

## N 値の空間相関について

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

液状化発生危険度を予測する方法としては、ボーリング調査結果に基づいて算出される液状化安全率  $F_L$  を用いる方法が一般的である。あるいは、求められた液状化危険度分布を深さ方向に積分することによって求められる地盤液状化指数  $P_L$  が用いられる。しかし、これらの指標はいずれもボーリング調査の行なわれたある1地点における液状化危険度を評価したものにすぎない。一方、都市化の進行によってますますその重要性を増してきている地中埋設管をはじめとするライフラインの液状化対策を考えていくためには、水平方向の液状化危険度、すなわち液状化領域の大きさを予測することが重要となってくる。そこで本研究では、数少ないボーリング資料を基に液状化危険度の水平分布を予測する方法について考察するとともに、その中で重要な位置を占めるN値の空間相関について検討する。

## 2. 液状化領域の予測方法

液状化しやすい地形としては、一般に沖積低地、埋立地、旧河道などがその主なものとして考えられている。これらの地形は、一般には地盤急変部のあまりない比較的均一な地盤が多い。そこでまず、これらの地形において1点ないしは数点のボーリングデータが得られている場合に、それらから計算された液状化危険度がどのような範囲に渡って信頼できるものなのかを考える。液状化安全率  $F_L$  は周知のようにN値、有効上載圧、平均粒径の関数である動的せん断強度比と、地表面での水平最大加速度、有効上載圧、全上載圧などの関数である地震時せん断応力比の比で表わされる。これらの各要因の中で水平方向に最も変動の大きいものはN値であると考えられる。そこで、ボーリングデータのN値に注目して以下の順序でその空間分布について検討する。

(1) 新潟市や能代市などのようにこれまでに大規模な液状化を経験した地域、あるいは今後大規模な液状化の予測される地域でかつボーリングデータの比較的豊富にある地域を例にとり、ボーリングデータを収集、整理する。

(2) N値の空間相関係数を求めるとともに、N値の空間的な変動の大きさを定量的に評価する指標を提案する。

(3) (2)の結果を基にその地域における地盤特性の変動の大きさを考慮したうえで、1つのボーリングデータとほぼ同一と見なすことのできる範囲を推定する方法を提案する。

(4) (3)の結果より、埋設管の敷設ルートに沿って1点ないしは数点のボーリングデータが得られており、それらが液状化の発生可能性を示している場合に(あるいは示していない場合に)、ボーリングサイトを中心としたどの範囲において液状化の可能性が高い(低い)といえるのかを予測する手法を開発する。

本研究においては上述した一連の流れの中で、その基礎となるN値の空間相関について検討する。

## 3. N値の空間相関係数

著者らの検討結果によれば、震度5以上の地震動によって金沢平野において液状化の発生することが予測されている<sup>1)</sup>。また、粟林、龍岡によれば、1930年と1952年の地震によって金沢平野で実際に液状化の発生したことが示されている<sup>2)</sup>。そこで本研究では、金沢平野を例に取りN値の空間相関について検討する。まず、金沢平野の中でも液状化の発生危険度が高いと予測されている地域で得られている38個のボー

リングデータを基に、次の基本的な統計量について整理する。なお、 $N$  値の空間分布は空間に対して定常な不規則関数であると仮定して以下の考察を進める。

$$\bar{N} = E[N(x)] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N(x_i) \quad , \quad \overline{N^2} = E[N^2(x)] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N^2(x_i)$$

$$\sigma_N^2 = E[\{N(x) - \bar{N}\}^2] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{N(x_i) - \bar{N}\}^2 \quad , \quad \delta_N = \frac{\sigma_N}{\bar{N}}$$

$$\rho_N(\xi) = \frac{1}{\sigma_N^2} E[\{N(x) - \bar{N}\} \{N(x+\xi) - \bar{N}\}]$$

ここに、 $\bar{N}$  : 平均値、 $\overline{N^2}$  : 2乗平均値、 $\rho_N(\xi)$  : 空間に関する自己相関係数、 $\sigma_N$  : 標準偏差、 $\delta_N$  : 変動係数である。なお、 $x_i$  は平面座標を表わしている。

図1は、深さが約1.2 mにおける自己相関係数を表わしている。自己相関係数はHanningのディジタルウィンドウを用いて平滑化されている。このとき、 $N$  値の平均値は3.5、標準偏差は1.1であった。さらに、自己相関係数を次式で近似し、パラメータ $\alpha$ を求めた。本研究においては、これを前述した $N$  値の空間的な変動の大きさを定量的に評価する指標の1つと考えている。

$$\rho_N(\xi) = e^{-\alpha\xi^2}$$

図1によれば、相関距離が約300 m程度で相関係数が0となっており、パラメータ $\alpha$ の値は0.00005となる。同様に深さ約1.5 mにおける自己相関係数を求め図2に示した。このときの $N$  値の平均値、標準偏差はともに1.3であった。図2によれば、相関距離が約100 m程度で相関係数が0となり、パラメータ $\alpha$ の値は0.005となった。なお、本解析で対象とした地域は上述したように、深いほど $N$  値の平均値が小さくなるという地域特性を有している。今後は、地層構造との関係について検討するとともに、さらに多くの地域について検討を重ねて行く予定である。

参考文献

- 1) 宮島昌克、北浦 勝、野原徳博： 金沢市における地震危険度グラフィックマップシステムに関する研究、金沢大学日本海域研究所報告、第19号、pp.73-82, 1937.
- 2) 栗林栄一、龍岡文夫、吉田精一： 明治以降の本法の地盤液状化履歴、土木研究所、第30号、p.131, 1974.

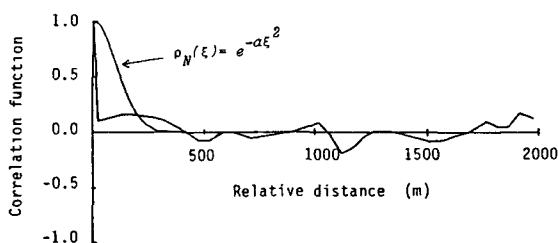


図1 深さ1.2 mにおける $N$  値の空間相関係数

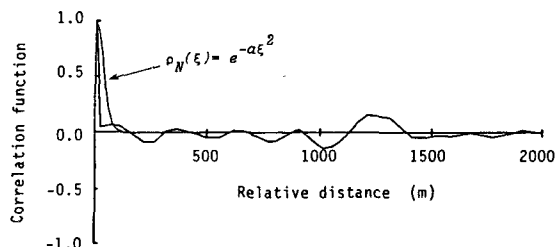


図2 深さ1.5 mにおける $N$  値の空間相関係数