F_L \leq 1.2$ を満たす領域の体積を算出した。したがって、1ブロックの体積は $200\text{m} \times 200\text{m} \times 5\text{m} = 200,000\text{m}^3$ である。Fig.7は液状化体積と永久変位との関係をプロットしたものである。1.0m前後の大きな永久変位の発生のためには、液状化体積がそのブロック全体の体積に近いことが読みとれ、予測のパラメータの1つになりうることを示唆している。

5. おわりに

永久変位のメカニズムは非常に複雑であるため、簡便でしかも高精度な評価は大変難しい課題である。今後は、別の観点からも永久変位に関わるパラメータを考察し、予測式の検討を行うつもりである。

参考文献

- 1) M.Hamada, T.D.O'Rourke: Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, pp4-1~4-85, 1992.
- 2) 吉田雅徳・宮島昌克・北浦 勝: 液状化領域の空間分布推定法に関する検討, 第29回土質工学研究発表会論文集, 3分冊の2, pp1047~1048, 1994.

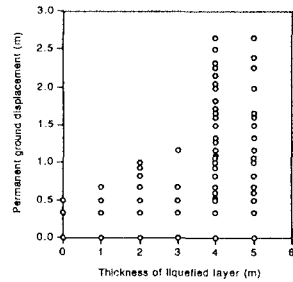


Fig.4 Relationship between thickness of liquefied layer and permanent ground displacement.

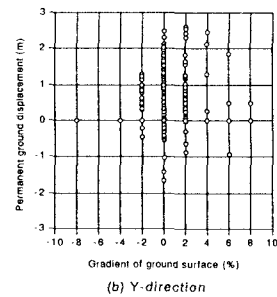


Fig.5 Relationship between gradient of surface and permanent ground displacement.

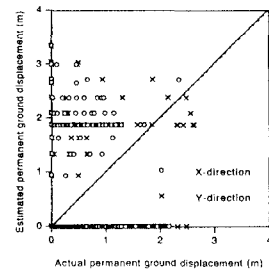


Fig.6 Relationship between actual and estimated permanent ground displacements.

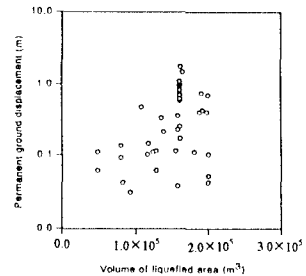


Fig.7 Relationship between volume of liquefied area and permanent ground displacement.