

Ⅲ - A 122

新潟地震における側方流動発生の地盤条件

早稲田大学 学生員 ○野勢 辰也¹⁾
 東京大学 正会員 若松 加寿江²⁾
 早稲田大学 フェロー 濱田 政則¹⁾

はじめに 液状化による流動量を予測する式はいくつか提案されているが、地表面勾配など専門家による測量が必要なパラメータが導入されているなど、予測式の適用は必ずしも容易ではない。そこで、本研究では1m以上の地盤変位を伴う側方流動が発生するか否かを簡便に判定するクライテリアを作成することを目的として、1964年新潟地震の液状化発生地域における地盤条件の分析を行った。

検討対象地域と液状化層の推定方法 検討対象地域は、新潟地震で液状化が発生した信濃川下流域のうち、地盤変位の測定が行われている地域の全域とした。ただし、護岸移動の影響で側方流動が発生したと推定される護岸から200m以内の地域は除外した。この地域における既存のボーリング76地点（地震前と後の両方のデータを含む）を、新潟地震の際の地盤災害図¹⁾と地盤変位ベクトル図²⁾を参照して以下の5タイプに分類した。①噴砂が発生し、かつ地表面の水平変位量が1m以上であった地点、②噴砂は発生しなかったが、変位量が1m以上の地点、③噴砂が発生したが、変位量が1m未満の地点、④噴砂は発生せず、変位量が1m未満の地点（周辺では噴砂が発生）、⑤噴砂は発生せず、水平変位量が1m未満の地点（周辺でも噴砂などは発生せず）。全76地点について、道路橋示方書1996年度版により水平震度 0.17, 0.2, 0.25, 0.3の4ケース（タイプ I 地震動）の液状化に対する抵抗率 F_L を算定した。その結果、水平震度が0.2の時に $F_L \leq 1$ となる砂質土層を液状化層とすると、76地点の噴砂発生の有無を最もよく説明できたため、本研究では水平震度が0.2の時に $F_L \leq 1$ となる砂質土層を液状化層とみなした。

N値と有効上載圧の関係 図1に前述の①～⑤タイプにおける飽和砂質土層のN値と有効上載圧の関係を示す。⑤の地点におけるN値は全般に大きく、噴砂や地盤変位が発生しなかったことと符合するが、①～④の間には明瞭な違いは認められない。また、図1には、石原³⁾が既往地震による事例等を基に導いた流動が発生するための限界N値（細粒分30%以下の砂質土）を併せて示す。1m以上の地盤変位が発生したタイプ①と②の地点におけるN値を見ると、石原による流動発生の限界N値を越えているデータが多数ある。これらのことから新潟地震の事例を見る限り、砂質土のN値と有効上載圧の関係のみから噴砂や地盤変位発生の有無を判別することは難しいといえる。

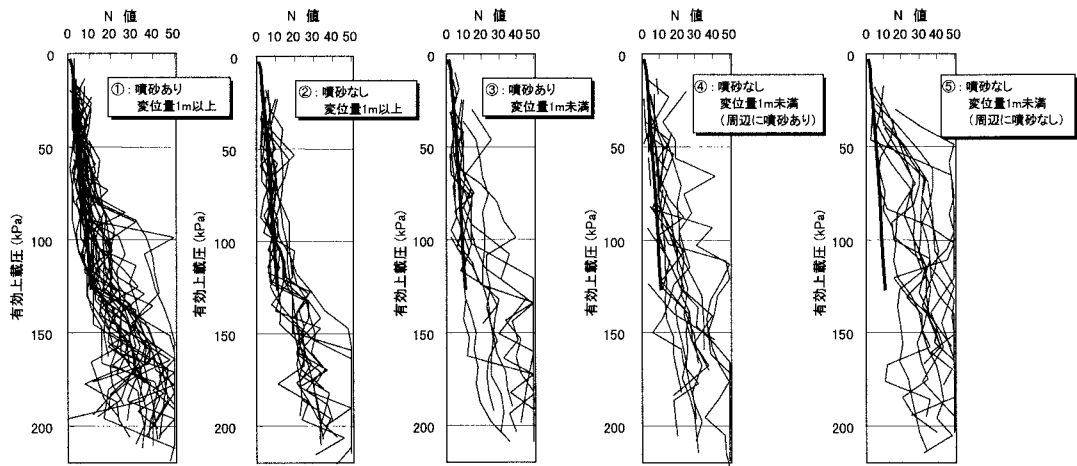


図1 N値と有効上載圧の関係

キーワード：液状化，側方流動，事例，新潟地震

¹⁾東京都新宿区大久保3-4-1早稲田大学理工学部濱田研究室，TEL & FAX: 03-3208-0349

²⁾東京都港区六本木7-22-1 東京大学生産技術研究所第5部，TEL: 3402-6231, FAX: 03-3408-2666

表1は、前述の5タイプの地点における液状化層厚の平均値 H 、有効上載圧 $1\text{kgf/cm}^2(98.1\text{kPa})$ 相当に換算した N 値の平均値 N_1 、液状化層の F_L の平均値を示す。 H は、1m以上の地盤変位が発生したタイプ①②では10m前後と、変位が1m未満の③～⑤に比べて大きくなっている。 N_1 についても、①②の N_1 は③～⑤に比べて幾分か小さめとなっているが、 F_L については①～⑤の間に有意な差は認められない。筆者らが行った既往地震による側方流動の事例分析、液状化土を非線形粘性流体とみなした場合の相似則および模型地盤の流動実験などに基づく研究⁹⁾によれば、傾斜地盤の地表面の水平変位量は地表面勾配、液状化層厚 H の1/2乗に比例し、液状化層の平均換算 N 値 N_1 (相対密度)に反比例するという結論が得られている。そこで、検討対象地点における地表面勾配は概ね0.5%程度と推定されることから勾配の違いは無視し、①～⑤について \sqrt{H}/N_1 の平均値を算定した。この結果も併せて表1に示すが、1m以上の地盤変位が発生したタイプ①②の地点と③～⑤の地点では、 \sqrt{H}/N_1 に差異が認められる。

表1 変状発生タイプのタイプごとの液状化層の厚さ H 、換算 N 値 N_1 、液状化抵抗率 F_L の平均値

タイプ	データ数	H (m)	N_1 値	\sqrt{H}/N_1	F_L
①	31	10.81	10.47	0.32	0.74
②	13	9.63	10.47	0.30	0.78
③	7	5.39	11.26	0.20	0.81
④	13	6.87	11.42	0.23	0.76
⑤	12	3.97	11.92	0.17	0.80

液状化層厚と表層の非液状化層厚の関係 液状化の影響が地表に現れるか否かを簡便に判定する方法として、液状化の可能性のある土の層厚(以下、液状化層厚と略記する)とその上部にある液状化しない土の層厚(以下、非液状化層厚と略記する)の関係に基づく限界曲線が石原により提案されている⁹⁾。この限界曲線が側方流動による地盤変位発生判定にも適用可能であるか否かを調べるために、前述の76地点を液状化層厚と非液状化層厚の関係で整理した。その結果を図2に示す。76地点のうち液状化層が1層の場合は32地点のみで、残りは液状化層が2～4層に分かれているため、図2では(a)液状化層が1層の場合と(b)液状化層が複数ある場合に分けて整理し、後者の液状化層厚は複数の層厚の合計を用いた。図2(a)を見ると、噴砂発生の有無は石原の限界曲線によって概ね区別できるが、1m以上の地盤変位発生の有無は、液状化層厚が5m程度を境に分かれ、非液状化層厚の影響はこの図を見る限り認められない。図2(b)の液状化層が複数の場合は非液状化層厚の影響のみならず液状化層厚の影響も不明瞭である。そこで、層厚以外の要因の影響も見ると同時に前述の \sqrt{H}/N_1 を用いて整理してみた。図3(a)に液状化層が複数のデータの \sqrt{H}/N_1 と非液状化層厚の関係を示すが、 \sqrt{H}/N_1 が0.2～0.3の中間領域を境にして、1m以上の地盤変位発生の有無が概ね区別されている。図3(a)と同様な関係を液状化層が1層の場合と複数の場合のデータを併せて図3(b)に示す。層厚のみをパラメータとした場合より1m以上の変位発生の有無のばらつきが少なくなっている。

あとがき 新潟地震の際に1m以上の地盤変位が発生した要因について、既存のボーリング資料を用いて分析を行った。今後は、 \sqrt{H}/N_1 以外にも地表面勾配を考慮するなど、地盤変位発生の影響要因についてさらに詳しく検討すると共に、1983年日本海中部地震等による側方流動の事例についても、本研究と同様な分析を行う予定である。

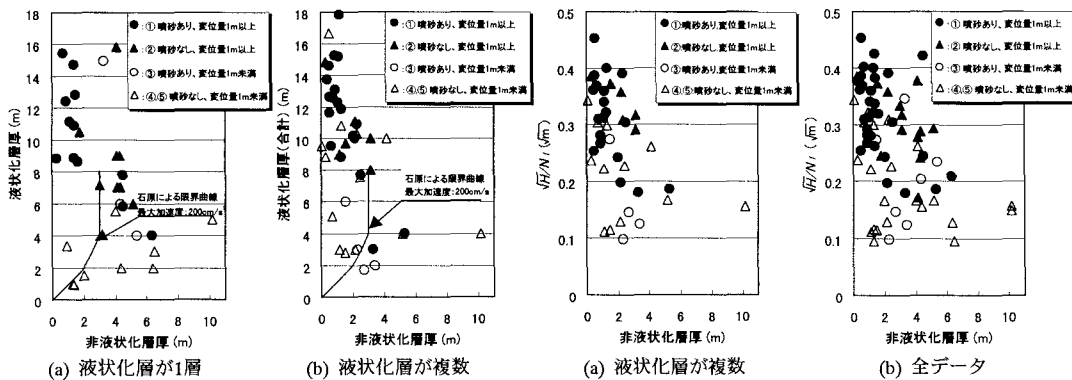


図2 液状化層厚と液状化層上部の非液状化層厚の関係 図3 \sqrt{H}/N_1 と液状化層上部の非液状化層厚の関係

参考文献 1) 新潟大学理学部地質鉱物学教室:新潟地震地盤災害図,1964, 2)建設省国土地理院:新潟地震一被災状況と土地条件-,1965. 3) Hamada, M. and O'Rourke, T.D. (Eds.): Case study of liquefaction and lifeline performance during past earthquake, Vol. 1 Japanese case studies, Technical Report NCEER-92-001, 1992. 4) Ishihara, K.: liquefaction and flow failure during earthquakes, Geotechnique 43, No. 3, pp.349-415, 1993. 5) 濱田・若松:液状化による地盤の水平変位の研究, 土木学会論文集 No.596/III-43, pp.189-208, 1998. 6) Ishihara, K.: Stability of natural deposits during earthquake, Proc., 11th Int. Conf. on soil mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp.321-376, 1985.